

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Канапинова Медета Сериковича "**Технологические принципы формирования физико-механических свойств пористых проницаемых металлокерамических СВС-материалов на основе порошков окалина легированной стали и минералов**", представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность темы диссертационной работы.

Современный уровень развития машиностроения характеризуется повышением интенсивности эксплуатационных режимов энергетических установок и, в частности, двигателей внутреннего сгорания (ДВС), которые с каждым годом увеличивают объем выбросов токсичных веществ в атмосферу. С целью уменьшения вредных выбросов в атмосферу широко используются фильтрующие элементы, представляющие из себя пористые проницаемые материалы, в том числе на основе металлокерамики (ППММ).

Технологическим процессом, обеспечивающим возможность получения целого ряда продуктов с уникальным комплексом эксплуатационных свойств, является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Процесс СВС разработан академиком Мержановым А.Г., а его развитие продолжено в работах профессора Максимова Ю.М. в Томской школе, а затем в работах профессора Евстигнеева В.В. в Барнауле.

Пористые проницаемые материалы, получаемые с использованием технологии СВС, обладают целым рядом преимуществ при использовании в энергетических установках и автотранспортных средствах, включая низкую энергоёмкость изготовления, необходимые физико-механические и функциональные свойства.

К настоящему времени с применением СВС технологии разработан ряд новых пористых проницаемых материалов различного назначения (носители катализаторов, фильтры жидкостей и газов, газовые горелки и т.д.). При этом остается проблема увеличения долговечности их использования и улучшения эксплуатационных характеристик деталей из ППММ. Поэтому решаемая в диссертационной работе Канапинова М.С. задача разработки новых и улучшения существующих ППММ, используемых для очистки вредных выбросов двигателей внутреннего сгорания, **является актуальной.**

В диссертационной работе исследована структура, фазовый состав и функционально важные свойства СВС материалов, синтезированных из дешевого сырья (окалина легированной стали, алюминий) с добавлением никеля, хрома, их оксидов и минералов монацита и бастнезита, содержащих

редкоземельные элементы церий и торий и их оксиды, которые обладают каталитическими свойствами для реакций дожига и окисления вредных примесей в отработанных газах ДВС.

Диссертация изложена на 145 страницах текста и состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 140 наименований и 2 приложений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Результаты, выводы и научные положения, выносимые на защиту, имеют высокую **степень обоснованности**, которая подтверждена применением современных методов исследования, непротиворечивостью результатов, полученных различными методами.

Научная новизна работы

Наиболее интересные результаты, обладающие научной новизной:

Установлена взаимосвязь между химическим составом исходной шихты и физико-механическими свойствами ППММ, а именно:

- введение оксида хрома в базовую смесь более 17,5 масс. % повышает температуру реакции, резко интенсифицирует процесс газоотвода, что приводит к 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 в шихту минералов (монацита, бастнезита) не изменяет микроструктуру материала, но обеспечивает появление каталитического эффекта за счет примесей церия, оксидов церия и тория.

Достоверность результатов подтверждается достаточным объёмом полученных данных, их обсуждением на российских и международных конференциях и публикацией 12 печатных работ в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, в том числе в международных изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus, а также 1 монографии.

Теоретическая значимость работы

Теоретическая значимость полученных в работе данных заключается в расширении знаний об особенностях СВС 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 структурой и фазообразованием при проведении СВС-реакции во фронтальном режиме и физико-механическими свойствами получаемых материалов.

Практическая ценность.

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

Замена в исходной шихте редкоземельных металлов церия и тория на порошки монацита или бастнезита позволяет снизить себестоимость полученных фильтров-нейтрализаторов.

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.

Анализ содержания диссертационной работы.

Во введении обоснована актуальность планируемых исследований, степень разработанности темы, цель и задачи исследования, сформулирована научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, описана методология и методы исследования, представлены положения, выносимые на защиту, степень достоверности результатов, вклад автора и апробация результатов исследования.

В первой главе содержится обзор опубликованных литературных данных, посвященных созданию пористых проницаемых фильтрующих элементов. Показано, что ППММ при использовании в энергетических установках и ДВС испытывают механические и тепловые воздействия, приводящие к их разрушению или, в лучшем случае, ухудшению фильтрующих свойств. На основе проведенного анализа литературы по данной проблеме поставлена цель и сформулированы задачи разработки и исследования полученных материалов.

Во второй главе проведено обоснование выбора сырья для СВ синтеза пористых металлокерамических материалов. Описана методика и аппаратура экспериментальных исследований фильтрующих СВС материалов. Представлены характеристики экспериментального оборудования для проведения анализа, структурных исследований и испытаний полученных материалов. В качестве исходной шихты использовались окалина легированной стали 18Х2Н4МА, хром ПХ-1, оксид хрома (IV) Cr_2O_3 , никель ПНК-1, алюминий АСД-1, оксид алюминия Al_2O_3 . СВС процесс в порошковой смеси насыпной

плотности проводили в матрице при комнатной температуре. Реакцию горения в послойном режиме инициировали железо-магниевым термитом.

Микроструктуру и фазовый состав полученных материалов исследовали с использованием рентгеновского дифрактометра ДРОН-6 и металлографического микроскопа Carl Zeiss Axio Observer Z1M.

Качество очистки отработавших газов ДВС и вибрационные испытания проводили на комплексном экспериментальном стенде. Состав выхлопных газов определяли с помощью газоанализаторов и дымомера. Обработку результатов экспериментальных измерений проводили методом наименьших квадратов.

В третьей главе приведены результаты структурных исследований пористых СВС металлокерамических материалов на основе базового состава шихты: окалина легированной стали + Al_2O_3 (корунд) + Al (алюминий) и материалов, синтезированных при добавлении к базовому составу хрома, никеля и оксида хрома. Установлено, что во всех случаях реализуется послойный режим горения с постоянной скоростью, инициированный поджигающей смесью. В результате реакции происходит восстановление железа алюминием и образуется металлокерамический каркас материала с поровой структурой (преимущественно сквозной).

С целью повышения физико-механических и эксплуатационных свойств ПМММ в исходную шихту вводили порошки оксида хрома, хрома и никеля, а также минералов (монацит и бастнезит).

При добавке в шихту оксида хрома более 17,5 масс. % происходит увеличение объема жидкого расплава, который распространяясь по объему заполняет поры, что приводит к снижению пористости.

Добавка более тугоплавкого хрома в шихту сужает пространственные границы твердожидкой области и делает расплав более вязким.

Никель вводится в шихту с целью стабилизации растекания расплава в процессе реакции и для увеличения прочности получаемого материала. Введение никеля в реакционный состав шихты уменьшает скорость реакции, снижает фазоразделение и уменьшает средний размер пор. Кроме того, никель взаимодействуя с алюминием, образует интерметаллические фазы ($NiAl$, Ni_3Al , Ni_2Al_3) и тем самым увеличивает термостойкость и коррозионную стойкость ПМММ.

С целью улучшения фильтрации и нейтрализации вредных составляющих отработавших газов ДВС в качестве компонентов шихты были использованы минералы монацит и бастнезит, имеющие в своем составе примеси церия и тория, которые, как известно, оказывают каталитическое действие в реакциях окисления и дожига вредных газов.

Полученные экспериментальные данные показали, что монацит и бастнезит в составе шихты до 10-20% влияют на физические и

эксплуатационные свойства фильтров нейтрализаторов на основе СВС материала. Установлено, что при увеличении процентного содержания монацита в реакционной смеси увеличивается пористость материала и одновременно происходит рост значений эффективного диаметра пор. Подобное влияние на фильтрующие свойства синтезированного материала имеют добавки бастнезита.

В качестве замечания к результатам структурных исследований следует отметить невысокое качество микрофотографий структуры. Также неясно, каким методом и насколько надежно идентифицированы фазы, указанные стрелками на микрофотографиях.

В четвертой главе приведены результаты определения физико-механических свойств синтезированных материалов.

Установлено, что:

1. Увеличение концентрации оксидов железа в реакционной смеси увеличивает модуль упругости с 104 до 118 МПа.
2. Хром при концентрации 5,0 до 8,0 % увеличивает модуль упругости материала и прочность при сжатии до 12,0 МПа, прочность при изгибе до 5,2 МПа.
4. Никель в составе шихты при концентрации от 5 до 12 % увеличивает прочность на сжатие и изгиб.
5. Введение в шихту минеральных добавок с целью улучшения каталитических свойств приводит к понижению прочности синтезированных материалов вследствие увеличения пористости.

Пятая глава диссертации посвящена математической аппроксимации результатов механических испытаний материалов.

В шестой главе представлены натурные испытания СВС-фильтров по очистке и нейтрализации отработавших газов ДВС. Испытания включали исследования влияния вибрации на качество изготовленных фильтров и определение содержания вредных газовых примесей в выхлопных газах. Экспериментальные данные и теоретические выкладки расчета частоты собственных колебаний материалов показали отсутствие воздействия вибрации на прочность изготовленных СВС фильтров.

Введение в шихту минералов, содержащих церий, торий и их оксиды повышает эффективность очистки отработавших газов (в зависимости от компонентов газа от 2 до 18 %).

В заключении сформулированы основные выводы по результатам диссертации.

В приложениях приведены акт внедрения результатов диссертационной работы в ООО «Алтай МАЗавто» научно-исследовательских, опытно-конструкторских технологических работ и акт использования результатов диссертационной работы в учебном процессе.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Автореферат диссертации и публикации полностью соответствуют и отражают содержание диссертации.

Соответствие содержания диссертации указанной специальности

Диссертация по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы:

- 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.2)

- Изучение структуры и свойств порошковых, композиционных материалов, покрытий и модифицированных слоев на полуфабрикатах и изделиях, исследование процессов направленной кристаллизации изделий из порошковых и композиционных материалов, разработка технологий и оборудования. (п.5)

- Разработка и совершенствование технологических процессов производства, контроля и сертификации полуфабрикатов и изделий различного назначения из порошковых и композиционных материалов. (п.6)

Замечания по диссертационной работе

1. Не указан элементный и фазовый состав минеральных добавок (монацита и бастнезита), что не позволяет оценить их возможное влияние на структурные превращения при горении реакционных смесей.
2. Вызывает большие сомнения достоверность идентификации структурных составляющих, обозначенных стрелками на рисунках 3.1 – 3.9.
3. Не обсуждается степень надежности определения фазового состава многофазных продуктов синтеза методом рентгеноструктурного анализа.
4. Не обоснован выбор интервала концентрации минеральных добавок (14-17 %) в реакционные смеси.
5. Не указано, как рассчитывался указанный в работе ожидаемый экономический эффект от использования результатов работы в ООО «МАЗСЕРВИС».
6. Список литературы составлен в алфавитном порядке, что создает неудобства при работе с текстом.

Представленные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Канапинова Медета Сериковича *"Технологические принципы формирования физико-механических свойств пористых проницаемых металлокерамических СВС-материалов на основе порошков окислы легированной стали и минералов"* отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, согласно пункту 2.1 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

Диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, а Канапинов Медет Серикович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Я, *Прибытков Геннадий Андреевич*, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент, д.т.н., главный научный сотрудник
лаборатории физики консолидации порошковых материалов
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт физики прочности и материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук

Почтовый адрес: 634055, г. Томск, Академический проспект, д. 8/3

Телефон: 8 9

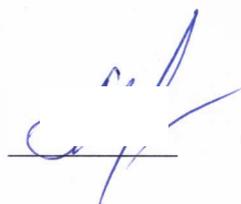
E-mail: gapribyt@mail.ru

Дата « 15 » ноября 2023 г.

 (Прибытков Г.А.)

Подпись Г.А. Прибыткова **заверяю**

Ученый секретарь **ИФПМ СО РАН**
Матолыгина ~~Наталья~~ **Наталья Юрьевна**, к.ф.-м.н.

 (Матолыгина Н.Ю.)

