АННОТАЦИЯ

Диссертации на соискание степени
доктора философии (PhD) по специальности 6D073400 – ХТВВ и ПС на тему

Получение и исследование композиционных материалов для беспламенных нагревателей

Оценка текущего состояния научной или научно-технической проблемы. В последние годы беспламенные нагреватели пользуются большим спросом в тех случаях, когда невозможно использовать огонь, электричество или природный газ, на открытом воздухе, в полевых условиях или использование этих источников тепла ограничено из-за природных и различных неблагоприятных факторов. Для оснащения таких автономных нагревательных устройств используют химические порошки на основе энергоемких металлов (магний, кальций, железо, алюминий и др. или их смеси), способных осуществлять экзотермические реакции. Классические типы широко используются в военных местах для обогрева или приготовления пищи.

Беспламенные нагреватели также широко используются в медицине. Благодаря эффекту интенсивного нагрева термо-изделия на основе беспламенных нагревателей являются незаменимым средством первой помощи для снятия неприятных и болезненных ощущений при ревматизме, артритах, остеохондрозе, ушибах и переломах.

Экзотермические порошки, составляющие тепловые прототипы, со временем требуют усовершенствования в зависимости от типа применения. Согласно научным исследованиям, классический беспламенный тип обогревателя не лишен недостатков.

Порошковая смесь для экзотермической реакции в основном изготавливается путем добавления воды к магнию и добавкам на основе магния. Большинство порошкообразных примесей получают в микронах. Микронные композиты составов беспламенных нагревателей препятствуют равномерному распределению тепла во время окислительно-восстановительного процесса.

Кроме того, основные компоненты этих композитов могут быть заменены карбонатом кальция, карбонатом натрия, оксидом кальция и порошками алюминия. Это связано с тем, что стандартная энтальпия сгорания единицы алюминия составляет 7,4 Ккал/г, что намного выше, чем у Mg. Использование алюминиевых порошков также имеет ряд преимуществ, таких как высокие эксплуатационные характеристики, низкая стоимость, безопасность применения, транспортировки, хранения, утилизации, минимальная масса и длительность сроков хранения.

Обоснование и исходные данные для разработки диссертационной работы. Основываясь на литературных источниках и изучая существующие пиротехнические порошки, можно также заметить ряд их недостатков.

Основная часть состава существующих беспламенных нагревателей состоит из крупных частиц, следовательно, это препятствует равномерному

распределению интенсивного тепла на стадии воздействия окислительно-восстановительного процесса. Окисление крупного порошка происходит интенсивно только на начальной стадии реакции, что тормозит процесс теплообмена с нагреваемым веществом, что указывает на существенный недостаток. Другим недостатком является то, что нагревательное устройство, выделяющее тепло в результате окисления в результате экзотермической реакции, может быть огнеопасным или подверженным коррозии. То есть высока вероятность ограничения срока годности.

Принимая во внимание все недостатки ранее изученных огнезащитных утеплителей, в данной диссертационной работе с целью устранения этих недостатков проводятся научные исследования и предусматривается создание новых композитов, отвечающих современным требованиям.

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы. Диссертационная работа направлена на получение беспламенных источников тепла с высокой энергетической эффективностью. Результаты исследований показывают, что новая порошковая смесь на основе алюминия и оксида кальция обладает высокой реакционной способностью и может использоваться в качестве беспламенного источника тепла. Механохимическая обработка (МХО) смеси позволяет улучшить ее кинетические и термодинамические характеристики, что способствует повышению энергетической эффективности реакции. Изучение влияния различных параметров МХО на процесс реакции позволяет оптимизировать условия проведения экзотермической реакции и повысить ее эффективность. Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых технологий в области энергетики, промышленности и других отраслях, где требуется высокая энергетическая эффективность и использование беспламенных источников тепла. Целью данной работы является получение новой порошковой смеси химических композитов на основе алюминия, оксида кальция, а также изучение ее влияния на реакционную способность и энергоэффективность нового экзотермического композита с использованием метода механохимической обработки.

Данные об исследованиях патентов и их выводах о планируемом научно-техническом уровне разработок. В ходе выполнения диссертационной работы был проведен обзор научно-технической и патентной литературы, в результате анализа патентной литературы видно, что в состав существующих в настоящее время беспламенных нагревателей входят только магний, кальций, железо или их примеси. Размеры этих традиционных рецептур составляют большие микроны. Можно отметить, что в патентной литературе не было найдено никаких данных о высокодисперсных композитах и использовании методов активации или модификации состава.

Метрологическое обеспечение диссертации. В ходе научно-исследовательской работы метрологическое обеспечение осуществлялось с использованием современных физико-химических методов анализа, выполненных с использованием 9 сертифицированных методик, средств

измерений, оборудования и приборов, прошедших испытания в органах государственного стандартизации Республики Казахстан.

Актуальность темы исследования. Предполагается проведение исследований по разработке новых энергоэффективных материалов, в первую очередь в связи с важностью их практического применения в различных областях. Исследования в области создания таких материалов включают объемный синтез, инженерию и материаловедение, а также микроскопические исследования в области молекулярной динамики и структурообразования.

В частности, производство нагревательных устройств, которые сегодня используются в полевых условиях, без доступа к источнику тока или в случайно неблагоприятных условиях, также требует исследований для совершенствования в соответствии с современными требованиями: безопасность, экологичность неблагородных металлов, входящих в состав композита, и неограниченность или доступность их запасов в природе.

С этой целью исследовательским направлением диссертации является замена традиционно используемых порошков магния или железа в составе беспламенного нагревателя порошками алюминия. Использование алюминиевых порошков имеет ряд преимуществ, таких как: высокая производительность, низкая стоимость, безопасность в использовании, сохранность при транспортировке, хранении, имеет минимальный вес, возможность легко получать дисперсные размеры и продлевать срок годности.

Плохое перемешивание твердых компонентов в энергетических системах, малая площадь контактной поверхности, сильное диффузионное сопротивление затрудняют протекание твердофазных реакций, они протекают с очень низкой скоростью и требуют длительного обслуживания при высоких температурах. Поэтому следующим важным направлением докторской диссертации является использование процесса механохимической обработки (МХО) для синтеза высокодисперсных беспламенных нагревателей. Ведь это позволяет эффективно управлять процессом формирования новых структурных композиций, что обеспечивает увеличение энергетической емкости системы.

Научная новизна работы:

- Впервые методом механохимической активации получена система Al_S-Al_F-MnO_2-SiO для беспламенных нагревателей активируемая воздухом, и было определено, что максимальная температура горения системы составляет 886,4°C, равномерная скорость горения составляет 0,22 мм/с;

- Получен композитный состав Al-Al_2O_3-CaO-Na_2CO_3, обеспечивающий температуры в диапазоне 28-55°C при экзотермической реакции, рассчитаны термодинамические характеристики: температура горения (T=859K) и энтальпия (ΔG=21140,5 кДж/моль);

- Добавление SiO_2 в систему Al-Al_2O_3-CaO-Na_2CO_3 и механохимическая активация композитного материала позволили повысить температуру экзотермической реакции с водой до 101°C. было подсчитано, что температура сгорания системы составляет 2134K, а значение ΔH составляет -9947,5 кДж/моль.

Целью научной работы является получение и исследование новых энергоэффективных композитов на основе высокодисперсных порошков алюминия, оксида кальция и диоксида кремния методом механохимической активации для беспламенных нагревателей.

Объектом исследования являются алюминиевые порошки, полученные путем механохимической обработки, и высокоэнергетические пиротехнические дисперсные порошки на основе оксида кальция.

Предметом исследования является изучение влияния механохимической активации на реакционную способность и структурную стабильность композиционных материалов для беспламенных горелок.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- Разработка композитных составов беспламенного нагревателя для автономных источников тепла на основе Al и SiO, активируемых воздухом и исследование их энергетических и термодинамических характеристик;
- Изучение влияния условий и параметров механо-химической обработки на реакционную способность состава беспламенных нагревателей активируемых воздухом на основе Al и SiO;
- Разработка экзотермических композиционных составов на основе CaO и активированного Al активируемых водой для беспламенных нагревателей медицинского назначения;
- Разработка метода повышения энергетической эффективности водо-активированной беспламенного нагревателя на основе CaO и активированного Al, способом введения SiO_2 в состав композита методом механо-химической активацией с целью расширения сферы применения полученных композитов.

Методологическая база научных исследований. Для проведения научных исследований по теме диссертации были использованы следующие современные лабораторные инструменты и оборудование: планетарная мельница "Retsch PM100", электронный микроскоп "Pulverisette 5" Fritsch, Германия, Quanta 3D 200i, лазерный гранулометр MALVERN MASTERSIZER 2000, для дифференциального термического анализа – NETZSCH 449-0372-M.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Получен активируемый воздухом композиционный материал для беспламенного нагревателя путем механохимической активации системы Al_S-Al_F-MnO_2-SiO в течение 50 минут, который характеризуется содержанием Al 67,8%, максимальной температурой горения 886,4^{0}C и скоростью горения 0,22мм/с.
- Определен оптимальный состав активируемой водой системы 40% CaO-30% Al_2O_3-15% Al-15% Na_2CO_3 для беспламенных нагревателей медицинского назначения, которые выделяют тепло до 55^{0}C. Согласно термодинамическим расчетам, композитная система дает энергию 21140,5 кДж/моль при температуре 859 К.
- Получен активируемый водой композиционный материал для беспламенных нагревателей для разогрева пищевых продуктов с добавлением 15% SiO_2 в систему Al-Al_2O_3-CaO-Na_2CO_3 путем механохимической

модификации в течение 15 мин, что дает температуру до 101^0C, согласно термодинамическим расчетам, процесс горения в этой системе дает энергию 9947,5 кДж/моль при температуре 2134 К.

Практическая значимость работы заключается в том, что на основе полученных результатов были предложены подходы к получению композитов для автономных беспламенных нагревателей на основе дисперсных алюминиевых порошков и их модификации путем механохимической активации. Предложенные способы могут быть использованы для замены металлических примесей, таких как традиционный магний, железо, используемые в беспламенных нагревателях, на более простой и доступный металл, а также для улучшения эксплуатационных характеристик и срока годности композитов.

Личный вклад автора в получении результатов диссертации заключается в постановке целей исследования, обзоре и анализе отечественной и зарубежной научно-технической литературы, выполнении комплекса экспериментальных исследований по получению дисперсных алюминиевых порошков путем предварительной механохимической обработки, получении композитов для беспламенных нагревателей и их преобразовании механохимическим способом - химической активации. Так же, заключается в анализе состава и свойств полученных композитов и изделий, обработке и обобщении полученных результатов, определении путей решения поставленных практических и теоретических задач, написании статей на основе полученных результатов.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы были опубликованы в 7 печатных работах, из которых 1 статья включена в базы данных Scopus и Thomson Reuters, 3 публикации опубликованы в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки Республики Казахстан, 3 печатные работы опубликованы в сборниках участник международных научно-практических конференций и симпозиумов.

Апробация работы. Результаты диссертации были представлены и обсуждены на следующих международных научных конференциях:

- Материалы конференции студентов и молодых ученых, посвященной 30-летию Института проблем горения (Алматы, 30 ноября 2017 г.);
- X Международный симпозиум “Физика и химия углеродных и наноэнергетических материалов” (Алматы, 12-14 сентября 2018 г.);
- Международная конференция студентов и молодых ученых “Фараби әлемі”, 8-11 апреля 2019 г., Алматы, Казахстан.

Структура и содержание диссертации. Диссертационная работа представлена на 101 страницах машинописного текста и включает 34 рисунка и 22 таблицы. Работа состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследования, результатов и их обсуждения, заключения и списка из 161 использованных источников литературы.