АННОТАЦИЯ

на диссертационную работу на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D073400/8D07103 – «Химическая технология взрывчатых веществ и пиротехнических средств»

ТУРСЫНБЕК САБИТ

Химия и физика газогенераторных патронов на основе дефлаграционного горения

Общая характеристика работы. Диссертация посвящена разработке и исследованию новых газогенераторных составов на основе нитрата натрия, магния и в качестве добавок газообразующих агентов активированного угля из противогаза и активированный уголь из скорлупы грецкого ореха.

Проведены термодинамические расчеты параметров горения газогенераторных составов для определения оптимального содержания исходных компонентов пиротехнических газогенераторных составов. Проведены экспериментальные исследования процессов горения и разработаны рецептуры газогенераторных составов с дозвуковой скоростью горения и наиболее эффективной работоспособностью и высокой удельной газопроизводительностью. Проведены полигонные испытания разработанных патронированных газогенераторных составов для определения возможности их применения на практике.

Актуальность темы исследования. Как известно, большинство твердых минералов залегает в горных породах, требующих применения взрывных технологий; особую актуальность приобретает щадящая технология (осторожное взрывание) их добычи. Применение высокоплотных традиционных взрывчатых веществ для рудных месторождений приводит к образованию микротрещин, что препятствует применению ценного кристаллосырья по своему назначению. Применение высокоплотных бризантных взрывчатых веществ сопровождается также образованием сейсмо и ударных воздушных волн, разлетом отдельных фрагментов породы на значительные расстояния.

Для снижения бризантного действия взрыва применяются различного вида уменьшенные заряды, низкобризантные взрывчатые вещества, невзрывчатые разрушающие смеси, заряды мягкого нагружения с водяными и воздушными зазорами, обеспечивающие квазистатическое воздействие на породу. Выбор определенного вида действия зависит от свойств породы. В последнее время при добыче полезных ископаемых стали использовать газогенерирующие заряды, создающие давление в полости зарядной камеры за счет реакции горения в режиме дефлаграции.

На основании вышесказанного особую актуальность приобретает разработка низкоплотных патронированных газогенерирующих составов, работающих в режиме дефлаграции при щадящем взрывании. При применении низкоплотных газогенерирующих составов практически исключаются образование вредных, ядовитых газов и бризантное действие взрыва, выражающееся в образовании сейсмо, ударных воздушных волн и разлете отдельных фрагментов породы.

Цель работы. Целью настоящей диссертационной работы является разработка научных основ создания патронированных газогенераторных составов, имеющих дозвуковую скорость горения (дефлаграция) и высокую работоспособность, которые могут быть применены без добавления дополнительных компонентов в полевых условиях для раскалывания в щадящем режиме блочного камня или разрушения твердых минеральных пород.

Задачи работы. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

– выполнение термодинамических расчетов параметров горения газогенераторных составов с целью выбора оптимального содержания исходных компонентов газогенераторных составов, обеспечивающих их высокую энергетическую работоспособность;

– выполнение физико- химических анализов для определения макро и микроструктуры исходных компонентов и продуктов горения;

– разработка рецептур газогенераторных составов на основе нитрата натрия, магния и углерода и проведение лабораторных испытаний для контроля режимов горения с дозвуковой скоростью и оценки работоспособности предложенных рецептур;

– проведение полигонных исследований с использованием разработанных патронированных газогенераторных составов; оценка эффективности работы предложенных рецептур.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты термодинамических расчетов параметров горения газогенераторных составов для определения оптимального содержания исходных компонентов газогенераторных составов;

– результаты исследования закономерностей горения с дозвуковой скоростью горения разработанных газогенераторных составов на основе нитрата натрия, магния и углерода, оценка работоспособности составов;

– рецептуры патронированных газогенераторных составов на основе нитрата натрия, магния и углерода, работающих в режиме дефлаграционного

горения в условиях открытых горных работ, практически исключающие бризантное действие взрыва;

– результаты проведенных полигонных исследований, разработанных патронированных газогенераторных составов, свидетельствующие о высокой работоспособности предложенных составов.

Объекты исследования. Пиротехнические составы, состоящие из нитрата натрия, магния и в качестве добавок газообразующих агентов активированного угля из противогаза и карбонизованный углерод из грецкого ореха.

Предмет исследований. Основные закономерности горения газогенераторных составов на основе нитрата натрия, магния и углерода и возможность их использования для разрушения искусственных объектов и горных пород.

Методы исследования. При решении задач, необходимых для достижения поставленных целей, использовались следующие методы исследования: термодинамический расчет с использованием программы Terra, термогравиметрический анализ, методика определения скорости горения, рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, метод определения температуры горения, полигонные исследования, хроматографический анализ для определения состава газообразных продуктов.

Научная новизна исследования. В работе впервые получены следующие результаты.

- На основе термодинамических расчетов изучено влияние соотношения исходных компонентов на работоспособность продуктов сгорания (сила пороха, RT) и удельную газопроизводительность газогенераторных составов. Установлено, что высокие работоспособность и удельная газопроизводительность наблюдаются при соотношении исходных компонентов 60% - $NaNO_3$, 20% - Mg, 20% - C;

- Изучены характеристики горения предложенных газогенераторных составов на основе нитрата натрия. Установлено, что скорость горения составляет 3-5 мм/сек. и температура пламени 2000-2500 К. Сила пороха – 614 кДж/кг, газопроизводительность 4,8 м3/кг.

– Проведены физико- химические анализы для исходных компонентов и для продуктов горения составов. Определена дисперсность углерода, обеспечивающая послойное горение заряда. Это соответствует размерам частиц в пределах 100-200 мкм. По результатам рентгенофазового анализа твердых продуктов горения установлено, что основными продуктами являются оксид магния и карбонат натрия;

– По результатам лабораторных испытаний газогенераторного состава установлено, что дефлаграционный режим горения происходит без перехода в детонацию. Максимальное давление в процессе горения составляет 4.5 МПа;

- На основе результатов полигонных испытаний установлено, что разработанные патронированные газогенераторные составы на основе нитрата натрия и углерода могут быть успешно применены в открытых горных работах для раскалывания в щадящем режиме блочного камня или разрушения твердых минеральных пород с коэффициентом крепости от 4 до 14 по Протодьянокову.

Теоретическая значимость. Представлены научно обоснованные критерии, определяющие выбор компонентного состава патронированных газогенераторных составов, а также технологических процессов и оптимальных условий добычи минерального сырья с использованием газогенераторных составов в условиях открытых горных работ и варьирования рудниковых материалов в зависимости от состава исходных компонентов, стадии метаморфизма, методов хранения и т.д.

Практическая значимость. Как известно, большинство драгоценных камней залегает в горных породах, требующих применения взрывных технологий, при этом особую актуальность приобретает щадящая технология (осторожное взрывание) добычи драгоценных камней. Применение высокоплотных традиционных взрывчатых веществ в условиях рудных месторождений приводит к образованию микротрещин, что препятствует применению ценного кристаллосырья по своему назначению. Поэтому приобретает актуальность разработка низкоплотных патронированных газогенерирующих составов, работающих в режиме дефлаграции при щадящем взрывании. При применении низкоплотных газогенерирующих составов полностью исключается образование вредных, ядовитых газов и бризантное действие взрыва, выражающееся в образовании сейсмо и ударных воздушных волн и разлете отдельных фрагментов породы. В связи с этим в данной работе были разработаны патронированные газогенераторные составы на основе нитрата натрия, магния и углерода, работающие в режиме дефлаграционного горения и практически исключающие бризантное действие взрыва, проявляющегося в виде СВВ и УВВ, а также в виде разлета мелких фрагментов.

Разработанные газогенераторные составы имеют высокие энергетические характеристики и могут быть применены для эффективной переработки определенных видов минерального и природного сырья в рудных месторождениях Казахстана.

Апробация работы. Материалы *диссертационной* работы докладывались и обсуждались на различных международных симпозиумах и зарубежных конференциях:

- Совместный VIII международный симпозиум «Горение и плазмохимия» инаучно-техническая конференция «Энергоэффективность-2019» (Алматы, Казахстан, 20-22 ноября, 2019);

- IX Международный симпозиум «Физика и химия углеродных материалов/Наноинженерия» и Международной конференции «Наноэнергетические материалы и наноэнергетика» (Алматы, 12-14 сентября, 2018);

- Материалы Ш Международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции «Химические технологии функциональных материалов» (Новосибирск, Россия, 27-29 апреля, 2018);

- IX Международный симпозиум «Горение и плазмохимия» (Алматы, 13-15 сентября, 2017).

- Форум по развитию функциональных материалов и технологии между Китаем и странами СНГ (Нанкин, Китай, 18 сентьября 2023).

Личный вклад автора заключается в постановке и проведении экспериментов, определении методов анализа и путей решения поставленных практических и теоретических задач, обобщении и интерпретации полученных результатов, написании статей и отчетов.

Публикации. Основные итоги диссертационной работы опубликованы в 12 печатных работах, из них в 1 статье, входящей в базу данных Scopus; 4 публикации опубликованы в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки РК, 7 – в сборниках международных симпозиумов и зарубежных конференции.

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 99 страницах и включает 40 рисунок и 9 таблиц. Работа состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследования, результатов и их обсуждения, заключения и списка использованных источников, включающего 158 наименования.

Благодарности. Выражаю глубокую и искреннюю благодарность своим научным руководителям д.х.н. Мансурову Зулхаиру Аймухаметовичу, д.ф-м.н., профессору Зарко Владимир Егоровичу и профессор Шен Руй Чи за предоставленную интересную тему для исследований и помощь на всех этапах выполнения диссертационной работы. Благодарю профессоров Казахского национального университета имени аль-Фараби, сотрудников РГП на ПХВ Института проблем горения за обсуждения, которые позволили выявить недостатки и глубже понять значение выполненной работы.