

Разработка газогенераторных патронов, работающих в режиме дефлаграционного горения

С. Турсынбек^{1*}, В.Е. Зарко², З.А. Мансуров¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан

²Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук, Институтская ул., 3, Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

В данном исследовании изучена работоспособность трехкомпонентной смеси нитрата натрия, магния и углерода, полученного карбонизацией скорлупы грецкого ореха либо измельчением элементов противогазов. Были проведены экспериментальные исследования процессов горения и разработаны рецептуры газогенерирующих композиций с дозвуковой скоростью горения и наиболее эффективными характеристиками и высокой удельной газоотдачей. Также были проведены полевые испытания разработанных газогенерирующих композиций с целью определения возможности их применения на практике.

Представлены научно обоснованные критерии, определяющие выбор компонентного состава газогенерирующих композиций в патронах, а также технологические процессы и оптимальные условия добычи минерального сырья с использованием газогенерирующих композиций в условиях открытой разработки и варьирования рудничных материалов в зависимости от состава исходных компонентов, стадии разработки, метаморфизм, методы хранения и т.д.

Разработанные газогенерирующие составы обладают высокими энергетическими характеристиками и могут быть использованы для эффективной переработки отдельных видов минерального и природного сырья на рудных месторождениях Казахстана.

Ключевые слова: нитрат натрия, горение, углерод, грецкий орех, температура пламени

1. Введение

Группа полезных ископаемых, включающая твердые минералы и горные породы в виде кристаллов, играет важную роль в экономике народного хозяйства Республики Казахстан.

Текущая тенденция на мировом рынке драгоценных камней характеризуется значительным увеличением объемов потребления, большими мощностями производства, а также значительным и постоянным превышением спроса над потреблением, что позволяет рассматривать мировой рынок драгоценных камней как основной источник денежных поступлений в бюджет страны.

Увеличение использования твердых полезных ископаемых может быть достигнуто за счет внедрения рациональных методов их добычи. В то же время актуальной является задача поиска новых методов и инструментов добычи полезных ископаемых с сохранением их твердости и целостности.

Как известно, большинство драгоценных камней находится в горных породах, требующих применения взрывных технологий. В связи с этим мягкая технология производства драгоценных камней будет особенно актуальна. Применение традиционных взрывчатых веществ (ВВ) высокой плотности для рудных месторождений приводит к образованию микротрещин, сопровождается генерацией сейсмических и ударных воздушных волн, а также разносом отдельных фрагментов горных пород на значительные расстояния, что препятствует использованию ценного кристаллического сырья [1].

Для уменьшения воздействия взрыва применяются различные заряды, малофугасные взрывчатые вещества, невзрывоопасные поражающие смеси, заряды мягкого взрывания с водными и воздушными промежутками, оказывающие квазистатическое воздействие давления на горные породы. Выбор конкретного типа воздействия зависит от

свойств горных пород. В последнее время при добыче полезных ископаемых стали использовать газогенерирующие заряды, вызывающие горение за счет зарядной камеры напорной полости, начиная с горения в дозвуковом скоростном режиме.

Основой технологии мягкого взрывания может быть разрушение горных пород с использованием газогенерирующих пиротехнических составов, обеспечивающих квазистатический характер нагружения. Щадящие взрывные работы могут проводиться с использованием взрывчатых веществ низкой плотности или пиротехнических составов, которые практически устраняют вредные последствия взрыва, проявляющиеся в виде воздушных ударных волн, сейсмических взрывных волн, а также в виде рассеивания мелких фрагментов породы. В продуктах сгорания газогенерирующих композиций отсутствуют вредные или токсичные газы [2].

Основные принципы щадящего взрывания заключаются в следующем: 1) сведение к минимуму удельного расхода взрывчатых веществ; 2) сведение к минимуму поражающего эффекта взрыва, проявляющегося в виде находящихся в воздухе взрывчатых веществ, и сведение к минимуму бризантности рассеивания отдельных осколков; 3) контроль поражающего эффекта взрыва. В связи с этим были разработаны газогенерирующие композиции в пиропатронах, которые работают в условиях квазистатической нагрузки и позволяют свести к минимуму рассеивание мелких осколков. Исходя из вышеизложенного, разработка газогенерирующих композиций с патронами низкой плотности, работающих в режиме дефлаграции с мягким взрывом, имеет особую актуальность. При использовании газогенерирующих составов низкой плотности практически исключаются образование вредных, ядовитых газов и бризантный эффект взрыва, выражающийся в возникновении сейсмических и ударных воздушных волн и разлетании отдельных фрагментов горной породы.

На первом этапе исследования были разработаны и изучены в лабораторных условиях газогенераторные картриджи на основе нитрата натрия, используемые для разрушения пород средней твердости. На втором этапе в полевых условиях были протестированы характеристики горения газогенерирующих составов на основе нитрата натрия в картриджах. Для полевых испытаний были изготовлены искусственные объекты (бетонные блоки и природный камень), отличающиеся прочностными характеристиками. Лабораторные исследования и полевые испытания показали высокую эффективность использования разработанных картриджных газогенерирующих составов для разрушения искусственных объектов и горных пород [3].

Пиротехнические составы, представленные в работе [4], используются для демонтажа различных конструкций, поскольку они горят, а не детонируют. Прежде всего они ценятся за то, что не выделяют пыли, предотвращают ударные и сейсмические воздействия и являются более безопасной альтернативой традиционным взрывчатым веществам.

Важной особенностью этих газообразующих композиций является высокая скорость горения. Газы обычно получают с использованием порошков нитроцеллюлозы или «полувзрывчатых» веществ с высоким содержанием азота, включая нитрат аммония и нитрат гуанидина [5].

В таблице 1 приведены некоторые рецепты газогенераторных составов.

В научной литературе имеется упоминание об использовании нитрата аммония в качестве основного компонента в газогенерирующих композициях. Эти составы также включают бихромат аммония в качестве катализатора для усиления процесса реагирования.

Важной проблемой является утилизация активированного углерода из противогаса, когда истекает срок его эксплуатации [7].

Таблица 1. Рецептуры некоторых газогенераторных составов [6]

№ Состав	Бихромат аммония	Нитрат аммония	Нитрогуанидин	Прочие вещества
1	-	-	80	K_2CrO_4 -20
2	6	78	-	KNO_3 -9 $(NH_4)_2C_2O_4$ -7
3	9	68	14	Дициандиамид-9
4	-	-	94	Cu_2O -5,5 V_5O_2 -0,5
5	8	72	-	$NaNO_3$ -16 NH_4Cl -4

Обзор существующей литературы указывает на отсутствие всесторонних исследований газогенерирующих составов, в которых используется нитрат натрия, особенно тех, которые применяют для дробления каменных блоков.

Отметим, что в настоящее время для оценки коэффициента горных пород по крепости используется шкала, составленная профессором М.М. Протоdjяконовым в начале XX века [8] и основанная на том, что сопротивляемость горной породы любым видам разрушения может быть выражена одним определенным числом – коэффициентом крепости породы (f), который показывает, во сколько раз крепость данной породы больше или меньше крепости породы, условно принятой за единицу.

Для определения коэффициента крепости бетонного блока по шкале М.М. Протоdjяконова применяется следующая формула:

$$f = 0,1 * \sigma_{сж} \quad (1)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие [МПа].

Отсюда находим: $f=0,1*40=4$.

Следовательно, по шкале М.М. Протоdjяконова породы средней крепости имеют коэффициент крепости 4.

2. Экспериментальная часть

Для приготовления исходных смесей состава $\text{NaNO}_3 + \text{Mg} + \text{C}$ использовали порошок нитрата натрия технический (ГОСТ 19906-74), а также порошки магния (Mg) марки МПФ-3 и углеродные частицы из противогаса и скорлупы грецкого ореха.

Давление в бомбе создается за счет сгорания исследуемого вещества в замкнутом объеме небольшого размера. В такой бомбе легче достичь очень высоких давлений, что, в свою очередь, позволяет определить не только большинство баллистических характеристик взрывчатых порошков, но и состав газов.

Эксперимент проводили в толстостенной бомбе объемом 25 мл. Горение инициировали с помощью нихромовой проволоки диаметром 0,5 мм с верхнего закрытого торца, на который помещали пиротехническую намазку, состоящую из перхлората аммония и горючей связки НТРВ (hydroxyl terminated polybutadiene). Блок-схема установки для измерения давления продуктов горения представлена на рис. 1.

Отверстие было просверлено с помощью ручных перфораторов. Для создания замкнутого объема устье отверстия было герметично заделано быстротвердеющей смесью. Заряды в отверстиях были сформированы из картонного картриджа диаметром 30 мм и высотой 40 мм. Внутри картриджа был помещен газообразующий состав. Заряд инициировали с помощью катушки накаливания, концевые участки катушки были подсоединены к кабелю (рис.2). Импульс подавали от лабораторного автотрансформатора (ЛАТР, 7).

3. Результаты и обсуждение

Предварительные эксперименты показали, что при малом содержании углерода горение смеси происходит с высокой скоростью в конвективном режиме. Равномерное распространение пламени зарегистрировано в волне горения состава 60/20/20. Соответственно, в качестве рабочего был выбран состав с соотношением компонентов 60% - NaNO_3 , 20% - Mg, 20% - C (таблица 2), отличающийся достаточно высокими значениями газопроизводительности и параметра RT, пропорционального работоспособности смеси.

Согласно расчету по термодинамической программе TERRA, работоспособность выбранных составов на основе нитрата натрия составляет порядка 0,6 МДж/кг.

Результаты расчета RT и удельной газопроизводительности тройной смеси состава №1 приведены на рис. 3. Доля технического углерода в составе тройной смеси – 0 %, 5 %, 10 %, 15 % и 20 %.

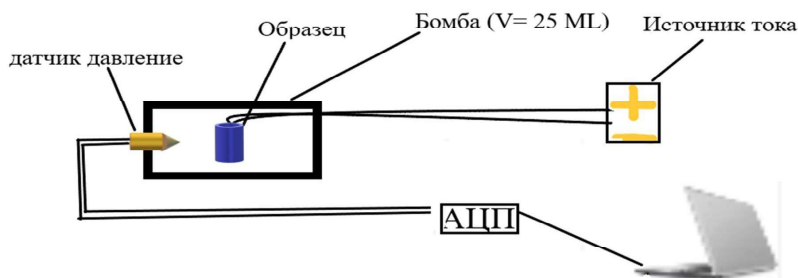


Рис. 1. Схема измерения давления при горении газогенераторных составов.

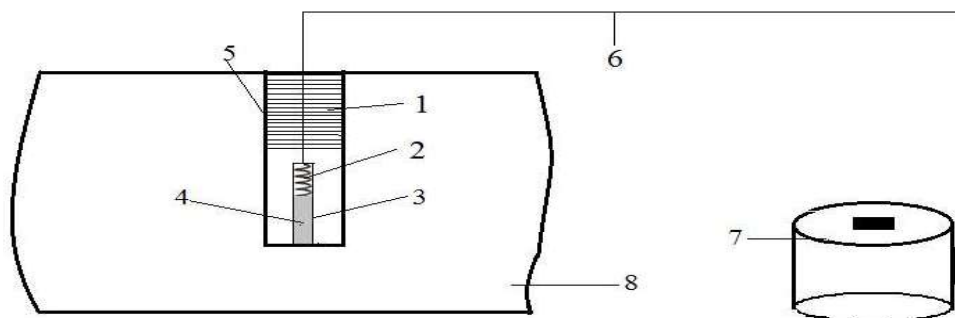


Рис. 2. Схема инициирования газогенераторного патрона: 1 – быстротвердеющая смесь (цемент+CaCl₂); 2 – спираль накаливания; 3 – оболочка газогенераторного патрона; 4 – газогенерирующий состав; 5 – шпур; 6 – провода; 7 – лабораторный автотрансформатор; 8 – бетонный блок.

Таблица 2. Исследованные составы

Состав №1	60 %	NaNO ₃ технический
	20 %	Mg МПФ-3
	20 %	С из противогаса.
Состав №2	60 %	NaNO ₃ технический
	20 %	Mg МПФ-3
	20 %	С из грецкого ореха.

Как следует из рис. 3, значения RT и Wуд тройной смеси состава №1 при 15 % углерода достигает значений 712 кДж/кг и объем газа – 6 мл/г. Этот факт объясняется тем, что углерод способствует образованию газа, чем больше углерода, тем больше газа образуется. Дальнейшее увеличение углерода существенно не меняет величину газовой продуктивности, которая колеблется от 4,8 до 5,96 мл/г.

Изменение давления в манометрической бомбе фиксировалось с помощью датчика переменного давления. С помощью осциллографа марки Mixed Domain Oscilloscope 3054 были зарегистрированы сигналы. Результаты измерения максимального давления при вариации массы тройной смеси в

пределах 1-5 г приведены в таблице 3. Исследование изменения давления в бомбе показало, что при горении состава №2 с увеличением времени процесса наблюдается рост давления до 2,5 МПа, что свидетельствует об интенсивном образовании газов при разложении.

На рис. 4 представлены графики изменения давления с течением времени при сгорании газогенераторной композиции в бомбе (содержащей 60 % нитрата натрия, 20 % магния и 20 % углерода из грецкого ореха). Анализ зависимостей максимального давления для обоих составов показывает, что увеличение массы образца приводит к более высокой скорости изменения давления (увеличению) и более высокому максимальному давлению. Сравнивая два состава, можно заметить, что состав № 1 дает более низкие значения параметров по сравнению с составом № 2.

По шкале М.М. Протождяконова горные породы с коэффициентом прочности 4 классифицируются как среднепрочные. Как показано на рис. 5, монолитный бетонный блок был разрушен с помощью заряда из состава № 1. Состав внутри патрона весил 60 г, а разброс более мелких фрагментов достигал 1 м. Примечательно, что поле-

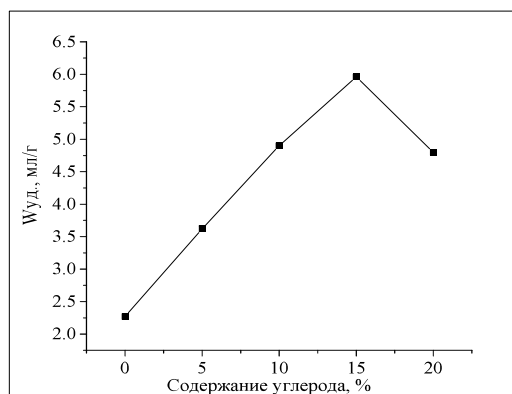
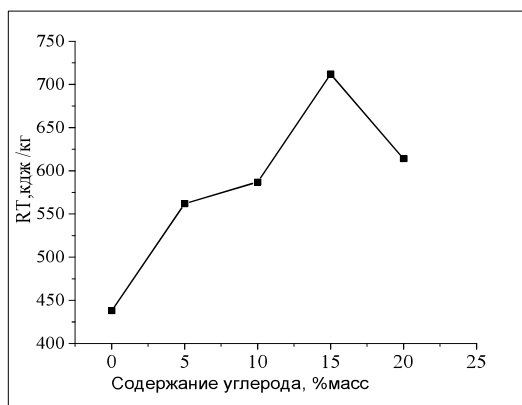


Рис. 3. Зависимость работоспособности продуктов сгорания (RT) от содержания углерода в тройной смеси NaNO₃-Mg-C из противогаса.

Таблица 3. Изменение величины максимального давления от массы образца газогенераторных составов

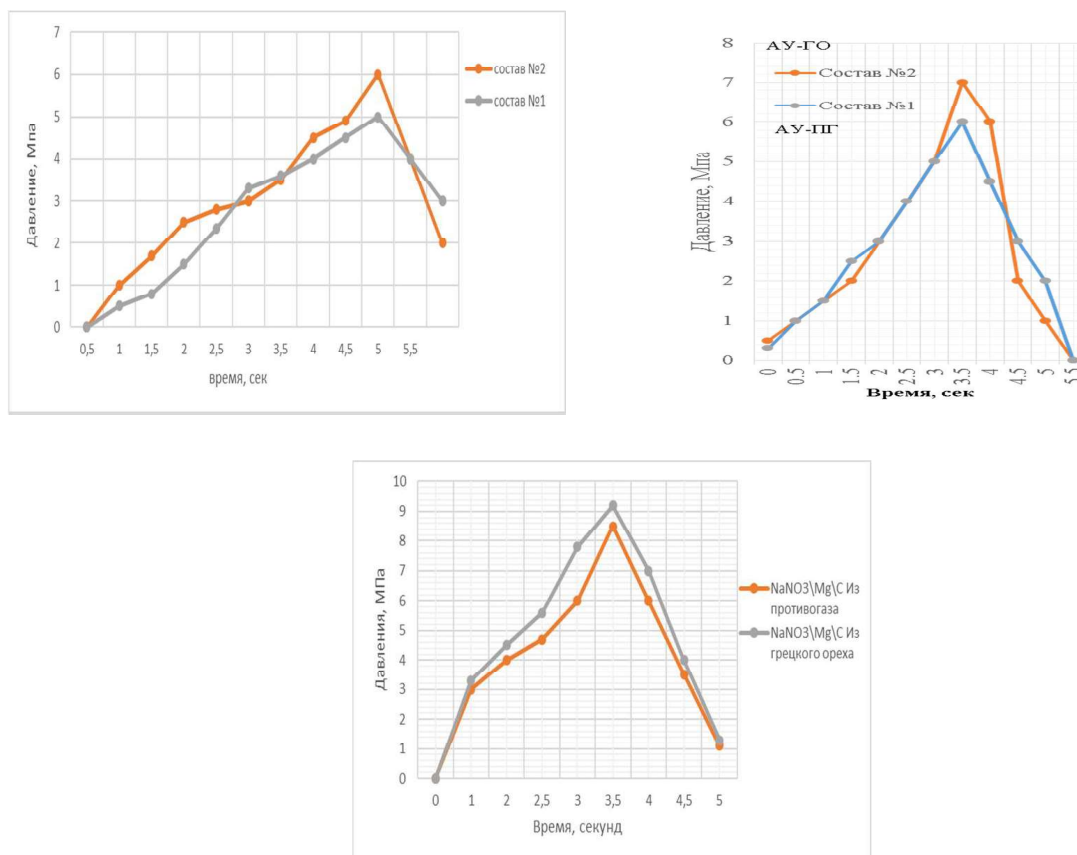
Составы	m = 1 г	m = 3 г	m = 5 г
$\text{NaNO}_3\backslash\text{Mg}\backslash\text{C}$ из противогаса, МПа	2,5	5,9	8,5
$\text{NaNO}_3\backslash\text{Mg}\backslash\text{C}$ из грецкого ореха, МПа	4,5	7	9,2
Порох, МПа	16	22	32
Хлоратит, МПа	17	25	40
Игданит, МПа	-	2	6

вые испытания не выявили никаких признаков сейсмического взрыва или ударных воздушных волн. Это говорит о том, что активация пиротехнического состава №1 привела к эффективному распаду нитрата натрия в замкнутом пространстве, претерпевая физико-химические превращения в режиме дефлаграционного горения. Тем не менее, использование этого состава не исключает возможности высокого давления в зарядной камере в момент разрушения, потенциально вызывающего разлетание мелких осколков.

Для инициирования газогенераторного патрона был применен огнепроводной шнур (рис. 5). С целью создания замкнутого объема устье шнура герметично заделывалось быстротвердеющей смесью (CaCl_2 +цемент+вода).

Согласно практике взрывных работ, использование лишь энергии взрыва (РТ-КПД) в качестве показателя недостаточно для удовлетворительного прогнозирования последствий разрушения в различных горнодобывающих и геологических условиях [9]. Анализ литературы показывает, что известные закономерности формирования и распространения волн напряжения не позволяют точно предсказать параметры процесса, в частности рассеяние осколков, что имеет решающее значение при щадящей взрывной обработке [10].

В данном исследовании при использовании 100 г газогенераторного состава №2 дальность разлета отдельных фрагментов составила 1,3 м, что дает большую дальность разлета по сравнению с предыдущим составом №1 (рис. 6). Это

**Рис. 4.** Зависимость изменения давления от времени горения для составов №1 и №2.

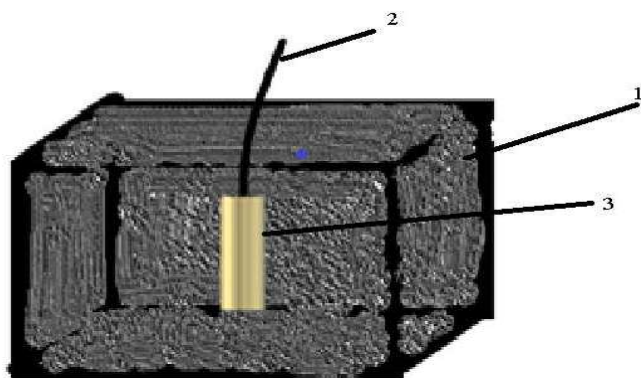


Рис. 5. Схема инициирования газогенераторного патрона: 1 – твердое тело (бетонный блок); 2 – огнестойкий шнур; 3 – газогенераторный патрон.

особенность объясняется высокой экзотермичностью системы $\text{NaNO}_3\text{-Mg-C}$. Скорость повышения давления в шпоре можно регулировать путем введения различных количеств пиротехнического состава из патронов газогенератора.

Дополнительные результаты испытания разработанного газогенераторного состава №2 представлены на рис. 7. Как видно из рис. 7, монолитный бетонный блок был разрушен составом №1. Масса состава в картридже 60 г. Дальность разлета мелких осколков – 1 м. При проведении полигонных испытаний действия сейсмозрывных и ударных воздушных волн не наблюдались. Отсюда можно сделать вывод, что при использовании состава №1 эффективное разложение нитрата натрия происходит в замкнутом пространстве. При этом данный состав претерпевает физико-химические превращения в режиме дефлаграционного горения. Однако использование данного газогенераторного состава не исключает развития высоких давлений в полости зарядной камеры в момент разрушения, что может привести к разлету мелких осколков.



Рис. 6. Монолитный бетонный блок с зарядом состава №1.

Таким образом, результаты полигонных экспериментов показали, что равномерное дробление бетонного блока при незначительном разлете фрагментов (1,3 м) происходило при соотношении компонентов, близких к стехиометрии: NaNO_3 – 60 %; Mg – 20 %; C – 20 %. Эффект при использовании высокоплотных бризантных ВВ сопровождается образованием воздушных ударных и сейсмозрывных волн, разлетом отдельных фрагментов на значительные расстояния порядка 200-300 м.

Разработанный газогенераторный состав №2 (NaNO_3 – 60 %; Mg – 20 %; C – 20 %) может быть использован для целенаправленного разрушения крепких горных пород с коэффициентом прочности 8 в режиме горения. Как показывает практика взрывных работ, энергия взрыва (RT-производительность) не является достаточной мерой для оценки эффективности применения того или иного взрывчатого вещества для удовлетворительного прогнозирования эффекта разрушения в различных горно-геологических условиях [11].

Физико-химические и эксплуатационные характеристики состава №2 показаны в таблице 4.

4. Заключение

1. Измерения переменного давления проводились для смесей с различными типами и размерами углеродных частиц (из противогаса (состав №1) и из грецкого ореха (состав №2)). Установлено, что при горении 1 г состава в закрытом сосуде давление составляет 4,5 Мпа.

2. Проведены полигонные испытания по разрушению железобетонных твердых массивов. Установлено, что при горении составов №1 и №2 образуются трещины на стенах блока и дальность разлета осколков не превышает 1,5 м.



Рис. 7. Разрушение железобетонного блока составом №2.

Таблица 4. Основные физико-химические и эксплуатационные характеристики газогенераторного патрона состав №2 (NaNO_3 -Mg-C из грецкого ореха)

Характеристики	Показатели
Работоспособность продуктов сгорания, кДж/кг. Расчет (экспериментальный)	550÷620
Объем газов, л/кг	460÷480
Плотность насыпная в патроне, г/см ³	0,1÷0,17
Скорость горения (P=0,1 МПа), мм/сек	3÷5
Чувствительность к удару	0
Чувствительность к трению	0

3. Газогенераторные композиции на основе нитрата натрия, магния и углерода могут быть использованы при добыче полезных ископаемых открытым способом для раскалывания мягких блочных пород или разрушения твердых минеральных пород.

Список литературы

- [1]. Tursynbek S., Mansurov Z.A., Umbetkaliev K.A., Zarko V.E. Combustion study of gas-generating compositions with carbon powder additives // Russian journal of physical chemistry. – 2020. – № 3. – С.407-412.
- [2]. Кутузов Б.Н., Андриевский А.П. Новая теория и новые технологии разрушения горных пород удлиненными зарядами взрывчатых веществ. – Новосибирск: Наука, 2002. – 96 с.
- [3]. Франтов А.Е., Закалинский В.М. Способ взрывной подготовки руды в зоне открыто подземного яруса // Сб. «Взрывное дело». – 2009. – №102/59. – С.121-128.
- [4]. Парамонов Г.П., Ковалевский В.Н., Мозер Петер. Повышение сохранности минерального сырья при отделении монолита от массива горных пород с использованием газогенераторных патронов // Записки Горного Института. – 2016. – Т. 220. – С.532-537.
- [5]. Атаманов М.К. Разработка и кинетический анализ углеродсодержащих энергоемких материалов. Диссертация PhD. Алматы, 2018. – С.55-58.
- [6]. Сакович Г.В., Ильясов С.Г., Казанцев И.В., Ильясов Д.С., Аверин А.А., Шатный М.В. Исследование и разработка компонентов газогенерирующих составов на основе нитропроизводных мочевины // Ползуновский вестник. – 2010. – № 4-1. – С.47-51.
- [7]. Ставицкая С.С., Картель Н.Т., Ковтун М.Ф., Цыба Н. ., Пулковский А.В., Стрелко В.В. Ионнообменники из углеродной шихты отработанных противогазов // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – № 3. – С.41-46
- [8]. Khezami L., Chetouan A., Taou B., Capar R. Production and characterisation of activated carbon from wood components in powder: cellulose, lignin, xylan // Powder Technology Journal. – 2005. – Vol. 157. – P.48-56.
- [9]. Mansurov Z.A., Tulepov M.I., Kazakov Y.V., Tursynbek S., Abdrakova F.Y., Baiseitov D.A. The study of combustion process of chemical gas-generating cartridge in the composition of ammonium nitrate and nano aluminum combustible additives // Материалы VIII Межд. Симп. «Горение и плазмохимия» и Международной научно-технической конференции «Энергоэффективность-2015». – Алматы, 2015. – С. 137-140.

- [10]. Viktorov S.D., Zakalinsky V.M., Frantov A.E., Koshanov A.N. Classification of blasting process characteristics in combined and conventional geotechnologies // 7th world conference on explosives & blasting. Moscow, Russia, 2013, Part 1, – P.27-30.
- [11]. Andrew W.C. The viability of poly (chlorotrifluoroethylene – co-vinylidene fluoride) as an oxidizer in exrtudable pyrotechnic compositions. Dissertation Master of Engineering. Pretoria: University of Pretoria, 2017.

Reference

- [1]. Tursynbek S, Mansurov ZA, Umbetkaliev KA, Zarko VE (2020) Russian journal of physical chemistry 3:407-412. <https://doi.org/10.1134/S1990793120030112>
- [2]. Kutuzov BN, Andrievsky AP (2002) New theory and new technologies for the destruction of rocks by elongated explosive charges [Novaya teoriya i novyye tekhnologii razrusheniye gornyx porod udlinennymi zaryadami vzyrvchatykh veshchestv] Nauka, Novosibirsk. P.96.
- [3]. Frantov AE, Zakalinsky VM (2009) Sat. «Explosive Case» [Sb. «Vzryvnoye delo»]. 102/59:121-128.
- [4]. Paramonov GP, Kovalevsky VN (2016) Notes of the Mining Institute [Zapiski Gornogo Instituta]. 220:532-537.
- [5]. Atamanov MK (2018) Development and kinetic analysis of carbon-containing energy-intensive materials [Razrabotka i kineticheskiy analiz uglerodsoderzhashchikh energoyemkikh materialov]. PhD Dissertation. Almaty, Kazakhstan. P.55-58.
- [6]. Sakovich GV, Ilyasov SG, Kazantsev IV, Ilyasov DS, Averin AA, Shatny MV (2010) Polzunovskiy Vestnik [Polzunovskiy Vestnik] 4-1:47-51.
- [7]. Stavitskaya SS, Kartel NT, Kovtun MF, Tsyba NN, Pulkovsky AV, Strelko VV (2004) Eco-technologies and resource saving [Ekotekhnologii i resursosberezheniye]. 3:41-46.
- [8]. Khezami L, Chetouan A, Taou B, Capar R (2005) Powder Technology Journal 157:48-56. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2005.05.009>
- [9]. Mansurov ZA, Tulepov MI, Kazakov YV, Tursynbek S, Abdrakova FY, Baiseitov DA (2015) The study of combustion process of chemical gas-generating cartridge (CGG) in the composition of ammonium nitrate and nano aluminum combustible additives. Proceedings of the VIII International Symposium “Combustion and Plasma Chemistry” and the International Scientific and Technical Conference “Energy Efficiency-2015”. Almaty, Kazakhstan. P.137-140.
- [10]. Viktorov SD, Zakalinsky VM, Frantov AE, Koshanov AN (2013) Classification of blasting process characteristics in combined

and conventional geotechnologies. 7th world conference on explosives & blasting. Moscow, Russia. P.27-30.

- [11]. Andrew WC (2017) The viability of poly (chlorotrifluoroethylene – co-vinylidene fluoride) as an oxidizer in exrtudable pyrotechnic compositions. Dissertation Master of Engineering, Pretoria: University of Pretoria.

Development of gas-generator cartridges operating in the deflagration combustion mode

S. Tursynbek^{1*}, V.E. Zarko², Z.A. Mansurov¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, 71, Al-Farabi ave., Almaty, Kazakhstan

²Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 3, Institutskaya st., Novosibirsk, Russian

ABSRTACT

This study investigates the performance of a three-component mixture of sodium nitrate, magnesium and carbon obtained by carbonisation of walnut shells or by grinding of gas mask elements. Experimental studies of combustion processes were carried out and formulations of gas-generating compositions with subsonic burning speed and the most efficient characteristics and high specific gas yield were developed. Field tests of the developed gas-generating compositions were also carried out to determine the possibility of their application in practice.

Scientifically substantiated criteria determining the choice of component composition of gas-generating compositions in patoroons, as well as technological processes and optimal conditions of mineral raw materials extraction with the use of gas-generating compositions in conditions of open-pit mining and variation of mine materials depending on the composition of initial components, stage of development, metamorphism, storage methods, etc. are presented.

The developed gas-generating compositions have high energy characteristics and can be used for effective processing of separate types of mineral and natural raw materials at ore deposits of Kazakhstan.

Keywords: sodium nitrate, combustion, carbon, walnut, flame temperature

Дефлаграциялық жану режимінде жұмыс істейтін газ генераторларының патрондарын әзірлеу

С. Турсынбек^{1*}, В.Е. Зарко², З.А. Мансуров¹

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан

²В.В. Воеводский атындағы Химиялық кинетика және жану институтының Сібір бөлімшесі, Институтская к-сі., 3, Новосибирск, Ресей

АНДАТПА

Бұл зерттеу жаңғақ қабығын көміртендіру немесе противогаздың элементтерін ұнтақтау арқылы алынған натрий нитратының, магнийдің және көміртегінің үш компонентті қоспасының өнімділігін зерттеді. Жану процестерінің тәжірибелік зерттеулері жүргізілді және дыбыстан тыс жану жылдамдығы және ең тиімді сипаттамалары және жоғары меншікті газ шығымы бар газ түзетін композициялардың тұжырымдары

әзірленді. Сондай-ақ оларды тәжірибеде қолдану мүмкіндігін анықтау мақсатында әзірленген газ түзетін композициялардың далалық сынақтары жүргізілді.

Патрондардағы газ түзетін композициялардың құрамын таңдауды анықтайтын ғылыми негізделген критерийлер, сондай-ақ бастапқы компоненттердің құрамына, даму сатысына, метаморфизмге, сақтау әдістеріне және т. б. байланысты ашық игеру және кен материалдарының өзгеруі жағдайында газ түзетін композицияларды пайдалана отырып, минералды шикізатты өндірудің технологиялық процестері мен оңтайлы шарттары ұсынылған.

Жасалған газ түзетін композициялар жоғары энергетикалық сипаттамаларға ие және Қазақстанның кен орындарында минералды және табиғи шикізаттың жекелеген түрлерін тиімді өңдеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: натрий нитраты, жану, көміртегі, жаңғақ, жалын температурасы.