

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ГОРЕНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ НИТРАТА НАТРИЯ МЕТОДОМ ПЕРЕГОРАЮЩИХ ПРОВОЛОЧЕК

С. Турсынбек^{1,2}, Д.А. Байсейтов¹, М.И. Тулепов^{1,2}, Ю.В. Казаков^{1,2}, Ф.Ю. Абдракова¹, З.А. Мансуров^{1,2}

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

²Институт проблем горения, ул. Богенбай батыра, 172, Алматы, Казахстан

Дата поступления:

4 Апреля 2019

Принято на печать:

24 Мая 2019

Доступно онлайн:

6 Июля 2019

УДК: 544.46:665.75:662.7

АННОТАЦИЯ

При проведении работ в условиях плотной городской застройки и добыче штучного камня возникает вопрос организации щадящих режимов разрушения, что требует использования пиротехнических составов, работающих в режиме дефлаграции. В таких составах в качестве окислителя применяются аммиачная селитра, перхлорат аммония и различные нитраты. В качестве горючего часто используется магний. В данной работе изучено горение трехкомпонентной смеси нитрата натрия, магния и углерода, полученного карбонизацией скорлупы грецкого ореха, либо при измельчении элементов противогазов. Проведены термодинамические расчеты горения смеси с различным содержанием компонентов и измерены характеристики горения смеси $\text{NaNO}_3/\text{Mg}/\text{C}$ (60/20/20). Показана перспектива использования такой смеси в газогенераторных патронах. Результаты экспериментов представлены после обработки с помощью современных программ. А так же исследовано влияние размеров компонентов и их соотношения на скорости горения.

Ключевые слова: газогенератор, скорость горения, гетерогенные конденсированные системы, дисперсность.

Введение

В настоящее время разработаны многочисленные методы и установки для измерения скорости горения гетерогенных конденсированных системы (ГКС). В ряде случаев возможно их применение для измерения скорости горения прессованных и литиевых металлизированных конденсированных систем (МГКС). Однако вследствие особенностей горения МГКС возможность применения тех или иных методов и установок для измерения скорости горения требует специального анализа [1].

Одним из требований к газогенераторным составам является высокая скорость горения. Достаточно часто для генерации газов используют нитроцеллюлозные пороха, а также взрывчатые вещества с высоким содержанием азота, такие как нитрат аммония, нитрат гуанидина и нитрогуанидин. Преимущественное применение нитрата аммония в газогенераторных составах обусловлено, в частности, тем, что он является дешевым и не дефицитным продуктом и при сгорании не дает твердых веществ [2].

Существующие методы и установки для измерения скорости горения ГКС можно разделить на две группы. К первой группе следует отнести методы и установки, с помощью которых при заданных внешних условиях (давления, начальная температура) определяется средняя скорость горения образца. В этом случае измеряется время горения определенной длины (или определенной толщины свода), либо время горения выделенного участка образца на поверхности которого расположены индикаторы момента прохождения фронта пламени (поверхности горения) [3]. Ко второй группе относятся методы и установки для непрерывного измерения текущей массовой или линейной скорости горения.

Одним из наиболее распространенных методов является метод перегорающих проволочек или легкоплавких спаев. Он заключается в том, что в отверстия, просверленные в образце на границах мерного участка, вводятся тонкие (0,1 ... 0,3 мм) проволочки, соединяемые с регистрирующим устройством [4]. При достижении поверхностью горения плоскости установки проволочки последняя перегорает, размыкая электрическую цепь.

*Ответственный автор

E-mail: chem_sabyt.777@mail.ru (С. Турсынбек).

© 2019 Институт проблем горения.

Издательство «Қазақ университеті»

Этот метод применяется как в лабораторных условиях, так и при массовых испытаниях образцов твердых ракетных топлив. Он обладает высокой точностью, которая при применении современной регистрирующей аппаратуры достигает 0,4... 0,8%. Технологическая схема приведена на рисунке 1 [5].

Начиная с прошлого века для использования в качестве газогенераторного состава была подробно экспериментально исследована двухкомпонентная смесь NaNO_3/Mg в разных соотношениях компонентов и условиях. В работе [6] представлены результаты экспериментальных исследований по определению скорости горения смеси NaNO_3/Mg . Однако работы по исследованию горения трехкомпонентного состава $\text{NaNO}_3/\text{Mg}/\text{C}$ практически отсутствуют в литературе.

Экспериментальная часть

Оптимальное соотношение между окислителем (NaNO_3) и горючим ($\text{Mg}+\text{C}$) определяли на основании сравнительных расчетов равновесных термодинамических характеристик данного состава по программе ТЕРРА [7]. Для приготовления исходных смесей состава $\text{NaNO}_3+\text{Mg}+\text{C}$ использовались порошок нитрата натрия, технического углерода с размером частиц $200\div 250$ мкм, а также порошок магния (Mg) марки МПФ-3, углерод измельченный, рассеянный в $100\text{-}200$ мкм из противогаса. Скорость горения составов измеряли методом перегорающих проволочек. Для измерения скорости горения составов были приготовлены образцы с диаметром 13 мм и высотой 25 мм. Компоненты тщательно перемешиваются и насыпаются в бумажную гильзу, постукиваем несколько раз для уплотнения. Опыты проводились в атмосферном давлении и открытом воздухе.

Результаты и обсуждения

Из порошкообразных компонентов готовили образцы для сжигания на воздухе. Углерод измельчен в фарфоровой ступке и рассеян в ситах размером $200,100$ мкм.

Анализ фракции проводился с использованием проекционного микроскопа и полуавтоматического 24 канального счетного устройства, в котором размер частиц на экране микроскопа измеряется прозрачной линейкой с набором кружок-шаблонов. В качестве препарата использовали либо всю фракцию, либо выборку, взятую квартованием.

Совокупную функцию распределения в диапазоне размеров от 1,2 мкм до максимального строили с помощью компьютерной программы «ССР», результаты обработки приведены на рисунке 1.

Компоненты взвешивали на электронных весах «Сартогосм» МВ 210-А и перемешивали вручную в фарфоровой ступке. Соотношение окислителя и горючего во всех случаях было 80:20 по весу. Первоначально были проведены эксперименты на воспламеняемость образцов на воздухе. Готовые смеси для сжигания помещали в бумажные гильзы с диаметром 13 мм и высотой 10 мм. Масса образца около 0,4 г, насыпная плотность образцов в интервале $0,7\text{-}0,9$ г/см³. Горение инициировалось пламенем газовой горелки с верхнего открытого торца бумажной гильзы, на которую помещали пиротехническую намазку, состоящую из перхлората аммония и связки МПВТ-АСТ.

Пиротехническая смесь:

NaNO_3	60%
Mg (МПФ-3)	20%
C (углерод из противогаса)	20%

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 2.

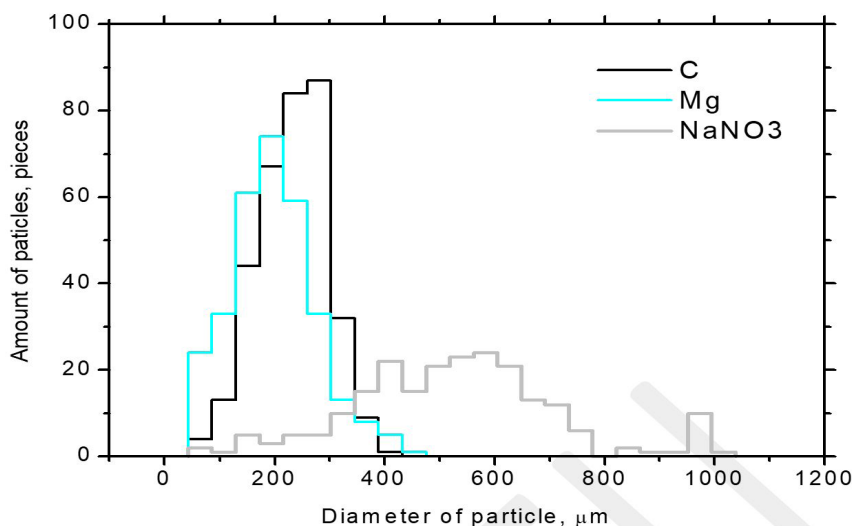


Рис. 1. Гистограмма распределения частиц по счету.

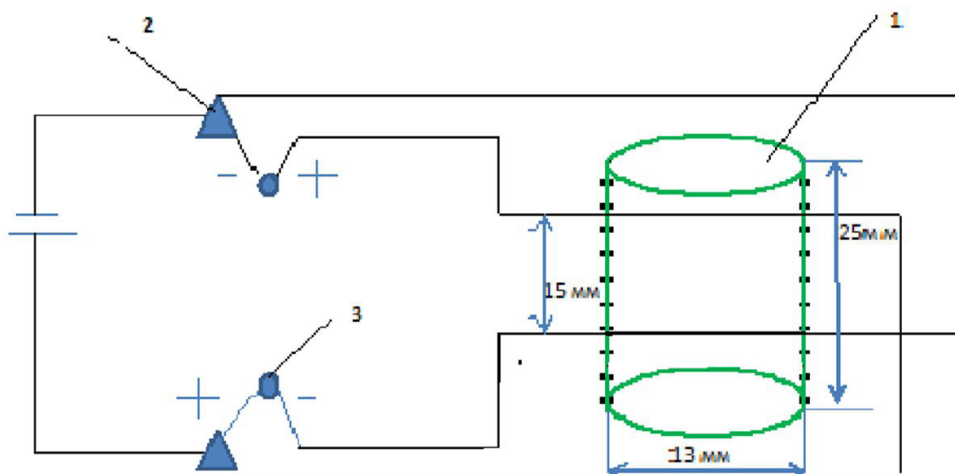


Рис. 2. Схема измерения скорости горения методом перегорающих проволочек: 1 – образец с бумажной оболочкой; 2 – резистор; 3 – светодиодные лампочки.

Для определения зависимости скорости горения от размера углерода, были приготовлены разные дисперсный углерод, для этого применялись фарфоровая ступка и сито размером 200, 100, 70. Результаты приведены в таблице 1.

Из порошкообразных компонентов готовили образцы для сжигания на воздухе. Компоненты взвешивали на электронных весах «Сартогосм» МВ 210-А и перемешивали вручную в фарфоровой ступке. Соотношение окислителя и горючего во всех случаях было 60:20:20 по весу. Первоначально были проведены эксперименты на воспламеняемость образцов на воздухе. Готовые смеси для сжигания помещали в бумажные гильзы с диаметром 13 мм и высотой 25 мм. Масса образца около 4,0 г, насыпная плотность образцов в интервале 0.7-0.9 г/см³. Горение инициировалось пламенем газовой горелки с верхнего открытого торца бумажной гильзы, на которую помещали пиротехническую намазку, состоящую из перхлората аммония и связки НТРВ (hydroxyl-terminated polybutadiene). Процесс горения регистрировался видеокамерой с частотой 300 кадр/сек. Для обработки видеозаписи использовали программу VirtualDub, способную проигрывать видеофайл в покадровом режиме, одновременно показывая информацию о времени текущего кадра.

Таблица 1

Зависимость скорости горения от дисперсности углерода(60/20/20)

Размеры углерода, мкм	Скорость горения, мм/сек
Ниже 70	не горит
70-100	0,5-1
100-200	1-3
Выше 200	>10

Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы, с увеличением дисперсности возрастает скорость горения состава. Известно, что измельчение компонентов в значительной мере влияет на скорость горения. Чем меньше размер горючего компонента, тем больше скорость горения.

Выполненные исследования показали высокую эффективность применения перегорающих проволочек для измерения скорости горения газогенераторных составов на основе нитрата натрия. Выяснилось влияние дисперсности компонентов на скорость горения.

Заключение

1. Проведены термодинамические расчеты параметров горения для определения оптимального количества исходных компонентов. Установлено, что высокоэффективная работоспособность наблюдается в соотношениях исходных компонентов 60% – NaNO₃, 20% – Mg, 20% – С.

2. Изучены методы определения скорости горения. Установлено, что скорость горения составляет 3-5 мм/сек.

3. Определена дисперсность углерода, обеспечивающая послойное горение заряда, и это размеры в пределах 200-100 мкм.

Литературы

- [1]. Н.А. Силин, Л.Я. Кашпоров, В.Д. Гладун, Л.Е. Шейнман, В.А. Ващенко, Е.С. Шахиджанов. Горение металлизированных гетерогенных конденсированных систем. – М.: Машиностроение, 1982г. – 56 С.
- [2]. Simones P., Pedroso L., Portugal A. New propellant

- Component. Part II. Study of a PSAN/DNAM/HTPB Based formulation // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. 2001. №26. P. 278-283.
- [3]. Архипов В.А., Попок В.Н., Савельева Л.А. Горение энергетических систем конденсированных систем на основе нитрата аммония // III Всероссийская конференция «Энергетические конденсированные системы»: Материалы конференции. М.: Торус-Пресс, 2006. С. 130-131.
- [4]. Andrew W.C., Dissertation Master of Engineering. Pretoria. University of Pretoria. 2017.
- [5]. Корчагин М.А., Ляхов Н.З. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез механически активированных смесей // Химическая физика. – 2008. – Т.27, №1. – С.73-78.
- [6]. Байсейтов Д.А., Корчагин М.А., Зарко В.Е., Сурадин Г.С., Тулепов М.И., Кискин А.Б. Влияние добавки диборида алюминия на характеристики горения и зажигания пиротехнического состава на основе нитрата аммония // IX международный симпозиум «Горения и плазмохимия», 15-17 сентября 2017, Алматы, Казахстан. – С. 15-18.
- [7]. Трусов Б.Г. // Инженерный журнал: наука и инновации. –2012. – №1(1). – С. 21.

Determination of burning rate gas generating composition based on sodium nitrate by the method of reorienting wires

S. Tursynbek^{1,2}, D.A. Baiseitov¹, M.I. Tulepov^{1,2}, Yu.V. Kazakov^{1,2}, F.Yu. Abdrakova¹, Z.A. Mansurov^{1,2}

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

²The Institute of Combustion Problems, Bogenbai Batyr str., 172, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

When working in conditions of dense urban development and the extraction of a piece of stone, the question arises of organizing gentle destruction modes, which requires the use of pyrotechnic compositions operating in deflagration mode. In such compositions, ammonium nitrate, ammonium perchlorate and various nitrates are used as an oxidizing agent. Magnesium is often used as a fuel. In this paper, we studied the combustion of a three-component mixture of sodium nitrate, magnesium, and carbon, obtained by carbonizing the walnut shell, or by grinding the elements of gas masks. Thermodynamic calculations of the combustion of a mixture with different content of components were carried out and the combustion characteristics of the mixture $\text{NaNO}_3/\text{Mg}/\text{C}(60/20/20)$ were measured. The prospect of using such a mixture in gas generator cartridges is shown. Presents

methods for determining the burning rate, which is easy and affordable, continuous measurement of the current mass or linear burning rate. The results of the experiments are presented after processing with the help of modern programs. As well as the influence of the size of the components and their relationship to the burning rate.

Keywords: gas generator, the burning rate, heterogeneous condensed systems, dispersion.

Нитрат натрий негізіндегі газогенераторлы құрамдардың жану жылдамдығын жанатын сымдар әдісімен анықтау

С. Тұрсынбек^{1,2}, Д.А. Байсейтов¹, М.И. Төлепов^{1,2}, Ю.В. Казаков^{1,2}, Ф.Ю. Абдракова¹, З.А. Мансуров^{1,2}

¹эл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, эл-Фараби даңғ. 71, Алматы, Қазақстан

²Жану проблемалары институты, Бөгенбай батыр көшесі 172, Алматы, Қазақстан

АҢДАТПА

Қала құрылысы мен тастан алу жағдайында жұмыс істегенде, дефлаграциялық режимінде жұмыс істейтін пиротехникалық композицияларды пайдалануды талап ететін жұмсақ бұзылу режимдерін ұйымдастыру мәселесі туындайды. Мұндай композицияларда тотығу агенті ретінде аммоний нитраты, аммоний перхлораты және әртүрлі нитраттар қолданылады. Магний жиі отын ретінде пайдаланылады. Осы мақалада біз жаңғақ қабығын карбондау арқылы алынатын натрий нитратының, магнийдің және көміртектің үш компонентті қоспасының жануын немесе газ маскаларының элементтерін ұнтақтау арқылы зерттедік. Қоспалардың әртүрлі құрамдас бөліктерімен жануының термодинамикалық есептеулер жүргізілді және $\text{NaNO}_3/\text{Mg}/\text{C}$ қоспасының (60/20/20) жану сипаттамалары өлшенді. Осындай қоспаны газ генераторы картридждерінде пайдалану перспективасы көрсетілген. Тәжірибелердің нәтижелері қазіргі заманғы бағдарламалар көмегімен өңделгеннен кейін ұсынылған. Компоненттердің мөлшері мен олардың қатынасының жану жылдамдығына әсері зерттелді.

Түйінді сөздер: газогенератор, жану жылдамдығы, гетерогенді конденсирленген жүйелер, дисперстілік.