

ИНИЦИИРОВАНИЕ ДЕТОНАЦИИ УДАРНЫМИ ВОЛНАМИ В НАСЫПНОМ И ВОДОНАПОЛНЕННОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ГЕКСОГЕНЕ

А.Л. Кривченко¹, И.А. Клюстер²

¹ Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

² Самарский государственный университет путей сообщения
443066, г. Самара, 1-й Безымянный пер., д. 18

Рассмотрены особенности детонации насыпного и водонаполненного промышленного гексогена. Определены критический диаметр и критическое давление инициирования промышленного гексогена. Показано, что эти параметры практически идентичны параметрам перекристаллизованного гексогена, а незначительное повышение чувствительности естественно связано с наличием воздушных включений в зернах промышленного гексогена.

Ключевые слова: гексоген, критическое давление, детонация, инициирование.

Введение

Для безопасной транспортировки мощных взрывчатых веществ (ВВ) согласно рекомендациям ООН используется их флегматизация, в частности транспортировка в водонаполненном состоянии [1]. Особый интерес представляет изучение вопросов инициирования таких ВВ, т. е. развития ударной волны до скорости, равной скорости детонации, или ее затухания. В работе [2] проводилось исследование инициирования ударными волнами зарядов насыпного и водонаполненного гексогена плотностью 0,95 и 1,42 г/см³ соответственно. Инициирование создавалось ударными волнами треугольного профиля активного заряда через преграду из оргстекла. В работе использовался перекристаллизованный гексоген размером 0,1–0,3 мм с минимальным количеством дефектов. Были определены критические диаметры насыпного и водонаполненного гексогена, которые составляли 3 и 24 мм соответственно; критическое давление инициирования составляло 0,2±0,02 и 4,5±0,3 ГПа соответственно.

При водоразбавлении ВВ, в том числе гексогена, в промышленных условиях для перевозок и хранения в данных смесях содержатся воздушные включения и дефектные зерна. Именно это может сказаться на критических условиях инициирования и характере развития процесса.

Целью настоящей работы является определение критического диаметра водонаполненного промышленного гексогена и критического давления инициирования зарядов насыпного и водонаполненного гексогена. Результаты экспериментов показали, что данные характеристики практически идентичны характеристикам перекристаллизованного гексогена. Критический диаметр водонаполненного промышленного гексогена составил 19 мм. Критическое давление также уменьшилось до 3,4±0,3 ГПа. Критическое давление инициирующей ударной волны определялось как среднее значение между наименьшим давлением на фронте ударной волны, которая су-

Александр Львович Кривченко (д.т.н.), профессор кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях».

Иван Александрович Клюстер, аспирант.

может вызвать детонацию, и наибольшим давлением волны, которая не возбуждает ВВ.

Описание эксперимента

Измерения проводились электромагнитным методом на установке Института проблем химической физики РАН. Схема эксперимента, предложенная в работах [3, 4, 5], приведена на рис. 1. Активный заряд, состоящий из взрывной линзы и двух таблеток ВВ диаметром 80 мм, при взрыве через экран воздушного зазора и парафиновой прослойки генерировал в исследуемом взрывчатом веществе ударную волну прямоугольного профиля, что позволяло существенно повысить информативность процесса. Исследовались насыпные и наполненные заряды из кристаллических частиц промышленного гексогена плотностью 1,0 и 1,42 г/см³ соответственно. Электромагнитный датчик, фиксирующий развитие ударной волны до детонационной или ее затухание, размещался в пассивном заряде диаметром 60 мм, что позволяло уменьшить влияние боковой волны разряда, а прямоугольный профиль входящей ударной волны позволял более детально прорисовать картину инициирования сухого и водонаполненного гексогена. В эксперименте по всей глубине развития ударной волны в детонационную электромагнитным методом записывался профиль $u(t)$ и измерялась скорость ударного фронта D , для чего использовался ступенчатый датчик с базой 3 мм. Датчик размещался на разных расстояниях L от границы парафиновой прослойки до исследуемого ВВ. Давление в волне рассчитывалось по гидродинамической формуле

$$P = \rho_{\text{ВВ}} D U, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{ВВ}}$ – плотность заряда; D – скорость фронта; U – массовая скорость на фронте.

Давление входящей ударной волны регулировалось активным зарядом (две таблетки ТНТ/талък 50/50), толщиной парафиновой прослойки и величиной воздушного зазора.

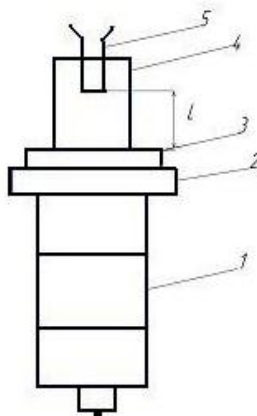


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – активный заряд; 2 – экран с воздушным зазором; 3 – парафиновая прослойка; 4 – исследуемое ВВ; 5 – электромагнитный датчик

Экспериментальные результаты

В таблице приведены параметры развивающихся ударных волн (скорость фронта, значения массовой скорости и давления на фронте). Данные значения были получены путем усреднения данных 4–6 опытов.

Давление входящей удар- ной волны Р, ГПа	Положение датчика, мм	Массовая скорость U, км/сек	Скорость фронта D, км/сек	Давление, ГПа
Промышленный гексоген				
0,2	0	0,16	1,22	0,2
	4,0	0,87	2,62	2,3
	6,0	1,22	3,7	4,5
	10,0	1,61	4,7	7,6
	12,0	2,1	5,3	11,1
	20,0	2,1	5,3	11,1
Водонаполненный промышленный гексоген				
3,4	0	0,63	3,8	4,0
	4,0	0,95	4,4	5,9
	6,0	1,1	4,5	7,0
	10,0	1,2	4,75	8,1
	12,0	1,3	6,3	11,6
	20,0	1,5	6,7	14,3
	30	2,0	7,1	20,2

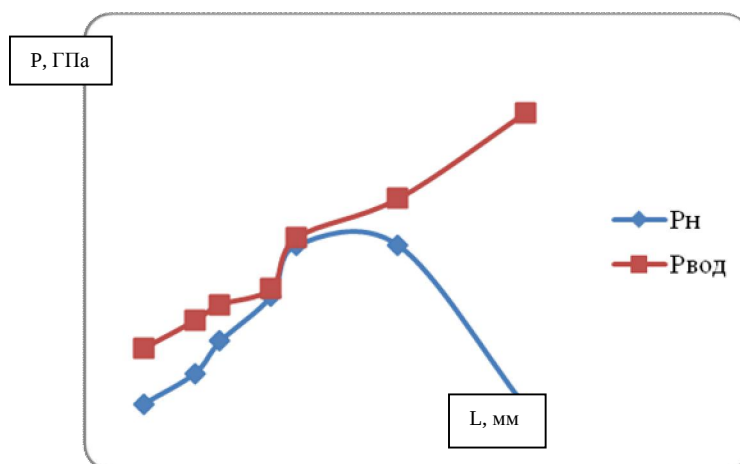


Рис. 2. Зависимости давлений на фронте развивающейся детонационной волны от расстояния до границы раздела «инертный барьер – ВВ»

На рис. 2 приведены параметры развития входящей ударной волны в образцы насыпного и водонаполненного гексогена. В опытах с насыпным гексогеном наблюдался треугольный профиль процесса с растущими параметрами на расстояниях 4,0 и 6,0 мм от входа ударной волны. На расстоянии 10,0 мм появился профиль с изломом «Химпиком», а на расстоянии 12,0 мм параметры процесса достигли максимальных значений и дальше не росли.

В случае с водонаполненным гексогеном на расстояниях от 0,0 до 4,0 мм наблюдался прямоугольный профиль с растущими параметрами, который на 6,0 мм трансформировался в треугольный, а на 10,0 мм появился излом. Развитие процесса продолжалось вплоть до 30,0 мм, детонационные параметры которого приблизились к характерным параметрам скорости детонации ~ 7,1 км/с. Схожие результаты были получены в работе [6], где скорость фронта ~ 7,5 км/с.

Детонационные параметры продуктов взрыва промышленного гексогена несколько отличаются от параметров продуктов взрыва перекристаллизованного гексогена. По сравнению с перекристаллованным гексогеном промышленный гексоген более чувствителен. Наблюдения повышения чувствительности естественно связаны с наличием воздушных включений в зернах промышленного гексогена.

Выводы

Введение воды в насыпное ВВ изменяет процесс инициирования. В частности, энергия взрыва передается очередным слоям веществ не через продукты взрыва, а через ударную волну в воде. Поэтому слои ВВ сжимаются ударной волной с большей интенсивностью, чем в сухом материале. Следовательно, при наличии внутри зерен гексогена воздушных включений, играющих роль горячих точек, чувствительность гексогена выше, чем у перекристаллизованного гексогена правильной формы, хотя чувствительность промышленного гексогена остается на достаточно низком уровне. Влияние природы наполнителя на процесс инициирования подлежит дальнейшему изучению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. Типовые правила перевозки опасных грузов. Рекомендации ООН по перевозке опасных грузов.
2. *Зыгмунт Б.* Иницирование ударными волнами детонации водонаполненных ВВ с различной структурой зерна. – ФГВ, 1980. Т 4. – С. 89-93.
3. *Дремин А.Н., Колдунов С.А., Шведов К.К.* Иницирование детонации ударными волнами в насыпных зарядах ВВ. – ФГВ, 1971. Т 1. – С. 103-11.
4. *Шведов К.К., Кривченко А.Л., Сальников В.Н.* Влияние природы наполнителя на разложение наполненных систем тротила и гексогена в ударных и детонационных волнах. – ФГВ, 1978. Т 5. – С. 127-131.
5. *Шведов К.К., Дремин А.Н.* Влияние агрегатного состояния и структуры заряда на разложение тротила в ударных волнах // Горение и взрыв. IV симпозиум по горению и взрыву. – 1977. – С. 440-446.
6. *Кривченко А.Л., Шведов К.К., Дремин А.Н., Козлов В.С.* Исследование детонационных характеристик систем гексоген – наполнитель. – ФГВ, 1972. Т 4. – С. 463-470.

Статья поступила в редакцию 3 сентября 2013 г.

INITIATION OF DETONATION BY COLLISIONAL WAVES IN FILL-UP AND WATER-FILLED INDUSTRIAL CYCLONITE

A.L. Krivchenko¹, I.A. Klyuster²

¹ Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

² Samara State University of Transport
18, 1 Bezimyanii per., Samara, 443066

The paper deals with the detonation of fill-up and water-filled industrial cyclonite. The critical diameter and pressure for the initiation of industrial cyclonite detonation have been determined. It is shown that these parameters are almost identical to those of crystallized RDX, a slight change in sensibility being due to air inclusions in the RDX grains.

Keywords: RDX, critical pressure, detonation and initiation.

*Alexander L. Krivchenko (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Ivan A. Klyuster, Postgraduate Student.*