

СРОЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.222:2:541.126

В.В. Митрофанов, И.Т. Бакиров

**ДЕТОНАЦИЯ ВЗВЕСИ ЧАСТИЦ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ВВ
В ВАКУУМЕ**

В работе ставилась задача осуществить детонацию гетерогенной системы, состоящей из не контактирующих между собой частиц монотоплива — индивидуального ВВ в вакууме. Предшествующих экспериментальных работ по этому предмету авторам не известно. Неясность ситуации связана с тем, что в указанной системе возможность ударно-волнового инициирования химической реакции в детонационной волне (ДВ) становится проблематичной: нет газовой среды, сжимаемой ударным скачком, которая в обычных газозвесах передает движение и тепло частицам, отсутствует также непосредственное взаимодействие частиц.

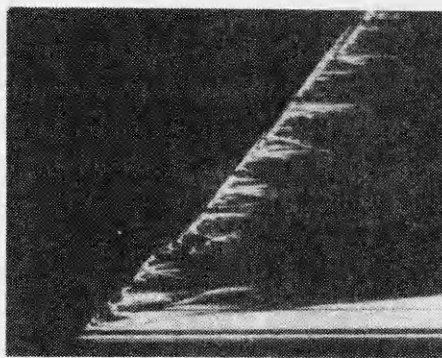
Теоретически можно построить модель ДВ в такой среде со скачком уплотнения до образования компактного слоя-поршня, выгорающего за счет самовоспламенения с заднего конца в режиме дефлаграции Чепмена — Жуге. Однако реализация такого процесса для чувствительного ВВ невозможна из-за слишком быстрого воспламенения или взрыва при ударном компактировании. Гораздо более реальными представляются модели ДВ с переносом фронта инициирования сопутствующим потоком горячих продуктов.

Для частиц чувствительного ВВ, способных самостоятельно детонировать, возможно распространение детонации за счет эстафетной передачи инициирующего импульса по цепочке частиц продуктами взрыва каждой предыдущей частицы [1]. При этом инициирование в принципе может осуществляться как газовыми продуктами взрыва, так и конденсированными частицами, например микрочастицами свинца, выбрасываемыми при взрыве кристаллов азидов свинца [2]. Строгая математическая модель со стационарной или квазистационарной одномерной зоной ДВ для пылевзвеси монотоплива в вакууме разработана недавно С.А. Жданом [3,4]. Эта модель предполагает плавное (невзрывное) выгорание частиц после прогрева и дает установившуюся скорость ДВ, точно отвечающую режиму Чепмена — Жуге. Между тем очевидно, что упомянутый выше эстафетный механизм в принципе может обеспечить и более высокую скорость, вплоть до скорости разлета в вакуум продуктов детонации отдельной частицы.

Авторами проведены первые опыты по детонации порошка высокочувствительного монотоплива — азидов свинца в вакуумированном объеме. Экспериментальная установка включала разъемный в диаметральной плоскости стальной канал диаметром 10 мм и длиной 0,9 м, аналогичный описанному в [5]. Вдоль всей длины канал имел окно из оргстекла шириной 2 мм. На дне канала помещались частицы азидов свинца. Канал подвешивался горизонтально и имел возможность перемещаться плоскопараллельно вверх до удара в жесткий упор. Один конец канала соединялся с вакуумирующей системой, к другому пристыковывалась через рвущуюся диафрагму секция инициирования с газовой смесью.

© В.В. Митрофанов, И.Т. Бакиров, 1994.

Азид свинца получали смешением растворов азиды натрия и азотно-кислого свинца. Осадок промывали дистиллированной водой и высушивали при комнатной температуре на электропроводящей бумаге. Получались легко разламывающиеся пластинки мелкокристаллического вещества толщиной около 0,5 мм. Их дробили на частички размером ~ 1 мм и размещали приблизительно равномерно по дну канала в раскрытом положении. Среднее расстояние между частичками составляло ~ 7 мм, общая масса заряда ~ 0,2 г.



После сборки и подвески канала вместе с инициирующей секцией из него откачивался воздух до давления $p_0 < 0,1$ мм рт. ст., а инициирующая секция заполнялась ацетилено-кислородной смесью. Механическое устройство разгоняло канал вверх до скорости $v \approx 32$ см/с. После удара канала об упор через 31 мс газовую смесь инициировали электрической искрой. В этот момент частицы по расчету достигали верхней точки своих траекторий свободного полета в зоне оси канала.

Свечение взрывной волны, распространяющейся в канале после инициирования, фиксировалось через окно на движущуюся пленку фоторегистратором барабанного типа. Одна из фоторазверток, захватывающая всю длину канала, представлена на рисунке. Скорость пленки, умноженная на коэффициент уменьшения изображения при съемке, составляла 2,6 км/с. Видна нестационарная, но самоподдерживающаяся взрывная волна со средней скоростью $v_{\text{ср}} = 2,8$ км/с. На последних 2/3 пути $v_{\text{ср}} = 3,1$ км/с, скорость идеальной детонации Чепмена — Жуге для вакуум-взвеси PbN_6 около 1,6 км/с. Хорошо различается последовательность отдельных локальных взрывов на начальном участке. Далее фронт свечения становится менее прерывистым, хотя и здесь различается дискретность свечения, примерно соответствующая начальным промежуткам между частицами. Обращают на себя внимание периодическое зарождение волн повышенного свечения в глубине зоны реакции и выход в переднюю зону, где их свечение постепенно гаснет.

Динамика развития процесса и структура зоны свечения зависят от дисперсности частиц и средней плотности заряда. В одном из опытов на первой половине канала промежутки между частицами увеличивали в 1,5—2 раза, а на второй добавили мелкие фракции частиц (до микронных размеров), образовавших почти непрерывный слой на стенке. В этом случае наблюдалась нерегулярная последовательность редких вспышек до половины канала при $v_{\text{ср}} \approx 0,7$ км/с, затем после очередного взрыва возникла волна с непрерывным фронтом свечения и плавно возрастающей скоростью от 2,7 до 3,6 км/с. При этом не установлено, какая часть частиц отрывалась от стенки перед инициированием.

Предварительные итоги экспериментов с вакуум-взвесями взрывчатых веществ можно сформулировать следующим образом.

1. Зарегистрирована незатухающая детонация системы неконтактирующих частиц чувствительного ВВ в вакууме.
2. Скорость детонации для исследуемой системы оказалась выше скорости детонации Чепмена — Жуге.
3. Отмечены пульсации фронта детонации с периодом, много большим расстояния между частицами.
4. Для объяснения конечной наблюдаемой скорости детонации и переходного процесса более всего подходит эстафетный механизм. Возможны также неоднородные каналные эффекты [5, 6], обеспечивающие повышенную скорость волны за счет инициирования частиц на стенках самоподдерживающейся струей продуктов в канале. Имеют сходство с каналными

эффектами [6] и длиннопериодические пульсации волны. Однако последние могут иметь и иное объяснение. Не исключено, что происходит периодическое зарождение обычной структуры с ударным фронтом в газе продуктов, натекающих в исходную вакуум-взвесь из зоны реакции. Явление требует дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митрофанов В.В. Детонационные волны в гетерогенных средах. — Новосибирск: изд. НГУ, 1988. — С. 75—76.
2. Беляев А.Ф., Харитонов Ю.Б. О передаче детонации между инициирующими взрывчатыми веществами // ЖЭТФ. — 1937. — 7. — С. 198—202.
3. Ждан С.А. Структура детонационных волн в вакууме с частицами унитарного топлива // ФГВ. — 1991. — 27, № 6. — С. 109—115.
4. Ждан С.А. Безударное инициирование детонации в вакууме с частицами унитарного топлива // ФГВ. — 1992. — 28, № 4. — С. 136—142.
5. Бакиров И.Т., Митрофанов В.В. Высокоскоростная двуслойчатая детонация в системе ВВ — газ // Докл. АН СССР. — 1976. — 231, № 6. — С. 1315—1318.
6. Загуменнов А.С., Титова Н.С. и др. Детонация удлиненных зарядов с полостями // ПМТФ. — 1969. — № 2. — С. 79—83.

630090, г. Новосибирск,
ИГиЛ СО РАН

Поступила в редакцию 1/Х 1993

УДК 621.454.3

*Д.М. Захаренко, Ю.С. Иващенко, А.Л. Садырин,
С.И. Яковлев*

АКТИВАЦИЯ ГОРЕНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Попытки регулирования процесса горения твердого ракетного топлива путем наложения электрических полей были предприняты в середине шестидесятых годов [1]. При этом получено увеличение массовой скорости горения алюминизированного топлива на 10 % при атмосферном давлении и более эффективное воздействие на скорость распространения пламени по поверхности заряда. В работе [2] описано влияние продольного постоянного электрического поля на скорость горения гетерогенных конденсированных систем. Увеличение скорости горения, сопровождаемое пробоем пламенного промежутка, происходило при подводимой мощности около 1 кВт и составляло до 10 % при атмосферном давлении за счет джоулева нагрева. Влияние дугового разряда постоянного тока на воспламенение и горение твердого ракетного топлива исследовано в [3]. Установлено, что пороговое значение тока, ниже которого влияние тока на скорость горения отсутствует, равно 10 А. При этом требуемая для управления процессом горения электрическая мощность составляет 2—5 кВт.

В предлагаемой работе испытан способ воздействия на скорость горения баллиститного пороха продольного электрического поля между электродом в пламени и электропроводящей подвижной поверхностью горения. Постоянный электрический контакт с последней осуществлялся с помощью сгорающих пленочных электродов, нанесенных на боковую поверхность образцов торцевого горения. Исследовалось горение модельного пороха, содержащего 40 % нитроглицерина и 60 % нитроцеллюлозы.

Использовались образцы прямоугольного сечения 7×10 мм и длиной 50—70 мм. На большие боковые грани образцов напылением в вакууме

© Д.М. Захаренко, Ю.С. Иващенко, А.Л. Садырин, С.И. Яковлев, 1994.