

таблице, показывает, что они практически совпадают, что в свою очередь указывает на отсутствие существенного пересжатия.

Фотограмма выхода детонационных фронтов на торец заряда позволяет также провести оценку давлений в маховских дисках. Поскольку в момент выхода детонации, распространяющейся по ВВ на торец заряда, сложившаяся конфигурация волн распадается и фронт пересжатой детонации, разрушаясь, проходит некоторую базу, то измеряемые по фотограмме скорости ударных волн в плексиглазе дают лишь приближенную, заниженную оценку давлений детонации в маховском диске. Для определения давления использовалось выражение [4]

$$p = 1/2 \cdot p_2(1 + \rho_0 D / \rho_{02} D_2),$$

где индекс 2 относится к параметрам ударной волны в плексиглазе, D — скорость детонации в маховском диске, которая равна скорости детонации оболочки, ρ_0 — начальная плотность исследуемого ВВ.

Давления пересжатой детонации в маховском диске (p_1) также рассчитаны, исходя из скорости его распространения по выражениям, полученным в [5]. При этом предполагалось, что показатель политропы продуктов детонации растворов 1,2 постоянен при пересжатии и равен 2,7. Измеренные p и рассчитанные p_1 значения давлений в маховских дисках представлены в таблице. Давление, реализующееся при данной постановке опытов, значительно превосходит давление нормальной детонации, например нитрометан удалось пересжать по давлению почти в 3,5 раза, а раствор 2 — в 6 раз.

Поступила в редакцию
26/XI 1980

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Ф. Гоголя, И. М. Воскобойников, Н. Г. Демченко. ФГВ, 1981, 17, 1.
2. Ф. А. Баум, Л. П. Орленко и др. Физика взрыва. М.: Наука, 1975.
3. А. Г. Тесленко, Р. П. Дидык. ФГВ, 1974, 10, 3.
4. М. А. Кук. Наука о промышленных взрывчатых веществах. М.: Недра, 1980.
5. И. М. Воскобойников, А. Н. Афанасенков. — В сб.: Взрывное дело, № 75/32. М.: Наука, 1975.

• КОНТАКТНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ НИЗКОПЛОТНЫХ ВВ

В. С. Соловьев, Л. Н. Власова, С. Г. Андреев, М. М. Бойко, А. В. Аттетков
(Москва)

Процесс возникновения, развития и распространения детонации в низкоплотных зарядах ($\rho = 0,4 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^3$ кг/м³) имеет особенности и обуславливается многообразием сопровождающих его процессов (фильтрация продуктов детонации в пористую среду, соударение и дробление зерен, зажигание зерен ВВ и т. д.) [1]. Наличие такого сложного механизма распространения детонации в низкоплотных ВВ предопределяет особенности при их контактном инициировании по сравнению с высокоплотным ВВ.

В данной работе экспериментально исследовался процесс возбуждения и развития детонации при контактном расположении низкоплотных зарядов ($\rho_1 = 0,15 \cdot 10^3 \div 0,6 \cdot 10^3$ кг/м³) на основе гексогена с открытой пористостью в зарядах большей плотности ($\rho_2 = 0,6 \cdot 10^3 \div 1,7 \cdot 10^3$ кг/м³), а также инициирование зарядов с $\rho_2 = 0,4 \cdot 10^3$ кг/см³ высокоплотными зарядами. При исследовании использовались оптический и электромагнитный методы.

Как показано в работе [2], при контактном инициировании смеси гексогена с мипорой малой плотности листовым ВВ ограниченной толщины наблюдается переходный процесс. Поведение кривых $D(b)$, $u_m(b)$, $tu_m(b)$ (рис. 1), полученных с помощью электромагнитного датчика, говорит о том, что в процессе возбуждения и развития детонации в исследуемом заряде можно выделить следующие стадии. На начальной стадии детонация листовым ВВ вызывает поджигание зерен ВВ, находящихся в непосредственном контакте с ним. Поскольку объем прореагировавшего ВВ достаточно мал и, кроме того, происходит интенсивная разгрузка в направлении ВВ и в противоположную сторону, параметры в данной области понижаются. Последующая стадия — это интенсивное воспламенение низкоплотного

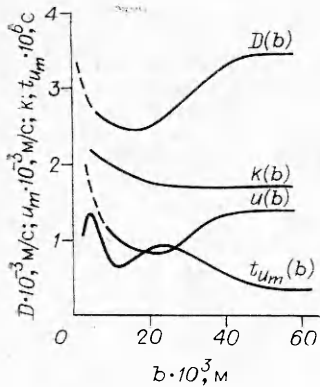


Рис. 1. Изменение волновой D и массовой u_m скоростей процесса, показателя адиабаты κ и времени нарастания массовой скорости до максимума t_{um} по длине переходной зоны b .

$\cdot 10^3$ кг/м³ и длиной $3 \cdot 10^{-2}$ м (при этом давление в плоскости контакта 7 ГПа), характер переходного процесса в пассивном заряде меняется: отсутствует «провал» в параметрах переходного процесса. Это объясняется тем, что с увеличением длины активного заряда увеличивается длительность инициирующего импульса, разгрузка со стороны активного заряда менее интенсивна.

Исследования процесса перехода детонации из низкоплотных зарядов меньшей плотности в заряды большей плотности проводились оптическим методом с использованием призмы из оргстекла толщиной $8 \cdot 10^{-4}$ м, заполняемой водой (рис. 2). Призма расположена в основании сборки и является одновременно противоразгрузочным устройством. Для создания плоского детонационного фронта использовался плосковолновой генератор со слоем листового ВВ. Угол при вершине призмы 90° , что обеспечивает регистрацию со стороны основания истинного значения скорости детонации как активного, так и пассивного зарядов по обеим граням призмы. Одновременно выбранный при вершине призмы угол обеспечивает явление полного внутреннего отражения, что позволяет на регистрации скорости детонации активного заряда получить сравнительную запись скорости детонационного фронта в исследуемом заряде.

Рис. 3 иллюстрирует зависимости средних скоростей детонации в исследуемом заряде от его относительной плотности для различных плотностей нагружающего заряда. Видно, что среднее значение скорости детонации на длине ее измерения ($\sim 3 \cdot 10^{-2}$ м) во всех случаях несколько ниже стационарного значения скорости детонации для заряда той же плотности. Кроме того, при переходе детонации из активного заряда большей плотности существует предельное значение ρ_1 ,

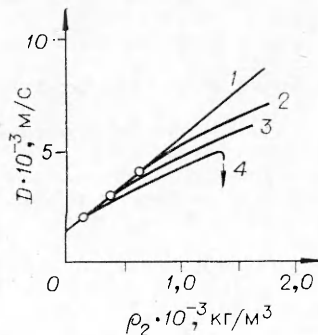


Рис. 3. Зависимость скорости детонации в пассивном заряде от его плотности. 1 — $D(\rho)$ для стационарной детонации; ρ_1 , кг/м³: 2 — $0,6 \cdot 10^3$, 3 — $0,35 \cdot 10^3$, 4 — $0,15 \cdot 10^3$.

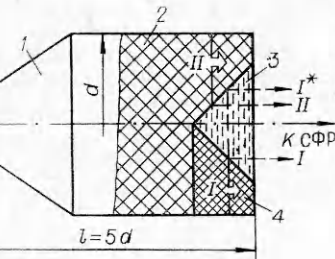


Рис. 2. Схема сборки.

1 — плосковолновой генератор; 2 — активный заряд; 3 — призма из оргстекла, заполненная водой; 4 — пассивный заряд; I — детонация пассивного заряда; I* — отраженный луч детонации пассивного заряда; II — детонация активного заряда.

ВВ за фронтом ударной волны и фильтрующихся продуктов разложения, что в конечном итоге приводит к росту параметров и формированию детонационного комплекса.

Если в качестве активного заряда использовать плосковолновой генератор плотностью $\rho_1 = 1,6 \cdot 10^3$ кг/м³ и длиной $3 \cdot 10^{-2}$ м (при этом давление в плоскости контакта 7 ГПа), характер переходного процесса в пассивном заряде меняется: отсутствует «провал» в параметрах переходного процесса. Это объясняется тем, что с увеличением длины активного заряда увеличивается длительность инициирующего импульса, разгрузка со стороны активного заряда менее интенсивна.

Исследования процесса перехода детонации из низкоплотных зарядов меньшей плотности в заряды большей плотности проводились оптическим методом с использованием призмы из оргстекла толщиной $8 \cdot 10^{-4}$ м, заполняемой водой (рис. 2). Призма расположена в основании сборки и является одновременно противоразгрузочным устройством. Для создания плоского детонационного фронта использовался плосковолновой генератор со слоем листового ВВ. Угол при вершине призмы 90° , что обеспечивает регистрацию со стороны основания истинного значения скорости детонации как активного, так и пассивного зарядов по обеим граням призмы. Одновременно выбранный при вершине призмы угол обеспечивает явление полного внутреннего отражения, что позволяет на регистрации скорости детонации активного заряда получить сравнительную запись скорости детонационного фронта в исследуемом заряде.

Рис. 3 иллюстрирует зависимости средних скоростей детонации в исследуемом заряде от его относительной плотности для различных плотностей нагружающего заряда. Видно, что среднее значение скорости детонации на длине ее измерения ($\sim 3 \cdot 10^{-2}$ м) во всех случаях несколько ниже стационарного значения скорости детонации для заряда той же плотности. Кроме того, при переходе детонации из активного заряда большей плотности существует предельное значение ρ_1 ,

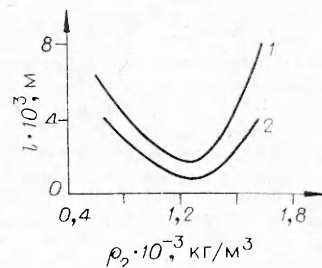


Рис. 4. Зависимость длины переходной зоны l от плотности пассивного заряда ρ_2 . ρ_1 , кг/м³: 1 — $0,4 \cdot 10^3$, 2 — $0,6 \cdot 10^3$.

при котором в исследуемом заряде детонация не возникает ($\rho_1 = 0,15 \cdot 10^3$ кг/м³, $\rho_2 = 1,7 \cdot 10^3$ кг/м³, $p = 0,6$ ГПа).

Оптическая регистрация процесса распространения детонации в составных зарядах проводилась по боковой поверхности зарядов, помещенных в корпус из оргстекла (толщиной $5 \cdot 10^{-3}$ м) прямоугольного сечения. Как и в описанных выше экспериментах, зафиксирован переходный процесс: при $\rho_2 > \rho_1$ и $\rho_2 < 1,7 \cdot 10^3$ кг/м³ детонационная волна постепенно ускоряется и выходит на стационарный режим. Для $\rho_2 \sim 1,7 \cdot 10^3$ кг/м³ ($\rho_1 = 0,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $p = 3$ ГПа) наблюдаются большие времена задержки до возникновения детонационного процесса, порядка нескольких микросекунд.

На рис. 4 представлена зависимость величины переходной зоны от плоскости пассивного заряда для различных значений ρ_1 : чем выше плотность активного и пассивного зарядов, тем меньше величина переходной зоны; чем больше перепад плотности, тем быстрее детонация в пассивном заряде выходит на стационарный режим. Уменьшение переходной зоны с увеличением плотности пассивного заряда на участке кривой $\rho_2 \approx 0,4 \cdot 10^3 \div 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³ (см. рис. 4) можно объяснить тем, что при увеличении ρ_2 растет удельная поверхность зерен ВВ, что ведет к увеличению интенсивности энерговыделения и скорости нарастания давления в зоне детонации, при этом давление в плоскости контакта изменяется от 1,8 до 2,5 ГПа. Для высокоплотных зарядов ($\rho_2 > 1,1 \cdot 10^3$ кг/м³) происходит смена механизма распространения детонации и ведущую роль в возбуждении реакции начинает играть ударная волна, при этом контактная чувствительность резко падает [3, 4].

Таким образом, контактная чувствительность низкоплотных зарядов на основе гексогена определяется величиной инициирующего давления и длительностью воздействия. Если инициирующее давление выше, чем давление стационарной детонации, то в пассивном заряде возникает пересжатие. В зависимости от длительности импульса детонационная волна плавно затухает до скорости стационарного режима или затухает до некоторого минимума, а затем, ускоряясь, выходит на стационарный режим. Если же инициирующее давление ниже, чем давление стационарной детонации, то скорость процесса или плавно нарастает, если действует механизм, определяющую роль в котором играет фильтрация продуктов детонации, или в пассивном заряде детонация не возникает, когда возможность фильтрации отсутствует, а требуемые параметры возбуждения детонации определяются механизмом ударно-волнового инициирования.

Поступила в редакцию
21/VII 1980

ЛИТЕРАТУРА

1. М. М. Бойко, В. Н. Крамаренко, В. С. Соловьев.— В сб.: Химическая физика процессов горения и взрыва. Детонация. Черноголовка, 1977.
2. С. Г. Андреев, В. С. Соловьев и др. Четвертый всесоюзный симпозиум по горению и взрыву. Аннотация докладов. Черноголовка, 1974.
3. J. Savit, N. Lone, C. Kyselka. IV-th Symp. (International) on Detonat., USA, 1965.
4. J. Ca by m m. Exposition Inc. California, 1968.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ПРИ ВЗРЫВЕ ПЛОСКОГО ЗАРЯДА ВВ В УДАРНОЙ ТРУБЕ

Э. Э. Лип, А. И. Фунтиков
(Москва)

В работах [1—3] экспериментальным и расчетным путем изучалось течение в ударной волне, образовавшейся при взрыве плоского заряда конденсированного ВВ в ударной трубе. Распространение ударной волны рассматривалось в диапазоне расстояний $1 \div \sim 200 \Delta$, где Δ — толщина заряда. Экспериментально определены параметры течения за ударной волной в области $200 \div 2000 \Delta$. Кроме этого, получены зависимости давления p от времени t в проходящей ударной волне на различных расстояниях от заряда и уточнены зависимости $p(t)$, приведенные в [4]. Эти данные сопоставлены с результатами [5] по отражению ударной волны от жесткой стенки.

Эксперименты проводились в ударных трубах диаметром 0,09 и 0,4 м. Использовался листовая заряд ВВ ($\Delta = 0,5$ и 1 мм). Измерения выполнены в воздухе при