

величина Q растет с увеличением y и становится сравнимой с энергией, выделяющейся в зоне шва в результате удара, при $y=1\div 2$ м.

Таким образом, в настоящей работе показано, что газ, находящийся в зазоре между свариваемыми взрывом металлическими пластинами, оказывает сильное тепловое воздействие на их поверхность. Степень воздействия существенно зависит от параметров газового потока и степени механической обработки поверхности металла. С ростом шероховатости поверхности металла растет толщина расплавленного слоя и величина энергии, поступающей из газа.

Авторы выражают благодарность А. А. Дерибасу и В. А. Симонову за обсуждение результатов работы.

Поступила в редакцию
12/IX 1979

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Дерибас. Физика упрочнения и сварки взрывом. Новосибирск, Наука, 1972.
2. С. Н. Ишуткин, В. И. Кирко, В. А. Симонов. ФГВ, 1980, 16, 6.
3. С. И. Анисимов, Я. А. Имаси и др. Действие излучения большой мощности на металлы. М., Наука, 1976.
4. Физика взрыва. Под ред. К. П. Станюковича, М., Наука, 1975.
5. М. С. Качан, В. Н. Штерн. ФГВ, 1979, 15, 2.
6. И. Д. Захаренко, Т. М. Соболенко. ФГВ, 1971, 7, 3.
7. U. Richter. III Symposium Sprengbearbeitung von Metallen. Mariánské Lázně, 1976.

МАХОВСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН В НИТРОМЕТАНЕ

М. Ф. Гоголя, И. М. Воскобойников, Н. Г. Демченко
(Москва)

В работе [1] описано явление отражения, когда угол между нормальными двух сталкивающихся ударных волн имеет величину, меньшую некоторой критической. Теперь явление нерегулярного отражения носит имя Маха. Наиболее полно исследование маховского взаимодействия выполнено для газовых систем, где накоплен и систематизирован значительный объем экспериментальных данных, а также имеется большое число теоретических работ. Число исследований в конденсированных средах существенно меньше. Примером изучения маховского взаимодействия детонационных волн в конденсированных ВВ являются работы [2—7], где определялись критические углы, рост маховских поверхностей, условия стабильности их существования.

В данной работе экспериментально исследовались взаимодействия детонационных волн в нитрометане, находящемся в оболочке из чистого ТГ. Выбор нитрометана определялся тем, что он прозрачен и имеет достаточно высокую температуру детонации, что позволяет проводить исследования взаимодействия во времени с помощью обычной аппаратуры, применяемой в физике быстрых процессов.

Стандартная схема опытов, использованных в данной работе, представлена на рис. 1. Исследуемое вещество 3 помещалось в цилиндрическую оболочку 4, отлитую из ТГ 50/50 ($\rho_0=1,68$ г/см³). Поскольку нитрометан растворяет ТГ, то внутренняя поверхность оболочки бронуировалась. Иницирование осуществлялось с помощью генератора плоского фронта 6 через алюминиевую пластину 5. Иницирующая система подобрана так, что по нитрометану и ТГ сразу распространялась нормальная детонация. Сверху на заряд помещался набор плексигласовых пластин 2, разделенных воздушными зазорами. Процесс свечения регистрировался с торца заряда через зеркало 1 с помощью СФР; скорость развертки равна 3,75 мм/мкс. Щель устанавливалась по диаметру заряда. Такая постановка опыта позволяла получить как временную картину развития взаимодействия детонационных волн в канале, так и пространственную конфигурацию фронта на границе заряд—плексиглас, а также определить скорость ударной волны в плексигласе по высветам воздушных зазоров.

На рис. 2 представлена типичная фотография взаимодействия детонационных волн в нитрометане, помещенном в цилиндрическую оболочку из ТГ (внешний диаметр 40, внутренний 20 и высота 56 мм). Подобная картина наблюдалась при различных диаметрах оболочек. В развитии процесса можно выделить три зоны. Первая начинается с момента иницирования нитрометана и характеризуется наличием вза-

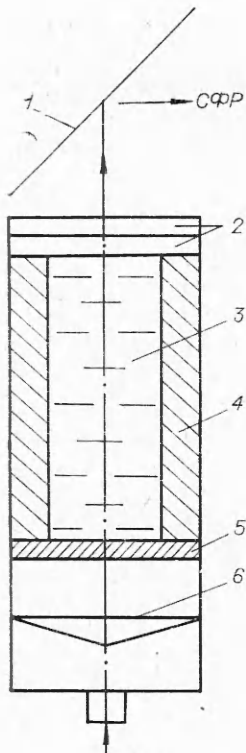


Рис. 1.

взаимодействия, в результате которого образуется детонационная волна, более мощная, чем нормальная детонация нитрометана. Эта волна образуется в пристеночной области, со временем растет и отходит от боковой поверхности оболочки. Заканчивается первая зона в момент прихода образованной детонационной волны к оси симметрии. Вторая зона — переходная, она характеризуется образованием еще более мощной детонационной волны, ее ростом и выходом на стационарный режим, который и представляет третью зону.

В таблице приведены результаты обработки фотографий опытов с различными внутренними и внешними диаметрами оболочек, в которых определялись времена первой и второй зон, а также диаметр яркосветящейся области в третьей зоне, когда процесс становится стационарным. Из данных видно, что при увеличении внутренних диаметров оболочки наблюдается линейный рост как времен существования первой и второй зон, так и линейный рост диаметра области повышенной яркости свечения в третьей зоне. При постоянном внутреннем диаметре 20 мм не замечено изменения рассматриваемых величин при росте внешнего диаметра с 40 до 60 мм.

В представленных опытах также проводилось измерение скоростей ударных волн в плексиглазе, помещенном на торец сборки. Оказалось, что скорости ударных волн в плексиглазе, которые характеризуют параметры детонации нитрометана в центральной части заряда в пределах ошибок измерения, не зависят от внутреннего диаметра оболочки. Поскольку эти скорости являются средними для выбранной толщины плексиглаза, а граница плексиглаза — нитрометана находится выше положения, до которого существует стационарный комплекс, то точное определение давления детонации из этих данных затруднительно.

Рассмотрим возможную картину взаимодействия детонационных волн в нитрометане, помещенном в оболочку из ТГ. Пусть в этих ВВ одновременно инициируется нормальная детонация со скоростями $D_0 = 6,3$ км/с и $D_1 = 7,65$ км/с. Поскольку $D_1 > D_0$, то в нитрометане образуется еще одна детонационная волна, фронт которой составляет угол α с боковой поверхностью (рис. 3). Из простых геометрических соображений этот угол определяется выражением $\sin \alpha = D_0/D_1$. Угол β между детонационными волнами равен $90^\circ + \alpha$. При выбранных ВВ $\alpha = 55,44^\circ$, а $\beta = 145,44^\circ$. Заметим, что критический угол, выше которого происходит маховское взаимодействие детонационных волн в композиции «В» и 6ЖВ, составляет около 100° [4, 6, 7]. Таким образом, можно ожидать, что в нитрометане произойдет нерегулярное взаимодействие детонационных фронтов с образованием маховской конфигура-

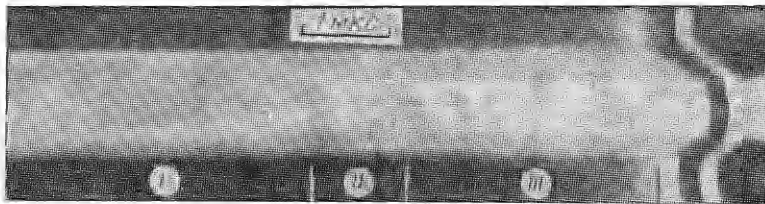


Рис. 2.

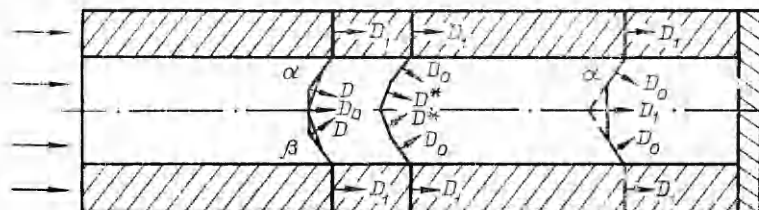


Рис. 3.

Диаметр оболочки, мм		Высота заряда, мм	Время существования зон, мс		Диаметр маховского диска, мм
внешний	внутренний		I	II	
40	10	33—74	1,3	0,86	6,25
40	20	47—57	2,8	1,55	10
60	20	55	2,75	1,52	10
60	30	58	3,82	1,48	12
60	40	118	5,8	2,2	16

ции, которая в цилиндрическом случае представляет собой коническую поверхность со скоростью распространения

$$D^* = \frac{D_0}{\sin \beta/2} = 6,6 \text{ км/с.}$$

Поскольку расстояние между положениями параллельных фронтов в нитрометане и ТГ со временем увеличивается, можно ожидать увеличения поверхности маховского взаимодействия. В момент, когда маховская конфигурация достигает осевой линии (начало зоны II), может произойти образование новой конфигурации, которая на начальном этапе распространяется со скоростью

$$D_2 = \frac{D^*}{\sin \beta/2} = 6,9 \text{ км/с.}$$

Эта конфигурация не может существовать продолжительное время, так как нет одной из составляющих, с помощью которых происходит первое маховское взаимодействие. Поэтому на следующем этапе взаимодействие будет определяться детонационными волнами в нитрометане, которые образуются на боковой поверхности оболочки. Угол между этими волнами равен 2α , а скорость образованного маховского диска определяется величиной $D_3 = D_0/\sin \alpha$, т. е. равна скорости детонационной волны в оболочке. Картина, подобная рассматриваемой, наблюдается экспериментально.

Давление пересжатой детонации нитрометана в маховском диске можно определить, исходя из скорости его распространения D_1 по выражениям, полученным в работе [9]. При $D_1 = 7,65$ км/с оно составляет величину 340 кбар, что в 2,6 раза больше, чем при нормальной детонации нитрометана.

Поступила в редакцию
28/XI 1979

ЛИТЕРАТУРА

1. E. Mach. Akad. Wiss. Wien, 1878, 77, 819.
2. К. П. Станюкович. Неустановившееся движение сплошной среды. М., 1955.
3. I. P. Argous et al. 4-th Symp. (Intern.) on Detonation, Washington, 1965.
4. B. D. Lambourn, P. W. Wright. 4-th Symp. (Intern.) on Detonation, Washington, 1965.
5. V. B. Dunne. Phys. fluids, 1961, 47; 164, 7, 10.
6. А. А. Дерibas, Н. А. Костюков, А. М. Ставер. ФГВ, 1976, 12, 2, 233.
7. А. Г. Тесленко, Р. П. Дидык. ФГВ, 1974, 10, 3, 405.
8. Ф. А. Баум, Л. П. Орленко и др. Физика взрыва. М., 1975.
9. И. М. Воскобойникова, А. Н. Афанасенков. — В сб.: Взрывное дело, № 75/32. М., Наука, 1975.