

d, мм	σ_1 , мм	v_{II} , м/с	v_K , км/с	Δl_2 , мм	
				Расчет	Эксперимент
1	1	0,583	2,5	0,32	0,32
2	2	0,792	3,4	0,59	0,6
3	3	0,863	3,7	0,9	0,9
4	4	0,910	3,9	1,2	1,30
5	5	0,980	4,2	1,52	1,60

δ_1 — толщина пластины. Согласно [7], для алюминия $\epsilon = 0,1$, для меди $\epsilon = 0,15$. В таблице приведены расчетные и экспериментальные значения величины Δl_2 для композиционного материала медная матрица — стальные волокна ($\gamma_1 = 8^\circ 24'$). Видно, что выражение (2) с достаточной точностью

позволяет определить величину проникания волокна в матрицу.

Выражение (2) допускает, чтобы величина Δl_2 была меньше или равна нулю. Физический смысл этого допущения: либо материал матрицы обладает высокой деформационной способностью, либо скорость соударения метаемого слоя настолько высока, что волокно не успевает внедриться в неподвижный матричный слой и обволакивается слоем метаемой пластины. Это справедливо для матрицы из алюминиевых сплавов. На рис. 3 представлен фрагмент волокнистого композиционного материала на основе алюминия, армированного молибденовыми волокнами, в котором армирующие волокна практически полностью находятся в метаемой пластине. Из (1) для конкретных материалов и параметров соударения может быть аналогичным образом найден предельный угол соударения γ_1 , при котором волокна полностью распределяются в метаемой матричной пластине.

Таким образом, рассмотренный механизм взаимодействия матричных слоев и волокна в волокнистом композиционном материале, получаемом сваркой взрывом, позволяет определить оптимальное объемное содержание армирующих волокон с выполнением условия прочной связи по границе матрица — матрица, а также прогнозировать местоположение волокон в зависимости от свойств материалов матрицы и волокна.

Поступила в редакцию
31/1 1979

ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Копьев, Л. М. Устинов. ФХОМ, 1972, 2.
2. В. А. Котов, В. С. Седых.— В сб.: Сварка взрывом и свойства соединений. Тр. ВПИ, вып. 2. Волгоград, Изд. Волгоградского политех. ин-та, 1975.
3. C. V. Jarvis, P. M. B. Slate. Nature, 1968, 220, 5169.
4. E. Wolf. Zeitschrift für Wirtschaftliche Fertigung, 1974, 69, 2.
5. В. А. Анциферов, А. А. Дерибас и др. ФГВ, 1975, 11, 5.
6. P. M. Slate. ICCM, Proceedings of the 1975 International Conference of Composite Materials. Vol. 2. New York, 1976.
7. Л. П. Орленко. Поведение материалов при интенсивных динамических нагрузках. М., Машиностроение, 1964.

ДЕТОНАЦИЯ ПЛОСКИХ ЗАРЯДОВ АММОНИТА 6ЖВ

В. А. Симонов
(Новосибирск)

Необходимость исследования детонации плоских зарядов ВВ обусловлена проблемами взрывной обработки металлов и связана с определением параметров движения метаемых такими зарядами относительно тонких металлических элементов: пластин, листов труб или деталей, имеющих поверхности более сложной геометрии. Важнейшим параметром, определяющим процессы взрывной обработки материалов, является скорость детонации заряда $D[1, 2]$. Вместе с тем для порошкооб-

разных ВВ в зарядах насыпной плотности ($\rho_0 \approx 1 \text{ г/см}^3$) D зависит от многих факторов, что требует специального изучения зависимости изменения D от геометрических размеров заряда, структуры ВВ, его влажности, способов инициирования, процентного соотношения компонентов смесевых ВВ, влияния метаемых элементов, которые можно рассматривать как оболочку заряда.

Имеющиеся данные по исследованию детонации цилиндрических зарядов порошкообразных ВВ, в частности аммонита 6ЖВ [3], не дают достаточной информации применительно к плоским зарядам, поскольку неизвестно, каким образом можно сопоставить основной размер — диаметр цилиндрического заряда d — двум характерным размерам: ширине и высоте плоского заряда.

Детонационные характеристики плоских зарядов порошкообразных смесевых ВВ впервые, по-видимому, исследовались в работе [4]. Авторы использовали в экспериментах смеси тротила с аммиачной селитрой в процентном отношении 20/80, в которых размер гранул селитры Δ изменялся более чем в 20 раз (0,053—1,191 мм) при постоянном размере частиц тротила (2—5 мкм) и неизменных размерах заряда $300 \times 200 \times 12,5 \text{ мм}$, так что Δ являлся основной переменной, характеризующей ВВ. Независимо от поставленной задачи авторы [4] исследовали ВВ, которое позднее стало основой применяемых при сварке взрывом составов. Одним из важных с этой точки зрения результатов является полученная зависимость $D = f(\Delta)$, приведенная на рис. 1. Зависимости D от геометрических размеров заряда, в основном от его толщины, приводятся в работах [2, 5, 6], однако результаты разных авторов имеют отличия, существенно превосходящие ошибки измерения.

В настоящей работе измерялась скорость детонации плоских зарядов аммонита 6ЖВ (рис. 2), для которых отношения линейных размеров удовлетворяют условию: $l/\delta_0 > b/\delta_0 \geq 1$, где l , b , δ_0 — соответственно

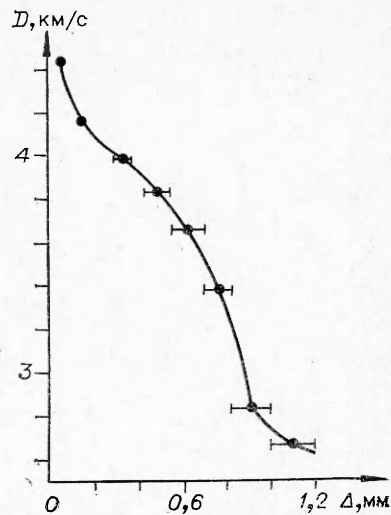


Рис. 1. Зависимость $D = f(\Delta)$ [4].

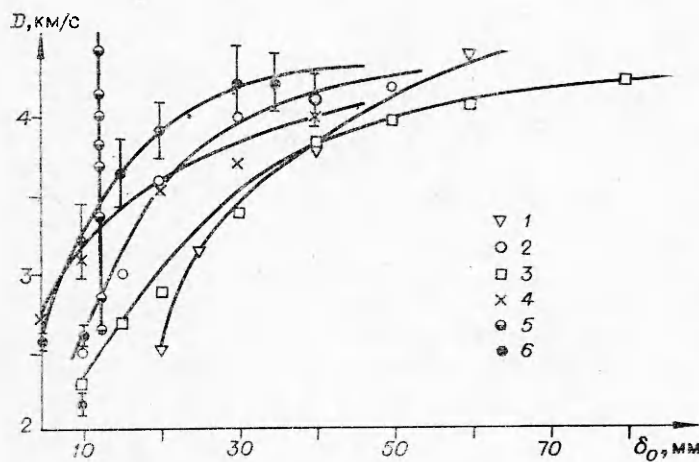


Рис. 2. Кривые $D = f(\delta_0)$ для аммонита 6ЖВ по данным работ:

1 — цилиндрический заряд [3]; 2 — [5]; 3 — [6]; 4 — [2]; 5 — плоские заряды [4].

Таблица I

Номер серии опытов	δ_0 , мм	$l \times b$, мм ²	D , м/с					D_{cp} , м/с
I	5	150×35	2620	2510	2610	2570	2600	2580+40
II	10	150×50	2120	2310	2140	2130		2170+80
III	10	150×50	2480	2580	2670	2610	2650	2600+40
IV	10	300×100	2600	2620	2940	3160	3480	3220±220
V	15	300×100	2950	3600	3720	3870	3880	3660+220
VI	20	300×100	4200	3690	3860	3960		3930+170
VII	30	300×100	4420	4410	4060	3860	4340	4220+270
VIII	35	300×100	4460	4360	4410	4100	4130	4240+180
IX	40	300×100	4000	4350	400	3950		4100+180
X	40	600×280	4100	4380				4240+140
XI	40	600×280	4630	4630				4630

Примечание. В качестве подложки использовались стальные пластины толщиной: 1 мм — в сериях I, II, III, 5 мм — в сериях IV—IX, 6 мм — в сериях X, XI.

длина, ширина и высота заряда. Скорость детонации определялась при метании металлических пластин толщиной 1—6 мм с помощью проводочных контактных датчиков, интервалы времени между замыканиями которых фиксировались электронным частотомером ЧЗ-34А с точностью 0,1 мкс на базе 100—180 мм. Датчики готовились из двух медных проводочек диаметром по 0,25 мм, скрученных вместе, одна из которых не имела изоляции, а на второй было лаковое покрытие. Проволочки натягивались перпендикулярно продольной оси заряда, причем пусковой датчик устанавливался на расстоянии не менее 1/3 длины заряда от точки инициирования. ВВ формировалось в коробках с жесткими стенками из винипласта, что позволяло иметь фиксированную плотность зарядов $\rho_0 = 1,0 \pm 0,05$ г/см³. Результаты измерений D в зависимости от δ_0 и размеры зарядов представлены в табл. 1. В каждой из приведенных серий экспериментов имеются результаты измерений для разных партий аммонита заводского приготовления стандартной влажности.

Полученные значения показывают, что среднеарифметические отклонения величины D для каждой серии экспериментов не превышают 7%, в то время как различия между отдельными сериями для одних и тех же зарядов (II, III) превосходят 17%. Сравнение результатов, приведенных в табл. 1, с данными [2, 3, 5, 6] показывает, что в зарядах с $\delta_0 < 40$ мм D при одинаковых δ_0 может отличаться более чем на 1000 м/с, а при $\delta_0 > 40$ мм все кривые сходятся к одному пределу, равному 4500 м/с независимо от формы и размеров заряда. Это обстоятельство исключает возможность несовпадения значений D при $\delta_0 < 40$ мм за счет методических ошибок, поскольку простота методики и современная аппаратура позволяют получить результаты с погрешностью не более 2%. Несмотря на то, что влияние исходной структуры ВВ на параметры детонации хорошо известно [7], особенно в области определенных размеров заряда [3], объяснение такого разброса значений D только отличием размеров частиц селитры или тротила не представляется возможным, учитывая результаты [4], поскольку размеры частиц тротила и селитры в стандартном аммоните колеблются незначительно.

Следующая мало изученная особенность детонации аммиачно-селитренных ВВ — зависимость D от ширины заряда — впервые отмечена в работе [5]. На основе общих соображений изотропности ВВ и продуктов взрыва можно считать, что влияние волн разгрузки со всех свободных граней заряда должно быть одинаковым и определяться наименьшим геометрическим размером δ_0 , т. е. боковая разгрузка должна

Т а б л и ц а 2

b/δ_0	$\delta_0=5$ мм		10 мм		20 мм	
	$l \times b$, мм ²	D , м/с	$l \times b$, мм ²	D , м/с	$l \times b$, мм ²	D , м/с
1	150×5	Не детонировал 2130	150×10	2650+20	200×20	3250+110
2	150×10	2400+10	—	—	—	—
3	150×15	2520+10	150×30	3320+50	200×60	3520+110
4	150×25	2590+20	150×50	3360+60	300×100	3910+50
5	150×35	—	—	—	500×140	4060+70

оказывать заметное влияние на скорость детонации плоского заряда на ширине $\sim \delta_0$. Для определения предельных значений D и b в области допредельных δ_0 проведены три серии экспериментов, результаты которых представлены в табл. 2.

Среднее значение D для каждого размера заряда определялось из трех измерений. Результаты табл. 2 показывают, что D_{\max} достигаются при $b = (5 \div 7)\delta_0$, при этом увеличение D составляет 20—30%, или 400—800 м/с, что существенно при определении параметров соударения пластин, например, при сварке взрывом.

Характерна ли отмеченная особенность детонации аммонита для всех порошкообразных ВВ, в том числе индивидуальных химических соединений? Для выяснения этого вопроса проведены эксперименты с зарядами гексогена размерами $150 \times b \times 5$ мм, так как предельное значение $\delta_0 \approx 15$ мм [5]. Результаты опытов представлены ниже

b/δ_0	2	4	5	7
D , м/с	5460+40	5530	5440	5500+30

Эксперименты показали независимость D от b для гексогена и подтвердили, что зависимость $D = f(b/\delta_0)$ не определяется только влиянием боковой разгрузки заряда, которое должно одинаковым образом проявляться как для аммонита, так и для гексогена.

Исходя из полученных экспериментальных результатов, можно утверждать, что нестабильность параметров детонации аммонита 6ЖВ в зарядах допредельной толщины, так же как и зависимость $D = f(b/\delta_0)$ характерны для аммиачно-селитренных ВВ и обусловлены, по-видимому, спецификой химических процессов неидеальной детонации в зоне реакции, требующей специального исследования.

В заключение автор выражает благодарность А. А. Дерibasу за обсуждение результатов и В. С. Захарову за помощь в проведении экспериментов.

Поступила в редакцию
6/IV 1979

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Дерibas. Физика упрочнения и сварки взрывом. Новосибирск, «Наука», 1972.
2. В. М. Кудинов, А. Я. Коротеев. Сварка взрывом в металлургии. М., «Металлургия», 1978.
3. А. Н. Дремин и др. ФТПРПИ, 1971, 1, 46.
4. G. R. Cowan, A. S. Balchan. The Physics of Fluids. 1965, 8, 10, 1817.
5. А. А. Дерibas и др. ФГВ, 1967, 3, 1, 111.
6. В. И. Лысак, В. С. Седых, Ю. П. Трыков. Школа-семинар по физике взрыва и применению взрыва в эксперименте. Новосибирск, 8—18 февраля 1977 г.
7. А. Н. Дремин и др. Детонационные волны в конденсированных средах. М., «Наука», 1970.