

амплитуды низкочастотной и основной форм сравнимы. Особенности колебаний сферической оболочки с параметрами, идентичными исследованной, подробно описаны в [4].

Подводя итог результатам исследований, можно сделать следующие выводы. При нагрузках, вызванных внутренним центральным взрывом в воздухе сферического заряда одинаковой массы, в замкнутой цилиндрической оболочке амплитуда интенсивностей напряжений в первом полу-периоде колебаний превышает значение этого параметра в идеальной сферической оболочке с одинаковыми характерными размерами на $\sim 35\%$, что указывает на возможность использования для оценки амплитуд интенсивностей напряжений σ_1 цилиндрической оболочки при указанном воздействии соотношений [5], полученных для систем со сферической симметрией.

Изменение длины цилиндрической оболочки приводит к значительным изменениям раскачки колебаний в наиболее нагруженной области, откуда следует, что существует принципиальная возможность управления эффектом подбором отношения L/D .

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыпкин В. И., Иванов А. Г., Минеев В. И. и др. Атомная энергия, 1976, 41, 5, 303.
2. Бузуков А. А. ФГВ, 1976, 12, 4, 605.
3. Benham R. A., Duffey T. R. Intern. J. Mech. Sci., 1974, 16, 549.
4. Белов А. И., Клаповский В. Е., Корнило В. А. и др. ФГВ, 1984, 20, 3, 71.
5. Baker W. E., Allen F. I. // Proc. Third U. S. National Congress of Applied Mechanics, ASME.— N. Y., 1958.

г. Москва

Поступила в редакцию 5/1 1988,
после доработки — 8/VIII 1989

УДК 662.62 : 621.791.12

*В. Е. Кожевников, Ю. П. Бешапошников, И. К. Глобин,
В. В. Геймур, В. В. Раскатов, В. И. Чернухин*

ДЕТОНАЦИЯ ПЛОСКИХ ЗАРЯДОВ СМЕСЕВЫХ ВВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СВАРКЕ ВЗРЫВОМ

Основные параметры сварки взрывом: угол соударения γ и скорость точки контакта v_k можно вычислить для любого значения r ($r = m_{ВВ}/m_{пл}$, где $m_{ВВ}$ — масса ВВ, $m_{пл}$ — масса пластины), если известны скорость детонации D и показатель политропы продуктов детонации (ПД) [1, 2]. Как правило, D определяется экспериментально в каждом конкретном случае, поскольку в настоящее время не существует удовлетворительной методики ее расчета [3, 4]. Для сварки взрывом в основном используются промышленные ВВ: аммониты АТ-1, А-2Г, смеси аммонита 6ЖВ с различными компонентами. Естественно, что для всех ВВ надо знать D . В литературе имеется много данных по измерению величины D различных плоских зарядов ВВ применительно к сварке взрывом [5—11], однако эти сведения разрозненные, не охватывают весь сортамент ВВ и в большинстве случаев соответствуют узкому диапазону значений толщины заряда H [9—11].

В настоящей работе представлены результаты систематических измерений D плоских зарядов насыпной плотности размером $450 \times 300 \times (10 \div 60)$ мм промышленных ВВ: АТ-1, А-2Г, 6ЖВ и смесей 6ЖВ с АТ-1, А-2Г, аммиачной селитрой марки ЖВ (АС/ЖВ), поваренной солью

© 1990 Кожевников В. Е., Бешапошников Ю. П., Глобин И. К., Геймур В. В., Раскатов В. В., Чернухин В. И.

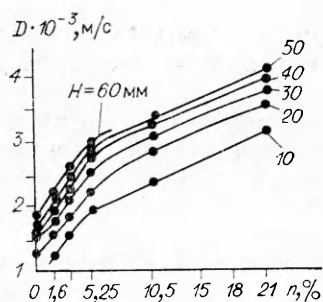


Рис. 1. Зависимость D от соотношения компонентов для смесей 6ЖВ/(АС/ЖВ).

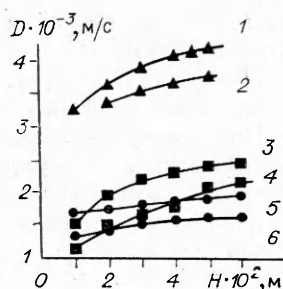


Рис. 2. Зависимость $D(H)$ для 6ЖВ (1, 2), АТ-1 (3, 4) и 6ЖВ/NaCl = 1/1 (5, 6). Срок хранения, мес.: 1, 3 и 5 — 1, 2—6, 4—9, 6 — 10 (6ЖВ).

«Экстра» (NaCl), тальком (ГОСТ 19729-74) и смесей алюминиевой пудры ПАП-1 (Al) с АС/ЖВ.

Скорость детонации измерялась методом контактных датчиков [5] с помощью частотомеров ЧЗ-34 последовательно на трех базах в каждом заряде. Для повышения достоверности средних значений D для каждой смеси и ВВ с определенной толщиной H измерения проводились на пяти зарядах. ВВ формировалось с помощью деревянной опалубки на жестком основании (стальные пластины толщиной 5 мм). Контактные датчики [5], изготовленные из двух скрученных медных проволочек диаметром 0,22 мм (одна из них без изоляции, а вторая имела лаковое покрытие), наклеивались на пластину под зарядом ВВ через тонкую изолирующую прокладку. Плотная скрутка проволочек обеспечивала необходимую чувствительность датчиков к воздействию ударной волны в ВВ. Погрешность измерения не превышала 2%. В некоторых случаях, когда ожидалось $D = 1500 \div 2200$ м/с, параллельно с описанным способом использовалась реостатная методика [12]. Кроме того, при $D \leq 1500$ м/с применялись контактные датчики, выполненные из медной фольги толщиной 0,04 мм (две узкие полоски размером 2×10 мм, отделенные друг от друга зазором в 0,2—0,3 мм). Фольговые датчики размещались рядом с проволочными. Значения D , полученные всеми тремя способами для одних и тех же зарядов, отличались не более чем на 3%. Таким образом, выбор методики, основанной на применении контактных датчиков в виде скрученных проволочек, вполне оправдан.

Содержание компонентов для всех смесей на рис. 2—4 дано в объемном соотношении при насыпной плотности, а процентное содержание n тротила (рис. 1) дано по массе.

На рис. 1 представлены результаты измерения D для смесей 6ЖВ с АС/ЖВ в зависимости от n . Эксперименты показали, что АС/ЖВ способна детонировать в чистом виде при $H \geq 20$ мм даже при инициировании стандартным электродетонатором без промежуточного боевика. Введением в АТ-1 определенного количества 6ЖВ можно существенно расширить диапазон значений D . В экспериментах величины D для смесей АТ-1 с 6ЖВ совпадали с точностью до 10% с результатами измерения скорости детонации смесей 6ЖВ с АС/ЖВ при одинаковом содержании в них тротила. Отсюда можно сделать вывод, что величина D тротилосодержащих смесей на основе аммиачной селитры есть функция только лишь процентного содержания тротила.

В опытах с зарядами из 6ЖВ зафиксировано влияние срока хранения ВВ на значение D [13] (рис. 2). Этот факт, по-видимому, связан с физико-химическими явлениями, происходящими в ВВ с течением времени, и не может быть объяснен разбросом результатов опытов.

Введение в 6ЖВ инертных добавок (NaCl и тальк) позволило снизить D до значений, имеющих место при сварке взрывом различных пар металлов (рис. 3). Как показали измерения, тальк более эффективно за-

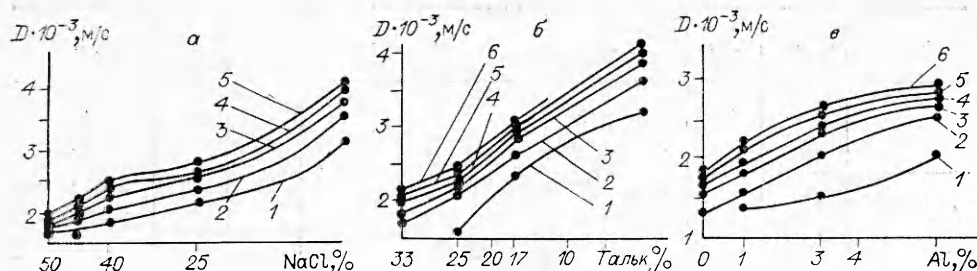


Рис. 3. Зависимость D от соотношения компонентов для смесей 6ЖВ/NaCl (а), 6ЖВ/тальк (б) и Al(ПАП-1)/(АС/ЖВ) (в).
H, мм: 1 — 10, 2 — 20, 3 — 30, 4 — 40, 5 — 50, 6 — 60 мм.

медляет процесс. Также установлено, что D смесей 6ЖВ/NaCl и 6ЖВ/тальк более стабильна, чем смесей 6ЖВ с активными добавками (компонентами). Различие значений на первой и двух последующих базах не превышало 5 %, в то время как в опытах с АТ-1 и его смесей с 6ЖВ значения D на разных базах одного заряда иногда отличались более чем на 15 %. От заряда к заряду одинаковых H и состава ВВ различие в D для смесей 6ЖВ/NaCl и 6ЖВ/тальк достигало 10 %, а для АТ-1 и его смесей с 6ЖВ — 30 % и уменьшалось с увеличением содержания 6ЖВ в смесях.

Из рис. 3, в видно, что даже незначительные добавки Al (пудры) в АС/ЖВ дают существенное увеличение D . Варьированием содержания пудры в смеси с АС/ЖВ можно изменять D в довольно широком диапазоне значений.

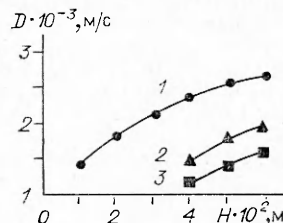
Эксперименты с аммонитом А-2Г показали, что минимальная толщина, при которой он детонирует без отказов (т. е. детонация не затухает), составляет 40 мм (рис. 4). Смесь 6ЖВ с А-2Г в соотношении 1/3 детонирует даже при $H = 10$ мм. А добавка в А-2Г 1 % (по объему) Al (пудры) повышает D примерно на 20 %.

Для всех исследованных в данной работе ВВ инициирование проводилось двумя способами — с боевиком (использовался пластик Г-75 и аммонит 6ЖВ) и стандартным электродетонатором без боевика. Существенного влияния способа инициирования на скорость не обнаружено. Исключение составляет только А-2Г, который без боевика не детонировал вообще.

С целью проверки корректности перенесения полученных данных на заряды больших габаритов, с которыми обычно приходится иметь дело на практике, проведено шесть контрольных экспериментов по измерению скорости для АТ-1 и смеси 6ЖВ с АТ-1 в соотношении 1/8 на зарядах размером 1000×2000 мм при $H = 20, 30$ и 60 мм. Усредненные результаты измерений для больших зарядов совпали с данными, представленными на рис. 1, с точностью до 7 %. Величина D измерялась на 12 базах для каждого заряда на полигоне с использованием 12-канального переносного хронометра методом контактных датчиков [5].

Известно [1], что в некоторых случаях для усиления баллистических параметров ВВ при метании пластины применяется забивка, т. е. на свободную поверхность заряда накладывается некоторая масса инертного материала, которая может повышать эффективность метания. Для выясне-

Рис. 4. Зависимость $D(H)$ для А-2Г (3), смесей Al(ПАП-1)/А-2Г-1/99 (2) и 6ЖВ/А-2Г-1/3 (1).



ВВ	H , мм	H_z , мм	D , м/с	ВВ	H , мм	H_z , мм	D , м/с
6ЖВ	20	50	3710+230	6ЖВ/А-2Г-1/3	40	40	2340+30
	20	—	3720+150		40	—	2450+30
АС/ЖВ	30	60	1530+90		30	30	2180+50
	30	—	1550+90		30	—	2050+50
А-2Г	50	80	1750+50	АТ-1	50	80	2040+60
	50	—	1800+120		50	—	2120+60

Примечание. Способ инициирования сравниваемых зарядов одинаковый. В последней колонке приведены средние значения и среднеквадратичный разброс.

ния влияния забивки на величину D смесевых ВВ проводились эксперименты, в которых на заряд накладывался слой пористого материала (песок, ГОСТ 2138-74) толщиной H_z , отделенный от ВВ тонкой бумажной прокладкой. Результаты измерений D с забивкой в сравнении с зарядами без забивки представлены в таблице, откуда видно, что наличие забивки не оказывает влияния на величину D , которая в том и другом случае отличается не более чем на 5 %.

Следует также отметить, что результаты измерения скорости детонации аммонита 6ЖВ [5] и его смесей с NaCl [3] удовлетворительно совпадают с данными рис. 1—3 при одинаковых H и близких соотношениях смесевых компонентов.

Таким образом, в данной работе показано, что сортамент ВВ, применяемых для сварки взрывом, можно существенно расширить путем смешивания промышленных ВВ с активными или инертными компонентами. Экспериментально определены зависимости D промышленных ВВ от толщины и процентного содержания различных добавок. Установлено, что при длительном хранении ВВ происходит снижение D , которое необходимо учитывать при их использовании. Показано, что забивка из пористого материала (песка) не влияет на скорость в течение всего процесса детонации заряда.

В заключение авторы выражают благодарность В. В. Паю и В. А. Симонову за обсуждение результатов экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дерибас А. А. Физика упрочнения и сварки взрывом.— Новосибирск: Наука, 1980.
2. Бондарь М. П., Ишуткин С. И., Кузьмин Г. Е. и др. // Тр. II совещания по обработке материалов взрывом.— Новосибирск, 1982.
3. Кудинов В. М., Коротеев А. Я. Сварка взрывом в металлургии.— М.: Металлургия, 1978.
4. Даниленко В. А., Кудинов В. М., Коротеев А. Я. // 5-й Междунар. симп. по обработке металлов взрывом.— Готвальдов, 1982.
5. Симонов В. А. ФГВ, 1979, 15, 6.
6. Симонов В. А. // Детонация: Материалы 2-го Всесоюз. совещания по детонации.— Черногоровка, 1981.— Вып. 2.
7. Оголихин В. М. ФГВ, 1983, 19, 2.
8. Лысак В. И., Седых В. С., Трыков Ю. П. // Школа-семинар по физике взрыва и применению взрыва в эксперименте.— Новосибирск, 1977.
9. Шведов К. К. // Детонация: Материалы 2-го Всесоюз. совещания по детонации.— Черногоровка, 1981.— Вып. 2.
10. Литвинов Ю. М. // Там же.
11. Маранда А., Новачевский Е., Зыгмунт Б. // 6-й Междунар. симп. «Использование энергии взрыва для производства металлических материалов с новыми свойствами»: Сб. докл.— Готвальдов, 1985.
12. Кузьмин Г. Е., Мали В. И., Пай В. В. ФГВ, 1973, 9, 4.
13. Дубнов Л. В., Бухаревич Н. С., Романов А. И. Промышленные взрывчатые вещества.— М.: Недра, 1988.

г. Свердловск

Поступила в редакцию 12/X 1988,
после доработки — 10/1 1989