

5. В. Ф. Лобанов, С. М. Караханов, С. А. Бордзиловский. ФГВ, 1982, 18, 3, 90.
6. А. Н. Дремин, С. Д. Савров и др. Детонационные волны в конденсированных средах. М.: Наука, 1970.
7. M. van Thiel. Compendium of Shock Wave Data, Lawrence Livermore Laboratory. UCRL-50108, v. 3, 1977.
8. В. Ф. Лобанов. ФГВ, 1985, 21, 6.
9. М. Каувервайт, Дж. Розенберг.— В кн.: Детонация и взрывчатые вещества. М.: Мир, 1981.
10. F. E. Walker and R. J. Wasley. Explosivstoffe, 1969, 1, 9.
11. В. С. Соловьев, А. В. Атетков, В. А. Пырьев.— В кн.: Детонация. Черногловка, 1981.
12. Proc. Sixth Symp. on Det. Discussion on Shock Initiation and P^2t , ACR-221, Arlington, Virginia, 1976.
13. Y. de Longueville, C. Fauguignon, H. Moylard. Proc. Sixth Symp. on Det. ACR-221, Arlington, Virginia, 1976.
14. Б. Л. Глушак и др.— В кн.: Детонация. Черногловка, 1981.

Поступила в редакцию 30/X 1985

МЕТАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАРЯДОМ ВВ С ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

С. А. Бордзиловский, С. М. Караханов

(Новосибирск)

В экспериментах по инициированию конденсированных ВВ в двумерной постановке часто используются компактные ударники [1]. Для получения таких ударников широко применяются взрывные ускорительные системы ввиду их относительной простоты и доступности. Во взрывных ускорителях скорости 2—5 км/с для плоских ударников достигаются при непосредственном контакте ВВ с метаемой пластиной или при использовании тонкого воздушного зазора между ними [2, 3]. При этом величина зазора примерно равна толщине пластины, и его назначение состоит в том, чтобы предотвратить нагрев и внутренние отколы ударника. Исследования разгона пластин продуктами взрыва (ПВ) через воздушный зазор [4] показали, что при условиях метания, близких к одномерным, ширина воздушного промежутка не влияет на скорость пластины. Диапазон более высоких скоростей 3—9 км/с для сферических частиц достигается при использовании газокумулятивных зарядов [5]. Для получения относительно низкоскоростных ударников (<2 км/с) между ВВ и ускоряемым телом вводят attenuator, который уменьшает амплитуду ударной волны, подводимой к пластине-ударнику. Один из наиболее простых методов уменьшения импульса, передаваемого от ВВ метаемому элементу,— отделение их друг от друга воздушным зазором, величина которого сравнима с диаметром заряда, и на процесс метания влияют двумерные эффекты разлета ПВ.

В конкретной конструкции всегда возникает вопрос об ограничениях используемой схемы метания, а также о сохранности и деформации метаемого элемента. В настоящей работе представлен компактный взрывной ускоритель для получения низкоскоростных цилиндрических ударников из дюралюминия, который был использован в экспериментах по инициированию конденсированного ВВ в двумерной постановке [6].

Схема метания показана на рис. 1. Генератор плоской ударной волны (масса 90 г) и заряд ВВ отделены от метаемой дюралюминиевой пластины воздушным зазором толщиной x . Пластина составлена из цилиндрического элемента и обтюлятора, предохраняющего элемент от разрушения боковой разгрузкой. Стальная пластина с отверстием, диаметр которого на 4 мм превышал диаметр элемента, служила отсекателем для осколков обтюлятора. Отдельные части сборки смонтированы на подставках из пенопласта.

Для диагностики процесса разгона элемента применялась рентгеноимпульсная 4-кадровая установка. По рентгенограммам, снятым с интер-

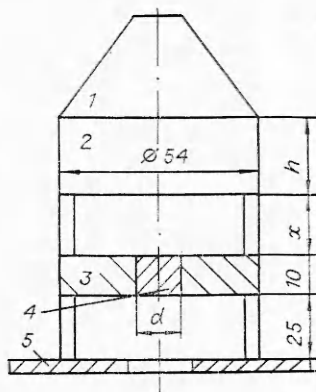


Рис. 1. Схема метания.
1 — генератор плоской ударной волны; 2 — заряд ВВ; 3 — obturator; 4 — элемент; 5 — отсекатель.

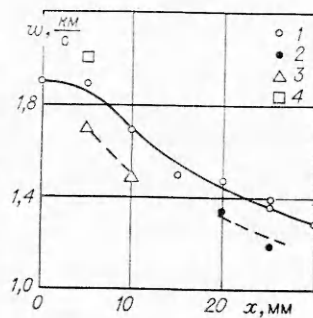


Рис. 2. Зависимость скорости элемента от величины зазора.

1—3 — тротил; 4 — ТГ 50/50;
 $d=10$ (1, 2, 4) и 20 мм (3);
 $h=0$ (2), 20 (1, 3) и 40 мм (4).

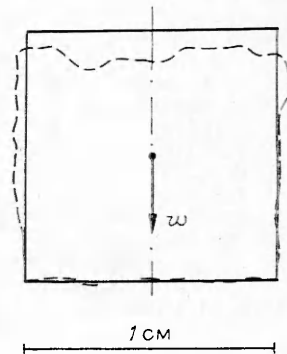


Рис. 3. Форма элемента при $x = 25$ мм.

валами 15 мкс, определялись характер разрушения элемента, его деформация и устойчивость процесса разгона. Средняя скорость w элемента измерялась между вторым и четвертым кадрами на расстоянии 60—85 мм от начального положения.

В основной серии экспериментов определялась зависимость $w(x)$ при фиксированных параметрах заряда ВВ (рис. 2, 1). Если пластина находилась в прямом контакте с ВВ ($x = 0$), то на рентгенограммах были видны отколы и расслоения элемента, и в дальнейшем он разрушался. Obturator дробился на осколки размером ~ 2 мм. Во всех опытах введение воздушного промежутка ($x \geq 5$ мм) устраняло внутренние отколы метаемого цилиндра, а размер осколков obturator увеличивался до ~ 10 мм. При увеличении x до 5 мм скорость элемента не изменялась по сравнению со случаем прямого контакта пластины с ВВ, что совпадает с результатами [4], полученными при малых величинах зазоров. При $x \geq 10$ мм на процесс разгона ударника влияют двумерные эффекты разлета ПВ и $w(x)$ монотонно уменьшается.

Фактором, ограничивающим дальнейшее уменьшение скорости при увеличении x , явилась неустойчивость элемента в процессе разгона, которая возникала при $x \geq 30$ мм, т. е. когда величина зазора была больше радиуса заряда. В отдельных опытах это приводило к вращению элемента со скоростью $\sim 5 \cdot 10^{-2}$ рад/мкс. Поэтому для устойчивого метания цилиндров с $w \approx 1,2$ км/с размер промежутка уменьшался до 20—25 мм, а для разгона использовался только генератор плоской волны без промежуточного заряда (рис. 2, 2). Точка 4 получена при увеличении высоты заряда до 40 мм и использовании более мощного ВВ. Увеличение d до 20 мм приводило к уменьшению скорости элемента (рис. 2, 3), что связано, по-видимому, с наличием градиента давления по радиусу в зазоре между ВВ и пластиной.

Форма элемента в полете определялась фотометрированием рентгенограмм. Рентгеновская пленка сканировалась в горизонтальном и вертикальном направлениях через 0,7 мм, что позволило построить графически теневое изображение ударника. Форма, которую имеет элемент на расстоянии 50 мм от начального положения, показана на рис. 3. Исходный контур метаемого цилиндра показан сплошной линией. Измерения показали, что высота элемента в осевом направлении сокращалась на $\sim 7\%$, а диаметр в части образца, обращенной к ПВ, увеличился на $\sim 4\%$. Разница объемов исходного и деформированного элементов, определенная на рис. 3, составила $\sim 1\%$, что свидетельствует о незначительной потере

массы элемента при ускорении. Относительно сильная деформация элемента связана с большим временем разгона и растеканием материала ударника после его выхода из обтюлятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Баум, Л. П. Орленко и др. Физика взрыва/Под ред. К. П. Станюковича. М.: Наука, 1975.
2. Л. В. Альтшулер, С. Б. Кормер и др. ЖЭТФ, 1960, 38, 3, 790.
3. Г. И. Канель, А. М. Молодец, А. А. Воробьев. ФГВ, 1974, 10, 6, 884.
4. В. А. Огородников, С. Ю. Пинчук и др. ФГВ, 1981, 17, 1, 133.
5. В. М. Титов, Ю. И. Фадеев, И. С. Титова. Докл. АН СССР, 1968, 180, 5, 1051.
6. В. Ф. Лобанов, С. М. Караханов, С. А. Бордзиловский. ФГВ, 1982, 18, 3, 90.

Поступила в редакцию 22/XI 1985

ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И МАССОВОЙ СКОРОСТИ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ¹

П. А. Ургьев, Р. М. Эрикссон, Б. Хейс, М. Л. Паркер²

(Ливермор)

Для описания свойств материалов с помощью уравнения состояния надо знать, и как можно детальней, как они ведут себя в условиях динамического нагружения. Длительное время единственными были измерения скорости ударной волны (УВ), которые в некоторых случаях не очень чувствительны к изменениям других, более важных параметров,— давления p и массовой скорости u . Особенно это относится к случаям, когда поток за фронтом УВ не стационарный, а зависящий от времени в связи с возникновением новых процессов, вызванных УВ.

Параметры нестационарной реагирующей среды могут быть довольно сложными и потребовать тончайших измерений и высокоточной аппаратуры. Необходимость измерения u и p в реагирующей среде как раз и послужила стимулом для выполнения данной работы.

Манганиновые датчики давления и датчики массовой скорости были применены для измерений в реагирующей среде, а также для подробного изучения формы волны Тейлора в детонирующих мощных ВВ.

В особых случаях, когда рассматриваются прозрачные среды и движение свободной поверхности в вакуум, массовая скорость регистрируется оптическим измерителем скорости Фабри — Перо. Оптические приборы имеют следующие преимущества: их не нужно соединять с экспериментальной сборкой, они дают высокое временное разрешение и точность. Кроме того, использование фольгового датчика на той же контактной поверхности позволяет проводить независимые измерения, которые затем можно использовать для перекрестной проверки результатов.

В работе [1] приведено описание сегнетоэлектрического датчика. В отличие от манганинового он прост в применении, не требует источника питания и не нуждается в обширной калибровке.

Системы фольговых датчиков для измерения массовой скорости

Магнитные поля и рентгеновские лучи, по-видимому, единственно широко используемые типы излучения, способного проникать в области с высокой плотностью, которые создаются под действием ударных волн и детонации. Системы тонких фольговых датчиков на основе этих эффек-

¹ Перевод Т. П. Савельевой под ред. С. М. Караханова.

² Ливерморская национальная лаборатория им. Лоуренса, Калифорния, США.