

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынов А. И., Сазонов В. Ф., Коробов В. К. и др. ФГВ, 1987, 23, 4.
2. Гелунова З. М., Лемякин В. П.— В кн.: *Металловедение и прочность материалов*. Т. III.— Волгоград: Изд-во Волгоградская правда, 1971.

*Поступила в редакцию 20/V 1986,
после доработки — 22/XII 1986*

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПОРОШКООБРАЗНОГО АЛЮМИНИЯ НА ЭНЕРГИЮ ВВ, ПЕРЕДАВАЕМУЮ В ОСЕВОМ И РАДИАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИЯХ

*В. Ю. Давыдов, В. В. Козмерчук, Е. Ю. Мурьшев, И. Д. Головлев
(Москва)*

Добавки Al во взрывчатые вещества для повышения их работоспособности (например, в алюмотолах) широко используются при дроблении скальных пород, взрывной штамповке и сварке. Однако в ряде случаев (обжатие крешера, метание оболочек и пластин) эффект от его введения значительно ниже расчетного, что, по мнению авторов, связано с неполнотой сгорания добавки за время совершения работы продуктами детонации (ПД) [1—6]. При этом, по аналогии с ВВ, которые не содержат горючих добавок и выделяют энергию в основном до плоскости Жуге, считали, что при равных временах отбора энергии прирост импульса при введении алюминия должен быть одинаков как в осевом (метание пластин с торца заряда), так и в радиальном (метание оболочек) направлении. Однако эксперимент не подтвердил это предположение, а данные [1—6], полученные с использованием различных экспериментальных методик, достаточно разноречивы.

Для проверки этого предположения поставлены следующие эксперименты. Цилиндрические заряды из ВВ диаметром $d = 20$ мм помещали в оболочки из Ст.45 различной длины и толщины. Длина оболочек l варьировалась от 40 до 120 мм, а толщина $\delta = 2 \div 10$ мм. У одного торца заряд инициировали электродетонатором, а на другом помещали пластину диаметром 20 мм, толщина которой $h = 2 \div 10$ мм (рис. 1, а). В другой постановке пластина находилась внутри трубки и металась зарядом высотой 60 мм (рис. 1, б). Цель экспериментов заключалась в том, чтобы за ограниченные времена разгона метаемых тел организовать максимальные степени расширения ПД и сравнить эффекты от введения алюминия при торцевом и радиальном метании.

Процесс радиального расширения трубки и метания пластин фиксировали с помощью 2-кратной (или 4-кратной) рентгеноимпульсной съемки. Перемещение метаемых тел регистрировали в среднем сечении оболочки и в центральной точке на внешней поверхности пластины. База измерения лимитировалась размером рентгеновского снимка и достигала 80 мм. Время измерялось с точностью 10^{-7} с.

В качестве ВВ использовали флегматизированный гексоген и его смесь со сферическим порошком Al со средним размером частиц 20—30 мкм. Выбор гексогена обусловлен его меньшим предельным диаметром по сравнению с тротилом, что позволило проводить эксперименты

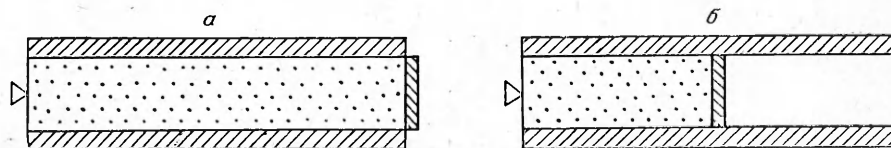


Рис. 1.

ВВ	ρ , кг/м ³	l , мм	δ , мм	h , мм	Схема опыта на рис. 1	u , м/с	v , м/с
Гексоген	1665	40	2	2	<i>a</i>	1820+40	1380+40
	1661	80	5	5	<i>a</i>	960±30	860+30
	1653	120	10	10	<i>a</i>	—	605+20
	1649	120	4,8	2	<i>б</i>	2120+50	920+40
Гексоген + 10% Al	1718	40	2	2	<i>a</i>	1760+30	1610+50
	1718	80	5	5	<i>a</i>	920+60	980+50
	1722	120	10	10	<i>a</i>	—	670+20
	1727	120	4,8	2	<i>б</i>	211+50	1060+30
Гексоген + 15% Al	1724	120	10	10	<i>a</i>	—	680+20

с небольшими зарядами ВВ. $x-t$ -Диаграммы расширения оболочек и перемещения пластин имели линейный характер в исследуемом диапазоне времен и обрабатывались методом наименьших квадратов. Значения скоростей оболочки v (для среднего сечения) и пластин u , а также их среднеквадратичные погрешности, полученные в результате обработки 6–12 снимков для каждой серии экспериментов, приведены в таблице. Откола в оболочках не происходило за исключением ее торцов.

При использовании пластин с $h = 10$ мм наблюдали откол, который осложнял обработку данных и их интерпретацию. По этой причине данные для этих пластин не помещены в таблицу. Пластины толщиной 2 мм летели компактно, а при $h = 5$ мм откольная трещина появилась лишь при максимальных временах регистрации. Как видно из таблицы, введение Al приводит к уменьшению u на 3–5%, а значения v при этом увеличиваются на 11, 14 и 17% при $\delta = 10, 5$ и 2 мм соответственно.

Для уменьшения влияния радиальных волн разгрузки на процесс ускорения пластины поставлены эксперименты по схеме рис. 1, б. Как видно из таблицы, в этом случае введение Al не влияет на скорость пластины, хотя разница в скоростях меньше, чем при метании открыто расположенных пластин. Скорость разлета оболочки в этих экспериментах при использовании алюминизированного взрывчатого состава возросла на 15%. Таким образом, введение Al по-разному влияет на импульс ВВ в радиальном и осевом направлениях.

С увеличением δ удельная (отнесенная к единице длины) энергия, приобретаемая оболочкой, возрастает как для гексогена, так и для его смеси с алюминием, однако прирост энергии за счет введения добавки несколько снижается (рис. 2). Минимальные времена съемки составляли 5, 10 и 20 мкс для оболочек толщиной 2, 5 и 10 мм соответственно. Поскольку полученные $x-t$ -диаграммы имели вид прямых, то можно сделать вывод, что процесс ускорения оболочек закончился. Учитывая время, необходимое для подхода детонационной волны (ДВ) к рассматриваемому сечению оболочки, можно заключить, что время разгона оболочек толщиной 2 мм не превышает 3 мкс, а для более толстых оболочек не выше $10 \div 15$ мкс. Таким образом, при радиальном метании стальных оболочек удастся реализовать энергию сгорания алюминия за очень короткие времена, не превышающие 15 мкс. При этом, как следует из рис. 2, увеличение толщины и времени разгона оболочки [7] в несколько раз не приводит к приросту энергии оболочки за счет введения алюминия.

Полученные результаты трактуются следующим образом. Согласно [8], алюминий сгорает полностью непосредственно за плоскостью Жуге, однако

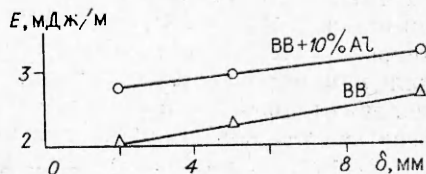


Рис. 2.

энергия его сгорания находится в ПД главным образом в виде «тепловой» энергии и может быть реализована лишь при больших степенях расширения ПД. При ускорении осколков степень расширения ПД, вероятно, значительно выше величины, оцениваемой по радиусу разрушения оболочки, что, по-видимому, является причиной различия между данными [2, 3] для медных трубок и результатами настоящей работы. Различие в результатах по торцевому и радиальному метанию связано, вероятно, с отставанием зоны догорания Al от фронта ДВ, которое затрудняет передачу вторичной энергии при метании падающей волной. При радиальном метании эта зона догорания «скользит» вдоль оболочки за фронтом ДВ и «участвует» в ее ускорении.

Таким образом, эффект от введения алюминия в ВВ зависит не только от скорости его окисления и времени отбора энергии метаемым телом от ПД, но и от газодинамических условий реализации этой энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев А. Ф., Курбангалина Р. Х.— В кн.: Физика взрыва. № 4.— М.: Изд-во АН СССР, 1955.
2. Finger M., Hornig H. C., Lee E. L. e. a. 5-th Symp. on Detonation. Pasadena, California, 1970.
3. Vjarnholt G. 6-th Symp. on Detonation. Coronado. California, Preprints.
4. Струков Г. В., Еременко Л. Т., Дубнов Л. В. и др.— В кн.: Химическая физика процессов горения и взрыва. Детонация.— Черноголовка, 1980.
5. Воскобойников И. М., Воскобойникова П. Ф.— В кн.: Детонация. Материалы II Всесоюз. совещания по детонации.— Черноголовка, 1981.
6. Апин А. Я., Бардин Е. П., Велина П. Ф. Взрывное дело, № 52/9.— М.: Госгортехиздат, 1963.
7. Баум Ф. А., Державец А. С., Санасарян Н. С. и др. Термостойкие взрывчатые вещества и их действие в глубоких скважинах.— М.: Недра, 1969.
8. Mader Ch. L.— In: Basic and Applied Sciences, Univ. Calif. Press, 1979.

*Поступила в редакцию 1/VIII 1986,
после доработки — 1/XII 1986*

ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ИНИЦИИРОВАНИЯ ДЕТОНАЦИИ АЗИДА СВИНЦА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Ф. И. Иванов, В. Д. Сарычев, Н. А. Урбан

(Новокузнецк)

Детонация азидов свинца при различного вида воздействиях широко изучалась, есть и объяснения механизма этого явления [1—4], но причины, приводящие к инициированию, только в общих чертах можно считать установленными. Это прежде всего касается решающей роли тепловых эффектов в современной теории инициирования и взрыва. Однако тепло может непосредственно не подводиться, поскольку энергия механических, электрических и других воздействий преобразуется в теплоту до инициирования химической реакции, т. е. возникает вопрос — является ли теплота единственным фактором, непосредственно отвечающим за инициирование быстрого разложения? Кроме того, в отличие от большинства твердых ВВ, азиды чувствительны к ударам такой малой интенсивности, что среднего возрастания температуры явно недостаточно для инициирования детонации. Поэтому приходится либо определять механизм локализации энергии в достаточно малом объеме, если пользоваться теорией «горячих точек», либо предлагать альтернативу.

В настоящей статье анализируются экспериментальные результаты по инициированию PbN_6 электрополем, роль напряженно-деформированного состояния на изменение чувствительности к электрическому им-