

8. А. А. Дерибас. Физика упрочнения и сварки взрывом. Новосибирск, «Наука», 1972.
9. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Механика сплошных сред. М., Гостехиздат, 1953.
10. А. А. Дерибас, В. М. Кудинов и др. ФГВ, 1968, 4, 1.

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ИНИЦИРОВАНИЯ ДЕТОНАЦИИ В ЗАРЯДЕ ВВ НА ЕГО ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ

О. А. Кузнецов, В. С. Соловьев, М. М. Бойко,  
Л. Н. Власова, В. Н. Постнов

Инициирование детонации в заряде ВВ сопровождается зоной перехода, где параметры во фронте инициирующей ударной волны (ИУВ) изменяются от первоначальных до детонационных. Величина этой зоны, которую для гетерогенных ВВ принято называть расстоянием индукции ( $l$ ), зависит от условий инициирования и в некоторых случаях может быть соизмерима с размерами инициирующего заряда. В настоящей работе предпринята попытка оценить влияние величины зоны перехода, а следовательно, и условий инициирования детонации на характер последействия заряда ВВ. Последействие оценивалось по метательной способности заряда ВВ, за основную характеристику которой можно принять кривую расширения в координатах  $p$  — давление,  $u$  — массовая скорость.

Для построения кривых расширения применена методика [1], основанная на использовании сведений о характере разгона тонкой металлической пластины, находящейся в контакте с исследуемым образцом. Экспериментальная установка аналогична примененной в работе [2]. Кривые расширения строились по данным о характере разгона контрольной пластины из дюраля Д-16 толщиной  $\delta=1$  мм. Точность построения кривых расширения в основном определяется точностью замера скорости свободной поверхности контрольной пластины, и для условий эксперимента она составляет 10—12%. Несмотря на относительно невысокую точность метода, полученные с его помощью данные позволили рассмотреть на примере тротила основные особенности последействия заряда ВВ в различных условиях внешнего воздействия на него.

**Кривые расширения.** На рис. 1 представлены кривые расширения зарядов тротила различной длины  $h$ . Для зарядов с  $h=7,7$  и 11,3 мм кривые расположены достаточно близко, что свидетельствует о слабом спаде давления за фронтом ИУВ. Этот факт хорошо согласуется с результатами замеров профиля массовой скорости, выполненных в подобных исследованиях [3, 4].

На участке  $h < l$  детонация не вышла на стационарный режим, но частично начавшаяся реакция разложения ВВ приводит к тому, что среда становится более сжимаемой, чем инертное, не подверженное реакции ВВ. Это следует из того, что изэнтропа расширения инертного ВВ (см. рис. 1, 6), которая при построении считалась совпадающей с ударной адиабатой ВВ, расположена ниже указанных кривых расширения. Кривые расширения зарядов, имеющих длину, превышающую расстояние индукции (см. рис. 1, 1—3), начинаются, естественно, из состояния с более высокими параметрами, чем для  $h=7,7$  и 11,3 мм. Характерно, что увеличение  $h$  вызывает уменьшение крутизны соответствующих кривых расширения.

Увеличение давления инициирования и сокращение  $l$  приводят к тому, что для одинаковой длины заряда, но с большей по величине пе-

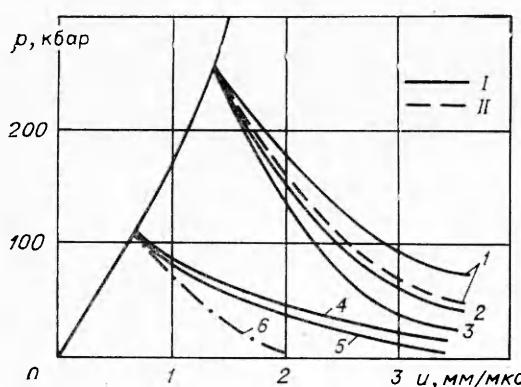


Рис. 1. Кривые расширения для тротила,  $\rho_0 = 1,60 \text{ г}/\text{см}^3$ .  
 $p_u$ , кбар: I — 70 ( $l=12 \text{ мм}$ ), II — 150 ( $l=1 \text{ мм}$ );  
 $h$ , мм: 1 — 19, 2 — 15,9, 3 — 12,7, 4 — 11,3, 5 — 7,7;  
6 — изэнтропа разгрузки нереагирующего ВВ.

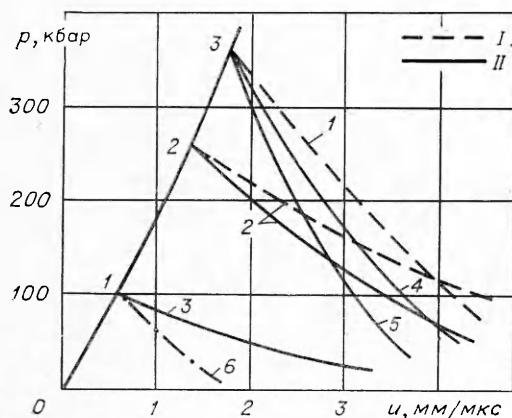


Рис. 2. Кривые расширения для тротила,  $\rho_0 = 1,51 \text{ г}/\text{см}^3$ .  
 $p_u$ , кбар: I — 55 ( $l=9,5 \text{ мм}$ ), II — 70 ( $l=3,5 \text{ мм}$ );  
 $h$ , мм: 1 — 13, 2 — 18, 3 — 8,1, 4 — 8, 5 — 5, 6 — изэнтропа разгрузки нереагирующего ВВ.

состояния с более высокими параметрами (точка 2). Кривая расширения заряда  $h=13 \text{ мм}$  идет более полого, чем для заряда  $h=18 \text{ мм}$  при одинаковых условиях инициирования  $p_u=55 \text{ кбар}$ , так как разгрузка за счет тыльных волн разрежения менее интенсивна у заряда большей длины.

Аналогичная картина наблюдается при  $p_u=70 \text{ кбар}$ . На глубине 5 и 8 мм детонационная волна находится в пересжатом состоянии (точка 3, рис. 2). Увеличение давления инициирования приводит к тому, что эффект пересжатия проявляется на меньшей глубине заряда ВВ. Это отражается на ходе кривых расширения. Если для заряда  $h=8 \text{ мм}$ ,  $p_u=70 \text{ кбар}$  она расположена выше, чем для  $h=8,1 \text{ мм}$ ,  $p_u=55 \text{ кбар}$ , то дальнейшее увеличение длины заряда ВВ приводит к тому, что для меньшей величины давления кривая расширения при прочих равных условиях расположена более полого, что видно из сравнения кривых расширения для  $h=18 \text{ мм}$ . Объясняется это увеличением  $l$  и, следовательно, усилением экранирующего эффекта переходной зоны.

**Особенности последействия.** Конкретные представления о влиянии условий инициирования детонации в заряде ВВ на его последействие

переходной зоной кривая расширения имеет меньшую крутизну при большем  $p_u$ . Иллюстрирует это положение рис. 1, 1. Появление названного эффекта — еще одно косвенное подтверждение экранирующей роли частично начавшейся в зоне перехода ИУВ в детонационную волну реакции разложения ВВ [2, 5].

В работе [2] было отмечено, что процесс перехода ИУВ в детонационную для тротила плотности  $1,51 \text{ г}/\text{см}^3$  сопровождается зоной пересжатой детонации. Это находит свое отражение в поведении кривых расширения, которые представлены на рис. 2. Пока не произошло формирование детонационной волны (рис. 2, 3), кривая расширения начинается из состояния, соответствующего отражению ИУВ от материала контрольной пластины (точка 1), причем, как и для тротила с  $\rho_0=1,60 \text{ г}/\text{см}^3$  ( $h=7,7 \text{ мм}$ ,  $p_u=70 \text{ кбар}$ ), изэнтропа разгрузки инертного ВВ из того же состояния идет круче.

Для заряда длиной 13 мм детонационная волна сформировалась и находится в пересжатом состоянии относительно ненагруженного ВВ [2]. Поэтому соответствующая кривая расширения начинается из состояния (точка 3), чем те, которые отвечают отражению нормальной детонационной волны от контрольной пластины (точка 2).

Кривая расширения заряда  $h=18 \text{ мм}$  идет более полого, чем для заряда  $h=13 \text{ мм}$  при одинаковых условиях инициирования  $p_u=55 \text{ кбар}$ , так как разгрузка за счет тыльных волн разрежения менее интенсивна у заряда большей длины.

дает зависимость  $w(x)$ , построенная по экспериментальным данным, где  $w$  — скорость свободной поверхности контрольной пластины,  $x$  — пройденный в процессе разгона путь. Для получения  $w(x)$  величина  $w$  бралась по пиковому значению скорости в течение каждого волнового обмена энергией между исследуемым образцом ВВ и контрольной пластиной, поскольку толщина последней была мала. На рис. 3 видно, что при неизменных условиях инициирования, например  $p_u=70$  кбар,  $w$  пластины, метаемой зарядом ВВ большей длины, больше. Увеличение  $p_u$  при прочих равных условиях приводит к менее интенсивному набору скорости, что видно из сравнения кривых I и II на рис. 3.

Зависимости  $w(x)$  для тротила  $\rho_0=1,51 \text{ г}/\text{см}^3$  при различных давлениях представлены на рис. 4. Интенсивность набора скорости пласти-

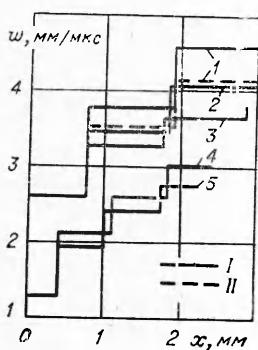


Рис. 3. Зависимости  $w(x)$  для тротила;  $\rho_0=1,60 \text{ г}/\text{см}^3$ .  
 $p_u$ , кбар: I — 70, II — 150.  
 $h$ , мм: I — 19, 2 — 15,9, 3 — 12,7, 4 — 11,3, 5 — 7,7.

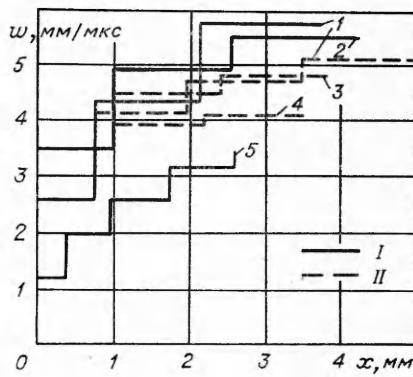


Рис. 4. Зависимости  $w(x)$  для тротила;  
 $\rho_0=1,51 \text{ г}/\text{см}^3$ .  
 $p_u$ , кбар: I — 55, II — 70.  $h$ , мм: I — 18,  
2 — 13, 3 — 8, 4 — 5, 5 — 8,1.

ны, метаемой зарядом  $h=8,1$  мм, значительно ниже, чем для зарядов длиной 13 и 18 мм ( $p_u=55$  кбар). Набор скорости пластины, метаемой зарядом  $h=13$  мм, происходит наиболее интенсивно на начальном участке пути ( $x=2$  мм). Увеличение длины заряда до 18 мм приводит к большей скорости пластины на конечном этапе разгона ( $x=3—4$  мм), чем для заряда  $h=13$  мм.

При большей величине  $p_u$  аналогичные эффекты наблюдаются на значительно меньших длинах зарядов. Для заряда длиной 5 мм  $p_u=70$  кбар (см. рис. 4) детонационная волна находится в пересжатом состоянии, поэтому величина  $w$  на начальном участке достаточно велика. Заряд длиной 8 мм обеспечивает более интенсивный набор скорости, чем при  $h=5$  мм, так как детонационная волна пересжатая, а длина заряда увеличена. Рост длины заряда до 18 мм приводит к большей скорости на конечном этапе разгона ( $x=4$  мм). Как и в случае разгона пластин зарядами из тротила  $\rho_0=1,60 \text{ г}/\text{см}^3$ , увеличение давления при определенной длине заряда ВВ ухудшает метательную способность ВВ. Этот факт иллюстрируется кривыми I на рис. 4. Для меньшей длины заряда увеличение давления инициирования в определенных пределах желательно при получении максимального метательного эффекта. Это видно из сравнения характера разгона пластины зарядами длиной 8 и 8,1 мм (см. рис. 4, 3, 5). Полученные результаты позволяют считать, что для конкретной длины заряда ВВ существует оптимальная с точки зрения метательной способности величина давления инициирования, которая должна обеспечивать условие  $l \approx h$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. С. Г. Андреев, М. М. Бойко и др. ФГВ, 1973, 9, 3.
2. М. М. Бойко, О. А. Кузнецов, В. С. Соловьев. ФГВ, 1972, 8, 4.
3. А. Н. Дремин, С. А. Колдунов, К. К. Шведов. ПМТФ, 1963, 6.
4. А. Н. Дремин, С. А. Колдунов. Тез. докл. I Всесоюзного симпозиума по горению и взрыву. М., «Наука», 1968.
5. А. Н. Дремин, С. А. Колдунов.— В сб.: Взрывное дело, № 63/20. М., «Недра», 1967.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДАВЛЕНИЯ ИНИЦИРОВАНИЯ СОСТАВА ТГ 50/50 ОТ ДЛЯТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСА ПРИ УДАРЕ ТОНКИМИ СТАЛЬНЫМИ ПЛАСТИНАМИ

А. П. Погорелов, Б. Л. Глушак, С. А. Новиков,  
В. А. Синицын

Изучению условий возбуждения детонации в ВВ слабыми ударными волнами посвящено большое число работ. Результаты некоторых исследований и обширная библиография приведены, например, в [1—4].

Возбуждение процесса детонации в конденсированных ВВ ударными волнами определяется рядом условий, в том числе характерным временем действия давления, его максимальной амплитудой, крутизной спада давления за фронтом. Имеющиеся экспериментальные данные относятся к импульсам большой длительности с профилем давления, близким к прямоугольному. Авторам неизвестны работы по экспериментальному исследованию влияния длительности действия импульса на давление инициирования. Теоретически влияние спадающего профиля давления для гомогенных жидких ВВ рассматривалось в [5, 6].

В настоящей работе изучалась зависимость давления на фронте слабой ударной волны, при котором происходит инициирование состава ТГ 50/50 (гексоген 50%, тротил 50% по весу), от длительности действия импульса давления. Импульсная нагрузка сообщалась образцу ударом по нему тонкой стальной пластины (толщины пластин 0,5; 1; 1,6; 2,9 и 4,75 мм), разгоняемой взрывом помещенного на ней слоя ВВ.

Для предотвращения откольных явлений в материале ударника между ним и слоем ВВ помещалась прокладка (техническое сукно) толщиной  $\sim 1$  мм. Специальными опытами показано, что откольные явления в ударнике отсутствуют, а наличие прокладки не влияет на скорость и симметрию движения ударника. Изменением толщины ударника варьировалась длительность импульса давления; скорость соударения определяла амплитуду волны  $r_{\text{фр}}$ , вводимой в исследуемый образец. Разновременность удара пластины по образцу не превышала 0,8 мкс. Скорость соударения изменялась в пределах от 150 до 850 м/с. В опытах использовались цилиндрические образцы из литого состава ТГ 50/50 диаметром 120 и толщиной 65 мм. В условиях опыта (толщина ударника, скорость удара) глубина возбуждения детонации, если последняя возникла, была значительно меньше толщины образца. Факт возникновения или отсутствия детонации регистрировался по степени разрушения устройства для крепления образца и по наличию остатков ВВ.

Изменение давления во времени на поверхности образца ВВ при ударе определялось расчетным путем. В расчетах материал ударника