

Латунные стержни соединялись с входом осциллографа ОК-17М. По одному из стержней посылали упругую волну, которая проходила также через исследуемый образец. При прохождении волны на обкладках некоторых образцов было обнаружено появление поверхностных электрических зарядов, т. е. образцы обладали пьезоэлектрическими свойствами. Образцы, не обладавшие сегнетоэлектрическими свойствами, были подвергнуты поляризации электростатическим полем от 0,5 до 5 кВТ в зависимости от электросопротивления и размеров образцов, после чего у них был обнаружен сегнетоэффект.

Рентгенографирование показало присутствие в обжатой смеси новых линий, соответствующих параметрам соединения BaTiO_3 (см. рисунок). Рентгенографирование раздельно обжатых порошков TiO_2 и BaCO_3 не указало на присутствие новых линий.



Диэлектрическая проницаемость, диэлектрические потери, электрическое сопротивление в разных участках ампулы колебались в значительных пределах. Так, сопротивление изменялось от 1 *Мом* до 10^5 *Мом/см*; максимальное сопротивление было, как правило, в верхней части амплитуды. По сечению ампулы сопротивление в центре было весьма низким (в отдельных местах до 150 *ком/см*), на периферии было существенно выше.

Описанные эксперименты показывают, что при ударном обжатии смеси порошков TiO_2 и BaCO_3 происходит синтез титаната бария, широко используемого, в частности, в датчиках для измерения давления в ударных волнах. В некоторых случаях сегнетоэффект фиксировался без последующей поляризации, что может свидетельствовать об упорядочении полярных осей отдельных кристаллов BaTiO_3 , происходящих наряду с синтезом. Это упорядочение является, по-видимому, суммарным эффектом большого количества электрических моментов, получающих одинаковое направление или преимущественную ориентацию в одном направлении вследствие прохождения ударной волны через образец BaTiO_3 . Эффект поляризации некоторых материалов, в частности NaCl в ударной волне, отмечался в работе [2, 3]. Наши исследования показывают, что в некоторых материалах этот эффект может сохраниться после разгрузки.

Поступила в редакцию
14/III 1969

ЛИТЕРАТУРА

1. С. С. Бацанов, А. А. Дерибас. Научно-технические проблемы горения и взрыва, 1965, 1, 1.
2. А. Г. Иванов, Е. З. Новицкий и др. ЖЭТФ, 1967, 53, 1 (7).
3. Я. Б. Зельдович. ЖЭТФ, 1967, 53, 1 (7).

УДК 534.222.2

ЗАТУХАНИЕ ДЕТОНАЦИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ ВЗРЫВЕ ЗАРЯДОВ ВВ В ОБОЛОЧКАХ

В. И. Печковский, Г. С. Кальчик
(Киев)

В практике взрывных работ давно известны случаи неполной детонации длинных зарядов в шпурах с выгоранием или разбрасыванием ВВ невзорвавшейся части заряда. В настоящее время также накоплен обширный материал по изучению взрывов

зарядов в металлических трубах, плексигласовых и полиэтиленовых оболочках, сопровождающихся так называемым канальным эффектом, т. е. постепенным затуханием и даже прекращением детонации в оболочках с зазором между зарядом ВВ и стенками оболочки. Нетрудно убедиться, что шпур, пробуренный в различных породах и заряженный зарядом несколько меньшего диаметра, создает для взрыва заряда такие же условия, как и оболочка, или, иначе говоря, эти два случая в своей основе совершенно аналогичны. Несмотря на наличие значительного числа экспериментальных данных по характеру затухания детонации зарядов в оболочках с зазором, причины и механизм затухания детонации ВВ в этих случаях до сих пор остаются не выясненными. Гидродинамическая теория затухания детонации, основанная на том, что последнее вызывается повышением плотности заряда ВВ под действием ударных волн, распространяющихся в зазоре и обгоняющих детонационную волну, не может объяснить этого явления и противоречит основным экспериментальным данным.

Одновременно следует подчеркнуть, что отдельные экспериментальные данные не только противоречат гидродинамической теории затухания детонации, но и говорят о совершенно другой природе затухания.

В удлиненных зарядах различных типов ВВ в условиях канального эффекта при идентичном взрывании (равенстве диаметра заряда, зазора, плотности и т. п.) длина пути затухания неодинакова. Длины пути затухания детонации для угленита Э-6, аммонита ПЖВ-20, победита ВП-3, аммонита 6ЖВ, № 8 и тротила (тонкодисперсного) соответственно относятся как 1:1, 4:1, 46:1, 48:1 и 53:1,70. Интересно отметить, что предохранительные ВВ, более склонные к затуханию, чем не предохранительные, при взрыве дают более мощный электромагнитный импульс, величина которого при взрыве в оболочках возрастает почти на два порядка [1]. При этом в заряде, радиальном зазоре и среде, окружающей заряд, возникает электрический потенциал от нескольких десятков до сотен вольт [2].

Если взрывать заряды в оболочках (трубах), отличающихся проводимостью или диэлектрическими свойствами, то длины пути затухания детонации в стальных, дюралюминиевых, стеклянных трубах и трубах из плексигласа будут соответственно относиться как 1:1, 1:1, 37:1 и 53:4,90. Для шпуров по углю и породе эти отношения будут равны 1:2,3; 1:3,1, а в известняке менее 1:4. Таким образом, детонация затухает быстрее в тех оболочках, где потери электромагнитной энергии взрыва меньше.

Экспериментально установлено, что при взрыве диаметр зоны реакции заряда в условиях канального эффекта постоянно уменьшается, смещаясь в сторону, противоположную зазору, как бы вытесняясь из электромагнитного поля, существующего в радиальном зазоре.

Заряды ВВ, у которых ширина зоны реакции, а следовательно, и время реакции τ больше, детонация при канальном эффекте затухает значительно быстрее, чем у тех ВВ, где эти величины τ и d меньше (ВВ, содержащие нитрозофиры).

Существует еще ряд экспериментальных данных, которые не укладываются в рамки гидродинамической теории затухания детонации — влияние непосредственных оболочек заряда, забойки, перегородок в канале, наличие неустойчивости поверхности заряда под действием скользящей ударной волны и т. п., которые также свидетельствуют о иной природе затухания [3, 4].

Экспериментально установлено, что взрыв конденсированных ВВ в условиях возможного расширения продуктов взрыва и в момент расширения во всех случаях сопровождается электромагнитными излучениями, которые при взрыве имеют широкий диапазон частот, в том числе и сверхвысокие.

При канальном эффекте, когда затухание детонации проявляется наиболее отчетливо, радиальные размеры канала таковы, что он может являться волновым с критической длиной волны порядка сантиметров. Наличие радиоизлучений с длиной волны порядка сантиметров при взрыве заряда ВВ установлено прямыми экспериментами. Для этого волномер Ч2—12 (диапазон частот от 7800 до 11200 Мгц), к выходу которого присоединен импульсный осциллограф со ждущей разверткой, устанавливался в 300—350 м от заряда ВВ (10 кг аммиачной селитры). При взрыве заряда ВВ обычно фиксировался импульс, амплитуда которого зависела от полноты детонации заряда.

Результаты этих исследований позволяют рассматривать оболочку вокруг заряда ВВ как волновод, который служит канализатором и концентратором электромагнитной энергии, генерируемой взорвавшейся и начавшей расширяться частью заряда ВВ. Рассматривая взрыв заряда ВВ в оболочке с зазором как работу генератора электромагнитной энергии в волноводе, поставили серию опытов по определению напряженности магнитного поля в зоне и впереди зоны реакции. Осциллограммы записи э. д. с. (рис. 1), возникшей в катушке магнитного зонда, помещенного в зазор между зарядом и стенкой оболочки, говорят о наличии переменного магнитного поля. Наличие магнитного поля в зоне реакции позволяет ставить вопрос о его влиянии на ход реакции.

Под действием «внешнего» магнитного поля заряженные частицы в зоне реакции изменяют траекторию движения. Траектория каждой заряженной частицы как бы винтообразно навивается на силовую линию, радиус которой (ларморовский радиус r) в однородном поле обратно пропорционален напряженности, а в неоднородном — корню квадратному из напряженности магнитного поля.

Ларморовский кружок, описываемый заряженной частицей в магнитном поле, эквивалентен току, магнитное поле которого направлено против «внешнего» магнитного поля, где вращается частица. На вращающуюся заряженную частицу должна действовать сила, выталкивающая ее в область более слабого поля. Поэтому при взрыве в магнитном поле или при канальном эффекте зона реакции постепенно должна сокращаться по диаметру (при кольцевом зазоре) или смещаться в сторону, противоположную радиальному зазору, что обычно наблюдается при канальном эффекте [5, 6].

Сокращение сечения зоны реакции приводит к уменьшению скорости детонации, а когда диаметр зоны реакции будет равен критическому диаметру заряда для данного типа ВВ, то детонация затухает.

Из изложенного выше следует, что длина пути затухания детонации $l_{\text{дет}}$ пропорциональна ларморовскому радиусу и обратно пропорциональна среднему времени существования заряженных частиц в зоне реакции, т. е. обратно пропорциональна времени протекания реакции τ или ширине зоны реакции d . Поскольку время существования заряженных частиц определяет величину их смещения в магнитном поле, то оно определяет величину сжатия и смещения всей зоны реакции. Поэтому типы ВВ с увеличенной шириной зоны реакции (аммониты) более склонны к затуханию детонации при канальном эффекте, что подтверждается экспериментально.

Длину пути затухания детонации можно определить из выражения

$$l_{\text{дет}} = k \frac{r}{a} = k_1 \frac{1}{aH} = k_2 \frac{1}{a\sqrt{H_{\sim}}},$$

где H и H_{\sim} — напряженность внешнего постоянного и неоднородного поля, э.

Для напряженности магнитного поля в волноводе, при прочих равных условиях, справедливо

$$H_{\sim mn} = \frac{1}{[\lambda^2]_{mn}}, \quad (2)$$

где λ — критическая длина волны типа H_{mn} в волноводе, см. Отсюда следует

$$l_{\text{дет}} = k_4 \frac{\lambda}{a}. \quad (3)$$

На рис. 2 показана зависимость длины пути затухания детонации от длины волны типа H_{mn} в радиальном зазоре по экспериментальным данным. Как следует из рисунка, линейная зависимость прослеживается с достаточной очевидностью.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что затухание детонации при канальном эффекте является результатом действия на заря-

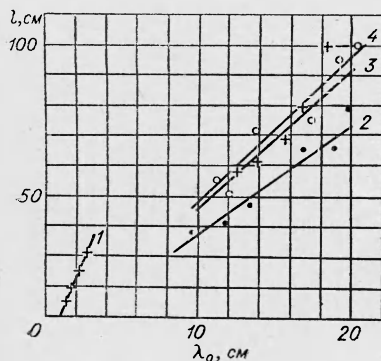


Рис. 2. Экспериментальные зависимости длины пути детонации при взрыве зарядов в оболочках от длины волны.

1 — взрыв заряда тротила плотностью 0,5 г/мл при радиусе заряда 1,0 см в плексигласовом волноводе; 2 — взрыв заряда ВП-3 плотностью 1,2 г/мл при радиусе заряда 0,5 см в стеклянных трубках; 3 — взрыв заряда ПЖВ-20 плотностью 1,1 г/мл при радиусе заряда 0,8 см в стеклянных трубках; 4 — взрыв заряда ВП-3 плотностью 1,2 г/мл при радиусе заряда 0,75 см в стеклянных трубках.

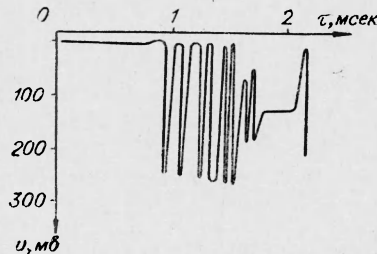


Рис. 1. Осциллограмма записи Э. Д. С. в катушке магнитного зонда, установленного в зазоре между зарядом и стенками оболочки (трубы).

женные частицы в зоне реакции электромагнитного поля, возникшего при взрыве заряда ВВ в момент расширения продуктов взрыва в радиальном зазоре и распространяющегося по зазору как по волноводу.

Это позволяет не только объяснить механизм процесса затухания детонации, но и даст возможность управлять детонацией данных зарядов ВВ.

Поступила в редакцию
28/IV 1968

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Зенин, В. Н. Миц. Сб. «Взрывное дело», № 52/9, 1963.
2. В. Н. Зенин, В. Н. Миц. Тр. Гос. Макеевского НИИ по безопасности работ в горной промышленности, 1962, 13, 265—279.
3. Л. В. Дубков, Л. Д. Хотина. Сб. «Взрывное дело», № 52/9, 1963.
4. А. А. Борисов, А. В. Любимов и др. ФГВ, 1967, 3, 1.
5. А. И. Гольбиндер, В. Ф. Тышевич. Сб. «Теория взрывных веществ». М., «Высшая школа», 1967.
6. Б. И. Вайнштейн, В. Н. Бондаренко. Сб. «Безопасность взрывных работ в угольных шахтах». Киев, «Техника», 1967.

УДК 536.46

О ВЛИЯНИИ АКТИВНОСТИ ПОРОШКОВ АЛЮМИНИЯ И МАГНИЯ НА ГОРЕНИЕ СОСТАВОВ

Л. Д. Ромоданова, П. Ф. Похил
(Москва)

Ранее [1, 2] было показано, что устойчивость беспламенного горения составов в вакууме ($P \sim 10^{-2}$ мм рт. ст.) обусловлена экзотермическим процессом реакций, протекающих в поверхностном слое заряда (на поверхности частиц металла).

Представляет научный и практический интерес вопрос о том, как же влияет активность частиц металла на условия беспламенного горения указанных составов.

Для изучения этого вопроса были приготовлены составы на основе порошков алюминия с размером частиц $\leq 1 \mu$ и магния $\leq 10 \mu$. Активность порошков была различной: 99%, 80, 60, 40 и 20%. Заряды $d=5$ мм запрессовывались до максимальной плотности. Для определения теплового эффекта поверхностных реакций при беспламенном горении измерялась температура на поверхности заряда при беспламенном горении $T_{п.п}$ и минимальная температура предварительного подогрева заряда $T_{п.п}$, ниже которой устойчивое горение невозможно. Кроме того, определялась температура самовоспламенения составов термомпарами медь — константан диаметром $d \sim 60 \mu$.

Состав	Активность, %	$T_{п.п}$, °C	Температура самовоспламенения, °C	Температура поверхности, °C	$\sum c$	$Q = c(T_{п.п} - T_0)$, кал/г
NH ₄ ClO ₄ + Al	~99	~290	~470	~620	0,282	~93,0
	~80	~300	~500	~615	—	~88,8
	~60	~320	~520	~610	—	~81,8
	~40	~330	~550	~600	—	~76,1
	~20	~340	~570	~590	—	~70,5
NH ₄ ClO ₄ + Mg	~88	~200	~310	~510	0,288	~89,3
	~60	~245	~370	~500	—	~73,4
	~40	~280	~420	~490	—	~60,5
	~20	~310	~460	~480	—	~49,0

Примечание. $P \sim 10^{-2}$ мм рт. ст.