

ного взаимодействия хромовокислых солей калия с пикриновой кислотой.

Прямая экспериментальная проверка выполнения этих условий вряд ли осуществима, можно привести лишь некоторые косвенные данные: 1) скорость горения пикриновой кислоты с другими соединениями калия, способными превращаться в пикрат (K_2CO_3 , $K_2C_2O_4$, KOH), мало отличается от скорости горения пикриновой кислоты с введенным пикратом калия (добавки вводились в количествах, необходимых для образования 27% пикрата); 2) скорости горения смесей 3 и 4, выдержанных в расплавленном состоянии при $t=140^\circ C$ в течение 1 ч (в этих условиях добавка полностью превращается в пикрат), составляют соответственно 0,79 и 0,59 мм/с, что неплохо согласуется с данными рис. 4.

Таким образом, в результате проведенного исследования получены экспериментальные доказательства образования ипикратов в реакционном слое конденсированной фазы при горении пикриновой кислоты с добавками солей хромовых кислот. Установлено, что увеличение скорости горения обусловлено совместным влиянием образующихся в процессе горения пикрата и окиси хрома, однако вклад последней значительно больше. Показано, что наличие гидроксильной группы в молекуле пикриновой кислоты способствует превращению добавки в катализатор в процессе горения, чем и объясняется различие в действии этих добавок на горение пикриновой кислоты и тринитротолуола.

Поступила в редакцию
16/1 1975

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Taylor. Ind. Chem., 1948, May, p. 289.
2. А. А. Шидловский. Изв. Вузов, ХиХТ, 1958, 3, 105.
3. A. O. Dekker, G. A. Zimmerman. Ind. Eng. Chem., 1962, 1, 1, 23.
4. A. P. Glaskova. XIII-th Symposium (International) on Combustion, Abstracts of papers, Pittsbuzgh, Pennsylvania, 1970.
5. А. П. Глазкова. ФГВ, 1974, 10, 3, 323.
6. В. В. Александров, А. В. Болдырева и др. Докл. АН СССР, 1973, 210, 1, 161.
7. В. В. Александров, Р. К. Тухтаев и др. ФГВ, 1974, 10, 4, 543.
8. А. Ф. Беляев, А. И. Коротков.— В сб.: Физика взрыва, № 1. М., Физматгиз, 1952.
9. Б. Н. Кондриков, Б. С. Светлов, А. Е. Фогельзанг.— В сб.: Теория взрывчатых веществ. М., «Вышая школа», 1967.
10. Б. С. Светлов, А. Е. Фогельзанг. ФГВ, 1967, 5, 1, 67.
11. Е. Ю. Орлова. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. М., Оборонгиз, 1960.

УДК 534.222.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ДЕТОНАЦИИ ВВ УДАРНЫМИ ВОЛНАМИ МЕТОДОМ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ДАТЧИКА

Ю. Н. Тюняев, А. Г. Иванов, В. Н. Минеев

(Москва)

Работы [1—3] показали, что электрическая поляризация ВВ при ударном сжатии — ударная поляризация — источник информации о физико-химических превращениях ВВ за фронтом ударных и детонационных волн. При инициировании детонации ударной волной (УВ) с

амплитудой p ниже давления Жуге $p_{ж}$ по осциллограмме поляризационного тока $I(t)$ можно определить момент начала детонации и время ее задержки τ_a [3]. Однако с количественной стороны результаты [3] достаточно неопределенны, так как найденные значения τ_a для гексолита имели большой разброс $>50\%$, а знак начального скачка поляризационного тока I_0 ($I_0=I(t_0)$, где t_0 — момент входа УВ в образец)¹ менялся от образца к образцу при $p=\text{const}$.

Для выявления возможностей эффекта ударной поляризации в качестве инструмента для изучения процесса перехода УВ в детонационную, а также для уточнения результатов [3] была исследована ударная поляризация сплава ТГ 30/70, близкого по свойствам к гексолиту, при $p < p_{ж}$.

Все опыты проведены по схеме поляризационного датчика, описанной в [2]. Геометрия взрывных генераторов плоских УВ и экспериментальных сборок позволяла поддерживать за фронтом ударной и детонационной волн состояние одномерного сжатия без догоняющей разгрузки в течение времени движения волны по образцу T ($T=t_2-t_0$, где t_2 — момент выхода волны из образца). Моменты t_0 и t_2 определялись с помощью отметчиков времени, установленных в плоскостях, совпадающих с торцевыми поверхностями образцов. Отметчики работали по принципу поляризационного датчика.

Образцы ВВ изготавливались в виде дисков толщиной $l_0=6\pm 0,03$ мм с плотностью $1,71\pm 0,01$ г/см³. Исследованы две партии образцов, отличавшихся только технологией изготовления гексогена. В образцах партии I использован исходный гексоген. Для образцов партии II исходный гексоген был перекристаллизован из ацетона. Дисперсность гексогена (550 см²/г)² и физико-механические характеристики ТНТ в обеих партиях были одинаковыми. Начальные параметры УВ в образцах находились по известному состоянию металлического экрана и ударной адиабате состава [5]. Величина амплитуды давления УВ p варьировалась от 1,8 до 12,7 ГПа. Для сплава ТГ 30/70 $p_{ж}\approx 30$ ГПа. Ударная волна двигалась в направлении нормали к торцевым поверхностям образца.

Типичные осциллограммы $I(t)$ с образцов двух партий для различных p приведены на рис. 1. Отметим наиболее важные особенности осциллограмм.

1. При $p=\text{const}\leq 4,3$ ГПа осциллограммы на образцах обеих партий идентичны и подобны осциллограммам, получаемым при ударной поляризации инертных диэлектриков (рис. 1, а): скачок тока в момент t_0 и резкий его спад в момент $t=t_2$. При $t_0 < t < t_2$ наблюдаются осцилляции тока с периодом, много меньшим T . Эти осцилляции обусловлены, по-видимому, неоднородностью состава ВВ.

2. При $p > 4,3$ ГПа на осциллограммах появляется несколько экстремумов ($t_0 < t < t_2$), положение которых на оси t закономерно изменяется с ростом p (рис. 1, б—д). Формы записей $I(t)$, за исключением $p=9,5$ ГПа, идентичны для образцов обеих партий.

3. При $p=9,5$ ГПа знак и величина I_0 зависят от партии образца: для образцов партии I $j_0=-3,7\pm 0,2$ мА/см², а партии II $j_0=9\pm 2$ мА/см². При всех других давлениях сопоставимые значения j_0 для обеих партий образцов с точностью до экспериментального разброса совпадают. Отметим, что по данным [3] нестабильность знака I_0 в гексолите имеет место в интервале $7,0\leq p\leq 11,0$ ГПа.

4. Записи $I(t)$ на образцах сплава ТГ 30/70 идентичны по форме записям $I(t)$ на гексолите [3] при сравнимых p .

¹ Знак I_0 и плотность тока $j_0=I_0/S$, где S — площадь измерительного электрода, определяют знак и величину объемной поляризации за фронтом УВ в диэлектриках [4].

² Определялось методами Говарова и ПСХА.

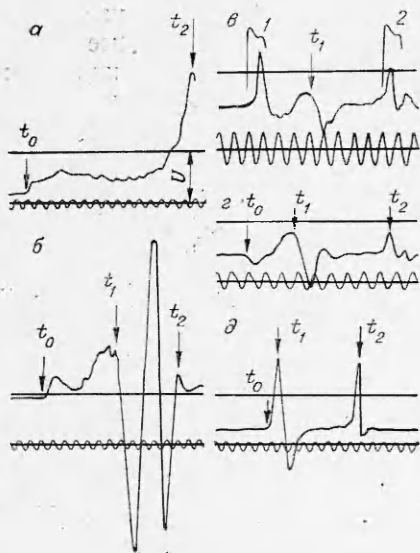


Рис. 1. Осциллограммы поляризационных токов $I(t)$ при ударном нагружении образцов из сплава ТГ 30/70 партии I (в) и партии II (а, б, г, д). Метки времени — 0,1 мкс.

Начальные давления на фронте УВ, ГПа: а) 4,3; б) 7,3; в, г) 9,5; д) 12,7; I_0 , мА: а, б, д) 16,3; в) 17,3; г) 21,5; S , см²: а, б, д) 3,14; в, г) 1,0. 1 — вход УВ в образец; 2 — выход детонационной волны из образца.

образцу гексолита позволила авторам [3] отождествить максимум тока в момент t_1 (см. рис. 1, б—д) с началом нормальной детонации. Следовательно, $t_1 - t_0 = \tau_a$ — время задержки детонации при данном p . Графики $\tau_a(p)$ для обеих партий образцов приведены на рис. 2. Точки на графиках получены усреднением 3—4 однотипных опытов и приведены вместе с максимальным разбросом. При $p = 12,7$ ГПа указаны результаты единичных опытов. При $p \leq 4,3$ ГПа, когда детонация не возникает, нижней оценкой τ_a является величина T (точки со стрелкой).

Из рис. 2 видно, что при $p = \text{const}$ образцы партии II имеют большее время задержки детонации, чем образцы партии I. Если известны величины τ_a и T , то среднюю скорость УВ (D_{cp}) до перехода ее в детонационную можно рассчитать по формуле

$$D_{cp} = [l_0 - D_d(T - \tau_a)] / \tau_a, \quad (1)$$

где $D_d = 8,1$ км/с — скорость нормальной детонации исследованного сплава. Если детонация не возникает, то $D_{cp} = l_0/T$. Ниже сравниваются при $p = \text{const}$ значения D_{cp} , рассчитанные по (1), с величинами D , найденными по ударной адиабате «холодного» сплава ТГ 30/70 (D_x).

p , ГПа	1,8	4,3	7,3	9,5	12,7
D_x , км/с	3,53	3,95	4,48	4,81	5,15
D_{cp} , км/с	3,5	3,9+0,1	4,5±0,2	4,8+0,2	6,6+0,6

Видно, что при $p \leq 9,5$ ГПа значения D_{cp} и D_x совпадают. При $p = 12,7$ ГПа $D_{cp} > D_x$.

Проведенное исследование показало, что величина τ_a и знак I_0 в сплаве ТГ 30/70 при прочих равных условиях зависят от технологии изготовления гексогена, входящего в сплав. Весьма вероятно поэтому, что большой разброс величин τ_a и нестабильность знака I_0 в гексолите [3] обусловлены вариациями структуры гексогена от образца к образ-

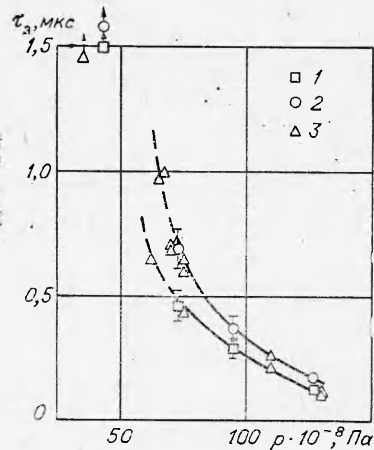


Рис. 2. Зависимость времени задержки детонации от начального давления ударной волны в сплаве ТГ 30/70.

1 — партия I; 2 — партия II; 3 — данные для гексолита.

Одновременная запись поляризационного тока и фоторегистрация процесса движения УВ по

цу. Это предположение подтверждается сравнением величин τ_3 , найденных в [3] и в настоящей работе. Из рис. 2 видно, что данные [3] образуют две группы значений τ_3 : одна располагается вблизи кривой $\tau_3(p)$ для образцов партии II, а другая фактически совпадает с кривой $\tau_3(p)$ для образцов партии I. Таким образом, результаты [3] и настоящей работы показывают, что эффект ударной поляризации ВВ может быть использован для точного определения τ_3 .

Одной из возможных причин различия величин τ_3 в образцах обеих партий является различная степень дефектности кристаллической решетки гексогена. Поскольку кристалл с дефектами (дислокации, дефекты упаковки и т. д.) обладает повышенной свободной энергией по сравнению с идеальным кристаллом, а при перекристаллизации эта энергия уменьшается, то перекристаллизация сопровождается уменьшением дефектности зерен [6]. Согласно гипотезе [7], локальные очаги разогрева («горячие точки») при механических воздействиях на ВВ возникают при полной или частичной аннигиляции дефектов решетки (например, дислокаций). Следовательно, согласно [7], в образцах ВВ с меньшей плотностью дефектов меньше потенциальных «горячих точек». Поэтому для создания кристаллической концентрации «горячих точек» (соответствующей началу детонации) при пластической деформации таких образцов в УВ необходимо большее время, чем в более дефектных образцах. Напомним, что в наших опытах τ_3 было больше в образцах, в которые входил перекристаллизованный гексоген (партия II).

По устоявшейся в литературе точке зрения (см., например, [8]) химические превращения за фронтом ударной волны в ВВ приводят к росту кинематических параметров УВ. Поскольку, однако, для химического разложения ВВ необходимо конечное время, начальные параметры УВ в образце ВВ при $p < p_{ж}$ будут соответствовать ударной адиабате «холодного» ВВ. С учетом этих моментов равенство $D_{ср}$ и D_x в сплаве ТГ 30/70 при $p \leq 9,5$ ГПа означает, что большую часть времени τ_3 УВ движется со скоростью D_x . Увеличение скорости УВ от D_x до $D_{ср}$ происходит только в конце интервала τ_3 и за времена, существенно меньшие τ_3 . Для сравнения укажем, что при инициировании детонации в прессованном ТНТ нарастание кинематических параметров УВ начинается сразу после входа ее в образец ТНТ [8].

Отметим основные результаты настоящей работы.

1. Подтверждена возможность точного определения времени задержки детонации ВВ по осциллограммам поляризационного тока и определено указанное время для двух партий сплава ТГ 30—70 в интервале амплитуд УВ $7,3 \div 12,7$ ГПа.

2. Представлены аргументы в пользу гипотезы [7], по которой «горячие точки» при инициировании детонации кристаллических ВВ посредством механического воздействия связаны с дефектами решетки ВВ.

Поступила в редакцию
2/IX 1974

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Науес. J. Appl. Phys., 1967, 38, 2.
2. А. Г. Иванов, Ю. Н. Тюняев и др. ФГВ, 1969, 5, 3, 369.
3. J. Morgan, H. Pujols. Fifth Symp. on Detonation, California, USA, 1970. Preprints, p. 341.
4. F. E. Allison. J. Appl. Phys., 1965, 36, 7, 2111.
5. V. M. Boyle, R. L. Jameson, M. Sultanoff. Proc. Fourth Symp. (Internat.) on Detonation. Washington, 1965, p. 241.
6. H. G. Van Bueren. Imperfections in Crystals. Amsterdam, 1960.
7. Л. В. Дубнов, В. А. Сухих, И. И. Томашевич. ФГВ, 1971, 7, 1, 147.
8. А. Н. Дремин, С. А. Колдунов. — В сб.: Взрывное дело, № 63/20. М., «Недра», 1967, с. 37.