

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

УДК 534.222.2

О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ДЕТОНАЦИИ
В ТВЕРДЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВАХ

Л. А. Гатилов

РФЯЦ, ВНИИ экспериментальной физики, 607190 Саров

Экспериментальные данные свидетельствуют о протекании сверхбыстрых (за время ≤ 1 нс) экзотермических реакций во фронте* самоподдерживающейся детонационной волны (по крайней мере, в некоторых мощных взрывчатых веществах (ВВ)) [1, 2]. Кроме того, методики измерения с разрешением ≈ 1 нс регистрируют экспоненциально быстро затухающие пульсации параметров состояния вещества на фронте самоподдерживающейся детонационной волны [3, 4].

Относительно большой критический диаметр детонации ВВ ($d \geq 1$ мм) может быть объяснен, если условие осуществления сверхбыстрых реакций (наличие на фронте активных частиц: атомов, ионов, радикалов) действует на расстоянии $> 0,1d$ от фронта. Для этого достаточно повышения эффективного коэффициента переноса активных частиц продуктов детонации к фронту до ≈ 1 м²/с [5]. О возможности такого повышения свидетельствуют, в частности, данные [6]. Как известно, в [7] обосновано появление активных частиц (струй продуктов детонации) на фронте [7]. Другая возможность появления активных частиц на фронте рассмотрена в общем виде в [8]. Если самоподдерживающуюся детонационную волну «ведут» активные частицы, имеет место автоволновой (в отличие от ударно-волнового) механизм детонации [9].

Автоволновой механизм не рассматривается в обзоре [2], вероятно, потому, что кажется немислимым попадание заметного количества активных частиц на уходящий от них фронт через тормозящий слой сильно сжатого ВВ.

В связи с этим в рамках механистической модели можно представить, что активные центры цепных процессов, образующиеся вдали от фронта, приобретают добавочную ско-

рость $u_a \approx 1$ км/с с помощью фрактальной системы вихрей и струй, возникающей еще за фронтом инициирующей детонацию ударной волны. Состояние же прореагировавшего ВВ за фронтом детонационной волны таково, что «реакции-удары» соответствующей части центров передаются, вероятно, с разветвлением по цепям (передача локализованных возмущений на фронт) со скоростью $c + u + u_a > D$ (c, u — скорости звука и вещества, D — скорость детонации) и обуславливают появление активных частиц на фронте.

Активные частицы возникают на фронте самоподдерживающейся детонационной волны не хаотически, а в соответствии со структурой вихрей и струй вдали от фронта. Как правило, они не могут вызвать реагирование ВВ по всему фронту, что и обуславливает его шероховатость и пульсации параметров состояния. При этом фазовая точка, движущаяся непрерывно из начального состояния вдоль прямой Михельсона — Рэлея, заходит выше точки Чепмена — Жуге [5, 8].

Распад локально-неравновесного метастабильного состояния за фронтом самоподдерживающейся детонационной волны в ВВ с начальной плотностью, близкой к максимально возможной, происходит через несколько десятков наносекунд, в течение которых осредняющие методики регистрируют примерно постоянное давление [1, 10]. В случае же ВВ с заметной пористостью появляется возможность непосредственного проникания активных частиц продуктов детонации вместе с вихрями и струями на фронт и возникновения там взрывного горения [7], приводящего тотчас к снижению давления [10] вследствие движения фазовой точки сверху к точке Чепмена — Жуге.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гатилов Л. А., Герасимов В. М., Куда-

*Под фронтом понимается поверхность, отделяющая возмущенные молекулы ВВ от исходных.

- шов А. В., Смирнов Г. С. О возбуждении и распространении плоской детонационной волны в твердых высокоплотных ВВ // Горение, детонация, ударные волны: Материалы Междунар. конф. по горению, посвященной 80-летию со дня рождения Я. Б. Зельдовича. 1994. Т. 2. С. 347–350.
2. Дремин А. Н. Открытия в исследовании детонации молекулярных конденсированных взрывчатых веществ в XX веке // Физика горения и взрыва. 2000. Т. 36, № 6. С. 31–44.
 3. Лобойко Б. Г., Любятинский С. Н. Зоны реакции детонирующих твердых взрывчатых веществ // Там же. С. 45–64.
 4. Федоров А. В., Меньших А. В., Ягодин Н. Б. Структура детонационного фронта в гетерогенных ВВ // Хим. физика. 1999. Т. 18, № 11. С. 64–68.
 5. Gatilov L. A., Gerasimov V. M., Smirnov G. S. On the detonation mechanism // Intern. Conf. On Shock Waves in Condensed Matter: Abstracts. St. Petersburg, Russia, 1996. P. 5.
 6. Ениколопян Н. С. Сверхбыстрые химические реакции в твердых телах // Журн. физ. химии. 1989. Т. LXIII, вып. 9. С. 2289–2297.
 7. Апин А. Я. О детонации и взрывном горении взрывчатых веществ // Детонация конденсированных и газовых систем. М.: Наука, 1986.
 8. Трофимов В. С. Синтез теорий детонации Зельдовича и Михельсона применительно к негомогенным конденсированным средам // Тезисы XII симпоз. по горению и взрыву, Черногоровка, 11–15 сентября 2000.
 9. Соболев С. Л. Процессы переноса и бегущие волны в локально-неравновесных системах // Успехи физ. наук. 1991. Т. 161, № 3. С. 18.
 10. Уткин А. В. Влияние начальной плотности на структуру детонационных волн в гетерогенных ВВ // Тезисы XII симпоз. по горению и взрыву, Черногоровка, 11–15 сентября 2000.

Поступила в редакцию 8/XI 2001 г.