

О МЕХАНИЗМЕ НИЗКОСКОРОСТНОЙ ДЕТОНАЦИИ
В КРУПНОЗЕРНЕНОЙ НИТРОКЛЕТЧАТКЕБ.С.Ермолаев, А.А.Сулимов, В.А.Окунев, Б.А.Хасаинов
Москва

С помощью скоростной фотографии и пьезометрии проведено изучение низкоскоростного детонационного процесса (НСД), возникающего при переходе горения во взрыв в крупнозерненной нитроклетчатке (размер зерна 3,3 мм). Опыты проводились в прочных стальных трубах внутренним диаметром 15 мм и длиной до 800 мм, которые оставались целыми после опыта. Процесс инициировался от закрытого конца трубы с помощью капсуля-воспламенителя МБ-2 и 0,5 г дымного пороха. Измерительная секция длиной 130 мм имела отверстия под пьезодатчики давления и узкую щель, закрытую прозрачной плексигласовой вставкой, для регистрации свечения.

Получены данные, которые заставляют вернуться к обсуждению механизма возбуждения реакции и способа переноса энергии в волне НСД. Напомним, что ранее на основе опытов по передаче НСД через инертную преграду и ряде других данных утвердилось мнение, что НСД в порошках ВВ насыпной плотности, аналогично детонации высокоплотных ВВ, контролируется ударно-волновым течением твердой фазы /1,2/. Однако новые данные позволяют утверждать, что то крайней мере в случае крупнозерненной нитроклетчатки НСД при скорости около 1 км/с контролируется течением газа по порам между зерен ВВ.

На рис.1 изображена фоторазвертка процесса перехода горения во взрыв на участке НСД. Видны фронт воспламенения (1); распространяющийся со скоростью около 800 м/с, и треки горящих зерен ВВ (2). Тот факт, что горящие зерна вначале неподвижны, и лишь спустя около 45 мкс начинают ускоряться, достигая скорости 250 м/с, означает, что воспламенение зерен ВВ осуществляется независимо от течения твердой фазы. Следовательно, распространение фронта пламя и контролируется газофазным течением. На рис.2 приведена кривая давление-время, записанная в этом же опыте пьезодатчиком, разме-

ценным в точке $x = 360$ мм. Максимальное давление составляет 170 МПа, время нарастания - 120 мкс.

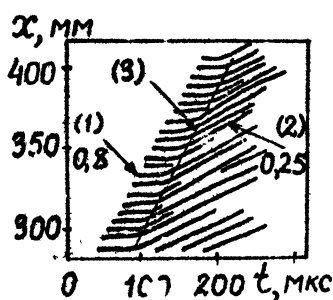


Рис. 1. Фоторазвертка НСД. (1) - фронт воспламенения, (2) - треки горящих зерен, (3) - граница зоны неподвижных зерен. Цифры - скорость в мм/мкс.

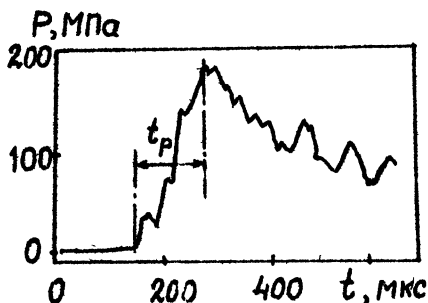
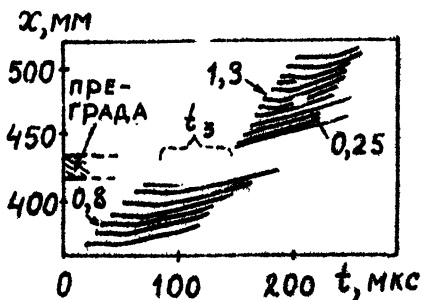


Рис. 2. Диаграмма давление-время, записанная пьезодатчиком в точке $x = 360$ мм. t_p - время нарастания давления.

На рис. 3 изображена фоторазвертка, демонстрирующая переход НСД через инертную преграду. Преграда - плексигласовый диск толщиной 7 мм со слоем вазелина на торпе, плотно без зазора вставлялся в канал оболочки, разделяя заряд ВВ на две части.



Из рисунка видно, что преграда прерывает фронт свечения. Горение за преградой возобновляется примерно через

Рис. 3. Фоторазвертка перехода НСД через преграду. t_p - задержка воспламенения за преградой, цифры - скорость в мм/мкс

65 мкс. Однако процесс, возникший за преградой, отличается от исходного: видно, что на фронте воспламенения зерна ВВ не "стоят", как до преграды, а движутся со скоростью, равной максимальной скорости зерен до преграды. Однако спустя примерно 15 мкс начинается перестройка к исходной пространственной структуре и фронт воспламенения вновь оказывается в зоне неподвижных частиц. Таким образом, хотя переход через

преграду сопровождается сменой механизма, однако НСД, контролируемая газовым течением, вновь восстанавливается, демонстрируя устойчивость.

Структура течения в голове волны НСД численно моделировалось с использованием стационарной системы одномерных уравнений механики двухфазных реагирующих сред. Полученные расчетным путем времена нарастания (t_p и t_u) и максимальные значения давления и скорости частиц (P_{max} и U_{max}) находятся в согласии с экспериментальными данными при различных скоростях волны (\mathcal{D}). (См. таблицу, где результаты расчетов даны в скобках.)

\mathcal{D} , мм/мкс	P_{max} , МПа	t_p , мкс	U_{max} , мм/мкс	t_u , мкс
0,8	170 (150)	120 (63)	250 (270)	45 (22)
1,0	280 (256)	80 (43)	330 (340)	50 (20)
1,2	380 (400)	90 (31)	400 (430)	40 (18)

На основе полученных результатов предложена модель процесса. Она включает ударный скачок, бегущий по газу в порак; высокотемпературный высокоскоростной газовый поток, который примыкает к скачку и подпирает его, предохраняя от быстрого затухания, а также увлекает и поджигает зерна ВВ; и широкую зону горения, внутри которой давление и массовая скорость частиц проходят через максимум. При скорости волны около 1000 м/с до точки максимума давления сгорает около 1 % ВВ. Анализируются границы, в которых может реализоваться исследованный механизм НСД, в том числе в других ВВ [3], и причины, вызывающие переход к традиционному механизму.

1. Беляев А.Ф., Воболов В.К., Коротков А.И., Сулимов А.А., Чуйко С.В. Переход горения конденсированных систем во взрыв. М., Наука, 1973.

2. Дремин А.Н., Савров С.Д., Трофимов В.С., Шведов К.К. Детонационные волны в конденсированных средах. М., Наука, 1970.

3. Андреев В.В., Лукьянчиков Л.А. К механизму распространения детонации с малой скоростью в тоне при искровом инициировании. - ФВ. 1974, т. 10, № 6, с. 912-918.