

ратов по экспериментальным точкам для нитроклетчатки, содержащейся в нитроглицериновом порохе, дает следующие значения кинетических параметров: $E=40,7 \pm 1,7$ ккал/моль, $\lg zQ=18,9 \pm 0,7$ (размерность zQ в кал/г·сек). В пределах средних квадратичных отклонений они совпадают с кинетическими параметрами пироксилина без добавок ($E=41,2 \pm 1,7$ ккал/моль, $\lg zQ=18,8 \pm 0,7$) [3]. Этот результат следует рассматривать как еще один аргумент в пользу заключения о том, что из тонких пленок

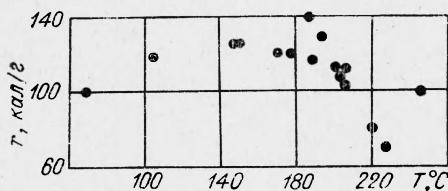


Рис. 4. Термограмма испарения летучих из нитроглицеринового пороха при различных температурах.

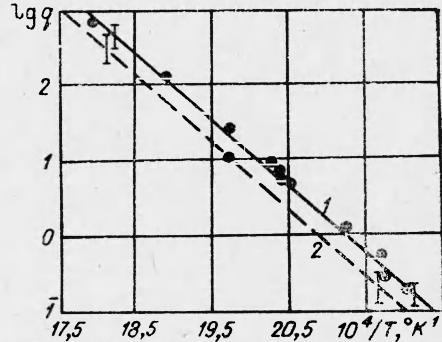


Рис. 5. Зависимость начальной скорости тепловыделения от температуры. Точки и прямая 1 — пороховая масса после испарения летучих; 2 — пироксилин без добавок [3]. (Вертикальные отрезки на прямых 1 и 2 — средние квадратичные отклонения 0,15 и 0,2 соответственно, размерность q в кал/г · сек).

нитроглицеринового пороха при нагревании до высоких температур (в том числе и в ходе беспламенного горения) вначале происходит быстрое испарение летучих. Тепловыделение от разлагающейся нитроклетчатки происходит одновременно и становится явно заметным после окончания испарения.

Наблюдаемое двухкратное превышение скорости тепловыделения и тепловых эффектов в пороховой нитроклетчатке по сравнению с пироксилином без добавок [3], по-видимому, может быть объяснено вкладом реакций первичных продуктов разложения нитроклетчатки (главным образом NO_2) со стабилизатором (централитом), содержащимся в порохе.

Авторы благодарят С. С. Хлевного и В. С. Бабкина за полезные советы при обсуждении работы и В. Г. Морозова за помощь в проведении опытов.

Поступила в редакцию
24 XI 1970

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Александров, С. С. Хлевной. ФГВ, 1970, 7, 4.
2. В. В. Александров, В. Г. Морозов, С. С. Хлевной. ПМТФ, 1969, 5, 149.
3. В. В. Александров, С. С. Хлевной. ПМТФ, 1970, 1, 158.

УДК 536.46+662.62

К ВОПРОСУ О ГОРЕНИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ЗАРЯДОВ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ

Ю. И. Медведев, Н. П. Медведева, Л. Н. Ревягин
(Томск)

Рассмотрим топливный образец, составленный из пластин одинаковой ширины L порохов 1 и 2, с толщинами e_1 и e_2 соответственно, бронированный по боковой поверхности (рис. 1). Скорость горения пороха u_2 существенно больше линейной скорости горения u_1 пороха 1. Через некоторое время после зажигания такого пакета с верхнего торца наступит установившийся режим горения, при котором форма горящей поверх-

ности будет образована гребнями горящего медленно пороха 1 с углом в вершине α и плоской поверхностью быстрогорящего пороха.

В случае отсутствия взаимного влияния на скорости горения обоих порохов из геометрических соображений имеем

$$\sin \alpha = -\frac{u_1}{u_2}.$$

В установившемся режиме горения пакет укорачивается со скоростью u_2 , которая становится «ведущей» скоростью горения. Если в начальный момент зажигания пакета его поверхность плоская, то массовая скорость горения будет

$$m = L(2e_1u_1\delta_1 + e_2u_2\delta_2),$$

где δ_1 и δ_2 — плотность порохов 1 и 2. В установившемся режиме горения площадь горящей поверхности пороха 2 сохранится прежней, а горящая поверхность пороха 1, образованная боковыми гранями призм, имеет площадь

$$S'_1 = \frac{2e_1L}{\sin \alpha}.$$

Общая массовая скорость горения в этом случае будет выражаться как

$$m' = L(2e_1\delta_1 + e_2\delta_2)u_2.$$

Таким образом, массовая скорость горения определяется начальной площадью торца заряда и скоростью горения быстрогорящего включения и может быть сделана достаточно высокой. Легко показать, что аналогичный вывод получается и для сколь угодно большого числа разнородных пластин порохов, а также для цилиндрических зарядов с различными формами быстрогорящих включений. Он справедлив при условии отсутствия взаимного влияния порохов на их скорости горения.

В реальном случае относительно холодные продукты сгорания медленногорящего пороха разбавляются более горячими продуктами быстрогорящего состава и наоборот. При этом линейная скорость горения быстрогорящего включения несколько замедляется, а медленногорящего пороха возрастает. Степень замедления (возрастания) существенно зависит от процентного содержания медленно- и быстрогорящих компонент. Действительно, если заряд целиком состоит из быстрогорящего пороха, то он будет сгорать с нормальной скоростью u_2 . Если же весь заряд состоит из пороха с низкой скоростью горения, то он сгорает со скоростью u_1 . В промежуточном случае «ведущая» линейная скорость горения оказывается несколько меньше скорости горения быстрогорящего состава u_2 . Для изучения этого эффекта были поставлены опыты со слоистыми зарядами в виде цилиндра, имеющими несколько стержней из быстрогорящего состава, расположенных симметрично вдоль оси цилиндра. Сжигания проводились при атмосферном давлении в полузамкнутом объеме и при повышенном давлении в бомбе с соплом. После некоторого времени горения образцы гасились и обмерялись для определения скорости горения быстрогорящего пороха u'_2 .

В качестве примера на рис. 2 показан график зависимости степени замедления u'_2/u_2 пороха, скорость горения которого при атмосферном давлении 0,75 см/сек, от процентного содержания его в образце с медленногорящим порохом (скорость горения 0,35 см/сек) для двух диаметров цилиндрических быстрогорящих включений 5 (1) и 8 (2) мм. По оси абсцисс

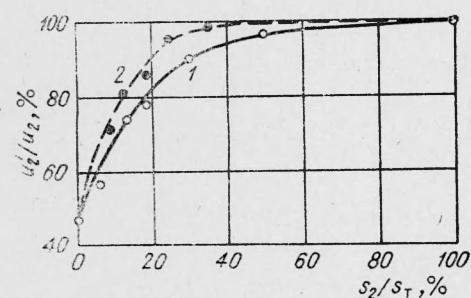


Рис. 2.

отложено отношение площади горения пороха 2 к общей начальной площади торца заряда в процентах. Видно, что эта зависимость существенно нелинейная и наличие даже 50% состава 1 замедляет скорость горения пороха 2 всего на 3—4% при диаметре его стержня 5 мм и практически не сказывается при диаметре 8 мм. В последнем случае заметное замедление скорости горения наступает лишь при включении 20—30% быстрогорящего пороха. Таким образом, для рационального построения подобных зарядов необходимо тщательное изучение степени замедления не только от процентного содержа-

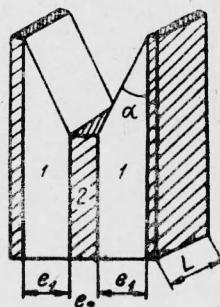


Рис. 1.

ния быстрогорящего пороха, но и от поперечного линейного его размера (диаметра). По всей вероятности, этот размер для разных пар порохов и габаритов всего заряда будет иметь свое оптимальное значение.

Легко показать, что время выхода на стационарный режим горения определяется выражением

$$t_p = \frac{e_1}{u_1} \sqrt{\frac{1 + u_1/u_2}{1 - u_1/u_2}}$$

и существенно зависит от соотношения между скоростями горения, толщины и скорости горения медленногорящего состава.

Итак, при рациональном сочетании двух порохов, один из которых имеет малую, а другой большую скорость горения, общую массовую скорость газоприхода можно сделать достаточно высокой. Обычно малая скорость горения соответствует невысокой температуре продуктов сгорания, поэтому при большой скорости газоприхода в камере сгорания в данном случае будет сравнительно низкая температура. Это обстоятельство выгодно при применении таких зарядов для пороховых аккумуляторов давления.

Подобные заряды, обладая преимуществами зарядов с проволочками, имеют полностью активную массу и, следовательно, лучшие энергетические характеристики.

Наконец, вариациями компонент заряда и их линейных размеров можно добиваться заранее известной необходимой скорости газоприхода, однако при этом необходимо иметь в виду условия устойчивости горения, которые в данной статье не рассматриваются.