

О ВЛИЯНИИ ДОБАВОК НА ПРЕДЕЛ ГОРЕНИЯ ВВ

А. Д. Марголин, О. П. Рысакова-Ромашкан

(Москва)

Исследования проводились на медленно горящем взрывчатом веществе 1,7-диацетат-2,4,6-триазагептане ($\text{CH}_3\text{COO}[\text{CH}_2\text{N}(\text{NO}_2)]_3\text{CH}_2\text{OSOCN}_3$) с температурой плавления $T_{\text{пл}} = 154\text{--}155^\circ\text{C}$ и температурой вспышки $T_{\text{всп}} = 220^\circ\text{C}$. Вещество было синтезировано Н. Ф. Пятаковым по методике В. Бахмана [1] и очищалось путем перекристаллизации до постоянной температуры плавления.

Образцы исследуемого вещества прессовались под давлением 2500 кг/см^2 в цилиндрики диаметром 5 и 10 мм, высотой 15—25 мм, плотностью $1,53\text{--}1,56\text{ г/см}^3$ и бронировались по боковой поверхности раствором перхлорвиниловой смолы. Сжигание производилось в бомбе постоянного давления в атмосфере азота. Скорость горения определялась путем обработки осциллограмм давления в бомбе. Зависимость скорости горения от давления чистого диацетаттринитротриазагептана и с добавками приведена на рис. 1, 2. При давлении ниже 70 атм чистое вещество в зарядах диаметром 5 мм не способно к стационарному горению.

После включения источника поджигания наблюдается плавление и воспламенение поверхности образца, который затем при давлениях ниже 70 атм гаснет после выключения источника зажигания.

Добавка к диацетаттринитротриазагептану 0,5, 2 и 5% ламповой сажи (ГОСТ-7885—62) дисперсностью 20—300 мкм вызвала понижение величины предельного давления до 50, 30 и 20 атм соответственно и одновременно небольшое увеличение скорости горения (см. рис. 1).

Добавление к диацетаттринитротриазагептану 2% темно-фиолетовых кристаллов мелкодисперсного органического красителя фуксина ($\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{N}_3\text{Cl}$) также вызвало значительное понижение предельного давления устой-

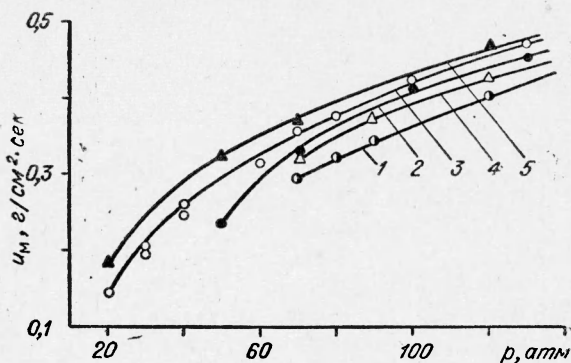


Рис. 1. Зависимость скорости горения от давления диацетаттринитротриазагептана без добавок и с добавкой различных количеств ламповой сажи.

Диаметр ВВ 0,5 мм: 1 — чистое ВВ, 2 — с добавкой 0,5% сажи, 3 — с добавкой 2% сажи; диаметр ВВ 0,10; 4 — чистое ВВ, 5 — с добавкой 5% сажи.

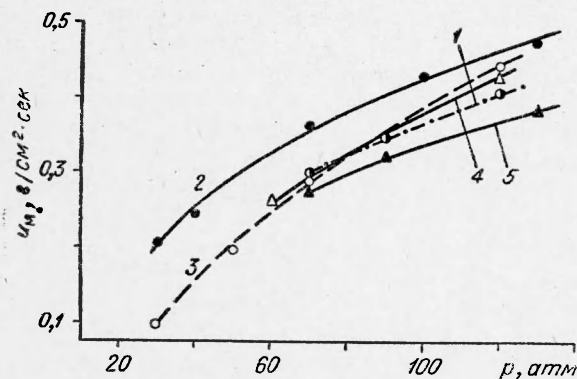


Рис. 2. Зависимость скорости горения от давления диацетаттринитротриазагептана (1) $\varnothing 5\text{ мм}$ с добавкой 2% сажи (2), фуксина (3), Al_2O_3 (4) и полиметилметакрилата (5).

чивого горения вещества (до 30 атм), но практически не изменило величины скорости горения (см. рис. 2).

Добавление 2% окиси алюминия (Al_2O_3 ТУ-2063-49) дисперсностью 9,5 мк вызвало небольшое снижение давления устойчивого горения (до 60 атм) и одновременно незначительное понижение скорости горения вещества (на 1—5%); примесь 2% порошка полиметилметакрилата $(\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2)_n$ размером 3 мк вообще не понизила предельное давление устойчивого горения, а лишь уменьшила скорость горения диацетаттринитротриазегептана (10—15%). Увеличение диаметра образцов чистого диацетаттринитротриазегептана и с добавкой 5% ламповой сажи с $\varnothing$ от 5 до 10 мм несколько повысило скорость горения (8—10%), но не привело к снижению предельного давления устойчивого горения (см. рис. 1).

Опыты по сжиганию образцов диацетаттринитротриазегептана с добавками показали, что темные непрозрачные добавки сажи и фуксина значительно понижают предельное давление устойчивого горения (причем фуксин не вызывал увеличения скорости горения вещества). Светлая окись алюминия снижает, хотя и в меньшей степени, величину предельного давления устойчивого горения, а порошок прозрачного метилметакрилата не повлиял на предельное давление устойчивого горения.

Эти результаты позволяют сделать предположение, что понижение предельного давления в присутствии окрашенных добавок связано с изменением прозрачности вещества.

В работе [2] показано, что плавким прозрачным медленно горящим ВВ может быть свойственна неустойчивость горения, заключающаяся в том, что фронт плавления распространяется быстрее фронта горения, создавая аномально широкую зону расплава. Наличие широкой зоны расплава может привести к неустойчивости плоской поверхности горения жидкости по Ландау [3] и, согласно предположению Андреева [4], вызвать погасание образца.

Скорость продвижения границы расплава W с учетом действия излучения интенсивностью I из пламени находится из формулы [2]:

$$W \geq \frac{I}{\rho [c (T_{\text{пл}} - T_0) + L]} = W_0, \quad (1)$$

где ρ — плотность ВВ; c — теплоемкость; $T_{\text{пл}}$ — температура плавления; L — теплота плавления; W_0 — скорость продвижения фронта плавления под действием только излучения.

Очевидно, что если W_0 превышает скорость нормального горения u , то стационарное горение (в одномерном случае) становится невозможным.

Для диацетаттринитротриазегептана плотность $\rho = 1,55 \text{ г/см}^3$, температура плавления $T_{\text{пл}} = 427,5^\circ \text{К}$; теплоемкость принимается $c = 0,3 \text{ кал/г} \cdot \text{град}$; теплота плавления, рассчитанная по формуле Вальдена, $L = k T_{\text{пл}}$, где для нитросоединений $k = 10$ [5], $L = 12,1 \text{ кал/г}$; рассчитанная температура горения $T_r = 2470^\circ \text{К}$. Верхняя граница интенсивности потока излучения $I = \sigma T_r^4 = 50,4 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек}$. Следовательно, оцененная сверху по формуле (1) величина скорости движения границы расплава $W_0 = 0,61 \text{ см/сек}$.

Сравнение полученной максимальной оценки с измеренными скоростями горения показывает, что W_0 действительно превышает u и при низких давлениях, горение, следовательно, может становиться неустойчивым. Добавки сажи, фуксина делают вещество менее прозрачным и защищают от действия излучения. Порошок полиметилметакрилата или окиси алюминия существенно не влияет на прозрачность вещества и поэтому не понижает предельного давления горения.

Приведенное рассуждение требует подтверждения по двум пунктам: нужно показать, что образование широкого слоя расплава приводит к погасанию, и проверить экспериментально, образуется ли такой широкий слой.

Указанный механизм снижения предельного давления горения добавками, конечно, не является универсальным. Добавки могут быть катализаторами, поглотителями некоторых промежуточных продуктов и так далее.

Рассмотренный путь влияния излучения, а следовательно, и поглощающих свет добавок на пределы горения не является единственным. Излучение может существенно влиять на передачу энергии из одних зон горения в другие, на потерю энергии. Поглощающие свет добавки способны увеличить поток энергии из зоны пламени к поверхности конденсированной фазы за счет повышения коэффициента черноты пламени и, наоборот, отсекают поток излучения; увеличивать потери энергии из зоны пламени или отсекают это излучение. Возможность такого сложного влияния добавок на устойчивость горения увеличивается, если добавка поглощает свет и каталитически активна. Известно [6], например, что малые количества (0,1—1,3%) хромита меди повышают нижнее предельное давление горения перхлората аммония, по-видимому, из-за увеличения потерь тепла из зоны горения за счет повышения излучательной способности вещества, а большие количества (3—5%) той же добавки снижают пределы давления, по-видимому, за счет каталитического влияния.

Авторы выражают благодарность Н. Ф. Пятакову, осуществившему синтез исследуемого вещества.

*Поступила в редакцию
22/III 1970*

ЛИТЕРАТУРА

1. W. Bachman, W. Horton, *a. o. J. Amer. Soc.*, 1957, 73, 2769.
2. А. Д. Марголин, А. Е. Фогельзонг. *ФГВ*, 1967, 3, 1.
3. Л. Д. Ландау. *ЖЭТФ*, 14, 240, 1944.
4. К. К. Андреев. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ. М., «Наука», 1966.
5. Н. Д. Лебедева, В. Л. Рядненко. *ЖФХ*, 1968, 42, 9, 2318.
6. I. B. Levy, R. Friedeman. 8-th Symposium on Combustion, N. Y., 1962, p. 663.

УДК 662.311.1+662.312.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ДИНИТРОКСИДИЭТИЛНИТРАМИНА

*Э. И. Максимов, Ю. М. Максимов, В. Ф. Чуков
(Москва)*

В работах, посвященных исследованию термического разложения и теплового взрыва динитроксидиэтилнитрамина (дины) [1—3], было показано, что при температурах 150—170°С имеет место экзотермическое разложение в конденсированной фазе. Учитывая, что значения температур кипения органических веществ подобных дине не являются высокими,