

3. Пиховик Н. А., Соловьев В. С. Термодинамический расчет параметров детонации смесей ВВ с алюминием // Хим. физика процессов горения и взрыва. Детонация: Материалы IX Всесоюз. симп. по горению и взрыву.— Черногоровка, 1989.
4. Мейдер Ч. Численное моделирование детонации.— М.: Мир, 1985.

г. Москва

Поступила в редакцию 16/VI 1992

УДК 662.215.12 : 669.71

А. М. Гришкин, Л. В. Дубнов, В. Ю. Давыдов,
Ю. А. Левшина, Т. Н. Михайлова

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПОРОШКООБРАЗНОГО АЛЮМИНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ДЕТОНАЦИИ МОЩНЫХ ВВ

Исследовано влияние добавок алюминия различных марок на параметры детонации мощных ВВ. Показано, что скорость детонации алюминизированных смесей зависит не только от размера частиц вводимой добавки, но и от их формы.

В целях повышения энергетического запаса ВВ в них вводят дисперсный алюминий. При этом имеется в виду, что тепло выделяется в результате вторичных реакций окисления Al кислородсодержащими продуктами первичного разложения ВВ (CO_2 , H_2O). При этом одновременно снижаются параметры детонации, так как реакции взаимодействия происходят на стадии расширения продуктов детонации, а в самой ДВ алюминий ведет себя как инертный материал [1]. Таким образом, добавки Al усиливают фугасные формы работы взрыва и снижают бризантные.

В целях установления количественных связей проведены эксперименты по определению влияния добавок Al на параметры детонации мощных ВВ, в рассматриваемом случае — флегматизированные (5,5 %) гексоген и октоген.

В экспериментах определяли скорость детонации смесей D и скорость торцевого и радиального метания элементов. Исследования проводили на зарядах диаметром 20 мм, общая длина которых составляла восемь диаметров, а база измерения — пять диаметров. В качестве ионизационного датчика использовали медную фольгу толщиной 0,05 мм. Временные интервалы измерялись цифровым осциллографом С9-8 с погрешностью 50 нс. Заряды инициировали электродетонатором.

На рис. 1 приведены зависимости скорости детонации от плотности ρ смесей флегматизированного октогена с различным содержанием алюминия марки АСД-1. Из экспериментальных данных получены уравнения вида $D = D_1 + b(\rho - 1)$, которые представлены в таблице. Как и следовало ожидать, для смесей с алюминием, как и для индивидуальных ВВ, наблюдается линейная зависимость $D(\rho)$ [2], что подтверждается высокими коэффициентами корреляции.

На основании полученных данных построены зависимости $D(\alpha)$ при разных относительных плотностях $\bar{\rho}$ (рис. 2). Расчеты показали, что зависимость скорости детонации ВВ от процентного содержания алюминия α описывается в основном двумя видами уравнений: $D = a + b\alpha_n$ и $D = 1/(a + b\alpha)$.

Аналогичный эксперимент проведен со смесями флегматизированного гексогена с различными марками Al при $\bar{\rho} = 0,9$. Результаты, приведенные на рис. 3 показывают, что марка Al влияет на скорость детонации ВВ, а зависимость $D(\alpha)$ в этом случае описывается теми же уравнениями, что и для флегматизированного октогена.

Исследование влияния Al на бризантно-фугасные формы работы взрыва (метательную способность) проводили двумя методами. Опреде-

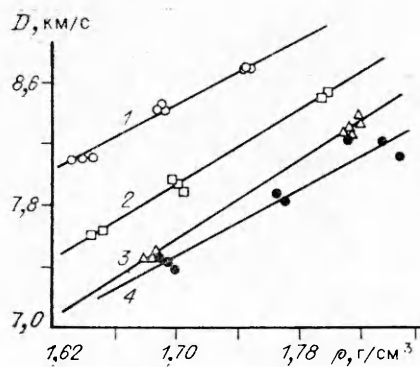


Рис. 1. Зависимость $D(\rho)$.
Содержание Al, %: 1 — 0, 2 — 10, 3 — 15,
4 — 20.

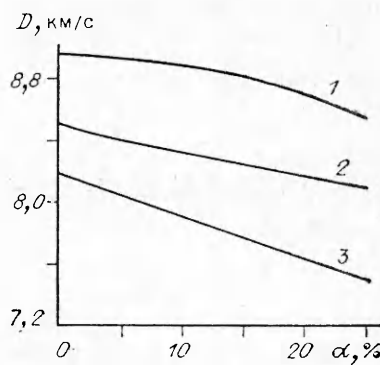


Рис. 2. Зависимость скорости детонации флегматизированного октогена от содержания алюминия.

1 — $D = 8961,37 - 0,50 \alpha^2$ м/с ($\bar{\rho} = 1$); 2 — $D = 1/(1,18 \cdot 10^{-4} + 2,39 \cdot 10^{-7} \alpha)$ м/с ($\bar{\rho} = 0,95$); 3 — расчет при $\bar{\rho} = 0,95$ [3].

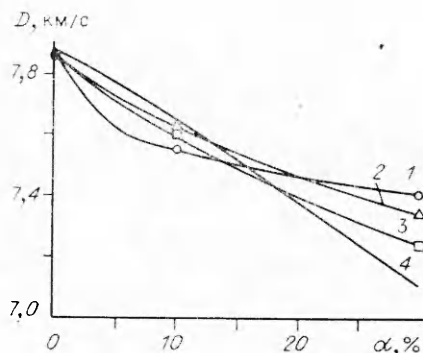


Рис. 3. Зависимость скорости детонации флегматизированного гексогена от содержания в нем алюминия различных марок.

1 — АСД-4, $D = 7867,67 - 142,39 \alpha^{0,85}$ м/с; 2 — ПП-1, $D = 7867,18 - 49,38 \alpha^{0,7}$ м/с; 3 — АСД-1, $D = 1/(1,27 \cdot 10^{-4} + 3,66 \cdot 10^{-7} \alpha)$ м/с; 4 — расчет [3].

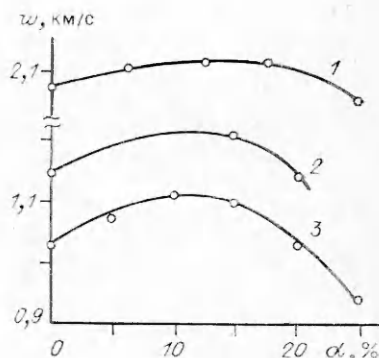


Рис. 4. Зависимость скорости торцевого (1) и радиального (2, 3) метания ВВ от содержания в нем алюминия.

1 — флегматизированный октоген + ПП-1; 2 — флегматизированный октоген + АСД-1; 3 — флегматизированный гексоген + АСД-4.

ляли скорость радиального метания [4] и скорость торцевого метания пластин [5]. В первой серии опытов цилиндрические заряды диаметром 20 мм помещали в стальные трубки толщиной 5 мм. Длина зарядов и трубок составляла 120 мм. Процесс радиального расширения трубок фиксировали с помощью рентгено-импульсной съемки.

В экспериментах, выполненных по второй методике, цилиндрический заряд диаметром и высотой 40 мм метает стальную пластину толщиной 4 мм. Скорость полета пластины измеряли восемью электроконтактными датчиками, расположенными на разном расстоянии от пластины. При этом заряд и блок датчиков помещали в толстостенную оболочку так, что на всем пути разгона пластины (40 мм) боковые волны разгрузки не оказывали существенного влияния на полет пластины. В данном эксперименте в качестве основы использовали октоген, флегматизированный 3,5% оксизина. Во всех опытах заряды инициировали электродетонатором.

Результаты исследований приведены на рис. 4. Видно, что метательное действие ВВ усиливается с добавлением Al. Максимум находится при содержании $\alpha = 7 \div 14$ %.

Полученные результаты позволяют количественно оценивать влияние добавок Al к мощным бризантным ВВ на их детонационные пара-

ВВ*	d, мм	D ₁ , км/с	b, км/с	R
Октоген	10	4,22	5,99	0,999
»	20	4,80	5,23	0,994
Октоген + 10 % АСД-1	20	3,70	6,06	0,996
Октоген + 15 % АСД-1	20	3,09	6,43	0,998
Октоген + 20 % АСД-1	20	3,73	5,37	0,969
Октоген (3,5 %) + 14% АСД-1	20	3,29	6,12	0,999
Гексоген + 10 % АСД-4	20	3,50	6,47	0,991
Гексоген + 14 % АСД-1	20	3,37	6,40	0,996

* Используются флегматизированные октоген и гексоген.

метры и метательную способность, расчеты которых в этом случае могут быть существенно неточными (рис. 2, 3). В настоящей работе показано, что скорость детонации алюминизированных смесей зависит не только от размера частиц вводимой добавки [1, 6], но и от их формы. Это подтверждает эксперимент со смесями флегматизированного гексогена с различными марками А1 (см. рис. 3). При наличии в ВВ добавки до 15—20 % алюминиевые порошки с частицами шарообразной формы (АСД-1, АСД-4) снижают скорость детонации сильнее, чем пудра ПП-1 с частицами размером 5—7 мкм пластинчатой формы [2]. Причем снижение тем значительнее, чем меньше размер частиц алюминиевого порошка (АСД-1 — 15 мкм, АСД-4 < 1 мкм [2]).

Полученный результат полностью соответствует результатам работы [5], согласно которым сферический алюминиевый порошок АСД-4 по сравнению с пудрой ПП-1 сильнее снижает начальную скорость метания, которая, в свою очередь, зависит от параметров на фронте детонационной волны.

С увеличением α (20 % и более) картина меняется: сильнее снижают скорость детонации добавки А1 с более крупным размером частиц (независимо от их формы). Необходимо отметить, что при $\alpha = 10$ % разница между крайними точками составляет ~ 70 м/с, а при $\alpha = 30$ % она достигает 170 м/с, что находится за пределами ошибки эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анискин А. И. Детонация смесей взрывчатых веществ с алюминием // Химическая физика процессов горения и взрыва. Детонация и ударные волны: Материалы VIII Всесоюз. симп. по горению и взрыву.— Черногловка, 1986.
2. Дубнов Л. В., Бахаревич Н. С., Романов А. И. Промышленные взрывчатые вещества.— М.: Недра, 1988.
3. Воскобойников П. М., Котомин А. А. Расчет параметров детонации смесевых взрывчатых веществ с инертными добавками // ФГВ.— 1985.— 21, № 5.
4. Давыдов В. Ю., Козмерчук В. В., Мурышев Е. Ю. и др. Влияние добавок порошкообразного алюминия на энергию ВВ, передаваемую в осевом и радиальном направлениях // Там же.— 1988.— 24, № 3.
5. Давыдов В. Ю., Гришкин А. М., Мурышев Е. Ю. Влияние газодинамических условий на степень реализации энергии вторичных реакций в метательное действие взрывчатых веществ // Там же.— 1993.— 29, № 2.
6. Силин М. П., Анискин А. И., Хотин В. Г. и др. Об особенностях протекания реакций окисления алюминия за фронтом детонационной волны: Материалы IV Всесоюз. совещ. по детонации.— Черногловка, 1988.

г. Москва

Поступила в редакцию 27/VII 1992