

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. К. БОБОЛЕВ

**О ПРЕДЕЛЬНЫХ ДИАМЕТРАХ ЗАРЯДОВ ХИМИЧЕСКИ
ОДНОРОДНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ**

(Представлено академиком Н. Н. Семеновым 2 I 1947)

Известно, что скорость детонации является одной из важнейших характеристик взрывчатого вещества. Устойчивость распространения детонации по заряду определяется химическими характеристиками взрывчатого вещества, физическим состоянием его и условиями, при которых происходит взрыв.

К физическим факторам, определяющим устойчивость детонации, относятся: диаметр заряда, степень измельчения (структура), плотность заряжания, прочность оболочки, характер инициирования и т. д. Значение этих факторов в распространении детонации известно, однако, влияние некоторых из них на устойчивость детонации изучено недостаточно. Важная роль диаметра заряда в вопросах устойчивости детонации вытекает из сформулированных Ю. Б. Харитоновым^(1,2) условий. Согласно Ю. Б. Харитону⁽¹⁾, устойчивое распространение детонации по заряду возможно в случае, если время химической реакции во фронте детонационной волны меньше времени разброса вещества, которое пропорционально диаметру заряда, деленному на скорость звука в продуктах взрыва. Время разброса растет с увеличением диаметра заряда. Следовательно, для любого взрывчатого вещества можно подобрать такой минимальный диаметр заряда, начиная с которого возможно получить устойчивое распространение детонации. Такой диаметр заряда называется предельным.

В. С. Розинг и Ю. Б. Харитон⁽¹⁾, Ю. Б. Харитон и Н. Юзефович (неопубликованная работа) определяли предельные диаметры зарядов для жидких нитроэфиров: нитроглицерина, нитроглицоля. По данным этих авторов, предельные диаметры зарядов нитроэфиров мало различаются между собой и лежат между 2—2,7 мм (опыты проводились в стеклянных оболочках).

А. Ф. Беляев⁽³⁾ детально исследовал влияние физических факторов на устойчивость детонации аммиачно-селитренных взрывчатых смесей с торфом и тротилом. Наряду с другими физическими факторами, он определял предельный диаметр заряда, при котором еще возможно устойчивое распространение детонации, и показал, что предельные диаметры для этих смесей зависят от степени измельчения и плотности заряжания. При прочих равных условиях большей степени измельчения смеси соответствует меньший предельный диаметр заряда. С увеличением плотности заряжания предельный диаметр растет.

Для химически однородных порошкообразных взрывчатых веществ в литературе есть только отдельные указания на то, что при некотором диаметре заряда детонация не распространяется. Сюда от-

носится замечание Паризо⁽⁴⁾ о том, что тротил не детонирует в стеклянных трубках с внутренним диаметром 8 мм. Поэтому представляет интерес изучить предельные диаметры зарядов для химически однородных взрывчатых веществ, зависимость их предельных диаметров от степени дисперсности и плотности заряжания.

Ниже приводятся экспериментальные результаты по изучению минимальных диаметров зарядов, при которых еще возможно устойчивое распространение детонации, зависимость предельных диаметров

Таблица 1

Предельные диаметры зарядов и зависимость их от степени дисперсности

№ п/п	Взрывчатое вещество	Размер зерна, в мм	Толщина стенки оболочки, в мм	Плотность заряжания	Диаметр заряда, в мм	Прохождение или затухание детонации
1	Тротил кристаллический	0,2—0,07	0,9	0,85	11,2	Прошла
2		0,2—0,07	0,9	0,85	10,5	Затухла
3		0,05—0,01	0,9	0,85	5,4	Прошла
4		0,05—0,01	0,9	0,85	4,5	Затухла
5	Пикриновая кислота кристаллическая	0,75—0,1	0,95	0,95	9,55	Прошла
6		0,75—0,1	0,95	0,95	8,9	Затухла
7		0,07—0,05	0,65	0,7	3,7	Прошла
8		0,07—0,05	0,65	0,7	3,6	Затухла
9		0,05—0,01	0,3	0,8	2,28	Прошла
10		0,05—0,01	0,3	0,8	2,03	Затухла
11	Пикрат калия кристаллический	0,15—0,04	0,8	0,75	6,0	Прошла
12		0,15—0,04	0,8	0,75	5,5	Затухла
13	Пикрат свинца кристаллический	0,05—0,01	0,4	0,75	1,53	Прошла
14		0,05—0,01	0,4	0,75	1,45	Затухла
15	Тэн кристаллический	0,1—0,025	0,27	1,0	0,86	Прошла
16		0,1—0,025	0,7	1,0	0,70	Затухла
17		0,25—0,15	0,35	1,0	2,2	Прошла
18		0,25—0,15	0,35	1,0	2,1	Затухла
19	Гексоген кристаллический	0,15—0,025	0,3	1,0	1,15	Прошла
20		0,15—0,025	0,3	1,0	1,0	Затухла
21	Нитроглицерин кристаллический	Меньше 0,4	0,44	1,06	1,92	Прошла
22		Меньше 0,4	0,51	1,0	2,2	Прошла

от степени дисперсности и плотности заряжания. Определение предельных диаметров и зависимости их от размеров зерна проводилось для всех испытанных взрывчатых веществ при насыпной плотности, в стеклянных оболочках. Для трех взрывчатых веществ исследовалось влияние плотности заряжания на предельный диаметр заряда также в стеклянных оболочках. В табл. 1 приведены результаты серии опытов по определению предельных диаметров зарядов для химически однородных взрывчатых веществ в порошкообразном состоянии и зависимость их от степени измельчения. Порошки состояли из отдельных кристалликов. Прохождение или затухание детонации точно фиксировалось на вращающейся с большой скоростью фотопленке.

Из табл. 1 видно, что минимальные диаметры зарядов, в которых еще имеет место устойчивое распространение детонации, определяются прежде всего теплотой взрыва. Как правило, вторичные взрывчатые вещества с большими теплотами взрыва имеют меньшие предель-

ные диаметры. Однако наблюдаются случаи, когда взрывчатые вещества, близкие между собой по теплотам взрыва, могут значительно отличаться по величине предельного диаметра. Так, например, по Касту⁽⁵⁾, пикриновая кислота имеет теплоту взрыва 1000 кал/моль и тротил 950 кал/моль, в то же время предельные диаметры их различаются вдвое при одинаковых условиях. В том же направлении они различаются по чувствительности к удару и начальному инициирующему импульсу. Нитроглицерин в виде порошка, состоящего

Таблица 2

	Диаметр заряда, в мм	Плотность заряжания, г/см ³	Прохождение или затухание детонации
Тротил кристаллический, размеры зерен 0,2—0,07 мм	11,0	0,85	Прошла
	10,5	0,85	Затухла
	6,15	1,28	Прошла
	6,15	1,23	Затухла
	5,19	1,34	Прошла
	5,19	1,31	Затухла
	4,07	1,46	Прошла
	4,07	1,44	Затухла
	4,07	1,62	Прошла
	3,15	1,51	Прошла
	3,15	1,48	Затухла
	3,15	1,58	Прошла
	3,15	1,62	Прошла
	2,15	1,6	Затухла
Тротил кристаллический, размеры зерен 0,05—0,01 мм	5,0	0,85	Прошла
	4,5	0,85	Затухла
	4,07	1,05	Прошла
	4,07	0,97	Затухла
	3,15	1,10	Прошла
	3,15	1,04	Затухла
	2,15	1,28	Прошла
	2,15	1,20	Затухла

из мелких кристалликов, имеет предельный диаметр меньше, чем нитроглицерин жидкий.

Зависимость предельного диаметра от размеров зерна (структура) показывает, что взрывчатые вещества в виде более мелких порошков имеют меньший предельный диаметр заряда.

В табл. 2 приводим результаты серии опытов по зависимости предельных диаметров зарядов от плотности заряжания и влиянию дисперсности на величину предельного диаметра при больших плотностях заряжания. В качестве взрывчатого вещества был взят тротил. Заряды тротила составлялись из запрессованных до необходимой плотности таблеток, высота которых была не больше диаметра заряда. Опыты проведены в стеклянных оболочках, длина зарядов 20—25 см. В качестве инициатора служил капсуль-детонатор № 8.

Табл. 2 показывает, что у тротила порошкообразного с увеличением плотности заряжания предельные диаметры уменьшаются. Увеличение плотности заряжания от 0,85 до 1,51 привело к изменению предельного диаметра в 4 раза. Увеличение дисперсности влияет на предельный диаметр и при больших плотностях заряжания, что видно из сравнения данных табл. 2, относящихся к двум различным размерам зерна. Кроме того, таблица указывает, что увеличением плотности заряжания нельзя получить затухания детонации в зарядах, диаметр которых обеспечивает устойчивое распространение детона-

ции при меньших плотностях заряжания. Аналогичные результаты зависимости предельных диаметров от плотности заряжания получены нами для пикриновой кислоты и пикрата калия.

Приведенные результаты позволяют сделать следующие выводы. У химически однородных взрывчатых веществ при насыпной плотности заряжания предельные диаметры зарядов зависят от дисперсности. Эта зависимость по своему характеру такая же, как и у взрывчатых смесей. Чем больше измельчение, тем меньше, при прочих равных условиях, предельный диаметр заряда. Измельчение взрывчатых веществ улучшает детонационную способность при всех плотностях заряжания. У химически однородных взрывчатых веществ с увеличением плотности заряжания предельные диаметры резко уменьшаются. С увеличением плотности заряжания детонационная способность улучшается. У взрывчатых аммиачно-селитренных смесей с увеличением плотности заряжания предельные диаметры увеличиваются. Увеличение плотности заряжания ухудшает детонационную способность.

Различная зависимость предельных диаметров от плотности заряжания, повидимому, определяется различием в механизме химического превращения в условиях детонационной волны, неодинаковым действием плотности заряжания на скорость химического превращения у химически однородных взрывчатых веществ и взрывчатых смесей. У химически однородных взрывчатых веществ плотность заряжания, а следовательно и давление увеличивают скорость химического превращения во фронте детонации.

В заключение выражаю благодарность члену-корреспонденту АН СССР Ю. Б. Харитону за ценные указания при обсуждении результатов.

Институт химической физики
Академии Наук СССР

Поступило
21/1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Ю. Б. Харитон и В. С. Розинг, ДАН, 26, 301 (1939). ² Ю. Б. Харитон, Сб. Проблемы химической кинетики, горения и взрывов, в. 1, 1946. ³ А. Ф. Беляев, ДАН, 50, 29 (1945). ⁴ A. Parisot, Mém. Art. Fr., 18, 499 (1939). ⁵ Г. Каст, Взрывчатые вещества и средства воспламенения, 1934.