

метров, определенных в горизонтальных и вертикальных трубах при движении сверху-вниз, довольно близки, однако не имеется определенной тенденции в их относительной зависимости от давления. Более низкие, по сравнению с горизонтальными трубами, значения предельных диаметров при распространении пламени снизу-вверх, несмотря на то, что видимая скорость здесь также меньше, объясняются, по-видимому, предположением В. П. Карпова о том, что возможна конвекция водорода из продуктов реакции через зазор между зоной реакции и стенкой. Этот зазор в случае пламени распада ацетилена может иметь значительные размеры. Таким образом, водород создает прослойку между зоной и стенкой, уменьшая теплопотери в стенку и тем самым уменьшая предельные диаметры.

Отметим еще одно весьма интересное явление, которое наблюдалось вблизи предельного диаметра при распространении пламени снизу-вверх. Обычно после опыта экспериментальная труба по всему сечению заполнена сажей, причем сажа достаточно плотно оседает и на стенках трубы. Однако у самого предела распространения после прохождения пламени сажа оказывается в виде тонкого непрерывного жгута, который лежит на стенке трубы (фиг. 4). Длина жгута больше длины трубы, его диаметр примерно 0.1—0.2 диаметра трубы; сажа в жгуте более плотная, а не рыхлая, как обычно. Моментальные прямые фотографии (фиг. 5а) распространяющегося пламени показали, что в этом случае (см. схему на фиг. 5б) пламя имеет резко очерченную каплевидную форму; не касается стенок (в трубке диаметром 9 мм минимальный зазор составлял ≈ 1.0 мм); движется очень медленно (несколько см/сек), но со строго постоянной скоростью; жгут начинается сразу за светящейся зоной пламени. Такие опыты получались в трубах диаметром от 2 до 21 мм. Устойчивость такого комплекса и необычная тенденция продуктов реакции — в данном случае сажи — к резкой коагуляции сразу за зоной реакции пока остаются невыясненными.

Поступила 15 XI 1963

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Б. А., Когарко С. М. Нормальная скорость пламени распада чистого ацетилена. Докл. АН СССР, 1963, т. 150, № 6.
2. Cummings G. A., Hall A. R., Straker R. A. M. Decomposition flames of acetylene and methyl acetylene. 8-th Sympos (Intern), Combust., 1962, Baltimore, p. 503, 510.
3. Coward H. F., Jones G. W. Limits of flammability of gases and vapors. Bureau of Mines, Bulletin, 1952, 503.
4. Иванов Б. А., Когарко С. М. Распространение зоны химической реакции в чистом ацетиле и смесях с другими газами. ПМТФ, 1963, № 3.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ОБОЛОЧКИ НА ВОЗБУЖДЕНИЕ ДЕТОНАЦИИ ЖИДКИХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Г. В. Димза

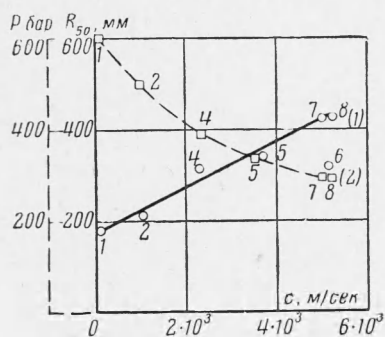
(Москва)

Исследуется возбуждение детонации в смеси тетранитрометана с толуолом слабыми ударными волнами, путем передачи детонации через воду. Детонация возбуждается тем легче, чем больше скорость звука в материале оболочки, в которую помещено жидкое ВВ.

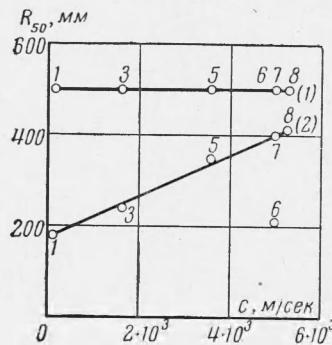
Во многих опубликованных в последние годы работах [1, 3] возбуждение детонации жидких взрывчатых веществ (ВВ) исследовалось в условиях действия на них мощных ударных волн с давлениями 80—100 кбар. Считается [2, 3], что возбуждение и развитие детонации происходит по схемам, предложенным для сплошных твердых ВВ. Вместе с тем известно, что инициирование жидких ВВ осуществляется и при более слабых воздействиях. Одна из теорий предполагает, что возбуждение детонации происходит за счет сжатия и разогрева имеющихся в жидкостях газовых включений [4].

Ниже приводятся некоторые результаты изучения возбуждения детонации жидких ВВ слабыми (200—600 бар) ударными волнами и, в этой связи, влияние на процесс свойств материала оболочки. Исследовалась передача детонации через воду. Была выбрана следующая схема проведения опытов. Пассивный заряд из жидкого ВВ (стехиометрическая смесь тетранитрометана с толуолом) в количестве 1.5 см^3 и активный заряд (электродетонатор 8) размещались при помощи тонкой деревянной рейки в центре заполненной водой стандартной стальной 3" трубы, закрытой с нижнего конца деревянной пробкой. Заметим, что смеси тетранитрометана с горючими имеют очень малый критический диаметр детонации, что позволяет работать с небольшими количествами ВВ. При взрывах труба не разрушалась.

О детонации пассивного заряда судили по деформации металлической пластины-свидетеля. При взрыве электродетонатора в жидкость (воду), заполняющую трубу, уходит ударная волна. На расстоянии от активного заряда 2—3 диаметров трубы в воде формируется плоская волна, распространяющаяся с малым коэффициентом затухания, причем значения максимальных давлений во фронте сохраняются достаточно большими. На участке, характеризуемом малым коэффициентом затухания,



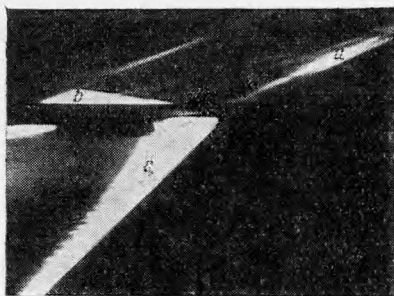
Фиг. 1



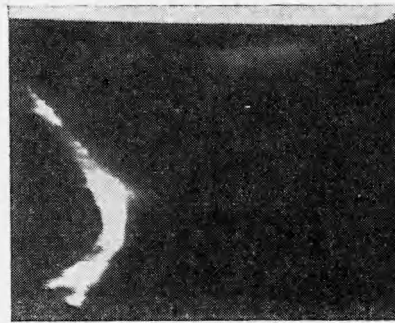
Фиг. 2

а следовательно, позволяющем довольно тонко фиксировать различие в чувствительности, и проводились основные исследования.

Для изучения влияния свойств оболочки на расстояния передачи детонации были изготовлены цилиндрические гильзы из стали, алюминия, свинца, органического стекла, латуни, резины и других материалов внутренним диаметром 6 мм, высотой 70 мм и толщиной стенки 1.5 мм. Жидкое ВВ занимало примерно $\frac{2}{3}$ объема гильзы. Определялись расстояния, соответствующие 0 и 100% взрывов и промежуточные, на которых имелись взрывы и отказы. Температура воды в опытах поддерживалась в пре-



Фиг. 3



Фиг. 4

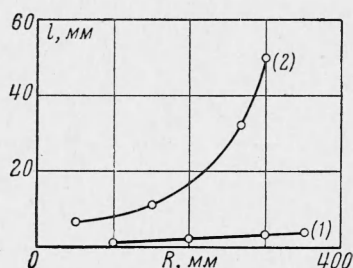
делах 17—19° С. Полученные экспериментальные данные приведены на графике (фиг. 1), где дана зависимость расстояний передачи детонации R_{50} (точки 50% взрывов) от скорости звука в материале оболочки заряда.

Приведенные точки соответствуют скорости звука (c , м / сек) в оболочках 1 — из резины (50—60), 2 — свинца (1230), 3 — эбонита (1570), 4 — плексигласа (2300), 5 — латуни (3650), 6 — стекла (5000—5200), 7 — стали (5000) и 8 — алюминия (5100).

Все точки (кроме стекла) удовлетворительно ложатся на прямую (1). На этом же графике пунктирной линией (2) нанесены давления в ударной волне, вызывающей детонацию жидкого ВВ в соответствующих оболочках. Результаты опытов показывают, что наименьшие расстояния передачи детонации получаются в оболочках из материалов с малой скоростью звука.

Влияние свойств материала оболочки сказывается только в тех случаях, когда детонация жидкого ВВ вызывается чистой ударной волной. При передаче детонации через воздух, когда может иметь место прямое поджигание ВВ с поверхности (нагретый воздух в ударной волне, продукты детонации активного заряда), такой зависимости не наблюдается. Определялось расстояние передачи детонации через воздух к жидким ВВ, помещенным в аналогичные оболочки из разных материалов. Активным

зарядом служил цилиндрический заряд из литого ТГ-50/50 диаметром 20 мм и длиной 60 мм. Жидкое ВВ, как и в опытах в трубах, заполняло $\frac{2}{3}$ объема гильзы. Во всех случаях, независимо от свойств материала оболочки, расстояния передачи детонации были одинаковыми (фиг. 2, горизонтальная прямая 1). Давление в ударной волне, вызывающей детонацию, в этом случае составляло 15—20 бар. Однако картина резко меняется, если в пробирку, поверх жидкого ВВ, для отсечки действия горячего газа



Фиг. 5

налить слой воды. В этих опытах наблюдается та же зависимость расстояний передачи детонации от скорости звука в оболочке пассивного заряда, как и в трубах, заполненных водой (фиг. 2, прямая 2). Как показали снимки процесса, выполненные при помощи скоростного фоторегистра, при поджигании горячим газом место возникновения детонации всегда расположено вблизи поверхности ВВ, обращенной к активному заряду (фиг. 3, где *a* — след свечения ударной волны в воздухе, *b* — горизонтальная полоса, соответствующая началу активного заряда, *c* — свечение детонации активного заряда), тогда как при действии чистой ударной волны детонация возникает в глубине заряда и тем глубже, чем слабее ударная волна. Это можно наблюдать на фиг. 4, где приведен характерный снимок возбуждения детонации через слой воды, залитой поверх жидкого ВВ (на снимке видно, что детонация возникает в глубине заряда и распространяется в обе стороны от точки ее возникновения), и на фиг. 5, где дана зависимость глубины (*l*) возникновения детонации заряда жидкого ВВ, помещенного в стеклянную оболочку диаметром 17 мм, и длиной 70 мм от расстояния до активного заряда *R* (кривая 1 соответствует передаче через воздух к заряду с открытым торцом, кривая 2 — при наличии слоя воды 5 мм на торце заряда жидкого ВВ).

Влияние свойств материала оболочки (скорости звука) на возбуждение детонации жидких ВВ, по-видимому, можно связать с особенностями волновой картины, возникающей в заряде. Большая чувствительность к передаче детонации отмечается у зарядов, помещенных в оболочки с высокими скоростями звука, превышающими 1500 м/сек (скорость звука в жидком ВВ). В этих случаях оболочка становится источником головной волны, распространяющейся впереди ударной волны, идущей по жидкому ВВ с торца заряда. Можно предположить, что места соударений волн, сопровождающихся дополнительным повышением давления, могут стать областью возникновения детонации.

Существенная разница в давлениях, при которых возбуждается детонация жидких ВВ на воздухе и в воде (15 и 300 бар), позволяет предположить наличие двух механизмов поджигания — прямого поджигания с поверхности горячим газом, аналогичного тому, который имеет место у зарядов твердых ВВ малой плотности [5] и поджигания ударной волной, распространяющейся по заряду, когда в возбуждении детонации большое участие принимает и сама оболочка заряда.

Поступила 30 XI 1963

ЛИТЕРАТУРА

1. Илюхин В. С., Похил П. Ф. Чувствительность некоторых взрывчатых веществ к ударной волне. Докл. АН СССР, 1961, т. 140, № 1.
2. Campbell A. W., Davis W. C. et al. Shock initiation of liquid explosives. Phys. Fluids, 1961, No 4.
3. Adams G. K. Theory of initiation of detonation in solid and liquid explosives. IX-th International Symposium on Combustion, New York, 1962.
4. Боден Ф., Иоффе А. Возбуждение и развитие взрыва в твердых и жидких веществах. ИЛ, 1955.
5. Апин А. Я., Афанасенков А. Н., Димза Г. В., Стафеев В. Н. О передаче детонации на расстояние. Докл. АН СССР, 1962, т. 147, № 5.