

Рис. 2.

минимального ядра пламени четырех взрывчатых смесей. Так, по данным В. А. Бондаря [3], для 8,5%-ной метано-воздушной смеси $d_{\min} = 2,1$ мм, для 7,0%-ной этано-воздушной — 1,78 мм, для 7,0%-ной этилено-воздушной $d_{\min} = 1,2$ мм, а для 20%-ной водородо-воздушной — 0,67 мм.

На основе полученных экспериментальных данных была построена зависимость $d = f(\tau)$ (рис. 2), представляющая собой в логарифмических координатах прямую линию, которая позволяет по известному диаметру минимального ядра пламени взрывчатой смеси определить время его формирования.

Поступила в редакцию
5/III 1974

ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Кравченко, А. Т. Ерыгин, В. П. Яковлев. ФГВ, 1973, 9, 4.
2. Б. Льюис, Г. Эльбе. Горение, пламя и взрывы в газах. М., «Мир», 1968.
3. Б. Г. Попов, В. Г. Веревкин и др. Статическое электричество в химической промышленности. М., «Химия», 1971.

УДК 534.222.2

О ДЕТОНАЦИИ АЦЕТИЛЕНА ВБЛИЗИ ПРЕДЕЛА

В. И. Манжалей
(Новосибирск)

Известно, что детонация ацетилена вблизи предела имеет спиновой характер с увеличенным, по сравнению с другими смесями, отношением шага головы спиновой детонации к диаметру трубы h/d [1, 2].

В первой из цитируемых работ детонация была затухающей, а во второй получился очень низкий предел детонации по давлению. В то же время представляет интерес исследование самой структуры спиновой детонации ацетилена, так как большая концентрация конденсированной фазы в прореагировавшем газе и увеличенное отношение h/d давали основание ожидать структуру детонации, отличную от известной [3].

Это исследование проводилось с техническим ацетиленом в трубе из нержавеющей стали длиной 4 м и внутренним диаметром 32 мм; один из концов трубы располагался ниже другого на 10 см. Перед опытом труба откачивалась до давления менее 1 мм рт. ст. и заполнялась ацетиленом, в ее нижний конец, противоположный опытной секции, добавлялась легкодетонирующая $C_2H_2 + O_2$ (15% от общего давления), которая поджигалась электрической искрой. Съемка велась фоторегистратором через щель в стенке трубы длиной 200 мм и шириной 1 мм. Результаты эксперимента приведены в таблице. Сравнение данных по пределу детонации дало следующие результаты: по данным автора $p_{\text{пред}} = 2,9$ атм,

Характер процесса	p_0 , атм	Колич. опытов	D , м/с	h/d^*	α , град	β , град	γ , град
Детонации нет	2,0—3,45	8	—	—	—	—	—
Одноголовый спин	2,9—3,8	9	1940±60	3,72±0,15	20±4	10±6	30±10
Двухголовый спин	3,4	2	2000	—	—	—	—
	3,65		2040	—	—	—	—
Неустановившаяся детонация	3,5	3	2140	—	—	—	—
	3,6		2130	—	—	—	—
	3,75		2310	—	—	—	—

* По опытам, в которых голова спиновой детонации дважды проходила перед щелью у передней стенки трубы.

$d=3,2$ см, $D=1940$ м/с; по [2] $p_{\text{пред}}=0,8$ атм, $d=4$ см, $D=1870$ м/с; по [4] $p_{\text{пред}}=1,0$ атм, $d=10$ см.

В диапазоне давлений 2,9—3,8 атм наблюдалась одноголовая спиновая детонация, фоторегистрограмма которой показана на рис. 1, а. Хорошо видно, что часть газа сгорает в поперечной волне, а часть — в изломе переднего фронта, т. е. реализуется структура спиновой детонации, предложенная в работах [3, 5]. Действительные углы между скачками BC , AA_1 и осью трубы и соотношения размеров всех скачков (искаженные на фоторегистрограмме) иллюстрируются рис. 1, б.

Во время проведения опытов по спиновой детонации смеси $\text{C}_2\text{H}_2+2\text{O}_2$ [6] было замечено, что скорость и ширина поперечной волны коррелируют с характером «тонкой структуры» на изломе переднего фронта. Когда волны тонкой структуры слабы, то поперечная волна широка и ее угловая скорость превышает среднюю угловую скорость вращения головы спиновой детонации. Наличие же сильных возмущений

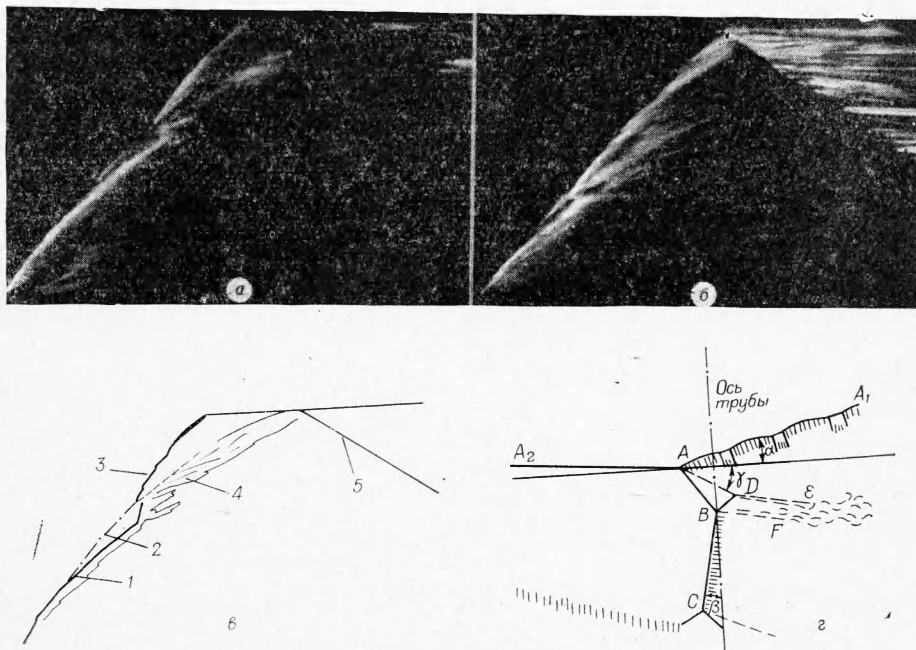


Рис. 1. Спиновая детонация ацетилена.

1 — поперечная волна BC ; 2 — ударная волна AA_2 , сжимающая газ перед поперечной; 3 — излом переднего фронта AA_1 с возмущениями на нем; 4 — догорание газа, прошедшего через скачки AA_2 , AB и BD , в области тангенциальных разрывов DE и BF ; 5 — волна, отраженная от торца трубы. (Штриховкой обозначено горение, — — — — тангенциальные разрывы, ————— ударные волны).

на переднем фронте приводит к уменьшению размеров поперечной волны и замедлению ее движения, так как зона несгоревшего газа перед поперечной волной становится узкой из-за сгорания смеси в системе волн тонкой структуры. Эти режимы сменяют друг друга на расстояниях меньших, чем шаг спиновой детонации, поэтому движение головы спиновой детонации нерегулярно.

Рис. 1, а, б иллюстрируют те же явления в детонации ацетилена. На рис. 1, б поперечная волна почти не видна, на изломе переднего фронта хорошо прослеживаются неоднородности свечения, связанные с увеличением температуры и плотности газа в волнах тонкой структуры, появляющихся из-за неустойчивости гладкого детонационного фронта к поперечным возмущениям малого масштаба. Эти возмущения видны и на рис. 1, а, но там они гораздо слабее и число их меньше. Угол наклона поперечной волны, а также соотношение размеров скачков в голове спиновой детонации менялись от опыта к опыту, кроме того, имел место довольно большой разброс величин h/d . Диапазоны начальных давлений для различных режимов детонации сильно перекрываются.

Все эти явления наблюдались ранее в спиновой детонации метано-кислородной смеси [6] и связывались с высокой эффективной энергией активации (33 [7] и 56 ккал/моль [8]). Поэтому корреляция высокой энергии активации ацетилена ($E=30$ ккал/моль [9] для $T=800-1400^\circ\text{K}$; $E=39$ ккал/моль [10] и $E=50$ ккал/моль [9] в диапазоне $T=600-2400^\circ\text{K}$) с нерегулярностью движения поперечной волны в спиновой детонации и появлением «тонкой структуры» на переднем фронте подтверждает выводы работы [6].

Сравнение отношения шага спиновой детонации к диаметру трубы h/d с данными других авторов приведено на рис. 2. Столь же высокие значения h/d (4,09; 3,41; 3,45) наблюдались в системе $\text{Al}-\text{O}_2$ [11], продукты детонации которой содержат частицы Al_2O_3 . Поэтому можно

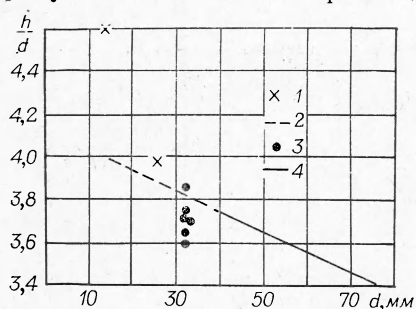


Рис. 2. Зависимость h/d от d .
Затухающая спиновая детонация: 1 — [1],
2 — [2]; нормальная спиновая детонация:
3 — опыты автора, 4 — [2].

думать, что причиной замедленного движения поперечной волны является именно присутствие значительной доли конденсированной фазы в продуктах детонации. Частично разница между $h/d=3,72 \pm 0,15$ в ацетиле и $h/d=3,0$ для смесей без конденсации продуктов объясняется отношением скорости звука C в продуктах детонации к скорости детонации D . Для ацетилена при $p_0=4,76$ атм $C/D=0,515$ [12] по сравнению с $C/D=0,54-0,55$ для других смесей, не сильно разбавленных одноатомным газом. По акустической теории [13] это дает $(h/d)_{\text{акуст}}=3,31$. Полученный в эксперименте угол наклона излома переднего фронта $\alpha=20 \pm 4^\circ$ заметно ниже, чем $\alpha=30-37,5^\circ$ для смесей $2\text{CO}+\text{O}_2+5\% \text{H}_2$ [3], CH_4+2O_2 , $2\text{H}_2+\text{O}_2$ [6] и $2\text{C}_2\text{H}_2+3\text{O}_2+75\% \text{Ar}$ [14, 15]. Это, очевидно, следствие медленного движения поперечной волны.

Автор благодарит В. В. Митрофанова за полезные обсуждения и внимание к работе.

Поступила в редакцию
22/V 1974

ЛИТЕРАТУРА

1. W. A. Bone, R. P. Franser. Phil. Trans. Roy. Soc., 1931, A230, 363.
2. R. E. Duff, H. F. Knight, H. R. Wright. J. Chem. Phys., 1954, 22, 9.

3. Б. В. Войцеховский, В. В. Митрофанов, М. Е. Топчян. Структура фронта детонации в газах. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1963.
4. С. М. Когарко, А. Г. Лямин, В. А. Михайлов. Докл. АН СССР, 1965, 162, 4.
5. Б. В. Войцеховский, В. В. Митрофанов, М. Е. Топчян. ПМТФ, 1962, 3.
6. В. И. Манжалей, В. В. Митрофанов. ФГВ, 1973, 9, 5.
7. В. В. Воеводский, Р. И. Солоухин. Докл. АН СССР, 1965, 161, 5.
8. G. P. Glass a. o. Tenth Symposium (International) on Combustion. The Combustion Institute, Pittsburgh, Pa, 1965.
9. H. B. Palmer, F. L. Dormish. J. Chem. Phys., 1964, 68, 6.
10. C. F. Ate n, E. F. Greer. Comb. and Flame, 1961, 5, 1.
11. В. А. Страусс. РТК, 1968, 6, 9.
12. А. А. Борисов, Б. Е. Гельфанд. ФГВ, 1970, 6, 2.
13. J. A. Fay. J. Chem. Phys., 1952, 20, 6.
14. G. L. Shott. Phys. Fluids, 1965, 8, 5.
15. R. E. Duff. J. Phys. Fluids, 1961, 4, 11.

УДК 534.222.2

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ДОБАВОК НА ПРОЦЕСС ВЗРЫВЧАТОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ИГДАНИТА

В. И. Плужник, В. В. Гнутов, А. В. Антонов, П. А. Паршуков
(Киев)

Проблема сохранения стехиометрического соотношения между горючим и окислителем в простейших аммиачно-селитренных ВВ до настоящего времени полностью не решена. На практике в зарядах игданита происходит миграция дизельного топлива (ДТ) из верхних слоев в нижние, что приводит к перераспределению удельной энергии взрыва смеси, или неполному взрывчатому превращению части ВВ. Применение веретенного масла, мазута, петролатума, парафина в смеси с ДТ [1, 2] вследствие повышенной вязкости жидкого топлива ухудшает однородность смешения компонентов игданита.

В качестве загущающей добавки исследован тонкодисперсный аэросил марки АМ-1, который смешивали с селитрой перед введением в нее ДТ. Кроме аэросила применялись нефтяные битумы, в частности БН-III (ГОСТ 1544-52); битум растворяли в ДТ при нагревании смеси до 120—150°С. Смешение компонентов игданита после этого производили обычным способом.

Экспериментам по исследованию детонационной способности игданита с добавками аэросила и битума предшествовала лабораторная проверка миграции горючего компонента. Испытания показали (рис. 1), что в верхней части контрольного заряда, установленного вертикально и имеющего длину 3—4 м, содержание ДТ через двое суток падало с 5,5 до 3,8—4,0%, а в нижней части повышалось до 10—16%.

При добавке 0,05—0,1% аэросила миграция ДТ в течение 48 ч практически отсутствовала. Это можно объяснить тем, что модифицированный аэросил вследствие наличия поверхностных гидроксильных групп прочно удерживается на гранулах селитры, покрывая их монослоем. Дизельное топливо, попадая на поверхность гранул, загущается органофильным аэросилом и удерживается в течение длительного времени.

В случае применения битума исследуемые составы также содержали 5,5% жидкого топлива. Отличие заключалось в том, что часть ДТ в них замещалась битумом. При добавке 1% битума содержание жид-