

## ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Гуревич, А. М. Степанов. ФГВ, 1968, 4, 2.
2. А. С. Мочалова, Г. К. Ежовский и др. Третий всесоюзный симпозиум по горению и взрыву. Автореф. докл. Черногловка, 1971.
3. Е. С. Озеров, И. И. Скворцов. ФГВ, 1971, 7, 2.

УДК 662.217.8

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ АЦЕТИЛЕНА И СВОЙСТВ ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ САЖИ В УСЛОВИЯХ БОМБЫ ПОСТОЯННОГО ОБЪЕМА

*В. Г. Кнорре, Т. Д. Снегирева, Т. В. Текунова, А. В. Чулков  
(Москва)*

Специфика термического распада ацетилена во многом определяется обильным образованием твердой фазы углерода в виде сажи. В то же время ацетиленовая сажа находит широкое применение в различных областях промышленности, особенно в электротехнической, в силу ряда уникальных свойств. В связи с этим исследование ее свойств в зависимости от условий термического распада ацетилена имеет принципиальное и практическое значение.

Одним из важнейших свойств сажи является ее дисперсность. Основной целью настоящей работы явилось исследование влияния начального давления и длины реакционного пространства на дисперсность сажи, образующейся при термическом распаде ацетилена в бомбе постоянного объема.

Реакционное устройство представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд с внутренним диаметром 350 мм и высотой 4,5 м. Взрыв ацетилена инициировался пропусканием электрического тока через угольный стержень, расположенный в верхней части реакционного устройства. В нижней части имеется заглушка, в которую вмонтирован пьезокварцевый датчик давления, соединенный с осциллографом, для замера давления, развивающегося во время взрыва. Отбор проб газообразных продуктов реакции проводился через специальный патрубок, а для отбора пробы сажи снималась верхняя крышка реакционного сосуда и использовался специальный пробоотборник. Газ анализировался хроматографически на содержание водорода, ацетилена, метана, высших гомологов ацетилена.

Удельная поверхность сажи измерялась кинетическим методом [1]. Для некоторых образцов, кроме кинетического метода, удельная поверхность определялась методом БЭТ по адсорбции паров бензола.

Для получения записи давления, развивающегося во время взрыва, на осциллографе устанавливалась фотоприставка с аппаратом, затвор которого открывался непосредственно перед нажатием запала. Для согласования момента взрыва с началом развертки осциллографа, последний использовался в режиме самозапуска. Градуировка датчика давления проводилась в статических условиях.

Перед проведением рабочего опыта проводились 2—3 предварительные реакции с удалением сажи через нижний клапан за счет давления водорода, образующегося в результате реакции. После этого закачи-

вался ацетилен для проведения рабочей реакции. Таким образом, большинство опытов было проведено со смесью ацетилена с водородом. Кроме того, ряд опытов был проведен с предварительной промывкой реакционного устройства ацетиленом, т. е. на чистом ацетилене.

После реакции проводился медленный сброс давления, во время которого часть газа отбиралась на анализ. По окончании сброса давления реакционное устройство продувалось азотом при малом расходе. Затем послонно отбирались пробы сажи, для чего слой образовавшейся сажи разбивался условно по высоте на несколько равных частей. При этом предполагалось, что, например, при разделении общего слоя сажи на две части, верхняя часть соответствовала саже, образовавшейся в верхней половине реакционного сосуда.

Опыты были проведены в интервале начальных давлений от 3 до 14 *ата*. На основании полученных осциллограмм был построен график зависимости максимального давления, возникающего во время реакции, от начального давления. Эта зависимость приведена на рис. 1. В табл. 1 приведен состав газообразных продуктов реакции. Практически вся сажа, образующаяся в опыте, располагалась в нижней части реакционного устройства, слоем высотой от 1,5 до 2,5 м. В табл. 2

Таблица 1  
Состав газообразных продуктов реакции

Состав газа	Начальное давление в реакционном устройстве, <i>ата</i>				
	3	4,3	7,5	10	11
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,57	0,46	0,19	0,10	0,19
CH <sub>4</sub>	1,45	2,26	3,78	5,42	4,77
H <sub>2</sub>	97,98	96,16	95,83	93,78	94,23
CO <sub>2</sub>	—	0,9	0,2	0,7	0,8

Таблица 2

Физико-химические свойства опытных образцов сажи

Начальное давление, <i>ата</i>	Место отбора образца (расстояние от запала), м	Насыщенный вес сажи, г/л	Пегучие + влага, %	Удельная поверхность сажи, м <sup>2</sup> /г	
				кинетический метод	адсорбционный метод
3,0	Средняя проба	17,6	Следы	80	70
4,3	На уровне запала	15,3	Следы	73	—
4,3	2,2		0,4	82	—
4,3	4,2		1,7	85	68
7,5	На уровне запала	21,0	0,7	89	81
7,5	1,4		0,4	99	
7,5	2,8		0,1	99	
7,5	4,2		0,2	95	
10,0	На уровне запала	25,3	0,8	73	75
10,0	1,4	22,0	0,8	90	
10,0	2,8		0,8	100	
10,0	На уровне запала	26,4	2,2	89	100
10,0	1,6	28,3	0,6	101	
10,0	3,0	25,5	0,8	95	
10,0	4,2	38,3	0,8	110	
11,0	На уровне запала	26,6	2,8	104	
11,0	2,2		0,2	105	
11,0	4,2		Следы	129	120

представлены результаты измерения удельной поверхности образцов сажи, отобранных из разных слоев. Первый и последний опыты, представленные в таблице, были проведены с предварительной промывкой реакционного устройства ацетиленом. На рис. 2 дана зависимость удельной поверхности сажи от начального давления ацетилена. Величина удельной поверхности, соответствующая этому давлению ацетилена, принималась как средняя из значений удельных поверхностей образцов сажи, отобранных из разных слоев.

Как видно из графика на рис. 1 отношение максимального давления  $p_k$  к  $p_0$  изменяется в исследованном интервале от 10 до 16,5 *ата*. Это хорошо согласуется с литературными данными, относящимися к дефлаграционному распаду ацетилена в закрытых сосудах при начальных давлениях выше 1,4 *ата* [2].

В газообразных продуктах реакции (см. табл. 1) наряду с водородом, образующимся при гомогенном распаде ацетилена, присутствует значительное количество метана (до 5,5 об. %). Образование метана может являться следствием как гетерогенного реагирования ацетилена при высокой температуре с образующейся дисперсной фазой, так и следствием вторичной реакции взаимодействия образовавшихся водорода и сажи при более низких температурах в процессе остывания продуктов реакции.

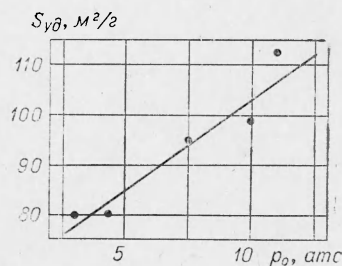
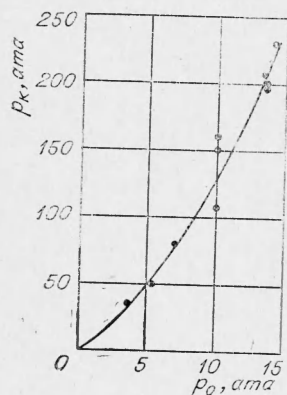


Рис. 2. Зависимость удельной поверхности сажи от начального давления.

Рис. 1. Зависимость максимального давления ( $p_k$ ) реакции от начального давления ( $p_0$ ).

Ацетилен, присутствующий в продуктах реакции, является следствием неполного разложения. С увеличением давления содержание ацетилена в продуктах реакции падает.

Как видно из рис. 2, удельная поверхность сажи  $S_{уд}$  с увеличением начального давления возрастает от 80 м²/г при давлении 3—4 *ата* до 110 м²/г при давлении 11—12 *ата*. Удельная поверхность сажи, отобранной на разном расстоянии от места инициирования реакции, показывает тенденцию к росту с увеличением расстояния.

Наблюдаемое увеличение поверхности можно связать с ростом температуры реакции. Во-первых, после каждой реакции в реакционном объеме остается атмосферное давление водорода, который с точки зрения теплового баланса реакции играет роль инертного разбавителя и тем самым несколько снижает максимальную температуру реакции. С повышением общего давления доля водорода в исходной смеси падает. Во-вторых, существенным фактором является уменьшение относи-

тельных тепловых потерь с ростом давления. Уменьшение тепловых потерь, связанных в основном с излучением (см., например, [3]), обусловлено ростом скорости распространения пламени с ростом давления. Известно также, что по мере распространения пламя ацетилена испытывает ускорение [2]. Следовательно, по мере удаления от места инициирования также может происходить повышение температуры, связанное с уменьшением тепловых потерь. Что касается влияния водорода на процесс сажеобразования, то, как показали наши опыты, оно не существенно. Например, количество ацетилена в первых двух опытах, приведенных в табл. 2, практически одинаково, а различие в начальных давлениях можно отнести в основном за счет водорода. При этом средние значения удельной поверхности сажи в этих опытах совпадают.

Поступила в редакцию  
14/VII 1972

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Теснер, И. С. Рафалькес. Докл. АН СССР, 1951, 80, 401.
2. Б. А. Иванов. Физика взрыва ацетилена. М., «Химия», 1969.
3. G. A. Cummings, A. R. Hall, R. A. M. Straker. VIII Symposium on Combustion, Williams and Wilkins, 1962, 503.

УДК 536.46.

### КРИТЕРИЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ МЕДЛЕННОГО ГОРЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

А. Т. Граник  
(Одесса)

Исследование поведения фронта пламени по отношению к малым возмущениям показало существование критерия, разделяющего устойчивый и неустойчивый режимы горения газовых смесей [1]. При этом полученный критерий обусловлен только внутренними факторами — скоростью, давлением и газодинамической структурой потока. В настоящей работе изучение устойчивости процесса медленного горения относительно малых возмущений проводится с учетом внешнего фактора — магнитного поля. Результаты [1, 2] выводятся из данного как предельные случаи, и удается получить в явном виде критерий, разделяющий устойчивый и неустойчивый режимы горения.

Рассмотрим стационарное плоское пламя, которое с постоянной скоростью  $U \ll a$  ( $a$  — скорость звука) распространяется по электропроводящему идеальному газу, находящемуся в постоянном магнитном поле. Движение пламени происходит в отрицательном направлении оси  $x$ . В дальнейшем перейдем к системе координат, в которой пламя покоится.

Малая скорость движения газа позволяет пользоваться моделью несжимаемой жидкости. Преобразования горючей смеси в продукты сго-