

p_0 , МПа	ξ_{O_2} , %	Литература
0,53	0—14	[1]
2,06	0—8	[4]
12,6—13,2	0—40	[2]
3,26—3,54	0—40	[10]

труба с камерой сгорания. Сопло: кого сеченил, A/A^* — степень

с которым нижний возбужденный уровень ($\nu = 1$) O_2 интенсивно обменивается колебательными квантами, с последующей релаксацией по каналу $H_2O^*(010) + M \rightleftharpoons H_2O + M$ в основное состояние. При увеличении концентрации кислорода в смеси этот процесс приводит к существенному росту T и T_2 . При этом уменьшается энергия E , которая может быть преобразована в когерентное излучение. Согласно расчетам, разбавление смеси кислородом приводит к снижению E

на 1,33% при добавлении каждого процента O_2 . Аналогичное влияние добавок O_2 отмечалось в [10].

Авторы благодарят С. А. Лосева, С. Б. Бункина и П. А. Дроздова за полезные советы и обсуждения результатов работы.

Поступила в редакцию 17/X 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Б. Брагин, С. А. Лосев, О. П. Шаталов. Квант. электроника, 1974, 1, 12, 2620.
2. Ф. Э. Кассади, А. Л. Пиндро, Дж. Ньютон. РТК, 1979, 17, 8, 59.
3. В. М. Дорошенко, Н. Н. Кудрявцев, С. С. Новиков. Докл. АН СССР, 1982, 262, 4, 869.
4. Р. Дж. Хилл, П. Т. Джуэлл, А. Т. Джонс и др. РТК, 1978, 16, 3, 119.
5. П. В. Евтюхин, А. П. Генич, А. А. Юданов и др. Квант. электроника, 1978, 5, 5, 1013.
6. В. М. Шмелев, П. Я. Василек, А. Д. Марголин. Квант. электроника, 1974, 1, 8, 1711.
7. К. П. Алексеев, Г. В. Встовский и др. Квант. электроника, 1984, 11, 3, 603.
8. В. П. Иванов. Канд. дис. ИПМ АН СССР. М., 1978.
9. М. Г. Ктальерман, В. М. Мальков, А. В. Петухов и др. ФГВ, 1977, 13, 6, 939.
10. J. V. Watterson, G. S. Knoke. Shock Tube and Shock Wave Research. Proc. of the Eleventh Internat. Symp. on Shock Tubes and Waves, Seattle, 1977.
11. А. Б. Британ, В. Л. Левин, С. А. Лосев. Квант. электроника, 1981, 9, 5, 1002.
12. Б. А. Иванов. Физика взрыва ацетилена. М.: Химия, 1969.
13. В. Пост. Взрывы и горение в газах. М.: ИЛ, 1962.
14. Б. Льюис, Г. Эльбе. Горение, пламя и взрывы в газах. М.: Мир, 1969.
15. С. Ю. Чернявский. БИ, 1977, 5.
16. В. А. Левин, Ю. В. Туник. Изв. АН СССР, МЖГ, 1976, 1, 118.
17. С. А. Лосев. Газодинамические лазеры. М.: Наука, 1977.
18. А. Б. Британ, А. М. Старик. ПМТФ, 1980, 4, 41.
19. R. L. Taylor, S. Bitterman. Rev. Mod. Phys., 1969, 41, 1, 26.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МЕХАНИЗМ ГОРЕНИЯ ПЛАВЯЩИХСЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ В ПОЛЕ МАССОВЫХ СИЛ

С. А. Каратасков, В. И. Юхвид, А. Г. Мержанов

(Черноголовка)

К настоящему времени выполнено большое количество исследований влияния центробежной силы на закономерности и механизм горения газифицирующих гомогенных и гетерогенных систем [1—5]. Однако среди них практически нет работ по изучению гетерогенных безгазовых и слабогазифицирующихся систем, за исключением [2], где изучалось влияние центробежной силы на закономерности горения разбавленного окисью алюминия железоалюминиевого термита. Безгазовые и слабогазифицирующиеся системы с химическим превращением смеси в конденсированной фазе представляют удобный объект для исследования механизма горения.

В данной работе исследуется влияние центробежной силы на закономерности и механизм горения высококалорийных гетерогенных систем

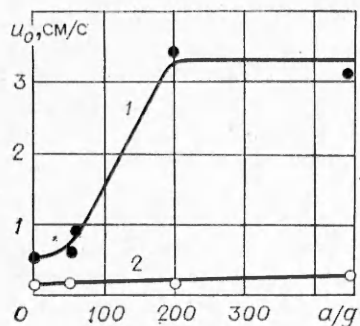


Рис. 1.

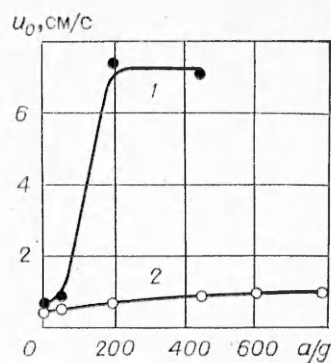


Рис. 2.

типа окисел металла — восстановитель — углерод с плавящимися исходными и конечными компонентами.

Эксперименты проводили на центрифуге¹ в интервале перегрузок $a/g = 0 \div 800$, где a — центробежное ускорение; g — ускорение свободно падающего тела. Чтобы исключить растекание расплавленных продуктов, смеси сжигали в кварцевых стаканчиках с наружным диаметром 13, толщиной стенки 1 и высотой 70 мм. Для синтеза использовали окислы металлов марки Ч, полидисперсный алюминий марки АСД-1, углерод в виде сажи марки ПМ-15ТС и графита марки ГМЗ с диаметром частиц 200—250 мкм. Все компоненты перемешивали в смесителе типа «пьяная бочка» 30 мин. Опыты проводили в атмосфере аргона при давлении 50 атм. Скорость горения измеряли фоторегистратором ФР-11. В исследовании использовали составы $\text{CrO}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al} + \text{C}$ и $\text{CrO}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{NiO} + \text{Al} + \text{C}$ с массовым соотношением реагентов 0,37 : 0,27 : 0,27 : 0,09 и 0,33 : 0,24 : 0,09 : 0,27 : 0,08 соответственно. Плотность исходной смеси в стаканчике составляла 1,4—1,6 г/м³. Опыты показали, что горение возможно во всем изученном интервале перегрузок. Продукты горения имели вид застывшего расплава. Расчетная температура горения составляет 3500 К, а температура плавления конечных продуктов (карбида хрома, никеля и окиси алюминия) соответственно 2168, 1726 и 2315 К.

Влияние перегрузки на скорость горения первого и второго составов показано на рис. 1 и 2 соответственно. Видно, что скорость горения с ростом перегрузки возрастает. Следует отметить, что вид углерода в смеси оказывает сильное влияние как на характер зависимости, так и на увеличение u_0 . Скорость горения составов, содержащих сажу (линии 2), с ростом перегрузки увеличивается в 1,5—2,5 раза. Напротив, для составов, содержащих графит (линии 1), u_0 вначале плавно возрастает, а затем резко увеличивается (в 7—12 раз), выходя на насыщение.

Полученные результаты можно объяснить на основе следующих представлений о механизме влияния центробежной силы на скорость горения. Увеличение скорости горения во всех случаях связано с принудительным проникновением жидких продуктов горения в поры исходного вещества. При высокой скорости такого процесса кондуктивный механизм передачи тепла может смениться на конвективный. Критерий перехода одного режима в другой можно записать в виде $K = \kappa' / \kappa'' \sim 1$, где κ' и κ'' — кондуктивный и конвективный коэффициенты теплопроводности. Из соображения размерности запишем: $\kappa'' \sim Vl$, где V и l — скорость и глубина проникновения расплава в поры. Значение скорости можно получить из закона Дарси, усредняя градиент давления: $V = \frac{K(\epsilon) dp}{\mu dx} \approx \frac{K(\epsilon) p}{\mu l}$, где $p = p_{\text{ж}}La$; $\frac{dp}{dx}$ — перепад давления; $K(\epsilon)$ — коэффициент проницаемости; μ — динамический коэффициент вязкости, L — высота столба жидкого расплава; $\rho_{\text{ж}}$ — плотность

¹ Конструкция центрифуги разработана в ОИХФ АН СССР Э. И. Максимовым.

жидкого расплава. Подставляя κ'' , можно записать $K = \frac{\kappa'' \nu}{K(\epsilon) La} \sim 1$, где ν — кинематический коэффициент вязкости. При выводе критерия полагали, что радиус вращения центрифуги больше высоты таблетки.

Как видно, в K входят величина центробежной силы и размеры пор. Отсюда следует, что для составов с мелкодисперсной сажей, которая находится в порах исходного вещества, принудительное проникновение расплава слабо выражено. Скорость горения с увеличением центробежной силы повышается в рамках кондуктивного механизма передачи тепла, что связано лишь с некоторым увеличением коэффициента температуропроводности за счет частичного заполнения пор расплавом конечных продуктов.

Напротив, для составов с крупнодисперсным графитом, поры которых велики, скачкообразный рост скорости горения с увеличением перегрузки связан со сменой механизма передачи тепла от кондуктивного к конвективному.

Поступила в редакцию 10/VII 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. М. Максимов, Э. И. Максимов, А. Г. Мержанов. ФГВ, 1967, 3, 3, 323.
2. Э. И. Максимов, Б. Б. Серков, А. Г. Мержанов. ФГВ, 1968, 4, 4, 600.
3. Ю. М. Максимов, Э. И. Максимов. ФГВ, 1972, 8, 4, 517.
4. Андерсен, Рейхенбах. РТК, 1968, 6, 2.
5. Штурм, Рейхенбах. РТК, 1970, 8, 6.

СГОРАНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ОБЪЕМА ГАЗА В ЗАКРЫТОМ СОСУДЕ

*В. С. Бабкин, Ю. Г. Кононенко, А. Я. Выхристюк, Т. В. Крахтинова,
В. Н. Кривулин, Е. А. Кудрявцев*
(Новосибирск, Балашиха)

В задачах о сгорании газа в закрытых сосудах, моделирующих аварийные производственные ситуации, обычно предполагается, что горючая смесь занимает весь объем сосуда. Вместе с тем на практике нередки случаи образования и сгорания локальных объемов горючей смеси. Такие ситуации могут реализоваться, например при утечке газа из технологического оборудования, при разливах легко воспламеняющихся жидкостей в производственных помещениях, при розжиге печей, работающих на газе, и т. д. Хотя развитие аварийной ситуации в каждом конкретном случае будет происходить по-разному, все же можно ожидать проявления некоторых общих черт и закономерностей. В связи с этим в настоящей работе рассматривается простейшая модель описанной ситуации — сгорание ограниченного газового объема внутри закрытого сосуда, наполненного негорючим (инертным) газом. Отдельные теоретические и практические аспекты этой задачи рассматривались ранее [1—3].

Термодинамические соотношения

В центре закрытого сферического сосуда, наполненного инертным газом, помещен сферический объем горючего газа. Горючий газ зажигается точечным источником в центре объема. В процессе горения продукты сгорания, свежий и инертный газы сжимаются адиабатически. Давление в каждый момент времени равномерно распределено по сосуду. Изменение числа молей в химической реакции остается постоянным в течение всего процесса. Контактная граница газов не препятствует движению и на ней не происходит тепло- и массообмен. Остальные предположения