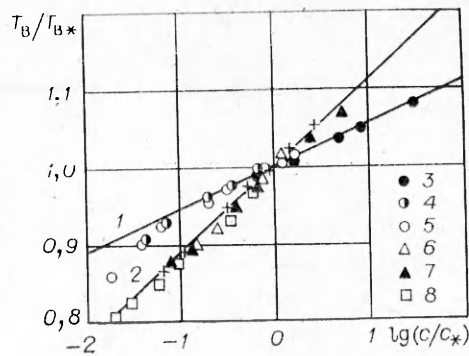


Рис. 3. Зависимость температур воспламенения аэрозвешей частиц зольных углей от концентрации горючего.

Расчет по критериям воспламенения: 1 — теплового, 2 — теплокинетического; эксперимент: 3 — $A^3 = 4,5\%$, 4 — $A^3 = 12,5\%$, 5 — $A^3 = 13,7\%$ ($T_{в*} = 1030$ К), 6 — $A^3 = 25\%$, 7 — $A^3 = 31,7\%$, 8 — $A^3 = 64\%$ ($T_{в*} = 1320$ К).



позволили установить существование двух предельных механизмов воспламенения — теплового и теплокинетического. Показано, что для углей разных марок реализация того или иного режима воспламенения определяется прежде всего значением зольности угля и соотношением критической температуры воспламенения дисперсной системы и температуры плавления минерального компонента горючего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. А. Франк-Каменецкий. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1967.
2. А. Б. Арутюнян, С. Л. Харатян, А. Г. Мержанов. ФГВ, 1980, 16, 2, 10.
3. А. Н. Золотко, Л. А. Клячко и др. ФГВ, 1977, 13, 1, 38
4. Г. В. Виленицкий, Д. М. Хзмалян. Динамика горения пылевидного топлива. М.: Энергия, 1978.
5. Э. И. Руманов, Б. И. Хайкин. ФГВ, 1969, 5, 1, 129.
6. В. Б. Либрович, В. И. Липецки, Б. И. Хайкин. ПМТФ, 1974, 1, 75.

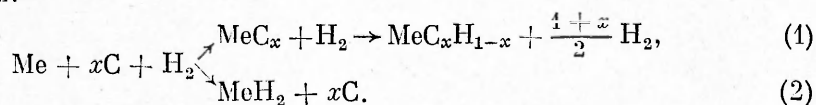
УДК 546; 547

НЕЕДИНСТВЕННОСТЬ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ПРИ ГОРЕНИИ СМЕСЕЙ ПОРОШКОВ ЦИРКОНИЯ И САЖИ В ВОДОРОДЕ

Н. А. Мартиросян, С. К. Долуханян, А. Г. Мержанов
(Ереван, Черногоровка)

Теоретическими исследованиями [1] показано, что в сложных системах, где химическое превращение может идти по конкурирующим направлениям, имеет место неединственность стационарных режимов горения. Какой из двух возможных в области неединственности режимов горения будет осуществляться, определяется условиями зажигания. Зажигание от источника с высокой температурой приводит к реализации высокотемпературного режима, а зажигание от источника низкой температуры — низкотемпературного режима.

Интересными объектами экспериментального исследования с точки зрения выявления неединственности являются системы типа $Me - C - H_2$, в которых возможно взаимодействие по двум взаимоисключающим направлениям:



В работе [2] на примере системы $Ti - C - H_2$ показано, что реакции (1) и (2) существенно различаются по скоростям и температурам горения, это и не позволяет им протекать одновременно. Переход от од-

| P_{H_2} , атм | Поджиг от Ti+2B, $T_r \approx 3000^\circ\text{C}$ | | | Поджиг от Mo+2Si, $T_r \approx 1700^\circ\text{C}$ | | | Поджиг от Ti+H ₂ , $T_r \approx 1000^\circ\text{C}$ | | |
|--------------------|--|------------|-----------------------------------|---|------------|-----------------------------------|---|------------|------------------|
| | u_r , см/с | T_r , °C | Фаза | u_r , см/с | T_r , °C | Фаза | u_r , см/с | T_r , °C | Фаза |
| Zr + 0,7C | | | | | | | | | |
| 5 | 1,8 | 2400 | ZrC _x H _{1-x} | 1,8 | 2400 | ZrC _x H _{1-x} | 0,6 | 850 | ZrH ₂ |
| 10 | 1,8 | 2400 | ZrC _x H _{1-x} | 0,85 | 930 | ZrH ₂ | 0,83 | 930 | ZrH ₂ |
| 40 | 1,75 | 1170 | ZrH ₂ | 1,8 | 1170 | ZrH ₂ | 1,8 | 1180 | ZrH ₂ |
| Zr + 0,9C | | | | | | | | | |
| 10 | 2,0 | 2900 | ZrC _x H _{1-x} | 2,1 | 2900 | ZrC _x H _{1-x} | 0,8 | 900 | ZrH ₂ |
| 30 | 2,0 | 2900 | ZrC _x H _{1-x} | 1,25 | 1100 | ZrH ₂ | 1,25 | 1100 | ZrH ₂ |
| 90 | 1,9 | 1250 | ZrH ₂ | 1,95 | 1250 | ZrH ₂ | 2,0 | 1260 | ZrH ₂ |
| Zr + C | | | | | | | | | |
| 5 | 2,2 | 3200 | ZrC | 2,2 | 3200 | ZrC | 0,55 | 800 | ZrH ₂ |
| 20 | 2,18 | 3200 | ZrC | 2,2 | 3200 | ZrC | 0,9 | 980 | ZrH ₂ |
| 90 | 2,2 | 3200 | ZrC | 2,1 | 3200 | ZrC | 1,5 | 1230 | ZrH ₂ |

ного режима к другому происходит скачкообразно при достижении критических значений параметров процесса (соотношения C/Ti, давления водорода и т. д.).

Целью настоящей работы являлось выяснение вопроса о существовании неединственности режимов при горении трехкомпонентной системы цирконий — углерод — водород. Источником высокой температуры служили горящие таблетки из смеси Ti + 2B ($T_r \approx 3000^\circ\text{C}$), низкой — горящие в водороде таблетки из титана ($T_r \sim 1000^\circ\text{C}$). Рассматривался также промежуточный случай — поджиг от горячей таблетки из смеси Mo + 2Si ($T_r \approx 1700^\circ\text{C}$).

В таблице приведены значения скоростей и температур горения, а также фазовый состав продуктов горения смесей циркония с сажей для трех различных случаев зажигания. Как видно из данных таблицы, при поджиге от источника высокой температуры все исследованные составы горят в низкотемпературном режиме с образованием гидридов циркония. При использовании в качестве источников зажигания таблеток из сме-

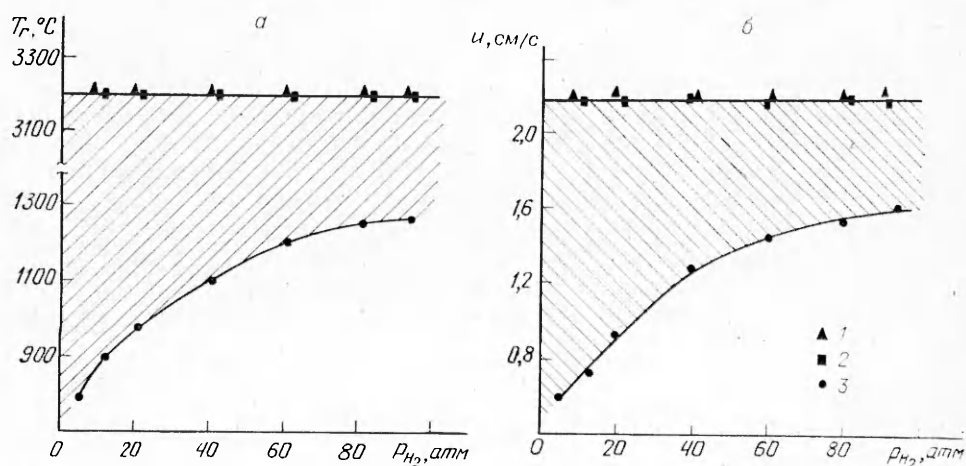


Рис. 1. Зависимость температуры (а) и скорости горения (б) смеси состава Zr + C от давления водорода.
1 — поджиг от Ti + 2B (3000°C); 2 — поджиг от Mo + 2Si (1700°C); 3 — поджиг от Ti + H₂ (1000°C).

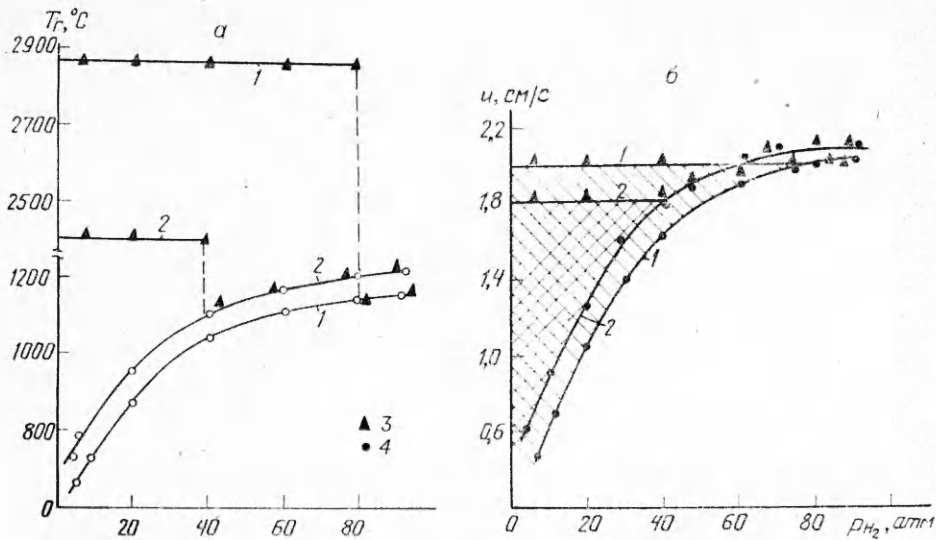


Рис. 2. Зависимость температуры (а) и скорости горения (б) смесей составов $Zr + 0,9 C$ (1), $Zr + 0,7 C$ (2) от давления водорода.
3 — поджиг от $Ti + 2B$ ($3000^{\circ}C$); 4 — поджиг от $Ti + H_2$ ($1000^{\circ}C$).

сей $Ti + 2B$ и $Mo + 2Si$ смеси стехиометрического состава $Zr + C$ горят в высокотемпературном режиме с образованием карбонидов циркония. Для смесей с меньшим содержанием углерода ($C/Zr = 0,7 \div 0,9$) в условиях сильного и промежуточного поджига наблюдаются критические явления — смена режимов горения, причем в случае поджига от таблетки из смеси $Mo + 2Si$ требуются более мягкие критические условия, чем в случае поджига от смеси $Ti + 2B$. Так, если при поджиге от $Ti + 2B$ критическое значение давления водорода для смеси состава $Zr + 0,7C$ равно 40 атм, то при поджиге от смеси $Mo + 2Si$ оно оказывается равным 5 атм.

На рис. 1 приведены зависимости температур и скоростей горения состава $Zr + C$ от давления водорода в двух случаях зажигания. Видно, что во всем исследованном диапазоне давлений существует область неединственности режимов горения. На рис. 2 приведены те же зависимости для составов $Zr + 0,7C$ и $Zr + 0,9C$. В данном случае область неединственности ограничена; при $p_{H_2} = 40$ и 90 атм соответственно происходит смена режимов горения, причем при переходе к составу с меньшим содержанием углерода область неединственности сужается.

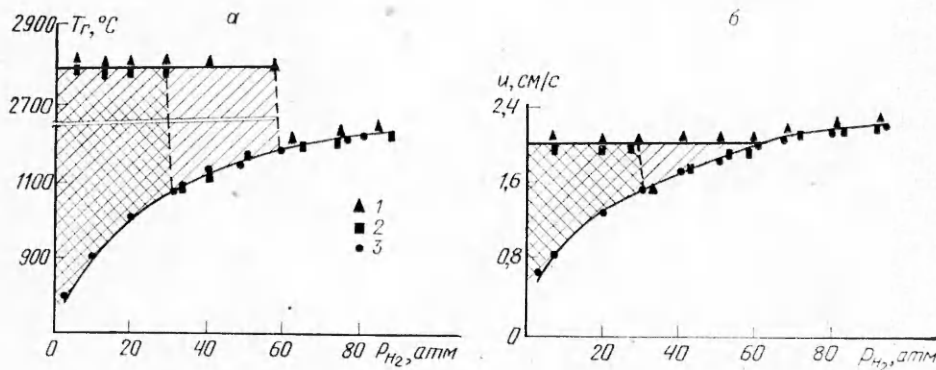


Рис. 3. Зависимость температуры (а) и скорости (б) горения смеси состава $Zr + 0,8 C$ от давления водорода.

1 — поджиг от $Ti + 2B$ ($3000^{\circ}C$); 2 — поджиг от $Mo + 2Si$ ($1700^{\circ}C$); 3 — поджиг от $Ti + H_2$ ($1000^{\circ}C$).

На рис. 3 показаны области неединственности для случая горения смеси состава $Zr + 0,8C$ при использовании трех источников зажигания. Из рисунков видно, что при переходе от источника высокой температуры к источнику с промежуточной температурой также наблюдается сужение области неединственности режимов горения.

Таким образом, при горении системы цирконий — углерод — водород экспериментально наблюдаются предсказанная в теории неединственность стационарных режимов горения и критический переход от высокотемпературного режима к низкотемпературному при использовании источников зажигания с различной температурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. И. Хайкин, С. И. Худяев. Докл. АН СССР, 1979, 245, 1, 155.
2. И. А. Мартыросян, С. Л. Долуханиян, А. Г. Мержанов. ФГВ, 1981, 17, 4, 24.

УДК 536.46

ГАЗОДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПЛАМЕН ВБЛИЗИ ПРЕДЕЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ

В. И. Гудкович, Э. А. Грановский, Э. А. Штессель
(Северодонецк)

Динамика течения газа в сравнительно быстрогорящих горючих газовых системах изучена достаточно полно экспериментально [1] и теоретически [2]. Получено качественное и количественное согласие результатов теоретического рассмотрения и экспериментов по изучению формы пламени и поведения линий тока исходной смеси и продуктов горения. Газодинамическая структура движения пламени в околопределных смесях практически не изучена, хотя можно предположить, что именно она определяет значительное различие в характерных скоростях горения в земных условиях и в условиях невесомости (по данным работы [3] в невесомости пламена горят в 5—10 раз медленнее). Косвенное подтверждение предположения о важности газодинамических факторов в процессе распространения пламени в околопределных смесях следует из результатов численного решения [4] точных уравнений Навье — Стокса для реагирующего газа в условиях естественной конвекции. Однако физическая картина явления интенсификации горения в условиях естественной конвекции остается неясной.

Для получения более детальной информации о газодинамической структуре пламени вблизи пределов распространения проведено исследование горения ряда околопределных горючих газовых систем с использованием полутеневой киносъемки. В качестве основного объекта исследований выбрано пламя распада ацетилена, так как ожидалось, что образующаяся при его горении сажа позволит естественным путем визуализировать картину течения продуктов горения. Горение ацетилена исследовалось в диапазоне начальных давлений от 1,75 до $2,6 \cdot 10^5$ Па.

Эксперименты проводились в камере, моделирующей «свободное» пространство, и в прямоугольных каналах с размерами $65 \times 65 \times 250$ мм. Камера представляла собой прямоугольный стальной параллелепипед с полезным объемом $250 \times 250 \times 65$ мм, снабженный окнами из оптического стекла, которые обеспечивали наблюдение за всем полем камеры на теневом приборе ИАБ-451. Во время проведения опытов камера сообщалась с ресивером объемом $0,3 \text{ м}^3$, заполненным азотом. Прямоугольные каналы получали размещением внутри камеры двух съемных стенок. Зажигание производилось кратковременным нагревом вольфрамовой проволоки длиной 5 и диаметром 0,1 мм. Процесс распространения пламени регистрировался кинокамерой РФК-5 с частотой съемки 10 кадр/с.