

Рис. 2.

По мере удаления от поверхности образца т. е. по мере уменьшения относительной скорости газового потока, картина горения сферической капли металла становится все более симметричной, и можно с достаточной точностью пользоваться при составлении модели горения капли металла условием неподвижности ее относительно газового потока.

Полученные результаты находятся в соответствии с известным фактом существования у горящих в присутствии паров воды металлических частиц резко очерченных границ зоны образования конденсированного окисла и служат хорошим подтверждением диффузной модели горения.

Поступила в редакцию
1/VII 1974

ЛИТЕРАТУРА

1. П. Ф. Похил, А. Ф. Беляев и др. Горение порошкообразных металлов в активных средах. М., «Наука», 1972.
2. Т. Бржустовский, И. Глассман. В сб. Гетерогенное горение. М., «Мир», 1967.
3. П. Я. Клячко. ФГВ, 1969, 5, 3.

УДК 536.46

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ПУЛЬСАЦИИ ГОРЕНИЯ ПОРОХОВ В ВАКУУМЕ

В. С. Илюхин
(Москва)

В работах [1—5] проведено экспериментальное изучение пульсирующего горения нитроглицериновых и смесевых порохов в бомбе постоянного давления. Данная работа содержит некоторые результаты аналогичных исследований, выполненных в области низких давлений (от 1 атм до 10^{-2} мм рт. ст.).

Сжигались образцы пороха Н, Н+5,8% Al со средним размером порошка Al 15 мкм и стехиометрических смесей перхлората аммония (ПХА) с полиметилметакрилатом (ПММА) с размером зерна ПХА 3 и 75 мкм, ПММА в обоих случаях брался размером меньше 3 мкм. Пороха Н и Н+Al предварительно нагревались до $T_0=100^\circ\text{C}$. Перхлоратные пороха горели без подогрева.

Пульсации горения регистрировались медь-константовой термопарой $\varnothing 0,05$ мм, закрепленной на расстоянии 4 мм от начального положения горячей поверхности и фотодиодами ФД-1, в случаях, когда горение сопровождалось свечением продуктов сгорания. Сигналы от термопар и фотодиодов подавались непосредственно на шлейфный осциллограф Н-117.

Температура предварительного нагревания контролировалась термопарой, введенной в образец сбоку на глубину 4 мм. Термопара жестко не закреплялась, так что в момент выхода на поверхность она отбрасывалась продуктами сгорания. Температура, соответствующая моменту сброса, принималась за температуру поверхности (T_n). Скорость горения определялась по времени сгорания образца данной длины.

Результаты измерения скорости горения при разных давлениях приведены на рис. 1. Зависимости имеют линейный характер вида

$$u = a + bp,$$

где $a=0,4; 0,24; -0,1$ и $b=2,67; 2,06; 1,9$ соответственно для пороха Н+Al, Н и ПХА+ПММА, p — в атм, u — в мм/с. Скорость горения пороха Н при $p < 0,03$ атм не зависит от давления [6] и равна 0,3 мм/с.

Перхлоратные составы описываются одной прямой. Однако образцы с мелким ПХА начинают гореть с 0,1 атм, а с более крупным ПХА только с 0,25 атм. Следовательно, дисперсность этих порохов достаточно велика при рассмотренных давлениях и они горят как гомогенные системы.

Частоты пульсации температуры продуктов разложения приведены на рис. 2. С ростом давления и скорости горения частота увеличивается от 0,1 до 10 Гц. Иногда одновременно с указанными частотами наблюдаются и более высокие — до 30 Гц. В таких случаях учитывались только минимальные значения. Особенно четкие пульсации наблюдаются на образцах порохов Н и Н+Al при беспламенном горении.

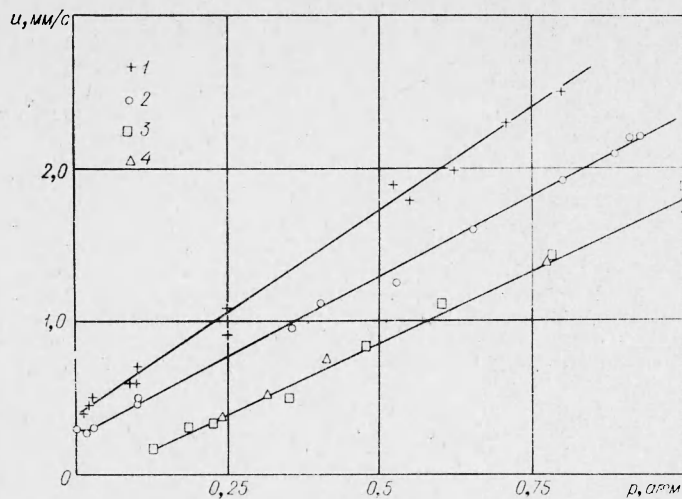


Рис. 1. Зависимость скорости горения от давления.
1 — Н+Al; 2 — Н; 3, 4 — ПХА+ПММА, \ominus 3 и 75 мкм.

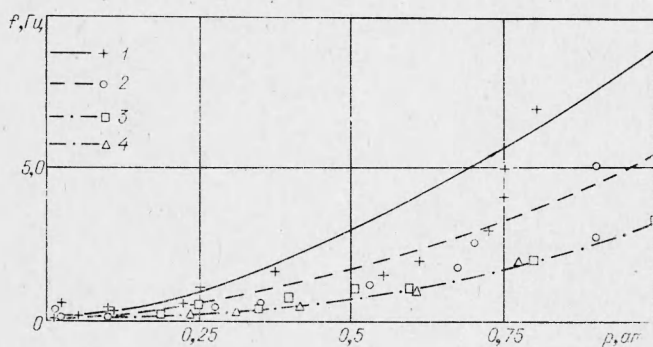


Рис. 2. Зависимость частоты пульсаций горения от давления.
1 — Н+Al; 2 — Н; 3 — ПХА+ПММА, \ominus 3 мкм; 4 — ПХА+ПММА, \ominus 75 мкм.

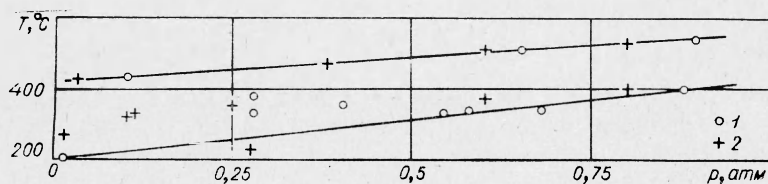


Рис. 3. Температура поверхности порохов при разных давлениях.
1 — Н+Al; 2 — Н.

На осциллограммах и визуально наблюдаются две частоты: высокая, равная нескольким герцам, которая проявляется в виде периодических выбросов дыма с поверхности разложения, и более низкая, с частотой около 0,1 Гц, сопровождающаяся интенсивными вспышками реакционного слоя к-фазы.

В соответствии с частотой пульсаций горения изменяется и температура поверхности порохов Н и Н+Al соответственно. Наблюдаемый спектр температур объясняется выходом термпары на поверхность в разные фазы периода колебаний. Наибольшие колебания (более 200°) наблюдаются при низких давлениях. С увеличением давления амплитуда колебаний (ограничена сплошными линиями) уменьшается до $\sim 150^\circ$, а среднее значение температуры поверхности увеличивается. Полученные значения $T_{\text{п}}$ могут быть несколько завышены за счет тепла из газовой фазы, нагреваю-

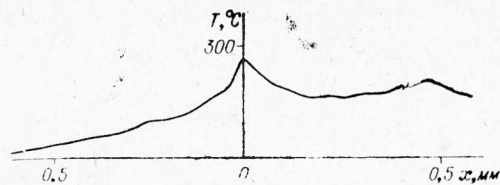


Рис. 4. Температурный профиль при беспламенном горении пороха Н+А1.

0,4 с, температура поверхности 270°C. Более слабые тепловые волны в к-фазе были зарегистрированы и при больших давлениях 15-микронными термопарами в работе [8].

В работе [5] было показано, что частота пульсаций, сопровождающая горение порохов Н и Н+А1 в интервале давлений 3÷40 атм пропорциональна обратной величине характерного времени прогрева к-фазы (κ/u^2) с коэффициентом пропорциональности 0,1, т. е.

$$f = 0,1 \frac{u^2}{\kappa},$$

где κ — коэффициент температуропроводности равный 10^{-3} см²/с. Как видно из рис. 2, и при горении в области низких давлений частота пульсаций пропорциональна, в пределах точности эксперимента, u^2/κ коэффициенту пропорциональности близким 0,1. Относительно смесевых топлив отметим, что при определенных условиях, когда размер зерна (d) будет соизмерим или больше соответствующих характерных зон горения, частота пульсаций может определяться другим характерным временем, зависящим от d , т. е.

$$f \sim \frac{u}{d}$$

Поступила в редакцию
23/VII 1974

ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Илюхин, П. Ф. Похил. ФГВ, 1971, 7, 3.
2. Э. И. Максимов. ЖФХ, 1963, 37, 5.
3. И. Б. Светличный, А. Д. Марголин, П. Ф. Похил. ФГВ, 1971, 7, 2.
4. Г. Г. Шелухин, В. Ф. Булдаков, В. П. Белов. ФГВ, 1969, 5, 1.
5. В. С. Илюхин, В. Г. Мысов, С. С. Новиков. ФГВ, 1974, 10, 3.
6. П. Ф. Похил. Докт. дисс., ИХФ АН СССР, 1954.
7. А. А. Зенин, О. И. Лейпунский и др. Докл. АН СССР, 1966, 169, 3.
8. А. Д. Марголин, А. Е. Фогельзанг. ФГВ, 1966, 2, 2.

УДК 621.378.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВЕРХЗВУКОВЫХ ТЕЧЕНИЙ МЕТОДОМ ПОГЛОЩЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В. А. Суюшев, Н. М. Алексеев, В. С. Бабкин
(Новосибирск)

В работе [1] показана возможность исследования гидродинамических течений методом резонансного поглощения лазерного излучения метаном при использовании его в качестве примеси. Это возможно из-за близкого совпадения излучения гелий-неонового лазера ЛГ-126 в ИК-области спектра (3,39 мкм) и Р (7) линии ν_3 молекулярной полосы поглощения метана. В настоящей работе эта идея реализуется при изучении профилей концентраций диффузионной струи метана в сверхзвуковом воздушном потоке. При прохождении лазерного излучения через воздушную среду с добавкой метана ослабление происходит по закону

$$I = I_0 \exp(-\rho l k), \quad (1)$$

где I_0 — интенсивность лазерного излучения; I — интенсивность излучения после прохождения через воздушную среду с добавкой метана; ρ — парциальная плотность метана; l — длина области поглощения; k — коэффициент поглощения, зависящий в