

УДК 614.841

П.И. Заика, О.В. Кириченко, А.А. Дядюшенко

Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля, Черкассы

МЕТОДИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ И ПРЕДЕЛОВ ГОРЕНИЯ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Разработан комплекс методик для исследования скорости и пределов горения металлизированных конденсированных систем при температурах нагрева до +300 °С, внешних давлениях до 250 кг/см² и угловых скоростях осесимметричного вращения до 70000 об/мин.

Ключевые слова: металлизированные конденсированные системы, скорость горения, пределы горения, температура нагрева, внешнее давление, скорость обдува, угловая скорость осесимметричного вращения, методы физико-химического анализа.

Введение

Постановка задачи. Различные динамические условия эксплуатации (температура нагрева, внешнее давление, обдув потоком воздуха, осесимметричное вращение и др.) широкого класса изделий военной техники и народного хозяйства (твердые металлизированные топлива, пиротехнические ИК-излучатели, трассирующие и осветительные средства, газогенерирующие составы, средства космической техники и др.) на основе металлизированных конденсированных систем (МКС) могут привести к возникновению пожаро-взрывоопасной ситуации.

Цель работы – разработка методики для определения скорости и пределов горения металлизированных конденсированных систем.

Изложение основного материала исследования

С целью повышения надежности работы указанных выше изделий и пожаро-взрывоопасности их в реальных условиях эксплуатации необходимо уметь прогнозировать скорость и пределы стабильного горения металлизированных конденсированных систем в широком диапазоне изменения температур нагрева, внешних давлениях, скоростей обдува потоком воздуха и угловых скоростей осесимметричного вращения.

В данной работе представлен разработанный комплекс методик, позволяющий в лабораторных условиях моделировать реальные условия эксплуатации изделий и изучать скорость и пределы стабильного горения МКС в условиях повышенных температур нагрева (до 300 °С), внешних давлениях (до 250 кг/см²), скоростях обдува потоком воздуха (до 3...3,5 М) и угловых скоростях осесимметричного вращения (до 70000 об/мин).

Определенный интерес представляет измерение усредненной обобщенной характеристики волны горения - скорости ее распространения (скорости горения) по образцу МКС в условиях влияния различных внешних условий и установление пределов горения.

При этом специфическими условиями работы измерительных систем и установок при сжигании металлизированных конденсированных систем являются широкий диапазон рабочих температур (лежащий в пределах 1400...3800 К) и чрезвычайно высокое (по сравнению с твердыми ракетными топливами, порохами и взрывчатыми веществами) содержание конденсированных продуктов сгорания.

Указанные условия накладывают значительные ограничения на применение традиционных методов измерения скорости горения различных систем (непрерывные методы: рентгеновские, радиоактивные, ультразвуковые, микроволновые, акустические, весо- и массоизмерительные; дискретные методы: метод перегорающих проволочек и др.) [1 – 3, 5, 6].

Проведенные исследования показали, что при измерении скорости горения металлизированных конденсированных систем наиболее надежными являются бесконтактные методы, при которых датчики, воспринимающие изменения каких-либо физических параметров, не подвергаются непосредственному воздействию высокотемпературных продуктов сгорания.

К ним прежде всего относятся методы, основанные на применении датчиков оптического и теплового излучения.

Эксперименты, проведенные с целью выбора места расположения приемников оптического или теплового излучения при сжигании образцов на воздухе (в качестве приемников излучения ис-

пользовались фотодиоды ФД-1, ФД-2, ФД-3), показали, что при регистрации сигнала датчиком, направленным на передний (горящий) торец образца и непрерывно воспринимающим излучение факела, наибольшая составляющая погрешности измерения времени горения (среднее значение линейной скорости горения образца определяется по формуле

$$u = \frac{h}{\tau},$$

где τ - среднее время горения образца высоты h) возникает при завершении процесса горения.

Значительно более четкой и эффективной является регистрация момента окончания процесса горения фотодатчиком, расположенным напротив заднего торца образца и фиксирующим момент

возникновения свечения в отверстии, имеющимся в задней торцевой поверхности оболочки. Это дает возможность использовать достаточно простую и доступную в изготовлении конструкцию образца, отличающуюся от обычной конструкции, только наличием отверстия в торцевой оболочке.

Протяженность участков нестабильного горения для различных МКС может изменяться от единиц до десятков миллиметров. Проведенные исследования зависимости $u(h)$ для рассматриваемых металлизированных конденсированных систем показали, что при горении одинаковых по процентному составу МКС (например, стехиометрических смесей $Mg+NaNO_3$), но с компонентами, различающимися по дисперсности, нестабильные участки больше у грубодисперсных смесей (рис. 1).

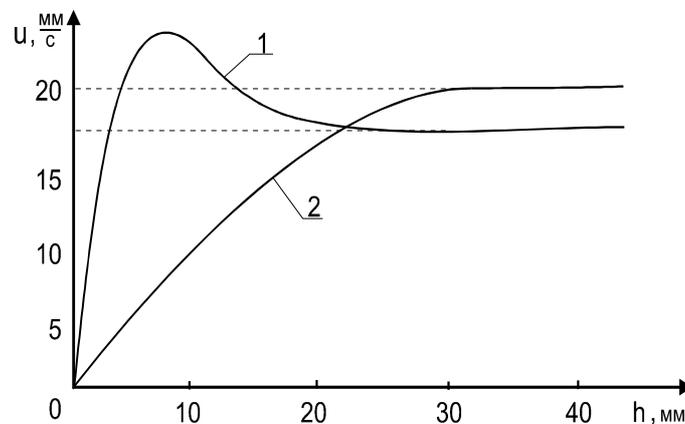


Рис. 1. Зависимость $u(h)$ для смесей $Mg+NaNO_3$ ($\alpha = 1$; $K_y = 0,95...0,98$; $d_m = 74$ мкм; оболочки металлические толщиной 3 мм; диаметр образца 2 мм):

- 1 – дисперсность порошка окислителя 250-500 мкм;
2 – дисперсность порошка окислителя 100-140 мкм

При измерении скорости горения металлизированных конденсированных систем способ воспламенения играет существенную роль.

Основное требование к способу воспламенения - малое время воспламенения (определяющееся тепловым потоком) в сочетании с одновременностью воспламенения всей поверхности образца. Для воспламенения образцов металлизированных конденсированных систем чаще всего используется электрическая спираль и пороховая навеска, так как они наиболее просты и обеспечивают большую равномерность воспламенения, чем другие способы.

С целью определения оптимального способа воспламенения было проведено большое количество экспериментов.

Исследованию подвергались образцы прессованной воспламенительной смеси диаметром от 10 до 30 мм, полученные различным давлением прессования.

Для воспламенения использовались нихромовые спирали двух видов: цилиндрические и плоские, а также навески зерненного воспламенительного состава, помещенные в воспламенительной камере пирогенного типа, сопло которой направлено на поверхность образца, либо расположенные в перкалевом мешочке непосредственно у торца образца.

В качестве зерненной навески испытаниям подвергались:

- специальная МКС,
- дымный порошок ДРП,
- винтовочный порох ВТ.

Эксперименты показали, что время воспламенения и распространения пламени по всей поверхности образца при поджоге спиралями в несколько раз выше, чем при использовании зерненных навесок; из последних наиболее эффективным является дымный порошок, размещенный у торца образца в специальной втулке с прорезями, обеспечиваю-

щими обтекание торца продуктами сгорания навески.

Все экспериментальные исследования процессов в волне горения, скорости ее распространения по металлизированной конденсированной системе (скорости горения) и установление пределов горения проводились на следующих специально разработанных установках:

– установке для определения скорости горения в области нормальных начальных температур смеси и внешних давлений до 250 кг/см^2 .

– установке для определения скорости горения в области повышенных начальных температур (до $+300^\circ\text{C}$) смеси и повышенных внешних давлений (до 250 кг/см^2).

– установке для определения скорости горения в условиях совместного воздействия встречного обдува потоком воздуха (до $3,5 \text{ М}$) и осесимметричного вращения (до 70000 об/мин)

Выводы

Для исследования физико-химических процессов, протекающих при горении рассматриваемых смесей в указанных выше условиях [2, 4, 6], использовались следующие известные методы физико-химического анализа:

киносъемка (кинокамера “Конвас-автомат”, скорость съемки 30 кадр/с);

микрокиносъемка (кинокамера СКС-1М, скорость съемки 2400 кадр/с);

рентгеноструктурный и рентгенофазный анализы;

спектроскопические методы,

методы дифференциального термического анализа (ДТА),

термопарные и фотоэлектрические методы.

Список литературы

1. Горение металлизированных гетерогенных конденсированных систем / Н.А. Силин, В.А. Ващенко, Л.Я. Кашипов и др. – М.: Машиностроение, 1978. – 244 с.

2. Ващенко В. А. Прогнозирование оптимальных значений температуры и состава продуктов в волне горения, скорости ее распространения по многокомпонентным металлизированным системам / В.А. Ващенко. – М.: Деп. в ВИНТИ 18.02.94, №24 – хп 94.

3. Ващенко В.А. Распространение волны горения по конденсированным системам металл + окислитель / В.А. Ващенко. – М.: Деп. в ВИНТИ 03.03.94, № 40 – хп 94.

4. Ващенко В.А. Взаимодействие волны горения с конденсированными системами металл + окислитель в динамических условиях / В.А. Ващенко. – М.: Деп. в ВИНТИ 03.03.94, № 39 – хп 94.

5. Ващенко В.А. Пределы распространения волны горения по конденсированным системам типа магний + нитрат натрия / В.А. Ващенко, П.И. Заика // Материалы международной научно-практической конференции “Пожарная безопасность-97”. – М.: Институт пожарной безопасности, 1997. – С. 72-73.

6. Ващенко В.А. Процессы горения металлизированных конденсированных систем в условиях сверхзвукового обдува потоком воздуха и вращения / В.А. Ващенко, Д.М. Краснов, П.И. Заика // Тезисы II Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях. – Санкт-Петербург, Россия, БГТУ, 1998. – С. 45-47.

Поступила в редколлегию 16.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. А. Ващенко, Черкасский государственный технологический университет, Черкассы.

МЕТОДИКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ І МЕЖ ГОРІННЯ МЕТАЛІЗОВАНИХ КОНДЕНСОВАНИХ СИСТЕМ В РІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

П.І. Заїка, О.В. Кириченко, О.О. Дядюшенко

Розроблено комплекс методик для дослідження швидкості і меж горіння металізованих конденсованих систем при температурах нагріву до $+300^\circ\text{C}$, зовнішніх тисках до 250 кг/см^2 і кутових швидкостей осесимметричного обертання до 70000 об/хв .

Ключові слова: металізовані конденсовані системи, швидкість горіння, межі горіння, температура нагріву, зовнішній тиск, швидкість обдування, кутова швидкість осесимметричного обертання, методи фізико-хімічного аналізу.

METHODS FOR DETERMINATION OF SPEED LIMITS AND BURNING METALLIZED CONDENSED SYSTEMS UNDER DIFFERENT OPERATING CONDITIONS

P.I. Zaika, O.V. Kirichenko, O.O. Dyadyushenko

A complex techniques for research and speed limits metallized condensed combustion systems at temperatures up to $+300^\circ\text{C}$ heating, ambient pressure to 250 kg/cm^2 and a rotation angular velocity of the axisymmetric to $70,000 \text{ rev/min}$.

Keywords: metallized condensed systems, combustion rate, the limits of combustion, the temperature, external pressure, blower speed, the angular velocity of rotation axially symmetric methods of physical and chemical analysis.