

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Мелихов, В. И. Потякин.— В кн.: Химическая физика процессов горения и взрыва. Горение конденсированных и гетерогенных систем. Черноголовка, 1980.
2. С. С. Рыбанин, Докл. АН СССР, 1982, 266, 4, 915.
3. А. С. Мелихов, В. И. Потякин, Е. В. Фланкин. ФГВ, 1982, 18, 3, 44.

УДК 582.574

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДВУМЕРНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПОТОКОВ ГОРЮЧИХ СРЕД

И. К. Федосеева

(Москва)

Способ визуализации движения газа, возникающего и развивающегося в процессе сгорания газообразного топлива, описанный в работе [1], оказался весьма информативным при исследованиях процессов горения. Сущность его заключается в искусственном создании в исследуемой среде тепловых меток, визуализации их методом Теплера и регистрации их движения фотографическим путем. Меткой служил небольшой объем нагретого газа, образующийся в покоящейся среде около нихромовой проволочки через некоторое время после импульсного разряда конденсатора через нее. По мере развития процесса горения метка приходила в движение вместе с окружающей средой.

Выбор оптимальных параметров разрядного контура обеспечил такую разность плотностей метки и окружающей среды, при которой метка хорошо визуализировалась методом Теплера, была пригодна для исследования потоков, способных к воспламенению, и следовала за нестационарным потоком даже при наличии в нем больших ускорений с погрешностью не более чем 2%. Последнее обстоятельство позволило перейти от визуализации движения газа к измерению его скорости.

Этот способ использован при исследованиях формирования ударных волн перед фронтом пламени, взаимодействия между ударной волной и фронтом пламени, изменения характера движения газа перед фронтом пламени при наложении на зону горения электрического поля, а также при измерениях нормальной скорости горения. Во всех указанных выше случаях созданная метка имела непрерывную линейную форму. Область применения таких меток в качестве измерительных ограничена одномерными потоками. В неодномерных потоках, поскольку в силу значительной протяженности меток исключается возможность слежения за перемещением строго фиксированного малого объема, они могут быть использованы в основном лишь для визуализации движения газа.

Значительно большую информацию о движении газа, например в двумерных потоках, можно получить с помощью дискретных тепловых меток — «точек», обладающих теми же достоинствами, что и непрерывные метки. Для создания «точечных» тепловых меток следовало обеспечить дискретное выделение тепла на проволочке, создающей метки.

Одним из путей организации дискретного теплоотвода может служить использование для создания меток проволочки, выполненной в виде последовательно соединенных отрезков, сопротивления которых резко различаются между собой [2]. Соотношение между сопротивлениями соседних участков должно быть таково, чтобы при пропускании через проволочку электрического тока теплоотвод в окружающую среду с одних ее участков значительно превосходил бы теплоотвод с других. При этом размеры тепловых меток будут определяться длиной участка проволочки с большим сопротивлением (рабочего участка), а размеры про-

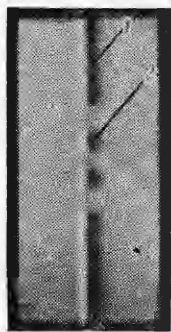


Рис. 1.

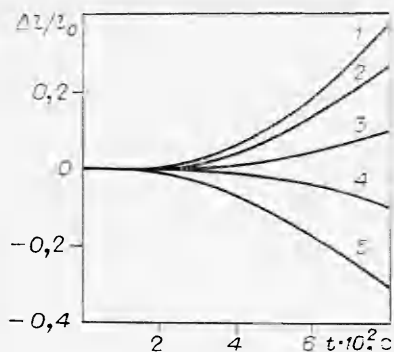


Рис. 2.

межутков между метками — длиной участков проволоки с малым сопротивлением.

Для создания участка с малым сопротивлением, составляющим $\sim 1/50$ часть сопротивления рабочего участка, поступали следующим образом. На предварительно отожженную и обезжиренную нихромовую проволоку диаметром 0,2—0,3 мм наматывали в один ряд виток к витку медную проволоку диаметром 0,08 мм, которую затем спаивали с основной при помощи серебра. Количество витков медной проволоки определялось требуемым размером промежутка между метками. Рабочие участки проволоки при пайке тщательно изолировались от возможного попадания на них припоя и серебра — закрывались фарфоровой трубкой диаметром 0,25 мм. Таким образом можно изготовить необходимое число участков, формирующих как метки, так и промежутки между ними. Размеры тех и других выбираются, исходя из задач, стоящих перед экспериментатором.

На рис. 1 приведена теплограмма, на которой в виде черно-белых зон на сером фоне зарегистрированы покоящиеся дискретные 2 и непрерывные 1 тепловые метки, созданные на одной и той же проволоке. Так как и энергия разряда и общее сопротивление проволоки, формирующей дискретные метки, сохранялись такими же, как и в случае формирования непрерывных меток, следовало ожидать, что дискретные метки также будут следовать за нестационарным потоком с достаточной степенью точности. Последнее подтвердилось в экспериментах, в которых проведено сравнение скорости движения метки со скоростью движения поверхности контактного разрыва.

Время жизни дискретных меток (т. е. время, в течение которого они могут быть использованы как измерительные), созданных на вертикально расположенной проволоке, в отличие от непрерывных меток определяется не только временем, в течение которого метка сохраняет свою форму и четкость границ в направлении нормали к проволоке, формирующей метки. Оно зависит также и от времени, в течение которого остаются практически неизменными линейные размеры меток и промежутки между ними.

Данные об изменении во времени этих размеров при энергии разряда 11 Дж, полученные на основании анализа материалов киносъемки развития дискретных меток во времени камерой СКС-1м, приведены на рис. 2. Кривые 1—3 характеризуют относительное изменение линейных размеров $\Delta l/l_0$ (l_0 — исходная длина, Δl — ее изменение) во времени меток длиной 1,5, 2,5 и 15 мм, а кривые 4 и 5 — промежутков размерами 8,5 и 3,5 мм. Значение $t = 0$ соответствует моменту появления развитой



Рис. 3.

тепловой метки. С течением времени ее размеры увеличиваются, а размеры промежутков уменьшаются.

За время жизни метки принимали время, в течение которого изменение ее линейных размеров не превышало 10%. Чем меньше метка, тем, естественно, и меньше время ее жизни. При длине метки, равной 2 мм, оно составляло 0,02 с, для непрерывных меток время жизни при прочих равных условиях — 0,06 с.

Анализ развития тепловых меток во времени, созданных на горизонтально расположенной проволочке, показал, что в этом случае время жизни меток не превышает 0,03 с из-за эффекта «всплывания» меток над проволочкой. Следует отметить, что требования к меткам, используемым лишь для визуализации течения, менее жесткие, чем те, которые предъявляются к измерительным меткам.

Предложенный способ визуализации движения газа в двумерных потоках может быть использован, например, при исследовании гидродинамики вблизи фронта пламени, распространяющегося в горизонтальной трубе. Особенно удобно использование данного способа при изучении профиля скорости потоков, так как имеется реальная возможность различать метки, созданные в разных плоскостях.

На рис. 3 приведена серия моментальных фотографий, иллюстрирующих визуализацию профиля течения газа при выхлопе свежей смеси из реакционной трубы в атмосферу. Труба была заполнена сухой метоповоздушной смесью, содержащей 7% C_2H_4 , а процесс горения в ней организован так, что перед фронтом пламени движется слабая ударная волна, которая при выходе из трубы распадается на проходящую ударную волну, отраженную волну разрежения и поверхность контактного разрыва между ними. Профиль течения визуализировали в области между ударной волной и поверхностью контактного разрыва. На расстоянии 100 мм от открытого холодного конца трубы в одной и той же плоскости, перпендикулярной оси трубы, созданы дискретные тепловые метки, различающиеся между собой размерами и промежутками. Метки 2 созданы на оси трубы, а метки 1 — на расстоянии 20 мм от нее. Видно, что в первые моменты времени после возникновения движения метки обоих типов движутся практически с одинаковыми скоростями — следы их движения совпадают. С течением времени скорость газа в центре вытекающей среды становится больше, чем на периферии, — метки 2 движутся быстрее меток 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Д. Саламандра, И. К. Федосеева. — В кн.: Горение и взрыв. М.: Наука, 1972.
2. Г. Д. Саламандра, И. К. Федосеева. Бюл. изобр., 1977, 18.

УДК 542.971.3

МЕТОДИКА МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ В СВОБОДНОПАДАЮЩЕЙ КАМЕРЕ

В. И. Колесников-Свинарев, Г. П. Кузнецов, О. И. Лейпунский
(Москва)

В подавляющем большинстве теоретические модели горения частиц металла строятся на предположениях центрально-симметричной картины процессов, т. е. не учитывается влияние конвективных потоков, обдувающих горящую частицу, и силы тяжести. Поэтому экспериментальная проверка выводов теорий, построенных по этой схеме, требует применения специальных приемов. Полностью моделируют такие условия