

НЕСТАЦИОНАРНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Засадная Ирина Сергеевна

магистрант Томский государственный университет, РФ, г. Томск

Аннотация. В этой исследовательской работе проводится анализ нестационарного метода измерения коэффициента излучения, основанного на измерении температуры образца во время его охлаждения. В статье также содержатся базы данных по интегральным коэффициентам излучения при высоких температурах, близких к температуре термического разложения, актуальным в связи с использованием теплозащитных и конструкционных материалов в системах теплозащиты, на путях потока электростанций, а также при разработке новых материалов с заданными свойствами.

Теплозащитные материалы (ТЗМ) – конструкционные материалы, применяемые в качестве пассивного средства защиты какой-либо поверхности элементов конструкций от нагревания или воздействия горячего теплового потока [1].

Теплозащитный материал обеспечивает защиту от теплового воздействия и от ударной волны (гасит усилие ее воздействия). ТЗМ из супертонкого волокна окиси кремния, способные ослаблять лучистый теплообмен путем рассеивания и эффекта многократного экранирования, а также уменьшать теплопроводность по воздуху за счет затруднения конвекции и молекулярного переноса.

С некоторой степенью условности элементы тепловой защиты можно разделить на:

а) облицовки, обеспечивающие заданную стойкость первого слоя тепловой защиты от разрушения при взаимодействии с одно- и двухфазным рабочим телом; в качестве таковых применяют тугоплавкие металлы (ТПМ) (рис. 1) и сплавы, графиты и пирографиты, углеродные композиционные материалы, угле- и стеклопластики;

Характеристики тугоплавких металлов

Параметр	Mo	Ta	W
Температура плавления, К	2890	3269	3680
Плотность, кг / м ³	10200	16600	19200
Коэффициент теплопроводности, Вт / (м·К), при			
290 К	136	62	156
1000 К	113	71	110
2000 К	78	80	98
2500 К	70	98	95
Температурный коэффициент, 106К-1, при T = 2000 К	6.7	7.7	5.1
Предел прочности при растяжении, МПа (при 2000 К)	43/25	35	140/60

Рисунок 1. Характеристики тугоплавких металлов

б) теплоизоляционные слои, обладающие низкой проводимостью тепла, но подверженные существенному уносу уже при незначительном уровне конвекции рабочего тела; в качестве них применяют угле- и стеклопластики, теплозащитные материалы на основе каучуков, клеи и герметики (табл. 1.2);

в) насадки, выполняющие одновременно функции и тепловой защиты, и конструкции; здесь применяют металлы углерод, углеродные композиции, угле и стеклопластики.

В многослойных конструкциях теплоизоляционные слои располагают между эрозионостойким слоем и защищаемым элементом в целях минимизации общей массы данного узла. Тепловая защита соплового блока – наиболее теплонапряженного элемента ракетного двигателя – строится в зависимости от локальных особенностей теплообмена на каждом участке газового тракта.

Анализ литературных данных показал, что наиболее распространенными в практике лабораторных исследований были радиационный, калориметрический и нестационарный методы.

Рассмотрим принципиальные схемы установок, реализующих радиационный (а), калориметрический (б) и нестационарный (в) методы измерений интегрального коэффициента излучения на рисунке 1.

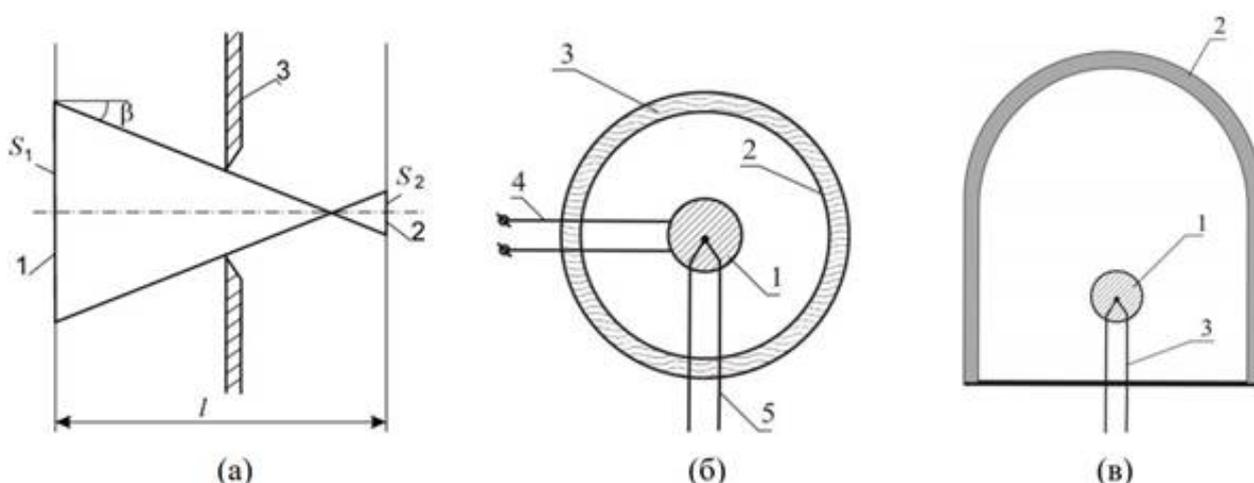


Рисунок 2. Схемы установок для измерения интегрального коэффициента излучения радиационным (а), калориметрическим (б) и нестационарным (в) методами

Определение интегральных коэффициентов излучения методом излучения заключается в сравнительном измерении лучистой энергии, излучаемой исследуемым и полностью черным телом или телом, которого известна специальному тепловому детектору.

Экспериментальные установки для определения ϵ методом излучения имеют устройство для нагревания образца до заданной температуры, детектор излучения и диафрагму.

На рисунке 2 (а) 1 - испытуемый образец; 2 - приемник излучения; 3 - отверстие; l - расстояние от образца до приемника излучения; S_1 , S_2 - поверхность образца и приемника соответственно.

Линейность приемника излучения может быть обеспечена только в определенном интервале

потоков излучения и с ограниченной точностью.

В общем случае приемник излучения является нелинейным.

Наиболее распространенной схемой осуществления радиационного метода с нелинейным приемником является схема, основанная на равенстве сигналов от исследуемого образца и абсолютно черным телом (АЧТ) (эталона) с разными температурами.

Использование нестационарных методов требует надежных экспериментальных

Данные о температурных зависимостях теплофизических характеристик - удельной теплоемкости и теплопроводности - исследуемого материала, которые для ряда теплозащитных материалов в диапазоне повышенных температур требуют дополнительных исследований. Кроме того, они предполагают постоянную температуру по всему объему образца, которая действительна только для образцов небольшого размера [6]. Одним из наиболее перспективных методов измерения интегральных коэффициентов излучения является относительный нестационарный метод.

В относительном методе регулярный тепловой режим [7] использует охлаждение двух одинаковых тел геометрическая форма и размер в постоянной температуре окружающей среды.

При фиксированной температуре конвективные и проводящие компоненты теплообмена для образца и стандарта одинаковы, а излучающие компоненты отличаются из-за различий в их интегральных коэффициентов излучения. Интегральный коэффициент излучения может быть определена, если теплоемкость образца и эталона, их температура охлаждения и температура окружающей среды известны.

Анализ результатов вычислительных экспериментов с использованием схемы измерения температуры опытного образца показал, что предложенный способ позволяет повысить точность ИКИ поверхности материалов с низкой теплопроводностью за счет учета неравномерности температурного поля в образце.

Список литературы:

1. Полежаев Ю.В., Шишков А.А. Газодинамические испытания тепловой защиты. Справочник. М.: Наука, 1992. 248 с.

2. Коэффициент излучения (степень черноты) // www.temperatures.ru URL: http://temperatures.ru/pages/koefficient_izlucheniya (дата обращения: 18.10.2017). 3. Измерение температуры и интегрального коэффициента излучения тела методом спектральных отношений // www.phys-bsu.narod.ru URL: <http://physbsu.narod.ru/lib/optics/optics/77.htm> (дата обращения: 25.10.2017).