

теплопроводность подобных изделий из других материалов. Полученные данные могут быть использованы при теплотехнических расчетах и проектировании теплообменных устройств. Перспективным является использование пиролитических графитов в малогабаритных устройствах с высокой тепловой нагрузкой, например, в устройствах охлаждения процессоров персональных компьютеров.

Выводы

Разработанные методика и установка позволяют исследовать материалы и изделия с высоким коэффициентом теплопроводности. Относительная погрешность измерения коэффициентов теплопроводности не превышает $\pm 10\%$. Предложен-

ная методика использована при исследовании различных пиролитических графитовых материалов: плотного и пористого пиролитического графита, пряжей из волокон двух типов и ткани из пиролитических графитовых волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Осипова В.А.* Экспериментальное исследование процессов теплообмена.– М.: Энергия, 1969.– С. 48 – 50.
2. Теплопроводность твердых тел. Справочник. Под ред. *А.С. Охотина.*– М.: Энергоатомиздат, 1984.– С.88-89.

Получено 12.10.2004 г.

УДК 536.5: 536.6: 621.36: 006.05

Ковтун С.И.

Ин-т технической теплофизики НАН Украины

ПРОБЛЕМЫ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ЕДИНИЦЫ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА

Розглянуто сучасний стан метрологічного забезпечення теплотічних вимірювань. Обґрунтовано необхідність розробки вихідної установки вищої точності для відтворення та передачі одиниці щільності теплового потоку.

Рассмотрено современное состояние метрологического обеспечения теплоточных измерений. Обоснована необходимость разработки исходной установки высшей точности для воспроизведения и передачи единицы плотности теплового потока.

The modern condition of metrological maintenance of heat flow measurements is considered. Necessity of development of initial installation of the supreme accuracy for reproduction and transfer of density unit of heat flow is proved.

Введение

Прямое измерение поверхностной плотности тепловых потоков имеет широкое распространение во всех развитых странах. Созданием теплотехнической аппаратуры занимаются в Нидерландах, Японии, США, Англии, Германии, Венгрии, Чехии, России. В Украине – в Институте технической теплофизики НАН Украины (г. Киев), ГНПО

«Метрология» (г. Харьков), КБ «Фонон» (г. Черновцы).

В настоящее время в различных отраслях хозяйства Украины и стран СНГ получили широкое распространение первичные термоэлектрические преобразователи теплового потока вида вспомогательной стенки ПТП, применение которых воз-

росло с введением межгосударственного стандарта ГОСТ 30619-98 (ДСТУ 3756-98) [1].

Цели исследования

Созданная ранее аппаратура для градуировки, аттестации и поверок рабочих ПТП [2] по реализованным в них методам определения функции преобразования ПТП, способам задания тепловых режимов, диапазонам значений измеряемых тепловых потоков (или их плотностей), интервалам рабочих температур обеспечивает существующую практику теплоточных измерений с пределами допускаемой основной погрешности на уровне 4...6 %, что в настоящее время уже не соответствует всё возрастающим требованиям к эксплуатационным и, в особенности, точностным характеристикам ПТП. Кроме того, за прошедшие 20 лет выработан технический ресурс, устарела элементная база электронных блоков и установки утратили, по существу, эталонный характер.

Отсюда следует, что основной проблемой воспроизведения и передачи единицы плотности теплового потока является отсутствие в Украине соответствующих поверочной схемы и метрологической аппаратуры высшего уровня, что не способствует единству, достоверности и надёжности теплоточных измерений.

Целью исследования является создание метрологической установки для воспроизведения единицы плотности теплового потока и передачи ее с наивысшей точностью.

Методы исследования

В метрологической установке для воспроизведения единицы плотности теплового потока и ее передачи с наивысшей точностью, то есть в исходном эталоне, должна выполняться аттестация рабочего эталона – такого преобразователя теплового потока, посредством которого единица теплового потока в дальнейшем передается рабочему ПТП методом компарирования.

Принципиально в основу такой метрологической установки высшей точности должен быть положен абсолютный метод измерения, а рабочая ячейка должна содержать устройство задания и воспроизведения единицы плотности теплового потока, пропускаемого через аттестуемый ПТП и отводимого от него посредством устройства теплоотвода.

При задании нормированного теплового потока для достижения высшей точности необходимо в градуировочном устройстве обеспечить одномерность теплового потока, проходящего через градулируемый ПТП. Практически во известных градуировочных установках реальные погрешности измерения теплового потока или его поверхностной плотности достаточно высоки по сравнению с погрешностями электрических измерений. Это объясняется наличием ряда факторов, влияющих на поле тепловых потоков и приводящих к неидентичности заданного теплового потока и измеренного преобразователем типа вспомогательной стенки [3].

К таким влияющим факторам относятся:

а) при кондуктивном способе задания теплового потока – контактные термические сопротивления между торцовыми поверхностями ПТП и контактирующими с ними поверхностями источника и стока теплоты, соответственно, условия теплообмена на боковой поверхности ПТП, значение собственного термического сопротивления ПТП, соотношение между эффективным размером ПТП и его высотой;

б) при радиационном способе – вклад неконтролируемых конвективной или конвективно-кондуктивной составляющих в нормированный поток теплового излучения, соотношения между геометрическими размерами полости излучателя, характер распределения локальных угловых коэффициентов по тепловоспринимающей поверхности, на которую устанавливается градулируемый ПТП

Для исходной эталонной установки в нашем институте были проведены исследования степени влияния перечисленных факторов на точность измерения тепловых потоков путем решения соответствующих уравнений теплопроводности при определенных граничных условиях [4, 5]. Эти аналитические исследования пространственных искажений тепловых потоков при различных соотношениях размеров и теплофизических характеристик ПТП, методов поддержания граничных условий теплообмена, использования современных теплоизоляционных материалов и методов активной адиабатизации боковой поверхности обнаружили скрытые возможности повышения точ-

ности задания и воспроизведения единицы плотности теплового потока.

Полученные результаты позволяют подбирать комплекс геометрических размеров и параметров теплообмена при проектировании как эталонного ПТП, так и градуировочного устройства метрологической установки, чтобы обеспечить одномерность теплового потока через чувствительный элемент ПТП с минимальными погрешностями (рис.). Именно из этого условия вытекает основное требование к эталонному ПТП, если его аттестация выполняется в метрологической установке кондуктивного типа. Оно заключается в тождестве геометрической формы и поперечных размеров

рабочих поверхностей ПТП и посадочного места в градуировочном устройстве, т.е. площади обеих торцовых поверхностей ПТП должны быть равны, соответственно, площадям теплоотдающей поверхности источника теплоты и тепловоспринимающей поверхности теплостока.

Эталонный ПТП, как правило, предназначен для передачи единицы плотности теплового потока как в условиях радиационного, так и кондуктивного компарирования. В связи с этим возникает второе существенное требование к ПТП, касающееся однородности его термического сопротивления. Для обеспечения этого требования ПТП должен иметь две зоны: чувствительного элемен-

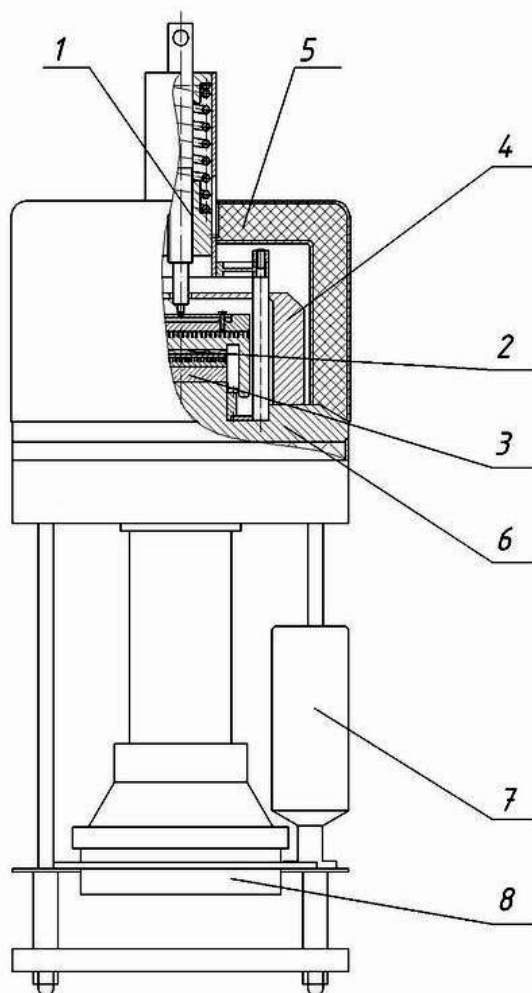


Рис. Установка для воспроизведения и передачи единицы плотности теплового потока: 1 – прижимное устройство; 2 – градуировочная головка; 3 – градуируемый тепломер; 4 – теплопроводящий экран; 5 – теплоизолирующий кожух; 6 – термостатируемый теплосток; 7 – блок термостатирования свободных спаев; 8 – вентилятор.

та (ЧЭ) и охранную зону по периметру ЧЭ, имеющую одинаковые с ЧЭ теплофизические свойства. Технологически это достигается путем изготовления охранной зоны из такой же спирали термоэлементов, как ЧЭ. Размеры охранной зоны относительно поперечного размера ПТП выбирают исходя из условий теплообмена в градуировочном устройстве.

При проектировании метрологической установки высшей точности кондуктивного типа особое внимание должно быть уделено выбору температуры бокового защитного экрана. Целесообразно температуру экрана поддерживать равной температуре основного нагревателя. Это сводит к минимуму неучтенный теплообмен нагревателя с экраном через газовую прослойку и обеспечивает максимальную точность задания нормированного теплового потока через мощность электрического нагрева и его воспроизведения в аттестуемом ПТП.

В кондуктивном компараторе минимальные краевые эффекты в ПТП имеют место при температуре экрана, равной среднему арифметическому значению температур основного нагревателя и теплостока.

В радиационном компараторе должна быть обеспечена одномерность потока теплового излучения на тепловоспринимающую поверхность теплостока. Это достигается за счет подбора геометрических размеров полости градуировочного радиационного устройства, образуемой излучателем и отражающим боковым экраном, который должен обеспечить отсутствие температурного градиента на поверхности теплостока из-за перегрева приповерхностного слоя воздуха. При этом сводится к минимуму вклад конвективного теплообмена у поверхности аттестуемого ПТП.

Все эти меры позволят создать метрологическую установку с уменьшенной в 1,5...3 раза погрешностью аттестации по сравнению с существующей аппаратурой. При этом достижения в развитии элементной базы приборостроения и компьютерной техники и их использование позволяют поднять техническое состояние градуировочной аппаратуры на современный уровень и достичь более высоких точностных и эксплуатационных показателей.

Выводы

1 Для обеспечения воспроизведения и передачи единицы плотности теплового потока необходима разработка исходной установки высшей точности, а также компараторов как радиационного, так и кондуктивного типа.

2 Приведены рекомендации по проектированию метрологических установок для воспроизведения и передачи единицы плотности теплового потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 30619-98 (ДСТУ 3756-98) Энергосбережение. Преобразователи теплового потока термоэлектрические общего назначения. Общие технические условия.— Киев: Держстандарт України, 2000.— 21 с.
2. Декуша Л.В., Воробьев Л.И., Грищенко Т.Г., Менделеева Т.В., Ковтун С.И. Современное состояние метрологического обеспечения теплоточных измерений с помощью первичных преобразователей теплового потока// Труды 4-й международной научно-технической конференции «Метрология и измерительная техника».— 2004.— Т. 2.— С. 26-31.
3. Грищенко Т.Г., Декуша Л.В. Метрологическое обеспечение теплоточных измерений в научных исследованиях// Тезисы докладов Всеакадемической международной школы по проблемам метрологического обеспечения и стандартизации.— С.-Петербург, 1993.— С. 71-73.
4. Визначення теплових потоків крізь огорожувальні конструкції (определение теплового потока через ограждающие конструкции)// Нормативний документ. Держком України з енергозбереження та Держком України з будівництва та архітектури. Методика М 00013184.5.023-01.— К.: ЛОГОС, 2002.— 132 с.
5. Грищенко Т.Г., Декуша Л.В., Менделеева Т.В. Теоретические основы метрологии теплоточных измерений// Пром. теплотехника.— 2001.— Т. 23.— № 4-5.— С. 175-180.

Получено 04.11.2004 г.