



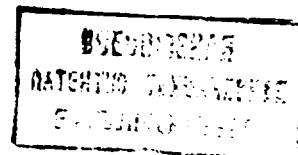
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1704051 A1

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

(51) 5 G 01 N 25/18

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



1

(21) 4759469/25
(22) 20.11.89
(46) 07.01.92. Бюл. № 1
(71) Свердловский инженерно-педагогический институт
(72) С.Г. Горинский
(53) 698.8(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 1260799, кл. G 01 N 25/18, 1985.
Авторское свидетельство СССР № 1073666, кл. G 01 N 25/18, 1982.
(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ
(57) Изобретение относится к технической физике и может быть использовано при определении теплофизических свойств твер-

2

дых тел. Цель изобретения – упрощение способа и повышение точности определения теплопроводности. Поставленная цель достигается тем, что нагрев образцов осуществляют движущимся точечным источником энергии и измеряют тепловое излучение от поверхности образцов датчиком, жестко связанным с источником энергии, при периодическом сканировании теплового излучения от поверхностей образцов датчиком температуры по траектории типа окружности. Измеряют амплитуды переменных сигналов, возникающих при сканировании поверхности эталонных и исследуемых образцов и на их основе рассчитывают теплопроводность. 4 ил.

Изобретение относится к технической физике и может быть использовано при определении теплофизических свойств твердых тел.

Известен способ определения теплопроводности твердых тел, включающий нагрев эталонного и исследуемого образцов подвижным точечным источником тепловой энергии, регистрацию предельных температур на линии нагрева при некотором первоначальном и измененном расстояниях отставания датчика температуры от источника энергии для каждого из образцов. По разности предельных температур, измеренных при первоначальном и измененном расстояниях отставания, рассчитывают величину теплопроводности.

Недостатками способа являются его невысокая точность, обусловленная тем, что

сложно осуществить изменение расстояния отставания датчика от источника в процессе его движения так, чтобы траектория его движения не сместилась с линии нагрева. Кроме того, исследуемые образцы должны быть достаточно однородными, так как при изменении расстояния отставания датчика от источника регистрируют предельные температуры в разных частях образца.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ определения теплопроводности, включающий нагрев исследуемых и эталонных образцов точечным источником энергии и измерение теплового излучения от поверхностей образцов датчиком температуры при относительном взаимном перемещении образцов и датчика, жестко связанного с источником, по прямой, соеди-

(19) SU (11) 1704051 A1

няющей источник и датчик. Кроме того, тепловое излучение образцов одновременно измеряют вторым датчиком температуры, располагаемым симметрично первому относительно источника энергии на прямой, проходящей через первый датчик и источник энергии. С помощью двух датчиков измеряют начальную и предельную температуры, по которым рассчитывают искомую величину.

Недостатками этого способа являются его сложность и низкая производительность, обусловленные наличием операций измерения начальных температур и вычитания их из предельных температур в процессе расчета теплопроводности, а также невысокая точность, обусловленная возможным различием характеристик датчиков.

Цель изобретения — упрощение способа и повышение точности определения теплопроводности.

Поставленная цель достигается тем, что в способе определения теплопроводности материалов, включающем нагрев исследуемых и эталонного образцов точечным источником энергии и измерение теплового излучения от поверхностей образцов датчиком температуры, расположенным на фиксированном расстоянии от источника, при относительном взаимном перемещении образцов и датчика по прямой, соединяющей источник и жестко связанный с ним датчик, периодическое перемещение площадки визирования датчика по поверхности исследуемых и эталонных образцов, измерение соответствующих исследуемым и эталонному образцам амплитуд возникающих колебаний сигнала датчика и определение по ним искомой величины, площадку визирования перемещают по заданной траектории, пересекающей линию нагрева и непересекающей точки нагрева, с центром, расположенным на линии перемещения источника относительно образцов и с максимумом температуры, находящимся в точке пересечения с линией нагрева.

Введение операции сканирования по указанной траектории позволяет заменить операцию считывания с диаграммной ленты показаний двух радиометров и поточечного вычитания одного показания из другого одной операцией считывания амплитудного значения сигнала датчика. Это приводит к значительному сокращению времени на считывание и обработку результатов измерений и, следовательно, к повышению производительности способа.

Уменьшение погрешности определения теплопроводности обусловлено двумя причинами.

Во-первых, за счет введения операции сканирования по указанной траектории для определения предельной избыточной температуры достаточно одного датчика вместо двух, используемых в известных устройствах. В результате исключается погрешность, вызванная различием их характеристик.

Во-вторых, если в известном способе для определения предельной избыточной температуры используется косвенный вид измерений (измеряются две температуры и вычисляется разность между ними), то в предлагаемом способе измерение предельной избыточной температуры является прямым и сводится к измерению амплитуды колебаний сигнала датчика. При этом известно, что погрешность прямых измерений меньше, чем косвенных.

Пересечение траекторий сканирования линии нагрева обеспечивает измерение температуры на этой линии. Расположение центра огибающей на линии нагрева необходимо для того, чтобы измеренная в одной из точек пересечения траектория с линией нагрева температуры была максимальной на траектории, что необходимо для обеспечения возможности определения теплопроводности по известным расчетным соотношениям. Условие непересечения траекторией сканирования точки нагрева вытекает из требований известной математической модели (температура в этой точке стремится к бесконечности).

На фиг. 1–3 приведены примеры траекторий сканирования; на фиг. 4 — схема устройства для осуществления способа.

Возможность достижения поставленной цели указанным способом доказывается следующим.

Известно, что при нагреве поверхности полубесконечного тела точечным источником энергии мощностью q , совмещенным с началом координат и перемещающимся вдоль оси X со скоростью V , температура T на поверхности тела определяется выражением

$$T = T_0 + \frac{q}{2\pi\lambda\sqrt{X^2 + Y^2}} \exp\left(-\frac{VX}{2a} - \frac{V\sqrt{X^2 + Y^2}}{2a}\right) \quad (1)$$

где T_0 — начальная температура;

Y — ось ординат;

λ — коэффициент теплопроводности тела;

a — коэффициент температуропроводности тела.

При сканировании датчика по окружности с радиусом R , измеряя амплитуды колебания сигнала датчика температуры при измерении на эталонном образце $U_{\text{эт}}$ и исследуемом образце $U_{\text{обр}}$, можно определить коэффициент теплопроводности образца $\lambda_{\text{обр}}$:

$$\lambda_{\text{обр}} = \lambda_{\text{эт}} \frac{U_{\text{эт}}}{U_{\text{обр}}}, \quad (2)$$

где $\lambda_{\text{эт}}$ — теплопроводность эталона.

Пусть центр окружности лежит в точке нагрева (фиг. 1). В этом случае координаты точки визирования можно определить из соотношений

$$X = R \cos \omega t, \quad (3)$$

$$Y = R \sin \omega t, \quad (4)$$

где ω — угловая частота вращения площадки визирования.

Подставляя эти величины в (1), получаем:

$$T = T_0 + \frac{q}{2\pi\lambda R} \exp\left[-\frac{VR}{2a}(1 + \cos \omega t)\right]. \quad (5)$$

Определим экстремальные значения этой функции из условия

$$\frac{dT}{d(\omega t)} = 0.$$

Легко показать, что максимальное значение температуры наблюдается при $\omega t = \pi$ (т.е. на оси X с координат $-R$) и равно

$$T_{\text{макс}} = T_0 + \frac{q}{2\pi\lambda R}. \quad (6)$$

Минимум температуры наблюдается при $\omega t = 0$ (т.е. на оси с координатой $+R$) и равен

$$T_{\text{мин}} = T_0 + \frac{q}{2\pi\lambda R} \exp\left(-\frac{VR}{a}\right). \quad (7)$$

Размах колебаний температуры равен

$$T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}} = \frac{q}{2\pi\lambda R} \left[1 - \exp\left(-\frac{VR}{a}\right)\right]. \quad (8)$$

Для любых реальных значений коэффициента температуропроводности можно подобрать такой режим измерения (V, R), что величиной $\exp(-VR/a)$ можно будет пренебречь; с учетом этого из (8) получаем:

$$T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}} = \frac{q}{2\pi\lambda R}. \quad (9)$$

Измеряя амплитуду колебаний сигнала на выходе датчика температуры при измерении

я на эталоне и исследуемом образце, можно определить коэффициент теплопроводности по формуле (2).

Очевидно, что формула (2) применима и для многих других траекторий сканирования, основанных на вращательном движении сканирующего элемента. Например, на фиг. 2 приведена траектория сканирования для случая вращения луча визирования вокруг оси, находящейся под некоторым углом к нормали к поверхности тела в точке нагрева. Этот случай интересен с практической точки зрения, так как при реализации способа может возникать необходимость наклонного расположения радиометра, и в этом случае легко добиться, чтобы амплитуда колебаний датчика была равна предельной избыточной температуре $T_{\text{макс}} - T_0$ и, следовательно, была справедлива формула (2).

Рассмотрим случай, когда центр окружности, по которой перемещается площадка нагрева, находится на линии нагрева и отстает от движущейся точки нагрева на расстоянии X_0 (фиг. 3). Траектория сканирования пересекает линию нагрева в точках a и b . Очевидно, что максимальная температура наблюдается в точке a :

$$T_{\text{макс}} = T_0 + \frac{q}{2\pi\lambda(X_0 - R)}. \quad (10)$$

С помощью численных расчетов легко показать, что для любых реальных значений коэффициента температуропроводности легко подобрать такой режим измерения (V, R), чтобы с достаточной степенью точности выполнялось соотношение

$$T_{\text{мин}} = T_0. \quad (11)$$

что обеспечивает возможность применения формулы (2).

Таким образом, в широком диапазоне реальных значений величин a, V, R, X_0 существует возможность определения коэффициента теплопроводности по измеренным амплитудам колебаний сигнала датчика с помощью формулы (2).

Устройство, с помощью которого реализуется способ содержит сосредоточенный источник 1 энергии и датчик 2 температуры, расположенные под снабженной электроприводом 3 платформой 4, на которой установлены эталонный 5 и исследуемые 6 образцы. Оптикомеханическое сканирующее устройство 7 установлено перед входным окном датчика 2 так, чтобы сканировать тепловое излучение от поверхностей образцов 5 и 6 по траектории типа окружности, пересекающей линию нагрева и не пересе-

кающую точку нагрева, с центром, расположенным на линии перемещения источника 1 относительно образцов 5 и 6. Выход датчика 2 последовательно связан с усилителем 8, амплитудным детектором 9 и регистратором 10.

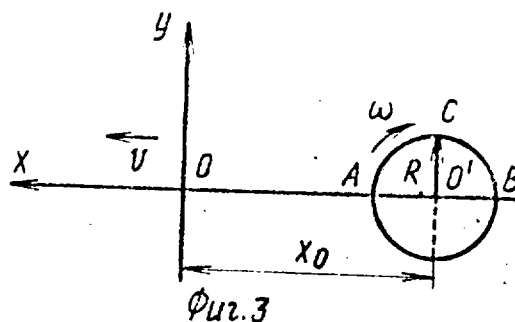
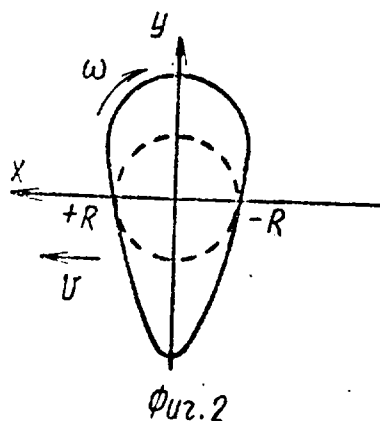
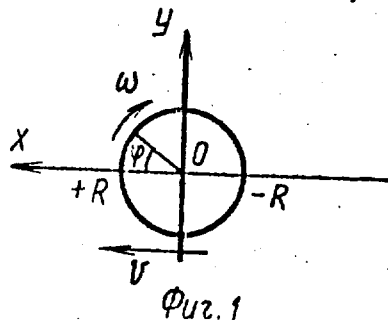
Способ осуществляют следующим образом.

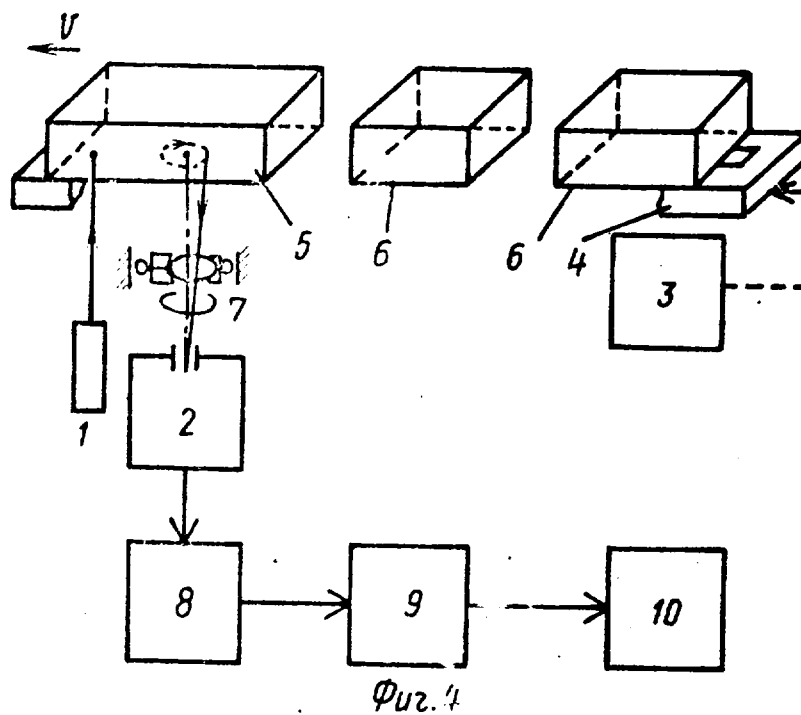
Расположенные на платформе 4 эталонный образец 5 с известной теплопроводностью и исследуемые образцы 6 перемещают с постоянной скоростью $V = 2 - 10$ мм/с относительно неподвижных источника 1 энергии и датчика 2 температуры (возможно осуществление способа с перемещением жестко связанных источника 1 энергии и датчика 2). С помощью регистратора 10 и амплитудного детектора 9 измеряют усиленные усилителем 8 амплитуды колебаний сигнала на выходе датчика 2 при перемещении над ним эталонного образца 5 ($U_{\text{теп}}$) и исследуемых образцов 6 ($U_{\text{м.обр}}$). На осно-

вании измеренных амплитуд, определяют теплопроводность по формуле (2).

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ определения теплопроводности материалов, включающий нагрев исследуемых и эталонного образцов точечным источником энергии и измерение теплового излучения от поверхностей образцов датчиком температуры при относительном взаимном перемещении образцов и датчика по прямой, соединяющей источник и жестко связанный с ним датчик, отличающийся тем, что, с целью упрощения способа, повышение точности определения теплопроводности, площадку визирования датчика периодически перемещают по замкнутой траектории, пересекающей линию нагрева и непересекающей точку нагрева, и с максимумом температуры, находящимся в точке пересечения с линией нагрева, измеряют амплитуды возникающих колебаний сигнала датчика и определяют по ним искомую величину.





Редактор О. Хрипта

Составитель Н. Грищенко
Техред М. Моргентал

Корректор Н. Кучерявая

Заказ 58

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101