



哈尔滨工业大学

实验报告

姓 名: _____ 学 号: _____

课程名称: 传热学

实验名称: 准稳态法测绝热材料的导热系数和比热

实验序号: 1 实验日期: 2019.11.28

实验室名称: 能源动力实验教学中心

同 组 人: _____

实验成绩: _____ 总 成 绩: _____

教师评语:

教师签字:

年 月 日

准稳态法测绝热材料的导热系数和比热

一、实验目的

1. 掌握使用热电偶测量温度及温差的方法
2. 认识和使用数字化仪表测量温度和温差
3. 快速测量绝热材料的导热系数和比热

二、实验原理

本实验是根据第二类边界条件，无限大平板的导热问题设计的。设平板厚度为 2δ ，初始温度为 t_0 。平板两面受恒定的热流密度 q 均匀加热。求在何瞬间平板厚度方向的温度分布 $t(x, z)$ 。

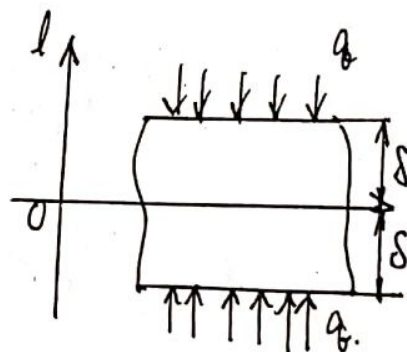
导热微分方程式初始条件和第二类边界条件如下：

$$\frac{\partial t(x, z)}{\partial z} = a \frac{\partial^2 t(x, z)}{\partial x^2}$$

$$t(x, 0) = t_0$$

$$\left. \frac{\partial t(x, z)}{\partial x} \right|_{x=\delta} + \frac{q}{\lambda} = 0$$

$$\left. \frac{\partial t(x, z)}{\partial x} \right|_{x=0} = 0$$



解为：
$$t(x, \tau) - t_0 = \frac{q}{\lambda} \left[\frac{az}{\delta} - \frac{\delta^2 - 3x^2}{6\delta} + \delta \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{(n+1)^2}{\mu_n^2} \cos(\mu_n \frac{x}{\delta}) \exp(-\mu_n^2 Fo) \right]$$

式中 z — 时间； s

q — x 方向从端面到平板加热的恒定热流密度； W/m^2

λ — 平板的导热系数； $W/(m \cdot ^\circ C)$

a — 平板的导热系数； m^2/s

$$\mu_n = n\pi, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

----- (1)

$$Fo = \frac{a\tau}{\delta^2} \quad \text{傅里叶准则数}$$

t_0 — 初始温度; $^{\circ}\text{C}$

随着时间 τ 的延长, Fo 数变大, 式 (1) 中的级数和项变小。当 $Fo > 0.5$ 时, 级数和项变得很小可以忽略, 式 (1) 变成

$$t(x, \tau) - t_0 = \frac{q\delta}{\lambda} \left(\frac{a\tau}{\delta^2} + \frac{x^2}{2\delta^2} - \frac{1}{6} \right) \quad (2)$$

由此可见, 当 $Fo > 0.5$ 后, 平板各处温度和时间成线性关系, 温度随时间变化的速率是常数, 并且到处相同。这种状态称为准稳态。

在准稳态时, 平板中心面 $x=0$ 处的温度为

$$t(0, \tau) - t_0 = \frac{q\delta}{\lambda} \left(\frac{a\tau}{\delta^2} - \frac{1}{6} \right)$$

平板加热面 $x=\delta$ 处为

$$t(\delta, \tau) - t_0 = \frac{q\delta}{\lambda} \left(\frac{a\tau}{\delta^2} + \frac{1}{6} \right)$$

此两面的温差为

$$\Delta t = t(\delta, \tau) - t(0, \tau) = \frac{1}{3} \frac{q\delta}{\lambda} \quad (3)$$

如已知 q, δ 再测出 Δt , 就可以由式 (3) 求出导热系数

$$\lambda = \frac{q\delta}{3\Delta t} \quad (4)$$

实际上, 无限大平板是无法实现的, 实际总是用有限尺寸的试件。一般认为, 试件的延展方向尺寸为厚度二倍以上, 两侧散热相对试件中心温度的影响可忽略不计, 试件两断面中心处的温度等于无限大平板时两断面的温度差。

根据热平衡原理, 在准稳态时有下列关系:

$$q \cdot A = c \cdot \rho \cdot \delta \cdot A \cdot \frac{d\bar{t}}{d\tau} \quad (5)$$

式中, A 为试件的横截面积; c 为比热容, ρ 为密度; $\frac{dt}{dtz}$ 为准稳态时的温升速率, 由上式可得

$$c = \frac{q}{\rho \delta \frac{dt}{dtz}} \quad \dots (6)$$

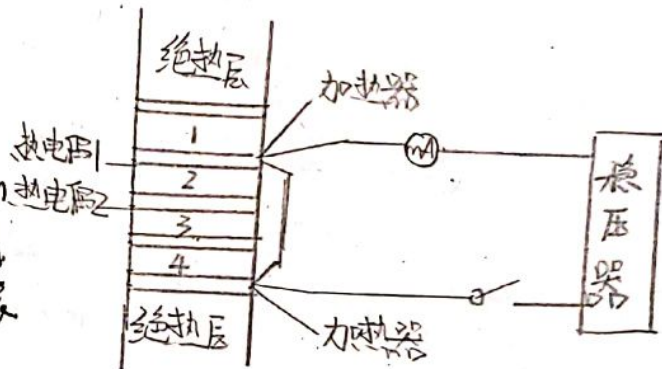
用此式可求出试件的比热, 试验时 $\frac{dt}{dtz}$ 以试件中心处为准

三. 实验装置

实验装置如图所示,

(1) 试件

试件尺寸为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 8$, 共四块尺寸完全相同
 $\delta = 1\text{mm}$, 每块上下面平行, 表面平整



(2) 加热器

采用高电阻康铜箔平面加热器, 康铜箔厚度仅 $20\mu\text{m}$, 加上保护箔的绝缘薄膜, 总共只有 $70\mu\text{m}$, 电阻值稳定, 在 $0 \sim 100^\circ\text{C}$ 范围不变, 加热器面积和试件的相同, 是 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的正方形, 两个加热器的电阻值应尽量相同, 相差应在 0.1% 以内。

(3) 绝热层:

用导热系数比试件小得多的材料做绝热层, 力求减少通过它的热量, 使试件 1, 4 与绝热层的接触面接近绝热, 这样, 可假定式 (4) 中的热量等于加热器发出热量的 $\frac{1}{2}$ 。

实验时, 将四个试件叠放在一起, 分别在试件 1 和 2 及试件 3 和 4 之间放入加热器 1 和 2, 试件和加热器要对齐, 热电偶测温头要放在试件中心部位, 放好绝热层后, 适当加压以保持接触良好。

四. 数据处理

$$l = 0.068 \text{ A} \quad R = 100.36 \Omega \quad A = 1 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\text{热流密度 } q = \frac{1}{2} \frac{l^2 R}{A} = \frac{1}{2} \times \frac{0.068^2 \times 100.36}{1 \times 10^{-2}} = 232.0 \text{ W/m}^2$$

实验装置 1. $\Delta t = 6.4^\circ\text{C}$, 实验装置 2. $\Delta t = 6.39^\circ\text{C}$

取 $\Delta t = 6.40^\circ\text{C}$,

$$\text{导热系数 } \lambda = \frac{q \delta}{\Delta t} = \frac{232.0 \times 11 \times 10^{-3}}{2 \times 6.40} \text{ W/m}\cdot\text{K} = 0.20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

第 2 套实验装置便于计算 $\frac{dt}{dz}$, 其中 $t = 6 \text{ min} \sim t = 16 \text{ min}$ 线性度较好.

$$\frac{dt}{dz} = \frac{32.84 - 24.71}{10 \times 60} \text{ K/s} = 1.36 \times 10^{-2} \text{ K/s}$$

$$\rho = 1165.45 \text{ kg/m}^3 \quad \delta = 11 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$c = \frac{q}{\rho \delta \frac{dt}{dz}} = \frac{232.0}{1165.45 \times 11 \times 10^{-3} \times 1.36 \times 10^{-2}} \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)} = 1335 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$$

五. 分析与思考

1. 讨论稳态、准稳态、非稳态、传热过程的差异?

稳态是指温度场不随时间而改变.

准稳态是指温度场较短时间内没有明显变化,

长时间会发生变化

非稳态是温度场随时间不断变化

2. 本方法能否测量金属材料导热系数, 为什么?

准稳态法测量导热系数要求测量平板状试样厚度方向上两个端面温度随时间变化情况. 金属材料导热系数较大, 两个端面温度差较小, 会给计算带来极大误差.

一、准稳态法测绝热材料的导热系数和比热实验数据表

班级: 105 学号: 11

姓名: 刘

实验台号:

实验时间: 2019.11.28 3-4

同组人:

加热器电流 I [A]: 0.068

两加热器电阻的平均值 R [Ω]: 100.36

试件截面尺寸 A [m^2]: 0.01

试件厚度 δ [m]: 1×10^{-2}

试件材料密度 ρ [kg/m^3]: 1165.46

热流密度 q [W/m^2]:

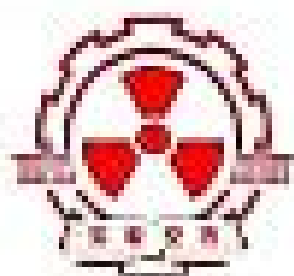
实验数据记录与整理表 1

	温度 t_1 [$^{\circ}C$]	温度 t_2 [$^{\circ}C$]	$\Delta t = t_2 - t_1$ [$^{\circ}C$]
1	22.09	25.15	3.06
2	22.22	26.61	4.39
3	22.60	27.85	5.25
4	23.29	29.04	5.75
5	23.92	29.84	5.92
6	24.71	30.79	6.08
7	25.38	31.58	6.20
8	26.32	32.57	6.25
9	27.03	33.31	6.28
10	27.90	34.21	6.31
11	28.74	35.07	6.33
12	29.73	36.08	6.35
13	30.36	36.68	6.32
14	31.16	37.52	6.36
15	32.00	38.39	6.39
16	32.83	39.22	6.39
17			
18			
19			
20			

一、准稳态法测绝热材料的导热系数和比热实验数据表

实验数据记录与整理表 2

	未知 1		未知 2	
	热电势数值	温度[°C]	热电势数值	温度[°C]
1	0.192	5.1	0.259	6.5
2	0.226	5.8	0.284	7.3
3	0.238	6.1	0.312	8.0
4	0.241	6.2	0.336	8.4
5	0.247	6.3	0.365	9.3
6	0.248	6.3	0.391	10.0
7	0.250	6.4	0.431	11.0
8	0.249	6.4	0.460	11.7
9	0.251	6.4	0.484	12.3
10	0.250	6.4	0.512	13.1
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				



HIT大物实验交流群2019

扫一扫二维码，加入群聊。