4.6 固体导热系数的测量（平板稳态法）

22计科全英创新班 陈宇勋 202230430026

一、实验目的

（1）了解热传导和导热系数的物理概念及相关背景知识；

（2）学习一种测量导体导热系数的方法-稳态法；体会绕过不便测量的量（使用参量转换法）的设计思想；

（3）测定良导体（铝合金）的导热系数。

（4）学会用逐差法计算散热系数

二、实验仪器

FBTC-3H型固体导热系数测定仪等。

三、实验原理

热传导是在物体内部（包括固体、液体、气体）或在相互接触的物体之间热量传递的一种形式。设通过物体横截面积S传递的热流量（在单位时间内通过物体横截面积S传导的热量）为dQ/dt，热传导的基本规律遵从傅立叶导热方程

dQ/dt=-λSdT/dx （4.6 – 1）

式中：热流量dQ/dt的单位为W，负号表示热流量沿温度降低的方向传递；dT/dx为温度梯度（温度沿热流方向的空间变化率），单位K/m；λ为导热系数，单位为W/m·K，是表征材料热传导性能的物理量，其物理意义是在温度梯度为1K/m时通过物体单位横截面积所传递的热流量。

根据傅立叶导热方程，当物体热传导达到平衡状态，在物体内部取两个与热传导方向垂直，彼此相距H，温度分别为T1、T2的平行平面（设T1>T2），若平面的面积为S，材料导热系数为λ，则热传导所传递的热流量

ΔQ/Δt=λS(T1-T2)/H （4.6 – 2）

在支架上先放上圆铜盘P，在P的上面放上待测样品B（圆盘形的不良导体），再把带发热器的圆铜盘C放在B上。发热器通电后，热量从C盘传到B盘，再传到P盘。由于C、P盘都是良导体，其温度即可以分别代表B盘上下表面温度T1、T2。T1和T2分别由插人C、P盘边缘的温度传感器测量。如果测量圆盘B的直径为DB，厚度为HB，则式（4.6-2）可以表示为

ΔQ/Δt=πλDB²(T1-T2)/4HB （4.6-3）

根据式（4.6-3），测量导热系数的关键是测量热传导的热流量（亦即热传导速率）ΔQ/Δt。

当热传导达到稳定状态时，T1和T2的值不变，于是通过B盘上表面的热流量与由圆铜盘P向周围环境散热的热流量相等，因此可通过铜盘P在稳定温度T2时的散热速率来求出热流量（热传导速率）ΔQ/Δt。实验方法是在读得稳定时的T1和T2后，将B盘（待测物体）移去，而使盘C的底面与铜盘P直接接触。当盘P的温度上升到高于稳定时的T2值若干摄氏度后，再将圆盘C移开让铜盘P自然冷却。观察其温度T随时间t的变化情况，然后由此求出铜盘P在温度为T2时的冷却速率ΔT/Δt(T=T2)，则圆盘P在T2温度时的散热速率为

ΔQ/Δt=mcΔT/Δt(T=T2)

式中，m为圆盘P的质量，c为圆盘P材料的比热容。

要注意，这样求出来的ΔT/Δt是圆盘P全部表面暴露在空气中时的冷却速率，其散热表面积为2×πDP²/4+πDPHP（其中DP、HP分别为圆盘P的直径和厚度）。然而，在观察测试样品的稳态传热时，P盘的上表面是被样品覆盖着的。考虑到物体的冷却速率与它的表面积成正比，则稳态时圆盘P的散热速率表达式为

ΔQ/Δt= mcΔT/Δt·((πDP²/4+πDPHP)/(2×πDP²/4+πDPHP)) （4.6-4）

式（4.6-3）是B盘的热传导速率表达式，式（4.6-4）是P盘在温度为T2时的散热速率表达式。在稳定的热传导平衡状态下，B盘的热传导速率等于P盘的散热速率，于是有

πλDB²(T1-T2)/4HB=mcΔT/Δt·((DP+4HP)/(2DP+4HP))

整理后得

λ=mcΔT/Δt·(2HB/(T1-T2))·((DP+4HP)/(DP+2HP))·(1/πDB²) （4.6-5）

若实验采用温差热电偶测温，仪器直接读出的是对应于T1、T2的温差热电势VT1和VT2。可以通过查表将VT1、VT2转换成T1、T2值，也可以直接用读出的VT1、VT2值代替T1、T2计算λ。当用热电偶的温差热电势代替温度T计算导热系数λ时，式（4. 6-5）变为

λ=mcΔV/Δt·(2HB/(VT1-VT2))·((DP+4HP)/(DP+2HP))·(1/πDB²) （4.6-6）

四、实验内容与主要步骤

根据我们推导出的导热系数公式：

可以把实验步骤大致分成三步：基本参数的测定（mp、hp、Rp、RB、hB）；测量稳态时上下铜板的温度（T1、T2）；测定下铜板在T2的冷却速率。

1.基本参数的测定

直接从仪器标识牌上读出各基本参数，并将其填入表格1中。其中铜板的比热容cP=0.385kJ/(K·kg)。

2.测量稳态时上下铜板的温度

（1）将待测样品B放在散热盘P上，然后将发热盘A放在样品盘B上方，并用固定螺母固定在机架上，再调节三个螺旋头，使B的上下两个表面与A和P紧密接触。

（2）将两个温度传感器分别插入A和P侧面的小孔中，并分别将接线连接到仪器面板的传感器“信号输入”上，“信号通道”开关置I（或II）对应指示灯亮，显示屏显示对应传感器测量值。

（3）接通电源，在“温度控制”仪表上设置加温的上限温度。加热控制开关可选择“自动”。

（4）大约加热40分钟后，传感器I和II的读数不再上升，说明已经达到稳定，每隔半分钟记录T1和T2的值，并填入表格2中。

（5）移开加热盘A，取下待测样品B，并使铜盘A的底面与铜盘P直接接触，当P盘的温度上升到高于稳定态的T2值若干度后，再将铜盘A移开，让铜盘P自然冷却，每隔30秒记录此时铜盘P的温度值T3，并填入表格3中。作铜板的T—t冷却速率曲线。选取临近T2的测量数据来求出冷却速率。根据公式计算样品的导热系数λ。

五、数据记录及处理

表格1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| mp(g) | hP(cm) | RP(cm) | hB(cm) | RB(cm) |
| 851 | 0.75 | 6.49 | 10.13 | 2 |

表格2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 |
| T1(℃) | 78.6 | 78.6 | 78.6 |
| T2(℃) | 60.7 | 60.6 | 60.8 |

表格3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **时间(s)** | **0** | **30** | **60** | **90** | **120** | **150** | **180** | **210** |
| **T3(℃)** | 63.8 | 61.6 | 60.7 | 59.9 | 59.3 | 58.5 | 57.8 | 57.2 |

用逐差法求得，已知，用下面的公式

可求出

六、误差分析

该结果与实际结果237差距较大，可能的原因是在实验过程中收到室温的影响，尤其是在室内温度较高。也可能是人为操作失误，在实验过程中没有及时记录好数据。