

中华人民共和国国家标准

GB/T 3651—2008
代替 GB/T 3651—1983

金属高温导热系数测量方法

Measuring method for thermal conductivity of metal at high temperature

2008-06-09 发布

2008-12-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

本标准代替 GB/T 3651—1983《金属高温导热系数测量方法》。

本标准与 GB/T 3651—1983 相比,主要有以下变动:

——测试方法适用范围增加了片或板复合而成的金属复合材料;

——对片或板复合而成的金属复合材料的尺寸做了要求;

——标准中的压强单位由 mmHg 改为 Pa,导热系数单位由 $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 改为 $\text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$;

——将附录 A 中测量设备的校准用参考材料规定为纯铁牌号 (YT3) 和不锈钢牌号 (06Cr18Ni11Ti);

——增加了测量记录及报告。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国有色金属工业协会提出。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会归口。

本标准由北京有色金属研究总院负责起草。

本标准主要起草人:吕宏、谢元锋、康志君、王玉民、李屹民。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 3651—1983。

金属高温导热系数测量方法

1 范围

本标准规定了直接通电纵向热流法测量金属高温导热系数的测量原理、试样要求、测量设备及仪器、测量步骤、数据处理及测量结果、测量记录和报告等。

本标准适用于 80℃~900℃ 温度范围内测量金属或合金无相变温度下的导热系数。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 1220 不锈钢棒

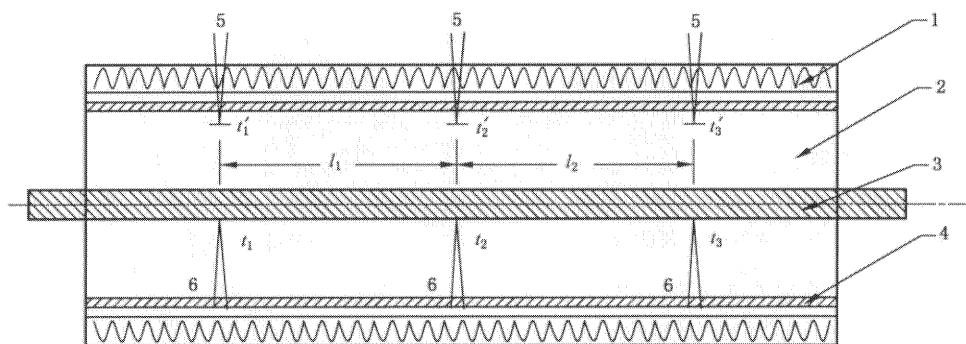
GB/T 2614 镍铬-镍硅热电偶丝

GB/T 8170 数值修约规则

GB/T 9971 原料纯铁

3 测量原理

3.1 测量方法示意图见图 1。



- 1——防热炉；
- 2——绝热材料；
- 3——试样；
- 4——均热管；
- 5——测量环境温度热电偶；
- 6——测量试样温度热电偶。

图 1 测量方法示意图

3.2 棒状试样通以直流电流时，产生的焦耳热主要沿试样纵向向两端传导。达到热稳定状态后，认为试样上是一维纵向热流，对试样和侧向环境间的热交换予以修正，试样的导热系数由下式确定：

$$\lambda = \frac{6.364 \times 10^{-3} IU}{D^2(\Delta_1 - \epsilon N)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

λ ——试样的导热系数，单位为瓦每厘米每摄氏度($\text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)；

l ——试样工作区段平均长度; $l = \frac{l_1 + l_2}{2}$,单位为毫米(mm);

I ——通入试样的直流电流,单位为安培(A);

U ——试样工作区段平均电压降; $U = \frac{U_1 + U_2}{2}$, U_1 、 U_2 分别为 l_1 、 l_2 上的电压降,单位为毫伏(mV);

D ——试样直径,单位为毫米(mm);

Δ_1 ——试样工作区段中点和端点间的温度差,单位为摄氏度(°C);

ϵ ——反映侧向热交换大小的系数;

N ——标志试样和侧向环境温度差的函数,单位为摄氏度(°C)。

上式中 Δ_1 、 N 、 ϵ 由下列各式确定:

$$\Delta_1 = t_2 - \frac{t_1 + t_3}{2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta_2 = t'_2 - \frac{t'_1 + t'_3}{2} \dots\dots\dots (3)$$

$$N = t'_2 - t_2 + \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{6} \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta_1^0 = t_{02} - \frac{t_{01} + t_{03}}{2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\Delta_2^0 = t'_{02} - \frac{t'_{01} + t'_{03}}{2} \dots\dots\dots (6)$$

$$N_0 = t'_{02} - t_{02} + \frac{\Delta_1^0 - \Delta_2^0}{6} \dots\dots\dots (7)$$

$$\epsilon = \frac{\Delta_1^0}{N_0} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

t_1 、 t_2 、 t_3 ——试样通电时试样端点、中点、另一端点的温度,单位为摄氏度(°C);

t'_1 、 t'_2 、 t'_3 ——试样通电时侧向环境端点、中点、另一端点的温度,单位为摄氏度(°C);

t_{01} 、 t_{02} 、 t_{03} ——试样不通电时试样端点、中点、另一端点的温度,单位为摄氏度(°C);

t'_{01} 、 t'_{02} 、 t'_{03} ——试样不通电时侧向环境端点、中点、另一端点的温度,单位为摄氏度(°C);

Δ_1^0 ——试样不通电时试样端点和中点温度差,单位为摄氏度(°C);

Δ_2^0 ——试样不通电时侧向环境端点和中点温度差,单位为摄氏度(°C);

Δ_2 ——试样通电时侧向环境端点和中点温度差,单位为摄氏度(°C);

N_0 ——试样不通电时标志试样和侧向环境温度差的函数,单位为摄氏度(°C)。

4 试样要求

4.1 试样数量

2个以上。

4.2 试样尺寸

4.2.1 被测试样为棒状时,应符合图 2a)或图 2b)的要求。

4.2.2 被测试样为丝状时,直径 D 为 1 mm~3 mm。

4.2.3 试样工作区段 l 为 20 mm~45 mm。

4.2.4 对片或板复合而成的金属复合材料,其长度应为片或板厚度的 20 倍。

单位为毫米

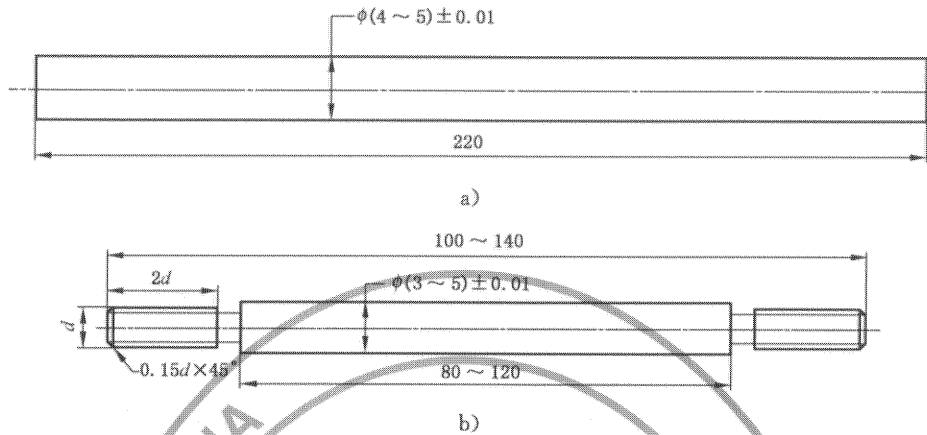


图2 棒状试样规格尺寸

5 测量设备及仪器

5.1 测量设备

5.1.1 用专门的管式隔热炉时,试样侧向环境温度应与试样温度接近,以减小试样和侧向环境间的热交换。隔热炉内加金属均热管,隔热管的纵向平均温度分布应接近样品平均温度。隔热炉可采用对开式,均热管横断面圆周上各点间温度差应小于 5°C 。对隔热炉温度进行自动恒温控制,控制精度为 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 试样和均热管之间填充绝热材料。用硬质绝热材料时,如用泡沫三氧化二铝时,需在绝热材料与均热管之间填充软纤维绝热材料。

测环境温度的热电偶焊在长条金属薄片上,金属薄片置于软纤维绝热材料中,与绝热材料有良好的热接触。金属薄片距试样中心线距离应小于 $0.6l$ 。

绝热材料的导热系数和尺寸要保证 ϵ 小于1。

5.1.3 测量试样温度的热电偶必须点焊在试样上,使热电偶和试样间有良好的热接触和电接触,保证温度测量的可靠性。同时要求 $\left| \frac{l_1 - l_2}{l} \right|$ 小于0.01。

5.1.4 实验真空度不低于 $6.67 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 。

5.1.5 通入试样的直流电流稳流精度为 $\pm 0.1\%$,波纹因数小于0.5%。

5.2 测温元件、仪器和量具

5.2.1 用镍铬-镍硅热电偶测温,电偶丝直径 $0.15 \text{ mm} \sim 0.3 \text{ mm}$,热偶丝材料应符合GB/T 2614要求。

5.2.2 用测量试样温度热电偶的同极性丝作为测量试样工作区段电位的引线。测量试样工作区段电压降、热电偶热电势的仪器的最小分度为 0.01 mV 。

5.2.3 测量通入试样直流电流的仪器的最小分度为 0.01 A 。

5.2.4 用相应精度的量具测量试样工作区段长度 l 和试样直径 D 。

6 测量步骤

6.1 当试样温度10 min内变化小于 0.5°C 时,认为被测系统达到了热稳定状态,达到稳定状态后测得的数据有效。

6.2 试样通入直流电流并达到热稳定状态后,对各点温度、电流和电压进行一次测量,改变电流的方向后再对各点进行测量一次,电流两方向下各测量的平均值为实验值。

6.3 通过使用不同材料或不同尺寸的试样延伸棒和直流电流引线,在试样两端通电调控 Δ_1 ,使其大小在 $10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 范围内。

6.4 通入试样的直流电流应使 $|N|$ 小于 5°C 。

7 数据处理及测量结果

7.1 将测量得到的数据分别代入(1)式~(9)式,则得到金属材料无相变温度下的导热系数。

7.2 按 GB/T 8170 规定修约数据。

7.3 本方法所测量出的导热系数误差应小于 $\pm 5\%$ 。

7.4 根据各温度下导热系数的实测值求出温度与导热系数的关系(可用作图法),由此关系得出对应于一定温度下的导热系数值。

8 测量记录和报告

8.1 测量记录至少应包括下列主要内容:

- a) 试样名称、材质、形状、批号、规格;
- b) 热偶类型、尺寸、安放方式;
- c) 仪器型号、环境温度等;
- d) 测量温度、试样的导热系数测量值;
- e) 测量日期、测量人员签字等。

8.2 测量报告至少应包括下列主要内容:

- a) 包括测量记录中的适当内容;
- b) 测量方法所测导热系数值的误差;
- c) 通过直流通电纵向热流法测量出的导热系数值,是在满足仪器要求的条件下测出,该测量结果引用时需注明测量条件,如果不满足测量条件引用该测量结果,需要把不满足的条件列出;
- d) 签发报告人签字。

附 录 A
(资料性附录)
测量设备的校准

A.1 用轧制状态的 YT3 纯铁和 06Cr18Ni11Ti 不锈钢作为校准用参考材料来校准测量设备。材料的化学成分分别符合 GB/T 9971 和 GB/T 1220 的规定。样品在 $1\,000^{\circ}\text{C}$, 1.33×10^{-2} Pa 真空中加热 2 h, 随炉缓冷至室温退火。以上样品导热系数的推荐值见表 A.1。

表 A.1

温度/ $^{\circ}\text{C}$	导热系数/ $(\text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1})$	
	YT3	06Cr18Ni11Ti
50	0.707 6	0.154 9
100	0.678 3	0.163 7
150	0.649 0	0.171 7
200	0.615 5	0.179 6
250	0.582 0	0.187 1
300	0.552 7	0.194 7
350	0.519 2	0.202 2
400	0.489 9	0.209 3
450	0.460 5	0.216 9
500	0.431 2	0.224 0
550	0.403 2	0.231 5
600	0.378 9	0.238 6
650	0.356 7	0.246 2
700	0.337 5	0.253 7
750	0.321 5	0.261 7
800	(0.309 4)	0.269 6
850	(0.301 4)	0.278 0
900	(0.297 7)	0.286 8

注：表中括号内数据供参考。

A.2 在 $80^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,对以上样品测得的导热系数值与上表推荐值偏差小于 $\pm 5\%$,认为设备可用。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
金 属 高 温 导 热 系 数 测 量 方 法
GB/T 3651—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 12 千字

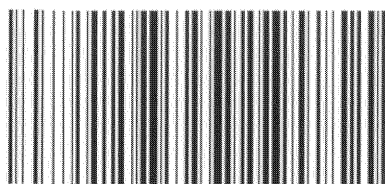
2008年8月第一版 2008年8月第一次印刷

*

书号:155066·1-32542 定价 14.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 3651—2008