

YB

中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T 4130—2005

耐火材料 导热系数试验方法 (水流量平板法)

Refractory materials—Determination of thermal conductivity
(calorimeter)

2005-04-11 发布

2005-08-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

前 言

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国耐火材料标准化技术委员会(SAC/TC 193)归口。

本标准起草单位:洛阳耐火材料研究院,河南新密市高炉砌筑耐火材料厂。

本标准主要起草人:张亚静、郑强、彭西高、王文战、魏发灿。

耐火材料 导热系数试验方法

(水流量平板法)

1 范围

本标准规定了耐火材料导热系数(水流量平板法)试验方法的定义、原理、设备、试样、试验步骤、试验误差等内容。

本标准适用于热面温度在 200℃~1300℃,导热系数在 0.03W/(m·K)~2.00W/(m·K)之间的耐火材料导热系数的测定。

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。凡是注明日期的引用文件,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。凡是不注明日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 8170 数值修约规则

3 定义

导热系数是指单位时间内在单位温度梯度下沿热流方向通过材料单位面积传递的热量。可表示为:

$$\lambda = q / (dT/dx) \quad (1)$$

式中:

λ ——导热系数,单位为瓦每米开尔文(W/(m·K));

q ——单位时间热流密度,单位为瓦每平方米(W/m²);

dT/dx ——温度梯度,单位为开尔文每米(K/m)。

4 原理

根据傅立叶一维平板稳定导热过程的基本原理,测定稳态时单位时间一维温度场中热流纵向通过试样热面流至冷面后被流经中心量热器的水流吸收的热量。该热量同试样的导热系数,冷热面温差,中心量热器吸热面面积成正比,同试样的厚度成反比。

导热系数为:

$$\lambda = Q \cdot \delta / (A \cdot \Delta T) \quad (2)$$

式中:

λ ——导热系数,单位为瓦每米开尔文(W/(m·K));

Q ——单位时间内水流吸收的热量,单位为瓦(W);

δ ——试样厚度,单位为米(m);

A ——试样面积,单位为平方米(m²);

ΔT ——冷、热面温差,单位为开尔文(K)。

水流吸收的热量与水的比热,水的质量,水温升高成正比。

$$Q = C \cdot w \cdot \Delta t \quad (3)$$

式中:

Q ——单位时间内水流吸收的热量,单位为瓦(W);

C ——水的比热,单位为焦每克开尔文(J/(g·K));

w ——水流量,单位为克每秒(g/s);

Δt ——水温升高,单位为开尔文(K)。

5 设备

5.1 试验炉

采用电加热炉(如图1),且应满足下列条件:

- a) 试验炉应具有加热到 1300℃ 以上的能力;
- b) 试验炉应能容纳 $\phi 180\text{mm} \times (10 \sim 25)\text{mm}$ 试样一块;
- c) 控温热电偶热端安放在均热板中心位置正上方 10mm~20mm 处,冷端置于冰水中或采取温度自动补偿;
- d) 试验炉在空气气氛中能满足 7.4 规定的升温速率加热试样。仪表的控温精度为不大于 0.5℃,恒温时,炉内装样区的温度均匀,任意两点间的温差不大于 10℃,试验温度偏差为 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。

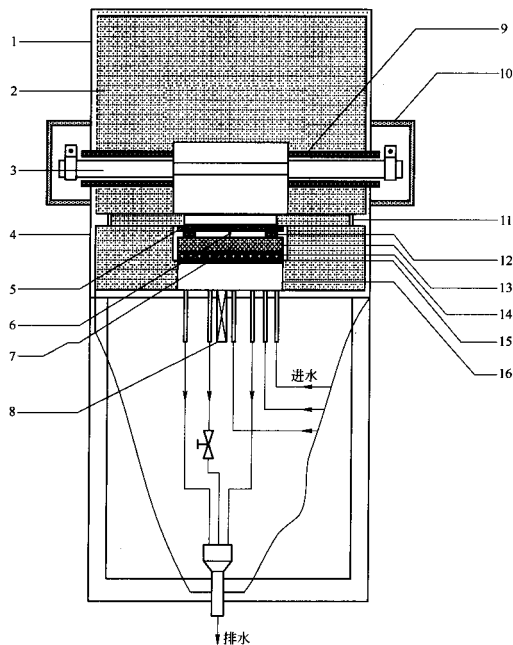


图1 试验炉结构示意图

- 1—炉上体;2—高铝纤维;3—加热元件;4—炉下体;5—均热板;6—热面测温点;
7—冷面测温点;8—接线柱;9—绝缘瓷管;10—防护罩;11—高铝纤维;12—支承块;
13—试样;14—垫板;15—玻璃纤维布;16—量热器

5.2 量热器系统

5.2.1 中心量热器、第一保护量热器和第二保护量热器均用比热小、导热性能好的紫铜材料制成,并保证三个量热器在同一水平面上。

5.2.2 中心量热器为双回路水道,保证量热器温度均匀。

- 5.2.3 温升热电偶堆,由 10 对 $\phi 0.3\text{mm}$ 的铜-康铜热电偶丝制成,用以测量流经中心量热器进出水的温升。
- 5.2.4 温差调零热电偶堆,由 8 对 $\phi 0.3\text{mm}$ 的铜-康铜热电偶丝制成,用以测量中心量热器与第一保护量热器的温差。

5.3 给水系统

中心量热器水路流量应能在 $30\text{g}/\text{min}\sim 120\text{g}/\text{min}$ 范围内可调。

恒压水箱应具有在试验过程中维持水压稳定的上水,下水和溢流装置,并确保试验过程中水温波动不大于 0.6°C 。恒压水箱安装在距地面约 2.5m 处。

5.4 测散料的固定环

用耐火材料制成的圆环,尺寸为内径 $(180\pm 2)\text{mm}$,外径 $(210\pm 2)\text{mm}$ 。

5.5 垫板

5.6 其他器具

- 5.6.1 热电偶,试样冷、热面温度和加热炉控温均采用 $\phi 0.5\text{mm}$ S 型铂铑 10-铂热电偶。热电偶应定期进行校验。
- 5.6.2 电信号测量装置,采用 UJ33a 直流电位差计或 0.05 级以上的电信号测量器具。
- 5.6.3 秒表,分辨率 0.1s 。
- 5.6.4 游标卡尺,分度值为 0.02mm 。
- 5.6.5 测厚仪,分度值为 0.02mm 。
- 5.6.6 天平,最大量程 2kg ,感量 10mg 。
- 5.6.7 烧杯。

6 试样

- 6.1 每次从样品中制取一块试样,试样尺寸为 $\phi(160\sim 180)\text{mm}\times(10\sim 25)\text{mm}$ 圆形试样。试样的两个端面应平整,不平行度应小于 1mm 。
- 6.2 标型砖或其他尺寸的样品,需切割为长度 180mm ,宽度不小于 80mm 的中间部分,然后切割两个弧形拼在两边,形成直径 $(160\sim 180)\text{mm}$ 的圆形试样,如图 2 所示。
- 6.3 不定形耐火材料,可参照其施工要求,用合适的模具直接制备出规定尺寸的试样。也可用固定环在炉中测试位置将其固定后测试,在向圆环中间装填物料时,还可进行捣实,装填高度应与圆环高度一致。

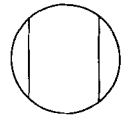


图2 试样拼接方式示意图

7 试验步骤

7.1 干燥及热处理

试样和垫板应放在 $110^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ 下干燥至恒重,或按制品的工艺要求进行处理。

7.2 测量试样的厚度

用游标卡尺沿试样边缘每隔 120° 测量一个值,然后取其平均值。测量厚度精确到 0.02mm 。

7.3 装炉

- 7.3.1 将制备好的直径 220mm 的玻璃纤维布及所需要材质的垫板按先后顺序放在量热器上,将测量冷面温度的热电偶端点放置在垫板中心处。
- 7.3.2 将试样放置在垫板上(冷面热电偶上)用手轻轻按压,使垫板和试样间呈现最小的空隙。
- 7.3.3 将由轻质材料制成的支撑块放在试样边缘(每隔 120° 放置一个),然后在试样周围的空隙处填充高铝纤维棉。
- 7.3.4 在试样热表面的中心处放置测量热面温度的热电偶热端。
- 7.3.5 将均热板放在支撑块上,使均热板与试样平行,其间距为 $10\text{mm}\sim 15\text{mm}$,均热板周围用纤维毡(毯)盖严。量热器、垫布、垫板、试样、均热板应同轴。

盖上炉盖,并使其与炉下体部分无空隙。

7.4 加热

按下列规定之一加热:

- 一般试样从室温至试验温度,按不大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温,在试验温度下恒温 50min ;
- 对于硅质制品,从室温至试验温度,按 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温,在试验温度下恒温 50min ;
- 对于不定形耐火材料从室温至试验温度,按不大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温,在试验温度下恒温 120min ;
- 按制品的工艺要求升温。

7.5 测量

- 调节中心量热器的水流量,流量根据试样的材质确定,一般控制在 $30\text{g}/\text{min}\sim 120\text{g}/\text{min}$ 范围内。
- 调节第一保护量热器的水流量,使中心量热器与第一保护量热器的温差为零,允许波动 $\pm 0.005\text{mV}$ 。
- 测量热面热电偶、冷面热电偶电势。
- 测量水温升高,即 10 对热电偶的电势。
- 测量中心量热器的水流量,每个试验温度点测量三次,每隔 10min 测量一次,然后计算其平均值,每一个测量值与平均值的偏差不大于 10% ,否则应重新测定。

8 计算

8.1 按式(4)计算导热系数:

$$\lambda = k \cdot \Delta mv \cdot w \cdot \delta / (t_1 - t_2) \quad (4)$$

式中:

- λ ——导热系数,单位为瓦每米开尔文($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$);
- k ——常数,单位为焦每克毫伏平方米($\text{J}/(\text{g} \cdot \text{mV} \cdot \text{m}^2)$);
- Δmv ——中心量热器的水温升高的电动势差,单位为毫伏(mV);
- w ——中心量热器的水流量,单位为克每秒(g/s);
- δ ——试样厚度,单位为米(m);
- t_1 ——试样热面温度,单位为度($^{\circ}\text{C}$);
- t_2 ——试样冷面温度,单位为度($^{\circ}\text{C}$)。

8.2 计算结果按 GB/T 8170 修约至三位小数。

9 试验报告

试验报告至少包括下列内容:

- 试样编号;
- 试样名称;
- 试样的厚度;
- 试样测试结果;
- 设备型号,编号;
- 执行标准;
- 试验单位;
- 试验人员;
- 试验日期。