

文章编号: 1005-3026(2006)02-0196-03

耐火保温材料导热系数的测定

刘世英, 于亚鑫, 邱竹贤

(东北大学 材料与冶金学院, 辽宁 沈阳 110004)

摘 要: 在中华人民共和国黑色冶金行业标准 YB/T 059-91 的基础上, 设计并做出了测量耐火保温材料导热系数的实验仪器. 阐述了此仪器的实验装置、测量原理及其测试方法、实验结果等. 通过测量已知导热系数的碳化硅砖的导热系数, 得其误差小于 8%, 通过对同一试样的两个小试样进行平行测量, 得其相对偏差小于 3%.

关键词: 导热系数; 仪器; 测量; 耐火材料; 保温材料

中图分类号: TF 065.1 文献标识码: A

耐火材料、保温材料广泛应用于各种炉窑、电解槽等的生产上, 其导热系数是一项重要的物理参数, 它的大小标志着物质的导热能力. 物质导热系数的数值与材料的成分、性质、状态、内部结构等因素有关, 而且对同一种物质来说, 导热系数还与温度、压力、密度、湿度等因素有关^[1-3]. 因此, 导热系数的数据只能依靠实验的现场测定才可靠.

1 测量原理

本实验装置是依据傅立叶单向平壁稳态导热原理和沸腾换热原理确定的^[4]. 如一厚度为 h 的单层壁, 设材料的导热系数 λ 为常数, 壁两侧表面各保持均匀稳定的温度 t_1 和 t_2 , 若壁的高度与宽度远大于其厚度(可称为大平壁), 则可认为沿高与宽两个方向温度没有变化, 而仅沿厚度方向改变, 即为一维稳定导热^[5]. 通过实际计算证明, 当高度和宽度是厚度的 8~10 倍时, 作为一维问题处理, 误差小于百分之一^[6-8]. 根据傅立叶定律有 $Q = -\lambda F dt/dx$ 积分整理得 $\lambda = Qh/F\Delta t$, 式中, λ 为试样的导热系数, $W/(m \cdot K^{-1})$; Q 为单位时间内流经试样的热量, W ; h 为试样的厚度, m ; F 为试样测试区的面积, m^2 ; Δt 为试样高温面和低温面的温差, $^{\circ}C$.

沸腾是通过大量气泡的形成、成长和运动将物质由液态转换到气态的一种蒸发过程. 沸腾换

热就是伴随着液汽相变的热量传递过程. 在一定压力下, 当壁面温度大于液体的饱和温度时, 液体就会沸腾汽化^[4].

将已知厚度的平板试样放在实验装置内, 使其热面与冷面之间保持一个恒定温差, 热量从试样的热面经试样传给冷面后, 再经冷面将热量传给量热器, 使量热器内的蒸馏水沸腾, 利用水的汽化潜热, 再根据单位时间内收集的冷凝水质量, 就可以得到单位时间内通过试样的热流量 Q .

2 实验装置及测试方法

此实验装置是在文献[9]所设计的仪器基础上改进而成的.

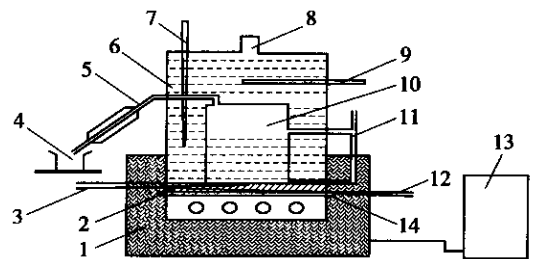


图1 实验装置

Fig. 1 Experimental setup

- 1—加热炉 2—试样 3—上表面热电偶 4—接水烧杯;
- 5—冷凝装置 6—恒温水浴 7—温度计 8—注水阀门;
- 9—辅助加热器 10—量热器 11—注水管;
- 12—下表面热电偶 13—CKW-3100 温度控制器;
- 14—均热板.

加热炉是边长为 400 mm 的立方体炉, 上部开口; 主热源采用直径为 13 mm, $R = 2.4 \Omega$ 的硅

收稿日期: 2005-04-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50334030).

作者简介: 刘世英(1977-),女,吉林大安人,东北大学博士研究生;邱竹贤(1921-),男,江苏海门人,东北大学教授,博士生导师,中国工程院院士.

碳棒, 4 支串连; 炉衬用耐火耐热性能较好的保温砖砌成, 用保温棉填满缝隙; 量热器上部装有水珠捕集器, 底部是导热性能较好的紫铜材料, 均热板采用规格为 245 mm × 170 mm × 10 mm 的紫铜板。

主热源供给的热量通过均热板传向试样, 再通过试样加热量热器中的水, 使水汽化, 汽化的水通过接水冷凝管冷却, 用烧杯收集冷凝下来的水, 这样就可以根据单位时间内收集到的冷凝水质量求出单位时间内通过试样的热流量。量热器外部是恒温水域, 用作护热装置, 以免量热器向外部传热。当恒温水浴的水温与量热器的水温相同时, 量热器与恒温水浴无热量交换。测量时必须保证恒温水浴的水温与量热器的水温都为 100 °C。这就需要在恒温水浴中放置辅助加热器, 以保证水温

是 100 °C。

测量前, 将试样放在恒温烘箱内(100 °C 左右) 烘干 2 h。同时要保证试样的表面平整, 上下表面要与均热板及量热器接触良好。测量时每个测试温度要稳定 30 min, 使试样的上下表面建立起稳定的温度场。

3 实验数据

首先测量了已知导热系数的碳化硅砖的导热系数, 其结果如表 1 所示。将实验数据与已知数据进行对比, 其最大误差为 7.2%。

将密度为 0.79 g/cm³ 的保温砖进行实验, 在同一块砖上切出两个试样 A 和 B, 测量其导热系数, 进行对比试验, 其相对偏差在 0~2.34% 之间。实验结果如表 2 所示。

表 1 碳化硅砖的导热系数

Table 1 Thermal conduction coefficients of carborundum brick

$t/^\circ\text{C}$	300	400	500	600	700	800	900	1000
λ (已知)($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$)	20.28	19.40	18.29	17.26	16.48	15.91	15.61	15.51
λ (实测)($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$)	21.74	20.51	19.07	17.79	17.02	16.58	16.25	16.01
误差/%	7.20	5.72	4.26	3.07	3.28	4.21	4.10	3.22

表 2 保温砖的导热系数

Table 2 Thermal conduction coefficients of thermal insulating brick

试样	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
$t_1/^\circ\text{C}$	400	400	500	500	600	600	700	700	800	800
$t_2/^\circ\text{C}$	217	219	252	254	287	288	323	327	357	360
$\Delta t/^\circ\text{C}$	183	181	248	246	313	312	377	373	443	440
m/g	10.41	10.57	15.86	15.73	20.61	21.52	28.28	28.36	35.90	36.57
λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$)	0.270	0.277	0.304	0.304	0.313	0.328	0.357	0.362	0.386	0.396
相对偏差/%	1.28	1.28	0	0	2.34	2.34	0.695	0.695	1.28	1.28

本实验还测量了耐火砖的导热系数, 其结果如图 2 所示。

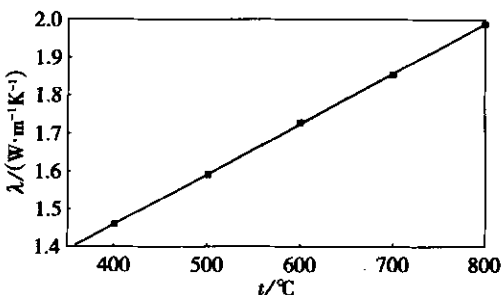


图 2 耐火砖导热系数与温度的关系

Fig. 2 Relationship between thermal conduction coefficient and temperature of refractory brick

由此图得出耐火砖的导热系数与温度的关系式为

$$\lambda = 0.94 + 1.3 \times 10^{-3} t$$

4 结 论

利用已知导热系数的材料对实验仪器进行检验, 其实验误差在允许的范围; 又通过同一材料的平行实验, 得其相对偏差小于 3%。本实验仪器是可用的。

参考文献:

- [1] Andersen F B, Mikkelsen J. Thermal conductivity measurement of cathode insulation materials[A]. *Light Metals*[C]. WTMS, 2000. 429-435.
- [2] Naziev M, Naziev D, Gasanov V G. Determination of the effect of variability of the thermal properties of materials when measuring thermal conductivity using steady-state thermal method[J]. *Measurement Techniques*, 2004, 47(1):73-77.
- [3] Konstantin B. Determination of the thermal conductivity coefficient of superhard material[J]. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 2003 42(5/6) 310-315.
- [4] 郑祥华, 张亚静, 王瑞春. 绝热板导热系数测定方法的改进[J]. *耐火材料*, 1996, 30(5) 287-290.
(Zheng X H, Zhang Y J, Wang R C. Improvement on the

determination of thermal conductivity of insulating board[J]. Fire Resisting Material, 1996, 30(5):287-290.

[5] 天津大学. 传热学[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1981.10-21. (Tianjin University. Heat transfer[M]. Beijing: Chinese Building Industry Press, 1981.10-21.)

[6] Tolstykh V K, Volodin N A. Determination of the thermal conductivity in solidifying ingots[J]. Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 2003, 76(2):428-431.

[7] Stanek M. Determination of thermal diffusivity and thermal conductivity of Mg-Al alloys[J]. Materials Science and Engineering :A, 2003, 34(1-2):152-157.

[8] Belov E A, Kurepin V V, Nimenskii N V. Determination of the thermal conductivity and thermal diffusivity of solids by unilateral sounding of the surface[J]. Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 1985, 49(3):1093-1096.

[9] 李景江, 邱竹贤. 工业铝电解槽内衬材料的导热系数[J]. 轻金属, 1987(11):20-25. (Li J J, Qiu Z X. Thermal conductivity of material for cell lining[J]. Light Metals, 1987(11):20-25.)

Determination of Thermal Conduction Coefficient of Refractory and Thermal Insulation Materials

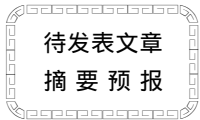
LIU Shi-ying, YU Ya-xin, QIU Zhu-xian

(School of Materials & Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110004, China. Correspondent: LIU Shi-ying, E-mail: neulsy@163.com)

Abstract: An experimental setup was designed to determine the thermal conduction coefficients of refractory and thermal insulation materials on the basis of China's Standard YB/T059-91. Describes the layout of the experimental setup, as well as its measuring principle, testing method and results. Taking a carborundum brick of which the thermal conduction coefficient was given as specimen, the measuring error of it is less than 8%. The relative error between the two specimens which were cut off from the same thermal insulating brick is less than 3%.

Key words: thermal conduction coefficient; experimental setup; measurement; refractory material; thermal insulation material
(Received April 15, 2005)

=====



一种基于 QoS 的无线分组调度算法

赵 越, 罗晓华, 杨 鹏, 王光兴

提出了一种适用于无线网络的分组调度算法——动态概率优先级调度算法(Dynamic Probabilistic Priority, DPP)。DPP 调度算法采用动态的优先级分配策略, 满足了不同业务的 QoS 需求。另外, DPP 算法在网络出现差错时, 动态地调整带宽分配, 使得网络中的带宽得到有效的利用, 提高了系统的吞吐量, 保证了算法的公平性。理论分析和仿真试验表明, 在无线网络环境中, 该算法具有更好的性能。

用于水电厂设备的故障诊断的贝叶斯网络模型

赵 海, 张晓丹, 尹震宇

通过分析水电厂设备故障诊断所面临的不确定性等问题以及当前常用诊断方法存在的局限性, 研究基于贝叶斯网络的设备故障诊断方法, 提出了适合于诊断问题的贝叶斯网络结构并阐述了基于贝叶斯网络故障诊断的团树推理算法。该方法综合考虑了多故障、故障征兆模糊以及电厂设备操作之间有依赖关系等情况。通过丰满水电仿真系统中水机调速器故障诊断的应用实例, 证实了该方法在信息不确定条件下进行诊断决策的有效性和准确性。

氧含量对耐火材料侵蚀的实验研究

许 莹, 胡宾生

利用煤粉燃烧试验装置模拟高炉富氧喷煤实际情况, 对硅砖、高铝砖和黏土砖进行了热空气侵蚀试验, 分析了侵蚀后试样的物相和显微结构。结果表明, 随着鼓风富氧率的提高, 侵蚀后硅砖中玻璃质和隐晶质硅酸盐含量不断降低, 气孔孔径扩大, 气孔率不断升高; 高铝砖中莫来石和方石英的含量不断升高, 玻璃质硅酸盐和隐晶质铝硅酸盐的含量则不断下降, 气孔孔径扩大, 气孔率不断升高, 黏土砖的物相组成和显微结构都没有发生明显的变化。

作者: [刘世英](#), [于亚鑫](#), [邱竹贤](#), [LIU Shi-ying](#), [YU Ya-xin](#), [QIU Zhu-xian](#)
作者单位: [东北大学, 材料与冶金学院, 辽宁, 沈阳, 110004](#)
刊名: [东北大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF NORTHEASTERN UNIVERSITY\(NATURAL SCIENCE\)](#)
年, 卷(期): 2006, 27(2)
被引用次数: 2次

参考文献(9条)

1. [Andersen F B;Mikkelsen J Thermal conductivity measurement of cathode insulation materials](#) 2000
2. [Naziev M;Naziev D;Gasanov V G Determination of the effect of variability of the thermal properties of materials when measuring thermal conductivity using steady-state thermal methods](#) [外文期刊] 2004(01)
3. [Konstantin B Determination of the thermal conductivity coefficient of superhard material](#) 2003(5/6)
4. [郑祥华;张亚静;王瑞春 绝热板导热系数测定方法的改进](#) 1996(05)
5. [天津大学 传热学](#) 1981
6. [Tolstykh V K;Volodin N A Determination of the thermal conductivity in solidifying ingots](#)[外文期刊] 2003(02)
7. [Stanek M Determination of thermal diffusivity and thermal conductivity of Mg-Al alloys](#)[外文期刊] 2003(1-2)
8. [Belov E A;Kurepin V V;Nimenskii N V Determination of the thermal conductivity and thermal diffusivity of solids by unilateral sounding of the surface](#) 1985(03)
9. [李景江;邱竹贤 工业铝电解槽内衬材料的导热系数](#) 1987(11)

本文读者也读过(5条)

1. [高学农. 王端阳. 黄活阳. 方玉堂. Gao Xue-nong. Wang Duan-yang. Huang Huo-yang. Fang Yu-tang 新型多孔保温材料的制备及性能](#)[期刊论文]-[华南理工大学学报\(自然科学版\)](#) 2007, 35(5)
2. [赵法刚. 王云霞. ZHAO Fa-gang. WANG Yun-xia 保温材料导热系数的自动化测量](#)[期刊论文]-[自动化与仪表](#) 2009, 24(1)
3. [陈春. 钱春香. 陈惠苏. 齐承庆. CHEN Chun. QIAN Chun-xiang. CHEN Hui-su. QI Cheng-qing 水泥基保温材料导热系数的模型研究](#)[期刊论文]-[建筑材料学报](#)2009, 12(3)
4. [王小萍. 黄绪泉. 成立 耐火材料导热系数的特性与影响因素综述](#)[期刊论文]-[科技信息\(学术版\)](#)2008(24)
5. [苏谦. 王迅. 刘深. SU Qian. WANG Xun. LIU Shen 青藏铁路新型路基保温材料应用试验研究](#)[期刊论文]-[西南交通大学学报](#)2007, 42(4)

引证文献(2条)

1. [狄跃忠. 姜艳丽. 冯乃祥. 崔建忠 铝电解槽新型内衬材料导热系数的测量](#)[期刊论文]-[材料与冶金学报](#) 2008(2)
2. [刘世英. 石忠宁. 任必军. 邱竹贤 铝电解槽用干防渗料的导热性与抗渗性](#)[期刊论文]-[中国有色金属学报](#) 2006(9)