

文章编号:1000-2278(2012)03-0358-03

工业窑炉新型耐火材料热物理性能的研究

陈功备 官小龙 张海荣

(景德镇陶瓷学院材料科学与工程学院,江西省先进陶瓷材料重点实验室,江西 景德镇 333001)

摘要

选择常用的耐火材料,模拟工业窑炉(主要是陶瓷窑炉)实际工况的温度分布特点,在各种温度下对材料试样进行导热系数的测试,最后利用数学方法对测试数据进行分析整理,得出与温度的关系表达式或图表。

关键词 耐火材料;导热系数

中图分类号:TQ174.6*53 文献标识码:A

0 引言

陶瓷行业是耗能大户,最主要的设备就是窑炉,而耐火材料又是窑炉设计,制造与应用的关键材料。随着科学技术的发展,各种新型耐火材料导热系数、比热、强度等热物理性能,无论是生产企业还是使用部门也仅仅做了一些相对性的测试并都没有进行全面测试分析。本文旨在研究工业窑炉常用新型耐火材料的导热系数在不同温度特别是高温下它们随温度变化的规律,得出的结论将为工业窑炉的设计制造、使用和材料选择提供依据。

1 实验部分

本课题分为两个部分,先进行实验测试,然后进行理论数据分析。实验部分:收集常用新型耐火材料的样品,分别制成若干 $\phi 105 \sim 200\text{mm}$,厚度为 $8 \sim 25\text{mm}$ 的试样,利用高温导热系数测定仪器,模拟耐火材料的使用环境,测定不同温度下的导热系数。理论部分:采用线性回归方法、最小二乘法,对实验数据进行分析整理,寻求导热系数与温度之间的数学关系式和图表。

1.1 实验原理

导热系数测定装置是根据付立叶单向平壁稳定

导热过程的基本原理,来测定不同材料的导热系数。实验证明,当长度与宽度为厚度的 $8 \sim 10$ 倍以上时,平壁边缘的影响可以忽略不计。这样的平壁导热可认为只沿厚度(X轴)方向进行,公式如下:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{(t_1 - t_2)F}$$

其中, λ 为高温导热系数; q 为热流密度; F 为试件测试区面积; δ 为试件厚度; t_1 为试件高温面温度为 t_2 为试件低温面温度。

因此,只要在实验过程中测定了 t_1, t_2 和 Q , 并已知试件的厚度 δ 和测量面积 A , 就可以计算出被测材料在平均温度 $[(t_1 + t_2)/2]$ 下的导热系数。

1.2 测试装置

测定装置主要有单方向加热炉,控温系统和蒸汽热量装置等三部分组成。单方向加热炉的结构图示

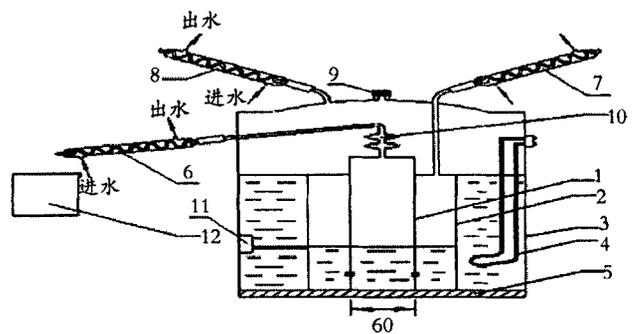


图1 加热炉

Fig.1 Furnace

收稿日期:2012-04-18

通讯联系人:陈功备, E-mail: jxcgb@163.com

表1 线性回归分析数据表
Tab.1 Linear regression analysis of the data

序号	T	λ	$T \times T$	$\lambda \times \lambda$	$T \times \lambda$
1	208	0.271769	43264	0.073859	56.52804
2	206	0.271769	42436	0.073859	55.9845
3	187	0.195571	34969	0.038248	36.57185
4	189	0.1855	35721	0.03441	35.05959
5	188	0.1855	35344	0.03441	34.87409
6	188	0.21955	35344	0.048202	41.2754
7	195	0.285818	38025	0.081692	55.73451
8	239.5	0.257554	57360.25	0.066334	61.68424
9	258.5	0.304094	66822.25	0.092473	78.60823
10	318	0.283381	101124	0.080305	90.11516
11	320.5	0.225001	102720.3	0.050625	72.11282
12	374	0.248111	139876	0.061559	92.79351
13	444.5	0.242335	197580.3	0.058726	107.7179
14	507	0.265966	257049	0.070738	134.8448
15	551.5	0.278574	304152.3	0.077603	153.6336
16	587.5	0.270987	345156.3	0.073434	159.2049
17	459	0.253564	210681	0.064295	116.3859
18	403.5	0.239485	162812.3	0.057353	96.6322
19	345.5	0.223261	119370.3	0.049845	77.13668
20	642.5	0.286138	412806.3	0.081875	183.8437
21	694.5	0.286875	482330.3	0.082297	199.2348
22	746	0.294358	556516	0.086647	219.5909
23	801.5	0.298168	642402.3	0.088904	238.9815
24	848.5	0.306577	719952.3	0.093989	260.1302
25	897	0.308963	804609	0.095458	277.1398
26	903.5	0.293247	816312.3	0.085994	264.9483
27	947.5	0.327654	897756.3	0.107357	310.4522
Σ	12651	7.109771	7662492	1.910493	3511.219

备注: T 的平均值 $\bar{t}=1859/9=206.56$; λ 的平均值 $\bar{\lambda}=2.14/9=0.2378$; $L_{xx}=389285.5-9 \times 206.56 \times 206.56=5281.6976$; $L_{yy}=1.3462-9 \times 0.2378 \times 0.2378=0.83726044$; $L_{xy}=458.79-9 \times 206.56 \times 0.2378=16.710288$; $B=16.710288/5281.6976=0.00316$; $A=0.2378-0.00316 \times 206.56=0.241572$

意图见图1。加热炉由经过处理的硅炭棒作发热体,炉衬用耐火、耐热的保温材料砌成,在炉腔底部放置碳化硅板作为均热板。均热板中心处,从下面伸出一热电偶,用来测量试件高温面的温度,均热板上面放置被测试件,试件上面中心处放置另一热电偶,用来测量试件低温面的温度。试件四周设有耐火耐热保温

材料的衬环。加热炉由数字温度控制器和可控硅等组成的控温系统来进行加热和控温。

量热装置主要由量热桶,恒温桶,保温桶设有隔热环及汽体浮化膜的底盘和汽水分离器等组成,热量装置中心的量热筒是整个装置的核心,它吸取来自单方向加热炉通过试件的热量,使其内部的蒸馏水变成

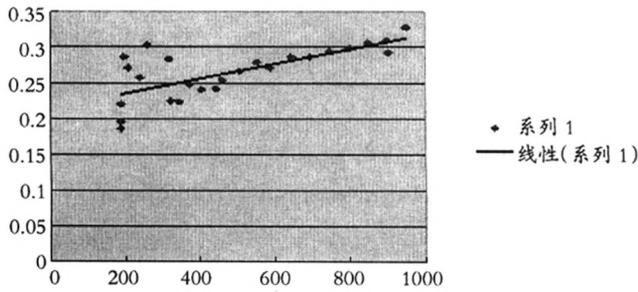


图2 导热系数与温度的图像

Fig.2 Thermal conductivity versus temperature

一个大气压下 100℃的水蒸气。水蒸气经过多级汽水分离器分离后,进入冷凝器冷凝成水。根据冷凝水的重量,便可求得通过试件的 Q 。汽水分离器的作用是把由于水的激烈沸腾而混入蒸汽的微小水滴与纯蒸汽分离开来,使测量数据更加准确。

2 实验数据及分析

利用表1的实验数据,根据线性回归方法进行归纳分析可知, T 的平均值 $t=1859/9=206.56$, λ 的平均值 $\lambda=2.14/9=0.2378$, 所以有:

$$L_{xx}=389285.5-9 \times 206.56 \times 206.56=5281.6976$$

$$L_{yy}=1.3462-9 \times 0.2378 \times 0.2378=0.83726044$$

$$L_{xy}=458.79-9 \times 206.56 \times 0.2378=16.710288$$

$$B=16.710288/5281.6976=0.00316$$

$$A=0.2378-0.00316 \times 206.56=0.241572$$

利用实验数据绘制了该材料导热系数与温度的图像(见图2),根据最小二乘法原理,于是得到了轻质莫来石砖的导热系数与温度之间的关系式:
 $\lambda = 0.241572 + 0.00316t$

根据同样的原理,我们还得出其他常用新型耐火材料的导热系数与温度的函数关系式,在此不一列出。

3 结语

本文得出的计算公式对陶瓷工业窑炉的设计与制造行业有着重要的指导作用,而且还可以作为设计选材的可靠依据,对降低工业窑炉的能耗也会有明显效果。

参考文献

- 1 杨世铭.传热学.北京:高等教育出版社,1987
- 2 韩昭沧.燃料及燃烧.北京:冶金工业出版社,1994
- 3 汪涂.高温导热系数测定装置说明.哈尔滨:哈尔滨工业大学,2001

Thermal Physical Properties of New Refractories for Industrial Kilns

CHEN Gongbei GONG Xiaolong ZHANG Hairong

(Key Laboratory of Advanced Ceramics of Jiangxi Province, School of Materials Science and Engineering, Jingdezhen Ceramic Institute, Jingdezhen Jiangxi 333001, China)

Abstract

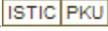
Conventional refractory materials were used to simulate the temperature distribution in industrial furnaces (mainly ceramic kilns) in operation, then their thermal conductivities at different temperatures were tested, and finally the test results were analyzed and processed by mathematical methods to acquire the expressions and diagrams of thermal conductivity as a function of temperature.

Key words refractories, thermal conductivity

Received on Apr.18, 2012

CHEN Gongbei, E-mail: jxcgb@163.com

工业窑炉新型耐火材料热物理性能的研究

作者: [陈功备](#), [宫小龙](#), [张海荣](#), [CHEN Gongbei](#), [GONG Xiaolong](#), [ZHANG Hairong](#)
作者单位: [景德镇陶瓷学院材料科学与工程学院, 江西省先进陶瓷材料重点实验室, 江西景德镇333001](#)
刊名: [陶瓷学报](#) 
英文刊名: [Journal of Ceramics](#)
年, 卷(期): 2012, 33(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_tcx201203019.aspx