

耐火材料常温抗拉强度试验研究

梅鸣华,杨晓鹏,田志宏,张秀华,孙立军
(中冶建筑研究总院有限公司,北京 100088)

摘要:常温抗拉强度是耐火材料重要的力学性能参数,通过比较分析,研究合理的试验方法,为工业炉窑的设计、耐火材料选材和使用提供重要依据。

关键词:耐火材料;常温抗拉强度;方法

中图分类号:TF065.1*1

文献标识码:A

文章编号:1001-6988(2012)06-0056-03

Experimental Research on Tensile Strength of Refractory Materials at Room Temperature

MEI Ming-hua, YANG Xiao-peng, TIAN Zhi-hong, ZHANG Xiu-hua, SUN Li-jun
(Central Research Institute of Building and Construction, MCC Group, Beijing 100088, China)

Abstract: The tensile strength at room temperature is an important refractory mechanical performance parameters. Research reasonable test method through comparison and analysis. It provide an important basis for the design of industrial furnace, the selection and use of refractory materials.

Key words: refractory; tensile strength at room temperature; technique

在大跨度(大于 4.5 m)轧钢加热炉上,炉顶往往采用平面吊挂顶板,通过锚固在耐火浇注料中的吊挂件,吊挂在炉顶围护的钢结构上,吊挂件一般采用长度 180 mm~620 mm、 Al_2O_3 约 60%的高铝锚固砖。依据操作工艺、使用和设计条件,平面吊挂顶板采用炉顶整体浇注吊挂和预制块拼装吊挂两种方式。预制块拼装吊挂有安装施工便捷、维护更换迅速的优点,但整体气密性差;炉顶整体浇注吊挂气密性好,但不宜维护更换,要求炉顶全部的吊挂件处于均匀受力状态,尤其是当单个吊挂锚固砖断裂时,可能会使炉顶的所有吊挂锚固砖产生多米诺骨牌效应,出现整个炉顶坍塌的现象。究其原因可以从吊挂锚固砖的应力状态分析入手;吊挂锚固砖在实际中承受静载荷力(自重和部分平面吊挂顶板重量)、动载荷(由于振动等原因)和温度变化产生的热应力作用。炉体正常工作时,吊挂锚固砖在炉内的热端温度可达 1 300 °C 甚至更高,而露在平面吊挂顶板外部的冷端温度在 50~300 °C。从有限元热应力数值计

算和模拟实际热应力测试可以知道,吊挂锚固砖高温表面存在压应力场,低温表面存在拉应力场,温差愈大、其应力值越大,对吊挂锚固砖产生弯曲作用,而且热端较冷端大,使热端较容易破坏。炉体降温时,吊挂锚固砖在炉内的热端温度也下降,其附近的应力场由压应力转变为拉应力,温度下降越快,应力场的转变速度也越快,形成吊挂砖两端受拉的应力状态,当超过其极限抗拉强度时,吊挂锚固砖就会产生裂纹甚至断裂。若炉顶吊挂砖断裂后,与这块吊挂锚固砖邻近的砖承受的静载荷力和动载荷就相应地增大,当综合拉应力超过其抗拉强度时,也会发生断裂。相应地依此效应整个炉顶的吊挂锚固砖就会依次地断裂,出现整个炉顶坍塌的现象。因此准确测量吊挂锚固砖的抗拉强度,对工业炉设计、选材、炉体生产操作工艺有着重要的指导意义。

1 试验原理

耐火材料作为高温材料,其损坏机理主要是化学侵蚀和热机械应力。在实际应用中,当材料的局部压应力达到耐压强度或者局部拉应力达到抗拉强度时,裂纹就在此处最先形成,在热应力和残余应力的

收稿日期:2012-07-17

作者简介:梅鸣华(1967—),女,教授级高工,从事耐火材料研制、生产、施工及标准制定、检测及质量管理等工作。

综合作用下扩展,最终造成耐材的开裂和剥落。

常温抗拉强度试验是在室温下,以恒定的加拉速率对规定尺寸的耐火材料试样施加负荷直至破坏,试样在破坏之前单位面积上所能承受的最大载荷。

2 试验方法

ISO、ASTM、EN 中均没有耐火材料常温抗拉强度试验方法的标准,GB/T 50081-2002《普通混凝土力学性能试验方法标准》中劈裂抗拉强度试验采用边长 150 mm 的立方体试件为试样,放在带垫条的垫块中间,上下垫块用支架连接,在试验机压板下中心位置以等应力速度加荷直至试件破坏,不能体现吊挂锚固砖在吊挂使用过程中的受力状态;GB/T 17371-2008《硅酸盐复合绝热涂料》、GB/T 16777-2008《建筑防水涂料试验方法》和 JTJ 270-1998《水运工程混凝土试验规程》中抗拉强度试验将涂料和砂浆成型为 8 字模样式,在试验机上进行拉伸试验,但锚固砖难以制成 8 字模样式,若用整砖进行拉伸试验,因吊挂锚固砖的形状各异,难以统一拉伸夹具,因此需要统一试验方法。

2.1 试验设备

试验精度不低于 1%, 量程满足试验要求的拉伸试验机。

2.2 试样尺寸

耐火材料主要以混合骨料、细粉和结合剂经搅拌、成型、烧成等工序制成的,显微结构复杂,为非均质的脆性材料,存在着一定的特征体积,经验的特征体积相应于 3~4 倍的临界颗粒体积(建材行业混凝土的特征体积相应于 4~5 倍的临界颗粒体积),吊挂锚固砖的临界颗粒一般为 6 mm,耐火材料的临界颗粒通常在 10 mm 左右,这样试样的最小断面尺寸取 35 mm 较为适宜。

2.3 试样外形

抗拉试验试样外形常见的有金属材料原规格形状的长条形和非金属材料(混凝土、砂浆、涂料等)的 8 字模形(如图 1 所示),JTJ 270-1998《水运工程混凝土试验规程》中水泥砂浆做极限拉伸试验时将水平中线的两个半 8 字模之间的间距由 0 增至为 200 mm 的大 8 字模形试件。

不定形耐火材料可以成型为 8 字模样式,但致密定形耐火制品难以制成 8 字模样式,考虑到非金属材料共性的(非均质、脆性等),抗拉试验过程中夹

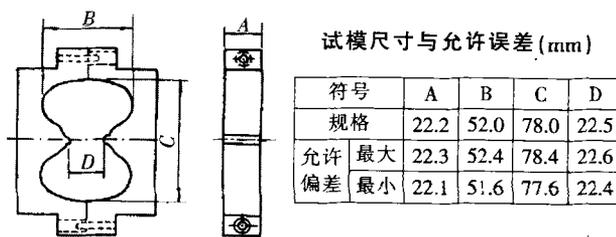


图 1 8 字模尺寸图

具与试样之间无扭矩,试样制备简单且易于操作等因素,采用类 8 字模形式(如图 2 所示)作为抗拉强度试验的试样。

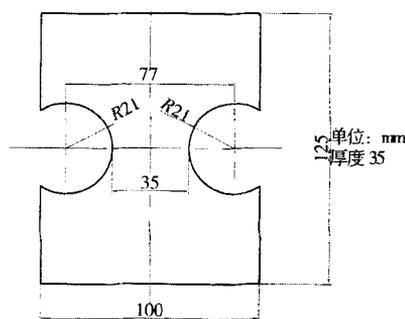


图 2 试样尺寸图

2.4 试验夹具

对应于试样的形状尺寸,试验夹具结构的选取应确保试样在试验过程中只承受垂直方向的拉力,而无其他任何方向的载荷,经多次试验后采用如图 3 所示的结构。

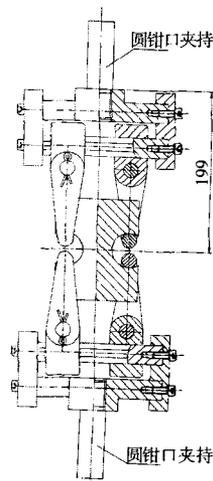


图 3 试样抗拉夹具图

2.5 加荷速率

加荷速率对试验结果有一定的影响,通常加荷速率越大,试验结果偏大。综合试验设备性能和试验结果,选取耐火材料常温抗拉强度试验的加荷速率

为(1.0±0.1)MPa/s。

2.6 计算公式

常温抗拉强度 R 由公式(1)计算:

$$R = F_{\max} / A_0 \quad (1)$$

式中: R —试样的常温抗拉强度,MPa

F_{\max} —记录的最大荷载,N

A_0 —试样受拉初始最小端面积,mm²

3 试验结果与分析

对高铝锚固砖进行了一些试验,结果表明:高铝锚固砖抗拉能力低于抗折和耐压能力,抗拉强度只有耐压强度的 1/13 左右,抗折强度的 1/2~1/3;同时也验证耐火材料在受压时呈弹塑性状态,受拉和受折时呈脆性状态,见表 1。

4 结论

(1)确定了如何准确测量耐火材料的常温抗拉强度,可以为工业炉窑的设计、选材,耐火材料的分析和使用提供重要数据。

(2)用试验数据表明高铝锚固砖的抗拉强度低于抗折强度,远低于耐压强度,在选用时应分析其受力状态,选取合理的性能参数。

表 1 高铝锚固砖的性能表

试样名称	Al ₂ O ₃ /%	常温抗拉强度 /MPa	常温抗折强度 /MPa	常温耐压强度 /MPa	常温抗折强度/常温抗拉强度	常温耐压强度/常温抗拉强度
高铝锚固砖	67.56	3.0	7.3	54.0	2.4	18.0
	66.21	3.0	7.8	47.0	2.6	15.7
	59.71	8.0	15.9	65.0	2.0	8.1
	57.61	7.1	17.1	67.0	2.4	9.4
	57.22	6.8	10.2	55.0	1.5	8.1
	57.61	5.6	11.6	61.0	2.1	10.9
	61.11	4.8	9.9	64.0	2.1	13.3
	69.05	5.0	7.6	51.0	1.5	10.2
	58.01	3.3	7.8	55.0	2.4	16.7
	57.00	5.6	15.5	76.1	2.8	13.6
	63.66	6.7	13.2	115	2.0	17.1
	63.11	7.4	12.9	98.0	1.7	13.2
	67.79	5.4	11.5	59.0	2.1	10.9
	60.70	7.1	14.6	66.0	2.1	9.3
	68.42	8.2	19.2	75.6	2.3	9.2
	68.16	6.3	17.6	67.4	2.8	10.7
	68.05	5.4	15.0	60.8	2.8	11.2

参考文献:

- [1] XUE NAIYAN. "Research and Application of Precast Arched Furnace Top with Low-Stress for Preheating Furnace" [C]//第三届北京国际耐火材料学术会议汇编.北京:中国金属学会和中国硅酸盐学会,1998.
- [2] 何小辉.高温加热炉吊挂平顶与拱顶的分析[J].工业加热,2009(6):55-56.

新版《工业炉设计手册》介绍

由机械工业出版社出版的《工业炉设计手册》(第3版)已于2010年4月正式出版发行。新版《手册》是在1996年第2版的基础上,根据近年来颁布的新标准、新规范,采用大量新技术、新名词术语及新的标准方法编辑出版的一本新工具书。

《工业炉设计手册》是我国目前唯一一本集工业炉设计研究、制造维修和操作管理于一体的技术性、实用性手册。它的新版发行是行业中的一件大事,也是业内广大读者所期盼的。该《手册》从即日起由《工业炉》杂志社发行部正式对外销售发行,欢迎读者订购。

新再版《工业炉设计手册》订价 185 元/册,为确保收发安全,一律采取保价挂号邮寄方式,每册需加收 15 元的邮寄费。

收款账户、账号及银行信息:

户名:机械工业天津科技书刊发行服务中心

银行:中国农业银行天津红旗南路支行

账号:02-190501040003169

联系人:方毅 联系电话/传真:(022)23694942,13072226190

地址:天津市南开区长江道 71 号,邮编:300113 电子邮箱:skfxzx@163.com

注意事项:各位订户请在汇款单中注明单位名称、地址、邮编、订购册数、联系电话及收件人姓名,以确保邮件顺利寄达(请注明是否开具发票)。

工业炉杂志社发行部

耐火材料常温抗拉强度试验研究

作者: [梅鸣华](#), [杨晓鹏](#), [田志宏](#), [张秀华](#), [孙立军](#), [MEI Ming-hua](#), [YANG Xiao-peng](#), [TIAN Zhi-hong](#),
[ZHANG Xiu-hua](#), [SUN Li-jun](#)
作者单位: [中冶建筑研究总院有限公司, 北京, 100088](#)
刊名: [工业炉](#) **ISTIC**
英文刊名: [Industrial Furnace](#)
年, 卷(期): 2012, 34(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gyl201206017.aspx