

导电耐火材料及其常温电阻率测试仪的研制

□ 田守信 尹惠明 季永业 刘礼寿 翟国华

洛阳耐火材料研究院 洛阳 471039

摘要 简要介绍了直流电弧炉用导电耐火材料的理化性能及导电机理,根据其导电特性研制了导电耐火材料用常温电阻率测试仪,介绍了电阻率测试仪的结构及特点。

关键词 导电耐火材料,电阻率测试仪,直流电弧炉,含碳耐火材料

直流电弧炉炼钢是近几年来电炉炼钢技术发展的重大成就。在直流电弧炉的炼钢过程中,其炉底还要兼作电弧炉的阳极使用。这就要求直流电弧炉的炉底不仅要有优良的物理化学性能及高温性能,而且还要有良好的导电性。为了准确地测量导电耐火材料的导电性能,研制了导电耐火材料常温电阻率测试仪。

1 导电耐火材料

直流电弧炉的炉底结构基本上可分为三种:金属或石墨棒埋在炉底做电极,金属网埋在炉底做电极和导电耐火材料制成的炉底做电极。导电耐火材料主要有 $MgO-C$ 质、 $MgO-CaO-C$ 质及 $MgO-CaO-Fe$ 质等。

1.1 导电耐火材料的导电机理

众所周知,石墨具有良好的导电性。单晶石墨在室温时沿层面方向的电阻率约为 $5 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ 。人造石墨的电阻率一般为单晶石墨的 20 倍。石墨制品的电阻率为 $1.02 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$ 。因此,导电耐火材料主要是以石墨作为导电因子的含碳耐火材料。此外,在含碳耐火材料中,有机结合剂(如树脂类)经高温处理后碳化,也可成为导电因子。

在含碳耐火材料中,石墨的加入量与材料电阻率的关系如图 1 所示^[1]。由图 1 可见,当石墨的加入量小于 6% 时,材料的导电性相当差;当石墨的加入量在 6%~12% 之间时,材料的电阻率急剧下

降;而当石墨的加入量超过 12% 时,材料电阻率的降低并不显著。此外,对含碳耐火材料进行热处理也可以大幅度地降低材料的电阻率。

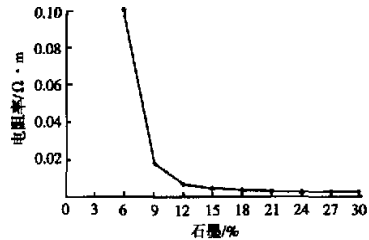


图1 石墨加入量与电阻率的关系

1.2 常用导电耐火材料

目前,直流电弧炉的炉底最常用的导电耐火材料是 $MgO-C$ 质耐火材料,其主要品种为导电镁碳砖、导电镁碳捣打料、导电镁碳热补料等。图 2 是 ABB 型直流电弧炉炉底导电耐火材料的砌筑情况。

导电镁碳砖以镁砂 ($MgO > 98\%$) 和鳞片石墨 (加入量为 12%) 为主要原料,以导电性良好的金属粉末(如 Al 粉)和碳化物粉末(如 B_4C 粉)为添加剂,结合剂采用固定碳含量较高的树脂类,经高压成型、高温处理后即可。

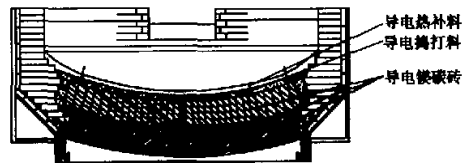


图2 ABB型直流电弧炉炉底结构

导电镁碳捣打料选用高级电熔镁砂和纯度较

• 田守信:男,1957年生,技师。
收稿日期:2000-07-19
修回日期:2000-09-13

编辑:柴俊兰

高的天然鳞片石墨为主要原料,添加一定量的助烧剂及增强剂,结合剂选用对镁砂和石墨具有良好润湿性和粘结性的有机复合结合剂。

导电镁碳热补料所采用的主要原料为结晶良好的电熔镁砂,碳素材料选用具有良好铺展性、结合强度和导电性的沥青材料,结合剂可选用煤焦油、葱油、树脂类等。为了防止碳素材料及有机结合剂的受热燃烧,在此热补料中可加入一定量的液体或固体阻燃剂。表1列出了三种导电耐火材料的理化性能^[2]。

表1 导电耐火材料的理化性能

项 目	镁碳砖	镁碳捣打料 (200℃, 14h)	镁碳热补料 (1200℃炭化)
显气孔率/%	0.46	13.6	35
体积密度/g·cm ⁻³	3.12	2.67	2.20
耐压强度/MPa	59.4	10.4	-
抗折强度/MPa	14.5(1400℃, 0.5h)	5.4	0.33
电阻率/Ω·m	(1.97~3.52) × 10 ⁻⁴	0.11	2.4 × 10 ⁻³
MgO/%	80.24	-	82.66
C/%	12.89	-	7.5

2 导电耐火材料常温电阻率测试仪

2.1 电阻率的测试原理及方法

根据报道的一些导电耐火材料的电阻率或电导率的测量方法^[3,4],国外有关碳和石墨的电阻率检测标准^[5,6]及日本品川公司有关耐火材料电阻的测量方法^[7],结合导电耐火材料的特点,采用直流双臂电桥来测取试样的电阻值,然后根据试样的尺寸按式 $\rho = R \cdot S/L$ 计算出试样的电阻率,式中: ρ 为试样的电阻率,Ω·m; R 为测得试样的电阻,Ω; S 为试样平均截面积,m²; L 为试样的长度,m。

本测试仪仅能在常温下测量导电耐火材料试样的电阻值。

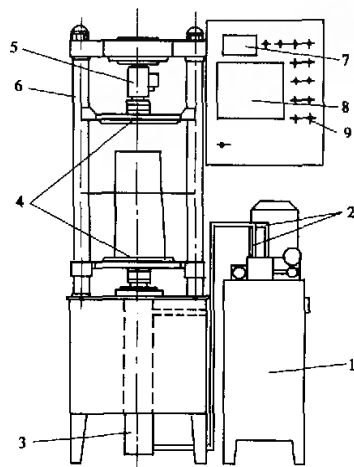
2.2 电阻率测试仪的结构及特点

导电耐火材料常温电阻率测试仪的结构示意图如图3所示。

2.2.1 压紧装置

试验证明,准确测量耐火材料电阻率的首要条件是压板与被测试样的表面接触必须良好、稳定,因而对压板和试样都有一定的要求。此外,电阻的测量值与压在试样上的压力大小紧密相关。多次试验证明,施加在试样上的压力 > 3.0 MPa 后,电阻率值的变化趋向于零(如图4所示)。因此,在测定

耐火材料的电阻率时,确定被测试样上所施加的压力为 3.3 MPa。针对耐火材料的具体特性,在测试仪结构方面做了认真的考虑,使其具有实用、方便、准确等特点。



1. 液压站 2. 进、回油管 3. 油缸 4. 上、下压板 5. 压力传感器
6. 滑轨 7. 智能数显控制仪 8. 直流双臂电桥 9. 控制按钮

图3 电阻率测试仪结构示意图

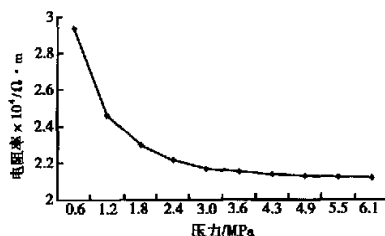


图4 施于试样上压力对电阻率的影响

本测试仪采用液压加压系统,发挥了液压系统压力大、结构紧凑、运行平稳、可无级调速、连续显示等优点。操作时利用压力和流量控制阀,对试样逐渐增加压力,在接近预定数值时,使增压速度变得很慢。这样,可使试样的端面同压头接触趋于稳定,测量结果准确。

2.2.2 压力传感器及显示仪表

为了真实地反映耐火砖试样在压紧时的压力大小,本装置选用高精度压力传感器,试样受力通过压板直接传到传感器上。传感器所测出的压力用仪表直接显示,直观、准确、灵敏度高。

2.2.3 测试端子

导电耐火材料在组成结构方面不同于金属、碳及石墨制品,它是由多种组分组成的非均质体,既

有电绝缘耐火骨料又有导电的石墨和碳素材料。为了保证测量精度,必须使测试端子与耐火材料试样两端的接触电阻降到最小程度。

首先,在结构上压力传感器与压头之间采用铰链连接,这可使平板电极在压紧试样时能自动找平;在材料选择上,与耐火砖试样相接触的上下电极选用导电性优异的紫铜板,并在紫铜板端子表面镀银,既防氧化,又增加了导电性;为了弥补耐火砖试样表面光洁度差这一缺陷,在铜板与耐火砖试样之间夹垫一张导电良好的石墨纸。测试端子的结构如图5所示。

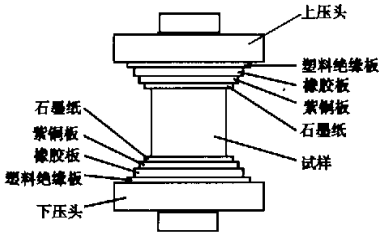


图5 测试端子结构示意图

2.2.4 电阻值的测定装置

本测试仪选用测量范围为 $0.00012 \sim 11\Omega$ 、准确度等级为0.2级的UJ-44型直流双臂电桥来直接测量试样的电阻值,其精确度可达 $1 \times 10^{-5}\Omega$ 。

2.2.5 对试样的要求

本测试仪对试样的形状及大小没有严格要求,只要外形规整、无明显缺陷即可,试样形状可以为长方形、圆柱形,也可为管形。由于该测试是非破坏性测试,因此可以使用原砖(件)直接测试,这样既符合实际情况又不用制样。试样的两个测试端面应平行、光滑,以减小测量误差。试样外形尺寸的测量精度应为0.1 mm。

3 电阻率测试仪的应用前景

由洛阳耐火材料研究院研制的常温导电耐火材料电阻率测试仪,结构简单合理,操作方便,所得的数据准确,重复性好,这对今后我国导电耐火材料的开发应用将起到一定的促进作用。

导电耐火材料常温电阻率测试仪填补了我国的一项空白,它可以用来指导耐火材料厂生产导电耐火材料,检验产品性能,提高产品质量,也可用来指导炼钢厂对所选用的导电耐火材料进行质量监测,并指导施工人员对导电耐火材料进行合理砌筑,延长耐火材料的使用寿命。

4 结语

导电耐火材料是近些年才发展起来的新型耐火材料。为了准确、客观地衡量其导电性能,研制了导电耐火材料常温电阻率测试仪。该测试仪将对提高我国导电耐火材料的产品质量及炼钢水平起很大的促进作用。

参考文献

- 1 刘开琪等.树脂结合陶瓷/炭复合耐火材料的导电机理.耐火材料,1999,33(3):127~129
- 2 尹惠明,翟国华,翟富江.直流电弧炉炉底导电耐火材料的研制开发.99全国连铸与电炉用耐火材料学术年会论文集.武汉,1999:261
- 3 肖国庆,蒋明学,张明华.直流电弧炉用镁炭砖的导电性能.耐火材料,1997,31(6):316~318
- 4 田守信.石墨含量对 $MgO-C$ 材料导电率的影响.耐火材料,1994,28(2):96~98
- 5 炭素材料及石墨制品国外标准汇编.人造石墨电极的试验方法,JIS R7202-1979:364
- 6 美国材料与试验协会标准年鉴.碳和石墨制品常温比电阻试验方法,ASTM C611-1985:265
- 7 Hideaki Nishio, Kunio Minato, Ryosuke Hakamora. Refractories for DC electric arc furnace. Shinagawa Technical Report, 1994, 37:25~38

Conductive refractories and the development of resistivity tester for conductive refractories/Tian Shouxin, Yin Huiming, Ji Yongye, et al//Naihuo Cailiao. - 2001,35(1):37

The physical and chemical properties and conductive mechanism of the conductive refractories for DC EAF were briefly introduced. The resistivity tester was developed based on the conductive feature of the conductive refractories. The structure and characteristics of the tester were introduced.

Key words: Conductive refractories, Resistivity tester, DC EAF, Carbon-containing refractories

Author's address: Luoyang Institute of Refractories Research, Luoyang 471039

导电耐火材料及其常温电阻率测试仪的研制

作者: [田守信](#), [尹惠明](#), [季永业](#), [刘礼寿](#), [翟国华](#)
作者单位: [洛阳耐火材料研究院, 洛阳, 471039](#)
刊名: [耐火材料](#) ISTIC PKU
英文刊名: [REFRACTORIES](#)
年, 卷(期): 2001, 35(1)

参考文献(7条)

1. [刘开琪](#) [树脂结合陶瓷/炭复合耐火材料的导电机理](#) 1999(03)
2. [尹惠明](#); [翟国华](#); [翟富江](#) [直流电弧炉炉底导电耐火材料的研制开发](#)[会议论文] 1999
3. [肖国庆](#); [蒋明学](#); [张明华](#) [直流电弧炉用镁炭砖的导电性能](#) 1997(06)
4. [田守信](#) [石墨含量对MgO-C材料导电率的影响](#) 1994(02)
5. [JIS R7202-1979. 人造石墨电极的试验方法](#)
6. [ASTM C611-1985. 碳和石墨制品常温比电阻试验方法](#)
7. [Hideaki Nishio](#); [Kunio Minato](#) [Ryosuke Hakamora. Refractories for DC](#)

本文读者也读过(10条)

1. [陈政新](#). [王谨](#). [魏光辉](#) [四电极电阻率测试仪初探](#)[会议论文]-1999
2. [刘丙江](#) [接地电阻及土壤电阻率的测量\(二\)](#)[期刊论文]-[农村电工](#)2004, 12(6)
3. [胡诞康](#) [环保/水质测试仪器的进展](#)[期刊论文]-[电子质量](#)2001(11)
4. [水恒福](#). [冯映桐](#). [高晋生](#) [粘结剂炭的氧化动力学研究](#)[期刊论文]-[华东理工大学学报\(自然科学版\)](#)2002, 28(3)
5. [章聪](#). [曹海芳](#). [叶德林](#) [智能化大电流石墨电极电阻率测试](#)[会议论文]-1999
6. [晏敏](#). [彭楚武](#). [曾健平](#). [赵冯](#). [YAN Min](#). [PENG Chu-wu](#). [ZENG Jian-ping](#). [ZHAO Feng](#) [基于SPCE061A数字四探针电阻率测试仪的设计](#)[期刊论文]-[宇航计测技术](#)2005, 25(2)
7. [关小平](#). [GUAN Xiaoping](#) [温度对多元铜合金高温电阻率的影响](#)[期刊论文]-[热加工工艺](#)2008, 37(10)
8. [章聪](#). [曹海芳](#). [叶德林](#). [ZHANG Cong](#). [CAO Hai-fang](#). [YE De-lin](#) [智能化大电流石墨电极电阻率测试](#)[期刊论文]-[炭素](#)2000(3)
9. [韩立华](#). [刘松玉](#). [杜延军](#). [HAN Li-hua](#). [LIU Song-yu](#). [DU Yan-jun](#) [温度对污染土电阻率影响的试验研究](#)[期刊论文]-[岩土力学](#)2007, 28(6)
10. [翟皖予](#) [以稠浓抗絮凝铝酸钙结合的新型浇注料](#)[期刊论文]-[耐火与石灰](#)2009, 34(5)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_nhc1200101014.aspx