

原料组成对铝镁碳砖抗渣性的影响

周治军

大连美顿耐火材料有限公司 辽宁大连 116011

摘要 以95棕刚玉、特级铝矾土、97电熔镁砂、鳞片石墨、金属铝粉为原料,热固性酚醛树脂为结合剂,制成4组不同原料组成的铝镁碳砖。从每组铝镁碳砖中取出4块作为样品,切成250 mm × 50/73 mm × 60 mm的楔形试样砌入中频炉内,然后在炉内放入60 kg碎钢,启动电源,待钢水完全熔化后,加入1 kg准备好的碱性渣,熔渣每隔1 h更换1次,如此循环10次试验结束。炉内试样冷却到室温取出,从中间纵向切开并对侵蚀深度和面积进行测量。结果表明:1)在铝镁碳砖中外加2%质量分数金属Al粉,铝镁碳砖的抗碱性渣能力得到了明显提高。2)在铝镁碳砖中增加棕刚玉含量,减少铝矾土含量,铝镁碳砖的抗碱性渣侵蚀能力得到提高。

关键词 中频感应炉,铝镁碳砖,抗渣性能

铝镁碳砖因具有良好的抗渣侵蚀性和抗热震性而广泛用于精炼钢包。抗渣性作为铝镁碳砖的一项重要参数对砖的应用具有指导作用,但多数抗渣侵蚀试验是在电炉中氧化气氛下静态进行的,这对在高温下易氧化的含碳耐火材料而言,由于高温下试样中的碳被部分氧化,不能完全真实地反映含碳耐火材料抵抗熔渣和钢水的侵蚀情况。采用动态抗渣侵蚀试验,因试验砖样的受侵蚀部位一直在钢水及熔渣的液面下,与空气完全隔离,有效避免了砖内碳的氧化,比较真实地模拟了铝镁碳砖的使用情况。

在本工作中,通过对动态抗渣侵蚀试验后铝镁碳砖断面的受侵蚀面积和深度的比较,研究了原料组成变化对铝镁碳砖抵抗渣侵蚀性能的影响,并对原因进行了初步分析。

1 试验

1.1 试验砖的制备及性能测试

试验原料采用 $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 95.04\%$ 的棕刚玉、 $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 90.2\%$ 的特级铝矾土、 $w(\text{MgO}) = 97.0\%$ 的电熔镁砂和固定碳 $w(\text{C}) \geq 94\%$ 的鳞片石墨及金属铝粉为基本原料,热固性酚醛树脂(25℃时黏度1 050 mPa·s, 1 000℃时残碳质量分数为44%)为结合剂。按照表1的配比,制成A、B、C、D四组铝镁碳砖。其中,A、B两组以棕刚玉为主要原料,C、D两组以棕刚玉和铝矾土为主要原料,B、D组各加入2%的金属铝粉作抗氧化剂。

表1 铝镁碳砖的配比(w)

Table 1 Formulations of alumina magnesia carbon bricks %

编号	A	B	C	D
棕刚玉				
5~2 mm	40	40	20	20
<2 mm	30	30	10	10
<0.088 mm	10	8	10	8
铝矾土				
5~2 mm	0	0	20	20
<2 mm	0	0	20	20
镁砂(<2 mm)	10	10	10	10
石墨(<0.074 mm)	10	10	10	10
铝粉(<0.074 mm,外加)	0	2	0	2

注:外加液体热固性酚醛树脂3%。

先将棕刚玉、特级铝矾土和电熔镁砂粗颗粒(5~2和 ≤ 2 mm)加入混料机内混练2 min,然后加入3%液体热固性酚醛树脂混练1 min,最后加入细粉(棕刚玉细粉和石墨)充分混合均匀后出料。困料2 h后,用2 000 t液压成型机压制制成300 mm × 150 mm × 100 mm的砖坯,砖坯放在窑车上经230℃ 12 h热处理。

分别按GB/T 5072—2004、GB/T 3001—2000和GB/T 2997—2000测定试验砖经230℃ 12 h和1 100℃埋炭处理4 h后的常温耐压强度、常温抗折强度、体积密度和显气孔率;按GB/T 3002—2004测230℃ 12 h处理后试样的高温抗折强度(1 400℃ 0.5 h,埋炭)。

1.2 动态抗渣侵蚀试验

从每组热处理后的试验砖中取出4块,在切割机上切成250 mm × 50/73 mm × 60 mm的楔形试样备

* 周治军:男,1969年生,工程师。
E-mail:zhouzj@hotmail.com
收稿日期:2010-03-18

编辑:周丽红

用。将 16 块试样按图 1 所示的顺序砌入 250 kg 中频感应炉中(图 2 为中频感应炉内的结构示意图)。然后放入 60 kg 碎钢,启动电源,经过 1.2 h 后钢水完全熔化,加入 1 kg 预先配好的碱性渣,每隔 1 h,将熔化的渣用特制工具粘出,然后再投入 1 kg 新渣,如此 10 次循环后,将钢液倒出,结束试验。在试验过程中,保持钢水温度在 1 650 ℃ 左右,钢水温度用测温枪每小时测定 1 次。试验结束后,试验砖在炉内自然冷却至室温时小心地将其取出。试验所用碱性渣的化学组成(w): CaO 37.8%, SiO₂ 7.75%, Al₂O₃ 32.6%, Fe₂O₃ 10.7%, MgO 7.26%, MnO 3.86%;渣的碱度 4.88。

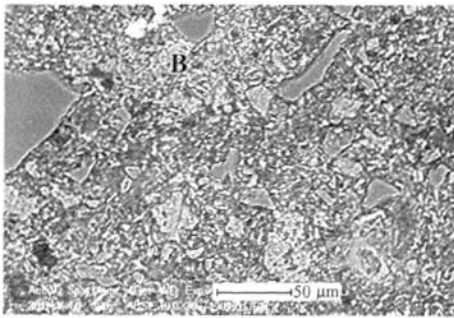


图 1 试验砖的顺序
Fig. 1 Sequence of trial bricks

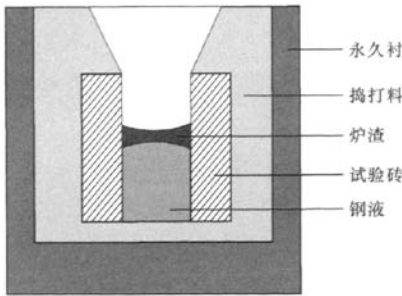


图 2 中频感应炉示意图
Fig. 2 Schematic diagram of intermediate frequency induction furnace

将从中频炉内取出的试样沿纵向从中间用切割机切开,用透明板将每块砖的侵蚀面积描下,在坐标纸上将侵蚀面积和深度测出,以侵蚀面积的大小和侵蚀深度来表征其抗侵蚀性。

2 结果与讨论

2.1 试验结果

各组试验砖的物理性能示于表 2。

表 2 试验砖的物理性能
Table 2 Physical properties of trial bricks

试样编号	A	B	C	D
230 ℃ 12 h	4.1~4.4	3.8~4.2	4.3~4.6	4.1~4.4
显气孔率/%	9.5~10.8	9.2~10.4	11.0~12.1	10.8~11.6
1000 ℃ 4 h				
230 ℃ 12 h	3.25~3.27	3.25~3.27	3.17~3.19	3.18~3.20
体积密度/(g·cm ⁻³)				
1000 ℃ 4 h	3.20~3.24	3.21~3.25	3.13~3.17	3.14~3.19
230 ℃ 12 h	98~115	96~105	97~105	95~108
耐压强度/MPa				
1000 ℃ 4 h	34~40	55~62	32~41	50~57
1400 ℃				
高温抗折强度/MPa	11	18	8	10
0.5 h(埋炭)				

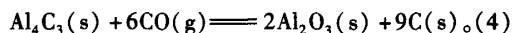
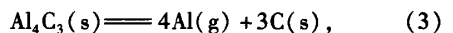
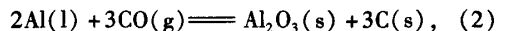
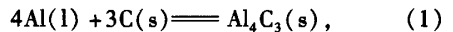
抗渣试验结果见表 3。从表 3 可以看出:4 组砖的抗碱性渣侵蚀能力从强到弱的顺序为 B > A > D > C。

表 3 抗渣试验结果
Table 3 Results of slag corrosion test

试样编号	侵蚀面积/cm ²	侵蚀深度/mm
A	6.42/6.78	19.1/21.8
B	4.41/4.67	12.3/13.2
D	7.54/8.83	21.5/24.2
C	9.85/10.64	24.1/26.6

2.2 分析讨论

从表 3 看出:在组成相同时,添加金属铝粉作为抗氧化剂起到了明显的效果。其原因在于金属铝的熔点为 660 ℃,而 Al 在温度不断升高时发生了如下反应:



在 700 ℃ 以上生成 Al₄C₃^[1-2],反应式(2)生成的 Al₂O₃ 可以与 MgO 反应生成 MgAl₂O₄。当温度进一步升高时,Al₄C₃ 可以直接分解或者与 CO 反应生成 Al₂O₃。

添加金属铝粉的铝镁碳砖中,由于金属铝的上述反应,新生成的 Al₂O₃ 和 MgAl₂O₄ 并产生体积膨胀,填充了气孔,有效地阻止了石墨的氧化。由于石墨的存在增大了砖与炉渣的润湿角,阻碍了熔渣向砖内的渗透,所以砖的抗渣侵蚀性明显提高。加之因电熔棕刚玉中的 Al₂O₃ 含量比铝矾土的高,而且结晶大,晶体之间连接紧密,杂质含量少,故其在高温下比较稳定,而且其在高温下形成的低熔物较铝矾土的要少。所以,含有电熔棕刚玉的铝镁碳砖的抗渣性比加铝矾土的强,也即棕刚玉含量高,铝矾土含量低将提高铝镁碳砖的抗渣侵蚀性能。

3 结论

(1)在砖的组成相同情况下,外加2%质量分数金属Al粉明显提高了铝镁碳砖的抗渣侵蚀能力。

(2)棕刚玉的抗碱性渣的侵蚀能力比铝矾土要强,即棕刚玉含量高,铝矾土含量低将提高铝镁碳砖的抗碱性渣侵蚀能力。

参考文献

- [1] Yamaguchi A. Thermochemical analysis for reaction processes of aluminum and aluminum compounds in carbon-containing refractories[J]. *Taikabutsu Overseas*, 1987, 7(2): 11-16.
- [2] Yu J, Yamaguchi A. Behaviour of Al on microstructure and properties of MgO-C refractories[J]. *J Ceram Soc Jpn*, 1993, 101(4): 475-479.

Effect of starting materials on slag resistance of MgO-Al₂O₃-C bricks/Zhou Zhijun//*Naihuo Cailiao*. -2010, 44(5):372

Four groups of MgO-Al₂O₃-C bricks were prepared using 95 brown corundum, top grade bauxite, 97 fused magnesia, flake graphite, aluminum powder as starting materials, and thermosetting phenolic resin as binder. Every four bricks from each group were chosen as specimens. The specimens were cut into 250 mm × 50/73 mm × 60 mm and laid in intermediate frequency induction furnace with 60 kg steel scrap. When the steel was fully molten, 1 kg basic slag was added, and the slag was changed every hour for 10 cycles. After cooling, the specimens were taken out and cut longitudinally along the center, and the corrosion depth and area were measured. The results show that: (1) with 2% Al powder, the basic slag resistance of the MgO-Al₂O₃-C bricks is enhanced obviously; (2) with brown corundum content increasing and bauxite content decreasing, the basic slag resistance of the MgO-Al₂O₃-C bricks is improved.

Key words: Intermediate frequency induction furnace, Alumina magnesia carbon bricks, Slag resistance

Author's address: Dalian Mayerton Refractories Co., Ltd., Dalian 116011, Liaoning, China

(上接 364 页)

Effects of binders on properties of tundish permanent lining castables for high speed continuous casting/Luo Zhiyong, Liu Kaiqi, Wang Bingjun, *et al*//*Naihuo Cailiao*. -2010, 44(5):362

Castables with three different bonding systems for tundish permanent lining of high speed continuous casting were prepared with special grade flint clay particles, light-weight mullite aggregates, special grade bauxite powder, active α -Al₂O₃ micropowder, and quartz powder as starting materials. The bonding systems were 6% fused magnesia powder and 5% SiO₂ fume, 6% Secar 75 cement and 5% SiO₂ fume, and 6% ρ -Al₂O₃ and 5% SiO₂ fume, respectively. Effects of bonding systems on physical properties and thermal shock performance of castables were investigated. The results indicate that the specimen with fused magnesia powder and SiO₂ fume as binder exhibits higher cold strength after heat treatment at 110, 800, 1 100 and 1 400 °C, higher hot modulus of rupture at 1 200 °C, larger ratio of residual strength after one thermal shock (1 100 °C, water quenching) and lower hot modulus of rupture at 1 400 °C than specimens using Secar 75 cement and SiO₂ fume or ρ -Al₂O₃ and SiO₂ fume as binder.

Key words: Tundish, Castables for permanent lining, Binder, Magnesia powder, Calcium aluminate cement, ρ -alumina, Thermal shock resistance

Author's address: Department of Advanced Ceramic & Refractories, Central Iron & Steel Research Institute, Beijing 100081, China

原料组成对铝镁碳砖抗渣性的影响

作者: [周治军](#), [Zhou Zhijun](#)
作者单位: [大连美顿耐火材料有限公司, 辽宁大连, 116011](#)
刊名: [耐火材料](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [REFRACTORIES](#)
年, 卷(期): 2010, 44(5)

参考文献(2条)

1. [Yamaguchi A](#) [Thermochemical analysis for reacion processes of aluminum and aluminum compounds in carbon-containing refractories](#) 1987(02)
2. [Yu J;Yamaguchi A](#) [Behaviour of Al on microstructure and properties of MgO-C refractories](#) 1993(04)

本文读者也读过(10条)

1. [赵云松](#). [鲍中诚](#). [王炎平](#). [鲍石鹏](#). [刘卫新](#). [刘加善](#) [利用含碳废砖生产钢包用镁碳砖和铝镁碳砖](#)[期刊论文]-[耐火材料](#)2007, 41(1)
2. [贺东强](#). [李建强](#). [姜云龙](#). [He Dongqiang](#). [Li Jianqiang](#). [Jiang Yunlong](#) [镁碳砖在转炉各部位上的应用](#)[期刊论文]-[陶瓷](#)2008(8)
3. [徐娜](#). [李志坚](#). [吴锋](#). [李心慰](#). [XU Na](#). [LI Zhi-jian](#). [WU Feng](#). [LI Xin-wei](#) [TiN提高镁碳砖抗渣侵蚀机理的研究](#)[期刊论文]-[硅酸盐通报](#)2008, 27(5)
4. [王春梅](#). [陈国祥](#). [杨晓春](#) [160t钢包用铝镁尖晶石碳砖的研制与使用](#)[期刊论文]-[耐火材料](#)2005, 39(3)
5. [谢朝晖](#). [叶方保](#). [Xie Zhaohui](#). [Ye Fangbao](#) [氧化铝微粉加入量对低碳镁碳砖性能的影响](#)[期刊论文]-[耐火材料](#)2010, 44(2)
6. [邹明](#). [李伟](#). [蒋明学](#). [姚嘉斌](#). [高旭东](#). [ZOU Ming](#). [LI Wei](#). [JIANG Ming-xue](#). [YAO Jia-bin](#). [GAO Xu-dong](#) [镁碳砖在接触LF炉炉渣以后的抗氧化行为的研究](#)[期刊论文]-[硅酸盐通报](#)2008, 27(3)
7. [郑海忠](#). [梁永和](#). [吴芸芸](#). [邱文冬](#) [抗氧化剂对再生铝镁碳砖抗氧化性能的影响](#)[期刊论文]-[武汉科技大学学报\(自然科学版\)](#)2003, 26(1)
8. [敖进清](#). [李楠](#). [韩兵强](#). [Ao Jinqing](#). [Li Nan](#). [Han Bingqiang](#) [含钒钢渣对镁碳砖的侵蚀](#)[期刊论文]-[耐火材料](#)2006, 40(4)
9. [田守信](#). [姚金甫](#). [Tian Shouxin](#). [Yao Jinfu](#) [再生镁碳砖的性能、使用和质量控制](#)[期刊论文]-[耐火材料](#)2007, 41(6)
10. [谢永宏](#). [张宝宽](#) [钢包用铝镁碳砖的研制](#)[会议论文]-2006

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_nhcl201005014.aspx