

## 60 t 超高功率电弧炉用镁碳出钢口砖的研制与应用

薄永明

(东北特钢集团抚顺股份有限公司, 抚顺 113001)

**摘要** 采用一级电熔镁砂 85%、石墨 15% 的镁碳材料, 加入 3% Al/Mg(60/40) 抗氧化剂, 以固体、液体酚醛树脂为复合结合剂, 按合理颗粒级配比所研制的镁碳出钢口砖用于抚顺 2 座 60 t 超高功率电弧炉出钢口, 使出钢口使用寿命由约 110 炉次提高到约 150 炉次, 满足了使用要求。

**关键词** 镁碳出钢口砖 60 t 超高功率电弧炉 出钢口

## Development and Application of Magnesia-Carbon Taphole Brick for a 60 t Ultra-High Power Electric arc Furnace

Bo Yongming

(Fushun Special Steel Co Ltd, Northeastern Steel Group, Fushun 113001)

**Abstract** With basic material - 85% first grade magnesia + 15% graphite, adding 3% Al/Mg (60/40) antioxidant, using solid and liquid phenolic resin as binder and making up according to reasonable grain grading, the magnesia-carbon taphole brick for two sets of 60 t ultra-high power electric arc furnace (UHP EAF) at Fushun Special Steel has been developed and was in service. The service life of taphole of developed brick increased to about 150 heats from original about 110 heats.

**Material Index** Magnesia-Carbon Taphole Brick, 60 t Ultra-High Electric Arc Furnace, Taphole

抚顺第一炼钢厂有 2 座超高功率电弧炉, 其出钢口砖为进口产品, 由于成本高、使用寿命低且不稳定(110 次左右), 其抗氧化性和抗钢液冲刷性都不能达到令人满意的效果, 因此制约了电弧炉的高效生产。为此, 抚顺对出钢口砖的原料、配比和工艺路线进行优选, 开发了高档镁碳出钢口砖, 满足了第一炼钢厂的使用要求。

### 1 原料和实验方法

选用高体积密度、高纯度电熔镁砂(表 1)和纯度大于 98%、粒度为 100 目的天然粗鳞片状石墨, 用酚醛树脂作为镁碳出钢口砖的结合剂, 其密度为 1.20 ~ 1.24 g/cm<sup>3</sup>, 粘度 30 ~ 60 Pa·s, 残碳 ≥ 50%, 游离醛 ≤ 7%, pH 值为 7。

表 1 电熔镁砂组成和物理性能

Table 1 Chemical composition and physical properties of fused magnesia

组成/%						体积密度/ g·cm <sup>-3</sup>
MgO	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	灼减	
97.63	0.77	0.81	0.24	0.15	0.40	3.54

注: 考虑原料的抗渣性, 电熔镁砂的体积密度 > 3.52 g/cm<sup>3</sup>。

试验用原料按骨料: 细粉 = 60:40 的比例配料(表 2)。筛网铺设准确: 上层 3 目 1/3, 4 目 2/3; 下层 9 目 1/2, 20 目 1/2, 粗的靠近出料口, 筛子发生漏筛应及时处理, 补筛少于 3 处。混练: 强调加料顺序、混练时间、结合剂加入量与次数, 为成型创造条件。成型: 为减少层密度, 重点强调先轻压、缓压, 后重压。干燥: 由于规定大型砖必须保

表 2 出钢口砖配制和物理性能

Table 2 Ingredient and physical properties of test taphole brick

编号	基本成分/%		辅料加入量/%				显气孔率/ %	体积密度/ g·cm <sup>-3</sup>	常温耐压/ MPa
	电熔镁砂	石墨	酚醛树脂	树脂粉	乌洛托品	Al/Mg 剂			
M-1	92	8	4	0.5	0.2	3	3	3.05	63
M-2	88	12	4	0.5	0.2	3	4	2.99	58
M-3	85	15	4	0.5	0.2	3	2	2.96	49
M-4	82	18	4	0.5	0.2	3	3	2.91	36

证热处理温度曲线, 温度  $\geq 180$  °C, 时间  $\geq 32$  h。

## 2 结果与讨论

### 2.1 镁碳材料的常温性能及碳含量的选择

从表 2 中可以看出, 随着石墨含量的增加, 试验砖的常温耐压强度降低。对出钢口的损毁产生作用的因素主要有热作用、化学作用和机械作用, 所以通过提高砖的耐磨性和抗热震性来确定石墨的含量。石墨含量增多, 抗热震性提高而耐磨性下降。但由于出钢口砖砖型大、单重高, 往往有层裂、层密度现象, 碳含量越高, 上述现象越严重, 而碳含量越高, 抗氧化性越差。综合考虑后决定采用的石墨含量为 15%。

### 2.2 树脂粉加入量对镁碳出钢口砖性能的影响

在 M-3 配方的基础上, 进行了通过改变树脂粉加入量对出钢口砖在室温和使用温度下强度影响的试验, 如图 1 所示: 在 1 600 °C 时只要加入 0.25% 的树脂粉, 高温抗折强度增加 25%; 加入 0.5% 的树脂粉, 高温抗折强度增加 50%。

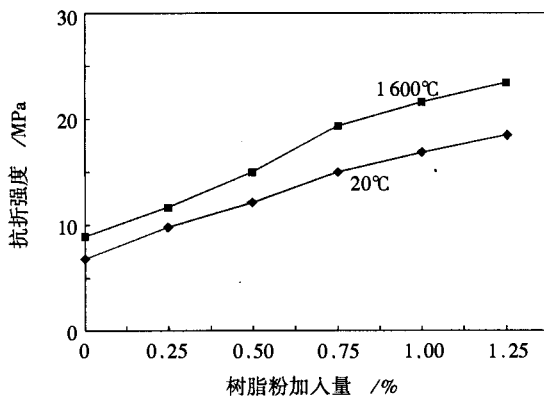


图 1 树脂粉加入量对出钢口砖抗折强度的影响

Fig. 1 Effect of bakelite resin powder additions on anti-breaking strength of taphole brick

表 5 出钢口砖的化学成分和物理性能

Table 5 Chemical composition and physical properties of taphole brick

化学成分 / %			体积密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	显气孔率 / %	常温耐压强度 / MPa	抗折强度 (1 400 °C, 30 min) / MPa
MgO	C	$\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO} \dots$				
80.85	15.55	3.6	2.956	2.31	47.8	10.66

## 4 结论

(1) 随着碳含量的增加, MgO-C 材料的强度降低, 但有利于抗热震性的提高。

(2) 碳含量越高, 抗氧化性能越差, 综合考虑

试验表明, 树脂粉的加入量以 0.5% 为宜。

### 2.3 抗氧化剂与镁碳材料的抗氧化性能

在 M-3 配方的基础上, 由抗氧化剂的抗氧化试验结果 (表 3) 选择 Al/Mg 做为镁碳出钢口砖的抗氧化剂。粒度选用 180 目, Al/Mg = 60/40。

表 3 不同抗氧化剂的加入量和脱碳层厚度

Table 3 adding amount of various antioxidant and decar-bonization thickness

序号	种类	加入量 / %	脱碳层厚度 / mm
1	Al/Mg	3	3.06
2	Al	3	4.44
3	Al + Si	2 + 1	4.56

## 3 应用

—炼钢 2 座超高功率电弧炉主要技术参数见表 4。出钢口砖的理化性能见表 5。自 2004 年 4 月起在第一炼钢厂使用近 1 年, 出钢口砖的寿命稳定在 150 炉次左右, 不仅超过了进口砖的使用水平, 而且满足了第一炼钢厂的生产要求。

表 4 超高功率电弧炉主要技术参数

Table 4 Main technical parameters of UHP EAFs

项目	技术指标	
	1# UHP	2# FSF
投产年份	1992	2001
熔炼周期 / min	72	60
每天平均炉数 / 炉	17	20
平均容量 / t	60	62
炉料组成	废钢 + 生铁	废钢 + 生铁
变压器容量 / MVA	35	38
电极直径 / mm	508	508
电耗 / $\text{kWh} \cdot \text{t}^{-1}$	398	357
电极消耗 / $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$	3.0	2.8
氧耗 / $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	50	55
年产量 / 万 t	30	40
炉型	AC、EBT、高阻抗	AC、Shaft、RBT、高阻抗
出钢口直径 / mm	140	160

采用 15% 左右的石墨加入量较佳。

薄永明 (1971-), 男, 工程师, 1996 年鞍山钢铁学院毕业, 从事耐火材料的应用技术工作及冶炼工艺的管理。

收稿日期: 2005-09-08