

## 基质组成对镁质中间包涂料性能的影响

何金平, 钱 龙, 王春锋, 刘先同, 叶 飞

(武钢条材总厂 CSP 分厂, 湖北 武汉 430083)

**摘 要:** 通过调整镁质中间包涂料的基质配比, 以期提高中间包涂料的中温强度。结果表明: 随着  $\text{SiO}_2$  微粉加入量的增多, 涂料经中温处理后, 抗折强度逐渐提高; 当  $\text{SiO}_2$  微粉加入量在 4%~8% 时, 常温抗折强度、常温耐压强度、线变化率、抗渣等性能变化不大; 调整  $\text{Al}_2\text{O}_3$  微粉加入量, 抗渣性能有所降低; 随着  $\text{Al}_2\text{O}_3$  微粉加入量的增加, 试样的高温抗折强度有明显提高。

**关键词:** 中间包涂料; 基质组成; 氧化硅微粉; 氧化铝微粉

**中图分类号:** TF065.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008-4371(2014)04-0016-03

### The effect of matrix composition on the properties of magnesia tundish coating

HE Jinping, QIAN Long, WANG Chunfeng, LIU Xiantong, YE Fei

(CSP Branch of General Wire Rod Mill of WISCO, Wuhan 430083, China)

**Abstract:** The intermediate temperature strength of tundish coating was improved by adjusting the composition of matrix. The results showed that: bending strength of samples was gradually improved after the intermediate temperature treatment; flexural strength has no obvious change after the high temperature treatment. When the amount of microsilica was 4%~8%, flexural strength, compressive strength, linear change rate and slag resistance tended to be stable; room temperature flexural compressive strength were not significantly improved and slag resistance was decreased by the use of alumina powder. When adding an excessive amount of alumina powder in the matrix, high temperature flexural strength of sample was improved significantly.

**Key words:** tundish coating; matrix composition; microsilica; alumina powder

耐火材料与钢水之间的作用及对钢的质量的影响正日益受到冶金工作者的重视。中间包是连铸生产过程中, 钢水所流经的最后一个高温容器, 中间包耐火材料的质量和组成对钢水洁净度有直接的影响<sup>[1-5]</sup>。在连铸过程中, 中间包涂料一般是在 1 100 °C 左右烘烤后上平台浇钢, 由于在开浇时中间包涂料受到钢水冲刷, 会造成中间包涂料表面剥落, 并导致钢液中的夹杂物增多, 影响钢的质量。所以提高中间包涂料的中温强度有利于连铸过程中降低钢中氧化物夹杂数量, 也利于系统解决开浇炉钢水夹杂物增加问题。

### 1 试 验

采用烧结镁砂和电熔镁砂细粉 ( $\text{MgO}$  质量分数 96.85%) 为主要原料, 并分别加入  $\text{SiO}_2$  微粉 ( $\text{SiO}_2$  质量分数 97%)、氧化铝微粉及适量外加剂和水等制成。原料干混 2~3 min, 加水再混合 3~5 min 后, 制备成长条形试样和尺寸  $\Phi 35$  mm (内孔)  $\times 45$  mm 的试样 7 份, 编号分别标记为 A、B、C、D、E、F、G, 在室温下养护 24 h 后脱模, 经 110 °C  $\times$  24 h 烘干, 然后分别在 1 100、1 500 °C 下保温 3 h。对试样的体积密度、显气孔率、常温抗折强度、常温耐压强度及线变化率进行测定; 在 1 200 °C 下测试

作者简介: 何金平(1968-), 男, 高级工程师, 主要从事连铸工艺的研究

试样的抗折强度。实验镁砂原料见表 1, 钢厂的中包涂料化学成分见表 2。试验试样的主要组成见表 3。

w <sub>B</sub> /%			
SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
2.71	0.98	2.31	93.15

w <sub>B</sub> /%						
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	IL
7.26	3.28	1.98	2.40	77.57	4.32	1.26

w <sub>B</sub> /%				
编号	镁砂	氧化硅微粉	氧化铝微粉	其他
A	96	2	-	2
B	94	4	-	2
C	92	6	-	2
D	90	8	-	2
E	90	6	2	2
F	88	6	4	2
G	86	6	6	2

## 2 结果与讨论

### 2.1 体积密度与显气孔率

从图 1 可知, 经 1 100 °C 热处理后, 各组试样之间的体积密度与显气孔率没有明显的差异, 经 1 500 °C 热处理后, 加入 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 微粉的试样, 其显气孔率有增大趋势。可以看出, 1 500 °C 热处理后, 试样的体积密度比 1 100 °C 热处理后的要高, 而且气孔率也比 1 100 °C 热处理后的低。

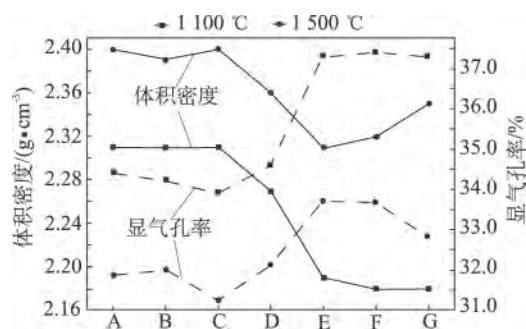


图 1 不同温度的体积密度与显气孔率

### 2.2 常温耐压与抗折强度

图 2 中 A~G 组试样, 经 1 100 °C 热处理后, 常温耐压强度随着 SiO<sub>2</sub> 微粉加入量增加而增大; 当 SiO<sub>2</sub> 微粉加入量超过 6 % 时, 经 1 500 °C 热处理后, 常温耐压强度有下降趋势。经 1 100 °C 热处理后, 试样的常温耐压强度随 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 微粉加入量增大而下降, 明显低于 SiO<sub>2</sub> 微粉加入量为 8 % 的 D 组试样的常温耐压强度, 经 1 500 °C 处理后

的常温耐压强度也呈下降趋势。常温抗折强度方面, SiO<sub>2</sub> 微粉加入量超过 4 % 时, 经 1 100、1 500 °C 热处理后, 试样的常温抗折强度变化不大; 随着试样中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 微粉加入量的增加, 常温抗折强度均呈下降趋势。由于加入的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 微粉与镁砂原位生成了镁铝尖晶石, 而原位生成镁铝尖晶石有 5 %~8 % 体积膨胀, 降低了涂料致密度, 从而导致常温耐压与抗折强度降低, 同时从 1 100、1 500 °C 试样体积密度与显气孔率数据能给予说明。

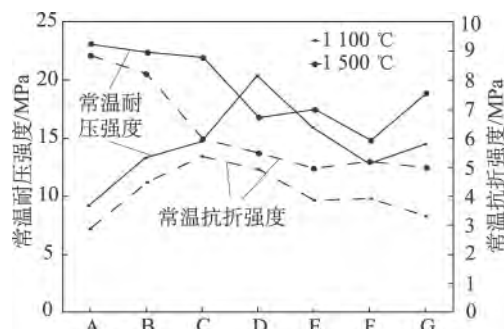


图 2 不同热处理温度后的常温耐压强度和常温抗折强度

### 2.3 高温抗折强度

在 1 200 °C 温度下保温 2 h 对试样进行高温抗折试验, 结果如图 3 所示。可以看出, SiO<sub>2</sub> 微粉加入量小于 8 % 时, 对试样高温抗折强度影响不明显, 而随着 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 微粉的加入, 试样的高温抗折强度明显提高且呈上升趋势。

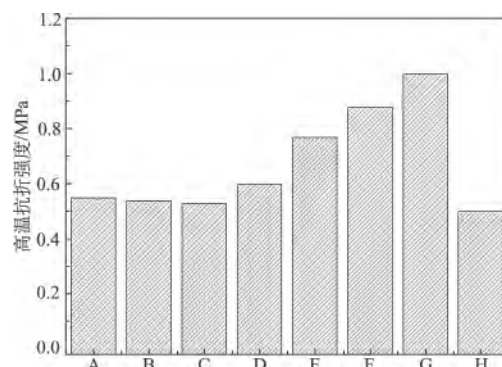


图 3 1 200 °C × 2 h 高温抗折强度

为说明上述现象, 借助热力学软件 FactSage 6.2 分别对 B、D、G 组配方在 1 200 °C 生成的物相量进行模拟计算, 计算结果见表 4。从表 4 中可知, G 组配方在 1 200 °C 生成了 8.9 % 的 MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>。有研究表明<sup>[6-7]</sup>, 在适当含量范围内, 加入氧化铝微粉与镁砂原位生成的 MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 晶粒细小, 结合良好, 同时使镁砂颗粒之间牢固结合, 分布在方镁石晶间部分替代钙镁橄榄石, 有效

阻碍方镁石晶粒的滑移,由此提高材料的抗蠕变性。 $Mg_2SiO_4$ 晶体的晶格强度大和高温下的塑性变形小,晶体颗粒呈针状和尖棱状,因而能提高试样的抗剪切应力。由于 $Mg_2SiO_4$ 的熔点及其与MgO形成的低共熔物的熔融温度高,因此 $MgAl_2O_4$ 、 $Mg_2SiO_4$ 、MgO的复相结构能提高试样的高温性能。提高试样的重软化温度。

表 4 1 200 °C 温度下试样的物相组成  $w_B/\%$

编号	液相	$Mg_2SiO_4$	$C_3MS_2$	MgO	$MgAl_2O_4$
B	1.6	10.5	3.5	84.2	-
D	1.5	19.6	3.3	75.3	-
G	1.4	14.9	3.2	71.6	8.9

### 2.4 热力学对涂料高温组成和使用性能预测

借助热力学软件 FactSage 分别对钢厂使用的涂料 H、实验涂料 B 和实验涂料 D 做出 FactSage equilibrium 相图并对其进行分析。从图 4~6 中可以看出, B 和 D 液相出现温度略低于 H, H 在 1 200 °C 出现液相。H 中的液相量远大于 B 和 D; 配方涂料和现场涂料在高温时矿物相的主要成分为 MgO、 $Mg_2SiO_4$ , 而在高温矿物相组分中, 配方涂料中 MgO 含量远大于现场涂料 H。配方涂料中液相量随着  $Al_2O_3$  微粉加入量的增加而增加, 温度超过 1 400 °C 一些低熔物变为液相, 同时液相量的增加在一定程度上会降低涂料的抗渣性能。结果见表 5。

表 5 平衡相图分析结果

项目	形成液相温度/°C	1 500 °C 液相量/%	1 500 °C 主要矿物相 $w_B/\%$	
			MgO	$Mg_2SiO_4$
钢厂涂料 H	1 200	16.2	65.2	9.8
配方涂料 B	1 100	8.9	84.1	6.9
配方涂料 D	1 100	8.6	75.3	16.1

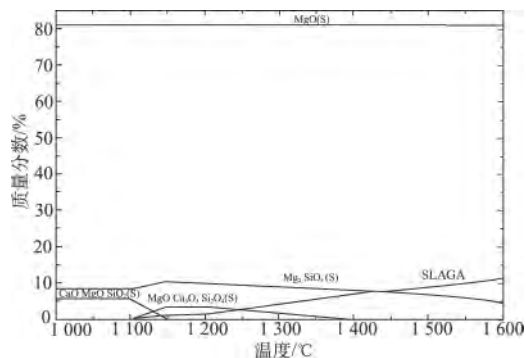


图 4 钢厂涂料 H 的平衡相图

### 3 结 语

1)  $SiO_2$  微粉与  $Al_2O_3$  微粉混合使用, 可以提

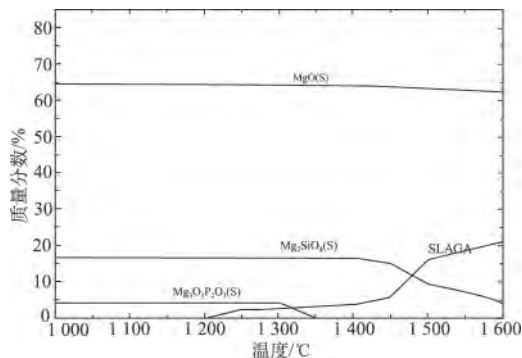


图 5 配方涂料 B 的平衡相图

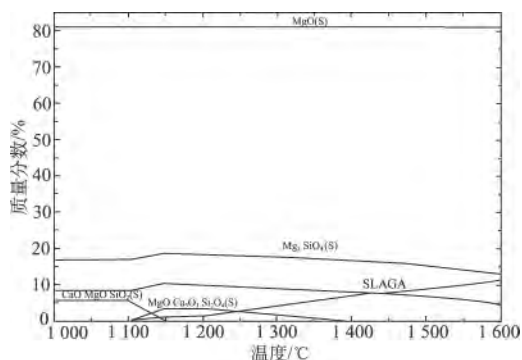


图 6 配方涂料 D 的平衡相图

高中间包涂料在 1 200 °C 时的高温抗折强度; 但  $SiO_2$  微粉的加入量不宜过多, 6 % 左右的加入量使得试样的综合性能较好。

2) 引入  $Al_2O_3$  微粉后, 试样的高温抗折强度明显提高, 这将有助于提高涂料在使用过程中对钢水侵蚀的能力。

3) 涂料中同时加入  $SiO_2$  微粉和  $Al_2O_3$  微粉后, 由于其中的镁铝尖晶石熔点和镁橄榄石的熔点高, 而且它们与方镁石形成的低共熔物的熔融温度也较高, 由此形成的复相结构能提高试样的高温性能。

### [参 考 文 献]

- [1] 吴华杰,程志强,金山同,等. 镁钙质和镁质中间包涂料对钢液洁净度的影响[J]. 耐火材料,2002,36(3):145-147.
- [2] 程官江,周兆保,张振申,等. 中间包碱性干式工作衬的应用[J]. 耐火材料,2003,37(3):182-183.
- [3] 李 颖,张志刚,李长贵. 镁质绝热板在连铸中间包上应用试验[J]. 青海科技,2009(4):57-58.
- [4] 孙加俏. 中间包镁钙质喷涂料的研究[D]. 沈阳:东北大学,2004.
- [5] 魏耀武,李 楠. 耐火材料对钢水洁净度的影响[J]. 炼钢,2001,17(3):60-61.
- [6] 石 干,孙庚辰. 抗蠕变镁质耐火制品的研究[J]. 耐火材料,2007,41(增刊):75-77.
- [7] 廖桂华,徐国辉,沈立峰,等. 基质组成对铝镁质浇注料性能的影响[J]. 耐火材料,2003,37(4):217-220.

(收稿日期:2013-12-11)