

钢包耐火材料对钢中氧含量及钢水温降的影响

李秉强, 戴文斌, 于景坤
(东北大学 材料与冶金学院, 沈阳 110004)

摘要: 利用氧势指数分析了钢包耐火材料组成、配比以及加热温度对耐火材料分解和向钢中传氧的影响, 并利用热传导理论计算了钢包包衬耐火材料的绝热性能对钢水温降的影响. 结果表明: 随着耐火材料材质由碱性向中性和酸性的顺序变化及温度的升高, 耐火材料的氧势指数增大, 由耐火材料向钢中的传氧能力增加; 通过使用绝热性能良好的耐火材料, 可以显著降低钢水热损失, 减少钢水温降.

关键词: 钢包; 耐火材料; 传氧; 绝热

中图分类号: TB 35 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-6620(2011)03-0180-04

Influence of ladle refractories on oxygen content and temperature dropping of molten steel

LI Bing-qiang, DAI Wen-bin, YU Jing-kun
(School of Materials and Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110004, China)

Abstract: The influences of chemical composition of refractories, raw material proportion and heating temperature on the decomposition of refractory composites and oxygen translation from refractories to molten steel were discussed by using index of oxygen potential, and the influence of the properties of insulating material on the temperature dropping of molten steel was calculated according to the thermal conduction theory. The results showed that with the change of refractory kind from alkalinity to neutrality and acidity, and with the increasing of heating temperature, the index of oxygen potential raises and the probability of oxygen translation to molten steel increases. By using qualified insulating material, heat loss of molten steel could be obviously inhibited and the temperature dropping of molten steel could be decreased.

Key words: ladle; refractory; oxygen translation; insulation

钢包是炼钢工业的重要容器,主要起着盛接、转运、精炼和浇注钢水的作用. 随着冶金工业的快速发展和技术进步,钢包的作用日益显著;钢包的性能不但直接影响钢材质量,同时对冶炼过程也具有重要影响. 本文就钢包耐火材料对钢质量及冶炼过程的影响进行分析和讨论.

1 耐火材料对钢中氧含量的影响

在冶炼温度、脱氧剂种类以及脱氧剂加入量一定的情况下,耐火材料对钢中氧含量具有重要影响. 研究表明,当钢液终脱氧及合金化后,根据包衬使用耐火材料种类和组成的不同,会产生由耐火材料向钢液中传氧的现象.

耐火材料分解和向钢液中的传氧能力可用下式表示^[1]:

$$IOP = \frac{\sum (M_i \alpha_i / \rho_i)^{2/3} \Delta G_i^\ominus}{\sum (M_i \alpha_i / \rho_i)^{2/3}} \quad (1)$$

式中, IOP (Index of Oxygen Potential) 为耐火材料的氧势指数, 即, 表示耐火材料在温度一定的条件下向钢液中的传氧能力; ΔG_i^\ominus 为耐火材料中 i 组分的生成自由能; M_i 为 i 组分的摩尔质量; ρ_i 为 i 组分的密度; α_i 为 i 组分在耐火材料中的摩尔分数.

图1和图2分别示出了根据式(1)计算得到的几种常用的耐火材料组分以及 $MgO - Al_2O_3$ 系耐火材料的氧势指数随温度的变化关系.

由图可见,耐火材料的种类、组成配比以及加热温度对耐火材料的氧势指数具有很大影响. 一般来说,随着耐火材料由碱性向中性和酸性的顺

收稿日期: 2011-05-24.

作者简介: 李秉强 (1966—), 男, 辽宁本溪人, 东北大学博士研究生, E-mail: yuanl@smm.neu.edu.cn; 于景坤 (1960—), 男, 辽宁康平人, 东北大学教授, 博士生导师.

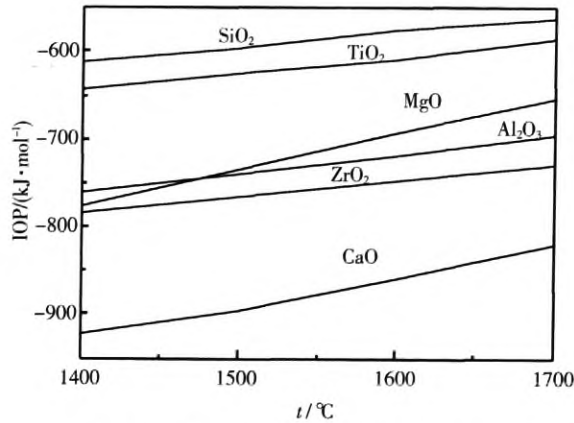


图1 不同耐火材料组分的氧势指数
Fig. 1 IOP of different refractories

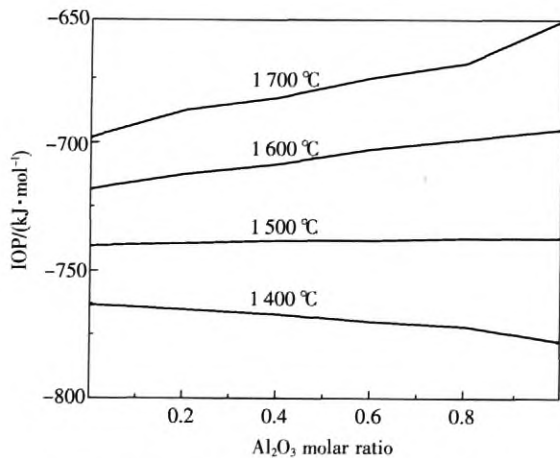


图2 MgO - Al₂O₃ 系耐火材料的氧势指数
Fig. 2 IOP of MgO - Al₂O₃ refractories

序变化,耐火材料的氧势指数增大;同时,随着温度的升高,耐火材料的氧势指数亦增大。

耐火材料的氧势指数越大,表明在高温下由钢包包衬耐火材料向钢液中的传氧能力越强。图3示出了使用不同耐火材料时,耐火材料的氧势指数与钢液中氧含量(质量分数)间的关系。

由图3可见,随着耐火材料氧势指数的增大,钢液中氧含量迅速增加。使用碱性耐火材料时,钢中的氧含量降低。这同式(1)的计算结果是一致的。

由包衬耐火材料传入钢液中的氧将影响钢中氧与脱氧元素间建立的平衡关系,使反应向生成相应金属氧化物的方向进行。用金属铝进行终脱氧时,钢液中氧与钢中酸溶铝间的平衡关系如图4所示。由于钢液中氧含量的增加,为了维持氧与酸溶铝间的平衡,将使钢中的酸溶铝发生氧化,生成 Al₂O₃,如果生成的 Al₂O₃ 不能从钢液中排出,就会残留在钢中形成夹杂。例如,当中间包采用 SiO₂ 质酸性包衬,浇铸酸溶铝含量高的钢种时,

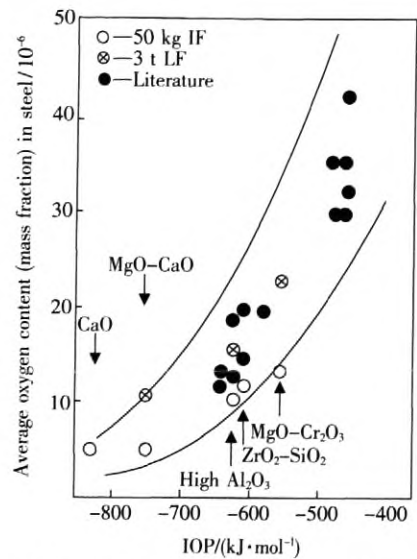


图3 耐火材料的氧势指数与钢液中氧含量间的关系^[2]
Fig. 3 Relationship between IOP of different refractories and oxygen content of molten steel

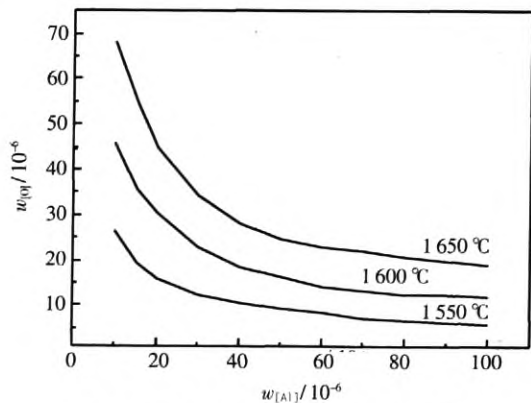
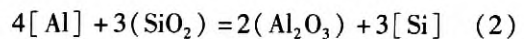


图4 钢液中[Al]和[O]平衡关系图
Fig. 4 Balance relationship between [Al] and [O] in molten steel

将发生如下反应,从而实现耐火材料向钢液中传氧。



2 钢包耐火材料的绝热性能对钢水温降的影响

钢包耐火材料的绝热性能对钢水温降、钢质量以及冶炼过程亦具有重要影响。通过控制钢水在钢包内的温降,不但可以适当降低转炉吹炼终点温度,同时,也会减少钢液中的合金元素的氧化。

转炉吹炼终点时的钢液中氧含量和钢中碳含量及冶炼温度有关,通过对转炉吹炼终点钢中的氧含量、碳含量以及温度进行回归分析可得如下关系式^[3]:

$$[\text{O}] = 20.18/[\text{C}] + 1.42t - 1795.56 \quad (3)$$

式中, $[O]$ 为钢中氧的质量分数, $\times 10^{-6}$; $[C]$ 为钢中碳的质量分数, %; t 为吹炼终点温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

由式(3)计算可得, 如果出钢温度上升 10°C , 则吹炼终点钢中氧的质量分数将增加 $(14 \sim 16) \times 10^{-6}$ 。钢中增加的氧, 在钢水降温过程中将同合金元素反应, 使钢中的合金元素氧化, 并生成相应的夹杂物。因此, 在保证浇注过程顺利进行的前提下, 应尽可能降低转炉的出钢温度。

一般来说, 钢包包衬主要是由绝热层、永久层和工作层组成的。其中, 绝热层耐火材料的性能, 特别是绝热层耐火材料的热导率对钢包的温降具有重要影响。

目前, 微孔绝热材料被认为是绝热性能最好、热导率最低的钢包用绝热层材料, 其在各温度下的热导率如表 1 所示^[4]。

表 1 微孔绝热材料的热导率
Table 1 Thermal conductivity of micro-porous insulation material

$t / ^{\circ}\text{C}$	200	400	600	800
$\lambda / \text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	0.023	0.026	0.030	0.036

使用微孔绝热材料时, 由于其强度较低, 一般在绝热材料与永久层之间增加一层保护层。此

时的钢包包衬耐火材料结构如图 5 所示。

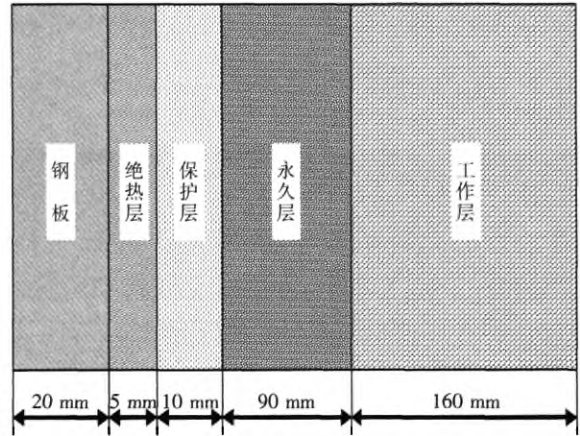


图 5 钢包包衬耐火材料结构图

Fig. 5 Refractory structure of ladle lining

当工作层、永久层和保护层分别采用镁碳砖、高铝浇注料和石棉板, 并设定各衬层厚度分别为镁碳砖 160 mm、高铝浇注料 90 mm、石棉板 10 mm、微孔绝热板 5 mm、钢板 20 mm 时, 根据包衬材料的热导率, 利用热传导公式及热平衡计算出了钢包盛装 150 t 钢水在 1650°C 下时包衬各材料的温度, 如表 2 所示。

表 2 钢包各衬层的温度

Table 2 Temperature of ladle lining

部位	衬层材料	厚度 l mm	热导率 λ $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	$t / ^{\circ}\text{C}$		
				冷面	中间	热面
包壁	镁碳砖	160	4.579	1467	1560	1646
	高铝浇注料	90	1.338	1149	1307	1467
	保护板	10	0.215	934	1049	1149
	微孔绝热板	5	0.038	293	675	934
	钢包外壳	20	55.382	291	292	293
渣线	镁碳砖	180	4.508	1445	1551	1646
	高铝浇注料	90	1.335	1135	1289	1445
	保护板	10	0.210	921	1035	1135
	微孔绝热板	5	0.037	289	665	921
	钢包外壳	20	55.624	287	288	289
工作衬减少到 40 mm 时的 计算结果 (渣线和包壁相同)	镁碳砖	40	5.054	1601	1624	1646
	高铝浇注料	90	1.357	1236	1418	1601
	保护板	10	0.242	1015	1134	1236
	微孔绝热板	5	0.041	317	737	1015
	钢包外壳	20	53.924	315	316	317

另外, 利用相同方法计算了在绝热层采用非微孔绝热材料时钢包外壳的钢板温度, 其冷面温度为 422°C (衬层无磨损时)。

比较上述计算结果可知, 钢包通过使用微孔绝热材料, 可以显著降低钢板温度, 即, 减少热损

失通量, 降低钢水温降。

3 结论

钢包耐火材料组成、配比以及加热温度对耐火材料分解及向钢液中传氧具有重要影响。随着

耐火材料组分由碱性向中性及酸性的顺序变化,耐火材料的氧势指数增大,由耐火材料向钢液中的传氧能力增加;当温度升高时,将促进耐火材料组分的分解以及向钢液中传氧过程的进行。包衬绝热材料的性能对钢水温降有重要影响。通过使用微孔绝热材料,可以显著降低钢水热损失,减少钢水温降。

参考文献:

[1] 湯浅悟郎, 杉浦三郎, 藤根道彦. 溶鋼の脱酸におよぼす耐

火物の影響[J]. 鉄と鋼, 1983, 69(4): 278-282.

[2] Yuasa G, Sugiura S, Fujine M. Oxygen content in refractories [J]. Transactions ISIJ, 1983, 23: 289.

[3] 蒲筱琼, 邱才文, 郭卫善, 等. 转炉终点氧含量预报模型 [J]. 山东冶金, 2006, 28(1): 40-42.
(Pu Xiao-qiong, Qiu Cai-wen, Guo Wei-shan, et al. Predictive model of BOF end oxygen content [J]. Shandong Metallurgy, 2006, 28(1): 40-42.)

[4] 孙志坚, 孙伟, 傅加林. 国内绝热保温材料现状及发展趋势 [J]. 能源工程, 2001 (4): 26.
(Sun Zhi-jian, Sun Wei, Fu Jia-lin. Current status and development of thermal insulating materials in China [J]. Energy Engineering, 2001 (4): 26.)

《材料与冶金学报》征稿简则

作者投稿所用文字为宋体,要求整篇用小4号字、1.5倍的行距通栏排在A4页面上。电子文件发送到编辑部信箱 huji@chinajournal.net.cn。

1、来稿要求论点明确、论据充分、层次分明、条理清晰、语句通顺、文字精练、标点符号正确、数据可靠。

2、文稿书写的顺序规定为:(1)标题;(2)作者姓名;(3)单位及所在省、市、邮政编码(作者所在单位一项写到二级单位);(4)中文摘要;(5)关键词;(6)中图分类号(第5版,可到编辑部查);(7)与中文相对应的英文标题,作者姓名的汉语拼音(姓全部大写,名中首字母大写)及单位英文译名;(8)英文摘要;(9)英文关键词(与中文关键词对应);(10)文章正文;(11)参考文献。

3、如论文属于某科研课题或基金项目,在首页地脚处写出项目名称及编号。

4、在首页地脚处写清第一作者姓名(出生年—)、性别、籍贯、职称或学历, E-mail信箱。

5、文章中若有照片,要求黑白清晰,层次分明,标明比例尺;表格采用三线表的形式,图表名应附相应的英文名。

6、参考文献书写格式:

(1) 期刊文章:

作者. 文章题目 [J]. 刊名, 年, 卷(期): 起止页码.

(2) 图书:

作者. 书名 [M]. 出版地: 出版社, 出版年: 起止页码.

(3) 会议论文: 文章作者. 文章题目 [C] // 会议论文集名. 出版地: 出版单位, 出版年: 起始页码-终止页码.

(4) 学位论文: 作者. 学位论文名 [D]. 出版地: 保存单位, 出版年.

注: ①作者项: 可列出第一、二、三位作者, 作者姓名之间用“,”隔开, 之后用“等”;

②若是中文参考文献, 请同时给出对应的英文信息。

钢包耐火材料对钢中氧含量及钢水温降的影响

作者: [李秉强](#), [戴文斌](#), [于景坤](#), [LI Bing-qiang](#), [DAI Wen-bin](#), [YU Jing-kun](#)
作者单位: [东北大学材料与冶金学院, 沈阳, 110004](#)
刊名: [材料与冶金学报](#)
英文刊名: [Journal of Materials and Metallurgy](#)
年, 卷(期): 2011, 10(3)

参考文献(4条)

1. [湯浅悟郎;杉浦二郎;藤根道彦](#) [溶鋼の脱酸におとほす耐火物の影響](#) 1983(04)
2. [Yuasa G;Sugiura S;Fujine M](#) [Oxygen content in refractories](#) 1983
3. [蒲筱琼;邱才文;郭卫善](#) [转炉终点氧含量预报模型\[期刊论文\]-山东冶金](#) 2006(01)
4. [孙志坚;孙纬;傅加林](#) [国内绝热保温材料现状及发展趋势\[期刊论文\]-能源工程](#) 2001(04)

本文读者也读过(6条)

1. [上海宝钢集团公司](#) [宝钢纯净钢生产技术现状和发展\[期刊论文\]-中国冶金](#)2000(3)
2. [林振芳](#) [炼钢过程中降低氧氮含量的探讨\[期刊论文\]-环球市场信息导报](#)2011(7)
3. [李拥军](#). [LI Yong-jun](#) [浅议不定形耐火材料在包钢炼铁炼钢的应用\[期刊论文\]-包钢科技](#)2002, 28(4)
4. [刘占增](#). [郭鸿志](#). [LIU Zhan-zeng](#). [GUO Hong-zhi](#) [钢包传热研究的发展与现状\[期刊论文\]-钢铁研究](#)2007, 35(1)
5. [栗红](#). [常桂华](#). [陈本文](#). [杨亮](#) [不同精炼工艺钢洁净度的研究\[会议论文\]-2006](#)
6. [余亮](#). [文光华](#). [唐萍](#). [胡兵](#). [何维祥](#). [YU Liang](#). [WEN Guang-hua](#). [TANG ping](#). [HU Bing](#). [HE Wei-xiang](#) [数据挖掘在出钢过程钢水温降预测中的应用\[期刊论文\]-过程工程学报](#)2009, 9(z1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_clyyjb201103006.aspx