

石灰石作为 120 t 顶底复吹转炉终点钢水调温剂的生产应用

解英明

(宝钢集团新疆八一钢铁股份公司第二炼钢厂, 乌鲁木齐 830022)

摘要 经计算,对 SP 等低碳钢控制钢水终点温度的废钢比应不低于 16%,但目前 120 t 转炉废钢供应只能达到 13%,造成钢水终点温度偏高,影响炉衬寿命。经过分析,采用添加石灰石($\geq 53.0\text{CaO}$, $\leq 1.2\text{SiO}_2$, $\leq 0.040\text{S}$, $\leq 0.008\text{P}$)调节转炉终点钢水温度。经 54 炉次生产实践表明,当添加 500 ~ 1 000 kg 石灰石,钢水温度 1 660 ~ 1 669 °C 时平均降温 3.6 ~ 8.0 °C, 1 670 ~ 1 679 °C 时,降温 4.9 ~ 10.8 °C, $\geq 1 680$ °C 时降温 9.0 ~ 20.0 °C; 加石灰石的钢水平均脱磷率为 83%,与铁矿石的平均脱磷率(87%)基本相当。

关键词 顶底复吹转炉 废钢 石灰石 终点温度控制 工艺实践

Application of Limestone Used to Control End Temperature of Liquid in 120 t Top and Bottom Combined Blowing Converter

Xie Yingming

(No2 Steelmaking Plant, Xinjiang Bayi Iron & Steel Co Ltd, Baosteel Group, Wulumuqi 830022)

Abstract According to calculation, for SP etc. low carbon steels the adding scrap ratio to control converter liquid end temperature is no less than 16%, but present scrap supply for 120 t converter is only up to 13%, led to liquid end temperature higher to effect lining life. According to analysis, the end temperature of liquid in converter is adjusted and controlled by adding limestone ($\geq 53.0\text{CaO}$, $\leq 1.2\text{SiO}_2$, $\leq 0.040\text{S}$, $\leq 0.008\text{P}$). The production practice with 54 heats show that as adding 500 ~ 1 000 kg limestone with liquid temperature 1 660 ~ 1 669 °C, liquid average temperature dropped by 3.6 ~ 8.0 °C, 1 670 ~ 1 679 °C, dropped by 4.9 ~ 10.8 °C, and $\geq 1 680$ °C, dropped by 9.0 ~ 20.0 °C; by adding limestone the average liquid dephosphorizing ratio is 83%, it is basically about equal to the dephosphorizing ratio (87%) by adding iron ore.

Material Index Top and Bottom combined Blowing Converter, Scrap, Limestone, Control of End Temperature, Practice of Process

宝钢集团新疆八一钢铁有限公司第二炼钢厂(二炼钢厂)位于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市头屯河区,周边地区石灰石储量丰富且运输距离短,然而八钢的石灰生产能力略显不足。同时,近年来八钢面临废钢采购的困难,废钢供应质量每况愈下,导致转炉内热量富余,转炉采取的措施是采用铁矿石降温,增加了成本;有的甚至加入渣料降温,对转炉炉渣控制产生较大影响,高温钢炉次增多,影响炉衬寿命,对转炉炉龄带来负面影响,冶炼低碳钢时尤为明显。目前钢厂 120 t 转炉最高炉龄不足 10 000 炉,与国内最高的 45 000 炉相差甚远。为此,钢厂根据以上特点借鉴国内其他厂家的做法^[1-3],开发出了转炉石灰石终点调温技术,大幅减少了铁矿石的使用,降低了成本。

1 工艺技术参数

1.1 转炉工艺

转炉的工程容量 3 × 120 t 顶底复吹转炉;铁水加入量 110 ~ 120 t;铁水加入温度 1 200 ~ 1 350 °C;废钢

加入量 8 ~ 20 t;冶炼的钢种:热轧 Q35B 系列、冷轧 SPHC 系列、管线钢和中厚板 B510 系列等钢种。

1.2 石灰石的技术条件

所用的石灰石成分和粒度分布的理化指标见表 1。

2 120 t 顶底复吹转炉冶炼现状分析

通过转炉用于平衡富余热量的方法主要是提高废钢比,废钢不足时在接近吹炼终点时添加铁矿石等来降温。钢厂每月冶炼 55 000 t 左右 SP 低碳钢,经计算,如果终点 [C] 控制在 0.04% ~ 0.08%,废钢比最低应为 16%,而目前废钢供应状况只能达到 13%,因此造成终点温度偏高。为消除这些转炉富余热量带来的问题,一般加入球团矿作为调温剂,有

表 1 石灰石成分和粒度分布

Table 1 Ingredient and distribution of size of limestone

成分/%				粒度分布/%		
CaO	SiO ₂	S	P	<10 mm	10 ~ 30 mm	>30 mm
≥53.0	≤1.2	≤0.040	≤0.008	5	90	5

时也加入渣辅料进行降温,其负面影响如下:

(1)目前球团矿价格约1 160元/t,使用球团矿调温成本偏高。

(2)转炉的熔池中间在 $[C] > 0.2\%$,也就是转炉吹炼的中前期加入球团矿,球团矿中间的氧化铁有部分还原进入熔池,对于钢铁料的消耗是有益的,在吹炼终点的时候加入转炉,球团矿降温熔化以后,基本上以氧化铁的形式存在于渣中,在倒渣过程中流失了,这无形中增加了炼钢成本。

(3)终点加入球团矿,会增加渣中的氧化铁的含量,渣中氧化铁过高,对炉衬侵蚀速度加快,影响溅渣护炉的工艺效果,并且钢液中氧含量增高,直接冲击后续工艺的生产节奏。

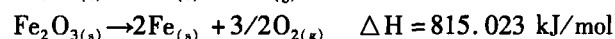
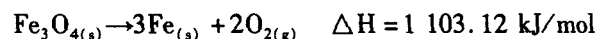
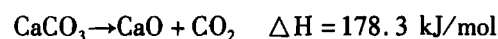
(4)在部分的炉次,有经验的炼钢工采用添加渣料,生白云石和石灰,作为降温的材料,但是增加了炉渣的粘度和碱度,并且成本也很高,降温效果也不理想。

这些负面影响给全厂工艺布局带来困难。值得一提的是如果加生白云石,一般在冶炼前期低碱度下最易溶解,中期后加入会使炉渣黏度增加,不易倒渣,倒渣过程中容易将钢水倒入渣罐,且溅渣护炉工艺要求 $[MgO]$ 的最佳含量是 $10\% \sim 14\%$ ^[4],如加入量大会使终渣过粘,不利于溅渣护炉。显然转炉冶炼终点使用生白云石降温是不理智的;采用石灰降温时需要量较大,但加多了也会造成终渣黏度过大,且石灰价格稍高,大量使用也会使厂内的石灰供应压力增加。寻找合理的调温剂是优化目前工艺的关键。

3 石灰石调温剂应用的分析

将石灰石应用于转炉炼钢,已经是一项成熟的工艺^[1-3],它们大多在加料前大部分加入转炉,或者在转炉吹炼的中前期加入,在吹炼的后期加入,其效果有待于实践验证。

在吹炼终点加入石灰石降温,一方面是物理吸热降温,另一方面石灰石分解吸热也能起到降温效果。其反应的方程式如下^[5]。



通过理论计算可知,理论上120 t转炉加入1 t的球团矿可降温 15.8°C ,通过计算可知,570 kg的石灰石对120 t转炉的降温效果相当于300 kg铁矿

石的降温效果,温降约 4.8°C ,即每100 kg石灰石大约能降温 0.84°C ,除了具有降温效果以外,采用石灰石在冶炼终点降温,还具有以下的作用:

(1)转炉在倒炉前,由于熔池中的C-O反应没有达到平衡,渣温较高(转炉的渣温高于熔池的温度),炉渣的泡沫化程度较高,直接倒渣会造成炉渣大量从炉口溢出,影响渣车的安全运行,危及冶炼平台测温取样工人的安全。为了消除此危险,转炉采用压渣剂,在转炉吹炼终点时加入转炉炉内,进行压渣(也就是对于炉渣进行消泡的过程)操作,压渣剂的成分为($\%$): $(\text{SiO}_2)45 \sim 55, (\text{C})6 \sim 12, (\text{Al}_2\text{O}_3)8 \sim 22$ 。在这种情况下加入石灰石,一是降温,二是增加了炉渣的粘度。石灰石分解出的气体有助于渣中小气泡的合并长大破碎,即有助于消泡,能够减少或者替代压渣剂的使用。

(2)在转炉终点渣中氧化铁含量较高的时候,石灰石在终点加入受热分解以后,炉渣中间由于温度的差异,会引起炉渣本身的运动,增加钢渣界面的反应能力,同时渣料的增加,会降低渣中的氧化铁,有利于脱磷。

(3)当地石灰石价格为每吨200元左右,从经济上来说也可以起到大幅度降低成本的作用。

4 生产实践结果

2013年1月至2月新疆八一钢铁公司转炉作业区在 $3^{\#}$ 120 t转炉上试用石灰石作为终点冷却剂共计54炉,加入量根据实际需要控制在500、800、1 000 kg三个档,共消耗石灰石约40 t。将试验数据进行筛选、处理,分别从以下几个方面来评估石灰石作为转炉冶炼终点冷却剂的使用效果。

4.1 石灰石的降温效果

为验证石灰石在实际使用中的降温效果,按照不同的加入前温度区间、不同加入量对石灰石的降温效果进行了跟踪记录,结果见表2。

表2 石灰石降温效果
Table 2 Cooling effecting of liquid by adding limestone

加入前温度区间/ $^\circ\text{C}$	加入量/kg	加入前平均温度/ $^\circ\text{C}$	加入后平均温度/ $^\circ\text{C}$	平均温降/ $^\circ\text{C}$	每100 kg温降/ $^\circ\text{C}$
1 660 ~ 1 669	500	1 667	1 664	3.6	0.72
	800	1 668	1 664	4.0	0.50
	1 000	1 668	1 660	8.0	0.80
1 670 ~ 1 679	500	1 672	1 667	4.9	0.98
	800	1 675	1 667	8.0	1.00
	1 000	1 676	1 665	10.8	1.08
$\geq 1 680$	500	1 689	1 680	9.0	1.80
	800	-	-	-	-
	1 000	1 694	1 674	20.0	2.00

由表 2 中的数据可以看出,在不同的初始温度区间加入不同量的石灰石降温的效果不完全相同,但考虑到试验的误差性,其效果与理论计算值 0.84 °C/100 kg 基本吻合。并且可以看出随着加入前温度的升高,石灰石的降温效果也在提高。可见,在转炉吹炼终点用石灰石作冷却剂的降温效果是不错的。

4.2 石灰石的脱磷效果

铁矿石在冶炼终点加入不但能有效降低钢水温度,同时能增加渣中有效氧化铁的含量,起到终点脱磷的效果。为探究终点加入石灰石是否也能起到脱磷效果,整理了 50 炉加入铁矿石与 50 炉加入石灰石的脱磷率进行对比分析,具体数据见图 1 和表 3。

由图 1 和表 3 可知,在接近冶炼终点时加入石灰石也能起到脱磷效果,只比加入铁矿石的效果稍差一些,完全可以替代使用。

4.3 石灰石对终点渣样的影响

为验证石灰石在冶炼过程中对转炉终点渣样成分的影响,特整理了加入石灰石炉次、加入铁矿石炉次与两者均未加入炉次的转炉终渣数据,如表 4 所示。

由表 4 中数据可见,加入铁矿石与两者都不加时的渣样成分几乎没有变化,只是氧化铁含量稍高;加入石灰石时终渣中氧化钙含量有所增加,碱度相

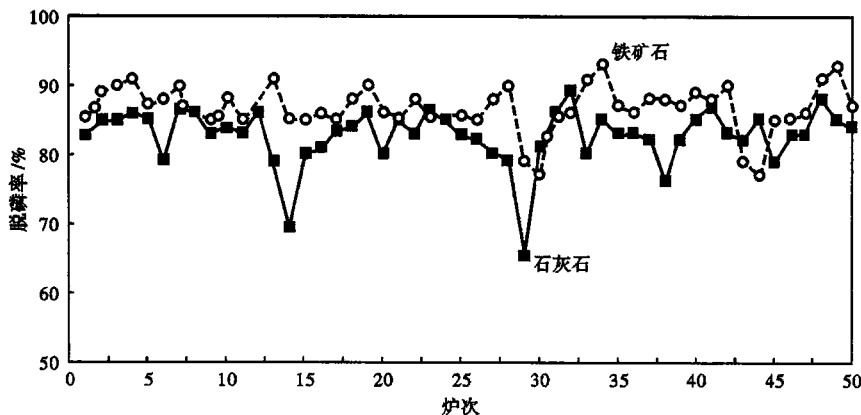


图 1 各炉次石灰石与铁矿石脱磷效果对比

Fig. 1 Comparison of dephosphorizing effect between by adding limestone and adding iron ore for each corresponding heat

应提高,但变化值不大。

5 结论

(1)接近转炉吹炼终点时加入石灰石与铁矿石的降温效果基本一样,随着钢液温度的升高,石灰石的降温效果有所提高,渣中氧化铁的含量有所下降,有利于减少钢中的氧含量。

(2)加入石灰石降温与加入铁矿石的脱磷效果相差不多。

(3)加入石灰石并未对转炉的终渣碱度带来显著变化,渣中仅 CaO 含量有所增加,相应的碱度有小范围升高。

(4)石灰石试用期间,转炉的喷溅次数并未明显增加,炉渣泡沫化程度降低,节省了压渣剂的使用。

参考文献

[1] 宋文臣,李宏,郭洛方,等.石灰石代替石灰造渣炼钢减排 CO₂ 的研究[J].中国冶金,2012,22(6):50-52.
 [2] 李自权,李宏,郭洛方,等.石灰石加入转炉造渣的行为初探[J].炼钢,2011,27(2):33-36.
 [3] 刘宇,王文科,王鹏,等.转炉采用石灰石部分替代石灰的冶炼实践[J].鞍钢技术,2011(5):41-42.
 [4] 张洪峰,马永刚.转炉溅渣护炉改质剂的开发与研究[C].2003 年中国钢铁年会论文集,2003:241-243.
 [5] 黄希祜.钢铁冶金学原理[M].北京:冶金工业出版社,2004:291-390.

解英明(1974-),男,工程师,2008 年辽宁科技大学毕业,炼钢和连铸工艺研究。E-mail:xiwym@bygt.com.cn

收稿日期:2013-04-08

表 3 石灰石与铁矿石脱磷效果对比 /%

Table 3 Comparison of dephosphorizing effect between by adding limestone and adding iron ore /%

项目	石灰石	铁矿石
铁水平均磷含量	0.91	0.90
最大脱磷率	90	93
最小脱磷率	65	77
平均脱磷率	83	87

表 4 石灰石与铁矿石对终渣成分和碱度的影响

Table 4 Effect of adding limestone and adding iron ore in ingredient and basicity of end slag

加入物料	终渣成分/%				CaO/SiO ₂
	FeO	MgO	CaO	SiO ₂	
石灰石	12.8	13.0	37.7	10.3	3.66
铁矿石	13.1	13.9	33.5	9.2	3.62
两者均未加	12.7	13.2	34.1	9.5	3.60