

济钢复吹转炉生产超低磷钢的生产实践

王念欣,刘效森,董德明,侯念旺,何国富
(济钢集团有限公司 炼钢厂,山东 济南 250101)

摘要:济钢炼钢厂通过优化复吹转炉双渣工艺、控制适当的底吹强度及终点(终渣氧化铁18%~24%、碱度3.5~4.5、温度1600~1620℃),提高转炉前期脱磷效果,采取合理的出钢制度,在无铁水脱磷设备条件下,生产了钢材P含量在0.007%以下的超低磷钢,满足钢种对钢质洁净度的特殊要求。

关键词:复吹转炉;超低磷钢;双渣操作;终点控制

中图分类号:TF762.8

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2012)06-0014-03

1 前言

低温用钢管、特殊深冲钢、镀锡板等要求钢中磷含量低于0.010%;一些航空、原子能、耐腐蚀管线用钢则要求 $w(P)$ 低于0.005%。为了满足海下作业设备用钢的使用要求,低磷钢甚至超低磷钢、超低硫钢的高洁净度化很重要,炼钢工艺过程是洁净度控制的关键^[1]。

在济钢炼钢厂生产的品种钢中,一些高附加值的产品,如管线钢、油罐钢、高强船板钢等,要求成品 $w(P) < 0.015%$ 。近期研究生产的9Ni钢要求转炉终点 $w(P) < 0.007%$ 。目前的设备装备水平不具备铁水预脱磷条件,这就对复吹转炉的脱磷提出了更高的要求和挑战。因此,必须对现有工艺条件尤其是脱磷造渣工艺进行系统分析和优化,进一步提高转炉化渣效果和脱磷率,以保证超低磷钢种的工艺目标要求。

2 超低磷钢生产控制措施

2.1 双渣操作

1)吹炼时间要求。双渣操作必须保证双渣前的吹炼时间,要求吹炼时间6~7 min。

2)氧气流量和枪位控制。双渣前吹炼过程开吹氧气流量27 000 m³/h,此流量吹炼2 min后调到24 000 m³/h,此流量一直吹炼至提枪倒渣。枪位控制原则:开吹低枪位升温,后高枪位化渣并抑制脱碳和升温。枪位控制参考:开吹枪位1 800 mm,3 min后枪位提到2 000 mm。

3)双渣时的炉渣成分。取渣样分析,脱磷渣系成分如表1所示(3个渣样平均值)。炉渣实际碱度2.0~2.6;渣中 $w(FeO)$ 8%~12%;炉渣中 $w(P) >$

0.9%;半钢中的 $w(P) < 0.035%$ 。

表1 脱P渣系成分 %

SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	S	P
16.52	39.72	6.32	1.72	9.33	6.44	0.064	1.04

2.2 底吹强度控制

济钢炼钢厂120 t转炉冶炼时采用底吹自动供气,生产高附加值品种钢时全程吹Ar。底吹强度对P在渣—钢中分配比(L_p)的影响见图1, L_p 和底吹强度(Q)的关系近似抛物线形,其关系式为:

$$L_p = -62\ 788Q^2 + 5\ 930.6Q - 52.232^{[2]}$$

在其他条件相同的情况下, Q 为0.047时, L_p 为极大值,所以生产中选择的底吹供气强度为0.04~0.05 m³/(min·t)。

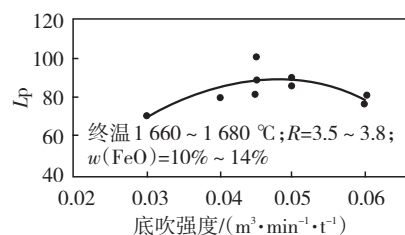


图1 底吹强度对 L_p 的影响

对终渣而言,若全程采用低底吹强度,搅拌效果较差,动力学条件不好;过高的供气强度,虽然动力学条件好,但渣中 $w(TFe)$ 过低不利于去P;中等强度供气时,虽然渣中 $w(TFe)$ 不是最高,但碱度 R 最高,说明化渣效果好,石灰在此条件下熔化最充分,因此获得了最高的 L_p 。

2.3 过程温度控制

随温度升高,P在渣钢间的分配系数明显减小,如图2所示,低温下较低的碱度和炉渣氧化性就可以得到较好的脱P效果。温度对P分配系数的影响应从两方面来看,一方面从热力学角度看,由于去P是放热反应,高温不利于去P,而且高温促使脱C反应速度增大,使渣中 (FeO) 显著降低,也不利于去P;另一方面,熔池温度提高,将加速石灰矿石等造渣料的熔化,加强钢渣界面反应。所以从动力学角度

收稿日期:2012-02-06

作者简介:王念欣,男,1975年生,1998年毕业于武汉冶金科技大学钢铁冶金专业。现为济钢炼钢厂高级工程师,从事炼钢工艺研究和品种钢的开发工作。

来看,过低的温度也不利于去P。

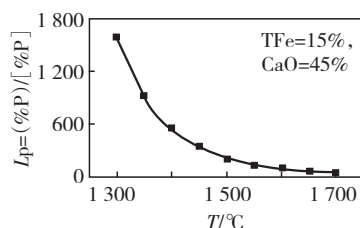


图2 温度和 L_p 之间的关系

2.3.1 前期温度

脱P率和半钢温度的关系如表2所示,在半钢渣碱度及全铁含量相近的条件下,半钢温度在1345~1410℃范围内脱P率均在59%以上,较其他温度区间脱P率高。通过现场观察,此温度下可以得到流动性较好的炉渣。因此,双渣时的温度控制在1340~1400℃。

表2 脱P率和半钢温度关系

半钢温度/℃	半钢碱度	过程参数/%			
		TFc	铁水P	半钢P	脱P率
1295	2.25	10.25	0.078	0.034	56.41
1345	2.05	11.25	0.078	0.030	61.54
1355	2.08	11.05	0.088	0.035	60.27
1378	2.25	12.01	0.079	0.031	60.76
1410	2.20	11.85	0.085	0.036	59.49
1450	2.26	12.56	0.082	0.039	52.44

从表2还可以看到,在半钢渣碱度及全铁含量相近的条件下,半钢温度在1345~1410℃范围内脱P率均在59%以上,较其他温度区间脱P率高。通过现场观察,此温度下可以得到流动性较好的炉渣。因此,双渣时的温度控制在1340~1400℃。

2.3.2 过程温度

双渣后氧气流量恢复到正常值,开吹加入石灰后补加200~300kg萤石,依据过程温度和化渣状况加入一定量的矿石进行化渣和调温。要求过程升温平稳,特别要避免过程某个阶段升温过快;一定要避免前期温度过高,后期被迫加料调温。过程副枪温度控制目标为1540~1560℃,一定要避免此时的温度超过1580℃。

2.4 转炉终点控制

2.4.1 终渣 $w(\text{TFc})$

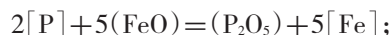
炉渣的(TFc)含量越高,炉渣氧化性越强,P在渣钢间的分配比越大。钢液中[O]的高低实际上是由熔渣中(FeO)的活度决定的。因此,要提高P在渣钢间的分配比,必须提高熔渣(FeO)的活度。在低温、低碱度条件下,(FeO)的活度系数变化不大,增加渣中(FeO)的浓度是增大(FeO)活度的主要手段,且(FeO)含量高可以增加熔渣的流动性,对脱P的动力学条件也是很有好处的。终渣 $w(\text{TFc})$ 与 L_p 的关系近似服从抛物线规律,方程为^[2]:

$$L_p = -0.5329w^2(\text{TFc}) + 22.819w(\text{TFc}) - 140.12。$$

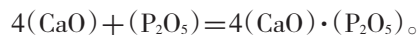
$w(\text{TFc})$ 在18%~24%时 L_p 较高,更高或更低时 L_p 均有所下降。这一现象可以解释为(FeO)本身有一定的去P作用,(FeO)还是石灰的基本熔剂并在氧化去P过程中起中介作用,因而随 $w(\text{TFc})$ 的增加 L_p 增大。但当 $w(\text{TFc}) > 24%$ 时, a_{FeO} 并不能成比例地增大,却生成了 $(3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$,反而使渣碱度变小,稀释了(CaO)的浓度,减弱了渣的去P作用,所以 L_p 变小。因此,终渣 $w(\text{TFc})$ 控制在18%~24%。

2.4.2 终点碱度

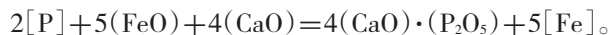
首先[P]被氧化:



生成的 (P_2O_5) 和(CaO)起反应:



综合上述两个反应方程式得到:



根据化学反应平衡原理,渣中(CaO)、(FeO)越高, $4(\text{CaO}) \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ 越高,则渣中(P)高,钢中[P]低。有关研究也表明,终点碱度越高,则渣中自由(CaO)越多,钢中[P]越低。当渣中(CaO)含量达40%左右时,分配比 L_p 值最大,效果较好。碱度过高时,使炉渣变黏,恶化了去P的动力学条件,故反而不利于去P,脱P效果变差。因此,终点渣碱度为3.5~4.5时,脱P效果最好。

2.4.3 终点温度

从脱P反应的热力学条件可知,脱P反应的平衡常数 K 越大,P在渣—钢间的分配比 L_p 越大。温度对 L_p 的影响是通过对 K 的作用实现的。 K 随反应温度降低而增大,即低温有利于脱P。出钢温度1600~1620℃,严禁终点温度 > 1630 ℃。同时,为保证炉渣的流动性,终点C含量 $\leq 0.03\%$,预防出钢回P,终点[P]含量 $\leq 0.005\%$ 。

2.5 出钢操作

1) 钢包要求:包底、包壁、包口粘渣钢重量 ≤ 0.5 t,包口、包壁粘渣量非常少的、前2炉未进行修补的红包,包温 < 950 ℃。上线前保证底吹良好。2) 出钢口要满足出钢时间 > 4.5 min。3) 必须保证挡渣加入装置能正常运行,出钢末期加入挡渣塞。为避免下渣,可采取提前抬炉留钢操作的方式防止下渣。4) 出钢过程采取弱脱氧方式,加入的合金为金属锰、硅铁,成分按Si、Mn中限进行合金化。不要加入强强脱氧剂。5) 出钢时加石灰1000kg和200~300kg萤石造顶渣。

3 结语

生产实践表明,采用双渣操作,控制适当的双

渣吹炼时间(6~7 min),炉渣实际碱度为2.0~2.6,渣中(FeO)含量8%~12%;温度1340~1400℃;可以取得良好的脱磷效果,使半钢磷含量<0.035%。通过控制好炉渣,过程副枪温度<1580℃,适当的底吹强度以及终点(终渣氧化铁18%~24%;碱度为3.5~4.5;温度1600~1620℃),采取合理的出钢制

度,可以生产出[P]<0.007%的高附加值品种钢。

参考文献:

- [1] 康昕.我国钢帘线的生产情况及国内外钢帘线生产技术[J].钢铁技术,2006(6):1-4.
- [2] 黄成红,于学斌,雷加鹏.低磷钢生产实践的研究[J].钢铁研究,2003(5):26-27.

Production Practice of Ultra-low Phosphorus Steel by Top-bottom Converter in Jinan Steel

WANG Nianxin, LIU Xiaosen, DONG Deming, HOU Nianwang, HE Guofu

(The Steelmaking Plant of Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

Abstract: Te Jinan Steel Steelmaking Plant produced ultra-low phosphorus steel with less than 0.007% P by top-bottom converter and through using of some optimization measures in the condition of without hot metal dephosphorization equipment for meeting the needs of special steel grade on the quality. These measures include optimizing double-slag process, controlling proper bottom blowing intensity and end-point (the FeO content in final slag is 18%~24%, the acid-to base ratio is 3.5~4.5 and the temperature is 1600~1620℃), adopting reasonable tap rule, etc.

Key words: top-bottom converter; ultra-low phosphorus steel; double slag process; end-point control

(上接第13页)

Maintenance Practice of No.3 BF Hearth Abnormal Erosion in Shiheng Special Steel

DONG Chengguo, WANG Meng

(The Ironmaking Plant of Shandong Shiheng Special Steel Group Corporation, Feicheng 271612, China)

Abstract: Because Shiheng Special Steel's No.3 BF hearth temperature unusually rose and seriously threatened safety production, some protection furnace measures were taken. They include optimizing blast furnace operation system, adding titanium ore and feeding Ti-wire from the tuyere etc. The abnormal spot of the temperature changed over to secure state gradually and the hearth abnormal erosion was controlled, realizing the aims of furnace maintenance under the safe premise and on the base of regular working optimizing the economic and technological indexes of the blast furnace.

Key words: blast furnace; hearth; abnormal erosion; maintenance; furnace protection by titanium ore

信息园地

《山东冶金》征稿简则

《山东冶金》主要刊登地质水文、采选工艺、焦化、耐火、冶炼、轧钢、材料、理化检测、自动控制、冶金设备、经济与管理以及相关学科的科研成果,同时也报道有关学术动态和科技信息等。热诚欢迎省内外相关大专院校、科研院所专家、学者及冶金工程技术和管理人员向本刊投稿。

投稿时请注意本刊如下要求:

1 通过电子邮件投稿;请勿一稿多投;文稿的著作权属于作者,文责由作者自负;本刊已入编《中国学术期刊(光盘版)》,如作者不同意收录,请在来稿时声明,否则将视为同意收录。

2 论文排列格式:题名→作者→单位→摘要→关键词→英文题名→作者汉语拼音名→单位英文名称→英文摘要→英文关键词→正文→参考文献→作者简介。

3 题名要求确切、简洁、鲜明、便于检索。一般不超过20个字。

4 作者署名,同一单位不超过5人;2个以上单位的,每单位不超过3人,并在每个作者的右上角,按单位顺序标注“1”、“2”、“3”,每位作者之间加“,”。作者单位,包含单位名称(全称)、地址和邮编。文末注明论文第一作者

简介,包括:姓名,性别,出生年,毕业时间、院校、专业。现职务、职称,从事工作或研究方向等。注明详细通信地址、电话、电子信箱等。

5 正文前应有200字左右的中文摘要,内容包括研究的目的、方法、结果和结论等,应尽量反映文章的主要信息,写成报道性短文;列出3~8个关键词。

6 英文题名以短语为主要形式,应少于10个实词;英文摘要与中文摘要对应,一般不超过150个实词;英文关键词应与中文关键词一一对应。

7 层次标题一般分3层,用阿拉伯数字连续编号,如“1”,“2.1”,“3.1.1”……,后空2格排标题;应简短明确,不易过长(不超过15个字)。

8 文中的图表采用阿拉伯数字顺序编号,先见文,后见图表。图表题名应简明确切。表的结构要简洁,图要精选,内容不得与文字或表格内容重复。照片要求清晰、层次分明、反差适中;金相及TEM、SEM等照片应有放大倍数和比例尺。

9 使用国家法定计量单位及符号;名词术语应统一;一篇文章中一种符号只能代表一种含义,变量符号用斜体;正确标注所用符号的大小写、上下标。