

120 t转炉全矿石炼钢工艺开发实践

贾崇雪, 刘晓美, 汤晓辉, 鲁荣杰, 赵统国

(山东钢铁集团有限公司, 山东 济南 250101)

摘要:为降低钢铁料消耗和生产成本,利用120 t转炉开发了全矿石冶炼工艺。选择杂质含量低的TFe 62%矿石,通过优化矿石布料工艺和供氧制度,解决了全矿石炼钢遇到的布料困难、喷溅和炉衬侵蚀严重等难题。冶炼过程化渣良好,炉渣脱磷率提高了1.17%,钢铁料消耗降低了28.95 kg/t,降低成本6.42元/t。

关键词:转炉;全矿石炼钢;布料;供氧

中图分类号:TF713

文献标识码:B

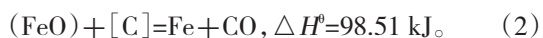
文章编号:1004-4620(2016)01-0006-03

1 前言

钢铁料成本占炼钢生产总成本的80%以上,降低转炉炼钢的钢铁料消耗对于控制炼钢生产成本有极其重要的作用,也是技术和管理水平的综合体现。近年来,铁矿石价格不断下降,而废钢资源尤其是优质废钢资源越来越紧张,导致供应不足。为降低钢铁料消耗指标和生产成本,山钢股份济南分公司炼钢厂利用120 t转炉进行了全矿石炼钢的探索与实践。

2 矿石在炉内的反应分析

矿石在转炉内熔化、分解、还原要吸收大量的热,其反应的热力学方程式如下^[1]:



由反应式(1)、(2)可知,铁矿石中的 Fe_2O_3 以及溶于炉渣中的 (FeO) 与金属中的 $[\text{C}]$ 反应都是吸热反应,根据粗略计算,用铁矿石氧化1%的 $[\text{C}]$ 可降低熔池温度约200℃。由化学反应平衡可知,在金属液中 $[\text{C}]$ 含量一定的情况下,增加 Fe_2O_3 和 (FeO) 浓度有利于促进反应向右进行。

铁矿石的冷却效应吸收的热量值可以通过下式计算^[2]:

$$Q_{\text{冷}} = m \times C_{\text{Fe}} \times \Delta t \times \lambda_{\text{Fe}} + m \times [112/160w(\text{Fe}_2\text{O}_3) \times 6459 + 56/72w(\text{FeO}) \times 4249].$$

式中: m 为铁矿石质量,kg; C_{Fe} 为铁矿石的质量热容, $C_{\text{Fe}}=1.016 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$; Δt 为铁矿石加入熔池后需升高的温度, $^\circ\text{C}$; λ_{Fe} 为铁矿石的熔化潜热, $\lambda_{\text{Fe}}=209 \text{ kJ}/\text{kg}$ 。

3 全矿石炼钢难点分析

山钢股份济南分公司炼钢厂120 t转炉作业区配备有3座120 t顶底复吹转炉,每座转炉配有1套副枪,在吹炼至80%~85%和吹炼终点时分别测量1次。设备工艺参数:转炉公称容量120 t,有效容积124 m^3 ,炉容比1.0 m^3/t ;氧枪外径 $\Phi 273 \text{ mm}$,氧气流量27 000~34 000 m^3/h ,工作氧压0.75~1.0 MPa,马赫数2.0,吹氧时间15 min/炉;冶炼周期38~42 min。全矿石炼钢存在以下工艺难点:

1) 矿石消耗高,布料压力大。原工艺的矿石消耗为8~12 kg/t,实施全矿石炼钢工艺后矿石加入量达到了60~80 kg/t,是原工艺的7倍。在转炉冶炼周期恒定的情况下,如何合理地将如此大量的矿石加入炉内是该工艺首先要解决的问题之一。

2) 矿石加入集中,易引发喷溅。加入炉内的铁矿石将与金属液中的 $[\text{C}]$ 在炉内高温环境下发生剧烈的化学反应,由此产生以下后果:瞬间生成的大量具有巨大能量的CO气体从炉口逸出,同时携带着一定量的钢水和熔渣,会形成较大喷溅;铁矿石入炉后,吸收大量的物理热和化学热,使熔池骤然冷却,抑制了正在激烈进行的碳氧反应,供入的氧气与熔池中的铁反应,生成大量的(TFe)并聚集。当熔池温度再度升高到一定程度,由于渣中聚集的(TFe),碳氧反应加剧,也会造成喷溅。

3) 中渣(TFe)高,炉衬侵蚀加剧。大批量加入铁矿石后,若不能完全反应,易导致终渣TFe增高,违背转炉终渣“化透做黏”的原则。尤其是转炉冶炼后期加入的大量矿石,因距离转炉终点时间较短来不及反应而大部分熔入炉渣中,致使终渣氧化性急剧升高。终渣氧化性的增强不仅加剧了以镁碳砖为耐火材料的炉衬的侵蚀,而且据测定,终渣TFe含量增加1%,炉渣熔点降低15~20℃。因此终渣氧化性增加,相应地降低了转炉溅渣层的抗熔损能

收稿日期:2015-11-05

作者简介:贾崇雪,男,1977年生,2002年毕业于重庆大学冶金工程专业。现为山东钢铁集团有限公司钢铁研究院工程师,从事转炉炼钢工艺技术工作。

力,也加剧了对炉衬的侵蚀。

4 全矿石冶炼工艺的开发

4.1 矿石的选择

目前济钢120 t转炉炼钢用矿石按照品位分为3种,分别为TFe 48%矿、TFe 53%矿和TFe 62%矿,各矿石的成分如表1所示。

表1 试验用矿石基本成分 %

矿石	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	其他杂质	总杂质
TFe 48%矿	68.57	10.72	0.96	19.75	31.43
TFe 53%矿	75.71	6.64	1.58	16.07	24.29
TFe 62%矿	88.57	4.53	2.14	4.76	11.43

根据各种矿石的市场价格在一定时期内从中选择性价比较为合适的一种使用。原工艺吨钢矿石加入量为8~12 kg,由于加入量较小,矿石所带来的副作用如渣量增加、炉渣碱度降低等影响可不予考虑。实施全矿石炼钢工艺后,矿石中的杂质也随之成渣,将产生以下不利影响:

1)增加了渣量。在转炉容积一定的情况下,增加渣量也就增加了冶炼过程的喷溅概率。另一方面,在渣中TFe含量不变的条件下,渣量增加意味着炉渣带走的金属量增加,亦即增加了钢铁料消耗。

2)杂质中的SiO₂进入炉渣降低了炉渣的二元碱度,为了使炉渣保持合适的碱度,需补加一定量的石灰,此举既增加了石灰成本,亦增加了渣量。

3)由上述铁矿石的冷却效应分析可知,增加铁矿石中TFe含量,有利于增加矿石的冷却效应,相应地减少矿石用量,减轻布料压力。

因此,矿石中的杂质含量对冶炼过程控制和炼钢成本都产生了不利影响,且矿石中杂质含量越高影响越大。为此,全矿石炼钢工艺选择杂质含量最低的TFe 62%的铁矿石。

4.2 调整矿石布料方式

为了减轻吹炼过程的加料负担和确保冶炼过程平稳,根据铁水温度和成分,估算出该炉矿石的加入总量,在转炉兑铁水前先加入总加入量35%左右(3~4 t)的矿石。利用兑铁过程的冲击力,促进铁水、矿石混匀和反应,使矿石在吹炼开始前就能被部分消化,减缓吹炼过程矿石加入难的问题。开吹后再加入1 t矿石,以有效降低开吹温度,防止吹炼前期温度升高过快,提高前期去磷效率及抑制高温喷溅。在吹炼至起渣即碳氧反应初起后陆续补加矿石,首批加入500 kg,既可防止炉内碳氧反应后升温过快,又可避免因矿石加入量过多而使熔池温降过大,抑制初起的碳氧反应。吹炼中期矿石以小批多次适时投入,每批加入量800 kg。95%~100%的矿石在副枪1测量前加完,目的是利用熔池中碳

含量较高的时机促进矿石的还原,提高钢水收得率。副枪1测量完毕后,熔池内碳含量已经相对较低,为确保终渣“化透做黏”,若副枪1碳含量>0.6%,可补加300~500 kg矿石用于降温,其他情况本阶段不再加入矿石。若炉内温度仍高,可用冷却效果较好的生白云石降温。

4.3 改善供氧制度

4.3.1 调整氧气流量和压力

氧气流量和压力按照“两高一低”的方式进行控制,即开吹和拉碳时用高氧气流量和高氧压,吹炼过程用低氧气流量和低氧压。开吹氧气流量和压力分别由常规工艺的27 000 Nm³/h和0.78 MPa提高至30 000 Nm³/h和0.85 MPa,以加强氧气流股对熔池的搅拌,促进兑铁前和开吹后矿石迅速混匀和熔化。因冶炼过程中需要补加大量矿石,将带入大量的Fe₂O₃,为了避免因过于激烈的碳氧反应而发生喷溅,当碳氧反应初起后将氧气流量和氧压分别调整为26 000 Nm³/h和0.76 MPa;在吹炼终点前1 min将氧气流量和压力分别调整为32 000 Nm³/h和0.96 MPa,以加强熔池搅拌,促进冶炼后期渣中(FeO)与金属中的[C]充分反应,降低终渣(FeO)含量。

4.3.2 优化吹炼氧枪枪位

高枪位操作由于对熔池的搅拌较弱,钢中元素特别是碳的氧化将减弱,而金属熔池表面和炉渣不断氧化,造成渣中(FeO)含量急剧升高,当渣中(FeO)聚集到一定程度时,会与金属液中的碳发生激烈的突发性化学反应,产生大量CO气体,易产生喷溅。相反,若枪位过低,则氧气流股强烈搅拌熔池,吹入的氧气被碳的氧化消耗,降低了渣中(FeO)含量,造成炉渣“返干”。为了促进铁前和开吹后所加矿石快速消耗,开吹后枪位迅速降低;吹炼中期为了使碳氧反应平稳进行,氧枪在低枪位运行;为了使加入的大量铁矿石充分反应,减少铁损,在吹炼后期适当降低拉碳枪位。传统炼钢工艺与全矿石炼钢工艺枪位对比见图1。

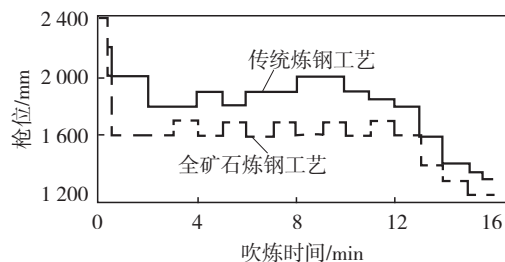


图1 传统炼钢工艺与全矿石炼钢工艺枪位对比

5 冶炼效果

全矿石炼钢工艺自2015年6月份开发以来,在济钢120 t转炉上已应用4 200余炉,产钢量近60万

t, 冶炼效果良好。

1) 通过优化加料和供氧工艺, 冶炼各时期渣中的(FeO)控制在合适水平, 促进了碳氧反应的平稳进行, 有效避免了冶炼过程的喷溅发生; 加之大幅度减少废钢使用量, 降低了因废钢结构变化和杂质含量波动给转炉冶炼操作所带来的不确定影响, 也降低了喷溅发生的概率。转炉喷溅率由原工艺的2.15%降低至1.63%。

2) 通过选择合适品位的铁矿石以及根据铁水成分和温度, 合理分配兑铁前、吹炼后以及吹炼过程中各环节的矿石加入量, 有效解决了全矿石炼钢工艺的矿石布料问题。

3) 全矿石炼钢工艺在吹炼过程冶炼起渣快, 过程化渣良好, 炉渣脱磷率提高了1.17%, 终点平均P含量降低了0.0014%。

4) 转炉终渣中的TFe含量与原工艺基本持平, 对转炉炉衬侵蚀和溅渣效果没有产生影响。

5) 矿石消耗由原工艺的8~12 kg/t增加至60~80 kg/t, 钢铁料消耗降低28.95 kg/t, 降低炼钢成本6.42元/t。

参考文献:

- [1] 黄希祜. 钢铁冶金原理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1997.
[2] 张岩, 张红文. 氧气转炉炼钢工艺与设备[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010.

Developing Practice of 120 t Converter Full Ore Steelmaking Process

JIA Chongxue, LIU Xiaomei, TANG Xiaohui, LU Rongjie, ZHAO Tongguo

(Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: In order to reduce the steel material consumptions and production costs, the full ore-smelting process was developed in 120 t converter. Choosing the TFe 62% ore with lower impurity content, some problems encountered in the production practice of the full ore-smelting process such as feeding difficulty, splash and lining erosion serious problem were solved by optimizing the ore feeding process and oxygen supply system. The slag melt well in smelting process, the dephosphorization rate was increased by 1.17 percent, steel material consumption was decreased 28.95 kg/t, the production cost was reduced by 6.42 Yuan per ton steel.

Key words: converter; full ore steelmaking; feeding; oxygen supply

(上接第5页)

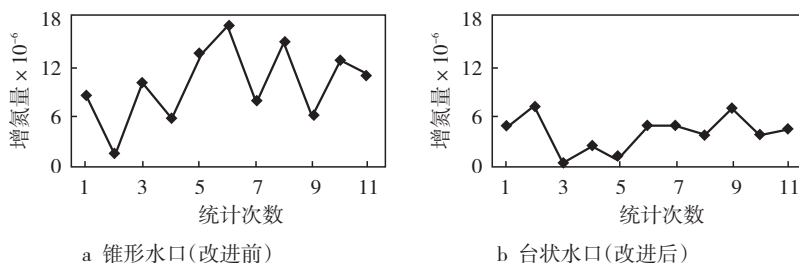


图5 水口改型前后中间包钢水增氮量对比

格率, 为高要求品种钢的开发打下良好的基础。

参考文献:

- [1] 李勇. 炼钢过程中钢水氮含量控制[J]. 炼钢, 2010, 45(10):

52-56.

- [2] 野村光一. 长寿命铝碳质连铸长水口的开发[J]. 世界钢铁, 1999, 3: 62-66.

Development of Low Nitrogen Content Control Technology in Short Flow Steelmaking Process

PEI Jianhua

(Shandong Iron and Steel Group Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: By increasing the proportion of hot metal in the furnace, developing the models of electric furnace power supply and oxygen operation and adopting fast deoxidization and nitrogen controlling technology in refining furnace, high efficiency VD vacuum degassing technology, continuous casting protection casting technology and other measures, the nitrogen contents in the billets and in products produced by 100 t EAF in Laiwu Steel were controlled bellow 90×10^{-6} stably and the nitrogen content in some steel grades can be controlled in 60×10^{-6} . The product quality steadily improved.

Key words: electric furnace steelmaking; nitrogen control technology; protection casting; nitrogen content

数值范围用浪纹线

GB/T 15834—1995规定: 浪纹线“~”用于连接数字范围, 如a~b, 这里的a、b为不同的实数, 因此, 在科技书刊中, 凡实数的数值范围应当用“~”连接, 不应采用一字线“—”。例如: 0.25~0.75, 750~780℃, 190~220 mm,

0.9~1.2 m/min, 图4~6, 表1~3, 等。只有起点和终点的时间间隔除外, 依据GB/T 8407—2005, 这种情况采用一字线连接, 例如: 2011—2015年, 2012年1—5月, 2008年3月5—17日。
(燕明宇)