半钢炼钢转炉增大供氧强度的氧枪设计与使用

许立志

(攀枝花钢铁研究院, 四川 攀枝花 617000)

摘　要: 针对攀钢半钢炼钢的特点, 设计了高供氧强度的新型氧枪。新设计的氧枪喷孔数为 5 孔, 喷孔孔型为近似 Laval 型, 且布置在喷头端面的同一圆周上, 喷孔倾角分别选取 13° 和 15°。氧枪喷头喉口直径($d_{喉}$) 选取 35 mm。新设计的氧枪冶金效果明显, 缩短纯吹氧时间 2.6 min/炉, 冶炼过程顺行, 可满足溅渣护炉的需要, 各项技术经济指标改善。

关键词: 转炉; 氧枪; 半钢炼钢; 供氧强度

中图分类号: TF341　　文献标识码: A　　文章编号: 1004-7638(2005)03-0060-04

Design and Application of Oxygen Lance for Converter Steelmaking with Semi-steel at PZH Steel

Xu Lizhi

(Panzhihua Iron and Steel Research Institute, Panzhihua 617000, Sichuan, China)

Abstract: According to the characteristics of steelmaking with semi-steel at PZH Steel, the structure and spray nozzle of oxygen lance for high supply intensity were discussed. The new type oxygen lance has 5 jets, and the jets are arranged on the same circumference of spray nozzle end. The shape of jet is similar to Laval-shape, and the dip angles are 13° and 15° respectively. The throat diameter is 35 mm. The metallurgical effects of new designed oxygen lance were obvious. It shortened oxygen blowing time 2.6 min/heat, meanwhile, the blowing process was smooth, the need of lining protection by slag splashing was satisfied, and the technical-and-economic indexes were improved.

Key words: converter; oxygen lance; steelmaking with semi-steel; oxygen supply intensity

0　引言

提高转炉供氧强度可以按比例地缩短吹氧时间[1]。缩短吹氧时间对提高转炉作业率, 提高钢产量, 理顺生产工艺, 改善冶炼技术经济指标具有重要的意义。攀钢原采用的氧枪(以下简称原氧枪) 由于吹氧时间长(每炉平均达 19.08 min), 冶炼过程易返干、喷溅, 已无法满足现在生产的需要。特别是攀钢全连铸工艺的投产, 对转炉冶炼周期提出了更高的要求, 因此, 提高转炉供氧强度是攀钢亟待解决的问题。

根据氧枪设计的原理, 结合攀钢原试验氧枪的经验, 在系统分析、论证攀钢现有供氧能力及用氧安全性的前提下, 自行设计了新氧枪。新氧枪的使用, 可缩短转炉吹氧时间 2.6 min/炉, 冶炼过程平稳、顺行, 可满足溅渣护炉的需要, 为实现转炉与连铸机的匹配奠定了基础。

1　氧枪设计过程相关参数的选取与确定

1.1　供氧参数

1.1.1　供氧时间

收稿日期: 2005-04-10

供氧时间是直接影响炼钢转炉作业率的一个重要指标, 主要取决于入炉条件、工艺匹配要求及供氧参数。国内外炼钢转炉供氧时间一般为 15~ 16 min/炉。攀钢三期工程竣工后, 三座转炉将对应三台高效化的连铸机, 转炉冶炼周期必须控制在 35 min 以内, 经对攀钢转炉炼钢工艺各工序时间的确定与计算, 供氧时间则需控制在 14.5~ 16.5 min/炉。

1.1.2　供氧量

国内外转炉厂家的吨钢耗氧量经验值为: 普通铁水炼钢为 50~ 60 Nm^3/t, 一般取 55 Nm^3/t。攀钢半钢炼钢吨钢耗氧量按生产数据统计为 45~ 55 Nm^3/t; 取 50 Nm^3/t。故攀钢每炉的耗氧量= 吨钢耗氧量(Nm^3/t) × 转炉公称容量(t) = 50 × 120 = 6 000 (Nm^3)。由此确定供氧量为 21 820~ 24 830 Nm^3/h。

1.1.3　供氧强度

在供氧时间、供氧量确定后, 通过计算攀钢转炉供氧强度为 3.03~ 3.45 $Nm^3/(t \cdot min)$。

1.1.4　吹炼氧压与出口马赫数

氧枪喷孔出口马赫数主要视滞止压力 P_0 的大小而定。马赫数为喷头出口速度与当地音速之比。它是超音速喷嘴的重要参数。据文献[2]介绍, 国内外转炉氧枪的马赫数的取值一般在 1.8~ 2.3。其中 80% 以上的喷头马赫数为 1.9~ 2.0。前人研究结果表明: 随着马赫数取值的增大, 转炉冶炼过程控制趋于平稳, 但输氧管道的压力也增高。结合攀钢输氧管道压力为 1.2~ 1.3 MPa、氧枪喷头滞止压力为 0.8~ 0.9 MPa 的实际, 选择氧枪喷孔出口马赫数为 2.05。

1.2　喷头参数

氧枪是氧气转炉炼钢的关键设备, 其设计的优劣将直接影响转炉冶炼的技术经济指标。氧枪喷头参数主要由喷孔的布置方式和供氧量决定, 而氧枪喷头的形状和孔数各异。目前转炉氧枪的喷孔数有 3 孔、4 孔、5 孔、6 孔, 甚至是 7 孔。由于喷孔数大于 3 孔的氧枪尚无标准设计模式, 因此, 各使用厂家均依据 3 孔氧枪的设计原理及本厂的实际情况进行设计。

1.2.1　喷孔孔数

多孔氧枪的主要优点是保证分散供氧, 分散供氧容易化渣, 提高金属收得率、减少喷溅、吹炼过程平稳, 并可提高氧气利用率。目前, 多孔喷头的使用已成为转炉炼钢的发展趋势[3]。鉴于国内外大中型转炉一般都用 3~ 6 孔喷头的实际情况, 结合攀钢以往试验过的氧枪的试验结果, 选定攀钢氧枪喷孔数为 5 孔, 并确定喷孔布置在喷头端面的同一圆周上。

1.2.2　喷孔孔型

Laval 型喷嘴较普通型喷嘴, 在同样的冲击面积和穿透能力要求下, 射流能量衰减慢、对熔池的搅拌增强[3]。但 Laval 喷嘴的加工精度要求很高, 不易制造, 故转炉炼钢厂家大多使用近似 Laval 孔型。攀钢本次选用的喷孔孔型为近似 Laval 型。

1.2.3　喉口直径

由于氧气射流在 Laval 喷嘴喉口处的压力、温度、流量选取和确定难度较大。为此, 在喉口直径设计时, 常采取经验设计。通过计算, 选取攀钢氧枪喷头的 $d_{喉}$ = 35 mm。

1.2.4　喷孔倾角

为了保证攀钢炼钢转炉冶炼顺行和较好的脱磷率, 喷孔夹角应取大些, 而从射流对炉衬及溅渣护炉角度考虑, 则喷孔夹角应取小些。考虑到氧枪射流最小的重叠率所要求的最小喷孔倾角, 结合攀钢曾使用的原氧枪试验结果, 本次氧枪喷头设计时, 选取喷孔倾角为 13° 和 15°。

1.3　操作枪位

枪位(氧枪喷头距熔池液面间的距离) 高低, 与氧枪喷头出口马赫数有着直接联系。在一定的氧射流出口速度下, 枪位高可避免烧枪, 但为保持射流对熔池的搅拌能力, 即保证一定的冲击深度, 就应相对地降低氧枪枪位。可见, 要保持正常冶炼, 除氧枪喷头设计适当外, 还应准确控制吹炼过程的枪位。根据射流特性经验公式[4]及攀钢以往生产情况, 试验时确定氧枪枪位为 1.4~ 2.0 m。

氧枪的设计参数归纳于表 1 中。为了对比, 将原氧枪的参数也同时列入表 1 中。

表 1　氧枪喷头参数

Table 1　Spray nozzle structure parameters of oxygen lance

氧枪类型	喷孔数	喷孔布置	喷孔夹角/(°)	喉口直径/mm	出口直径/mm	马赫数
原氧枪	5	中心 1 孔, 周边 4 孔	0	20	22	1.96
			13	35	44	1.92
新氧枪—13[1)]	5	周边 5 孔	13	35	46.4	2.05
新氧枪—15[2]	5	周边 5 孔	15	35	46.4	2.05

注: 1) 喷孔夹角为 13° 的新型氧枪; 2) 喷孔夹角为 15° 的新型氧枪

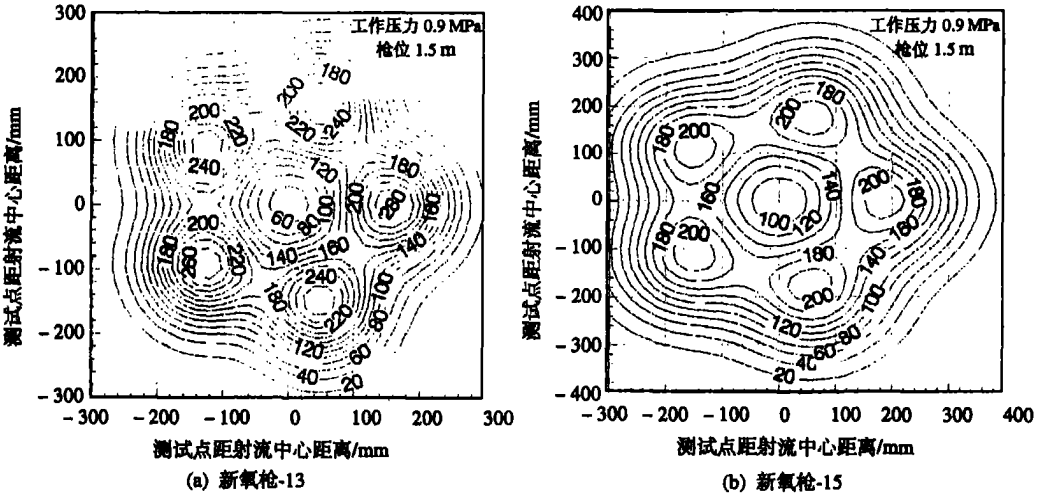

图 1 新氧枪射流等速度图(单位: m/s)

Fig. 1 Isovelocity distibution of new oxygen lance

2 氧枪射流特性测试

对新设计的氧枪喷头进行射流特性测试, 结果见图1。由图1可见, 新氧枪的射流特性基本符合设计要求, 但仍表现出射流之间相互抽引、掺混现象。射流之间相互抽引、掺混会造成射流动能损失, 射流对熔池冲击力的实际值较理论值小[5]。其对冶金效果可能产生的影响是: 粘枪、烧枪, 冶炼过程降碳速度慢, 吹氧时间长等。

3 新设计氧枪的使用效果

攀钢转炉冶炼时, 一般采用 0.9 MPa 的工作氧压, 氧气流量在 23 600 Nm^3/h 左右, 按转炉公称吨位计算, 其供氧强度为 3.3 $Nm^3/(t \cdot min)$。

新设计的氧枪, 通过万余炉的试验, 初期渣形成时间、供氧时间统计结果见表 2。

由表2可知, 新氧枪的初期渣形成时间较原氧枪分别缩短了 1.12 min 和 0.17 min, 纯吹氧时间较原氧枪缩短了 2.67 min、2.62 min。

表 2 新、旧氧枪转炉冶炼供氧时间、初期渣形成时间对比

Table 2 Time of preliminary slag fromation and oxygen- blowing time of PZH Steel converter

喷头	初期渣形成时间/min		纯吹氧时间/min	
	平均	范围	平均	范围
原氧枪	5.6	3~ 10	19.08	14~ 23
新氧枪—15	4.48	3~ 8	16.41	11.33~ 22.33
新氧枪—13	5.43	3~ 9	16.46	9.83~ 21

注: 氧气工作压力 0.9 MPa

冶炼过程炉渣基本无返干现象, 喷溅小, 冶炼过程平稳、顺行。

新设计氧枪冶炼终点钢渣中 TFe 含量与原氧枪基本持平, 钢渣中磷含量有所降低。冶炼过程的脱磷率及磷分配比见表 3。

表 3 新、旧氧枪的脱磷率和磷分配比

Table 3 Dephosphorization ratio and distribution ratio of phosphorus

喷头型式	脱磷率 Þ %		磷分配比(P) Þ [P]	
	平均	范围	平均	范围
原氧枪	75.53	46.84~ 90.28	51.51	27.42~ 76.50
新氧枪—15	76.72	36.67~ 91.78	54.14	33.85~ 76.6
新氧枪—13	78.86	44.58~ 91.92	53.36	32.57~ 72.14

使用新氧枪进行溅渣护炉操作, 炉衬的侵蚀速率为 0.04 mm/ 炉, 优于原氧枪(炉衬的侵蚀速率为 0.05 mm/ 炉)。

4 结论

(1) 新设计氧枪的参数选取是正确的, 能满足半钢炼钢的需要。

(2) 新设计氧枪冶金效果明显。缩短纯吹氧时间 2.6 min/ 炉以上, 炼钢过程顺行, 能满足溅渣护炉的需要, 提高了转炉作业率。

参考文献:

[1] Li Bingyuan. Study on Aerodynamic Characters of Oxygen Lance for Converter[A]. 7th National Steelmaking Symposium[C]. Steelmaking Association of the Chinese Society for Metals, 1995. 132- 138.
(李炳源. 氧气转炉喷头气动力学性能的研究[A]. 第 7 届全国炼钢学术会议论文集[C]. 中国金属学会炼钢学会, 1995. 132- 138.)

[2] Cai Zhipeng, Zhang Chunxia. Design of Multijet for Large Scale Oxygen Lance of Converter and Its Feature of Supersonic Jet[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing. 1995, (12): 75- 79.
(蔡志鹏, 张春霞. 大型转炉氧枪多孔喷头的设计与其射流特性[J]. 北京科技大学学报, 1995, (12): 75- 79.)

[3] Cai Zhipeng, Zhao Rongjiu, Yang Wenyuan, *et al*. Academic Lectures of Oxygen Application in Steelmaking[M]. Chengdu: Steelmaking Association of the Chinese Society for Metals, 2003. 87- 94.
(蔡志鹏, 赵荣久, 杨文远, 等. 炼钢用氧技术讲义. 成都: 中国金属学会转炉炼钢学术委员会, 2003. 87- 94.)

[4] Shougang Experimental Team. 3- jet Oxygen Lance for Top- blown Steelmaking Converter[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1972. 60.
(首钢试验组. 顶吹转炉三孔喷枪[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1972. 60.)

[5] Zhang Chunxia. Study on the Characteristics of Velocity Distribution Along the Centerline of a Multijet Oxygen Lance[J]. Engineering Chemisitry & Metallurgy, 1994, (8): 196- 200.
(张春霞. 多孔氧枪喷头轴线上速度分布特征的研究[J]. 化工冶金, 1994, (8): 196- 200.)

编辑　苟淑云

(上接第 43 页)

[J]. Metal Heat Treatment, 2003, 28(4): 28- 30.
(刘晓涛, 崔建忠. 强电场奥氏体化对低碳钢淬火组织的影响[J]. 金属热处理, 2003, 28(4): 28- 30.)

[26] Wang Xiufang, Sun Dongli, Wu Gaohui. Effects of Aging in Electric Field on 2024 Alloy[J]. School of Materials Science and Engineering, 2002, 12 (2): 283- 286.

编辑　余文华

(上接第 47 页)

[9] Tadao Watabe. Continuous Casting of Steel(The Second Edition)[M]. Osaka: Sumitomo Metal Industries, Ltd., 1996. 488.
(渡部忠男. 钢の 连续铸造法(第 2 版)[M]. 大阪: 住友金属工业(株) 综合技术研究所, 1996. 488.)

[10] Tho T, Takeuchi E, Hojo M, *et al*. Electromagnetic Control of Solidification in Continuous Casting of Steel by Low Frequency Alternating Magnetic Field [J]. ISIJ International, 1997, 37(11): 1115- 1119.

[11] Miyoshino I, Takeuchi E, Yano H, *et al*. Influence of Electromagnetic Pressure on the Early Solidification in a Continuous Casting Mold [J]. ISIJ International, 1989, 29(12): 1044- 1047.

编辑　杨冬梅