

300 t 顶底复吹转炉氧枪枪位的水模型研究和应用

闫心怡 沈明钢 冯 超

(辽宁科技大学材料与冶金学院,鞍山 114051)

摘 要 研究了 300 t 顶底复吹转炉 1:10 几何相似比的水模型顶枪枪位(150 ~ 300 mm)和流量(44 ~ 48 m³/h)对钢液混匀时间的影响。模拟结果得出,最佳枪位为 170 mm,最佳流量为 45 m³/h。钢厂 300 t 顶底复吹转炉应用结果表明,顶吹流量 60 000 m³/h 和底吹流量 1 000 m³/h 时,当顶枪枪位由 1 900 mm 改进为 1 700 mm 时,碳氧积平均值由原来的 27.94 降为 23.49,提高了转炉内熔池的搅拌效果,吹炼时间由原 15.8 min 降低至 15.5 min,降低了生产成本。

关键词 300 t 顶底复吹转炉 氧枪枪位 水模型 均混时间

A Study on Oxygen Lance Level for a 300 t Top and Bottom Combined Blowing Converter by a Water Model and Application

Yan Xinyi, Shen Mingang and Feng Chao

(School of Materials and Metallurgy, Liaoning University of Science and Technology, Anshan 114051)

Abstract The effect of top oxygen lance level (150 ~ 230 mm) and flow rate (44 ~ 48 m³/h) of geometric similarity 1:10 water model for 300 t top and bottom combined blowing converter on mixing time of liquid has been studied. It is obtained by simulation results that the optimum lance level is 170 mm and optimum flow rate is 45 m³/h. The application results of 300 t top and bottom combined blowing converter show that with top lance flow rate 60 000 m³/h and bottom blowing flow rate 1 000 m³/h, as the top lance level modifies to 1 700 mm from original 1 900 mm the average carbon and oxygen product decreases to 23.49 from original 27.94, the stirring effect of converter bath increases and the blowing time decreases to 15.5 min from original 15.8 min to reduce production cost.

Material Index 300 t Top and Bottom Combined Blowing Converter, Oxygen Lance Level, Water Model, Mixing Time

在整个炼钢过程中,氧枪是转炉炼钢的关键设备,它的主要作用是向熔池供氧和传氧。吹炼氧压和氧枪枪位的高低对熔池的脱碳速度和炉渣中 FeO 含量以及熔池温度有重大的影响。氧枪枪位是一个非常重要的参数,氧枪枪位的控制是关系到炼钢生产质量好坏的至关重要的环节,它直接影响炼钢过程中造渣、脱碳、升温及喷溅的发生。因此,必须很好地控制氧枪的枪位,使炼钢过程得以平稳进行^[1]。

1 模拟原理和实验参数

水模型实验中主要模拟转炉氧气射流对熔池的作用,根据相似原理应满足转炉原型和实验室模型的几何尺寸相似和动力学条件相似,选择气体惯性和钢液重力之比的修正 Froude 准数为水模试验的定性准数^[2],即: $Fr'_m = Fr'_p$

对于气-液两相流,取模型的实型修正 Froude

$$\text{准数: } Fr' = \frac{u^2}{gD} \times \frac{\rho_g}{\rho_c - \rho_g} \quad (1)$$

$$\text{则可得下式: } \frac{u_m^2}{gL_m} \times \frac{\rho_{gm}}{\rho_{lm}} = \frac{u_p^2}{gL_p} \times \frac{\rho_{gp}}{\rho_{lp}} \quad (2)$$

$$\text{即: } \frac{Q_m}{Q_p} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{5/2} \times \left(\frac{\rho_{gp}}{\rho_{gm}}\right)^{1/2} \times \left(\frac{\rho_{lm}}{\rho_{lp}}\right)^{1/2} \quad (3)$$

式中: u_m, u_p - 模型与原型喷头气流的特征速度/(m · s⁻¹); ρ_{gm}, ρ_{gp} - 模型与原型的气体密度/(kg · m⁻³); ρ_{lm}, ρ_{lp} - 模型与原型的液体密度/(kg · m⁻³); L_m, L_p - 模型与原型的特征尺寸/m; Q_m, Q_p - 模型与原型的气体流量/(m³ · h⁻¹); g - 重力加速度/(m · s⁻²)。

良好的熔池搅拌,有利于快速脱碳,也使炉内反应更接近于平衡,通过测定熔池均混时间来间接反

通讯作者:沈明钢,教授,辽宁科技大学材料和冶金学院,鞍山 114051

E-mail:lnassing@163.com

吹转炉吹炼过程中碳氧反应,熔池流动状态的综合情况^[3-5]。

本文采用电导法测定熔池混匀时间^[6]。将 NaCl 溶液瞬时注入水模型容器内的水中,然后连续测量水中的电导率变化,直至电导率稳定时为完全均混时间^[7]。

钢厂 300 t 顶底复吹转炉实际操作的参数如表 1。顶底复吹转炉原型与模型流动的有关物理量如表 2。

根据表 1、表 2 的数据,用公式(3),模型比为 1:10,计算得出相关工艺技术参数。

2 实验过程及结果分析

2.1 300 t 转炉的顶底复吹水力学模型实验

本实验装置按照钢厂 300 t 转炉为原型,以 1:10 的几何相似比进行水模型实验,具体装置如图 1 所示。

因为相似比是 1:10,所以根据表 3 得出如表模

表 1 300 t 顶底复吹转炉实际操作参数

Table 1 Actual operation parameters of 300 t top and bottom combined blowing converter

项目	技术参数
顶枪枪位/cm	250 ~ 140
顶枪流量/(m ³ ·h ⁻¹)	60 000
顶枪压力/MPa	0.82
底枪流量/(m ³ ·h ⁻¹)	800 ~ 1 200
熔池直径/mm	6 640

表 2 300 t 顶底复吹转炉原型与水模型有关物理参数

Table 2 Related physical parameters of 300 t top and bottom combined blowing converter prototype and water model

吹气方式	项目	熔池液体	液体密度/(kg·m ⁻³)	复吹气体	气体密度/(kg·m ⁻³)	气体流量/(m ³ ·h ⁻¹)
顶吹	原型	钢液	7 000	氧气	1.43	60 000
	模型	水	1 000	空气	1.20	48.0
底吹	原型	钢液	7 000	氮气	1.25	800 ~ 1 200
	模型	水	1 000	空气	1.20	0.64 ~ 0.96

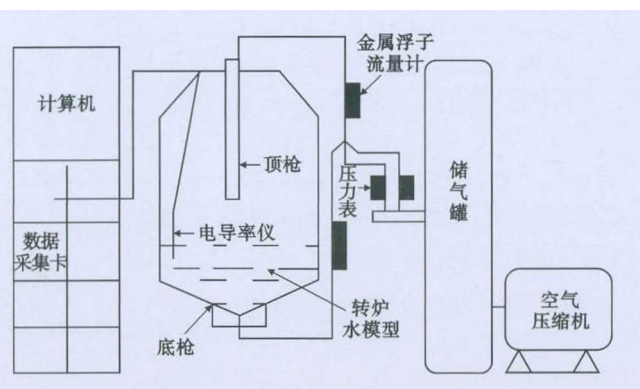


图 1 水模型实验装置简图

Fig. 1 Schematics of water model experimental device

表 3 原型和水模型的熔池直径和顶枪枪位

Table 3 Bath diameter and top lance level of prototype and water model

熔池直径/mm		顶枪枪位/mm	
原型	模型	原型	模型
6 640	664	1 400 ~ 2 500	140 ~ 250

表 4 不同顶吹气体流量和顶枪枪位高度下的熔池混匀时间
Table 4 Mixing time in bath with different top lance level height and gas flow rate

流量/(m ³ ·h ⁻¹)	顶枪枪位(mm)下的混匀时间/s				
	150	170	190	210	230
44	17.9	11.5	15.5	17.4	16.4
45	20.3	8.7	12.3	13.3	13.5
46	20.9	18.3	16.5	17.8	16.2
47	15.7	13.4	14.7	16.4	19.3
48	15.9	14.9	19.6	18.2	19.5

拟数据。

然后根据表 2 和表 3 的数据制定顶底复吹转炉的实验方案。本实验是根据钢厂的实际生产经验,低枪流量控制在 1 000 m³/h 下,通过改变顶吹的气体流量及枪位高度来进行的主要考察复吹工艺参数对均混时间的影响。模拟数据如表 4 所示。

由表 4 得到氧枪流量和顶枪枪位对混匀时间的影响如图 2(a,b) 所示。

从图 2(a) 可知,当氧枪枪位一定时,混匀时间随着顶枪流量的增加有先减小后增大再减小的趋势。除枪位在 150 mm 的情况外,其余顶枪枪位下混匀时间在流量为 45 m³/h 时达到最佳值。当流量 > 46 m³/h 时,在不同的顶枪枪位下,混匀时间相差不大。

从图 2(b) 可知,当顶枪流量一定时,混匀时间随着氧枪枪位的增加有先减小后增大的趋势。除流量在 46 m³/h 的情况外,其余氧枪流量下的混匀时间(s) 在枪位为 170 mm 时处于最低值。而且,当枪位从 170 mm 提高到 190 mm 的过程中,不同流量下的均混时间均有所下降。虽然流量为 46 m³/h 时的混匀时间最低点为 190 mm,但和枪位在 170 mm 处的混匀时间相差不大。

所以,对钢厂 300 t 顶底复吹转炉进行水模型实验得出的最佳枪位为 170 mm,最佳流量为 45 m³/h。

2.3 水模拟结果的生产应用

钢厂 300 t 顶底复吹转炉冶炼 spbc 钢种工艺参数,表 5 为铁水和钢水的温度及成分的平均值。试验工艺参数选择顶枪氧气流量 60 000 m³/h,顶枪压力 0.82 MPa,底枪流量为 1 000 m³/h,原氧枪枪位 1 900 mm 拉碳时,吹炼时间 15.8 min,终点温度

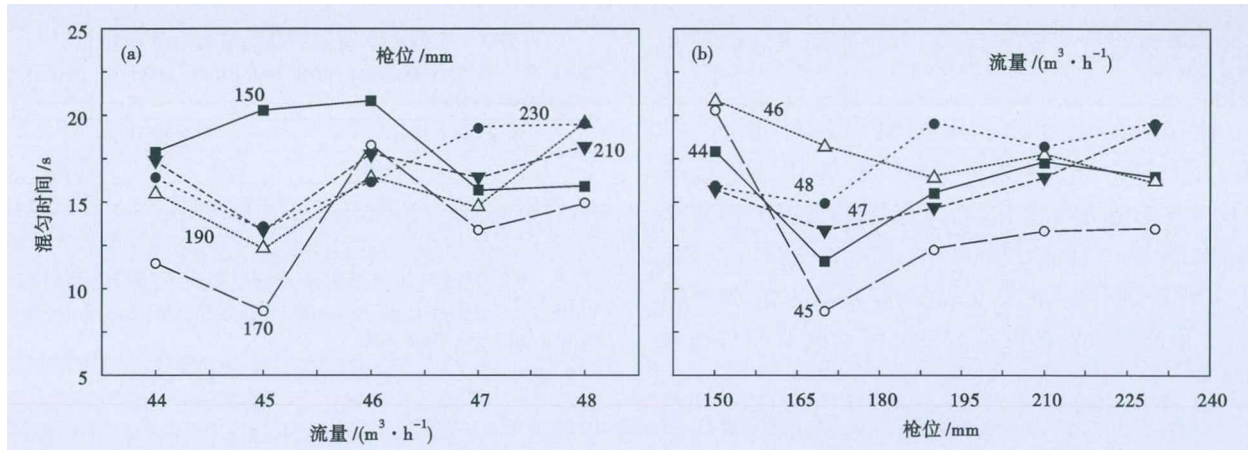


图 2 氧枪流量(a)和顶枪枪位(b)对混匀时间的影响
Fig. 2 Effect of oxygen lance gas flow rate (a) and top lance level (b) on mixing time

表 5 铁水和钢水的温度及成分的平均值

Table 5 Average temperature and composition of hot metal and liquid steel

项目	温度/℃	C	Si	Mn	P	S
铁水	1 305	4.91	0.35	0.30	0.092	0.024
钢水	1 645	0.046	-	0.08	0.013	0.020

150 mm 的情况外,其余枪位下混匀时间在流量为 45 m³/h 时达到最佳值。

(2) 当顶枪流量一定时,混匀时间随着氧枪枪位的增加有先减小后增大的趋势。除流量在 46 m³/h 的情况外,其余顶枪流量下的混匀时间在枪位为 170 mm 时处于最低值。

(3) 把模拟结果应用于钢厂 300 t 顶底复吹转炉冶炼 sphc 钢种的实际生产中,碳氧积平均值由原来的 27.94 降为 23.49,提高转炉内熔池的搅拌效果,炼钢过程的吹炼时间从 15.8 min 缩短至 15.5 min,可以为企业降低生产成本增加效益。

参考文献

[1] 朱新华,李秀娟. 转炉炼钢氧枪枪位辅助控制的研究[J]. 河北理工大学,2006,10(5):6-7.
 [2] 陈伟庆. 冶金工程实验技术[M]. 北京:冶金工业出版社,2004.
 [3] 金友林,王建军,周 俐. 50 t 复吹转炉溅渣护炉水模试验研究[J]. 炼钢,2004,20(5):47-49.
 [4] 陈 敏. 210 t 顶底复吹转炉水模型实验研究[D]. 武汉:武汉科技大学,2011.
 [5] 王念欣. 转炉底吹动态模型的应用[J]. 中国冶金,2009,19(1):24-26.
 [6] 刘爱华,李 强,冯明霞,等. LBE 转炉优化吹炼工艺参数的水模实验研究[J]. 材料与冶金学报,2003,2(1):21-24.
 [7] 刘海啸,孙家富. 冶金工程实验教程[M]. 鞍山:鞍山科技大学出版,2005:69-74.

闫心怡(1992-),女,硕士研究生(2017 年辽宁科技大学),2015 年辽宁科技大学(本科)毕业,炼钢工艺研究。

E-mail:455807686@qq.com

收稿日期:2017-08-10

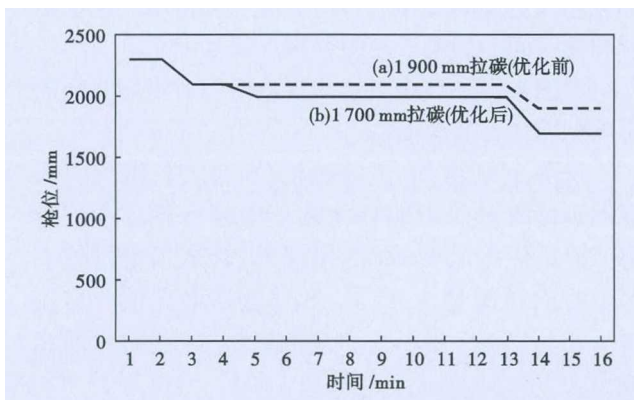


图 3 优化前(a)后(b)的枪位曲线

Fig. 3 Lance level curve before (a) and after (b) optimization

1 648 ℃, TFe 为 20.89, 碳氧积平均值 27.94; 当氧枪枪位在 1 700 mm 拉碳时, 吹炼平均时间 15.5 min, 终点温度为 1 645 ℃, TFe 为 19.31, 碳氧积平均值为 23.49, 图 3 表示优化前后的氧枪枪位。通过优化可以提高转炉内熔池的搅拌效果, 缩短炼钢过程的吹炼时间, 降低碳氧积平均值, 可以提高产品利润及质量。

3 结论

(1) 当氧枪枪位一定时, 混匀时间随着顶枪流量的增加有先减小后增大再减小的趋势。除枪位在