

90 t 钢包炉底吹氩工艺优化的水模拟试验研究

丁宁^{1,2} 包燕平¹ 孙齐松² 王立峰²

(1 北京科技大学冶金与生态工程学院,北京 100083; 2 首钢技术研究院,北京 100043)

摘要 采用1:2.5几何相似比的水模型,试验研究了钢厂90 t钢包炉(LF)透气砖位置、数量和底吹供气量对钢包内流体混匀时间的影响。结果表明,优化后的钢包透气砖位于高位料仓下料位置的下方,渣料和合金能够直接加在裸露区,熔化速度快,合金收得率高;底吹气体流量23.89 L/min时钢包流体混匀时间最短,有利于钢水深脱硫。

关键词 钢包炉 底吹工艺 混匀时间 水模拟

A Test and Study on Water Modelling for Optimization of Bottom Argon Blowing Process of a 90 t Ladle Furnace

Ding Ning^{1,2}, Bao Yanping¹, Sun Qisong² and Wang Lifeng²

(1 School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083;
2 Shougang Research Institute of Technology, Beijing 100043)

Abstract The effect of location and number of gas permeable brick and bottom argon supply rate on mixing time of liquid in a 90 t ladle furnace at steelworks has been tested and studied by using water model with 1:2.5 geometric resemble scale. Results show that the optimum ladle furnace gas permeable brick is located under dumping area of high level charging hopper, the slag material and alloy is directed adding at bare area to get higher melting rate and alloy yield; and the mixing time of liquid in ladle is shortest with bottom gas blowing rate 23.89 L/min, it is available to deep desulphurization of liquid steel.

Material Index Ladle Furnace, Bottom Blowing Process, Mixing Time, Water Modelling

LF具有埋弧加热、底吹氩搅拌、还原气氛及高碱度白渣精炼等特点,可以实现脱硫、脱氧、减少夹杂物、调整和均匀钢水的温度及成分,为转炉与连铸的匹配提供时间缓冲。合理的底吹氩透气砖位置、个数和供气强度,为钢包冶金的热力学反应提供了良好的动力学条件,可以提高LF精炼效果^[1,2]。

本实验针对钢厂90 t LF的精炼工艺,通过物理模拟LF在底吹氩条件下的钢液流动,测定不同底吹搅拌条件下的混匀时间,优化LF底部透气砖的位置及个数;喂丝位置;用石蜡模拟炉渣,来确定深脱硫和去除夹杂物的最佳底吹氩气流量。

1 实验方法

本实验主要考虑几何相似和动力相似,采用1:2.5几何相似比,用有机玻璃制成钢包模型。试验中保持原型钢包和模型钢包的修正弗鲁德准数相等,并计算出模型底吹流量(表1)。在模型钢包底部设计的底吹位置如图1所示,进行单底吹和双底吹的优化实验。

用水模拟钢液,氮气模拟氩气。将800 mL饱和的NaCl水溶液作为示踪剂加入模型钢包中,采用导电电极测定混匀时间曲线,定义示踪剂的浓度达到

表1 原型与水模型底吹气体流量/(L·min⁻¹)

Table 1 Bottom gas blowing rate of prototype and water model/(L·min⁻¹)

原型	水模型
500	23.89
400	19.11
300	14.33
250	11.95
200	9.55
100	4.78
80	3.82
60	2.39
40	1.91

平衡浓度值的95%时的时间为混匀时间。

用石蜡模拟炉渣,考察不同的底气强度对模型钢包内石蜡与水的界面处的搅拌状况,来确定深脱硫和去除夹杂物的最佳底吹氩气流量。

表2为钢包底吹透气砖位置和示踪剂加入位置的布置方案。

2 实验结果与分析

图2为双底吹或单底吹的钢包在不同底吹气体流量时的混匀时间。由图2可以看出,原两种底吹透气砖布置与其它方案相比,钢包内混匀时间比较长,当底吹流量增大到23.89 L/min时的混

匀时间为72 s。

从原方案的实验中可以看到,由于在炉渣表面形成两个中心的水平流距离太近相互干扰,抵消了部分的搅拌能,延长了混匀时间,尤其是“软吹”小气体流量时混匀时间长;气液两相上升流本来应该是以螺旋“V”形上升,由于钢包容量小,喷嘴又布置在包底0.6D处,临近包壁,其“V”形气液两相上升流达到2/3液面高度后,气液两相流开始受到包壁阻挡而变形,既降低搅拌

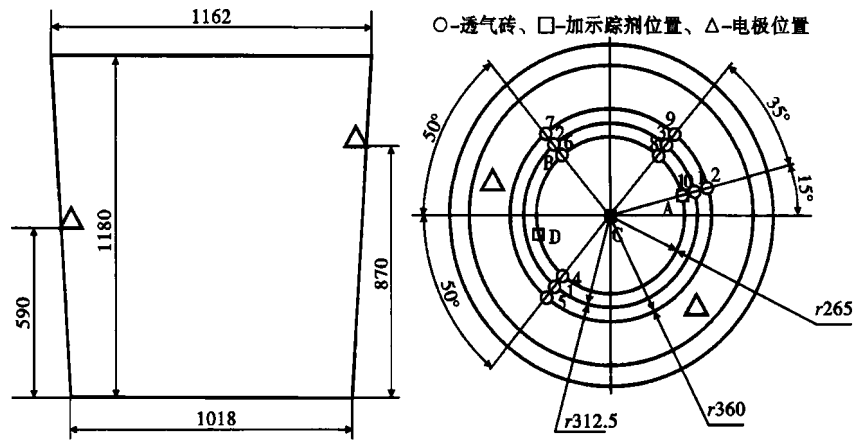


图1 底部透气砖位置的简图

Fig. 1 Schematics of location of bottom gas permeable brick

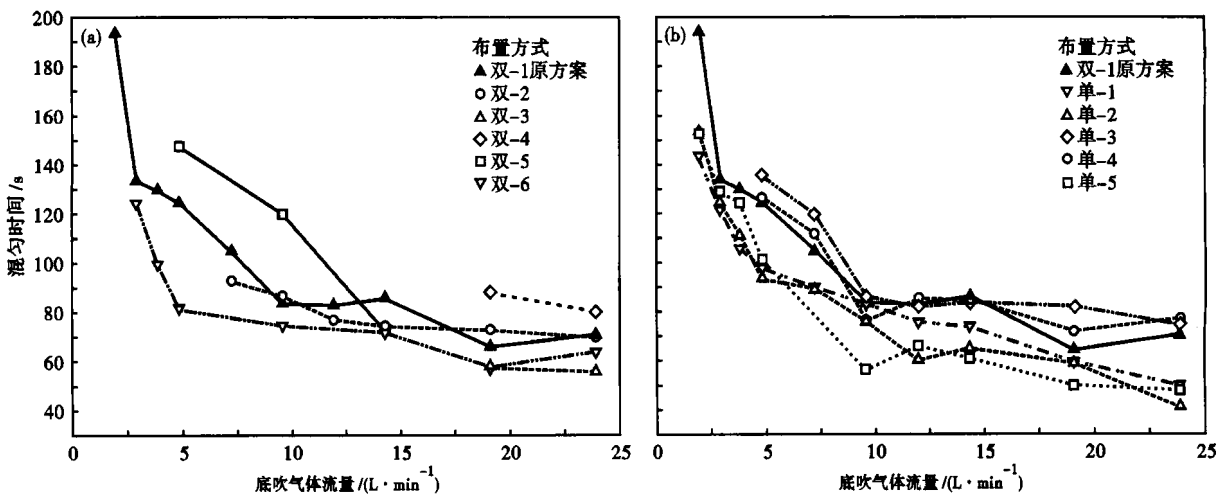


图2 底吹气体流量对混匀时间的影响:(a)双透气砖布置;(b)单透气砖布置

Fig. 2 Effect of bottom gas blowing rate on mixing time: (a) layout with double gas permeable bricks; (b) layout with single gas permeable brick

表2 钢包底吹透气砖布置方案

Table 2 Scheme of layout of ladle bottom blowing gas permeable blocks

方案序号	钢包双底吹透气砖位置	示踪剂加入位置	方案序号	钢包单底吹透气砖位置	示踪剂加入位置
原方案双-1	2*3 [#]	A	单-1	10 [#]	A
双-2	6*8 [#]	A	单-2	10 [#]	B
双-3	6*10 [#]	D	单-3	3 [#]	A
双-4	4*10 [#]	A	单-4	8 [#]	A
双-5	8*4 [#]	A	单-5	10 [#]	C
双-6	8*4 [#]	D			

能,又冲刷包壁。这种现象随着底吹气体流量的增加,搅拌能损失和冲刷包壁更为严重。同时高位料仓下料落点远离双底吹气液两相上升流冲破炉渣形成的裸露区,石灰和其它造渣剂不仅不能直接与钢液接触,影响成渣。同时石灰在渣层上面很容易“结团”不熔化,影响脱硫反应进行。如果渣料加在

底吹气液两相流冲开的裸露区,直接接触钢液,石灰不容易“结团”,有利于快速熔化,同时合金能够直接加在裸露区,不仅合金收得率提高,而且熔化速度快。

从图2(a)可以看出,采用双透气砖布置时,当两透气砖距离近时,混匀时间比较长,如原布置双-1和双-2;当两透气砖距离远时,两螺旋上升的气液两相流相互干扰小,搅拌能损失小,如布置双-4、双-6。说明原底吹透气砖布置形成的流场对快速均匀温度、调整成分、去除夹杂物和深脱硫是不利的。

由图2(b)的数据可以看出,10[#]透气砖布置的各底吹气体流量下的混匀时间均低于其它布置方案,混匀时间随着底吹流量的增加而减少。其气液两相流冲开炉渣形成的裸露区正处于高位料仓下(A点);B点位于水平流向下降流的区域,若在此

处喂线,顺着下降流喂线穿透深度大,可以作为喂线位置;D 点是炉门位置,也处于下降流区域。A、B、D 位置均处于钢包内流体形成的大循环的流线上。采用 10# 透气砖布置,在底吹气体流量为 23.89 L/min 时,在 A 处加示踪剂测得钢包流体混匀时间 50 s,同时在 B、D 处测得混匀时间分别为 41、47 s。

用石蜡模拟炉渣,考察单-1 底吹布置时不同的底吹流量对模型钢包内石蜡与水的界面处的搅拌状况,以此来确定深脱硫和去除夹杂物的最佳底吹氩气流量。

通过水模拟试验得出:

(1)当钢包底吹气体流量为 1.9 L/min 时,渣钢界面分明,裸露区直径不超过 30 mm,而且很快地又被炉渣覆盖封闭起来,炉渣表面很平静;

(2)当钢包底吹气体流量为 3.82 L/min 时,渣钢界面还是分明,但是气液两相流上升冲破渣层,裸露液面直径在 100 ~ 150 mm,并且接触炉渣侧的液体中已经出现了分散少量的 5 ~ 10 mm 颗粒渣滴珠,下降深度 50 ~ 100 mm 后,立刻又返回炉渣中,表面也出现了小的波纹;

(3)当底吹流量大于 3.82 L/min 开始卷渣。

因此可以把 1.91 ~ 3.82 L/min 作为软吹气量,不易卷渣,可使钢液中夹杂物相互碰撞而长大后充分上浮。

本实验底吹流量 11.95 L/min 时,直径 10 mm 以上的渣滴下降到液体深度的 1/3;而 1 ~ 10 mm 直径的渣滴下降液体深度的 2/3 位置。若底吹流量 23.89 L/min 时,直径 10 mm 以上的渣滴下降到液体深度的 2/3 位置;而 1 ~ 10 mm 直径的渣滴下降到钢包底部,增大了渣钢反应面积,加速了渣钢反应,有

利于快速均匀温度成分和深脱硫。可以作为深脱硫和快速脱硫的气量。

3 结论

(1)原底吹布置的高位料仓下料落点远离钢包双底吹气液两相上升流冲破炉渣形成的裸露区;在炉渣表面形成两个中心的水平流距离太近相互干扰,抵消了部分的搅拌能,混匀时间长;气液两相上升流冲刷包壁。

(2)优化方案采用 10# 透气砖偏心底吹的钢包混匀效果最佳,具有混匀时间短,结构简单,操作维护方便等优点。优化后的钢包透气砖位于已设置的高位料仓下料位置(A 点)下方,渣料和合金能够直接加在裸露区,熔化速度快,合金收得率提高,不冲刷包壁。底吹气体流量 23.89 L/min 时钢包流体混匀时间最短。

(3)对于优化方案,在 A、B、D 点位置上加示踪剂都加在流体流动大循环流的流线上,因此混匀时间很短。B 点是水平流转向下降流的拐弯处,在此处喂线,可以顺着下降流喂线穿透深度大,混匀时间短。

(4)软吹的底吹气体流量为 1.91 ~ 3.82 L/min,硬吹流量在 9.55 ~ 23.89 L/min,深脱硫或快速脱硫时应选择底吹 23.89 L/min 的气体流量。

参考文献

1 张 鉴. 炉外精炼的理论与实践. 北京:冶金工业出版社,1991
 2 朱苗勇,萧泽强. 钢的精炼过程数学物理模拟. 北京:冶金工业出版社,1998

丁 宁(1979-),男,博士研究生,工程师,2007 年东北大学毕业,品种钢冶炼研究。

收稿日期:2010-04-26

下 期 要 目

130 t 和 160 t 钢包炉(LF)底吹氩的水模拟研究	韦江林等
板坯结晶器内流场作用下钢液传热凝固的数值模拟	许长军等
电渣重熔过程中渣成分变化的研究	陈艳梅等
9Cr18Mo 马氏体不锈钢的平衡相热力学计算	张剑桥
基于混合编码策略的电弧炉冶炼钢种的碳含量预报模型	姜 静等
镁对低碳铝镇静钢 SPHC 中夹杂物变性的影响	冯 捷等
我国电弧炉炼钢技术的进展讨论	李士琦等
GCr15 轴承钢大方坯连铸生产中动态轻压下工艺的应用	田新中等
顶底复吹转炉冶炼低碳钢的工艺研究	王海奇等
钙处理对含铝冷镦钢夹杂物的影响	董练德等