

Consteel 电弧炉炼钢用碳氧枪水模型冷态试验和应用

袁章福 范建峰 李 晶

张永利 姬振法 魏彦洪 何春涛

(中国科学院过程工程研究所, 北京 100080)

(西宁特殊钢股份有限公司, 西宁 810005)

摘 要 通过冷态水模型试验, 改进了西宁特钢引进的 Consteel 碳氧枪技术, 确定了喷头倾角 25° , 氧枪进入工作位后与炉底水平面保持 $35^\circ \sim 50^\circ$ 夹角等技术参数。该项改进的技术改善了电弧炉内钢液温度场和流场, 减少炉底和炉门局部侵蚀, 加强钢水液面的旋转。应用结果表明, 每只氧枪炼钢的炉数达到 486 炉, 电弧炉炉壳寿命提高 28 炉, 每炉钢冶炼时间缩短 8 min。

关键词 Consteel 电弧炉 碳氧枪 喷溅模式 水模型冷态模拟

Water Model Cold Simulation Test and Application of Carbon-Oxygen Lance for Steelmaking of Consteel Arc Furnace

Yuan Zhangfu, Fan Jianfeng and Li Jing

(Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Science, Beijing 100080)

Zhang Yongli, Ji Zhenfa, Wei Yanhong and He Chuntao

(Xining Special Steel Co Ltd, Xining 810005)

Abstract The imported Consteel carbon-oxygen lance technology at Xining Special Steel has been improved by water model cold simulation test to determine the technical parameters - 25° degrees slope angle of jet and angle included between lance at service position and a horizontal plane of furnace bottom to maintain $35^\circ \sim 50^\circ$ degrees. The modified technology improved the temperature field and fluid field of liquid steel in arc furnace, decreased the etch of bottom and gate of furnace and intensified the whirl of surface of liquid steel. The application results showed that the heat number of steelmaking by each lance was up to 486 heats, the life of arc furnace wall increased by 28 heats, tap to tap time decreased by 8 min.

Material Index Consteel Arc Furnace, Carbon-Oxygen Lance, Spray Mode, Water Model Cold Simulation

意大利 Consteel 电弧炉炼钢技术有连续加料、连续预热、连续熔化、连续冶炼的特点, 具有冶炼周期短、冶炼能耗低、冶炼噪声小、投资成本低等优点, 是现代化的炼钢技术之一。1995 年以来^[1], 我国引进了 9 套该炼钢技术。

西宁特殊钢股份有限公司炼钢分厂引进的 60 t Consteel 炼钢技术于 2000 年 8 月正式投产, 在生产实践中发现其配套的碳氧枪存在价格贵(每只碳氧枪价格 16 万元人民币, 每个碳氧枪喷头价格高于 4 万元人民币)、定货周期长(> 8 周)、使用寿命短(最长 253 炉, 平均 143 炉)、倾角不理想(致使炉内冷热区不均匀, 炉底和炉门的局部侵蚀严重, 钢液面旋转不畅)^[2]。

本文旨在对 Consteel 炼钢用碳氧枪改进的实验研究, 研究结果表明, 改进碳氧枪的喷射高度和喷射角度可以显著改善气流的喷溅模式, 从而改善炉内钢液温度场和流场分布, 减少炉底和炉门的局部侵蚀, 改善钢液面旋转。根据冷态实验提

供的碳氧枪操作工艺参数, 西宁特殊钢股份有限公司在完全国产化碳氧枪的炼钢生产实践中获得了很好的实际效果。

1 碳氧枪水模型冷态实验

高温条件下钢水流动和在射流条件下喷溅等实验耗费巨大, 而且操作十分困难, 常温下水的动力粘度与 1600°C 温度条件下钢水动力粘度非常接近, 根据相似模型规律用冷态水模型实验可以真实模拟钢水的流动分布和射流条件下钢水喷溅, 水模型实验已广泛应用于模拟钢铁冶金等高温实验。

实验考察了 3 种喷头射流性能, XG35、XG25 和 XG15 喷头示意图如图 1 所示, 3 种喷头主要设计参数如表 1。

流股刚性角变化可以表明气流股自喷头喷出后向几何中心线扩张或收缩情况, 流股刚性好、角度变化小可以保证作用在熔池上的流股具有一定

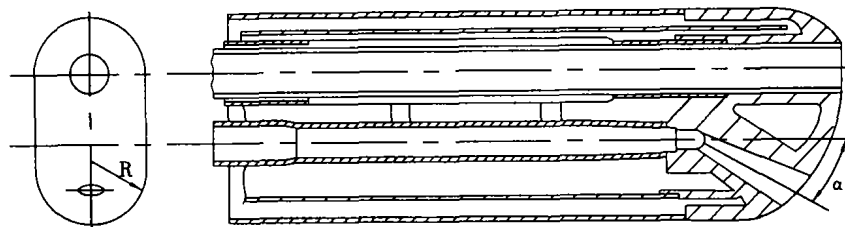


图 1 碳氧枪喷头示意图
Fig.1 Scheme of carbon-oxygen lance injector

表 1 试验碳氧枪喷头主要参数
Table 1 Main parameters of test carbon-oxygen lance injector

编号	制造工艺	类型	喷碳孔		喷氧孔直径/mm		夹角 $\alpha/^\circ$	设计马赫 数/M	氧孔与碳孔 中心线距离/mm	枪头外形 尺寸/mm	碳氧枪 总长/mm
			类型	直径/mm	喉口	出口					
XG35	铸造	单孔拉瓦尔式	直孔	46	28	33	35	1.75	90	598 × 262 × 152	3 400
XG25	铸造	单孔拉瓦尔式	直孔	46	28	33	25	1.75	90	598 × 262 × 152	3 400
XG15	铸造	单孔拉瓦尔式	直孔	46	27	33	15	1.85	90	598 × 262 × 152	3 400

速度或不至于合为一股,从而保持较大的冲击面积。实验比较了 3 种喷头气流流股偏离中心距离 (D) 随流股水平喷吹长度 (L) 变化,如图 2 所示。

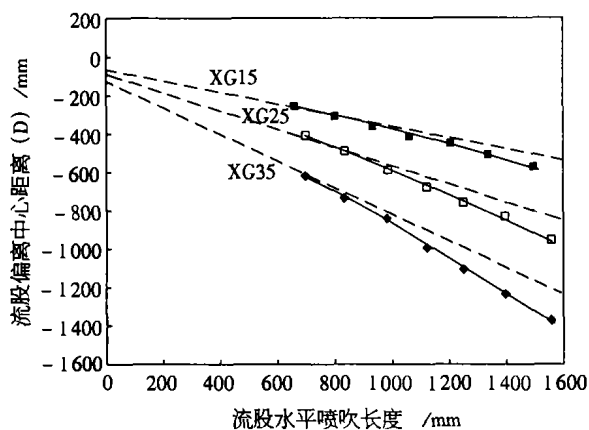


图 2 气流流股刚性随距离变化
Fig.2 Rigidity of gas flow varying with distance

氧枪与水平线形成的夹角(倾斜角)以及氧枪的旋转角对熔池混匀时间的影响,是通过测量示踪颗粒物在模型内的停留时间得出。示踪颗粒物加在出钢口正上方。由图 3 可见,氧枪倾斜角对示踪颗粒停留时间影响很小,但是,随着氧枪倾斜角的加大,将增加混匀时间。而水平方向旋转角的影响较大,随着旋转角的加大,混匀时间明显缩短。当氧枪与炉体中心线重合时,受射流作用的影响,熔池表面产生滞留的凹穴区,此时,熔池内主要进行垂直方向的运动,对熔池的混合将产生

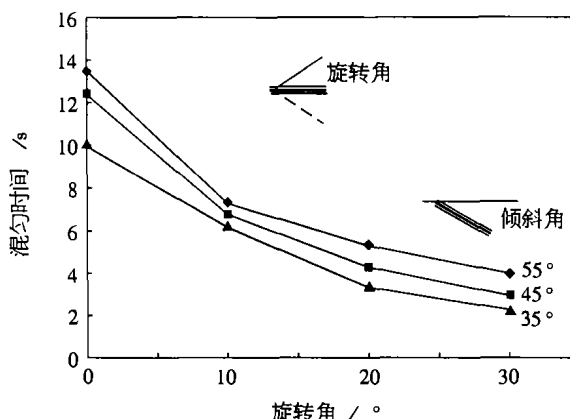


图 3 不同氧枪倾斜角工况下旋转角对混匀时间的影响
Fig.3 Effect of spinning angle at different slope angles on mixing time

不良的影响。将氧枪调整到偏离炉中心线的 10° , 就可以消除它的影响,有利提高搅拌能力,缩短混匀时间。因此,为了改善熔池内钢水的流动,氧枪的安装位置应该至少偏离炉子中心线 10° 。

钢水喷溅是对炉门附近的炉墙耐火材料侵蚀的主要原因,实验还发现不管氧枪高度是多少,3 种喷头在氧枪倾斜角为 40° 时都具有最小的喷溅率。这是因为喷射气流达到液相液面上时,将在液面上形成一个空穴,空穴的形状随喷枪的倾斜角度和枪位变化而变化。图 4 表示出了喷溅模型和产生相应的穴区变化^[3],即氧枪倾斜角度较大时(碳氧枪放置比较平),在枪的前面产生大量的喷溅,并包括许多分散的小液滴,称此为“向前喷



图 4 喷溅模型的示意图: (a) 向前喷溅; (b) 小喷溅; (c) 向后喷溅

Fig. 4 Scheme of spraying mode: (a) forward spraying; (b) small spraying; (c) backward spraying

溅”;氧枪倾斜角度相对较小时(枪放置比较陡),产生向枪后的喷溅,并喷射出雾状水滴而不是小液滴,称此为“向后喷溅”;在以上两种情况之间的过渡区,喷溅从枪前开始又返回,形成了穴区,此时的喷溅量最小。

喷头射流在液体表面产生穴区,其大小和特性取决于枪的参数以及液体性能。随着氧枪安装角度变陡,熔池表面形成穴区凹坑深度增加,而长度则减小,宽度基本保持不变。一般认为炼钢炉熔池表面穴区形成的深度和形状不受炉内氧化反应的影响,所以冷态水模型可以真实模拟电弧炉内熔池喷射情况。

2 实际使用情况

根据冷态水模型实验,确定编号 XG25 的氧枪喷头^[4]作为最佳氧气喷射喷头,该喷头倾角为 25°,氧枪进入工作位后与炉底水平保持 35°~50°夹角(原碳氧枪与炉底水平夹角为 58°或 28°),XG25 氧枪喷头具体设计参数和冶炼工艺参数如表 1。同时改进了碳氧枪的水冷结构,使碳氧枪的冷却水循环更加合理,提高了碳氧枪头的冷却效果。在青海特殊钢股份有限公司炼钢厂炼钢生产中使用,氧枪的使用寿命得到显著提高,每支氧枪炼钢炉数达到 486 炉,每支氧枪可以连续产钢 31 590 t。

原碳氧枪喷头喷嘴方向偏下,喷碳出口和吹氧出口的夹角较大,阻碍了熔池的旋转和热传递,造成炉内温度场分布不均匀,影响了熔化速度。因现技术改善了钢液流动状况和喷溅状况,加强了钢液面的旋转,缩短了冶炼时间,每炉钢冶炼时间缩短了近 8 min,每炉节省电耗 2 400 kWh,提高了生产效率;同时原碳氧枪进入工作位后,氧气喷嘴与水平夹角较大,对炉底前下部冲刷严重,影响炉壳寿命,因此工艺减少了喷溅钢水对电弧炉炉门区的侵蚀和钢水对炉底下部的冲刷,提高了炉

壳寿命,比去年同期电弧炉寿命提高 28 炉。

改造后的碳氧枪枪头设计了更加合理的马赫数,提高了枪头寿命,平均寿命是原碳氧枪枪头的 3.39 倍。因为原碳氧枪以意大利生产条件、原料和冶炼工艺为设计依据,其钢铁料的大小、含 C、P、S 量和最终产品的种类等,同青海特钢的炼钢工艺条件和炉料状况有较大区别,在喷吹出来的气流与熔化的炉料作用下,使钢水和渣经常将喷嘴堵塞,同时喷嘴扩大,嘴壁变薄,导致龟裂漏水。

3 结论

(1) 新的工艺操作参数改善了碳氧枪枪头倾角,合理的碳氧枪喷吹参数减少了对炉底前下部冲刷,使电弧炉炉壳寿命比去年同期提高 28 炉。

(2) 碳氧枪改善了喷头喷碳出口和吹氧出口的夹角,改善了碳与氧流交汇混和,提高了炉料熔化速度,加强了钢液面旋转,改善了炉内温度场分布,提高了碳氧混和效果,缩短了冶炼时间,每炉钢比去年同期缩短冶炼时间 8 min,节约电耗 2 400 kWh。

(3) 国产化碳氧枪和枪头价格低,备件供应及时,使用寿命提高,给备用碳氧枪的检修、装配提供了充足的时间。在生产过程中,故障明显下降,当年热停工仅为 20 min,为改造前同期的 3.4%。

参考文献

- 1 王中丙,帝·卡佩尼亚,李 晶,等. Consteel 国际学术研讨会论文集.北京:冶金工业出版社,2004
- 2 袁章福.用于电弧炉的碳氧枪及复合喷头.鉴定会材料.青海省科学技术厅组织鉴定,2004
- 3 Mark Lee, Grant Caffery and Neil Molloy. Metallurgical Performance of the Water-cooled Lance at the BHP Sydney Steel Mill (A Physical Modeling Study). Scandinavian Journal of Metallurgy, 2001, 30: 220
- 4 袁章福,张水利,梁海宏,等.用于电弧炼钢炉的碳氧枪复合喷头.中国专利:02104089.3,2002

袁章福,男,41岁,教授,博士生导师。

收稿日期:2004-11-01