

· 工艺技术 ·

150 t 顶底复吹转炉少渣冶炼工艺实践

姚娜 兴超

(济源职业技术学院冶金化工系, 济源 459000)

摘要 石横特钢 150 t 转炉炼钢应用生白云石代替部分石灰和镁球进行少渣冶炼的工艺, 采用优化的“溅渣+调渣”工艺改善了留渣的安全性; 通过采用合理的造渣制度、吹炼制度、加入适量炉渣发泡剂、控制倒渣点, 使得脱磷率约 60%, 排渣率约 50%, 有效保证了转炉的冶炼终点, 各项指标得到了优化, 石灰消耗从 46.7 kg/t 降低到 30.2 kg/t; 轻烧镁球消耗从 13.3 kg/t 降低到 8.7 kg/t; 氧气消耗为 47.7 m³/t; 钢铁料消耗从 1 075.3 kg/t 降低到 1 072.1 kg/t, 实现安全、低成本少渣冶炼。

关键词 150 t 顶底复吹转炉 少渣冶炼 实践

Practice of 150 t Top and Bottom Combined Blown Converter Steelmaking by Lesser Slag Process

Yao Na and Xing Chao

(Metallurgical and Chemical Department, Jiyuan Professional Technology College, Jiyuan 459000)

Abstract The lesser slag steelmaking process of 150 t BOF by using green dolomite to replace partial lime and magnesia granule is carried out at Shiheng Special Steel, and the safety of heel slag remaining operation is improved by using optimizing “slag splashing + slag adjusting” process; with reasonable slag forming schedule, blowing scheme, adding suitable slag foaming agents and controlling slagging point, the dephosphorization rate of liquid is about 60% and the slagging rate is about 50% to effectively ensure the BOF steelmaking end-point, and the each index gets optimization i. e. the consumption of lime decreases to 30.2 kg/t from 46.7 kg/t, the consumption of light burned magnesia granule decreases to 8.7 kg/t from 13.3 kg/t, the consumption of oxygen is 47.7 m³/t and the iron and steel material charging decreases to 1 072.1 kg/t from 1 075.3 kg/t to realize steelmaking with safe, lesser slag and low cost.

Material Index 150 t Top and Bottom Combined Blown Converter, Steelmaking by Lesser Slag Process, Practice

为适应钢铁行业发展形势, 降低制造成本, 山东石横特钢集团有限公司(石横特钢)炼钢厂结合 150 t 转炉实际生产情况, 开展少渣冶炼^[1-2]探索试验, 少渣冶炼与常规冶炼炉次相比, 转炉氧气消耗、钢铁料消耗等技术指标得到优化, 取得了显著的经济效益。

1 工艺装备

炼钢厂现有 1 座公称容量 150 t 的顶底复吹转炉, 炉容比为 0.943 m³/t, 平均装入铁水 150 t, 废钢 15 t, 生铁块 10 t, 炉产钢水量约 158 t。氧枪采用 6 孔拉瓦尔喷头, 供氧强度 3.1 m³/(t·min)。采用 TBM(Thyssen Combined Blowing Technology)顶底复吹技术, 8 个透气元件, 氮氩气体切换, 供气强度 0.015~0.10 m³/(t·min), 转炉入炉铁水主要成分见表 1。

2 少渣冶炼工艺

2.1 留渣控制

转炉少渣冶炼第 1 炉, 按照正常冶炼操作, 终点后按 2/3 以上的留渣量控制, 第 2 炉少渣炉次进行全

留渣操作。溅渣护炉按留渣模式控制, 为了保证兑铁水安全性, 调整了溅渣时调渣、稠渣物料的加入量, 具体加入量参考表 2。

2.2 脱磷时机

少渣冶炼工艺重点在保证安全冶炼不发生喷溅的前提下, 达到前期高效脱磷, 选择合适的倒炉时机

表 1 铁水化学成分 / %

Table 1 Chemical composition of hot metal / %

C	Si	Mn	P	S
4.15	0.3	0.28	0.135	0.045

表 2 150 t 转炉少渣模式调渣、稠渣物料加入量/kg

Table 2 Slag adjustment and amount of adding slagging material for heavy slag by lesser slag process of 150 t BOF / kg

条件	溅渣护炉阶段		炉渣阶段稠化
	镁球	生白云石	生白云石
正常出钢温度、[O] < 800 × 10 ⁻⁶	200 ~ 300	200 ~ 400	1 000 ~ 1 400
出钢温度 ≥ 1 690℃, 或 [O] ≥ 800 × 10 ⁻⁶	300 ~ 400	500	1 200 ~ 1 600

把握吹氧量在 2 000 ~ 2 800 m³, 原则脱磷期温度控制在 1 450 ℃, 在脱碳期进行二次造渣进一步升温, 脱磷以达到快速出钢的目的。

(1) 供氧制度。在吹炼前期, 采用低枪位操作。由于废钢密度较铁水大, 开吹初期废钢来不及熔化沉淀在熔池底部, 开吹后反应区温度上升较快, 熔池底部由于废钢熔化吸收大量热量, 温度反而较低, 在 5 000 m³ 以前, 采用 160 ~ 170 cm 枪位吹炼加强了对熔池的搅拌, 加速废钢的熔化, 均匀了熔池温度, 具体的枪位分布见表 3。

(2) 加料制度。在脱磷期防止熔池温度过高, 前期冷却剂(矿石和污泥球)加入量, 为总冷却剂的 50% 以上。如果冷却剂用量小于 2.5 t, 全部开吹前加入, 如果加入量大于 2.5 t, 开吹前加入矿石 50%, 余下的矿石在 9 000 m³ 氧量前加完。

开吹后先加入 1/2 ~ 2/3 石灰, 剩余按照 2 ~ 3 批次小批量加入, 每批次 1 ~ 2 t 防止前期喷溅。白云石、污泥球按正常加入, 镁球减少 1 000 ~ 1 200 kg 用量, 终渣氧化镁控制在 8.5% ~ 9.2%, 具体加入情况见表 4。

2.3 脱磷后放渣操作

少渣冶炼工艺包括加入废钢、兑入铁水 → 转炉脱硅、脱磷 → 加入炉渣起泡剂 → 排前期渣 → 吹炼脱碳升温 → 转炉出钢留渣, 在转炉脱硅、脱磷期控制吹氧、造渣及排渣工艺要求如下:

表 3 150 t 转炉常规和少渣吹炼枪位和吹氧量分布

Table 3 Distribution of oxygen lance blowing level and oxygen blowing amount for normal steelmaking process and lesser slag process of 150 t BOF

常规冶炼枪位/ cm	少渣冶炼枪位/ cm	吹氧量/ m ³
190	170	0
190	160	500
200	170	1 500
200	170	2 000
190	170	2 500
190	170	3 500
190	190	5 000
190	190	7 500
190	190	10 000

表 4 150 t 转炉常规冶炼和留渣冶炼辅料加入情况对比/(kg · t⁻¹)

Table 4 Comparison of 150 t BOF adding amount of supplementary materials between steelmaking by normal steelmaking process and heel slag process/(kg · t⁻¹)

冶炼工艺	石灰	镁球	矿石
常规冶炼	46.7	13.3	36.3
留渣冶炼	30.2	8.7	39.8

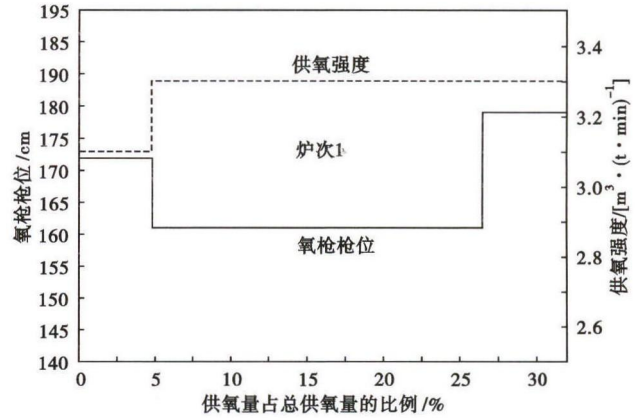


图 1 150 t 转炉少渣冶炼工艺氧枪枪位控制曲线

Fig. 1 Curves of controlling oxygen level of 150 t BOF steelmaking by lesser slag process

(1) 脱硅、脱磷期的枪位控制为: 低枪位 → 高枪位, 脱硅、脱磷期吹炼时, 高枪位控制为 $H_0 + H_0 \cdot (0.2 \sim 0.5)$, H_0 为转炉内钢液面高度; 低枪位控制为 $H_0 + H_0 \cdot (0.05 \sim 0.18)$ 。供氧强度控制为 2.7 ~ 3.5 m³/(t · min), 脱硅、脱磷期的供氧量控制为冶炼炉次总供氧量的 26% ~ 34%, 先采用低枪位, 控制吹氧量占总供氧量的 18% ~ 22%, 再采用高枪位, 控制吹氧量为 4% ~ 6%, 具体氧枪操作参数见图 1。

(2) 根据入炉铁水中硅元素的质量分数控制脱硅、脱磷阶段石灰的加入量, 入炉铁水中 $[Si] \leq 0.3\%$ 时, 不需要加入石灰; 入炉铁水中 $0.3\% < [Si] \leq 0.7\%$ 时, 石灰加入量为 3 ~ 11 kg/t; 入炉铁水中 $0.7\% < [Si]$ 时, 石灰加入量为 8 ~ 15 kg/t。

(3) 脱磷阶段达到较好脱磷效果温度为 1 350 ~ 1 450 ℃, 脱磷阶段炉渣二元碱度控制在 1.3 ~ 1.7, 脱磷炉渣中 FeO 较好的含量为 15% ~ 25%。

(4) 脱磷结束排渣前, 向转炉内加入炉渣发泡剂: 石灰石、轻烧白云石或生白云石, 采用轻烧白云石作为炉渣发泡剂时, 其加入量控制为 3 ~ 10 kg/t; 采用石灰石或生白云石作为炉渣发泡剂时, 其加入量控制为 0 ~ 5 kg/t。

(5) 炉渣发泡剂加入后, 前后摇炉 1 ~ 3 次, 控制角度为 15° ~ 20°, 之后将炉体倾动至 65° ~ 70°, 在该角度保持 5 ~ 10 s 后, 再缓慢将炉体倾动至 75° ~ 85°。控制转炉入炉废钢所占比例为 10% ~ 15%, 控制矿石加入量为 0 ~ 20 kg/t。

2.4 排渣压渣技术

在排渣过程因为渣罐容积问题以及渣子发泡容易导致钢渣外溢情况, 采用向渣罐中加入压渣剂可

以很好的解决转炉“双渣”工艺冶炼时,倒入渣罐中炉渣的发泡问题。

2.5 脱碳期

在脱碳期开吹前向转炉内加入石灰石或生白云石,下枪吹炼时,控制供氧强度逐步增大至目标值;转炉吹炼脱碳期的供氧量为冶炼炉次总供氧量的 66%~74%,供氧强度控制为 3.1~3.6 m³/(t·min);转炉脱碳期的枪位控制为高枪位→基准枪位→低枪位,供氧强度控制为 2.7~3.5 m³/(t·min),先采用高枪位,加强化渣,控制吹氧量为总供氧量的 20%~30%;再采用基准枪位,控制吹氧量为总供氧量的 32%~42%;最后再采用低枪位,加强搅拌,降低炉渣中 FeO 含量,控制吹氧量为总供氧量的 6%~10%;石灰加入量为 20~40 kg/t,轻烧镁球加入量为 5~10 kg/t;脱碳期石灰和轻烧白云石分两批加入,第 1 批料为石灰总量的 2/3~3/4 和全部的轻烧白云石,第 2 批料为石灰总量的 1/4~1/3。控制转炉脱碳渣(转炉终点渣)二元碱度(CaO)/(SiO₂)为 3.3~4.3,炉渣中 MgO 质量分数为 8.5%~11.5%。

3 实践效果

相比于常规转炉冶炼工艺,少渣冶炼工艺其优

表 5 150 t 转炉少渣冶炼与常规工艺原辅料消耗对比/(kg·t⁻¹)

Table 5 Comparison of 150 t BOF adding amount of row material and supplementary materials between steelmaking by normal steelmaking process and lesser slag process/(kg·t⁻¹)

工艺	石灰	镁球	钢铁料
常规	46.7	13.3	1 075.3
少渣	30.2	8.7	1 071.2

势主要体现在转炉造渣物料消耗大幅度下降方面,少渣冶炼与常规工艺冶炼原辅料消耗对比见表 5,其中石灰消耗降低了 16.7 kg/t;轻烧镁球消耗降低了 4.6 kg/t;钢铁料消耗降低了 4.1 kg/t。

4 结论

(1)通过“溅渣+调渣”的工艺方法,使用石灰石或白云石进行调渣可有效降低炉渣的温度和黏度,可保证留渣的安全性。

(2)脱磷期温度控制技术。脱硅、脱磷期的高效脱磷和钢渣有效分离,温度控制为 1 380~1 450 ℃。

(3)倒炉点炉渣控制技术。适宜的炉渣碱度为 R=1.3~1.6、(FeO)=15%~20%、(MgO)=6%~8%。

(4)前期排渣控制技术。通过采用合理的造渣制度、吹炼制度,加入适量炉渣发泡剂、控制倒渣点,使得脱磷率约 60%,排渣率约 50%;渣罐用压渣剂可以很好的解决转炉“双渣”工艺冶炼时,倒入渣罐中炉渣的发泡问题。

参考文献

[1] 王 杰,曾加庆.复吹转炉少渣脱磷炼钢工艺过程分析[J].炼钢,2015,31(3):31-35.
 [2] 王新华,朱国森.氧气转炉“留渣+双渣”炼钢工艺技术研究[J].中国冶金,2013,23(4):41-47.

姚 娜(1979-),女,硕士(2009 年安徽工业大学),讲师,2002 年本溪高等专科学校毕业,冶金工艺技术研究。

收稿日期:2017-02-05

下 期 要 目

碳在热轧 316L、310S 奥氏体不锈钢-0.16% C Q345 钢复合板界面的扩散行为 李 龙等
 基于 CSP 工艺锯片钢 75Cr1 静态再结晶研究 宋娜娜等
 Φ219.1 mm×9.5 mm 抗硫化氢腐蚀无缝管线钢管 X52QS 的生产实践 王学敏等
 压力容器钢板探伤不合格原因分析及工艺优化 林 强等
 拉速波动对 GCr15 轴承钢 250 mm×280 mm 连铸坯内部质量的影响 李 颇等
 表面喷砂工艺对高速钢 M42-弹簧钢 X32 双金属带锯性能的影响 匡旭光等
 高碳微合金非调质钢 C70S6 的开发和工艺实践 万长杰等
 Mo 对 TMCP 工艺轧制 EH460 高强度船体钢组织和性能的影响 孙逸婷等
 高强度钢筋组织分析和强化工艺措施 龙 雨等