

超高磷铁水炼钢工艺的试验研究

汤晓辉

(山钢股份济南分公司炼钢厂 山东 济南 250101)

摘要: 通过合理的工艺路线设计,对转炉一步脱磷和第二步脱碳的两步法工艺进行摸索,在理论分析和试验数据基础上,制定合理的操作制度,成功实现了 0.6% 磷铁水炼钢,平均脱磷率达到了 95%。

关键词: 转炉; 高磷铁水; 炼钢工艺; 研究

通过利用国内的高磷矿炼铁,持续降低生产成本,但由于高炉炼铁过程是还原过程,基本没有脱磷能力,铁水磷会升高,因此,进行了超高磷铁水冶炼技术的试验研究。

1 转炉冶炼超高磷铁水生产摸索

1.1 炼钢厂 45 t 转炉区域现状概述

(1) 混铁炉 2 座,鱼雷罐倒罐坑 1 个,铁水喷吹脱硫站 2 座;

(2) 转炉: 45 t × 4 座,平均出钢量 44 t;

(3) 3 座 LF 炉,4 座 CAS 站,3 台板坯连铸机,2 台方坯连铸机;

(4) 主要生产品种: 普碳钢、低合金结构钢、船板钢、螺纹钢等;

(5) 氧枪采用 $\Phi 168$ mm 氧枪,流量为 10 000 ~ 12 000 Nm^3/h 。

1.2 超高磷铁水冶炼工艺流程设计

结合 45 t 转炉区的工艺情况,针对超高磷铁水冶炼设计了“两步法”冶炼工艺,设计如下试验工艺流程:

高炉铁水—混铁炉混铁炉混铁炉—铁水包—转炉一次冶炼—半出钢—平台开孔吊出钢包—二次冶炼—出钢脱氧合金化—CAS 或 LF—铸机。

工艺流程说明:

(1) 铁水 [S] = 0.030% 时,直接入炉;铁水 [S] > 0.030% 时必须进行预脱硫。

(2) 一次冶炼脱磷的冷却剂选用铁矿石,目标终点 [P] = 0.015%。

(3) 为防止炉后回磷,一次冶炼脱磷出钢时进

行挡渣出钢,钢包中渣层厚度应小于 50 mm。

(4) 二次冶炼脱碳进行氧化还原法吹炼,使用铁矿石为冷却剂。

(5) LF 炉仅作温度、成分微调,如脱碳炉出钢后钢包中 [S] 稍稍超过钢种要求,LF 炉作补充脱硫。

1.3 高磷铁水冶炼工艺的研究

在高炉进行了配高磷矿提高铁水中的磷,铁水磷最高到了 0.643%。在此基础上对 45 t 转炉冶炼超高磷铁水进行了工艺摸索。

1.3.1 冶炼工艺

采用了“两步法”冶炼工艺,第一步采用一次冶炼脱磷,第二步对半钢水进行二次冶炼脱碳。

1.3.2 一次冶炼脱磷反应温度

在较低温度下,磷优先氧化,形成 $3\text{FeO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ 或 $3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$,温度升高后,碳开始氧化,这时如熔渣的 FeO 含量不高,FeO 不断被脱碳所消耗,使渣中 FeO 含量下降,石灰难于熔化,形成碱度低的炉渣。在这种条件下,磷基本上不能氧化,因此,选择合适的温度在碳开始氧化前进行有效脱磷是本工艺的关键。为了提高脱磷效率,应在一次冶炼脱磷反应时,控制合适的一次倒炉终点温度。

从我们摸索的数据看,对于 45 t 转炉,为了保证高的脱磷率,一次冶炼的终点温度应控制在 1 350 ~ 1 450 $^{\circ}\text{C}$ 之间比较合适。

1.3.3 碱度对一次冶炼脱磷率的影响

一般高碱度、高氧化铁的炉渣能使磷呈现强烈的氧化趋势,表现为 P_2O_5 含量高,促进 P_2O_5 与

作者简介: 汤晓辉(1980 -),男,河南舞阳,工程师,从事铁头冶金、采矿工作。

CaO 结合成稳定的磷酸钙。当渣碱度高于 2.0 后,随着渣碱度的提高,磷分配率明显上升。增加 CaO 可以降低 P_2O_5 的活度系数,提高磷在渣铁间的分配比,但由于一次冶炼为了保证终点有较高的碳,终点温度在 1450℃ 以下,液态渣的碱度不可能高,根据对超高磷铁水碱度的摸索,一次冶炼的碱度控制在 1.8~2.5 之间比较合理。

1.3.4 一次冶炼的造渣制度

从以上的碱度和脱磷率的关系可知,一次冶炼终渣碱度控制在 1.8~2.5 之间。为保障温度的均匀升高,促进炉渣熔化速度,可以根据铁水条件加入部分矿石,调节温度与炉渣。造渣料的加入不在严格区分一、二批料。在降枪开吹过程加入石灰、白云石和部分矿石。剩余的矿石,在冶炼过程中分批加入。

1.3.5 一次冶炼终渣 FeO 与脱磷率的关系

在一次脱磷中,主要采用氧化法进行脱磷,加入矿石快速化渣形成大量的 FeO,同时促进了 CaO 在渣中的溶解,形成了大量的 [O],渣钢界面处的氧化性能强,强烈的氧化性氛围促进了脱磷的快速进行。

1.3.6 二次冶炼脱碳控制

二次冶炼脱碳控制与常规转炉冶炼操作基本相同,主要控制要点为:

(1) 装入制度:采用全半钢铁水冶炼,不加废钢;

(2) 造渣制定:终渣碱度按 3.0~3.5 控制,终渣 MgO 按 8%~10% 控制。

(3) 供氧制定:过程氧压按 0.8MPa 控制。

(4) 终点控制:冶炼至终点前,确保一定的压枪时间,减少终渣 FeO 含量。

2 试验结果

共试生产 170 炉,对跟踪的数据进行了统计,达到了如下效果。

2.1 冶炼周期控制情况

从平均冶炼周期情况来看,脱磷吹氧 4 min 59 s,脱碳吹氧 7 min 25 s,脱磷由装铁至出完半钢的周期 16 min,脱碳由装半钢至出完钢的周期 19 min,脱磷炉出完半钢到半钢钢包吊起兑铁时间 6 min,总周期 45 min。

2.2 试验过程温降情况

从过程温度平均值控制情况来看,试验铁水的温度为 1287.7℃、半钢终点温度 1417.7℃,脱碳装炉前的温度 1386.6℃,出半钢和运转过程中的温降 36.2℃。

2.3 过程成分和脱磷率情况

试验的过程成分和脱磷率如下:

平均铁水成分: C 含量: 4.192%、Si 含量: 0.65%、P 含量 0.436%、S 含量 0.028%;

平均半钢成分: C 含量: 2.968%、Si 含量: 痕迹、P 含量 0.072%、S 含量 0.033%;

平均终点成分: C 含量: 0.103%、Si 含量: 痕迹、P 含量 0.017%、S 含量 0.035%;

平均脱磷率: 一次冶炼: 78.4%、二次冶炼 76.74%。

从以上情况看,铁水中最高磷为 0.643%,平均为 0.436%,一次冶炼终点平均磷为 0.036%,二次冶炼的平均终点磷为 0.006%,一次冶炼的脱磷率平均为 78.40%,二次冶炼的平均脱磷率为 76.74%,总体脱磷率平均达到了 94.73%,成功实现了超高磷铁水的转炉冶炼。

3 结语

通过合理的工艺路线设计,对转炉一步脱磷和二步脱碳的两步法工艺进行摸索,在理论分析和试验数据基础上,成功实现了转炉采用 0.6% 磷铁水炼钢,平均脱磷率达到了 95%,为采用低成本的高磷矿石打下了基础。