

120t 转炉高废钢比冶炼工艺开发探究

高 勇

酒钢集团榆中钢铁有限责任公司 甘肃 兰州 730104

【摘要】 随着我国科技的不断发展,中频炉等落后钢铁产能的逐渐被淘汰,这样的问题使得市场上废钢不断增多。以榆钢 120t 转炉为例,为提高转炉入炉废钢比冶炼进度,在冶炼过程中通过优化辅料补偿 120t 转炉热量,以此解决传统废钢比冶炼出钢温度不足的问题。

【关键词】 12t 转炉; 冶炼; 废钢比; 工艺开发

前言:

现如今我国深入贯彻绿色可持续发展理念,使废钢比冶炼过程中降低铁耗变的尤为重要。我国自 2017 年起,废钢价格明显降低,这样的变化离不开废钢比冶炼工艺开发和工艺的不断完善,现如今废钢比冶炼工艺的提高已经成为降低资源消耗、解决各项成本的重要措施。在转炉冶炼废钢比的过程中,金属料的废钢占据了较大的比重,因此为了有效提高 120t 转炉炼钢生产过程中的废钢比,就需要增加热量支出,但这样也会对出钢率造成一定的影响。因此,应开发相应的 120T 转炉高废钢比冶炼工艺,降低吨钢铁水消耗,在保证高废钢冶炼进度的同时,有效发挥出工艺开发作用,适应高废钢比条件下的冶炼模式,以此保证冶炼钢产品的质量和稳定性。

一、可行性分析

首先,在炼钢比过程中需要充分考虑转炉冶炼热平衡效果,进而提高转炉炼钢冶炼过程的废钢比重,使高转炉冶炼过程中热量的支出得到有效控制,实现正常生产。其次,需要使转炉废钢比达到新的热平衡,增加热量收入,为出钢效果奠定基础。最后,需要根据天钢铁水各元素的平均含量,进行设定,以 100kg 铁水为基础计算,详见表 1。

表 1.铁水和钢水的成分及温度计算设定值

类别 / 元素	温度 / °C	S	C	Mn	P	Si
铁水	1350/ wt%	0.030/ wt%	4.500/ wt%	0.350/ wt%	0.140/ wt%	0.400/ wt%
钢水	1650/ wt%	0.025/ wt%	0.080/ wt%	0.050/ wt%	0.015/ wt%	0.001/ wt%

二、120t 转炉高废钢比冶炼工艺开发

(一) 120t 转炉高废钢比冶炼热量计算

(1) 铁水的物理热量

纯铁熔点、铁水成分以及元素的溶入量对铁水的熔点都有影响,其各因素对铁熔点的降低值加上铁水温度和生铁比热就可以计算铁水熔点 T,进而可以确定铁水的物理热 QW。由计算可得 $T=1536-$

$$(4.5 \times 100 + 0.4 \times 8 + 0.35 \times 5 + 0.14 \times 30 + 0.030 \times 25) - 7 = 1\ 069.1$$

$$(\text{°C}) \quad QW = 100 \times [0.745 \times (1\ 069.1 - 25)$$

$$+ 218 + 0.837 \times 1350 - 1069.1] = 123\ 096.78 \text{ (kJ)}$$

(2) 元素的氧化热及成渣热

其中,根据经验采取 C 氧化为 CO 的比例为 90%,氧化为 CO₂ 的比例为 10%,S 元素 1/3 的量与氧气反应,其余与渣中 CaO 反应,因 S 氧化量较少,故对其氧化放热及成渣热可以忽略不计。可根据铁水中元素氧化量和反应热效应计算氧化热及成渣热,其氧化热和成渣热总计为 74906.11 kJ/kg,经计算氧化产物,最后得出的结果为 CO、MnO、CaO·P₂O₅、CO₂、SiO₂、FeO、P₂O₅、Fe₂O₃ 及 CaO·SiO₂。

(3) 烟尘氧化热

取烟尘量为铁水量的百分比为 1.60%,烟尘中 FeO 的比例为 77%,烟尘中 Fe₂O₃ 的比例为 20%,由给出烟尘量的参数和反应热效应计算可以得出: $Q_e = 1.6 \times (77\% \times 56/72 \times 5021 + 20\% \times 112/160 \times 7340) = 6455.74 \text{ (kJ)}$ 热量总 $Q_s = 123096.78 + 74906.11 + 6455.74 = 204458.63 \text{ (kJ)}$ 。

(二) 冶炼热量支持项的计算

冶炼过程的热量支出项较多,主要支出有钢水的物理热、炉渣的物理热和喷溅金属物理热,还包括烟尘的物理热、炉气的物理热和渣中铁的物理热[3]。

(1) 钢水物理热

根据经验选取钢水收得率为 89%,由钢水量和热容算出物理热: $T = 1536 - (0.08 \times 100 + 0.001 \times 8 + 0.05 \times 5 + 0.015 \times 30 + 0.025$

$$\times 25) - 7 = 1447.67 (\text{ }^{\circ}\text{C})。Q_g = 89 \times [0.699 \times (1447.67 - 25) + 272 + 0.837 \times (1650 - 1447.67)] = 128804.33 (\text{kJ})$$

(2) 炉渣物理热

根据炉渣的平均成分,取炉渣经验值量 8.61%,炉渣物理热 Q_r 可以利用物料冷却效应计算得出。 $Q_r = 8.61 \times [1.248 \times (1650 - 25) + 209] = 19278.87 (\text{kJ})$

(三) 热平衡计算分析

热量盈余 $Q_y = Q_s - Q_z = 204458.63 \text{kJ} - 172208.84 \text{kJ} = 32249.79 \text{kJ}$ 物料的冷却效应 (Q 物) 计算方法如下: Q 物 = $C_{\text{固}} \cdot (t_{\text{熔}} - t_0) + \lambda_{\text{熔}} + C_{\text{液}} \cdot (t_{\text{出}} - t_{\text{熔}})$ 式中, $C_{\text{固}}$ 为冷却剂在固态时的质量热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$; $C_{\text{液}}$ 为冷却剂在液态时的质量热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$; $\lambda_{\text{熔}}$ 为冷却剂的熔化潜热, kJ/kg ; $t_{\text{出}}$ 为设定的出钢温度, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{熔}}$ 为冷却剂的熔化温度 $^{\circ}\text{C}$; t_0 为室温, $^{\circ}\text{C}$ 。由公式计算当出钢温度在 1650°C 时, 1kg 废钢的冷却效应是: $Q = 0.699 \times (1447.67 - 25) + 272 + 0.837 \times (1650 - 1447.67) = 1435.80 \text{kJ}$ 根据经验^[1]取废钢冷却效应为 1, 则石灰为 1.02, 轻烧 1.6, 可得 $Q_{\text{石灰}} = 1464.51 \text{kJ}/\text{kg}$ 、 $Q_{\text{轻烧白云石}} = 2297.27 \text{kJ}/\text{kg}$ 。平均每炉只加 3500kg 石灰、 2000kg 轻烧, 根据热量收支平衡计算加入的废钢量最大理论值: $(120000 - W_f) \times Q_y / 100 = 3500 \times 1464.51 + 20000 \times 2297.27 + W_f \times 1435.80$ 得 $W_f = 16542.96 \text{kg} = 16.54 \text{t}$ 即废钢比: $16.54/120 = 13.79\%$ 。

参考文献:

- [1] 温永才.低铁耗条件下提高转炉废钢比的冶炼工艺优化[J].中国金属通报,2019(11):22+24.
- [2] 张祥远.低铁耗条件下提高转炉废钢比的冶炼工艺研究[J].福建冶金,2019,48(03):28-30.
- [3] 黄伟丽,杨志刚,陈四平,朱红芳.高废钢消耗的转炉冶炼工艺研究与实践[J].中国金属通报,2019(01):14+16.

三、120t 转炉高废钢比冶炼工艺开发结论

虽然实验炉次在加入优化辅料后,钢水温度得到了一定的提升,因加入优化辅料不会均匀分散,导致其产生的 CO 气体也相应聚集上浮速率加快,但是随着加入优化辅料量的提升,会导致废钢比冶炼中增加更多热量,使温度的提升幅度逐渐减弱。因此可以看出,120t 转炉加入优化辅料的总量纯在上限,如加入优化辅料超过限度后升温效果不会再有变化,这样的问题会严重影响转炉操作时的稳定性。

实验过程得出 120t 转炉加入的优化辅料最大量在 1500kg 左右。温度在 1610°C 和 1655°C 的分布率最高,该分布率总体占比为 10%,在温度 1610°C 时脱磷率最佳,而在温度 1655°C 时出钢温度最佳,这样的原因是由于对终点控制目标不同造成的,但总体温度在 $1610 \sim 1650^{\circ}\text{C}$ 分布,可以满足转炉出钢对温度条件的需求。通过分析终点碳及其分布律可以看出,120t 转炉在 0.08% 时分布律最高,整体占比为 10%,而且在 0.07%~0.09% 分布最广。由终点情况可以表明在高废钢比冶炼的条件下,外加优化辅料可以有效地弥补热量不足,使冶炼正常进行,满足出钢条件。

结束语:

通过采用合适的工艺方法可以有效提高废钢比冶炼操作水平,进而使炼钢过程更加活跃,保证钢水冶炼时的热量,通过优化辅料增加热量降低废钢比冶炼成本,为我国钢铁企业的可持续发展奠定基础。