转炉冶炼高铬合金钢的工艺优化

刘 南,赵保国,辛广胜

(内蒙古包钢钢联股份有限公司炼钢厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 高铬合金钢的冶炼一直是转炉冶炼的难点,包钢炼钢厂在冶炼高Cr合金钢时,通过采取调整转炉装入制度以及留渣双渣法等方式,并同时对转炉底吹进行优化。研究结果表明,底吹制度的优化保证了出钢过程大量合金的熔化,降低碳氧浓度积,为冶炼顺行提供了基础,解决了高合金冶炼的难题。

关键词: 高合金钢; 转炉冶炼; 装入制度; 底吹制度; 钢水温度

中图分类号: TF76 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)03-0020-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.03.006

Process Optimization of Smelting High Cr Alloy Steel by Converter

LIU Nan, ZHAO Bao-guo, XIN Guang-sheng

(*Steel-melting Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: The smelting of high Cr alloy steel has always been the difficulty of converter smelting. During the smelting of high Cr alloy steel in Steel-melting Plant of Baotou Steel, converter bottom blowing system is optimized through adjusting the converter loading system as well as the remaining slag double slag process and so on. The results show that the optimization of bottom blowing system ensures the melting for a large number of alloys during the tapping process and reduces the carbon and oxygen concentration product, and provides a basis for smooth smelting, solving the problem of high alloy smelting.

Key words: high alloy steel; converter smelting; loading system; bottom blowing system; molten steel temperature

1Cr5Mo合金钢主要用来生产高压化肥、石油裂化用无缝钢管,其生产技术难度大、产品品质要求高。采用BOF—LF—VD—CC工艺生产,冶炼1Cr5Mo钢种时,100 t转炉需低碳铬铁合金7.5 t,Si-Mn合金350 kg左右,钼铁850 kg,合金加入量大,脱氧合金化过程中易产生合金"结陀"现象。为此,采用转炉炉内加入大部分低碳铬铁合金的工艺冶炼1Cr5Mo合金钢。

1 工艺存在问题及分析

1.1 炼钢过程

1Cr5Mo钢的标准成分[1]见表1。转炉冶炼采取在加入废钢的同时向转炉炉内加入低碳铬铁5 t(65%以上),吹炼过程采取单渣操作法。

表1 1Cr5Mo成分(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
≤0.15	≤0.50	≤0.60	≤0.030	≤0.020	4.0~6.0	0.45~0.60

在冶炼前期加入石灰、铁皮球和少量白云石进行造渣,同时加入本炉消耗总量2/3左右石灰。在吹炼开始3 min左右加入相关辅料进行降温化渣。转炉冶炼前期主要任务是脱磷,采用的模式为低—高—低氧枪模式,前期低氧枪枪位有利于提高钢水

收稿日期: 2016-03-01

作者简介: 刘南(1986-),男,辽宁省鞍山市人,硕士,炼钢工程师,现从事炼钢工艺等研究工作。

中国知网 https://www.cnki.net

温度，中期高枪位化渣，后期低枪搅拌，均匀钢水温度和成分。各阶段的温度和成分见表 2。

表 2　各阶段成分(质量分数%)和温度(℃)

状态	C	Si	Mn	P	S	Cr	温度
拉碳	0.15	0	0.16	0.022	0.015	1.56	1 600
点吹 70 s	0.05	0	0.1	0.020	0.013	1.58	1 612
点吹 85 s	0.03	0	0.08	0.019	0.011	1.61	1 623

拉碳后，观察发现：炉体有固体颗粒存在，怀疑是低碳铬铁外裹渣未化。加入 500 kg 白灰和 300 kg 白云石和 200 kg 铁皮球，点吹 70 s 后 P 未降下来，再次加入 500 kg 白灰点吹 85 s，发现 P 仍未降下来。

1.2　磷和铬的选择性氧化

根据氧势图[2]，磷和铬的氧势线相距很近，他们可以同时氧化，为了磷的氧化，需要足够的氧势，而从保铬的角度来说，氧势则不能太高。但当 [P]、[Cr]、[C] 同时氧化形成耦合反应时，则是达到“去磷保铬”的先决条件[3]。

$$[P] + 5/4O_2 = 1/2(P_2O_5)$$

$$\triangle_r Go_m = -663\ 891 + 259.13\ T\ J \cdot mol^{-1} \quad (1)$$

$$[Cr] + 3/4O_2 = 1/2(Cr_2O_3)$$

$$\triangle_r Go_m = -574\ 320 + 170.52\ T\ J \cdot mol^{-1} \quad (2)$$

$$[C] + 1/2O_2 = CO$$

$$\triangle_r Go_m = -136\ 990 + 43.51\ T\ J \cdot mol^{-1} \quad (3)$$

上述反应可形成下列 2 个耦合反应：

$$3[C] + (Cr_2O_3) = 2[Cr] + 3CO$$

$$\triangle_r Go_m = 737\ 670 - 471.57\ T\ J \cdot mol^{-1} \quad (4)$$

$$2[P] + 5CO = (P_2O_5) + 5[C]$$

$$\triangle_r Go_m = -642\ 832 + 735.89\ T\ J \cdot mol^{-1} \quad (5)$$

由(4)和(5)可以看出，提高 a_{Cr2O3} 及 f_P，降低 $a_{P_2O_5}$ 及 f_{Cr} 能达到去 P 保铬的目的。为此，需要在钢液中碳含量较高的条件下，造 $a_{Cr_2O_3}$ 高及 $a_{P_2O_5}$ 低的熔渣下进行。而在大量的磷去除后，$a_{P_2O_5}$ 高不利于去磷[4]，所以吹炼后期高温度的条件下有利于保 Cr，但不利于去磷，所以一般选择温度为 1 450 ~ 1 500 ℃。对应表 2，拉碳中期如果钢水温度控制过高，导致 [Cr] 氧化过多，[P] 氧化不够，就达不到去 [P] 保 [Cr] 的目的。所以去磷保铬对操作有较高的要求，操作失误多，改钢率过高。

2　工艺改进

为了满足 1Cr5Mo 钢生产，合金含量大加入量多，钢磷含量要求低，采用留渣 + 双渣法冶炼[5]。冶炼方案见表 3，表 4。

表 3　冶炼方案

冶炼方案	普碳钢	高合金钢
入炉废钢调整/%	16	6
造渣制度调整	单渣	双渣
供氧制度	工况氧压低	工况氧压≥0.6MPa
底吹制度	单支管供气	可更换底吹原件
过氧化控制/%	≥20	≤20
含铁料加入量/(kg·t^{-1})	≤30	≥40

表 4　不同阶段底吹供气及供氧强度

指标	兑铁	吹炼前期	吹炼中期	吹炼末期	测温取样	点吹	出钢	溅渣	待吹
供气强度/($m^3 \cdot t^{-1} \cdot min^{-1}$)	0.08	0.08	0.03	0.08	0.03	0.08	0.03	0.08	0.03
供氧强度/($m^3 \cdot t^{-1} \cdot min^{-1}$)		3.75	2.22	3.00 ~ 3.75					

由表 3、表 4 可知，单支枪供气强度为 0.030 ~ 0.080 $m^3/(t \cdot min^{-1})$，在吹炼前期采用原有的高强度搅拌，供气强度保持在 0.080 $m^3/(t \cdot min^{-1})$，供氧强度为 3.75 $m^3/(t \cdot min^{-1})$，枪位没有变化。吹炼中期将供气强度调节控制在 0.050 $m^3/(t \cdot min^{-1})$，此时供氧强度降到 2.22 $m^3/(t \cdot min^{-1})$。吹炼末期将供气强度控制在 0.080 $m^3/(t \cdot min^{-1})$，冶炼枪位适当地提高 10 ~ 20 cm，同时供氧强度保持在 3.0 $m^3/(t \cdot min^{-1})$ 左右，保证吹炼后期良好的脱磷效率。距拉碳 1 min 时降枪，供氧强度达到 3.75 $m^3/(t \cdot min^{-1})$，使其搅拌均匀。

采用留渣 + 双渣，利用前期较强的供气强度，有效的控制钢渣中的 FeO，有利于双渣倒渣。底吹工艺参数变化如表 4 所示，出钢过程中大氩气搅拌，为合金熔化提供动力学条件。

中国知网　https://www.cnki.net

表5 终点成分及温度

过程参数	一次拉碳				出钢过程			
	温度/℃	w[C]/%	w[Mn]/%	w[P]/%	温度/℃	w[C]/%	w[Mn]/%	w[P]/%
最大	1623	0.14	0.26	0.025	1613	0.09	0.21	0.017
最小	1574	0.05	0.12	0.009	1594	0.05	0.11	0.009
平均	1600	0.12	0.20	0.017	1606	0.07	0.16	0.013

由表5看出，改变转炉装入制度后，终点温度与出钢碳较好；对于在罐中加入大量的合金提供良好的热力学条件；出钢时大氩气搅拌为合金溶化提供动力学条件，良好的底吹效果可以促进钢中残氧与碳的反应，降低碳氧积。

3 结论

(1) 冶炼高Cr合金钢，为了合金加入工艺顺行、转炉磷含量控制合格，在采用低碳铬铁合金随废钢一起加入炉内，去磷保铬操作困难的前提下，采用改变废钢装入量，留渣+双渣法冶炼工艺向钢包内加入合金。

(2) 留渣+双渣法高温出钢合金化，转炉终点温度1 606 ℃，终点碳0.07%，实现了钢中铬的准确控制，w[P]≤0.020%，满足1Cr15Mo钢生产要求。

参 考 文 献

[1] GB 9948—2006，石油裂化用无缝钢管[S].
[2] 卢春生，陈骥. 转炉脱磷脱碳冶炼工艺及其物流参数解析[J]. 冶金研究，2005，(1)：130.
[3] 周朝刚，李晶，武贺，等，转炉双渣脱磷一次倒渣温度研究[J]. 钢铁，2014，(3)：13.-15.
[4] 陈永定，邓开文，钱国钧. 氧气底吹转炉吹炼含铌磷铁水提铌[J]. 钢铁，1981，16(5)：10.
[5] 杨安娜. 转炉冶炼终点氧含量控制[D]. 北京：北京科技大学，2004.

(上接第10页)

边缘的安全距离m，1 404 m以下帮坡角为44°，C区有失稳的可能性，失稳后碴堆将受到影响，综合考虑后将安全距离由一般的3 m左右增加到7 m；

b——碴堆顶宽，顶宽1 m，碴堆坡面角1.0∶1.5，碴堆宽10 m；

c——清扫宽度，清扫设备工作条件取23 m；

h——碴堆高度，考虑C区滑体高达190 m，碎石除滚落外可能发生弹跳情况，设计碴堆高3 m，顶宽1 m，1.0∶1.5坡面角，即碴堆宽7 m。

经计算，安全挡碴平台 $B=7+10+23=40$ m，长度380 m，安全挡碴平台外侧修筑高度3 m、底宽10 m的挡碴堆，挡碴堆外侧距坡顶7 m、挡碴堆内侧距坡底23 m。

3 结束语

本次课题研究，根据东采场岩石二期和矿石破碎胶带运输系统建设滞后、C区滑体影响采场正常推进的现状，结合原有生产模式，重新对采场境界进行了圈定，优化后的境界增加矿石量302.3×10^4 t，验证了东矿的生产规模为330×10^4 t，采剥总量呈逐年下降趋势。公路布置由顺时针螺旋布置改为在1 404 m水平折返后螺旋布置直至露天底1 230 m。为最大程度保证安全生产，除将1 404 m水平调整为清扫平台外，并结合C区及1 404 m以上水平实际情况，在该水平还留设了长380 m、宽40 m的安全挡碴平台，保证了采场正常生产。现阶段，国内很多大型露天矿山经过多年开采都已进入深深部开采，滑体等不确定因素制约采场正常生产，需要进行境界优化，本课题有推广价值。

参 考 文 献

[1] 张辉. 谈木龙沟铁矿露天矿的优化设计[J]. 金属矿山，2009，(1)：123-126.
[2] 吴淑冰. 拉拉铜矿二次境界圈定优化研究[D]. 绵阳：西南科技大学，2015.

中国知网 https://www.cnki.net