

莱钢3 200 m³高炉低品位冶炼实践

汤登军,王 燕,张 惠,郭新超
(莱芜钢铁集团有限公司,山东 莱芜 271104)

摘 要:莱钢3 200 m³高炉2014年在入炉综合品位55.32%的条件下,通过加强原燃料管理、开发煤气流控制模型、改善炉缸活性、加强高炉生产管理等措施,取得了利用系数2.456 t/(m³·d)、焦比340.5 kg/t、煤比175.4 kg/t、燃料比515.9 kg/t的良好技术经济指标,达到了高炉经济冶炼的效果。

关键词:高炉;低品位;经济冶炼

中图分类号:TF54

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2015)05-0001-03

1 前 言

莱钢型钢炼铁厂3 200 m³高炉2010年3月16日投入生产。高炉设有4个铁口,36个风口,采用了PW炉顶技术、旋风除尘器、INBA渣处理、全干法除尘、铜冷却壁、克莱德喷吹等十几项炼铁新技术、新工艺。塞拉利昂矿(简称塞矿)是山钢集团投资境外铁矿资源的新探索,该矿具有高铝低硅的特性。3 200 m³高炉自2013年使用该矿以来,通过科学配矿,较好地平衡了烧结矿中的Al₂O₃含量,使烧结矿中的Al₂O₃基本控制在2.5%左右。但随之而来的是烧结矿的品位逐渐降低,2014年9月入炉综合品位最低降至54.57%,渣比最高上升到470 kg/t。通过加强原燃料管理、开发低品位冶炼条件下煤气流控制模型、改善炉缸活性的技术操作、加强高炉生产管理等措施,在入炉综合品位大幅度降低的条件下,高炉的主要技术经济指标保持了稳定,达到了高炉经济冶炼的效果。

2 低品位冶炼对高炉的影响

1)综合品位降低、渣比升高使滴落带中渣焦比增大,造成渣液在焦炭空隙中的滞留量升高,增加了发生液泛、下部悬料的危险。高炉下部压差升高,炉况总体压差上升,给高炉操作带来困难。

2)炉缸的透气性、透液性降低后,炉缸活性下降,燃烧带缩短,炉缸中心温度降低,导致初始煤气流分布失常。

3)炉缸液面上升快,若渣铁排放不及时或排放不净,极易造成高炉憋风,严重时出现煤气流紊乱导致崩料、偏料,冷却壁温度波动,钢砖温度上升,水温差升高,燃料比上升。

3 低品位冶炼采取的关键技术

3.1 加强原燃料管理

3.1.1 加强入炉矿石的管理

各矿石仓要求7 m以上打料,避免空仓或低仓位。同时在配加落地烧结矿时,如果量少,打入10[#]仓,利用10[#]仓的单层筛加大筛分效果,减少粉矿入炉;如果落地烧结矿的配加量较大,除了10[#]仓以外,尽可能打入中间仓位,以减少粉矿对边缘和中心气流的不利影响。为了消除球团矿在炉内向中心滚动对中心气流的影响,选仓时球团后跟1个或两个烧结矿仓以阻止球团的滚动,规定球团之后的烧结矿固定配加25 t,球团矿的平铺比例>60%,以稳定中心气流。

3.1.2 加强对备用焦炭的管理

由于备焦的性能不稳定,为了消除备焦在炉内的随机分布,有时甚至布在边缘或中心这一情况,固定槽下中间的23[#]焦仓为备用焦炭的接收仓,其他仓严禁打入备焦。备焦的使用量确定20%,当直供焦跟不上时,主动配加23[#]焦仓的备用焦,防止其他焦仓仓位低或是大量补备焦。在大量配加备焦时,高炉适当退负荷,确保炉况平稳过渡。

3.2 开发煤气流控制模型

3.2.1 “平台+漏斗”错档式布料矩阵

在低品位冶炼条件下,打通中心气流显得尤为重要。除了调整送风制度促使煤气流初始分布合理外,合适的装料制度是保证煤气流2次、3次合理分布的关键。莱钢型钢炼铁厂3 200 m³高炉开发了适合低品位冶炼条件下的“平台+漏斗”式布料矩阵:

10	9	8	7	6	5	10	9	8	7	6	5	1
3	3	3	2	2	1	3	3	3	2	2	3	4

布料矩阵除最外档和最内档外,中间各档矿和焦的布料圈数保持一致,这样矿焦分布比较均匀,有利于软熔带“焦窗”的透气性。同时将第6档位的

收稿日期:2015-08-17

作者简介:汤登军,男,1974年生,1994年毕业于山西省太原冶金工业学校炼铁专业。现为莱钢型钢炼铁厂工程师,从事炼铁工艺技术工作。

矿石角度比第6档位的焦炭角度大 0.5° 、第5档位的矿石角度比第5档位的焦炭角度大 1° ，中心加焦量控制在15%~25%。通过焦炭错挡位调整后，焦炭挡住了向中心随机滚动的矿石，中心气流的稳定性增强。

3.2.2 加强布料管理,采用时间布料法

布料1圈是指从布料起始角 β 来“OK”信号且料流调节阀来“开好”信号开始,到料罐来“空”信号为止,所用时间为7.5 s。1罐料的布料时间是7.5 s的整数倍,几倍即为几圈,余数多于或少于7.5 s都不会记上。莱钢型钢炼铁厂3 200 m^3 高炉自2010年3月16日开炉以来一直采用圈数布料法,实行中心加焦,但用调整布料圈数来调整中心加焦量往往误差较大,难以准确控制。从2013年1月份开始,创新采用了时间布料法,即根据“十字测温”中心温度的变化,及时调整中心布焦的时间,可以精确到布焦时间误差 <2 s,从而实现对中心加焦量的灵活准确控制。

3.2.3 建立风量与顶压匹配的量化关系模型

正常炉况下高炉全风作业时顶压采用228 kPa,顶压与风量匹配,按照顶压 $=0.0365 \times$ 风量设定炉顶压力。提高炉顶压力后,煤气体积缩小,流速减慢,促使煤气在高炉中的停留时间延长,提高了煤气利用率,降低了燃料比。在低品位冶炼条件下,由于软熔带中的初渣数量及滴落带中的中间渣数量激增,下部压差升高,提高顶压后能降低压差,有利于顺行。但炉顶压力绝非越高越好,除了设备因素外,过高的炉顶压力将造成风压的上升,最终造成风速、动能下降,影响炉缸工作。因此在十字测温中心温度正常时采用正常的顶压操作。在炉芯温度下降、炉缸的活跃性下降时,按照顶压 $=0.035 \times$ 风量设定炉顶压力,保证鼓风动能和实际风速,活跃炉缸。风量与顶压匹配的量化关系见图1。

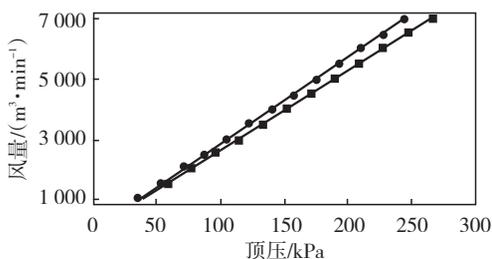


图1 风量与顶压匹配的量化关系

3.3 改善炉缸活性

低品位冶炼的关键点之一是炉缸活跃。炉缸不活跃,下部压差高,高压差容易使下部气流不稳定,水温差高且不稳定,炉温波动大,难以实现经济冶炼。因此在低品位、高渣比条件下,必须采取有效的技术措施解决炉缸活跃性的问题。

3.3.1 合理选择风速与鼓风动能

风速和鼓风动能与冶炼条件有关,决定初始煤气流分布情况。所以,根据冶炼条件的变化,选择适宜的风速与动能,是改善气流合理分布的关键。在低品位冶炼条件下,炉缸中炉渣聚集量增大,阻止了煤气流向炉缸中心穿透的能力。为了吹透中心,活跃炉缸,2014年通过多次调整,将风口布局由 $30 \times 120 \text{ mm} + 6 \times 130 \text{ mm}$ 逐步调整为 $32 \times 120 \text{ mm} + 4 \times 130 \text{ mm}$,风口面积由 0.4189 m^2 调整为 0.4150 m^2 ,风速由270 m/s提高至290 m/s,鼓风动能由140 kJ/s提高至160 kJ/s。

3.3.2 优化造渣制度

2013年下半年以来,炉渣碱度经历了一个由高到低,再由低到高的调整过程。2012年4月实施低硅冶炼以来,炉渣碱度提高到1.25,生铁硅含量相应降低。2013年下半年随着渣中 Al_2O_3 含量的增加,炉渣的熔化温度和黏度升高,即使渣铁温度充足,炉渣流动性仍然较差,渣中带铁多,亏渣次数增多,炉缸侧壁温度下降,风口烧损增加,炉缸表现出边缘堆积的征兆。2013年10月份通过多次调整,将炉渣碱度降至1.21,炉渣流动性好转,亏渣次数明显减少,炉缸侧壁温度上升,风口损坏减少,炉缸工作趋于正常。2014年为进一步降低烧结的配矿成本,开始尝试逐渐降低直至停止白云石的配加,至2014年9月烧结矿中 MgO 降低至1%、渣中 MgO 降低至5%左右。烧结矿降低 MgO 含量,渣中 MgO 降低后,同样的二元碱度,实际渣样玻璃渣居多,热量不足,主沟内渣壳难化,出现炉温波动大、渣铁排放困难等情况。其主要原因为渣中 MgO 降低后,炉渣黏度升高,稳定性降低。为此,从2014年1月份开始,逐步提高炉渣碱度至1.24。二元碱度的调整以稳定三元碱度1.40~1.45,四元碱度0.95~1.00为标准,见图2。

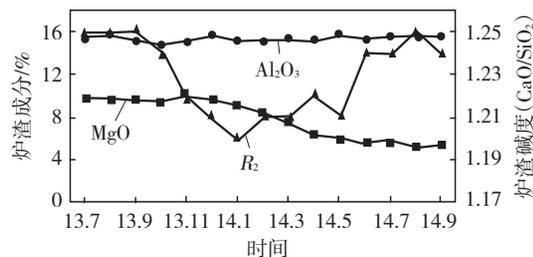


图2 2013年7月—2014年9月炉渣成分

3.3.3 提高理论燃烧温度

理论燃烧温度的下限应保证渣铁完全熔化并保持一定的过热温度,上限应以不引起炉况失常为准。在冶炼条件一定的情况下,控制理论燃烧温度的手段主要是风温和富氧率。由于风温带入的热量100%被高炉吸收,同时高风温一方面提高了实际风速,活跃了炉缸;另一方面为喷煤提供了热量补

偿,促进了煤粉的燃烧。因此莱钢型钢炼铁厂3 200 m³高炉日常生产中全用风温在1 200 ℃左右,并不将风温作为调整理论燃烧温度的措施,调整富氧率就成了唯一手段。2014年根据品位降低、渣比逐渐升高这一现状,为提高渣铁温度、活跃炉缸、改善渣铁流动性,逐步提高富氧率至3%,理论燃烧温度控制在2 300~2 350 ℃。

3.4 加强高炉的生产管理

3.4.1 加强出铁管理

高炉顺行是取得一切良好指标的前提,大型高炉出铁更是关键,为此莱钢型钢炼铁厂3 200 m³高炉采用零间隔出铁,保证铁口不断流,为稳定顺行创造了条件。根据渣比升高的特点及时调整钻头尺寸,由Φ62.5 mm增大到Φ65 mm。铁口实行专人负责制,加强铁口维护,确保泥套的完整。稳定打泥量,统一打泥量,维持合适的铁口深度,保证铁口合格率。稳定炮泥质量则是维护好铁口和出净渣铁的关键。在炮泥质量出现问题时,及时联系炮泥生产厂家,根据具体情况对炮泥质量进行调整。减少因铁口问题引起高炉休、慢风的时间。引入出铁速度这一炉前考核指标,要求出铁速度6~8 t/min,避免高炉憋风。

3.4.2 优化筛分管理

评价筛分好坏的指标一是返矿比,二是入炉粉末。返矿比高,入炉粉末减少,有利于炉况顺行,但造成了烧结矿加工成本的升高。返矿比降低,入炉粉末增多,烧结矿加工成本降低,但高炉出现边缘自动加重。因此适宜的返矿比在150 kg/t,合理的入

炉粉末比例为1%左右。为此,莱钢型钢炼铁厂3 200 m³高炉开发了数字化筛分管理技术,筛网管理由以前的按使用天数为依据改为按通过的矿量为依据,并规定不同筛网的上限通矿量。日常操作中根据不同筛网的通矿量情况,合理搭配使用,确保这两个指标在规定范围之内。

3.4.3 加强炉型管理

在低品位冶炼条件下,上部冷却壁温度与风口小套寿命有着极强的相关关系。在2013年9月份,随着冷却壁温度的持续下降,连续出现风口小套的烧损现象。全月共损坏小套21个。而当采取了适当发展边缘的操作制度后,冷却壁温度回升,风口损坏明显减少,2013年10月份更换了9个小套,2013年11月份更换了3个小套。为此总结得出了上部各段铸铁冷却壁温度均值的控制范围,见表1。日常操作中根据冷却壁温度值微调布料制度,以保证冷却壁温度值在控制限之内。

表1 铸铁冷却壁温度控制范围

段别	温度/℃	下戒限/℃	上警戒限/℃
13	100~120	100	130
14	80~90	75	100
15	70~90	70	100
16	70~90	70	100
17	80~90	70	100

4 结 语

莱钢型钢炼铁厂3 200 m³高炉2014年主要技术经济指标及与2012、2013年的技术经济指标对比如表2所示。

表2 2014年主要技术经济指标及与2012、2013年对比

时间	综合品位/%	[Si]/%	利用系数/(t·m ³ ·d ⁻¹)	焦比/(kg·t ⁻¹)	煤比/(kg·t ⁻¹)	矿比/(kg·t ⁻¹)	燃料比/(kg·t ⁻¹)	富氧率/%	理论燃烧温度/℃	
1月	56.04	0.41	2.513	344.4	173.3	1.690	517.7	2.97	2 320	
2月	55.86	0.46	2.338	345.8	173.1	1.700	519.0	2.48	2 303	
3月	55.27	0.42	2.339	338.2	176.8	1.720	514.9	2.40	2 295	
4月	55.42	0.41	2.428	339.6	177.6	1.720	517.2	2.67	2 293	
5月	55.29	0.41	2.394	340.6	174.7	1.720	515.3	3.07	2 356	
6月	55.57	0.40	2.410	343.3	173.3	1.710	516.6	3.06	2 345	
2014年	7月	55.71	0.40	2.400	339.8	175.1	1.710	514.9	3.03	2 356
8月	55.24	0.41	2.521	338.1	176.5	1.720	514.6	3.05	2 332	
9月	54.57	0.42	2.495	338.4	178.2	1.740	516.7	2.98	2 330	
10月	54.69	0.37	2.629	339.3	175.4	1.727	514.7	3.08	2 338	
11月	55.21	0.38	2.464	340.0	173.8	1.717	513.8	2.81	2 311	
12月	55.01	0.38	2.544	338.2	176.7	1.723	514.9	2.79	2 309	
平均	55.32	0.41	2.456	340.5	175.4	1.716	515.9	2.87	2 324	
2013年	55.60	0.41	2.334	348.4	174.0	1.705	522.5	2.64	2 284	
2012年	56.19	0.40	2.380	348.5	169.3	1.691	517.8	2.67	2 289	

莱钢型钢炼铁厂3 200 m³高炉通过加强原燃料管理、优化高炉操作、加强生产管理等措施,逐渐总结、掌握了大型高炉在低品位冶炼条件下高效运行

的关键技术。在入炉综合品位持续下降的条件下,主要技术经济指标持续改善,达到了高炉经济冶炼的效果。

(下转第9页)

材的熔点低,大约在1 190 ℃,为了吸附夹杂,开发了低熔点精炼渣,起到保护液面并且吸附、捕集氧化产物和外来夹杂物的作用,尽量防止外来气体进入反应体系,减少酸性氧化物的形成。

3)浇铸钢包。浇注方式从上注改为采用了钢包滑动水口浇注,配备底吹氩气功能。钢包通过底吹氩气系统和包顶渣,使夹杂物上浮和吸收。

4)浇铸模具系统。生产非晶母材采用的是砂模浇铸,利用已有的黏土质铸钢中铸管做模型,摆放到砂箱内,共摆放15支这样的砂模,铸成的锭型重约30 kg。整套工装在浇铸前要求烘烤干燥,避免气体影响钢质。为减少浇铸过程中合金母材的氧化,专门为模具系统设计了氩气保护装置,即对每个模型吹氩气保护,防止模内钢水上升过程中吸气氧化。

为了进一步防止浇铸模具内的二次氧化和吸附夹杂,在采用吹氩保护的同时,还在模内使用低碳低熔点保护渣,有效降低了非晶合金母材中的夹杂物含量。

4 产品质量分析

通过系统改造和合适的冶炼工艺制定,所生产的产品成分和内部质量稳定,甩带后各项性能指标都符合国标要求,同时满足客户质量要求。对生产的产品进行了抽样金相检验,检验方法为:物镜倍数20倍,单视场面积为0.538 mm²,检测视场数50个,总检测面积为26.9 mm²。试样(批号XY-1-1)检

测结果表明:夹杂等效直径4.0~4.9 μm,检测面积内2个,平均每100 mm²7个;其余等效直径(5.0~9.9 μm)夹杂,检测面积内个数均为0。与某企业送检试样(批号YL-9172-1)的检测结果对比见表2。

表2 夹杂物抽样分析结果对比

夹杂等效直径/μm	检测面积内个数		平均每100 mm ² 面积内个数	
	济钢	其他企业	济钢	其他企业
4.0~4.9	2	6	7	22
5.0~5.9	0	2	0	7
6.0~6.9	0	2	0	7
7.0~7.9	0	2	0	7
8.0~8.9	0	0	0	0
9.0~9.9	0	0	0	0

从检查结果可以看出,产品夹杂物大小控制在5 μm以下,完全满足非晶合金产品要求。

5 结语

通过合理的工艺路线制定和设备适应性改造,采用转炉和中频炉双联工艺生产出了纯净度高的非晶合金母材,与传统的冶炼工艺相比,该产品生产成本每吨低约3 500元,实现了铁基非晶合金母材的低成本和规模化生产。连续试验生产了500余t,产品成分和性能稳定。

参考文献:

- [1] 房卫萍,杨凯珍,张宇鹏,等.低碳经济下的非晶合金发展与应用[J].材料研究与应用,2010,4(4):528.

Commercial Technical Development of Duplex Process for Smelting Iron Base Amorphous Alloys Parent Metal

FU Qinglin, YIN Weiping

(The Steelmaking Plant of Jinan Branch Company of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: The compositions of the Fe₈₀Si₇B₁₃ alloys were determined by laboratory test and magnetic energy testing. Through the reasonable process route and adaptive transformation of the medium frequency furnace equipment, the emphasis is on the addition of argon protection facilities in melting and casting process and the use of low carbon and low melting point protection slag, the amorphous alloy with < 5 μm inclusion was produced by duplex steelmaking of converter and intermediate frequency furnace. Compared with the traditional smelting process, the production cost of the product is reduced about 3 500 Yuan per ton and the low-cost and scale production of iron base amorphous alloys parent metal is realized.

Key words: amorphous alloys parent metal; duplex steelmaking; inclusion; production

(上接第3页)

Low Grade Smelting Practice of Laiwu Steel's 3 200 m³ BF

TANG Dengjun, WANG Yan, ZHANG Hui, GUO Xinchao

(Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

Abstract: By strengthening the management of fuel and raw materials and the BF production, developing the gas flow control model, improving the activity of hearth and other measures, under the condition of charging comprehensive grade of 55.32% in 2014, the 3 200 m³ BF in the Section Steel Ironmaking Plant of Laiwu Steel realized economy smelting and achieved good technical and economic indexes. The productivity is 2.456 t/(m³·d). The coke rate is 340.5 kg/t, the coal rate is 175.4 kg/t and the fuel ratio is 515.9 kg/t.

Key words: blast furnace; low grade; economy smelting