

# 莱钢3#1 080 m<sup>3</sup>高炉低成本护炉操作实践

孙建设, 王建国, 姬光刚, 薛俊玺, 王丰巧

(莱芜钢铁集团有限公司 炼铁厂, 山东 莱芜 271104)

**摘要:**对莱钢3#1 080 m<sup>3</sup>高炉炉缸局部异常侵蚀护炉操作实践进行了总结。采取堵风口控冶强、风口喂钛线、配加钛球、提高炉温等强化护炉措施,保持炉缸侧壁温度稳定在400℃以下,实现高炉的安全生产;同时运用强化冷却、灌浆造衬等护炉手段以及优化操作制度、加强关键参数控制,优化了各项技术经济指标,平均燃料比523 kg/t,实现了低成本护炉。

**关键词:**高炉;炉缸异常侵蚀;护炉技术;低成本

中图分类号:TF549

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2012)06-0009-03

## 1 前言

莱钢股份炼铁厂3#高炉第2代炉役2008年6月1日大修,于7月21日投产后,高炉生产稳定顺行,各项经济技术指标运行较好。由于高炉不断强化冶炼,原燃料条件恶化,2010年11月11日监测发现炉缸侧壁2层4、5组冷却壁上部1点(热电偶从炉皮计算插入深度380 mm处)温度高达595℃,高炉不得不进行护炉生产,2011年高炉炉缸侧壁又多次出现局部异常侵蚀情况,侵蚀面积逐步扩大,安全风险及护炉难度相对增加。

为控制炉缸侧壁温度上升的同时保证高炉稳定顺行、低耗、高质,采取堵风口控冶强、风口喂钛线、配加钛球、提高炉温等强化护炉措施,炉缸侧壁温度稳定在400℃以下,实现高炉的安全生产;同时运用强化冷却、灌浆造衬等护炉手段以及优化操作制度、加强关键参数控制,实现低成本护炉。

## 2 优化操作制度

### 2.1 优化送风制度

1)缩小进风面积,合理控制冶炼强度。采取控制冶炼强度是炉役后期护炉最安全有效的手段。根据长堵高点温度上方所对应的风口以及兼顾均匀对称原则,长堵3#、12#、13#3个风口,缩小进风面积16%,高炉入炉风量降低约200~300 m<sup>3</sup>/min。随着风量降低,适当降低顶压,由原来的170 kPa降低到160 kPa,控制压差值也由145 kPa降低到135 kPa,透气性指数控制在14.5~18。

2)调整风口布局,提高鼓风动能。由于当前原料相对紧缺,入炉矿综合品位在56%左右,原料品位低,渣量大。为了保证吹透中心,适当提高实际风

速及鼓风动能。利用定修机会将5个Φ120 mm风口调整为Φ115 mm风口,同时将7个原长度为450 mm风口更换为长465 mm风口,实际风速由240 m/s提高到260 m/s;鼓风动能由7 000 kg·m/s提高到8 500 kg·m/s。

3)高风温、高煤比、适当富氧率相结合,控制合适理论燃烧温度。操作上控制冶炼强度生产,利用系数降为2.5~3 t/(m<sup>3</sup>·d),煤比保持185 kg/t左右,富氧量由原5 000 m<sup>3</sup>/h限制到≥4 000 m<sup>3</sup>/h,富氧率为2.5%左右,及时将风温由1 180℃提高到1 200℃以上(见图1),风温、富氧流量与喷煤量结合,保持风口理论燃烧温度在2 200~2 250℃<sup>[1]</sup>。

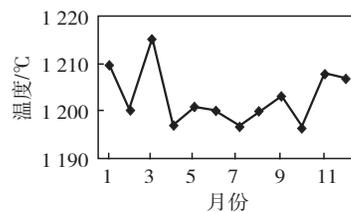


图1 2011年每月平均风温水平

### 2.2 优化布料制度

结合下部送风制度、煤气利用率变化,控制好合理的煤气流分布。加强对炉顶成像、十字测温和高炉本体冷却水进出水温差的监控,及时调整布料制度。随着炉缸工作状态的不断改善,中心气流开通,在原来布料矩阵的基础上将焦炭外环比矿增加1档,布料圈数增加1圈,即布料矩阵由

$$\begin{matrix} 35.5 & 33.5 & 30.5 & 27.5 & 23.5 & 35.5 & 33.5 & 30.5 & 27.5 \\ C & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 3 & 3 & 2 \end{matrix},$$

调整为

$$\begin{matrix} 37.5 & 36.5 & 34 & 31 & 27.5 & 37.5 & 36.5 & 34 & 31 & 27.5 \\ C & 1 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 3 & 3 & 2 \end{matrix},$$

加宽了布料平台,促进了中心边缘两股气流的合理分布<sup>[2]</sup>。目前十字测温中心温度在450℃左右,边缘在80~120℃,气流分布合理,煤气利用率在48%以上。为防止溜槽α角变化及布料圈数准确与否能及时发现问题、实时可控,在电脑画面上制作α角、圈数

收稿日期:2012-04-12

作者简介:孙建设,男,1966年生,1987年毕业于北京钢铁学院钢铁冶金专业,硕士。现为莱钢炼铁厂厂长,高级工程师,从事炼铁生产技术研究及组织管理工作。

实时监控曲线,加强对布料矩阵准确性的管控。

### 2.3 保持合适的热制度、造渣制度

保持合适的热制度、造渣制度,目的是稳定铁水中的 $[\text{Si}]$ 、 $[\text{S}]$ 、 $[\text{Ti}]$ 含量。高炉护炉配加钛球后,炉温和碱度做适当调整,控制生铁中 $[\text{Si}]$ 含量在0.45%~0.65%(见图2a),铁水物理热不低于1470℃,入炉钛负荷要 $>10\text{ kg/t}$ ,保证铁中含 $[\text{Ti}]$ 在0.10%~0.15%或 $[\text{Si}]+[\text{Ti}]>0.6\%$ ,生铁中 $[\text{S}]$ 含量控制以一类铁为主(见图2b),减少二类、三类,杜绝号外。适当提高炉渣碱度,将 $R_2$ 控制在1.15~1.20, $R_3$ 在1.42以上,改善炉渣的脱硫能力,而 $[\text{S}]$ 降低后护炉效果更明显。坚持对炉渣碱度日常调剂定量化、特殊情况过量化原则,根据原料成分变化情况及时进行调剂校核,稳定造渣制度。关注炉渣中 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的变化,在其比值低于0.6时及时增减蛇纹石,在高铝和大渣量的情况下,提高 $\text{MgO}$ 含量有利于提高渣铁流动性,渣相直接影响着炉况的稳定性。

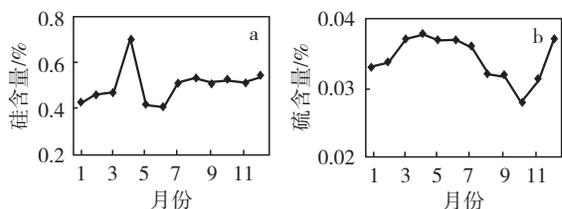


图2 2011年生铁每月平均 $[\text{Si}]$ 、 $[\text{S}]$ 控制情况

### 2.4 加强日常操作管理

严格工长管理,针对工长操作不当造成的炉况波动,建立反思台帐记录分析。严格对炉温、碱度等进行控制,对于班中 $[\text{Si}]$ 、 $[\text{S}]$ 、 $[\text{Ti}]$ 控制或热量控制不达标的,要求工长在台帐上进行分析,同时对超标 $[\text{Si}]$ 、 $[\text{S}]$ 、 $[\text{Ti}]$ 进行日统计、考核并及时通报。每日对煤比、燃料比等消耗情况进行统计并做好分析,关注好原燃料变化,有问题或异常情况及时给有关部门反映,确保燃料比受控。通过上述措施,质量指标也有较大进步。

## 3 优化生产组织

### 3.1 加强原燃料管理,改善入炉料质量

1)建立完善的筛分制度,确保入炉粉末率低于5%,改善高炉上部透气性。从小焦筛平台搭走梯直接通往槽上,方便监督槽上上料,从源头杜绝不合格料入仓,同时将槽上22#、23#供料带插板进行改造,避免其他原料粉末进入3#高炉料仓。为防止在26#、27#皮带交接处分流运送烧结矿时出现偏析,派专人每周到现场检查插板运行情况,并要求供料人员尽量减少同时送料。其次,加强原燃料筛分,对振筛进行改造,在下料口处焊接上两块宽度各20cm的钢板,使得原燃料均匀地分成3股细流分布在

振筛上,解决了料层厚度无法控制的情况。

2)针对水熄焦炭粉末量大,尤其在下雨天,易粘筛,大量焦粉入炉容易造成炉缸堆积,对焦炭振筛激振器进行改造,增加了配重,增大了振筛振幅,大大提高了筛分效果,减少了筛条间夹料造成的影响,减少了焦炭入炉粉末。用同样的方法对两个大烧振筛进行了改造,也取得了较好的效果。另外,为防止焦丁振动筛电机出现故障发现不及时,影响焦丁筛分质量,对焦丁振动筛电机增加了声光报警,一旦某台电机停止能够及时发现处理,避免对焦丁筛分造成影响。

3)针对焦炭振动筛角度偏大,振料速度快,部分粉末及小焦丁随着焦炭进入炉内,直接影响炉况顺行的情况,在焦炭振动筛上方取中间位置,下料1640mm×650mm皮带两边用工具刀割透,使皮带中间部分垂落在筛齿上,两边螺栓固定挡料皮,再将皮带下方加角铁配重,使焦炭下料速度减缓。焦丁用同样的办法阻止粉末入炉,筛分效果明显。

### 3.2 加强炉前组织,提高出铁作业率

炉前抓不好,不能及时出净渣铁,高炉容易憋风,影响煤气流合理分布和炉况的稳定与顺行。

1)炉前及时清理残渣铁,维护好泥套,在正常配罐情况下30min之内具备出铁条件、40min内打开铁口。在配罐晚点的情况下(超过30min配罐),要求10min内打开铁口,尽量缩短铁间间隔。对开口晚点的炉次进行日统计、月考核,督促炉前不断提高正点出铁率。

2)4班统一操作,稳定打泥量,保持合适铁口深度,并根据配罐及上炉出铁情况选择合适钻头及预留深度,出铁时间控制在60~70min。在配5个铁水罐时,出不满3个罐,积极组织二次开口,并将二次开口间隔时间控制在15min内,提高铁水罐利用率,减少炉内憋渣铁情况。

通过落实上述措施,铁口出铁作业率由原来的55%左右逐月提高,现长期保持在60%以上,从而促进了炉况的稳定和顺行。

### 3.3 加强温度监测,采取强化冷却、灌浆等措施

针对炉缸2层侧壁多处异常侵蚀,配管每班进行人工测温并做好记录,对检测出炉皮温度高的部位安装热电偶进行实时监控,同时在电脑上做好温度历史趋势曲线。对温度高点突升突降情况安装报警提示,防止出现意外。

3#高炉6~9层冷却壁为铜冷却壁,10层以上为铸铁冷却壁。由于10层冷却壁处于炉身下部,热负荷较高,而且9、10层之间冷却壁材质不同,冷却强度也不一样等原因,10层冷却壁损坏较快,目前已

有15根穿管,4根倒冲。穿管和倒冲的冷却壁冷却强度下降。为此,改造增加了强化冷却系统,对穿管和倒冲部分的部分冷却壁提高冷却水流量,进行局部强化冷却。目前有18根进行强化冷却,效果良好。平时加强检查,对发现的煤气泄漏点,在定修时对窜煤气区域进行灌浆处理。消除安全隐患,为高炉安全运行提供保障<sup>[3]</sup>。

### 3.4 强化护炉

采取风口喂线、配加钛球等强化护炉措施。针对3<sup>#</sup>高炉炉缸侧壁局部出现高点温度,炉缸未大面积侵蚀的情况,当出现高点温度时,从其上方对应的风口处喂钛线,钛线含TiO<sub>2</sub>高达50%以上,能及时将高点部位温度降低到警戒温度以下(见图3)。平时配加钛球,含钛料进入炉缸后,TiO<sub>2</sub>在炉内高温还原气氛条件下,生成TiC和TiN及固溶体Ti(C,N),它们再与铁水和从铁水中析出的石墨结合在一起,进入被侵蚀的砖缝或在炉底的表面凝结成保护层,对炉缸、炉底起到保护作用。平时严格控制高点温度不超过400℃,超过警戒温度时,增加钛球比例,保证炉缸长期安全受控<sup>[4]</sup>。

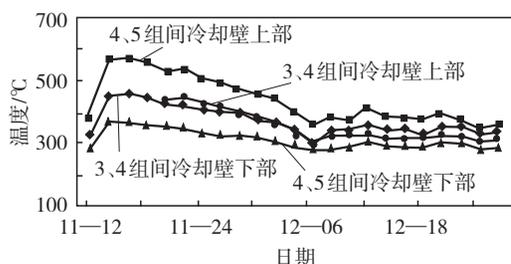


图3 风口喂钛线后炉缸2层侧壁温度下降情况

### 3.5 加强设备点检维护

由于大煤比时风口易磨损,护炉条件下炉缸工作不够均匀活跃,容易出现风口下部烧损,因此当小套水温差超过5℃时,立即打压确认是否漏水。平时勤点检,做好预知预控,确保设备稳定运行,实现设备责任故障休慢风率为0。

## 4 护炉效果

1)通过护炉,3<sup>#</sup>高炉二层炉缸侧壁温度均下降

至400℃以下,且相对稳定,冷却壁损坏趋势得到控制,实现了炉役末期的安全生产。

2)通过优化操作制度、加强关键参数控制,各项技术经济指标实现了最优化,取得不错的经济效益,目前高炉运行平稳,产量保持在2 050 t/d以上。2010年9—12月平均燃料比为540 kg/t,而2011年1—11月在原燃料条件不及2010年的情况下,平均燃料比为523 kg/t。实践表明,高炉炉缸异常侵蚀所采取的护炉措施是科学有效的,3<sup>#</sup>高炉低成本护炉操作实践为莱钢炼铁技术进步提供了宝贵经验。

3)尽管没有经验可以参考,护炉工作面临未知挑战,但通过摸索,3<sup>#</sup>高炉安全稳定顺行,实现了低成本护炉。

## 5 结语

1)虽然护炉取得了很大成功,但毕竟是亡羊补牢之举,致使炉役后期的生产长期处于被动局面。鉴于此,高炉生产早期就要树立长寿的意识,进行冷却制度的动态管理以及采用有利于高炉长寿的操作制度,切莫等威胁到生产时才被动护炉。

2)加强高炉炉缸炭砖及陶瓷杯砌筑质量,提高炉缸使用寿命,完善高炉本体结构设计,确立高炉长寿关键在于有效传热和有效冷却的观念。另外炉腹及炉身下部热负荷较大,以后高炉10层也采用铜冷却壁,加强冷却。

3)加强高炉操作管理和采用精料方针,减少碱金属等有害物质入炉,确保高炉长寿,实现高炉生产经济效益最大化。

### 参考文献:

- [1] 由文泉,赵民革.实用高炉炼铁技术[M].北京:冶金工业出版社,2003.
- [2] 刘云彩.高炉布料规律[M].北京:冶金工业出版社,2005:162-168.
- [3] 陆隆文.武钢1号高炉炉役后期护炉操作实践[J].炼铁,2011(2):36.
- [4] 肖志明,甘玉宝.天铁4号高炉炉役后期生产实践[J].天津冶金,2008(2):10.

## Operation Practice of Low Cost Furnace Maintenance for Laiwu Steel's No.3 1 080 m<sup>3</sup> BF

SUN Jianshe, WANG Jianguo, JI Guanggang, XUE Junxi, WANG Fengqiao

(The Ironmaking Plant of Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

**Abstract:** This article summarized furnace maintenance practice of local abnormal erosion of Laiwu Steel's No.3 1 080 m<sup>3</sup> BF hearth. By strengthening furnace protection measures such as blocking the tuyeres for controlling smelting intensity, feeding Ti-wire from the tuyere, adding titanium ball and increasing furnace temperature, the hearth's side-wall temperature keep stable below 400℃. The blast furnace realized safety production. At the same time, using intensive cooling, stacking lining by grouting and other furnace maintenance means as well as optimizing operation system, strengthening the control of key parameters, the technological and economic indexes were optimized. The average fuel ratio was 523 kg/t, realizing furnace maintenance with low cost.

**Key words:** blast furnace; hearth abnormal erosion; furnace maintenance technique; low cost