包钢5#高炉炉役后期生产实践*

刘平均,马 祥,朱代强,贾生震,豆远波

(内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章对包钢5#高炉炉役后期安全稳定生产实践进行了总结。针对原料有害元素偏高及焦炭质量逐步下滑,高炉处于炉役后期的生产实际情况,通过不断优化操作制度,采取有效的护炉措施,实现了安全生产和炉况的稳定顺行。

关键词: 高炉; 炉役后期; 护炉; 稳定顺行

中图分类号: TF54 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)04-0020-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.04.006

Production Practices for 5# Blast Furnace of Baotou Steel at Later Stage of Campaign

Liu Ping-jun, Ma Xiang, Zhu Dai-qiang, Jia Sheng-zhen, Dou Yuan-bo

(*Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the safe and stable production practices of 5# blast furnace of Baotou Steel at later stage of campaign are summarized. The safe production and stable trouble-free operation of furnace condition are realized by continually optimizing operation system and adopting effective furnace protection measures with the actual production conditions that there are more harmful elements in raw material, coke quality decline gradually and the blast furnace is at later stage of campaign.

Key words: blast furnace; later stage of campaign; furnace protection; stable trouble-free operation

包钢5#高炉于2005年1月20日开炉,有效容积1 500 m^3,设计寿命12年。出铁场为矩形,两个铁口,20个风口,单铁口作业。炉缸结构采用国产碳砖加陶瓷杯,从下往上依次为四层半石墨炭砖、一层微孔炭砖、最上面为一层陶瓷杯。炉缸冷却壁为1~5段,炉缸砖衬加装双支热电偶检测砖衬温度。已连续生产13年,超过设计寿命,炉缸局部出现壁体温度升高现象,尤其是西铁口处的炉缸二段B点(标高7.26 m),在2016年12月29日以后最高升至515 ℃,炉缸二段11#排水管水温差2.07 ℃、热流强度25.78 kW/m^2,严重超出警戒值,从安全生产的角度考虑对5#高炉进行炉缸保护,保持了炉况的稳定顺行。

1 原燃料影响

5#高炉炉料状况表现为焦炭质量差,入炉料有害元素含量高,烧结矿粒度组成中小粒级偏多,严重影响各项技术经济指标提升和炉况顺行程度,炉役后期护炉的难度。

* 收稿日期:2018-05-30

作者简介:刘平均(1982-),男,陕西省西安市人,工程师,现从事高炉生产管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

表 1　2017 年焦炭指标状况(质量分数)　　%

成分	灰分	水分	*CRI*	*CSR*	M_{40}	M_{10}
西焦	13.2	7.7	30.9	61.8	86.8	5.9
乌焦	13.3	10.3	35.4	54.8	86.1	6.5

1.1　焦炭质量下降对高炉的影响

5#高炉 2017 年 1 ~ 6 月份全部配加西区焦炭，炉况稳定顺行，7 月 12 日开始配加部分乌海焦炭，主要经济技术指标有所下滑，顺行未受到影响。随着比例逐步加大，炉况表现出风量萎缩、稳定性差，中心气流弱化明显，强度下降等现象。自 8 月 21 日全部使用乌海焦炭后，炉况更加不稳，高炉可操作性差。9 月初，焦炭热性能进一步下降，炉况顺行状态遭到破坏，高炉各项技术经济指标严重下滑。

1.2　入炉锌负荷对炉况影响

2016 年高炉入炉锌负荷高达 2.0 kg/t，远超过国标 0.15 kg/t，造成炉墙粘结严重，处理难度大、时间长，严重影响高炉技术经济指标[1]。从炉渣的排出率分析，碱负荷的排出率为 74.4%，锌负荷的排出率为 71.3%，富集程度高，对于高炉的稳定顺行和长寿的影响严重。

2　操作应对调整

2.1　炉墙粘结的应对调整

为解决炉墙频繁粘结的问题，高炉在初期装料制度调整上采取两头梳松的措施，但因对入炉锌负荷的影响认识不足，这一问题并未得到有效解决。通过对影响高炉各方面的原因分析和有关技术资料的查阅，从以下几方面入手：①装料制度调整上保持中心气流相对开放，适当抑制边缘气流。正常炉况装料制度为 $C^{7654321}_{2322213}O^{4321}_{2332}$，焦炭最大角度为 39.5°，中心角度为 12°，矿石最大角度为 38.5°，逐步过渡为焦炭最大角度 40.5°，中心角度为 12°，矿石最大角度为 40.5°。②高炉操作参数上保持三上限，即炉温、风量、热压。目的是保证一定的强度减少锌在炉身上部的富集。③做好高炉炉况的日体检、周分析、月总结工作。通过以上措施炉墙粘结得以有效控制，保持了炉况稳定顺行的局面。

2.2　长期堵风口后气流分布的应对调整

由于炉缸特护的需要，高炉于 2017 年 3 月 16 日堵 5#风口降强度生产。因长期堵风口操作，4 月中旬炉况发生变化，炉墙正西方向温度降低异常，最低处只有 50 ℃，偏尺、崩滑料频次增加，压量关系异常紧张，综合判断西侧炉墙出现粘结。为保证炉况顺行，在炉缸二段 B 点未满足炉缸特护条件的要求下开 5#风口，下料状况好转，三天后高炉各项操作参数回归正常。

2.3　使用乌海焦炭后的应对调整

5#高炉从 2017 年 7 月 12 日开始配加乌海焦炭，8 月底实现全乌焦生产。9 月初，因为乌海焦炭热性能降低至历史最低水平(*CRI*38.8%，*CSR*51.1%)，炉况变差，共发生两次管道、一次悬料。通过调整装料制度疏松边缘、开中心。之前焦炭最大角度为 40.5°，中心角度为 23°，调整后焦炭最大角度为 41.0°，中心角度为 18°，同时降低热压控制水平(0.330 ~ 0.325 Mpa)、提高炉温(下限控制1 480 ~ 1 490 ℃)、煤比由 155 kg/t 降至 140 kg/t，细化高炉操作及管控，保持了炉况稳定顺行。

3　针对炉缸严重侵蚀的护炉过程

5#高炉自 2016 年 12 月 29 日开始西侧标高 7.26 m 处温度持续升高，最高达到 515 ℃，二段 11#冷却壁水温差最高到 2.07 ℃，热流强度高达 25.78 kW/m^2。通过分析，炉缸侵蚀已相当严重，原因包括以下几方面：

(1) 炉缸使用的大块炭砖，设计寿命 12 年，超期服役 1 年，已超出使用寿命，从水温差和热流强度值判断炭砖侵蚀已非常严重。

(2) 炉缸侧壁温度升高，是铁水环流引起的侵蚀。铁水环流与死焦柱的透气透液性有最直接的关系，根据实践得出焦炭质量和操作制度及控制参数直接影响炉缸死焦柱的透气透液性[1]。

(3) 炉料中碱金属含量偏高加速炭砖的侵蚀和碎裂。

(4) 风口破损后，向炉缸漏水，造成炭砖氧化，加剧了炭砖的破损。

由于原燃料的改进空间不大，只能从护炉措施上进一步想办法，护炉经过以下几个阶段。

3.1　控制侧壁温度升高

(1) 将重点部位常压水改高压水

炉缸二段共 48 个冷却水管，将 1# ~ 12#改为高压水，以此来达到强化冷却的目的。同时对重点部位二段 11#水管附近进行炉皮淋水。每月对炉缸二段及三段水管进行水温差及水量测量，发现水量小于 10 t/h 及时组织酸洗，以达到强化冷却的目的。

(2) 钛矿护炉

中国知网　https://www.cnki.net

2016年12月21日开始加2%钒钛矿护炉，保证生铁w[Ti]≥0.120%(高时可达0.200%)，之后再根据具体情况决定是否提高入炉钛矿量进行强化护炉或停止加入钛矿减少对炉况顺行的影响[2]。这一期间钛矿加入保持2%的配比，加入时间分别为2016年12月21日—2017年1月11日和2017年3月30日—2017年5月9日。

(3) 堵风口

针对二段B点快速上升的势头，研究决定堵二段B点处的5#风口。利用2017年1月5日计划休风堵5#风口，之后炉缸二段B点及11#水管的水温差和热流强度逐步降低，至2017年1月14日达到最低水平，后开5#风口，避免长期堵风口改变气流初始分布，影响炉况顺行。之后随着冶炼强度的提升，2月20日开始炉缸二段B点及11#水管的水温差和热流强度逐步上升，至3月16日二段B点重新升高至503 ℃，11#水管水温差为1.85 ℃、热流强度20.68 kW/m^2，依据1月份护炉经验决定再次堵5#风口，二段B点温度得到控制。

3.2 持续采取有效措施护炉

(1) 通过控制冶炼强度减缓对炉缸的侵蚀

通过降低富氧量，由9 000 m^3/h降到6 000 m^3/h、热风压力由0.335 MPa降到0.332 MPa，将利用系数由2.6 t/(m^3·d)降至2.4 t/(m^3·d)的水平，来减缓铁水环流对炉缸的侵蚀。

(2) 维持相对开放的中心气流

保证中心气流Z值在2.0~3.0之间，对于炉况顺行、护炉和燃耗都是处于最佳状态。超出范围及时通过装料制度进行调整。

(3) 继续加大冷却强度和阶段性的钛矿护炉

炉缸二段有26块冷却壁，由常压水改至高压水(满足生产的最大量)，依据实际情况进行钛矿护炉。

(4) 强化基础工作

提高对炉温稳定率的控制标准，由之前的75%提升至85%，同时要保证w[Si]高于0.6%，保证w[Ti]达到0.150%，提高补炉效果，同时积极推进标准化操作和预案制度减少各种耽误对炉况产生影响。

通过以上措施，达到了在不堵风口的情况下，炉缸二段11#水管的水温差和热流强度稳定的目的。但炉缸二段B点仍呈不稳定状态。

3.3 焦种变化护炉的特殊性

配加乌海焦炭后炉缸二段B点表现温度波动大、易受外部影响，可控难度加大。经过半年的摸索，逐步总结出应对措施，使之处于可控状态之下。

(1) 持续钛矿护炉

针对乌焦的特点，采取长期加钛矿的护炉措施，只有在炉缸工作相差时，采取临时性的停钛矿，待炉缸工作正常后及时恢复钛矿。8月份全乌焦生产时，为了抑制二段B点上升态势，生铁中w[Ti]曾一度控制达到0.280%，二段B点相对稳定时保持w[Ti]在0.150%~0.200%效果最佳。

(2) 提高炉温控制水平

物理温度下限控制水平由1 480 ℃提高至1 490 ℃，同时兼顾[Si]在操作范围之内，目的是进一步活跃炉缸，提高生铁中的钛含量，保证炉缸工作正常又利于护炉。

(3) 西铁口做为备用铁口

使用乌海焦炭后，每次倒西铁口出铁，二段B点上升幅度大，将西铁口做为备用铁口使用，有效减缓了B点的上升势头。

通过总结前一阶段的护炉工作，采取多种措施，应对焦炭条件变差，达到了不堵风口、不降低冶炼强度来稳定炉缸二段11#水管的水温差和热流强度的目的。同时制定炉缸特护预案及特护制度，但炉缸二段B点有小幅波动，护炉工作需要做大量、细致的工作。

4 结论

(1) 入炉锌负荷高要保持中心气流通畅，采取适当抑制边缘的装料制度，同时要保证一定的强度，可防止炉墙粘结。

(2) 钛矿护炉要保证铁水中w[Ti]在0.150%~0.200%之间效果最好。

(3) 冶炼强度对炉缸铁水的环流作用是最主要的，质量好的焦炭对减缓炉缸铁水环流作用不容忽视。

(4) 护炉实践表明要采取多种手段且合理控制护炉效果明显，单一措施受限大并且作用有限。

参考文献

[1] 何友国，赵国英，刘兰润. 唐钢1#高炉炉役后期长周期稳定顺行实践[J]. 炼铁，2015，34(4)：18-19.

[2] 贾军民. 迁钢3#高炉炉缸侧壁温度升高的治理[J]. 炼铁，2014，33(1)：7-8.

中国知网 https://www.cnki.net