

石横特钢2#高炉护炉操作实践

高加明,智平达

(山东石横特钢集团有限责任公司,山东 肥城 271612)

摘要:石横特钢2#450 m³高炉在第二代炉役生产过程中,针对两个测温点温度升高、炉腰炉腹部位西侧炉皮频繁发红的情况,通过含钛物料入炉、提高铁水钛含量的方法进行护炉操作,及时采取冷却壁栽棒和炉体灌浆等设备维护措施,优化调整操作制度,加强安全生产,实现了高炉的安全稳定运行并取得了较好的技术经济指标。

关键词:高炉;护炉;操作制度;炉体灌浆

中图分类号:TF54

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2016)04-0014-03

石横特钢2#高炉(有效容积450 m³)第2代炉役设有14个风口;炉顶采用HYWZ-C型无钟顶布料器;冷却壁采用板壁结合结构,炉腰炉腹部位采用铸钢冷却壁,其他部位采用铸铁冷却壁;冷却方式为敞开式工业净循环水冷却;高炉炉底、炉缸采用“半石墨质炭砖—陶瓷杯砌体”复合炉衬技术。

石横特钢2#高炉第2代炉役于2011年5月11日开炉,2012年7月605-4测温点自410℃开始逐渐升高,2012年9月和11月分别达到509℃和571℃。2012年10月,604-3测温点自310℃开始逐渐升高,2013年3月24日达到510℃。2013年11月,炉腰炉腹部位西侧炉皮开始频繁发红。受以上因素影响,2#高炉于2013年4月进入护炉阶段,11月进入炉役后期生产阶段。通过优化高炉操作、恢复冷却壁的冷却功能、加强安全生产管理等,于2014年11月30日实现了安全停炉。

1 高炉温度异常原因分析

1.1 测温点温度升高原因分析

炉缸605测温点标高7.303 m,位于2、3段冷却壁接缝间的炉皮折点处,第10层小炭块上表面,炉底陶瓷杯垫位置。605-4测温点位于6号风口方向,插入炭砖159 mm。604-3测温点位于2段冷却壁,5层小炭块处,6#、7#风口之间,插入炭砖140 mm。

1)两个测温点在圆周方向上仅差1 m左右,且605-4测温点位置的冷却壁3段水温差在加强冷却的情况下为2.5~3℃,较其他方位高约0.4~0.8℃,炉皮测温为38~42℃,较其他方位高5~8℃。

结合测温点的冷却壁水温差和炉皮温度差异分析,在6#风口下方,陶瓷杯垫存在炉缸局部侵蚀现

象。高炉炉缸使用模压小炭块进行砌筑,共计43层。小炭块的整体导热效果和砌筑质量较大炭块差,而且这两个测温点上方的渣口组合砖进行过二次砌筑。2014年底,2#高炉大修在进行炉缸耐材拆除时,发现3段冷却壁底部5#~7#风口方向,环炭厚度仅为650 mm较其他方向环炭薄了约450 mm。证明了该方向耐材确实存在严重的局部侵蚀现象。

2)6#风口小套在前期漏水次数较多,高炉休风率较高,对此部位炉缸耐材异常侵蚀和炉缸工作状态造成较大影响。炉缸侧壁异常侵蚀的根本原因,还在于炉缸铁水环流强弱、死料堆状态和炉缸的活跃程度^[1]。

3)根据多个风口中套变形上翘及更换风口时有银白色碱金属流出分析,高炉炉缸局部侵蚀有人炉碱金属循环富集的影响。

1.2 炉皮发红原因分析

1)6段冷却壁呈梯形,位于炉腹位置,下底较上底长24 cm,耐材侵蚀后冷却壁裸露,渣皮脱落,易造成该部位热负荷过大,加之炉料下降对该部位的摩擦,此处冷却壁容易损坏。冷却壁较早地失去了冷却功能,导致炉皮发红。

2)布料器中心较风口中心偏东约2 cm,西南部位料面低,造成西面边缘负荷较轻,此方向冷却壁热流强度高,冷却壁易破损。受布料偏析的影响,西南部位气流较强,渣皮稳定性较其他部位差。高炉大修本体耐材拆除时也发现,炉身下部西南部位耐材侵蚀情况较其他方向明显严重。

3)该代炉役操作过程中,过于追求指标,高炉西部极易形成结厚,往往在西部采用大风口进行处理,加剧了冷却系统的损坏。

4)第1代炉役时此部位炉皮就容易发红,而且进行了打水处理,造成应力集中,炉皮强度受到影响(高炉大修时未更换炉壳)。导致第2代炉役此处冷却壁破损后,炉皮容易串煤气。

收稿日期:2016-05-16

作者简介:高加明,男,1984年生,2012年毕业于山东工业职业学院冶金技术专业。现为山东石横特钢集团有限责任公司炼铁厂2#高炉值班副工长,助理工程师,从事高炉炼铁工艺技术工作。

2 应对措施

2.1 测温点温度升高的处理

1) 含钛炉料护炉。高炉配加含钛烧结矿和含钛球团矿,提高铁水钛含量,达到护炉的目的。使用钒钛矿护炉,铁水[Ti]含量在0.08%~0.12%有护炉效果,在0.15%~0.25%效果更明显^[2]。通过计算确定,2[#]高炉常态护炉时,[Si]控制在0.30%~0.45%、[S]控制在0.030%~0.040%时,[Ti]≥0.12%能够确保护炉效果。

2) 保持炉况稳定顺行。采取适当抑制边缘气流、发展中心气流的措施,减少边缘气流带动铁水运动对炉缸侧壁的冲刷。稳定热制度及造渣制度,减少炉况波动,保持炉缸工作状态稳定、活跃。

3) 增加管道加压泵,提高炉缸侧壁冷却强度。在测温点附近冷却壁架设5台管道加压泵,将冷却壁水压由原来的0.43 MPa提高到0.62 MPa。通过加大冷却壁水压,提高冷却壁冷却强度,有利于侧壁前炉缸内衬的热量导出,保护炉缸内衬。同时有利于铁水中[Ti]的析出,形成附着力很强的Ti(C、N)护炉层,保护内衬。

4) 调整风口。根据测温点位置,采取加长相邻风口、缩小风口直径等方法,减少铁水环流对炉缸侧壁的冲刷。2012年9月25日和10月22日,分别对6[#]、7[#]风口进行加长和缩小直径调整。

5) 工艺灌浆优化。遵循“检修必灌”的原则,利用每次检修机会,对侧壁温度高的部位进行局部灌浆,对侧壁之间以及侧壁与炉皮间的空隙进行填充,确保炉衬和冷却壁热量导出。

6) 炉前操作优化调整。将铁口深度由1.8~2.0 m增加至2.0~2.2 m,不仅有利于放净渣铁,而且使铁水穿过炉缸死焦堆而不是沿炉缸内衬环流后经铁口排出。先后于2012年11月16日、12月10日和2013年5月28日对铁口角度进行了调整,由原来的8°逐步调整为10°、12°和14°。铁口深度增加、铁口角度增大后,减少了铁水环流,起到了保护炉缸侧壁内衬的作用。

7) 新增热电偶,加强巡检力度。利用检修机会,在测温点标高处的其他方向增加7个测温点,并在605-4和604-3测温点部位增加两个摄像头,对这个点进行重点监护。密切关注炉缸热电偶各点温度并每2 h记录1次,每周分析1次,如有异常及时采取相应措施处理并建立炉体测温档案。

通过以上措施,605-4和604-3测温点温度逐渐得到了控制,温度降至300℃以下。测温点温度波动情况见图1。

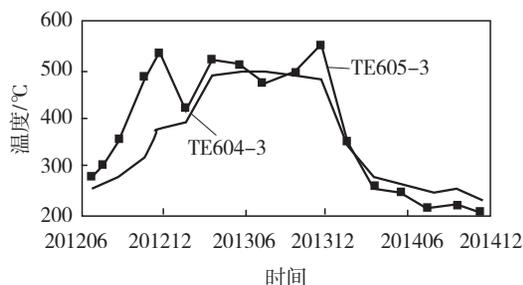


图1 605-4和604-3测温点温度变化情况

2.2 炉皮发红的处理

2013年底,针对炉腰炉腹部位西侧炉皮频繁发红的情况,探讨了两种应对方案:更换此部位冷却壁和降低冶强操作。充分论证后,确定了降低冶强操作与设备维护相结合的方案。

1) 降低冶炼强度,采取护炉操作。热风压力由252 kPa降至245 kPa,风量由1 550 m³/min降至1 500 m³/min,富氧流量由2 300 m³/h降至2 000 m³/h。铁水硅含量由0.3%~0.45%提高到0.35%~0.5%,炉渣碱度由1.08~1.13提高到1.12~1.15,高炉日产量由1 670 t/d降至1 610 t/d。在后续生产过程中,根据炉皮工作状态,再对操作参数进行及时调整。通过适当提高和稳定炉渣碱度来提高渣皮的稳定性,杜绝出现炉渣碱度大幅波动情况发生,以免渣皮的大幅脱落。

2) 针对西侧冷却壁频繁烧坏的情况,对损坏冷却壁采取控水→单块摘出单独供水→倒通水→灌浆→栽棒的处理措施,尽量保证冷却壁的冷却功能。针对需要栽棒的冷却壁,采取高密度栽棒的方法,让冷却棒代替冷却壁工作。

2014年1~11月,2[#]高炉进行了5次计划检修,共计对5、6段7[#]~10[#]冷却壁栽棒55根,消耗灌浆料15 t,从而提高了该部位的冷却效果,保证了该部位炉皮的强度,为高炉的安全稳定运行奠定了基础。

3) 为避免炉皮开裂部位发生窜煤气现象,利用检修机会对炉皮开裂处进行焊接处理。焊接要求打坡口满焊,清除原焊口,修磨,采用二氧化碳保护焊接,焊缝不得存在裂纹、夹渣、气孔等缺陷。并且对两段冷却壁相连接的炉皮,打加强纵拉筋板,对炉皮进行充分加固。

4) 加大外喷水冷却。在炉体冷却系统损坏部位加设外喷冷却水,加强对炉体冷却系统破损部位的炉皮温度监测,每30 min对高炉栽棒区域进行检查。要求保持炉皮温度<70℃,发现温度超标及时增加该部位的外喷水量。对炉皮喷水处进行定期清垢,以保证外喷水的冷却效果。

5) 优化高炉操作。高炉操作严格按工艺规程和操作方针的参数要求进行控制,合理疏导炉内气

流,采取上下部调剂的措施(抑制边缘气流、缩小并加长西北部位风口),使炉内煤气流有目的地避开冷却薄弱部位,防止冷却壁破损呈扩散性发展。

6)加强岗位巡检力度和安全生产管理。在风口平台西北部安装摄像装置,对该区域进行重点监控。及时进行点检、巡查,发现异常及时向高炉值班室汇报。日常点检时,二人同行,一人作业,一人监护;炉皮测温时,人员必须站在安全距离3 m以外,用红外线测温枪进行测温,发现异常立即撤离到安全区,同时汇报值班工长采取相应处置措施。

3 操作制度的优化调整

1)在炉役后期的操作中,2#高炉除了面对炉皮发红和炉缸侧壁温度高两大问题外,还面临着布料偏析和部分冷却壁损坏漏水问题。针对这些问题,布料角度采取小角度大角差的操作思路,以利于降低煤气阻力,稳定煤气流分布,实现炉况的长期稳定顺行。根据这种操作思路,2#高炉的布料角度由2013年4月的矿 $26.8^{\circ}/3$ 、 $25.1^{\circ}/3$ 、 $23.4^{\circ}/3$ 、 $21.8^{\circ}/2$ 焦 $27^{\circ}/2$ 、 $24.5^{\circ}/2$ 、 $22^{\circ}/2$ 、 $19.5^{\circ}/2$ 逐渐调整至2014年11月份的矿 $23.6^{\circ}/3$ 、 $21.8^{\circ}/4$ 、 $19.8^{\circ}/3$ 焦 $24.5^{\circ}/3$ 、 $22.5^{\circ}/2$ 、 $20.5^{\circ}/2$ 、 $18.5^{\circ}/2$ 。此外,还利用检修机会,根据料面分布、炉墙和冷却壁工作状况,有针对性地调整风口,既保证了西北方向炉皮的安全,延长了冷却壁的寿命,又处理了炉墙局部结厚,有利于高炉操作炉型的改善。

2)为保证高炉长期稳定顺行,定期召开工长周一例会。分析近期炉况走势,并提出下一步高炉调整方向,为高炉操作方针的科学性奠定了基础。

3)为了避免炉况出现大幅波动,制定了严格的操作方针,并对炉温、气流控制不当的情况进行严格考核,有利于维护炉况的稳定顺行。

4)及时关注烧结矿中ZnO含量的变化,并与高炉灰中ZnO含量进行对比。通过炉内摄像气流分

布、ZnO的支出量和炉衬测温变化,及时调整布料角度,保证炉况顺行。

4 结语

通过采取有效的护炉措施和对操作制度进行优化调整,2014年2#高炉实现了安全稳定运行,技术经济指标达到了较好的水平(见表1)。

表1 石横特钢2#高炉2014年主要指标及与平均水平对比

项目	综合焦比/ ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$)	喷煤比/ ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$)	利用系数/ ($\text{t}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$)	入炉 品位/%	风温/ $^{\circ}\text{C}$	富氧率/ %
石横特钢	498.64	154.07	3.50	56.21	1 128	1.9
平均水平*	496.67	145.26	3.54	56.81	1 141	2.7

*:指2015年1—4月国内40余座同级别高炉指标平均值。

石横特钢高炉的护炉操作实践表明,通过含钛物料入炉、提高铁水钛含量的方法进行护炉操作,经济可行,可以让炉衬温度得到有效控制。对炉体冷却壁损坏部位实施大面积栽棒,配合灌浆造衬工艺和炉皮焊接处理,可以有效控制炉皮发红现象,实现高炉炉役后期的安全稳定运行。考虑到第1、2代炉役生产期间,布料器中心与风口断面炉缸中心偏析的影响,2#高炉在2014年12月的大修中,对炉壳和风口安装过程进行了严格控制,将布料器中心与风口冷却壁断面的中心位移控制在5~6 mm,达到了YBJ 201—1983《冶金机械设备安装工程施工及验收规范》中 ≤ 10 mm的要求。

石横特钢2#高炉自2005年1月开炉以来,通过两代炉役的生产实践,总结出炉腰炉腹部位铸钢冷却壁的科学维护以及炉缸侧壁炉衬温度的有效控制,成为制约高炉长寿的重要因素。这需要高炉操作者通过四大制度的精心调剂来逐步实现。

参考文献:

- [1] 项钟庸. 国外高炉炉缸长寿技术述评[J]. 炼铁, 2013, 32(5): 53-59.
- [2] 王维兴. 高炉长寿及高温技术研讨会概要[J]. 炼铁, 2013, 32(4): 58-62.

Furnace Protection Operation Practice of No.2 BF in Shiheng Special Steel

GAO Jiaming, ZHI Pingda

(Shandong Shiheng Special Steel Group Co., Ltd., Feicheng 271612, China)

Abstract: In the second generation production process of No.2 450 m³ blast furnace in Shiheng Special Steel, due to the temperature increasing of two measurement points, the parts of furnace waist abdomen bit and the west of the furnace hearth were heated redness frequently, the maintenance measures were taken. Such as the protection furnace operation was taken using the titanium-containing material charged into the furnace to improve the titanium content of molten iron, the planting sticks was take and furnace cooling wall grouting timely etc. The operating system was optimized and adjusted, the safety of production was improved, the safe and stable operation of the blast furnace and good technical and economic indicators were achieved.

Key words: blast furnace; furnace protection; operating system; furnace filling