



# 高导热模压炭砖在莱钢6<sup>#</sup>1 080 m<sup>3</sup>高炉的应用

孔 菊

(莱芜钢铁股份有限公司 炼铁厂, 山东 莱芜 271104)

**摘 要:**介绍了莱钢6<sup>#</sup>1 080 m<sup>3</sup>高炉炉缸侧壁发生异常侵蚀的情况,对比分析认为,普通耐材导热系数差,决定了炉缸不耐蚀。在大修中对炉缸结构进行改进,适当加大炭砖厚度,采用性能和进口产品相近、但价格优势明显的新型高导热模压炭砖,并严格砌筑标准,确保施工质量。应用表明,侧壁温度理想、稳定。

**关键词:**高炉;炉缸侧壁;异常侵蚀;高导热模压炭砖;高炉长寿

中图分类号:TF065.1

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2012)04-0072-02

## 1 前 言

莱钢目前有6座1 080 m<sup>3</sup>中型高炉和3座2 000 m<sup>3</sup>以上的大型高炉,6座1 080 m<sup>3</sup>高炉都出现不同程度的侧壁异常侵蚀,相继进行了大修改造,而同期投产的3座大型高炉炉缸侧壁温度都比较正常。在6<sup>#</sup>1 080 m<sup>3</sup>高炉大修改造中,分析了炉缸结构的差异,借鉴其他企业高炉长寿的经验,对炉缸结构进行了改进,在炉缸易侵蚀的关键部位采用了国内生产的新型高导热模压炭砖。高炉大修投产1 a来,炉况顺行,技术指标良好,特别是炉缸侧壁温度缓慢上升并趋于稳定,炉缸技术状况得到了明显改进。

## 2 炉缸侧壁异常侵蚀及原因分析

### 2.1 炉缸结构

莱钢6<sup>#</sup>高炉于2005年12月29日开炉,炉缸采用典型水冷炭砖薄炉底加陶瓷杯复合结构。侧壁炭砖是模压小炭块,陶瓷杯是塑性相刚玉复合砖。炉缸侧壁侵蚀状况检测主要依靠插入炭砖的热电偶和炉缸冷却壁水管水温差检测相结合。

### 2.2 炉缸异常侵蚀情况

高炉投产后一直保持稳定顺行,利用系数稳定在3.0 t/(m<sup>3</sup>·d)左右,炉缸侧壁温度缓慢上升,但都在400℃以下,炉缸冷却壁水温差维持在0.2~0.3℃。2008年8月,高炉运行2 a 8个月以后,第2层陶瓷杯上表面热电偶温度升至450℃。2009年8月23日该处热电偶温度由475℃突升至580℃,后又升至620℃,8月28日该点温度升至1 040℃。

评价高炉长寿的关键技术指标之一是炉缸侧壁砌体是否出现异常侵蚀,是否危及高炉安全生产。炉缸侧壁砌体出现异常侵蚀的变化特征是侧壁砌体

温度出现异常高点,双点测温电偶温差偏大等。根据热电偶插入深度,利用傅里叶传热方程计算,推测炉缸侧壁砌体薄弱点残余厚度仅剩约190 mm,高炉炉缸存在异常侵蚀。鉴于高炉炉缸技术状况不断恶化,为确保安全,对6<sup>#</sup>高炉炉缸实施大修。

### 2.3 炉缸侧壁异常侵蚀原因分析

莱钢2003~2005年先后有6座高炉投产,炉缸均为满铺炭砖+陶瓷杯结构。不同的是4座1 080 m<sup>3</sup>高炉炉缸侧壁采用国产模压小炭块,炉缸最长使用寿命5 a 9个月(3<sup>#</sup>高炉),最短3 a 7个月(5<sup>#</sup>高炉);炉役后期侧壁炭砖温度最低824℃(4<sup>#</sup>高炉),最高1 047℃(6<sup>#</sup>高炉)。另2座1 880 m<sup>3</sup>高炉炉缸侧壁采用国外进口炭砖,分别为已运行7.5 a(1<sup>#</sup>高炉)和6 a 10个月(2<sup>#</sup>高炉),侧壁炭砖温度分别为230℃和226℃。

高炉由于炉缸侧壁采用的耐材不同,收到了不同的使用效果。在近乎同样的原燃料条件和冶炼负荷下,炉缸的技术状况出现了明显差异。高炉炉缸侧壁选用国外高导热系数耐材的高炉(1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>)温度正常可控,至今未发现异常侵蚀情况,而选用国内普通耐材的高炉(3<sup>#</sup>~6<sup>#</sup>)全部出现了异常侵蚀,不得不提前进行大修。说明高炉炉缸侧壁所用耐材的质量是决定其寿命的主要原因之一。

## 3 炉缸结构改进

高炉长寿是炼铁工作者不断追求的目标。针对高炉炉缸出现的异常侵蚀,国内外炼铁专家和耐材研究专家都进行了大量的分析和研究,提出了改进炉缸寿命的意见和建议。

武钢的炼铁专家经过多年对高炉大修破损耐材的调查研究 and 长寿经验,系统阐述了高炉炉缸的侵蚀机理,提出高炉长寿的必要条件<sup>[1]</sup>:合理的炉体结构包括冷却形式、结构等;耐火材料质量、结构和冷却设备质量;建设时工程施工质量;高炉操作对炉体的维护状况。明确提出减缓炉缸炭砖侵蚀的措施:

收稿日期:2012-06-13

作者简介:孔菊,女,1977年生,1996年毕业于山东大学工业工程专业。现为莱钢炼铁厂机动设备科副科长,高级工程师,从事炼铁设备技术研究与管理工

应采用高导热的微孔或超微孔炭砖和炭捣料。这样不仅可有效减缓碱金属锌及铁水对炭砖的渗透侵蚀,同时高导热炭砖和炭捣料结合,可有效降低炭砖的温度,有望消除炭砖内的环缝侵蚀。美联炭的专家也认为应使用高导热的热压炭砖和半石墨砖薄壁砌筑,可以保持较低的炉缸侧壁温度,在炉缸耐材热面形成一层绝热的渣铁壳保护耐火材料,有效延长高炉炉缸使用寿命。

在对比分析和借鉴其他企业高炉长寿经验的基

础上,莱钢在6<sup>#</sup>高炉大修时对炉缸耐材选择及监制、砌筑等环节进行改进,采用多种新的工艺和方法。

### 3.1 耐材选用

炉钢结构仍为原设计的炭砖加陶瓷杯结构,选择高导热炭砖和炭捣料,适当加大炭砖厚度。经考察及综合衡量,决定选用国内某厂生产的性能和进口产品相近、价格优势明显的新型模压炭砖。该炭砖具有导热系数高、气孔率低、耐压强度高、抗铁水熔蚀性好等特点,技术性能参数见表1。

表1 某厂新型模压炭砖技术性能参数

性能参数	国产A砖	美国A砖	国产D砖	美国D砖
体积密度(110℃×24h干后)/(g·cm <sup>-3</sup> )	1.72	1.61	1.79	1.85
显气孔率(110℃×25h干后)/%	11.0	17.8	14.7	8.2
常温耐压强度(110℃×26h干后)/MPa	54.8	34.0	46.1	32.2
常温抗折强度(110℃×27h干后)/MPa	13.2	9.1	10.5	10.6
烧后线变化率(900℃×3h埋炭烧后)/%	0	0	0	0
导热系数/ (W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )				
23.3℃	14.558	14.944	41.743	49.171
300℃	16.987	15.377	35.796	39.037
600℃	15.313	12.633	27.770	29.901
800℃	15.569	12.925	25.905	27.191
氧化试验后样品平均失重率/%	58.32	85.18	68.46	68.60
铁水熔蚀试验后样品平均重量变化率/%	0.04	-0.85	-0.01	-1.09

由表1可知,该种热模压炭砖性能参数和进口产品相近,但是价格优势明显。在6<sup>#</sup>高炉大修时将该炭砖应用于铁口下方炉缸侧壁和陶瓷垫侧面等易发生异常侵蚀的部位,以进一步改善此部位耐材的抗侵蚀性能。

### 3.2 新型高导热模压炭砖的砌筑

施工质量是保证高炉长寿的重要一环,在保证“灰浆饱满、捣料密实、砖缝达标”的砌筑标准要求下,采用热模压炭砖与冷却壁顶砌技术。针对新型高导热模压炭砖的特点,制定了专门的砌筑方法和监理标准,控制施工节奏,确保做到砖砖检验、面面合格、缝缝达标。主要砌筑标准和监理标准如下:高导热模压炭砖砌筑前,将炉底炭砖表面清理干净,不能粘有任何杂物。要求热模压炭砖水平缝<1.5 mm,垂直缝<1 mm,环缝<2 mm。当热模压炭砖与冷却壁间隙<5 mm时,填充配套胶泥;当热模压炭砖与冷却壁间隙在5~10 mm时,采用混合胶泥均匀后填充;当热模压炭砖与冷却壁间隙>10 mm时,采用加工炭砖砖片塞实,再用混合胶泥混匀填充。

## 4 使用效果

整体砌筑完成后,按照多种耐火材料性能综合确定高炉烘炉曲线,经过336 h的烘炉,高炉顺利投产。高炉投产后,设备运行平稳,炉况顺行。随着冶炼负荷逐渐加大,炉缸侧壁温度缓慢上升并逐渐趋于平稳,炉缸圆周方向温度差异微小,这说明炉

内传递热负荷和经过炉缸侧壁耐材和冷却壁带走的热量逐渐趋于平衡,但受铁水环流冲刷作用炉缸侧壁耐材处于相对稳定的微侵蚀状态。高炉投产1 a时间热电偶检测的炉缸侧壁圆周方向温度变化曲线见图1。从图1可以明显看到,各测温点温度变化幅度较小,侧壁温度处于稳定、理想的状态。

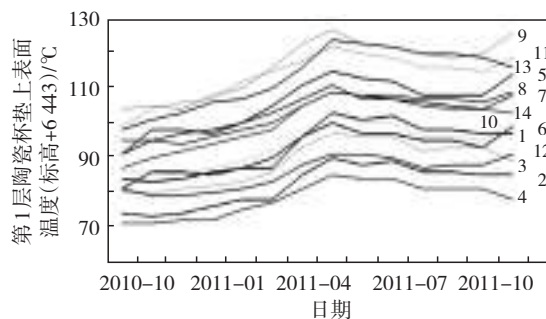


图1 炉缸侧壁圆周方向各测温点温度变化曲线

通过6<sup>#</sup>高炉炉缸耐材异常侵蚀的分析和高炉大修时新型耐材的应用可知:1)高炉长寿是多种因素的结果,耐材的选型是主要因素之一,炉缸易发生异常侵蚀的部位应选用具有高导热性、高质量标准的耐火材料;2)监制和砌筑环节是高质量耐材发挥作用的重要保证;3)新型热模压炭砖在莱钢的成功应用,打破了国外高导热炭砖的垄断局面,对国内其他同类型高炉具有借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] 张寿荣,于仲洁.武钢高炉长寿技术[M].北京:冶金工业出版社,2009.