

邯钢7号高炉炉役后期的炉体维护与操作实践

李志明 毕毅友 李建伟
(邯钢钢铁集团有限责任公司)

摘要 对邯钢7号高炉在炉役后期的炉体维护和操作实践进行了总结。通过采用加装点式冷却壁和压入灌浆造衬等与操作实践,邯钢7号高炉在炉役后期实现了安全生产。

关键词 大型高炉 炉体 冷却壁 铜钢一体冷却柱 压入灌浆造衬

1 概述

邯钢7号高炉有效容积为2000m³,是由德国克虏伯公司高炉(二手设备)扩容改造而成。高炉设有2个铁口夹角为90°的出铁场,28个风口,采用料车上料,并罐无料钟炉顶,软水密闭循环冷却系统,薄内衬,比肖夫煤气洗涤塔等技术。7号高炉的炉体冷却壁结构情况如下:从炉底到炉身共15段,炉底、炉缸的1、2、3段为低铬铸铁光面冷却壁,4段为铁素体球墨铸铁光面冷却壁,炉腹5、6段为铁素体球墨铸铁镶砖冷却壁,背部带有蛇形水管冷却,炉腰到炉身7~13段为铁素体球墨铸铁镶砖带凸台冷却壁,14段为低铬铸铁镶砖冷却壁,15段为倒扣低铬铸铁光面冷却壁。

7号高炉于2000年6月28日投产,2001年7

月前由于鼓风机不匹配,高炉风量仅为3150m³/min,强化冶炼水平比较低。2001年7月2台8000m³/h吸附式制氧机投入使用,在一定程度上弥补了风量不足的矛盾,富氧量最高达到11500m³/h,高炉处于高富氧、低风量阶段,强化冶炼水平提高。2003年10月4900m³/min电动风机投入使用,风量不足的矛盾彻底解决,强化冶炼水平大幅度提高,2004年、2005年、2006年3年各项经济指标全面提高,利用系数进入全国前三名,表1为7号高炉历年来的经济技术指标。随着强化冶炼水平逐年提高,从2006年下半年起,高炉炉腹、炉腰及炉身下部的冷却壁开始加速破损,炉皮时常发红、开裂,从2007年起高炉进入炉役后期维护阶段。

表1 邯钢7号高炉开炉以来历年技术经济指标

项目	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
利用系数, L/(m ³ ·d)	1.453	1.859	2.088	2.258	2.467	2.435	2.370	2.112	2.035
焦比, kg/t	542.4	366.9	368.7	376.4	404.4	381.2	367.3	420.2	468.8
煤比, kg/t	57	137.8	130.5	124.6	117.7	131.4	140.5	106.5	79.4
风温, °C	944	1111	1109	1099	1099	1101	1136	1106	1053
[Si], %	0.669	0.561	0.482	0.471	0.474	0.460	0.393	0.515	0.640
CO ₂ , %	19.67	20.04	20.46	20.46	20.31	20.57	20.59	19.85	18.47
富氧率, %	0.03	2.24	3.76	3.52	2.82	2.64	2.79	1.81	0.96
休风率, %	3.32	2.69	2.13	1.82	0.94	1.91	1.90	2.73	1.83

2 炉体冷却壁损坏情况

从2004年起随着高炉强化冶炼水平的全面提高,炉体冷却壁开始不断破损,2006年下半年高炉炉腹、炉腰及炉身下部1层的冷却壁开始大量破损。截止到2007年2月,炉腹、炉腰、炉身1层的4段冷却壁损坏最严重,其中炉腰和炉身1层2段冷却壁

损坏块数占到80%左右,冷却壁直冷管损坏根数占到20%~30%,炉腰处冷却壁凸台损坏比例占60%之多。表2为7号高炉冷却壁损坏情况。

3 炉体冷却壁的维护措施

7号高炉在一代炉役的不同阶段,针对炉体冷却壁损坏程度不同,分别采取了不同的维护措施。

表2 邯钢7号高炉冷却壁损坏情况

冷却壁损坏部位	冷却壁损坏情况				凸台损坏情况	
	数量,块	百分比,%	数量,根	百分比,%	数量,块	百分比,%
炉腹5段	17	40.5	27	16.10		
6段	22	52.4	38	22.60		
炉腰7段	34	81.0	36	21.40	52	61.9
炉身1层8段	33	78.6	56	33.30	37	44.0
炉身2层9段	5	11.9	8	4.76	2	2.3

注:统计数据截至2007年2月。

从2000年6月投产到2003年10月期间,强化冶炼水平比较低,冷却壁很少损坏,高炉主要以加强炉体软水的日常管理和对损坏程度较轻的冷却壁实施穿管造衬为主;2003年10月到2006年上半年,由于4900 m³/min电动风机投入使用,高炉强化冶炼水平大幅度提高,炉体冷却系统冷却能力的矛盾逐渐暴露,炉腹、炉腰和炉身一层的冷却壁损坏程度加剧,主要以实施坏冷却壁的穿管恢复为主,对损坏严重不能实施穿管恢复的冷却壁,改通工业水进行养护;从2006年下半年到2008年大修前,炉体冷却壁损坏程度非常严重,主要以加装点式冷却器并压入灌浆造衬为主,恢复高炉的操作炉型,并加强炉体的检漏工作。

3.1 加强炉体软水的日常管理

稳定进水温度,增大冷却水量,提高流速,加大冷却强度。软水进水温度稳定(42 ± 2)℃,软水泵站水泵由2台增加到3台,直冷管水流量由原来的1.5 m/s提高到1.8 m/s,水温差控制在1.8 ~ 2.2℃。

3.2 对损坏的冷却壁实施穿管恢复

千方百计利用计划检修机会,采用冷却壁穿管技术对损坏的冷却壁直管进行恢复。截止到2007年2月,7号高炉在5、6、7、8、9段冷却壁上共穿管60余根,有50根金属穿管保存完好,有效避免了改通工业水后向炉内漏水并破坏操作炉型的弊端。

3.3 对损坏的冷却壁进行通工业水养护

对损坏严重的冷却壁不能实施穿管恢复,改通工业水进行养护。根据风压调整水量,减轻坏冷却壁的内漏。当风压达到200 kPa时,损坏的冷却水管用水量控制为一半;当风压达到240 kPa时,损坏的冷却水管的水量控制到2/3;当达到全风压冶炼时,水量恢复正常。

3.4 加装点式冷却器并压入灌浆造衬

(1)新型点式冷却器和压入灌浆造衬技术的特点。该新型点式冷却器是由万全县丰华有色金属加工厂研制的铜钢一体冷却柱,不但具有导热性好,强

度高、成本低的优点,而且由于它自带灌浆孔通过灌浆可在冷却器的周围形成内衬。压入灌浆造衬技术由武汉宏程冶金材料有限公司开发,压入灌浆所用的造衬材料采用刚玉、莫来石、兰晶石等优质原料配制,以液态合成树脂作粘结剂,具有结构强度高、整体性好、线变化率小、热态性能稳定等特点,同时具有良好的压入施工性能和较好的烧结性。灌浆采用的压浆泵最高压力可达1.0 MPa,保压5 min,压入量可达2000 kg。下表3为高炉造衬压入泥浆的性能指标。

表3 邯钢7号高炉造衬压入泥浆(ZBL-1)的主要指标

项目	数值
Al ₂ O ₃ , %	≥55
体积密度(成型体密), g/cm ³	≥2.2
抗折强度(200℃ × 24h干燥后), MPa	≥6
耐压强度(200℃ × 24h干燥后), MPa	≥15
抗折强度(1200℃ × 3h烧后), MPa	≥10
耐压强度(1200℃ × 3h烧后), MPa	≥20
线变化率(200℃ × 24h干燥后), %	0 ~ -1.0

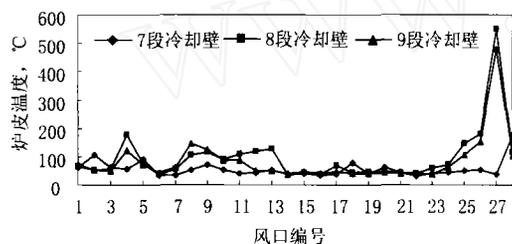
(2)使用条件和优缺点。点式冷却器主要是在7号高炉炉役后期,冷却壁损坏程度相当严重、无法实施穿管恢复,而且炉皮冷却壁损坏面积较大、炉型变得不规则的情况下采用的。优点是采用新型点式冷却器并结合压入灌浆造衬技术,不但可以有效降低炉皮温度,保护炉皮安全,而且可以使操作炉型变得规则、有利于煤气流的稳定和炉况顺行。缺点是点式冷却器冷却面积小,如果炉壳加装点式冷却器密度过大,会降低炉壳强度;密度过小,冷却强度达不到。另外,压入灌浆造衬的使用寿命不长,大约在60 ~ 90天,灌浆周期一般需要2 ~ 3个月。

(3)7号高炉历次造衬情况及造衬后的效果。从2006年10月到2007年7月7号高炉先后进行了6次较大规模的加装点式冷却器和压入灌浆造衬。造衬后,炉皮温度整体明显下降,炉皮发红或冒火星现象减少,操作炉型变得较为规则,炉况顺行状

表4 邯钢7号高炉历次造衬情况

项目	日期	冷却壁位置	点式冷却壁数目	灌浆孔数目	造衬料
			个	个	t
第一次	2006-10-08	7,8段	22	42	33
第二次	2007-01-23	7段	9		8
第三次	2007-02-09	7段	7		8
第四次	2007-02-23	7,8	58	41	42
第五次	2007-04-18	7,8,9段	65	43	45
第六次	2007-07-11	7,8,9段	56	58	42

况改善。表4为7号高炉历次造衬情况,图1和图2为7号高炉两次典型造衬后炉皮测温情况。由图1可知,7段平均温度56℃,8段平均温度97℃,9段平均温度83℃,均大幅度下降。7段除西铁口两侧温度稍高些,整体温度不高,8段和9段25~28号风口之间温度最高。由图2可知,8段平均温度60℃,9段平均温度62℃,10段平均温度63℃,均大幅度下降。



注:西铁口在1号风口下方,北铁口在8号风口下方。

图1 邯钢7号高炉冷却壁测温情况(2007-02-09)

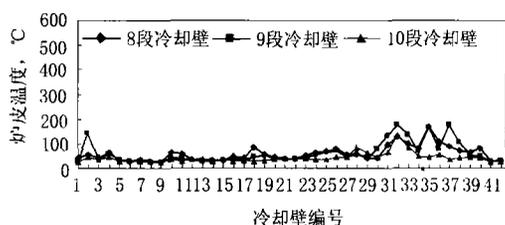


图2 邯钢7号高炉冷却壁炉皮测温情况(2007-04-18)

3.5 强化炉体的检漏工作

7号高炉炉体损坏已经相当严重,炉体整体冷却强度下降。受热负荷冲击,冷却壁水管很容易破损,向炉内漏水,造成炉凉事故。为了及时检漏,最大限度减少事故损失,在炼铁部统一布署下,制定了以7号高炉配管工为主体,其他高炉配管工为补充的检漏方案。检漏小组在最短时间内多次排查了7号高炉几起严重的内漏事故,避免了炉缸大凉,收到了明显的效果。

4 优化高炉操作制度,确保炉况稳定顺行

4.1 在上部调剂上,坚持“发展两道煤气流,优先确保中心气流,同时兼顾边缘气流”的操作思想

在7号高炉炉役后期,虽然多次安装了点式冷却器和压入灌浆造衬,有效保护了炉皮安全,并使高炉炉型一定程度上变得较为规则,但是高炉的操作炉型不可能十分规则,依靠发展边缘煤气流来保顺行是行不通的,而且还会加速对冷却壁和炉皮的侵蚀。只有依靠稳定的中心煤气流和适当发展的边缘煤气流才能保证炉况的稳定顺行。

2006年上半年7号高炉由于大部分冷却壁完好,炉型基本正常,炉况稳定顺行,矿批最大用到43.5t,气流分布以“敞开中心、抑制边缘”为主,边缘温度为85℃左右,中心温度580℃左右,顶温为140℃左右。从2006年10月开始到2007年,随着高炉炉体冷却壁损坏程度的加剧,漏水难以根本消除,操作炉型变得不规则,上部煤气流的分布难以控制,炉况接受风量的能力下降,在上部调剂的操作思想转变为“发展两道煤气流,优先确保中心气流,同时兼顾边缘气流”。2007年3月起,矿批逐步降低,11月份最低降到39.5t,矿、焦角度同时减小,料线从1.2m提高到1.0m。为了发展中心煤气流,中心焦的比例由2006年正常时的28.5%增加到2007年9月的35.7%,边缘温度和中心温度分别上升到110℃和700℃,顶温也上升到220℃。表5为7号高炉2006-2007年基本装料制度的调整情况。

4.2 在下部调剂上,高度重视炉缸活跃工作

7号高炉由于炉体冷却壁破损面积大,向炉缸漏水难以根本消除,操作炉型不规则,炉皮发红或冒烟引起高炉多次的慢风,风口的频繁损坏,这些因素导致炉缸工作多次严重失常。对此,7号高炉主要采取了如下措施:

- (1) 休风堵风口,控制风速在180~200m/s,并

表5 邯钢7号高炉2006~2007年基本装料制度的调整情况

项目	矿批 t	布料矩阵	料线 m	边缘温度 ℃	中心温度 ℃	炉顶温度 ℃
2006	43.5	O ⁹⁸⁷⁶⁵ ₃₃₂₂₂ C ⁹⁸⁷⁶⁵²¹ ₂₂₂₂₂₁₃	1.2/1.2	85	580	140
2007-03	41.0	O ⁸⁷⁶⁵⁴ ₁₃₂₂₁ C ⁸⁷⁶⁵⁴³²¹⁰ ₂₂₂₂₂₁₀₁₂	1.0/1.0	70	620	145
2007-09	40.0	O ⁷⁶⁵⁴ ₃₃₃₂ C ⁸⁷⁶⁵⁴³²¹⁰ ₂₂₂₁₁₁₀₂₃	1.0/1.0	105	650	210
2007-11	39.5	O ⁸⁷⁶⁵⁴ ₁₃₃₃₃ C ⁸⁷⁶⁵⁴³²¹⁰ ₂₂₂₁₁₁₁₁₃	1.0/1.0	110	700	220

注:布料矩阵中0挡表示在原来11挡的基础上靠近炉喉中心的1挡附近又加了1个挡位。

严格控制开风口的速度和加风量。

2007年1月,7号高炉炉况失常期间,由于炉缸工况变差,风口小套和中套频繁损坏。1月28日高炉果断休风堵21个风口用9个风口送风,风速按180~190m/s控制,依据炉缸工作状态并按8~10h速度开风口,每开一个风口加风量100~120m³/min;到2月6日高炉全开风口,风量达到3311m³/min;到2月9日风量达到3450m³/min;考虑25号风口损坏加剧和炉皮西南方向发红,2月9日高炉休风13h更换风口并加装小炮弹压入灌浆造衬,复风按堵5个风口的方案送风,风速按180~190m/s控制;到2月11日工作风口达到27个(25号风口未开,主要考虑上方冷却壁损坏、侵蚀);2月15日风量达到3447m³/min。

(2)在日常操作上,坚决贯彻“不顶、不贪、不追”的操作思想,严格控制压差≤125kPa,透气性指数≥2700,杜绝悬料事故。

(3)强化炉外出铁组织,力争实现无间隔出铁,

积极大喷铁口,及时排净渣铁,减少对风口的威胁。

通过以上措施,7号高炉处理了多次炉缸失常事故,最大限度地保证了炉役后期的炉况稳定顺行。

5 结语

(1)在高炉炉役后期,采取有效措施对炉体冷却壁进行维护,是保证高炉炉况顺行、安全生产的关键。

(2)高炉在一代炉役的不同阶段,要根据炉体冷却壁损坏程度不同,采取不同的维护措施。7号高炉在炉役后期通过采用加装点式冷却器和压入灌浆造衬技术,取得了较好的效果。

(3)对高炉出现炉缸堆积,风口频繁破损的失常炉况,休风堵风口提高风速,可以有效消除风口破损和加快炉况恢复进度。

联系人:李志明 工程师 电话:0310-6075075

(056015)河北省邯郸市邯钢钢铁集团有限责任公司炼铁部技术科

收稿日期:2008-09-18

· 会议报道 ·

第九届全国大高炉炼铁学术年会在唐山召开

2008年10月30日至11月1日,由唐山钢铁股份有限公司炼铁厂承办的第九届全国大高炉炼铁学术年会在唐山召开。会议共收到论文140篇,来自首钢、鞍钢、宝钢等27个大高炉委员单位以及北科大等五大院校和中冶南方等三大设计院的150位代表参加了会议。大会由唐钢股份公司副总工程师常久柱主持,唐钢股份公司总经理于勇发表了热情洋溢的讲话,并介绍了唐钢目前的生产经营形势。

北京科技大学原校长杨天钧教授、中国金属学会王维兴教授、鞍钢总经理助理窦力威、宝钢炼铁厂副厂长张龙来、首钢设计院副院长张福明、北科大苍大强教授等专家学者在会上做了精彩的学术报告。

会议期间,与会代表重点交流了大高炉生产技术和经验,探讨了大高炉稳定、高产、低耗、长寿、环保的方法和途径,研究了金融危机对钢铁市场带来的严重影响及应对措施。

大高炉炼铁委员会主任委员窦力威作了总结发言。他对唐钢股份公司的支持表示感谢,高度评价了本届组委会的组织工作,并宣布第十届大高炉炼铁年会由太原钢铁公司炼铁厂承办。

会议期间,与会代表参观了唐钢股份公司炼铁厂、曹妃甸首钢京唐公司。

(大高炉炼铁委员会秘书长 王 胜)