

# 首钢4号高炉炉缸水温差升高的处理

金永明

(首钢总公司)

**摘要** 通过对首钢4号高炉炉缸水温差升高处理经验的分析,阐述了末期高炉生产中炉缸维护中应注意的事项,以期达到既护炉,保证炉缸安全,又高效生产的目的。

**关键词** 大型高炉 炉缸 水温差

## 1 引言

末期高炉的生产一直是大家所关注的,全国历史上有许多高炉都发生过炉缸烧穿的恶性事故。如何保证高炉炉缸在安全的情况下生产,又能取得好的技术经济指标,一直是炼铁人所追求的。炉缸冷却水进出口温度差(简称水温差)是监测炉缸侵蚀情况以及高炉能否安全生产的重要指标。首钢4号高炉( $2100\text{m}^3$ )1992年5月开炉投产,迄今已经生产15年多了,单位炉容产铁量超过 $12000\text{t/m}^3$ 。在这代炉役中,曾经多次发生威胁炉缸安全的水温差升高情况。为了控制炉缸水温差,采取过大退负荷,加钛护炉,停风堵风口,甚至凉炉等手段,每次处理的时间较长,且技术经济指标损失较大。2007年就发生了两次炉缸水温差升高情况,而在最近一次处理炉缸水温差波动的过程中,4号高炉取得了比较好的效果,既维护了炉缸的安全,又不失时机地上负荷,取得了良好的技术经济指标,这是一个良好的范例。下面重点阐述2007年发生的这两次炉缸水温

差升高及处理情况。

## 2 水温差升高的处理

### 2.1 第一次水温差升高的处理

第一次是7月初,炉缸水温差大幅度、大面积升高,水温差最高达 $0.8^\circ\text{C}$ 。采取加含钛承德球(见表1),最高每批6t;8月中旬改造冷却水管,强化区域冷却,把水温差升高的冷却壁的水压由 $0.9\text{ MPa}$ 提高到 $1.4\text{ MPa}$ 。8月23日水温差开始下降,8月31日正常,历时2个月,整个过程所用时间较长且技术经济指标损失较大。焦炭负荷由7月初的4.95最低退至4.37。而且水温差下来后,炉缸的活跃性也随着下降,产生了钛护炉的负面影响,也使9月份技术经济指标不好(见表2)。

表1 首钢4号高炉用含钛承德球的成分, %

TFe	SiO <sub>2</sub>	CaO	FeO	TiO <sub>2</sub>
62.74	6.31	1.26	0.96	0.66

表2 首钢4号高炉水温差升高处理前后的技术经济指标(2007年)

月份	平均负荷	日均产量 t	超计划产量 t	焦比 kg/t	煤比 kg/t	利用系数 $\nu/(m^3 \cdot d)$	风温 ℃
6月	4.94	5081.3	7689	334	145.5	2.42	1140
7月	4.63	5021.2	2206	353	135.8	2.39	1135
8月	4.54	4859.9	957	359	126.7	2.31	1129
9月	4.53	5121.4	5143	367	109.6	2.44	1124
11月	4.83	5324.0	10858	334	131.0	2.53	1145

### 2.2 第二次水温差升高的处理

2007年第二次炉缸水温差升高是11月发生的。11月6日水温差开始升高,到20日水温差开

始回落,水温差升高后的处理过程见表3。这一次水温差升高由于采取措施得力,尺度掌握得好,既把炉缸水温差控制下来,保证了炉缸的安全,又实现了

表3 首钢4号高炉第二次水温差升高处理过程(2007年11月)

日期	焦炭负荷变化	水温差变化, °C	含钛承德球用量变化,t
6日	4.74 ↗ 4.8 ↘ 4.7	37号 -2 0.4 ↗ 0.6, 38号 -2 0.4 ↗ 0.5	0 ↗ 6
7日	4.7 ↗ 4.75		6 ↗ 8
8日	4.75 ↗ 4.8		
12日		37号 -2 0.6 ↗ 0.7, 38号 -2 0.5 ↗ 0.6	8 ↗ 10 ↗ 11
14日	4.8 ↘ 4.71 ↘ 4.6		11 ↗ 13 ↘ 10
15日	4.6 ↗ 4.65		
16日	4.65 ↗ 4.7 ↗ 4.75		
17日	4.75 ↗ 4.8		
19日	4.8 ↗ 4.85		
20日	4.85 ↗ 4.90	37号 -2 0.7, 38号 -2 0.6 ↘ 0.5	
21日	4.90 ↗ 4.95		
22日	4.95 ↗ 5.0	37号 -2 0.7 ↘ 0.6, 38号 -2 0.5 ↘ 0.4	
27日	5.0 ↘ 4.9		10 ↘ 8
28日	4.9		8 ↘ 6

高产,取得了良好的技术经济指标(见表2),真正做到了安全、生产两不误。

### 3 第二次水温差升高处理的主要经验

(1) 加钛护炉要控制好[Ti]。 $TiO_2$ 在炉内高温还原气氛条件下,可生成  $TiC$ 、 $TiN$  及其连接固熔体  $Ti(CN)$ ,这些钛的氮化物和碳化物在炉缸生成发育和集结,与铁水及铁水中析出的石墨等凝结在离冷却壁较近的被侵蚀严重的炉缸、炉底的砖缝和内衬表面。由于 Ti 的碳、氮化物的熔化温度很高,纯  $TiC$  为 3150°C,  $TiN$  为 2950°C,  $Ti(CN)$  是固溶体,熔点也很高,从而对炉缸、炉底内衬起到了保护作用<sup>[1]</sup>。图1是首钢4号高炉从11月6日水温差开始升高到11月28日水温差下降并且稳定后,加钛护炉期间[Ti]的日平均变化值。从图中可以看出,并没有过分追求铁水中钛含量达到多高,6~27日铁水中平均钛含量为 0.078%。控制好铁水中钛含量峰值,最高日均钛含量也就 0.101%。首钢4号高炉的实践表明,铁水中钛含量超过 0.07% 就可以达到护炉目的。

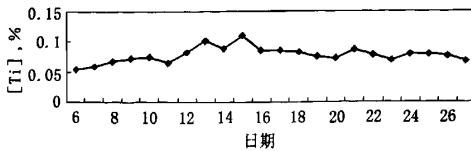


图1 首钢4号高炉铁水中的钛含量(2007年11月)

(2) 按正常生产时的炉温规范控制硅含量。首钢4号高炉硅含量按操作规范 0.4% ~ 0.6% 控制,6~27 日铁水中平均硅含量为 0.47%。压量关系宽

松时,可把硅含量适当往上限靠。这次水温差升高处理中,最高硅含量日均 0.56%。从图2可以看出,即使在水温差最高的几天里,硅含量也没有超出规定范围。

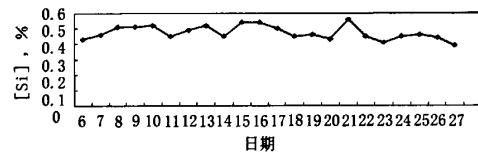


图2 首钢4号高炉铁水中的硅含量(2007年11月)

根据首钢高炉生产实践,铁水中的钛含量与硅含量有如下关系:

$$[Ti] = \text{单位铁水入炉钛量} \times \exp([Si] \times 1.55)$$

(首钢经验公式)

从上式可以看出,铁水中硅含量越高,进入铁水中的钛就越多。但要高的硅含量时,炉缸热度就较高,煤气量体积较大,对软熔带、压量关系影响较大,甚至会发生炉况难行或悬料。为了缓和压量关系与硅含量的矛盾,只有减轻焦炭负荷。而在这次水温差升高处理中,没有追求高的硅含量,炉缸的热度也就不会太高,煤气量体积就不会有太大的变化,也就不会引起软熔带的变化,从而压量关系也就可以按正常掌握,在炉况的调整上也就按正常掌握。这就是为什么可以在护炉的同时,根据炉况实际表现依然加负荷、调整煤气流分布的原因。

(3) 对局部区域强化冷却,有利于钛氧化物在此薄弱区域富集。钛的碳氮化物的富集快慢与多少,除了与铁水中钛含量有关外,还与炉缸、炉底内

衬和铁水接触面温度有关。通过降低进水温度,把炉缸水温差高的冷却壁的冷却水压由0.9 MPa提高到1.4 MPa,加大冷却水流量,这些都会加大加快热量导出,降低炉缸内衬热面温度,有利于钛氧化物在此薄弱区域富集,把铁水凝固等温线向里推移,从而达到护炉目的。

(4) 加钛护炉要及时准确。这一次加含钛承德球的量比上次要大得多,最高每批13t,通过调整含钛承德球用量来调整铁水中钛含量。当炉缸水温差不再升高时,稳定住  $TiO_2$  的入炉量;当炉缸水温差有向下走的趋势时,及时减少  $TiO_2$  的入炉量。要避免护炉过头,造成炉缸不活。

#### 4 结语

(1) 按正常生产时的硅含量规定范围来控制硅含量水平,有条件适当往上限靠,但不要过分追求高的硅含量,合理控制硅含量在规定范围内,避免低的硅含量的出现。

(2) 合理控制铁水中钛含量。首钢4号高炉的实践表明,铁水中钛含量超过0.07%就可以达到护炉目的。可以通过含钛炉料的加入量来调整铁水中

的钛含量,重点控制铁水中钛含量的最高值,避免因钛含量过高而影响渣铁流动性。

(3) 通过提高水压、降低进水温度、炉皮喷水等一切方法来强化水温差高的区域冷却,提高冷却效果。

(4) 末期高炉应建立长期护炉思想,这一点非常重要。日常生产中,尤其是负荷重、产量高时,炉缸的工作负荷也重,此时应提高铁水中钛含量达到0.07%水平,兼顾生产与护炉。

(5) 要根据炉况实际表现来调整焦炭负荷和煤气流分布,不要因为炉缸水温差升高而影响高炉的正常操作调整。

#### 5 参考文献

- 1 周传典. 高炉炼铁生产技术手册. 北京:冶金工业出版社, 2002.  
310 - 311

联系人:金永明 工程师

(100041)北京市石景山区首钢炼铁厂技术科

E-mail:jinyongming1971@sina.com

收稿日期:2007-12-28

#### · 技术信息 ·

## 邯钢邯宝1号3200 $m^3$ 高炉建成投产

邯钢集团邯宝公司1号高炉( $3200 m^3$ )于2008年4月18日建成投产。邯宝1、2号高炉是邯钢集团邯宝公司新建年产500万t钢铁基地的主体工程之一,其中原料场、高炉炼铁、邯宝公司全部公辅设施、总体总图布置由中冶南方工程技术有限公司负责设计。在高炉设计中,中冶南方以“先进、实用、可靠、经济、环保”为原则,采用了一系列国内外大型高炉可靠的技术,如精料、高风温、高顶压、富氧喷煤等,高炉装备技术及主要技术经济指标达到国内外同级别高炉先进水平,可以实现高产、优质、低耗、长寿和环保的综合目标。

邯钢邯宝公司炼铁系统设计规模为年产生铁500万t,配置了从槽上原燃料供应到320t鱼雷罐修理库、铸铁车间等所有的高炉炼铁系统,是完整的高炉炼铁系统工程。1号高炉设计一代寿命 $\geq 15$ 年,一代寿命单位炉容产铁量 $\geq 12000 t/m^3$ ,热风炉设计一代寿命 $\geq 25$ 年。1号高炉的主要炼铁工艺和技术

装备如下:矿槽和焦槽并列式布置,烧结矿分层级入炉,焦丁回收,皮带上料;国产PW型并罐无钟炉顶;采用炉体长寿综合技术,其主要特征为多风口、大炉缸、适当矮胖型炉型、全冷却壁、砖壁合一、薄壁内衬、陶瓷杯-水冷炭砖薄炉底炉缸以及先进可靠的联合软水密闭循环系统,炉型、冷却设备、冷却系统、高炉内衬和各种检测的优化配置;设有4个铁口,采用无填沙层、完全平坦化布置的双矩形出铁场;环保型“INBA”渣处理装置;3座改进型高风温内燃式热风炉;富氧喷煤,2座高炉3个制粉配2个喷吹系列;3台电动风机,2台引进,1台备机国产;引进“比肖夫”煤气净化系统,同步建设TRT;采用各种完善、循环使用的水处理设施;出铁场、炉顶、原燃料供应系统采用低压长袋脉冲布袋除尘设施;采用先进、可靠的三电一体化和自动化控制技术等。

(本刊讯)