

# 首钢长钢 6 号高炉优化休复风操作生产实践

彭晓东

(首钢长治钢铁有限公司炼铁厂, 山西 长治 046031)

**摘要:**针对高炉长期休风后的炉况恢复进行了阶段性研究、分析, 归纳了日常生产操作中影响炉况恢复的因素, 总结出了长钢 6 号高炉在长期休风状态下, 快速恢复炉况的具体操作经验。

**关键词:**高炉 长期休风 炉况恢复

中图分类号:TF544.7

文献标识码:B

文章编号:1672-1152(2015)01-0081-03

首钢长钢 6 号高炉 (450 m<sup>3</sup>) 于 2009 年 7 月 29 日经大修后开炉, 生产一直比较正常。高炉按公司安排一般为每 3~4 个月定期检修 8~10 h, 进行设备故障和隐患的处理。2012 年 12 月由于受外围生产组织的影响, 高炉被迫休风达 22 h, 复风后高炉出现不接受风量、压差高、炉温持续偏低、悬塌料次数多、频繁损坏风口小套及二套等情况, 炉况恢复时间较长, 产量、质量指标较差, 严重影响了炼铁厂及公司的正常生产组织。车间管理人员随即将高炉长期休风后的快速恢复炉况, 特别是休风料的设计作为 2013 年度技术工作的重点。通过对 6 号高炉休复风情况的综合分析, 总结了休风料的设计和复风后炉况恢复的进程之间的内在关系, 实现了高炉在长期休风后的快速恢复。

## 1 休风对高炉的影响及危害

高炉冶炼是一个连续、不间断的理化反应进行过程, 外部冶炼条件越稳定, 高炉就越容易取得好的技术经济指标。高炉从正常生产到休风, 再从休风到复风恢复, 均伴随着炉内煤气流及温度场的变化和重新分布, 处理、控制不当极易发生炉况失常事故。

1) 对炉况的影响。高炉休风后, 风口区的焦炭停止燃烧, 高炉失去了热源。随着休风时间的延长, 炉内热量从炉顶、炉体各部不断散失, 块状带和软熔带温度降低, 滴落带逐渐消失。内在的软熔带逐渐变厚, 料柱整体的透气性大大降低, 煤气通道需重新建立。

2) 对炉缸的影响。高炉休风后, 炉缸活动停止, 在重力作用下, 中心料柱堆积加重。频繁的休风必然导致炉缸的堆积, 出现炉缸堆积后, 铁水环流势必增

加, 炉缸侵蚀加剧, 对高炉长寿极为不利。

3) 对生产的影响。由于休风导致冶炼停止、热量损失、软熔带加厚, 打乱了高炉的正常生产节奏。因此, 必须对高炉进行热量补充及上下部适应性调剂, 产量降低、燃料比升高是无法避免的。

休风对高炉的影响是显而易见的, 作为炼铁工作者应尽量避免高炉休风, 但从现实考虑, 高炉的休风又是不可避免的。把控好高炉的休复风过程, 用最短的时间将炉况恢复至正常状态, 消除或减弱休风对炉况的不利影响, 这是炼铁工作者应该不懈追求的目标。

## 2 高炉长期休风后恢复的难点

炼铁技术经过几十年的不断发展研究, 目前已相当成熟, 对高炉经过长时间休风后的炉况恢复, 在定性方面没有任何问题, 难就难在对于量和度的把握上, 需要炼铁工作者不断地摸索和总结, 最终实现用最经济的时间和燃料消耗将炉况恢复至正常水平。

1) 补充燃料加入量不好把握。高炉休风后由于热量的散失及复风后煤气流的重新分布, 煤气利用率大幅降低, 炉内直接还原增加, 所以必须对其进行热量补充。热量散失的多少与气候环境、密封程度、冷却强度、休风时间等密切相关, 而煤气流重新分布的影响则更加难以准确计算。

2) 恢复进程不好把控。由于原燃料条件、休风前炉况、炉内外环境等不同, 每次的炉况恢复不可能完全相同, 所以对于恢复进程的掌控非常重要。由于不注重细节, 没有抓住关键因素, 炉况恢复进程操之过急, 导致炉况出现反复, 恢复时间延长, 恢复难度加大, 此类事故在长钢前几年时有发生, 损失较大, 教训深刻。

收稿日期:2014-12-01

作者简介: 彭晓东 (1980—), 男, 主要从事于炼铁工作。  
E-mail: qazwsx22422@163.com

### 3 高炉休风炉况恢复过程研究

#### 3.1 炉况恢复的思路

其一,必须保证充沛的炉温,良好的渣铁流动性,炉缸热量充足;其二,控制适宜的煤气流分布,具有较好的透气性和较高的风速;其三,全面分析,关注细节,合理把控炉况恢复过程,循序渐进,避免出现炉况反复或严重失常。依据以上思路将休风恢复过程分为三个阶段:准备阶段、稳定阶段和恢复阶段。

#### 3.2 准备阶段

##### 3.2.1 主要任务

调整炉内炉料的结构分布,提供热量贮备,起到后续炉缸热量充足,煤气流分布合理的作用。

##### 3.2.2 休风料设计及休风操作

1)休风前准备。休风前一个班,下调生矿比例5%~8%,适当降低焦炭负荷0.1~0.2水平,煤比控制到160 kg/t以下,炉温控制为 $w[\text{Si}] = 0.50\% \sim 0.55\%$ ,生铁物理热控制在 $(1480 \pm 10)$  °C,炉渣二元碱度控制在 $1.15 \pm 0.03$ ;保持炉况稳定顺行。

2)休风料设计。休风料设计时长为正常生产时冶炼周期的1.2~1.5倍,确保在高炉休风前期轻负荷料下达到炉缸;休风料停配焦丁和生矿,缩小布料角度;休风料全负荷按休风1 h降低0.05~0.08计算;炉渣二元碱度按1.05~1.10测算;休风时净焦处于炉身下部或炉腰部位;休风前20 min停煤。

3)休风操作。在规定时间打开铁口,出净渣铁,铁口来风后适当喷吹,炉内逐步减风,铁口出现空喷后休风。

#### 3.3 稳定阶段

##### 3.3.1 主要任务

复风初期料柱整体透气性较差,入炉风量需要一定的时间适应发展,形成通路,根据实际风量水平,对装料制度和送风制度做出相应调整,达到气流顺畅,料速均匀,炉温充沛的目的,为进一步恢复风量打好基础。

#### 3.3.2 具体操作

以风压平稳、透气性良好为原则,结合炉温和综合负荷水平,确定风温和喷煤的使用,保持铁水物理温度 $1440\sim1480$  °C, $w(\text{Si})=0.8\%\sim1.0\%$ ,炉渣二元碱度1.05~1.15,风速控制高于正常10%~15%。在复风1 h后,及时打开铁口,有助于炉缸加热,为稳定气流、恢复风量创造条件。若炉温持续偏低,应提高风温水平,暂缓加风,上部维持较低负荷,待炉温回升后再做进一步恢复;若出现气流失常,导致连续塌料或悬料,必须慎重恢复,分析原因,必要时加入净焦,防止炉凉事故。

#### 3.4 恢复阶段

##### 3.4.1 主要任务

当入炉风量达到全风的80%,维持30~60 min,高炉透气性指数达到正常水平,炉况稳定,在稳定阶段的基础上,进一步加风,将风量提至全风水平,并依据实际风量情况,相应地对装料制度、造渣制度和送风制度作出调整,逐步扩矿批、增负荷至正常水平,捅开所堵风口,降低铁水含硅量。

##### 3.4.2 具体操作

越是接近全风,加风幅度应越小,每次加风幅度控制在5~10 kPa,加风操作一般选在出铁中后期进行,尽量避免在出铁前加风,防止出现高炉不适应情况。随着风量的增加,相应地恢复批重、焦炭负荷、布料角度,逐步提高喷煤比,进行全风温全富氧冶炼。

#### 4 长期休风前后的炉况恢复实例

2013年6号高炉超过8 h的休风共有5次,最长一次休风达42 h 12 min,具体情况见表1。

从表1可以看出,日常生产中影响复风后炉况恢复的因素主要有以下几个方面:

1)休风前炉况的好坏。由于休风前炉况的不同,复风后炉况恢复的难易程度差别很大,这是由高炉冶炼的连续性和周期性所决定的,属于过程控制。因此,高炉应避免在炉况不稳定时实施长期休风。

2)休风时间的长短。由于休风料是按计划的休

表1 2013年6号高炉长期休风情况统计表

日期	休风时间/min		休风前情况		休风料		复风后恢复情况		
	计划	实际	炉况顺行度	全负荷	净焦位置/m <sup>3</sup>	全负荷	炉况顺行度	堵风口数	加全风用时/min
2013-04-08	1 020	1 060	良好	3.01	219	2.10	悬坐料—一次炉温逐步回升	4	700
2013-04-27	780	800	良好	2.85	258	2.11	炉温逐步回升	4	610
2013-07-15	1 200	2 532	不好	2.76	220	2.04	连续塌料炉温持续偏低	6	1 455
2013-11-28	600	485	不好,有塌料悬料情况	3.02	222	2.52	炉温偏高	4	定风压操作
2013-12-22	720	889	压差高	2.94	230	2.34	透气性差	4	1 126

风时间设计的,如果实际休风时间大大超出计划休风时间,必然导致开风后炉缸热量的不足,气流分布失常,炉况恢复难度加大。如表1中7月15日的休风,由于外围的影响,实际休风时间是计划休风时间的2倍还多,直接导致了复风后炉温持续偏低,连续塌料,不能加风,被迫上部补充净焦,待炉温回升后方进行逐步恢复。

3)休风料的设计。休风料的设计除要保证炉缸热量充沛之外,还要兼顾料柱整体透气性及复风初期的气流分布,边缘适当放开,防止出现悬料。

4)焦炭水分的波动。由于高炉70%使用外购焦炭,并且至少有三个厂家供货,焦炭水分波动大,不好控制。休风料设计时的全负荷按湿焦负荷计算,可能会存在偏差,不够准确。

5)热量的损失。休风前、中、后必须认真对各部冷却壁进行查漏,发现漏水及时处理。防止因长时间漏水,造成炉凉或冻缸事故。另外,休风后立即堵死全部风口,减少冷却水流量,降低热量损耗。

6)高风速。复风后,由于受风量偏小、风温较低、

喷煤比不高等因素影响,高炉风速(鼓风动能)肯定达不到正常水平,风口前回旋区较小,如果遇到渣铁温度低,炉缸透液性差,势必会大量损坏风口小套及二套。因此复风前必须堵部分风口,以实现恢复炉况期间的高风速。

## 5 结语

长期休风对高炉影响很大,通过对高炉休复风炉况恢复过程的研究,理顺了休复风炉况恢复过程的思路,避免炉况恢复过程中的随意操作和不规范操作造成炉况恢复过程的反复,缩短了炉况恢复时间,减少了损失。休风料中净焦位置不宜过低,应考虑休风后料柱收缩、下沉,净焦位置要下移适当,保证复风时净焦处于软熔带部位,改善料柱透气性。此外,还需做好休风后保温及查漏工作,严格控制检修时间,杜绝休风延时。由于目前整个钢铁行业的不景气,各钢企成本压力巨大,高炉用原燃料已经由“精料”向“经料”转变,因此,仍须在高炉休复风炉况恢复过程总结研究的基础上,根据实际原燃料条件及具体炉况表现作进一步总结、研究和完善。

(编辑:王瑾)

## Production Practices of Shougang Steel No.6 BF Air Recovery Optimization Operation

Peng Xiaodong

(Ironworks of Shougang Changzhi Iron and Steel Group Co. Ltd., Changzhi Shanxi 046031)

**Abstract:** The phasic research and analysis of furnace condition recovery for long-term blowing-down are carried out, the factors of daily production operations that affect furnace condition are summarized. The specific experience for rapid recovery of furnace condition after long-term blowing-down of No. 6 blast furnace are summed up.

**Key words:** blast furnace, long-term blowing-down, furnace condition recovery

(上接第41页)

## Finite Element Simulation for Continuous Rolling Deformation Process of Composite Tube

Zhang Zhiyuan, Su ning, Xu Zhuoqi

(No. 208 Research Institute of China Ordnance Industries, Beijing 102202)

**Abstract:** This paper takes the rolling composites of copper-aluminum composite tube as an example to introduce the continuous rolling deformation process of bimetal composite pipes through the finite element numerical simulation. The rolling process uses cold rolling composite process and rolling mills are 3-roller Y type mill. Based on the theory of metal plastic deformation, tube and rod rolling technology, the tension reducing theory, using the finite element simulation software of ANSYS/IS-DYNA, this paper makes analysis and research on the process of rolling composite plastic deformation process, the mechanical properties and temperature distribution in the bonding process of bimetal composite pipes by thermal mechanically coupled-field simulation.

**Key words:** bimetal composite pipe, cladding technology, thermal mechanically coupled-field finite element simulation