包钢4 150 m³高炉大比例配加湿熄焦生产实践*

康 伟,赵 洋

(内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章论述了包钢4 150 m³高炉在干熄焦系统检修的背景下,高炉连续大比例配加湿熄焦生产,应对不当,造成炉况波动。从焦炭在高炉内作用等方面分析炉况变化情况,通过调整焦炭配煤结构及高炉装料制度、热制度等措施,炉况逐步恢复正常。

关键词: 高炉; 湿熄焦; 炉况; 措施

中图分类号: TF543 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)06-0013-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.06.025

Production Practices on Adding Large Proportion of Coke Wet Quenching into 4 150 m³ Blast Furnace of Baotou Steel

Kang Wei, Zhao Yang

(*Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, it is discussed the production of continuously adding large proportion of coke wet quenching into blast furnace under the background of maintaining coke dry quenching system of 4 150 m³ blast furnace of Baotou Steel and the improper response causes the fluctuation of furnace condition. The changes of furnace condition are analyzed from the functions of coke in blast furnace as well as the furnace condition gradually returns to normal by adjusting the coal blending structure of coke, charging and thermal systems of blast furnace.

Key words: blast furnace; coke wet quenching; furnace condition; measures

包钢目前有2座4 150 m³高炉,冷却方式采用全冷却壁、软水密闭循环冷却,设置有38个风口,配套4座卡卢金顶燃式热风炉,4个出铁口,配有两套圆盘法水渣处理系统。与之配套的是年产300万t的7 m焦炉,由于干熄焦系统中修,高炉自2020年8月20日开始配加湿熄焦,计划占比51%,焦化鼓风机因电压波动停机,导致湿熄焦配加比例短时间内超计划值快速增加。大量湿熄焦下达后造成炉温低,且长时间炉温低于计划值,随后炉况出现了波动,崩料、管道较多,炉况恢复难度大,对高炉生产造成了很大的影响。

1 失常背景

因焦化干熄焦系统执行48天中修计划,高炉需要配加大比例湿熄焦生产。焦化检修前高炉顺行状态良好,屡破产量记录,矿焦比、煤气利用率均达到2020年以来的较好水平。表1为2020年7#高炉主要技术指标。

* 收稿日期:2021-09-15

作者简介:康 伟(1987-)男,山西省忻州市人,硕士,工程师,现从事炼铁技术、质量管理工作。

表1 2020年7#高炉主要技术指标

时间	日产量/t	焦比/(kg·t^{-1})	燃料比/(kg·t^{-1})	煤气利用率/%	焦炭负荷/(t·t^{-1})
1月	9 002	362	546	42.33	3.98
2月	9 152	358	545	42.75	4.02
3月	9 029	373	558	42.78	3.98
4月	9 062	368	552	42.60	4.01
5月	8 950	365	542	44.15	4.00
6月	8 503	367	548	44.26	3.97
7月	8 982	360	541	45.08	4.02
8月1-20日	9 347	358	540	44.84	4.03
8月21-31日	7 392	411	582	42.02	3.48
9月	8 308	396	579	41.13	3.64
10月	8 571	390	561	41.29	3.78
11月	8 785	383	572	40.78	3.83
12月	9 197	367	560	41.11	3.91

由表1可见,高炉焦比在8月下旬基本升高至2020年的最低水平。后经过减轻焦炭负荷、调整制度等措施的实施,指标逐步改善,到12月份的时候基本恢复到之前的水平。

2 波动过程

高炉于2020年8月20日开始配加湿熄焦,虽然采取了提高炉温、调轻负荷、适度疏松气流等措施,但是随着湿熄焦比例逐步增大,炉况迅速由正常炉况向波动转变。

表2为高炉配加湿熄焦的过程,从8月20日开始至8月23日4:40,高炉每批料配加湿熄焦量从6 t增加到17 t,湿熄焦最高占比达到60.28%。8月24日3:34高炉出现顶压冒尖现象,顶温最高点温度达到498 ℃,采取减风降压进行控制,在恢复过程中出现频繁的崩料、偏尺,热风压力波动大等现象。乱料下达后,再次出现崩料、管道、悬料等现象,导致炉况恢复难度增大。

表2 高炉入炉湿熄焦比例变化情况

时间	变料周期数	焦批/t	湿熄焦比例/%
8月20日	67	27.2	22.06
	113	27.4	29.20
	120	27.5	36.36
8月21日	8	27.9	50.18
	94	28.1	49.82
8月22日	13	28.2	53.19
	45	28.4	52.82
	103	28.1	53.38
8月23日	47	28.2	60.28
	93	28.1	53.38
8月24日	36	28.1	39.15
	50	27.8	39.57
	78	27.8	46.76
8月25日	12	27.8	50.36

3 原因分析

焦炭在高炉内主要起发热剂,还原剂和料柱骨架三个作用,其中料柱骨架的作用是不可替代的[1]。

3.1 焦炭热性能影响

表3为同样配煤比条件下,8月20—31日干熄焦和湿熄焦反应性(*CRI*)和反应后强度(*CSR*)比较。

表3 干湿熄焦热性能比较 %

名称	*CRI*	*CSR*
干熄焦	22.9	67.7
湿熄焦	24.7	64.9
差值	1.8	-2.8

干熄焦在干熄炉内约停留3 h,其冷却是一种缓慢冷却的过程,相当于在焦炉中延长了焖炉时间,干熄炉内的高温热处理减少了焦炭晶格结构的缺陷,晶体的这些缺陷部位,是高温气化和氧化反应的主要部位。减少结构缺陷可提高焦炭的抗氧化能力,增加了更接近石墨结构的可能性,形成了近似石墨的结构,具有较小的表面积和容积比,使反应后焦炭的活性降低和强度提高[2]。从表3中可以看出干熄焦的反应后强度较湿熄焦要高2.8个百分点。

随着湿熄焦比例的增大,入炉后的焦炭综合反应后强度也会随之发生变化,从而影响焦炭在高炉内料柱骨架的作用,是导致炉况波动的原因之一。

3.2 焦炭水分影响

湿熄焦工艺和干熄焦工艺所使用焦炭配煤比相

同，湿熄焦工艺对焦炭水分以外的化学成分影响很小，故不做比较分析。

干熄炉检修初期，由于设备和操作等原因，导致湿熄焦水分在 3.1% ~12.6% 之间波动，波动幅度较大。随着湿熄焦入炉比例的增大，焦炭综合水分也会随之发生变化，从而影响焦炭在高炉内发热剂作用，是导致炉况波动的原因之一。

因焦化鼓风机停机事故，导致湿熄焦产量增大，干熄焦产量减少，高炉入炉湿熄焦比例进一步升高，最大占比达到 60.2%，远超该炉历史最高水平，致使高炉热制度难以平衡，炉温大幅波动，气流不稳，是导致炉况失常的根本原因。

从表 4 中可以看出大比例的湿熄焦入炉后，23 日开始，高炉铁水硅含量迅速下滑，出现 0.40% 以下频次增多。且提硅措施采取不到位，没有及时将生铁硅含量按上限控制。因为矿焦比降低后硅元素更易还原进入铁水，所以矿焦比低时，相同硅含量的铁水温度更低。配加湿熄焦前，虽然提前执行了缩小批重、调轻负荷、提高炉温、稳定气流等预案措施，但是对大比例配加水分波动大的湿熄焦对高炉产生的不利影响，预测评估不足，采取措施不到位，是导致炉况失常的另一原因。

表 4　大比例配加湿熄焦后生铁硅含量变化情况(质量分数)　%

时间	铁次	铁水硅含量
8 月 22 日	25 025	0.53
	25 026	0.64
	25 027	0.61
	25 028	0.78
	25 029	0.40
	25 030	0.83
	25 031	0.82
	25 032	0.73
	25 033	0.63
	25 034	0.57
	25 035	0.60
8 月 23 日	25 036	0.32
	25 037	0.81
	25 038	0.44
	25 039	0.42
	25 040	0.46
	25 041	0.52
	25 042	0.43
	25 043	0.45
	25 044	0.37
	25 045	0.47
	25 046	0.30

3.3　高炉自身影响

受高炉上料系统设备条件的限制，在高炉大比例配加湿熄焦生产过程中，8 个焦槽中需要连续 4 个存放湿熄焦，导致很难从焦炭料段排布方面将入炉的干熄焦和湿熄焦进行均匀混合。湿熄焦在料头、料尾的排布均会对边缘、中心气流产生影响。湿熄焦入炉后，对高炉煤气流变化影响预估不足，是导致炉况失常的原因之一。

4　恢复措施

(1) 协调焦化调整配煤比。通过增加镇城底肥煤、减少气煤等炼焦精煤的配比，来达到提高焦炭热性能的目的。从表 5 中可以看出，从 8 月 22 日开始，干熄焦的反应后强度较之前有较为明显的提高，27—29 日略有下降，随后反应后强度提高。

表 5　干熄焦热性能变化(质量分数)　%

时间	*CRI*	*CSR*
8 月 16 日	23.1	67.5
8 月 17 日	23.3	67.3
8 月 18 日	23.4	67.1
8 月 19 日	23.6	66.8
8 月 20 日	23.2	67.4
8 月 21 日	22.9	67.7
8 月 22 日	22.7	68.3
8 月 23 日	22.4	68.8
8 月 24 日	21.8	69.4
8 月 25 日	22.0	69.1
8 月 26 日	23.2	67.3
8 月 27 日	23.4	66.8
8 月 28 日	23.6	66.6
8 月 29 日	23.7	66.1
8 月 30 日	23.2	66.8
8 月 31 日	22.5	68.6
9 月	22.0	69.1

(2) 热制度调整主要采取缩批重，装料制度调整以开中心、稳气流为主的保顺行措施。调整情况见表 6。

表 6　缩批重情况

日期	矿批/t	焦批/t	负荷/(t·t^{-1})
8 月 19 日	120	27.0	4.00
8 月 28 日 (湿熄焦占 49%)	103	29.6	3.13

(下转第 34 页)

6 结论

(1) 冷轧低合金高强钢HC420LA以适量的Nb、Ti微合金化元素为主要强化元素,通过细晶强化、固溶强化、沉淀强化的复合强化机制提高产品强度。

(2) 通过工业试验,制定了包含终轧温度不低于800 ℃、卷取温度500~700 ℃、冷轧压下率不小于55%、退火温度不低于700 ℃等一系列工艺制度,形成了针对不同规格产品的整套工艺方案。

(3) 通过生产实践验证,HC420LA产品性能满足设计要求且具备批量生产能力。

(4) 包钢生产的冷轧低合金高强钢HC420LA目前已在多家汽车厂及配套厂使用,产品表面质量及性能等各项指标均符合相关技术标准要求,满足客户使用需求。

参 考 文 献

[1] 马图鸣. 先进汽车用钢[M]. 北京: 化学工业出版社,2008.

[2] 雍岐龙. 钢铁材料中的第二相[M]. 北京: 冶金工业出版社,2006.

[3] J. K. Patel. B. Wilshire. The Challenge to Produce Consistent Mechanical Properties in Nb-HSLA Strip Steels [J]. Journal of Materials Processing Technology. 2002,120: 316-321.

[4] 傅作宝. 冷轧薄钢板生产[M]. 北京: 冶金工业出版社,2005.

(上接第15页)

从表6中可以看出,8月28日开始采取大幅缩批重,调整焦炭负荷,达到补充炉缸热量的目的。表7为采取大幅缩批重铁水硅含量前后对比情况。

表7 生铁硅含量变化(质量分数) %

时间	铁水硅含量
8月22日	0.63
8月23日	0.45
8月24日	0.42
8月25日	0.67
8月26日	0.75
8月27日	0.37
8月28日	0.78
8月29日	0.92
8月30日	0.81
8月31日	0.71
9月	0.71

从表7中可以看出,8月28日以前生铁硅含量虽有提高的现象,但未能达到长时间稳定。缩批重之后,生铁硅含量整体明显提高,且稳定,基本在0.70%以上,说明炉缸热储备充足。

(3) 全天监控湿熄焦水分,并要求焦化重点关注湿熄工艺能源管网压力,固化打水时间。

(4) 严格控制干熄焦和湿熄焦入炉的配加比例。

5 结论

(1) 大比例湿熄焦入炉后,焦炭的综合反应后强度会下降,应充分考虑焦炭反应后强度的变化,在高炉生产中进行有效的应对。

(2) 大比例湿熄焦入炉后,尤其在湿熄焦水分波动较大的情况下,对高炉热制度影响十分巨大,应首先保证炉缸热储备,当前的条件铁水硅含量控制在0.70%以上。

(3) 减小湿熄焦水分波动,尽量将其降至最小。

(4) 制定湿熄焦入炉比例警戒线,建议控制在50%以内,超过以后增加炉缸热补充措施,保证炉缸活跃度。

参 考 文 献

[1] 王筱留. 钢铁冶金学[M]. 北京: 冶金工业出版社,2008.

[2] 纪同森,齐廼,贾瑞民. 干法熄焦与湿法熄焦对焦炭热态性能的影响[J]. 煤化工,2005,32(5): 33.