包钢1#高炉高碱度球团冶炼生产实践*

田 野,李 磊,黄雅彬,郭卓团,马 祥

(内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章针对包钢1#高炉进行高碱度球团冶炼生产实践,通过对高碱度球团矿冶金性能和冶炼特点进行分析,高炉通过不断实践调整,在操作上做出应对,使高炉达到稳产的目的,实现了高碱度球团+低碱度烧结矿的炉料结构。

关键词: 高炉; 高碱度球团矿; 实践

中图分类号: TF046 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)04-0004-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.04.002

Production Practice of Smelting High Basicity Pellets with 1# Blast Furnace of Baotou Steel

Tian Ye, Li Lei, Huang Ya-bin, Guo Zhuo-tuan, Ma Xiang

(*Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, it is introduced the goal of stable production is reached and the furnace burden of high basicity pellets + low basicity sinters is realized through analyzing the metallurgical performances and smelting characteristics of high basicity pellets, the continuous practical adjustment of blast furnace as well as making the countermeasures of operations aiming at the production practice of smelting high basicity pellets with 1# blast furnace of Baotou Steel.

Key words: blast furnace; high basicity pellets; practice

根据我国矿产资源的现状,贫矿资源的开发及选矿力度逐渐加大,铁矿粉的磨矿粒度变得越来越细,从而限制了铁矿粉在烧结生产中的应用;为了摆脱包钢对进口矿石的依赖,包钢另一方面有大量磨细的铁矿粉无法用于烧结生产,加之烧结生产环境负荷大、能耗高。据统计,烧结生产能耗占钢铁工业生产总能耗的10% 左右,而球团生产能耗仅为烧结工序的1/3~1/2;烧结过程产生的SO_2气体占钢铁企业SO_2排放量的比例高达75%,而球团工艺仅为10% 左右[1]。因此,在当前节能减排的大趋势下,应大力提高球团产能和生产水平,增加球团入炉比例。近年来,我国高炉入炉炉料基本上选用烧结矿配加酸性球团矿以及天然块矿的复合型炉料结构。但是,随着酸性球团矿入炉比例增加,会造成高炉熔渣变粘,导致高炉调剂困难,从而影响高炉顺行,球团矿配加比例也因此受到限制。

1 试验期间主要原燃料指标

1.1 西区高碱度球团成分(见表1)

* 收稿日期: 2018-05-30

作者简介: 田 野(1985-),男,内蒙古包头市人,工程师,现从事高炉冶炼工作。

表 1　高碱度球团成分表

时间	质量分数/%								R'
	TFe	FeO	CaO	SiO_2	F	MgO	S	P	
2017 – 11 – 16	62.5	0.5	3.1	3.38	0.20	2.46	0.080	0.038	0.92
2017 – 11 – 17	62.1	0.5	3.7	3.49	0.24	2.10	0.081	0.041	1.06
2017 – 11 – 18	62.4	0.5	3.8	3.06	0.25	2.26	0.123	0.043	1.24
2017 – 11 – 21	62.7	0.5	3.7	2.78	0.22	2.18	0.125	0.045	1.33

由上表分析: 高碱度球团品位高,其碱度不稳定,R′在 0.92 ~ 1.33 之间波动,软化温度低使溶区间变宽,高炉压差升高。

1.2　酸性球团与高碱度球团对比(见表 2)

表 2　西区酸性球与高碱度球抗压强度与还原膨胀对比

时间	西区酸性球		时间	西区高碱度球		
	抗压强度/(N · P^{-1})	还原膨胀率/%		抗压强度/(N · P^{-1})	转鼓强度/%	还原膨胀率/%
2017 – 10 – 15	2 366	17.5	2017 – 11 – 16	2 457	96.0	19.5
2017 – 10 – 16	2 303		2017 – 11 – 17	2 390	96.30	19.3
2017 – 10 – 17	2 447		2017 – 11 – 18	2 360	96.33	19.0
2017 – 10 – 18	2 393		2017 – 11 – 19	2 508	96.50	19.2

由上表分析: 高碱度球团冷态抗压强度高,由于中低温区粉化严重上升,碱度球团优于西区酸性球团,但还原膨胀明显上升,恶化块状带透气性给冶炼带来的负面影响,不利于高炉强化及降低燃料比。

1.3　高碱度球团生产工业试验参数

1.3.1　生产工艺参数(见表 3)

表 3　高碱度球团生产工艺参数

链箅机料层厚度 /(mm · min^{-1})	链箅机机速 /(m · min^{-1})	鼓干段风箱温度 /℃	抽干段烟罩温度 /℃	预热一段烟罩温度 /℃	预热二段烟罩温度 /℃
197	2	246	332	629	993

窑头罩温度 /℃	窑尾罩温度 /℃	回转窑速度 /(r · min^{-1})	给煤量 /(t · h^{-1})	二次风温度 /℃	出链篦机球团抗压强度/(N · P^{-1})	出回转窑球团抗压强度/(N · P^{-1})
1 043	884	0.96	4.1	1 074	743	1 729

还原铁公司配料方案按照公司熔剂性球团生产及冶炼工业试验方案规定进行,铁料配比为: 90% 小巴润精矿 + 10% 石宝精矿,白云石配比 4.4% (外配) ,膨润土配比 2.2% (外配) 。全天生产稳定,成品球质量好; 原料配比稳定; 原料混合的均匀程度较好; 生球水份控制稳定; 生球性能良好; 成品球粒度组成好,链篦机 – 回转窑 – 环冷机系统工艺参数控制稳定适宜。没有发生烟气超标排放情况。

还原铁公司生产的高碱度球团日均产量4 200 t,成品球的自由碱度 1.1 ~ 1.2 之间较稳定,抗压强度 2 433 N/P,转鼓强度 96.8%,符合生产需求。

1.3.2　实验球团有害元素(见表 4)

表 4　西区酸性球与高碱度球入炉有害元素对比　　kg/t

时间	碱负荷	烧结带入	球团带入	S 负荷	烧结带入	球团带入	P 负荷	烧结带入	球团带入	Zn 负荷	烧结带入	球团带入	Ti 负荷	烧结带入	球团带入
2017 – 08 – 14	5.30	3.36	0.70	5.68	0.47	0.03	1.50	0.82	0.11	1.35	0.93	0.37	3.38	2.13	0.96
2017 – 08 – 15	5.22	3.26	0.70	5.69	0.47	0.03	1.51	0.82	0.11	1.32	0.84	0.46	3.37	2.13	0.96
2017 – 11 – 16	6.26	4.11	0.91	5.98	0.35	0.22	1.44	0.83	0.18	1.60	0.84	0.74	3.90	2.14	1.53
2017 – 11 – 17	5.70	3.40	1.11	6.04	0.35	0.35	1.32	0.71	0.17	1.59	0.84	0.74	3.88	2.13	1.52

由上表分析：试验高碱度球团的有害元素 P、S、Ti、Zn 以及碱负荷都有上升的趋势，高炉长期使用试验球团，必须做出相应的调整，应对入炉有害元素升高的问题，以保持高炉的稳定顺行。

2 低 MgO 烧结矿成分(见表5)

表5 试验烧结矿指标

时间	质量分数/%					R''	R'	5～10 mm	0～5 mm
	TFe	FeO	MgO	P	转鼓				
2017－08－19	57.13	9.81	2.29	0.06	75.95	2.43	1.95	36.54	2.41
2017－08－20	57.23	9.68	2.29	0.06	76.20	2.42	1.93	37.39	2.95
2017－08－21	57.21	9.60	2.29	0.06	75.93	2.40	1.92	36.53	2.95
2017－11－18	57.47	9.19	1.83	0.06	75.79	2.27	1.89	33.53	2.99
2017－11－20	57.44	9.84	1.81	0.06	77.72	2.33	1.94	34.52	2.89
2017－11－21	57.62	9.69	1.79	0.06	77.75	2.30	1.92	35.14	2.96

由上表分析：MgO 降低，烧结矿品位升高，转鼓强度上升，5～10 mm 粒度比例下降，这对试验高碱度球团期间提供有利的条件。

试验高碱度球团及酸性球团中的 MgO 含量不同，提高酸性球团矿 MgO 含量可以改善软熔和滴落性能，随着 MgO 含量提高，软化和熔化温度均上升，收缩率下降[2]。MgO 含量控制在 1%～2%，可以得到软化和熔化温度高且收缩率较低的球团矿。

试验期间低碱度烧结矿降低了 MgO 含量，由表3可以看出，烧结矿 MgO 由 2.26% 降低到 1.81% 以后，烧结矿品位提高约 0.4 个百分点，同时烧结矿的粒度和转鼓强度均有所提高，这主要是由于烧结矿 MgO 的降低有利于降低烧结液相的熔点，最终使得液相流动性提高，烧结矿铁酸钙含量提高，烧结的黏结性加强，使得小粒度级别减少、大粒度级别增多，高温软熔性能提高、软化温度提高、软熔区间变窄，冶金性能变好。

试验期间烧结矿、焦炭的质量较稳定，但存在高碱度球团的碱度不稳定的问题，R' 在 0.92～1.33 之间波动，试验期间的有害元素上升比较多，炉况保持稳定顺行，但长时间的有害元素高，高炉应该制定相应的操作制度，减少有害元素对高炉的危害。

(1) 降低原料的有害元素。从源头减少有害元素的入炉量。

(2) 高炉操作稳定炉温，严格控制压差。合适稳定的炉温能够保证炉缸物理热充沛，严格控制压差、杜绝因气流不稳，造成管道悬料影响炉况顺行。

(3) 有害元素含量持续处于较高的情况下，高炉操作以稳定顺行为主，并要降低冶炼强度。

(4) 炉渣碱度控制以合理的炉渣流动性为前提，低的炉渣碱度有利于排碱，但不利于脱硫，但过高的碱度会使炉渣的熔化性温度升高，黏度变大。

(5) 精心组织炉前出铁，提高开口成功率，渣铁排放干净，以利于液面降到最低，减少 Ti(C、N) 的沉积，保证炉缸工作均匀，增加炉渣的排碱能力。

3 高炉主要指标参数变化

3.1 试验前后产量焦比对比

1#高炉高碱度球团试验前后的产量、焦比、燃料比趋势见图1，由图可见：除了11月8日、21日两次大的休减风和11月14日、15日由于炉皮冒减风降压，造成指标损失比较大以外，其它时间段高球团比例下对应高炉的产量、焦比、燃料比指标明显稳定，高炉保持稳定顺行的局面。

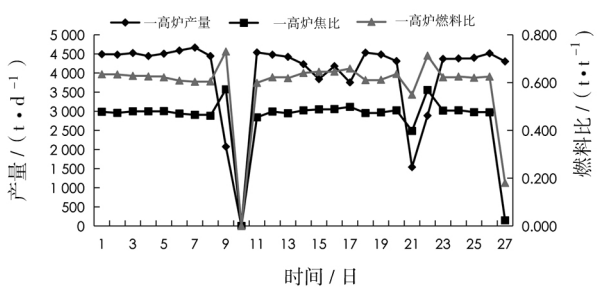


图1 焦比、燃料比与产量趋势图

3.2 试验操作参数变化

3.2.1 炉缸状态

1#高炉试验期间物理温度平均 1 490 ℃，w [Si] 0.71%，炉温对应性 Ktp1.18 正常，风口工作均匀，炉缸状态正常。试验期间负荷控制 2.58，负荷较稳定，炉温可控，物理温度充足(见图 2)。

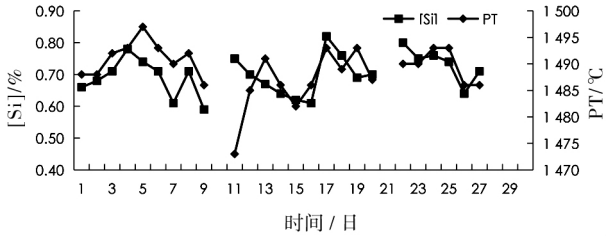


图 2　炉温 [Si] 与物理温度对应趋势图

3.2.2　球团比例增加对高炉冶炼影响分析

(1) 球团矿易滚向高炉中心，加重中心的矿焦比，抑制中心气流，随球团矿比例增大而更加明显。

(2) 球团矿的比例增加，易使矿石直接接触炉墙，进入软融带后，使得软熔带根部变宽，下部压差升高，降低高炉透气性。

(3) 球团矿存在还原膨胀粉化的特点，球团矿的比例增加，使粉末与炉墙的接触比例增加，易引起炉墙粘结，球团矿粉化造成粉末含量增加，使上部压差升高，料柱透气性变左，料面形状难以稳定，使整体煤气流的稳定性降低。

(4) 球团矿的冶金性能存在软熔温度低的特点，球团比例的增加，使软熔带位置上移和软熔带变宽，增加了高炉的直接还原，使高炉燃料比升高，过宽的软熔带会影响高炉的透气性。

4　高炉操作应对

(1) 保持高炉稳定、顺行，详细制定操作方针，并严格按照操作方针执行。精心操作，四个班操作要统一。

(2) 改变原有上料及排料顺序，使得烧结、球团混合均匀，减少球团滚动影响炉况。

具体方法：将原有的烧结球团矿同时排料，修改为先排烧结矿，根据皮带速度将球团排料时间延后，以达到排球团矿时皮带上有已经刚排过的烧结矿，并且改变排料顺序，由(烧结矿、球团矿、烧结矿、球团矿、焦丁、矽石、焦结矿)的排料顺序，改为焦丁、烧结、延迟 20 s 后排球团的排料顺序，达到尽量混匀燃料的目的。

(3) 及时对装料制度的调整。

①11 月 20 日调制度：矿石结束角 37°变为 39°，适当的开放中心气流以保炉况稳定顺行。

②11 月 26 日调制度，矿石结束角 39°变为 41°，抑制边缘气流，保护炉皮正常工作。

(4) 逐步增加球团配比，以保证高炉适应高球团配比(见表 6)。

表 6　试验期间球团比例

时间	烧结矿配比 /%	球团矿配比 /%	矿批重 /t	焦炭负荷 /(t·t^{-1})
2017－11－16	63	27	45	3.19
2017－11－17	70	30	45	3.15
2017－11－18	69	31	45	3.15
2017－11－19	66	34	45	3.15
2017－11－20	65	35	45	3.10
2017－11－21	67	33	45	3.00
2017－11－22	65	35	45	3.04
2017－11－23	64	36	45	3.15
2017－11－24	63	37	45	3.17

(5) 控制炉渣的碱度波动。

5　结束语

1#高炉 2017 年 9 月 21 日—2017 年 10 月 2 日和 2017 年 11 月 16 日—2017 年 11 月 28 日分别进行了两次高碱度球团试验，由于第一次试验高碱度球团的抗压强度低，高炉做出应对但效果不明显，高炉顺行被破坏，频繁出现管道悬料。第二次试验高碱度球团的抗压强度大大提高，高炉通过应对及调整，保证了高炉的稳定顺行。

参　考　文　献

[1] 徐晨光，龙跃，田铁磊，等. 高镁碱性球团矿冶金性能试验研究[J]. 烧结球团，2016，41(1)：36－40.

[2] 李雅儒. 提高鞍钢酸性球团矿冶金性能的途径[J]. 烧结球团，1994，(5)：44－47.