



1 000 m³ 高炉高铝矿冶炼生产实践

赵洪雨, 王 辉, 姬光刚

(山钢股份莱芜分公司 炼铁厂, 山东 莱芜 271104)

摘 要:针对高铝炉渣难以熔化、黏度增大、流动性变差的缺点,通过改善并优化烧结配矿模型,改善配料结构、稳定炉料结构、改善焦炭质量、控制渣中镁铝比、控制渣比等优化并稳定高炉炉料结构,保证好渣铁热量,优化高炉上下部调剂等措施,提高烧结矿产量3%、转鼓指数0.4%的同时,使高炉适应了渣中铝提高对炉况的影响,保证了炉况的稳定顺行。

关键词:高炉;高铝矿;配矿;炉渣性能

中图分类号:TQ522.16

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2017)05-0010-03

1 前 言

2013年,山钢股份莱芜分公司炼铁厂高炉配加塞拉利昂矿、高铝镍矿及印尼海砂等高铝经济矿粉作为降低生铁成本的重要手段,但是塞拉利昂矿、高铝镍矿及印尼海砂等矿粉中Al₂O₃含量高,而之前高炉一直坚持低铝冶炼的方式。2012年渣中铝含量仅为14.68%,在实际生产中渣中铝最高达到18.8%。塞拉利昂矿为块、粉混合矿,矿中块、粉比例波动较大,为降低成本,没有对塞拉利昂矿石进行分级和破碎,直接配加到烧结矿中使用;而塞拉利昂矿做为山钢自己的矿山资源,必然会长期使用。配加塞拉利昂矿后,渣相发生了较大变化,需要探讨适应目前高炉高铝渣冶炼的操作制度,适应渣中铝提高对炉况的影响,以确保炉况稳定顺行。

2 塞矿特点及其影响

塞矿的特点是低硅、高铝、高烧损,其成分组成如表1所示。

表1 塞拉利昂矿成分 %

TFe	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	S	TiO ₂	H ₂ O	P
57.64	1.59	0.04	0.08	6.89	0.092	0.256	11.2	0.079

Al₂O₃<15%时为低铝渣,能够改善炉渣的稳定性,有利于高炉操作,但炉渣中Al₂O₃含量一般在16%左右,高Al₂O₃炉渣难以熔化,并且黏度增大,流动性变差,会产生以下负面影响:

1)高Al₂O₃炉渣的初渣堵塞炉料间的空隙,使料柱透气性变差,增加煤气通过时的阻力。同时,该炉渣在高炉内易在炉腹部位的炉墙结成炉瘤,引起炉料下降不顺,形成崩料、悬料,破坏冶炼进程。

2)由于高Al₂O₃炉渣过于黏稠,其终渣流动性差,不利于脱硫反应的扩散作用,脱硫效果变差。一般当Al₂O₃>18%时,炉渣的脱硫能力大大降低。

3)高Al₂O₃炉渣终渣流动性差,容易堵塞炉缸,不宜从炉缸中流出,使炉缸壁结厚,缩小炉缸的体积,造成高炉操作上的困难。严重时还会引起风口的大量烧坏。

4)高炉炉渣中Al₂O₃含量在10%~15%时,有利于提高炉渣的稳定性,但当Al₂O₃含量继续升高时,炉渣的稳定性变差,炉温不足,其流动性急剧变差,不仅顺行不好,有时放渣出铁也会困难。当炉温不足时,极易引起炉缸炉温不足的渣铁堆积。

5)配加塞拉利昂矿后,渣中Al₂O₃又明显升高,导致炉渣黏度增大,流动性更差,引起炉墙粘结与炉缸堆积,直接影响高炉炉况。

配加塞拉利昂矿本身就是为了降低生铁成本,而以前没有高铝冶炼的经验,因此在配加塞拉利昂矿、高铝镍矿及印尼海砂等后,首先要采取优化改进措施以保证炉况的稳定顺行。

3 优化改进措施

3.1 优化烧结配矿技术

为保证高炉、烧结生产顺行,实现经济矿料结构优化目标,确保矿料成本受控和原料条件的稳定,根据当前生产实际情况,优化调整矿粉评价体系,建立科学合理的评价模型,及时动态分析评价不同时期各种矿石的性价比关系,进行单料种烧结性能试验,掌握料种烧结性能。

建立完善矿料结构配矿的混匀料配比模型,稳定主体料种的配加比例。主体料种配比按照105 m²烧结机50%以上,265 m²烧结机50%以上。烧结性能较好的主体料种纽曼、麦克、PB粉、巴粗等料种的使用比例根据每月性价比情况进行动态调整。

做好预知预控管理程序,本着“科学预测、定期

收稿日期:2017-06-13

作者简介:赵洪雨,男,1968年生,1993年毕业于鞍山钢铁学校钢铁冶金专业。现为山钢股份莱芜分公司炼铁厂生产科科长,工程师,从事炼铁工艺技术及生产调度工作。

调整”的原则,在混匀料堆封堆后,根据配比情况及对新料堆成分和性能做出预测;混匀料换堆前,对新料堆的配矿情况、成分计算结果、新料堆化验成分等进行分析,指导换堆后的生产。

表 2 配加塞矿前后烧结矿粒度及成分对比

项目	烧结矿粒度组成 /%					烧结矿成分									
	40 mm	25 ~ 40 mm	10 ~ 25 mm	5 ~ 10 mm	-5 mm	TFE/%	CaO/%	SiO ₂ /%	Al ₂ O ₃ /%	MgO/%	S/%	TiO ₂ /%	FeO/%	K ₂ O/%	R
配加前	10.45	17.81	42.88	24.45	4.38	54.57	11.75	5.62	2.1	2.33	0.036	0.139	8.42	0.269	2.09
配加后	8.65	15.35	42.06	28.09	5.85	54.15	11.82	5.75	2.5	2.52	0.037	0.18	8.76	0.132	2.06

通过高炉的实际生产情况来看,烧结矿的粒度与性能可以满足高炉长期稳定顺行的要求。

3.2 改造风机,提高鼓风动能

银前风机长期因耐压能力受限严重制约高炉送风参数,体现高炉热风压力和风量受限,风机频繁因到达警戒线而给高炉减风降压,导致高炉送风制度不稳定。同时高炉因工艺和操作所需,要求提高冶炼强度,即提高风压和风量水平,迫切需要风机改造。

改造前冷风耐压能力上限为 380 kPa,高炉侧热风压力上限 370 kPa,实际供应风量 2 350 ~ 2 400 m³/min。在正常生产中,风机工况点一旦距离防喘线很近时,需要给高炉减风来确保风机安全,严重影响高炉生产稳定。

改造后冷风耐压能力上限为 420 kPa,高炉侧热风压力上限 410 kPa,实际供应风量可以达到 2 700 m³/min 以上。在正常生产中,风机工况点接近防喘线概率大幅降低,因风机原因导致高炉减风的次数明显减少,同时风机在达到警戒线时,可以实现自动调整,保证了风机安全和高炉送风参数的稳定。

3.3 缩小进风面积,保证炉缸均匀活跃

由于各种因素的制约,高炉正常生产时为保证有足够的鼓风动能,一般采取堵风口的方式生产。但堵风口导致高炉圆周方向进风量偏差大,带来的弊端是高炉炉缸工作不均匀,高炉内煤气流不稳定和经常性的崩滑料,并且由于被堵风口无法喷煤,限制了煤比的提升。为此,保证风口全开,只是在原有风口小套内加风口衬套,以缩小高炉风口的进风面积,在不改变高炉风量的同时,达到提高鼓风动能的目的,以应对因渣中铝升高引起的渣铁流动性差的问题,活跃炉缸,保证炉缸工作的均匀性。

3.4 改进应用多环布料技术

要达到高炉长期稳定顺行,高炉应有较强的抗波动能力,送风制度与装料制度应相互匹配。改进前后料制如表 3 所示。

高炉鼓风动能提高后,中心下料速度变快,要适当扩大角差,增加布向中心的矿焦的数量,根据中心与边缘气流变化,调整中间矿石档的环数以保证气

通过调整,烧结矿的冶金性能基本满足高炉顺行的需求,但是烧结矿的粒度明显要差于配加塞矿以前,其中 5 ~ 10 mm 比例上升 3.64%, <5 mm 比例上升 2.57%。烧结矿粒度及成分对比见表 2。

表 3 改进前后料制对比

项目	改进前					改进后					
K	40	37.5	34.5	31.5	41.5	39	36.5	34	31.5		
	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	
J	40	37.5	34.5	31.5	27.5	41.5	39	36.5	34	31.5	28.5
	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3

流的合理分布。

3.5 选择适宜的造渣制度

Al₂O₃ 含量升高后,对终渣性能影响较大,除在烧结过程中控制其含量外,在高炉生产中,通过调整造渣制度来适应目前高 Al₂O₃ 渣的生产现状。

高炉顺行与炉渣的黏度密切相关。随着高炉冶炼原燃料的变化,尤其是大量使用高 Al₂O₃ 含量的塞拉利昂矿,炉渣的流动性已成为影响高炉顺行的主要因素。同时,随着对生铁质量要求的进一步提高,高炉生产对炉渣的黏度相应地提出了更高的要求,即炉渣要有适宜的黏度或流动性。炉渣的黏度受诸多因素的影响,其中主要的因素是炉渣温度和炉渣的化学成分。在高炉生产条件下,炉温相对稳定时,炉渣黏度主要受其成分的影响。随着渣中 Al₂O₃ 含量增加,炉渣黏度增高,但合理选择造渣制度,可以有效降低炉渣黏度。高炉炉渣主要由 CaO-SiO₂-MgO-Al₂O₃ 四元系组成,要保证炉渣具有良好的理化性能,就要调整它们的组成比例和存在状态。

3.5.1 炉渣碱度的确定

试验表明,随 Al₂O₃ 量增加,矿相结构也稍有变化,硅酸盐玻璃质的量明显增多。通过生产实践来看,渣中 Al₂O₃ 的量在 16% ~ 17% 时,铁中硫磺在相同的范围内,终渣状态较低 Al₂O₃ 时会发生较大变化,基本为玻璃渣。因此在实际生产中,须同时考虑碱度与生铁中硫含量。

在正常炉温水平下,炉渣碱度控制在 1.15 左右,铁中硫 0.02% ~ 0.03%,满足生铁质量要求。根据首钢试验结果,碱度在 1.15、热量在 1 500 °C 时,炉渣黏度最低,渣铁具有良好的流动性。保证渣铁有良好的热量,控制生铁[S]含量下限 0.3% 左右。二区硫负荷稍低(4.5 kg/t),碱度在 1.1 ~ 1.15 即可;老区硫负荷偏高,碱度控制值稍高些,在 1.15 ~ 1.2。碱度的

控制可以根据原燃料质量、炉况水平及生铁质量情况综合判断。

3.5.2 高炉渣中 MgO 含量的确定

生产实践证明,提高渣中 MgO 含量可以提高炉渣的脱硫能力,降低炉渣黏度。以当前炉渣碱度 1.15 ~ 1.2 进行分析,在此区间范围内,当炉渣熔化温度在 1 500 °C 时,对应的(MgO)含量为 15%,因此渣中(MgO)含量以不超过 15%为宜。从等温线来看,在(MgO)含量低于 12%时,随着(MgO)含量的提高,炉渣的熔化性温度逐步降低;如果再增加(MgO)含量,炉渣的熔化性温度呈上升趋势。

增加(MgO)含量有两个途径:一是在烧结系统配加,烧结矿中 MgO 过高会使得烧结机的生产效率下降,烧结矿的机械强度下降,烧结配碳量上升,烧结工序能耗增加;二是在高炉系统配加,在高炉冶炼过程中,但过高提高(MgO)含量,不但增加渣比及工序能耗,同时也造成镁资源的浪费,还有可能使炉渣熔点大幅升高,造成炉渣在炉缸内不能完全熔化,反而加剧排渣的困难。据此把(MgO)含量上限定在 12%。根据(Al₂O₃)含量为 15%时的 CaO-SiO₂-MgO-Al₂O₃ 四元渣系相图,炉渣的熔化温度低、稳定性好区域对应的(MgO)含量最低点为 8%。因此,渣中(MgO)含量理论控制范围为 8% ~ 12%。

在目前铝负荷条件下,对炉渣成分要求如下:1) (MgO)含量达到 9.0% ± 0.5%;2) 渣中 MgO/Al₂O₃ 按照 0.55 ~ 0.6 范围控制;3) R₃ > 1.42。

3.6 保证适宜的炉温,保证渣铁热量

对于 1 000 m³ 级的高炉,目前实际生产中炉渣中 Al₂O₃ 含量一般高于 16%,试验得知,热量较低时,炉渣黏度 > 1 Pa·s,基本不符合高炉冶炼对炉渣黏度的要求。当渣温升至 1 500 °C 时,炉渣黏度随渣中

Al₂O₃ 含量的增加而升高的趋势放缓,即使 Al₂O₃ 含量达到 18%,仍可获得较低的炉渣黏度。可见,在实际生产中,要保证渣铁有良好的流动性,必须有足够的物理热。对于 1 000 m³ 级的高炉渣铁物理热控制在 1 500 °C 左右已足够,虽然提高渣铁温度后炉渣黏度降低,但从实践来看渣铁温度超过 1 500 °C 后,实际炉温相对偏高,不利于能耗的降低,同时影响铁水流动性。

4 生产情况

通过对工艺参数的调整,克服了大幅配加塞矿等高铝矿之后渣中铝上升对高炉冶炼的影响,针对渣中铝升高后的生产特点,从稳定炉料结构入手,系统分析高炉生产关键控制点,为保证渣中铝升高后,高炉冶炼能正常进行,开发的高铝矿冶炼技术保证了炉缸均匀活跃,实现了 1 000 m³ 高炉长期高效稳定生产。

1) 烧结矿产质量提升。开发高铝矿条件下的烧结配矿技术,研究各类铁矿粉焙烧性能和综合性价比,降本增效。在成分预算和定期调整的基础上优化与固化烧结配矿结构,实现了高效低成本烧结配矿,保证了烧结矿产质量稳定,改进后产量提高了 3%,转鼓指数提高 0.4%。

2) 实现了高炉稳定顺行。一系列措施的实施基本保证了炉况的长期稳定顺行,但由于为了适应高炉高铝渣冶炼的特点,采取了降低品位、提高渣比并相应提高炉温的措施,焦比及燃料比略有增加;而塞矿等高铝矿相较于主流矿粉有较大的价格优势,虽然能耗略有上升,但入炉矿料成本大幅降低,仍然降低了生铁成本。

Production Practice of 1 000 m³ BF Smelting High Aluminum Ore

ZHAO Hongyu, WANG Hui, JI Guanggang

(The Ironmaking Plant of Laiwu Branch of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271104, China)

Abstract: In view of the difficulty of melting, high viscosity and poor fluidity of high aluminium slag, through improving and optimizing sinter blending model, optimizing and stabilizing the BF burden structure by improving batching structure, stabilizing burden structure, improving coke quality and controlling the ratio of Mg to Al in slag and the slag ratio, ensuring good heat iron slag, optimizing adjustment between upper and lower parts and so on, the sinter output was increased by 3% and the tumbler index by 0.4%, at the same time, the blast furnace was adapted to the influence of aluminum in the slag on the furnace condition, ensuring the stable operation of the furnace.

Key words: blast furnace; high alumina ore; ore proportioning; slag performance

数值范围用浪纹线

GB/T 15834—2011 规定:浪纹线“~”用于连接数字范围,如 a~b,这里的 a、b 为不同的实数,因此,在科技书刊中,凡实数的数值范围应当用“~”连接,不应采用一字线“—”。例如:0.25~0.75,750~780 °C,

190~220 mm,0.9~1.2 m/min。只有标示相关项目(如时间、地域等)的起止用一字线,例如:2011年2月3日—10日,北京—上海特别旅客快车。

(燕明宇)