

Practice of Raising Production of Vanadium-Titanium Magnetite Smelting on 2500 m³ Blast Furnace

Yanjia Gao^{1,2}

¹HBIS Group Technology Research Institute, Shijiazhuang Hebei

²HBIS Group Cheng steel Company, Chengde Hebei

Email: gaoyanjia@hbisco.com

Received: Feb. 19th, 2020; accepted: Mar. 3rd, 2020; published: Mar. 10th, 2020

Abstract

This paper introduces some experience in improving the production of 2500 m³ for smelting vanadium-titanium magnetite, mainly from the aspects of BF control parameters, upper and lower adjustment, raw material management, iron production organization and so on. Through the practice of improving production, the largest BF output of vanadium-titanium magnetite smelting in the world has reached a new height, and the utilization coefficient can be stable at 2.56 t/(d·m³) for a long time, and the periodic utilization coefficient is stable at 2.6 t/(d·m³), which has a certain guiding significance for the intensified smelting of larger vanadium-titanium magnetite smelting blast furnace.

Keywords

Intensified Smelting, Utilization Coefficient, Vanadium-Titanium Magnetite, Oxygen-Rich Rate

2500 m³级高炉钒钛磁铁矿冶炼提产攻关实践

高艳甲^{1,2}

¹河钢集团钢研总院, 河北 石家庄

²河钢集团承钢公司, 河北 承德

Email: gaoyanjia@hbisco.com

收稿日期: 2020年2月19日; 录用日期: 2020年3月3日; 发布日期: 2020年3月10日

摘要

此文介绍了用于钒钛磁铁矿冶炼2500 m³高炉提产攻关的一些经验, 主要从高炉控制参数以及上下部调剂、入炉原料管理、出铁组织等几个方面来简单论述。通过提产攻关实践, 使世界上冶炼钒钛磁铁矿最大的高炉产量有了新的高度, 利用系数能够长期稳定在2.56 t/(d·m³)阶段性利用系数稳定在2.6 t/(d·m³), 对大型钒钛磁铁矿冶炼高炉强化冶炼具有一定的指导意义。

关键词

强化冶炼, 利用系数, 钒钛磁铁矿, 富氧率

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

钒钛磁铁矿冶炼难度大, 俄罗斯下塔吉尔钢铁公司为了降低其 6[#]高炉操作难度, 2002 年 11 月份将 6[#]高炉炉容 2700 m³ 缩小至 2000 m³ 高炉[1] [2] [3]。大型钒钛矿冶炼的高炉由于炉容大、炉内气流控制困难, 同时承德地区钒钛磁铁矿存在着入炉品位低、渣量大, 渣铁黏度大、出渣出铁困难的特点: 这主要是由于随着高炉内还原过程的进行, 炉渣中一部分 TiO₂, 被还原生成钛的碳氮化合物。TiC 的熔点为 3050℃~3230℃, TiN 的熔点为 2900℃~3000℃, 远高于炉内最高温度, 它们通常以几微米具有极大比表面积的固相质点弥散在炉渣中和包裹在铁珠周围, 使铁珠难以聚合, 渣中带铁增多, 黏度增大数十倍, 造成粘渣。炉渣中的 TiO₂ 还原后使炉渣与焦炭的润湿性改善, 因此高炉的滴落带和炉缸中心料柱的孔隙容易被还原的炉渣堵塞, 炉缸中心较难吹透, 经常表现为风压高, 高炉不易接受风量。大高炉炉缸直径较大, 炉缸工作状态难以活跃, 鼓风难以使中心部位粘渣氧化, 容易形成炉缸堆积, 造成煤气流分布紊乱, 进而影响到炉况顺行[4]。河钢承钢 2500 m³ 级高炉是目前世界上冶炼钒钛磁铁矿最大的高炉, 该高炉设有风口 30 个、铁口 4 个, 炉顶设计压力为 0.2~0.25 MPa, 采用胶带机上料, 串罐式无料钟炉顶装料设备, 能够实现自动单环、多环和手动定点、扇形等多种布料方式。根据钒钛磁铁矿冶炼特点在设计上选择合理的炉体冷却结构及参数, 设计一代炉役寿命 15~20 年, 在高炉的关键部位采用铜冷却壁, 炉体采用软水密闭循环冷却系统, 同时增加冷却强度, 炉喉钢砖也采用水冷结构, 使高炉本体实现 100% 冷却。炉前出铁采用储铁式主沟, 适当加大渣铁沟坡度, 尽可能缩短渣沟长度同时提高炉前设备的自动化水平, 尽可能地减轻工人的劳动强度。此高炉采用 4 座旋流顶燃式热风炉, 设置辅助换热器预热助燃空气, 满足 1200℃ 高风温的需要。炉渣处理系统按 100% 冲水渣考虑, 在单铁口侧设置一套水渣处理装置, 在两个铁口侧的出铁场设置两套水渣处理装置。同时在出铁场两侧各设置一个干渣坑, 用于短时事放干渣。喷吹系统选择并罐式喷煤系统, 总管加分配器的喷吹方式。高炉正常喷煤量按 120 kg/t HM 设计, 设备能力按 230 kg/t HM 考虑。该高炉自 2006 年 12 月投产以来经济技术指标不断提高, 2016 年提出提产攻关实践活动, 通过原料管理、高炉参数控制以及外围保证等方面制定攻关措施, 使利用系数达到历史最好水平 2.6 t/(d·m³)。表 1、表 2 分别列出 2016 年 5 月与 6 月产量, 提产前 2012 年~2016 年的平均月产铁量如图 1 所示。

Table 1. Output of everyday in May/t
表 1. 5 月份日产量/t

日期	1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	8 日	9 日	10 日	
日产	6299	6382	6543	6497	6290	6404	6259	6403	6357	6433	
日期	11 日	12 日	13 日	14 日	15 日	16 日	17 日	18 日	19 日	20 日	
日产	6400	3133	5409	6223	6319	6393	6486	6448	6366	6441	
日期	21 日	22 日	23 日	24 日	25 日	26 日	27 日	28 日	29 日	30 日	31 日
日产	6472	6472	6617	6533	6509	5143	3000	6350	6466	6429	6168

注：12 日与 27 日短期休风。

Table 2. Output of everyday in June/t
表 2. 6 月份日产量/t

日期	1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	8 日	9 日	10 日
日产	6570	6456	6529	6736	6775	6428	6556	6288	6315	6206
日期	11 日	12 日	13 日	14 日	15 日	16 日	17 日	18 日	19 日	20 日
日产	6045	6177	6163	6208	6131	6138	6431	6049	6063	6539
日期	21 日	22 日	23 日	24 日	25 日	26 日	27 日	28 日	29 日	30 日
日产	6063	6543	5936	5667	6506	6558	6225	6220	6420	6016

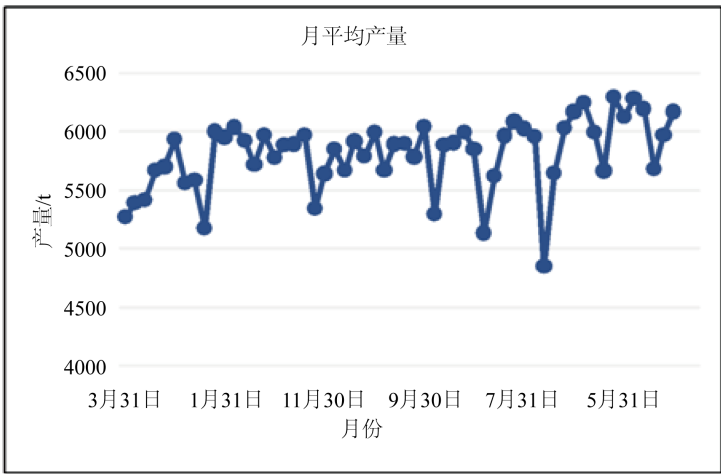


Figure 1. Trend of average month's output
图 1. 月平均产量趋势

2. 提产措施

2.1. 精细化原燃料管理

高炉炼铁的操作方针是以精料为基础[5]，三分操作七分原料，入炉原料的好坏直接影响炉况顺行与否，所以抓炉况顺行要从源头抓起。

2.1.1. 对料仓仓位的管理

仓位的高低直接决定入炉的粉末量，长期的低仓位会导致大量粉末入炉进而影响料柱透气性，从而

影响高炉顺行。在仓位管理方面车间要求工长在接班后两小时内必须完成槽上仓位的监控,并且每班看料两次,避免低仓位烧结矿从高处落下。建立仓位预警模式,始终保持仓位不能低于5'仓。

2.1.2. 对筛底的管理

为减少大量粉末入炉,物料筛底的清理工作必须严格执行。筛底的清理由工长组织,并且每日对高炉返矿量进行统计保证入炉料的质量,减少粉末入炉。同时对入炉机烧进行延伸管理,每日去烧结机查看机烧原矿质量,保证烧结矿质量。

2.1.3. 对焦炭的管理

对于入炉焦炭则去焦炭库查看来货质量以及焦炭库存量,建立货位预警工作,提前采取应对措施;每日对入炉焦炭进行水分监控特别是雨季生产时,水分波动较大时对炉况的顺行不利,必须要提前采取调剂手段。

2.1.4. 对原料质量的管理

对于入炉原料坚持每班查入炉原料的化学分析,重点关注对炉况影响较大的化学成分,对于异常分析采取预防措施;并且建立铁前物料的三级循环,由车间对问题物料进行重新化检做到真正地吃放心料出放心铁。

2.2. 优化高炉主要参数

2.2.1. 大风量操作

大风量是提高冶强的措施之一[6]。在一定条件下,使用大风量能够加快风口前焦炭的燃烧速度、缩短冶炼周期从而提高冶强,以达到提产的目的。但是一味提高风量不配合其它参数使用,容易导致煤气流分布不合理,动能过大中心过吹,压差过高压量关系紧,高炉内料柱透气性差,炉况容易出现难行,严重的会引起较大管道行程,炉顶温度瞬间上升至800℃~1000℃,发生这样的事故就是炉缸焦炭直接吹出造成炉顶设备的损害甚至引起后续除尘布袋的烧毁,进而引起较大损失。因此,操作每一座高炉时都要摸索实践它的最大风量值。最大风量值的确定与很多参数有关,其中最主要的考虑炉腹煤气指数,此指数与原燃料性能有密切关系,与鼓风量、富氧率、湿份、喷煤比都有关系[7]。有学者给出炉腹煤气量与上述参数的表达式:

$$V_{BG} = 1.21V_B + 2V_{O_2} + 44.8W_B(V_B + V_{O_2}) / 18000 + 22.4P_C H / 120$$

式中: V_B ——风量,不包括富氧量, m^3/min ; V_{O_2} ——富氧量, m^3/min ; V_B ——湿份, g/m^3 ; P_C ——喷吹煤粉量, kg/h ; H ——煤粉的含氢量, %。

经过历史生产实践和理论计算确定本高炉的最大风量约为5100 m^3/min 左右。本高炉2016年1~5月份风量使用如图2所示。

2.2.2. 提高富氧

提高富氧是强化冶炼的有效措施之一,富氧率每增加1%,产量提高4.76%。当风中含氧21%~25%,增产3.3%;风中含氧25%~30%,增产3.0%;冶炼铁合金时,由于焦比下降,增产效果增加到5%~7%[8]。可见,提高富氧能显著提高产量。本高炉富氧自2014年以来从6000 m^3/h 逐步提到16,000 m^3/h 后,为提产攻关提供了重要支持。图3为历史上1~5月份除去休风时间富氧率与日产之间的关系,从图3中可以看出富氧率由3.3%提至3.7%,高炉生铁产量由6250 t/d提高至6400 t/d。

2.2.3. 上下部调剂

首先,矿批从70 t扩到74 t甚至75 t,使料速均匀稳定,班料批控制48~48.5批/班,下料均匀是炉

况顺行的基础。矿批扩大之后料制选择以保中心气流适当发展边缘扩大带宽的思路,带宽由原来的 8° 逐步提高到 10° 。在大风量高富氧的情况下,下部风口直径调整 4 个 120 mm 为 130 mm,风口总面积由 0.3394 m^2 扩大到 0.3471 m^2 ,保证风速在 $240\sim 245 \text{ m/s}$,动能 $12,000 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 左右。精心调剂操作,使上部调剂与下部调剂相适应,稳定高炉炉况顺行,为提产攻关创造有利条件[9]。

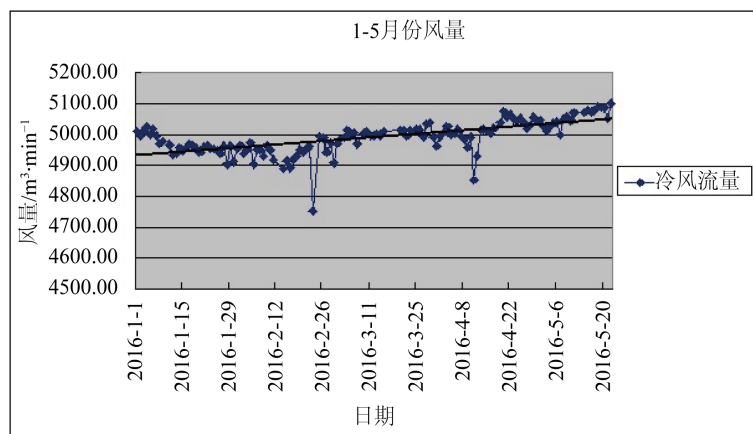


Figure 2. Air volume of BF from 1 to 5 month

图 2. 1~5 月份高炉风量

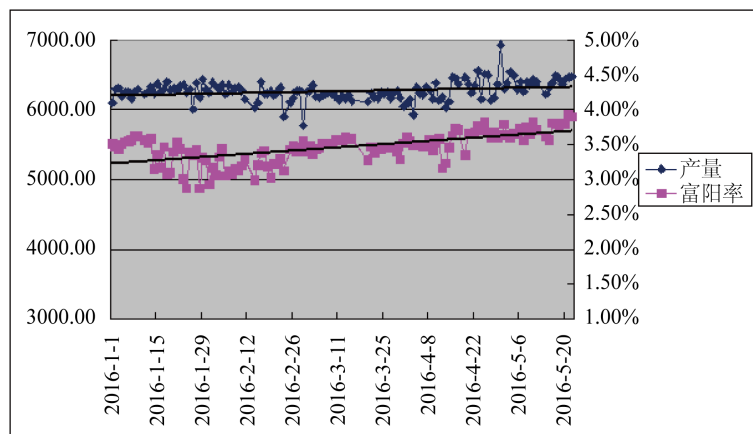


Figure 3. Relationship between oxygen-rich rate and daily yield in January-May 2016

图 3. 2016 年 1~5 月份富氧率与日产的关系

2.2.4. 热制度与造渣的控制

冶炼钒钛磁铁矿采用低硅钛操作思路,大风量高富氧后高炉产量显著提高,为了保证炉况稳定顺行,物理热控制在 $1460^\circ\text{C}\sim 1470^\circ\text{C}$, $[\text{Si} + \text{Ti}]$ 含量控制在 $0.15\%\sim 0.4\%$,并时刻关注理燃、煤气利用、热负荷、入炉原料水分品位变化以及冷却设备漏水情况等影响物理热与化学热的因素,保证充沛的炉缸热量。

从图 4 可以看出:铁水化学热是逐年下降的趋势,控制铁水硅钛含量在 0.3% 左右。对于造渣制度控制二元碱度在 1.18 ± 0.03 ,既保证炼钢对合格生铁质量的要求又保证高炉渣铁良好的流动性,保证高炉内渣铁及时排净,对于高炉顺行起到有利作用;同时,合适的二元碱度也是渣铁有效分离降低铁损的重要方面,为提产攻关起到积极作用。

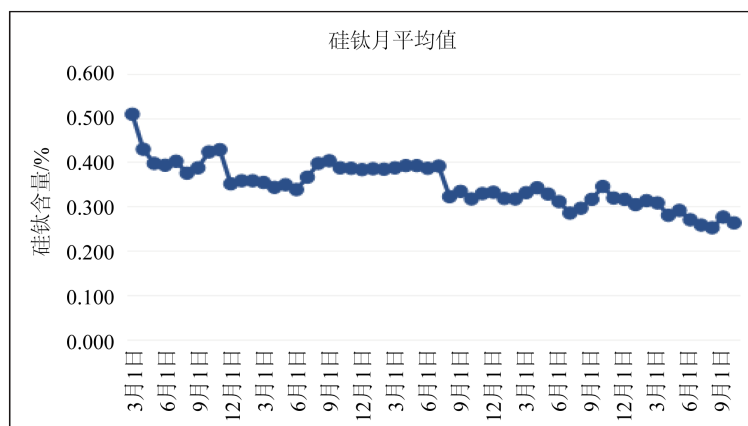


Figure 4. Monthly mean trend of Silicon and Titanium

图 4. 硅钛月平均值趋势

2.3. 出铁组织方面

强化冶炼后高炉产量显著提高, 单位时间内向炉缸内滴落的渣铁物增多这就要求炉内的渣铁能够及时排净, 为下料创造空间, 如果渣铁未及时排净就可能导致憋压现象, 不利于高炉顺行。因此, 在出铁组织上采用适当扩大钻头直径选择合适的铁口深度保证见渣率, 控制铁间隔来保证渣铁及时排出。同时, 严控用于渣铁沟修补原料来源, 保证修补质量, 减少铁沟漏铁事故控制炉前事故发生率, 为提产攻关起到保障作用[10]。

3. 结语

大风量高富氧对于国内外冶炼钒钛磁铁矿来说尚属摸索阶段, 本高炉通过短时间的生产实践, 基本达到了稳定高产的目的, 可以说是走在了前面。高富氧后要实现高炉的稳定顺行, 首先要有强有力外部条件的保障, 外部条件稳定是基础, 这就要求原料来源稳定、成份稳定以保证精料水平; 其次, 炉内参数的控制, 强化冶炼扩矿批的同时要考虑煤气流变化, 下部制度要与上部调剂匹配, 大风量时要保证动能 $12,000 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 左右注意调整风口面积; 最后, 出铁组织要适当, 及时排净渣铁防止憋压现象, 设备运行要稳定, 高富氧后送风装置点检与维护要跟上。

冶炼钒钛磁铁矿采用低硅钛操作思路, 物理热控制在 $1460^\circ\text{C}\sim 1470^\circ\text{C}$, $[\text{Si} + \text{Ti}]$ 含量控制在 $0.15\%\sim 0.4\%$, 造渣制度控制二元碱度在 1.18 ± 0.03 , 合适的二元碱度也是渣铁有效分离降低铁损的重要方面, 为提产攻关起到积极作用。

提高冶炼后产量显著升高, 及时排净渣铁是提冶强的前提。适当选择大口径钻头, 保证见渣率, 防止出现憋压现象。

参考文献

- [1] 赵小兵, 龚红军, 罗剑波. 下塔吉尔钢铁股份公司近况[J]. 钢铁钒钛, 2001, 22(2): 70.
- [2] 杜厚益. 俄罗斯钒工业及其发展前景[J]. 钢铁钒钛, 2001, 22(1): 73-74.
- [3] 杜厚益. 下塔吉尔钢铁公司 6 号高炉工式投产[J]. 钢铁钒钛, 2001(2): 61.
- [4] 李海军. 承钢 2500 m^3 高炉钒钛磁铁矿冶炼新技术[J]. 河北冶金, 2014(8): 42-45.
- [5] 张志刚, 卞坚强. 攀钢高炉入炉原料优化处理控制技术[C]//2010 年全国炼铁生产学术会议暨炼铁年会. 北京: 中国金属学会, 2010: 422.
- [6] 邹永钢, 罗铭, 简云, 等. 提高 10 号高炉利用系数生产实践[J]. 江西冶金, 2012, 32(4): 11.

- [7] 焦刚. 最大风量与高炉冶炼[C]//第九届全国大高炉炼铁学术年会. 唐山: 中国金属学会, 2008: 106-107.
- [8] 王筱留. 钢铁冶金学(炼铁部分) [M]. 冶金工业出版社, 2005.
- [9] 孙国龙, 罗果萍, 郭卓团. 包钢 4 号高炉富氧喷煤强化冶炼实践[J]. 炼铁, 2007, 26(2): 36-36
- [10] 周文胜. 八钢提高 2500 m³ 高炉铁产量的攻关实践[J]. 冶金丛刊, 2011(5): 38-39.