

提高球团矿冶金性能的措施

李向荣

河北鑫达钢铁集团有限公司, 河北 唐山 063000

[摘要]高炉在冶炼过程中, 通过各阶段的还原反应, 脱离出铁料中的氧, 从而生成游离态的金属铁。为确保高炉炉况顺行, 要求球团矿的冶金性能必须良好, 即热强度(即还原后强度)和膨胀率均应满足高炉需求。同时为强化冶炼, 提高炉内透气性, 需要球团矿的软熔温度高、软熔区间窄。因此, 广大球团工作者以高炉需求为导向, 通过在生产实践中不断探索经验, 采取稳定焙烧温度、控制温升速度及焙烧时间、提高氧化气氛、确定合理的生球粒度、减少硫等有害杂质的含量、适当加入MgO、CaO等添加剂, 有效提高了球团矿的冶金性能, 增加了球团矿的附加值, 为高炉的炉况稳定顺行创造了条件。

[关键词]温度; 温升速度; 焙烧时间; 氧化气氛; 添加剂

DOI: 10.33142/ec.v5i4.5837

中图分类号: TF521

文献标识码: A

Measures to Improve the Metallurgical Properties of Pellet

LI Xiangrong

Hebei Xinda Iron & Steel Group Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract: In the smelting process of blast furnace, the oxygen in the tapping material is separated through the reduction reaction in each stage, so as to produce free metal iron. In order to ensure the smooth operation of blast furnace, the metallurgical performance of pellet must be good, that is, the thermal strength (i.e. strength after reduction) and expansion rate should meet the needs of blast furnace. At the same time, in order to strengthen smelting and improve the permeability in the furnace, the soft melting temperature of pellets is high and the soft melting range is narrow. Therefore, the majority of pelletizing workers are guided by the demand of blast furnace. Through continuous exploration of experience in production practice, they take measures to stabilize the roasting temperature, control the temperature rise rate and roasting time, improve the oxidizing atmosphere, determine the reasonable green pellet particle size, reduce the content of sulfur and other harmful impurities, and appropriately add additives such as MgO and Cao, which effectively improve the metallurgical properties of pellets and increase the added value of pellets, so as to create conditions for stable and smooth operation of blast furnace.

Keywords: temperature; temperature rise speed; roasting time; oxidizing atmosphere; additives

引言

随着市场竞争的日益激烈, 钢铁市场的暴利时期已成为过去, 利润空间不断收紧, 特别是严峻的环保形势, 更是增大了钢铁企业在环保设施上的初始投资和运维成本。因此如何降低成本, 提高产品的品质, 有效增加产品的附加值, 成为了钢铁企业是否能够持续生存和良性发展的决定性因素。在铁前成本控制领域, 球团矿作为炼铁的主要原料, 因其冷态强度高、粒度均匀、堆密度大、加工成本低、还原性能好等诸多优势, 使得逐步提高球团矿在炼铁原料中的比例, 甚至全球团冶炼成为高炉炉料结构变化的必然趋势。我国球团矿生产工艺目前形成了圆形竖炉、矩形竖炉、链篦机一回转窑一环冷机、带式焙烧机的交替发展与并存互补的良好格局。特别是近期投产的乐亭河钢集团的带式焙烧机项目生产的球团矿, 有效填补了国内实际球团矿消耗量的缺口, 增加产能接近球团矿年进口量的50%, 加之自熔性球团矿和镁质球团矿生产技术的日趋成熟, 为提高球团矿的入炉比例创造了条件。因此, 必须以炼铁需求为导向, 增强工序服务意识, 有效提高球团矿的

冶金性能, 才是真正落实精益管理的有效举措。

1 合理控制焙烧温度

实际生产过程中总结出的焙烧温度与转鼓强度的对应关系

表1 焙烧温度与转鼓强度的对应关系

焙烧温度(°C)	900	1000	1100	1200	1300
转鼓强度(%)	86.3	88.6	90.66	92.33	94

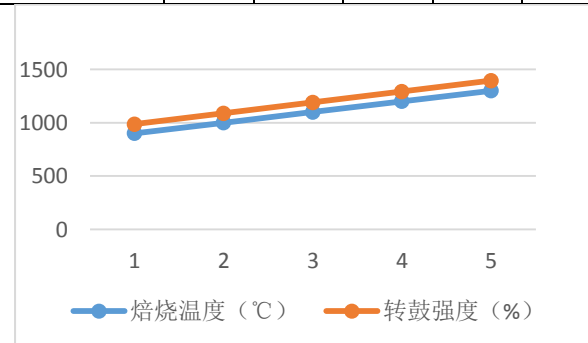


图1 球团矿强度与焙烧温度关系图

从上图 1 可能看出,转鼓强度的上升与焙烧温度的提高存在线性关系,随着焙烧温度的上升,转鼓强度会随之上升。但实际生产过程中,往往存在一个误区,即把焙烧温度等同于燃烧室温度,其实两者有很大不同,球团矿在氧化过程中,存在吸氧放热现象,释放的热量为整个焙烧过程提供了 40%左右的热量,因此燃烧室温度会低于焙烧温度。同时,焙烧温度过高,还会造成炉内结块、能耗过高、耐火材料及炉皮使用周期缩短等后果,所以业内总结出“九百五氧化、一千一不下、一千二长大、一千三不跨”的焙烧温度 γ α 控制规律。

2 控制温升速度及适当延长高温保持时间

球团矿在焙烧过程中的加热速度,对于成品矿的冷热强度和氧化程度有很大影响,当温升速度过快,干燥介质的温度和流速超过合理范围时,可能产生以下两种后果:

(1) 在精矿中 SiO_2 含量超过 8%时, Fe_3O_4 和 FeO 与 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ 会形成低熔点化合物,在球团矿的表层形成液相,使氧化过程无法进行,内部的 Fe_3O_4 在高温下直接被固相固结,在表层与内部球核之间形成空腔。

(2) 干燥过程分为表层汽化和内部扩散,正常两个过程应同步进行,如果温升速度过快,表层汽化过程超过内部扩散过程,则会在球团矿的表层形成干壳,阻碍内部的水蒸汽向外迁移,内部蒸汽压超出球团所能承受的应力时,则会产生爆裂。以上无论哪种后果都是非常严重的,有仅所产生的空腔和裂纹不能在高温焙烧阶段消除,严重影响球团矿的品质,而且还会导致竖炉内部透气性恶化,造成滑塌喷料、甚至结块事故的发生。一般认为,合理的温升范围在 57°C 到 120°C 每分钟之间,具体温度还应结合实验和生产实践来确定。

在焙烧过程的高温保持时间,对于球团矿的强度影响也非常大,球团矿在由 γ - Fe_2O_3 向 α - Fe_2O_3 转变过程中,经由焙烧带带入大量的热,加上自身氧化放热,到达均热带以后,达到最高温度,同时受各种风的干扰又相对较小,在均热带经过高温保持,使固相固结和液相固结基本完成。通常在临界温度以内,高温保持时间越长,球团的抗压强度越高,超过临界值时,则保持不变。各种原料高温保持时间略有不同,但一般在 25 到 45 分钟之间。

3 较强的氧化气氛

表 2 氧化气氛的变化

氧含量	大于 8%	4-8%	1.5-4%	1-1.5%	小于 1
气氛	强氧化气氛	正常氧化气氛	弱氧化气氛	中性气氛	还原性气氛

球团矿焙烧过程中,大多数的磁铁矿需要强氧化气氛,甚至在氧含量超过 12%时,才会形成最充分的氧化和最大的强度。一般来讲,球团矿中的 FeO 含量不得超过 2%,过高的 FeO 含量会造成还原能力下降,降低球团矿的冶金性能,而 FeO 含量超标的主要原因是球团矿未能得到充分

氧化。竖炉为解决炉内氧化气氛不足的缺陷,同时也为了对冷却带回收的热量循环利用,采取了把冷却风通过导风墙炉内短路的方式,把大量的氧气带入了炉内,使干燥带和预热带均形成强氧化气氛,同时,通过边缘效应,有效改善了焙烧及均热带的氧化气氛。

磁铁矿球团矿在焙烧过程中,氧化气氛对球团矿的氧化和强度影响最大,充分的氧化,会使成品矿的堆密度变大、气孔率增大,在高炉内部的还原性能得到有效改善。而对于赤铁矿而言,由于只是单纯的高温固结,没有氧化过程,因此氧化气氛的影响很小,几乎可以忽略不计。

4 适宜的生球粒度及粒级组成

适宜的生球粒度和粒级组成,对于竖炉的炉况顺行、成品球强度提升都具有重要的意义。球团矿本身的导热性能较差,加上赤铁矿没有氧化放热过程,全部热量都是由外部供给,所以球团矿的粒度不宜过大。实践证明,无论是球团矿在竖炉内部焙烧过程的氧化时间,还是在高炉内部的还原时间,均与球团粒度的平方成正比,较大的生球焙烧后,也难以形成高强度的成品矿。一般来讲,过去在内业生球粒度控制统一控制在 8-16mm,但是由于粒度过小的话,会影响竖炉的透气性,导致压力升高,氧化不充分,甚至炉况难行,所以,目前大多数企业提高了球团矿粒度的下限控制标准,生筛间隙控制在 10-16mm。

同时合理的粒级组成也直接影响竖炉的炉况顺行和在高炉内部的还原反应,过大的球团矿强度低,过小的球团矿则透气性差,因此我们希望粒度更均匀一些。虽然业内没有统一规定,但各企业均有内部控制标准,以 12-14mm 占 80%以上的居多。为获取更加均匀的球团矿,我们平时就要从配料的膨润土控制、烘干的水分监测、造球的水料配比、生筛的间隙调整综合入手,来达到粒级组成合格的目的。

5 加入石灰及镁质添加剂

为顺应不断增加球团矿入炉比例的大趋势,我们就要适当提高球团矿的碱度,生产高碱度甚至是自熔性球团矿,迁安燕山钢铁有限公司是较早探索用竖炉法生产碱性球团矿的企业之一,他们是用擂蒙机把石灰破碎成粒度 200 目占 80%以上的石灰细粉,然后用膨润土的备用仓按一定配比加入,标准是成品球团矿的 CaO 含量不低于 2%。虽然在生产上遇到了很多困难,但最终还是探索出了较为成熟的造球和焙烧方法,积累了宝贵的经验。目前,高碱度和自熔性球团矿的批量生产在带式焙烧机工艺上得到了重大突破,形成了较为成熟的工艺流程。

为提高球团矿的冶金性能,提高球团矿在高炉内部的软熔温度、狭窄软熔区间、抑制异常膨胀,同时也为降低竖炉生产过程的结块机率,生产镁质球团矿成为业内的必然趋势。镁质球团矿的生产工艺大致经历了单纯配加轻烧镁粉、轻烧镁粉和膨润土搭配使用、单纯配加镁质添加剂

等三个过程,我公司在生产镁质球团矿上在业内已经走在了前列,目前鑫达钢铁板块的广大竖炉工作者依然在为生生产优质的镁质球团矿而不懈努力。

6 严格控制有害元素

球团矿在控制好 CaO、MgO 等有益元素外,更重要的是必须要严格控制有害元素。球团矿生产过程中首先要在配矿环节严格控制 S 含量, S 在生产过程中除了生成大量 SO₂ 气体, 导致脱硫超负荷运行、增大运行成本甚至发生浆液中毒以外, 还从两方面影响球团生产和成品矿品质: 一是在干燥和预热阶段, 由于 S 与 O 的结合速度要远远大于 Fe₂O₃ 与氧的结合速度, 因此有 90% 以上的 S 在这两个阶段与 O 结合, 迅速释放出大量的 SO₂ 气体, 大量气体的快速外溢, 导致还未完全氧化的球团内部出现很多同心裂纹, 这种层状结构很难在以后的焙烧阶段通过高温消除。从而导致成品球团矿强度降低, 品质下降。另一方面是因为 S 是可燃物, 氧化过程中释放大量的热, 导致低熔点化合物产生液相, 严重时会造成竖恋结块的恶性生产事故, 目前我们铁精粉中 S 含量的内控标准是不超过 0.2%。

球团配矿过程中还要严格控制 TiO₂ 含量, 虽然在高炉炉役后期, 为了延长高炉的使用周期, 在特定时期会配加高钛球团, 进行护炉, 但是如果长期大量的配加高钛料, 势必会造成高炉炉渣粘滞、流动性变差, 进而导致高炉透气性恶化, 炉况难行。因此我们严格控制原料中的 TiO₂ 含量, 目前我们河北鑫达内部控制标准是不超过 0.8%。

7 稳定生产节奏

在同样的焙烧温度下, 如果生球量波动过大, 则球团在竖炉内部“五带”中运动的速度和停留的时间也会不同, 由此导致的后果是料速快时焙烧时间不足、固结效果差, 料速慢时焙烧时间过长、易导致液相充分发展还原性变差, 通俗讲就是生熟混杂现象。

影响生球流量波动的主要靠抓细节工作, 从操作上讲, 要稳定烘干机出料端混合物的水分, 每小时检测, 控制在 7-8% 之间, 防止混合料过干导致生球在造球盘内加水不足、长大困难; 亦要防止混合物料过湿在球盘内形成超大球、造成粒度和强度不可控的后果。在造球环节, 要根据主体对生球的需求量合理下料, 科学配水, 根据粒度随时调整配水量: 粒度变大时要适当减少滴状水, 粒度变小时, 适当加大给水量; 混合料水分过大、生球粒度超过 16mm 时, 应调整造球的变频器, 降低球盘转速, 让大球快速脱离球盘; 当膨润土配比过大或混合物料过干、母球多而长大困难时, 则应该调整变频、加快球盘转速, 或者适量配入雾化水。造球环节对生球的质量控制非常关键且操控上复杂多变, 但终归要本着“滴水成球、雾水长大、无水压实”的基本规律去调整, 不要在调整上盲然, 陷入误区。

另外直径六米的造球机虽然成球效率高, 但是在实际运行过程中, 旋转刮刀的事故率太高, 不仅牵扯了太多的维修精力, 而且会导致造球盘底部粘料不均匀, 影响料流

的正常运行轨迹, 特别是当球盘内粘料突然塌落时, 会造成生球流量的迅速上升, 甚至达到正常料量的两到三倍, 塌料过后又因为盘内的填充率不足, 无法连续抛出生球, 导致生球流量迅速减少。因此, 长期的生产实践中, 我们对把旋转刮刀改为固定刮刀的方案是否可行进行了长期探索, 并取得了较为理想的效果、积累了较为成熟的经验。技改完成以后, 经过多次调整刮刀的角度和单个刮刀的长度, 我们形成了最终的图纸。目前我们使用的固定短刀维修周期从每周一次延长到了每月一次, 且每次维修时间也由两天降为了一天, 生球流量的稳定性得到极大改善。

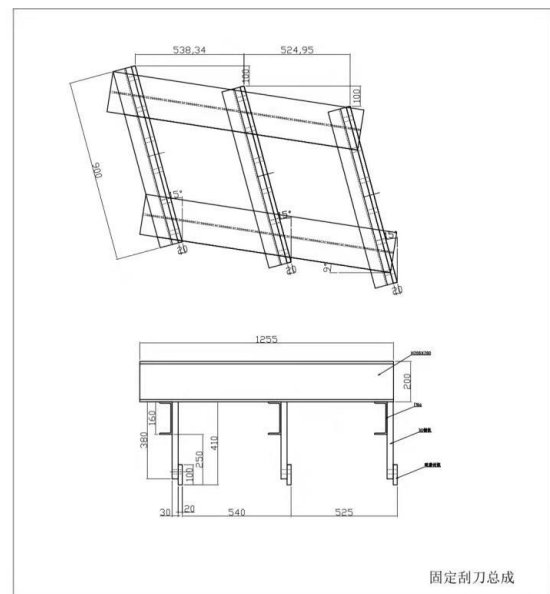
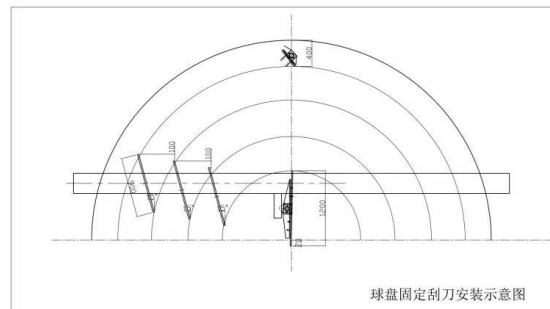


图 2 直径六米造球盘固定刮刀设计安装图纸

8 效益分析

提高球团矿的冶金性能, 不仅可以有效提高球团矿的附加值, 增加球团厂的经济效益, 而且为提高球团矿的在高炉炉料中的入炉比例, 强化高炉冶炼过程, 为炼铁的长期稳定顺行, 具有决定性的意义, 是认真落实精益增效理念的有效举措, 是强化工序服务理念的实际行动, 对企业的稳健发展, 会产生深远的影响。

9 结论

广大球团工作者, 通过提高球团矿的焙烧温度和延长

焙烧时间、合理控制生球粒度和粒级组成、提高竖炉内部的氧化气氛、逐步提高干燥介质的温度和流速、适当配加白灰及镁质添加剂等途径, 不断改善球团矿的冶金性能, 提高球团矿的附加值, 总结出了一套成熟的、有推广价值的生产经验, 必将为提高球团矿的入炉比例和为高炉的高产顺行, 发挥重要的作用。

[参考文献]

[1] 袁尚. 冶金自动化技术的发展现状 [J]. 科技资

讯, 2014(10): 8-9.

[2] 曾波. 自动化技术在冶金行业中的现状和发展趋势 [J]. 山西冶金, 2014(5): 5-7.

[3] 徐志明. 冶金自动化技术现状和发展趋势 [J]. 工程技术(引文版), 2016(5): 6-8.

作者简介: 李向荣(1978.5-)男, 汉族, 大专学历, 现任河北鑫达钢铁原料厂厂长助理职务研究方向: 球力及白灰工艺。