

浅谈碱金属富集对高炉冶炼的影响

丁关根, 吴达登

宝钢湛江钢铁有限公司, 广东 湛江

收稿日期: 2022年1月17日; 录用日期: 2022年2月17日; 发布日期: 2022年2月24日

摘要

碱金属富集对高炉冶炼影响较大,通过分析碱金属在高炉内的行为,对其来源和富集循环机理有所了解,进一步降低碱金属富集对高炉冶炼的影响。高炉内碱金属富集对入炉原燃料有很大的影响,降低高炉内碱金属富集的手段主要有: 1) 降低入炉碱金属负荷是降低高炉内碱金属富集的重要手段; 2) 加强炉渣排碱能力,加强炉内炉温、碱度管理。减少碱金属在炉内的富集程度,可以保障高炉冶炼品质,为降本增效提供保障。

关键词

碱金属, 高炉, 富集

Effect of the Enrichment of Alkali Metal on Blast Furnace Smelting

Guangen Ding, Dadeng Wu

Baosteel Zhanjiang Iron and Steel Co., Ltd., Zhanjiang Guangdong

Received: Jan. 17th, 2022; accepted: Feb. 17th, 2022; published: Feb. 24th, 2022

Abstract

Base metal enrichment has a great impact on blast furnace smelting. By analyzing the behavior of alkali metal in the blast furnace, we have some understanding of its source and enrichment cycle mechanism, and further reduce the impact of alkali metal enrichment on blast furnace smelting. The enrichment of alkali metal in the blast furnace has a great impact on the original fuel in the furnace. The main means to reduce the enrichment of alkali metal in the blast furnace are: 1) Reducing the alkali metal load is an important means to reduce the enrichment of alkali metal in the blast furnace; 2) Strengthening the alkali discharge capacity of slag and strengthening the management of furnace temperature and alkali degree in the furnace. Reducing the enrichment of al-

kali metal in the furnace can guarantee the smelting quality of the impaired blast furnace and provide a guarantee for cost reduction and efficiency increase.

Keywords

Alkaline Metal, Blast Furnace, Enrichment

Copyright © 2022 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

随着高炉冶炼技术不断发展和大量精矿的使用, 目前炼铁技术相较于之前, 炉料结构有所变化, 产量增加和焦比降低, 从高炉生产实际来看, 通过计算过程中的碱金属平衡, 能得出入炉原料中的碱金属含量, 进而了解高炉在碱金属蓄积率和排碱率, 选择出合适的入炉原燃料, 能有效减轻高炉碱负荷, 为了保障高炉冶炼品质, 要结合新背景下高炉生产实际情况, 进一步了解碱金属的富集循环, 采取针对性的改善措施。

2. 碱金属在高炉内的行为

2.1. 碱金属来源

在高炉冶炼生产中, 一般将冶炼 1 t 生铁从炉料带入高炉的碱金属含量称为碱负荷, 炉内碱负荷和高炉利用系数呈较强的负相关关系[1]。高炉中碱金属主要来源于烧结矿、焦炭、煤粉, 碱金属一般以碳酸盐、硅酸盐形式随着燃料进入高炉, 燃料中富含 K、Na 等元素, 不利于保证高炉透气性, 降低了烧结矿的软熔温度。

2.2. 碱金属的富集循环机理

高炉生产过程中投入的烧结矿、焦炭、煤粉等原料中含有碱金属, 碱金属熔点较低, 熔化温度为 800℃~1000℃, 高温区原料中的碱金属, 部分随着炉渣排出, 另一部分被还原, 以金属钾和金属钠的形式存在, 这类金属在高温区发生气化反应并与高炉中其他物质发生反应, 反应产物附着在炉料或者炉墙上, 随着附着物质的增加, 炉墙结瘤, 同时炉衬被破坏严重, 碱金属含量高的情况下, 炉身砖衬一代寿命较低。以 K 为例, 分析其在高炉内进行的反应:



碱金属和砖衬中的 Al_2O_3 、 SiO_2 等反应, 生成多种化合物, 进而造成炉墙变厚, 破坏炉衬。少部分碱金属在高炉生产过程中以单质或化合物形式排出高炉, 还有部分随着炉料下降, 随着温度升高, 碱金属发生氧化反应, 再次被气化, 从而造成碱金属在高炉内的富集循环[2]。在这种循环过程中, 通常会引起高炉冶炼中碱金属投入排出的不平衡[3]。总的来说, 碱金属主要是通过原料进入高炉, 可以从控制碱金属投入数量和排出的碱金属数量来达到碱金属平衡, 减少碱金属对冶炼生产的危害。高温区是碱金属富集的主要区域, 通常存在高炉碳砖和炉底。

3. 碱金属对高炉冶炼的影响

炉料中碱金属除了随着煤气排出和进入炉渣外, 还有一部分富集在炉料表面, 更多被焦炭吸收, 影响料柱透气性, 这类碱金属重新进入低温区, 在高温作用下发生化学反应, 加大了高炉冶炼的难度。

3.1. 碱金属对烧结矿性能的影响

碱金属对烧结矿的还原性能有所影响, 根据还原试验结果, 在烧结矿含碱量相同情况下, 碱度和烧结矿还原度之间呈正相关关系, 通过在烧结矿中添加少量碱金属, 能明显提高烧结矿的还原性能, 产生这一现象的主要原因为碱金属在烧结矿还原反应中起到促进作用, 提高还原效率。另外, 碱金属还会影响烧结矿的粉化率, 低温条件下, 这种影响不够明显, 而随着温度升高, 碱金属含量和粉化率之间的正相关关系更加明显。烧结矿还原产物 Fe_xO 在碱金属影响下, 进一步的还原反应被抑制, 使得烧结矿中 Fe_xO 含量增多, 增大了相界面上的应力, 随着应力增加, 促进烧结矿粉化。通过一系列的还原反应, 含碱化合物中的钾元素与其他元素结合生成新的硅酸盐物质, 粉化率的提高和烧结矿内部结构的变化, 降低了烧结矿强度, 烧结矿强度差增加了焦粉用量, 同时影响高炉还原性, 随着透气性变差, 提高了生产成本。

碱金属富集不严重时, 碱金属对烧结矿的还原反应有催化作用, 减少炉渣中的 FeO 含量, 进一步影响烧结矿的熔融性能, 烧结矿中碱含量较多时, 碱金属和化合物反应, 生成多种低熔点化合物, 使得烧结矿开始软化需要的温度降低, 阻碍 FeO 进入炉渣中, 进而升高烧结矿滴落温度, 实际冶炼时压差升高。

3.2. 碱金属对焦炭性能的影响

高炉中焦炭的榕损发生在炉腰和炉腹处, 根据高炉入炉原料样品分析结果可知, 这部分碱金属含量较多, 加快了焦炭溶损反应。高温条件下, K 、 Na 等元素气化上升, 对焦炭反应有着催化作用, 其中 K 气化后的催化效果更加显著。在碱金属蒸汽影响下, 焦炭反应性随之升高, 反应后强度降低, 是由于碱金属蒸汽反应生成其他化合物, 体积增大后相界面分裂, 焦炭粉化率升高。其他碱金属蒸汽不在焦炭内部发生反应, 对焦炭破坏效果较小。

3.3. 碱金属富集对冶炼的影响

冶炼强度对高炉料柱透气性的要求较高, 当碱金属在高炉内富集循环时, 提高了原料的粉化率, 降低烧结矿和焦炭的强度, 导致料柱透气性较差, 最终降低高炉生产效率[4]。同时碱含量对入炉鼓风量的影响, 使得煤气流分布不稳定, 容易出现炉料崩料、难行、悬料等, 产量降低。由于碱金属富集引起的炉况不顺, 若不及时排出碱金属, 则会进一步恶化造成结瘤。在高炉块状带烧结矿产生还原粉化, 矿石粒度变小, 增加对煤气流的阻碍, 引起气流紊乱。随着碱金属含量增加, 中温区原料粉化率增加, 大大增加气流流过矿层的阻力。

3.4. 碱金属对高炉炉衬的侵蚀

高炉内碱金属的循环富集, 对高炉炉衬有不良影响, 碱金属侵入砖衬, 通常生成多种化合物, 降低砖衬耐火度。气流分布对碱金属在砖衬中的分布有一定影响。

4. 降低碱金属危害的措施

4.1. 减少入炉碱负荷

控制碱金属进入高炉炉内时减轻碱金属对高炉生产的重要手段, 由于烧结矿中碱金属较多, 因此应通过提高烧结矿质量, 降低入炉碱负荷。第一, 尽可能采用含碱低、含硫低的入炉原料, 通过配矿降低

碱负荷; 第二, 选用含碱低、含硫低、反应性好、强度高、颗粒大小均匀的焦炭原料; 第三, 增加 MgO 含量, 可降低碱金属富集危害。MgO 含量增加, 烧结矿熔融温度升高, 并且熔融温度区间较窄, 相较于高碱度烧结矿, 其粉化率较低, 对煤气流分布影响减小, 并能改善料柱透气性。相关资料介绍, 增加 MgO 能降低炉渣中 Na₂O、K₂O 的活度, 提高 S 分配系数, 不仅保证了冶炼质量和生产效率, 还减少炉渣中的碱含量。

4.2. 控制排碱量

炉渣是排渣的主要途径, 而炉渣成分、碱度等对炉渣排碱总量有一定影响。为了增加排碱量, 可降低炉渣的二元碱度。为了提高冶炼质量, 高炉冶炼中对炉渣碱度控制要求较高, 参考已有的研究结论, 炉渣碱度的降低可促进高炉排渣, 使得高炉冶炼处于良好条件下, 提高砖衬使用寿命。碱金属在高炉中发生反应:



碱金属含量越少, SiO₂ 含量越多, 促进碱金属生成化合物, 使碱金属进入炉渣随之排出。另外, 通过控制渣量, 可提高高炉渣排碱能力。入炉燃料中的碱金属超出 80% 随炉渣排出[5], 因此渣量增多能降低高炉冶炼的碱害。还需要根据高炉冶炼实际需求确定渣量范围。

4.3. 提高操作水平

操作的合理性是控制碱金属富集的关键, 应从排出碱金属和预防碱金属富集两方面优化操作制度。从碱金属富集循环机理可知, 炉温高时, 碱金属气化并随煤气流上升, 进而反应生成化合物, 为高炉内碱金属富集提供条件, 因此, 应通过保持偏低炉温来排除碱金属。另外, 渣碱度对碱金属富集影响显著, 炉渣排碱能力和渣碱度呈反相关系。相关数据表明, 渣碱度从 0.8 提高至 1.1, 炉渣排碱从 60.4% 下降到 25.23% [6]。由此可知, 控制渣碱度是降低碱害的有效措施。

5. 结论

高炉内碱金属富集对入炉原燃料有很大的影响, 降低高炉内碱金属富集的手段主要有: 1) 降低入炉碱金属负荷是降低高炉内碱金属富集的重要手段; 2) 加强炉渣排碱能力, 加强炉内炉温、碱度管理。减少碱金属在炉内的富集程度, 可以保障高炉冶炼品质, 为降本增效提供保障。

参考文献

- [1] 王欣, 聂俊, 靳亚涛. 谈碱金属对钒钛磁铁矿高炉冶炼的影响及对策[J]. 冶金管理, 2019(1): 4.
- [2] 陈万福. 济钢高炉排碱排锌技术措施[J]. 山东冶金, 2019, 41(5): 53-54.
- [3] 宋强明, 夏小勇. 浅谈高炉碱金属的日常管理[J]. 冶金管理, 2019(13): 137-138.
- [4] 张勇. 碱金属在高炉冶炼中反应行为的研究[D]: [硕士学位论文]. 焦作: 河北理工学院, 2004.
- [5] 张伟, 王再义, 张立国, 邓伟, 韩子文, 王亮. 高炉中碱金属和锌的循环及危害控制[J]. 鞍钢技术, 2016(6): 9-14.
- [6] 王刚. 碱金属对高炉原料冶金性能的影响[J]. 山西冶金, 2018, 41(5): 17-19.