

doi : 10. 3969/j. issn. 1005 - 3026. 2016. 10. 009

MgO 对铁矿球团矿还原后强度的影响

高强健, 魏 国, 姜 鑫, 沈峰满

(东北大学 冶金学院, 辽宁 沈阳 110819)

摘 要: 在实验室条件下, 研究了 MgO 对铁矿球团矿还原后强度的影响。结果表明: 当 MgO 质熔剂质量分数由 0 增加至 2.0% 时, 铁矿球团矿还原后强度得到提升; 经还原后, 铁矿球团矿的孔径和孔隙度都相应增大, 但相比普通球团矿(MgO 质熔剂质量分数为 0), 含 MgO 球团矿(MgO 质熔剂质量分数为 2.0%) 还原前、后孔径及孔隙度变化幅度相对较小, 孔径分布相对集中; 还原膨胀是决定铁矿球团矿还原后强度的主要因素; 还原膨胀率越低, 铁矿球团矿还原后的强度相对越大。

关键词: MgO; 铁矿球团; 还原强度; 还原膨胀; 孔隙度

中图分类号: TF 521 文献标志码: A 文章编号: 1005 - 3026(2016)10 - 1407 - 04

Effect of MgO on Compressive Strength of Reduced Iron Ore Pellet

GAO Qiang-jian, WEI Guo, JIANG Xin, SHEN Feng-man

(School of Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110819, China. Corresponding author: GAO Qiang-jian, E-mail: gaoqiangjian@163.com)

Abstract: The effect of MgO on compressive strength of the reduced iron ore pellets was investigated in a lab condition. The experimental results showed that with increasing the mass fraction of MgO-bearing flux from 0 to 2.0%, the compressive strength of the reduced pellets increases. In the meantime, the pore size and porosity of the reduced pellets increase as well. However, compared with that of the non-MgO-bearing pellets (i. e., the mass fraction of MgO-bearing flux is 0), the increasing magnitude of the pore size and porosity of the MgO-bearing pellets (the mass fraction of MgO-bearing flux is 2.0%) becomes relatively less and the distribution of pore size is relatively closer before and after reduction. It is found that the reduction swelling is a main factor for governing the compressive strength of the reduced pellets and the reduction compressive strength (RCS) is higher with a lower reduction swelling index(RSI).

Key words: MgO; iron ore pellet; reduction strength; reduction swelling; porosity

现代高炉炼铁, 特别是高炉的大型化, 致使其对炉料质量要求越来越严格^[1]。作为主要的炼铁原料, 酸性球团矿具有常温强度高、粒度均匀、铁品位高等诸多优点^[2-4]。但是, 酸性球团矿的软熔滴落性能相对较差, 因其在炉内过早熔化致使高炉软熔带透气性变差, 不利于高炉冶炼^[5-7]; 此外, 还原膨胀是限制酸性球团大量入炉的又一因素^[8]。为改善酸性球团矿的软熔滴落性能, 可适当添加熔剂。通过添加 CaO 质熔剂生产含 CaO

球团矿, 软熔滴落性能虽得以改善, 但还原膨胀依然明显^[9-11]。而通过添加 MgO 质熔剂生产含 MgO 球团, 既可解决造渣过程 MgO 来源问题, 又可改善酸性球团矿软熔滴落性能, 降低还原膨胀率^[12]。因此, 在高炉冶炼过程中, 利于形成形状合理的软熔带与良好冶金性能的高炉渣, 改善煤气流分布, 继而降低焦比, 保持高炉顺序。在生产中往往只用冷态抗压强度来评价球团矿强度, 而对球团矿还原后强度重视不够。但在高炉内, 高温、

收稿日期: 2015 - 06 - 30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51604069); 国家自然科学基金 - 辽宁联合基金资助项目(U1508213); 中国博士后科学基金资助项目(2016M591445)。

作者简介: 高强健(1987 -), 男, 辽宁阜新, 东北大学师资博士后研究人员; 沈峰满(1958 -), 男, 黑龙江密山人, 东北大学教授, 博士生导师。

高还原势的条件下,铁矿球团强度恶化明显,这对高炉块状带的透气性影响巨大.本文阐述了 MgO 对铁矿球团矿还原后强度的影响,并结合铁矿球团微孔在还原过程中的变化情况,分析了 MgO 对铁矿球团还原后强度的影响原因.

1 试验研究

1.1 原料

原料成分及粒度情况如表 1 所示.由表 1 可

表 1 原料化学成分(质量分数)及粒度组成

Table 1 Chemical composition (mass fraction) and particle size of raw material

矿种	TFe	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O + Na ₂ O	LOI	-74 μm
磁铁矿	66.5	0.14	4.07	0.12	—	1.23	85.32
MgO 质熔剂	—	83.50	5.11	0.92	—	10.3	>90.00
膨润土	1.93	—	60.89	19.65	4.60	12.2	>90.00

1) 铁矿球团还原后强度:按 GB/T13240—91 标准对上述铁矿球团进行还原,试验装置如图 1 所示.依据 ISO4700 标准,对冷却后铁矿球团还原后强度进行检测.其具体方法:每次测定 14 个铁矿球团的抗压强度值后,分别去除两个最大值和两个最小值,求出其余 10 个强度的平均值,记为所测强度.

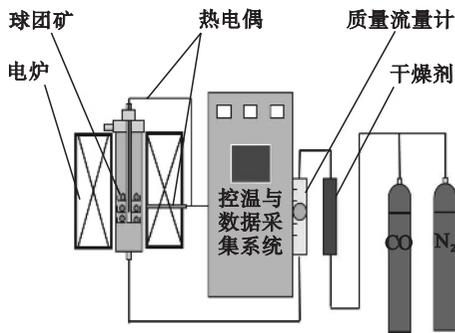


图 1 试验装置

Fig. 1 Experimental equipment

2) 孔隙分布情况:通过 AUTOPORE-9500 压汞仪对还原前、后铁矿球团的孔隙分布进行测试,考察还原前、后球团矿孔隙变化情况.

2 结果与分析

2.1 试验结果

MgO 对铁矿球团还原后强度的影响如图 2 所示.由图 2 可见:随着 MgO 质熔剂质量分数由 0 增至 2.0%,还原后强度由 467 N/球逐渐增至 563 N/球,还原后强度得到改善.

见:几种造球料粒度较细,-74 μm 比例均大于 85%,满足造球的粒度要求;由于 MgO 质熔剂中 MgO 质量分数可达 83.50%,下文以 MgO 质熔剂质量分数来表征球团矿内 MgO 含量.

1.2 试验方法

造球采用圆盘造球机完成,具体参数和方法见文献[3].保证膨润土质量分数不变,逐渐增加 MgO 质熔剂的质量分数:0,0.5%,1.5%及 2.0%,考察 MgO 对铁矿球团还原后强度的影响.

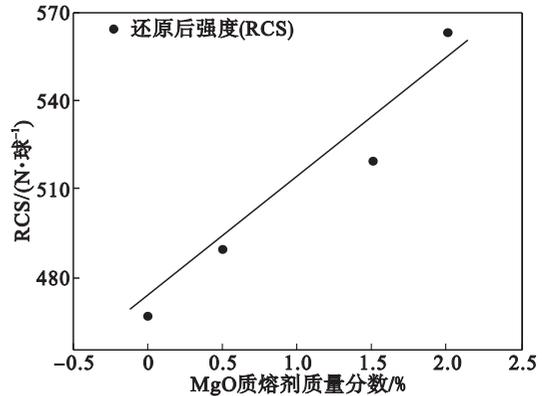


图 2 MgO 对球团还原后强度的影响

Fig. 2 Effect of MgO on reduction compressive strength (RCS) of reduced iron ore pellets

2.2 结果分析

分别对还原前、后 MgO 质熔剂质量分数为 0 的球团矿(普通球团矿)和 MgO 质熔剂质量分数为 2.0% 的球团矿(含 MgO 球团矿)的微孔分布情况进行分析,结果如图 3 所示.对比还原前、后球团矿孔隙度和孔径分布的变化可知:经还原后,两种球团矿的孔隙度及孔径都有所增大.但是,相比普通球团矿,含 MgO 球团矿还原前、后孔隙度和孔径分布变化相对较小,且孔径分布集中(图 3c,3d),孔隙度由 23.73% 增加至 26.64%,增加了 2.91%,孔径由主要集中在 8~20 μm 增加至 15~25 μm;而普通球团矿还原前、后孔隙度及孔径分布变化相对较大(图 3a,3b),孔隙度由 19.78% 增加至 25.29%,增加了 5.51%,还原前孔径分布主要集中在 0~10 μm,还原后球团矿孔径分布非常不集中,不均匀地分布在 0~30 μm 之间.

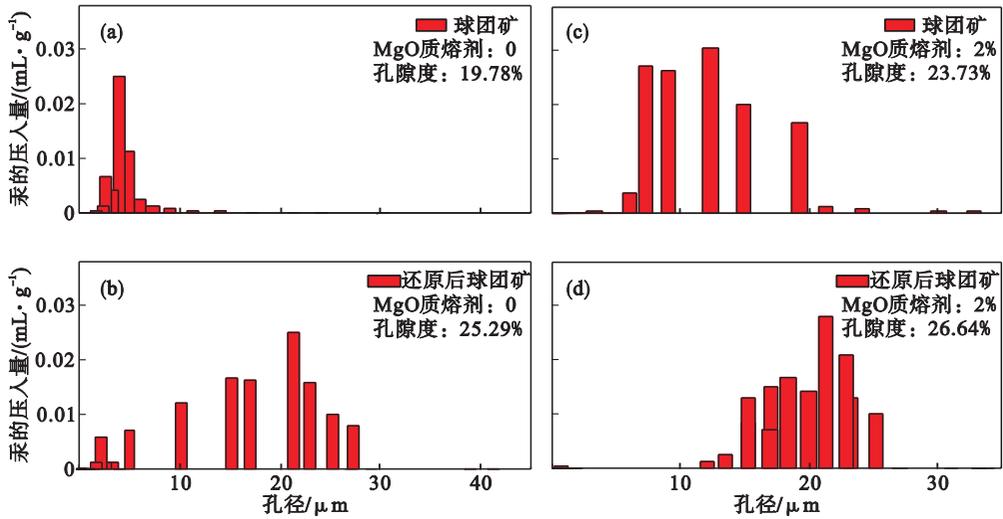


图3 MgO 质熔剂对还原前、后孔隙度及孔径分布的影响

Fig. 3 Effects of MgO-bearing flux on porosity and pore distribution before and after reduction

综上所述 相比普通球团矿,含 MgO 球团矿还原前、后孔径及孔隙度变化幅度相对较小。且由图 3a 3c 可知:球团矿中 MgO 质量分数增加后,球团矿孔隙度及孔径逐渐增大;正是由于 MgO 质量分数增加后球团矿孔隙度及孔径的增大以及还原前、后孔隙度及孔径分布的变化幅度相对较小两个因素的共同作用,使得含 MgO 球团矿在还原过程中,由晶形变化引起的体积膨胀产生的应力得以均匀释放。而普通球团矿本身孔隙度及孔径分布相对较小,且还原前、后孔隙度及孔径增幅较大,孔径分布不集中,这使得还原膨胀产生应力集中,导致球团矿破裂甚至严重粉化。同时,还原后两种球团矿的外貌情况也证明了上述分析。普通球团矿和含 MgO 球团矿还原后表观形貌如图 4 所示。

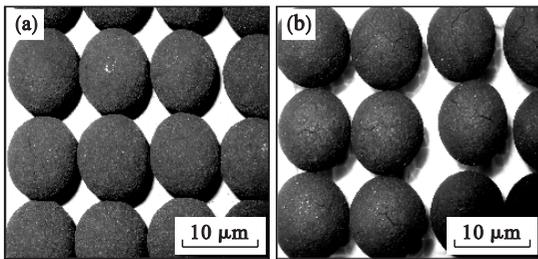


图4 含 MgO 球团矿与普通球团矿还原后表观形貌
Fig. 4 Morphologies of ordinary pellets and MgO fluxed pellets

(a)—2.0% MgO 质熔剂;(b)—无 MgO 质熔剂。

由图 4 可见:虽然两种球团矿都有还原膨胀现象,但相比普通球团矿,含 MgO 球团矿虽有还原膨胀且稍有裂纹,但是球团矿并未完全破裂(图 4a),而普通球团矿则破裂严重(图 4b)。所以添加 MgO 质熔剂后,铁矿球团还原后强度得到

改善,裂纹并不明显。

在本研究条件下,配加 MgO 质熔剂后,球团矿还原膨胀率(RSI)与还原后强度的对应关系如图 5 所示。由图 5 可见:球团矿还原膨胀率越低,其还原后强度越大;当还原膨胀率为 17.59% 时,还原后强度仅为 467 N/球,而还原膨胀率为 10.20% 时,还原后强度则可达 563 N/球。故球团矿还原膨胀率与还原后强度具有直接相关性。

综上所述:随着球团矿中 MgO 质量分数的增加,铁矿球团还原后强度逐渐改善;还原后强度与还原膨胀率具有一定的相关性,还原膨胀率值越低,其对应的还原后强度值相对越大,故抑制球团的还原膨胀,是提高球团矿还原后强度,继而改善高炉上部透气性的有效办法。

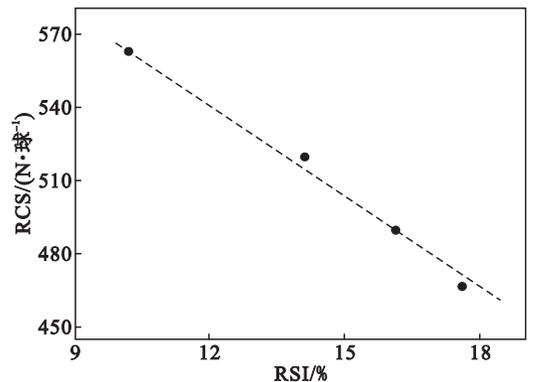


图5 还原膨胀率对还原后强度的影响

Fig. 5 Effect of reduction swelling index on reduction compressive strength (RCS)

3 结 论

1) 随着 MgO 质熔剂质量分数由 0 增加至 (下转第 1431 页)