

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.

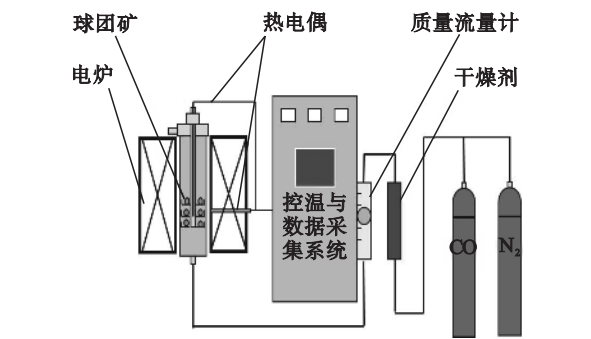


图 1 试验装置

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.

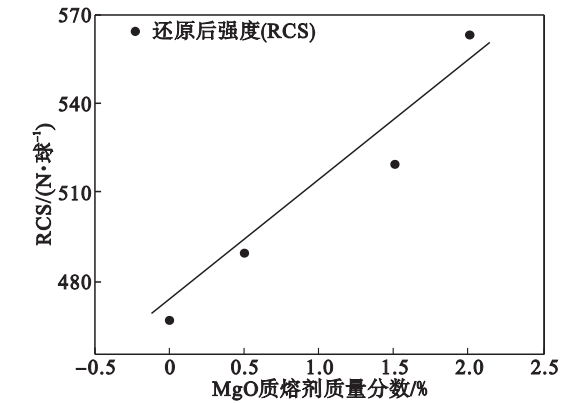


图 2 MgO 对球团还原后强度的影响
Fig. 2 Effect of MgO on reduction compressive strength (RCS) of reduced iron ore pellets

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.

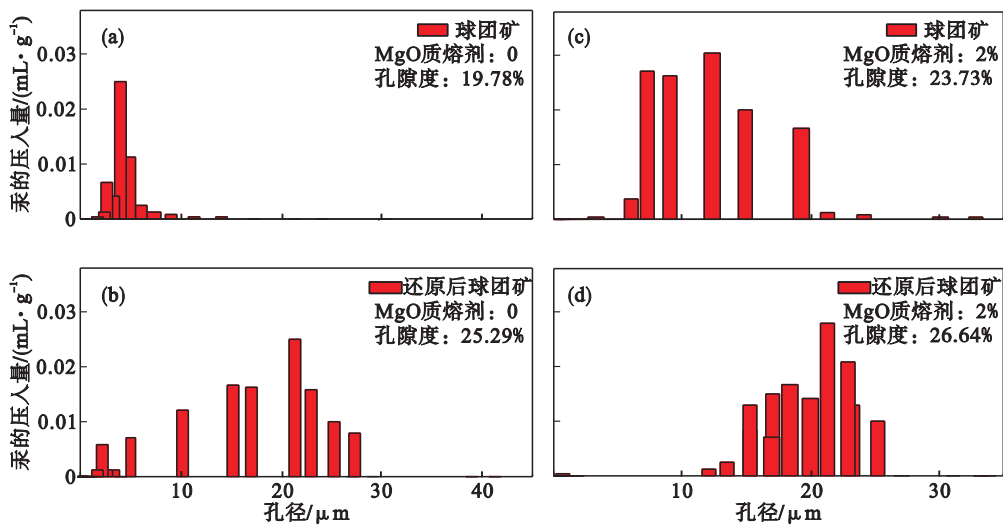


图 3 MgO 质熔剂对还原前、后孔隙度及孔径分布的影响
Fig. 3 Effects of MgO-bearing flux on porosity and pore distribution before and after reduction

综上可知 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.

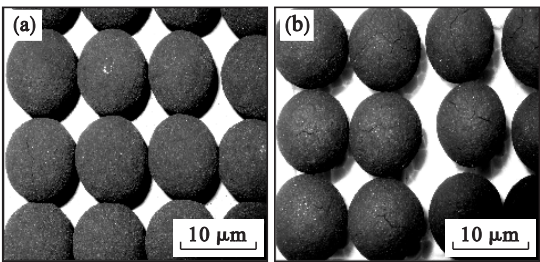


图 4 含 MgO 球团矿与普通球团矿还原后表观形貌
Fig. 4 Morphologies of ordinary pellets and MgO fluxed pellets
(a)—2.0% MgO 质熔剂 ;(b)—无 MgO 质熔剂.

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 :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.

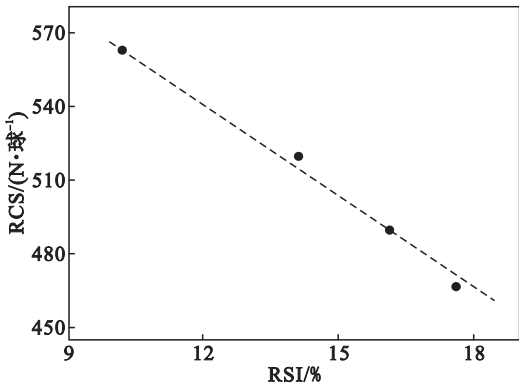


图 5 还原膨胀率对还原后强度的影响
Fig. 5 Effect of reduction swelling index on reduction compressive strength (RCS)

3 结 论

1)随着 MgO 质熔剂质量分数由 0 增加至 (下转第 1431 页)