

不同铝含量烧结矿的矿相组成及对冶金性能的影响

姚娜¹, 兴超¹, 张利武²

(1. 济源职业技术学院, 河南 济源 459000;
2. 山东石横特钢集团有限公司, 山东 肥城 271612)

摘要: 利用矿相显微镜、XRD、SEM 和 EDS 等检测手段进行样品分析, 研究了不同铝含量烧结矿的平衡相组成以及对烧结矿的冶金性能的影响。结果表明: 烧结矿中 Al_2O_3 含量提高时, 铝固溶复合铁酸钙相明显增加, 磁铁矿相和硅酸二钙减少, 铝含量增加使熔化性温度升高, 温度区间变窄, 强度变差, 还原性有所改善。

关键词: 铝含量, 矿相, 冶金性能, 影响

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.05.032

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 05-0143-04

我国大部分进口铁矿石中的铝含量比较高, 大多在 2% 以上, 大量使用它会增加高炉渣的 Al_2O_3 含量, 给冶炼造成一些不利的影响, 此外, 烧结矿中氧化铝含量的增加对烧结矿的强度、还原性能、软熔性能等都会产生影响^[1-2], 要想对高铝烧结矿的冶金性能和冶炼行为, 就必须准确、深入的了解高铝烧结矿的矿相结构。

1 试验

1.1 原料、仪器与设备

试验样品为马鞍山钢铁股份有限公司的烧结矿, 进行配比, 具体成分见表 1。

表 1 原料化学成分

Table1 Chemical composition of raw material /%

编号	TFe	FeO	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃
a	57.8	8.5	9.8	4.7	2.4	1.5
b	56.7	8.5	9.8	4.7	2.4	3.0

仪器与设备: 氧化铝坩埚、压模机、转子流量计、高温炉。

1.2 试验步骤

原料在研钵中混匀 40 min, 以保证原料已充分

混匀, 在压模机中制备成直径 12 mm, 高 10 mm 的试样。每个浓度的试样做两个, 以便后续的检测分析。将试样放入氧化铝坩埚内, 于高温炉中升温至 1340℃, 保温 10 h 后随炉缓慢降温至 100℃左右取出, 整个过程在 N_2 保护下进行。升温时先手动升温至 100℃, 然后自动控温。

2 检测结果及分析

2.1 样品检测结果与表征

样品的 X 射线衍射图谱、矿相显微照片及背散射电子图像分别见图 1~3。

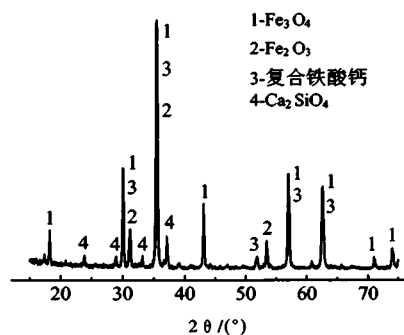


图 1 X 衍射图谱
Fig.1 XRD pattern

收稿日期: 2016-10-04; 改回日期: 2016-11-14

作者简介: 姚娜 (1979-) 女, 硕士研究生, 教师。

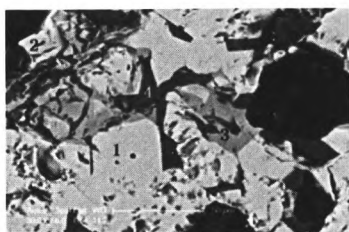


图2 矿相显微镜照片
Fig.2 Phase-microscope observation

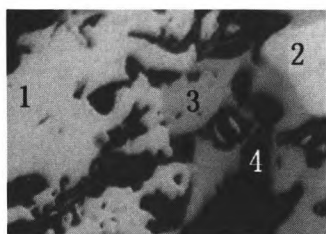


图3 背散射电子像
Fig.3 SEM observation

图1、2为氧化铝含量为1.5%时烧结矿的X衍射分析结果,得出其主要矿物相组成为磁铁矿;以CaO、Fe₂O₃为主的固熔体——铝固溶复合铁酸钙;含有镁的赤铁矿及硅酸二钙。

图2、3分别为氧化铝含量在1.5%时,试样在矿相显微照片与扫描电镜照片,主要含四种矿物相。结合能谱分析,可知“1”为磁铁矿;“2”为含有镁元素的赤铁矿;“3”构成较为复杂,是以含有Ca、Fe为主,并固溶有Al、Si、等元素的铝固溶复合铁酸钙;“4”为含有少量铁元素的硅酸二钙。其中,复合铁酸钙为重要矿物,铝基本赋存于该矿物中。结合能谱分析结果可计算出其化学式为:7.7CaO·13.6Fe₂O₃·Al₂O₃·3.4SiO₂。

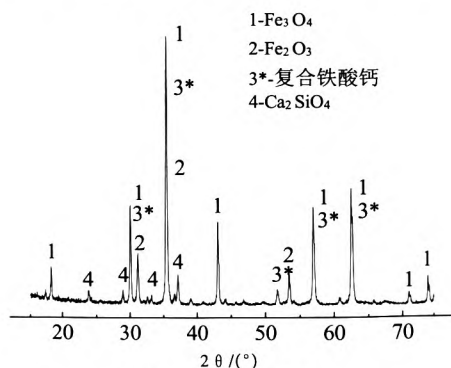


图4 X衍射图谱
Fig.4 XRD pattern

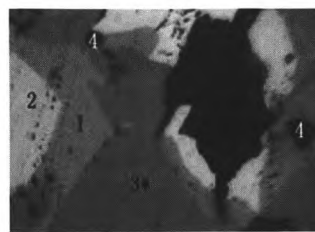


图5 矿相显微镜照片
Fig.5 Phase-microscope observation

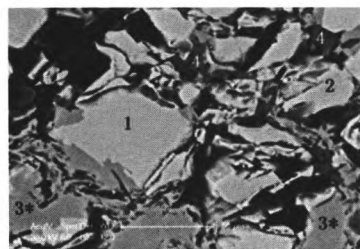


图6 背散射电子像
Fig.6 SEM observation

图4为氧化铝含量在3.0%烧结矿的X衍射分析结果,烧结矿中主要矿物相是磁铁矿;以CaO、Fe₂O₃为主的固熔体——铝固溶复合铁酸钙;含有镁的赤铁矿及硅酸二钙,相应的显微镜检测与电镜分析结果见图5、6。

将氧化铝含量在3.0%时试样分别进行镜像统计分析与光电子能谱分析,并与图1、2对比分析,发现:铝含量增加后,试样中矿物相的种类没有发现明显改变,但各物相的相对比例变化较大,而且主要矿物相铝固溶复合铁酸钙的化学组成变化较大。主要有:(1)磁铁矿“1”含量明显降低;(2)铝固溶复合铁酸钙相“3*”则大幅度增加,并且所有铝组分包括增加的部分几乎全部赋存其中;

(3)赤铁矿“2”及硅酸二钙“4”相对量变化较小。结合能谱分析结果可计算出其化学式为4.8CaO·11.4Fe₂O₃·Al₂O₃·2SiO₂。

2.2 烧结矿铝含量增加对其软融性能的影响

铝固溶铁酸钙为高碱度烧结矿的主要粘结相,为低熔点相,由于其含量随着铝含量的增加而大幅增加,所以高铝条件下低熔点粘结相含量较大。同时,铁酸钙的软融温度随着其铁钙比的增加而增加,铝固溶铁酸钙中铁钙比随Al₂O₃含量升高的变化见图7。

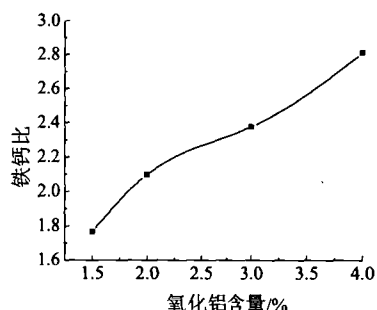


图7 铝固溶复合铁酸钙中铁钙比随氧化铝含量变化曲线
Fig.7 Curve of wAl/wSi of SFCA vs Al_2O_3 content

由图7可知,铝固溶复合铁酸钙中的铁钙比随着 Al_2O_3 含量的升高而增加,所以其熔化温度也随之增加,加之其含量也增加,这就导致高铝烧结矿中的低熔点粘结相总体含量较高而开始熔化温度也升高,即软融区间低而窄。

另外,铁酸钙固溶了 Al_2O_3 和 SiO_2 成为铝固溶复合铁酸钙后其熔点发生了变化,当 Al_2O_3 和 SiO_2 含量各为3%时,其熔点到达最低点。当氧化铝含量为1.5%时,烧结矿中铝固溶复合铁酸钙含 Al_2O_3 百分比为3.5%,并且随着其含量的增加而增加,所以铝固溶复合铁酸钙的熔点随着铝含量的增加而升高。

2.3 烧结矿铝含量增加对其强度的影响

烧结配矿时 Al_2O_3 的提高有利于复合铁酸钙的生成,所以高铝矿烧结同现今所提倡的烧结工艺能够是吻合的。但是随着铝含量的增加,在铝固溶复合铁酸钙含量大幅增加的同时其熔化温度由于铁钙比及铝含量的增加而升高。由于其作为烧结矿的主要粘结相,应保持其液相充分生成,所以在保证原有烧结工艺不变的前提下,应适当增加配碳量,以保证适当的烧结温度,使铝固溶复合铁酸钙充分发挥粘结相的作用。

另外,当 Al_2O_3 含量达到3%以上时,铝固溶复合铁酸钙在烧结矿中的含量已达到43%,已经成为烧结矿的主要矿物相,其本身的强度同磁铁矿、磁铁矿、硅酸钙相比较差,另外,由于其含量的提高带来的熔化性温度的提高不利于液相的生成,在实际烧结过程中,如果控制不好将会生成大量的强度更差的玻璃体,更加恶化烧结矿强

度。

所以适当添加一定量的 Al_2O_3 (大约2%左右)有利于粘结相的生成,能够提高烧结矿的强度,但是当提高到铝固溶复合铁酸钙成为主要矿物相时,将对烧结矿的强度不利。

2.4 烧结矿铝含量增加对其还原性能的影响

随着烧结矿中铝固溶复合铁酸钙的含量大幅度升高,磁铁矿则大幅下降,赤铁矿和铁橄榄石的变化量较小。另外,由于铝固溶复合铁酸钙的铁酸钙的还原性能同其含铁量成正比,而铝固溶复合铁酸钙中铁钙比随着Al含量的提高而升高,所以仅仅从矿物相的分析看,还原性应该随着 Al_2O_3 含量的增加而提高。

烧结矿的还原性能不但与矿相组成有关,烧结矿的气孔率同其还原性能成正比,因为只有足够的气孔率才能保证还原性气体CO同含铁矿物充分接触。资料显示,在以铁酸钙体系为主的液相开始形成时,其能够很快通过结合水分解产生的大裂缝,渗入褐铁矿颗粒中,高速同化这些颗粒,形成许多大孔,并封闭了烧结料层液相带的空隙,造成烧结矿还原性能变差。随着烧结矿中 Al_2O_3 含量的增加,褐铁矿配比不断提高,致使这种封闭空隙现象也增加,烧结矿还原性逐步下降。而当 Al_2O_3 含量上升至2.0%以上时,液相粘度因 Al_2O_3 含量增加而增加,流动性恶化,形成了大量开放式气孔,因此烧结矿还原性变好。

此外,复合铁酸钙的还原性还与其形貌有关,一般来讲,针状晶优于柱状晶,更优于斑状晶。在平衡态时,磁铁矿同复合铁酸钙形成溶蚀结构,在实际的烧结过程中,容易形成针状铁酸钙,有利于其还原性能的提高。

3 结 语

(1) 烧结矿中 Al_2O_3 含量提高时,其大部进入铝固溶复合铁酸钙相并导致该矿物明显增加。该物相的化学组成可由 Al_2O_3 含量在1.5%时的 $7.7\text{CaO} \cdot 13.6\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3.4\text{SiO}_2$ 转变为 Al_2O_3 含

量在 3.0% 时的 $4.8\text{CaO} \cdot 11.4\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$;
磁铁矿相和硅酸二钙会随 Al_2O_3 含量提高而减少。

(2) 烧结矿冶金性能随铝含量的改变发生了较大变化, 主要有熔化性温度升高, 温度区间变窄, 强度变差, 还原性有所改善, 这些主要是由于铝固溶复合铁酸钙含量的升高及成分的改变所致。

参考文献:

- [1] 王喆, 张建良. Al_2O_3 质量分数对高碱度烧结矿软熔滴落性能影响 [J]. 钢铁. 2015(07)
- [2] 周传典. 高炉炼铁生产技术设计手册 [M]. 1 版. 北京: 冶金工业出版社, 2002.

Mineral phase composition of different Al content sinter and its influence on metallurgical properties

Yao Na¹, Xing Chao¹, Zhang Liwu²

(1. Jiyuan Vocational and Technical College, Jiyuan, Henan, China; 2. Shandong Shiheng Special Steel Group Co., Ltd., Feicheng, Shandong, China)

Abstract: The sample analyses was carried out by means of mineral phase microscopy, XRD, SEM and EDS. The equilibrium phase composition of different Al content sinter and the metallurgical properties of sintered ore were studied. Results show that when the content of Al_2O_3 in the sinter increases, the aluminum solid solution composite calcium ferrite phase increases obviously, decalcium silicate phase and magnetite content decrease, the increase of aluminum content causing the melting temperature increase, the temperature interval narrows, the intensity becomes poor, the reduction property is improved.

Keywords: Al content; Mineral phase; Metallurgical properties; Influence

////////////////////////////////////
(上接 142 页)

Research on the centrifugal fiber formation of molten slags and tensile deformation of fiber

Zhang Zunqian, Xing Hongwei, Zhang Yuzhu

(College of Metallurgy and Energy, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: In the past few years, the preparation of slag fibre using melt fiberization method has become a new way to effectively utilize resources. The research on metallurgical slag is generally based on Newtonian fluid. However, due to changes in temperature and other factors, the slag exhibits the characteristics of shear-thinning non-Newtonian fluid, and the fiberization process of molten slag experienced a transition from Newtonian fluid to non-Newtonian fluid. In this paper, the mechanism of centrifugal fiber-forming is studied. The equation of the wavelength of the most unstable disturbance in the rotating atomization equipment is presented, and the fiberization process of molten slag was studied experimentally through centrifugal method. With reference to the influence of shear thinning characteristics on fluid jet, the effects of shear-thinning characteristics and strain rate on the fiber drawing stage are analyzed, which provided a way for further research on the fiberization mechanism of molten slag.

Keywords: Molten slag; Fiberization mechanism; Non-Newtonian fluid; Shear-thinning