

不同类型烧结矿随碱度变化的矿相结构研究

刘丽娜^{1,2} 韩秀丽^{1,2} 刘磊^{1,2}

(1.华北理工大学矿业工程学院,河北唐山 063009;2.河北省矿业开发与安全技术实验室,河北唐山 063009)

摘要:采用偏光显微镜对不同碱度不同类型烧结矿矿相结构进行系统研究。结果表明:磁铁矿型及赤铁矿型烧结矿金属相为磁铁矿及赤铁矿,而含钛型烧结矿出现钙钛矿;不同类型烧结矿黏结相均为铁酸钙、硅酸二钙及玻璃质。随碱度的增加,不同类型烧结矿金属相含量降低,黏结相含量增加,且铁酸钙含量增加明显;显微结构逐渐均匀化,磁铁矿型及赤铁矿型烧结矿由斑状结构过渡为交织熔蚀结构,钒钛型烧结矿由钛磁铁矿及钙钛矿共同分布结构过渡为熔蚀结构。

关键词:不同类型烧结矿;碱度;矿物组成;显微结构

中图分类号:TF046.4 文献标志码:A 文章编号:1004-7638(2017)02-0112-04

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2017.02.019

Study on Texture of Sinter with Different Basicity

Liu Lina^{1,2}, Han Xiuli^{1,2}, Liu Lei^{1,2}

(1.College of Mining Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan 063009, Hebei, China; 2. Mining Development and Safety Technology Key Lab of Heibe Province, Tangshan 063009, Hebei, China)

Abstract: The texture of sinter with different basicity had been investigated by means of polarization microscope. The result shows that the metal phase of the sinter with hematite ore and magnetite ore is magnetite and hematite, but the hydrotitanite appears in the sinter with vanadium titano-magnetite ore, the binder phase of the sinter with different sintering raw material is calcium ferrite, dicalcium silicate and glassy. With the basicity of sinter increasing, the content of the metal phase is increased and the binder phase is reduced, the texture is uniform gradually with different sinter, the texture of sinter with hematite ore and magnetite ore is porphyric to erosion interleaving structure, and the sinter with vanadium titano-magnetite ore is magnetite and metaperovskite distribution together to resorption texture.

Key words: sinter of different iron ore, Basicity, mineral composition, texture

0 引言

碱度是烧结生产过程中最重要的控制参数,既对烧结矿的冶金性能有重要影响,又与高炉炼铁的经济及技术指标有直接关系^[1-2]。而烧结矿矿物组成及显微结构是影响烧结矿质量及冶金性能的关键

因素^[3],故研究碱度与烧结矿矿相结构之间的关系对改善烧结矿冶金性能有重要意义。目前,许多冶金学者对烧结矿碱度及矿相结构研究较多,但多是针对某一类型或某一钢厂烧结矿进行研究,对不同类型高碱度烧结矿矿相结构缺乏横向对比,对碱度与烧结矿矿相结构之间的关系缺乏通性研究。笔者

收稿日期:2016-11-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(U1360106,51574105),河北省自然科学基金资助项目(E2016209299)。

作者简介:刘丽娜(1978—),女,河北博野人,副教授,主要从事工艺矿物学研究;通讯作者:韩秀丽(1966—),女,河北高阳人,教授,主要从事应用矿物学研究,E-mail:hanxl1965@126.com。

从工艺矿物学角度出发,对不同碱度不同类型(磁铁矿型、赤铁矿型、含钛型)烧结矿矿相结构进行了对比分析,揭示了高碱度烧结矿矿相结构特征,旨在为提高烧结矿质量提供理论依据。

1 试验方案

试验所用烧结原料分别取自唐山钢铁有限公司(磁铁矿型)、唐钢司家营钢铁基地(赤铁矿型)、承德钢铁有限公司(含钛型)不同类型铁精粉化学成分如表 1 所示。调节烧结矿二元碱度(R_2)分别为 1.7、1.9、2.1 利用烧结杯制成不同碱度不同类型烧结矿,选取有代表性的烧结矿制成光薄片,利用德国蔡司研究型偏/反两用偏光显微镜(ZESS Axioskop40)对烧结矿进行矿物组成及显微结构分析,考察碱度对不同类型烧结矿矿相结构的影响,探讨高碱度不同类型烧结矿矿相结构的通性。

表 1 烧结用铁原料化学成分
Table 1 The chemical components of iron concentrates for sinter %

原料名称	TFe	SiO ₂	CaO	MgO	烧损
磁铁矿精粉	66.87	5.65	0.8	0.60	0.5
赤铁矿精粉	64.11	6.12	0.37	0.09	1.50
钒钛磁铁矿精粉	62.03	3.4	0.8	1.51	0.5

2 试验结果与分析

2.1 不同碱度烧结矿矿物组成

采用目估法在偏光显微镜下对烧结矿矿物组成进行定量分析,不同类型、不同碱度烧结矿矿物组成如图 1~3 所示。

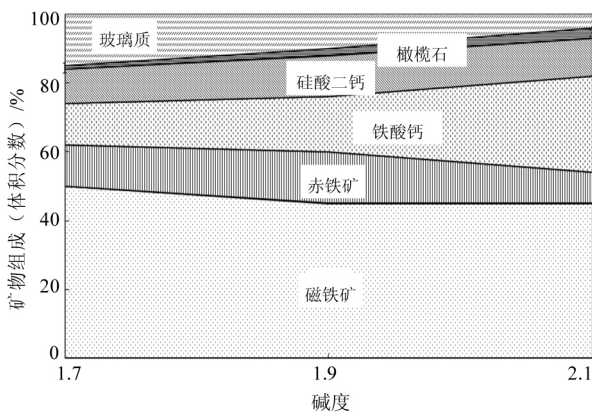


图 1 不同碱度磁铁矿型烧结矿矿物组成
Fig.1 Mineral components of magnetite sinter with different basicity

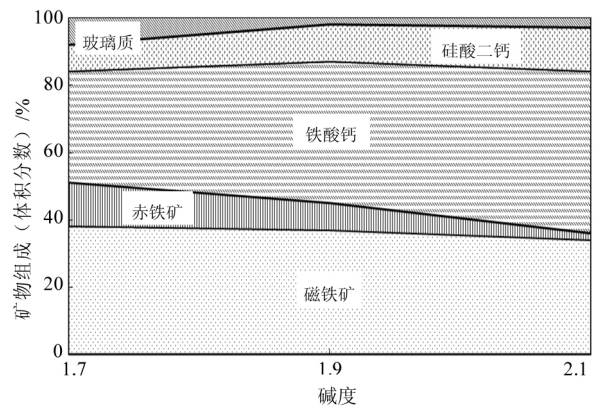


图 2 不同碱度赤铁矿型烧结矿矿物组成
Fig.2 Mineral components of hematite sinter with different basicity

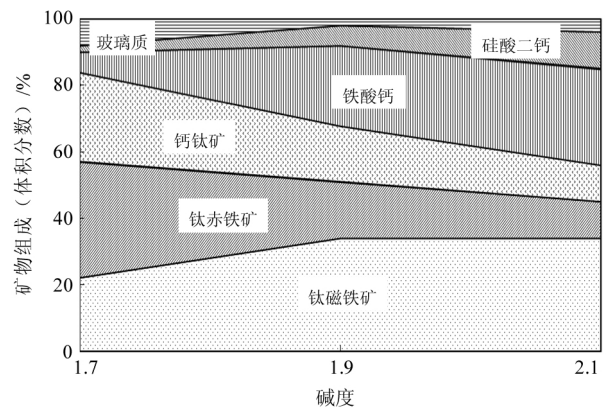


图 3 不同碱度含钛型烧结矿矿物组成
Fig.3 Mineral components of titanium-containing sinter with different basicity

由图 1~3 可以看出,不同碱度磁铁矿型及赤铁矿型烧结矿矿物组成区别不大,且碱度对两者矿物组成的影响规律一致。烧结矿金属相为磁铁矿、赤铁矿,黏结相为铁酸钙、硅酸二钙及玻璃质,磁铁矿型中出现少量橄榄石。随碱度的增加,烧结矿中磁铁矿及赤铁矿含量略有降低,铁酸钙含量明显增加,玻璃质含量减少。两者烧结矿不同之处为磁铁矿型中金属相含量相对较多,而黏结相含量相对较少,尤其铁酸钙含量明显低于赤铁矿型烧结矿。铁酸钙可在固相中形成^[4],故赤铁矿型烧结矿中铁酸钙含量较高。

含钛型烧结矿与磁铁矿型及赤铁矿型烧结矿矿物组成有所不同,金属相为钛磁铁矿、钛赤铁矿及钙钛矿,黏结相为铁酸钙、硅酸二钙及玻璃质。随碱度的增加,烧结矿中金属相含量有所降低,但

钛磁铁矿含量增加,而钛赤铁矿含量降低;铁酸钙及硅酸二钙含量增加,而玻璃质含量降低。由反应式 $\text{CaO} + \text{TiO}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$ (其中 $\Delta G = -19\ 100 - 0.8T$) 及 $\text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (其中 $\Delta G = -1\ 700 - 1.15T$) 可知,在烧结温度范围内,钙钛矿比铁酸钙的生成趋势大得多,故含钛型烧结矿中

出现较多的钙钛矿。钙钛矿在烧结矿中不起黏结作用,相反有消弱铁氧化物的连晶作用^[4],钒钛烧结矿中应适当提高碱度,降低钙钛矿的形成,有利于改善烧结矿强度。

2.2 不同碱度烧结矿显微结构

图4分别给出了偏光显微镜下不同碱度不同类型烧结矿中具有代表性的显微结构照片。

灰白色-磁铁矿;白色-赤铁矿;浅灰色-钙钛矿;蓝灰色-铁酸钙;黑色-硅酸二钙、气孔;暗灰色-玻璃质
a 磁铁矿型烧结矿; b 赤铁矿型烧结矿; c 含钛型烧结矿

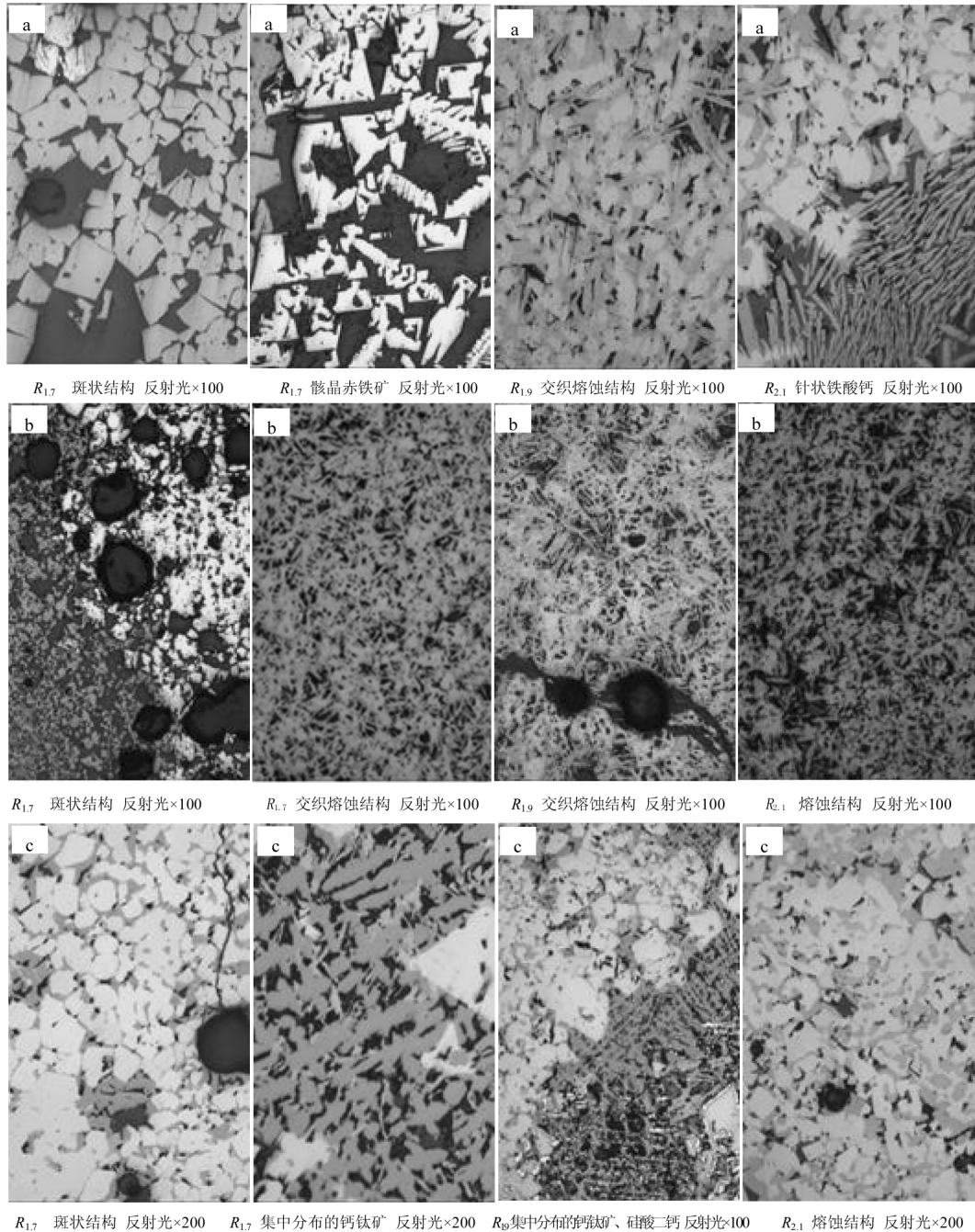


图4 不同碱度不同类型烧结矿显微结构照片
Fig.4 Textures of different sinters with different basicity

由图 4 可以看出, 不同碱度条件下磁铁矿型及赤铁矿型烧结矿显微结构相似, 碱度为 1.7 时, 两者类型烧结矿显微结构不均匀且主要为斑状结构, 部分熔蚀结构, 磁铁矿主要呈他形晶-自形晶, 赤铁矿主要为他形粒状, 局部呈骸晶状, 铁酸钙主要呈他形晶、针状。随碱度的增加, 烧结矿显微结构逐渐均匀化, 且逐步过渡为交织熔蚀结构, 磁铁矿主要过渡为他形晶, 铁酸钙过渡到针状。磁铁矿型及赤铁矿型烧结矿显微结构的主要区别是赤铁矿型烧结矿中磁铁矿粒度较细, 且铁酸钙主要呈针状, 而磁铁矿型烧结矿磁铁矿粒度较粗, 铁酸钙主要呈他形晶。

含钛型烧结矿与磁铁矿型及赤铁矿型烧结矿显微结构区别较大, 碱度为 1.7 时, 含钛型烧结矿结构不均匀, 主要表现为磁铁矿与钙钛矿共同分布, 其间被少量硅酸二钙胶结, 部分为熔蚀结构; 钛磁铁矿主要呈半自形晶-自形晶, 钛赤铁矿多呈骸晶状及磁铁矿反应边, 钙钛矿主要呈他形晶分布于磁铁矿晶粒间, 局部呈树枝状集中分布, 铁酸钙主要为他形晶及柱状。随碱度的增加, 烧结矿显微结构逐渐均匀且过渡到熔蚀结构, 主要表现为磁铁矿与钙钛矿共同被铁酸钙胶结形成熔蚀结构, 磁铁矿主要过渡到他形晶, 赤铁矿主要过渡到他形粒状, 铁酸钙过渡到柱状。

由以上分析可知, 随碱度的增加, 不同类型烧结矿中铁酸钙含量均有所增加, 显微结构逐渐过渡为

由针状、柱状铁酸钙胶结磁铁矿形成的交织熔蚀结构或熔蚀结构, 这种结构具有较好的强度及还原性能。不同类型烧结矿中骸晶赤铁矿减少, 粒状赤铁矿增加, 说明随碱度的增加, 烧结矿低温还原粉化性能逐渐得到改善。故随碱度的增加, 不同类型烧结矿的冶金性能均得到不同程度的提高。而对于同一碱度不同类型烧结矿, 赤铁矿型烧结矿中磁铁矿粒度细小且铁酸钙多为针状, 这种结构更有利于烧结矿的还原性能, 而钒钛型烧结矿中因含有大量的钙钛矿导致在三种类型烧结矿中其冶金性能最差。

3 结论

1) 不同碱度不同类型烧结矿金属相略有区别, 磁铁矿型及赤铁矿型烧结矿为磁铁矿及赤铁矿, 而含钛型烧结矿为钛磁铁矿、钛赤铁矿及钙钛矿; 三者烧结矿黏结相相同, 为铁酸钙、硅酸二钙及玻璃质。

2) 随碱度的增加, 不同类型烧结矿金属相含量均有所降低, 而黏结相含量增加, 且铁酸钙含量增加明显。

3) 随碱度的增加, 不同类型烧结矿显微结构逐渐均匀化, 磁铁矿型及赤铁矿型烧结矿由斑状结构过渡为交织熔蚀结构, 铁酸钙由他形晶过渡为针状。钒钛型烧结矿由钛磁铁矿及钙钛矿共同分布结构过渡为熔蚀结构, 铁酸钙由他形晶过渡到柱状。

参考文献

- [1] Wang Wenshan, Lü Qing, Li Fumin, *et al.* Influence of basicity on sinter strength and sintering process of vanadium-titanium magnetite [J]. *Sintering and Pelletizing*, 2006, 31(5): 11-14.
(王文山, 吕庆, 李福民, 等. 碱度对钒钛烧结矿强度和烧结过程的影响 [J]. *烧结球团*, 2006, 31(5): 11-14.)
- [2] Guo Xingmin, Zhu Li, Li Qiang, *et al.* Mineralogical composition and microstructure of high basicity sinters [J]. *Iron and Steel*, 2007, 42(1): 17-19.
(郭兴敏, 朱利, 李强, 等. 高碱度烧结矿的矿物组成与矿相结构特征 [J]. *钢铁*, 2007, 42(1): 17-19.)
- [3] Liu Lina, Han Xiuli, Li Changcun, *et al.* Influence of basicity on microstructure of sinter made of Sijaying ore [J]. *Iron and Steel*, 2011, 46(10): 7-10.
(刘丽娜, 韩秀丽, 李昌存, 等. 碱度对司家营铁矿粉烧结矿矿相结构的影响 [J]. *钢铁*, 2011, 46(10): 7-10.)
- [4] Ren Yunfu. *Petrographic of steel metallurgy* [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1982: 179-202.
(任允芙. *钢铁冶金岩相学* [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1982: 179-202.)

编辑 余文华