

加拿大精粉的烧结性能研究

孟利建, 董复明, 刘金涛, 田铁磊, 张硕

(华北理工大学冶金与能源学院 河北省现代冶金技术重点实验室, 河北 唐山 063009)

摘要: 针对一种非主流粉 - 加拿大精粉的烧结性能进行了研究。研究表明, 加拿大精粉的同化性高, 流动性指数较好, 粘结相强度较高, 可以与适量的 PB 粉进行互相替代。以此为基础对加拿大精粉的配矿方案进行了烧结杯实验, 结果表明, 烧结配加 10% 左右的加拿大精粉后, 烧结指标良好。

关键词: 加拿大精粉; 烧结; 冶金性能

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2021.01.022

中图分类号: TD989 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2021) 01-0130-04

随着钢铁产能的过剩, 钢铁企业市场面临着严峻考验, 如何增强企业的竞争力, 提高企业的盈利能力及降低生产成本就显得尤为重要, 而降本增效的关键在于烧结原料成本, 一般原料成本占烧结矿成本的 80% 左右^[1]。因此, 为了降低烧结成本, 优化烧结配矿结构, 同时也为了拓展铁矿石资源配置, 应提高性价比比较高的非主流矿使用比例。

非主流矿一般具有粒度不均匀且偏细, 有害元素多, 吸水性差等特点^[2], 尤其是加拿大精粉亲水性弱、制粒差。因此, 应确定合理配比, 以降低配加加拿大精粉带来的不利影响。鉴于此, 本试验开展了不同配比的加拿大精粉对烧结工艺参数及烧结矿冶金性能的影响研究, 确定了加拿大精粉适宜配比, 同时也为钢铁企业大规模使用加拿大精粉奠定理论基础。

1 原料及方法

采用 TSJ-2 型红外线快速高温炉主要用于研究加拿大粉的烧结基础特性, 分析加拿大粉的同化性能、流动性能及粘结性强度; 通过烧结杯实验

分析了配加不同比例的加拿大粉对烧结工艺参数及烧结矿冶金性能的影响。

烧结基础特性实验及烧结杯实验所用原燃料均取自唐山某厂, 含铁原料有巴西块粉、PB 粉 (澳大利亚皮尔巴拉混合矿) 及加拿大精粉等, 它们的化学成分见表 1。

表 1 烧结用原料化学成分 /%

Table 1 Chemical composition of the raw materials for sintering

名称	水分	TFe	FeO	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
巴西块粉	5.32	58.88	0.90	0.53	0.24	8.25	2.45
PB 粉	10.13	61.34	1.28	0.06	0.07	3.90	2.27
加拿大精粉	2.74	65.89	10.81	0.35	0.38	4.75	0.22
巴西混合粉	6.76	63.65	0.36	0.05	0.12	4.99	1.31
返矿粉	0.45	53.98	6.85	10.71	2.91	6.23	2.44
钢渣精粉	10.00	69.72	-	9.28	2.40	3.88	1.17
无烟煤	8.16	-	-	0.52	0.13	6.53	2.95
石灰石	-	-	-	40.00	5.11	3.32	-
白灰	-	-	-	80.40	0.00	3.37	2.50
白云石	-	-	-	30.22	20.99	2.17	-

烧结基础特性实验测定方法: 将铁矿粉和纯试剂 CaO 分别制成不同直径的小饼, 放入实验炉内升温烧结测定同化温度; 把 PB 粉和加拿大精粉分别和纯试剂 CaO 混合, 使两者的碱度为 4, 然后在温度 1250℃ 时进行了流动性检测; 把 PB 粉和加

收稿日期: 2019-10-15; 改回日期: 2019-11-16

作者简介: 孟利建 (1997-), 男, 学生, 研究方向为冶金节能及资源综合利用技术研究。

通讯作者: 田铁磊 (1984-), 男, 讲师, 博士研究生, 主要从事冶金节能及资源综合利用方面的研究。

拿大精粉分别和纯试剂 CaO 混合，使两者的碱度为 2，然后在温度 1280℃ 时进行了粘结相强度检测。

固定巴西块粉、巴西混合粉、返矿粉及钢渣精粉的配加比例，用白灰调整烧结矿碱度，用白云石调整 MgO 含量，用 PB 粉、加拿大精粉来调整配比。烧结实验配比计算结果见表 2。

表 2 烧结实验配比 / %
Table 2 Ratio of sintering test

名称	加拿大精粉 5%	加拿大精粉 10%	加拿大精粉 15%	加拿大精粉 20%
巴西混合粉	35	35	35	35
PB 粉	32	27	22	17
加拿大精粉	5	10	15	20
返矿粉	4	4	4	4
巴西块返粉	5	5	5	5
钢渣精粉	3	3	3	3
无烟煤	6	6	6	6
白灰粉	5.3	5.7	6	6
石灰石粉	2	2	2	2
白云石粉	6.8	6.2	5.7	5.7

2 结果与讨论

2.1 烧结基础特性

在实验室对加拿大精粉进行了同化温度、流动性指数及黏结相强度测定，实验结果见表 3。

表 3 铁矿粉烧结基础特性结果

Table 3 Sintering basic characteristics results of iron ore powder

送样号	同化温度 /℃	流动性指数	粘结相强度 /kN
加拿大精粉	1320	1.37	6.00
PB 粉	1220	0.13	3.35

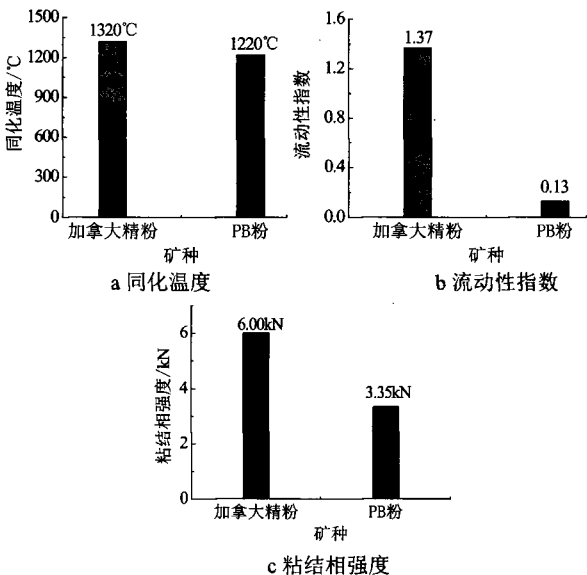


图 1 加拿大精粉及 PB 粉的烧结基础特性

Fig. 1 Sintering base characteristics of Canadian fine powder and PB powder

由图 1 (a) 可知，加拿大精粉较 PB 粉同化温度高，说明加拿大精粉的矿化能力差，在相同的配碳条件下适当替代部分的 PB 粉将会降低液相量，从而降低烧结矿强度。因此，配加加拿大精粉后，应适当增加配碳量。

由图 1 (b) 可知，加拿大精粉的流动性较好，说明配加适量的加拿大精粉能够提高粘结物料的能力，从而增强烧结矿的强度，但添加量过多，将会导致黏结相厚度变薄，造成烧结矿薄壁大孔的结构^[3]，反而恶化烧结矿强度。

由图 1 (c) 可知，加拿大精粉的粘度相强度较高，即使用加拿大精粉替代 PB 粉能够明显改善烧结矿性能。

综上所述，使用加拿大精粉替代部分的 PB 粉后，应适当增加配碳量，以弥补同化温度高造成液相量低的不利影响。

2.2 烧结实验

烧结实验结果见表 4、表 5。

表 4 烧结杯实验结果
Table 4 Sintering cup test results

名称	转鼓指数 /%	烧结速度 / (mmmin ⁻¹)	成品率 /%	烧损 /%	混合料水分 /%
加拿大精粉 5%	61.47	21.68	77.56	13.0	7.4
加拿大精粉 10%	63.60	21.76	79.65	12.8	7.8
加拿大精粉 15%	60.20	21.74	76.67	12.7	8.0
加拿大精粉 20%	58.69	21.64	75.23	12.6	7.9

表 5 烧结矿冶金性能指标测定结果
Table 5 Determination results of metallurgical properties of sintering

名称	低温还原粉化 /%				还原	荷重软化 /℃		
	RDI+6.3	RDI+3.15	RDI-0.5	RI/%	RVI /min ⁻¹	T _{10%}	T _{40%}	Δ T
加拿大精粉 5%	32.9	66.1	11.0	72.8	0.43	1203	1307	104
加拿大精粉 10%	39.4	71.2	9.1	68.6	0.39	1204	1306	102
加拿大精粉 15%	33.1	67.1	10.5	66.0	0.36	1206	1306	100
加拿大精粉 20%	30.6	63.3	12.1	63.4	0.33	1208	1305	97

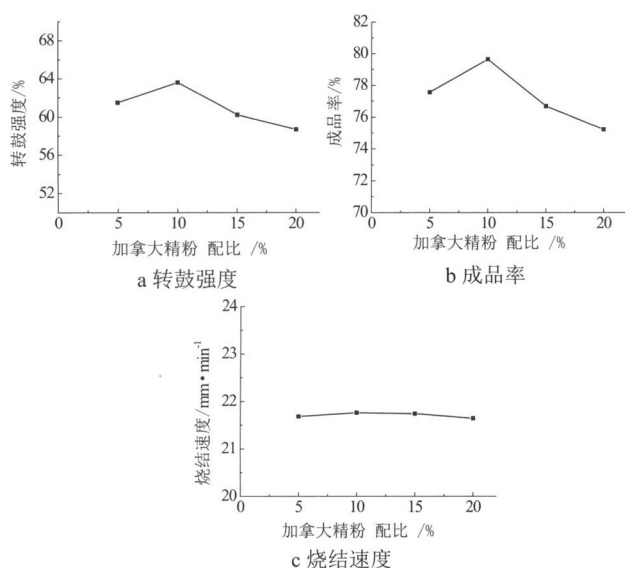


图 2 加拿大精粉对烧结工艺参数的影响

Fig. 2 Effect of Canadian fine powder on sintering process parameters

由图 2 可知, 随着加拿大精粉配比的提高, 烧结矿的转鼓强度及成品率先增加后降低, 并在加拿大精粉配比为 10% 左右时, 烧结矿的转鼓强度及成品率达到较佳值。主要是因为加拿大精粉同化温度高, 改善了由于 PB 粉配加过量导致的烧结料过熔的现象^[4], 从而提高了烧结矿质量; 但进一步提高后, 由于液相量过少, 造成铁矿粉之间的固结强度变差, 从而降低了烧结矿质量。

由图 2 (c) 可知, 配加加拿大精粉后, 烧结速度变化不大, 基本上稳定在 21.70 mm/min 左右。

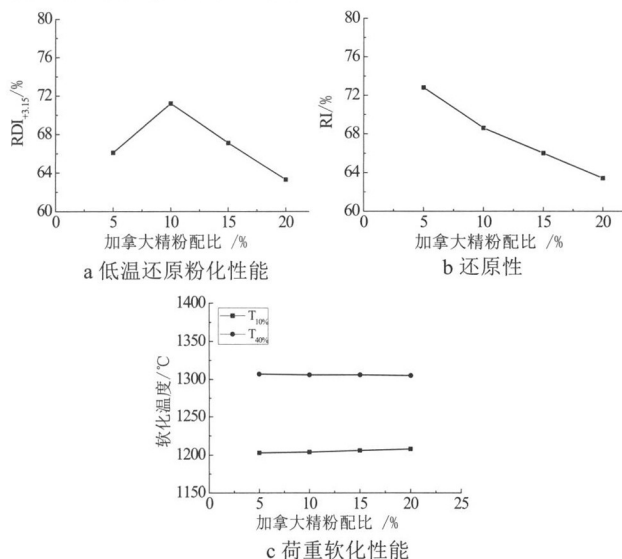


图 3 加拿大精粉对烧结矿冶金性能的影响

Fig.3 Effect of Canadian fine powder on metallurgical properties of sintering

由图 3 (a) 可知, 随着加拿大精粉配比增加, 烧结矿低温还原粉化性能先提高后降低; 主要是因为 PB 粉的降低, 使烧结矿中 Fe_2O_3 含量降低, 从而减少了由于 Fe_2O_3 在还原过程中晶型转变导致粉化的几率, 进而改善了低温还原粉化性能, 但是进一步提高, 低温还原粉化性能又逐渐变差, 主要是因为粘结相降低, 导致烧结料颗粒之间连接强度变差, 造成低温还原粉化性能降低。

由图 3 (b) 可知, 随着加拿大精粉配比增加, 烧结矿还原性能逐渐降低; 主要是因为易还原的 Fe_2O_3 含量降低, 从而使还原性能变差。

由图 3 (c) 可知, 随着加拿大精粉配比增加, 烧结矿软化开始温度有改善的趋势, 但是变化幅度不大。

总体而言, 加拿大精粉替代 PB 粉 10% 时, 其冶金性能优良, 满足入炉条件。

2.3 显微结构分析

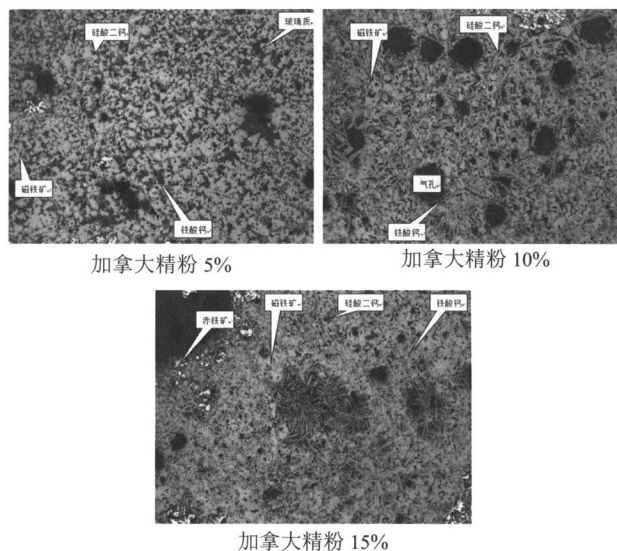


图 4 加拿大精粉对烧结矿微观结构的影响

Fig. 4 Effect of Canadian fine powder on the microstructure of sintering

随着加拿大精粉配比的提高, 粘结相中铁酸钙含量为先增加后降低趋势, 并在加拿大精粉配比为 10% 时, 达到最多; 而硅酸二钙含量先降低后升高, 进而使得烧结矿强度有变差趋势。矿相结构以交织熔蚀结构为主, 并随加拿大精粉配比提高,

局部开始呈斑状结构、斑状-粒状结构、粒状结构等，矿相结构越复杂越不利于烧结矿强度改善。

3 结 论

(1) 加拿大精粉的同化温度偏高，流动性指数较高，粘结相强度较高。综合烧结基础特性指标考虑，加拿大精粉能够替代部分PB粉，但不能过量，否则将会造成液相量降低。

(2) 随着加拿大精粉配比的提高，烧结矿的转鼓强度及成品率先增加后降低，并在加拿大精粉配比为10%左右时，烧结矿的转鼓强度及成品率达到较佳值。配加加拿大精粉后，烧结速度变化不大，基本稳定在21.70 mm/min左右。随着加拿大精粉配加量提高，烧结矿的低温还原粉化性能先升高后降低，而还原性能逐渐恶化，而烧结矿软化开始温度有改善的趋势，但是变化幅度不大。

(3) 随着加拿大精粉配比的提高，粘结相中铁酸钙含量为先增加后降低趋势，并在加拿大精粉配比为10%时，达到最大值，且矿相结构均以交织熔蚀结构为主。随加拿大精粉配比提高，烧结矿的局部结构开始呈斑状结构、斑状-粒状结构、

粒状结构。综合试验结果，加拿大精粉的配加量应控制在10%左右。

参考文献：

- [1] 王艳军, 韩伟刚, 贾玉千, 等. 非主流矿在唐钢烧结生产上的应用[J]. 冶金能源, 2013, 32(6): 30-32.
WANG Y J, HAN W G, JIA Y Q, et al. Application of non-mainstream mine in sintering production of Tanggang [J]. Metallurgical Energy, 2013, 32 (6) : 30-32.
- [2] 张建, 秦玉杰. 非主流矿在炼铁厂降成本过程中的应用[J]. 山西冶金, 2016(6): 68-70.
ZHANG J, QIN Y J. Application of Non-mainstream mines in the process of cost reduction in iron works [J]. Shanxi Metallurgy, 2016 (6) : 68-70.
- [3] 肖志新, 刘洪华, 薛正良, 等. 细粒级铁矿粉对烧结液相和矿结构的影响[J]. 钢铁研究学报, 2015, 27(5): 18-24.
XIAO Z X, LIU H H, XUE Z L, et al. Influence of fine grade iron ore powder on sinter liquid phase and ore structure [J]. Journal of Steel Research, 2015, 27 (5) : 18-24.
- [4] 吴胜利, 刘宇, 杜建新, 等. 铁矿粉与CaO同化能力的试验研究[J]. 北京科技大学学报, 2002, 24(3), 258-261.
WU S L, LIU Y, DU J X, et al. Experimental study on the assimilation ability of Iron ore powder and CaO [J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2002, 24 (3), 258-261.

Experimental study on Canada Iron Ore Fines Sintering

Meng Lijian, Dong Fuming, Liu Jintao, Tian Tielei, Zhang Shuo

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

Abstract: The sintering properties of a non-mainstream powder - Canada fine powder were studied. The results showed that Canadian fine powder had the characteristics of high assimilability, good fluidity index and high bonding strength, and could be substituted with PB powder.

On this basis, the sintering cup test was carried on proportioning scheme of Canada iron ore fines, whose results showed that the sintering with addition of 10% of Canada iron ore fines is good.

Keywords: Canada iron ore fines; Sintering; Metallurgical properties