包钢烧结配加巴西IOC6矿粉试验研究*

付国伟

(内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010)

摘 要: IOC6矿粉具有颗粒致密、在烧结过程中不易产生液相的特点,与白云鄂博铁精矿在烧结过程易形成液相的特性形成了配矿的互补关系。通过试验研究,在大比例白云鄂博铁精矿配比条件下,包钢烧结配加10% IOC6矿粉替代PB粉矿可改善包钢烧结产质量指标。

关键词: 白云鄂博铁精矿; 烧结; IOC6矿粉

中图分类号: TF046.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)06-0025-05

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.06.008

Experimental Study on Adding Brazilian IOC6 Mineral Powder in Sintering of Baotou Steel

Fu Guo-wei

(*Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: IOC6 mineral powder is with such characteristics as dense particles and difficult to produce liquid phase during sintering. It forms a complementary relationship with the characteristics of iron concentrate of Bayan Obo that it is easy to form liquid phase during sintering process. The experimental research showed that the production and quality indicators of sintering of Baotou Steel could be improved by adding 10% IOC6 mineral powder instead of PB powder with a large proportion of iron concentrate of Bayan Obo.

Key words: iron concentrate of Bayan Obo; sinter; IOC6 mineral powder

包钢炼铁生产以白云鄂博铁精矿为主要含铁原料,与国内其他钢铁企业使用的炼铁原料相比较,具有一定的特殊性[1],其特殊性主要表现在:铁矿同时含有钾、钠、氟等有害元素,且SiO_2多以复杂硅酸盐形态存在,其铁精矿嵌布粒度较细,熔融区间较宽。白云鄂博铁精矿用于烧结会恶化烧结料层透气性及烧结矿性能[2]。

IOC6矿粉矿产自巴西,是巴西淡水河谷铁矿公司生产的一种铁矿粉。本文针对IOC6矿粉颗粒致密、在烧结不易产生液相的特点,在大比例白云鄂博铁精矿配比条件下,进行了巴西IOC6矿粉替换澳大利亚PB粉的烧结杯试验研究,试验研究结果可为包钢应用巴西IOC6矿粉提供技术支持。

1 试验用铁料的性能

1.1 含铁原料的化学成分

试验用含铁原料除IOC6铁矿粉外,其他3种铁料均为包钢烧结生产实际所用,主要有白云鄂博铁精矿和由澳大利亚进口的PB粉矿和FMG混合粉矿,其化学成分见表1。

* 收稿日期:2020-10-09

作者简介:付国伟(1986-),男,内蒙古包头市人,硕士,工程师,现从事炼铁原料研究工作。

表1 试验用含铁原料的化学成分及烧损(质量分数) %

铁矿种类	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	P	S	K_2O	Na_2O	Al_2O_3	I_g
白云鄂博铁精矿	66.46	28.83	0.92	1.74	0.83	0.064	1.030	0.133	0.116	0.12	1.74
PB粉矿	60.46	<0.50	0.02	3.93	0.12	0.102	0.028	0.014	0.018	2.41	5.80
FMG混合粉矿	58.15	<0.50	0.03	5.72	0.06	0.083	0.036	0.014	<0.010	2.51	7.45
IOC6矿粉	60.32	1.17	0.16	5.01	0.06	0.062	0.053	0.147	0.115	2.20	3.91

由表1可知,与PB粉矿相比,IOC6矿粉除品位较PB粉矿低0.14个百分点外,其SiO_2含量较高,较PB粉矿高1.08个百分点,且P、Al_2O_3含量均低于PB粉矿,因此从化学成分上看,用IOC6矿粉替代PB粉矿,不仅有利于补充包钢烧结使用自产白云鄂博铁精矿由于SiO_2含量低需配加高硅铁矿粉的生产现状,还有利于降低烧结矿P、Al_2O_3含量。

1.2 粒度组成

试验所用3种粉矿的粒度组成见表2。

表2 试验用粉矿的粒度组成(质量分数) %

铁矿种类	>10 mm	10~7 mm	7~5 mm	5~3 mm	3~1 mm	<1 mm	<3 mm
PB粉矿	3.96	10.06	13.06	18.14	13.96	40.83	54.79
FMG混合粉矿	6.81	11.99	12.71	20.15	20.81	27.53	48.34
IOC6矿粉	4.65	6.52	9.48	17.45	20.66	41.23	61.89

由表2可知,从粒度组成上看,IOC6矿粉的粒度比PB粉矿细,其中小于3 mm粒级占比差异较大,而小于1 mm粒级占比差异较小。小于3 mm粒级占比为61.89%,较PB粉矿高7.1个百分点;小于1 mm粒级占比为41.23%,较PB粉矿高0.4个百分点。

1.3 IOC6矿粉的显微结构

通过显微观察发现,IOC6矿粉主要由赤铁矿、磁铁矿、少量褐铁矿和脉石矿物构成,赤铁矿和磁铁矿数量相当,褐铁矿少量。磁铁矿被赤铁矿部分交代形成半假象赤铁矿(图1),或呈岛状残留在赤铁矿中(图2)。局部可以看到孔隙发育的赤铁矿,且有局部赤铁矿、褐铁矿、孔隙定向分布,形成宏观可见的纹理。该铁矿石还可见包含有褐铁矿、赤铁矿微粒的脉石矿物。因此,IOC6铁矿粉属磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿混合型铁矿石。

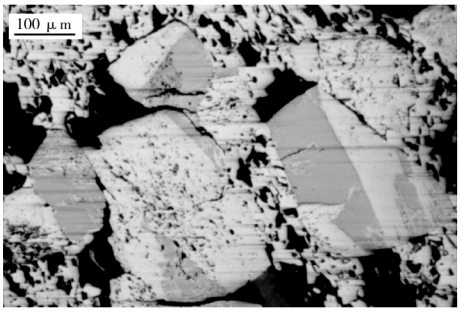


图1 半假象赤铁矿

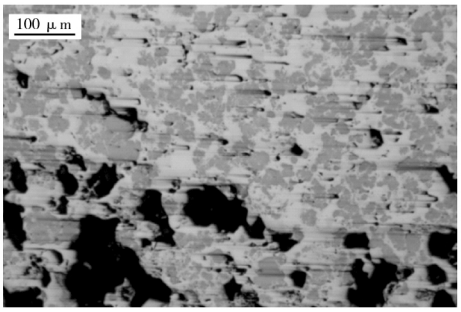


图2 磁铁矿被赤铁矿交代残留

1.4 IOC6矿粉与PB粉矿的表面结构对比

IOC6矿粉颗粒表面结构如图3所示,PB粉矿颗粒表面结构如图4所示。

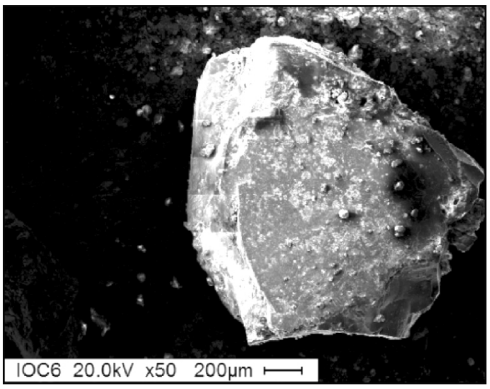


图3 IOC6粉矿的颗粒表面结构

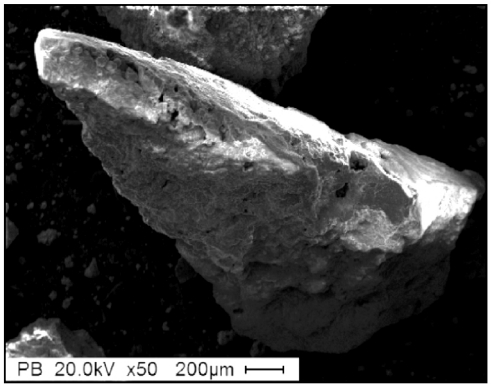


图 4　PB 粉矿的颗粒表面结构

由图 3、图 4 可见，PB 粉矿的颗粒表面孔洞较多，结构疏松，说明 PB 粉矿在烧结过程易进行矿化反应生成液相且在烧结过程残余的大颗粒（烧结矿核颗粒）结构疏松、强度差；与 PB 粉矿颗粒表面结构相比，IOC6 矿粉颗粒表面孔隙率低，表面结构非常致密，说明 IOC6 矿粉在烧结过程参与矿化反应生成液相的程度小于 PB 粉矿，且在烧结过程残余的 IOC6 矿粉大颗粒（烧结矿核颗粒）结构致密、强度高。由于包钢烧结所用铁料中，具备生成液相的铁料配比较高，但核颗粒强度差，因此，包钢烧结配加一定比例可提高核颗粒强度的 IOC6 矿粉是有利于改善烧结矿的冷态强度。

2　试验方案

试验的基准点采用的是包钢烧结生产实际的铁料配置，即“35% 白云鄂博铁精矿 + 50% PB 粉矿 + 15% FMG 混合粉矿”，然后分别用 10% 的步长替代 PB 粉矿，铁料配置方案见表 3。

表 3　试验的铁料配置方案（质量分数）　%

方案	白云鄂博铁精矿	PB 粉矿	FMG 混合粉矿	IOC6 矿粉
基准期	35	50	15	0
1#	35	40	15	10
2#	35	30	15	20

试验烧结矿碱度为 2.0，烧结矿 MgO 含量为 2.0%，烧结矿 SiO_2 含量控制在 5.0%。试验采用石灰石、生石灰调整烧结矿碱度，采用蛇纹石调整烧结矿 MgO 含量及 SiO_2 含量。

3　烧结杯试验结果及分析

3.1　烧结矿化学成分的变化

配加 IOC6 铁矿后烧结矿化学成分的变化见表 4。

表 4　各试验方案烧结矿化学成分及碱度

IOC6 矿粉配比/%	化学成分（质量分数）/%											R_0
	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	P	S	K_2O	Na_2O	F	
0	56.41	7.60	10.29	5.01	1.97	1.81	0.071	0.036	0.115	0.096	0.084	2.03
10	56.69	7.50	10.28	5.11	1.93	1.74	0.071	0.033	0.122	0.085	0.088	1.99
20	56.66	7.60	10.07	4.96	1.96	1.66	0.069	0.032	0.112	0.078	0.094	2.00

由表 4 可知，由于 IOC6 矿粉与 PB 粉矿品位差异不大，用 IOC6 矿粉替代 PB 粉矿后，烧结矿品位无明显变化，但有害成分 Al_2O_3 和 P 含量呈下降趋势。配加 10% IOC6 矿粉，P 含量无变化，但 Al_2O_3 含量降低 0.07 个百分点；配加 20% IOC6 矿粉，P 含量降低 0.002 个百分点，Al_2O_3 含量降低 0.15 个百分点。也就是说，配加烧结 IOC6 矿粉对 Al_2O_3 含量的影响较大。

3.2　烧结指标及烧结矿转鼓强度的变化

配加 IOC6 铁矿后，其烧结指标及烧结矿转鼓强度的变化见表 5。

表5 烧结杯试验结果

IOC6矿粉配比/%	水分/%	配碳/%	成品率/%	利用系数/(t·m^{-2}·h^{-1})	返矿平衡系数	燃耗/(kg·t^{-1})	垂速/(cm·min^{-1})	转鼓强度(+6.3 mm)/%
0	7.49	4.20	67.79	1.14	0.98	68.15	1.56	68.93
10	7.23	4.15	68.99	1.04	0.94	66.35	1.49	69.10
20	7.29	4.15	69.79	1.05	0.92	65.42	1.48	69.33

由表5可知，用10%、20% IOC6矿粉逐步替代PB粉矿，需适当降低混合料水分，以保证烧结垂直速度相对稳定。在烧结垂速控制基本稳定前提下，用IOC6矿粉逐步替代PB粉矿后，烧结成品率及烧结矿转鼓强度逐渐提高，燃耗明显下降。主要原因为IOC6矿粉较为致密，残余的未熔矿石作为核颗粒强度高，吸液性差，液相区铁酸钙生成改善所致。

3.3 烧结矿冶金性能的变化

配加IOC6铁矿后，烧结矿冶金性能的变化见表6。

表6 烧结矿的冶金性能

IOC6矿粉配比/%	RI/%	$RDI_{+3.15\ mm}$/%	软熔性能							
			T_4/℃	T_{10}/℃	T_{40}/℃	$T_{40}-T_{10}$/℃	T_S/℃	T_D/℃	T_D-T_S/℃	$\triangle P_{max}$/Pa
0	86.99	55.7	1 144	1 168	1 261	117	1 285	1 484	199	10 036
10	92.11	55.0	1 114	1 150	1 247	133	1 279	1 484	205	10 622
20	93.45	53.2	1 135	1 164	1 258	123	1 287	1 492	204	12 004

由表6可知，随着IOC6矿粉配比的提高，烧结矿的还原性改善，低温还原粉化指数变差，这主要是由于铁酸钙生成改善所致。烧结的软熔性能变化不明显。从烧结矿冶金性能试验结果看，将IOC6矿粉配比控制在10%以内比较适宜。

3.4 烧结矿的矿物组成和显微结构

烧结矿的矿物组成见表7。

表7 烧结矿矿物组成

试验编号	IOC6矿粉配比/%	矿物组成(体积分数)/%				
		赤铁矿	磁铁矿	铁酸钙	硅酸二钙	橄榄石
基准	0	7	44	40	1	8
1#	10	10	40	41	0~1	8
2#	20	12	37	43	0~1	7

由表7可知，烧结配加IOC6矿粉后，烧结矿的铁酸钙含量呈上升趋势。说明烧结配加IOC6矿粉，参与矿化反应能力弱，在烧结过程中主要矿物颗粒中赤铁矿再结晶存在于烧结矿中，有利于白云鄂博铁精矿与碱性熔剂发生矿化反应生成磁铁矿与针状铁酸钙熔蚀结构，此种结构的发育，可改善烧结矿强度和还原性。

4 结论

(1) 用IOC6矿粉逐步替代PB粉后，烧结成品率和烧结矿的转鼓强度逐渐提高，燃耗明显下降；同时由于IOC6矿粉较为致密，残余的未熔矿石作为核颗粒强度高，有利于烧结矿铁酸钙的生成，从而导致烧结矿还原性的改善，但低温还原粉化指数有变

差趋势。

(2) 建议在包钢烧结现有铁料结构条件下，IOC6 矿粉的配比控制在 10% 以内比较适宜。

参 考 文 献

[1] 林东鲁，李春龙，邬虎林. 白云鄂博特殊矿采选冶工艺攻关与技术进步 [M]. 北京: 冶金工业出版社，2007.

[2] 尤学东，陈革. 包钢烧结提高白云鄂博铁精矿比例的生产实践 [J]. 包钢科技，2014，40(5)：33－36.

(上接第 7 页)

处理难度大，投资费用高，处理方法不当可能成为二次污染源。通过对脱硫废液的产生、特点、危害进行分析，简要分析了目前企业较为广泛的三种处理方式，即配煤、提盐、制酸。配煤的处理方式较为廉价，但会引发次生生产、环保问题，不被提倡；提盐、制酸的处理工艺目前被广泛应用，但仍旧受产品纯度、工艺成熟度、运行费用等因素限制，未来需要更加完善的工艺技术替代。

参 考 文 献

[1] 罗成. 焦炉煤气脱硫废液资源化处理 [J]. 机械管理开发，2015，(4)：45－47.

[2] 李国强，李珍珍，石玉良，等. HPF 焦化脱硫废液资源化处理技术开发 [J]. 工业水处理，2013，33(9)：10－14.

[3] 张延坤. 焦化脱硫废液制酸与提盐的比较分析 [J]. 环境与发展，2020，(6)：77－80.

[4] 张亚峰，安路阳，张立涛，等. 焦化脱硫废液提盐技术进展 [J]. 煤炭加工与综合利用，2017，(6)：46－51.

[5] 杜云旺. 脱硫液副盐的产生和处理 [D]. 天津: 天津大学，2013.

[6] 蒋其荣，冯荣娟. 脱硫废液的处理 [J]. 燃料与化工，2006，37(5)：51.

[7] 候光，李友林. 焦化厂脱硫废液的处理 [J]. 燃料与化工，2017，48(2)：39－40.

[8] 白玮，张素利. 脱硫废液焚烧制酸工艺副产稀硫酸生成控制及回收利用方法 [J]. 燃料与化工，2019，5(3)：38－43.

[9] 解虎. 焦化 HPF 法脱硫废液及硫泡沫制酸工艺浅析 [J]. 冶金管理，2018，(12)：9－10.

[10] 何龙. 焦化脱硫废液喷雾干燥工艺研究 [D]. 武汉: 武汉科技大学，2018.

[11] 何龙，李金山，刘自凤，等. 焦化脱硫废液及硫泥干化焚烧制酸的技术研究 [J]. 硫酸工业，2018，(2)：13－15.

[12] 朱红，王彩云，赵虎，等. HPF 脱硫废液的处理方法 [J]. 燃料与化工，2014，45(3)：45－47.

[13] 闻晓今. 浅谈 HPF 法煤气脱硫硫泡沫及脱硫液制酸工艺 [J]. 小氮肥，2016，44(9)：24－26.