包钢烧结配加蒙古粉矿试验研究*

高晓永[1,2], 李亚兵[1], 彭 军[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司生产部, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古科技大学材料与冶金学院, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章利用烧结杯开展了烧结配加蒙古粉矿替代不同铁料的烧结矿质量指标研究。研究结果表明: 利用8%蒙古粉矿替代8%的FMG粉矿烧结矿质量指标无明显变化, 利用15%蒙古粉矿替代15% WPF粉矿烧结矿质量指标改善。

关键词: 烧结; 蒙古粉矿; 试验研究
中图分类号: TF046.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)01-0030-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.01.009

Experimental Study on Adding Mongolian Ore Fines in Sintering of Baotou Steel

Gao Xiao-yong[1,2], *Li Ya-bing*[1], *Peng Jun*[2]

(1. *Productive Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *School of Materials and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the quality index of sinter is studied by adding Mongolian ore fines instead of different iron charges with sinter pot. The study results showed that there was no obvious change for quality index of sinter with 8% Mongolian ore fines instead of 8% FMG ore fines and the quality index of sinter was improved with 15% Mongolian ore fines instead of 15% WPF ore fines.

Key words: sintering; Mongolian ore fines; experimental study

目前, 包钢烧结以白云鄂博矿为主、搭配澳大利亚半褐铁矿和褐铁矿, 以及少量的低价矿, 其中澳大利亚半褐铁矿和褐铁矿的配比占总铁料配比的60%左右。由于澳大利亚粉矿具有同化温度低、液相流动性能好等特点[1], 依据高温基础特性配矿的原理[2], 需要配加一部分同化温度高、液相流动性差的铁矿, 而蒙古粉矿具有此特点, 且P含量较低, 替代澳大利亚褐铁矿后生产的烧结矿P含量降低。本文保持白云鄂博铁精矿配比稳定, 利用蒙古粉矿分别替代FMG粉矿和WPF粉矿后研究烧结矿质量指标和冶金性能的变化, 为包钢烧结合理利用蒙古粉矿提供理论依据。

1 试验原燃料

试验用铁料包括白云鄂博矿、澳矿粉、FMG粉矿、WPF粉矿、蒙古粉矿, 区内褐铁矿; 熔剂包括石

* 收稿日期: 2020-11-02
作者简介: 高晓永(1986-), 男, 内蒙古赤峰市人, 工程师, 现从事铁前系统技术管理工作。

灰石、生石灰、白云石; 燃料为焦粉。试验用原料化学成分见表 1,不同粒径蒙古粉矿化学成分见表 2,燃料工业分析见表 3。

表 1　原料化学成分及烧损(质量分数)　%

名称	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	P	S	K_2O	Na_2O	F	I_g
白云鄂博矿	66.46	28.83	0.92	1.74	0.83	0.12	0.064	1.030	0.133	0.116	0.380	1.74
澳矿粉	60.46	<0.50	<0.10	3.93	0.12	2.41	0.102	0.024	0.031	0.038		5.80
FMG 粉矿	58.15	<0.50	0.03	5.27	0.06	2.51	0.083					7.45
WPF 粉矿	60.18	<0.50	0.05	4.45	0.07	2.32	0.080					5.29
蒙古粉矿	59.58	21.63	1.49	6.09	4.17	1.49	<0.05	0.320	0.105	0.025	0.182	2.24
区内褐铁矿	42.86	<0.50	0.29	27.72	0.21	1.04	0.056	0.157	0.121	0.042	<0.050	7.57
石灰石			51.05	2.84	1.86							39.91
生石灰			87.67	3.63	4.07							2.31
白云石			31.09	2.36	19.86							45.87

由表 1 可以看出,蒙古粉矿 TFe/FeO = 2.73,按照 TFe/FeO < 3.5 为磁铁矿的标准,该蒙古粉矿为磁铁矿,其铁品位含量介于 FMG 粉矿和 WPF 粉矿之间,为 59.58%,MgO、CaO 和 SiO_2 含量较高,P 含量和 I_g 低。从化学成分上看,该蒙古粉矿可以用于烧结工艺,替代 FMG 粉矿或者 WPF 粉矿后,预测烧结矿 P、Al_2O_3 含量降低。

表 2　不同粒径蒙古粉矿化学成分(质量分数)　%

粒径范围	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	P	S	K_2O	Na_2O	F	I_g
7 ~ 5 mm	60.04	22.90	1.46	6.04	5.17	1.28	<0.05	0.570	0.093	0.023	0.246	2.60
5 ~ 3 mm	60.88	20.92	1.52	5.80	3.11	1.68	<0.05	0.164	0.114	0.026	0.118	2.08
3 ~ 1 mm	60.60	22.54	1.34	5.35	3.62	1.43	<0.05	0.388	0.102	0.025	0.157	2.03
1 ~ 0.5 mm	57.67	21.55	1.40	7.13	6.68	1.26	<0.05	0.171	0.061	0.013	0.302	2.21
<0.5 mm	56.55	19.49	2.19	8.40	3.66	1.96	<0.05	0.486	0.191	0.045	0.168	3.01

由表 2 可以看出,随着蒙古粉矿粒度增大,铁品位呈增加的趋势,CaO、SiO_2、MgO 含量和 I_g 呈降低的趋势。

表 3　燃料工业分析(质量分数)　%

名称	F_{cad}	A_{ad}	V_{ad}	$S_{t,d}$	M_t
焦粉	82	16.18	2.17	0.9	2.4

由表 3 可以看出,焦粉的固定碳含量为 82%,灰分较高,为 16.18%,硫含量较高,为 0.9%。

2　粒度组成

试验用 4 种进口铁矿粉的粒度组成见表 4。

表 4　铁料粒度组成及平均粒径

铁矿名称	粒度组成(质量分数) /%							平均粒径/mm
	>10 mm	10 ~ 7 mm	7 ~ 5 mm	5 ~ 3 mm	3 ~ 1 mm	1 ~ 0.5 mm	<0.5 mm	
澳矿粉	2.83	10.44	15.63	16.10	14.97	8.52	31.51	3.13
FMG 粉矿	3.13	6.12	9.11	13.02	13.05	10.69	16.81	2.20
WPF 粉矿	13.04	16.21	13.55	15.80	15.48	9.08	16.87	4.48
蒙古粉矿		0.40	16.36	29.77	30.34	15.01	8.11	2.83

由表4可以看出,4种进口铁矿粉平均粒径由大到小依次为:WPF粉矿、澳矿粉、蒙古粉矿、FMG粉矿,FMG粉矿最细,澳矿粉居中。对于小于0.5 mm粒级的粘附粉,该粒级颗粒在烧结混合制粒过程中容易粘附在核心表面形成小球,对改善烧结过程具有重要的作用,而蒙古粉矿粒度组成中小于0.5 mm粒级占比较低,仅为8.11%,不利于混合料的制粒[2]。该蒙古粉矿粒度组成集中分布在小于7 mm范围,整体分析,该蒙古粉矿粒度偏细。

3 试验方案

试验以炼铁厂烧结二部的铁料配置为基准(MFJZ),试验点蒙古粉矿的配比分别为替代8% FMG粉矿(MF-8)、替代15% WPF粉矿(MF-15)。通过调节区内褐铁矿的比例实现烧结矿的SO_2含量与基准点相当。试验设计了3个方案,见表5。

表5 烧结铁料配置(质量分数) %

试验编号	白云鄂博矿	澳矿粉	蒙古粉矿	WPF	FMG	区内褐铁矿(外配)
MFJZ	45	32	0	15	8	3.51
MF-8	45	32	8	15	0	3.46
MF-15	45	32	15	0	8	2.66

烧结试验采用包钢技术中心炼铁研究所直径200 mm烧结杯,料层厚度700 mm,点火负压为4.9 kPa,烧结负压9.8 kPa。

烧结矿碱度为2.0±0.1,烧结矿MgO含量控制为2.0%±0.1%。烧结矿SiO_2含量按5.0%±0.1%控制。采用石灰石、生石灰调整烧结矿碱度,白云石调整烧结矿MgO含量。

4 烧结杯试验结果及分析

4.1 烧结矿化学成分

配加蒙古粉矿后烧结矿化学成分见表6。

表6 烧结矿化学成分及碱度

试验编号	化学成分(质量分数)/%								碱度(R_o)
	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	F	P	Al_2O_3	
MFJZ	56.41	8.98	10.28	5.08	2.00	0.135	0.079	1.76	1.98
MF-8	56.51	8.98	10.28	5.10	2.06	0.134	0.076	1.69	1.98
MF-15	56.63	8.80	10.14	5.05	2.04	0.131	0.073	1.63	1.97

由表6可以看出,与基准点相比,蒙古粉矿替代FMG粉矿后,烧结矿品位提高0.22个百分点,P含量和Al_2O_3含量分别降低0.006个百分点和0.13个百分点;蒙古粉矿替代WPF粉矿后,烧结矿品位提高0.1个百分点,P含量和Al_2O_3含量分别降低0.003个百分点和0.07个百分点。

4.2 烧结工艺指标

烧结杯试验结果见表7。

表7 烧结工艺指标

试验编号	水分/%	配碳量/%	成品率/%	利用系数/(t·m^{-2}·h^{-1})	固体燃耗/(kg·t^{-1})	垂速/(mm·min^{-1})	转鼓强度(+6.3 mm)/%
MFJZ	6.50	4.15	69.19	1.45	70.28	20.98	66.67
MF-8	6.45	4.15	68.25	1.39	69.70	19.94	66.53
MF-15	6.30	4.15	68.97	1.50	67.94	20.95	68.80

由表 7 可以看出:

(1) 与基准点相比,蒙古粉矿替代 FMG 粉矿后,烧结矿成品率降低 0.94 个百分点,利用系数降低 0.06 t/(m^2·h),固体燃耗降低 0.58 kg/t,烧结试验过程中,根据一混制粒情况,调整配水量,配加 8% 蒙古粉矿后,配水量减少,以保证烧结垂速在一个相对稳定的水平,转鼓强度与基准点相当。

(2) 与基准点相比,蒙古粉矿替代 WPF 粉矿后,烧结矿成品率降低 0.22 个百分点,利用系数提高 0.05 t/(m^2·h),固体燃耗降低 2.34 kg/t,烧结试验过程中,根据一混制粒情况,调整配水量,配加 15% 蒙古粉矿后,配水量减少,以保证烧结垂速在一个相对稳定的水平,转鼓强度较基准点提高 2.13 个百分点。

蒙古粉矿替代 FMG 粉矿和 WPF 粉矿,烧结固体燃料消耗降低,转鼓强度稳定或者增加,主要原因包括: 一方面,蒙古粉矿改善了褐铁矿/半褐铁矿配比高产生的高 Al_2O_3 含量的烧结粘结相,减少了脆性矿物的生成; 另一方面,蒙古粉矿属于磁铁矿,烧结配加后提高了烧结矿基体强度。

4.3　烧结矿冶金性能结果

烧结矿冶金性能检测结果见表 8。

表 8　烧结矿冶金性能

试验编号	RI /%	$RDI_{+3.15\ mm}$ /%	软融性能							
			T_4/℃	T_{10}/℃	T_{40}/℃	$T_{40}-T_4$/℃	T_S/℃	T_D/℃	T_D-T_S/℃	$\triangle P_{max}$/Pa
MFJZ	76.3	66.0	1 085	1 120	1 231	146	1 279	1 507	228	10 170
MF-8	87.2	64.5	1 096	1 133	1 248	152	1 284	1 521	237	10 773
MF-15	87.9	69.3	1 096	1 127	1 241	145	1 289	1 522	233	9 375

由表 8 可以看出:

(1) 与基准点相比,蒙古粉矿替代 FMG 粉矿后,烧结矿还原度提高 10.9 个百分点,低温还原粉化降低 1.5 个百分点,T_4、T_{10}、T_{40}、T_S、T_d 均呈升高的趋势,熔融区间升高 9 ℃。

(2) 与基准点相比,蒙古粉矿替代 WPF 粉矿后,烧结矿还原度提高 11.6 个百分点,低温还原粉化提高 3.3 个百分点,T_4、T_{10}、T_{40}、T_S、T_d 均呈升高的趋势,熔融区间升高 5 ℃。

5　结论

(1) 该蒙古粉矿为磁铁矿,铁品位介于 FMG 粉矿和 WPF 粉矿之间,为 59.58%,MgO、CaO 和 SiO_2 含量较高,P 含量和 I_g 低。蒙古粉矿替代 FMG 粉矿或者 WPF 粉矿后,烧结矿品位呈增加的趋势。

(2) 与基准点相比,蒙古粉矿替代 FMG 粉矿后,烧结矿成品率、利用系数以及固体燃耗降低,转鼓强度与基准点相当,低温还原粉化指数降低 1.5%,还原度提高; 替代 WPF 粉矿后,烧结矿成品率与基准点相当,利用系数略有增加,固体燃耗降低,转鼓强度、还原度、低温还原粉化指数均有不同程度的改善。

参　考　文　献

[1] 罗果萍,孙国龙,赵艳霞,等. 包钢常用铁矿粉烧结基础特性[J]. 过程工程学报,2008,8(S1):198-201.

[2] 范晓慧. 铁矿烧结优化配矿原理与技术[M]. 北京: 冶金工业出版社,2013.