包钢烧结配加W粉矿试验研究

尤学东[1],付国伟[2],沈茂森[3]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010;
3. 包钢矿山研究院,内蒙古 包头 014010)

摘 要:文章主要阐述了W粉矿在包钢烧结铁料条件下的试验研究。研究结果表明,用W粉矿替代F粉矿有利于提高烧结矿品位,降低烧结矿有害成分P、Al_2O_3的含量;有利于提高烧结成品率,降低燃耗及提高烧结矿的转鼓强度,改善其还原性。但由于W粉矿粒度比F粉矿粗,会使烧结过程垂速升高,烧成率降低,为了稳定垂直烧结速度,需适当降低混合料水分。

关键词:W粉矿;显微结构;颗粒表面结构
中图分类号:TF046 **文献标识码**:B **文章编号**:1009-5438(2020)04-0023-05
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.04.007

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

You Xue-dong[1], *Fu Guo-wei*[2], *Shen Mao-sen*[3]

(1. *Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
3. *Mining Research Institute of Baotou Iron & Steel(Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, it is mainly elaborated the experimental study of W ore fines with the condition of sintering iron charge of Baotou Steel. The results showed that it was beneficial for increasing grade of sinter, reducing content of harmful ingredients, P and Al_2O_3, increasing sinter product ratio, reducing fuel consumption and increasing drum strength of sinter so that its reducibility is improved by replacing F ore fines with W ore fines. However, because the particle size of W ore fines is larger than that of F ore fines, the vertical sintering speed will increase and the sintering rate will decrease. The moisture of mixture needs to be reduced to stabilize the vertical sintering speed.

Key words: W ore fines; microstructure; surface structure of particle

包钢烧结生产受资源储量、供应能力及白云鄂博矿特殊性的限制,烧结使用白云鄂博铁精矿的配加比例已经由之前的65%~85%降低至目前的40%左右,同时由“高产模式”转变为“经济模式”,如何合理配加部分性价比良好的新矿种对于降低铁前成本、进一步提质增效具有重要的意义。W粉矿

收稿日期:2020-06-22
作者简介:尤学东(1972-),男,内蒙古包头市人,高级工程师,现从事炼铁及烧结生产管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

为来自国外的一种铁矿粉，从化学成分及价格上看，与包钢目前烧结使用的进口铁矿粉相比具有一定的优势，但其在包钢现有原料条件下的综合烧结性能，还需通过试验研究。

1 试验用含铁原料的性能

试验采用的含铁原料除W粉矿外，另外3种含铁原料A铁精矿、B粉矿和F粉矿为包钢烧结生产实际所用，其中A铁精矿为包钢自产，B粉矿和F粉矿均为进口矿，其物理性能分析如下。

1.1 化学成分

试验用含铁原料的化学成分见表1。

表1 试验用含铁原料的化学成分(质量分数) %

铁矿名称	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	P	S	K_2O	Na_2O	Al_2O_3	I_g
A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
B粉矿	60.46	<0.50	0.016	3.93	0.12	0.102	0.028	0.014	0.018	2.41	5.80
F粉矿	58.15	<0.50	0.03	5.72	0.06	0.083	0.036	0.014	<0.010	2.51	7.45
W粉矿	60.18	<0.50	<0.10	4.45	0.08	0.079	0.023	0.011	0.026	2.32	5.62

由表1可知，除A铁精矿为磁铁矿外，其余3种铁矿均为赤铁矿(或褐铁矿)。本文研究的是用W粉矿替代F粉矿，从化学成分上看，W粉矿的品位较F粉矿高，SiO_2、P、Al_2O_3的含量均低于F粉矿，其中W粉矿的品位高2.03个百分点，SiO_2含量低1.27个百分点，P含量低0.004个百分点，Al_2O_3含量低0.19个百分点，从化学成分上，W粉矿完全可以替代F粉矿用于烧结生产，替代后有利于提高烧结矿品位，降低有害元素P、Al_2O_3含量。

1.2 粒度组成

试验用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) %

铁矿名称	>10 mm	10~7 mm	7~5 mm	5~3 mm	3~1 mm	<1 mm	<3 mm
B粉矿	3.96	10.06	13.06	18.14	13.96	40.83	54.79
F粉矿	6.81	11.99	12.71	20.15	20.81	27.53	48.34
W粉矿	13.04	16.21	13.55	15.80	15.48	25.92	41.40

由表2可知，W粉矿粒度较粗，小于3 mm粒级占比为41.4%，较F粉矿低6.94个百分点。众所周知，烧结过程生成液相的重要条件之一是烧结混合料中需要有一定比例的粘附粉[1]，因包钢烧结铁料中使用了较大比例的细粒自产铁精矿(A铁精矿)作为粘附粉，具备大量生成复合铁酸钙液相的铁料条件，所以在烧结混合料中，就粒度而言可以相对扩大对粉矿粒度的要求，即可以配加一定比例平均粒度较大的粉矿，从而减少混合料中的细粒度占比，提高烧结核粉比，从而增加烧结矿液相中复合铁酸钙的生成及液相粘结性。

1.3 矿物组成和显微结构

通过显微观察研究发现，W粉矿主要由褐铁矿、赤铁矿和粘土矿物构成，孔隙发育；属褐铁矿、赤铁矿混合型铁矿石。而F粉矿主要由褐铁矿、赤铁矿和少量残留磁铁矿构成，矿石较致密。W粉矿中的赤铁矿形貌特殊，呈假象棒条状、假象自形粒状，且边缘镶有轮廓边，见图1。赤铁矿通常定向分布，形成纹理，见图2。



图1 含有赤铁矿的褐铁矿

中国知网 https://www.cnki.net

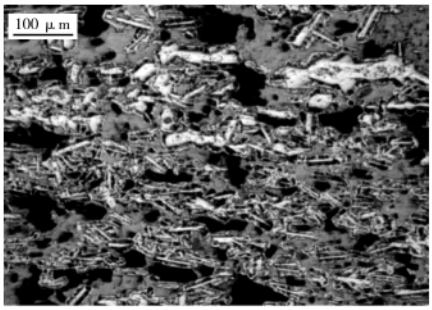


图 2　含有定向分布赤铁矿的褐铁矿

1.4　粉矿颗粒表面结构

W 粉矿和 F 粉矿颗粒表面结构分别如图 3、图 4所示。

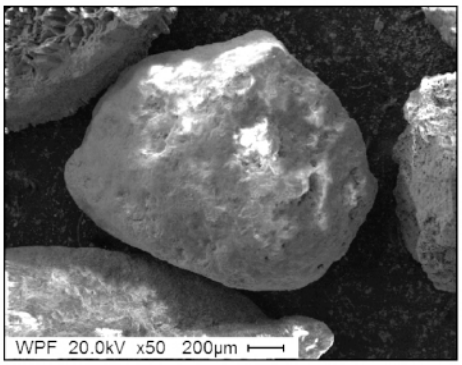


图 3　W 粉矿的颗粒表面结构

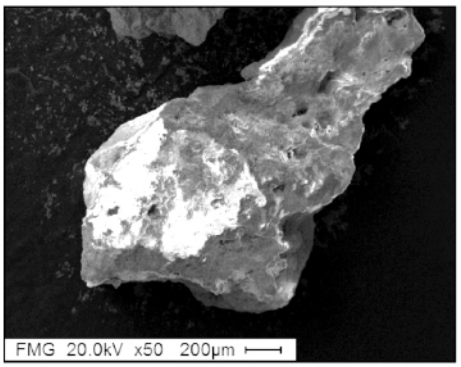


图 4　F 粉矿的颗粒表面结构

由图 3、图 4 可知，F 粉矿的颗粒表面大孔洞较多，结构疏松，这说明 F 粉矿在烧结过程易于进行矿化反应生成液相，但在烧结过程残余的大颗粒（烧结矿核颗粒），因其结构疏松，强度差；而 W 粉矿颗粒表面大的孔洞较少，微小孔隙分布均匀，结构致密，这说明 W 粉在烧结过程参与矿化反应生成液相的程度相比 F 粉矿小，因此，矿石的残余量较 F 粉矿多，在烧结过程残余的 W 粉矿大颗粒（烧结矿核颗粒），因其结构致密，强度高。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，配加一定比例的可提高核颗粒强度的铁料有利于改善烧结矿的冷态强度。

2　试验方案及工艺参数控制

2.1　试验方案

试验以包钢烧结生产实际的铁料配置“50% A 铁精矿 + 38% B 粉矿 + 12% F 粉矿”为基准，用 W 粉矿分别以 6% 的步长部分和全部替代 F 粉矿，烧结矿碱度为 2.0，烧结矿 MgO 含量为 2.0%，烧结矿 SiO_2 含量控制为 4.8%，其含铁原料的配置方案见表 3。

表 3　铁料配置方案（质量分数）　%

试验编号	A 铁精矿	B 粉矿	F 粉矿	W 粉矿
基准点	50	38	12	
方案 1	50	38	6	6
方案 2	50	38		12

2.2　工艺参数控制

烧结杯试验采用直径 200 mm 烧结杯，点火负压 4.9 kPa，烧结负压 9.8 kPa，点火时间 2 min。

3　试验结果及分析

3.1　烧结矿化学成分的变化

表 4 为用 W 粉矿替代 F 粉矿后烧结杯试验烧结矿化学成分的变化。

中国知网　https://www.cnki.net

表4 烧结矿的化学成分

试验编号	烧结矿化学成分(质量分数)/%											R
	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	F	S	K_2O	Na_2O	P	
基准点	56.55	8.78	10.26	5.00	2.01	1.60	0.132	0.042	0.132	0.099	0.083	2.01
方案1	56.41	8.89	10.30	5.02	2.05	1.64	0.134	0.034	0.154	0.106	0.078	2.01
方案2	56.69	8.39	10.29	4.92	2.00	1.51	0.139	0.026	0.135	0.099	0.082	2.05

由于试验期间烧结矿FeO含量均按照(9.0±0.5)%控制,由表4可知,用W粉矿替代F粉矿后,烧结矿品位提高,其有害成分Al_2O_3和P的含量降低。

3.2 烧结工艺指标的变化

表5为用W粉矿替代F粉矿后烧结工艺指标的变化。

表5 烧结工艺指标

试验编号	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})	转鼓(+6.3 mm)/%	垂速/(cm·min^{-1})
基准点	7.00	4.15	65.48	1.10	0.97	67.97	67.47	1.53
方案1	6.90	3.95	65.78	1.00	1.02	66.95	68.80	1.48
方案2	6.80	3.95	66.90	1.08	0.98	66.05	68.95	1.59

由表5可知,用6%和12%的W粉矿分别替代F粉矿,烧结垂速提高,为控制烧结垂速,试验点采取了适当降低混合料水分的措施。从试验结果可知,在控制烧结垂速的前提下,用W粉矿分不同比例替代F粉矿后,烧结成品率逐渐提高,燃耗降低,转鼓强度提高。主要原因为:一方面W粉矿结晶水较F粉矿低,且颗粒致密度高,烧结过程中被液相包裹的核颗粒结晶强度高;另一方面W粉矿粒度小于3 mm粒级的占比较F粉矿低,烧结配加一定比例的W粉矿替代F粉矿可减少混合料中的细粒级占比,提高烧结核粉比,烧结粘附粉中的SiO_2较配加F粉矿低,有利于烧结过程铁酸钙的生成和液相流动性、黏结性的改善[2]。与基准点相比,配加6% W粉矿,烧结矿成品率降低2.2个百分点,燃耗降低1.02 kg/t,烧结矿强度提高1.33个百分点;配加12% W粉矿,烧结矿成品率降低1.08个百分点,燃耗降低1.92 kg/t,烧结矿强度提高0.53个百分点。

3.3 烧结矿冶金性能的变化

表6为用W粉矿替代F粉矿后烧结矿冶金性能的变化。

表6 烧结矿的冶金性能

试验编号	*RI*/%	$RDI_{+3.15\ mm}$/%	软融性能/℃						
			T_4	T_{10}	T_{40}	$T_{40}-T_{10}$	T_S	T_D	T_D-T_S
基准点	84.15	62.3	1 067	1 107	1 238	171	1 249	1 492	243
方案1	86.31	60.4	1 052	1 095	1 234	181	1 251	1 495	244
方案2	87.39	58.8	1 042	1 095	1 227	185	1 241	1 478	237

由表6可知,用W粉矿替代F粉矿后,烧结矿*RI*明显改善,$RDI_{+3.15\ mm}$变差。与基准点相比,用6% W粉矿替代F粉矿后,烧结矿*RI*提高2.16个百分点,$RDI_{+3.15\ mm}$降低1.9个百分点;用12% W粉矿替代F粉矿后,烧结矿*RI*提高3.24个百分点,$RDI_{+3.15\ mm}$降低3.8个百分点。配加W粉矿烧结矿*RI*改善的原因主要是由于烧结矿中铁酸钙含量提高,橄榄石矿物降低所致;同时烧结矿间接还原的改善,一般低温还原粉化率变差;用W粉矿替代F粉矿,烧结矿熔融区间和最大压差无明显变化。总体

中国知网 https://www.cnki.net

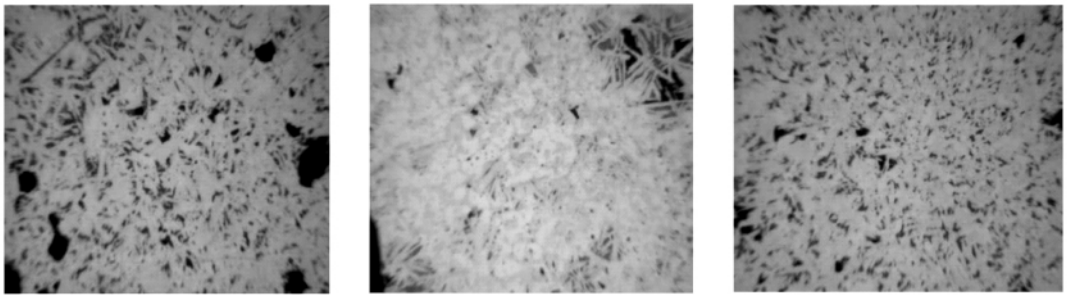
来看,用 W 粉矿替代 F 粉矿有利于烧结矿冶金性能的改善。

3.4　烧结矿矿物组成和显微结构的变化

烧结矿矿物组成的变化见表 7。显微结构分别如图 5。

表 7　烧结矿的矿物组成(体积分数)　　%

试验编号	次生赤铁矿	磁铁矿	铁酸钙	硅酸二钙	橄榄石
基准点	8	44	37	1 ~ 2	9
方案 1	9	45	39	1	6
方案 2	8	46	42		4



(a) 基准点　　(b) 方案1　　(c) 方案2

图 5　烧结矿的显微结构

由表 7 及图 5 可知,与基准点相比,随着 W 粉矿配比的提高,铁酸钙含量提高,尤其是针柱状铁酸钙生成数量增多,且呈针柱状和板片状的铁酸钙结晶致密,多与磁铁矿熔蚀交织,同时与铁酸钙交织的次生赤铁矿晶粒增大,玻璃相减少。随着针柱状铁酸钙含量的增加及铁酸钙结晶致密,更有利于烧结矿转鼓强度及其还原性的改善。

4　结论

(1) 由于 W 粉矿品位高于 F 粉矿,且 P、Al_2O_3 的含量也低于 F 粉矿,用 W 粉矿替代 F 粉矿有利于提高烧结矿品位,降低烧结矿有害成分 P、Al_2O_3 的含量。

(2) 与 F 粉矿相比,W 粉矿粒度较粗,尤其是小于 3 mm 粒级减少,用 W 粉矿替代 F 粉矿后,烧结过程垂速升高,烧成率降低,为了稳定垂直烧结速度,需适当降低混合料水分。

(3) 用 W 粉矿替代 F 粉矿后,成品率逐渐提高,燃耗降低,转鼓强度提高,还原性改善。

参　考　文　献

[1] 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.

[2] 张玉柱,胡长庆. 铁矿粉造块理论与实践[M]. 北京: 冶金工业出版社,2012.

中国知网　https://www.cnki.net