包钢烧结配加罗伊山粉矿试验研究*

尤学东[1], 白晓光[2], 刘周利[2]

(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)

摘 要: 文章利用烧结杯开展了烧结配加罗伊山粉矿的试验研究, 对不同配加比例的烧结矿质量指标以及高温冶金性能进了系统研究。研究结果表明: 罗伊山粉矿可以替代澳矿粉用于烧结生产, 在保证烧结矿质量指标以及高温冶金性能指标稳定的前提下, 建议罗伊山粉矿替代澳矿粉的比例控制在20%以内。

关键词: 烧结; 罗伊山粉矿; 试验研究
中图分类号: TF046.4 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2020)05-0020-05
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.05.009

Experimental Study on Adding Ore Fines of Roy Hill in Sintering of Baotou Steel

You Xue-dong[1], *Bai Xiao-guang*[2], *Liu Zhou-li*[2]

(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*)

Abstract: In the paper, it is introduced the experimental study on adding ore fines of Roy Hill in sintering is carried out with sinter pot as well as the quality indexes and pyrometallurgical performances of agglomerate with different proportions are systematically studied. The study results showed that the ore fines of Roy Hill could substitute the Australian ore fines to be used in sintering productions and it was recommended that the proportion should be controlled within 20% on the premise of guaranteeing the stability of quality indexes and pyrometallurgical performances of agglomerate.

Key words: sintering; ore fines of Roy Hill; experimental study

目前, 包钢烧结含铁原料包括白云鄂博自产精矿、澳矿粉以及褐铁矿, 这几种铁矿中, 澳矿粉的P含量最高, 烧结大比例配加澳矿粉后, 导致铁水P含量升高。为了降低铁水P含量, 引进一种P含量较低的罗伊山粉矿代替澳矿粉。通过试验研究, 提出罗伊山粉矿替代澳矿粉的适宜比例, 为包钢合理利用该矿提供数据支持。

1 试验原燃料

试验用铁料包括巴润精矿、澳矿粉、毛塔粉、罗伊山粉矿以及钢渣; 熔剂包括石灰石、生石灰、白云石; 燃料为焦粉。试验用原料化学成分见表1, 燃料工业分析见表2。

* **收稿日期**: 2020-07-24
作者简介: 尤学东(1972-), 男, 内蒙古包头市人, 硕士, 高级工程师, 现从事烧结球团技术管理工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　原料化学成分(质量分数)　%

名称	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	F	P	S	K_2O	Na_2O	Al_2O_3	I_g
巴润精矿	66.46	28.88	1.05	2.04	0.911	0.205	0.066	0.851	0.117	0.097	0.158	1.66
澳矿粉	63.32	0.808	<0.10	4.10	0.176		0.085	0.024	0.031	0.038	2.33	3.01
毛塔粉	59.62	10.24	0.845	11.66	0.653		0.075	0.027	0.084	0.043	1.33	1.27
罗伊山粉矿	60.67	<0.5	0.37	4.67	0.102		0.057	0.044			2.50	4.50
钢渣	18.22	10.15	35.98	12.24	7.570	0.156	0.590	0.350	0.084	0.106	5.14	6.59
白云石			33.15	1.55	18.50						0.29	45.43
石灰石			50.90	2.85	1.87						0.71	40.48
生石灰			81.59	2.19	2.30						0.61	6.88

由表 1 可以看出,罗伊山粉矿属于假象赤铁矿,品位为 60.67%,SiO_2 含量为 4.67%,I_g 为 4.5%,P 含量为 0.057%。与澳矿粉相比,罗伊山粉矿 SiO_2 含量较高,P 含量低 0.028 个百分点,I_g 较高。单从 P 含量方面来看,罗伊山粉矿更适合替代澳矿粉用于烧结生产,可以有效降低高炉铁水 P 含量。

表 2　燃料工业分析(质量分数)　%

名称	F_{cad}	A_{ad}	V_{ad}	S_t	M_t
焦粉	82.00	16.18	2.17	0.90	2.40

由表 2 可以看出,焦粉的固定碳含量为 82.00%,灰分较高,为 16.18%,硫含量较高,为 0.9%。

2　粒度组成

试验用 3 种进口铁矿粉的粒度组成见表 3。

由表 3 可以看出,3 种进口铁矿粉中,罗伊山粉矿的粒度较粗,毛塔粉粒度较细,澳矿粉居中。对于小于 0.5 mm 粒级的粘附粉,毛塔粉占比为 49.0%,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;而罗伊山粉矿粒度组成中小于 0.5 mm 粒级占比较低,仅为 7.55%,不利于混合料的制粒[1]。

表 3　铁料粒度组成(质量分数)　%

名称	>10 mm	10~7 mm	7~5 mm	5~3 mm	3~1 mm	1~0.5 mm	<0.5 mm
澳粉	2.83	10.44	15.63	16.10	14.97	8.52	31.51
毛塔粉	10.50	7.90	6.20	7.60	7.10	11.70	49.00
罗伊山粉矿	10.02	19.40	17.56	20.48	14.99	10.00	7.55

3　试验方案

试验以炼铁厂四烧车间当时的铁料配置为基准(L0),分别用 10%(L10)、20%(L20)以及 26%(L26)罗伊山粉矿替代澳矿粉。通过调节铁料中毛塔粉的比例实现烧结矿的 SO_2 含量与基准点相当。试验设计了 4 个方案,见表 4。

表 4　烧结铁料配置(质量分数)　%

试验编号	巴润精矿	澳矿粉	毛塔粉	罗伊山粉矿	钢渣	综合 S	烧结矿 SiO_2
L0	56	25	17		2	0.49	4.58
L10	56	16	16	10	2	0.49	4.64
L20	56	6	16	20	2	0.50	4.60
L26	56		16	26	2	0.53	4.64

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

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2.1%～2.3%。烧结矿SiO_2含量按4.4%～4.8%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

烧结矿化学成分见表5。

表5 烧结矿化学成分及碱度

试验编号	化学成分(质量分数)/%										*R*
	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	F	P	S	K_2O	Na_2O	Al_2O_3	
L0	57.53	10.87	9.23	4.76	2.23	0.142	0.063	0.038	0.108	0.104	1.09	1.94
L10	57.74	9.97	9.30	4.68	2.35	0.126	0.065	0.024	0.110	0.107	1.04	1.97
L20	57.56	9.88	9.32	4.48	2.36	0.125	0.066	0.027	0.102	0.097	1.01	2.06
L26	57.60	8.80	9.34	4.64	2.28	0.124	0.064	0.058	0.110	0.107	0.958	1.99

由表5可以看出，随着罗伊山粉矿配比的增加，烧结矿FeO含量降低，主要是在试验过程中随着罗伊山粉矿配比的增加，降低了焦粉配比。

4.2 烧结工艺指标

烧结杯试验结果见表6。

表6 烧结工艺指标

试验编号	干烧成率/%	成品率/%	利用系数/(t·m^{-2}·h^{-1})	垂速/(mm·min^{-1})	燃耗/(kg·t^{-1})	转鼓强度(+6.3 mm)/%
L0	90.68	65.66	1.45	23.79	64.27	64.53
L10	91.99	68.20	1.57	24.14	60.65	64.13
L20	90.63	67.84	1.51	24.14	61.02	64.27
L26	92.61	66.92	1.48	23.33	60.37	66.04

由表6可以看出，与基准点相比，利用罗伊山粉矿替代澳矿粉后，无论替代比例大小，其成品率有增加的趋势，相对应利用系数增加。当罗伊山粉矿全部替代澳矿粉后由于配碳降低，烧结矿成品率与部分替代稍有下降，但仍高于基准点；4个试验点烧结垂速没有明显变化。与基准点相比，随着罗伊山粉矿配比的增加，固体燃耗降低，配比越大降低越明显。与基准点相比，10%和20%罗伊山粉矿替代澳矿粉，烧结矿转鼓强度稍降低，全部替代后转鼓强度最高。

4.3 烧结矿冶金性能结果

烧结矿冶金性能检测结果见表7。

表7 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}/℃	$T_{40}-T_{10}$/℃	T_S/℃	T_D/℃	T_D-T_S/℃	ΔP_{max}/Pa
L0	70.8	75.8	1 071	1 115	1 252	137	1 263	1 535	272	8 684
L10	69.3	75.3	1 070	1 114	1 254	140	1 258	1 540	282	12 953
L20	72.3	76.9	1 045	1 089	1 273	148	1 253	1 521	268	10 961
L26	67.8	75.3	1 049	1 095	1 242	148	1 250	1 524	274	11 903

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由表 7 可以看出，与基准点相比，10% 罗伊山粉矿替代澳矿粉后，烧结矿 RI、$RDI_{+3.15\ mm}$ 以及软化温度几乎没有变化，熔融区间变宽，最大压差升高。随着替代比例的增大，烧结矿 RI、$RDI_{+3.15\ mm}$ 呈不同程度的波动，但总体变化不大，软化温度（T_4、T_{10}、T_{40}）有降低的趋势，20% 和 26% 罗伊山粉矿替代澳矿粉后软化温度 T_{10} 分别降低 26 ℃和 20 ℃，软化区间变宽，熔融区间变化不明显。最大压差值变大，主要与软熔温度降低，软熔带变宽，从而导致料层透气性变差有关。

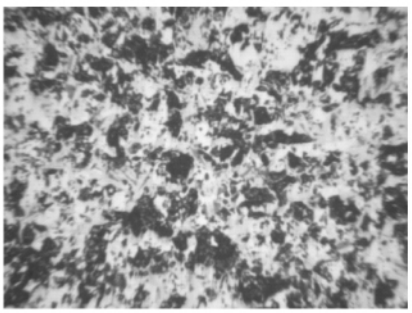
4.4　烧结矿矿物组成和显微结构

烧结矿矿物组成分析结果见表 8。

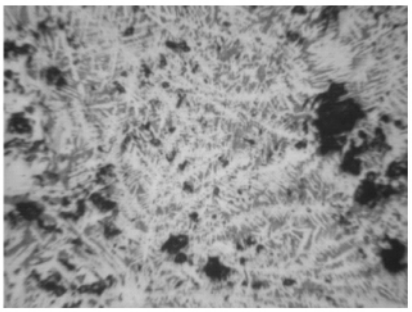
表 8　烧结矿矿物组成（体积分数）　　%

试样编号	赤铁矿	磁铁矿	铁酸钙	硅酸二钙	玻璃相
L0	5	45	35	2	13
L10	6	43	35	2	14
L20	8	45	34	1	12
L26	11	40	36	1	12

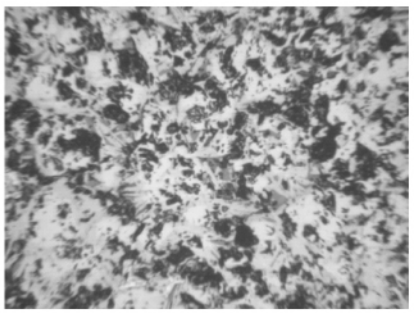
4 个试验点烧结矿显微结构见照片 1—8。



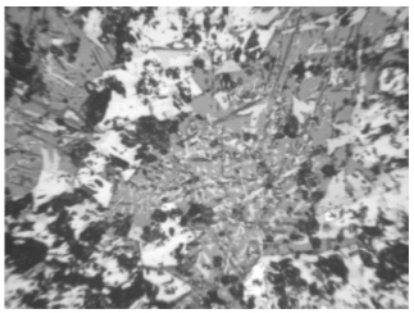
照片 1　L0 熔蚀交织结构



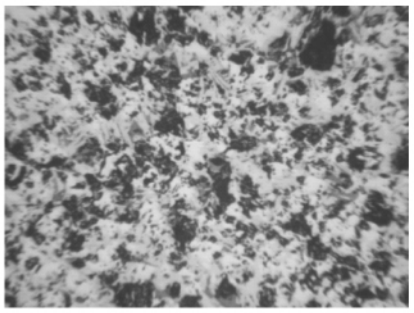
照片 2　L0 少量铁酸钙富集



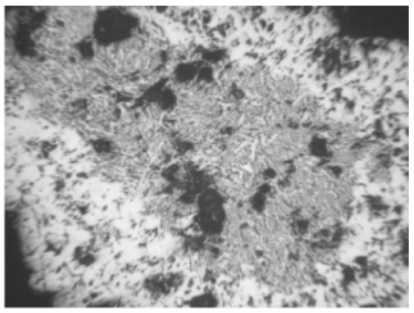
照片 3　L10 熔蚀交织结构



照片 4　L10 局部液相富集

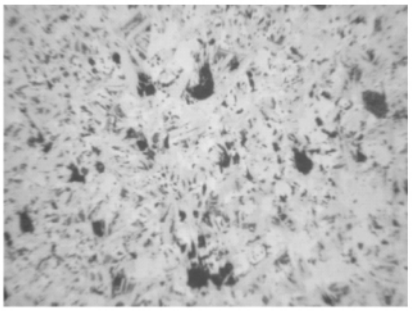


照片 5　L20 熔蚀交织结构

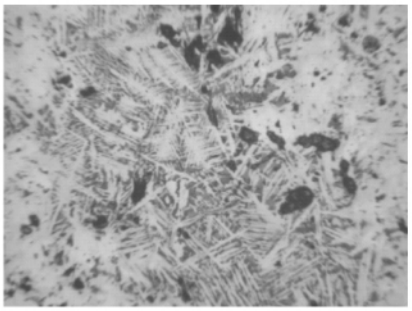


照片 6　L20 少量铁酸钙富集

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



照片7 L26熔蚀交织结构



照片8 L26少量的铁酸钙富集

由表6和显微结构照片可以看出，随着罗伊山粉矿粉矿配比的增加，烧结矿铁酸钙的生成量没有明显变化，赤铁矿含量增加，磁铁矿含量降低，主要是因为罗伊山粉矿颗粒较大，大颗粒粉矿在烧结过程中难以矿化，以原生赤铁矿的形式存在，从而导致赤铁矿含量呈增加的趋势。L0主要以磁铁矿和铁酸钙形成的熔蚀交织结构为主(照片1)，且结构致密，孔隙含量较低，局部有少量的铁酸钙富集(照片2)；L10以磁铁矿、铁酸钙和少量液相构成的熔蚀交织结构为主(照片3)，局部有液相富集(照片4)，此种结构容易引起烧结矿转鼓强度恶化，这与烧结矿转鼓强度数据相符；L20主要以磁铁矿、铁酸钙和少量液相构成的熔蚀交织结构为主(照片5)，局部有铁酸钙富集(照片6)；L26主要以磁铁矿、铁酸钙和少量液相的熔蚀交织结构为主，且结构较为致密(照片7)，对烧结矿转鼓强度提高有利，但同时结构致密，孔隙率降低，引起供还原反应的气体的通道数量减少，还原性恶化，同时铁酸钙局部富集(照片8)。L26方案铁酸钙与赤铁矿的总量增加6个百分点，对于烧结矿还原性以及转鼓强度的改善有积极作用[2]。

5 结论

(1) 从烧结工艺指标结果看，利用罗伊山粉矿替代澳矿粉后，烧结矿成品率有增加的趋势，相对应的利用系数增加；烧结垂速没有明显变化；固体燃耗有降低的趋势，且随着罗伊山粉矿配比的增大，固体燃耗降低明显；罗伊山粉矿全部替代澳矿粉后转鼓强度最高。

(2) 从冶金性能看，采用10%罗伊山粉矿粉矿替代澳矿粉，烧结矿冶金性能变化不大，随着罗伊山粉矿粉矿替代澳矿粉比例的增加，烧结矿软化温度(T_4、T_{10})呈降低的趋势，软化区间变宽。当罗伊山粉矿替代澳矿粉比例达到20%时，烧结矿还原度升高，熔融区间变窄。

(3) 结合烧结矿质量指标和冶金性能分析，罗伊山粉矿可以替代澳矿粉，其替代比例应该控制在20%以内，建议在实际生产当中，可以采用逐步替代，以保证生产的稳定。

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] 贾燕，李文兴. 铁矿粉烧结生产[M]. 北京：冶金工业出版社，2013.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net