

峨口铁矿二磁精矿制备高品质铁精矿粉试验研究^①

米子军¹, 罗良飞², 李宗蔚², 钟志刚²

(1.太原钢铁(集团)有限公司矿业分公司,山西太原 030027; 2.长沙矿冶研究院有限责任公司,湖南长沙 410012)

摘要:针对太钢峨口铁矿资源及生产现状,开展了二段磁选精矿提铁降杂试验研究,采用磨矿-弱磁选-反浮选流程,可获得产率76.33%、TFe品位69.93%、回收率93.08%、SiO₂含量1.63%的高品质铁精矿。

关键词:铁精矿;脱硅;提铁降杂;磨矿;磁选;反浮选

中图分类号:TD951

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2023.06.019

文章编号:0253-6099(2023)06-0088-04

Preparation of High-Quality Iron Concentrate Powder by Refining Concentrate from Second-Stage Magnetic Separation Process of Ekou Iron Mine

MI Zijun¹, LUO Liangfei², LI Zongwei², ZHONG Zhigang²

(1. Mining Branch of Taiyuan Iron & Steel (Group) Co Ltd, Taiyuan 030027, Shanxi, China; 2. Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co Ltd, Changsha 410012, Hunan, China)

Abstract: In view of the resource characteristics and production status of Ekou Iron Mine of Taiyuan Iron & Steel (Group) Co Ltd, an experimental research was conducted to upgrade iron grade of the concentrate from the second-stage magnetic separation while reducing impurities therein. An optimized flowsheet consisting sequentially of grinding, low-intensity magnetic separation and reverse flotation was adopted in the experiment, resulting in a high-quality iron concentrate grading 69.93% TFe at a recovery of 93.08%, with a yield of 76.33%, while the SiO₂ content was reduced to 1.63%.

Key words: iron concentrate; desilication; upgrading iron grade whilst reducing impurities; grinding; magnetic separation; reverse flotation

提高铁精矿入料品位、降低杂质含量,是实现高效率、低成本炼铁的基础^[1-3]。根据太钢绿色低碳高质量发展和战略规划,立足太钢三个铁矿的资源特点及生产现状,为满足未来金属化球团发展需求,对铁精矿质量提出了新的要求:精矿SiO₂含量要低于3.5%,甚至在2.0%以下。而目前峨口铁矿生产的铁精矿中SiO₂含量6%左右,开发一种合理高效的高品质铁精矿制备工艺技术已迫在眉睫。本文以峨口铁矿二段磁选精矿为原料,进行高品质铁精矿的制备研究,为实施提铁降硅决策提供技术支撑。

1 原料性质

试验原料取自太钢峨口铁矿现场二段磁选精矿。

试样化学多元素、铁物相、矿物含量及铁矿物解离度分析结果分别见表1~4。

表1 矿石化学多元素分析结果(质量分数) %

TFe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
57.34	24.62	54.56	15.65	0.042	0.49	0.84	0.90
MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P	S	C	烧失	
0.06	0.050	0.026	0.045	0.38	0.63	0.06	

由表1~4可知,该试样中TFe品位57.34%,需进一步富集。脉石矿物主要为石英,有害元素磷含量较低,但硫含量略高,为0.38%;铁主要以磁铁矿形式存在;试样中呈单体产出的铁矿物占89.2%,多数脉石与

① 收稿日期:2023-06-16

作者简介:米子军(1964—),男,山西祁县人,正高级工程师,主要从事矿业技术及管理工作。

通信作者:罗良飞(1971—),男,湖南湘乡人,硕士,正高级工程师,主要从事矿物加工技术开发与工程应用研究工作。

磁铁矿构成连生体产出,需进一步磨矿才能解离。

表 2 矿石中铁化学物相分析结果

铁相	含量/%	分布率/%
磁铁矿中铁	53.52	93.34
假象赤铁矿中铁	0.12	0.21
赤(褐)铁矿中铁	0.52	0.91
碳酸盐中铁	2.07	3.61
硫化物中铁	0.15	0.26
硅酸盐中铁	0.96	1.67
合计	57.34	100.00

表 3 矿石中主要矿物含量(质量分数) %

磁铁矿	假象赤铁矿	褐铁矿	石英	闪石	方解石 白云石	绿泥石	其他
75.4	0.8	2.0	0.5	11.0	4.0	3.8	0.5

表 4 矿石中铁矿物解离度

单体/%	连生体/%			
	>3/4	3/4~1/2	1/2~1/4	<1/4
89.2	5.4	2.3	1.6	1.5

2 试验方法

试样中的铁主要赋存在磁铁矿中,部分磁铁矿与脉石形成富连生体,磨矿后可采用弱磁选作业进行预富集。为得到高品质铁精矿,对弱磁选精矿分别进行了淘洗磁选及反浮选试验研究。根据淘洗磁选和反浮选效果,拟采用磨矿-磁选-反浮选工艺制备高品质铁精矿。

2.1 磨矿-弱磁选试验

磨矿细度是影响选矿分选效果的关键因素,且磨矿运行成本在选矿过程中占比较高,选择高效的细磨设备和合适的磨矿细度十分重要。采用立磨机对试样进行磨矿,并进行了不同磨矿细度下的弱磁选试验,以考察磨矿细度对弱磁精矿品位与回收率的影响,试验流程见图 1,结果见表 5。

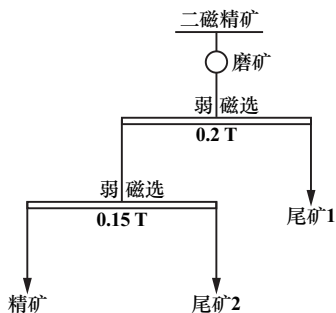


图 1 磨矿细度试验流程

表 5 磨矿细度试验结果

-0.045 mm 粒级 含量/%	产品 名称	产率/%	TFe 品位/%	回收率/%
79.51	精矿	82.95	66.04	95.65
	尾矿 1	15.56	14.42	3.92
	尾矿 2	1.49	16.79	0.43
	给矿	100.00	57.28	100.00
83.30	精矿	81.75	66.69	95.28
	尾矿 1	16.04	14.52	4.07
	尾矿 2	2.21	16.98	0.65
	给矿	100.00	57.22	100.00
88.70 (-0.030 mm 66.30%)	精矿	79.42	68.27	94.76
	尾矿 1	18.87	14.23	4.69
	尾矿 2	1.71	18.28	0.55
	给矿	100.00	57.22	100.00
93.04 (-0.030 mm 73.06%)	精矿	78.43	69.20	94.58
	尾矿 1	19.84	14.01	4.84
	尾矿 2	1.73	19.15	0.58
	给矿	100.00	57.39	100.00
96.45 (-0.030 mm 80.73%)	精矿	77.95	70.02	94.68
	尾矿 1	20.90	13.89	5.04
	尾矿 2	1.15	14.38	0.28
	给矿	100.00	57.65	100.00
99.08 (-0.030 mm 94.18%)	精矿	76.16	70.92	93.84
	尾矿 1	22.37	14.37	5.58
	尾矿 2	1.47	22.65	0.58
	给矿	100.00	57.56	100.00

由表 5 可知,随着磨矿细度增加,弱磁选精矿品位逐步提高,作业回收率小幅度下降。磨矿细度-0.045 mm 粒级含量达到 96.45%时,弱磁选精矿 TFe 品位达到 70.02%;磨矿细度-0.045 mm 粒级含量达到 99.08%时,弱磁选精矿 TFe 品位达到 70.92%。

2.2 提铁降杂试验

为了考察试样不同磨矿细度的弱磁选精矿进一步提铁降杂的可行性,对不同磨矿细度的弱磁选精矿进行了淘洗磁选和反浮选提铁降硅试验。

2.2.1 淘洗磁选提铁降硅试验

淘洗磁选机通过特殊磁系来实现多种磁场的叠加,使筒体内水平方向磁场分布均匀、垂直方向磁力向下。矿物进入筒体时,磁性矿物在磁力、矿物自身重力、上升水冲力等的综合作用下从筒体底部排出,细粒脉石及贫连生体在上升水冲力作用下从顶部排出,从而达到提质降杂的目的^[4-5]。在淘洗磁选机固定磁场和补偿磁场均为 96 kA/m、循环磁场 80 kA/m、上升水量 900 L/h³ 条件下,立磨磨矿的弱磁选精矿淘洗磁选试验结果见表 6。

由表 6 可知,采用淘洗磁选可以将不同磨矿细度的弱磁选精矿提高品位 0.38~2.04 个百分点,随着磨矿细度增加,铁精矿品位逐渐上升,杂质硅含量逐渐下

降。磨矿细度-0.045 mm 粒级含量达到 83.30%时,弱磁选精矿经过淘洗后精矿 TFe 品位达到 68.96%,精矿中 SiO₂ 含量为 2.71%。在较细的磨矿细度条件下淘洗磁选可以得到高品质铁精矿,但其磨矿成本较高。

表 6 淘洗磁选试验结果

-0.045 mm 粒级 含量/%	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%
			TFe	SiO ₂	
79.51	精矿	95.84	68.08	3.76	98.79
	尾矿	4.16	19.16		1.21
	给矿	100.00	66.04		100.00
83.30	精矿	95.07	68.96	2.71	98.31
	尾矿	4.93	22.84		1.69
	给矿	100.00	66.69		100.00
88.70 (-0.030 mm 66.30%)	精矿	95.32	69.92	2.07	97.68
	尾矿	4.68	33.73		2.32
	给矿	100.00	68.22		100.00
93.04 (-0.030 mm 73.06%)	精矿	96.82	70.59	1.48	98.49
	尾矿	3.18	32.99		1.51
	给矿	100.00	69.40		100.00
96.45 (-0.030 mm 80.73%)	精矿	97.81	70.87	1.30	99.13
	尾矿	2.19	27.63		0.87
	给矿	100.00	69.92		100.00
99.08 (-0.030 mm 94.18%)	精矿	97.91	71.21	0.99	98.44
	尾矿	2.09	52.91		1.56
	给矿	100.00	70.83		100.00

下降。磨矿细度-0.045 mm 粒级含量达到 79.51%时,弱磁选精矿经反浮选后精矿 TFe 品位达到 70.16%,精矿中 SiO₂ 含量为 1.99%,SiO₂ 含量比淘洗磁选低 1.77 个百分点。

表 7 反浮选试验结果

-0.045 mm 粒级 含量/%	产品名称	作业 产率/%	品位/%		作业 回收率/%
			TFe	SiO ₂	
79.51	精矿	91.59	70.16	1.99	96.49
	尾矿	8.41	27.82		3.51
	给矿	100.00	66.60		100.00
83.30	精矿	92.50	70.58	1.70	96.63
	尾矿	7.50	30.35		3.37
	给矿	100.00	67.56		100.00
88.70 (-0.030 mm 66.30%)	精矿	94.18	70.72	1.46	97.32
	尾矿	5.82	31.57		2.68
	给矿	100.00	68.44		100.00
93.04 (-0.030 mm 73.06%)	精矿	96.05	71.04	0.92	98.07
	尾矿	3.95	34.04		1.93
	给矿	100.00	69.58		100.00
96.45 (-0.030 mm 80.73%)	精矿	96.73	71.14	0.79	98.34
	尾矿	3.27	35.54		1.66
	给矿	100.00	69.98		100.00
99.08 (-0.030 mm 94.18%)	精矿	98.41	71.05	0.73	99.01
	尾矿	1.59	44.08		0.99
	给矿	100.00	70.62		100.00

2.2.2 反浮选提铁降硅试验

在 NaOH 用量 600 g/t、苛化淀粉用量 800 g/t、CaO 用量 200 g/t、捕收剂 RA 用量 100 g/t、浮选温度 30 ℃、浮选浓度 33%、浮选时间 2 min 条件下,对不同磨矿细度的弱磁选精矿进行了反浮选提质降杂试验,反浮选试验流程见图 2,结果见表 7。

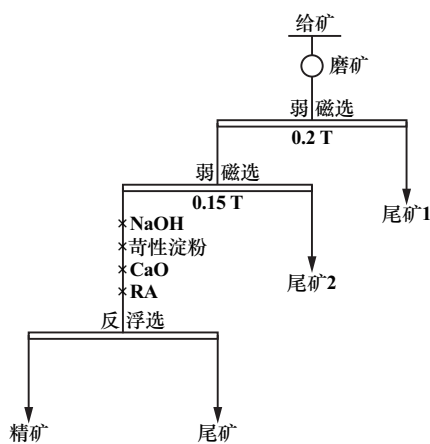


图 2 反浮选试验流程

由表 7 可知,采用反浮选工艺可以将不同磨矿细度的弱磁选精矿提高品位 0.43~3.56 个百分点,随着磨矿细度增加,铁精矿品位逐渐上升,杂质硅含量逐渐

通过对两种提质降杂工艺可知,反浮选比淘洗磁选提质降硅效果更好,可以放粗磨矿细度约 4 个百分点,且精矿中 SiO₂ 含量更低。因此,针对二磁精矿再磨细度-0.045 mm 粒级占 79.51%的弱磁精矿,在 NaOH 用量 600 g/t、苛化淀粉用量 800 g/t、CaO 用量 200 g/t、浮选温度 30 ℃、浮选浓度 33%、浮选时间 2 min 条件下,进行了捕收剂 RA 用量试验,结果见表 8。

表 8 弱磁选精矿反浮选捕收剂 RA 用量试验结果

RA 用量/ (g · t ⁻¹)	产品名称	作业 产率/%	品位/%		作业 回收率/%
			TFe	SiO ₂	
100	精矿	94.60	68.24	3.60	98.31
	尾矿	5.40	16.55		1.69
	给矿	100.00	65.45		100.00
200	精矿	88.01	69.95	2.12	98.09
	尾矿	11.99	32.16		1.91
	给矿	100.00	65.42		100.00
300	精矿	84.33	70.13	1.95	98.91
	尾矿	15.67	40.10		1.09
	给矿	100.00	65.43		100.00
400	精矿	79.23	70.43	1.74	97.35
	尾矿	20.77	46.60		2.65
	给矿	100.00	65.48		100.00

由表 8 可知,随着捕收剂 RA 用量增加,精矿、尾

矿品位均提高,回收率下降。单机开路试验要获得 TFe 品位大于 70% 的精矿,捕收剂用量需达到 200 g/t 以上。

2.3 全流程试验

在条件试验基础上,进行了全流程闭路试验,试验数质量流程见图 3。

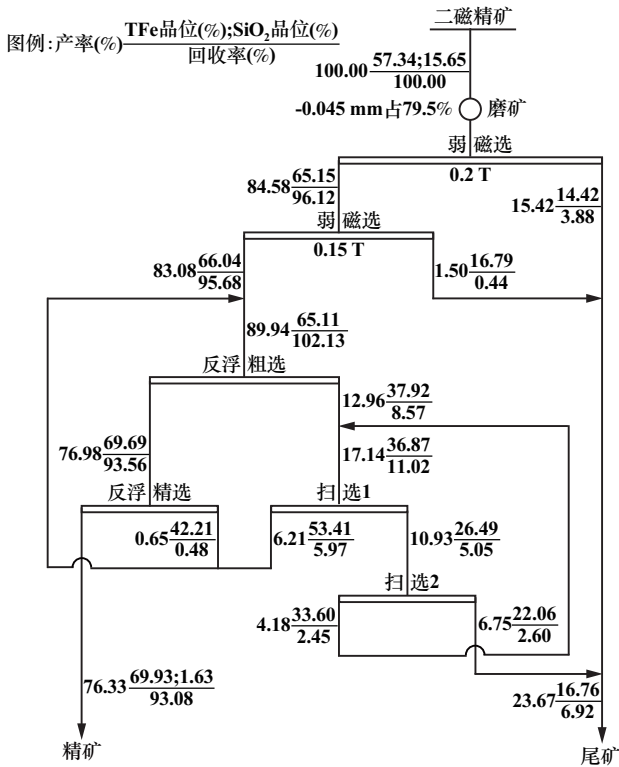


图 3 全流程试验数质量流程

通过磨矿-弱磁选-反浮选全流程试验,可以获得产率76.33%、TFe品位69.93%、回收率93.08%、SiO₂

含量 1.63% 的高品质铁精矿,完全满足金属化球团原料要求。

3 结 论

1) 结合太钢峨口铁矿生产工艺流程,以第二段磨选生产的二磁精矿为切入点,开展高品质铁精矿制备技术研究切实可行。

2) 系统研究了反浮选与淘洗磁选提质降杂效果,反浮选比淘洗磁选工艺磨矿细度可放粗约 4 个百分点,且精矿中 SiO₂ 含量更低。

3) 二磁精矿经磨矿-弱磁选-反浮选,可以获得产率 76.33%、TFe 品位 69.93%、回收率 93.08%、SiO₂ 含量 1.63% 的高品质铁精矿,可以满足太钢未来金属化球团发展要求,为下一步选矿厂技术改造提供强有力的支持。

参考文献:

- [1] 余永富,祁超英,麦笑宇,等. 铁矿石选矿技术进步对炼铁节能减排增效的显著影响[J]. 矿冶工程, 2010,30(4):27-32.
- [2] 李 涛,裴晓东,骆艳华,等. 利用某铁精矿制备高品质超级铁精矿[J]. 矿冶, 2021,30(6):37-41.
- [3] 赵 湘. 立式搅拌磨机在超纯铁精矿选矿中的磨矿选型及工业应用[J]. 矿冶工程, 2017,37(1):49-51.
- [4] 王维民,殷 平. 金昱淘洗机在本溪矿业公司提质增效中的应用[J]. 现代矿业, 2020,36(12):153-155.
- [5] 张汉泉,高王杰,蔡 祥,等. 淘洗磁选机在鲕状赤铁矿提铁降杂中的应用[J]. 矿冶工程, 2019,39(3):37-39.

引用本文: 米子军,罗良飞,李宗蔚,等. 峨口铁矿二磁精矿制备高品质铁精矿粉试验研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(6):88-91.