

某难选弱磁性铁矿磁化焙烧-磁选试验研究^①

唐志波¹, 廖舟²

(1.湖南水口山有色金属集团有限公司,湖南 衡阳 421513; 2.湖南有色金属控股集团有限公司,湖南 长沙 410035)

摘要:对江苏某难选弱磁性铁矿石进行了预还原磁化焙烧-磁选试验研究。结果表明,矿样在预还原反应温度 750 °C、反应时间 60 min、还原剂煤用量 3%、磨矿细度-0.074 mm 粒级占 75% 条件下,经一粗一精一扫弱磁选,可获得铁品位 65.05%、铁回收率 96.19% 的高品质铁精矿。研究结果可为难选弱磁性铁矿石选别提供一定参考。

关键词:磁铁矿; 预还原; 磁化焙烧; 磁选; 铁精矿

中图分类号: TD92

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2023.03.022

文章编号: 0253-6099(2023)03-0097-04

Beneficiation of Refractory Weakly-Magnetic Iron Ore with Flowsheet of Magnetic Roasting and Magnetic Separation

TANG Zhibo¹, LIAO Zhou²

(1. Hunan Shuikoushan Nonferrous Metals Group Co Ltd, Hengyang 421513, Hunan, China; 2. Hunan Nonferrous Metals Holding Group Co Ltd, Changsha 410035, Hunan, China)

Abstract: A flowsheet consisting of pre-reduction magnetic roasting and magnetic separation was introduced to process a refractory weakly-magnetic iron ore from Jiangsu Province. The results show that after 60 min roasting at 750 °C by adding coal as a reducing agent at an amount of 3%, the pre-reduced iron ore was ground to a fineness of 75% -0.074 mm and then subjected to low intensity magnetic separation consisting of one roughing, one cleaning and one scavenging, resulting in a high quality iron concentrate grading 65.05% Fe at 96.19% recovery. The research results can provide technical reference for the mineral processing of refractory weakly-magnetic iron ore.

Key words: magnetite; pre-reduction; magnetic roasting; magnetic separation; iron concentrate

我国铁矿资源储量丰富,但禀赋较差,目前已探明的铁矿资源以贫矿为主,优质资源较少^[1]。我国每年需从国外大量进口铁矿石,2020 年我国铁矿石进口量达 11.7 亿吨,对外依存度持续攀升^[2]。

低品位复杂铁矿石是目前我国主要的铁矿资源,深入研究复杂难选铁矿石的高效利用,对缓解国内铁矿石紧缺形势、提高铁矿石自给率具有重要的现实意义^[3-5]。前人研究表明,磁化焙烧-磁选技术对处理低品位复杂铁矿石有较好的效果^[6-7],在磁化焙烧过程中,铁矿石中的弱磁性铁矿物(Fe_2O_3)被还原成强磁性铁矿物(Fe_3O_4),而脉石矿物磁性变化较小,故可以通过弱磁选对其进行选别分离^[8]。本文采用磁化焙烧-磁选工艺回收某赤铁矿中铁,主要考察磁化焙烧温度、还原剂加入量、焙烧时间、磨矿细度、磁场强度对磁

选铁精矿指标的影响。

1 试验原料及方法

1.1 原料性质

试验所用铁矿样由江苏某矿业公司提供,用 3 mm 网筛对样品进行筛分,筛上产物用对辊破碎机破碎后与筛下产物混匀,所得样品为试验原矿。

样品化学多元素分析结果见表 1,铁物相分析结果见表 2。矿石 TFe/FeO 比为 375.3,碱性系数为 0.026。

矿石中主要有价金属为铁;选矿需要排除的脉石组分主要为 SiO_2 ,其次为 Al_2O_3 ,二者合计含量为 9.68%。原矿肉眼呈红褐色,铁主要呈赤(褐)铁矿产出,其次分布在磁铁矿和假象赤铁矿中,加上微量的碳酸盐中铁,合计分布率达 99.82%,此即为选铁的最大理论

① 收稿日期: 2022-12-12

作者简介: 唐志波(1977—),湖南永州人,硕士,高级工程师,主要从事金属矿产采选冶生产技术及工程应用研究。

回收率。金属硫化物主要为黄铁矿,脉石矿物主要为石英,有害元素硫、磷含量均较低,对铁精矿质量不构成影响。

表1 样品主要化学成分分析结果(质量分数) %

TFe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
56.29	0.15	82.11	6.4	3.28	0.14	0.11
K ₂ O	Na ₂ O	S	P	C	Ig	
0.008 6	0.021	0.008 9	0.059	0.34	11.06	

表2 铁物相分析结果

铁物相	含量/%	分布率/%
磁铁矿中铁	0.11	0.20
假象赤铁矿中铁	0.56	0.99
赤褐铁矿中铁	55.43	98.47
硅酸铁中铁	0.10	0.18
硫化铁中铁	0.01	0.01
碳酸铁中铁	0.09	0.16
合计	56.29	100.00

1.2 试验方案

根据铁矿石性质,选用预还原磁化焙烧-磁选工艺进行试验。将-3 mm 样品混匀后装在不锈钢带盖盒子内,添加一定量还原剂,待炉温达到设定值后将带盖的盒子放入马弗炉内,炉温再次回升至设定值后开始计时,预还原焙烧达到设定的时间后出炉水冷,在磨矿浓度 50% 条件下磨矿至-0.074 mm 粒级占 90%,然后采用磁选管或 CRIMM-Φ400-300 型湿式弱磁选机在磁场强度 144 kA/m 条件下进行分选,考查预还原焙烧磁化效果。试验原则流程图见图 1。

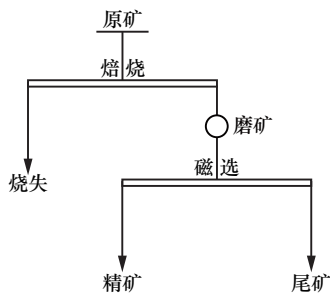


图1 试验原则流程

2 试验结果及讨论

2.1 预还原焙烧温度试验

在预还原焙烧时间 60 min、还原剂煤用量 5% 条件下进行焙烧,将预还原焙烧矿磨至-0.074 mm 粒级占 90%,采用磁选管进行弱磁选,磁场强度为 144 kA/m,不同预还原焙烧温度下的精矿铁品位和回收率见图 2。

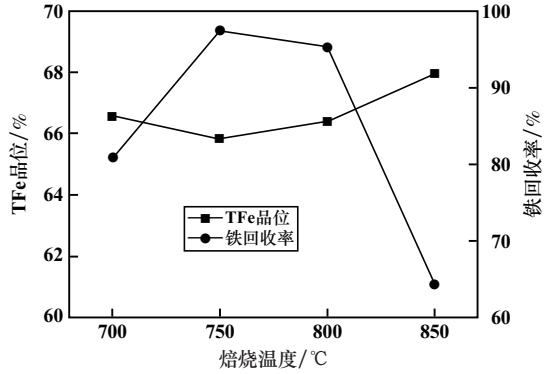


图2 预还原焙烧温度试验结果

由图 2 可知,一次弱磁选精矿铁品位都在 65% 以上。预还原焙烧温度由 700 °C 升至 850 °C 时,精矿铁品位先降低后升高,在 850 °C 时达到峰值。铁精矿回收率随预还原焙烧温度升高呈先升后降的趋势,在 750 °C 达到峰值 97.45%,850 °C 降至 64.36%。这种现象可能是温度过高,铁矿物发生过还原反应,生成了无磁性的浮氏体。综合考虑精矿品位、回收率及预还原焙烧能耗问题,选择预还原焙烧温度 750 °C,在此预还原焙烧温度下可得精矿铁品位 65.82%、铁回收率 97.45% 的分选指标。

2.2 预还原焙烧时间试验

预还原焙烧时间是影响矿物还原程度的重要因素。预还原焙烧温度 750 °C,其他条件不变,不同预还原焙烧时间下的精矿铁品位和回收率如图 3 所示。

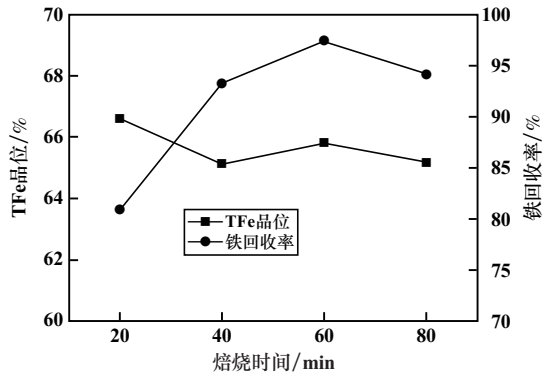


图3 预还原焙烧时间试验结果

由图 3 可知,精矿铁品位随预还原焙烧时间延长变化不大,总体在 65% 左右波动;精矿回收率随预还原焙烧时间延长先升后降,在焙烧时间 60 min 时精矿铁回收率达到峰值,为 97.45%,此时精矿铁品位为 65.82%。综合考虑,选择预还原焙烧时间为 60 min。

2.3 还原剂煤用量试验

预还原焙烧时间 60 min,其他条件不变,还原剂煤用量对精矿铁品位及回收率的影响见图 4。

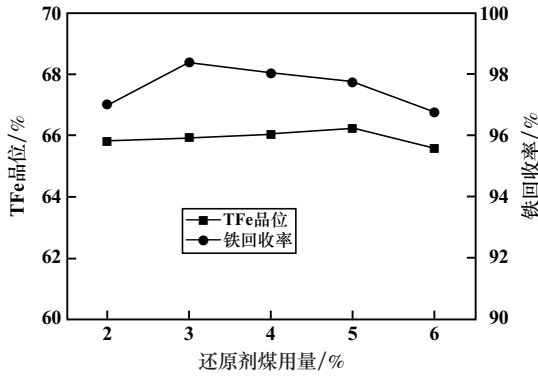


图4 还原剂煤用量试验结果

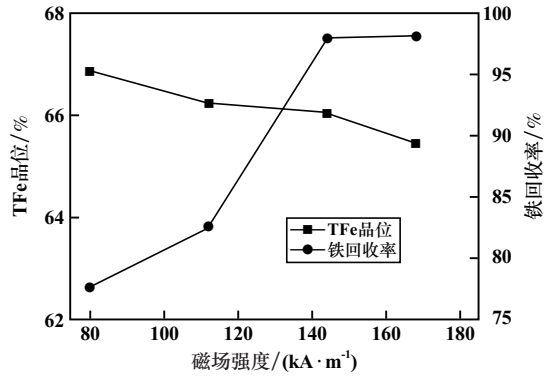


图6 磁场强度试验结果

由图4可知,随着还原剂煤用量增加,精矿品位和回收率均呈先升后降的趋势。综合考虑精矿品位、回收率及能耗,还原剂煤用量3%为宜,此时精矿品位65.92%、回收率98.39%。

2.4 磨矿细度试验

为了使目的矿物与脉石矿物单体解离、提高选矿指标,进行了磨矿细度试验。在预还原焙烧温度750℃、预还原焙烧时间60min、还原剂煤用量3%、磁场强度144kA/m条件下,磨矿细度对精矿铁品位及回收率的影响见图5。

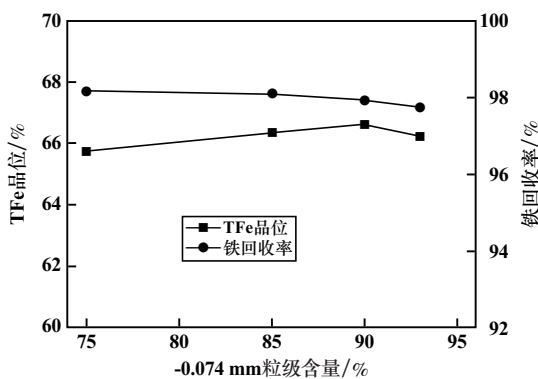


图5 磨矿细度试验结果

由图5可知,随着磨矿细度逐渐变细,弱磁选铁精矿品位先增后降,铁回收率略有降低,各磨矿细度下均能获得较理想指标。综合考虑,选择磨矿细度-0.074mm粒级占75%即可。

2.5 磁场强度试验

预还原焙烧温度750℃、预还原焙烧时间60min、还原剂煤用量3%、磨矿细度-0.074mm粒级占75%条件下,磁场强度对精矿铁品位及回收率的影响见图6。

由图6可知,随着磁场强度由80kA/m增加至168kA/m,弱磁选铁精矿品位呈下降趋势,回收率逐步提高。综合考虑,选择磁场强度168kA/m进行后续试验。

2.6 流程试验

对在预还原焙烧温度750℃、预还原焙烧时间60min、还原剂煤用量3%条件下获得的预还原焙烧矿,磨矿至-0.074mm粒级占75%,采用CRIMM-Φ400-300型湿式弱磁选机进行了一粗一精一扫流程试验,试验流程见图7,结果见表3。

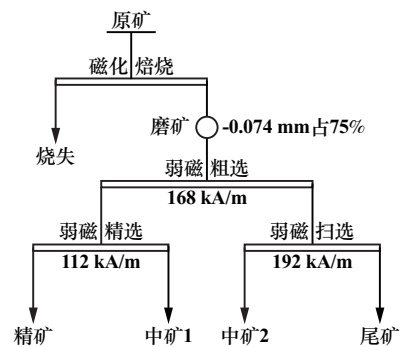


图7 预还原磁化焙烧-磁选试验流程

表3 预还原焙烧工艺流程试验结果

产品名称	产率/%	TFe 品位/%	回收率/%
精矿	83.24	65.05	96.19
中矿1	0.69	45.12	0.55
中矿2	1.50	59.84	1.59
尾矿	3.49	26.84	1.66
综合尾矿(中矿1+中矿2+尾矿)	5.67	37.78	3.81
烧失	11.06	—	—
原矿	100.00	56.29	100.00

表3结果表明,预还原焙烧矿经过磨矿(-0.074mm粒级占75%)和一粗一精一扫磁选,可获得TFe品位65.05%、回收率96.19%的高品质铁精矿。中矿1、中矿2和尾矿TFe品位偏高,需要通过系统试验分析其原因。

2.7 产品质量检测

对预还原磁化焙烧-磁选工艺流程获得的精矿进行了化学多元素分析,并对精矿和尾矿分别进行了铁

物相分析,结果分别见表4~5。

表4 精矿化学多元素分析结果(质量分数) %

TFe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
65.05	29.20	60.48	5.19	1.68	0.12
MgO	K	Na	S	P	C
0.13	0.0064	0.026	0.018	0.072	0.056

表5 精矿和尾矿铁物相分析结果

产品名称	铁物相	含量/%	分布率/%
精矿	四氧化三铁中铁	38.52	59.22
	三氧化二铁中铁	3.76	5.78
	假象赤铁矿中铁	14.07	21.63
	硅酸铁中铁	0.84	1.29
	游离亚铁中铁	7.68	11.81
	金属铁	0.18	0.28
	合计	65.05	100.00
尾矿	四氧化三铁中铁	8.34	31.07
	三氧化二铁中铁	6.75	25.15
	假象赤铁矿中铁	2.61	9.72
	硅酸铁中铁	2.51	9.35
	游离亚铁中铁	6.34	23.62
	金属铁	0.29	1.08
	合计	26.84	100.00

由表4~5可知,获得的高品质铁精矿 TFe 品位为 65.05%,杂质主要为 SiO₂,有害元素 K、Na、S、P 含量均较低;尾矿 TFe 品位为 26.84%,其中四氧化三铁中铁和假象赤铁矿中铁分布率分别为 31.07%和 9.72%,这是在弱磁选条件下导致尾矿铁品位偏高的主要原因;中矿 1 和中矿 2 铁品位较高可能也与此有关。

3 结 论

1) 矿样中主要有价金属为铁,含量为 56.29%,铁

主要以赤(褐)铁矿形式产出,分布率达 98.47%,选铁的最高理论回收率为 99.82%。脉石矿物主要为石英,有害元素硫、磷含量均较低,对铁精矿质量不构成影响。

2) 矿样在预还原焙烧温度 750 ℃、预还原焙烧时间 60 min、还原剂煤用量 3%、磨矿细度-0.074 mm 粒级占 75%条件下,通过预还原磁化焙烧-弱磁选(一粗一精一扫),可获得产率 83.24%、TFe 品位 65.05%、回收率 96.19%的高品质铁精矿。

3) 矿样经预还原磁化焙烧-弱磁选(一粗一精一扫)工艺处理后,中矿和尾矿 TFe 品位均偏高,这可能与磨矿细度有关。虽然磨矿细度-0.074 mm 粒级含量 75%与 90%以上相比选别指标差别不大,但反映在尾矿中磁性铁的分布率会有差异。

参考文献:

- [1] 赵立群,王春女,张敏,等.中国铁矿资源勘查发现现状及供需形势分析[J].地质与勘探,2020,56(3):635-643.
- [2] 刁力.“十四五”期间进口铁矿石形势展望[J].冶金管理,2022(6):13-17.
- [3] 杨光,苏兴国,马自飞,等.东鞍山贫杂铁矿石选矿技术研究进展[J].矿产保护与利用,2021,41(5):140-148.
- [4] 余建文,韩跃新,李艳军,等.复杂难选弱磁性铁矿石磁化焙烧技术研究现状与发展前景[J].河北冶金,2018(10):1-6.
- [5] 韩跃新,李艳军,高鹏,等.复杂难选铁矿石悬浮磁化焙烧-高效分选技术[J].钢铁研究学报,2019,31(2):89-94.
- [6] 李慧春,沈忠,梁秀艳.镜铁矿粉矿回转窑磁化焙烧-磁选试验研究[J].矿冶工程,2021,41(6):89-92.
- [7] 刘旭.某低品位难选菱铁矿磁化焙烧-磁选试验研究[J].矿冶工程,2021,41(6):6-9.
- [8] 刘超,刘勇,刘牡丹,等.选冶联合回收风化型钒钛铁矿试验研究[J].矿冶工程,2022,42(3):51-54.

引用本文:唐志波,廖舟.某难选弱磁性铁矿磁化焙烧-磁选试验研究[J].矿冶工程,2023,43(3):97-100.