

鞍千磁赤铁矿石磁选—反浮选工艺优化研究

朱一民^{1,2}, 葛婧^{1,2}, 刘杰^{1,2}, 韩跃新^{1,2}

1. 东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819;
2. 难采选铁矿资源高效开发利用技术国家地方联合工程研究中心, 辽宁 沈阳 110819

中图分类号: TD951.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2023)03-0082-07
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2023.03.009

摘要 随着鞍千矿山入选矿石中磁性矿含量增加,为解决当前鞍千矿石联合分选工艺流程中重选精矿品位低、浮选提质困难、浮选尾矿铁损失严重等问题,以鞍千原矿为研究对象,开展原矿磨矿—两段弱磁选—强磁选—反浮选工艺优化实验研究。结果表明:原矿在最佳磨矿细度为 -0.043 mm 含量80%、两段弱磁选磁场磁感应强度均为0.1 T、强磁选磁场磁感应强度为0.7 T的条件下,得到高品位的弱磁选精矿,由弱磁选精选尾矿与强磁选精矿混合制备的混磁精矿,作为反浮选给矿;在反浮选最佳药剂制度为矿浆温度 $35\pm 1^\circ\text{C}$ 、pH为11.5、淀粉用量800 g/t、CaO用量1 000 g/t、粗选和精选捕收剂(TD-II)用量分别为1 000 g/t和450 g/t的条件下,经一次粗选一次精选三次扫选反浮选闭路实验,获得了浮选精矿TFe品位为67.16%、对浮选给矿回收率为93.99%的技术指标。最终采用二段弱磁选—强磁选—反浮选工艺获得了产率为36.94%、铁品位为68.80%、铁回收率为88.19%的铁精矿。通过FTIR分析表明,淀粉可以通过物理吸附的方式选择性吸附在赤铁矿表面,抑制了捕收剂在赤铁矿表面的吸附。

关键词 磁选; 反浮选; 赤铁矿; 磁铁矿

引言

铁矿石是我国重要的战略性矿产资源,我国铁矿石“贫、细、杂”的特点决定了我国铁矿资源开发利用难度高,并对我国铁矿资源的高效分选技术提出了更高的要求^[1-2]。鞍千铁矿石是我国重要的铁矿石资源^[3],近年来由于开采深度的增加,矿石性质发生较大变化,入选矿石中磁性矿含量增加,但目前选厂仍采用以前包含重选、磁选、浮选的长而复杂的选别工艺,导致重选精矿品位低,波动大,浮选精矿提质困难,浮选尾矿铁损失严重等问题^[4-6]。因此针对入选矿石的性质变化,强化磁选工艺,简化流程结构,提高磁选分选效率,改进优化浮选工艺和药剂制度^[7-8],提高浮选精矿质量,进而提高最终精矿质量,降低浮选尾矿损失,对鞍千矿业及齐大山地区铁矿选矿工艺指标改善具有重要意义。已有学者针对鞍千矿石选矿存在的问题,进行了短流程新工艺研究,已经取得了良好的精矿指标^[9-10],为鞍千铁矿石的高质分选提供了一定的技术支撑。

本研究以鞍千原矿为研究对象,采用两段弱磁选—强磁选—反浮选原则流程,对选别工艺参数进行优化,考察磨矿细度、抑制剂用量、捕收剂用量和浮选温度等对浮选效果的影响,旨在提高最终精矿质量,为鞍千铁矿石高效利用及降低尾矿损失提供依据。

1 实验原料与实验方法

1.1 实验原料

实验所用矿样为鞍千赤铁矿石经过分批采样、充分混匀配矿后接近采场平均水平的原矿,采用高压辊磨系统将样品处理至 -2 mm 。对该样品进行化学多元素分析,结果如表1所示,铁化学物相分析结果如表2所示,XRD分析结果如图1所示。由表1、表2及图1可知,原矿中TFe品位为28.99%,主要有用矿物为磁铁矿及赤铁矿,其中磁铁矿分布率为60.80%,赤(褐)铁矿次之,其分布率为31.61%;脉石矿物主要为石英,有害元素磷和硫含量较少。

收稿日期: 2023-05-13

基金项目: 辽宁省“兴辽英才计划”项目青年拔尖人才项目(XLYC2007055)

作者简介: 朱一民(1964—),女,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为浮选药剂研发与机理研究。

通信作者: 葛婧(1999—),女,硕士研究生,主要从事绿柱石浮选药剂研究。

表 1 原矿化学组成分析结果 /%

Table 1 Analysis results of chemical composition of raw ore

成分	TFe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	烧失
含量	28.99	8.10	48.27	0.20	1.80	2.57	0.015	0.066	1.51

表 2 原矿铁化学物相分析结果 /%

Table 2 Analysis results of iron chemical phase of raw ore

物相	磁性铁 中的铁	碳酸铁 中的铁	赤褐铁 中的铁	硫化铁 中的铁	硅酸铁 中的铁	总铁
含量	17.62	0.48	9.16	0.49	1.24	28.99
分布率	60.80	1.61	31.61	1.68	4.30	100.00

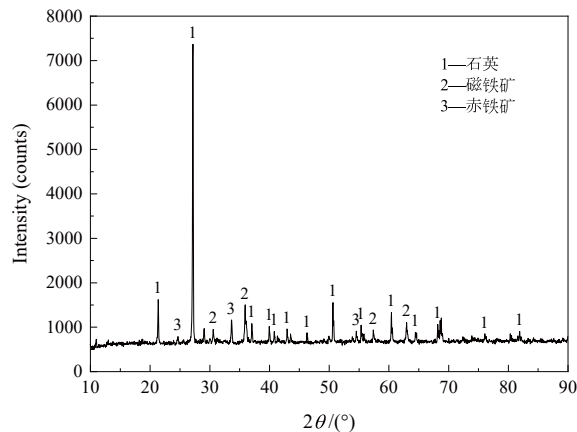


图 1 原矿 XRD 图谱

Fig. 1 XRD patterns of raw ore

1.2 研究方法

由于原矿中 TFe 品位较低,且磁性矿物含量较高,因此考虑首先对原矿矿样进行磨矿—两段弱磁选—强磁选预先富集,再经过反浮选工艺,降低铁损失,本文主要考察浮选精矿质量和浮选尾矿铁损失。具体实验过程如下:将破碎得到的-2 mm 的原矿通过 XMQ-Φ240×90 型湿式球磨机磨至一定细度后,选用 RK/CRS-Φ400×300 型弱磁选机进行一粗一精两段弱磁选,磁场磁感应强度均为 0.1 T;一段弱磁选尾矿用 LGS-EX 立式感应湿式强磁选机在磁感应强度为 0.7 T 条件下进行强磁选;将得到的强磁选精矿与弱磁选精选尾矿混合作为浮选给矿在 XFD_{III}型实验室用单槽浮选机上进行反浮选。反浮选实验抑制剂为玉米淀粉,活化剂为氧化钙,所用捕收剂 TD-II 为一种具有磺酸基的阴离子型捕收剂,具有较好的水溶性,并对石英具有较强的选择性捕收作用。

1.3 红外光谱 (FTIR) 分析

用玛瑙研钵将矿样磨至粒度小于 5 μm,每次取 2 g 置于浮选槽中,加入去离子水,调节矿浆 pH 值后依次加入活化剂、抑制剂、捕收剂,最后搅拌 5 min,使药剂和样品充分作用,把过滤后的矿浆置于真空干燥箱中 40 ℃ 烘干。取干燥后的样品与 KBr 以质量比

为 1 : 100 混匀,研磨混合试样并压制成透光薄片,用 Nicolet 380 红外光谱分析仪进行检测,光谱扫描分辨率为 4 cm⁻¹,光谱波数扫描范围为 4 000~400 cm⁻¹。

2 实验结果与分析

2.1 磨矿细度条件实验

磨矿是获得合适的给矿粒度、使有用矿物与脉石解离的关键环节,对选别指标有重要影响。为确定最佳选别作业给矿粒度,根据图 2 和图 3 所示流程进行磨矿细度条件实验。选择磨矿细度分别为-0.043 mm 含量 70%、80%、90% 和 95% 进行磨矿细度条件实验,在两段弱磁选(一次弱磁选粗选和一次弱磁选精选)磁场磁感应强度均为 0.1 T、强磁选磁场磁感应强度为 0.7 T 的条件下进行磁选实验;磁选回路选矿指标如表 3 所示。在矿浆 pH 为 11.50、矿浆温度 35 ℃、抑制剂(玉米淀粉)及活化剂(CaO)用量均为 1 000 g/t、粗选捕收剂(TD-II)用量 1 200 g/t、精选捕收剂(TD-II)用量为 540 g/t 的条件下进行反浮选实验,实验结果如图 4 所示。

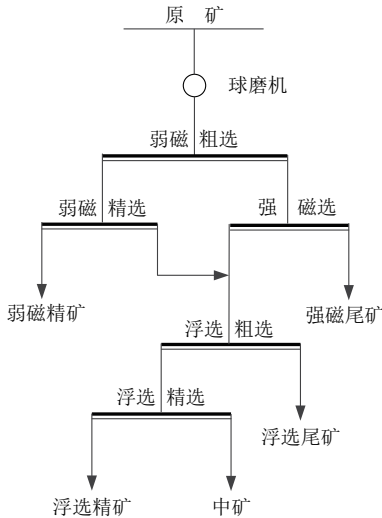


图 2 实验原则工艺流程

Fig. 2 Process flow chart

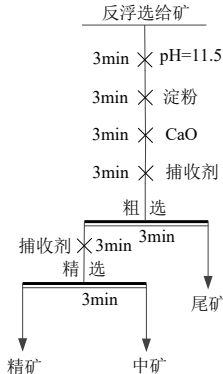


图 3 反浮选流程

Fig. 3 Flow chart of reverse flotation

表 3 磁选回路选矿指标 /%

产品名称	产率	Fe品位	回收率
弱磁精矿	23.50	69.74	57.28
弱磁精选尾矿	3.05	32.82	3.50
强磁精矿	19.81	42.88	29.70
浮选给矿	22.86	41.54	33.20
强磁尾矿	53.64	5.08	9.52
原矿	100.00	28.60	100.00

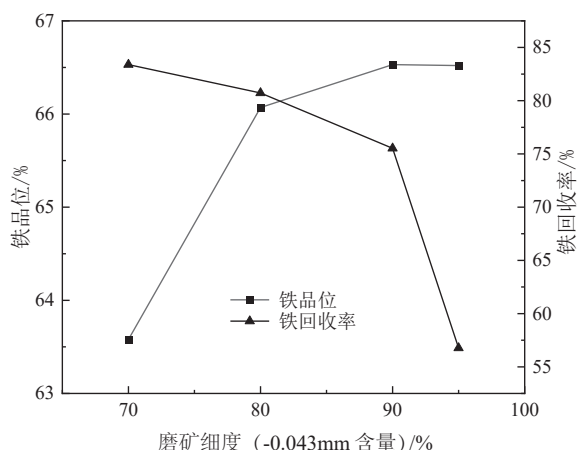


图 4 磨矿细度对反浮选铁精矿指标的影响
Fig. 4 Effect of grinding fineness on reverse flotation iron concentrate index

由图 4 可知,随着磨矿细度逐渐增加,铁矿物与脉石矿物解离度提高,浮选精矿 TFe 品位也随之缓慢增加,当磨矿产品-0.043 mm 含量达到 80% 以上时,浮选精矿铁品位可达到 66% 以上,但回收率则由 80.73% 逐渐降低至 56.77%;综合考虑,确定最终的磨矿细度为-0.043 mm 含量为 80%。在该粒度下对原矿进行磁选实验,最终确定磁选原则流程为两段弱磁选—强磁选,两段弱磁选和强磁选磁场磁感应强度分别为 0.1 T 和 0.7 T,弱磁选精选尾矿与强磁选精矿合并的混磁精矿(TFe 品位为 42.00%)作为浮选给矿进行反浮选实验。

2.2 反浮选条件实验

2.2.1 抑制剂用量条件实验

在矿浆温度为 35 ± 1 °C、pH 为 11.5、CaO 用量 1 000 g/t、粗选捕收剂用量 1 080 g/t 和精选捕收剂用量 450 g/t 的条件下,选取抑制剂淀粉用量分别为 700、800、900、1 000 和 1 100 g/t 进行粗选淀粉用量实验研究,实验结果如图 5 所示。

从图 5 可知,当淀粉用量由 700 g/t 增加到 1 100 g/t 时,淀粉对混磁精矿中铁矿物的抑制作用逐渐增强,浮选精矿 TFe 品位逐渐降低,TFe 品位从 68.61% 降低

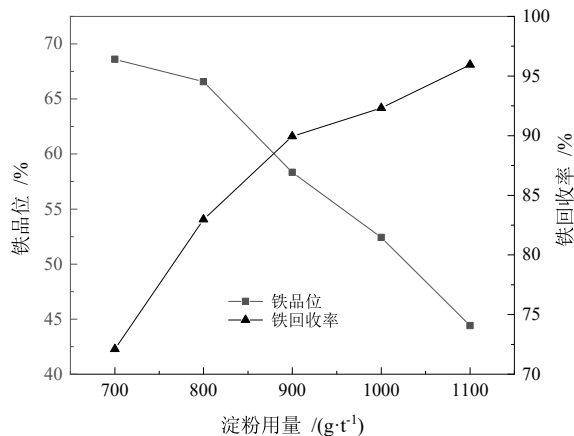


图 5 抑制剂用量对反浮选铁精矿指标的影响
Fig. 5 Effect of inhibitor dosage on reverse flotation iron concentrate index

至 44.41%,铁回收率则呈现逐渐上升趋势。综合考虑精矿铁品位及铁回收率指标,选择淀粉用量 800 g/t 为反浮选实验抑制剂最佳用量。

2.2.2 粗选捕收剂用量条件实验

在矿浆温度为 35 ± 1 °C、pH 为 11.5、淀粉用量 800 g/t、CaO 用量 1 000 g/t 和精选捕收剂用量 450 g/t 的条件下,选取粗选捕收剂用量分别为 700、800、900、1 000 和 1 100 g/t 进行粗选捕收剂用量实验研究,实验结果如图 6 所示。

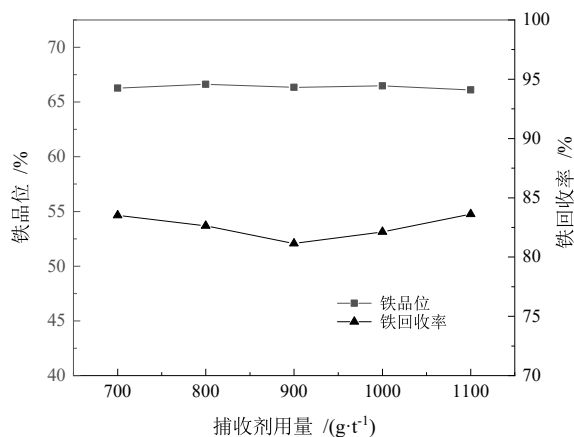


图 6 粗选捕收剂用量对反浮选铁精矿指标的影响
Fig. 6 Effect of collector dosage on reverse flotation iron concentrate index

从图 6 可知,随着捕收剂用量的增加,铁精矿 TFe 品位以及铁回收率变化不大。综合考虑精矿 TFe 品位和铁回收率指标,确定合理的粗选捕收剂用量为 1 000 g/t。

2.2.3 温度条件实验

为了考察矿浆温度对浮选指标的影响,在矿浆 pH 为 11.5、淀粉用量 800 g/t、CaO 用量 1000g、粗选捕收剂用量为 1 000 g/t 和精选捕收剂用量 450 g/t 的

条件下, 选取不同的矿浆温度 $24\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $30\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $35\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 进行温度条件实验研究, 实验结果如图 7 所示。

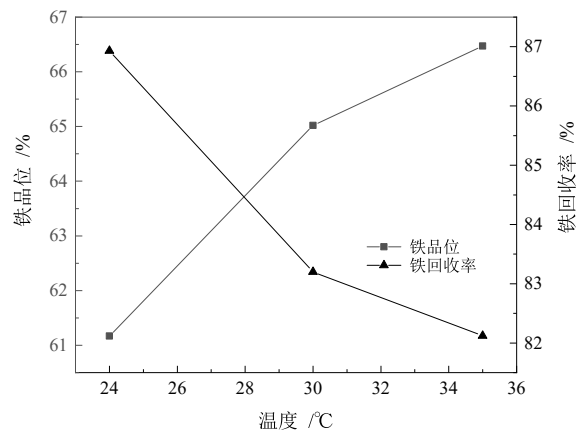


图 7 矿浆温度对反浮选铁精矿指标的影响
Fig. 7 Effect of slurry temperature on reverse flotation iron concentrate index

由图 7 可知, 随着矿浆温度的升高, 铁精矿 TFe 品位逐渐升高, 而铁回收率呈现逐渐减低的趋势。为了能够得到合格的浮选精矿铁品位, 确定最佳矿浆温度为 $35\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.3 浮选闭路实验

根据反浮选条件实验结果, 确定最佳浮选药剂制度为: 矿浆温度 $35\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、矿浆 pH 值 11.5、淀粉用量 800 g/t、CaO 用量 1 000 g/t、粗选和精选捕收剂用量分别为 1 000 和 450 g/t。在该药剂制度下进行一次粗选一次精选三次扫选的反浮选闭路实验, 中矿顺序返回。闭路实验流程如图 8 所示, 结果见表 4, 全流程实验结果见表 5 所示。

由混磁精矿闭路实验结果可知, 混磁精矿 TFe 品位为 42.00%, 经过浮选闭路实验可得到铁品位为 67.16%、铁作业回收率为 93.99% 的浮选精矿和 TFe 品位为 6.12% 的浮选尾矿。

由表 5 可知采用两段弱磁选—强磁选—反浮选流程可以获得产率为 36.94%、铁品位为 68.80%、铁回收率为 88.19% 的最终铁精矿。

2.4 产品性质分析

浮选精矿与浮选尾矿的化学成分分析见表 6。

表 6 结果表明, 浮选精矿 TFe 品位为 67.16%, SiO_2 含量仅为 4.18%, 硫和磷等有害元素含量不高; 浮选尾矿 TFe 品位为 6.12%, SiO_2 含量为 83.83%。本文确定的工艺和操作参数可有效回收鞍千矿石中磁铁矿和赤(褐)铁矿, 在保证精矿质量的前提下可有效降低尾矿损失, 实现鞍千铁矿石高质高效分选。

2.5 作用机理分析

根据前面反浮选结果可知, 反浮选过程中, 淀粉

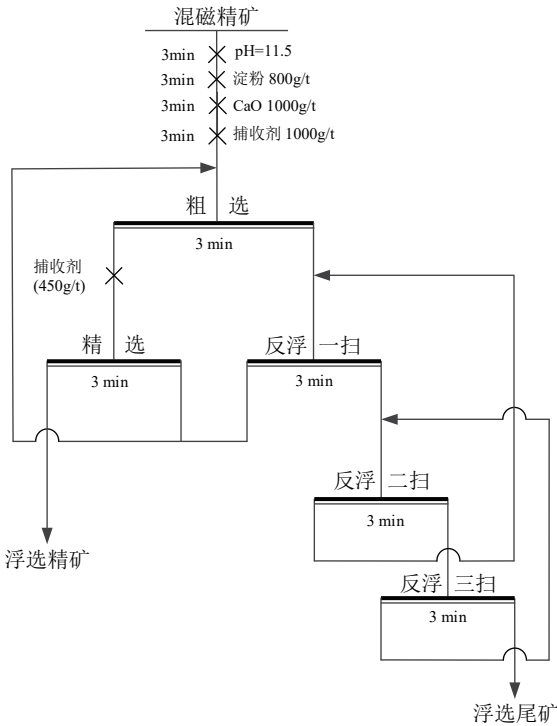


图 8 反浮选闭路实验流程
Fig. 8 Flow chart of reverse flotation closed circuit tests

表 4 混磁精矿反浮选闭路实验结果 /%

Table 4 Results of reverse flotation closed circuit test of mixed magnetic concentrate

产品名称	作业产率	铁品位	铁回收率
浮选精矿	58.78	67.16	93.09
浮选尾矿	41.22	6.12	6.91
合计	100	42.00	100.00

表 5 全流程试验结果 /%

Table 5 The whole process test results

产品名称	产率		Fe品位	Fe回收率	
	对浮选给矿	对原矿		对浮选给矿	对原矿
弱磁精矿	—	23.50	69.74	—	57.28
浮选精矿	58.78	13.44	67.16	93.09	30.91
浮选尾矿	41.22	9.42	6.12	6.91	2.30
浮选给矿	100.00	22.86	42.00	100.00	33.20
强磁尾矿	—	53.64	5.08	—	9.53
原矿	—	100.0	28.71	—	100.00
最终铁精矿	—	36.94	68.80	—	88.19

被赤铁矿强烈吸附, 从而抑制赤铁矿与气泡附着, 阻止其上浮, 而石英则与捕收剂发生吸附被捕收至泡沫产品中。

2.5.1 淀粉对赤铁矿的选择性抑制机理

淀粉分别与赤铁矿和石英作用前后的 FTIR 结果如图 9 所示。由图 9 可知, 淀粉的红外光谱图上, 2928.74 cm^{-1} 处为 C-H 不对称伸缩振动吸收峰^[4],

表 6 浮选精矿和浮选尾矿化学成分分析结果

/%

Table 6 Analysis results of chemical composition of flotation concentrate and tailings

产品	TFe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	烧失
浮选精矿	67.16	18.06	4.18	0.12	0.55	0.63	0.02	0.01	0.54
浮选尾矿	6.12	2.49	83.83	0.41	1.35	3.22	0.01	0.04	2.12

1 156.92 cm⁻¹ 和 1 015.85 cm⁻¹ 处分别为 C-O 和 C-OH 的伸缩振动吸收峰^[12-13], 1 652.04 cm⁻¹ 处为 C-OH 的变角振动吸收峰^[11]; 543.10 cm⁻¹ 和 463.28 cm⁻¹ 处分别为赤铁矿 Fe-O 的伸缩振动吸收峰和弯曲振动吸收峰^[14]。当赤铁矿与淀粉作用后, 赤铁矿表面出现了淀粉的

C-OH 的变角振动吸收峰(1 654.37 cm⁻¹)和 C-H 不对称伸缩振动吸收峰(2 881.00 cm⁻¹), 表明淀粉在赤铁矿表面发生了物理吸附^[15]。而石英与淀粉作用后, 除了矿物自身的特征吸收峰之外, 并没有出现淀粉的特征峰, 说明淀粉在石英表面吸附作用较弱。

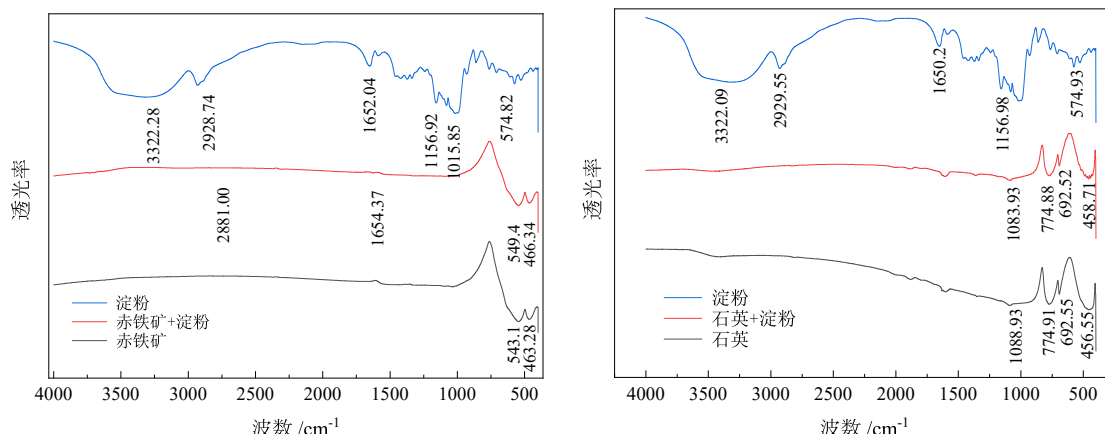


图 9 淀粉与赤铁矿和石英作用前后的红外光谱图

Fig. 9 Infrared spectrum before and after the interaction of starch with hematite and quartz

3 结论

(1) 鞍千原矿 TFe 品位为 28.99%、FeO 含量为 8.10%, 原矿中大部分铁元素主要以磁铁矿的形式存在, 其分布率达 60.80%, 赤(褐)铁矿次之, 分布率占 31.61%; 原矿中主要有用矿物为磁铁矿和赤铁矿, 脉石矿物主要为石英。

(2) 获得合格浮选精矿产品的适宜工艺为: 原矿磨矿—两段弱磁选—强磁选—反浮选; 最佳工艺参数为: 磨矿细度为-0.043 mm 含量 80%, 两段弱磁选磁场磁感应强度均为 0.1 T, 强磁选磁场磁感应强度为 0.7 T, 在上述条件下将弱磁选精选尾矿与强磁选精矿合并作为反浮选给矿; 反浮选流程结构为“一次粗选一次精选三次扫选”, 浮选药剂制度为: 矿浆温度 35±1 ℃、pH 值 11.5、淀粉用量 800 g/t、CaO 用量 1 000 g/t、粗选和精选捕收剂用量分别为 1 000 和 450 g/t; 在该工艺参数条件下, 可获得铁品位为 67.16%、对浮选给矿铁回收率为 93.99% 的浮选精矿, 铁品位为 6.12% 的浮选尾矿; 两段弱磁选—强磁选—反浮选全流程可以获得产率为 36.94%、铁品位为 68.80%、铁回收率为 88.19% 的最终铁精矿。

(3) 淀粉分别与赤铁矿和石英作用的 FTIR 结果表明, 淀粉可以选择性吸附在赤铁矿表面, 从而抑制

赤铁矿浮选。

参考文献:

- [1] 韩跃新, 孙永升, 李艳军, 等. 我国铁选矿技术最新进展[J]. 金属矿山, 2015(2): 1-11.
HAN Y X, SUN Y S, LI Y J, et al. New development on mineral processing[J]. mental mine, 2015(2): 1-11.
- [2] 张亚明, 王雪峰, 李文超. 铁矿资源综合利用效益评价体系研究[J]. 中国国土资源经济, 2019, 32(4): 43-48.
ZHANG Y M, WANG X F, LI W C. Research on benefit evaluation system of comprehensive utilization of iron ore resources[J]. Chinese Academy of Natural Resources Economics, 2019, 32(4): 43-48.
- [3] 王长艳, 徐冬林, 史达, 等. 鞍千磁铁矿工艺矿物学研究[J]. 矿产综合利用, 2022(4): 193-199.
WANG C Y, XU D L, S D, et al. Study on process mineralogy of Anqian magnetite[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2022(4): 193-199.
- [4] 刘双安. 鞍千矿业贫赤铁矿石选矿试验研究[J]. 矿业工程, 2006(4): 34-36.
LIU S A. Experimental study on beneficiation of poor hematite ore in Anqian Mining[J]. Mining Engineering, 2006(4): 34-36.
- [5] 徐冬林, 李佩昱, 李艳军, 等. 鞍千贫赤铁矿磁选精矿反浮选提纯试验[J]. 矿产保护与利用, 2020, 40(2): 70-73.
XU D L, LI P Y, LI Y J, et al. Anti-flotation purification test of magnetic beneflotation concentrate of Anqian poor hematite[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2020, 40(2): 70-73.
- [6] 徐冬林, 刘双安, 李万兴, 等. 鞍千磁铁矿石全磁选别工艺研究[J].

- 现代矿业, 2022, 38(12): 163–165.
- XU D L, LIU S A, LI W X, et al. Study on all-magnetic beneficiation process for magnetite ores in Anqian[J]. Modern Mining, 2022, 38(12): 163–165.
- [7] 杨光, 任慧, 杨春, 刘杰, 等. 磁选—浮选联合工艺从东鞍山铁矿浮选尾矿中回收铁的试验研究[J]. 矿产保护与利用, 2022, 42(6): 66–72.
- YANG G, REN H, YANG C, LIU J, et al. Experimental study on iron recovery from flotation tailings of Donganshan iron ore by combined magnetic separation–flotation process[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(6): 66–72.
- [8] 袁晨光, 黄自力, 肖硕, 等. 某铁矿强磁尾矿反浮选回收试验研究[J]. 矿冶工程, 2022, 42(6): 71–73.
- YUAN C G, HUANG Z L, XIAO S, et al. Experimental study on reverse flotation recovery of high-intensity magnetic tailings of an iron ore[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2022, 42(6): 71–73.
- [9] 刘文胜, 韩跃新, 姚强, 等. 鞍千半自磨——强磁预选精矿短流程工艺试验研究[J]. 金属矿山, 2022(2): 139–145.
- LIU W S, HAN Y X, YAO Q, et al. Experimental study on short process of Anqian coarse concentrate by SAG–high-intensity magnetic preconcentration[J]. Mental Mine, 2022(2): 139–145.
- [10] 范喜杰, 韦文杰, 徐冬林, 等. 鞍千预选混磁精矿搅拌磨细磨—磁选—反浮选工艺研究[J]. 矿产保护与利用, 2022, 42(2): 144–151.
- FAN X J, WEI W J, XU D L, et al. Study on stirring milling–magnetic separation–reverse flotation process of mixed magnetic concentrate in Anqian[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(2): 144–151.
- [11] ZHANG H, WANG J, LIU W, LI F. Microwave-assisted synthesis, characterization, and textile sizing property of carboxymethyl corn starch[J]. [Fibers and Polymers](#), 2015, 16(11): 2308–2317.
- [12] KAR B, SAHOO H, RATH S S, et al. Investigations on different starches as depressants for iron ore flotation[J]. [Minerals Engineering](#), 2013, 49: 1–6.
- [13] MENG Q, YUAN Z, YU L, et al. Selective depression of titanite in the ilmenite flotation with carboxymethyl starch[J]. [Applied Surface Science](#), 2018, 440: 955–962.
- [14] HAO H Q, LI L X, YUAN Z T, et al. Adsorption differences of sodium oleate on siderite and hematite[J]. [Minerals Engineering](#), 2019, 137: 10–18.
- [15] 杨斌. 微细粒硅酸盐矿物选择性聚团强化赤铁矿反浮选脱硅研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2022.
- YANG B. Study on selective agglomeration of fine-grained silicate minerals to enhance anti-flotation desilicization of hematite[D]. Shenyang: Northeastern University, 2022.

Optimization Study of Magnetic Separation – Reverse Flotation Process for Magnetic Hematite Ore in Anqian

ZHU Yimin^{1,2}, GE Jing^{1,2}, LIU Jie^{1,2}, HAN Yuexin^{1,2}

1. School of Resource and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China;

2. National-Local Joint Engineering Research Center of Refractory Iron Ore Resources Efficient Utilization Technology, Shenyang 110819, China

Abstract: With the increase of magnetic mineral content in the raw ore of Anqian mine, there are many problems such as low grade of gravity separation concentrate, difficulty in improving flotation concentrates quality, and serious iron loss of flotation tailings in the current joint beneficiation process. In order to solve these problems, an experimental research of process optimization was carried out based on the Anqian iron ore, including grinding, two stages of low intensity magnetic separation, high intensity magnetic separation, and reverse flotation. The results showed that under the condition of the optimal grinding fineness of -0.043 mm with a content of 80%, the magnetic induction intensity of both two stages low intensity magnetic separation of 0.1 T, and the magnetic induction intensity of high intensity magnetic separation of 0.7 T, the mixed magnetic concentrates consisted of the second stage low intensity magnetic separation tailings and high intensity magnetic separation concentrates was obtained, which was used as the feed of reverse flotation. Furthermore, the optimal reagent regime for reverse flotation was determined as slurry temperature of 35 ± 1 °C, pH of 11.5, starch dosage of 800 g/t, CaO dosage of 1 000 g/t, and collector (TD-Ⅱ) dosages of 1 000 g/t and 450 g/t for rough and cleaning, respectively. Under the condition of the above optimal reagent regime, the technical indicators for flotation concentrate of a TFe grade of 67.16% and a recovery of 93.99% calculated by flotation feed were obtained through one rough, one cleaning, and three scavenging in reverse flotation closed circuit experiments. Two stages low intensity magnetic separation—high intensity magnetic separation—reverse flotation can obtain the final iron concentrate with yield of 36.94%, iron grade of 68.80% and iron recovery of 88.19%. FTIR analysis showed that starch can selectively adsorbed on the surface of hematite through physical adsorption, which inhibited the adsorption of collectors on the surface of hematite.

Keywords: magnetic separation; reverse flotation; hematite; magnetite

引用格式: 朱一民, 葛婧, 刘杰, 韩跃新. 鞍千磁赤铁矿石磁选一反浮选工艺优化研究[J]. 矿产保护与利用, 2023, 43(3): 82–88.

ZHU Yimin, GE Jing, LIU Jie, HAN Yuexin. Optimization study of magnetic separation—reverse flotation process for magnetic hematite ore in Anqian[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2023, 43(3): 82–88.

投稿网址: <http://kcbhyly.xml-journal.net>

E-mail: kcbh@chinajournal.net.cn



作者简介:

朱一民(1964—), 女, 东北大学教授、博士生导师, 九三学社社员, 沈阳市和平区人大代表。清华大学应用化学专业学士、东北大学表面化学硕士、矿物加工专业博士、丹麦技术大学化学系国家教委访问学者。中国金属学会选矿专业委员会粉体工程学术委员会委员、辽宁省硅酸盐学会工艺岩石学专业委员会委员、辽宁有色金属学会理事。主要从事非硫化矿浮选药剂研发与机理研究、浮选溶液化学等研究工作, 承担国家自然科学基金、国家“973”计划等科研课题三十余项。共撰写科研论文 80 余篇, 国家发明专利 9 项, 主编教材及专著 3 部, 科研项目获省部级一等奖 1 项、国家科学技术进步二等奖 1 项。

通信作者简介:

葛婧(1999—), 女, 辽宁大连人, 硕士研究生。现就读于东北大学矿物加工工程专业, 师从朱一民教授, 主要从事绿柱石浮选药剂研究。

