

共生矿产与尾矿综合利用

# 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

杨光<sup>1</sup>, 任慧<sup>2</sup>, 杨春<sup>1</sup>, 刘杰<sup>2</sup>, 董再蒸<sup>2</sup>

1. 鞍山钢铁集团有限公司 东鞍山烧结厂, 辽宁 鞍山 114041;  
2. 东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819

中图分类号: TD926.4; TD951.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2022)06-0066-07  
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2022.06.009

**摘要** 东鞍山烧结厂浮选尾矿 TFe 品位为 22.82%, FeO 含量为 9.87%, SiO<sub>2</sub> 的含量为 51.24%, S 和 P 含量较低, 均为 0.03%, 属于低硫、低磷、高硅型铁尾矿。此外, 该尾矿-0.038 mm 粒级含量高达 56.44%, 同时铁矿物主要集中在该粒级中, 铁分布率达到 67.62%。为了实现该铁尾矿的高效回收利用, 本试验采用搅拌磨磨矿—弱磁选—强磁粗选—强磁精选—反浮选流程开展了系统的试验研究。结果表明: 在搅拌磨磨矿细度为-0.038 mm 占 95%、弱磁选磁感应强度 95 kA/m、强磁粗选磁场磁感应强度 796 kA/m、强磁精选磁场磁感应强度 398 kA/m 的条件下, 可获得 TFe 品位为 38.20%、TFe 回收率为 63.51% 的混合磁选精矿指标; 将混合磁选精矿在矿浆温度 40 ℃、矿浆 pH 值为 11.5、淀粉用量 1 000 g/t、CaO 用量 900 g/t、粗选捕收剂 TD-2 用量 600 g/t、一次精选捕收剂 TD-2 用量为 300 g/t、二次精选捕收剂 TD-2 用量为 300 g/t 的条件下进行反浮选, 闭路试验可获得 TFe 品位为 62.34%、TFe 作业回收率为 55.10% 的浮选精矿。全流程 TFe 回收率为 35.00%, 综合尾矿 TFe 品位为 17.01%。试验结果可为东鞍山浮选尾矿中的铁矿物高效选矿回收提供指导。

**关键词** 东鞍山铁尾矿; 磁选; 浮选; 搅拌磨

## 引言

钢铁工业是我国经济发展的重要支柱, 在社会保障和民生方面也具有不可替代的作用<sup>[1-2]</sup>。近年来, 我国钢铁工业迅猛发展使得对铁矿石的需求日益增加, 2020 年我国铁矿石产量为 8.6 亿 t, 而铁矿石进口量超过 11 亿 t, 这进一步说明我国对铁矿石资源需求巨大的同时还十分依赖国外资源的供应<sup>[3-4]</sup>。从总体上看, 我国铁矿资源较为丰富, 但矿石禀赋差、品位低、矿石结构构造复杂和嵌布粒度细等因素导致我国铁矿石的回收利用十分困难<sup>[5-6]</sup>。

我国鞍山式铁矿石资源储量十分巨大, 约有 200 亿 t, 由于铁矿石的原矿品位低, 且矿石结构复杂, 使得一定数量的铁矿物在选别过程中难以得到回收, 从而流失到尾矿中, 由此造成部分铁矿资源的浪费<sup>[7]</sup>。此外, 随着矿山开采年限的增加, 未经合理利用的尾矿资源出现大量堆存, 这不仅导致大量的资源浪费,

同时还容易造成环境污染、土地占用和安全隐患的问题。因此, 如何实现尾矿资源“变废为宝”就是一个急需解决的问题。程绍凯等人<sup>[8]</sup>针对东鞍山铁品位为 17.20% 的尾矿开展了研究, 试验中采用预富集—磁化焙烧—磁选工艺对尾矿中的铁进行回收, 获得了精矿铁品位和回收率分别为 63.02% 和 81.39% 的技术指标。为了实现鞍山某浮选尾矿中铁的高效回收, 马崇振<sup>[9]</sup>在对该尾矿详细的工艺矿物学研究的基础上采用重选—磁选—反浮选工艺流程进行试验研究, 最终获得精矿铁品位和回收率分别为 63.50% 和 52.07% 的技术指标, 该研究为后期该尾矿资源回收铁提供了一定的技术支撑。

本研究以东鞍山烧结厂浮选尾矿为研究对象, 采用磁选—浮选工艺流程回收该尾矿中的铁资源, 考察了磨矿细度、磁场感应强度、抑制剂用量、捕收剂用量对分选指标的影响, 为实现东鞍山浮选尾矿变废为宝提供指导和方法。

收稿日期: 2022-07-27

基金项目: 辽宁省“兴辽人才计划”项目(XLYC2007055)

作者简介: 杨光(1976—), 男, 辽宁省凌源市人, 学士, 高级工程师, 主要从事选矿生产及技术管理工作。E-mail: tp921@163.com。

通信作者: 任慧(1996—), 男, 内蒙古呼和浩特人, 硕士, 主要研究方向为铁矿物选矿。E-mail: 1203026916@qq.com。

## 1 矿石性质与试验方法

### 1.1 矿石化学多元素分析

试验矿样取自东鞍山某尾矿,该尾矿的化学多元素分析结果如表1所示。

由表1化学多元素分析结果可知,尾矿中TFe含

量为22.82%、FeO含量为9.87%、SiO<sub>2</sub>的含量为51.24%、S和P含量较低,均为0.03%,属于低硫、低磷、高硅型铁尾矿。

为了详细了解不同粒级尾矿中铁的分布规律,对试验尾矿样品进行了粒度组成分析,试验结果如表2所示。

表1 化学多元素分析结果

Table 1 Results of chemical multi-element analysis of minerals

元素	TFe	FeO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P	烧失
含量	22.82	9.87	51.24	0.73	1.56	1.74	0.03	0.03	5.88

表2 尾矿粒度分析结果

Table 2 Particle size analysis of tailings

粒级/mm	产率	负累计 产率	TFe 品位	TFe 分布率	负累计 TFe分布率
+0.425	0.05	100.00	9.48	0.03	100.00
-0.425+0.150	0.30	99.95	9.68	0.12	99.97
-0.150+0.100	3.96	99.66	10.60	1.83	99.85
-0.100+0.074	9.62	95.69	13.09	5.49	98.02
-0.074+0.043	15.91	86.08	17.19	11.94	92.53
-0.043+0.038	13.73	70.17	21.64	12.97	80.59
-0.038	56.43	56.44	27.45	67.62	67.62
合计	100.00	—	22.91	100.00	—

由表2粒度分析结果可知,该尾矿中-0.038 mm粒级含量高达56.43%,以细粒级分布为主,其中TFe品位为27.45%,TFe分布率为67.62%,这表明尾矿中的铁矿物主要集中在该粒级中。因此,尾矿中-0.038 mm粒级铁矿物的有效回收是实现选矿作业铁充分回收的关键。

### 1.2 试验方法

试验样品采集自鞍钢集团东鞍山烧结厂浮选尾矿,将所采集的尾矿样混匀缩分后取部分样品开展试验研究。由于尾矿中TFe的品位较低,仅为22.82%,因此针对混匀缩分后的尾矿矿样进行预先富集工艺参数优化试验研究,主要考察了磨矿细度、强磁选粗选磁感应强度、强磁精选磁场磁感应强度等预先富集工艺参数对选别指标的影响,试验所用磁选设备如表3所示,试验流程如图1所示。该试验研究中所使用的磨机为搅拌磨,该类型磨机较传统球磨机具有效率高、能耗低、产品粒度分布窄的特点,且充分的细磨可以进一步实现脉石矿物与磁/赤铁矿的单体解离<sup>[10]</sup>。在此基础上,将预先富集工艺获得的混合磁选精矿作为浮选试验给矿,考察抑制剂淀粉用量、捕收剂TD-2用量等药剂制度对浮选指标的影响,试验流程如图2所示。试验中所用捕收剂TD-2是一种具有醚链的新

型阴离子捕收剂,其具有较好的水溶性,而且对石英也具有较强捕收作用<sup>[2]</sup>。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 预先富集磁选试验

#### 2.1.1 磨矿细度条件试验

磨矿细度是获得较优指标的关键。首先开展了磨矿细度对磁选指标影响试验研究,结果如图3所示。磁选试验流程见图1,其中固定弱磁场强度为95 kA/m,强磁粗选场强为716 kA/m,强磁精选场强为398 kA/m,试验结果中的混合磁选精矿由弱磁选精矿、强磁选精

表3 主要磁选设备型号

Table 3 The main magnetic separation equipment

设备名称	设备型号	生产厂家
滚筒磁选机	RK/CRSΦ400×300	武汉洛克制造有限公司
永磁筒式磁选机	GHC-46	北方重工沈矿集团有限责任公司
立式感应湿式强磁选机	LOe-500	沈阳隆基电磁科技有限公司
立式感应湿式强磁选机	LOe-1 000	沈阳隆基电磁科技有限公司

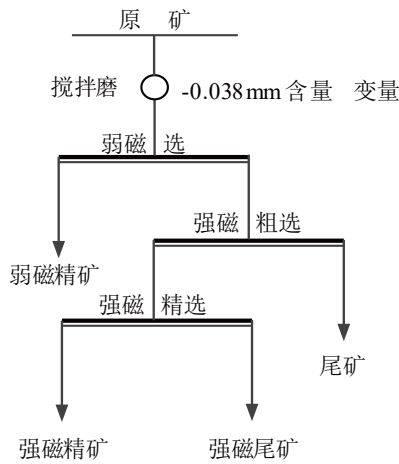


图 1 磁选试验流程  
Fig. 1 Flow chart of magnetic separation test

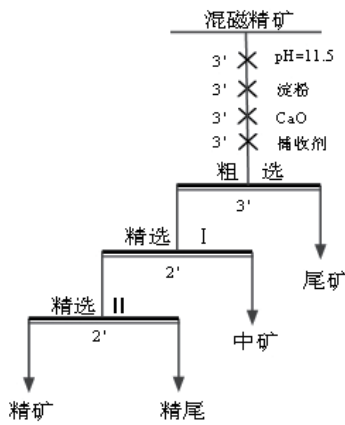


图 2 浮选试验流程  
Fig. 2 Flow chart of flotation test

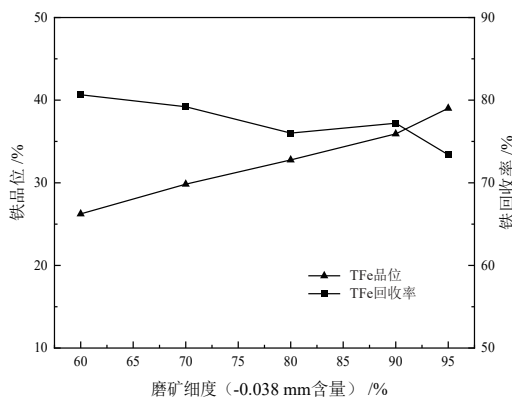


图 3 磨矿细度对磁选指标的影响  
Fig. 3 Effect of grinding fineness on index of magnetic separation

选精矿组成。

由图 3 结果可知,随着磨矿细度变细,铁矿物与脉石解离程度进一步提高,混合磁选精矿 TFe 品位随之提高, TFe 品位由 26.24% 升高到 39.02%;但磨矿细度过细时,使得少量铁矿物的连生体颗粒进入尾矿,致使混合磁选精矿 TFe 回收率随之下降, TFe 回收率

由 80.65% 降低至 73.39%。试验结果说明,磨矿细度对强磁选的指标有非常大的影响。综合考虑选别指标,选定磨矿细度为-0.038 mm 含量占 95%。

### 2.1.2 强磁选粗选磁感应强度条件试验

磁场磁感应强度对铁矿物分选具有重要影响。为了考察磁场强度对磁选精矿 TFe 品位和回收率的影响,试验流程为浮选精矿磨矿—弱磁选—强磁粗选—强磁精选,其中磨矿细度为-0.038 mm 含量为 95%,弱磁场强度为 95 kA/m,强磁精选磁场磁感应强度为 398 kA/m,选择粗选磁场磁感应强度(背景场强)分别为 477 kA/m、557 kA/m、637 kA/m、716 kA/m、796 kA/m 及 875 kA/m,考察强磁粗选磁场磁感应强度对精矿指标的影响规律,试验结果见图 4。由图 4 结果可知,随着强磁粗选磁场磁感应强度由 477 kA/m 逐渐增加至 875 kA/m 时,混合磁选精矿 TFe 品位一直保持在 38% 左右,在磁场强度为 796 kA/m 时, TFe 回收率则达到最高的 74.32%。综合考虑混合磁选精矿 TFe 品位及 TFe 回收率,确定合理的强磁粗选背景场强为 796 kA/m。

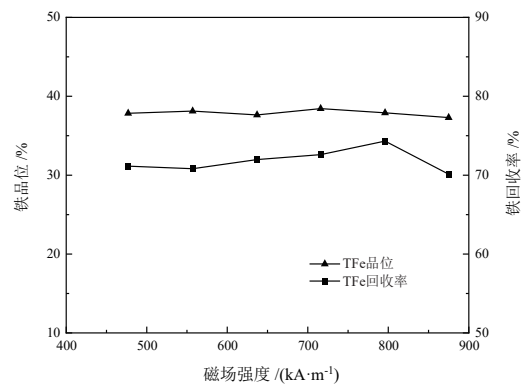


图 4 强磁粗选磁场强度对磁选粗选精矿指标的影响  
Fig. 4 Effect of magnetic field strength of rougher magnetic separation

### 2.1.3 强磁选精选磁感应强度条件试验

固定磨矿细度为-0.038 mm 含量占 95%,弱磁场强度为 95 kA/m,强磁粗选场强为 716 kA/m,考察了强磁精选磁场磁感应强度对精矿指标的影响规律,试验结果如图 5 所示,试验结果中的混合磁选精矿同样由弱磁选精矿和强磁选精选精矿组成。

由图 5 可知,随着强磁选精选磁场磁感应强度由 159 kA/m 逐渐增加至 477 kA/m 时,混合磁选精矿 TFe 品位逐渐下降,从 TFe 品位为 40.12% 下降至 38.65%。随着场强由 159 kA/m 逐渐增加至 398 kA/m,混合磁选精矿 TFe 回收率则呈现逐渐升高的趋势, TFe 回收率由 58.92% 升高至 74.67%,继续增加场强至 477 kA/m,混合磁选精矿 TFe 回收率从 74.67% 升高至 74.76%,上升趋势平缓。综合考虑混合磁选精矿 TFe 品位及 TFe 回收率,确定强磁精选场强为 398 kA/m。

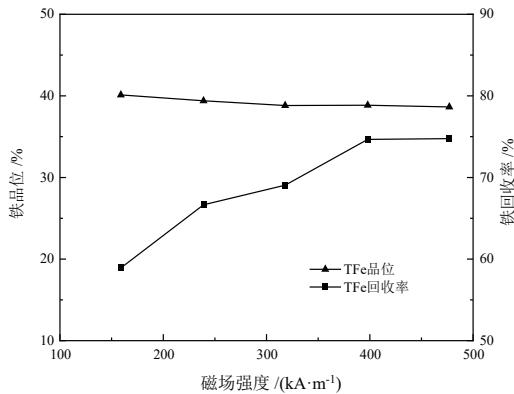


图 5 强磁粗选磁场强度对磁选精选精矿指标的影响  
Fig. 5 Effect of magnetic field strength of cleaning magnetic separation

## 2.2 浮选试验

通过磁选试验获得了 TFe 品位为 38.20% 的混合磁选精矿。该混合磁选精矿中主要杂质成分 SiO<sub>2</sub> 含量为 28.16%, 有害元素 P 和 S 含量均较少, 其中 P 含量为 0.03%, S 含量为 0.33%; 主要铁矿物为赤铁矿和磁铁矿, 还存在少量的菱铁矿, 主要脉石矿物为石英。预选富集工艺获得的混合磁选精矿中石英含量较高, 因此采用浮选方法是实现提铁降硅、进一步提高铁精矿品位的有效途径。试验主要考察了淀粉用量、捕收剂 TD-2 用量等对浮选指标的影响。

### 2.2.1 淀粉用量条件试验

相关研究表明<sup>[11-12]</sup>, 淀粉常被用作铁矿物浮选过程中的抑制剂, 其通过氢键作用和范德华力作用吸附在铁矿物表面并在矿物表面形成亲水薄膜, 从而削弱铁矿物对捕收剂的吸附, 以此达到抑制铁矿物上浮的目的, 最终实现铁矿物与脉石矿物的分离。在浮选矿浆温度 40 ℃、调整矿浆 pH 为 11.5、CaO 用量 900 g/t、粗选捕收剂用量 600 g/t, 两次精选捕收剂用量均为 300 g/t 的条件下, 考察淀粉用量对粗选浮选指标的影响, 试验结果如图 6 所示。

试验结果表明, 当淀粉用量由 800 g/t 增加到 1 200 g/t 时, 淀粉对铁矿物的抑制作用逐渐增强, 浮选精矿

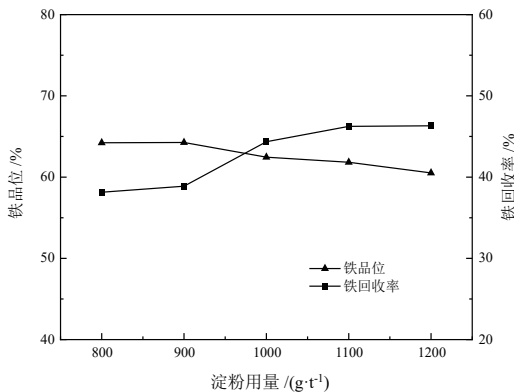


图 6 淀粉用量对浮选精矿指标的影响  
Fig. 6 Effect of starch dosage on flotation

TFE 品位逐渐降低, 由 64.23% 降低至 60.52%, 约下降 4 百分点; TFe 回收率则呈现逐渐上升趋势, 由 38.14% 上升至 46.31%。综合考虑精矿 TFe 品位及 TFe 回收率, 最终确定 1 000 g/t 为反浮选淀粉合理用量。

### 2.2.2 捕收剂 TD-2 用量条件试验

在浮选温度 40 ℃、矿浆 pH 为 11.5、淀粉用量为 1 000 g/t 和 CaO 用量为 900 g/t 的条件下, 选取不同的捕收剂 TD-2 用量 500、600、700、800、900 和 1 000 g/t 进行粗选捕收剂用量试验, 试验结果如图 7 所示。

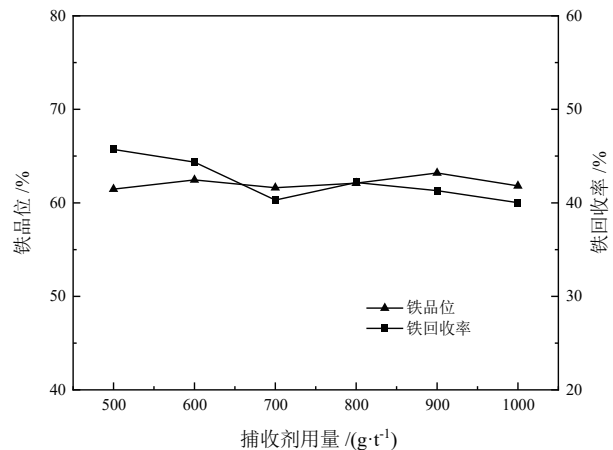


图 7 捕收剂用量对浮选精矿指标的影响  
Fig. 7 Effect of collector dosage on flotation

由图 7 可知, 随着浮选捕收剂用量增加, 铁精矿 TFe 品位逐渐增加。但是捕收剂用量增加, 导致部分未充分解离的铁矿物随脉石和连生体进入尾矿, 使精矿 TFe 回收率逐渐降低。当捕收剂用量增加至 600 g/t 时, TFe 回收率呈现小幅度降低, 继续增加捕收剂用量后 TFe 回收率明显降低, 同时 TFe 品位呈现出增加的趋势。在捕收剂用量为 600 g/t 时, 精矿 TFe 品位为 62.45%, 回收率为 44.36%。综合考虑精矿 TFe 品位和 TFe 回收率指标, 确定合理的粗选捕收剂用量为 600 g/t。

### 2.2.3 浮选闭路试验

浮选流程中的中矿返回会对浮选指标及浮选药剂用量产生一定的影响, 为确定该药剂制度下的浮选指标, 根据开路试验得到的试验结果, 进行了浮选闭路试验。浮选温度 40 ℃、矿浆 pH 值为 11.5、淀粉用量 1 000 g/t、CaO 用量 900 g/t、捕收剂 TD-2 用量 600 g/t 的条件下进行反浮选的粗选; 反浮选精选矿浆 pH 值为 11.5, 两次精选捕收剂用量均为 300 g/t。试验流程如图 8 所示, 试验结果见表 4 所示。

由表 4 可知, 混合磁选精矿 TFe 品位为 38.20%, 经过闭路浮选试验可得到 TFe 品位 62.43%、TFe 回收率为 55.10% 的浮选精矿指标; TFe 品位为 25.87%、TFe 回收率 44.91% 的浮选尾矿指标。

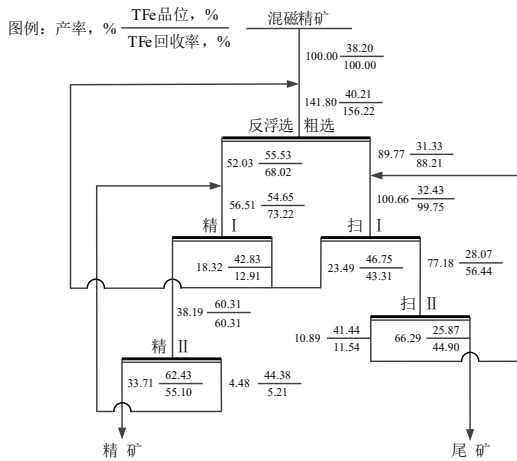


图 8 浮选闭路试验数质量流程  
Fig. 8 Flowsheet of closed-circuit flotation

表 4 闭路浮选试验结果

Table 4 Results of closed-circuit flotation

产品名称	作业产率/%	TFe品位/%	TFe回收率/%
浮选精矿	33.71	62.43	55.10
浮选尾矿	66.29	25.87	44.90
合计	100.00	38.20	100.00

示。原矿的选别工艺参数为：搅拌磨磨矿细度为  $-0.038\text{ mm}$  含量占 95%，弱磁选磁场磁感应强度为 95 kA/m，强磁选粗选磁场磁感应强度为 796 kA/m，强磁选精选磁场磁感应强度为 398 kA/m；针对混合磁选精矿进行反浮选试验，浮选流程为“一粗二精二扫”，浮选药剂制度为：浮选温度  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、矿浆 pH 为 11.5、淀粉用量  $1000\text{ g/t}$ 、CaO 用量  $900\text{ g/t}$ ，粗选捕收剂用量  $600\text{ g/t}$ 、两次精选捕收剂用量均为  $300\text{ g/t}$ 。由表 5 结果可知，原矿经过“搅拌磨磨矿—弱磁选—强磁粗选—强磁精选—反浮选”流程处理后，最终可获得产率 12.79%、TFe 品位 62.43%、TFe 回收率 35.00% 的精矿，综合尾矿 TFe 品位为 17.01%。

表 5 全流程试验结果

Table 5 Results of closed circuit test

产品名称	作业产率/%	TFe品位/%	TFe回收率/%
精矿	12.79	62.43	35.00
尾矿	87.21	17.01	65.00
合计	100.00	22.82	100.00

### 2.3 原矿全流程试验

原矿全流程试验如图 9 所示，试验结果如表 5 所

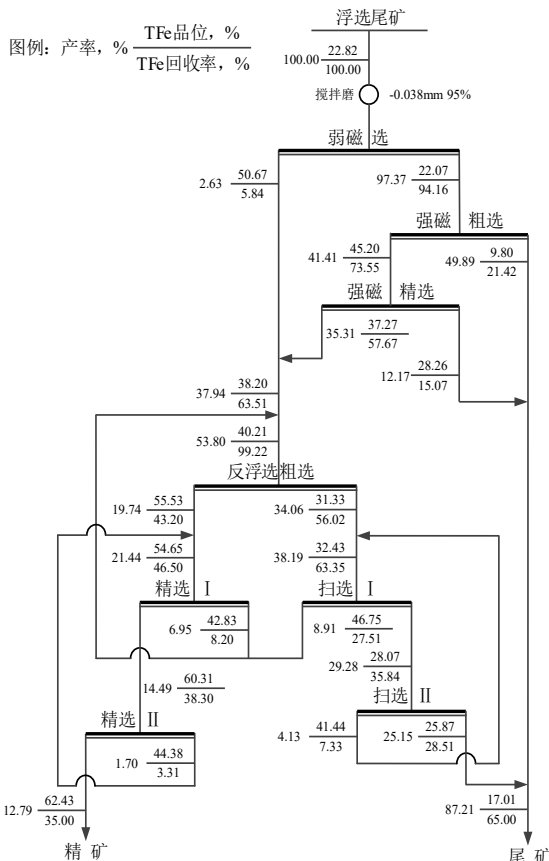


图 9 全流程试验数质量流程  
Fig. 9 Flowsheet of whole closed circuit operation

### 3 结论

(1) 该浮选尾矿中 TFe 品位为 22.82%、FeO 含量为 9.87%、CaO 含量为 1.56%、 $\text{SiO}_2$  含量高达 51.24%，S 和 P 含量均为 0.03%。尾矿  $-0.038\text{ mm}$  粒级含量最高，达到 56.44%，且铁矿物主要集中在该粒级中，铁分布率达到 67.62%。

(2) 适宜的预先富集工艺流程为“搅拌磨磨矿—弱磁选—强磁粗选—强磁精选”，最佳工艺参数为：搅拌磨磨矿细度为  $-0.038\text{ mm}$  含量 95%，弱磁选磁场磁感应强度 95 kA/m，强磁选粗选磁感应强度 796 kA/m，强磁选精选磁感应强度 398 kA/m，经该工艺处理后，可获得 TFe 品位为 38.20%、TFe 作业回收率为 63.51% 的混合磁选精矿指标。

(3) 混合磁选精矿浮选分离试验结果表明：混合磁选精矿反浮选流程适宜的药剂制度为：浮选温度  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、矿浆 pH 为 11.5、淀粉用量  $1000\text{ g/t}$ 、CaO 用量  $900\text{ g/t}$ 、粗选捕收剂用量  $600\text{ g/t}$ 、一次精选捕收剂用量为  $300\text{ g/t}$ ，二次精选捕收剂用量为  $300\text{ g/t}$ 。在该浮选药剂制度下进行了混合磁选精矿闭路试验，可得到 TFe 品位为 62.34%、TFe 作业回收率为 55.10% 的浮选精矿指标。

(4) 原矿适宜的选别工艺流程为“搅拌磨磨矿—弱磁选—强磁粗选—强磁精选—反浮选”，原矿经该流程处理后，最终可获得产率 12.79%、TFe 品位 62.43%、TFe 回收率 35.00% 的精矿，综合尾矿 TFe 品位为 17.01%。

## 参考文献:

- [1] 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.  
YANG G, SU X G, MA Z F, et al. Research status and development trend of beneficiation technology for Donganshan iron ore with low grade and complex composition[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2021, 41(5): 140-148.
- [2] 宋长春, 傅国辉, 李子豪, 等. 齐大山富铁矿石混磁精矿的新型捕收剂浮选试验[J]. 现代矿业, 2022, 38(4): 23-25.  
SONG C C, FU G H, LI Z H, et al. Flotation test of mixed magnetic concentrate of rich iron ore in Qidashan using new collector[J]. Modern Mining, 2022, 38(4): 23-25.
- [3] 高鹏, 余建文, 张淑敏, 等. 东鞍山铁矿混磁精矿悬浮焙烧—弱磁选试验研究[J]. 金属矿山, 2016(12): 18-21.  
GAO P, YU J W, ZHANG S M, et al. Experimental study on suspension roasting - low intensity magnetic separation of magnetic mixed concentrate from Donganshan[J]. Metal Mine, 2016(12): 18-21.
- [4] 韩跃新, 孙永升, 李艳军, 等. 我国铁矿选矿技术最新进展[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 technology of iron ore resources in China[J]. Metal Mine, 2015(2): 1-11.
- [5] 韩跃新, 高鹏, 李艳军, 等. 我国铁矿资源“劣质能用、优质优用”发展战略研究[J]. 金属矿山, 2016(12): 2-8.  
HAN Y X, GAO P, LI Y J, et al. Development strategies of available use of inferior quality and optimal use of high quality for domestic iron ore resources[J]. Metal Mine, 2016(12): 2-8.
- [6] 李文博, 唐志东, 杨光, 等. 东鞍山含碳酸盐正浮选尾矿悬浮焙烧—弱磁选试验[J]. 金属矿山, 2016(12): 13-17.  
LI W B, TANG Z D, YANG G, et al. Research on suspension roasting - low intensity magnetic separation of Donganshan direct-flotation tailings containing carbonate[J]. Metal Mine, 2016(12): 13-17.
- [7] 周立波, 李文博, 徐瑞清, 等. 鞍钢东部尾矿资源特征及磁选预富集工艺研究[J]. 金属矿山, 2018(11): 176-180.  
ZHOU L B, LI W B, XU R Q, et al. Study on resources process mineralogy and magnetic pre-concentration of eastern tailings in Ansteel[J]. Metal Mine, 2018(11): 176-180.
- [8] 程绍凯, 李文博, 韩跃新. 东鞍山浮选尾矿预富集—磁化焙烧—磁选试验研究[J]. 金属矿山, 2021(5): 91-95.  
CHENG S K, LI W B, HAN Y X. Experimental study on preconcentration followed by magnetization roasting and low intensity magnetic separation for Donganshan flotation tailings[J]. Metal Mine, 2021(5): 91-95.
- [9] 马崇振. 用重选—磁选—反浮选法回收鞍山某尾矿中的铁[J]. 矿产保护与利用, 2021, 41(5): 111-117.  
MA C Z. Recovery of iron from a tailing in Anshan by gravity concentration - magnetic separation - reverse flotation[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2021, 41(5): 111-117.
- [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. Research on stirring grinding - magnetic separation - reverse flotation process of preconcentration mixed magnetic concentrate in Anqian[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(2): 144-151.
- [11] 杨光, 马自飞, 杨会利, 等. 东鞍山铁矿石高效分选新技术研究[J]. 金属矿山, 2021(8): 88-94.  
YANG G, MA Z F, YANG H L, et al. Research on innovative technology of high efficiency separation of Donganshan iron ore[J]. Metal Mine, 2021(8): 88-94.
- [12] 王建雄, 张淑敏, 李艳军, 等. 鞍山某铁矿石磁选—反浮选试验研究[J]. 矿产保护与利用, 2021, 41(3): 150-154.  
WANG J X, ZHANG S M, LI Y J, et al. Study on magnetic separation - reverse flotation tests of the iron ore from Anshan[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2021, 41(3): 150-154.

## Experimental Study on Iron Recovery from Flotation Tailings of Donganshan Iron Ore by Combined Magnetic Separation and Flotation Process

YANG Guang<sup>1</sup>, REN Hui<sup>2</sup>, YANG Chun<sup>1</sup>, LIU Jie<sup>2</sup>, DONG Zaizheng<sup>2</sup>

1. Donganshan Sintering Plant, Ansteel Group Corporation, Anshan 114041, China;

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

**Abstract:** The flotation tailings of the Donganshan sintering plant contain 22.82% Fe, 9.87% FeO, 51.24% SiO<sub>2</sub> and a low S and P content of 0.03%, which belongs to low sulphur, low phosphorus and high silicon type iron tailings. In addition, the tailings contain 56.44% of the -0.038 mm particles. Also, the distribution of iron minerals in this size-level was 67.62%. In order to achieve efficient recovery of iron from this tailings, a systematic experimental study was carried out in this experiment using the process of stirred mill grinding - low intensity magnetic - high magnetic roughing - high magnetic selection - reverse flotation. The results showed that a mixed magnetic separation concentrate with a TFe grade of 38.20% and a TFe recovery of 63.51% was obtained at a fineness of -0.038 mm (95%), a magnetic induction of 95 kA/m for the low magnetic separation, high intensity magnetic field strength of 796 kA/m for roughing magnetic separation and high intensity magnetic field strength of 398 kA/m for cleaning magnetic separation. The appropriate reverse flotation conditions for mixed magnetic concentrates were pulp temperature 40 °C, pulp pH 11.5, starch dosage of 1 000 g/t, CaO dosage of 900 g/t, rougher collector TD-2 dosage of 600 g/t, primary cleaning collector dosage of 300 g/t and secondary cleaning collector dosage of 300 g/t. The flotation concentrate with iron grade of 62.34% and iron recovery of 55.10% was obtained by closed-circuit test. The continuous test for complete flow were carried out, the iron concentrate with iron grade of 62.43% and iron recovery of 35.00% was obtained, and the iron grade of comprehensive tailings was 17.01%. The test results can provide guidance for the high-efficiency beneficiation and recovery of iron minerals in the flotation tailings of Donganshan.

**Keywords:** Donganshan iron tailings; magnetic separation; flotation; stirring mill

引用格式: 杨光, 任慧, 杨春, 刘杰, 董再蒸. 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 Guang, REN Hui, YANG Chun, LIU Jie, DONG Zaizheng. Experimental study on iron recovery from flotation tailings of Donganshan iron ore by combined magnetic separation and flotation process[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(6): 66-72.

投稿网址: <http://hcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail: [kcbh@chinajournal.net.cn](mailto:kcbh@chinajournal.net.cn)