

河北某铁矿铁精矿制备超级铁精矿试验研究

李凤久^{1,2}, 尚新月¹, 李国峰^{1,2}, 单志伟¹

(1. 华北理工大学矿业工程学院, 河北 唐山 063210;
2. 河北省矿业开发与安全技术重点实验室, 河北 唐山 063210)

摘要: 本试验以 TFe 品位 66.72%、SiO₂ 含量 4.56% 的河北某铁矿铁精矿为原料, 进行了制备超级铁精矿试验研究。试验结果表明, 磨矿-磁选-磁浮选工艺的分选指标较优, 在磨矿细度为 -0.074mm 含量占 93.48%, 弱磁选磁场强度为 80kA/m, 磁浮选在温度为室温 25℃、磁场强度 25kA/m、pH 值为 7、HY-9 捕收剂用量 80g/t、矿浆浓度为 30% 的条件下, 获得了 TFe 品位 72.33%, 回收率 79.81%, 酸不溶物含量 0.15% 的超级铁精矿。

关键词: 磁浮选, 反浮选, 酸不溶物, 超级铁精矿

doi: 10.3969/j.issn.1000-6532.2019.06.007

中图分类号: TD951 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2019) 06-0033-05

超级铁精矿作为铁精矿的深加工产品, 其应用主要有生产直接还原铁以及磁性材料等功能材料领域^[1-3]。其中应用于磁性材料或者粉末冶金的高级铁精矿是指 TFe 品位 >71.5%、SiO₂ 含量 <0.2%、Fe₃O₄ 含量在 99% 以上的铁精矿^[4]。制备高级铁精矿常用重选、细筛、磁选和浮选及其联合工艺等方法, 目前已有罗世勇、贾宝亮、王素和张晋霞等人分别采用细筛-弱磁选、阶段磨矿阶段磁选、磁-浮联合和磁-重-浮联合工艺制备高级铁精矿^[5-8]。

磁浮选技术是在磁场和浮力场的共同作用下, 对矿物进行选别^[9]。磁场对水的表面张力、溶解能力和介电常数等性质有影响, 从而影响浮选过程中矿物表面对药剂的吸附能力和药剂与矿物的溶解度^[10-11]。磁浮选应用在磁铁矿分选中, 可以防止磁性物质跟随气泡上浮的现象, 还可缩减磁选流程中的精选作业和浮选流程中的扫选作业, 对精矿回收率也有明显提升^[12-13]。试验针对河北某铁精矿产品进行了选别工艺流程探索研究, 采用磨矿-磁选-磁浮选选别工艺流程, 并得到了优质的超级铁精矿产品。

1 试验原料

试验原料为河北某铁矿生产的铁精矿产品, 对其原矿化学组成、矿物组成、铁矿物的物相组成和粒度组成及特性进行分析。

1.1 化学元素分析

对其进行化学多元素分析, 结果见表 1。
XRD 分析结果见图 1。

表 1 化学多元素分析结果 /%
Table 1 Analysis results of chemical multi-elements

TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P
66.72	4.56	0.36	0.36	0.40	0.07	0.13

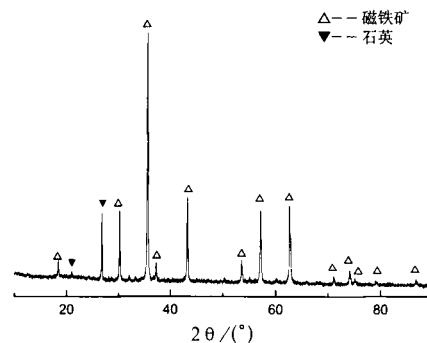


图 1 原矿 XRD 分析图谱

Fig. 1 XRD pattern of the rude ore

收稿日期: 2018-09-03

基金项目: 河北省自然科学基金项目 (No.E2018209096)

作者简介: 李凤久 (1977-), 男, 教授, 硕士研究生导师。

通讯作者: 尚新月 (1992-), 女, 硕士研究生, Email:sxy921006@163.com

由表 1 可知, 原料 TFe 品位为 66.72%, 其主要的脉石成分为 SiO_2 占 4.56%, 含微量有害元素 P、S。由图 1 可知, 其矿物组成较简单, 其中含铁矿物主要以 Fe_3O_4 形式存在, 该矿物主要杂质为石英。

1.2 铁物相分析

表 2 为铁物相分析结果。

表 2 原矿铁物相分析结果

Table 2 Analysis results of iron phase of the rude ore

铁物相	Fe_3O_4	SiFe	FeCO_3	Fe_2O_3	FeS	TFe
含量 /%	64.38	1.56	0.42	0.21	0.15	66.72
分布率 /%	96.49	2.34	0.63	0.32	0.22	100.00

由表 2 可知, 磁铁矿为主要含铁矿物, 分布率占 96.49%, 其次为少量的硅酸铁, 分布率为 2.34%; 微量的碳酸铁、氧化铁和硫化铁。

1.3 粒度特性分析

原矿粒度组成特性及不同粒级产品的 TFe 品位和金属分布率情况见表 3。

表 3 粒度组成结果

Table 3 Results of particle size distribution

粒级 /mm	产率 /%	TFe 品位 /%	金属分布率 /%
+0.074	39.41	64.03	37.82
-0.074+0.043	22.37	66.63	22.34
-0.043+0.038	7.66	69.59	7.99
-0.038	30.56	69.54	31.85
合计	100.00	66.72	100.00

由表 3 可知, 该矿样 +0.074 mm 含量最高为 39.41%, 其次为 -0.038 mm 含量为 30.56%; 随着粒级的减小, 各个粒级 TFe 品位不断提高, -0.043 mm TFe 品位达到 69% 以上; 铁矿物主要集中在 +0.074 mm 和 -0.038mm 粒级, 且粒度差别较大, 其中粗粒级产品铁品位含量较低, 存在部分连生体, 需进行磨矿处理。

2 试验研究

2.1 工艺流程试验

由原矿性质分析可知, 原料中粗粒级铁品位较低, 含有部分连生体, 故先对其进行再磨作业。磁选和反浮选是磁铁矿制备超级铁精矿常用的选别方法, 试验用传统磨矿-磁选-再磨-反浮选工艺流程与磨矿-磁浮选、磨矿-磁选-磁浮选工艺流程进行探索结果见表 4。

表 4 选矿工艺流程试验结果

Table 4 Results of mineral processing process test

选矿工艺流程	精矿品位 /%	尾矿品位 /%	精矿回收率 /%	酸不溶物含量 /%
磨矿-磁选-再磨-反浮选	72.26	55.16	73.22	0.17
磨矿-磁浮选	72.02	52.28	78.89	0.19
磨矿-磁选-磁浮选	72.30	51.15	79.76	0.15

由表 4 可知, 三种选矿工艺流程制备的精矿产品均达到超级铁精矿质量标准。磨矿-磁选-再磨-反浮选工艺精矿回收率较低, 含量为 73.22%, 酸不溶物占 0.17%; 磨矿-磁浮选和磨矿-磁选-磁浮选工艺流程精矿回收率分别为 78.89% 和 79.76%, 酸不溶物含量分别为 0.19% 和 0.15%。综合考虑, 确定磨矿-磁选-磁浮选工艺制备超级铁精矿 (见图 2)。

药剂用量单位: g/t

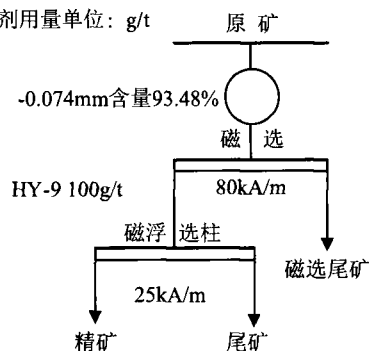


图 2 磨矿-磁选-磁浮选工艺流程

Fig. 2 Grinding-magnetic separation-magnetic flotation process flow chart

2.2 工艺条件试验

确定磨矿-磁选-磁浮选工艺对原矿进行选别, 通过条件试验确定磨矿、弱磁选和磁浮选选别工艺参数。

2.2.1 磨矿细度试验

为提高铁品位, 必须让目的矿物与脉石更充分的单体解离, 避免出现过磨或者不充分单体解离的现象。改变磨矿时间将原矿磨至不同细度, 在磁场强度为 80 kA/m 时, 考虑了磨矿细度对选别指标影响, 结果见图 3。

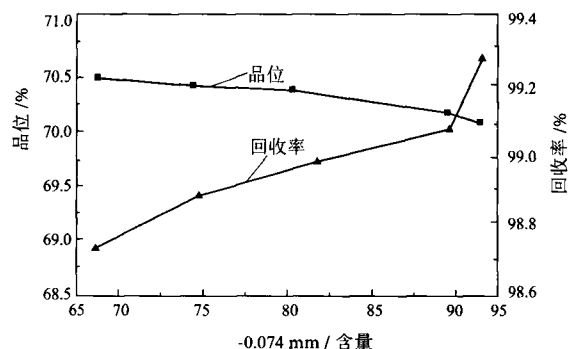


图3 磁场强度试验结果

Fig. 3 Test results of intensity of magnetic separation

由图3可知, 细度从-0.074 mm 66.72%到93.48%, TFe品位从68.89%增至70.59%; 精矿回收率从99.28%减少至99.10%, -0.074 mm >90%时明显下降; 当-0.074 mm 93.48%时, 精矿回收率为99.10%, TFe品位为70.59%, 选别效果最好。故确定磨矿细度为-0.074 mm 含量为93.48%。

2.2.2 弱磁选磁场强度试验

当磨矿细度在-0.074 mm 含量为93.48%时, 改变磁场强度, 进行了磁场强度试验, 结果见图4。

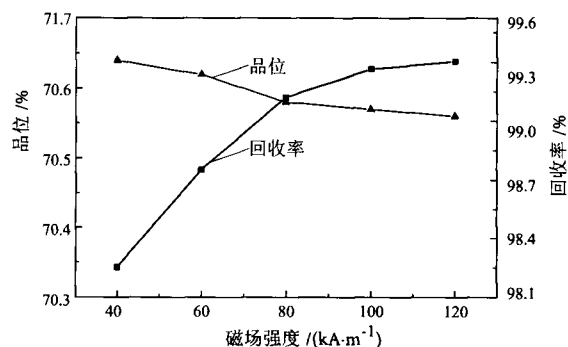


图4 磁场强度试验结果

Fig. 4 Test results of intensity of magnetic separation

由图4可以看出, 场强从40 kA/m到120 kA/m, 精矿TFe品位从70.64%减少至70.56%, 变化较小; 回收率受影响较大, 从98.25%增长到99.30%, 磁场强度>80 kA/m时回收率增长较缓。故确定磁场强度为80 kA/m。

2.2.3 磁浮选条件试验

采用磁浮选柱一段反浮选, 选用HY-9捕收剂, pH值为7, 浮选温度为室温25℃条件下。主要考虑了磁场强度、捕收剂用量和矿浆浓度, 对磁浮选指标的影响。

1) 捕收剂用量试验

在磁场强度为25 kA/m, 矿浆浓度为30%时, 改变捕收剂用量, 进行了一段粗选试验, 结果见图5。

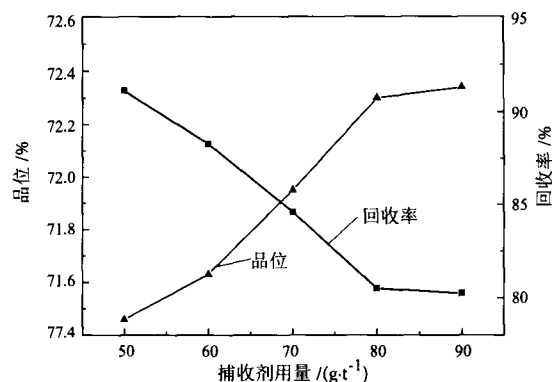


图5 捕收剂用量试验结果

Fig. 5 Test results of collector dosage

由图5可以看出, 捕收剂用量由50 g/t增至90 g/t时, 精矿TFe品位由71.46%增长至72.34%, 而回收率则从91.15%减少至80.25%。在80 g/t时, 精矿TFe品位为72.30%, 随后增加减缓, 变化量不大。综合考虑, 最终捕收剂用量确定为80 g/t。

2) 浮选磁场强度试验

磁场在磁铁矿反浮选过程中起到了良好的抑制作用, 可有效减少细粒级磁铁矿随泡沫上浮。在HY-9捕收剂用量为80 g/t, 矿浆浓度为30%时, 考虑了磁场强度对磁浮选指标的影响, 进行一段粗选试验, 结果见图6。

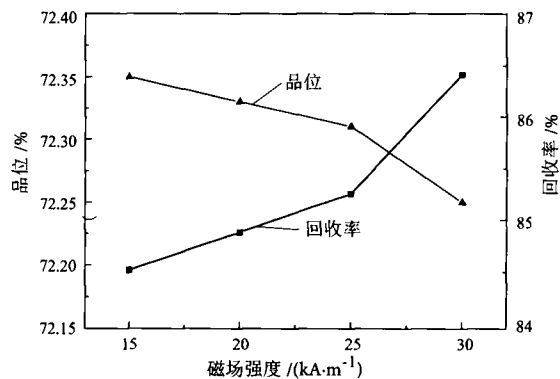


图6 浮选磁场强度试验结果

Fig. 6 Test results of flotation magnetic field strength

由图6可以看出, 磁场强度从15 kA/m到30 kA/m, 精矿TFe品位从72.35%减少至72.25%, 在磁场强度为25 kA/m时, TFe品位为72.31%, 有明显下降趋势; 回收率从84.52%增加至86.26%; 综合考虑, 确定浮选磁场强度为25 kA/m。

3) 矿浆浓度试验

在磁场强度为25 kA/m, HY-9捕收剂用量为80 g/t时, 改变矿浆浓度, 进行了一段粗选试验, 结果见图7。

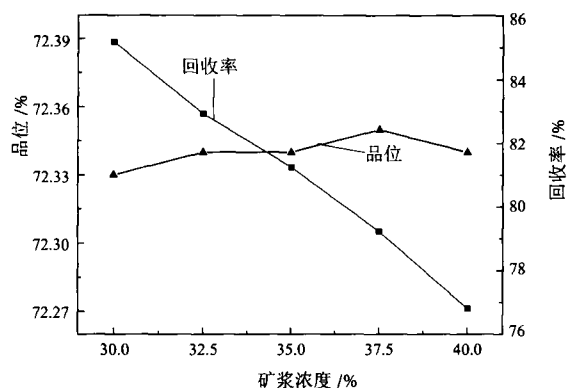


图 7 矿浆浓度试验结果

Fig. 7 Test results of slurry concentration

由图 7 可知, 精矿品位随矿浆浓度改变变化不大, 回收率随矿浆浓度增加由 85.18% 减少至 76.81%; 当矿浆浓度为 30%, 精矿回收率为 85.18%, TFe 品位为 72.33%, 效果较佳, 故确定矿浆浓度为 30%。

2.3 全流程试验

综合以上工艺条件试验结果, 进行了磨矿 - 磁选 - 磁浮选工艺流程试验。结果见表 5。

表 5 磨矿 - 磁选 - 磁浮选工艺试验结果

Table 5 Results of grinding - magnetic-magnetic flotation process test

名称	TFe 品位 / %	回收率 / %	酸不溶物 / %
精矿	72.33	79.81	0.15
尾矿	51.06	20.19	
合计	66.72	100.00	

由表 5 可知, 采用磨矿 - 磁选 - 磁浮选工艺流程处理河北某铁矿铁精矿, 可获得 TFe 品为 72.33%, 回收率 79.81%, 酸不溶物含量 0.15%, 合格的高品质超级铁精矿。

3 结 论

(1) 河北某铁矿铁精矿 TFe 品位为 66.72%, 石英为其主要脉石矿物, SiO₂ 占 4.56%, 含有微量的有害元素 S、P; 矿样主要集中在两端 +0.074 mm 和 -0.038 mm 两个粒级, 含量分别为 39.41% 和 30.56%; 且金属铁含量较高, 粒度差别较大, 其中粗粒级铁品位含量较低。TFe 品位随着粒级的减小逐渐升高;

(2) 当磨矿细度为 -0.074 mm 93.48%, 磁场强度为 80 Oe 时, 在磁浮选温度为室温 25℃、pH 值为 7、磁场强度为 25 kA/m、HY-9 捕收剂用量为 80 g/t、矿浆浓度为 30% 的条件下, 最终制备出 TFe 品位为 72.33%, 回收率 79.81%, 酸不溶物为 0.15% 的超级铁精矿;

(3) 对河北某铁精矿采用磨矿 - 磁选 - 磁浮选工艺流程进行选别, 取得了良好的指标效果。磁浮选工艺对比传统磁选 - 浮选联合工艺, 精矿回收率有明显提高, 还可缩减磁选流程中的精选作业和浮选流程中的扫选作业。

参考文献:

- [1] 覃文庆. 高纯铁精矿的应用与研究概述 [J]. 矿产综合利用, 1995 (4):34-36.
- [2] 乔江晖, 宋翔宇, 周新民, 等. 超级铁精矿制备及其应用现状 [A]. 河南地球科学通报 2010 年卷 (下册) [C]. 2010.5.
- [3] 李艳军, 张兆元, 袁致涛. 高品位铁精矿的应用现状及前景展望 [J]. 金属矿山, 2006 (11): 5-7.
- [4] 张锦瑞, 王伟之, 赵振才. 论超级铁精矿的研究现状与方向 [J]. 矿冶工程, 2000 (4):1-3.
- [5] 罗世勇, 宋瑞杰. 北洺河铁矿石生产超级铁精矿试验 [J]. 现代矿业, 2015 (8):252-253.
- [6] 贾宝亮, 阎晔峰, 孙亚峰, 等. 宁陕某磁铁精矿制备高纯铁精矿试验研究 [J]. 矿产综合利用, 2015 (6):22-24.
- [7] 王素, 唐平宇, 李芬芳. 河北省某铁矿石制取超级铁精矿试验研究 [J]. 中国矿业, 2013 (5):96-98.
- [8] 张晋霞, 牛福生, 徐之帅, 等. 用某铁精矿粉制取超纯铁精矿的选矿试验研究 [J]. 金属矿山, 2009 (5):73-74, 87.
- [9] 李静, 张锦瑞. 磁浮选技术在铁矿选矿中的研究现状与发展趋势 [J]. 河北联合大学学报: 自然科学版, 2013, 35(2):1-3.
- [10] 罗仙平, 邱廷省, 方夕辉, 等. 磁处理技术的理论及其在矿冶中的应用 [J]. 南方冶金学院学报, 2001 (2):85-89.
- [11] 邱廷省, 崔立凤, 方夕辉. 磁处理技术在矿物加工中的应用研究进展 [J]. 金属矿山, 2008 (12):1-4, 8.
- [12] 冉红想, 梁殿印. 磁铁矿在磁浮力场中的分选试验研究 [J]. 矿冶, 2004 (3):30-33, 22.
- [13] 李琳, 刘炯天, 由晓芳. 磁铁矿浮选柱反浮选中矿的研究 [J]. 金属矿山, 2008 (9):46-47, 151.

(下转 27 页)

T-711 在江西某氧化铜矿石浮选中的试验研究 [J]. 有色矿冶, 2014(5): 12-16.

[3] 杨准东. 硫酸铵用于高氧化率铜矿石的浮选 [J]. 有色金属, 1979(5): 20-23.

[4] 王红梅, 荆平, 李素伟, 等. 云南某氧化铜矿的浮选试验

研究 [J]. 现代矿业, 2009(9): 18-23.

[5] 魏转花. 刚果 (金) 某高泥高氧化率铜矿石选矿试验 [J]. 金属矿山, 2016(9): 34-38.

[6] 朱雅卓, 冯其明, 胡波. 某氧化铜矿选矿试验研究 [J]. 湖南有色金属, 2016(4): 22-25.

Experimental Study on Beneficiation of the High Mud and High Oxidation Rate Copper Ore

Wan Xuanzhi, Liu Zilong, LiuMingshi, Zhang Jingang, WangLihui, FuYong, PangJunwu, DawaZhuoma, LiuXiaomeng

(China gold group Xizang Huatailong Mining Co.,Ltd., Lhasa, Tibet, China)

Abstract: This paper introduced the property of the high mud and high oxidation rate copper ore and detailed condition test was carried on it. Under the condition that the grade of raw copper is 0.99% and the oxidation rate of copper is as high as 60.79%, when the flotation process of two roughing, three cleaning and two scavenging was adopted, the mineral processing indexes of copper concentrate with a copper grade of 17.47% and a copper recovery rate of 63.45% were obtained, which provides a technical basis for the development and utilization of the copper ore with high oxidation rate.

Keywords: High mud; High oxidation rate; Copper ore

////////////////////////////////////
(上接 36 页)

Experimental Study on Preparation of Super Iron Concentrate from Iron Concentrate of an Iron Mine in Hebei Province

Li Fengjiu^{1,2}, Shang Xinyue¹, Li Guofeng^{1,2}, Shan Zhiwei¹

(1.College of Mining Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei, China;

2.Hebei Province mining industry develops with safe technology priority laboratory, Tangshan, Hebei, China))

Abstract: The preparation of super iron concentrate was investigated by using the iron concentration of Hebei province iron ore with TFe content of 66.72% and SiO₂ content of 4.56% as raw materials. The results showed that the separation index of the grinding-magnetic separation-magnetic flotation process had better sorting index in which the grinding fineness was -0.074 mm, the content was 93.48%, the magnetic field strength was 80 kA/m, and the magnetic flotation with the dosage of HY-9 collector was 80 g/t, the magnetic field strength was 25 kA/m at the condition of pH=7, pulp concentration was 30%, and the room temperature was 25℃, obtained the TFe grade of super iron concentrate of 72.33%, a recovery rate of 79.81% and acid insoluble content of 0.15%.

Keywords: Magnetic-flotation; Reverse flotation; Insolubles in acid; Super iron concentrate