加拿大某磁铁矿脱除磁黄铁矿浮选试验研究

苏建芳，王中明，刘书杰，刘　方，赵　杰
（北京矿冶研究总院　矿物加工科学与技术国家重点实验室，北京　102628）

摘要：根据加拿大某磁铁矿的原矿性质，进行了脱除磁黄铁矿浮选试验研究。采用硫酸+硫酸铜作为活化剂，异戊黄药+丁铵黑药作为捕收剂，BK204作为起泡剂，可以实现磁铁矿与磁黄铁矿的分离。实验室闭路浮选试验获得铁精矿铁品位67.51%，铁回收率92.69%，铁精矿硫品位0.16%，硫脱除率94.72%的选别指标。

关键词：磁铁矿；磁黄铁矿；脱硫；浮选
doi：10.3969/j.issn.1000-6532.2017.04.009
中图分类号：TD952　**文献标志码**：A　**文章编号**：1000-6532(2017)04-0042-05

硫是铁矿石中的主要有害元素。铁矿石中的含硫矿物主要以黄铁矿和磁黄铁矿形式存在，以黄铁矿形式存在的硫可以通过磁选达到脱除效果，而以磁黄铁矿形式存在的硫主要采用浮选方法脱除[1]。对于伴生磁黄铁矿的铁矿石，主要有先磁后浮和先浮后磁两种工艺，以获得合格铁精矿[2]。从磁铁矿中脱除磁黄铁矿是选矿界的一个技术难题，寻求高效脱硫的浮选介质条件和药剂制度是研究的热点[3]。

加拿大某铁矿中的铁矿物主要为磁铁矿；金属硫化物以磁黄铁矿居多，次为黄铁矿。本研究采用硫酸+硫酸铜作为活化剂，异戊黄药+丁铵黑药作为捕收剂，BK204作为起泡剂，可以实现磁铁矿与磁黄铁矿的分离，经过1粗3扫4精的浮选闭路试验，获得了铁品位67.51%，铁回收率92.69%，硫品位0.16%，硫脱除率94.72%的合格铁精矿。

1　矿石性质

原矿主要化学成分分析结果见表1，矿石中铁、硫的化学物相分析结果分别见表2、3。

由表1可知，该铁矿全铁品位为65.90%，硫品位为2.88%，铁含量很高，硫含量超标。由表2及表3可知，矿石中铁主要以磁性铁的形式存在，其含量及占有率分别为61.20%及94.12%，矿石中的硫主要以磁黄铁矿的形式存在，其含量及占有率分别为2.40%及84.21%。

表1　原矿主要化学成分分析结果/%

Table 1　Chemical composition of the raw ore

TFe	mFe	S	SiO_2	MgO	CaO
65.90	57.45	2.88	2.71	1.66	0.87
Al_2O_3	Cu	K_2O	Na_2O	P	Zn
0.57	0.074	0.035	0.034	0.031	0.022

表2　铁化学物相分析结果/%

Table 2　Iron chemical phase analysis results

相别	磁性铁中铁	磁黄铁矿中铁	硫化铁中铁	赤褐铁矿中铁	硅酸铁中铁	总铁
含量/%	61.20	2.88	0.41	0.13	0.40	65.02
占有率/%	94.12	4.43	0.63	0.20	0.62	100.00

表3　硫化学物相分析结果

Table 3　Sulphur chemical phase analysis results

相别	磁黄铁矿中硫	可溶硫酸盐中硫	不可溶硫酸盐中硫	其他硫化物中硫	总硫
含量/%	2.40	0.01	0.01	0.43	2.85
占有率/%	84.21	0.35	0.35	15.09	100.00

2　试验研究

试验试剂包括矿浆调整剂硫酸、硫酸铜、草酸，硫浮选捕收剂异戊黄药、丁铵黑药、AT608，起泡剂

收稿日期：2016-03-19
作者简介：苏建芳(1987-)，男，硕士，工程师，主要从事选矿理论与工艺研究。

万方数据

BK204 等。所用设备主要有 XFD 型浮选机、XMQ 型锥型球磨机、真空过滤机以及鼓风干燥箱等。

加拿大某磁铁矿脱除磁黄铁矿浮选条件试验流程见图 1。

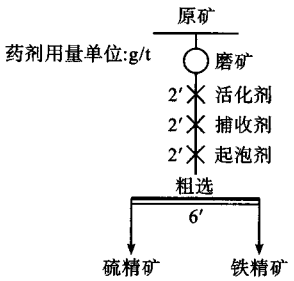

图 1　浮选试验流程

Fig. 1　Flowsheet of flotation test

2.1　活化剂种类试验

磁黄铁矿因其表面易氧化、性脆易泥化,可浮性较差,浮选前需要活化,活化剂的选择十分重要[4]。为确定较佳的活化剂种类,进行活化剂种类试验,试验条件为磨矿浓度 50%,磨矿-0.074 mm80%,捕收剂异戊黄药用量 200 g/t,起泡剂 BK204 用量 50 g/t,活化剂种类及用量分别为硫酸 1600 g/t、草酸 1600 g/t、硫酸铜 200 g/t、硫酸 1600 g/t+硫酸铜 100 g/t、草酸 1600 g/t+硫酸铜 100 g/t。试验结果见图 2。由图 2 可知,当活化剂为硫酸+硫酸铜时,铁精矿中硫含量为 1.36%,硫脱除率为 56.39%,此时铁精矿中硫含量最低,硫脱除率最高,因此确定浮选法脱除磁黄铁矿活化剂为硫酸+硫酸铜。

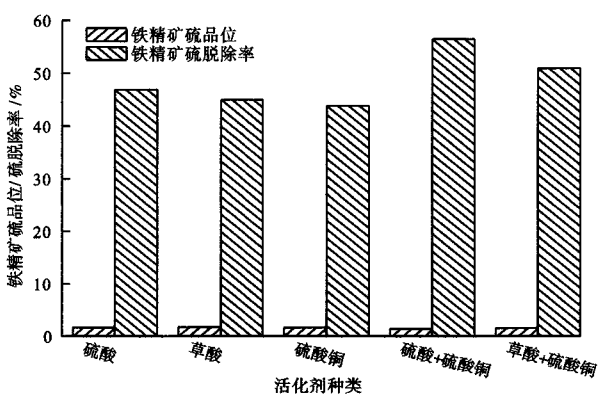

图 2　活化剂种类对磁铁矿中磁黄铁矿脱除的影响

Fig. 2　Effect of activator types on desulphurization

2.2　捕收剂种类试验

捕收剂种类及用量分别为异戊黄药 200 g/t、AT608 200 g/t、丁铵黑药 200g/t、异戊黄药+AT608(100+100) g/t、异戊黄药+丁铵黑药(100+100) g/t、AT608+丁铵黑药(100+100) g/t,试验结果见图 3。由图 3 可知,当捕收剂为异戊黄药+丁铵黑药时,铁精矿中硫含量为 0.33%,硫脱除率为 90.30%,此时铁精矿中硫含量最低,硫脱除率最高,因此确定浮选法脱除磁黄铁矿捕收剂为异戊黄药+丁铵黑药。

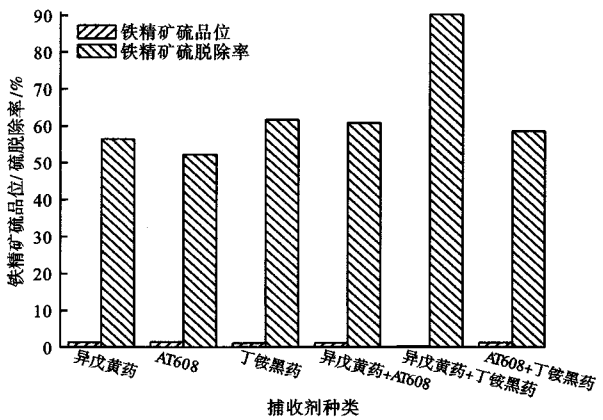

图 3　捕收剂种类对磁铁矿中磁黄铁矿脱除的影响

Fig. 3　Effect of collector types on desulphurization

2.3　磨矿细度试验

矿石中硫化物主要以磁黄铁矿形式存在,磁黄铁矿在磨矿过程中容易泥化,泥化的细粒磁黄铁矿由于磁化作用罩盖在磁铁矿表面,一方面使硫夹杂于磁铁矿进入精矿,另一方面又使一部分铁矿物进入浮选泡沫而造成铁的损失[5]。欲得到铁品位高、硫含量低的合格铁精矿,必须严格控制磨矿细度。为了确定合适的磨矿适度,进行了磨矿细度试验,试验结果见图 4。由试验结果可知,随着磨矿细度的提高,铁精矿中硫品位先降低后升高,硫脱除率先升高后降低。当磨矿细度为-0.074 mm 80%时,铁精矿硫品位及硫脱除率分别为 0.28%及 91.81%,此时选别指标最好。继续增加磨矿细度,铁精矿中硫品位升高,硫脱除率则下降,因此确定后续试验的磨矿为-0.074 mm 80%。

万方数据

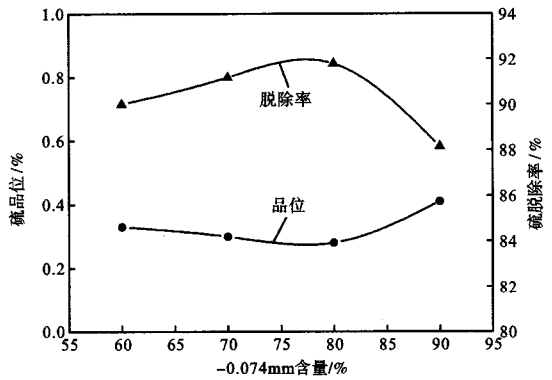

图 4　磨矿细度对磁铁矿中磁黄铁矿脱除的影响

Fig. 4　Effect of grinding fineness on desulphurization

2.4　硫酸用量试验

活化剂为硫酸+硫酸铜，先固定硫酸铜用量为 100 g/t，对硫酸用量进行试验，试验结果见图 5。由图 5，随着硫酸用量的增加，铁精矿中硫品位先降低后升高，铁精矿硫脱除率先升高后降低。当硫酸用量为 1600 g/t 时，铁精矿硫品位及硫脱除率分别为 0.25% 及 92.24%，此时选别指标最好。继续增加硫酸用量，铁精矿中硫品位升高，硫脱除率则下降，因此确定后续试验的硫酸用量为 1600 g/t。

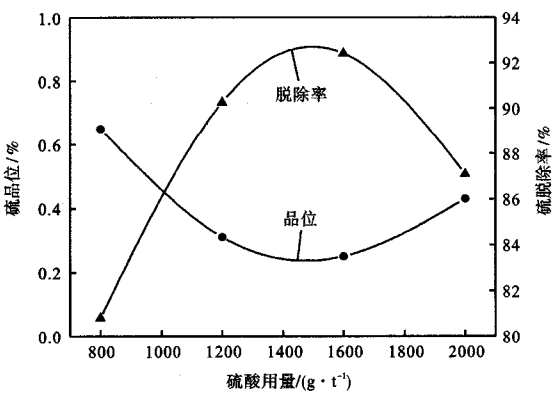

图 5　硫酸用量对磁铁矿中磁黄铁矿脱除的影响

Fig. 5　Effect of sulphuric acid dosage on desulphurization

2.5　硫酸铜用量试验

活化剂为硫酸+硫酸铜，固定硫酸用量为 1600 g/t，进行硫酸铜用量试验，试验结果见图 6。由图 6 可知，随着硫酸铜用量的增加，铁精矿中硫品位逐渐降低，铁精矿硫脱除率逐渐升高。当硫酸铜用量为 200 g/t 时，铁精矿硫品位及硫脱除率分别为 0.25% 及 92.72%，此时选别指标较好。继续增加硫酸铜用量，铁精矿中硫品位及硫脱除率变化不大，综合考虑选别指标及药剂成本，确定硫酸铜用量以 200 g/t 为宜。

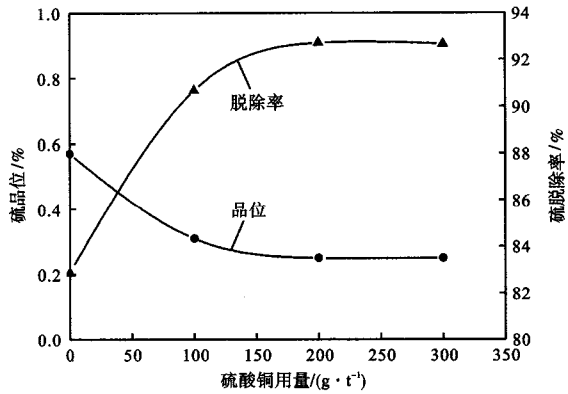

图 6　硫酸铜用量对磁铁矿中磁黄铁矿脱除的影响

Fig. 6　Effect of cupric sulfate dosage on desulphurization

2.6　异戊黄药用量试验

捕收剂为异戊黄药+丁铵黑药，先固定丁铵黑药用为 100 g/t，进行异戊黄药用量试验，试验结果见图 7。由图 7 可知，随着异戊黄药用量的增加，铁精矿中硫品位逐渐降低，铁精矿硫脱除率逐渐升高。当异戊黄药用量为 80 g/t 时，铁精矿硫品位及硫脱除率分别为 0.26% 及 92.43%，此时选别指标较好。继续增加异戊黄药用量，铁精矿中硫品位及脱除率变化不大，综合考虑选别指标及药剂成本，确定异戊黄药用量以 80 g/t 为宜。

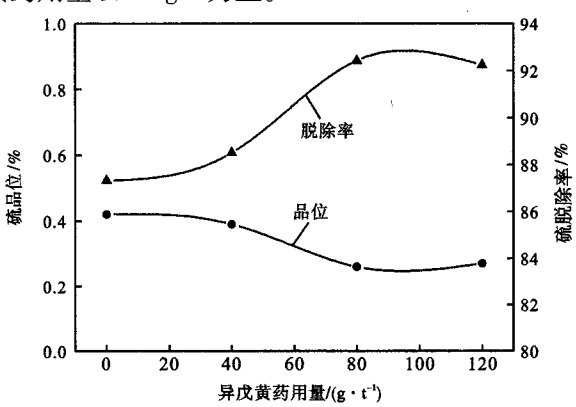

图 7　异戊黄药用量对磁铁矿中磁黄铁矿脱除的影响

Fig. 7　Effect of isoamyl xanthate dosage on desulphurization

2.7　丁铵黑药用量试验

捕收剂为异戊黄药+丁铵黑药，固定异戊黄药用量为 80 g/t，进行丁铵黑药用量试验，试验结果见

万方数据

图8。由图8可知,随着丁铵黑药用量的增加,铁精矿中硫品位逐渐降低,铁精矿硫脱除率逐渐升高。当丁铵黑药用量为80 g/t时,铁精矿硫品位及硫脱除率分别为0.25%及92.62%,此时选别指标较好。继续增加丁铵黑药用量,铁精矿中硫品位及脱除率变化不大,综合考虑选别指标及药剂成本,确定丁铵黑药用量以80 g/t为宜。

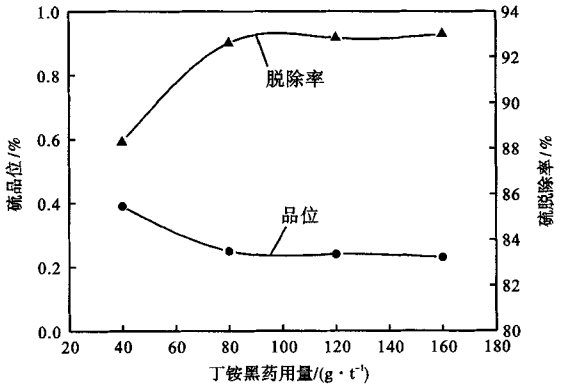

图8　丁铵黑药用量对磁铁矿中磁黄铁矿脱除的影响

Fig. 8　Effect of ammonium buty dosage on desulphurization

2.8　开路试验

通过上述条件试验,最终确定浮选脱除加拿大某磁铁矿中磁黄铁矿粗选的较佳工艺条件为:磨矿细度-0.074 mm 80%、硫酸用量1600 g/t、硫酸铜用量200 g/t、异戊黄药用量80 g/t、丁铵黑药用量80 g/t、起泡剂用量50 g/t。在此基础上进行了磁铁矿脱除磁黄铁矿开路浮选试验,采用1粗3扫4精的流程结构,获得了铁精矿铁品位68.16%,铁回收率81.93%,铁精矿硫品位0.06%,硫脱除率98.51的选别指标。

2.9　闭路试验

磁铁矿中磁黄铁矿脱除闭路浮选试验流程见图9,试验结果见表4。

表4　闭路浮选试验结果

Table 4　Results of closed-circuit test

产品名称	产率/%	品位/% Fe	品位/% S	回收率/% Fe	回收率/% S
硫精矿	8.44	57.77	31.14	7.31	94.72
铁精矿	91.56	67.51	0.16	92.69	5.28
原矿	100.00	66.69	2.77	100.00	100.00

3　结　　论

(1)加拿大某磁铁矿全铁品位为65.90%,硫品位为2.88%,矿石中铁主要以磁性铁的形式存在,其含量及占有率分别为61.20%及94.12%,矿石中的硫主要以磁黄铁矿的形式存在,其含量及占有率分别为2.40%及84.21%。

(2)在磨矿细度为-0.074 mm 80%的条件下,以硫酸+硫酸铜作为活化剂,异戊黄药+丁铵黑药作为捕收剂,BK204作为起泡剂,在条件试验及开路试验的基础上进行了闭路浮选试验,闭路试验采用一粗三扫四精的工艺流程,获得了铁精矿铁品位67.51%,铁回收率92.69%,铁精矿硫品位0.16%,硫脱除率94.72%的选别指标。

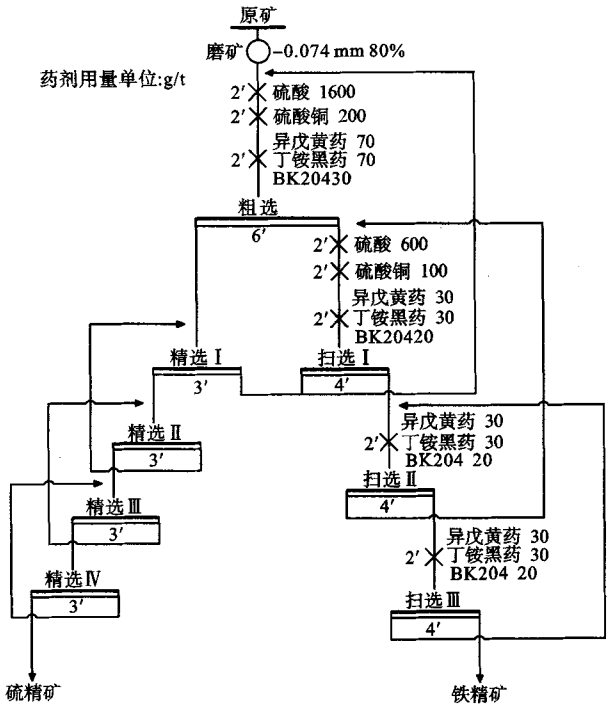

图9　闭路浮选试验流程

Fig. 9　Flow sheet of closed-circuit test

参考文献:

[1]高洪山,杨奉兰.磁黄铁矿与磁铁矿的浮选分离实践[J].矿产保护与利用,1997(4):33-35,41.

[2]计少石,麦笑宇,余永富.磁黄铁矿与磁铁矿分离研究[J].矿冶工程,2011,31(6):43-50.

[3]孟宪瑜.磁铁矿与磁黄铁矿的浮选分离的试验研究[J].有色矿冶,2011,27(5):16-17,40.

[4]杨菊,吴熙群,李成必.难选磁黄铁矿浮选工艺研究[J].有色金属:选矿部分,2002(4):11-13.

[5]彭会清,李禄宏,徐林.某铁精矿浮选脱硫试验研究[J].金属矿山,2005(12):35-37.

(下转27页)

万方数据

[J]. 化工学报,2007,(2):501-506.
[46]周强. 酸化水玻璃在低模数碳酸盐—萤石矿分选中的作用[J]. 矿冶工程,1990,10(2):36-39.
[47]李纪,李晓东,黄伟生. 钨尾矿浮选回收萤石预处理试验研究[J]. 有色金属:选矿部分,2013(5):28-30.
[48]吕子虎,卫敏,吴东印,等. 常温浮选萤石的工艺研究[J]. 中国矿业,2013,22(10),113-116.
[49]朱玉霜,朱建光. 浮选药剂的化学原理(修订版)[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1996.
[50]曾小波,刘人辅,张新华,等. 萤石重晶石共生矿综合利用技术研究[J]. 非金属矿,2012,35(4):27-28,31.
[51]吴永云,龚焕高. 淀粉及改性淀粉作为萤石与重晶石的选择性抑制剂的研究[J]. 非金属矿,1989(3):18-22.
[52]李梅,高凯,柳召刚,等. 白云鄂博尾矿萤石浮选工艺研究[J]. 有色金属:选矿部分,2014(6):55-58.
[53] Hanna HS. Adsorption of some starches on particles of sparminerals[C]. Recent Advances in Science and Technology Materials. New York:Plenum Press,1973.

Status and Prospect of Room Temperature on the Flotation of Fluorite

Cao Zhiming, Yan Qun, Zhong Zhigang, Zhu Xianwen
(Jiangxi Key Laboratory of Mining Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi, China)

Abstract: Room temperature flotation of refractory fluorite ore is one of the difficult points in mineral processing. Fluorite at room temperature(15℃) flotation reagent research comprises the application status of flotation reagents in different types of fluorite ores, a collection agent modified research and development, fluorite new room temperature (15℃) collector fluorite flotation collectors, and efficient gangue inhibitor of fluorite. Based on the present situation of the difficulties of fluorite ore and gangue and calcium silicate gangue flotation separation, traditional oleic acid and its modified products have limitations as fluorite flotation collector. In order to achieve better development and utilization of fluorite resources, this paper executive summary of fluorite ore classification and conventional flotation reagent scheme, focusing on the flotation of fluorite new room temperature(15℃) capture agent types and catchability, oleic acid low-temperature flotation reagent change research, fluorite flotation adjustment agent and its mechanism of action, and suitable polar groups of fluorite flotation collectors at room temperature, in the fluorite surface adsorption capacity is better than that of gangue, less affected by temperature, the melting point is low oleic acid, anti hard water, can maintain its solubility and basic properties of dispersion ability at low temperature, etc. Finally it is pointed out that the fluorite ore dressing of the problems and the research direction in the future.

Keywords: Fluorite; Room temperature(15℃) flotation; Collector; Modification; Regulator

(上接 45 页)

Experimental Study on Desulphurization by Flotation for a Magnetite Ore from Canada

Su Jianfang, Wang Zhongming, Liu Shujie, Liu Fang, Zhao Jie
(State Key Laboratory of Mineral Processing Science and Technology,
Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy, Beijing, China)

Abstract: According to the properties of a magnetite ore from Canada, experimental study on desulphurization by flotation had been conducted. The pyrrhotite was successfully separated from magnetite with sulphuric acid and cupric sulfate as activators, isoamyl xanthate and ammonium butyl as collectors, BK204 as a frother. A closed-circuit flotation test was conducted on the basis of conditional experiments and open-circuit flotation experiments, with which an iron concentrate of 67.51% Fe and 0.16% S with a Fe recovery of 92.69% and a Desulphurization rate of 94.72% was obtained.

Keywords: Magnetite; Pyrrhotite; Desulphurization; Flotation

万方数据