

司家营铁矿阳离子反浮选降硅正交试验

王伟之^{1,2}, 刘泽伟¹, 王立宇¹, 来有邦³, 李善京¹

(1. 华北理工大学矿业工程学院, 河北 唐山 063009;

2. 河北省矿业开发与安全技术实验室, 河北 唐山 063009;

3. 河钢集团矿业公司司家营北区分公司, 河北 唐山 063000)

摘要:为了简化流程,降低成本,以淀粉为抑制剂,GE-609 为捕收剂,对司家营铁矿选矿厂的混磁精矿进行了阳离子反浮选降硅试验研究。试验中采用二因素二水平的正交试验考查了抑制剂及捕收剂用量对反浮选效果的影响,最后确定的药剂制度为粗选淀粉用量 1500 g/t,GE-609 用量 300 g/t。闭路流程试验结果表明,采用一次粗选、一次精选、两次扫选的浮选流程,可获得品位 65.10%、回收率 85.39% 的铁精矿,尾矿品位降至 11.91%,实现了低成本条件下的资源高效回收。

关键词:赤铁矿;阳离子捕收剂;反浮选;正交试验

doi:10.3969/j.issn.1000-6532(2016)06.009

中图分类号:TD951 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2016)06-0035-04

目前,国内外用于铁矿反浮选降硅的工艺有阴离子反浮选工艺及阳离子反浮选工艺^[1]。与阴离子反浮选工艺相比,阳离子反浮选工艺具有药剂制度简单、可常温浮选、浮选成本低的优点^[2-3]。GE-609 是武汉理工大学开发应用的一种新型阳离子捕收剂,该捕收剂用于铁矿反浮选的试验数据和理论资料证明,抑制剂淀粉和捕收剂 GE-609 两者之间可能存在交互影响^[4-7]。因此,本文采用正交试验法针对冀东地区司家营铁矿选矿厂处理流程中的混磁精矿进行了阳离子反浮选试验,试验中采用二因素二水平的正交试验考查了抑制剂淀粉用量和捕收剂 GE-609 用量对反浮选效果的影响;并通过正交分析,确定了合理的药剂制度,实现了简化药剂制度,降低浮选成本的目的。

1 试样性质

司家营铁矿选矿厂处理的矿石为有用矿物以磁铁矿和赤铁矿为主的混合型铁矿,处理流程为“阶段磨矿、粗细分级、重选、弱磁-强磁-阴离子反浮选”。试验所用矿样取自生产现场阴离子反浮选流

程的给矿,为弱磁选精矿和强磁选精矿的混合精矿,其中主要金属矿物为磁铁矿、赤铁矿(含假象赤铁矿及半假象赤铁矿)、褐铁矿等;脉石矿物主要为石英。试验矿样的多元素分析及铁物相分析结果分别见表1、表2。

表1 试验矿样多元素分析结果/%

Table 1 Chemical multi-element analysis results of the samples

TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P
39.50	50.29	1.79	0.68	0.99	0.043	0.061

表2 试验矿样铁物相分析结果

Table 2 Iron phase analysis results of the samples

项目	磁性铁 矿物中 铁	赤褐铁 矿物中 铁	硫化铁 矿物中 铁	菱铁矿 中铁	硅酸铁 矿物中 铁	全铁 (TFe)
含量/%	30.07	7.53	0.65	0.35	0.98	39.58
分布率/%	75.97	19.02	1.64	0.88	2.48	100.00

试验矿样多元素分析结果表明,全铁品位为 39.50%,矿样中主要杂质是 SiO₂, S 和 P 含量较低,原矿中没有对浮选流程有影响的有害元素。

收稿日期:2016-01-03;改回日期:2016-02-06

基金项目:国家国际科技合作专项项目(2012DFR70320),河北省科技厅资助项目(15274109),大学生创新创业训练计划项目(X2015099)

作者简介:王伟之(1974-),女,博士,教授,主要从事矿物分选理论及工艺研究。

2 试验流程及条件

试验中采用阳离子反浮选对混磁精矿进行脱硅以获得合格铁精矿。

试验流程采用一次粗选一次精选流程,见图 1。其中阳离子捕收剂 GE-609 为淡黄色液体,与水配成浓度为 1% 的溶液使用,抑制剂为浓度 6% 的苛化淀粉;精选时捕收剂用量为粗选捕收剂用量的四分之一;试验中矿浆 pH 值未进行调整,为矿浆自然 pH 值(7 左右)。为了考查抑制剂与捕收剂之间的相互影响及确定合理的药剂制度,试验中采用正交试验确定药剂用量。

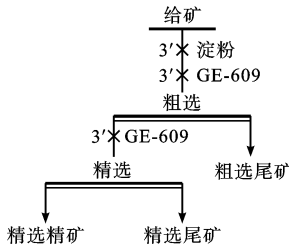


图 1 药剂用量试验流程

Fig. 1 Test process of reagent dosage

3 试验结果

以抑制剂及捕收剂用量为考察因素,以精矿品位及回收率为指标,试验中进行了三个二因素二水平的正交试验。

3.1 正交试验一

依据矿样性质及捕收剂 GE-609 应用经验^[4-6],首先针对抑制剂淀粉用量 1140 g/t、1260 g/t 及捕收剂 GE-609 用量 260 g/t、280 g/t 进行正交试验设计,试验安排和试验结果见表 3。

表 3 试验设计及试验结果

Table 3 Orthogonal test design and test results

序号	A(抑制剂 用量)1	B(捕收剂 用量)2	AB 3	试验结果/%		
				β	ε	E
1	1(1140 g/t)	1(260 g/t)	1	63.95	72.86	38.22
2	2(1260 g/t)	1(260 g/t)	2	63.28	74.31	38.23
3	1(1140 g/t)	2(280 g/t)	2	64.14	71.11	36.96
4	2(1260 g/t)	2(280 g/t)	1	64.06	73.05	38.71

注:表中 β 为精矿品位、ε 为精矿回收率、E 为综合效率(按道格拉斯公式计算),以下同。

分别计算 A、B 的主效应和二因素的交互效应

$A = 1/2(E_2 + E_4) - 1/2(E_1 + E_3) = +0.88\%$

$B = 1/2(E_3 + E_4) - 1/2(E_1 + E_2) = -0.39\%$

$AB = 1/2(E_2 - E_1) - 1/2(E_4 - E_3) = -0.87\%$

计算结果表明,三项效应值中交互效应十分显著,说明决定选矿效率高低的關鍵是捕收剂和抑制剂用量的配比:抑制剂用量多,捕收剂用量也要多;抑制剂用量少,捕收剂用量也要少。同时,由于抑制剂的主效应 A 是正值,因此较优条件是抑制剂和捕收剂均取高用量;抑制剂的主效应也十分显著,说明抑制剂用量对指标影响亦较大。

3.2 正交试验二

依据上述试验结果及分析,考虑将试验中抑制剂和捕收剂的用量提高,又由于抑制剂对指标的影响更大,且试验中捕收剂和抑制剂用量的配比是关键,最终决定将抑制剂用量提高两个位级,将捕收剂用量提高一个位级,以求找到二者更为经济合理的配比,因此,本次正交试验中捕收剂 GE-609 用量为 280 g/t、300 g/t;抑制剂淀粉用量为 1380 g/t、1500 g/t。试验安排和试验结果见表 4。

表 4 试验设计及试验结果

Table 4 Orthogonal test design and test results

序号	A(抑制剂 用量)1	B(捕收剂 用量)2	AB 3	试验结果/%		
				β	ε	E
1	1(1380 g/t)	1(280 g/t)	1	60.37	76.43	34.07
2	2(1500 g/t)	1(280 g/t)	2	63.34	73.92	37.98
3	1(1380 g/t)	2(300 g/t)	2	65.22	70.72	38.72
4	2(1500 g/t)	2(300 g/t)	1	65.22	70.83	38.82

分别计算 A、B 的主效应和二因素的交互效应:

$A = 1/2(E_2 + E_4) - 1/2(E_1 + E_3) = +1.91\%$

$B = 1/2(E_3 + E_4) - 1/2(E_1 + E_2) = +2.75\%$

$AB = 1/2(E_2 - E_1) - 1/2(E_4 - E_3) = +2.01\%$

计算结果表明,三种效应值较均衡,故本次正交试验中出现的配比较为合理,并且 3 号、4 号试验出现的精矿品位 65% 以上、回收率 70% 以上的指标已较为理想。

3.3 正交试验三

根据上述试验结果和分析得出的药剂用量越高、指标越优的规律,考虑继续增加药剂用量,因此,本次正交试验中捕收剂 GE-609 用量为 320 g/t、340 g/t;抑制剂淀粉用量为 1620 g/t、1740 g/t。试验安排和结果见表 5。

表5 试验设计及试验结果

Table 5 Orthogonal test design and test results

序号	A(抑制剂 用量)1	B(捕收剂 用量)2	AB 3	试验结果/%		
				β	ε	E
1	1(1620 g/t)	1(320 g/t)	1	64.27	70.74	36.74
2	2(1740 g/t)	1(320 g/t)	2	63.44	72.01	36.59
3	1(1620 g/t)	2(340 g/t)	2	65.71	67.73	36.87
4	2(1740 g/t)	2(340 g/t)	1	65.79	69.03	38.21

分别计算 A、B 的主效应和二因素的交互效应：
 $A = 1/2(E_2 + E_4) - 1/2(E_1 + E_3) = +0.60\%$
 $B = 1/2(E_3 + E_4) - 1/2(E_1 + E_2) = +0.88\%$
 $AB = 1/2(E_2 - E_1) - 1/2(E_4 - E_3) = -0.75\%$
试验结果和计算结果表明,继续增加用量后,选别指标的提升不明显,同时考虑到药剂成本的问题,因此不宜采用本次试验中的药剂用量。

综合考虑以上三次正交试验结果和药剂成本等问题,合理的药剂用量确定为粗选抑制剂淀粉用量 1500 g/t、捕收剂 GE-609 用量 300 g/t。

3.4 开路流程试验

参照前述确定的药剂用量,进行了一次粗选一次精选两次扫选的开路流程试验。为了保证后续闭路流程试验中仍能获得合格精矿,精选时捕收剂 GE-609 的药剂用量提高到粗选用量的 1/2,即 150 g/t。试验流程图见图 2,试验结果见表 6。

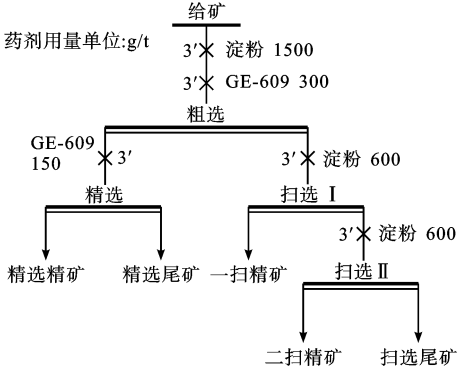


图2 阳离子反浮选开路试验流程

Fig. 2 Open-circuit process of cationic reverse flotation

由表 6 试验结果可见,将精选捕收剂用量增加到 150 g/t 后,开路流程中的精矿品位达到了 67.07%,从而为后续闭路流程试验中能够获得合格铁精矿提供了保障;同时经过两次扫选,浮选尾矿品位降至 7.47%。试验结果表明,经过一粗一精二扫的开路阳离子反浮选流程得到的指标较为理想,以此为基础进行闭路流程试验。

表6 阳离子反浮选开路试验结果/%

Table 6 Test results of open-circuit process of cationic reverse flotation

产品名称	产率	品位	回收率
精选精矿	38.63	67.07	65.44
精选尾矿	21.24	30.90	16.58
一扫精矿	8.52	45.11	9.71
二扫精矿	2.69	41.40	2.81
扫选尾矿	28.92	7.47	5.46
合计	100.00	39.59	100.00

3.5 闭路流程试验

在上述试验基础上进行了一粗一精两扫的阳离子反浮选工艺闭路流程试验中矿依次返回试验结果见图 3。

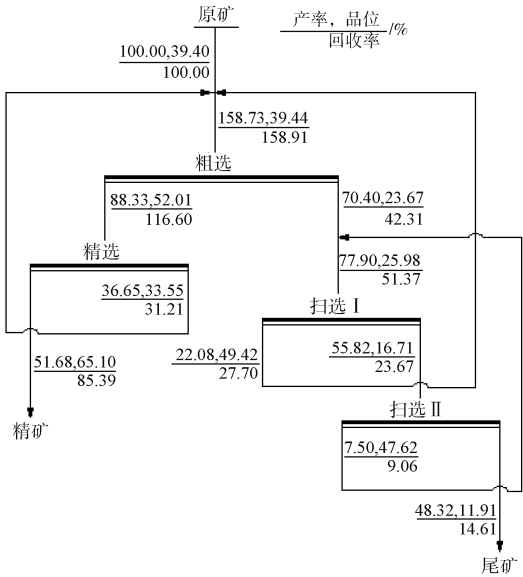


图3 阳离子反浮选闭路试验结果

Fig. 3 Test results of closed-circuit process of cationic reverse flotation

4 结 论

采用正交试验法可以快速准确的分析出各种因素对试验结果影响的大小及析各因素之间的交互影响,并且可以节约试验时间,有利于快速优化试验条件。采用正交试验设计方法对司家营铁矿选矿厂的磁选混合精矿进行了阳离子反浮选试验,得到阳离子反浮选的药剂制度为粗选淀粉用量 1500 g/t,GE-609 用量 300 g/t。闭路流程试验结果表明,采用一次粗选、一次精选、两次扫选的浮选流程,可获得铁精矿品位 65.10%、回收率 85.39% 的良好指标。达

到了降低浮选成本和实现资源高效利用的目的。

参考文献:

- [1] 胡龙, 郑怀昌, 肖刚. 铁矿浮选工艺的发展[J]. 现代矿业, 2010(01): 23-27.
- [2] 宋仁峰, 李维兵, 刘华艳, 等. 我国铁矿石反浮选技术发展综合评述[J]. 金属矿山, 2009(9): 13-18.
- [3] 王春梅, 葛英勇, 王凯金, 等. GE-609 捕收剂对大赤铁矿反浮选的初探[J]. 有色金属: 选矿部分, 2006(4): 41-43.

- [4] 邱廷省, 张卫星, 方夕辉, 等. 铁矿石阳离子反浮选技术研究进展及应用现状[J]. 金属矿山, 2012(2): 95-99.
- [5] 李洋, 王娇皎, 陈广振. 鞍山某磁选铁精矿阳离子反浮选试验[J]. 金属矿山, 2013(9): 67-69.
- [6] 葛英勇. 新型捕收剂烷基多胺醚(GE-609) 的合成及浮选性能研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
- [7] 王伟之, 孟庆磊, 张庆丰, 等. 司家营铁矿磁选精矿阳离子反浮选试验研究[J]. 金属矿山, 2015(2): 58-62.

Orthogonal Experimental Study on Cationic Reverse Flotation of a Magnetite and Hematite Mixed Iron Ore in Sijiaying Iron Mine

Wang Weizhi^{1,2}, Liu Zewei¹, Wang Liyu¹, Lai Youbang³, Li Shanjing¹

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

2. Mining Development and Safety Technology Key Lab of Hebei Province, Tangshan, Hebei, China;

3. Hebei Iron Steel Group Mining Company Sijiaying North Branch, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: In order to simplify process and reduce beneficiation cost, the cationic reverse flotation tests were carried out by using starch as inhibitor and GE-609 as collector for the magnetic concentrate from an iron plant in Sijiaying Iron Mine. A two-factor two-level orthogonal test was designed to examine the effect of inhibitor and collector dosage on the anti-flotation. The test results were got when the starch dosage of roughing was 1500 g/t and GE-609 was 300 g/t. The results of the closed-circuit showed that a final iron concentrate with TFe grade of 65.10% and iron recovery of 85.39% was obtained according to the flowsheet of one roughing, one cleaning and two scavengings, which achieved efficient recovery of resources at low cost. Meanwhile, the grade of the tailing was reduced to 11.91%.

Keywords: Hematite; Cationic collector; Reverse flotation; Orthogonal test

(上接 42 页)

Research on the Relationship between Sodium Silicate Hydrolysis and Fluorite Flotation

Li Peilun, Hu zhen, Wang Tai

(Guangdong Research Institute of Resources Comprehensive Utilization, State Key Laboratory of Rare Metal Separation and Comprehensive Utilization, Guangzhou, Guangdong, China)

Abstract: In view of the extremely low utilization rate of associated fluorite resources, directed at the change of floatability of fluorite, which is activated after inhibited flotation, the collector, inhibitors and activator tests of single mineral flotation behavior research were carried out. The Zeta potential analysis and infrared spectrum analysis were utilized to explain the problem of it. This research proved that, $[\text{SiO}(\text{OH})_3^-]$ and $[\text{SiO}_2(\text{OH})_2^{2-}]$ can prevent the activation of fluorite. At the same time, this paper investigates the effect of activator ZC-1 on the performance of fluorite.

Keywords: Sodium silicate; Fluorite; Flotation; Activator