

某鲕状赤铁矿反浮选降硅正交试验研究^{*}

高野, 李志锋, 高杨

(辽宁地质矿产研究院, 沈阳 10010)

摘要:某宣龙鲕状赤铁矿含铁45.18%,为了获得合格的铁精矿,采用阴离子反浮选工艺对磁化焙烧后磁选的精矿进行浮选提纯,采用三因素三水平正交试验确定合理的浮选药剂制度。最后确定的最佳药剂制度为淀粉用量为1 000 g/t、石灰用量为2 000 g/t、捕收剂用量为1 280 g/t,可获得铁品位63.83%、回收率84.59%的铁精矿。

关键词:鲕状赤铁矿;反浮选;石英;正交试验

中图分类号:TD951.1 文献标志码:B 文章编号:1001-0076(2014)06-0028-05

DOI:10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2014.06.007

The Orthogonal Research for an Oolitic Hematite to Reduce the Content of Quartz

GAO Ye, LI Zhi-feng, GAO Yang

(Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 10010, China)

Abstract: In order to obtain qualified iron concentrate from a Xuanlong oolitic hematite ore with TFe content of 45.18%, the anionic reverse flotation process was used to separate quartz from roasted magnetic concentrate. A three factor - three level orthogonal experiment was designed to determine the appropriate reagent regime. The best result was got when the dosage of starch was 1 000 g/t, lime was 2 000 g/t and collector was 1 280 g/t. A final iron concentrate with an iron grade of 63.83% and a recovery of 84.59% was obtained.

Key words: oolitic hematite; reverse flotation; quartz; orthogonal test

鲕状赤铁矿约占我国铁矿资源储量的11%,占我国赤铁矿资源总量的30%。宣龙式铁矿和宁乡式铁矿是我国典型的鲕状赤铁矿这两种类型的矿石嵌布粒度极细,并且伴生复杂,单体难解离,磨碎后易泥化,因此该类型矿石用单一的选别方法很难达到理想的选别指标^[1-3]。北京矿冶研究总院的刘万峰等对含磷鲕状赤铁矿进行了单一的反浮选试验研究,由于含磷较多,所以采用先脱磷后脱硅的反浮选工艺,获得指标为:铁精矿的铁、磷品位分别为54.21%、0.28%,铁回收率为64.60%^[4];王兢等对

贵州某地的鲕状赤铁矿进行了单一浮选研究,采用阳离子捕收剂十二胺,NaOH用量为900 g/t,GF抑制剂用量为6 000 g/t,十二胺用量为400 g/t时,铁精矿品位为55.0%,回收率为76.7%^[5]。

研究表明,采用单一浮选工艺很难使鲕状赤铁矿品位得到进一步提高,因此针对某宣龙鲕状赤铁矿,本试验先经过磁化焙烧—磁选工艺使铁精矿得到富集然后采用焙烧磁选精矿作为原矿,考察该阴离子捕收剂对焙烧磁选精矿进一步提纯的效果。

本研究采用反浮选工艺,着重介绍正交分析方

* 收稿日期:2014-08-19;修回日期:2014-10-22

基金项目:中国地质调查工作项目(201011031-3)

作者简介:高野,男,辽宁营口人,矿物加工硕士学历,主要从事金属矿选矿与非金属矿加工技术研究。Email:gaoye.321@163.com。

法在浮选药剂制度选择上的应用,通过正交分析,方便快捷的选择出合理的药剂制度及各水平对试验结果的影响。并通过对药剂的单因素分析,从而找出了最佳的浮选药剂制度。

1 试验样品及性质

试验样品来源为宣化宣龙鲕状赤铁矿,原矿含铁 45.18%,经过破碎到 -2 mm 后,混匀缩分取每份 500 g,前期对磁化焙烧试验流程见图 1。

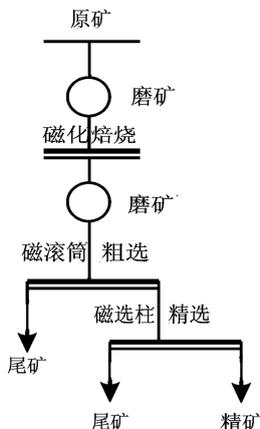


图1 粗选试验流程

原矿经磁化焙烧后,采用磁滚筒对粗磨后的焙烧矿进行粗选,最后采用磁选柱对粗选精矿进行精选,磁选精矿多元素分析结果见表 1,XRD 衍射图谱分析结果图 2。

表1 磁选精矿多元素分析结果 /%

元素	TFe	FeO	S	P	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
含量	61.42	22.88	0.023	0.14	0.48	1.54	2.18	7.74

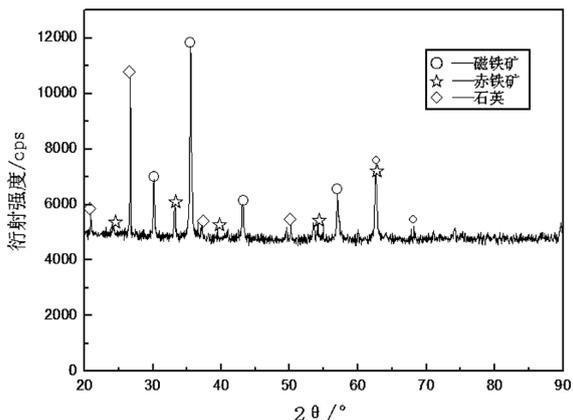


图2 焙烧磁选后矿样 XRD 图谱分析

由表 1 可以看出,焙烧后的磁选精矿 TFe 品位为 61.42%,S、P 含量不高,因此选矿过程中应尽量降低硅、铝的含量。由图 1 可知,焙烧磁选精矿中铁矿物主要为磁铁矿、没有被还原的赤铁矿两种,石英特征峰较多,含量较高,因此脉石矿物主要以石英为主。

2 正交浮选试验

通过试验样品性质分析可知,样品中主要脉石矿物为石英,其他脉石矿物较少,因此浮选的主要工作是提铁降硅,为了以最快的速度找到浮选的合理药剂制度,因此采用阴离子反浮选正交试验进行探索。

采用三因素三水平正交试验的方法,若每个因素的水平都碰撞一次,共需 $3 \times 3 = 27$ 次全面试验,如表 2 所示,采用拉丁方的试验方法搭配试验,可以大大减少试验次数,表中右下角部分的每一行和每一列中,1,2,3 种水平各出现一次,A 的每个水平和 B、C 的三个水平分别各碰一次,B 的每个水平和 A、C 的三个水平各碰一次,对 C 也是类似的情况。即三因素中任何两因素的不同水平均相碰一次,因而试验是均衡可信的。表 2 中 A 表示抑制剂,B 表示活化剂,C 表示捕收剂,下角标表示 3 种药剂用量。

表2 正交试验搭配

C \ B	B		
	B ₁	B ₂	B ₃
A	A ₁ B ₁ C ₁	A ₁ B ₂ C ₂	A ₁ B ₃ C ₃
A	A ₂ B ₁ C ₂	A ₂ B ₂ C ₃	A ₂ B ₃ C ₁
A	A ₃ B ₁ C ₃	A ₃ B ₂ C ₁	A ₃ B ₃ C ₂

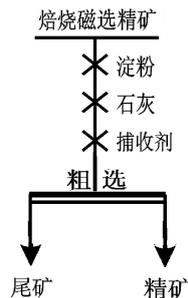


图3 反浮选试验流程

采用阴离子反浮选方法进行正交试验研究,使用拉丁方的方法简化试验步骤,本试验采用的某种阴离子捕收剂(so)用量分别为 1(400 g/t)、2(800

g/t)、3(1 200 g/t),淀粉用量为1(500 g/t)、2(1 000 g/t)、3(1 500 g/t),石灰作为活化剂用量为1(1 000 g/t)、2(2 000 g/t)、3(3 000 g/t)采用图3所示流程进行浮选正交试验研究。

表2 浮选正交试验分析表

	A	B	C	品位/%	回收率/%
1	1	1	1	62.74	85.754
2	1	2	2	62.88	82.977
3	1	3	3	62.88	86.355
4	2	1	2	63.16	75.685
5	2	2	3	64.00	75.962
6	2	3	1	61.95	96.425
7	3	1	3	63.93	69.478
8	3	2	1	63.64	81.337
9	3	3	2	61.67	97.696
K1	188.5	18983	188.47		
K2	190.04	190.52	187.71		
K3	189.24	186.5	190.81		
k1	62.83	63.28	62.82		
k2	63.35	63.51	62.57		
k3	63.08	62.17	63.60		
R	0.51	1.34	1.03		

由于品位和回收率在一定程度上是反比关系。因此考虑k值、r值时单纯用品位进行分析。

对上述结果进行方差分析结果如表3所示。

表3 正交试验结果分析方差表

方差来源	离差平方	自由度	均方	统计量($F_{比}$)	临界值	显著性
A	0.40	2	0.20	8.07	$F_{0.05}(2,2) = 19$	
B	3.08	2	1.54	62.90	$F_{0.01}(2,2) = 99$	**
C	1.74	2	0.87	35.53	$F_{0.1}(2,2) = 9$	**
误差	0.05	2	0.02			
总离差	5.2654	8				

由方差结果可以看出,淀粉的用量和捕收剂的用量离差较大,说明试验结果数据之间差异较大,较为分散。显著性分析显示: $F_{0.05}(2,2) < 35.53 < F_{0.01}(2,2)$, $F_{0.05}(2,2) < 62.90 < F_{0.01}(2,2)$,淀粉和捕收剂对试验结果是有显著性影响的,石灰用量对试验影响不显著,可能是因为选取的点较为接近最优点或者都远离最优点,但从其他试验结果分析可知石灰用量出现最优解,因此确定选取的点较为接近最优值。

同时对上述结果进行交互影响分析如图4、5、6

所示。

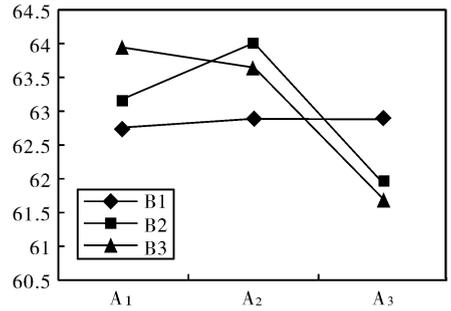


图4 石灰与淀粉交互影响的二元效应图

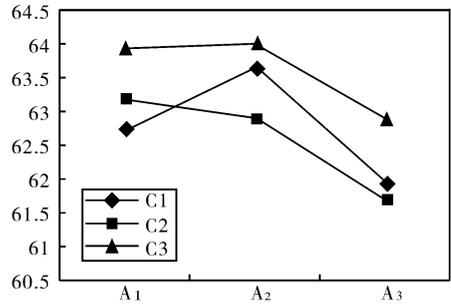


图5 捕收剂与石灰交互影响的二元效应图

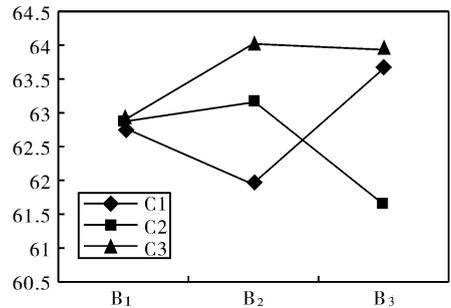


图6 淀粉与捕收剂交互影响的二元效应图

由离差平方和可以看出,淀粉的用量试验结果远远超过其他两个数据,说明该淀粉用量选取的试验点不是很合理。

如果无交互影响,正交图中三条线都应该是平行关系,如果存在交互作用,就会出现交叉,由上面三个图可以看出,该试验存在交互作用,淀粉与捕收剂的对比对浮选结果影响较小;石灰和捕收剂的对比对浮选结果的影响最大。

从图6中可以看出,当选取 B_2C_3 配比时,能取得最佳的浮选效果。由图4、5可以看出, A_3 用量下浮选效果最差,因此排除 A_3 ,仅对 A_2 、 A_1 进行分析。由表2可知:其中 A_2 的平均值为:(62.88 + 64 +

63.64)/3 = 63.51, A_1 的(6274 + 63.16 + 63.93) ÷ 3 = 63.27, $A_2 > A_1$, 所以最后选取的最佳组合法案为 $A_2 B_1 C_3$ 。

在该组合基础上进一步完善指标,采用单因素试验分析方法,缩小取值范围,进一步缩小与最优值之间的差距。考虑前面显著性影响,对该试验结果影响最大的是淀粉用量, R 值最大的也淀粉,也就是说淀粉对浮选的影响是最大的,但从试验数据上看出,淀粉较多时选别指标不好,选择的淀粉用量过大时,唯一的一组数据较好是因为相应的捕收剂添加较多造成。因此优先考虑捕收剂单因素对浮选结果的影响,淀粉用量为 1 000 g/t,石灰用量为 2 000 g/t 时改变捕收剂用量,试验结果如图 7 所示。

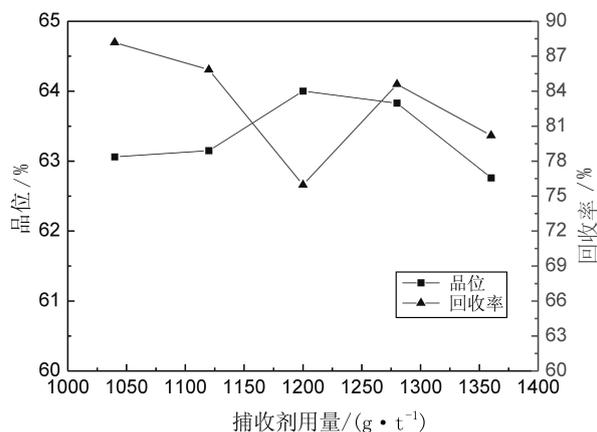


图7 捕收剂用量对试验结果的影响

随着捕收剂用量的增加,烃链间相互吸引而发生缔合作用形成聚合物,这些聚合物有利于提高捕收剂在矿物表面的吸附密度。因此随着捕收剂的增加浮选效果逐渐提高,但由于油酸类捕收剂的选择性较差,过多的捕收剂如果没有较多的淀粉配合抑制脉石也会相应的被选别出来。因此从图中可以看出当捕收剂用量为 1 280 g/t 时,浮选的回收率和品位较高,铁精矿品位为 63.83%、回收率为 84.59%。

当捕收剂用量为 1 280 g/t、石灰用量为 2 000 g/t 时对淀粉进行单因素分析,由正交试验结果分析淀粉用量较大时浮选指标不佳,因此选取 700、800、900、1 000、1 100 g/t 五个较小指标进行单因素试验分析,试验结果如图 8 所示。

由图 8 中可以看出,随着淀粉用量的增加,品位逐渐升高,淀粉的抑制作用主要是通过氢键作用,淀

粉的极性基团通过氢键作用与水分子结合,同时又能在电负性较大的铁矿物表面吸附,因此淀粉的用量越多,一些含有电负性的脉石同时也被抑制,导致最终精矿品位下降。因此选取最佳的试验点为淀粉用量 1 000 g/t。

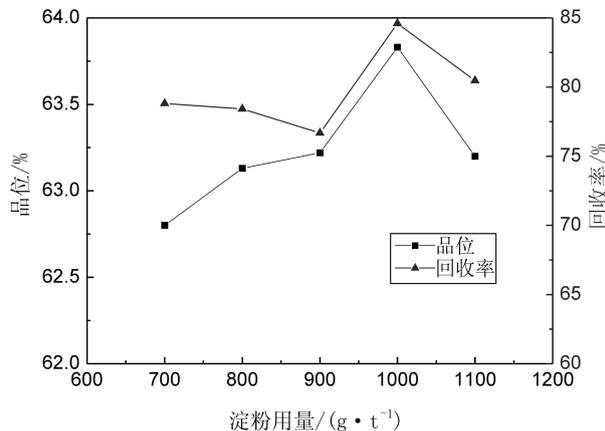


图8 淀粉用量对试验结果的影响

当捕收剂用量为 1 280 g/t,淀粉用量为 1 000 g/t 时对石灰的用量进行单因素分析,试验结果如图 9 所示。

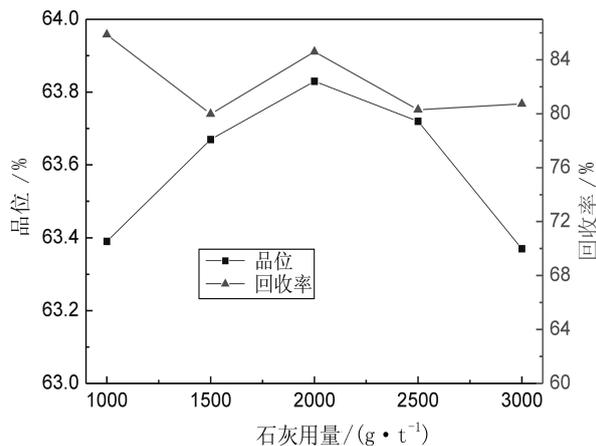


图9 石灰用量对试验结果的影响

通过石灰的单因素分析可知随着石灰用量的增加,浮选的品位逐渐增加,当石灰用量超过 2 000 g/t 时,品位回收率都有所下降,因此最佳的石灰用量为 2 000 g/t。

试验结果表明:当捕收剂用量为 1 280 g/t、淀粉用量为 1 000 g/t、石灰用量为 2 000 g/t 时,通过正交试验阴离子反浮选试验,可以得精矿品位 63.83%、回收率 84.59% 的铁精矿。

3 结论

(1)采用正交试验的方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,同时通过交互分析,可以分析各种因素之间的交互影响,通过正交试验的方法进行选矿试验可以节约试验时间,并且有利于快速找出最优值通过交互分析可以找出因素间相互影响的大小。

(2)通过正交试验可以看出,该阴离子捕收剂对石英与焙烧磁选精矿的分离效果较为显著,最终获得 TFe 品位 63.83%、TFe 回收率 84.59% 的铁精矿。

参考文献:

- [1] 孙炳权. 今年我国复杂难选铁矿石选矿技术进展[J]. 金属矿山, 2006(3): 11-13.
- [2] 童雄, 黎应书, 周庆华, 等. 难选鲕状赤铁矿石的选矿新技术试验研究[J]. 中国工程科学(增刊), 2005(7): 323-326.
- [3] 陈述文, 曾永振, 陈启平. 贵州赫章鲕状赤铁矿直接还原磁选试验研究[J]. 金属矿山, 1997(11): 13-16.
- [4] 刘万峰, 王立刚, 孙志健, 等. 难选含磷鲕状赤铁矿浮选工艺研究[J]. 矿冶工程, 2010(3): 14-18.
- [5] 王婉, 尚衍波, 张覃. 鲕状赤铁矿浮选试验初步研究[J]. 矿冶工程, 2004(3): 39-40.

《矿产保护与利用》投稿须知

投稿要求内容新颖,论点明确,数据完整、可靠,文字精练。一律采用电子稿,发至编辑部电子邮箱即可。

来稿应包括论文中英文题目、作者工作单位,中英文摘要及关键词,文章中图分类号、文献标识码,正文及参考文献。中文标题一般不超过 20 个汉字,关键词 3~8 个,并附第一作者及通讯作者简介(格式应为:姓名(出生年-),性别(民族),籍贯,职称,学位,简历及研究方向)。请留下联系电话、Email 及通讯地址。如属基金项目(指文章产出的资助背景,包括科技攻关项目等)应给出项目的名称及编号。参考文献按文中出现次序列于文后,参考文献的序号用数字加方括号表示,以与正文中的指示序号格式一致。各类参考文献条目的编排格式请参照 ISO 960、ISO 960-2、GB/T 7714-2005 格式。

文中出现的量和单位符号均应采用国标,要求符合国家标准;图表清晰,表格一般采用三线表,图片为黑白图片,线条清楚、对比度强,表格、图片宽度不大于 80 mm,通栏图表不大于 160 mm;插图、表格的文字一般采用小五号宋体。

请作者自留底稿;除与编辑部另有约定外,自收稿之日起三个月内不见录用回复,作者可自行处理,否则不得一稿多投或转投他刊。

附参考文献条目的编排格式:

a. 专著(M)、论文集(C)、学位论文(D)、报告(R)

[序号] 主要责任者. 文献题名[文献类型标识]. 出版地: 出版者, 出版年: 起止页码(任选).

b. 期刊文章

[序号] 主要责任者. 文献题名[J]. 刊名, 年, 卷(期): 起止页码.

联系人: 曹飞

联系电话: 0371-68632026

投稿邮箱: kcbh@chinajournal.net.cn

通讯地址: 郑州市陇海西路 328 号《矿产保护与利用》编辑部
(450006)

QQ 群: 299967088