

某磁赤混合铁矿的柱式阳离子反浮选试验研究

王伟之^{1,2}, 刘泽伟¹, 来有邦³

(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. 河北钢铁集团滦县司家营铁矿有限公司, 河北 唐山 063000)

摘要:为了简化流程,降低成本,对某磁赤混合铁矿选厂的磁选精矿进行了柱式阳离子反浮选试验研究,包括浮选柱的条件试验和浮选流程试验。试验结果表明,以淀粉为抑制剂,GE-609 为捕收剂,采用充填型微泡逆流接触式浮选柱,对于给矿品位为 39.89% 的混磁精矿,通过两次粗选、一次精选、一次扫选的柱式浮选流程,可获得铁精矿品位 66.07%、回收率 69.82% 的良好指标,达到了简化药剂制度,降低浮选成本的目的。

关键词:充填浮选柱;混磁精矿;阳离子反浮选;精矿品位

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.06.013

中图分类号:TD951 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2017)06-0064-04

目前,浮选工艺仍是处理我国复杂难选铁矿的重要手段,尤其对于赤铁矿与磁铁矿伴生的混合铁矿,大多数选厂最终需采用反浮选工艺来提高铁精矿品位^[1-2]。

冀东地区某选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,其中的阴离子反浮选工艺存在着药剂

制度复杂、高温浮选成本偏高的问题^[3]。为此,本研究将药剂制度简单、可常温浮选的阳离子捕收剂和以高效回收微细粒矿物为特点的浮选柱用于该混合铁矿的浮选工艺中^[4],提出一种柱式阳离子反浮选工艺。通过试验确定柱式浮选工艺适宜的操作条件、药剂制度及流程结构,实现降低成本、高效回收的浮选目标。

1 试样性质

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(以下简称混磁精矿),其主要金属矿物为磁铁矿、

赤铁矿及褐铁矿;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及表2。

表1 试验矿样多元素分析结果/%

Table 1 Chemical multi-element analysis results of the test ore

TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P
39.89	36.24	1.28	0.82	1.40	0.013	0.024

表2 试验矿样铁物相分析结果

Table 2 Iron phase analysis results of the test ore

项目	磁性铁 矿物中 的铁	赤、褐铁 矿物中 的铁	碳酸铁 矿物中 的铁	硫化铁 矿物中 的铁	硅酸铁 矿物中 的铁	全铁 (TFe)
含量/%	30.51	6.27	0.42	0.87	1.74	39.81
分布率/%	76.64	15.75	1.06	2.18	4.37	100.00

试验矿样多元素分析结果表明,试验矿样全铁品位为 39.89%,矿样中主要杂质为 SiO₂, S 和 P 含量较低,没有对浮选流程有影响的有害元素。

2 选矿试验

2.1 浮选柱阳离子反浮选操作条件试验

采用 Φ50 mm×2000 mm 的充填型微泡逆流接

收稿日期:2016-11-04;改回日期:2016-12-28

基金项目:河北省自然科学基金资助项目(E2017209214)(2012DFR70320)

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。

触式浮选柱对试验矿样进行阳离子反浮选试验,浮选柱内充填介质为聚乙烯材质的斜孔格栅板^[5],充填高度为 170 cm,即给矿器以下全部充填。

柱式浮选操作条件试验的试验流程见图 1,其中淀粉为抑制剂,用量暂定为 1200 g/t;捕收剂为武汉理工大学提供的 GE-609 阳离子捕收剂^[6-7],用量暂定为 280 g/t。

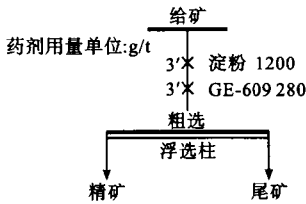


图 1 浮选柱阳离子反浮选操作条件试验流程图

Fig. 1 Flow chart of cationic reverse flotation operating conditions test of flotation column

2. 1. 1 给矿速度条件试验

浮选柱给矿靠蠕动泵转动控制给矿速度,矿浆由蠕动泵打入浮选柱最上部,由浮选柱中上部的给矿器均匀给入。

给矿速度的快慢会影响到浮选柱的浮选时间及处理量,因此,需确定合适的给矿速度。试验中其他操作条件恒定,给矿浓度 30%,泡沫层高度 30 cm,充气量 4 L/min。进行不同给矿速度试验,试验结果见表 3。

表 3 浮选柱给矿速度试验结果

Table 3 Test results of flotation column separation under different feeding speed

给矿速度 (mL · min ⁻¹)	产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
577.6	精矿	24.45	55.46	33.99
	尾矿	75.55	34.85	66.01
	给矿	100.00	39.89	100.00
710.6	精矿	24.53	57.40	35.30
	尾矿	75.47	34.20	64.70
	给矿	100.00	39.89	100.00
847.0	精矿	30.74	58.79	45.31
	尾矿	69.26	31.50	54.69
	给矿	100.00	39.89	100.00
984.4	精矿	27.77	57.81	40.26
	尾矿	72.23	33.00	59.74
	给矿	100.00	39.89	100.00

注:试验中各产品的产率及回收率是由产品的化验品位推算得出,以下同。

由表 3 可知,给矿速度加快,精矿品位及回收率

均为先上升,超过 847 mL/min 后开始逐渐下降,因此确定浮选柱给矿速度为 847 mL/min。

2. 1. 2 给矿浓度条件试验

浮选给矿浓度一是影响浮选柱的处理能力,二是矿浆浓度的大小即单位体积矿浆中矿物颗粒的多少会影响矿粒与气泡的碰撞概率及柱内气泡的上浮速度,进而影响选别指标。试验中固定浮选柱其他条件(泡沫层高度 30 cm,充气量 4 L/min,给矿速度 847 mL/min),进行给矿浓度条件试验,试验结果见表 4。

表 4 浮选柱给矿浓度试验结果

Table 4 Test results of flotation column separation under different feeding concentration

给矿浓度/%	产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
30	精矿	30.74	58.79	45.31
	尾矿	69.26	31.50	54.69
	给矿	100.00	39.89	100.00
35	精矿	32.97	60.08	49.66
	尾矿	67.03	29.96	50.34
	给矿	100.00	39.89	100.00
40	精矿	33.94	54.23	46.14
	尾矿	66.06	32.12	53.86
	给矿	100.00	39.89	100.00
45	精矿	30.81	53.12	41.03
	尾矿	69.19	34.00	58.97
	给矿	100.00	39.89	100.00

由试验结果可知,给矿浓度对浮选柱的选别指标有明显影响,随着给矿浓度的增加,精矿品位及回收率先是上升,浓度增至 35% 后,品位及回收率均开始下降;为保证选别指标,确定给矿浓度为 35%。

2. 1. 3 泡沫层高度条件试验

泡沫层高度对浮选柱的分选精度有重要影响。固定浮选柱其他条件(给矿速度 847 mL/min,给矿浓度 35%,充气量 4 L/min),进行了泡沫层高度试验,试验结果见表 5。

由试验结果可知,随着泡沫层高度的增加,精矿品位及回收率均先是上升,但泡沫层高度达到 30 cm 后,品位及回收率均开始下降,这是因为泡沫层的增加可使二次富集作用加强,但泡沫层过厚会使泡沫破裂,同时柱内捕集区高度减小,影响选别效果;为保证选别指标,确定泡沫层高度为 30 cm。

表 5 泡沫层高度试验结果

Table 5 Test results of floatation column separation under different foam layer height

泡沫层高度/cm	产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
25	精矿	24.17	55.59	33.74
	尾矿	75.83	34.79	66.26
	给矿	100.00	39.81	100.00
30	精矿	32.97	60.08	49.66
	尾矿	67.03	29.96	50.34
	给矿	100.00	39.89	100.00
35	精矿	31.33	59.11	46.43
	尾矿	68.67	31.12	53.57
	给矿	100.00	39.89	100.00
40	精矿	28.60	58.59	42.00
	尾矿	71.40	32.40	58.00
	给矿	100.00	39.89	100.00

2.1.4 充气量条件试验

充气量直接影响泡沫层高度,进而影响浮选产品品位。充气量条件试验结果见表 6,其他条件为给矿速度为 847 mL/min,给矿浓度 35%,泡沫层高度 30 cm。

表 6 浮选柱充气量试验结果

Table 6 Test results of floatation column separation under different aeration rate%

充气量/(L·min ⁻¹)	产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
2.0	精矿	22.77	56.12	32.03
	尾矿	77.23	35.11	67.97
	给矿	100.00	39.89	100.00
3.0	精矿	24.07	58.00	35.18
	尾矿	75.93	34.15	64.82
	给矿	100.00	39.89	100.00
4.0	精矿	32.97	60.08	49.66
	尾矿	67.03	29.96	50.34
	给矿	100.00	39.89	100.00
5.0	精矿	24.38	58.19	35.56
	尾矿	75.62	33.99	64.44
	给矿	100.00	39.89	100.00
6.0	精矿	25.14	57.12	35.99
	尾矿	74.86	34.11	64.01
	给矿	100.00	39.89	100.00

由试验现象知,充气量影响柱内气泡的大小及数量。由试验结果知,充气量增大,先是精矿品位及回收率均上升;当充气量超过 4 L/min 后,精矿品位及回收率均开始下降。因此,选择适宜的充气量为 4 L/min。

2.2 浮选柱阳离子反浮选药剂制度试验

通过以上试验确定的微泡逆流接触式浮选柱的

操作条件为给矿浓度 35%,给矿速度 847 mL/min,充气量 4 L/min,泡沫层高度 30 cm,排矿为自动设置。在该操作条件下,分别进行了浮选柱的抑制剂用量和阳离子捕收剂用量条件试验,试验结果分别见表 7 和表 8。

表 7 浮选柱抑制剂用量试验结果

Table 7 Test results of floatation column separation under different inhibitor dosage

抑制剂用量/(g·t ⁻¹)	产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
1100	精矿	26.84	55.43	37.30
	尾矿	73.16	34.19	62.70
	给矿	100.00	39.89	100.00
1200	精矿	32.97	60.08	49.66
	尾矿	67.03	29.96	50.34
	给矿	100.00	39.89	100.00
1300	精矿	32.36	61.25	49.69
	尾矿	62.86	31.93	50.31
	给矿	100.00	39.89	100.00
1400	精矿	29.21	61.85	45.29
	尾矿	70.79	30.83	54.71
	给矿	100.00	39.89	100.00

表 8 浮选柱捕收剂用量试验结果

Table 8 Test results of floatation column separation under different collector dosage

捕收剂用量/(g·t ⁻¹)	产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
260	精矿	33.75	59.12	50.01
	尾矿	66.25	30.10	49.99
	给矿	100.00	39.89	100.00
280	精矿	32.97	60.08	49.66
	尾矿	67.03	29.96	50.34
	给矿	100.00	39.89	100.00
300	精矿	26.74	58.79	39.41
	尾矿	74.26	32.99	60.59
	给矿	100.00	40.22	100.00
320	精矿	21.68	57.59	31.30
	尾矿	78.32	34.99	68.70
	给矿	100.00	39.89	100.00

由试验结果可知,随抑制剂用量的增加,精矿品位逐渐上升,而精矿回收率呈先上升后下降趋势。即过量的抑制剂会影响铁矿物的回收效果。综合考虑,确定抑制剂的用量为 1300 g/t。

而捕收剂用量对阳离子反浮选指标影响也比较明显。随着捕收剂用量的增加,精矿品位及收率逐渐均为先上升后下降趋势。综合考虑,确定捕收剂的用量为 280 g/t 时。

2.3 流程试验

由以上试验结果可知,柱式浮选的粗选尾矿品位仍较高,近30%,因此,为了保证较高的回收率,进行了两次粗选、一次精选、一次扫选的柱式浮选流程结构试验,各作业均采用充填浮选柱,药剂用量和流程结构见图2,试验结果见表9。

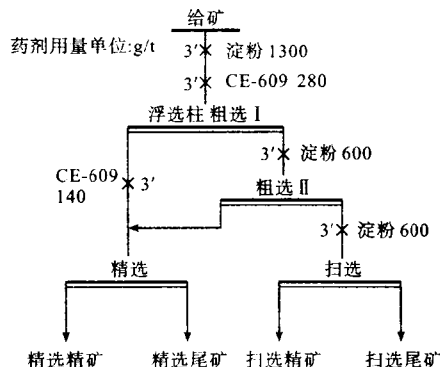


图2 浮选柱浮选流程

Fig. 2 Flow chart of flotation column separation

表9 浮选柱流程试验结果

Table 9 Test results of flotation column process

产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
精选精矿	42.17	66.07	69.82
精选尾矿	10.37	32.42	8.42
扫选精矿	17.03	27.69	11.82
扫选尾矿	30.43	13.04	9.94
合计	100.00	39.91	100.00

由试验结果可得,用浮选柱经两粗一精一扫流程可以得到精矿品位66.07%、回收率69.82%的指标,扫选尾矿品位降至13.04%。

3 结 论

(1)将阳离子捕收剂和以高效回收微细粒矿物为特点的充填浮选柱用于磁赤混合铁矿的反浮选工艺中,通过试验研究提出高效低成本的浮选柱阳离子反浮选工艺。

(2)进行了浮选柱操作条件试验、药剂制度试验及流程试验。试验结果表明,通过两次粗选、一次精选及一次扫选的柱式阳离子反浮选工艺,对于入选品位为39.89%的给矿,可得到精矿品位66.07%、回收率69.82%的指标,扫选尾矿品位降至13.04%。

试验数据可为浮选柱阳离子反浮选工艺在磁赤混合铁矿浮选流程中的应用提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 张朝宏,戴惠新. 铁矿石反浮选捕收剂现状及未来发展趋势[J]. 矿产综合利用, 2012(02): 3-6.
- [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.
- [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(02): 89-93.
- [5] 王伟之,陈丽平,赵刘备,等. 充填浮选柱在赤铁矿反浮选中的应用试验研究[J]. 矿山机械, 2014, 42(2): 95-100.
- [6] 葛英勇. 新型捕收剂烷基多胺醚(CE-609)的合成及浮选性能研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
- [7] 邹文博. 几种阳离子捕收剂对氧化铁矿的反浮选性能研究[D]. 长沙: 中南大学, 2011.

Experimental Study on Cationic Reverse Flotation by Flotation Column of a Magnetite and Hematite Mixed Iron Ore

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

- (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. Luan County Sijiaying Iron Mine Co. Ltd of Hebei Iron & Steel Group, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: In order to simplify process and reduce beneficiation cost, the cationic reverse flotation tests using the flotation column to the magnetic concentrate from a magnetite and hematite mixed iron ore processing plant were carried out. The conditions and process tests of the column cationic reverse flotation were done. The results showed that a final iron concentrate with TFe grade of 66.07% and iron recovery of 69.82% was obtained according to the flow-sheet of two roughings, one cleaning and one scavengings using GE-609 and the packed micro-bubble countercurrent contacting flotation column from the mixed magnetic concentrate feeding with iron grade of 39.89%, which realized the target of simplifying flotation reagent system and reducing flotation cost.

Keywords: Packed flotation column; Mixed magnetic concentrate; Cationic reverse flotation; Concentrate grade