

钒钛磁铁矿中钛的柱机联合全浮工艺试验研究

李城¹, 王伟之^{1,2}, 刘泽伟³, 武春涛⁴, 刘俊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试验室, 河北 唐山 063210; 3. 新疆能源(集团)晶拓科技材料有限责任公司, 新疆 阿勒泰 836800; 4. 河北钢铁集团矿业有限公司承德黑山铁矿, 河北 承德 067000)

摘要: 为了提高分选指标, 将充填型微泡逆流接触式浮选柱用于钛的浮选工艺中, 提出钛的柱机联合全浮选工艺。针对黑山铁矿钒钛磁铁矿的选铁尾矿进行了钛的柱机联合全浮选工艺试验研究, 通过条件试验及流程试验, 确定了柱机联合全浮选工艺的流程结构及分选指标。试验结果表明, 选铁尾矿脱硫后经浮选柱一次粗选浮选机五次精选后可获得 TiO_2 品位 42.05%、回收率 66.62% 的钛精矿, 实现了钒钛磁铁矿中钛的综合回收。

关键词: 铝土矿; 浮选; 拜耳法; 溶出率

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2019.03.009

中图分类号: TD989; TF821

文献标志码: A

文章编号: 1000-6532(2019)03-0040-05

省承德地区是我国第二大钛原料产地, 钒钛磁铁矿储量丰富^[1]。河钢矿业承德黑山铁矿回收钒钛磁铁矿中钛的工艺为弱磁-强磁-粗精矿再磨-浮选联合工艺^[2]。由于矿石成分复杂, 钛含量低, 该回收工艺中存在着回收率低、流程复杂、指标不稳定等问题。为了进一步提高钛全浮选工艺的分选指标, 本研究将传质效率高、浮选时间充分的充填型微泡逆流接触式浮选柱用于钛的全浮选工艺中, 即浮选柱取代浮选机用于钛的粗选, 提出一种钛的柱机联合全浮选工艺。通过试验确定柱机联合全浮选工艺中适宜的浮选柱操作条件及流程结构, 最终实现钒钛磁铁矿中钛的高效低成本回收。

1 试样性质

试验矿样为黑山铁矿选铁后的尾矿。矿样中金属矿物以钛铁矿和钛磁铁矿为主, 同时还有少量锐钛矿、白钛矿、金红石、褐铁矿和赤铁矿等; 硫化物有黄铁矿和黄铜矿; 脉石矿物以斜长石、钛辉

石及绿泥石为主, 此外还有黑云母、绢云母、角闪石、方解石、石英等。试验矿样的多元素分析见表 1。

表 1 试验矿样多元素分析结果 /%

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

TiO_2	CaO	MgO	SiO_2	Co
11.23	0.36	0.36	0.56	0.021
MnO	TFe	S	Ni	
0.57	15.87	2.16	0.008	

由表 1 可知, 试样中 TiO_2 品位为 11.23%, 有害成分硫的含量较高, 会对浮选回收的钛精矿质量有一定影响, 因此回收钛之前应进行脱硫^[3]。

对矿样进行了粒度筛析, 结果见表 2。

表 2 试验矿样粒度分析结果

Table 2 Sizing assay results of the test ore

粒度 /mm	产率 /%	TiO_2 品位	分布率 /%
+0.16	48.99	8.59	37.49
-0.16 +0.10	14.64	12.47	16.26
-0.10 +0.074	18.15	15.12	24.44
-0.074 +0.050	12.97	14.15	16.35
-0.050 +0.030	3.47	15.89	4.91
-0.030	1.78	3.45	0.55
合计	100.00	11.23	100.00

收稿日期: 2018-01-18; 改回日期: 2018-03-29

基金项目: 河北省自然科学基金资助项目 (E2013209320), 大学生创新创业训练计划项目 (X2017088) 资助

作者简介: 李城 (1996-), 男, 学生, 研究方向为矿物分选理论与工艺。

通讯作者: 王伟之 (1974-), 女, 博士, 教授, 主要从事矿物分选理论及工艺研究, E-mail: wweizhi@126.com。

由试样粒度分析结果可知,除在 +0.16 mm 和 -0.030 mm 两个粒级中钛含量相对较低,在其他各粒级中钛分布相对较均匀;另由分析结果知,矿样中 -0.074 mm 含量仅为 18.22%,粒度较粗,所以在后续钛的回收中需进行再磨。

2 钛的全浮选工艺

钛的全浮选工艺即对处理矿石在确定合理磨矿细度后直接进行钛的浮选, 其间不进行粗细分级及不采用其他分选方法^[4]。

首先对铁尾矿进行脱硫，再以脱硫后获得的尾矿作为浮钽给矿进行钽的全浮选。试验结果表明，对于 TiO_2 品位为 11.23% 的选铁尾矿，磨至细度为 -0.074 mm 65% 后进行浮选脱硫，脱硫后的尾矿经再磨，磨矿细度为 -0.074 mm 85%，以 CMC 为抑制剂、高效捕收剂 YS-1 与柴油为混合捕收剂^[5]，经一次粗选五次精选的单一浮选流程（见图 1），可获得品位 36.50%、回收率（对浮钽给矿）67.49% 的钽精矿。

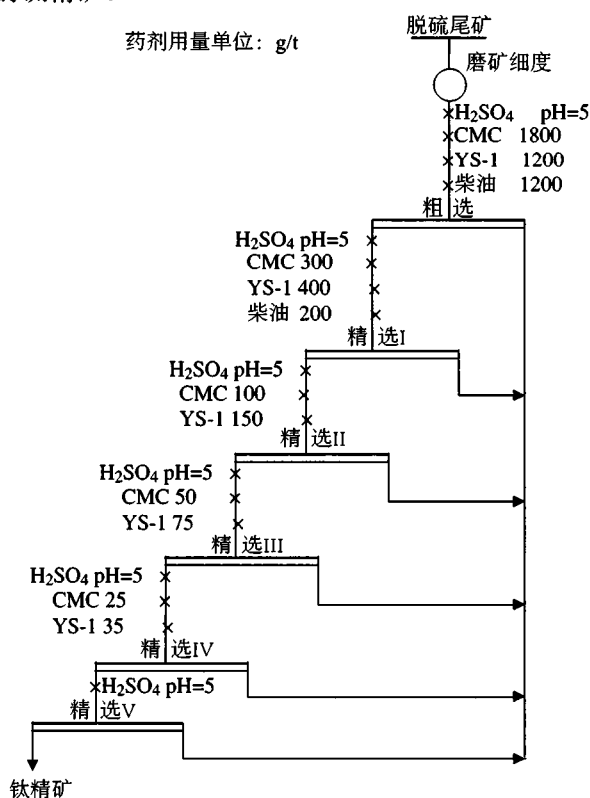


图 1 钛的全浮选流程

Fig .1 Flow chart of titanium full flotation

3 柱机联合流程浮钛试验

为进一步提高最终钛精矿质量, 将充填型微泡逆流接触式浮选柱用于钛的全浮选工艺中, 进行了浮选柱粗选、浮选机精选的柱机联合流程试验。

3.1 钛的浮选柱粗选操作条件试验

采用 $\Phi(50 \times 2000)$ mm 的充填型微泡逆流接触式浮选柱进行钛的粗选条件试验, 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。

根据研究经验,对同一物料,浮选柱浮选药剂制度与浮选机接近^[6-7],因此,钛粗选的浮选柱药剂制度同浮选机粗选,未再对其进行优化试验,浮选柱粗选操作条件试验流程见图2。其中浮钛给矿即脱硫后的尾矿细度为-0.074 mm 61.24%, TiO₂ 品位 11.16%。

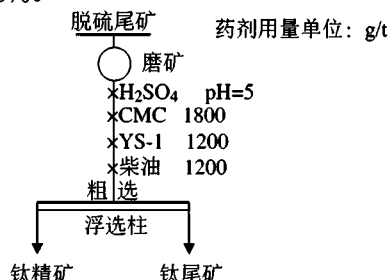


图 2 钛的浮选柱粗选操作条件试验流程

Fig .2 Flow chart of conditions test on titanium roughing by column

3.1.1 磨矿细度条件试验

脱硫尾矿进行再磨后进入浮钽作业，首先对浮钽的磨矿细度进行了条件试验。将脱硫尾矿分别磨至不同细度，进行钽的浮选柱粗选试验。其中浮选柱的操作条件为给矿速度为 900 mL/min，给矿浓度 35%，泡沫层高度 30 cm，充气量 4.0 L/min。试验结果见图 3。

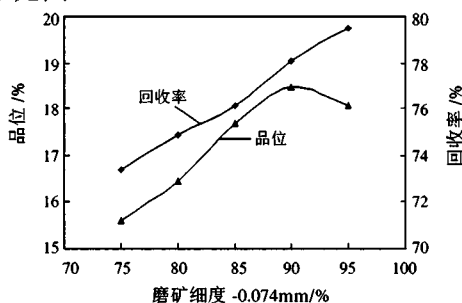


图 3 磨矿细度条件试验结果

Fig.3 Test results of titanium flotation under different grinding fineness

注：图中粗选钛精矿的回收率是相对浮钛给矿，以下同。

由图 3 试验结果知, 在试验范围内, 随磨矿细度增加, 粗选钛精矿回收率不断升高, 而粗选钛精矿的品位先是上升, 细度超过 -0.074 mm 占 90% 后又逐渐下降; 综合考虑, 确定适宜的磨矿细度为 -0.074 mm 90%, 在该磨矿细度条件下进行粗选浮选柱的操作条件试验。

3.1.2 给矿速度条件试验

给矿速度直接影响浮选柱的处理量, 并间接反应矿浆在浮选柱内的浮选时间, 更是浮选柱设备设计时的一个重要参数, 因此, 需确定合适的给矿速度。浮选柱给矿依靠调整蠕动泵的转速来改变给矿速度。试验中固定其他操作条件, 给矿浓度 35%, 泡沫层高度 30 cm, 充气量 4.0 L/min。进行不同给矿速度试验, 试验结果见图 4。

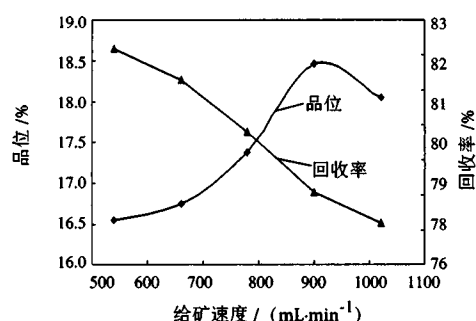


图 4 浮选柱给矿速度试验结果

Fig. 4 Test results of flotation column separation under different feeding speed

钛精矿的品位先是升高, 给矿速度超过 900 mL/min 后开始下降, 因此, 确定给矿速度为 900 mL/min。

3.1.3 给矿浓度条件试验

给矿浓度是浮选过程中重要的工艺因素, 它会影响浮选指标、浮选时间及处理能力等。固定给矿速度为 900 mL/min, 泡沫层高度为 30 cm, 充气量为 4.0 L/min, 进行给矿浓度条件试验, 试验结果见图 5。

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, 粗选钛

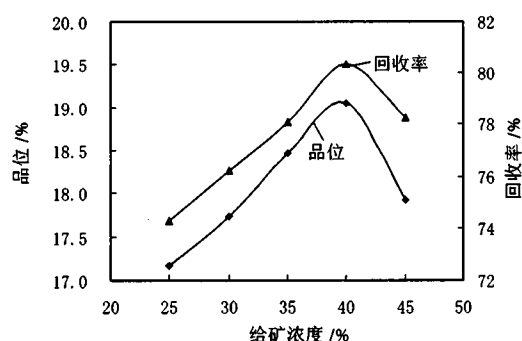


图 5 浮选柱给矿浓度试验结果

Fig. 5 Test results of flotation column separation under different feeding concentration

精矿品位及回收率均先是上升, 当浓度增至 40% 以后, 粗选钛精矿品位及回收率均开始下降; 为保证钛精矿质量, 确定给矿浓度为 40%。

3.1.4 泡沫层高度条件试验

泡沫层高度对浮选柱的分选精度即分选指标有重要影响。试验中固定浮选柱其他条件 (给矿速度 900 mL/min, 给矿浓度 40%, 充气量 4.0 L/min), 进行泡沫层高度条件试验, 试验结果见图 6。

由试验结果可知, 随着泡沫高度的增加, 粗选钛精矿回收率逐渐下降; 而粗选钛精矿品位先

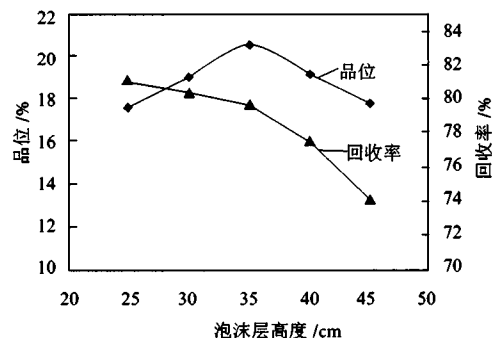


图 6 泡沫层高度试验结果

Fig. 6 Test results of flotation column separation under different foam layer height

是升高, 当泡沫层厚度超过 35 cm 后, 品位开始下降, 综合考虑精矿品位和回收率, 选择泡沫层高度为 35 cm。

3.1.5 充气量条件试验

充气量的大小会直接影响浮选柱中的气泡质

量,而气泡质量的好坏直接影响泡沫层矿化气泡质量的好坏,因此,充气量的大小会是影响浮选柱选别指标的重要操作条件。在浮选柱给矿浓度40%、给矿速度900 mL/min、泡沫层高度35 cm的条件下进行浮选柱充气量条件试验,试验结果见图7。

由试验结果可知,充气量增大,粗选钛精矿品位及回收率均先是上升;当充气量超过4.0 L/min

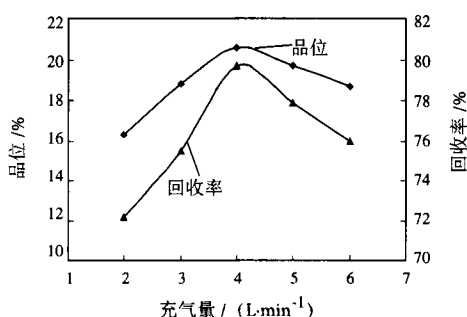


图7 浮选柱充气量试验结果

Fig.7 Test results of floatation column separation under different aeration rate

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4.0 L/min。

3.2 柱机联合流程结构试验

在上述条件试验的基础上进行了钛浮选的柱机联合流程结构试验,确定了一次粗选(浮选柱)五次精选(浮选机)的浮选流程,试验流程同图1,试验结果见表3。

表3 钛的柱机联合全浮选试验结果

Table 3 Test results of titanium column-cell integration full flotation/%

产品名称	产率 / %	TiO ₂ 品位 / %	回收率 / %
钛精矿	17.95	42.05	66.62
钛尾矿	82.05	4.61	33.38
给矿	100.00	11.33	100.00

由表3试验结果可知,采用一次粗选五次精选的柱机联合浮选流程可获得TiO₂品位42.05%、回收率66.62%的钛精矿,与相同结构的浮选机流程相比,回收率接近,但精矿品位较高,即柱机

联合浮选流程分选指标优于相同流程结构下的浮选机流程。

4 结 论

(1) 承德地区的钒钛磁铁矿矿石组成复杂,钛含量低,钛回收较困难。

(2) 以钛的全浮选工艺为基础,为进一步提高钛精矿质量,将充填型微泡逆流接触式浮选柱代替浮选机用于钛全浮选中的粗选,提出钛的柱机联合全浮选工艺。以黑山铁矿选铁尾矿为研究对象,进行了全浮选回收钛的柱机联合流程试验研究。结果表明,铁尾矿脱硫后经一次粗选五次精选的柱机联合浮选流程,可获得TiO₂品位42.05%、回收率66.62%的钛精矿,钛精矿质量优于浮选机全浮选的分选指标,实现了钒钛磁铁矿中钛的综合回收。

参考文献:

- [1] 陈露露.我国钒钛磁铁矿资源利用现状[J].中国资源综合利用,2015,33(10): 31-33.
- [2] 戴新宇,余德文.从黑山选矿厂强磁尾矿中选钛的试验研究[J].金属矿山,2007(12): 128-130.
- [3] 李萌,白丽梅,谢杰.从黑山铁矿中回收钛铁矿的试验研究[J].矿产保护与利用,2013(4): 29-32.
- [4] 徐翔.用全浮选法从攀枝花钒钛磁铁矿中回收钛的工艺及理论研究[D].昆明:昆明理工大学,2011.
- [5] 刘星,黄光耀,曹玉川,等.钛铁矿浮选研究及生产实践进展[J].矿产综合利用,2013(3): 11-14.
- [6] 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.
- [7] 王伟之,陈丽平,赵刘备,等.浮选柱在磁赤混合铁矿反浮选中的试验研究,中国矿业,2014,23(4): 101-104.

(下转 47 页)

得铜精矿品位为18.31%,回收率为80.39%,钼精矿品位为47.79%,回收率为87.26%,硫精矿品位为39.25%,回收率为68.92%。

参考文献:

[1] 马晶, 张文钰, 李枢本. 钼矿选矿 [M]. 北京: 冶金工

业出版社, 2008.

[2] 呼振峰. 西藏某铜钼矿选矿工艺研究 [J]. 有色金属: 选矿部分, 2011 (6): 13-16.

[3] 宋磊. 铜钼硫复杂共生矿石选矿新工艺研究 [J]. 有色金属: 选矿部分, 2012(2): 35-38.

[4] 孟宪瑜. 内蒙某铜钼矿石的选矿工艺研究 [J]. 有色矿冶, 2013(4): 28-30.

Beneficiation of a Refractory Cu-Mo Ore Containing High-content Slimes in Anhui

Xia Liang, Du Shuhua, Zhu Guoqing, Wu Lei

(Anhui Geological Experiment Institute, Hefei, Anhui, China)

Abstract: The Cu-Mo ores from Anhui province were refractory ores due to its high content of easy-to-slime serpentine, and contain talc with small scale. Directed at the ore properties, the floatation scheme of Cu-Mo iso-flotation – Cu-Mo separation – Cu-S bulk flotation – Cu-S separation was determined by means of test, the flotation result of molybdenum could be effectively improve by using techniques such as reducing the flotation slurry concentration, using MIBC with low viscosity as foaming agent, and increasing the dosage of water glass. The excellent separating index was obtained in the closed circuit test as followings: Cu concentrate grade is 18.31% and recovery is 80.39%, Mo concentrate grade is 47.79% and recovery is 87.26%, S concentrate grade is 39.25% and recovery is 68.92%.

Keywords: Cu-Mo ore; High content slimes; Serpentine; Cu-Mo iso-flotation

////////////////////////////////////
(上接 43 页)

Experimental Research on Column-cell Integration Full Flotation Technology of Titanium in Vanadium Titanium Magnetite

Li Cheng¹, Wang Weizhi^{1,2}, Liu Zewei¹, Wu Chuntao³, Liu Jun¹

(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.Xinjiang Energy Group Crystal Extension Technology Materials Co.Ltd., Aletai, Xinjiang, China; 4.Chengde Heishan Iron Mine, Hebei Iron Steel Group Mining Co.Ltd., Chengde, Hebei, China)

Abstract: In order to improve the separation target, the column-cell integration full flotation technology of titanium is proposed based on the application of the packed micro-bubble countercurrent contacting flotation column in the titanium full flotation process. The column-cell integration full flotation tests for titanium recovery from Heishan's iron separation tailings were carried out. The flotation indexes and flow structure of the column-cell integration full flotation process were determined through the flotation column operating condition tests and the flow tests. The results showed that a final titanium concentrate with TiO₂ grade of 42.05% and TiO₂ recovery of 66.62% was obtained according to the flowsheet of one roughing(using flotation column) and five cleanings(using flotation machine), which realized the comprehensive recovery of titanium in the vanadium-titanium magnetite.

Keywords: Vanadium-titanium magnetite; Column-cell integration; Full flotation; Titanium concentrate