

新型捕收剂浮选粗粒级钛铁矿试验研究

杨道广, 韩可喜, 叶恩东, 宋 兵

(攀钢集团研究院有限公司, 钒钛资源综合利用国家重点实验室, 四川 攀枝花 617000)

摘 要: 以石油化工行业尾料为原料, 经酯化合成一种以脂肪酸为主要成分的捕收剂 TM, 通过粗粒级钛铁矿浮选试验, 研究其浮选性能。结果表明: TM 药剂和 MOH 药剂都可以获得 TiO_2 品位 $\geq 47\%$, S 品位 $< 0.1\%$ 的合格钛精矿。TM 捕收剂的用量要比 MOH 高 1000 g/t, 但 TM 不需要使用柴油作为辅助捕收剂。使用 TM 捕收剂时每吨钛精矿成本比 MOH 低 13.91 元。

关键词: 钛铁矿; 浮选; 捕收剂; 成本

中图分类号: TF823, TD923

文献标志码: A

文章编号: 1004-7638(2019)01-0083-05

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2019.01.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



听语音
与作者互动
聊科研

Experimental Study on Flotation of Coarse-grained Ilmenite by New Collector

Yang Daoguang, Han Kexi, Ye Endong, Song Bing

(Pangang Group Research Institute Co., Ltd., State Key Laboratory of Vanadium and Titanium Resources Comprehensive Utilization, Panzhihua 617000, Sichuan, China)

Abstract: A new collector TM with fatty acid as the main component was synthesized from petrochemical tailings by esterification. The flotation performance of TM was studied by flotation of coarse-grained ilmenite. The results show that both TM and MOH reagents can obtain qualified titanium concentrate with the grade of $\text{TiO}_2 > 47\%$ and $S < 0.1\%$. The amount of TM collector is 1 000 g/t higher than that of MOH, but TM does not need diesel as the auxiliary collector. The cost per ton of titanium concentrate with TM collector is 13.91 yuan lower than that using MOH collector.

Key words: ilmenite, flotation, collector, cost

0 引言

我国钛铁矿矿物资源极其丰富,总储量 9.65 亿 t,居世界之首。钛白粉是重要的化工原料,钛及其合金具有比强度高、耐腐蚀、无磁性、低阻尼、高低温性能好、与复合材料的相容性好、生物相容性好等突出优点,在航空航天、海洋工程、化工电力、冶金、医疗、金属材料等行业有广泛的应用^[1-3]。目前,以浮选作为精选回收钛铁矿已经成为钛铁矿选矿的主要趋势。因此,对高效低成本的钛铁矿捕收剂的研究具有重要的意义^[4]。

1 试验原料及试验药剂

1.1 试验原料

以某选钛厂粗粒级浮选原矿为试验原料,进行浮选试验。对本次试样进行粒级筛析,筛析结果如表 1 所示。

从表 1 可知,粗粒浮选原矿-200 目(74 μm)含量 31.17%, TiO_2 主要分布在 -120 目(124 μm) ~ +320 目(46 μm),达到 52.85%,较难回收的+100 目(150 μm) TiO_2 分布达到 18.58%。

表 1 粗粒浮选原矿粒级筛析结果
Table 1 The results of particle size screening for coarse-grained flotation raw ore

粒级/目(μm)	产率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 分布率/%
60(250)	2.30	7.71	0.95
80(178)	9.10	12.49	6.06
100(150)	14.02	15.48	11.57
120(124)	12.45	17.55	11.65
160(92)	16.74	19.03	16.98
200(74)	14.23	19.79	15.01
320(46)	17.26	22.67	20.86
400(38)	4.60	25.08	6.15
-400(38)	9.31	21.69	10.77
合计	100.00	18.75	100.00

注: 化验结果 TiO₂ 品位 19.06%, S 含量 0.539%。

1.2 试验药剂

试验药剂为新型捕收剂 TM,为米白色固体。对比捕收剂为 MOH,为黄黑色固体。将两种药剂按 5% 质量浓度配制,加水微热,搅拌 30 min 至完全溶解^[8]。

调整剂硫酸配制为质量浓度为 10% 的溶液。

1.3 试验方法

浮选试验除 MOH 捕收剂需添加柴油, TM 捕收剂无需添加外,均采用“脱硫→硫酸、捕收剂单因素水平条件试验→确定粗选药剂用量→精选硫酸用量试验→确定精选药剂用量”的方法进行。浮选对比试验中,统一各作业段药剂搅拌时间,具体见表 2。

表 2 作业段药剂搅拌时间
Table 2 Drug mixing time in operation section

作业段	药剂名称	搅拌时间/min
浮硫	硫酸、黄药、98 [#] 油	3
浮钛粗选	硫酸、捕收剂	3
精 1	硫酸	1
精 2	硫酸	1
精 3	硫酸	1

2 浮选对比试验

2.1 TM 捕收剂浮选试验

2.1.1 捕收剂用量条件试验

根据以往经验,试验流程采用一次粗选,粗选条件定为浮硫硫酸用量 1 000 g/t,黄药用量 300 g/t, 98[#]油 50 g/t; 浮钛粗选捕收剂用量为变量,硫酸 700 g/t,试验流程及药剂制度见图 1,试验结果见表 3。

从表 3 可知,随着捕收剂用量的增加,钛粗精的产率和回收率呈上升趋势,精矿和尾矿 TiO₂ 品位呈

下降趋势。在捕收剂用量为 3 000 g/t 时,原矿品位 19.05%,得到钛粗精矿 TiO₂ 品位为 35.35%,回收率为 87.27%的相对较好指标。因此,浮钛粗选捕收剂用量宜控制在 3 000 g/t。

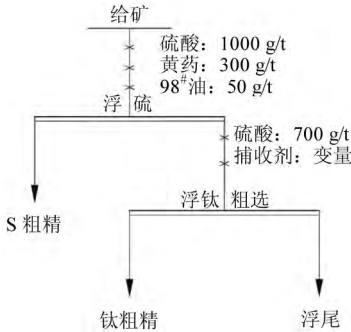


图 1 捕收剂用量试验流程及加药制度

Fig.1 Flow chart and dosing system of collector dosage test

表 3 TM 捕收剂用量试验结果
Table 3 Test results of TM collector dosage

捕收剂用量/ (g · t ⁻¹)	产品 名称	产率/ %	TiO ₂ 品 位/%	TiO ₂ 回 收率/%
2 400	S 粗精	4.84	9.02	2.29
	钛粗精	36.76	41.09	79.21
	浮尾	58.41	6.04	18.50
	给矿	100.00	19.07	100.00
2 600	S 粗精	4.88	8.91	2.28
	钛粗精	40.41	39.20	83.20
	浮尾	54.71	5.05	14.51
	给矿	100.00	19.04	100.00
2 800	S 粗精	5.16	9.12	2.43
	钛粗精	44.37	37.70	86.34
	浮尾	50.47	4.31	11.23
	给矿	100.00	19.37	100.00
3 000	S 粗精	5.01	9.98	2.64
	钛粗精	46.86	35.35	87.27
	浮尾	48.13	3.98	10.09
	给矿	100.00	18.98	100.00
3 200	S 粗精	4.72	8.74	2.17
	钛粗精	49.46	34.05	88.43
	浮尾	45.81	3.91	9.40
	给矿	100.00	19.05	100.00

2.1.2 硫酸用量条件试验

按浮钛粗选 TM 捕收剂用量 3 000 g/t 进行硫酸用量条件试验,试验流程及药剂制度见图 2,试验结果见表 4。

从表 4 可知,随着硫酸用量的增加,钛粗精的产率和回收率呈下降趋势,精矿和尾矿 TiO₂ 品位呈上升趋势。从降低尾矿 TiO₂ 品位和利于下步精选的角度综合考虑,试验确定浮钛硫酸用量为 600 g/t。

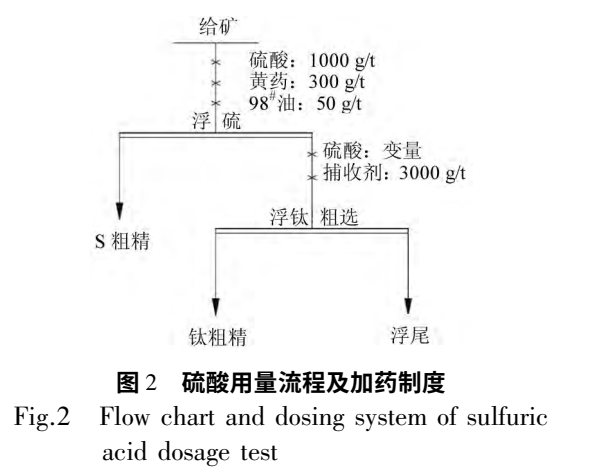


图 2 硫酸用量流程及加药制度

Fig.2 Flow chart and dosing system of sulfuric acid dosage test

表 4 硫酸用量条件试验结果				
Table 4 Test results of sulfuric acid dosage conditions				
硫酸用量/ (g·t ⁻¹)	产品名称	产率/ %	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 回收率/%
400	S 粗精	4.92	9.22	2.40
	钛粗精	49.23	33.79	87.93
	浮尾	45.84	3.99	9.67
	给矿	100.00	18.92	100.00
600	S 粗精	4.44	8.73	2.02
	钛粗精	47.48	35.13	87.00
	浮尾	48.08	4.38	10.98
	给矿	100.00	19.17	100.00
800	S 粗精	4.51	8.90	2.08
	钛粗精	41.18	39.05	83.27
	浮尾	54.31	5.21	14.65
	给矿	100.00	19.31	100.00
1 000	S 粗精	4.76	8.97	2.22
	钛粗精	37.78	40.45	79.51
	浮尾	57.46	6.11	18.27
	给矿	100.00	19.22	100.00

2.1.3 浮选开路试验

采用一次粗选、两次精选流程,按条件试验确定的 TM 捕收剂用量和硫酸用量,进行试验。试验流程如图 3 所示,试验结果见表 5。从表 5 可知,当 TM 捕收剂用量 3 000 g/t 时,采用“脱硫+浮钛(一粗两精)”开路浮选流程,能获得产率 27.01%、TiO₂ 品位 47.37%、回收率 66.56%、S 品位 0.056% 的合格钛精矿,浮选尾矿 TiO₂ 品位 4.43%。

2.2 MOH 捕收剂浮选试验

2.2.1 捕收剂用量条件试验

粗选条件为浮硫硫酸用量 1 000 g/t,黄药用量 300 g/t,98# 油 50 g/t; 粗选捕收剂用量变量,柴油 700 g/t,硫酸 700 g/t,试验流程及药剂制度见图 4,试验结果见表 6。

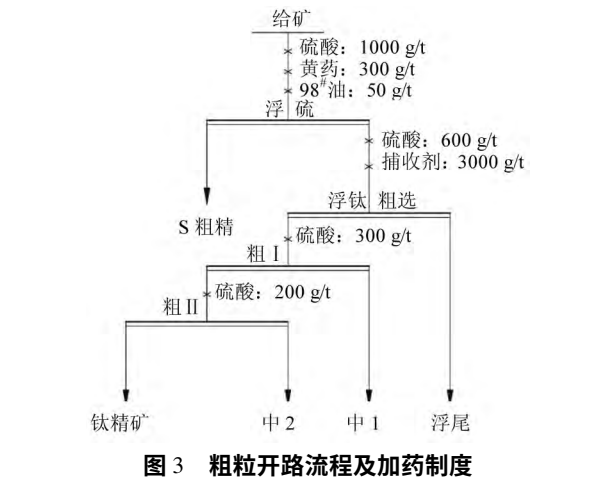


图 3 粗粒开路流程及加药制度

Fig.3 Flow chart and dosing system of open-circuit test for coarse-grained flotation

表 5 开路试验结果			
Table 5 Open-circuit test results of coarse-grained flotation			
产品	产率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 回收率/%
S 粗精	4.72	8.94	2.19
钛精矿	27.01	47.37	66.56
中 1	11.15	14.37	8.34
中 2	7.10	30.83	11.38
浮尾	50.02	4.43	11.52
给矿	100.00	19.22	100.00

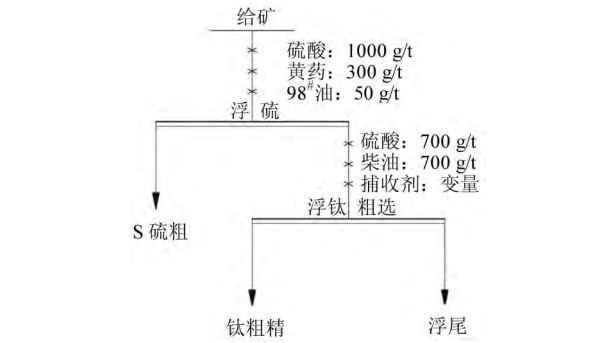


图 4 捕收剂用量试验流程及加药制度

Fig.4 Flow chart and dosing system of MOH collector dosage test

从表 6 可知,随着捕收剂用量的增加,钛粗精的产率和回收率呈上升趋势,精矿和尾矿 TiO₂ 品位呈下降趋势。综合各项指标,确定浮钛粗选 MOH 捕收剂用量 2 000 g/t。

2.2.2 硫酸用量条件试验

固定浮钛粗选捕收剂 2 000 g/t,柴油 700 g/t 的条件下进行硫酸用量条件试验,试验流程如图 5 所示,试验结果见表 7。

表 6 MOH 捕收剂用量条件试验结果
Table 6 Test results of MOH collector dosage conditions

捕收剂用量/ (g·t ⁻¹)	产品 名称	产率/ %	TiO ₂ 品 位/%	TiO ₂ 回收 率/%
1 600	S 粗精	5.32	9.56	2.62
	钛粗精	41.13	40.09	84.94
	浮尾	53.55	4.51	12.44
	给矿	100.00	19.41	100.00
1 800	S 粗精	5.42	9.11	2.56
	钛粗精	42.31	39.09	85.73
	浮尾	52.27	4.32	11.71
	给矿	100.00	19.29	100.00
2 000	S 粗精	5.96	9.94	3.05
	钛粗精	47.91	36.30	89.45
	浮尾	46.13	3.16	7.50
	给矿	100.00	19.44	100.00
2 200	S 粗精	5.39	9.50	2.61
	钛粗精	52.49	34.19	91.62
	浮尾	42.12	2.68	5.76
	给矿	100.00	19.59	100.00

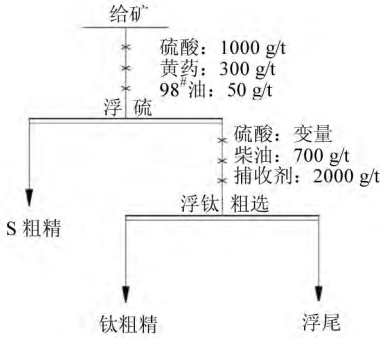


图 5 硫酸用量条件试验流程及加药制度
Fig.5 Flow chart and dosing system of sulfuric acid dosage test

表 7 硫酸用量条件试验结果
Table 7 Test results of sulfuric acid dosage conditions

硫酸用量/ (g·t ⁻¹)	产品 名称	产率/ %	TiO ₂ 品 位/%	TiO ₂ 回收 率/%
400	S 粗精	4.75	8.33	2.04
	钛粗精	53.15	33.37	91.63
	浮尾	42.10	2.91	6.33
	给矿	100.00	19.36	100.00
600	S 粗精	4.01	8.04	1.69
	钛粗精	48.43	35.15	89.41
	浮尾	47.56	3.56	8.89
	给矿	100.00	19.04	100.00
800	S 粗精	4.36	8.25	1.88
	钛粗精	45.42	37.07	87.87
	浮尾	50.22	3.91	10.25
	给矿	100.00	19.16	100.00
1 000	S 粗精	4.67	8.89	2.16
	钛粗精	40.32	40.02	84.01
	浮尾	55.01	4.83	13.83
	给矿	100.00	19.21	100.00

从表 7 可知,随着硫酸用量的增加,钛粗精呈现出 TiO₂ 品位逐渐上升,而产率和回收率逐渐下降的趋势。

从控制尾矿 TiO₂ 品位和利于下步精选的角度综合考虑,确定浮钛粗选适宜的硫酸用量 600 g/t。

2.2.3 柴油用量条件试验

固定浮钛粗选硫酸 600 g/t,粗粒 MOH 捕收剂 2 000 g/t 的条件下进行柴油用量条件试验,试验流程如图 6 所示,试验结果见表 8。

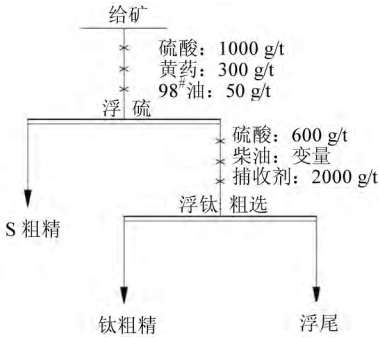


图 6 柴油用量条件试验流程及加药制度
Fig.6 Flow chart and dosing system of diesel fuel consumption test

表 8 柴油用量条件试验结果
Table 8 Test results of diesel consumption conditions

柴油用量/ (g·t ⁻¹)	产品 名称	产率/ %	TiO ₂ 品 位/%	TiO ₂ 回收 率/%
500	S 粗精	4.70	8.88	2.15
	钛粗精	45.27	37.15	86.55
	浮尾	50.03	4.39	11.30
	给矿	100.00	19.43	100.00
700	S 粗精	4.51	8.23	1.93
	钛粗精	47.93	35.67	89.01
	浮尾	47.56	3.66	9.06
	给矿	100.00	19.21	100.00
900	S 粗精	4.66	8.46	2.05
	钛粗精	51.12	34.07	90.57
	浮尾	44.22	3.21	7.38
	给矿	100.00	19.23	100.00
1 100	S 粗精	4.45	8.79	2.06
	钛粗精	53.53	32.54	91.68
	浮尾	42.02	2.83	6.26
	给矿	100.00	19.00	100.00

从表 8 可知,随着柴油用量的增加,钛粗精呈现出 TiO₂ 品位逐渐下降,而产率和回收率逐渐增加的趋势。

从节约药剂成本和利于下步精选的角度综合考虑,确定浮钛粗选适宜的柴油用量 700 g/t。

2.2.4 浮选开路试验

采用一次粗选、两次精选流程,按条件试验确定的 TM 捕收剂用量和硫酸用量进行试验,工艺流程如图 7 所示,试验结果见表 9。

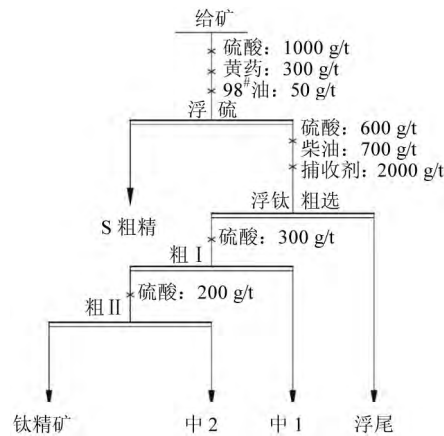


图 7 浮选开路试验流程及加药制度

Fig.7 Flow chart and dosing system of open-circuit test for coarse-grained flotation

表 9 MOH 捕收剂浮选开路试验结果

Table 9 Open-circuit test results of MOH collector flotation

产品名称	产率 / %	TiO ₂ 品位 / %	TiO ₂ 回收率 / %
S 粗精	4.44	8.42	1.94
钛精矿	28.00	47.41	68.97
中 1	13.73	13.88	9.90
中 2	7.04	30.00	10.96
浮尾	46.79	3.39	8.23
给矿	100.00	19.25	100.00

从表 9 可知,当粗粒 MOH 捕收剂用量 2 000 g/t 时,采用“脱硫+浮钛(一粗两精)”开路浮选流程,能获得产率 28.00%、TiO₂ 品位 47.41%、回收率

68.97%、S 品位 0.061% 的合格钛精矿,开路浮选尾矿 TiO₂ 品位 3.39%。

3 药剂成本对比

以选厂提供的浮选药剂技术经济指标进行两种浮选药剂的成本对比,结果如表 10 所示。按表 10 可知,使用 TM 捕收剂浮选单位原矿药剂成本 26.97 元,单位钛精矿药剂成本 98.80 元;使用 MOH 捕收剂浮选单位原矿药剂成本 31.85 元,单位钛精矿药剂成本 113.70 元。对比结果得知,TM 药剂成本低于 MOH,每吨钛精矿成本约低 13.91 元。

表 10 单位粗粒浮选原矿浮选药剂成本对比

Table 10 Cost comparison of flotation reagents per unit coarse-grained flotation raw ore

药剂名称	药剂用量/(g·t ⁻¹)		成本/元	
	TM	MOH	TM	MOH
柴油	0	700	0	4.58
硫酸	2 100	2 100	0.83	0.83
捕收剂	3 000	2 000	23.40	23.70
黄药	300	300	2.34	2.34
98#油	50	50	0.40	0.40

注:使用 TM 和 MOH 时,选比分别为 3.70 和 3.57。

4 结论

1) 对粗粒级浮选原矿,两种捕收剂采用“脱硫+浮钛(一粗两精)”开路浮选流程,均能获得 TiO₂ 品位>47%,S 品位<0.1% 的合格钛精矿,在药剂用量方面,TM 要高出 1000 g/t,但不需要加柴油。

2) 钛精矿药剂成本方面,TM 低于 MOH,每吨钛精矿成本低 13.91 元。

参考文献

[1] Deng Guozhu. World titanium resources and their exploitation and utilization [J]. Titanium Industry Progress, 2002 (5): 9-12. (邓国珠.世界钛资源及其开发利用 [J].钛工业进展,2002(5): 9-12.)

[2] Zhang Junhui, Zhang Yuan, Yang Yongtao. Study on the iron separation process of a vanadium titanomagnetite [J]. Comprehensive Utilization of Minerals, 2008 (6): 19-21. (张俊辉,张渊,杨永涛.某钒钛磁铁矿选铁工艺流程研究 [J].矿产综合利用,2008(6): 19-21.)

[3] Chen Da, Fu Wenzhang, Hong Bingxin. Experimental study on comprehensive utilization of a vanadium-titanium magnetite [J]. China Mining Industry, 2011, 2(5): 84-86. (陈达,傅文章,洪秉信.某钒钛磁铁矿综合利用试验研究 [J].中国矿业,2011,2(5): 84-86.)

[4] Tian Jianli, Xiao Guoguang, Huang Guangyao, et al. Synthesis of new collectors and their flotation performance for Panxi ilmenite [J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2013, 33 (4): 59-62. (田建利,肖国光,黄光耀,等.新型捕收剂的合成及其对攀西钛铁矿的浮选性能 [J].矿冶工程,2013,33(4): 59-62.)

[5] Zhu Jiangguang, Chen Shumin, Yao Xiaohai, et al. Flotation of fine ilmenite with a new collector MOH [J]. Non-ferrous Metals (Mineral Processing Part), 2007 (6): 42-45. (朱建光,陈树民,姚晓海,等.用新型捕收剂 MOH 浮选微细粒钛铁矿 [J].有色金属(选矿部分), 2007(6): 42-45.)

编辑 杨冬梅