

云南都龙微细粒级锡石浮选试验研究

陈瑜¹, 文书明¹, 王伊杰¹, 邓久帅¹, 王小侯², 刘亚伟³

(1. 省部共建复杂有色金属国家重点实验室, 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093; 2. 云南锡业集团有限责任公司大屯选矿分公司, 云南 个旧 661000; 3. 云南华联锌铟股份有限公司, 云南 文山 663700)

摘要: 本云南都龙矿区矿泥中锡品位为 0.49%, 具有很好的回收价值, 其主要锡矿物为锡石, 但锡石嵌布粒度微细, 回收效果不理想。为提高锡的回收率, 以锡矿泥为原矿, 进行了微细粒级锡石试验研究。首先, 对原矿进行了预先脱硫浮选处理, 由于原矿中硫含量较高, 硫化矿的存在会影响锡的选别, 较为彻底地脱硫会改善锡的浮选指标, 脱硫后的矿样中锡品位为 0.59%, 硫品位降低到了 0.1% 以下; 对脱硫后的矿样进行浮选试验研究, 试验结果表明, JSY-19 对锡石浮选捕收性能较强, 苯乙稀膦酸对锡石浮选选择性能较好, 在 JSY-19 和苯乙稀膦酸以 2:1 质量比混合作为捕收剂, P86 为辅助捕收剂, 2[#]油为起泡剂的条件下, 经过一粗三精两扫的闭路流程试验, 可得到锡品位 15.00%、锡石浮选作业回收率 91.11% 的锡精矿。试验通过药剂的组合作用, 节省了药剂用量, 降低了浮选成本, 且得到了较好的微细粒锡石回收技术指标。

关键词: 微细粒锡石; 浮选; 捕收剂

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.04.007

中图分类号: TD952

文献标志码: A

文章编号: 1000-6532 (2018) 04-0032-05

云南文山都龙矿是一个多金属硫化矿矿床, 矿石性质复杂, 金属矿物种类多, 且嵌布粒度微细^[1], 回收难度大。70% 以上的锡石分布于 -0.037 mm 粒级^[2], 锡石回收效果不理想且矿泥影响严重。如何提高细粒锡石的选矿指标便成为一个亟待解决的问题, 具有重要的研究意义。

1. 试验原料

1.1 试验原料预处理

原矿多元素分析结果见表 1。

表 1 原矿多元素分析结果 /%

Table 1 Muti-element analysis results of the raw ore

Sn	S	Fe	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
0.49	1.04	7.50	10.43	5.43	9.39	16.06

硫的存在会影响锡石的浮选效果, 浮选时大部分硫会进入到锡精矿中, 消耗大量药剂, 且影响

锡精矿品位^[3]。原矿硫品位为 1.04%, 含量相对较高, 于是对原矿进行预处理脱硫处理, 脱硫的尾矿作为锡石浮选试验的给矿, 脱硫工艺流程见图 1。

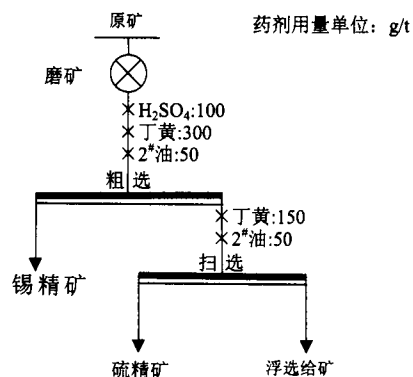


图 1 预处理除硫工艺流程

Fig. 1 Flowsheet of desulphuration pretreatment process

1.2 浮选给矿

浮选给矿的多元素分析结果见表 2, 锡物相分析结果见表 3, 粒度组成见表 4。

收稿日期: 2016-11-07

基金项目: 国家科技支撑计划 (2015BAB02B04) 资助。

作者简介: 陈瑜 (1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向为矿业工程

通讯作者: 文书明 (1962-), 男, 教授, 博导, 矿物加工工程

表 2 浮选给矿多元素分析结果 /%

Table 2 Multi-element analysis results of the feeding flotation ore

Sn	S	Fe	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
0.59	0.06	6.37	18.07	8.19	3.16	22.49

表 3 Sn 物相分析结果

Table 3 Analysis results of tin phase of the sample

物相	锡石	酸溶锡	全锡	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
含量 /%	0.553	0.037	0.590	8.19	3.16	22.49

由表 2、3 可知，浮选给矿中的主要有价元素锡的品位为 0.59%，锡在脱硫过程中的损失在 15%~20%，锡主要以锡石形式存在。

表 4 试样粒度组成

Table 4 Partide Size of the ore saucples

粒度 /mm	产率 /%	Sn 品位 /%	Sn 分布率 /%
-0.010	9.30	0.48	8.33
-0.019+0.010	17.01	0.64	20.19
-0.037+0.019	43.22	0.62	50.34
-0.075+0.037	26.07	0.41	19.85
+0.075	4.40	0.16	1.28
合计	100.00	0.54	100.00

由表 4 可知，-0.037 mm 粒级的占 69.53%，说明浮选给矿粒度相对较细，如何提高 -0.037 mm 粒级的锡石回收效果便是本次试验的研究重点。

2 试验方法

2.1 捕收剂选择试验

2.1.1 捕收剂种类的选择

锡石浮选常用捕收剂为肼酸类捕收剂、膦酸类捕收剂和羟肼酸类捕收剂。肼酸捕收剂成本低，对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 不敏感，为锡石浮选良好捕收剂，其中，苄基肼酸对锡石具有良好的选择性，为代表性的肼酸类锡石捕收剂。膦酸类捕收剂毒性小、捕收性能强、成本相对不高，对锡石具有良好的浮选回收效果，苯乙烯膦酸具有很好的捕收性和选择性，常应用于锡石浮选。羟肼酸类捕收剂毒性小且捕收性能强，但成本过高，JSY-19 是含有羧基和肼基等基团的复合捕收剂，对锡石的作用机制与羟肼酸类相似，且成本相对不高，对锡石具有很好的捕收效果。P86 为磷酸三丁酯，是 JSY-

19 的辅助捕收剂。

分别以 JSY-19+P86、苄基肼酸、苯乙烯膦酸为捕收剂进行粗选探索试验，试验结果见表 5。

表 5 捕收剂选择试验结果

Table 5 Results of collector selection test

捕收剂种类 及用量 / ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$)	产品名称	产率 /%	Sn 品位 /%	Sn 回收率 /%
JSY-19+P86 (2500+50)	锡精矿	43.61	0.98	92.21
	锡尾矿	56.39	0.06	7.79
	合计	100.00	0.46	100.00
苄基肼酸 (2500)	锡精矿	13.26	2.30	68.73
	锡尾矿	86.74	0.16	31.27
	合计	100.00	0.44	100.00
苯乙烯膦酸 (2500)	锡精矿	14.59	1.99	59.64
	锡尾矿	85.41	0.23	40.36
	合计	100.00	0.49	100.00

由表 5 可知，采用 JSY-19 作捕收剂时，得到的产品锡的回收率较高，达到了 92.21%，而采用苄基肼酸与苯乙烯膦酸作捕收剂时得到的产品锡的品位相对较高，分别为 2.30% 和 1.99%。苄基肼酸有毒性，会对人体造成伤害且污染环境，且和苯乙烯膦酸的浮选效果相差不大，遂不采用苄基肼酸。结合 JSY-19 提高锡回收率和苯乙烯膦酸提高锡品位的特点，进行两种药剂的混合用药试验，考察其浮选效果。

2.1.2 JSY-19 和苯乙烯膦酸混合使用探索试验

扫选捕收剂用量为粗选捕收剂用量的一半，试验流程见图 2，试验结果见表 6。

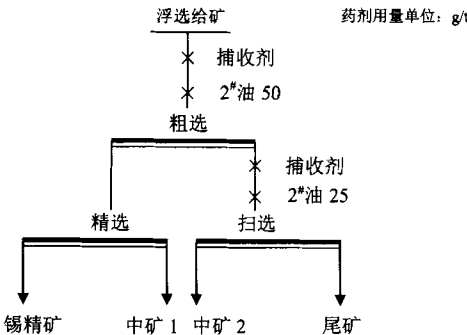


图 2 JSY-19+P86 与苯乙烯膦酸混合试验流程

Fig. 2 Flowsheet of mixed of JSY-19 and styryl phosphonic acid test process

表 6 混合捕收剂探索试验结果
Table 6 Results of mixed collector probe test

捕收剂名称及 用量 / (g·t ⁻¹)	产品名称	产率 %	Sn 品位 %	Sn 回收率 %
	锡精矿	6.73	6.16	79.85
JSY-19+ 苯乙 烯膦酸 +P86	中矿 1	9.84	0.36	6.80
(1200+800+50)	中矿 2	10.63	0.21	4.24
	锡尾矿	72.80	0.07	9.11
	合计	100.00	0.52	100.00
	锡精矿	12.85	3.41	85.03
	中矿 1	14.11	0.16	4.49
JSY-19+P86	中矿 2	9.79	0.15	2.87
(2500+50)	锡尾矿	63.25	0.06	7.61
	合计	100.00	0.52	100.00

从表 6 看出, JSY-19 和苯乙炔膦酸混合作捕收剂得到的精矿产品相对于单独使用 JSY-19 时, 锡的品位虽稍有下降, 但锡的品位却大大地提高了, 遂决定采用 JSY-19 和苯乙炔膦酸混合作捕收剂这一方案。

2.2 混合捕收剂条件试验

P86 为 JSY-19 辅助捕收剂, 用量一般为 30 ~ 50 g/t, 用量很少, 以 P86 用量为条件做条件试验相对误差较大, 遂省去辅助捕收剂条件试验。将 P86 初始用量定做 50 g/t。为避免混淆, 后文中所述“捕收剂”均指代 JSY-19 和苯乙炔膦酸的混合药剂, P86 使用单独列出。

2.2.1 混合捕收剂比例条件试验

确定了将 JSY-19 与苯乙炔膦酸作为混合捕收剂后进行了 JSY-19 与苯乙炔膦酸的混合比例试验, 捕收剂总用量为 2000 g/t, 2[#] 油用量为 50 g/t。

结果表明, JSY-19 与苯乙炔膦酸质量比为 2 : 1 时, 得到的精矿产品指标相对最好, 精矿锡的品位为 1.99%, 锡回收率为 90.98%。

2.2.2 混合捕收剂用量条件试验

确定将 JSY-19+ 苯乙炔膦酸以 2 : 1 的质量比作为捕收剂后进行了混合捕收剂用量条件试验。

捕收剂以 500 g/t 为梯度, P86 用量为 50 g/t, 2[#] 油用量为 50 g/t, 考察捕收剂用量对锡石浮选的影响, 结果见图 3。

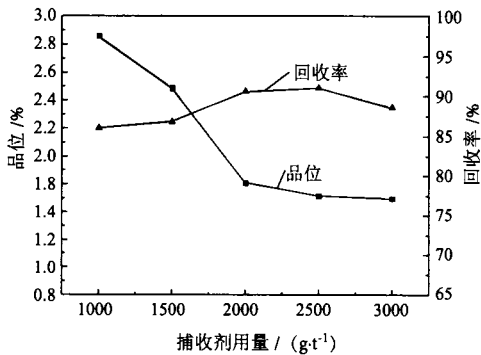


图 3 捕收剂用量条件试验结果

Fig. 3 Results of condition test of collector dosage

由图 3 可知, 随着混合药剂用量的增大, 粗精矿锡的品位呈先快后慢的下降趋势、锡回收率呈缓慢上升趋势。综合考虑, 确定混合药剂的用量为 1000 g/t。

2.3 开路试验

将 JSY-19+ 苯乙炔膦酸以 2 : 1 质量比混合作为捕收剂进行开路试验, 试验流程见图 4, 试验结果见表 7。

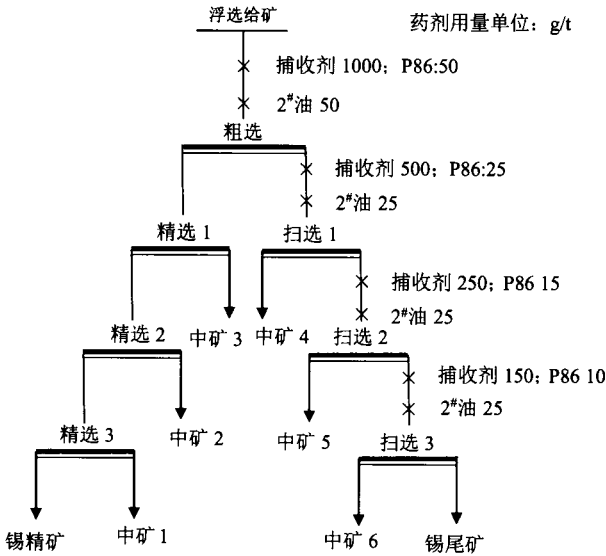


图 4 开路试验流程

Fig. 4 Flowsheet of open circuit test process

表 7 开路试验结果

产品名称	产率 /%	锡品位 /%	锡回收率 /%
锡精矿	2.86	13.17	75.42
中矿 1	1.98	0.31	1.23
中矿 2	3.88	0.34	2.66
中矿 3	7.15	0.23	3.30
中矿 4	9.78	0.30	5.84
中矿 5	6.41	0.07	0.95
中矿 6	3.49	0.08	0.52
锡尾矿	64.46	0.08	10.08
合计	100.00	0.50	100.00

由表7可知,采用一粗三精三扫流程,可得到锡品位13.17%、锡回收率75.42%的锡精矿,尾矿锡的品位下降为0.08%,然而中矿6产品中锡的品位与尾矿一致,且回收率只有0.52%,遂省去第三次扫选程序,在此基础上进行闭路试验。

2.4 闭路试验

在条件试验及开路试验结果的基础上,进行了闭路试验,闭路试验工艺流程见图5,试验结果见表8。

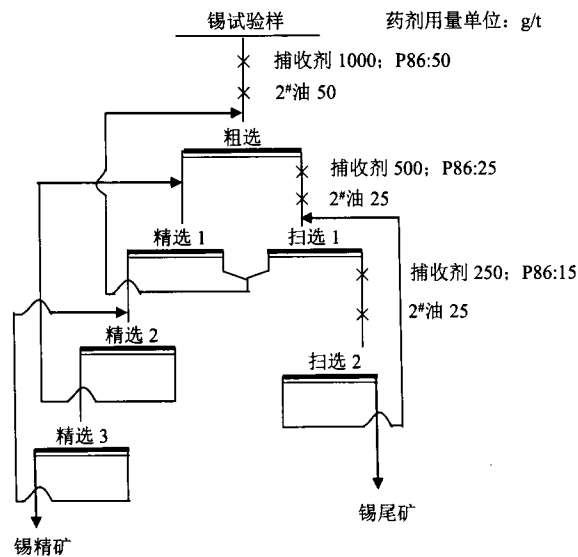


图5 闭路试验流程

Fig.5 Flowsheet of closed circuit test process

表8 闭路试验结果

Table 8 Results of closed circuit test

产品	产率 /%	锡品位 /%	锡回收率 /%
锡精矿	3.30	15.00	91.11
锡尾矿	96.70	0.05	8.9
给矿	100.00	0.54	100.0

3 结 论

(1) 都龙锡矿泥锡品位低、粒度细, -0.037 mm 粒级含量 69.53%, 且这一粒级范围内锡的分布率为 78.87%。

(2) JSY-19 对锡石浮选捕收性能较强, 苜基肿酸和苯乙烯膦酸对锡石浮选选择性能较好。

(3) JSY-19 和苯乙烯膦酸以 2 : 1 的质量比混合成为组合捕收剂, 用量为 1000 g/t, 经一粗三精两扫、中矿顺序返回的闭路流程试验, 可得到锡品位 15.00%、锡石浮选回收率 91.11% 的锡精矿。

参考文献:

[1] 缪以瑾. 文山州都龙锡矿选矿工艺研究 [J]. 云南冶金: 科学技术版, 1989, 18(6): 17-20.
[2] 何东, 兰希雄. 都龙难选多金属矿中锡石回收工艺流程的研究 [J]. 有色金属: 选矿部分, 2015 (1): 36-40.
[3] 汪美琼. 脱硫选锡工艺 [J]. 云南冶金, 1994(11):14-18.
[4] 梁溢强, 简胜, 刘玫华. 某浮选尾矿选锡工艺试验研究 [J]. 有色金属: 选矿部分, 2015 (2): 44-48.
[5] 任浏祎, 覃文庆, 何小娟, 等. 从锡石-多金属硫化矿尾矿中回收锡的浮选研究 [J]. 矿冶工程, 2009, 29(1): 44-47.
[6] 何东, 兰希雄, 陈华萍. 一种高效捕收剂浮选细粒级锡石的试验研究 [J]. 有色金属: 选矿部分, 2015 (2): 91-95.
[7] 农升勤, 邓位鹏, 姚贵明, 等. 低品位细粒锡石浮选试验研究 [J]. 有色金属: 选矿部分, 2014 (3): 37-40.
[8] 莫峰, 何庆浪, 兰希雄. 都龙矿区细粒锡石浮选实验研究 [J]. 矿冶工程, 2012, 32(4): 59-61.
[9] 任浏祎, 覃文庆, 刘三军, 等. 某尾矿综合回收锡浮选试验 [J]. 2008 年全国金属矿山难选矿及低品位矿选矿新技术学术研讨与技术成果交流暨设备展示会论文集, 2008.
[10] 张惠芬, 陈文平, 张晖. 锡石硫化矿选矿试验研究 [J]. 矿冶, 2014, 23(4): 5-9.
[11] 全柏飞. 锡石细泥浮选试验研究 [J]. 大众科技, 2012 (1): 212-213.
[12] 何名飞, 罗朝艳, 陈玉平, 等. 细粒锡石浮选研究 [J]. 矿冶工程, 2008, 28(4): 29-31.

Experimental Study on Flotation of Fine Cassiterite in Dulong Yunnan

Chen Yu¹, Wen Shuming¹, Wang Yijie¹, Deng Jiushuai¹, Wang Xiaohou², Liu Yawei³

(1.State Key Laboratory of Complex Nonferrous Metal Resources Clean Utilization, Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China; 2.Datun branch Co.,Ltd.,Yunnan Tin Group, Gejiu, Yunnan, China; 3.Yunnan Hualian Zinc and Indium stock Co.,Ltd., Wenshan, Yunnan, China)

Abstract: The tin in slime of Dulong mining area of Yunnan has value of resource reclamation, and the tin

grade of the slime is 0.49%. Main tin mineral is cassiterite. The cassiterite can not be enriched well because of its fine dissemination size. To improve the recovery of cassiterite, take the slime as the raw ore, mineral processing tests of fine cassiterite were carried out. First, we use flotation to pre-desulphuration because of the high content of sulfur in the raw ore. The flotation of cassiterite could be affected with the exsistence of sulphide ore, and the flotation index could be improved by desulphuration. In the sample after desulphuration, the tin grade is 0.59%, and the sulfur grade decreased less than 0.1%. Experimental study on flotation to the sample were made. The experimental results showed that, JSY-19 has a good collecting property for cassiterite, and styryl phosphonic acid has a good selectivity for cassiterite. With JSY-19 and styryl phosphonic acid mixed with mass ratio of 2:1 as collector, P86 as auxiliary collector, pine oil as frother, by the closed circuit test process “one roughing, three scavenging and two cleaning”, tin concentration with tin grade of 15.00%, recovery of 91.11% was acquired. With the combination of reagents, the dosage of reagents was saved, the cost of flotation was decreased, and a good recovery index of cassiterite was obtained.

Keywords: Fine cassiterite; Flotation; Collector

////////////////////////////////////
(上接 49 页)

Influence of Slurry Density and Size Composition on Cut Size and Milling Parameters for the Zinc Leaching Residue

Cai Shuang, Cai We, Teng Guiping, Wang Qi, Yu Xiaojian, Cui Rui

(College of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Science and Technology,
Wuhan, Hubei, China)

Abstract: A zinc concentrate smelter proposed the solution of closed-circuit grinding to improve the grinding effect of the first stage zinc leaching residue by sand mill. In this paper, according to the fact that only little water could be added into the flowsheet, the influence of slurry density and size composition when the close-circuit grinding is expected to adopt, on classification effect and the grinding parameters adjustment scheme were investigated. Viscosity measurement results showed that the slurry viscosity increase exponentially with the rising pulp concentration, and the slurry viscosity also increases as the content of -40 μ m increases. The calculated cut size showed that in order to reduce the effect of slurry viscosity on cut size, the classification concentration should be controlled under 55%. Grinding tests for parameters optimization were conducted by simulating the mill feed, and the results showed that the grinding medium of 5 mm corundum ball, agitator speed of 4.43 m/s can be chosen for better grinding performance.

Keywords: Zinc leaching residue; Slurry viscosity; Cut size; Rotation speed of mill; Size of grinding media