

广西巴里选矿厂高硫高泥微细粒锡石矿泥浮选—离心重选新技术研究

许大洪¹, 蔡振波², 卢琳²

1. 广西高峰矿业有限责任公司, 广西 河池 547205;
2. 广西冶金研究院有限公司, 广西 南宁 530031

中图分类号: TD952.4; TD923 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2022)01-0118-05
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2022.01.017

摘要 针对广西高峰矿业有限责任公司巴里选矿厂细泥系统高硫高泥微细粒锡石矿泥难分离、富集比低的特点,进行了微细粒锡石矿泥选矿工艺研究。通过流程方案分析,确定了采用浮选脱硫脱泥—浮选锡—离心重选的原则工艺流程。采用 NY 捕收剂(混合改性羟肟酸,黄药与少量起泡剂复配)进行脱硫脱泥浮选, ZY 捕收剂(混合羟肟酸与脂肪酸类复配)浮选锡, Slon-160 离心机进行精选,在最佳浮选药剂制度及技术参数条件下,最终获得锡精矿锡品位 26.72%、回收率 70.77% 的试验指标,实现了高硫高泥微细粒锡石的高效回收,突破了巴里选矿厂细泥系统传统重选工艺回收率低、富集比低的技术瓶颈。

关键词 锡石; 脱硫; 脱泥; 浮选; 离心重选

1 前言

广西高峰矿业有限责任公司巴里选矿厂主要采用重选工艺回收锡石矿物,在重选流程中产生的原生和次生锡细泥进入锡石细泥回收系统,产率约 12%,锡品位 1% 左右,锡金属对原矿分布率达 8%,提高该部分细粒锡石回收指标意义重大。

锡细泥中锡金属主要分布于 -0.053 mm 粒级中,其中 -0.019 mm 粒级锡金属分布率大于 37%,属于微细粒锡石嵌布^[1]。为提高选矿厂锡综合回收指标,巴里选矿厂建立细泥系统专门回收锡细泥中的微细粒锡石。细泥系统前期采用浮选脱硫—矿泥摇床工艺流程,产出锡精矿锡综合品位 2.5%,对细泥系统作业锡回收率 20%,细粒锡石回收效果差。经过工艺流程优化,目前细泥系统生产上采用“浮选脱硫—离心重选”的联合工艺流程回收细泥中的微细粒锡石,获得锡精矿锡品位 8%,对细泥系统锡回收率 43%,锡精矿品位和回收率均有所提高,但仍有较大的提升空间。为了进一步提高锡细泥中微细粒锡石回收率,巴里选矿厂联合广西冶金研究院有限公司对该锡细泥做了大量的试验研究工作。

2 锡细泥性质

锡细泥试样取自巴里选矿厂现生产细泥系统的给矿。

2.1 化学组成和物相组成

试样多元素化学分析结果见表 1,物相分析结果见表 2。

表 1 试样多元素分析结果 /%

Table 1 The multielement analysis of sample

元素	Sn	S	Zn	Pb	Sb	Fe	As	CaO	MgO	SiO ₂
含量	1.01	8.96	1.01	0.47	0.43	11.03	0.16	32.85	1.96	6.28

从表 1 可知,试样锡品位为 1.01%,锡为主要回收元素。试样中硫品位 8.96%,含量较高,对锡的选矿指标有较大影响,脉石成分主要为 CaO 和 SiO₂ 等。

表 2 试样锡物相分析结果 /%

Table 2 The tin phase analysis of the sample

相别	氧化相	硫化相	其他相	合计
含量	0.902	0.069	0.039	1.010
分布率	89.31	6.83	3.86	100.00

从表 2 可知,氧化锡分布率达 89.31%,锡以氧化相为主。

2.2 矿物组成

试样主要金属矿物为铁闪锌矿、磁黄铁矿和黄铁矿,此外有少量毒砂、脆硫锑铅矿、黄铜矿、硫锑铅矿、褐铁矿和锡石等,脉石矿物主要是方解石、石英、长石和绢云母等。矿物含量见表 3。

表 3 试样矿物组成分析结果 /%

Table 3 The mineral analysis of the sample

矿物名称	锡石	黝锡矿	铁闪锌矿	脆硫锑铅矿	磁黄铁矿
含量	1.2	0.06	3.9	1.2	7.2
矿物名称	黄铁矿	毒砂	绢云母	石英、长石	方解石
含量	8.0	0.4	12	37~38	25

2.3 粒度组成

试样筛分分析结果见表 4。

表 4 试样粒度分析结果

Table 4 The particle size analysis of the sample

粒级/mm	产率/%	Sn 品位/%	Sn 分布率/%	
			个别	累计
+0.074	14.56	0.08	1.12	1.12
-0.074+0.053	5.11	2.63	12.90	14.02
-0.053+0.041	8.22	1.98	15.62	29.64
-0.041+0.030	18.53	1.13	20.09	49.73
-0.030+0.019	10.62	1.22	12.43	62.16
-0.019+0.010	9.03	1.55	13.43	75.59
-0.010	33.93	0.75	24.41	100.00
合计	100.00	1.04	100.00	—

从表 4 可知:试样中 -0.053 mm 粒级锡的分布率为 85.98%, -0.019 mm 粒级锡的分布率为 37.84%,锡主要以微细粒形式存在。

3 选矿试验研究

3.1 试验流程方案选择

高硫高泥微细粒锡矿泥属难选物料,高硫高泥对浮选和重选影响均较大。现阶段,国内回收微细粒锡石常见的方法主要有浮选、云锡矿泥摇床、悬振锥面选矿机和离心选矿机^[2-4]。锡石浮选可获得较高的锡回收率,但锡精矿杂质含量高、锡品位低;离心选矿机通过强化微细粒锡矿物重力分选效果,实现锡石与脉石矿物分离,不同粒度的矿石在离心机中受到的离心力差别较大,通过分级窄级别入选可提高离心机的分选

效果^[5-6],但无法分离出密度差异不大的硫化矿物。

试样中硫含量为 8.96% (以硫铁矿为主), -0.01 mm 粒级产率 33.93%,硫含量高,对锡石的回收有较大影响,因此首先考虑高效脱硫脱泥,为锡石浮选排除高泥和易上浮细粒硫铁矿干扰,获得低品位锡粗精矿;然后再采用离心机对锡粗精矿进行精选,可获得较高品位的锡精矿。根据综合分析研究,本次试验拟采用浮选脱硫脱泥—浮选锡—离心重选的选矿工艺流程,即脱硫脱泥后采用浮选进行微细粒锡石粗选,再用离心机对锡粗精矿进行精选以提高精矿锡品位。

3.2 脱泥脱硫试验

3.2.1 脱泥脱硫方案选择

实践中一般采用浮选脱硫,采用重选或浮选脱泥,其中重选脱泥设备主要有水力旋流器和离心机。为获取最佳的脱泥脱硫效果,进行了脱泥脱硫流程方案对比试验,其中 NY-5 是以混合改性羟肟酸和黄药类为主配少量起泡剂合制而成,两种方案脱泥脱硫流程分别见图 1 和图 2,对比试验结果见表 5。

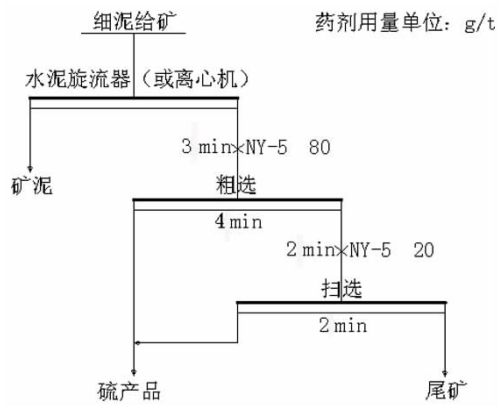


图 1 重选脱泥—浮选脱硫试验流程
Fig. 1 Test Flow of gravity desliming and flotation desulfurization

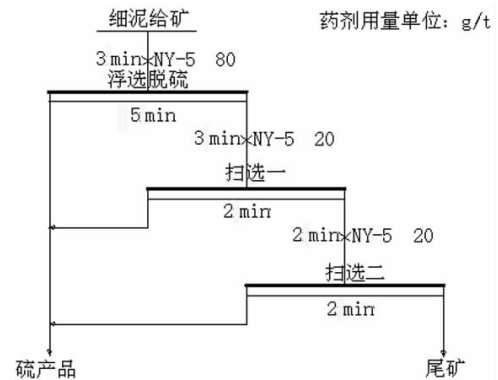


图 2 浮选脱泥脱硫试验流程
Fig. 2 Test flow of flotation desulfurization and desliming

表 5 脱泥脱硫流程对比试验结果 /%

Table 5 Comparison test of desulfurization and desliming process

流程方案	产品名称	产率	S 品位	Sn 品位	S 回收率	Sn 回收率
水力旋流器 脱泥 + 浮选 脱硫	矿泥	38.46	9.89	1.18	42.50	43.59
	硫产品	12.41	32.34	0.18	44.84	2.14
	尾矿	49.13	2.31	1.15	12.66	54.27
	合计	100.00	8.95	0.90	100.00	100.00
离心机 脱泥 + 浮选脱硫	矿泥	29.84	10.89	0.96	35.91	28.57
	硫产品	13.56	32.34	0.19	48.46	2.57
	尾矿	56.60	2.50	1.22	15.64	68.86
	合计	100.00	9.05	0.98	100.00	100.00
浮选脱 硫脱泥	硫产品	33.18	24.80	0.66	89.14	21.04
	尾矿	66.82	1.5	1.23	10.86	78.96
	合计	100.00	9.23	1.04	100.00	100.00

由表 5 对比试验结果可见,采用浮选脱硫脱泥,尾矿中的锡回收率最高为 78.96%,锡金属在矿泥产品和硫产品中的损失最小,因此采用浮选脱硫脱泥效果较好。

3.2.2 浮选脱泥脱硫捕收剂用量试验

经过探索试验研究,确定 NY-5 作为捕收剂进行脱硫脱泥浮选试验试验流程见图 3,试验结果见和表 6。

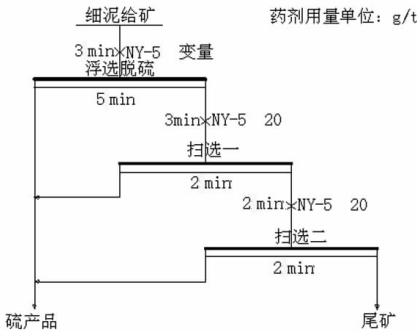


图 3 NY-5 药剂用量试验流程
Fig. 3 Testflowsheet for dosage of NY-5

表 6 NY-5 用量试验结果

Table 6 Test results of NY-5 dosages

药剂及其用量 (g · t ⁻¹)	产品名称	产率 /%	S 品位 /%	Sn 品位 /%	S 作业		Sn 作业	
					回收率 /%	回收率 /%		
NY-5 60 + 20 + 20	硫产品	30.78	25.29	0.75	86.20	22.04		
	尾矿	69.22	1.80	1.18	13.80	77.96		
	给矿	100.00	9.03	1.05	100.00	100.00		
NY-5 80 + 20 + 20	硫产品	32.56	24.26	0.66	88.65	20.31		
	尾矿	67.44	1.5	1.25	11.35	79.69		
	给矿	100.00	8.91	1.06	100.00	100.00		
NY-5 100 + 20 + 20	硫产品	36.85	21.59	0.85	89.49	30.88		
	尾矿	63.15	1.48	1.11	10.51	69.12		
	给矿	100.00	8.89	1.01	100.00	100.00		
NY-5 80 + 20 + 20 丁黄药 80 + 20 + 20	硫产品	53.05	16.00	0.89	94.51	46.01		
	尾矿	46.95	1.05	1.18	5.49	53.99		
	给矿	100.00	8.98	1.03	100.00	100.00		

从表 6 试验结果可见, NY-5 捕收剂总用量为 120 g/t 时,锡在硫产品中的损失最低,尾矿中含锡最高,锡回收率也最高,浮选指标最好。

3.3 浮锡捕收剂种类试验

水杨羟肟酸是锡石浮选的有效捕收剂^[7],随着近年浮锡技术的发展,出现了一些新型锡石捕收剂,为了确定最佳的微细粒锡石浮选捕收剂,试验选用了水杨羟肟酸、华联锡捕收剂(羟肟酸类)和 ZY(混合羟肟酸和脂肪酸类)三种药剂进行浮锡捕收剂试验,采用 P86(磷酸三丁酯)作为辅助捕收剂。试验流程见图 4,试验结果见表 7。

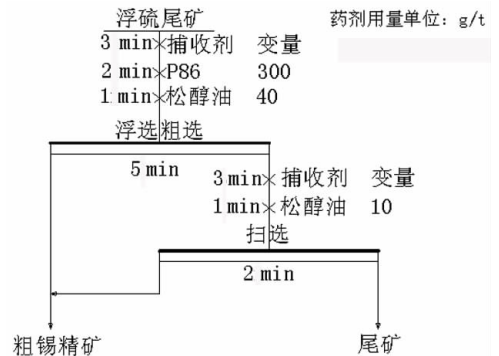


图 4 浮锡捕收剂种类试验流程
Fig. 4 Test flowsheet of collector type

表 7 捕收剂种类试验结果

Table 7 Test results of collector type

捕收剂种类及其用量	产品名称	产率	Sn 品位	Sn 作业回收率
水杨羟肟酸 粗选 1 500 g/t 扫选 300 g/t	锡粗精矿	21.60	4.26	75.54
	尾矿	78.40	0.38	24.46
	合计	100.00	1.24	100.00
华联锡捕收剂 粗选 500 g/t 扫选 200 g/t	锡粗精矿	40.17	2.75	90.67
	尾矿	59.83	0.19	9.33
	合计	100.00	1.22	100.00
改性羟肟酸 粗选 1 500 g/t 扫选 300 g/t	锡粗精矿	14.42	5.23	61.14
	尾矿	85.58	0.56	38.86
	合计	100.00	1.23	100.00
ZY 粗选 1 500 g/t 扫选 300 g/t	锡粗精矿	20.96	5.45	90.03
	尾矿	79.04	0.16	9.97
	合计	100.00	1.27	100.00

从表 7 试验结果可见,ZY 捕收剂获得锡粗精矿锡品位 5.45%,锡作业回收率 90.03%,锡品位和回收率都较高,综合指标优于其他捕收剂,故选择 ZY 作为锡石浮选捕收剂,其粗选用量以 1 500 g/t 为宜。

3.4 浮选闭路试验

在浮选条件试验获得的最优药剂制度的条件下进行浮选闭路试验。试验流程见图 5,试验结果见表 8。

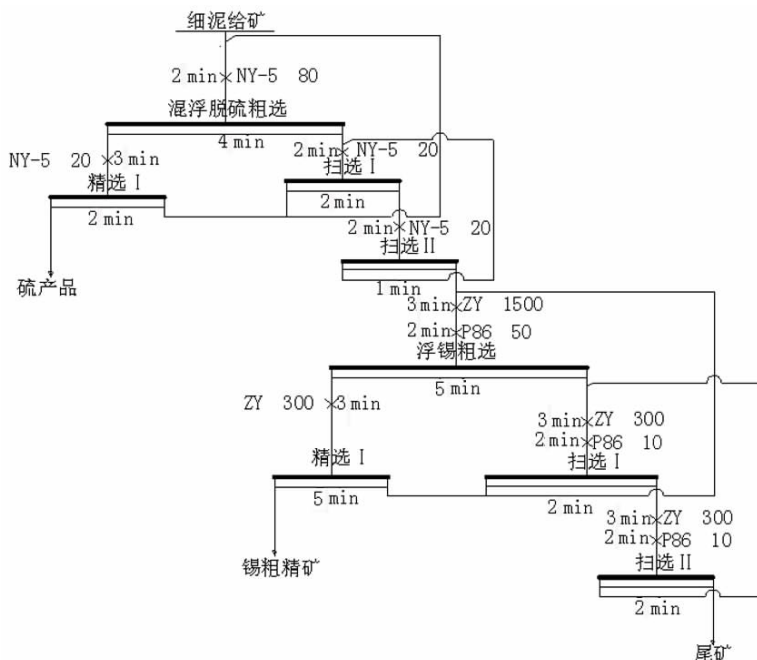


图 5 浮选闭路试验流程

Fig. 5 Closed circuit flowsheet of flotation

表 8 闭路试验结果

Table 8 Result of closed-circuit flotation

产品名称	产率	Sn 品位	Sn 作业回收率
硫产品	17.56	0.72	12.05
锡粗精矿	13.37	6.13	78.08
尾矿	69.07	0.15	9.87
给矿	100.00	1.05	100.00

表 9 锡粗精矿精选结果

Table 9 Cleaning result of tin roughconcentrate

产品名称	产率	Sn 品位	Sn 作业回收率	Sn 对给矿回收率
锡精矿	20.53	26.98	90.64	70.77
尾矿	79.47	0.72	9.36	7.31
合计	100.00	6.11	100.00	78.08

从表 8 闭路试验结果可见,锡在硫产品中损失率只有 12.05%,锡粗精矿锡作业回收率高达 78.08%,浮选闭路试验指标较好。

3.5 离心机重选试验

浮选闭路试验获得的锡粗精锡品位 6.13%,采用 Slon-160 离心机在处理量为 0.5 t/h、给矿质量浓度 10%~15%、给矿时间 100 s、间隔时间 10 s、转速为 180 r/min 等最佳技术条件下,进行锡粗精矿精选试验。试验流程见图 6,试验结果见表 9。

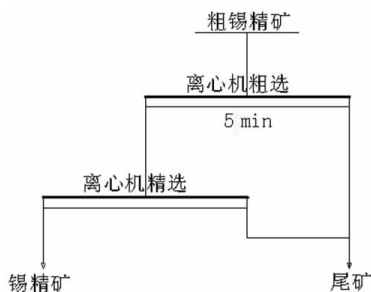


图 6 锡粗精矿精选流程

Fig. 6 Cleaning flowsheet of tin rough concentrate

从表 9 试验结果可见,锡粗精矿经过离心机一次粗选和一次精选得到锡品位 26.98%、锡作业回收率 90.64% (对细泥给矿回收率 70.77%) 的锡精矿,实现了微细粒锡石的高效回收。

4 结论

(1) 广西高峰矿业有限责任公司巴里选矿厂细泥系统的细泥给矿试样锡品位为 1.01%,锡为主要回收元素。细泥中 -0.053 mm 粒级锡金属分布率为 85.99%, -0.019 mm 粒级锡金属的分布率为 37.85%,锡主要以微细粒锡石形式存在。目前生产采用“浮选脱硫—离心重选”联合工艺流程回收细泥中的微细粒锡石,锡指标有较大的提升空间。

(2) 试验采用浮选脱硫脱泥—浮选锡—离心重选联合选矿工艺流程,在最佳浮选药剂制度及技术参数条件下,最终获得的试验指标:锡精矿锡品位 26.72%、对细泥系统锡回收率 70.77%,比实际生产获得的锡精矿锡品位提高约 18 个百分点,对细泥系统锡回收率提高约 27 个百分点,细泥系统选矿指标提高显著。

(3) 研究表明,浮选脱硫脱泥—浮选锡—离心重选工艺流程能进一步优化巴里选矿厂细泥系统锡石回收

指标,实现高泥高硫微细粒锡石高效回收,取得难选高硫高泥微细粒锡石选矿技术突破,并可在同类型矿山中推广应用。

参考文献:

- [1] 杨久流,罗家珂,王淀佐.微细粒矿物的分选技术[J].国外金属选矿,1995(5):12-14.
YANG J L, LUO J K, WANG D Z. Beneficiation technology of microfine disseminated minerals[J]. *Metallic Ore Dressing Abroad*, 1995(5): 12-14.
- [2] 孙得成,茹恩英,朱咏兰,等.国外锡选矿概论[M].昆明:冶金工业部昆明有色冶金设计研究院,1981.
SUN D CH, RU E Y, ZHU Y L. Introduction to tin beneficiation abroad [M]. Kunming, Kunming nonferrous metallurgical design and research institute, 1981.
- [3] 恒川昌美.湿式重选技术的研究进展[J].国外金属选矿,2006(5):4-10.
HENG C C M. Research progress of wet gravity separation technology [J]. *Metallic Ore Dressing Abroad*, 2006(5): 4-10.

- [4] 孙玉波.用重选设备处理细粒和微细粒矿石的进展[J].矿山技术,1988(3):21-26.
SUN Y B. Progress in treatment of fine and micro-fine ores with gravity separation equipment[J]. *Mining Technique*, 1988(3): 21-26.
- [5] 刘祚时,胡川,段骏.Falcon离心选矿机的分选特征和应用现状的研究[J].矿山机械,2015(2):81-86.
LIU Z S, HU C, DUAN J. Study on separation characteristics and application status of Falcon centrifugal concentrator[J]. *Mining Machinery*, 2015(2): 81-86.
- [6] 王青芬,张凤生.射流离心选矿机工业试验研究[J].有色金属(选矿部分),2010(2):35-37.
WANG Q F, ZHANG F S. Study on industrial test of Jet centrifugal concentrator[J]. *Non-ferrous metal (mineral processing section)*, 2010(2): 35-37.
- [7] 吕晋芳,童雄,周永诚.微细粒锡石浮选药剂研究概况[J].湿法冶金,2010(2):71-74.
LYU J F, TONG X, ZHOU Y CH. Survey of research on flotation reagents for fine cassiterite[J]. *Hydrometallurgy*, 2010(2): 71-74.

Study on Flotation – Centrifugal Gravity Separation Technology for Micro – fine Cassiterite Slime with High Sulfur and Mud From Bali Plant In Guangxi Province

XU Dahong¹, CAI Zhenbo², LU Lin²

1. *Guangxi Gaofeng Mining Co., Ltd., Hechi 547205, Guangxi, China;*
2. *Guangxi Metallurgical Research Institute Co., Ltd., Nanning 530001, Guangxi, China*

Abstract: It is difficult to separate and enrichment for micro – fine cassiterite slime with high sulfur and mud in the fine mud system of Bali plant, Guangxi Gaofeng Mining Co., Ltd. An experimental study of recovering tin was carried out. The principle of flotation desulphurization and desliming — tin flotation — centrifugal gravity separation was determined through the analysis of the flowsheet. Under the condition of the optimal reagent system and technical parameters, the ideal test indicators were obtained with tin grade 26.72% in the tin concentrates and the recovery rate 70.77% of tin in fine mud system. The highly effective recycling technology for micro – fine cassiterite with high sulfur and mud has been industrialized. It breaks through the technical bottleneck of low recovery and enrichment ratio in traditional gravity separation process of fine mud system in Bali plant.

Keywords: cassiterite; desulphurization; desliming; flotation; centrifugal separation

引用格式:许大洪,蔡振波,卢琳.广西巴里选矿厂高硫高泥微细粒锡石矿泥浮选—离心重选新技术研究[J].矿产保护与利用,2022,42(1):118-122.

XU Dahong, CAI Zhenbo, LU Lin. Study on flotation – centrifugal gravity separation technology for micro – fine cassiterite slime with high sulfur and mud from Bali plant In Guangxi Province[J]. *Conservation and utilization of mineral resources*, 2022, 42(1): 118 – 122.