

湖南某钨矿山中部长采集样重介质预抛及白钨常温浮选试验研究^①

袁代军¹, 郭江旭¹, 曾志飞², 曾海涛¹

(1.湖南瑶岗仙矿业有限责任公司,湖南 郴州 423000; 2.长沙矿冶研究院有限责任公司,湖南 长沙 410012)

摘要:对湖南某钨矿山中部长采集样开展了重介质预抛及白钨常温浮选试验研究。重介质预抛试验结果表明,以-15+0.5 mm 粒级作为预抛给矿,在重介质密度 2.37 g/cm³ 条件下,可获得抛尾产率 31.37%,沉砂 WO₃ 品位、回收率分别为 0.34%、96.62% 的良好指标;脱硫浮选-白钨常温浮选试验结果表明,重介质预抛对 WO₃ 在含硫产品中的作业损失率影响不大;但不预抛、原矿直接入磨浮选会导致更多的钨矿物存在于中矿产品中。闭路试验结果表明,经重介质预抛后,常温浮选钨精矿 WO₃ 品位、回收率分别为 5.50%、84.15%。中部长采集样采用重介质旋流器预抛不但有利于改善钨产品质量指标,还有助于尾矿的综合利用。

关键词: 钨矿; 重介质预抛; 常温浮选; 粗粒尾矿; 白钨矿; 旋流器; 抛尾

中图分类号: TD92

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2023.01.013

文章编号: 0253-6099(2023)01-0059-04

Pre-discarding by Heavy Medium Separation Plus Ambient Temperature Flotation for Scheelite Sample from Middle-Layer Mining Zone of a Tungsten Mine in Hunan Province

YUAN Daijun¹, GUO Jiangxu¹, ZENG Zhifei², ZENG Haitao¹

(1. Hunan Yaogangxian Mining Co Ltd, Chenzhou 423000, Hunan, China; 2. Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co Ltd, Changsha 410012, Hunan, China)

Abstract: A process consisting of pre-discarding with heavy medium separation and ambient-temperature flotation was adopted for a scheelite ore sampled from the middle-layer mining zone of a tungsten mine in Hunan Province. A heavy medium separation test with the ore size of -15+0.5 mm as the feeding show that in the heavy medium with the density of 2.37 g/cm³, 31.37% of yielded tailings can be discarded, while the obtained heavy product has WO₃ grade and recovery increased to 0.34% and 96.62% respectively. A test by using a process of desulfurization flotation plus ambient temperature flotation for scheelite demonstrates that the process of pre-discarding with heavy medium has little effect on the operation loss rate of WO₃ in sulfur-containing products. However, the raw ore is directly taken into the flotation without a pre-discarding will lead to more tungsten minerals left in the middlings. The closed-circuit test shows that after a pre-discarding by heavy medium separation, the tungsten concentrate from ambient-temperature flotation has its WO₃ grade and recovery reaching 5.50% and 84.15% respectively. It is concluded that pre-discarding by using heavy medium cyclone is conducive to improvement of tungsten product index and comprehensive utilization of tailings.

Key words: tungsten ore; pre-discarding by heavy medium separation; ambient-temperature flotation; coarse tailings; scheelite; cyclone; tailings discarding

矿石入磨前预先抛出粗粒尾矿不但可以提高入选矿石品位、简化后续分选工艺、提高选厂处理能力、降低选矿成本,抛出的粗粒尾矿还会有更广泛的应用领

域,进而提高矿产品的资源利用率^[1-2]。越来越多的矿山企业正在探索或已实现将预选技术应用在粗粒抛尾中。重介质抛尾技术具有投资成本低、入选粒度范围

① 收稿日期: 2022-08-16

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFC2905103)

作者简介: 袁代军(1974—),男,湖南娄底人,高级工程师,主要从事钨资源综合回收研究工作。

大、分选精度高的优势,在铅锌矿^[3]、钨矿^[4]、磷矿^[5]、锂辉石矿^[6]、萤石矿^[7]预选中都有采用重介质分选的研究与应用报道。

本文以湖南某钨矿山中部采集样为研究对象,考察该矿石的重介质预抛性能及后续浮选技术指标,并与原矿直接入磨浮选的产品技术指标进行对比,研究结果可为选厂未来的选矿工艺与参数优化提供参考。

1 原矿性质及试验方法

1.1 原矿性质

湖南某钨矿山中部采集样化学成分分析结果见表1。原矿中 WO_3 品位为 0.26%。

表1 某钨矿山中部采集样化学成分分析结果(质量分数) %

WO_3	CaF_2	$CaCO_3$	Mo	Cu	Pb	Zn
0.26	8.84	22.48	0.009 7	0.015	0.11	0.1
S	P	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO
0.82	0.05	35.01	7.67	2.28	0.46	23.95
MgO	Sn	Fe	Mn	$Ag^{1)}$	Bi	$Au^{1)}$
9.33	0.008 3	3.56	0.95	9.8	0.02	<0.10

1) 单位为 g/t。

1.2 试验方法

为了尽可能多地在预抛阶段抛掉合格尾矿,且考虑到窄粒度物料更有利于抛尾的进行,对该钨矿山中部采集样设计了-15+0.5 mm 粒级和-5+0.5 mm 粒级的重介质预抛试验,图1为试验原料的准备流程:一部分中部采集样经破碎筛分获得-15+0.5 mm 粒级试验样1和-0.5 mm 粒级样品1,另一部分中部采集样经破碎筛分获得-5+0.5 mm 粒级试验样2和-0.5 mm 粒级样品2。

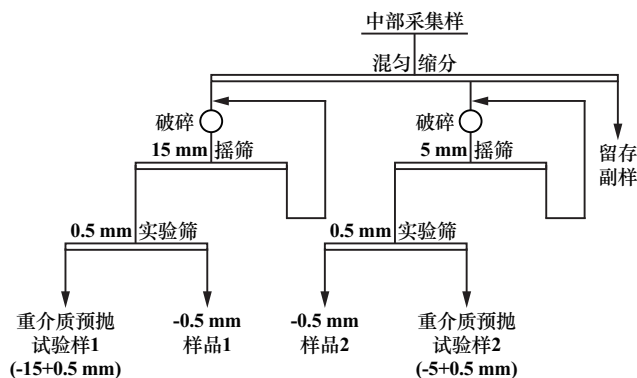


图1 试验原料准备流程

采用 $\Phi 150$ mm 重介质旋流器分别对-15+0.5 mm 粒级试验样1及-5+0.5 mm 粒级试验样2开展重介质

预抛试验,试验旋流器溢流管和底流口直径分别为 55 mm 和 30 mm,工作压力保持在 0.16 MPa,使用-0.5 mm 硅铁粉作为重介质。试验过程中,待旋流器工作稳定后分别接取旋流器给矿、溢流、沉砂,并进行筛分脱介、干燥称重及化学元素分析。

白钨常温浮选试验流程为先脱硫浮选、再从脱硫尾矿中常温回收白钨矿,主要对比经重介质旋流器预抛后所能获得的浮选产品指标。

2 试验结果及讨论

2.1 重介质旋流器预抛试验结果

2.1.1 -5+0.5 mm 粒级重介质预抛试验

表2为-5+0.5 mm 粒级试样重介质预抛试验结果。从表2可以看出,随着重介质密度从 2.22 g/cm^3 增加到 2.60 g/cm^3 ,抛尾量(旋流器溢流)由 20.22% 提高到 64.11%,溢流 WO_3 品位不断上升,溢流 WO_3 损失率由 2.56% 增加至 26.74%。相应地,随着介质密度增加,旋流器沉砂 WO_3 品位由 0.28% 上升至 0.46%。综合考虑抛尾量及沉砂 WO_3 回收率,选择重介质密度 2.37 g/cm^3 ,此条件下抛尾产率为 30.34%,沉砂中 WO_3 回收率为 96.08%。

表2 -5+0.5 mm 粒级重介质预抛试验结果

介质密度/ ($g \cdot cm^{-3}$)	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			WO_3	$CaCO_3$	WO_3	$CaCO_3$
2.22	溢流	20.22	0.029	39.59	2.56	39.68
	沉砂	79.78	0.28	15.25	97.44	60.32
	给矿	100.00	0.23	20.17	100.00	100.00
2.37	溢流	30.34	0.030	36.89	3.92	53.98
	沉砂	69.66	0.32	13.70	96.08	46.02
	给矿	100.00	0.23	20.74	100.00	100.00
2.50	溢流	47.74	0.040	33.76	8.37	77.80
	沉砂	52.26	0.40	8.80	91.63	22.20
	给矿	100.00	0.23	20.72	100.00	100.00
2.60	溢流	64.11	0.094	27.96	26.74	88.85
	沉砂	35.89	0.46	6.27	73.26	11.15
	给矿	100.00	0.23	20.18	100.00	100.00

2.1.2 -15+0.5 mm 粒级重介质预抛试验

表3为-15+0.5 mm 粒级试样重介质预抛试验结果。从表3可以看出,随着重介质密度从 2.22 g/cm^3 增加到 2.60 g/cm^3 ,抛尾量(旋流器溢流)由 21.32% 提高到 65.54%,溢流中 WO_3 品位不断上升,溢流中 WO_3 损失率由 1.83% 增加至 25.29%。同样地,随着介质密度增加,旋流器沉砂 WO_3 品位由 0.29% 上升至 0.50%。综合考虑溢流抛尾量及沉砂 WO_3 回收率,选择重介质密度为 2.37 g/cm^3 ,此条件下抛尾产率为 31.37%,沉砂 WO_3 回收率为 96.62%。

表 3 -15+0.5 mm 粒级重介质预抛试验结果

介质密度/ (g · cm ⁻³)	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			WO ₃	CaCO ₃	WO ₃	CaCO ₃
2.22	溢流	21.32	0.020	41.12	1.83	41.14
	沉砂	78.68	0.29	15.94	98.17	58.86
	给矿	100.00	0.23	21.31	100.00	100.00
2.37	溢流	31.37	0.026	39.75	3.38	57.77
	沉砂	68.63	0.34	13.28	96.62	42.23
	给矿	100.00	0.24	21.58	100.00	100.00
2.50	溢流	48.27	0.055	33.04	11.63	76.31
	沉砂	51.73	0.39	9.57	88.37	23.69
	给矿	100.00	0.23	20.90	100.00	100.00
2.60	溢流	65.54	0.089	29.75	25.29	90.92
	沉砂	34.46	0.50	5.65	74.71	9.08
	给矿	100.00	0.23	21.45	100.00	100.00

2.1.3 两种入选粒级下重介质预抛试验结果对比

对比表 2 和表 3 数据可以看出,中部采集样破碎至本文设计的 2 种不同粒级对重介质预选抛尾结果影响不大。考虑到目前选厂采用三段一闭路破碎工艺,以及抛出的粗粒尾矿有更多的应用领域,选择重介质预抛的给矿粒度为-15+0.5 mm。

2.2 浮选试验

方案 1 为将-15+0.5 mm 粒级试样 1 经重介质密度 2.37 g/cm³ 的重介质旋流器预抛后获得的沉砂与矿样准备阶段的-0.5 mm 粒级样品混合后作为给矿;方案 2 为将中部采集样直接作为给矿。

2.2.1 脱硫浮选

脱硫浮选工艺流程及药剂制度如图 2 所示,2 种方案试验结果见表 4。由试验结果可见,预抛对 WO₃ 在含硫产品中的作业损失率影响不大。

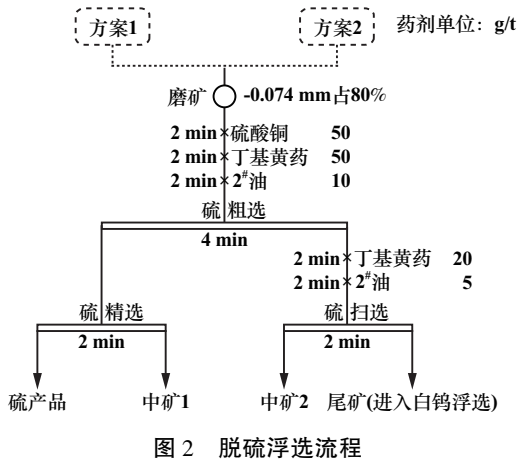


图 2 脱硫浮选流程

2.2.2 白钨浮选开路试验

脱硫尾矿用于白钨浮选。白钨浮选流程与药剂制度见图 3,2 种方案试验结果见表 5。结果表明,预抛有利于提高常温钨精矿品质,可获得更高 WO₃ 品位及

表 4 脱硫浮选试验结果

方案	产品名称	作业产率/%	WO ₃ 品位/%	WO ₃ 作业回收率/%
1	硫产品	1.00	0.095	0.26
	中矿 1	2.40	0.20	1.29
	中矿 2	1.03	0.18	0.50
	尾矿	95.57	0.38	97.95
	给矿	100.00	0.37	100.00
2	硫产品	0.83	0.087	0.27
	中矿 1	2.40	0.16	1.45
	中矿 2	1.03	0.14	0.55
	尾矿	95.74	0.27	97.73
	给矿	100.00	0.26	100.00

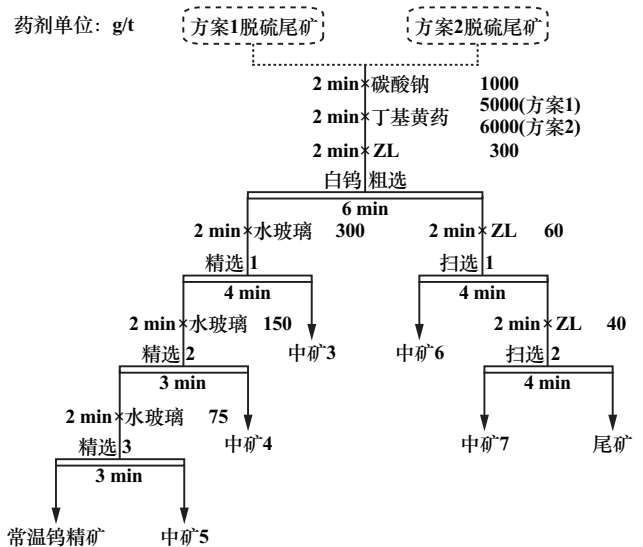


图 3 白钨浮选试验流程

表 5 白钨浮选试验结果

方案	产品名称	作业产率/%	WO ₃ 品位/%	WO ₃ 作业回收率/%
1	常温钨精矿	5.34	5.81	80.72
	中矿 3	7.38	0.11	2.11
	中矿 4	2.74	0.26	1.86
	中矿 5	1.88	0.65	3.19
	中矿 6	5.91	0.18	2.77
	中矿 7	3.26	0.11	0.93
	尾矿	73.49	0.044	8.42
	给矿(脱硫尾矿)	100.00	0.38	100.00
2	常温钨精矿	3.39	5.03	64.18
	中矿 3	12.87	0.097	4.69
	中矿 4	7.33	0.28	7.72
	中矿 5	3.05	0.65	7.45
	中矿 6	5.90	0.18	3.99
	中矿 7	3.26	0.11	1.35
	尾矿	64.19	0.044	10.62
	给矿(脱硫尾矿)	100.00	0.27	100.00

作业回收率;而原矿直接入磨浮选条件下,有更多的钨矿物存在于中矿产品中,实际生产中势必会有更多的中矿循环量。

2.3 全流程试验

2种方案的全流程试验结果见表6。表6结果表明,经重介质预抛后,可获得 WO_3 品位、回收率分别为5.50%、84.15%的常温浮选钨精矿,相比于中部采集样直接入磨浮选,相应指标分别提高了0.94和2.34个百分点,除此之外,还获得了产率28.82%的粗粒尾矿,说明中部采集样采用重介质旋流器预抛不但有利于改善钨产品质量指标,还有助于尾矿的综合利用。

表6 全流程试验结果

方案	产品名称	产率/%	WO_3 品位/%	WO_3 回收率/%
1	预抛轻产品	28.82	0.026	2.86
	含硫产品	1.78	0.11	0.75
	常温钨精矿	4.01	5.50	84.15
	尾矿	65.39	0.049	12.24
	给矿	100.00	0.26	100.00
2	预抛轻产品	—	—	—
	含硫产品	2.50	0.091	0.87
	常温钨精矿	4.71	4.56	81.81
	尾矿	92.79	0.049	17.32
	给矿	100.00	0.26	100.00

3 结 论

1) 某白钨矿山中部采集样中 WO_3 、 CaF_2 、 $CaCO_3$ 含量分别为0.26%、8.84%、22.48%。

2) 预抛给矿粒度为 $-15+0.5$ mm时可获得与给矿粒度为 $-5+0.5$ mm条件下相似的重介质旋流器产品指标。未来开采的中部矿石可以 $-15+0.5$ mm粒级作为预抛给矿。预抛给矿粒度 $-15+0.5$ mm、重介质密度

2.37 g/cm³,可获得重介质旋流器抛尾产率31.37%,沉砂 WO_3 品位、回收率分别为0.34%、96.62%的良好指标。

3) 重介质预抛对 WO_3 在含硫产品中的作业损失率影响不大;原矿直接入磨浮选条件下,更多的钨矿物存在于中矿产品中,实际生产中会导致更多的中矿循环量。

4) 经重介质预抛后,可获得 WO_3 品位、回收率分别为5.50%、84.15%的常温钨精矿,相比于原矿直接入磨浮选,相应指标分别提高了0.94和2.34个百分点,除此之外,还获得了产率28.82%的粗粒尾矿,说明中部采集样采用重介质旋流器预抛不但有利于改善钨产品质量指标,还有助于尾矿的综合利用。

参考文献:

- [1] 魏大为. 柿竹园黑钨选别新工艺中的离心机抛尾探索研究[J]. 矿冶工程, 2019,39(4):59-62.
- [2] 张 婷,李 平,冯 博,等. 离心选矿机重选回收细粒级钨锡矿物的试验研究[J]. 矿冶工程, 2022,42(2):51-54.
- [3] 吕 超,梁溢强,赵 轩,等. 西南地区某铅锌矿重介质-浮选联合工艺分选试验研究[J]. 矿业研究与开发, 2019,39(3):33-37.
- [4] 周 峰,余 浔. 哈萨克斯坦某钨矿预选抛尾工艺设计研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2019(6):43-49.
- [5] 魏祥松,黄启生,李宇新. 花果树磷矿重介质选矿研究与应用综述[J]. 化工矿产地质, 2010,32(3):186-188.
- [6] 绿 海. 重介质选矿技术及其在锂辉石选矿中的应用[J]. 新疆有色金属, 2018,40(S1):71-73.
- [7] 邓湘湘,廖德华. 萤石选矿技术研究现状[J]. 怀化学院学报, 2015,34(11):94-96.

引用本文: 袁代军,郭江旭,曾志飞,等. 湖南某钨矿山中部采集样重介质预抛及白钨常温浮选试验研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(1):59-62.

(上接第58页)

- [7] 陈倩文,艾光华,罗丽芳,等. 某伴生银铅锌矿低碱浮选试验研究[J]. 矿冶工程, 2018,38(6):60-63.
- [8] 韩玉光,方建军,尧章伟. 硫化铅锌矿中伴生银回收研究进展[J]. 贵金属, 2018,39(1):79-85.
- [9] CUI Weiyong, LIU Yingchao, LIANG Lixiao, et al. Cyanide-free separation of high pyrrhotite Zn-S bulk concentrate[J]. Minerals Engineering, 2021,170:107052.

- [10] LIU Jian, WANG Yu, LUO Deqiang, et al. Use of $ZnSO_4$ and SDD mixture as sphalerite depressant in copper flotation[J]. Mineral Engineering, 2018,121:31-38.

引用本文: 蔡锦鹏,苏 超,申培伦,等. 某含泥高银铅锌硫化矿高效综合利用研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(1):55-58.