重选—浮选联合回收某硫化钼尾矿中氧化钼钨矿*

常学勇[1,2]，邵伟华[1,2]，郭珍旭[1,2]，张玉胜[3]

(1. 中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所，河南 郑州 450006；2. 国土资源部多金属矿评价与综合利用重点实验室，河南 郑州 450006；3. 江苏迈安德智能装备有限公司，江苏 扬州 225127)

摘　要：某硫化钼尾矿组成复杂，碳酸盐矿物、萤石、粘土矿物等易浮脉石含量较大，实际生产中回收氧化钼钨矿的成本较高。试验采用 Falcon 离心机重选预选、离心精矿再浮选的方法，回收硫化钼尾矿中的氧化钼钨。结果表明，采用 Falcon 重选预选，可提前抛除 51.77% 的尾矿，重选精矿再经 1 次粗选 3 次扫选 1 次预精选和 4 次加温精选，可获得含 Mo 18.92% 和 WO_3 26.79% 的氧化钼钨混合精矿，钼钨回收率分别为 55.29%、62.51%，达到了降低生产成本的目的。该方法对于伴生低品位白钨矿以及氧化钼矿的回收，具有一定的借鉴意义。

关键词：离心选矿机；重选；浮选；氧化钼；白钨矿

中图分类号：TD954　**文献标识码**：B　**文章编号**：1001－0076(2017)04－0040－04

DOI：10.13779/j.cnki.issn1001－0076.2017.04.009

Recovery of Tungsten and Molybdenum Oxides from a Molybdenum Sulfide Tailings by Gravity Concentration and Flotation

CHANG Xueyong[1,2], *SHAO Weihua*[1,2], *GUO Zhenxu*[1,2], *ZHANG Yusheng*[3]

(1. Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Zhengzhou 450006, China; 2. Key Laboratory of Polymetallic Ores Utilization of Ministry of Land and Resources, Zhengzhou 450006, China; 3. Myande Group Co. Ltd., Yangzhou 225127, China)

Abstract: The cost of bulk flotation for tungsten and molybdenum oxides from a molybdenum sulfide tailings is very high because of the existence of many carbonate minerals and clay minerals. In this paper, the process of gravity concentration－flotation was applied to recover the tungsten and molybdenum oxides from the molybdenum tailings. The results of the tests showed that tungsten and molybdenum bulk concentrate contained 18.92% Mo with the recovery of 55.29% and 26.79% WO_3 with the recovery of 62.51% was obtained by a unite technology process, which included gravity concentration with Falcon centrifugal concentrator, the rough concentrate further treated with one stage of roughing, three stages of scavenging, one stage of pre－concentrating and another four stages of heating concentrating. This method provided a reference to the recovery of low－grade white tungsten ore and molybdenum oxide.

Key words: centrifugal concentrator; gravity separation; flotation; molybdenum oxide; scheelite

钼钨是重要的战略金属，广泛应用在化工、冶金、航空航天等社会生产的各个领域[1-2]。钼钨资

* **收稿日期**：2017－03－13

基金项目：国土资源部公益性行业科研专项(201511071)；国土资源部地质调查项目(121201017000160907)；河南省科技攻关项目(172102310192)

万方数据

作者简介：常学勇(1982－)，男，工程师，主要从事浮选药剂及工艺等研究。

源也是我国优势矿产资源。钼矿资源主要以硫化钼为主,氧化钼矿资源较少,以单一浮选方式回收。钨资源包括黑钨矿和白钨矿,黑钨资源易选,产品质量高,造成开发利用过度,资源储量逐渐降低,白钨矿及伴生白钨资源成为今后钨资源开发利用主要来源。

某钼矿钼氧化率为 30% 左右,伴生有白钨矿。为了综合回收硫化钼浮选尾矿中的氧化钼和白钨矿,现场生产中直接对硫化钼尾矿进行氧化钼钨浮选,浮选粗精矿经加温精选获得氧化钼钨混合精矿。但氧化钼钨粗选药剂消耗量较大,粗精矿产率大,品位低,造成加温精选成本很高,经济效益较差。据现场生产计算,氧化钼钨粗精矿加温精选的成本占钼钨浮选总成本的 30% ~40%。为了提高粗精矿品位、降低氧化钼钨回收成本,本文对硫化钼尾矿进行了重选—浮选联合工艺流程回收氧化钼钨矿的试验。

1　样品性质

样品为生产中的硫化钼尾矿,细度 -0.074 mm 占 70.15%,氧化钼、钨矿物的单体解离度达 85%,主要有用矿物有钼钨钙矿、钼钙矿、白钨矿、钼华和少量表面发生氧化的辉钼矿,经物相分析其中氧化钼占总钼的 81.28%,含钨矿物主要为白钨矿,占总钨的 92.15%,主要脉石矿物为方解石、白云石,两者总含量 40%,其次为滑石、蛇纹石、绿泥石、蒙脱石,矿物量约 30%,主要化学成分分析结果见表 1,样品粒度分析结果见表 2。样品中有价元素为钼、钨和磁性铁,本文着重进行钼钨的回收,0.031 mm 以下物料中钨钼的金属量占比分别为38.45%、35.41%。

表 1　样品化学多项分析结果　/%

元素	Mo	WO_3	SiO_2	S	TFe	mFe	Al_2O_3
含量	0.103	0.129	34.68	0.65	4.14	2.51	1.28
元素	CO_3^{2-}	MgO	CaO	CaF_2	K_2O	Na_2O	Zn
含量	11.88	18.89	17.98	6.73	0.78	0.38	0.080

表 2　试样粒度筛析结果

粒级/mm	产率/%	品位/%		金属分布率/%	
		Mo	WO_3	Mo	WO_3
-0.2 +0.15	15.87	0.088	0.102	13.81	12.84
-0.15 +0.10	13.98	0.091	0.113	12.58	12.53
-0.10 +0.074	15.64	0.096	0.092	14.85	11.42
-0.074 +0.045	14.00	0.097	0.109	13.43	12.11
-0.045 +0.031	14.86	0.115	0.133	16.90	15.68
-0.031 +0.020	15.60	0.139	0.217	21.44	26.86
-0.020 +0.010	5.86	0.073	0.116	4.23	5.39
-0.010	4.19	0.067	0.095	2.78	3.16
合计	100.00	0.101	0.126	100.00	100.00

万方数据

2　选矿工艺流程的确定

样品中黏土类和碳酸盐类等易泥化易上浮脉石矿物含量大,是造成矿石难选、选矿成本高的根本原因。采用单一的浮选工艺可以获得较好的的技术指标,但药剂消耗较大,无法获得很好的经济效益。而重选成本低、环境污染小,可初步富集有用矿物,提前脱除尾矿,降低后续作业的入选量[3-5]。探索试验结果显示单一重选工艺无法有效回收该样品中的氧化钼钨,因此试验原则流程确定为重选—浮选联合工艺,采用重选预先将部分黏土类和碳酸盐矿物抛尾,并有效富集白钨矿与氧化钼矿,重选精矿再利用浮选的方法回收氧化钼钨。

单一浮选试验对比,重选—浮选联合工艺氧化钼钨回收率不变,粗精矿品位大幅提高。重选预选作业采用 Falcon 离心选矿机(型号 C40),原则流程见图 1。

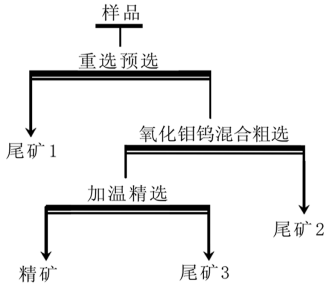

图 1　试验原则流程简图

3　重选预选试验

Falcon 选矿机具有分选范围宽、处理量大等特点,尤其对微细粒级矿物具有较好的重选效果[6]。影响 Falcon 离心选矿机分选效果的主要因素有给矿浓度、给矿速度、离心力大小,为此对样品进行了重选条件试验,试验过程中工艺水压力保持17.2 kPa。

3.1　给矿浓度试验

Falcon 离心选矿机离心力固定为 90 G,给矿速度 3 500 mL/min,不同给矿浓度试验结果见表 3。

表 3　Falcon 离心选矿机给矿浓度试验结果　/%

给矿浓度	精矿产率	品位		金属分布率	
		Mo	WO_3	Mo	WO_3
10	37.41	0.173	0.233	62.83	67.57
20	38.49	0.175	0.230	65.40	68.63
30	39.15	0.169	0.228	64.24	69.20

从表 3 结果可知,样品浓度对重选精矿品位影响不大,但显著影响重选回收率,故确定给矿浓度为 20%。

3.2 给矿速度试验

Falcon 离心选矿机给矿浓度固定 20%,离心力固定为 90 G,进行不同给矿速度试验,试验结果见表 4。

表 4 Falcon 离心选矿机给矿速度试验结果

给矿速度 mL/min	精矿产率/%	品位/%		回收率/%	
		Mo	WO_3	Mo	WO_3
1 440	49.75	0.141	0.193	68.10	74.43
2 460	44.23	0.161	0.221	69.14	75.77
3 500	39.15	0.169	0.228	64.24	69.20
4 620	37.16	0.174	0.233	62.78	67.12

从试验结果可知,给矿速度 2 460 mL/min 最佳。

3.3 离心力试验

固定 Falcon 离心选矿机给矿速度 2 460 mL/min,样品浓度为 20%,进行离心力的大小试验以查看离心力大小对重选抛尾效果影响,试验结果见表 5。

由试验结果可知,随着离心力的增大,钼钨回收率均有增加,品位略有变化,离心力 125 G 为最佳点,故确定离心力大小为 125 G。

表 5 Falcon 离心选矿机离心力试验结果

离心力 /G	精矿产率/%	品位/%		回收率/%	
		Mo	WO_3	Mo	WO_3
90	44.23	0.161	0.221	69.14	75.77
125	48.23	0.154	0.209	72.11	78.14
160	49.75	0.150	0.199	72.45	76.75
195	45.28	0.155	0.205	68.14	71.96

因此采用 Falcon 离心选矿机重选,在给矿速度 2 460 mL/min,样品浓度为 20%,离心力 125 G,可抛除 51.77% 的尾矿,Mo 和 WO_3 作业回收率分别为 72.11%、78.14%。

4 Falcon 重选精矿浮选试验

对于低品位氧化钼钨矿,单纯重选不能获得较高的富集比[5],重选精矿需经过浮选才获得高品位精矿。

4.1 碳酸钠用量试验

固定水玻璃作业用量 4 000 g/t,捕收剂脂肪酸改性产品 T9 作业用量 300 g/t,进行碳酸钠作业用量试验,结果见图 2。

万方数据

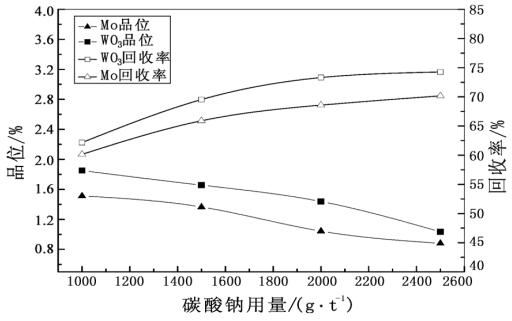

图 2 碳酸钠作业用量试验结果

由图 2 可知,随着碳酸钠用量的增加,钼钨回收率逐渐提高,粗精矿品位逐渐减低,2 000 g/t 后增幅较小,故确定碳酸钠作业用量 2 000 g/t,对样品用量为 965 g/t。

4.2 水玻璃用量试验

确定碳酸钠作业用量为 2 000 g/t,固定捕收剂 T9 作业用量 300 g/t,进行水玻璃作业用量试验,结果见图 3。

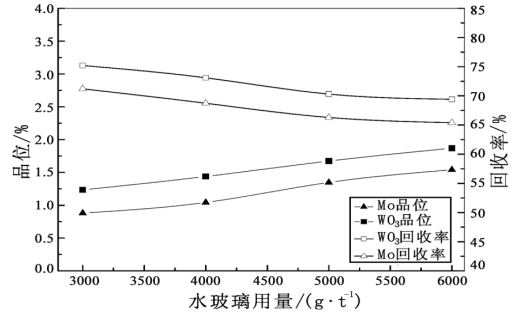

图 3 水玻璃作业用量试验结果

由图 3 可知,水玻璃用量的变化对回收率影响相对较小,但总体上呈现用量增加回收率降低、品位提高的趋势,综合考虑回收率与品位确定水玻璃用量为 5 000 g/t。

4.3 捕收剂用量试验

固定碳酸钠用量 2 000 g/t,水玻璃 5 000 g/t,对捕收剂 T9 的作业用量进行试验,结果见图 4。图 4 结果表明,捕收剂用量对粗精矿品位及回收率有很大影响,为兼顾回收率和粗精矿品位,确定捕收剂 T9 作业用量 400 g/t,对样品用量为 192 g/t。

4.4 粗选全流程试验

确定重选精矿的各浮选参数后,进行全流程的闭路试验。闭路试验中捕收剂用量略有调整,具体试验流程见图 5,全流程试验结果见表 6。

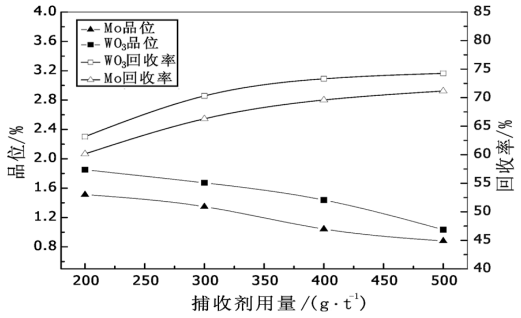

图 4　捕收剂 T9 作业用量试验结果

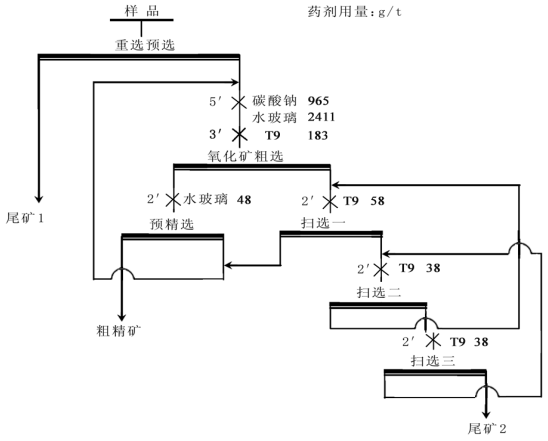

图 5　粗选闭路试验流程

表 6　粗选闭路试验结果　　/%

产品名称	产率	Mo 品位	WO_3 品位	Mo 回收率	WO_3 回收率
粗精矿	4.76	1.269	1.797	58.62	66.32
尾矿 2	43.47	0.032	0.032	13.49	11.82
尾矿 1	51.77	0.056	0.055	27.89	21.86
合计	100.00	0.103	0.129	100.00	100.00

表 6 表明,采用重选预选可提前抛除产率达 51.77% 的尾矿,浮选粗精矿品位为 Mo 1.269%、WO_3 1.797%,较生产粗精矿品位(Mo 0.426%、WO_3 0.867%)大幅提高。由于进入加温精选的粗精矿产率大幅下降,生产成本明显降低。

经捕收剂作用后方解石、萤石的可浮性与白钨矿极为相似[7],这一点在氧化钼钨混合粗精矿精选中也有充分体现,需要经过加温脱药处理。混合粗精矿精选确定加温精选过程为:将粗精矿浓缩到 60% 的浓度,添加氢氧化钠 300 g/t(对浮选粗精矿),水玻璃 40 kg/t(对浮选粗精矿),在 93 ℃的温度下搅拌 45 min 后稀释到 30% 的浓度,再进行 4 次常温精选。浮选粗精矿加温精选后可获得品位为 Mo 18.92%、WO_3 26.79%,回收率为 Mo 55.29%、WO_3 62.51%,回收率较生产变化不大。

5　结 论

(1)某硫化钼浮选尾矿有用矿物为白钨矿、钼钨钙矿、钼钙矿、钼华;主要脉石矿物为方解石、白云石,其次为滑石、蛇纹石、绿泥石、蒙脱石,矿石中黏土类矿物和碳酸盐类矿物含量大是造成选矿成本高的根本原因。

(2)采用 Falcon 离心选矿机重选,可抛除 51.77% 的尾矿,Mo 和 WO_3 作业回收率分别是 72.11%、78.14%,大幅降低后续作业的入选矿量。

(3)重选预选后,氧化钼钨混合粗精矿的品位是现场生产粗精矿品位的 2 倍,则加温精选入选的矿物量减少 50%,间接降低了加温精选成本。

(4)重选预选精矿采用一次粗选三次扫选一次预精选的浮选流程获得粗精矿,粗精矿浓缩后加温精选可获得含 Mo 和 WO_3 分别为 18.92%、26.79% 的氧化钼钨混合精矿,Mo 和 WO_3 回收率分别为55.29%、62.51%,后续通过冶金处理对钨钼进行分离。

参考文献:

[1] 艾光华,刘炯天. 钨矿选矿药剂和工艺的研究现状及展望[J]. 矿山机械,2011(4):1-6.
[2] 张艳娇,赵平,刘广学,等. 某低品位钼矿选矿试验研究[J]. 金属矿山,2010(5):60-633.
[3] 陶有俊,陶东平,刘炯天,等. Falcon 离心分选机对细粒煤的脱硫试验研究[J]. 金属矿山,2004(2):41-43.
[4] 徐德明. 用重选预选铅锌浮选尾矿中低品位白钨矿的研究[J]. 有色矿山,1993(2):41-44.
[5] 张光伟,崔学奇. 重选在我国尾矿综合回收利用中的应用现状[J]. 矿业研究与开发,2012(8):43-46.
[6] 温雪峰,潘彦军,何亚群,等. Falcon 选矿机的分选机理及其应用[J]. 中国矿业大学学报,2006(3):341-346.
[7] 赵磊,邓海波,李仕亮,等. 白钨矿浮选研究进展[J]. 现代矿业,2009(9):15-18.

引用格式:常学勇,邵伟华,郭珍旭,等. 重选—浮选联合回收某硫化钼尾矿中氧化钼钨矿[J]. 矿产保护与利用,2017(4):40-43.
CHANG X Y, SHAO W H, GUO Z X, et al. Recovery of tungsten and molybdenum oxides from a molybdenum sulfide tailings by gravity concentration and flotation[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2017(4): 40-43.

万方数据