

高氧化率辉钼矿的柱式分选*

吕发奎, 刘炯天

(中国矿业大学化工学院, 徐州, 221008)

摘要:高氧化率辉钼矿的分选是选矿领域的难题,用常规浮选机浮选很难达到满意的效果。采用柱式分选工艺流程对河南某高氧化率辉钼矿进行了不同的流程试验,一次粗选两次精选流程对全粒级矿石分选,作业平均回收率为54.76%,钼精矿品位平均为29.08%,相比浮选机全流程作业回收率高出8.80%,钼精矿品位高10.31%。该法为氧化辉钼矿的分选做出了有益的探索。

关键词:高氧化率辉钼矿;柱式分选;钼精矿;回收率

中图分类号:TD954;TD456 文献标识码:B 文章编号:1001-0076(2008)04-0029-04

Column Processing of High-oxidative Molybdenite Ores

LV Fa-kui, LIU Jiong-tian

(School of Chemical Engineering and Technology, China University of Mining Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

Abstract: High-oxidative molybdenite ore was a difficulty in mineral processing. Satisfactory results were hardly achieved to process it using the traditional floatation machines. Tests had been done to processing high-oxidative molybdenite in He'nan by using cyclonic-static micro-bubble floatation column in this paper. A molybdenum concentrate with grade of 29.08% Mo and a recovery of 54.76% were obtained by the floatation column flowsheet consisting of one roughing and two cleanings when separating full size range of ores. Compared with the traditional floatation flowsheet, a molybdenum concentrate grade and recovery increased by 10.31% and by 8.80% respectively. This method was beneficial for the extending study on oxidative molybdenite ores.

Key words: high-oxidative molybdenite; column processing; molybdenum concentrate; recovery

辉钼矿是一种天然易浮的矿石,但是由于其复杂的成矿因素和伴生矿物浮选行为的影响,不同矿石类型的辉钼矿表现出程度不等的可浮性变化。氧化后的辉钼矿可浮性下降,而且氧化程度越高,可浮性越差^[1]。河南某矿辉钼矿的氧化率较高,最高可达30%,采用传统的浮选机流程,最终精矿品位仅有18%,回收率45%。

旋流-静态微泡浮选柱是近年来选矿领域内发展和应用较快的新型分选设备。与传统的浮选机相比,该设备在提高精矿品位的同时,在提高回收率方

面有着更为明显的优势,因而在全国选煤厂和金属矿山选矿厂得到了广泛的应用。

2006年该矿与中国矿业大学合作,采用柱式分选流程对该高氧化率辉钼矿进行了半工业分流系列试验,取得了满意的分选效果。

1 矿石性质

1.1 矿石分析

对原矿进行了化学多项分析,结果见表1。

* 收稿日期:2008-03-25;修回日期:2008-04-10

基金项目:国家杰出青年科学基金项目(项目编号:50425414)

作者简介:吕发奎(1974-),男,陕西华县人,在读博士研究生,主要研究方向金属矿选矿。

表1 原矿化学多项分析结果(%)

元素	Mo	WO ₃	S	Fe	Cu	Pb	Zn	CaO
含量	0.173	0.11	0.36	3.94	0.014	0.005	0.053	20.08
元素	MgO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	Bi	P	Au
含量	17.91	0.15	0.19	0.51	36.07	0.003	0.006	0.42

注: Au 含量单位为 g/t。

从表1可知,原矿矿石中钼和钨为可回收利用的矿物,其它矿物没有回收价值。

1.2 物相分析

原矿的物相分析结果见表2。

表2 原矿钼物相分析结果(%)

分析项目	钼品位	钼分布率
钼华、铁钼华中钼	0.026	14.76
钼钨钙矿中钼	0.001	0.55
彩钼铅矿中钼	0.024	13.99
二硫化钼中钼	0.122	70.70
合 计	0.173	100.00

从表2可以看出:金属钼主要赋存形式是辉钼矿,其余为钼华、铁钼华和彩钼铅矿。钼矿的氧化率为29.3%。

1.3 矿物成分分析

经显微镜和X衍射分析,该矿石的矿物成分组成为:主要有用矿物是辉钼矿、白钨矿,微量矿物有钼华、彩钼铅矿、钼钨钙矿;金属矿物(硫化物及氧化物)主要是磁铁矿,其次是褐铁矿、赤铁矿、黄铁矿,微量的有黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、辉铜矿、磁黄铁矿、斑铜矿、铜蓝、孔雀石、自然金(1颗);脉石矿物主要是石英、方解石、绿帘石,其次是斜长石、透辉石、蛇纹石、滑石、绿泥石、阳起石,微量的有黑云母、萤石、石榴子石、锆石、金红石、高岭石。

可以看出该矿石为脉石型辉钼矿,矿石中除了钼外,主要是磁铁矿和脉石矿物,另外含有大量的黄铁矿、褐铁矿、赤铁矿和长石、滑石、绿泥石等矿物。

2 试验设备和药剂

分流试验的设备为中国矿业大学自备的一套独立4柱联合系统、配套的辅助设备及自动控制系统,该系统的特点是可以根据不同的目的进行不同分选流程的灵活调整。主要设备见表3。

试验采用的药剂和生产现场相同。主要有:捕收剂为煤油;起泡剂为2号油;抑制剂为水玻璃。

表3 浮选柱半工业分流试验系统设备表

设备名称	规格型号	台数	电机数(kW)	备注
搅拌调浆桶	Φ1000×1000	2	2.2	粗扫选调浆
分流搅拌桶	Φ500×500	2	3.0	精一、二调浆
浮选柱Ⅰ	Φ400×3 800	2	-	粗选、扫选
浮选柱Ⅱ	Φ300×3 800	1	-	精一
浮选柱Ⅲ	Φ250×3 800	1	-	精二
固液两相渣浆泵	25LZ-200	2	7.5	扬程20 m
固液两相渣浆泵	50LZ-270	2	11.0	扬程25 m
给料泵	1PN 泥浆泵	4	3.0	扬程10 m
尾矿返回泵	1PN 泥浆泵	1	3.0	扬程10 m
合 计			16	62

3 柱式分流试验和结果分析

本试验的目的是采用一次粗选两次精选柱式分流流程来代替现场一次粗选三次扫选十次精选的浮选机全分选流程,提高高氧化率辉钼矿的分选作业回收率和钼精矿的品位。

生产现场矿石分析结果显示:高氧化矿主要集中在细粒级部分,考虑可以将这部分难选矿石单独拿出来分选,以减轻全流程的分选压力;另外进行柱式全粒级分选,与现有浮选机流程对比。因此根据预先讨论方案,分别进行了细泥分选和全粒级流程分选的分流试验。

试验流程图见图1。

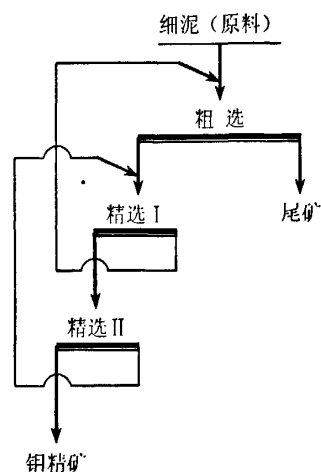


图1 细泥/全粒级分流试验流程图

3.1 细粒级分选试验

首先进行了条件探索试验,根据确定的最佳操

作条件进行了稳定性试验,最后进行了连续运转试验。

细泥分选流程试验的药剂制度:粗选用水玻璃 20~35 kg/t,煤油 350 g/t,2#油 200 g/t;精选一用水玻璃 1.0 kg/t;精选二用水玻璃 0.5 kg/t。操作参数为:处理量 5~6 t/d;矿浆浓度 14%~20%;入料细度-320 目 80%~90%;矿浆 pH 值 9.5~10;循环泵压力:粗选 0.16 MPa,精选一 0.27 MPa,精选二 0.20 MPa;矿浆温度:粗选 12~18 ℃,精选 14~20 ℃;充气量(阀门开度):粗选 20%~40%,精选 10%~15%;液位高度:粗选 0.720~0.760 m,精选一 0.600~0.630 m,精选二 0.450~0.490 m。

稳定性试验结果见表 4。

表 4 细粒级分选流程条件试验结果(%)								
班次	浮选柱				浮选机(全粒级)			
	原矿	精矿	尾矿	回收率	原矿	精矿	尾矿	回收率
1	0.169	18.40	0.070	58.80	0.186	22.17	0.09	51.82
2	0.198	21.60	0.082	58.81	0.195	18.58	0.121	37.95
3	0.180	20.45	0.078	56.88	0.217	18.83	0.117	46.37
4	0.210	26.38	0.083	60.67	0.204	17.96	0.102	50.29
平均	0.189	21.71	0.078	58.94	0.201	19.39	0.108	46.53

从表 4 可以看出,在上述的操作条件和药剂制度下:(1)采用一次粗选两次精选的柱式分选流程,分选作业平均回收率为 58.94%,比浮选机全流程的回收率高出 12.41%;(2)钼精矿品位平均为 21.71%,比浮选机全流程高出 2.32%。在条件试验的基础上又进行了 72 h 的连续运转,结果见表 5。

表 5 细粒级分选连续运转试验结果(%)				
班次	入料品位	精矿品位	尾矿品位	回收率
1	0.193	19.62	0.079	59.31
2	0.205	18.43	0.081	60.75
3	0.186	20.02	0.078	58.29
4	0.173	17.95	0.084	51.69
5	0.192	19.74	0.082	57.53
6	0.210	21.68	0.083	60.71
平均	0.193	19.57	0.081	58.27

从表 5 连续运转的结果可以看出:(1)分选作业平均回收率为 58.27%,钼精矿品位平均为 19.57%。回收率和钼精矿品位均比条件试验稍低,这是因为系统循环时间长,调浆系统容易有细泥积聚现象,另外分选设备循环量和吸气口容易产生部分

堵塞,影响分选效果。(2)连续试验结果表明,采用柱式分选一次粗选两次精选流程,对细泥部分分选可以获得比较满意的分选效果。(3)上述试验结果充分说明了柱式分选在细粒级分选方面的优势。细粒级分选所获得的产品进入总产品对全粒级流程回收率和钼精矿品位的提高是有贡献的。

上述试验结果表明,将高氧化的细泥部分预先分离出来进行分选是可行的,用来处理该氧化率较高的钼矿石是一种有效途径。

3.2 全粒级流程分流试验

用柱式分选流程对全粒级矿石进行了分选。

全粒级矿石分选的药剂制度:粗选用水玻璃 15~22 kg/t,煤油 800 g/t,2#油 170 g/t;精选一用水玻璃 2.0 kg/t;精选二用水玻璃 1.0 kg/t。操作参数为:处理量 10~12 t/d;矿浆浓度 25%~30%;入料细度-320 目 70%~75%;矿浆 pH 值 8~9;循环泵压力:粗选 0.14 MPa,精选一 0.27 MPa,精选二 0.20 MPa;矿浆温度:粗选 12~18 ℃,精选 14~20 ℃;充气量(阀门开度):粗选 30%~50%,精选 10%~15%;液位高度:粗选 0.620~0.680 m,精选一 0.460~0.500 m,精选二 0.00~0.430 m。

条件试验结果见表 6。

表 6 全粒级矿石条件试验结果(%)								
班次	浮选柱				浮选机			
	原矿	精矿	尾矿	回收率	原矿	精矿	尾矿	回收率
1	0.195	29.49	0.092	52.99	0.186	19.67	0.108	42.17
2	0.187	26.47	0.087	53.65	0.212	17.85	0.111	47.94
3	0.197	31.89	0.093	52.95	0.194	18.11	0.098	49.55
4	0.195	30.71	0.087	50.41	0.190	16.38	0.108	43.16
5	0.191	30.54	0.086	55.13	0.188	18.20	0.104	44.94
平均	0.193	29.82	0.089	54.05	0.194	18.04	0.106	45.63

从表 6 可以看出,在上述的操作条件和药剂制度下:(1)采用一次粗选两次精选的柱式分选流程,全粒级流程的分选作业平均回收率为 54.05%,比浮选机全粒级流程的回收率高出 8.42%;(2)钼精矿品位平均为 29.82%,比浮选机全粒级流程高出 11.78%。对全粒级矿石进行了 72 h 连续运转分流试验,结果见表 7。

从表 7 全粒级分流试验连续运转的结果可以看出:(1)全粒级连续运转分流试验的分选作业平均回收率为 54.76%,钼精矿品位平均为 29.08%;相

表7 全粒级分流试验连续运转结果(%)

班次	浮选柱				浮选机			
	原矿	精矿	尾矿	回收率	原矿	精矿	尾矿	回收率
1	0.183	28.40	0.091	50.43	0.195	20.02	0.108	44.86
2	0.198	27.62	0.087	56.24	0.193	18.36	0.113	41.71
3	0.193	29.45	0.082	57.67	0.207	18.83	0.117	43.75
4	0.204	31.38	0.094	54.08	0.189	17.76	0.102	46.30
5	0.186	27.69	0.089	52.32	0.195	18.29	0.098	50.01
6	0.213	29.92	0.094	56.04	0.203	19.37	0.106	48.05
平均	0.196	29.08	0.089	54.76	0.197	18.77	0.107	45.96

比浮选机全粒级流程作业回收率高出 8.80%，钼精矿品位高 10.31%。(2)连续运转分流试验结果和条件试验结果相当，没有出现细粒级分选那样大的差别，是因为全粒级中细泥含量相对低，积聚现象较少，同时采取了措施减少了设备堵塞现象。(3)表 5 和表 7 结果对比可以看出，相对于细粒级分选，全粒级分选的钼精矿品位有较大提高，但是回收率下降，表明高氧化率细泥部分钼矿可浮性较差，不易获得较高的精矿品位；全粒级的矿石粒度较粗，解离度降低，因而回收率会出现下降。

上述试验结果充分说明：柱式分选在提高高氧化率辉钼矿分选的回收率和精矿品位方面有着比较

明显的分选优势。同时用柱式分选一次粗选两次精选流程代替浮选机流程，可以大大简化工艺流程。

4 结论

(1)采用柱式分选一次粗选两次精选流程对细粒级矿石分选，平均回收率为 58.27%，钼精矿品位平均为 19.57%，因此细粒级物料分离出来用柱式流程分选是可行的。

(2)采用柱式分选一次粗选两次精选流程对全粒级矿石分选，作业平均回收率为 54.76%，钼精矿品位平均为 29.08%；相比浮选机全粒级流程作业回收率高出 8.80%，钼精矿品位高 10.31%。

(3)采用柱式分选对该高氧化率辉钼矿进行分选获得了满意的分选效果，表明柱式分选对于高氧化率辉钼矿有着很好的适应性和更高的分选效率。

参考文献：

- [1] 张文钰,李枢本. 钼矿选矿[M]. 北京:冶金工业出版社, 1989, 10.
- [2] 河南某矿钼矿选矿工艺试验报告[R]. 西北有色地质研究院, 2005, 10.

非金属矿专用浮选机研制成功

非金属矿物之间的密度差小,应用重选分离的可能性较小,除用磁选可分离、提纯部分矿物外,大多数非金属矿物需要用浮选技术进行分离,如:硅酸盐与碳酸盐矿物的分离;长石与石英的分离;蓝晶石、硅线石、红柱石与脉石矿物的分离;磷灰石的选别。这些矿物之间的可浮性相近,需要加入高效抑制剂和活化剂后,才能实现分离。但这种药剂制度往往在小型试验中得以实现,而在工业中应用则存在较大问题。

大量试验研究表明,非金属矿的浮选技术除选别药剂制度外,其浮选设备性能的好坏,也影响着浮选指标。目前非金属矿所用浮选机不是针对非金属矿的专用浮选机,而是直接照搬用于金属矿选别的浮选机。由于金属矿和非金属矿的浮选特征并不一样,非金属矿选别要求浮选机搅拌力适中,充气量可以控制,气泡的大小和稳定性要好,气泡之间的

兼并性要适中、矿浆液面平稳。此外,金属矿物通常具有良好的被捕收性能和附着能力,而非金属矿物对不同的 pH 值和不同的调整剂更敏感。这些差别决定了非金属矿浮选有其特有的规律。目前的浮选设备满足不了非金属矿物分选的要求。

因此,中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所在多年非金属矿选别经验的基础上,对浮选机进行了重新设计,研制出了适合非金属矿选别的专用浮选机。目前研制成功两种型号的浮选机, FZF-0.37m³ 和 FZF-1.2m³,正在设计 FZF-4m³ 非金属矿专用浮选机。

对蓝晶石矿石进行了浮选试验,结果表明:与同体积的其它浮选机相比,采用非金属矿专用浮选机蓝晶石精矿 Al₂O₃ 含量提高了 1.91%,而 Al₂O₃ 回收率提高 7.59%,其选别效果显著,有望在其它非金属矿上推广应用。