

新型脂肪酸协同螯合类捕收剂对黑钨矿与脉石矿物浮选行为的影响

付广钦^{1,2,3}, 周晓彤^{1,2,3}

1. 广东省科学院资源综合利用研究所, 广东 广州 510650;
2. 稀有金属分离与综合利用国家重点实验室, 广东 广州 510650;
3. 广东省矿产资源开发和综合利用重点实验室, 广东 广州 510650

中图分类号: TD923⁺.13 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2021)02-0028-06
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2021.02.005

摘要 螯合类捕收剂与脂肪酸类捕收剂的组合使用是黑钨矿浮选的重要研究方向。采用单矿物试验方法研究了GYB螯合捕收剂和731、GYR、TAB-3三种代表性脂肪酸类捕收剂联用对黑钨矿和脉石矿物浮选行为的影响,并采用表面电位测定、红外光谱测定方法,对GYB、TAB-3以及两种捕收剂联用的作用机理进行了探讨。结果表明:GYB与脂肪酸捕收剂联用,三种组合捕收剂均使黑钨矿浮选最高回收率提高至70%以上,捕收剂总用量降低约1/2;联用时三种脂肪酸捕收剂中TAB-3药剂对黑钨矿的捕收能力最强,黑钨矿回收率为78%,对萤石、石英、方解石脉石矿物的捕收能力最弱;GYB与TAB-3联用使黑钨矿表面动电位负移,黑钨矿表面红外光谱中GYB的C=N伸缩振动吸收峰和TAB-3的C-H伸缩振动峰均向高波数移动,捕收剂在黑钨矿的表面吸附能力比单独使用时增强,存在化学吸附形式。

关键词 黑钨矿;TAB-3捕收剂;浮选;机理

浮选是回收细粒级黑钨矿的主要方法^[1],其关键在于捕收剂的选择^[2]。黑钨矿浮选常用捕收剂包括羧酸类捕收剂、膦酸类捕收剂、肿酸类捕收剂、螯合类捕收剂以及组合捕收剂,较常用的为螯合类捕收剂和组合捕收剂^[3]。

螯合类捕收剂对黑钨矿选择性捕收能力强,但存在疏水能力弱、药剂用量大的难点^[4]。目前,黑钨捕收剂的研发方向包括新型捕收剂的研发和组合用药^[5-6]。常用的捕收剂组合为螯合类捕收剂与脂肪酸类捕收剂组合,黑钨矿浮选的螯合剂通常为羟肟酸类药剂,如广州有色金属研究院(现广东省科学院资源综合利用研究所)研发的GYB药剂^[7-9],为典型的羟肟酸类螯合捕收剂,已在湖南柿竹园多金属矿等多家矿山中应用。脂肪酸类捕收剂捕收能力强、选择性差,螯

合类捕收剂选择性强、疏水能力弱,将脂肪酸类捕收剂与螯合类捕收剂组合使用能发挥正的协同效应^[10-11],并在生产实践中得到广泛的应用。脂肪酸类药剂成本普遍低于羟肟酸类捕收剂,如731氧化石蜡皂以及广州有色金属研究院自主研发的改性脂肪酸类药剂GYR^[6]、TAB-3^[12]等。若将这两类药剂组合使用有利于降低羟肟酸类药剂用量,进而降低药剂成本。

本研究从组合用药角度对黑钨矿的浮选影响和捕收机理进行研究,以GYB药剂为螯合捕收剂,通过单矿物试验研究了三种代表性脂肪酸类捕收剂对该体系下黑钨矿浮选行为的影响,并采用表面电位测定、红外光谱测定等方法对螯合捕收剂GYB、选择性较好的TAB-3捕收剂以及两种药剂联用的作用机理进行了探讨。

1 试验原料、药剂及方法

1.1 原料

试验用黑钨矿单矿物取自江西省大吉山钨矿。原矿中选取结晶好的块矿,经重选、磁选除杂后,人工碎至 -0.074 mm ,作为试验用。该单矿物矿样含 WO_3 75.47%,纯度大于97%。

试验用脉石矿物选取萤石、石英和方解石三种单矿物,萤石单矿物取自甘肃某萤石矿,石英和方解石单矿物均取自广东某矿。将单矿物除杂后,经瓷球磨磨细,取 $0.038\sim 0.074\text{ mm}$ 粒级作为试验用。萤石单矿物纯度达97.13%;石英单矿物纯度达99.13%;方解石单矿物纯度达99.33%,均满足单矿物试验要求。

1.2 药剂

试验用捕收剂选取 GYB、TAB-3、GYR、731,均为工业品药剂。GYB 为羟肟酸类捕收剂, TAB-3、GYR 为自主研发的改性脂肪酸类捕收剂, 731 为氧化石蜡皂,是常规的脂肪酸捕收剂。试验用盐酸、氢氧化钠、硝酸铅等调整剂均为分析纯。

1.3 试验方法

1.3.1 单矿物浮选试验

单矿物浮选试验是在 XFGC II 型挂槽式浮选机中进行,浮选槽容积为 40 mL,主轴转速为 1 950 r/min,浮选温度为 25 ℃。试验操作流程:每次试验称取矿样 3 g,采用一次蒸馏水调浆后,依次加入调整剂、捕收剂,经 PHS-3C 型 pH 计测定 pH 值后浮选,浮选时间为 4 min;泡沫产品和槽内产品烘干、称重,计算回收率。

1.3.2 表面电位测定

表面电位测定采用 DELSA-440SX 型 Zeta 电位分析仪。试验操作流程:取 -0.002 mm 粒级矿样 30 mg 置于烧杯中,加入 40 mL 蒸馏水,按照与浮选试验相同的条件加药调浆,采用磁力搅拌器搅拌 5 min,静置后取上层清液进行 Zeta 电位测定。每个样品测定三次,取平均值。

1.3.3 红外光谱分析

红外光谱分析采用日本岛津红外光谱仪进行。试验操作流程:取 -0.002 mm 粒级黑钨矿单矿物 3 g,与捕收剂溶液作用搅拌 20 min,自然过滤;用一次蒸馏水滤洗 3 次后,将样品放进真空干燥机干燥,制样后采用

红外光谱仪检测。

2 试验结果与讨论

2.1 单矿物浮选试验研究

单矿物试验以 GYB 作为黑钨矿的螯合捕收剂开展,并选取三种代表性脂肪酸类捕收剂 TAB-3、GYR、731,考查了螯合捕收剂与脂肪酸类捕收剂的组合使用效果。

2.1.1 矿浆 pH 值对单一捕收剂浮选黑钨矿的影响

螯合捕收剂 GYB 用量为 $500\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,三种脂肪酸辅助捕收剂用量均为 $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,在单一捕收剂体系下,考察了 pH 值对黑钨矿单矿物浮选的影响,试验结果见图 1。

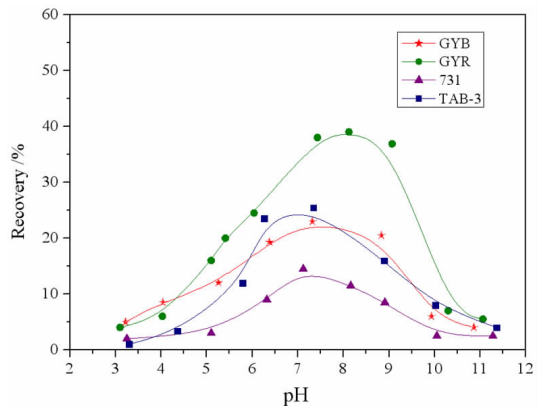


图1 pH 对黑钨矿浮选回收率的影响

Fig. 1 Relationship of pH and collecting capability on wolframite

由图 1 可见,随着 pH 值升高,黑钨矿回收率先逐渐升高后降低。浮选 pH 值过低或者过高时,黑钨矿浮选回收率均较差。在四种捕收剂中, GYB 的适宜 pH 范围较宽,最佳作用 pH 为 6~9.5。三种脂肪酸捕收剂的适宜 pH 范围较窄, TAB-3、GYR、731 的适宜 pH 区间分别为 6~7、6.5~7.5、6.5~9。综合各捕收剂对黑钨矿浮选的最佳作用 pH 区间,组合捕收剂 GYB + TAB-3、GYB + GYR、GYB + 731 试验的 pH 分别选择 6.5、7.5、7。

2.1.2 GYB 用量对黑钨矿浮选的影响

pH=6.5 时,硝酸铅用量为 $75\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,在添加硝酸铅和不添加硝酸铅条件下,考察了 GYB 药剂用量对黑钨矿浮选的影响,试验结果见图 3。

由图 3 可见,仅采用 GYB 作捕收剂时,其用量大于 $1.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,才能达到较高的黑钨矿回收率。添

加硝酸铅可强化 GYB 对黑钨矿捕收能力。当 GYB 用量小于 $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,硝酸铅的活化作用更显著。硝酸铅的活化理论研究较多,普遍认为^[13-14]硝酸铅在矿物表面生成羟基络合物 $\text{Pb}(\text{OH})^+$ 和沉淀 $\text{Pb}(\text{OH})_2$,使黑钨矿表面电位由负变正,从而与羟肟酸药剂的结合能力增强。也有研究^[15]发现,将羟肟酸与硝酸铅预先混合生成金属有机配合物,对钨矿物的捕收性能和选择性具有优势。

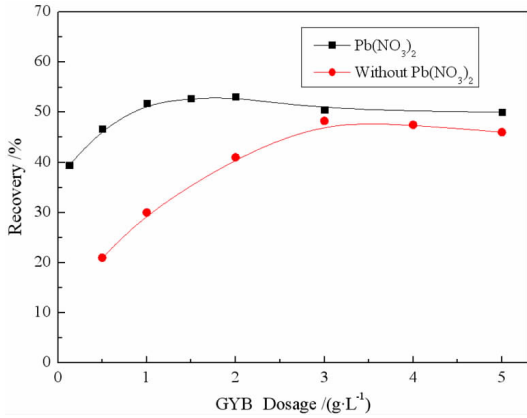


图2 GYB 药剂用量对黑钨矿浮选的影响

Fig. 2 The results of GYB dosage test of wolframite flotation

2.1.3 组合捕收剂对黑钨矿的浮选影响研究

为了考察减少螯合捕收剂用量的可行性,将螯合捕收剂 GYB 分别与三种脂肪酸类捕收剂组合使用,固定 GYB 用量 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、硝酸铅用量 $75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,考察了这三种组合对黑钨矿的捕收性能,试验结果见图 3。

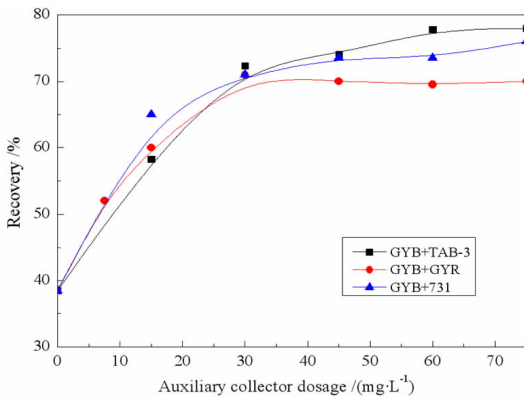


图3 脂肪酸捕收剂用量对黑钨矿浮选的影响

Fig. 3 The results of fatty acid collector dosage test of wolframite flotation

由图 3 可见,随着辅助捕收剂用量逐渐增加,黑钨矿回收率也随之提高至稳定。当辅助捕收剂用量小于 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,三种脂肪酸药剂对黑钨矿捕收能力顺

序为: $731 > \text{GYR} > \text{TAB}-3$ 。当辅助捕收剂用量大于 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,黑钨矿回收率逐渐趋于平衡,对黑钨矿捕收能力顺序为: $\text{TAB}-3 > 731 > \text{GYR}$ 。与仅采用螯合捕收剂 GYB 时相比,三种组合捕收剂均使黑钨矿浮选最高回收率提高至 70% 以上,而 GYB 和 $\text{TAB}-3$ 药剂联用时黑钨矿浮选回收率最高,为 78%。GYB 捕收剂用量由 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 降低至 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,捕收剂总用量降低约 1/2。捕收剂联用可达到提高黑钨矿浮选效率、降低药剂成本的目的。

2.1.4 组合捕收剂对脉石矿物的浮选影响

为了研究三种组合捕收剂的捕收性能,固定 GYB 用量 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,水玻璃用量 $1250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,硝酸铅用量 $75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,考察了三种组合捕收剂对萤石、石英和方解石脉石矿物浮选的影响,试验结果见图 4、图 5、图 6。

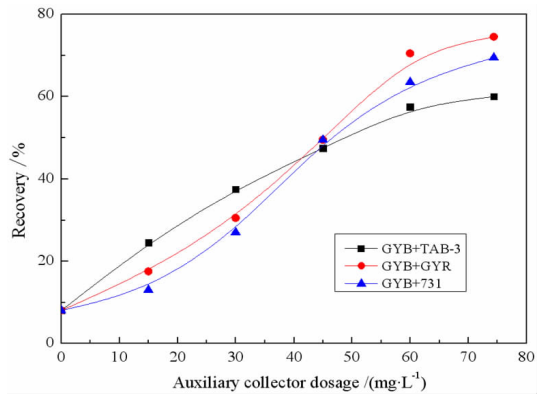


图4 脂肪酸捕收剂用量对萤石浮选的影响

Fig. 4 The results of fatty acid collector dosage test of fluorite flotation

由图 4 可见,随着辅助捕收剂用量增加,萤石的回收率随之提高。三种组合捕收剂中,采用 $\text{TAB}-3$ 作

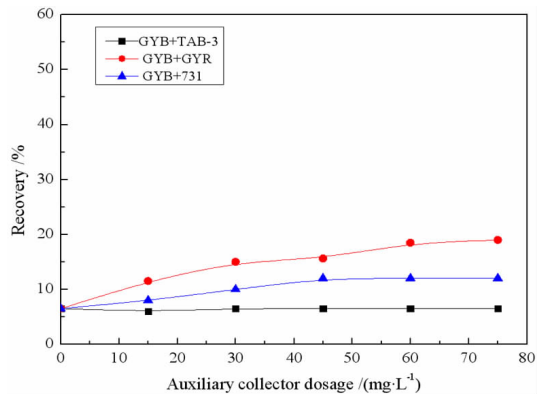


图5 脂肪酸捕收剂用量对石英浮选的影响

Fig. 5 The results of fatty acid collector dosage test of quartz flotation

辅助捕收剂时,萤石回收率的上升趋势最慢,GYR 的上升趋势最快。当辅助捕收剂用量大于 $45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,辅助捕收剂对萤石的捕收能力顺序为:GYR > 731 > TAB-3, TAB-3 对萤石的捕收能力最弱。

由图 5 可见,三种辅助捕收剂的添加对石英的浮选效果不明显,石英的回收率略有提高,三种辅助捕收剂对石英捕收能力顺序为:GYR > 731 > TAB-3,采用 TAB-3 作辅助捕收剂时的石英回收率最低。

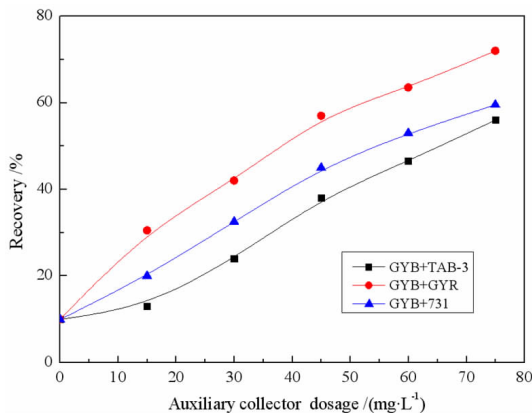


图 6 脂肪酸捕收剂用量对方解石浮选的影响

Fig. 6 The results of fatty acid collector dosage test of calcite flotation

由图 6 可见,随着辅助捕收剂用量的增加,方解石的回收率随之提高。三种辅助捕收对方解石捕收能力顺序为:GYR > 731 > TAB-3,采用 GYR 作辅助捕收剂时方解石回收率最高,采用 TAB-3 时的方解石回收率最低。

综合比较,对于黑钨矿,GYB 与 731、GYR、TAB-3 三种脂肪酸药剂组合使用后,可提高黑钨矿浮选效率,三种组合捕收剂获得的黑钨矿浮选最高回收率接近,但是三种组合捕收剂对脉石矿物的浮选回收率却有较大的差别。在与 GYB 协同联用时,三种组合捕收剂对脉石矿物的捕收能力关系大小为:GYB + GYR > GYB + 731 > GYB + TAB-3。当采用 GYB + TAB-3 作组合捕收剂时,黑钨矿与脉石之间的回收率差异最大,选择性捕收效果最佳。

2.2 黑钨矿表面电性研究

浮选药剂在固-液界面的吸附,通常会受到矿物表面电性的影响或影响矿物表面电性。图 7 为不同捕收剂体系下黑钨矿表面动电位与 pH 的关系图。捕收剂用量均为 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,组合捕收剂中 GYB 与 TAB-3 的比例为 3:1。

由图 7 可见,在试验范围内,黑钨矿表面均带负电。加入捕收剂后,黑钨矿表面动电位整体负移,三种

捕收剂体系下黑钨矿 Zeta 电位负移程度大小顺序为 GYB + TAB-3 > TAB-3 > GYB,与单一捕收剂相比,采用组合捕收剂时黑钨矿表面动电位负移程度更大。GYB、TAB-3 药剂均为阴离子捕收剂,不利于捕收剂在矿物表面静电吸附。由此推测,GYB 与 TAB-3 药剂在黑钨矿表面可能存在氢键或者化学吸附。此外,两种捕收剂的组合使用增强了捕收剂在黑钨矿的表面吸附能力,使黑钨矿表面电位负移程度增大。

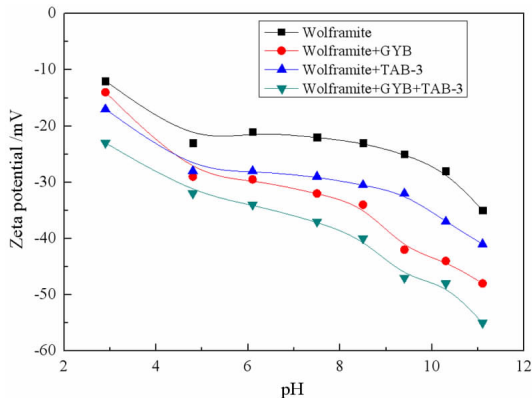


图 7 黑钨矿表面 Zeta 电位与 pH 的关系

Fig. 7 Relationship between pH and Zeta potential of wolframite with different collectors

2.3 红外光谱分析

2.3.1 捕收剂红外光谱分析

图 8 为螯合捕收剂 GYB 药剂的红外光谱图。图中 3298.4 cm^{-1} 是 N-H 和 O-H 伸缩振动峰相互叠加的结果,是氧肟酸的特征峰, 3067.0 cm^{-1} 为 N-H 基的伸缩振动峰, 2805.8 cm^{-1} 为 O-H 伸缩振动峰, 1651.5 cm^{-1} 是羰基的 C=O 伸缩振动吸收峰, 1608.0 cm^{-1} 是 C=N 伸缩振动吸收峰,在 1562.1 cm^{-1} 、 1492.7 cm^{-1} 和 1454.9 cm^{-1} 处为共轭效应出现的苯

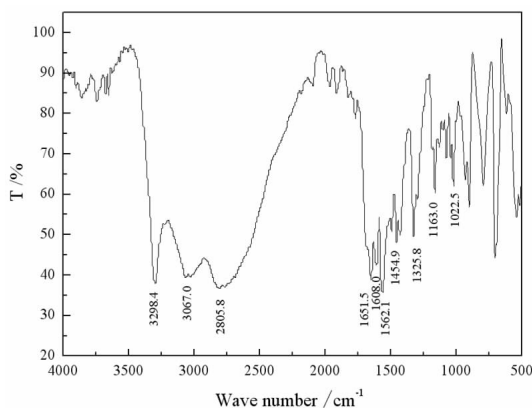


图 8 GYB 药剂的红外光谱图

Fig. 8 The infrared spectroscopy chart of GYB reagent

环骨架特征峰, $1\ 163.0\ \text{cm}^{-1}$ 为 C - N 伸缩振动峰, $1\ 022.5\ \text{cm}^{-1}$ 为 N - O 振动吸收峰^[16-17]。

图9为药剂TAB-3的红外光谱图。 $3\ 410.0\ \text{cm}^{-1}$ 是缔合的O-H伸缩振动吸收峰。 $2\ 919\ \text{cm}^{-1}$ 和 $2\ 850.8\ \text{cm}^{-1}$ 为 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{CH}_2$ 的C-H伸缩振动峰, $1\ 463.5\ \text{cm}^{-1}$ 是 $-\text{CH}_3$ 中C-H的变角振动。 $1\ 713.0\ \text{cm}^{-1}$ 是羧基中的C=O的伸缩振动峰, $1\ 561.0\ \text{cm}^{-1}$ 是羧基中的C-O的伸缩振动峰^[17]。

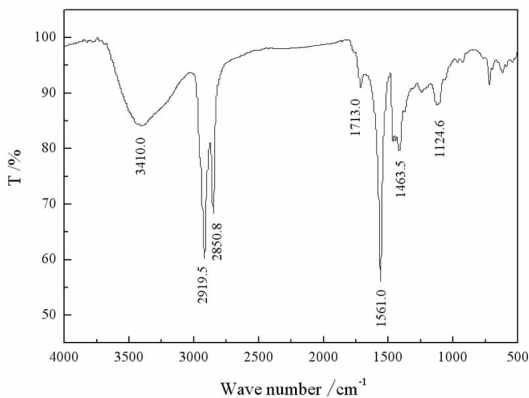
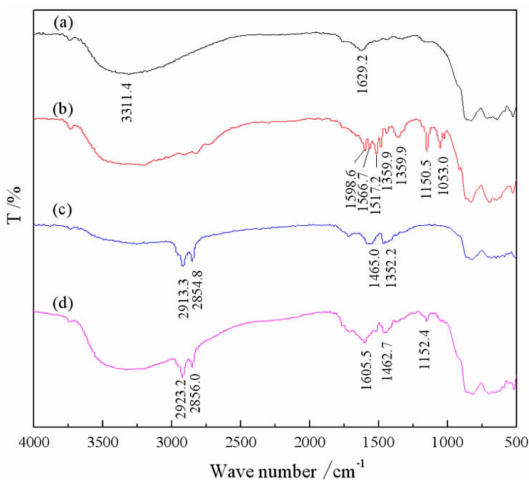


图9 TAB-3药剂的红外光谱图

Fig. 9 The infrared spectroscopy chart of TAB-3 reagent

2.3.2 药剂与矿物作用前后的红外光谱分析

图10为黑钨矿与GYB、TAB-3、组合捕收剂作用的红外光谱图,其中曲线(a)为黑钨矿红外光谱图,曲线(b)、(c)、(d)分别为GYB、TAB-3、GYB+TAB-3组合捕收剂作用后的黑钨矿红外光谱图。



(a. 黑钨矿;b. 黑钨矿+GYB;c. 黑钨矿+TAB-3;d. 黑钨矿+GYB+TAB-3)

图10 黑钨矿与GYB、TAB-3、组合捕收剂作用的红外光谱图

Fig. 10 The infrared spectroscopy chart of pure wolframite effected by different collectors

由图10可见,曲线(b)中,与GYB药剂作用后,黑钨矿表面在 $1\ 517.2\ \text{cm}^{-1}$ 、 $1\ 566.7\ \text{cm}^{-1}$ 、 $1\ 598.6\ \text{cm}^{-1}$ 处均出现了C=N伸缩振动吸收峰和苯环骨架特征峰,这可能为GYB药剂中N和O上的孤对电子与黑钨矿表面配位原子发生配对,从而在黑钨矿发生化学吸附导致。曲线(c)中,与TAB-3药剂作用后,在黑钨矿表面 $2\ 919.3\ \text{cm}^{-1}$ 、 $2\ 854.8\ \text{cm}^{-1}$ 处出现 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{CH}_2$ 的C-H伸缩振动峰,这可能为TAB-3中O-H上O的孤对电子与黑钨矿表面配位原子发生键合。曲线(d)中,不但黑钨矿表面 $2\ 923.2\ \text{cm}^{-1}$ 、 $2\ 856.0\ \text{cm}^{-1}$ 处出现了TAB-3中 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{CH}_2$ 的C-H伸缩振动峰,而且在 $1\ 605.5\ \text{cm}^{-1}$ 处发现了羟脲酸中C=N的伸缩振动吸收峰。与曲线(b)、(c)中单一捕收剂相比,原子的折合质量和力常数变大,由于力常数对振动频率的影响较大,振动频率随之变大,吸收峰向高波数移动,如曲线(d)中C=N伸缩振动吸收峰由 $1\ 598.6\ \text{cm}^{-1}$ 移动至 $1\ 605.5\ \text{cm}^{-1}$ 处,C-H伸缩振动峰由 $2\ 919.3\ \text{cm}^{-1}$ 、 $2\ 854.8\ \text{cm}^{-1}$ 分别移动至 $2\ 923.2\ \text{cm}^{-1}$ 、 $2\ 856.0\ \text{cm}^{-1}$ 处。由此可见,这两种药剂共吸附在黑钨矿表面的吸附形式存在化学吸附。

3 结论

(1)与单一采用螯合捕收剂GYB相比,将GYB与脂肪酸捕收剂联用可大幅提高黑钨矿浮选回收率,三种组合捕收剂的黑钨矿浮选回收率均提高至70%以上,捕收剂总用量降低约1/2,从而达到降低药剂成本的目的。

(2)对于黑钨矿,GYB与TAB-3、GYR、731脂肪酸药剂联用得到的黑钨矿浮选最高回收率分别为78%、76%、70%,而采用TAB-3与GYB组合时,对黑钨矿捕收能力最强,对萤石、石英、方解石三种脉石矿物的捕收能力最弱。由此可见,对于含这三类脉石矿物的黑钨矿矿石,GYB和TAB-3组合捕收剂选择性捕收能力更好。

(3)通过表面电位测定和红外光谱分析,发现GYB、TAB-3两种捕收剂联用,药剂在黑钨矿表面吸附能力更强,吸附形式中存在化学吸附。

参考文献:

- [1] 高玉德. 我国钨矿资源特点及选矿工艺研究进展[J]. 中国钨业, 2016,31(5):35-39.
- [2] 付广钦. 细粒级黑钨矿的浮选工艺及浮选药剂的研究[D]. 长沙:中南大学,2010.
- [3] 许海峰,李文凤,陈雯. 钨矿浮选捕收剂研究现状及新药剂的制备与工业应用[J]. 中国钨业,2019,34(1):37-44+57.
- [4] 王小生,高湘海,龙冰,等. 湖南柿竹园柴山井下复杂低品位多金属原矿白钨矿选矿工艺研究[J]. 矿冶,2016,25(6):27-31.

- [5] 董大刚. 组合捕收剂在矿物浮选中的应用及发展前景[J]. 中国钨业, 2017, 32(4): 29-34.
- [6] 杨应林. 黑白钨共生矿混合浮选药剂及其作用机理研究[D]. 长沙: 中南大学, 2012.
- [7] 周晓彤, 邓丽红, 关通, 等. 从某低品位多金属矿中回收黑白钨矿的选矿试验研究[J]. 中国矿业, 2011, 20(7): 86-89.
- [8] 邬海滨, 李继福, 徐晓衣, 等. “浮-磁-浮”联合工艺回收某黑钨细泥的试验研究[J]. 中国钨业, 2017, 32(1): 41-46.
- [9] 付广钦, 周晓彤, 邓丽红, 等. 某难选黑白钨多金属矿中黑钨矿的选矿试验研究[J]. 材料研究与应用, 2014, 8(4): 268-272.
- [10] 徐龙华, 田佳, 巫侯琴, 等. 组合捕收剂在矿物表面的协同效应及其浮选应用综述[J]. 矿产保护与利用, 2017(2): 107-112.
- [11] 梁瑞禄, 石大新. 浮选药剂的混合使用及其协同效应[J]. 国外金属矿选矿, 1989(4): 18-29.
- [12] 尚兴科, 周晓彤. 难选金属离子对 TAB-3 药剂浮选黑钨矿的影响[J]. 材料研究与应用, 2018, 12(2): 138-142.
- [13] 陈万雄, 叶志平. 硝酸铅活化黑钨矿浮选的研究[J]. 广东有色金属学报, 1999, 9(1): 13-17.
- [14] ZHAO G, WANG S, ZHONG H. Study on the activation of scheelite and wolframite by lead nitrate[J]. Minerals, 2015, 5(2): 247-258.
- [15] 孙伟, 王若林, 胡岳华, 等. 矿物浮选过程中铅离子的活化作用及新理论[J]. 有色金属(选矿部分), 2018, 40(2): 91-98.
- [16] 高玉德, 邱显扬, 夏启斌, 等. 苯甲羟肟酸与黑钨矿作用机理的研究[J]. 广东有色金属学报, 2001, 11(2): 92-95.
- [17] 陈允魁. 红外吸收光谱及其应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1993.

Flotation Behavior Research on Collector Combination of Novel Fatty Acid and Chelating Collector on Wolframite and Gangue Minerals

FU Guangqin^{1,2,3}, ZHOU Xiaotong^{1,2,3}

1. Guangdong Institute of Resources Comprehensive Utilization, Guangzhou 510650, China;

2. State Key Laboratory of Rare Metals Separation and Comprehensive Utilization, Guangzhou 510650, China;

3. Guangdong Provincial Key Laboratory of Development and Comprehensive Utilization of Mineral Resources, Guangzhou 510650, China

Abstract: The combined use of fatty acid collectors and chelating collectors is an important research direction for wolframite flotation. The single mineral test method was used to study the effect of the combination of GYB chelating collector and three representative fatty acid collectors of 731, GYR and TAB-3 on the flotation behavior of wolframite and gangue minerals. Furthermore, the mechanism of combined use of GYB, TAB-3 and the two collectors were discussed by Zeta potential measurement, Infrared spectroscopy methods. The results showed that the combined use of GYB and fatty acid collectors increased the maximum recovery of wolframite flotation to above 70%, and reduced the total dosage of collectors by about 1/2; among the three fatty acid collectors, TAB-3 reagent had the strongest collecting ability to wolframite, which recovery of wolframite was 78%, and the weakest collecting ability to fluorite, quartz, calcite gangue minerals; the combination of GYB and TAB-3 made the surface potential of wolframite move negatively, and the absorption peaks of the infrared spectrum on its surface shift to a high wave number, such as the C=N stretching vibration absorption peak of GYB and the C-H stretching vibration peak of TAB-3. Then the adsorption capacity of the two collectors on the wolframite surface was stronger than the collector was used alone, and the adsorption form was chemical adsorption.

Key words: wolframite; TAB-3 collector; flotation; mechanism

引用格式: 付广钦, 周晓彤. 新型脂肪酸协同螯合类捕收剂对黑钨矿与脉石矿物浮选行为的影响[J]. 矿产保护与利用, 2021, 41(2): 28-33.

Fu GQ, Zhou XT. Flotation behavior research on collector combination of novel fatty acid and chelating collector on wolframite and gangue minerals[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2021, 41(2): 28-33.

投稿网址: <http://kcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail: kcbh@chinajournal.net.cn