

矿浆温度对方铅矿浮选效果的影响及机理研究

贺寒冰, 何廷树, 王鑫, 鱼博

西安建筑科技大学 资源工程学院, 陕西 西安 710055

中图分类号: TD952.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2020)06-0088-07
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2020.06.014

摘要 以丁基黄药(NaBX)为捕收剂,甲基异丁基甲醇(MIBC)为起泡剂,通过单矿物浮选试验,研究了矿浆温度变化对方铅矿浮选效果的影响,同时通过红外光谱(FTIR)、Zeta电位、捕收剂吸附量、X射线光电子能谱(XPS)、矿浆黏度等测试分析并结合浮选动力学研究,探究了矿浆温度变化对方铅矿浮选效果的影响机理。结果表明:矿浆温度变化会显著影响方铅矿浮选效果,低温(5℃)下的回收率较常温(20℃)下的降低约7个百分点;NaBX在方铅矿表面的吸附产物为丁基黄原酸铅,矿浆温度变化不改变其在方铅矿表面的化学吸附特性,但矿浆温度降低会减弱方铅矿表面的氧化程度,减少表面活性吸附点,使NaBX在方铅矿表面的吸附量减小从而降低浮选效果;低温下矿浆黏度增大,使气泡上升速度及气泡与矿粒碰撞速率降低,这在一定程度上会降低浮选效果;浮选动力学表明:低温(5℃)下的最大回收率和浮选速率常数小于常温(20℃)下的。

关键词 方铅矿;浮选;矿浆温度;丁基黄药;机理

1 前言

铅作为重要的有色金属,广泛应用于军工、电子、农药、石油等诸多领域,常用于制造铅蓄电池^[1]。自然界中铅主要存在于方铅矿和脆硫锑铅矿中,方铅矿占其中大约65%^[2]。由于铅锌密切共生,故铅锌资源的地理分布也基本一致^[3]。中国有五大铅锌生产基地:岭南地区、川滇黔地区、西北地区、华北地区、东北地区,其铅产量占全国总产量的85%以上^[4],其中三大生产地区都地处我国北方。浮选是回收方铅矿常用的方法^[5],北方冬季环境温度较低,浮选矿浆温度在5℃左右,而夏季的浮选矿浆温度在30℃左右,其他季节浮选矿浆温度平均在10~20℃左右,矿浆温度变化对浮选指标会产生影响^[6],故许多学者针对矿浆温度变化对浮选效果的影响展开了研究。

C. T. OCONNOR等^[7]研究表明:由于环境温度变化引起的矿浆温度变化会导致工业生产指标浮动,特别是含有叶蜡石的黄铁矿,其浮选回收率受温度影响显著,且改变药剂制度不能弥补温度降低带来的影响。张心平等^[8]研究表明:TA药剂捕收氧化锌受矿浆温度

变化的影响较小;而十八胺体系下要想获得较好的回收率,在高原山区常年低温的兰坪铅锌矿需将浮选矿浆加温到25~30℃。赵明林^[9]的研究表明:0℃时辉钼矿粗选的回收率比15~20℃时降低了2.5个百分点,温度较低导致粗选的上浮量有所减少,说明低温降低了钼的上浮速率,即冬季低温是影响该选厂浮选指标的关键因素。李超等^[10]研究了氧化铁矿在粗精选作业存在温度变化时,精矿中铁回收率与品位都会随矿浆温度升高而降低,矿浆温度从30℃降低为22℃时铁品位下降3个百分点。在此基础上,何廷树等^[11]研究了磁化改性后的煤油作为洛阳某钼矿石的捕收剂,可以改善低温下辉钼矿的浮选指标,钼的回收率提高2.53个百分点,品位提高0.5个百分点。常庆伟^[12]针对大多数铁矿石阴离子脂肪酸类捕收剂需加温浮选才能达到生产要求的问题,合成了一种可以在低温15℃时取得精矿品位65.86%、回收率95.18%与30℃时相当浮选指标的捕收剂CY-20。

综上所述,矿浆温度变化影响浮选回收率的研究以氧化矿居多,而关于矿浆温度对硫化矿浮选的影响研究则主要集中在以炔油作捕收剂的辉钼矿浮选方

收稿日期:2020-11-14

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51674184)

作者简介:贺寒冰(1996-),男,陕西西安人,硕士研究生,矿物加工工程专业,E-mail:965173636@qq.com。

通信作者:何廷树,E-mail:hetingshu@xauat.edu.cn。

面,而矿浆温度对以可溶性好的黄药作捕收剂的硫化矿浮选的影响研究却鲜有报道。有鉴于此,本文选取了我国北方具有季节性特点的矿浆温度 5、10、20 及 30℃,采用单矿物试验,研究了矿浆温度对方铅矿浮选效果的影响,并通过 FTIR、Zeta 电位、捕收剂吸附量、XPS 等测试分析,同时结合浮选动力学研究,探讨了矿浆温度变化对方铅矿浮选效果的影响机理。

2 试验

2.1 材料和试剂

方铅矿纯矿物试样取自湖南省湘西自治州花垣县,破碎后利用来源于连云港市春龙试验仪器有限公司 XDQM-2L 可变速率行星式高能球磨机进行磨矿,并干筛取粒级为 $-74+38\ \mu\text{m}$ 的试样,将其密封保存备用。单矿物的 XRD 检测结果如图 1 所示。

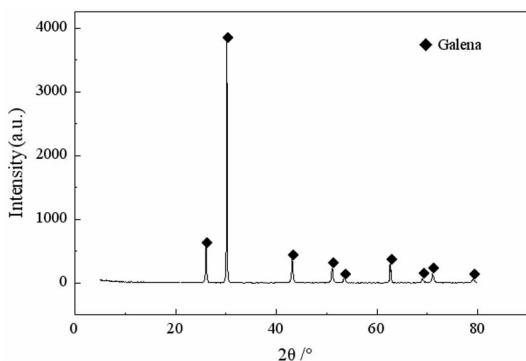


图 1 方铅矿的 XRD 图谱
Fig. 1 XRD patterns of galena

由图 1 可知,该试样的特征吸收峰与方铅矿的特征衍射峰相同,未发现其它物相的特征衍射峰。XRD 图谱结合化学元素分析,试样的纯度高达 98% 以上,符合单矿物浮选试验要求。

pH 调整剂为氢氧化钠,分析纯,来源于天津市河东区红岩试剂厂;捕收剂为 NaBX,工业纯,来源于淄博市博山吉利浮选剂厂;起泡剂为 MIBC,纯度为 99%,来源于上海奉贤南桥药剂厂;浮选用水均为去离子水。

2.2 试验方法

2.2.1 纯矿物浮选试验

使用武汉洛克粉磨设备制造有限公司的 XFG5-35 型挂槽浮选机分别在矿浆温度为 5、10、20 和 30℃ 条件下进行纯矿物浮选试验,浮选机叶轮转速 1 752 r/min。每次称取 2.0 g 单矿物,加入 40 mL 蒸馏水,再依次添加 pH 调整剂氢氧化钠溶液、捕收剂 NaBX、起泡

剂 MIBC,各搅拌 3 min,充气 30 s 后手动刮泡 3 min。将泡沫产品过滤、烘干、称重,并计算方铅矿的回收率,具体试验流程如图 2 所示。

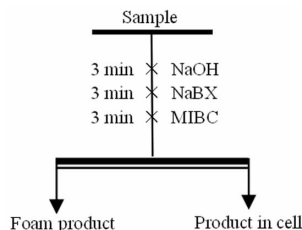


图 2 单矿物浮选流程

Fig. 2 Flotation flowsheet of single mineral

2.2.2 FTIR 分析

分别在矿浆温度为 5、20℃ 条件下,称取 2.0 g 方铅矿纯矿物置于烧杯中,加入 40 mL 蒸馏水并调节矿浆 pH=9.0,再添加用量为 60 mg/L 丁基黄药后在磁力搅拌器上搅拌 10 min,使捕收剂与矿物充分反应。将样品过滤并用蒸馏水冲洗 3 次后置于真空干燥箱中设定温度为 50℃ 烘干至恒重。分别对 NaBX、方铅矿、不同温度条件下方铅矿与丁基黄药作用后的样品在美国 Nicolet 公司 Nicolet iS50 红外光谱仪中进行红外光谱分析,红外光谱仪工作参数为:测试扫描范围为 $4\ 000\sim 400\ \text{cm}^{-1}$,分辨率为 $1\ \text{cm}^{-1}$,扫描次数为 32 次。

2.2.3 Zeta 电位测试

分别在矿浆温度为 5、10、20 及 30℃ 条件下,称取 0.1 g 方铅矿单矿物置于烧杯中,超声波清洗 5 min,再加入 40 mL 去离子水,使用 NaOH 溶液调节矿浆 pH 值,搅拌 10 min 后,抽取 1 mL 悬浮液置于美国贝克曼公司 Delsa-440SX 型 Zeta 电位分析仪中进行电位测试,每个样品测量五次后取平均值。

2.2.4 捕收剂吸附量测试

分别在矿浆温度为 5、10、20 和 30℃ 条件下,称取 1.0 g 的单矿物置于烧杯中,加入 20 mL 去离子水并调节矿浆 pH 值,再加入用量为 60 mg/L 的丁基黄药后利用磁力搅拌器搅拌 3 min 并过滤,量取 2 mL 滤液,使用来源于北京普析通用仪器有限责任公司 TU-1901 型紫外分光光度计测定滤液浓度,并采用浓差法计算丁基黄药在方铅矿表面的吸附量。

2.2.5 XPS 测试

分别在矿浆温度为 5、20℃ 条件下,称取 2.0 g 方铅矿单矿物置于烧杯中,加入 40 mL 去离子水并调节矿浆 pH 值,再添加用量为 60 mg/L 的 NaBX 并搅拌

10 min,将矿浆过滤、置于真空干燥箱中设定温度为 50 ℃烘干至恒重,分别对不同温度下方铅矿和丁基黄药作用后的样品在来源于美国赛默飞公司的 K - Alpha - X 射线光电子能谱仪进行 XPS 分析,仪器工作参数为:X 射线源为 AL 靶发射,光子能量为 1 486.71 eV,分析室真空度为 1×10^{-6} Pa。

2.2.6 矿浆粘度测试

分别在矿浆温度为 5、10、20 及 30 ℃条件下,称取 0.5 g 单矿物放入来源于美国赛默飞公司 Haake Mars 40 型旋转流变仪器皿中,使用四叶转子在剪切速率为 100 s^{-1} 下预剪切 60 s,加入 10 mL 去离子水并调整矿浆 pH,再依次添加用量为 60 mg/L 的丁基黄药、15 mg/L 的 MIBC 各在剪切速率为 100 s^{-1} 搅拌时间 3 min,测量 100 组数据后取平均值。

3 结果与讨论

3.1 矿浆温度对浮选效果的影响

3.1.1 不同矿浆温度条件下 pH 值对浮选效果的影响

由于黄药浮选硫化矿都在弱碱性矿浆条件下进行,所以试验矿浆 pH 范围确定为 7 ~ 12。采用 NaOH 调节矿浆 pH,捕收剂 NaBX 的用量为 60 mg/L,起泡剂 MIBC 的用量为 20 mg/L。不同矿浆温度条件下 pH 值对方铅矿浮选回收率的影响如图 3 所示。

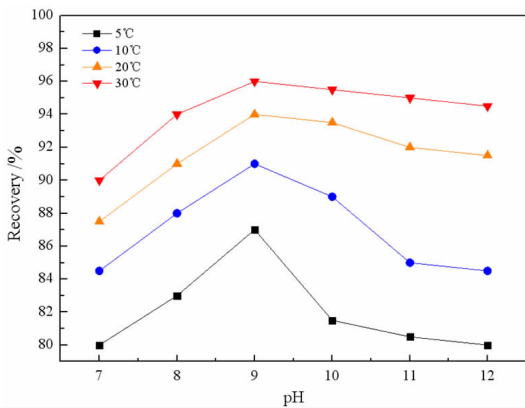


图 3 矿浆 pH 对方铅矿浮选的影响
Fig. 3 Effect of pulp pH on galena flotation

由图 3 可知,不同矿浆温度条件下,方铅矿的回收率随 pH 增大的变化趋势相同,均为先升高后降低;在 pH 值为 9 时,不同矿浆温度下方铅矿的回收率均为最大,故确定方铅矿浮选最佳 pH 值为 9;在相同 pH 值条件下,方铅矿回收率随着矿浆温度降低而减小;在 pH

值为 9 时,低温下(5 ℃时)方铅矿的回收率比常温下(20 ℃时)降低了 7 个百分点,这表明温度变化对方铅矿回收率影响明显。

3.1.2 不同矿浆温度条件下捕收剂用量对浮选效果的影响

试验条件为:矿浆 pH 为 9,起泡剂 MIBC 的浓度为 20 mg/L,捕收剂浓度为变量。不同矿浆温度下捕收剂用量对方铅矿浮选回收率的影响如图 4 所示。

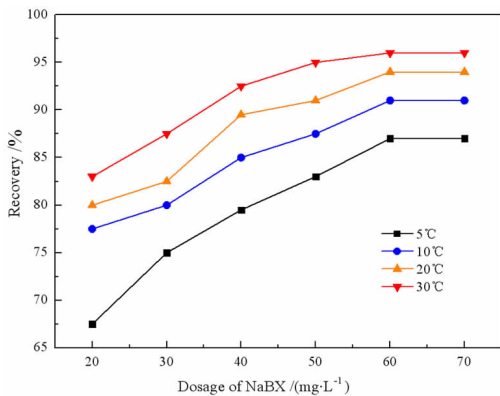


图 4 NaBX 用量对方铅矿浮选的影响
Fig. 4 Effect of concentration of butyl xanthate on galena flotation

由图 4 可知,不同矿浆温度条件下,方铅矿回收率随丁基黄药用量增大的变化趋势相同,均为先增大后趋于平缓。当丁基黄药用量为 60 mg/L 时,不同矿浆温度下方铅矿回收率均达到最大,而后继续增加丁基黄药的用量,回收率无明显变化,故确定捕收剂丁基黄药的最佳用量为 60 mg/L。在相同丁基黄药用量情况下,方铅矿回收率随矿浆温度降低而减小;当丁基黄药用量为 60 mg/L 时,5 ℃条件下方铅矿回收率比 10、20、30 ℃时分别下降了 4、7、9 个百分点,表明矿浆温度越低对方铅矿回收率的影响越显著。

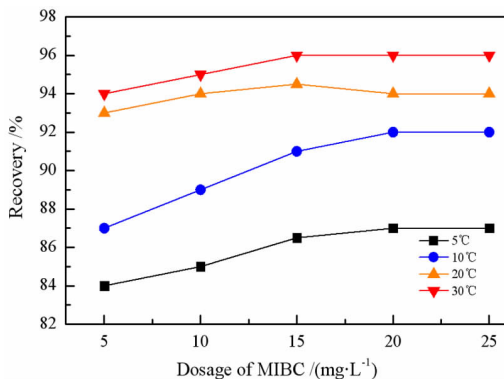


图 5 起泡剂浓度对方铅矿浮选的影响
Fig. 5 Effect of concentration of MIBC on galena flotation

3.1.3 不同矿浆温度条件下起泡剂用量对浮选效果的影响

试验条件为:矿浆 pH 值为 9,捕收剂丁基黄药浓度为 60 mg/L。不同矿浆温度下起泡剂用量对方铅矿回收率的影响如图 5 所示。

由图 5 可知,不同矿浆温度条件下,方铅矿回收率随着起泡剂 MIBC 用量增大的变化趋势基本一致,均为先增大后趋于平缓,但低温下增幅要大一些。当 MIBC 的用量为 15 mg/L 时,20 °C 和 30 °C 时的方铅矿回收率达到最大,5 °C 和 10 °C 在 MIBC 用量为 20 mg/L 时达到最大,进一步表明温度越低越恶化浮选效果;在相同起泡剂用量条件下,方铅矿的回收率随矿浆温度降低而减小,且矿浆温度越低,减小幅度越明显。

3.2 矿浆温度对浮选影响的机理探讨

3.2.1 FTIR 分析结果

在 pH 值为 9 及矿浆温度分别为 5 °C 和 20 °C 的条件下,对方铅矿和方铅矿与丁基黄药作用后的样品进行了 FTIR 分析,如图 6 所示。

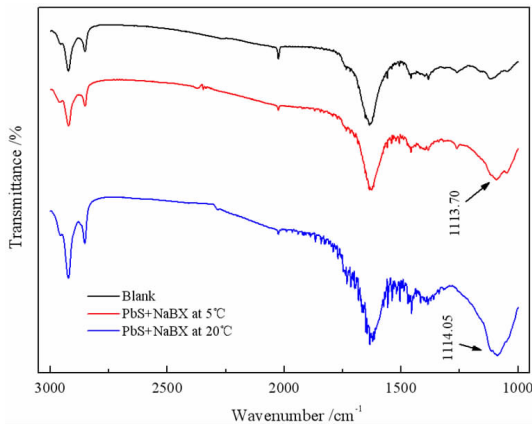


图 6 方铅矿与 NaBX 作用前后的红外光谱
Fig. 6 Infrared spectrum of NaBX and galena

由图 6 可知,与单独方铅矿红外光谱对比,矿浆温度 5 °C 与 20 °C 下制备的方铅矿 + 丁基黄药样品的 FT-IR 谱中 1 113.70 cm^{-1} 和 1 114.05 cm^{-1} ,均是方铅矿吸附丁基黄药后出现的新峰且均为黄原酸铅的特征吸收峰^[13,14],且 20 °C 时黄原酸铅的峰明显强于 5 °C,说明 20 °C 时丁基黄药与方铅矿吸附更加牢固;谱图中均未出现双黄药的特征峰,说明丁基黄药没有氧化成双黄药。FTIR 分析结果表明,矿浆温度变化不改变丁基黄药在方铅矿表面的化学吸附特性,吸附产物为丁基黄原酸铅。

3.2.2 Zeta 电位测试结果

在不同矿浆温度条件下进行了 pH 值对方铅矿表面 Zeta 电位的影响试验,结果如图 7 所示。

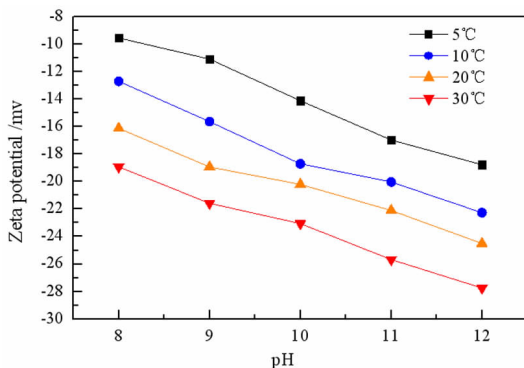


图 7 Zeta 电位测试结果
Fig. 7 Zeta potential of minerals at different pH

由图 7 可知,在 pH 值为 8 ~ 12 范围内,方铅矿表面的 Zeta 电位均为负值,且随着矿浆 pH 值增大 Zeta 电位减小(绝对值增大),这与相关文献的研究结果一致^[15,16]。Zeta 电位负值的可能原因是:方铅矿表面部分氧化生成硫氧酸铅,硫氧根优先解离后,在碱性环境下表面铅离子再与离子结合生成羟基铅离子,最终使方铅矿表面荷负电;Zeta 电位测试结果还表明,随着温度降低,Zeta 电位增大(绝对值减小),这说明矿浆温度降低会减弱方铅矿表面的氧化程度,导致表面活性点即羟基铅离子减少。

3.2.3 捕收剂吸附量测试结果

在不同矿浆温度条件下进行了 pH 值对方铅矿表面丁基黄药吸附量的影响试验,结果如图 8 所示。

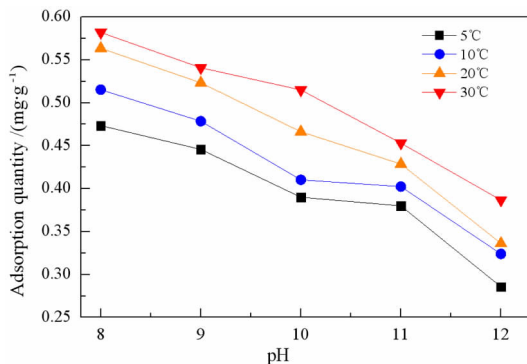


图 8 NaBX 吸附量测试结果
Fig. 8 NaBX adsorption on galena surface at different temperature

由图 8 可知,在 pH 值 8 ~ 12 范围内,不同矿浆温

度下丁基黄药在方铅矿表面的吸附量随矿浆 pH 值增大的变化趋势一致,均为不断减少,这可能是因为与黄原酸根在方铅矿表面存在竞争吸附的缘故^[17];在相同矿浆 pH 值条件下,矿浆温度越低丁基黄药的吸附量越小,在 pH 值为 9 时,低温下(5 ℃)的吸附量比常温下(20 ℃时)降低了 17.44%;丁基黄药的吸附量随矿浆温度降低而减小的原因可能是因为低温下方铅矿表面的氧化程度减弱导致其表面活性吸附点减少的缘故,这与 Zeta 电位的研究结果一致。低温下丁基黄药在方铅矿表面的吸附量降低与低温下方铅矿回收率降低的浮选试验结果一致。

3.2.4 XPS 分析结果

为了进一步研究矿浆温度对丁基黄药在方铅矿表面吸附特性的影响,对矿浆温度 5 ℃ 和 20 ℃ 下制备的方铅矿及方铅矿与丁基黄药作用后的样品进行了 XPS 分析,结果如图 9 所示。

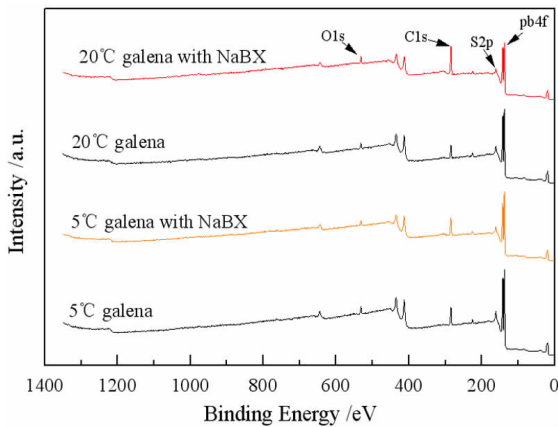


图 9 方铅矿与 NaBX 作用前后的表面全谱图
Fig. 9 XPS full spectrum of galena with or without NaBX

由图 9 可知,方铅矿表面的主要元素为 Pb、O、S、C 等元素,通过对 5 ℃ 和 20 ℃ 两种矿浆温度条件下方铅矿表面与丁基黄药作用前后样品的 XPS 全谱进行分析对比,得到方铅矿表面各原子相对含量(见表 1)。

表 1 方铅矿表面原子相对含量

Table 1 Atomic relative content of galena surface

Sample	Relative content/%			
	C	S	Pb	O
Galena at 5 ℃	55.36	25.64	8.87	10.14
Galena with NaBX at 5 ℃	57.53	25.39	8.05	9.03
Galena at 20 ℃	52.46	25.89	9.60	12.04
Galena with NaBX at 20 ℃	71.74	13.11	5.34	9.81

由表 1 可知,矿浆温度 5 ℃ 下制备的方铅矿样品

表面的 Pb、O 含量明显低于矿浆温度 20 ℃ 下制备的方铅矿样品表面的 Pb、O 含量,这说明温度降低会使方铅矿表面硫化铅的氧化程度减弱,导致方铅矿表面的活性点减少,从而影响丁基黄药在方铅矿表面的吸附量;矿浆温度 5 ℃ 下制备的方铅矿 + 丁基黄药样品表面的 C、O 含量明显低于矿浆温度 20 ℃ 下制备的方铅矿 + 丁基黄药样品表面的 C、O 含量,对比未加丁基黄药的方铅矿表面原子相对含量后,前者的 Pb、S 减少量却低于后者的,这说明矿浆温度降低确实会导致丁基黄药在方铅矿表面的吸附量减小。XPS 分析结果与 Zeta 电位分析及吸附量测定结果一致。

3.2.5 矿浆黏度测试结果

使用流变仪测试了不同矿浆温度条件下浮选矿浆的黏度变化情况,结果如图 10 所示。

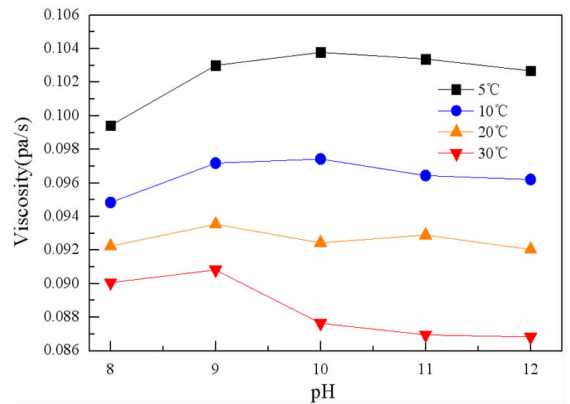


图 10 矿浆黏度测试结果
Fig. 10 Slurry viscosity test results

由图 10 可知,相同矿浆温度下,矿浆黏度随 pH 值的升高先增后降再趋于平缓,总的来说影响不大;但随着矿浆温度降低,整个矿浆体系的黏度增大,pH 值为 9 时,5 ℃ 下的矿浆黏度比 20 ℃ 下增加了 10.27%;低温下矿浆黏度增大会降低气泡的上浮速率以及气泡与矿粒的碰撞速率^[18],这在一定程度上会影响方铅矿浮选效果。

3.2.6 浮选动力学模型分析

对比 5 ℃ 和 20 ℃ 时的浮选时间和累计回收率的关系,可知矿浆温度变化会影响浮选动力学参数,采用经典的四种浮选动力学模型^[19]对矿浆温度为 5 ℃ 和 20 ℃ 条件下浮选时间影响方铅矿累计回收率的数据进行了分析。使用 MATLAB 软件在四种浮选动力学模型的基础上对试验结果进行了拟合,结果如图 11 和表 2 所示。

$$\text{模型 A: 经典一级模型 } \varepsilon = \varepsilon_{\infty} [1 - e^{-kt}] \quad (1)$$

模型 B:一级矩形分布模型 $\varepsilon = \varepsilon_{\infty} \left[1 - \frac{1}{kt} (1 - e^{-kt}) \right]$ (2)

模型 C:二级动力学模型 $\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\infty}^2 kt}{1 + \varepsilon_{\infty} kt}$ (3)

模型 D:二级矩形分布模型 $\varepsilon = \varepsilon_{\infty} \left\{ 1 - \frac{1}{kt} [\ln(1 + kt)] \right\}$ (4)

式中 ε - t 时刻的上浮率,%; ε_{∞} - 最大回收率,%; k - 浮选速率常数, s^{-1} ; t - 浮选时间, s 。

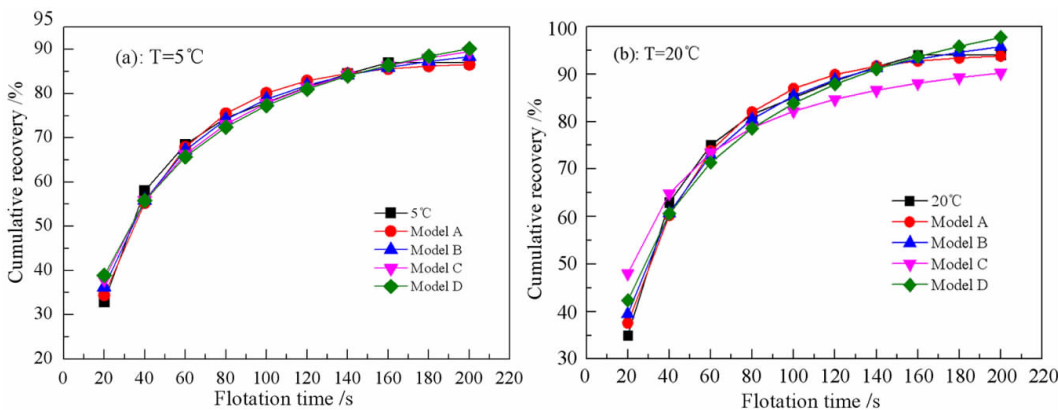


图 11 5 °C 和 20 °C 的浮选动力学模型
Fig. 11 Dynamics model of flotation at 5 °C and 20 °C

表 2 浮选动力学模型拟合参数

Table 2 Flotation kinetic model fitting parameters

Number	Model	5 °C			20 °C		
		ε_{∞}	k	R^2	ε_{∞}	k	R^2
1	A	87.15	0.02516	0.9925	94.36	0.02541	0.9925
2	B	98.09	0.05033	0.9922	106.2	0.05074	0.9890
3	C	105.4	0.0002679	0.9830	100	0.0004612	0.9047
4	D	115.2	0.05847	0.9756	124.6	0.05904	0.9683

由表 2 可得,矿浆温度为 5 °C 时的浮选动力学与模型 A 拟合度最高, $R^2 = 0.9925$ 。拟合得到的方程式为:

$$\varepsilon = 87.15 \times [1 - e^{-0.02516t}] \quad (5)$$

矿浆温度为 20 °C 时的浮选动力学与模型 A 拟合度最高, $R^2 = 0.9925$ 。拟合得到的方程式为:

$$\varepsilon = 94.36 \times [1 - e^{-0.02541t}] \quad (6)$$

由浮选动力学拟合的结果可知,20 °C 时与 5 °C 时相比较,在同一级浮选动力学模型下,最大回收率 ε_{∞} 从 94.36% 降低到了 87.15%, 浮选速率常数从 0.02541 s^{-1} 减小到了 0.02516 s^{-1} , 说明矿浆温度 5 °C 时的浮选效果劣于 20 °C 时的。矿浆温度降低导致浮选进程减缓,不利于方铅矿浮选,这与浮选试验的结果吻合。

4 结论

(1) 在矿浆温度为 5 ~ 30 °C 条件下,以丁基黄药作为捕收剂, MIBC 作为起泡剂的纯矿物浮选试验结果表

明:矿浆温度变化对方铅矿的回收率有显著影响,低温(5 °C)时的回收率较常温(20 °C)时的下降了 7 个百分点。

(2) FTIR 分析结果表明:矿浆温度变化不改变丁基黄药在方铅矿表面的化学吸附特性,吸附产物为丁基黄原酸铅,温度升高丁基黄药吸附更牢固。

(3) Zeta 电位分析、吸附量检测及 XPS 分析结果表明:在碱性矿浆环境下,方铅矿表面荷负电;矿浆温度降低会减弱方铅矿表面的氧化程度,使表面活性吸附点减少,从而使 NaBX 在方铅矿表面的吸附量减小,最终导致低温下方铅矿回收率降低。

(4) 矿浆温度降低会增大其黏度,从而使气泡上浮速率及气泡矿粒碰撞速率降低,这在一定程度上会影响方铅矿浮选效果;动力学研究表明低温(5 °C)下的方铅矿浮选最大回收率和浮选速率常数均小于常温(20 °C)下的。

参考文献:

[1] 戴曦,黄根红. 我国主要炼铅方法及行业发展建议 [J]. 湖南有色金属, 2010, 26(3): 29 - 32, 62.
 [2] 刘英俊. 元素地球学 [M]. 北京: 科学出版社, 1984: 407 - 414.
 [3] 李建民. 复杂铅锌多金属硫化矿浮选分离研究及机理探讨 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2018: 2 - 4.
 [4] 周娟. 中国铅锌工业布局评价体系研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2012: 5 - 6.
 [5] 邱廷省, 何元卿, 于文, 等. 硫化铅锌矿浮选分离技术的研究现状及进展 [J]. 金属矿山, 2016(3): 1 - 9.
 [6] 刘向, 李祚毕, 李展, 等. 黄铁矿低温浮选试验及机理分析 [J]. 矿产保护与利用, 2019(4): 115 - 120.
 [7] OCONNOR C T, DUNNE R C, BOTELHO AM R. 温度对两种不同类型

- 型黄铁矿浮选的影响 [J]. 张秀华, 译. 国外金属矿选矿, 1986(1): 8-12.
- [8] 张心平, 邵广全, 吴沛然, 等. 氧化铅锌矿石低温浮选工艺研究 [J]. 矿冶, 2003(1): 21-25, 47.
- [9] 赵明林. 温度对辉钼矿浮选的影响及其改善途径 [J]. 国外金属矿选矿, 1991(Z1): 86-89.
- [10] 李超, 惠艳华. 安徽李楼铁矿强磁选尾矿反浮选温度试验 [J]. 现代矿业, 2013(10): 112-113.
- [11] 何廷树, 石旭, 李慧, 等. 磁化改性煤油对洛阳某钼矿石低温浮选指标的影响 [J]. 金属矿山, 2017(6): 99-103.
- [12] 常庆伟. 新型高效低温捕收剂在某铁矿反浮选脱硅中的应用 [J]. 金属矿山, 2016(12): 109-112.
- [13] 魏茜. 硫化铜铅矿浮选分离研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2012: 40-42.
- [14] 董艳红. 硫化铜铅矿物浮选分离的电化学机理研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2011: 27-28.
- [15] 陆娅琳. 方铅矿的粒级效应及其对铅硫浮选分离的影响机理研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2018: 68-70.
- [16] 杨超. 不同种类抑制剂对铜铅硫化矿分离浮选效果的影响研究 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2018: 49-50.
- [17] 蓝丽红. 不同晶格缺陷对方铅矿表面性质、药剂分子吸附及电化学生行为影响的研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2012: 120-123.
- [18] 李新泉, 译. 温度对磁铁矿浮选行为的影响 [J]. 国外选矿快报, 1994(6): 167-171.
- [19] BAYAT O, UCURUM M, POOLE C. Effect of size distribution on flotation kinetics of Turkish sphalerite [J]. Mineral Processing and Extractive Metallurgy, 2004, 3: 53-59.

Study on the Effect and Mechanism of Pulp Temperature on Galena Flotation

HE Hanbing, HE Tingshu, WANG Xin, YU Bo

School of Resources Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, Shaanxi, China

Abstract: The effect of pulp temperature change on galena flotation was studied through the single mineral flotation test with butyl xanthate (NaBX) as the collector and 4-Methyl-2-pentanol (MIBC) as the frother. Meanwhile, the effect mechanisms of pulp temperature change on recovery were investigated by infrared spectrum, Zeta potential, the collectors adsorption amount, XPS, the pulp viscosity and combined with flotation dynamics. The results indicated that pulp temperature had a significant influence on the recovery of galena flotation, and the recovery at 5 °C decreased by 7 percentage points compared with that at 20 °C. The adsorption product of NaBX on the galena surface was lead butyl xanthate, and the temperature change had little effect the adsorption characteristics of NaBX on the galena surface, but the decrease of pulp temperature could weaken the oxidation degree of galena surface, reduce the amount of both the active adsorption seats and the adsorption of NaBX on the galena surface, thus the flotation effect was inhibited. When the pulp viscosity increased at low temperature, the rising speed of bubbles and the collision rate between bubbles and ore particles decreased, which could reduce the flotation effect to a certain extent. Flotation dynamics showed that the maximum recovery and flotation rate constant at low temperature (5 °C) were lower than that at normal temperature (20 °C).

Key words: galena; flotation; pulp temperature; butyl xanthate; mechanisms

引用格式: 贺寒冰, 何廷树, 王鑫, 鱼博. 矿浆温度对方铅矿浮选效果的影响及机理研究 [J]. 矿产保护与利用, 2020, 40(6): 88-94.

He HB, He TS, Wand X, and Yu B. Study on the effect and mechanism of pulp temperature on galena flotation [J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2020, 40(6): 88-94.

投稿网址: <http://kcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail: kcbh@chinajournal.net.cn