

采用 At-3 捕收剂浮选低品位单一硫化铜矿

李伟

(云南锡业集团控股有限责任公司研究设计院,云南 个旧 661000)

摘要:为了拓展矿山资源,适应原矿品位逐渐下降的趋势,对云锡公司新发现的前进坑玄武岩低品位硫化铜矿进行了详细的选矿试验研究。工艺矿物学研究表明,矿石含铜品位低,仅为0.388%,主要载体矿物黄铜矿结晶粒度较为细小,并存在难选的包裹嵌镶型极显微细粒状嵌布,且共生关系复杂。选矿试验研究结果表明,一段磨矿粒度-0.074mm75.10%使铜矿物初步富集,强化铜粗精矿细磨至-0.074mm97.50%,采用 At-3 捕收剂,经一次粗选,一次扫选,三次精选的优先浮选工艺,可获得品位为23.96%,回收率为91.48%的铜精矿,该指标优于现用药剂的选别指标,并且新药用量省,可降低生产成本。采用生产回水试验,也显示出了相类似的浮选指标。

关键词:At-3 捕收剂;浮选;低品位;单一硫化铜矿

中图分类号:TD923 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2012)06-0017-04

云锡控股公司卡房分公司新发现的前进坑玄武岩低品位单一硫化铜矿,原矿含铜0.388%,含硫2.36%,锡、铁、铋、钨等其他有用矿物含量较低,达不到回收要求。为开发利用好此铜矿资源,进行了详细的选矿试验研究。结果表明,在其他浮选条件相同时,选用 At-3 铜矿物捕收剂比常规乙丁黄药,闭路试验铜精矿品位高3.46%,回收率高2.19%;使用尾矿回水进行闭路试验,At-3 捕收剂比乙丁黄药,铜精矿品位高2.36%,回收率高4.18%;药剂用量,At-3 捕收剂粗扫选作业合计为70g/t,乙丁黄药

粗扫选作业合计为130g/t,前者比后者节约60g/t;药剂价格 At-3 捕收剂与丁黄药相当。试验达到了预期的目标。

1 矿石性质

1.1 原矿化学分析

试料由卡房分公司采集提供,经破碎、混匀、缩分等制成试验矿样,多元素分析见表1,铜物相分析见表2,铁物相分析见表3。

表1 试料多元素分析/%

Table1 Multi-elements analysis of samples

| Cu | Sn | S | As | Fe | Bi | WO ₃ | P | Pb | Ag * |
|------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-----------------|------------------|--------------------------------|------|
| 0.388 | 0.027 | 2.36 | 0.078 | 9.40 | 0.022 | 0.046 | 0.166 | <0.02 | <10 |
| TiO ₂ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | MgO | CaO | Mn | Zn | K ₂ O | Na ₂ O ₃ | |
| 2.82 | 37.04 | 10.59 | 9.75 | 12.34 | 0.123 | 0.037 | 2.08 | 0.791 | |

* 单位为 g/t。

表2 试料铜物相分析

Table 2 Copper phase analysis of samples

| 相名 | 原生硫化铜 | 次生硫化铜 | 硫酸铜、自由氧化铜 | 结合氧化铜 | 合计 |
|--------|-------|--------|-----------|--------|--------|
| 含量/% | 0.332 | 0.0444 | 0.0082 | 0.0012 | 0.3858 |
| 相对含量/% | 86.05 | 11.51 | 2.13 | 0.31 | 100.00 |

表3 铁物相分析

Table 3 Iron phase analysis

| 相名 | 磁黄铁矿 | 黄铁矿 | 磁铁矿 | 硅酸铁 | 赤铁矿、褐铁矿 | 合计 |
|--------|-------|------|-------|-------|---------|--------|
| 含量/% | 2.15 | 0.85 | 1.13 | 5.28 | 0.15 | 9.56 |
| 相对含量/% | 22.49 | 8.89 | 11.82 | 55.23 | 1.57 | 100.00 |

收稿日期:2012-03-20;改回日期:2012-05-02

作者简介:李伟(1972-),男,高级工程师,主要从事选矿研究工作。

由表 1~3 可知,试料含铜 0.388%,含锡、铋、钨、锌、铅等均较低,含铁虽较高,但主要以硅酸铁为主,钛矿物经矿物鉴定主要以榍石为主,选矿回收难度大,因此,针对该试料,矿石主要回收硫化铜矿物。另外,磁黄铁矿、磁铁矿等强磁性矿物合计占总铁金属的 31.38%,生产实际中,加强对此类矿物的选除,有利于改善浮选的选别环境。

1.2 矿物组成

矿石由角闪石、石英、长石(钙长石、钠长石、钾长石)、云母、伊利石、绿泥石、钙铁辉石、透辉石、方解石、白云石、榍石、磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、毒砂、褐铁矿、赤铁矿、锡石、铁闪锌矿、方铅矿、斑铜矿、磁铁矿以及萤石、磷灰石、电气石等矿物所组成。

1.3 铜矿物嵌布特性

中铜的主要载体矿物为黄铜矿,是选矿回收的对象。黄铜矿主要与角闪石、钙铁辉石、透辉石、长石、石英、阳起石、云母、绿泥石、铁闪锌矿、磁黄铁矿的共生关系较为紧密,主要呈三种类型产出:(1)毗连嵌镶易解离型。常由单粒结晶粒度相对较粗的黄铜矿晶体所组成,并主要与角闪石、钙铁辉石等矿物毗连生,其粒度大者可达 0.9mm 左右,一般介于 0.015~0.3mm 之间。(2)脉状嵌镶型。黄铜矿呈脉状沿角闪石、钙铁辉石、石英、长石等矿物颗粒间或裂隙进行充填、交代,一般介于 0.02~0.70mm 之间。(3)包裹嵌镶型。此类型产出的黄铜矿又分为两种,一种是黄铜矿包裹结晶粒度细小的石英、长石、榍石、磁黄铁矿等矿物,该类型黄铜矿的回收对铜精矿质量会有一定影响。另一种是黄铜矿结晶粒度细小,大部分结晶粒度均小于 0.005mm,呈微细粒状、显微细粒状以及极显微细粒状嵌布于角闪石、透辉石、钙铁辉石、绿泥石、磁黄铁矿等矿物中,选矿过程中难以解离及有效回收。

2 浮选试验研究

本次试验主要针对该类低品位硫化铜矿物能否回收及回收的效果开展研究工作。小型试验每套样重 700g,采用 XMB-φ160×200mm 棒磨机磨矿,单槽浮选机 XFD-1.5 L 作为粗选,XFD-0.75L、0.5 L 作为精选。

2.1 黄药作捕收剂试验

试验流程:结合现场生产情况,经试验确定工艺流程为“一段磨矿,一次粗选,一次扫选,粗选泡沫

再磨后三次精选”,一段磨矿细度-0.074mm 75.10%,粗精矿再磨细度-0.074mm 97.50%。

药剂条件:黄铜矿在中性及弱碱性介质中能较长时间保持其天然可浮性,试料含硫较低,仅 2.36%,因此,粗选矿浆选用自然 pH 值约为 7 左右。

目前,云锡公司硫化铜矿石的浮选,捕收剂常选用乙、丁黄药 1:1 配比,抑制剂选用石灰、腐植酸钠,起泡剂选用松油。试验采用单因素多水平的试验方法(即每组试验只变动一种药剂的多个用量,其余药剂用量不变。),对每种药剂开展了一系列对比优化试验。最终选定各种药剂用量为,粗选作业乙、丁黄药 50:50g/t,松油 20g/t;扫选作业乙、丁黄药 15:15g/t,松油 10g/t;粗选精矿再磨时,加入磨机石灰 2000g/t,腐植酸钠 400g/t。

经优化试验条件后,开展了闭路试验,工艺流程及条件见图 1,结果见表 4。

试验结果表明,该矿石铜矿物较好选,可获得品位 20.50%,回收率 89.29%的铜精矿试验指标。但存在所用捕收剂量大,尾矿品位偏高等问题。因此,应进一步开展药剂优化试验,以期达到更好的选别指标。

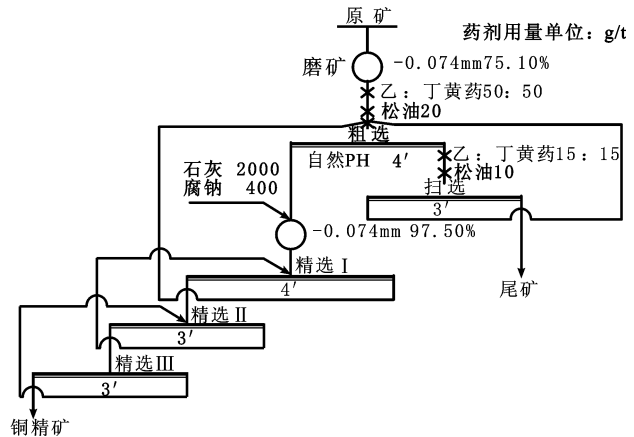


图 1 黄药作捕收剂闭路试验流程

Fig. 1 Closed-circuit test flowsheet of the collector of xanthate

表 4 黄药作捕收剂闭路试验结果

Table 4 Closed-circuit test results of the collector of xanthate

| 产品名称 | 产率/% | 品位/% | 回收率/% |
|------|--------|-------|--------|
| 铜精矿 | 1.96 | 20.50 | 89.29 |
| 尾矿 | 98.04 | 0.049 | 10.71 |
| 原矿 | 100.00 | 0.45 | 100.00 |

2.2 捕收剂种类及用量试验

在现生产上,所用石灰、腐植酸钠、松油等药剂制度,是云锡公司选矿科技人员经过长期摸索形成的适应该矿石性质的药剂制度,本试验不再做其他种类药剂的对比试验,仅开展捕收剂种类试验。选取云南昆明奥通选矿药剂公司生产的 At-1、At-2、At-3、At-4、At-5 捕收剂进行单独或组合试验,Z-200、KM-109 由于本身具有起泡性,单独使用,药剂用量选取乙丁黄药试验结果的较佳用量,即 130g/t,开展对比试验。流程为一次粗选,一次扫选,磨矿粒度-0.074mm 75.10%,结果见表 5。

表 5 捕收剂种类试验

Table 5 Test of collector types

| 药剂种类及用量/g·t ⁻¹ | 产品名称 | 产率/% | 铜品位/% | 回收率/% |
|-----------------------------------|------|--------|-------|--------|
| At-1+At-2 粗选:50:50 扫选:15:15 | 粗选精矿 | 6.56 | 6.02 | 89.75 |
| | 扫选精矿 | 3.44 | 0.551 | 4.32 |
| | 尾矿 | 90.00 | 0.029 | 5.93 |
| At-3 粗选:100 扫选:30 | 给矿 | 100.00 | 0.44 | 100.00 |
| | 粗选精矿 | 8.09 | 4.92 | 94.74 |
| | 扫选精矿 | 3.14 | 0.166 | 1.24 |
| 尾矿 | 尾矿 | 88.77 | 0.019 | 4.02 |
| | 给矿 | 100.00 | 0.42 | 100.00 |
| | 粗选精矿 | 6.43 | 5.87 | 89.86 |
| At-4 粗选:100 扫选:30 | 扫选精矿 | 4.66 | 0.360 | 4.00 |
| | 尾矿 | 88.91 | 0.029 | 6.14 |
| | 给矿 | 100.00 | 0.42 | 100.00 |
| At-5 粗选:100 扫选:30 | 粗选精矿 | 6.09 | 6.23 | 88.23 |
| | 扫选精矿 | 4.67 | 0.471 | 5.12 |
| | 尾矿 | 89.24 | 0.032 | 6.65 |
| Z-200 粗选:100 扫选:30 | 给矿 | 100.00 | 0.43 | 100.00 |
| | 粗选精矿 | 8.50 | 4.62 | 91.33 |
| | 扫选精矿 | 1.30 | 0.509 | 1.53 |
| KM-109 粗选:100 扫选:30 | 尾矿 | 90.20 | 0.034 | 7.14 |
| | 给矿 | 100.00 | 0.43 | 100.00 |
| | 粗选精矿 | 9.93 | 4.06 | 89.60 |
| | 扫选精矿 | 3.54 | 0.345 | 2.71 |
| | 尾矿 | 86.53 | 0.04 | 7.69 |
| | 给矿 | 100.00 | 0.45 | 100.00 |

注:Z-200、KM-109 两种捕剂未加起泡剂。

由表 5 试验结果可知,所选捕收剂均能获得较好的选别指标,从粗选铜精矿品位来看,At-5 捕收效果最好,可达 6.23%;从粗选铜回收率来看,At-3 捕

收效果最好,可达 94.74%,且尾矿铜品位低至 0.019%,综合来看,粗选作业应以提高回收率为主,故选取 At-3 作为此次铜矿物选别试验的新药剂。

为了更好地将 At-3 捕收剂应用于生产,对其开展了用量试验,将扫选泡沫与粗选泡沫合并进入铜硫分离磨矿作业,工艺流程见图 2,结果见表 6。

表 6 At-3 用量试验结果

Table 6 test results of the dosage of At-3 collector

| 粗选用量/g·t ⁻¹ | 产品名称 | 产率/% | 铜品位/% | 回收率/% |
|------------------------|------|--------|-------|--------|
| 30 | 铜精矿 | 1.36 | 23.29 | 75.42 |
| | 中矿Ⅲ | 0.26 | 8.19 | 5.07 |
| | 中矿Ⅱ | 0.94 | 2.35 | 5.27 |
| | 中矿Ⅰ | 7.23 | 0.378 | 6.51 |
| | 尾矿 | 90.21 | 0.036 | 7.73 |
| | 给矿 | 100.00 | 0.42 | 100.00 |
| 40 | 铜精矿 | 1.39 | 24.33 | 82.48 |
| | 中矿Ⅲ | 0.17 | 7.76 | 3.22 |
| | 中矿Ⅱ | 0.89 | 1.91 | 4.15 |
| | 中矿Ⅰ | 7.65 | 0.274 | 5.11 |
| | 尾矿 | 89.90 | 0.023 | 5.04 |
| | 给矿 | 100.00 | 0.41 | 100.00 |
| 60 | 铜精矿 | 1.45 | 23.33 | 82.51 |
| | 中矿Ⅲ | 0.24 | 6.37 | 3.73 |
| | 中矿Ⅱ | 0.97 | 1.84 | 4.35 |
| | 中矿Ⅰ | 7.53 | 0.250 | 4.59 |
| | 尾矿 | 89.81 | 0.022 | 4.82 |
| | 给矿 | 100.00 | 0.41 | 100.00 |
| 80 | 铜精矿 | 1.60 | 23.34 | 84.87 |
| | 中矿Ⅲ | 0.19 | 6.00 | 2.59 |
| | 中矿Ⅱ | 0.94 | 1.63 | 3.48 |
| | 中矿Ⅰ | 9.40 | 0.228 | 4.87 |
| | 尾矿 | 87.87 | 0.021 | 4.19 |
| | 给矿 | 100.00 | 0.44 | 100.00 |

由表 6 可知,药剂用量增加,铜精矿品位先升后降,回收率逐渐提高,综合考虑,选定粗选用量为 40g/t。

在选定药剂用量后,开展了闭路试验,流程参考图 1,仅将捕收剂变为 At-3,用量为粗选 40g/t,扫选 30g/t,试验结果见表 7。

表 7 表明,使用 At-3 捕收剂获得了品位 23.96%,回收率 91.48% 的铜精矿选别指标,比现场使用的乙、丁黄药捕收剂铜精矿品位高 3.46%,回收率高 2.19%,并且粗、扫选合计药剂用量仅为 70g/

t,节省了 60g/t。试验取得了较好效果。

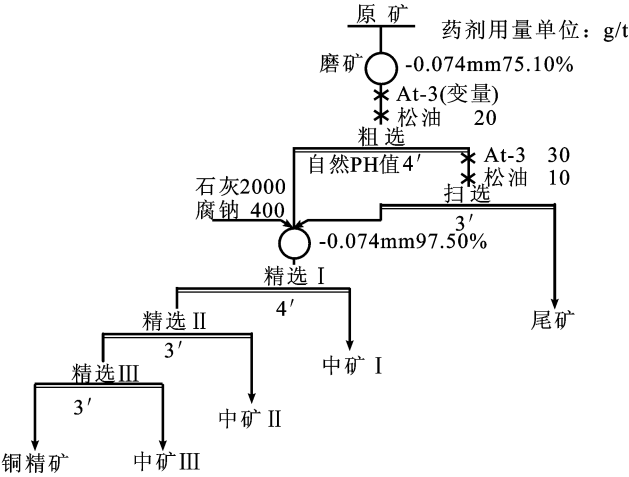


图 2 At-3 捕收剂用量试验流程

Fig. 2 Test flowsheet of the dosage of At-3 collector

表 7 At-3 捕收剂闭路试验结果

Table 7 Closed-circuit test results of At-3 collector

| 产品名称 | 产率/% | 品位/% | 回收率/% |
|------|--------|-------|--------|
| 铜精矿 | 1.68 | 23.96 | 91.48 |
| 尾矿 | 98.32 | 0.038 | 8.52 |
| 原矿 | 100.00 | 0.44 | 100.00 |

2.3 水质对比闭路试验

在卡房分公司单一硫化铜矿实际生产中,旱季新水不够用时,常补充使用尾矿库回水,由于该尾矿库是共生矿、单一硫化铜矿、多金属矿、氧化矿等多个生产流程共用,回水含药剂及金属离子复杂,为了考察其对浮选指标的影响,试验采用乙、丁黄药及 At-3 捕收剂选定的工艺参数及药剂制度,进行了回

水对比试验,流程参照图 1。

水质对比试验结果表明,尾矿库回水对两种捕收剂的选别均有影响,对乙、丁黄药主要表现在精矿回收率下降,对 At-3 捕收剂主要表现在精矿品位下降。综合来看,使用 At-3 捕收剂,铜精矿品位 21.80%,比乙、丁黄药捕收剂高 2.36%;回收率为 89.80%,比乙、丁黄药捕收剂高 4.18%。说明 At-3 捕收剂适应性较好。

3 结 论

1. 矿石中黄铜矿结晶粒度细小,共生关系复杂,一段粗磨后,选用捕收能力强,浮选速度快的 At-3 捕收剂,将大部分铜矿物富集至精选作业,达到了“早收”的目的;细磨后再精选,使结晶粒度细小的铜矿物得以充分解离,保证了浮选技术指标。

2. At-3 捕收剂为黄药类复合药剂,用量省,药剂价格与丁黄药相当,可节约药剂成本,较为经济。

3. 生产上使用 At-3 捕收剂,工艺流程及参数不需变动,仅将乙丁黄药取消,易于操作。

4. 由于 At-3 药剂捕收能力强,对多金属硫化矿的浮选,其用量及与抑制剂的配合需进行详细试验。

参考文献:

[1]胡岳华、冯其明,矿物资源加工技术与设备[M].北京:科学出版社,2006(9):239-242.
 [2]胡熙庚,有色金属硫化矿选矿[M].北京:冶金工业出版社,1987.13-15.
 [3]胡为柏,浮选[M].北京:冶金工业出版社,1983.132、141、241.

Flotation of the Low-grade Single Copper Sulfide Ore Using At-3 Collector

LI Wei

(Institute of Research & Designing of YTC, Gejiu, Yunnan, China)

Abstract: In order to expand mine resources, adapt the trend of the decrease of grade of the raw ore and improve the beneficiation indexes of the low-grade copper sulfide ore, a detailed research on beneficiation for the low-grade copper sulfate recently found by Yunnan Tin Company was carried out. The process mineralogy research show that the grade of copper is very low, which is only 0.338%. The grain size of the main carrier chalcopyrite is relatively fine and is disseminated in the form of multi-fineness. Meanwhile, the intergrown relation is very complex. The beneficiation research show that the copper concentrate with th grade of 23.96% and recovery of 91.48% can be obtained under the condition of the grinding size of-0.074mm75.10% through the preferential flotation of one roughing, one scavenging and three cleaning by adopting the At-3 collector. This index is better than that which uses the present reagent. Besides, the dosage of the reagent is relatively less than before, which can reduce the production cost. When the backwater test is adopted, the similar indexes appear.

Key words: At-3 collector; Flotation; Low-grade; Single copper sulfide ore