

某复杂难选多金属硫化矿铜铅浮选分离试验研究^①

吴承优

(长沙矿冶研究院有限责任公司,湖南长沙410012)

摘要:对某含砷含银复杂难选铜铅锌硫化矿进行了浮选试验研究。使用新型高效硫化矿捕收剂CYC和环保型铅抑制剂CYZ,采用粗磨-铜铅混合浮选-分级再磨-脱药-铜铅分离工艺流程,获得了铜品位22.42%、银含量11 549.74 g/t,铜、银回收率分别为73.77%、83.85%的铜精矿,以及铅品位13.96%、锑含量6.61%,铅、锑回收率分别为19.45%、11.10%的铅精矿,实现了铜和铅的高效分离,伴生银、锑也得到了有效回收。

关键词:多金属硫化矿;捕收剂;抑制剂;铜铅分离;铜铅锌硫化矿

中图分类号:TD923

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2023.04.016

文章编号:0253-6099(2023)04-0073-05

Experimental Study on Copper-Lead Flotation Separation of Refractory Polymetallic Sulfide Ore

WU Chengyou

(Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co Ltd, Changsha 410012, Hunan, China)

Abstract: Flotation tests were conducted for a complex refractory copper-lead-zinc polymetallic sulfide ore bearing arsenic and silver. By using a new high-efficient sulfide ore collector (CYC) and an environment friendly lead depressant (CYZ), the test with a flowsheet consisting of rough grinding, copper-lead-silver bulk flotation, classification and regrinding, reagent removal and Cu/Pb separation produced a copper concentrate grading 22.42% Cu and 11 549.74 g/t Ag with corresponding recoveries of 73.77% Cu and 83.85% Ag, as well as a lead concentrate grading 13.96% Pb and 6.61% Sb with corresponding recoveries of 19.45% Pb and 11.10% Sb. It is shown that with this technique, an efficient Cu/Pb separation can be actualized, while the associated Ag and Sb minerals can also be reclaimed effectively.

Key words: polymetallic sulfide ore; collector; depressant; Cu/Pb separation; copper-lead-zinc sulfide ore

铜铅锌银多金属硫化矿的组分和嵌连关系复杂,各矿物之间致密共生,是难选多金属矿^[1-6]。东北某复杂难选铜铅锌银多金属硫化矿的选矿生产中,采用丁铵黑药作铜铅混合浮选捕收剂获得了铜铅银混合精矿,但其中铅、锑等有价值元素未能形成单独产品而不计价,严重影响企业效益。本文对该多金属硫化矿进行了浮选试验研究,使用新型高效硫化矿捕收剂CYC和环保型铅抑制剂CYZ,采用铜铅混合浮选-铜铅分离流程,实现了矿石中铜与铅的高效分离,有价值伴生组分银、锑也得到了有效回收。

1 矿石性质

原矿化学多元素分析结果见表1,铜、铅化学物相

分析结果分别见表2和表3。矿石中可供选矿回收的元素主要是铜、铅、锌和银,锑和硫均可作为综合利用对象考虑。需要选矿排除的脉石组分主要为SiO₂,其次为Al₂O₃,有害杂质砷含量偏高。原矿中铜主要以原

表1 原矿化学多元素分析结果(质量分数) %

| Cu | Pb | Zn | Ag ¹⁾ | Sb | Bi | Fe |
|------------------|------------------|--------------------------------|------------------|------|------------------|-------------------|
| 0.48 | 0.36 | 1.12 | 202.5 | 0.28 | 0.0043 | 5.59 |
| TiO ₂ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O |
| 0.55 | 63.82 | 12.96 | 0.36 | 0.28 | 0.98 | 0.22 |
| P | As | S | C | 烧失 | | |
| 0.026 | 0.36 | 3.56 | 0.21 | 4.60 | | |

1) 单位为g/t。

① 收稿日期:2023-02-28

作者简介:吴承优(1990—),男,江西崇义人,工程师,硕士,主要研究方向为选矿工艺和药剂研发及产业化。

表2 原矿铜化学物相分析结果

| 铜物相 | 含量/% | 分布率/% |
|-------|-------|--------|
| 原生硫化铜 | 0.42 | 87.50 |
| 次生硫化铜 | 0.05 | 10.42 |
| 自由氧化铜 | 0.005 | 1.04 |
| 结合氧化铜 | 0.005 | 1.04 |
| 合计 | 0.48 | 100.00 |

表3 原矿铅化学物相分析结果

| 铅物相 | 含量/% | 分布率/% |
|-----|---------|--------|
| 硫化铅 | 0.16 | 44.30 |
| 碳酸铅 | 0.028 | 7.75 |
| 硫酸铅 | 0.001 5 | 0.42 |
| 砷酸铅 | 0.001 7 | 0.47 |
| 铅铁矾 | 0.17 | 47.07 |
| 合计 | 0.36 | 100.00 |

生硫化铜形式存在,铅主要以硫化铅和铅铁矾两种形式产出,银主要呈类质同象赋存在其他金属硫化物中。

原矿主要矿物含量见表4。矿石的组成矿物种类较为复杂,具典型浸染状构造,铜矿物主要为黝铜矿和黄铜矿,偶见硫铜锑矿;铅矿物主要为水磷铝铅矿,其次为方铅矿和脆硫锑铅矿,含少量车轮矿,偶见白铅矿、硫锑铅矿;锌矿物为闪锌矿;其他金属硫化物主要为黄铁矿、毒砂等;脉石矿物主要是石英和电气石,其次是云母、高岭石和蒙脱石等。

表4 原矿主要矿物含量(质量分数) %

| 黝铜矿 | 黄铜矿 | 水磷铝铅矿 | 方铅矿 | 方解石、白云石 | 云母 | 高岭石、蒙脱石 | 黄铁矿 |
|------|-------|-------|------|---------|------|---------|------|
| 0.89 | 0.33 | 0.55 | 0.16 | 0.18 | 8.91 | 2.06 | 7.69 |
| 毒砂 | 石英 | 脆硫锑铅矿 | 车轮矿 | 闪锌矿 | 长石 | 电气石 | 绿泥石 |
| 1.33 | 48.25 | 0.10 | 0.05 | 1.77 | 0.24 | 23.59 | 0.14 |

原矿中主要目的矿物以不均匀微细粒嵌布且相互之间镶嵌关系非常复杂,部分呈相互包裹的结构产出,预计即使细磨也难以得到充分解离,易导致各精矿中有价金属元素互含严重、品位偏低。同时,原矿中黝铜矿和方铅矿均含少量砷,易导致铜、铅精矿中砷含量偏高。此外,原矿中水磷铝铅矿虽含量较高,但其质地不纯、含铅量低,即使被有效回收,也将影响铅精矿品质,若不回收又将大大降低铅的回收率。综上所述,可认为该矿石属发生一定程度氧化的含砷含银复杂难选铜铅锌硫化矿石。

2 选矿试验研究

相关研究表明,针对黝铜矿型铜铅锌硫化矿,应用

常规的浮选药剂很难取得令人满意的浮选分离效果^[7]。长沙矿冶研究院有限责任公司依据浮选药剂设计理论及复合用药原理,引入新的活性官能团并利用复合药剂的协同效应,自主研发合成了高效硫化矿捕收剂CYC。该捕收剂对发生一定程度氧化的硫化矿选别效果较好,对铅、锌矿物均具有良好的选择性。相比现场药剂丁铵黑药,CYC可在确保铜铅混合精矿中铜、银回收率的同时,提升铅回收率并有效降低锌混入量,有利于后续的铜铅分离。

采用粗磨-铜铅混合浮选-分级再磨-脱药-铜铅分离流程,基于铜铅银混合浮选优化试验,在磨矿细度-0.075 mm 粒级占53%,组合抑制剂碳酸钠与硫酸锌用量分别为1 500 g/t与2 000 g/t时,使用CYC作为捕收剂进行铜铅混合浮选,获得的铜铅混合精矿作为铜铅分离的给矿,进行以下试验。

2.1 再磨细度试验

考虑到各硫化矿之间的复杂密切嵌布关系,在铜铅分离前有必要对铜铅混合精矿进行细磨。铜铅分离再磨细度试验流程见图1,结果见表5。结果表明,随着再磨细度增加,铜精矿中铜品位先升高后降低,说明磨矿细度过细不利于铜精矿品位的提升。综合考虑,选取再磨细度为-0.045 mm 粒级占83%。

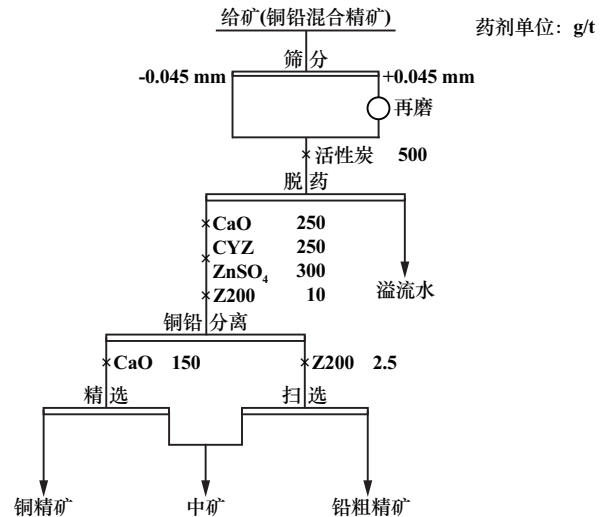


图1 再磨细度试验流程

2.2 铜铅分离试验

传统的铜铅分离一般采用氰化物浮铅抑铜或重铬酸钾抑铅浮铜^[8],但这些方法易产生环境污染。研制新型环保抑制剂,是铜铅分离的关键。因铜铅混合精矿中存在大量药剂,脱除矿物表面药剂、使抑制剂能更好地与铅矿物发生作用,是铜铅分离不可缺少的技术环节。以铜铅混合精矿为铜铅分离给矿,经分级再磨

表5 铜铅分离再磨细度试验结果

| -0.045 mm 粒级含量/% | 产品名称 | 产率/% | 品位/% | | | 回收率/% | | |
|---------------------|------|--------|-------|------|------|--------|--------|--------|
| | | | Cu | Pb | Zn | Cu | Pb | Zn |
| 78 | 铜精矿 | 17.76 | 18.89 | 1.53 | 7.38 | 53.25 | 10.81 | 29.35 |
| | 中矿 | 11.48 | 12.53 | 3.39 | 6.35 | 22.82 | 15.47 | 16.32 |
| | 铅粗精矿 | 70.76 | 2.13 | 2.62 | 3.43 | 23.92 | 73.72 | 54.34 |
| | 给矿 | 100.00 | 6.30 | 2.51 | 4.47 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 83 | 铜精矿 | 17.61 | 19.39 | 1.74 | 8.72 | 54.44 | 11.83 | 32.86 |
| | 中矿 | 8.92 | 11.62 | 3.03 | 5.69 | 16.52 | 10.44 | 10.86 |
| | 铅粗精矿 | 73.47 | 2.48 | 2.74 | 3.58 | 29.04 | 77.73 | 56.28 |
| | 给矿 | 100.00 | 6.27 | 2.59 | 4.67 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 87 | 铜精矿 | 19.42 | 17.64 | 1.47 | 7.79 | 55.98 | 11.91 | 32.45 |
| | 中矿 | 8.53 | 11.47 | 3.22 | 5.32 | 15.99 | 11.46 | 9.74 |
| | 铅粗精矿 | 72.05 | 2.38 | 2.55 | 3.74 | 28.03 | 76.62 | 57.81 |
| | 给矿 | 100.00 | 6.12 | 2.40 | 4.66 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 92 | 铜精矿 | 20.23 | 16.78 | 1.91 | 7.03 | 54.53 | 15.69 | 30.29 |
| | 中矿 | 13.25 | 10.87 | 3.32 | 5.22 | 23.14 | 17.86 | 14.73 |
| | 铅粗精矿 | 66.52 | 2.09 | 2.46 | 3.88 | 22.34 | 66.45 | 54.98 |
| | 给矿 | 100.00 | 6.22 | 2.46 | 4.69 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

与活性炭脱药后,以 Z200 为选铜捕收剂,进行了铜铅分离抑制剂种类试验,试验流程见图 2,结果见表 6。其中 CYZ 为长沙矿冶研究院有限责任公司自主研发的无毒无污染环保型抑制剂。结果表明,CYZ 是铅矿物的良好抑制剂,在使用活性炭脱药的基础上,采用 CYZ 抑制剂能够较好地实现铜铅分离,获得互含较低的铜粗精矿和铅粗精矿。

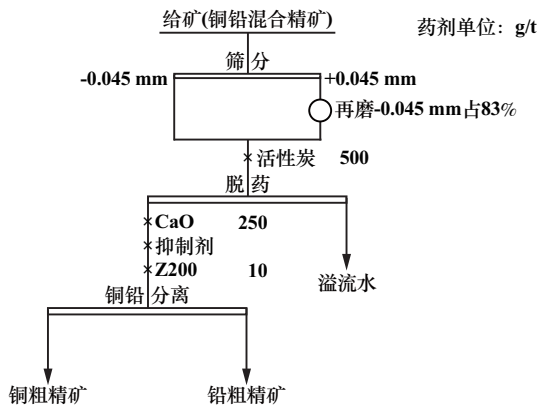


图2 铜铅分离试验流程

表6 铜铅分离抑制剂种类试验结果

| 抑制剂种类及 用量/(g·t ⁻¹) | 产品名称 | 产率/% | 品位/% | | | 回收率/% | |
|--|------|--------|-------|------|--------|--------|--|
| | | | Cu | Pb | Cu | Pb | |
| 重铬酸钾 600 | 铜粗精矿 | 40.77 | 14.47 | 4.34 | 91.54 | 67.62 | |
| | 铅粗精矿 | 59.23 | 0.92 | 1.43 | 8.46 | 32.38 | |
| | 给矿 | 100.00 | 6.44 | 2.62 | 100.00 | 100.00 | |
| CYZ 200 | 铜粗精矿 | 34.78 | 17.20 | 2.31 | 89.91 | 29.32 | |
| | 铅粗精矿 | 65.22 | 1.03 | 2.97 | 10.09 | 70.68 | |
| | 给矿 | 100.00 | 6.65 | 2.74 | 100.00 | 100.00 | |
| Na ₂ SO ₃ +CMC+ Na ₂ SiO ₃ 650 | 铜粗精矿 | 27.95 | 17.07 | 2.04 | 76.62 | 22.60 | |
| | 铅粗精矿 | 72.05 | 2.02 | 2.71 | 23.38 | 77.40 | |
| | 给矿 | 100.00 | 6.23 | 2.52 | 100.00 | 100.00 | |

相同条件下进行了抑铅浮铜新型抑制剂 CYZ 用量试验,结果见表 7。结果表明,随着 CYZ 用量增加,铜粗精矿产率降低,铜粗精矿中铜品位增大而铅品位降低。综合考虑精矿品位和回收率,CYZ 用量 250 g/t 为宜。

表7 铜铅分离抑制剂用量试验结果

| CYZ 用量/ (g·t ⁻¹) | 产品名称 | 产率/% | 品位/% | | | 回收率/% | | |
|---------------------------------|------|--------|-------|------|------|--------|--------|--------|
| | | | Cu | Pb | Zn | Cu | Pb | Zn |
| 150 | 铜粗精矿 | 28.35 | 17.83 | 2.42 | 8.10 | 81.80 | 28.27 | 43.23 |
| | 铅粗精矿 | 71.65 | 1.57 | 2.43 | 4.21 | 18.20 | 71.73 | 56.77 |
| | 给矿 | 100.00 | 6.18 | 2.43 | 5.31 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 250 | 铜粗精矿 | 25.11 | 18.36 | 2.36 | 7.64 | 73.32 | 22.80 | 35.82 |
| | 铅粗精矿 | 74.89 | 2.24 | 2.68 | 4.59 | 26.68 | 77.20 | 64.18 |
| | 给矿 | 100.00 | 6.29 | 2.60 | 5.36 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 350 | 铜粗精矿 | 19.81 | 18.68 | 2.26 | 7.66 | 60.29 | 17.03 | 28.84 |
| | 铅粗精矿 | 80.19 | 3.04 | 2.72 | 4.67 | 39.71 | 82.97 | 71.16 |
| | 给矿 | 100.00 | 6.14 | 2.63 | 5.26 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 450 | 铜粗精矿 | 17.22 | 18.96 | 2.01 | 7.28 | 52.91 | 12.95 | 23.68 |
| | 铅粗精矿 | 82.78 | 3.51 | 2.81 | 4.88 | 47.09 | 87.05 | 76.32 |
| | 给矿 | 100.00 | 6.17 | 2.67 | 5.29 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

2.3 选铅试验

铜铅分离作业后,以铜铅分离尾矿(铅粗精矿)为给矿,以 CaO 为黄铁矿抑制剂(pH 值 11.0)、SN-9# 为铅捕收剂、ZnSO₄ 为抑制剂选铅,试验流程见图 3。抑制剂 ZnSO₄ 用量试验结果见表 8。结果表明,随着抑制剂 ZnSO₄ 用量增大,铅精矿产率降低,铅精矿中铅品位增大而锌品位降低;当 ZnSO₄ 用量为粗选 2 000 g/t、精选 250 g/t 时,获得的铅精矿中铅品位和回收率较好且锌含量低。选择 ZnSO₄ 用量粗选 2 000 g/t、精选 250 g/t 为宜。

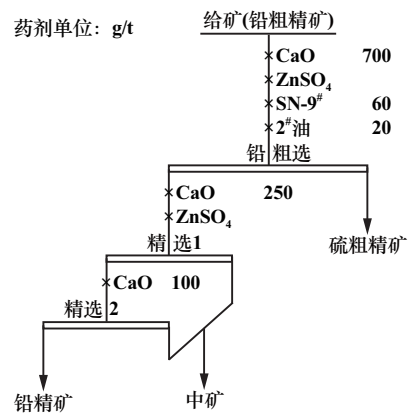


图3 选铅试验流程

3 全流程闭路试验

在条件试验和开路试验基础上,进行粗磨-铜铅混浮-分级再磨-脱药-铜铅分离闭路试验,结果见表 9,试验流程如图 4 所示(在实际生产中,混合浮选尾矿 1 进入

表8 选铅抑制剂 ZnSO₄ 用量试验结果

| ZnSO ₄ 用量/ (g·t ⁻¹) | 产品名称 | 产率/% | 品位/% | | | | 回收率/% | | | |
|---|------------|-----------------|--------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | Cu | Pb | Zn | S | Cu | Pb | Zn | S |
| 粗选 650 精选 250 | 铅精矿 | 8.59 | 7.86 | 19.89 | 11.07 | 24.63 | 33.93 | 62.57 | 18.00 | 6.06 |
| | 中矿 | 25.67 | 2.33 | 2.06 | 6.09 | 38.28 | 30.06 | 19.37 | 29.60 | 28.13 |
| | 硫粗精矿 给矿 | 65.74 100.00 | 1.09 1.99 | 0.75 2.73 | 4.21 5.28 | 34.96 34.93 | 36.02 100.00 | 18.06 100.00 | 52.40 100.00 | 65.81 100.00 |
| 粗选 1 300 精选 250 | 铅精矿 | 7.09 | 6.95 | 21.88 | 9.04 | 26.90 | 26.66 | 56.60 | 12.25 | 5.29 |
| | 中矿 | 27.97 | 1.71 | 1.28 | 2.76 | 43.67 | 25.89 | 13.07 | 14.76 | 33.90 |
| | 硫粗精矿 给矿 | 64.94 100.00 | 1.35 1.85 | 1.28 2.74 | 5.88 5.23 | 33.73 36.03 | 47.45 100.00 | 30.34 100.00 | 73.00 100.00 | 60.80 100.00 |
| 粗选 2 000 精选 250 | 铅精矿 | 6.55 | 5.76 | 23.80 | 5.37 | 35.03 | 20.57 | 56.58 | 6.89 | 6.36 |
| | 中矿 | 35.80 | 1.35 | 1.04 | 2.84 | 44.46 | 26.34 | 13.51 | 19.90 | 44.09 |
| | 硫粗精矿 给矿 | 57.64 100.00 | 1.69 1.83 | 1.43 2.76 | 6.49 5.11 | 31.03 36.10 | 53.09 100.00 | 29.91 100.00 | 73.21 100.00 | 49.55 100.00 |
| 粗选 2 600 精选 250 | 铅精矿 | 5.62 | 5.69 | 24.37 | 5.18 | 35.61 | 17.27 | 50.84 | 5.66 | 5.54 |
| | 中矿 | 37.60 | 1.34 | 1.00 | 2.38 | 44.76 | 27.21 | 13.96 | 17.38 | 46.60 |
| | 硫粗精矿 给矿 | 56.78 100.00 | 1.81 1.85 | 1.67 2.69 | 6.977 5.15 | 30.43 36.11 | 55.51 100.00 | 35.20 100.00 | 76.96 100.00 | 47.85 100.00 |

表9 闭路试验结果

| 产品名称 | 产率/% | 品位/% | | | | | | 回收率/% | | | | | |
|------|--------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | Cu | Pb | Zn | Ag ¹⁾ | S | Sb | Cu | Pb | Zn | Ag | S | Sb |
| 铜精矿 | 1.56 | 22.42 | 3.73 | 9.25 | 11 549.74 | 26.33 | 11.82 | 73.77 | 18.34 | 14.35 | 83.85 | 14.30 | 69.19 |
| 铅精矿 | 0.44 | 8.71 | 13.96 | 11.37 | 3 398.77 | 25.73 | 6.61 | 8.13 | 19.45 | 5.00 | 6.99 | 3.96 | 11.10 |
| 尾矿 1 | 92.64 | 0.07 | 0.19 | 0.74 | 11.3 | 0.41 | 0.04 | 14.38 | 54.27 | 68.45 | 4.87 | 13.23 | 13.72 |
| 尾矿 2 | 5.36 | 0.33 | 0.47 | 2.29 | 173.2 | 36.7 | 0.32 | 3.73 | 7.93 | 12.20 | 4.32 | 68.54 | 6.35 |
| 给矿 | 100.00 | 0.47 | 0.32 | 1.01 | 214.90 | 2.87 | 0.27 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

1) 单位为 g/t。

药剂单位: g/t

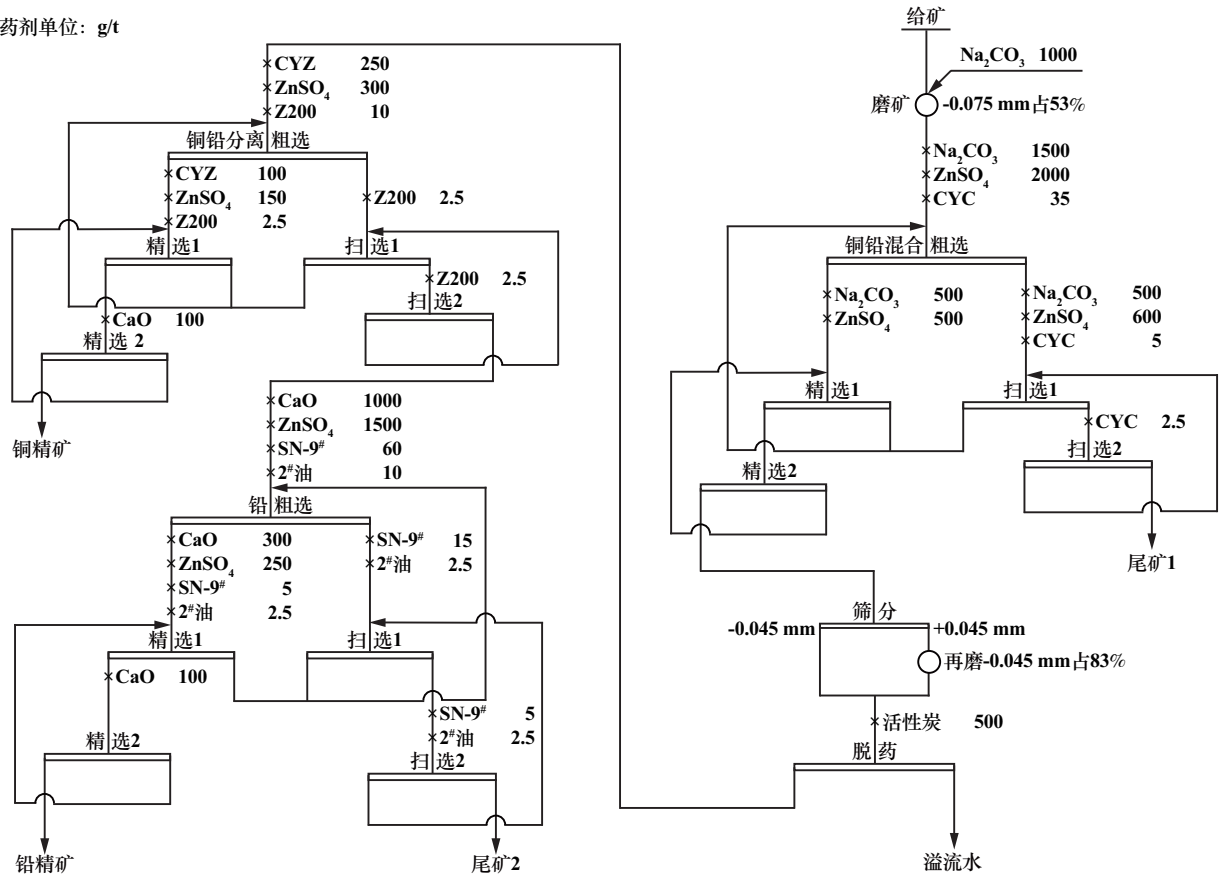


图4 闭路试验流程

锌硫分选系统,铜铅分离尾矿2为高含锌中矿,可返回至锌粗选,有利于提高选锌的回收率指标)。结果表明,采用粗磨-铜铅混合浮选-分级再磨-脱药-铜铅分离工艺流程,获得的铜精矿铜品位22.42%、银含量11 549.74 g/t、铅含量3.73%、锌含量9.25%、硫含量26.33%、铋含量11.82%,对应的回收率分别为73.77%、83.85%、18.34%、14.35%、14.30%、69.19%;铅精矿铅品位13.96%、铋含量6.61%、铜含量8.71%、锌含量11.37%、银含量3 398.77 g/t、硫含量25.73%,对应的回收率分别为19.45%、11.10%、8.13%、5.00%、6.99%、3.96%,铅铋品位(Pb+Sb)20.57%、回收率(Pb+Sb)30.55%。铜精矿、铅精矿中砷含量分别为0.093%、0.18%,满足产品质量要求。

4 结 语

1) 某矿石属发生一定程度氧化的含砷含银复杂难选铜铅锌硫化矿石,具典型浸染状构造,其组成矿物种类复杂,主要目的矿物均具不均匀微细粒特征且相互之间镶嵌关系非常复杂,铜矿物主要为黝铜矿和黄铜矿;铅矿物主要为水磷铝铅矿,其次为方铅矿和脆硫铋铅矿;锌矿物为单一闪锌矿;其他金属硫化物以黄铁矿为主,其次为毒砂;脉石矿物主要为石英和电气石,其次为云母、高岭石和蒙脱石等。

2) 新型无毒无污染环保药剂CYZ是铅矿物的良好抑制剂,采用活性炭脱药后使用CYZ抑制剂能够有

效实现铜铅分离。

3) 采用粗磨-铜铅混合浮选-分级再磨-脱药-铜铅分离工艺流程,可以获得铜品位22.42%、银含量11 549.74 g/t,铜、银回收率分别为73.77%、83.85%的铜精矿以及铅品位13.96%、铋含量6.61%,铅、铋回收率分别为19.45%、11.10%的铅精矿,强化了铜、铅、银、铋等有价值组分的回收。该工艺流程与药剂制度对类似矿石性质的矿山生产应用具有借鉴和推广价值。

参考文献:

- [1] 段胜红,姜亚雄,周光浪.某铜铅锌硫化矿浮选分离试验研究[J].矿冶工程,2023,43(1):72-76.
- [2] 常宝乾,张世银,李天恩.复杂难选铜铅锌银多金属硫化矿选矿工艺研究[J].有色金属(选矿部分),2010(1):15-19.
- [3] 黄建平,卢毅屏,徐斌,等.某复杂铜铅锌银多金属硫化矿的综合回收试验研究[J].有色金属(选矿部分),2013(3):1-5.
- [4] 刘水红,李成必,曾克文,等.内蒙古某含银铋复杂铜铅锌多金属硫化矿选矿试验研究[J].矿冶,2015,24(1):6-10.
- [5] 冯晓燕,姜涛,赵志强,等.某铜铅锌多金属硫化矿选矿试验研究[J].矿冶工程,2020,40(5):53-57.
- [6] 鱼博,王宇斌,王妍,等.某铜铅锌多金属硫化矿浮选分离试验研究[J].矿业研究与开发,2020,40(9):117-121.
- [7] 徐斌.黝铜矿型铜铅锌硫化矿浮选新药剂及其综合回收新工艺研究[D].长沙:中南大学资源加工与生物工程学院,2013.
- [8] 路亮,梁爽,张行荣,等.方铅矿抑制剂在铜铅分离中的研究进展[J].矿产保护与利用,2020,40(2):105-111.

引用本文:吴承优.某复杂难选多金属硫化矿铜铅浮选分离试验研究[J].矿冶工程,2023,43(4):73-77.

关于检测学术不端的公告

为弘扬良好学术风气,保护知识产权,防止抄袭、伪造、篡改、不当署名、一稿多投、一个学术成果多篇发表等学术不端行为,本刊与中国学术期刊(光盘版)电子杂志社合作,由中国学术期刊(光盘版)电子杂志社学术不端文献检测中心对本刊网络版刊登的文章进行系统检测,并按照“《中国学术期刊网络出版总库》删除学术不端文献暂行办法”,对出现以上学术不端行为的文章作出严肃处理。

特此公告!

矿冶工程杂志编辑部
2023年8月