

赞比亚某冶炼铜渣的综合利用

袁喜振¹, 尹明水², 单志强³

(1. 中国有色矿业集团非洲矿业有限公司, 赞比亚 基特韦 22592; 2. 索尔维氰特化工(上海)有限公司, 上海 201108; 3. 柳州职业技术学院 环境与食品工程学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 赞比亚某地堆存大量的火法冶炼铜渣, 含铜品位约为 2.12%, 主要以硫化铜、金属铜的形式存在。为了减少资源的浪费, 充分利用这部分资源, 进一步提高经济效益, 对铜渣进行了常规的浮选实验优化。结果表明: 在磨矿细度 -0.074 mm 75%, 石灰用量为 500 g/t、硫化钠用量为 200 g/t、丁黄用量为 90 g/t、2#油用量为 25 g/t 的条件下, 按照一粗 - 两精 - 两扫、中矿依序返回的浮选闭路流程, 获得了含铜品位 28.64%、铜回收率 91.28% 的铜精矿。

关键词: 含铜废渣; 浮选; 回收率; 资源利用

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2021.02.010

中图分类号: TD989 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2021) 02-0049-04

非洲赞比亚铜矿资源丰富, 近些年吸引了众多的中国矿山企业进行开发利用^[1-2]。赞比亚的铜矿资源主要以硫化矿为主, 铜冶炼工艺也多为火法冶炼, 进而得到粗阳极铜。因每年火法冶炼生产过程中产生了大量的铜渣, 而部分铜渣品位较高, 如果直接丢弃, 既污染环境又会造成资源的浪费。所以, 如何高效回收利用这部分含铜废渣, 越来越引起相关铜矿企业的高度重视。本文将针对废渣中铜资源的回收问题, 对赞比亚某地堆存大量铜渣开展浮选优化实验, 为工业化回收利用该资源探索出一个简单易行的选矿方案。

1 原矿性质

铜渣中铜主要以硫化铜、金属铜的形式存在, 少量铜呈包裹形式存在。脉石矿物主要为磁铁矿和石英。铜渣的化学多元素分析和物相分析, 结果见表 1、2。

表 1 铜渣化学多元素分析结果 /%

Table 1 Chemical analysis results of multi-elements of the run-of- copper slag

Cu	Fe	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
2.12	39.86	0.89	31.26	3.80	2.68	1.74	0.53	1.62

表 2 铜的化学物相分析结果

Table 2 Analysis results of copper phase

相别	金属铜	硫化物 中铜	氧化铜 中铜	铁矿物 包裹铜	硅酸盐 包裹铜	合计
含量 /%	0.39	1.55	0.01	0.12	0.05	2.12
占有率 /%	18.56	72.89	0.52	5.67	2.36	100.00

2 选矿实验

为了合理利用这部分资源, 在参考了大量行业专家的研究^[3-5]并结合大量生产实践经验后, 对铜渣采用常规的浮选流程和常规药剂进行浮选实验, 以期获得品位和回收率都比较满意的铜精矿。因此对该铜渣进行浮选条件的优化。

2.1 磨矿细度实验

适当的磨矿细度对于矿石中有用矿物的充分

收稿日期: 2019-11-29

作者简介: 袁喜振 (1989-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事选矿生产及技术工艺等相关工作。

通讯作者: 单志强 (1977-) 男, 高级工程师, 博士, 主要从事矿物资源利用及环境保护领域相关研究工作。

解离至关重要。在石灰用量 500 g/t、硫化钠用量 200 g/t、捕收剂丁黄药用量 80 g/t 条件下, 进行磨矿细度条件实验, 结果见图 1。

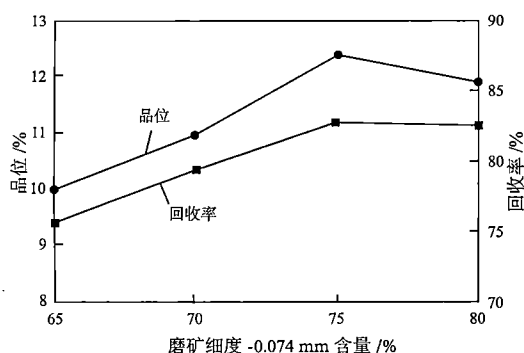


图 1 磨矿细度实验结果
Fig.1 Results of grinding fineness

由图 1 可以看出, 随着磨矿细度的增加, 铜精矿中的铜品位和回收率均先升高后降低。综合考虑, 磨矿细度以 -0.074 mm 75% 为宜。

2.2 石灰用量实验

添加适量的石灰可以调节矿浆 pH 值, 有利于铜矿物浮选, 并可抑制黄铁矿脉石。在磨矿细度 -0.074 mm 75%、硫化钠用量 200 g/t、丁黄药用量 80 g/t 的条件下, 进行石灰用量条件实验, 结果见图 2。

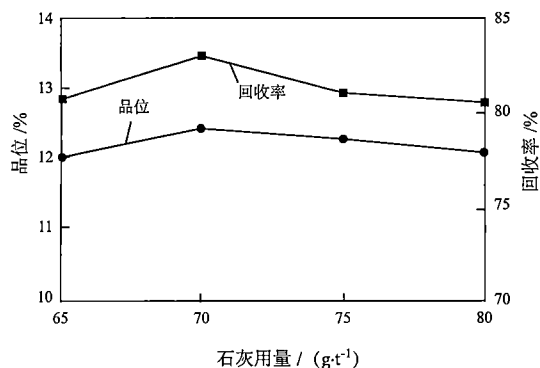


图 2 石灰用量实验结果
Fig.2 Results of dosage of lime

由图 2 可以看出, 随着石灰用量的增加, 铜精矿的铜品位和回收率均出现先升高后下降的趋势。综合考虑, 粗选石灰用量以 500 g/t 为宜。

2.3 硫化钠用量实验

由于铜渣堆存时间长, 考虑部分硫化矿物表

面形成了氧化物薄膜, 影响铜矿物的回收。因此考虑适当添加硫化钠以活化被氧化的硫化铜矿物。由于硫化钠在浮选中的多重作用, 使得硫化钠在实际生产中不好控制: 适当添加硫化钠可以提高精矿的铜回收率, 但硫化钠用量不足, 起不到预想的作用; 若是用量过多, 又会对易浮的硫化矿起到抑制作用, 降低精矿的铜的回收率^[6]。因此, 在磨矿细度 -0.074 mm 75%、石灰用量 500 g/t、丁黄药用量 80 g/t 的条件下, 进行抑制剂硫化钠用量条件实验, 结果见图 3。

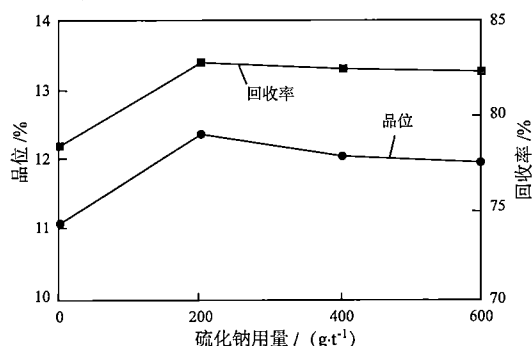


图 3 硫化钠用量实验结果
Fig.3 Results of dosage of sodium sulfate

由图 3 可以看出, 随着适当的硫化钠有利于铜矿物的浮选, 但添加过多会降低铜矿物的浮选回收率。综合考虑, 硫化钠用量 200 g/t 为宜。

2.4 捕收剂丁黄药用量实验

捕收剂用量对浮选影响较大。捕收剂用量不足, 矿石中铜矿物无法有效回收, 捕收剂量过多增加脉石矿物上浮的可能性。在磨矿细度 -0.074 mm 75%、石灰用量 500 g/t、硫化钠用量 200 g/t 条件下, 进行捕收剂丁黄药用量条件实验, 结果见图 4。

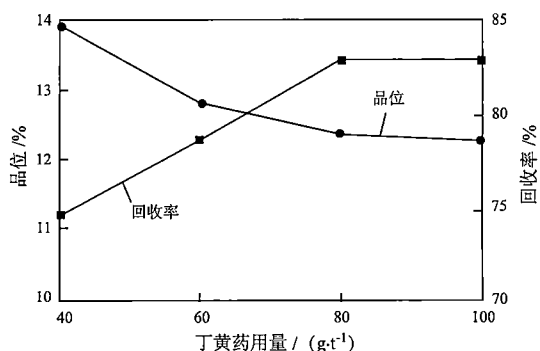


图 4 丁黄药用量实验结果
Fig.4 Result of dosage of collectors

图4表明,随着捕收剂丁黄药不断增加,铜粗精矿中铜的品位有降低的趋势,而回收率逐步提高。综合考虑,丁黄药用量以80 g/t为宜。

2.5 浮选闭路实验

在条件优化的基础上,进行浮选开路 and 闭路实验。闭路实验流程见图5,结果见表3。

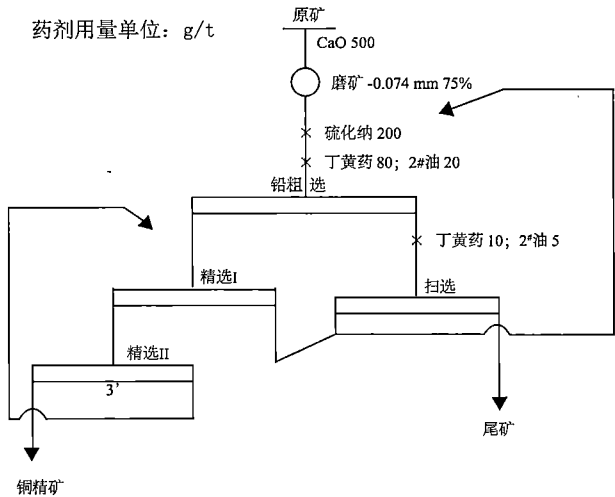


图5 浮选闭路流程
Fig.5 Closed-circuit test of flotation

表3 闭路实验结果
Table 3 Results of closed-circuit test

产品名称	产率 /%	Cu 品位 /%	Cu 回收率 /%
铜精矿	6.76	28.64	91.28
尾矿	93.24	0.20	8.72
原矿	100.00	2.12	100.00

表3表明,在磨矿细度 -0.074 mm 75% 的条件下,采用硫化钠活化表面氧化的硫化铜矿物,石灰作为 pH 值调整剂,丁黄药作为捕收剂浮选铜矿物,经过一次粗选、两次精选、一次扫选,可有效回收矿石中的铜矿物。闭路实验获得了含铜 28.64%、铜回收率 91.28% 的铜精矿。

3 结 语

(1) 赞比亚某处堆存大量的火法冶炼铜渣,含铜 2.12%,铜主要以硫化铜和铜金属的形式存在。

(2) 在各条件实验优化的基础上,按照一粗两扫两精的闭路流程,最终获得了含铜 28.64%、铜回收率 91.28% 的铜精矿。

(3) 通过浮选,获得了良好的技术指标,为这些铜渣的资源回收提供了较好的事实依据。

参考文献：

[1] 李成必,吴熙群,杨菊,等. 赞比亚谦比希铜矿选矿试验研究[J]. 矿冶,2002 (4):39-42.
LI C B, WU X Q, YANG J, et al. Experimental study on beneficiation of Chambishi copper mine in Zambia [J]. Mining and Metallurgy, 2002 (4) : 39-42.
[2] 陈志海,翟建民. 赞比亚瑞娜铜矿选矿试验工艺研究[J]. 有色金属 (选矿部分),2018 (5):10-15.
CHEN Z H, ZHAI J M. Research on beneficiation test technology of Ruina copper mine in Zambia [J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section), 2018 (5) : 10-15.
[3] 李家毓,姚飞. 新疆某硫化铜矿选矿试验[J]. 现代矿业,2012 (6):12-16.
LI J Y, YAO F. Beneficiation test of a copper sulfide ore in Xinjiang [J]. Modern Mining, 2012 (6) : 12-16.
[4] 崔启晨,李广涛,王廷国,等. 云南某硫化铜矿选矿试验研究[J]. 现代矿业,2011 (12):15-17
CUI Q C, LI G T, WANG T G, et al. Experimental Study on Beneficiation of a Copper Sulfide Ore in Yunnan Province [J]. Modern Mining, 2011 (12) : 15-17
[5] 谭兵. 某氧化铜银矿浮选试验研究[J]. 矿产保护与利用,2012 (1):18-21.
TAN B. Experimental study on flotation of a copper and silver oxide ore [J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2012 (1) : 18-21.
[6] 王立刚,张慧,叶岳华,等. 刚果(金)某难选铜钴矿选矿工艺技术研究[J]. 有色金属 (选矿部分),2012 (3):10-13.
WANG L G, ZHANG H, YE Y H, et al. Study on beneficiation technology of a refractory copper-cobalt ore in Congo [J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section), 2012 (3):10-13.

(下转 43 页)

Utilization of Stibnite Ore Sb_2S_3 as Raw Material for the Preparation of Tetrahedrite $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ and its Reaction Mechanism

Li Liang^{1,3}, Chen Yuqi^{2,3}, Asakura Kinyichi³, Hirai Shinji³

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Nanyang Normal University, Nanyang, Henan, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Shanghai University of Electrical Engineering, Shanghai, China; 3. School of Engineering, Muroran University of Technology, Muroran, Hokkaido, Japan)

Abstract: Stibnite mineral Sb_2S_3 was employed as starting material for the synthesis of tetrahedrite $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ bulks by pulse electric sintering. The influences of sintering conditions (temperature and time), secondary sintering, ball milling on the preparation of $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ compacts were systematically investigated. Highly pure $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ can be quickly obtained by the optimized sintering condition. $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ can be synthesized rapidly in the temperature range of 400 ~ 440 °C, and the secondary sintering can further reduce the mesophases CuSbS_2 and Cu_3SbS_3 . The second phase Cu_3SbS_4 and the residual phase CuS decrease with the increase of sintering time. It is easier to reduce the residual phase in dry grinding than in wet grinding. SEM and EDS analysis of the primary sintering bulk show that there is agglomeration of Cu or Cu_2S particles in the matrix. Properly reducing the molar amount of Cu or CuS (stoichiometric ratio 0.1 mol) can promote the surface reaction of agglomerates. In the sintering process, the sulfur vapor pressure results in the difference between the surface composition and the inner composition.

Keywords: Tetrahedrite; Stibnite; Spark plasma sintering; Reaction mechanism

////////////////////////////////////
(上接 51 页)

Comprehensive Utilization of Copper Slag from a Smelting Plant in Zambia

Yuan Xizhen¹, Yin Mingshui², Shan Zhiqiang³

(1. Non-ferrous Corporation Africa Mining Public Limited Company, Kitwe, Zambia; 2. Solvay Cytec industries in Shanghai, Shanghai, China; 3. Liuzhou Vocational & Technical College, School of Environmental and Food Engineering, Guilin, Guangxi, China)

Abstract: There are lots of copper smelting slags in stock in Zambia. The grade of copper is about 2.12%. It was constituted by the type of copper sulfide and single copper. In order to reduce the waste of resources, make full use of these resources and further improve economic benefits, the conventional flotation test optimization of copper slag was carried out. The result shows that under the grinding fineness of -0.074 mm accounting for 75%, lime dosage of 500 g/t, sodium sulfide dosage of 200 g/t, butyl yellow dosage of 90 g/t and 2[#] oil dosage of 25 g/t, the copper concentrate with copper grade of 28.64% and copper recovery of 91.28% was obtained by the closed-circuit flotation process of one roughing two cleaning two scavenging and middling ore returning in sequence.

Keywords: Slag of copper; Flotation; Recovery; Resource utilization