

某堆存铜渣中回收铜金属的选矿试验研究及生产应用^①

罗春华^{1,2}, 苏晓晖¹, 陆斌刚¹, 蒲银春¹, 梁金荣¹

(1. 镍钴共生资源开发与综合利用全国重点实验室, 甘肃 金昌 737100; 2. 金川镍钴研究设计院, 甘肃 金昌 737100)

摘要: 对某堆存铜渣开展了工艺矿物学及选矿试验研究, 并确定了回收其中铜金属的选矿工艺流程及参数。在原矿含铜 0.81% 条件下, 以 Z-200 为捕收剂、2[#]油为起泡剂, 磨矿细度为 -0.038 mm 粒级占 85%, 采用快速浮选产出高品位铜精矿, 再经一粗两扫两精优先浮选得到低品位铜精矿产品, 可获得铜品位 26.40% 的高品位精矿和铜品位 3.58% 的低品位精矿, 总铜精矿铜品位 13.03%、铜回收率 76.47%。该回收工艺已成功应用于工程化生产实践, 实现了堆存铜渣中铜金属的回收利用。

关键词: 铜渣; 选矿试验; 优先浮选; 捕收剂; 起泡剂; 碳酸钠; Z-200; 铜精矿

中图分类号: TD923

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.0253-6099.2024.01.018

文章编号: 0253-6099(2024)01-0081-03

Reclaiming Copper Resource from Copper Slag: Beneficiation Test Research and Production Practice

LUO Chunhua^{1,2}, SU Xiaohui¹, LU Bingang¹, PU Yinchun¹, LIANG Jinrong¹

(1. National Key Laboratory of Nickel & Cobalt Associated Minerals Resources Development and Comprehensive Utilization, Jinchang 737100, Gansu, China; 2. Jinchuan Nickel Cobalt Research & Design Institute, Jinchang 737100, Gansu, China)

Abstract: A process mineralogy study and mineral processing tests were conducted for a copper slag with Cu grade of 0.81%, and a beneficiation flowsheet for recovering copper resource and its technical parameters were determined. With Z-200 and 2[#] oil respectively as collector and frother, the slag was processed after being milled to a fineness of -0.038 mm 85%, and a high-grade copper concentrate with Cu grade of 26.40% was collected by fast preferential floatation, while a low-grade copper concentrate with Cu grade of 3.58% was obtained from a subsequent flotation process consisting of one stage of roughing, two stages of scavenging and two stages of cleaning, resulting in the total copper concentrate grading 13.03% Cu at 76.47% recovery. This copper-recovering technique has been successfully applied in commercial practice, showing that the comprehensive utilization of Cu metal resource in a copper slag can be actualized.

Key words: copper slag; beneficiation test; preferential floatation; collector; frother; sodium carbonate; Z-200; copper concentrate

矿产资源是不可再生资源,且随着矿产资源不断开采,可用矿产资源量越来越少。在铜渣选矿技术应用之前,铜冶炼系统产出的铜渣一直作为废渣堆存,不仅占用场地、浪费人力和资金、影响周围地下和大气环境,同时渣中含有的铜金属不能得到有效回收利用^[1-4]。本文以长期堆存的某铜渣样品为研究对象,开展了矿石工艺矿物特性和选矿回收铜金属的试验研究,掌握铜渣中铜矿物的工艺特性,得到选矿回收铜金属的磨浮工艺技术参数,取得较好的铜回收率指标,并

在此基础上开展了工业应用,实现了资源再利用,获得了较好的经济效益。

1 铜渣样品性质

某铜渣样品长期堆存于渣场,属于自然冷却渣型。铜渣中主要铜矿物为辉铜矿、斑铜矿、铜铅硫化物、铜锌硫化物;硅酸盐矿物为铁橄榄石、铁辉石;铁矿物有磁铁矿、含钛磁铁矿等。样品化学多元素分析结果见表 1,铜化学物相分析结果见表 2。该样品中主要有价

① 收稿日期: 2023-08-13

作者简介: 罗春华(1982—),女,湖南怀化人,硕士,高级工程师,主要从事有色金属选矿技术研究。E-mail: chunhua.luo@jnmcc.com

金属为铜和铁,其他有价金属含量较低,有害元素砷、氧化镁含量均较低;样品中铜主要以硫化物形式存在。

表1 样品化学多元素分析结果(质量分数) %

Cu	Ni	Fe	Pb	Zn	As	Bi	Co	MgO	CaO	SiO ₂
0.81	0.021	33.45	0.18	2.24	0.11	0.01	1.49	1.39	2.56	34.31

表2 样品铜化学物相分析结果

相别	含量/%	占有率/%
氧化相	0.038	4.69
硫化相	0.615	76.90
金属相	0.070	8.60
铁结合相	0.078	9.60
其他	0.009	0.21
合计	0.810	100.00

2 试验结果及分析

2.1 原则流程的确定

由铜渣样品工艺矿物学研究结果可知,该铜渣可回收的金属硫化物主要为辉铜矿、斑铜矿以及铜铅锌的硫化物,结合缓冷铜渣浮选技术,可采用浮选方法回收该铜渣中的铜金属^[5]。确定的试验流程见图1。

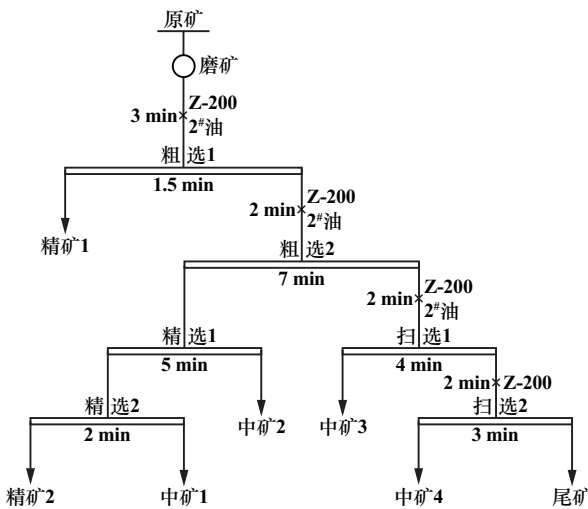


图1 浮选试验流程

2.2 磨矿细度试验

该铜渣样品无矿物的缓冷结晶过程,铜矿物结晶粒度更细,需要细磨才能实现铜矿物单体解离^[6]。采用试验室MQ-Φ240×90小型球磨机进行磨矿试验,磨矿样品质量800g,磨矿浓度75%,按图1所示流程开展了不同磨矿细度条件下的浮选试验,其中粗选1、粗选2、扫选1和扫选2的Z-200用量分别为45、55、15和10g/t,粗选1、粗选2和扫选1的2#油用量分别为

15、35和10g/t,结果如图2所示。结果表明,随着磨矿细度增加,精矿铜品位先增加后降低,铜回收率先快速增加后趋于平缓,铜回收率最高值为72%,尾矿中铜损失逐步降低。综合考虑,磨矿细度选择-0.038mm 粒级占85%。

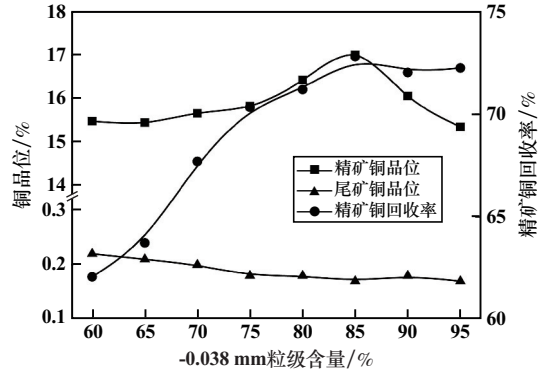


图2 磨矿细度对铜浮选指标的影响

2.3 捕收剂 Z-200 用量优化试验

Z-200 为硫氨脂类捕收剂,有研究表明,它在黄铜矿表面上的吸附为化学吸附,对黄铜矿的捕收能力很强,是硫化矿的良好捕收剂^[7-8]。以 Z-200 为铜捕收剂,在磨矿细度-0.038mm 粒级占85%条件下,进行了捕收剂 Z-200 用量优化试验,药剂用量条件见表3,结果见图3。随着 Z-200 用量增加,铜品位下降,铜回收率提高。综合考虑,确定适宜的 Z-200 总用量为125g/t。

表3 捕收剂 Z-200 用量优化试验条件

试验编号	Z-200 用量/(g·t ⁻¹)				合计
	粗选1	粗选2	扫选1	扫选2	
1	30	35	10	5	80
2	35	45	10	10	100
3	45	55	15	10	125
4	55	65	20	15	155
5	65	75	25	20	185

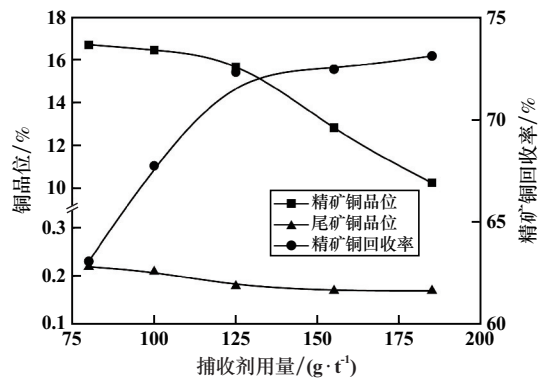


图3 捕收剂用量对铜浮选指标的影响

2.4 起泡剂 2#油用量优化试验

2#油与捕收剂 Z-200 联合浮选铜矿物具有较好的效果。在磨矿细度 -0.038 mm 粒级占 85%, 捕收剂 Z-200 总用量 125 g/t 条件下, 进行了 2#油用量试验, 药剂用量条件见表 4, 结果见图 4。试验过程中发现, 随着 2#油用量增加, 浮选泡沫变丰富; 但 2#油用量过大时, 浮选泡沫发黏, 不利于浮选。由图 4 可知, 随着 2#油用量增加, 铜精矿品位下降, 铜回收率上升。综合考虑, 适宜的 2#油总用量为 65 g/t。

表 4 起泡剂 2#油用量优化试验条件

试验编号	2#油用量/(g·t ⁻¹)				合计
	粗选 1	粗选 2	扫选 1	扫选 2	
1	15	20	5	0	30
2	15	25	5	0	45
3	15	30	10	0	55
4	15	35	10	5	65
5	20	40	10	5	75
6	25	45	10	5	85

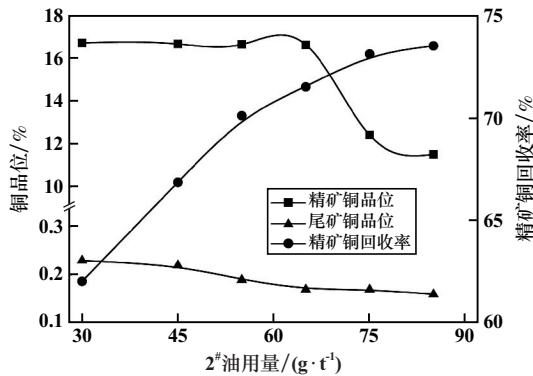


图 4 2#油用量对铜浮选指标的影响

2.5 全流程闭路试验

在条件试验基础上, 开展了全流程闭路试验, 试验流程如图 5 所示, 结果见表 5。铜渣含铜 0.81%, 在磨矿细度 -0.038 mm 粒级占 85%, 捕收剂 Z-200 总用量 125 g/t、起泡剂 2#油总用量 65 g/t 条件下, 可获得产率 4.75%、铜品位 13.03%、铜回收率 76.47% 的铜精矿。

3 堆存铜渣的工程化生产应用

以小型试验技术参数为依据, 开展了堆存铜渣的工程化生产应用。首先, 对长期堆存于渣场的老铜渣进行预筛分、破碎并与细粒镍渣、白烟灰分离后, 用运输车运送至渣池备用。之后, 备用物料进入系统, 先由颚式破碎机破碎至 -200 mm, 然后采用 Φ5.8 m × 5.8 m 半自磨机和 Φ5.5 m × 9.5 m 溢流球磨机磨矿, 磨矿产

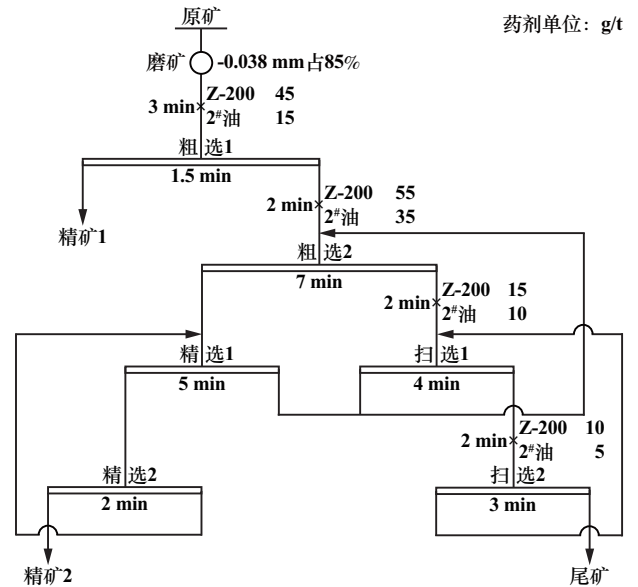


图 5 闭路试验流程

表 5 闭路试验结果

产品名称	产率/%	铜品位/%	铜回收率/%
精矿 1	1.97	26.40	64.17
精矿 2	2.78	3.58	12.30
总精矿	4.75	13.03	76.47
尾矿	95.25	0.20	23.53
原矿	100.00	0.81	100.00

品细度达到 -0.038 mm 粒级占 70% 左右。磨矿后的溢流进入浮选流程, 通过两次粗选、两次扫选、两次精选和一次精扫选, 产出铜精矿和尾矿, 采用高效浓密机浓缩、陶瓷过滤机过滤两段脱水流程。

工业应用过程中, 对存在的问题进行分析及整改并不断优化工艺条件, 最终获得的精矿铜品位 12% ~ 13%, 铜回收率 75% 左右。经过半年的生产应用, 铜渣选矿车间已处理老铜渣 37.1 万吨, 回收铜金属量约 2 080 t, 除去生产成本, 产生利润值约 580 万元, 创造了较好的经济效益。

4 结 论

1) 某铜渣样品主要有价金属为铜、铁, 含量分别为 0.81%、33.45%, 有害或不利元素砷、氧化镁含量较低; 铜主要以硫化物形式存在, 可回收的铜矿物主要为辉铜矿、斑铜矿以及铜铅锌的硫化物。

2) 通过工艺条件优化研究, 确定了堆存铜渣选矿处理的药剂制度、工艺流程等, 闭路试验获得了产率 4.75%、铜品位 13.03%、铜回收率 76.47% 的铜精矿。

3) 通过工业生产应用, 实现了堆存铜渣的工程化应用, 经过半年的生产应用, 共处理老铜渣 37.1 万吨,

(下转第 88 页)

3 结 论

1) 内蒙古包头某铁矿尾矿中萤石含量 9.50%, 脉石矿物主要为铁白云石、方解石、重晶石、黄铁矿、云母、长石和闪石等。由脉石矿物种类和含量可知, 该尾矿中萤石回收难度较大, 为难选矿石。

2) 在油酸体系中, 脉石矿物铁白云石、方解石和重晶石与萤石可浮性相近, 增加了萤石富集回收的难度。采用两段浮选作业, 在磨矿细度-0.074 mm 粒级含量 84.90% 条件下, 采用铁白云石抑制剂 DKCS、方解石抑制剂 FX-1、重晶石抑制剂淀粉、萤石捕收剂改性油酸 FH, 可以获得 CaF_2 品位 90.68%、回收率 64.69% 的萤石精矿, 实现了萤石与脉石矿物的有效分离。

参考文献:

- [1] 李育彪, 杨旭. 我国萤石资源及选矿技术进展[J]. 矿产保护与利用, 2022, 42(2): 49-58.
- [2] 中华人民共和国自然资源部. 全国矿产资源规划(2016—2020年)[M/OL]. 2016-11-15. https://www.mnr.gov.cn/gk/ghjh/201811/t20181101_2324927.html.
- [3] 吴迪, 王洪岭, 孟庆波, 等. 内蒙古某多金属尾矿回收萤石实验研究[J]. 矿产综合利用, 2022(6): 155-158.
- [4] 曾小波, 印万忠. 共伴生型萤石矿浮选研究进展与展望[J]. 矿产

(上接第 83 页)

回收铜金属量约 2 080 t, 除去生产处理成本, 产生利润约 580 万元, 实现了老铜渣二次资源挖潜增效、变废为宝, 减少了固体废弃物堆存量, 获得了较好的经济收益。

参考文献:

- [1] 吴尧, 邓朝安, 夏自发. 铜渣选矿工艺在我国的应用现状[J]. 采矿工程, 2022(2): 40-42.
- [2] 薛超龙, 李慧, 梁精龙, 等. 铜渣资源回收的研究现状及展望[J]. 中国冶金, 2022, 32(2): 108-114.
- [3] 王林松, 高志勇, 杨越, 等. 铜渣综合利用回收研究现状[J]. 化工进展, 2021, 40(10): 5237-5250.

综合利用, 2021(1): 1-7.

- [5] 宋宪伟, 梅光军, 周杰强, 等. 新型抑制剂对高钙萤石矿抑制机理及工艺研究[J]. 矿冶工程, 2022, 42(5): 65-68.
- [6] 阳华玲, 王长福, 刘铭, 等. 复杂低品位伴生萤石高效回收技术研究与应用[J]. 矿冶工程, 2022, 42(4): 67-70.
- [7] 冯青舒, 陈文胜, 王舰, 等. 从湖南某钨多金属尾矿中回收伴生萤石试验研究[J]. 矿冶工程, 2022, 42(1): 68-71.
- [8] 许道刚, 龙冰, 王小生, 等. 高泥尾砂浮选萤石实验研究[J]. 矿产综合利用, 2022(2): 150-153.
- [9] 赵旋, 曾永杰, 赵凯轩, 等. 某高方解石含量萤石矿选矿试验研究[J]. 非金属矿, 2022, 45(4): 72-74.
- [10] 文伟, 陈福林, 余新文, 等. 某含硫萤石重晶石共伴生氟碳铈稀土矿硫脱除必要性及回收试验[J]. 矿产综合利用, 2019(6): 45-48.
- [11] 马强, 李育彪, 李万青, 等. CMC 浮选分离萤石与方解石作用机理研究[J]. 金属矿山, 2022(7): 187-192.
- [12] 王涛. 萤石、重晶石和方解石浮选分离行为及机理研究[D]. 赣州: 江西理工大学, 2021.
- [13] 崔瑞, 王旭, 魏骞, 等. 湖北某重晶石-萤石型矿综合利用研究[J]. 矿产综合利用, 2019(2): 70-74.
- [14] 蒋海勇, 张发明, 陈志杰, 等. 酸化水玻璃对重晶石与白云石浮选分离行为的影响[J]. 矿产综合利用, 2022(2): 121-126.
- [15] 刘奕沛, 肖骏, 陈代雄, 等. 组合抑制剂对重晶石与白云石浮选分离的影响[J]. 化工矿物与加工, 2019, 48(9): 35-38.

引用本文: 刘春光, 李宏静, 王丽明, 等. 包头某铁矿尾矿综合回收萤石试验研究[J]. 矿冶工程, 2024, 44(1): 84-88.

- [4] 谢文东, 陈雯, 沈强华, 等. 选矿技术贫化铜渣的研究进展[J]. 有色金属科学与工程, 2020, 11(4): 91-97.
- [5] 张淑会, 王宝勇, 兰臣臣, 等. 铜渣中有价金属元素回收技术的研究现状及展望[J]. 中国有色冶金, 2022(3): 84-93.
- [6] 汪江敏. 选矿技术在铜渣综合利用中的应用[J]. 冶金与材料, 2019, 39(1): 117-119.
- [7] 罗仁昆, 吴星琳, 王俊娥, 等. 铜渣高温浮选药剂遴选与药剂制度优化研究[J]. 矿冶工程, 2021, 41(1): 33-36.
- [8] 余志翠. 浮选药剂 Z200 在某铜渣选矿中的应用研究[J]. 世界有色金属, 2019, 39(2): 29-30.

引用本文: 罗春华, 苏晓晖, 陆斌刚, 等. 某堆存铜渣中回收铜金属的选矿试验研究及生产应用[J]. 矿冶工程, 2024, 44(1): 81-83.