

经济回收铜尾矿中低品位锌锡矿的研究与实践

何东, 兰希雄

(云南华联锌铟股份有限公司, 云南 文山 663701)

摘要:云南都龙矿区以铜矿石为主的铜锌锡多金属矿石中锌锡品位偏低,铜锌锡矿物综合回收难度大,生产实践中锡石回收率偏低,锌矿物因生产成本高效益亏本未能回收。在现有条件下通过对选铜尾矿进行预先脱泥处理,同时锌硫选别工艺流程由“优先选锌-再脱硫”工艺调整为“锌硫混选-分离”工艺,在生产成本下降50%的条件下获得了含锌品位41.15%、锌精矿回收率38.32%的生产指标,实现了低品位锌矿物的经济高效回收;优化选锡工艺流程后,锡精矿品位由32.47%提高到41.14%,锡综合回收率由27.76%提高到38.05%,锡指标得到大幅度提高;选铜尾矿中低品位锌锡矿物的综合回收提高了矿产资源的利用率,增加了选矿厂的经济效益。

关键词:低品位锌锡矿;预先脱泥;工艺优化实践;经济回收

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.05.022

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2017)05-0096-04

近几十年我国对矿产资源的开发强度过大,使得品位高、可选性好的矿产资源正逐渐减少,矿产资源可持续供给能力下降。而可选性差的低品位矿石及受目前选冶技术条件的限制面临选别难度大、成本高、综合回收效果差的现状,如何经济高效的回收低品位矿产资源仍是选矿领域面临的一大难题^[1-2]。

都龙矿区以黄铜矿为主的铜锌锡多金属矿,其中含铜0.6%~1.0%,含锌0.4%~0.6%,含锡0.10%~0.15%,由于锌锡品位偏低、各矿物之间嵌布关系复杂、粒度分布不均、细粒级包裹严重,导致锌锡矿物综合回收难度大、回收成本高、经济效益低。针对该现状,结合现场条件及设备配置情况,通过对选铜尾矿进行预先脱泥处理,优化锌锡选别工艺流程,实现了选铜尾矿中低品位锌锡矿的经济高效回收,并在生产实践中获得良好的经济效益。

1 原矿性质

1.1 原矿化学多元素及物相分析

该矿石中金属矿物主要是黄铜矿和磁黄铁矿,次为黄铁矿、毒砂、闪锌矿和锡石;脉石含量较高的是石英、绿泥石和黑云母,其次为钾长石、绢云母、方解石、白云石、透辉石、黝帘石和萤石等。原矿多元素分析、锌锡物相分析结果分别见表1、表2。

表1 原矿多元素化学分析结果/%

Table 1 Multi-element chemical analysis results of the run-of-mine ore

Cu	Zn	Sn	As	S	TFe
0.81	0.49	0.14	0.68	2.06	10.34
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Ag*
49.83	0.65	13.24	4.39	3.42	25.04

*单位为g/t。

表2 锌、锡物相分析结果

Table 2 Analysis results of zinc and cassiterite phase

相别	氧化锌 中锌	硫化锌 中锌	其他 矿物 中锌	总锌	锡石	其他 矿物 中锡	总锡
含量/%	0.013	0.451	0.004	0.468	0.121	0.017	0.138
分布率/%	2.81	96.42	0.77	100.00	87.68	12.32	100.00

1.2 矿石中锌锡矿物的嵌布特性

黄铜矿、闪锌矿、磁黄铁矿和毒砂的粒度特性基本一致,均属不均匀细粒~微细粒嵌布的范畴,而锡石则具微细粒嵌布的特征。

矿石中锌的主要赋存矿物为闪锌矿,分布不均匀,少数矿块中较为富集。一是呈不规则状集合体沿磁黄铁矿、毒砂等其它金属硫化物的粒间、边缘及孔隙洞充填交代,但本身又可被黄铜矿交代,粒度一般0.02~0.30 mm;二是呈不规则状沿脉石粒间充填,局

收稿日期:2016-04-02

作者简介:何东(1983-),男,助理工程师,主要从事选矿技术研究及生产实践工作。

部可构成网格状交生关系,粒度 0.04 ~ 0.40 mm。上述两种形式的闪锌矿矿物含量比大致为 40% : 60%。

锡石分布不均匀,个别矿块中出现的频率较高,主要呈星散浸染状散布在脉石中,部分沿黄铜矿、磁黄铁矿的边缘、粒间或裂隙充填交代,与黄铜矿的嵌连关系较为密切;锡石的嵌布粒度普遍较为细小、分散程度较高、部分形态不规则,粒度粗者可至 0.20 mm 左右,细小者小于 0.01 mm,一般介于 0.02~0.10 mm 之间,要较好的实现锡矿物的回收需要更细的磨矿细度。

2 原工艺流程及生产现状简介

2.1 原工艺流程

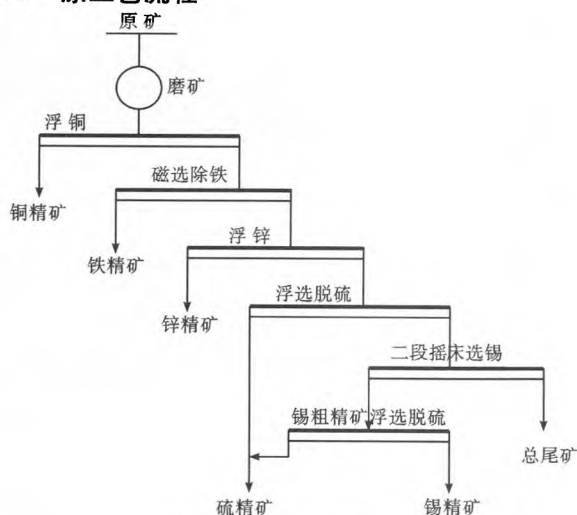


图 1 选矿工艺流程

Fig. 1 Flowsheet of beneficiation

处理该矿石的选矿厂生产能力为 1000 t/d, 生产初期按铜、铁、锌、硫、锡的先后顺序回收 5 种产品, 工艺流程详见图 1, 主要以回收铜矿物为主, 其次回收锡石, 为了减少硫铁矿物对重选回收锡石的影响, 同时回收硫铁矿物。

2.2 制约锌锡矿物经济回收的问题

采用“优先浮选锌、再脱硫”的工艺回收锌硫矿物,该流程适用于原矿含锌品位较高的矿石,但由于本矿石中含锌品位较低,选铜和磁选除铁作业后矿浆浓度由入选前的 38% 下降到 25% 左右,造成后续选锌和脱硫作业浓度偏低,需要的设备台套数量较多、动力及药剂成本较高,且仅能获得精矿含锌品位

30%、锌精矿回收率 25% 的选锌指标,选锌作业因生产成本较高且锌精矿品位达不到销售品位要求经济效益亏本,最终被迫放弃锌矿物的回收。脱硫后矿浆浓度进一步下降至 15% 左右,锡石重选作业入选矿浆量较大,现有摇床配置数量不足,大量细粒级锡石损失于尾矿中,加之进入选锡作业的物料中矿泥含量较高干扰了锡石的有效分选,中矿、次精矿单体解离度不足,原矿含锡品位低,锡粗精矿接取品位难易控制,导致锡粗精矿经过脱硫处理后的锡精矿品位波动较大且锡石回收率偏低,锡综合回收率一直徘徊在 25% ~ 30% 之间,锡精矿品位仅 32% 左右。

3 经济回收锌锡矿物的工艺优化与生产实践

3.1 预先分级脱泥工艺的研究应用

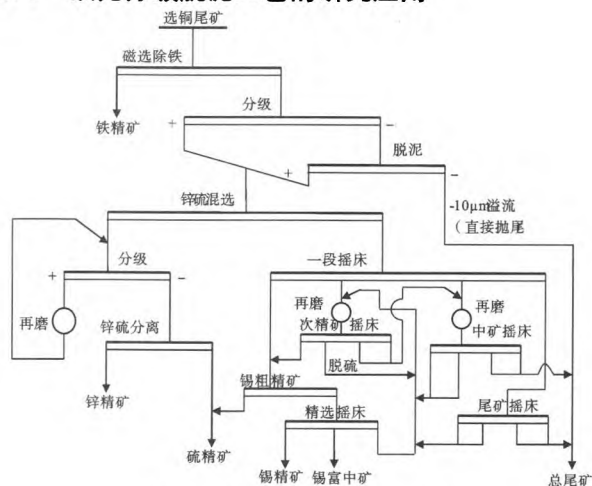


图2 锌锡回收工艺流程

Fig. 2 Flowsheet of recovery zinc and cassiterite

为解决锌硫锡选别作业浓度低、成本高、选别指标不理想的生产现状,积极探索经济高效实现锌锡矿物的有效途径,旋流器可实现高效脱泥亦可大幅度提升矿浆浓度^[3-4],故结合对磁选尾矿的粒度及金属分布的检测分析结果,采用旋流器对磁选除铁尾矿进行预先分级脱泥抛尾处理(详见图2),脱泥旋流器的溢流直接抛尾,分级和脱泥旋流器的沉砂合并进入后续选别作业,预先分级脱泥工艺应用前后物料工艺参数变化详见表3。

表3 预先分级脱泥抛尾工艺应用结果

Table 3 The application results of classification desliming lost tail process

产物名称	相对原矿 产率/%	矿量/(t·h ⁻¹)	浓度/%	矿浆体积流量 /(m ³ ·h ⁻¹)	-10μm 矿泥 含量/%	品位/%		回收率/%	
						Sn	Zn	Sn	Zn
磁选尾矿	93.00	38.75	24.76	131.11	16.32	0.145	0.496	90.00	60.00
混合沉砂	80.53	33.55	46.38	50.36	5.82	0.156	0.537	83.84	56.21
抛尾溢流	12.47	5.20	6.17	80.75	84.13	0.074	0.234	6.16	3.79

从表 3 的数据可以看出,预先分级脱泥工艺抛掉了相对原矿产率 12% 左右的矿泥,抛尾溢流中-10 μm 粒级含量达 84% 以上,锌、锡金属损失率分别为 3.79% 和 6.16%;进入后续选别作业的物料浓度由 25% 左右提高到 45% 以上,矿浆体积流量减少 60%,旋流器混合沉砂中-10 μm 矿泥含量下降到 6.0% 左右。

分级脱泥工艺应用后,提高了后续入选物料浓度、脱除了矿泥、有效控制了抛尾溢流中的目的金属损失、减少了入选矿浆量,为后续锌硫锡选别指标提升实现经济高效回收奠定了基础条件。

3.2 锌硫混选-分离工艺的试验研究及生产应用

相关研究表明适当提高入选物料浓度有益于提升选别指标并降低药剂成本^[5],预先分级脱泥工艺稳定运行后,脱除矿泥的同时使脱硫作业的入选浓度大提高 45% 以上,脱硫效果得到明显改善,脱硫作业药剂成本也明显下降。经过对锌金属的走向进行检测分析后,大部分锌金属富集于选锡之前脱硫作业的硫精矿产品中,硫精矿中的锌品位由入选给矿的 0.5% 左右富集到 5.0% 以上,故采取生产现场的硫精矿(即“锌硫粗精矿”,下同)试样进行“锌硫分离”回收锌矿物的可行性试验研究^[6]。对锌硫粗精矿细磨至-0.037 mm 粒级含量占 75% 时,采用一粗二精二扫选的工艺流程结构,从粗选至精选二分别添加 5000 g/t、2000 g/t、1000 g/t 石灰,扫一和扫二作业分别添加 50 g/t 和 30 g/t 硫酸铜的药剂条件

表 5 锌硫混选-分离工艺生产应用前后生产指标及成本对比

Table 5 Comparison of production process index and cost between original and transformed of zinc sulfide mixed choose-separation process

锌硫选别工艺	时间范围	原矿处理量 /万 t	原矿 Zn 品位 /%	锌精矿 品位/%	锌回收率/% (相对原矿)	直接生产成本 (元/吨原矿 ⁻¹)
优先选锌-再脱硫工艺	2011 年 5~6 月	5.82	0.563	30.34	25.06	9.97
选锌作业停机,脱硫作业运行	2011 年 7 月~ 2012 年 8 月	36.18	0.569	选锌效益亏损,未进行锌矿物的回收		4.24
锌硫混选-分离工艺	2012 年 10 月~ 2014 年 12 月	83.22	0.505	41.15	38.32	4.90*

* 锌硫混选-分离工艺的直接生产成本中包含预先分级脱泥工艺的砂泵动力成本。

3.3 锡石回收工艺的优化

分级脱泥作业脱除矿泥并提高锌硫作业入选浓度,锌硫混选脱除硫化矿后,为锡石的有效分选创造了良好条件。通过对进入摇床的粒级及金属分布分析可知,其中+0.037 mm 粒级部分的产率占 73.83%、锡金属分布率 56.2%,是摇床适宜选别的粒级范围,但从锡石的嵌布粒度特性来看,+0.037 mm 粒级中仍有部分未解离的锡石结合体。为了提高选锡指标,二段摇床选锡工艺流程中新增了次精矿和中矿分级再磨作业,使锡石与其他矿物或脉石

下进行闭路试验,试验结果见表 4,试验结果表明在 pH $\geq$ 10 的条件下可实现锌硫分离回收锌矿物的可行性。

表 4 锌硫分离闭路试验结果

Table 4 Results of zinc sulphur separation closed-circuit test

产物名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
		Zn	S	Zn	S
锌精矿	12.52	44.53	31.67	86.79	14.04
硫精矿	87.48	0.97	27.74	13.21	85.96
给矿	100.00	6.42	28.23	100.00	100.00

据锌硫分离小型试验的研究成果,在现场开展锌硫混选-分离工艺流程的应用改造,即将之前的“优先选锌再脱硫工艺”调整为“锌硫混选与分离工艺”,维持一粗一精二扫选的脱硫工艺结构及设备配置不变,其药剂制度调整为同时添加硫酸及硫酸铜、改变捕收剂配比,把脱硫作业调整为锌硫混选作业。新增一粗三精二扫选工艺流程结构的锌硫分离作业,利用旋流器及立式搅拌磨对锌硫粗精矿进行闭路分级细磨,满足锌硫分离的粒度要求,采用小试的药剂制度实现锌、硫精矿的分离,优化改造后的回收锌矿物工艺流程结构见图 2。近 2 年的生产实践结果表明,锌硫混选分离工艺可以获得含锌品位 41.15%,回收率 38.32% (铜精矿锌金属的损失率为 30~40%) 的选锌指标,选锌工艺优化前后指标及成本对比情况详见表 5。

的连生体的充分解离同时避免造成锡石过粉碎现象。针对原矿含锡品位低摇床操作控制困难的问题,在摇床总数量不变的条件下,在锡粗精矿脱硫工艺之后增设二段精选摇床作业,增设精选摇床后,二段粗扫选摇床作业的锡粗精矿接取品位由 15%~25% 下调至 7%~10%,降低操作控制难度并提高锡粗精矿回收率,精选摇床对脱硫后的锡精矿进一步精选提高锡精矿品位,同时产出锡富中矿产品,促进了锡综合回收率的提升。选锡工艺优化前后流程结构见图 1,优化前后选锡指标及成本对比情况详见表 6。

表6 选锡工艺优化前后生产指标成本对比

Table 5 Comparison of production process index and cost between original and transformed of cassiterite process

阶段	时间范围	原矿处理量/万t	原矿 Sn 品位/%	锡精矿品位/%	锡精矿回收率/%	锡富中矿品位/%	锡富中矿回收率/%	锡综合回收率/%	直接生产成本/(元·吨原矿)
工艺优化前	2011年5月~2012年8月	42.00	0.157	32.47	27.76	未产出富中矿	27.76	5.88	
工艺优化后	2012年10月~2014年12月	83.22	0.146	41.14	36.58	2.80	1.47	38.05	5.01*

* 选锡优化后的直接成本中包含新增次精矿、中矿再磨磨机的动力成本。

4 成本及效益分析

从表5、6可以看出,通过对磁选尾矿预先分级脱泥处理和优化锌锡选别工艺流程后,不但提升选锡指标,实现了锌矿物经济高效的回收,在相同的锌锡选别设备条件下,促进整体选矿能力在1000 t/d的基础上提升10%~15%。在分级脱泥工艺的基础上,优化后的锌硫混选分离工艺直接生产成本较之前的优先浮选工艺下降50.85%,优化后的选锡工艺直接生产成本较未优化之前下降14.80%;采用优先选锌再脱硫工艺选锌作业经济效益亏损4.11元/(吨·原矿),而采用锌硫混选分离工艺后选锌产品经济效益满足生产成本的同时实现盈利8.59元/(吨·原矿),优化后的选锡工艺锡产品经济效益由优化之前的36.12元/(吨·原矿)提升至46.13元/(吨·原矿)。每年的原矿处理量按37万t计算,回收锌精矿增创经济收益320万元,锡综合指标提升增创经济收益350万元,选铜尾矿中低品位锌锡矿物的经济回收每年可增创经济收益670万元,经济和社会效益显著。

5 结 语

(1) 预先分级脱泥工艺较好的解决了锌硫锡选

别入选浓度偏低、含泥量高的问题,改善了物料性质,减少了设备配置数量,为经济高效实现选铜尾矿中低品位锌锡的回收创造了良好条件,并间接促进了整体选矿能力的提升。

(2) 优化后的锌硫锡选别工艺提高了选矿厂的生产技术指标,实现了低品位矿物的综合回收利用,提高了资源利用率,经济效益显著,可为类似矿山提供相应的参考借鉴依据。

参考文献:

- [1] 刘亚川. 我国矿产资源综合利用现状分析与展望[J]. 矿产综合利用, 2013(12): 1-3.
- [2] 王岩, 邢树文, 张增杰, 等. 我国低品位、难选冶矿产资源勘查和综合利用现状评述[J]. 矿产综合利用, 2012(10): 7-10.
- [3] 赵艳斌, 刘璇遥, 解钊, 等. 某铜钼矿利用旋流器解决矿泥影响的研究与应用[J]. 甘肃冶金, 2014, 36(5): 21-23.
- [4] 戈保梁, 张晋禄, 王显强, 等. 云南某铜选厂尾矿再选试验[J]. 金属矿山, 2016(2): 176-180.
- [5] 杨建. 利用高浓度浮选提高技术指标的工艺研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2014(1): 48-51, 79.
- [6] 韦会福, 蒙玉彬. 含锌锡硫精矿综合利用试验[J]. 矿产综合利用, 2015(6): 67-70.

Research and Practice of Economic Recovery of the Low-grade Zinc and Cassiterite from the Copper Tailing ore

He Dong, Lan Xixiong

(Yunnan Hualian Zinc and Indium Co., Ltd., Wenshan, Yunnan, China)

Abstract: The zinc and cassiterite grade is low in copper zinc cassiterite polymetallic ore of main copper ore in Du-long Yunnan, whose comprehensive recovery is difficulty of copper zinc cassiterite mineral. The cassiterite recovery rate is low and the zinc content was unable for recycling of production cost high that benefits at a loss in production practice. Through slime removing to deal with copper tailings in turn under the current condition, meanwhile the zinc sulfide sorting process turns Zn-S preferential flotation into Zn-S mixed flotation and separation, getting with the grade of zinc 41.15%, the zinc concentrate recovery rate 38.32% of production indicators in turn under the condition of production costs fell by 50%, implementing the low-grade zinc mineral recovery of the economy and efficiency, optimizing the cassiterite process flotation. The grade of cassiterite was improved to 32.47% from 41.14%, the comprehensive recovery of cassiterite was improved to 27.76% from 38.05%, and the cassiterite indicators improved remarkably, implementing the low-grade zinc and cassiterite content comprehensive recovery from copper tailings, improving the mineral resources comprehensive utilization and increasing the concentrator economic benefit.

Keywords: Low-grade zinc -cassiterite ore; Slime removing; Process optimization practice; Economic recovery