

艾砂磨机在灵宝黄金某冶炼厂焙烧金矿细磨中的应用^①

郭桂荣¹, 童伟¹, 李建康², 李硕², 孙希乐¹, 黄东福¹, 赵硕¹, 王乐¹

(1.浙江艾领创矿业科技有限公司, 浙江 金华 321000; 2.灵宝黄金集团股份有限公司黄金冶炼分公司, 河南 灵宝 472500)

摘要: 针对灵宝黄金某冶炼厂焙烧金精矿浸出流程矿物单体解离度不够、浸出指标不理想的问题, 首次将艾砂磨机应用于焙烧矿细磨领域。结果表明, 采用艾砂磨机开路细磨, 将焙烧滤饼造浆细磨至 $-38\ \mu\text{m}$ 粒级占96%后氰化浸出, 尾渣金品位由 $1.72\ \text{g/t}$ 降至 $1.42\ \text{g/t}$, 综合经济效益增加815.68万元/年。

关键词: 金精矿; 艾砂磨机; 焙烧矿; 细磨; 金; 氰化尾渣; 经济效益

中图分类号: TD453

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2023.06.021

文章编号: 0253-6099(2023)06-0097-03

Application of ALC Mill in Fine Grinding of Roasted Gold Ore in a Smelter of Lingbao Gold Group

GUO Guirong¹, TONG Wei¹, LI Jiankang², LI Shuo², SUN Xile¹, HUANG Dongfu¹, ZHAO Shuo¹, WANG Le¹

(1.ALC Minerals Technology Co Ltd, Jinhua 321000, Zhejiang, China; 2.Gold Smelting Branch of Lingbao Gold Group Co Ltd, Lingbao 472500, Henan, China)

Abstract: Aiming at the problems of insufficient dissociation degree of mineral monomer and unsatisfactory indices in the leaching process of roasted gold ore in a smelter of Lingbao Gold Group Co Ltd, an ALC mill, for the first time, was applied to fine grinding of roasted gold ore. The results show that with ALC mill used in an open-circuit fine grinding, the filter cake pulped and then milled to a fineness of $-38\ \mu\text{m}$ 96% before cyanide leaching, the final cyanide tailings can have its gold grade reduced from $1.72\ \text{g/t}$ to $1.42\ \text{g/t}$. As a result, the comprehensive economic benefit can be increased by 8.156 8 million yuan per year.

Key words: gold concentrate; ALC mill; roasted ore; fine grinding; gold; cyanide tailings; economic benefit

艾砂磨机是浙江艾领创矿业科技有限公司研发的大型卧式砂磨机, 目前已被广泛应用于有色金属^[1]、黄金^[2]、铁矿^[3]等领域, 用以对粗精矿、中矿、精矿、尾矿等进行细磨, 提高有用矿物单体解离度, 强化后续分选效果。它具有选择性开路磨矿、产品粒度稳定可控、占地面积小、安全环保、检修方便等诸多优点^[4]。

灵宝黄金某冶炼厂是灵宝黄金集团股份有限公司的核心企业, 主要产品有“灵金”牌国标金锭以及白银、电解铜、工业硫酸等。其中, 金精矿焙烧后经过旋流器分级-塔磨机细磨组成的闭路分级-磨矿, 旋流器溢流进入氰化浸出流程, 所得氰化浸渣金品位为 $1.72\ \text{g/t}$ 。本文针对灵宝黄金某冶炼厂金精矿浸出过程中单体解离度不够、浸出指标不理想的问题, 引入艾砂磨机对焙烧脱硫后的金精矿进行细磨, 细磨产品再

进行氰化浸出, 以提高金精矿浸出效率。

1 艾砂磨机简介

艾砂磨机属于卧式搅拌型砂磨机, 其工作部件由主轴和8个并排串在轴上的搅拌盘及尾端的分级轮组成。整体结构包括电动机、减速机、主轴、搅拌盘、分级轮和筒体等, 见图1。该设备采用水密封装置替代机械密封, 筒体可以沿轨道轴向平移, 使设备结构简化, 方便生产检修。

艾砂磨机搅拌盘边缘线速度可达 $20\ \text{m/s}$ 以上, 能量强度可达 $300\ \text{kW/m}^3$, 每两个搅拌盘之间可形成单独的磨矿腔室。其工作原理是: 磨矿介质通过搅拌盘的带动沿径向加速向外运动, 两个搅拌盘之间的介质沿盘面向外的径向加速度不同, 矿物在介质的搅动下

① 收稿日期: 2023-07-12

作者简介: 郭桂荣(1964—), 男, 浙江金华人, 高级工程师, 主要研究方向为化工防腐设备、选矿细磨细选设备的研发和制造。

通信作者: 孙希乐(1964—), 男, 山东阳谷人, 教授级高级工程师, 主要研究方向为金属矿选矿工艺以及细磨细选设备的研发和推广。

实现磨矿。因其具有多个磨矿腔室和高能量强度,介质和矿物颗粒之间碰撞概率大大增加,实现高效磨矿^[5-6]。艾砂磨机工作原理见图2。

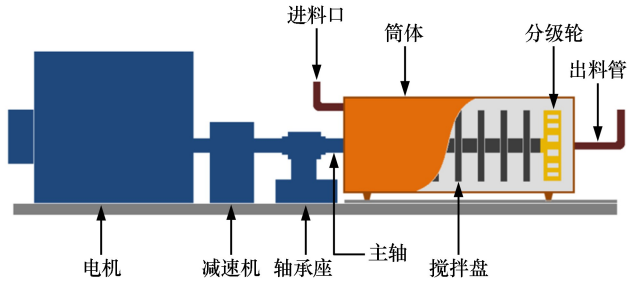


图1 艾砂磨机结构示意图

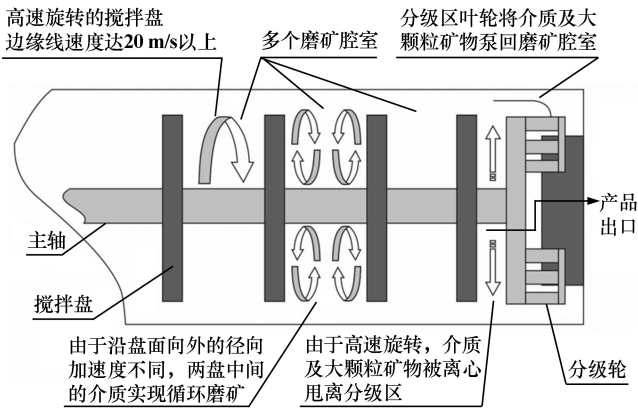


图2 艾砂磨机工作原理

2 原生产情况及细磨设备存在的问题

2.1 生产规模与原料性质

灵宝黄金某冶炼厂生产规模为日处理原矿量 300 t,原料为外购金精矿,其成分见表1。

表1 外购金精矿成分(质量分数) %

C	As	Pb	S	Cu	Au ¹⁾	Ag ¹⁾
1.11	0.50	0.49	19.65	1.22	48.11	78.50

1) 单位为 g/t。

2.2 原工艺流程、细磨设备和浸出尾矿指标

外购金精矿通过造浆、沸腾炉酸化焙烧-SO₂ 烟气制酸、酸浸提铜-萃取-电积生产电解铜;焙烧脱硫后的金精矿细磨后进入氰化浸出-锌粉置换提取金、银。工艺技术流程见图3。

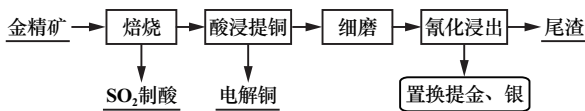


图3 灵宝黄金某冶炼厂工艺技术流程

其中,细磨前加入 NaOH、Na₂CO₃ 调整 pH 值至 9.0~9.5,细磨段采用塔磨机配合旋流器闭路工艺,细磨后溢流-38 μm 粒级含量达到 85%,排料加入 NaCN 进入浸出流程,经 41 h 浸出作业,得到氰化尾渣中金品位 1.72 g/t。

2.3 存在问题

- 1) 塔磨机磨矿需要旋流器闭路分级,工艺复杂。
- 2) 浸出尾渣金品位 1.72 g/t,相对较高,原因是金精矿解离度不够。

3 艾砂磨机应用效果

3.1 艾砂磨机参数及作业条件

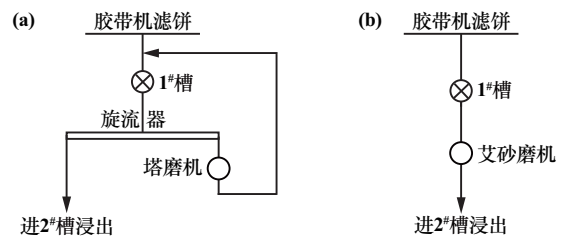
灵宝黄金某冶炼厂结合现场实际情况,依托艾砂磨机高效磨矿、流程简单等特点,2021 年引进 1 台 ALC-1000L 艾砂磨机,意在简化磨矿流程、进一步提高氰化浸出细度、降低氰化尾渣品位。这是艾砂磨机首次应用于焙烧矿细磨-浸出工艺。艾砂磨机各项参数及作业条件见表2。

表2 ALC-1000L 艾砂磨机设备各项参数及作业条件

参数	单位	数值
外形尺寸	m	8.75×13.00×1.83
空载质量	kg	10 300
电机额定功率	kW	400
最大给料粒度	μm	< 400
给料浓度	%	45
体积流量	m ³ /h	17
纳米陶瓷球直径	mm	3.5~4.0
初装球质量	kg	1 100

3.2 艾砂磨机与塔磨机流程对比

ALC-1000L 艾砂磨机以开路磨矿形式替换塔磨机和旋流器组成的闭路流程。焙烧金精矿酸浸后经胶带过滤机过滤后重新造浆进入 1#槽,加入 NaOH、Na₂CO₃ 调整 pH 值,再经渣浆泵打入艾砂磨机。最终磨矿产品经软管泵送至 2#槽,加入 NaCN 开始浸出。替换前后流程见图4。



(a) 塔磨流程; (b) 艾砂磨流程

图4 艾砂磨机和塔磨机磨矿流程

3.3 应用效果

艾砂磨机应用于灵宝黄金某冶炼厂后,对艾砂磨机排料粒度进行跟踪考察,磨矿细度保持在 $-38\ \mu\text{m}$ 粒级含量96%以上,矿物得以充分解离。艾砂磨机内部设有分级轮及产品分离器,介质和粒度未达到要求的颗粒由筒体边缘返回继续磨矿,从而实现内部分级,大大简化了工艺流程配置,操作控制更加简单方便。

艾砂磨机进料、出料粒级分布见表3,设备运行电流631 A(额定800 A),台时处理量11 t。

分析后续浸渣品位可知,使用艾砂磨机细磨后浸出尾渣金品位为1.42 g/t,较原流程浸渣金品位降低了0.30 g/t,直接经济效益达900万元/年。应用前后

指标对比见表4。

表3 艾砂磨机进料、出料粒级分布

粒径/ μm	含量/%	
	进料	出料
1	9.82	15.42
2	12.35	20.94
5	19.78	43.20
10	32.63	62.45
20	51.56	83.96
38	75.09	96.46
45	80.79	98.07
75	94.40	100.00
100	98.65	100.00
200	100.00	100.00

表4 设备应用前后关键指标对比

应用流程	入料 $-38\ \mu\text{m}$ 粒级含量/%	出料 $-38\ \mu\text{m}$ 粒级含量/%	充气量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	Na_2CO_3 粉末用量/ $(\text{kg} \cdot \text{t}^{-1})$	30%浓度 NaOH 用量/ $(\text{kg} \cdot \text{t}^{-1})$	浸出时间/h	30%浓度 NaCN 消耗量/ $(\text{kg} \cdot \text{t}^{-1})$	浸出尾渣金品位/ $(\text{g} \cdot \text{t}^{-1})$
塔磨分级流程	75	85	80	15	12	41	13	1.72
艾砂磨流程	75	96	85	15	12	41	11	1.42

自2021年12月一次成功投运以来,设备运行平稳可靠,操作检修方便。对焙烧酸浸后金精矿进行细磨,能有效提高矿物颗粒单体解离度,为后续浸出创造良好条件。

3.4 效益估算

结合现场设备运行情况,设备运行成本测算结果见表5。

表5 艾砂磨机与塔磨机运行成本对比 万元/年

设备名称	球耗	电耗	易损件费用	运行成本
塔磨机	14.40	20.60	10.00	45.00
艾砂磨机	34.67	111.65	35.00	181.32

ALC-1000L艾砂磨机开路磨矿工艺细磨后尾渣金品位降低带来直接经济效益900万元/年,氰化钠消耗量减少创效52万元/年;原塔磨机运行费用45.00万元/年,艾砂磨机运行费用181.32万元/年,艾砂磨机替代塔磨机新增运行费用136.32万元/年。综合经济效益增加815.68万元/年。

4 结 语

1) 灵宝黄金某冶炼厂细磨段塔磨机+旋流器闭路流程细度为 $-38\ \mu\text{m}$ 粒级含量85%,采用艾砂磨机开路磨矿替换原流程后,磨矿细度达到 $-38\ \mu\text{m}$ 粒级含量96%,矿物单体解离度有效提高。

2) 艾砂磨机细磨后 $-38\ \mu\text{m}$ 粒级含量提升至96%,与原流程相比,浸出尾渣金品位由1.72 g/t降至1.42 g/t,且NaCN用量相应减少,综合经济效益增加815.68万元/年。

3) 后续结合浓密及过滤生产情况进行配套优化,产品细度和浸渣指标还有进一步提升空间。

4) 艾砂磨机在灵宝黄金某冶炼厂的成功投运,是细磨焙烧矿应用首例,拓宽了艾砂磨机在金精矿细磨领域的应用范围。

参考文献:

- [1] 章恒兴,邱廷省,江领培,等.艾砂磨在某铜选矿厂再磨中的应用[J].金属矿山,2020,55(3):90-94.
- [2] 高明炜,童伟,叶跃威,等.艾砂磨机在遂昌金矿的试验应用[J].黄金,2017,38(3):63-67.
- [3] 严洋,陈永伟,童伟,等.艾砂磨机在承德天宝矿业集团福元矿业的应用[J].现代矿业,2021,37(9):208-210.
- [4] 高明炜.澳大利亚有色选矿技术的回顾与发展探讨[C]//中国有色金属学会第八届学术年会论文集.2010:39-44.
- [5] 范富荣,赖桂华.艾砂磨机在多宝山铜选矿厂的应用[J].黄金,2019,40(10):52-56.
- [6] 金勇士.艾砂磨技术的应用及最新进展[J].有色设备,2013,27(4):15-19.

引用本文:郭桂荣,童伟,李建康,等.艾砂磨机在灵宝黄金某冶炼厂焙烧金矿细磨中的应用[J].矿冶工程,2023,43(6):97-99.