

云南大理氧化金堆浸尾矿二次提金试验研究

孙广周,单 勇,黄 斌,李向益

(云南省地质矿产勘查开发局中心实验室,国土资源部昆明矿产资源监督检测中心,云南 昆明 650218)

摘要:云南大理氧化金堆浸尾矿含金 0.75 g/t,具有一定的经济价值,该矿多呈黑褐色,少数呈红褐色、灰色、米黄色,其中黑褐色矿石中磁铁矿、赤铁矿及褐铁矿的含量常大于 50%,有的可达 80% 左右,呈稠密浸染状分布。金主要以自然金的形式存在,部分金产于泥质中,部分半包裹-包裹于褐铁矿及磁(赤)铁矿中,自然金粒度微细,为 0.003 ~ 0.03 mm。因此,该堆浸金尾矿宜用“炭浸法”提金。为了再次提取这部分金,本试验主要对磨矿细度、氰化钠浓度、浸出时间、活性炭密度等条件进行优化,后采用炭浸法(也称为 CIL 法)工艺提金,获得金浸出率 56.08%、银浸出率 22.65%,金吸附率 90.48%,氰化钠耗量 0.72 kg/t 的技术经济指标,实现了资源的二次利用。

关键词:金矿;堆浸尾矿;全泥氰化;炭浸法

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.02.022

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2017)02-0095-04

目前,用浸出法生产的黄金产量已占世界黄金总产量的 30% 以上,堆浸是氧化金矿综合利用主要的生产工艺,具有规模大、成本低等优点,但也存在一些不足,例如浸出周期长、浸出率相对较低(尾矿品位较高)等特点。目前云南大理堆浸尾矿金品位平均 0.75 g/t 左右(主要原因是堆浸的粒度大,有部分自然金难与氰化钠反应),已堆存了 50 万 t 左右,为了资源充分利用,本项目采用炭浸法进行金的二次综合利用回收。

1 原矿性质

原矿(指金矿堆浸渣)多呈黑褐色,少数呈红褐色、灰色、米黄色,其中黑褐色矿石中磁铁矿、赤铁矿及褐铁矿的含量常大于 50%,有的可达 80% 左右,

呈稠密浸染状分布。在红褐色、灰色及米黄色矿石中,矿物集合体无定向分布,构成矿石的稠密浸染状、次块状-块状构造。

原矿中有自然元素、碳酸盐、硅酸盐、氧化物、硫化物、磷酸盐六类,共 17 种矿物存在。以氧化物为主,占矿石的 19.2%,碳酸盐次之,占矿石的 25%,硅酸盐占矿石的 14.8%,硫化物占矿石的 1% 左右。

原矿中的金主要以自然元素金的形式存在,部分存在于泥质中,部分半包裹-包裹于褐铁矿及磁(赤)铁矿中,粒度 0.003 ~ 0.03 mm。半包裹-包裹于褐铁矿及磁(赤)铁矿中的金,在常规磨矿下金难解离,不利于金浸出率的提高。原矿多元素化学分析结果见表 1。

表 1 原矿多元素分析结果/%

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

Au*	Ag*	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	Cu	Pb	Zn	Mn	S	P	As	MgO
0.75	27.1	27.15	17.55	5.47	0.89	0.18	7.60	0.20	1.45	0.85	2.48	0.33	0.07	0.24	3.37

* 单位为 g/t。

原矿金品位 Au 0.75 g/t,除主元素金具有回收利用价值外,共伴生有益元素银和铁也具有综合回

收利用价值。此外,原矿中的锰、铅、锌、铜、硫、砷等均有一定的含量,不利于提高金浸出率,以及会增加

发稿日期:2016-08-24;改回日期:2016-10-14

基金项目:云南省国土资源厅云南典型金属矿山基地资源综合利用与矿山环境调查评价研究[云国土资科研[2013]1号]

作者简介:孙广周(1973-),男,高级工程师,主要从事铜、铅、锌、金、银等有色金属选矿技术和研究工作。

氰化钠的耗量。

2 提金工艺研究

2.1 提金工艺的选择

原矿中金主要以自然金的形式存在,部分金产于泥质中,部分半包裹-包裹于褐铁矿及磁(赤)铁矿中,自然金粒度微细 0.003 ~ 0.03 mm。因此,该堆浸金尾矿宜用“炭浸法”提金,也称为 CIL 法,边浸出边活性炭吸附溶解的金,其主要优点是相对于炭浆法而言,可减少浸出槽数,从而节省基建投资和生产成本,因为边浸边吸附,溶解出来的金很快被活性炭吸附,同时也促使了金的进一步溶解,有助于金浸出率的提高。本试验主要探索了原矿的全泥氰化优化试验和炭浸法提金工艺试验研究。

2.2 提金工艺试验研究

2.2.1 原矿全泥氰化主要工艺条件优化试验

主要考查磨矿细度、NaCN 浓度、浸出时间等主要因素对浸出效果的影响,为下一步炭浸法提供技术参数。

(1) 磨矿细度试验

在矿浆浓度 33.3%、NaCN 浓度 0.1% (相当于用量 2 kg/t) 和浸出时间 24 h 的固定条件下,考查不同磨矿细度对金浸出效果的影响。磨矿细度条件试验工艺流程见图 1,试验结果见图 2。

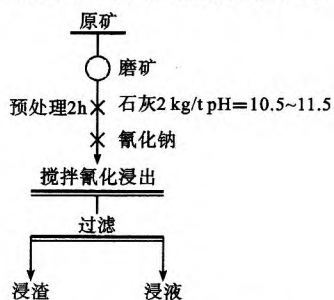


图 1 试验原则流程

Fig. 1 The principle flowsheet

图 2 表明,随着磨矿细度的提高,金浸出率随之增加,这是由于随着磨矿细度的提高,增加了金与脉石矿物的单体解离,使得氰化钠更易与单体金接触反应的结果,综合磨矿成本和指标考虑,较佳的磨矿细度为-0.074 mm 95%。

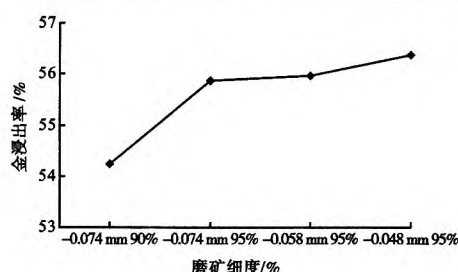


图 2 磨矿细度试验结果

Fig. 2 Condition test results of grinding fineness

此外,金浸出率为 55% 左右,为了查明损失于浸渣中金的原因,对全泥搅拌氰化浸出的浸渣进行人工重砂淘洗、镜下鉴定,均未发现明金,说明明金(解离金)已浸完。再结合金赋存状态分析,损失于浸渣中的金应是包裹于褐铁矿、磁(赤)铁矿和石英等脉中矿物中的微细粒包裹金。

(2) 氰化钠浓度条件试验

在矿浆浓度 33.3%、磨矿细度-0.074 mm 95% 和浸出时间 24 h 的固定条件下,考查不同 NaCN 浓度对浸金效果的影响,试验结果见图 3。

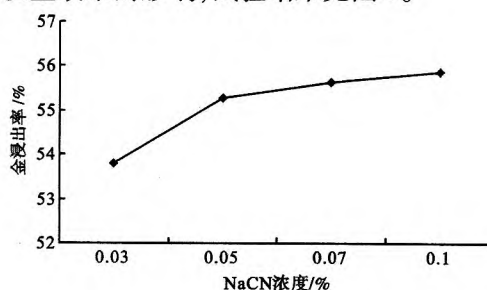


图 3 NaCN 浓度试验结果

Fig. 3 Test results of NaCN concentration

图 3 表明,当 NaCN 浓度从 0.03% 提高到 0.05% 时,金浸出率提高幅度较大,继续提高 NaCN 浓度至 0.07%、0.1%,金浸出率提高较小。适宜的 NaCN 浓度为 0.05%。

(3) 浸出时间条件试验

在矿浆浓度 33.3%、磨矿细度-0.074 mm 95% 和 NaCN 浓度 0.05% 的固定条件下,考查不同浸出时间对浸金效果的影响,试验结果见图 4。

由图 4 可知,当浸出时间从 12 h 提高到 24 h 时,金浸出率提高幅度较大,再延长浸出时间,金浸出率基本无变化,因此,浸出时间以 24 h 为宜。

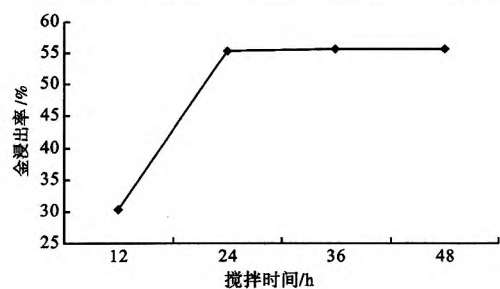


图 4 浸出时间试验结果

Fig.4 Test results of leaching time

2.2.2 炭浸法提金工艺试验

在获得适宜的全泥氰化工艺技术条件的基础上,进行了炭浸法提金工艺试验,以验证该方法提金的可行性。原矿进行全泥氰化时,同时加入一定量的活性炭边浸出边吸附,本试验考查了不同活性炭

密度、吸附时间对金吸附率的影响。活性炭吸附工艺流程见图 5,试验结果见表 2。

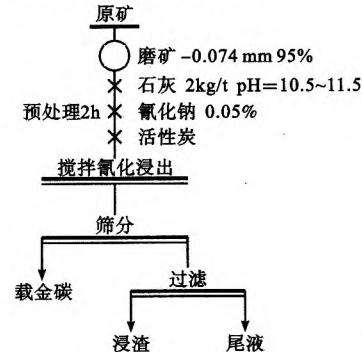


图 5 炭浸法提金工艺流程

Fig.5 The flowsheet of the carbon-in-leach test

表 2 炭浸法提金试验结果

Table 2 Results of the carbon-in-leach test

活性炭密度 /(g·L ⁻¹)	吸附时间 /h	金品位		载金炭/(g·t ⁻¹)	吸附率 /%
		贵液/(mg·L ⁻¹)	尾液/(mg·L ⁻¹)		
3	4	0.22	0.07	50	68.18
5	4	0.22	0.05	34	77.27
7	4	0.22	0.05	24	77.27
10	4	0.22	0.03	19	86.36
10	6	0.22	0.02	20	90.91
15	6	0.22	0.02	13	90.91

随着活性炭密度和吸附时间的增加,活性炭对金吸附率增加,适宜的活性炭密度 10 g/L、吸附时间 6 h,此时金吸附率为 90.91%

2.2.3 综合条件试验

为了验证全泥氰化浸出、活性炭吸附的较佳条

件是否正确,以及指标的重现性,本试验在磨矿细度为-0.074 mm 95%、矿浆浓度 33.3%、NaCN 浓度 0.05%、浸出时间 24 h、活性炭密度 10 g/L 和吸附时间 6 h 的综合条件下,进行了两组平行试验,试验结果见表 3。

表 3 综合条件试验结果

Table 6 Results of synthetical condition test

试验 序号	氰化钠			金品位				浸出率/%			吸附率	
	浸前浓度 /%	浸后浓度 /%	耗量/ (kg·t ⁻¹)	贵液/ (mg·L ⁻¹)	尾液/ (mg·L ⁻¹)	浸渣/ (g·t ⁻¹)	载金炭/ (g·t ⁻¹)	液计	渣计	平均	银	/%
1	0.05	0.014	0.72	0.21	0.02	0.33	19	55.49	56.00	55.75	/	90.48
2	0.05	0.014	0.72	0.21	0.02	0.32	19	55.49	57.33	56.41	/	90.48
平均	0.05	0.014	0.72	0.21	0.02	0.33	19	55.49	56.67	56.08	22.65	90.48

两组平行性试验重现性较好,说明指标可靠、稳定。原矿经采用炭浸法提金后,可获得金浸出率 56.08%、银浸出率 22.65%,金吸附率 90.48%,氰化钠耗量 0.72 kg/t 的技术经济指标,实现了尾矿资源源的二次利用。

3 结 论

(1)矿石中主要的金属矿物有褐(赤)铁矿、磁铁矿、软锰矿、自然金等,主要的脉石矿物为白云石、石英、方解石、绢云母和高岭土等。矿石中的自然金呈它形粒状,部分半包裹-包裹于褐铁矿、磁(赤)铁

矿中,部分于泥质中,粒度 0.003 ~0.03 mm。

(2)原矿入浸品位金 0.75 g/t、银 27.1 g/t、铁 27.15%,除主元素金具有回收利用价值外,共伴生有益元素银和铁也具有综合回收利用价值。金是本试验主要的回收对象。

(3)原矿经采用炭浸法提金后,可获得金浸出率 56.08%、银浸出率 22.65%,金吸附率 90.48%,氰化钠耗量 0.72 kg/t 的技术经济指标,实现了尾矿资料来源的二次利用。

参考文献:

[1]徐天允,徐正春.金的氰化与冶炼[M].沈阳:沈阳黄金

学院,1993.

[2]黄礼煌.金银提取技术[M].北京:冶金工业出版社,2001.

[3]吴夫彬.黄金堆浸设计若干问题探讨[J].工程设计与研究,1990(12):1-5.

[4]杨磊,刘厚明,刘飞燕,等.某金矿金浸出率不高的原因及解决措施[J].金属矿山,2008(10):56-59.

[5]杨显民.活性炭对金的吸附条件试验及生产应用[J].南方国土资源,2006(7):35-37.

[6]张钦发,田忠诚.贫细微含金褐铁矿石硫脲-炭浆法提金新工艺的研究[J].黄金,1999(4):27-29.

Experimental Research on Secondary Recovery of Heap-leaching Tailings of Gold Oxide Ore from Dali in Yunnan Province

Sun Guangzhou, Shan Yong, Huang Bin, Li Xiangyi

(Yunnan Geological Mineral Exploration and Development Bureau Central Laboratory, The Ministry of Land and Resources Kunming Mineral Resources Surveillance Testing Centre, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The grade of gold in the heap-leaching tailings from Dali in Yunnan province is 0.75 g/t, which has certain economical value. The tailings are mainly black-brown, and a few are reddish brown, gray or beige. The content of magnetite, hematite and limonite in the black-brown is more than 50 percent, some even 80 percent. These iron minerals are distributed in dense and disseminated form. Gold in the tailings is mainly native one, some gold in argillaceous and some wrapped in hematite, magnetite and limonite. The particle size of native gold is fine from 0.003 mm to 0.03 mm. So the reasonable gold-extraction process is the carbon-in-leach one. To recover this part of gold, the test research on the grinding fineness, concentration of sodium cyanide, leaching time and the density of activated carbon were conducted. Then the proper gold leaching process was achieved, which was carbon-in-leach process, also known as CIL method. The results show that finally the gold leaching rate of 56.08%, silver leaching rate of 22.65%, gold adsorption rate of 90.48%, sodium cyaniding consumption of 0.72 kg/t were achieved through the trial, which realizes the secondary recovery of gold.

Keywords: Gold ore; Heap-leaching tailings; All slime cyanidation; CIL