

## 某金矿选矿厂尾矿制粒堆浸工业试验

尹江生<sup>1</sup>, 贺锐岗<sup>2</sup>, 沈凯宁<sup>1</sup>

(1. 内蒙古矿产实验研究所; 2. 内蒙古冶金研究院)

**摘要:**介绍了某选矿厂浮选尾矿制粒堆浸工业试验中团矿制粒条件及固化方式的确定、喷淋浸出技术条件和技术指标。为该选矿厂尾矿合理开发利用提供了技术经济指标和可靠的科学依据。

**关键词:**尾矿; 制粒; 堆浸; 金

中图分类号: TD953

文献标识码: B

文章编号: 1001-1277(2007)02-0042-03

某金矿 200t/d 选矿厂是 1985 年建设完成的。由于矿石中含有颗粒金, 在工艺上采用了传统的混汞—浮选工艺流程。经过 20 多年的生产实践表明, 选矿回收率平均在 80% 左右, 资源浪费较大。目前, 堆积的尾矿大约在 100 万 t, 经取样分析, 尾矿平均品位为 2.0g/t 左右。如何合理开发利用这部分尾矿资源, 提高资源利用率, 增加黄金产量, 是矿山急需解决的问题。

受该金矿的委托, 对金矿选厂尾矿进行了制粒堆浸实验室试验, 并在此基础上进行了现场工业试验。尾矿制粒堆浸工业试验的成功, 为尾矿资源的开发利用提供了详细的技术经济指标和科学依据, 使矿山在不增加地勘费的情况下, 增加了黄金产量, 提高了经济效益。

## 1 矿石性质

尾矿中主要金属矿物是褐铁矿, 其次含有少量的黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿等。脉石矿物主要为石英, 其次有长石、方解石、绢云母等。尾矿矿物组成见表 1, 尾矿化学分析结果见表 2, 尾矿筛分分析结果见表 3。

表 1 尾矿矿物组成

粒级 /mm	矿物组成及其含量/%			金品位 /(g·t <sup>-1</sup> )
	石英、长石	褐铁矿	硅酸盐矿物	
+0.25	87.70	4.40	7.90	1.94
-0.25 ~ +0.125	79.90	6.80	13.30	2.89
-0.125 ~ +0.1	86.40	3.10	10.50	2.74
-0.1 ~ +0.08	80.60	3.30	16.10	1.32
-0.08 ~ +0.05	55.20	5.00	39.80	0.28
-0.05 ~ +0.04	57.60	4.90	37.50	1.36
-0.04	53.70	6.40	39.90	3.12

表 2 尾矿化学分析结果

成分	Au*	Ag*	As	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cu	Pb	Zn	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
w <sub>B</sub> /%	2.13	4.6	0.01	0.52	0.006	0.098	0.042	0.12	2.14	1.58
成分	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	Sb	SiO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	
w <sub>B</sub> /%	3.60	0.87	5.30	0.49	10.07	0.02	0.002 7	70.02	2.86	

\* w(Au), w(Ag)/10<sup>-6</sup>

表 3 选厂尾矿筛分分析结果

粒级 /mm	产率 /%	金品位 /(g·t <sup>-1</sup> )	分布率 /%
+0.25	15.05	1.94	13.14
-0.25 ~ +0.125	31.85	2.89	41.40
-0.125 ~ +0.1	9.63	2.74	11.88
-0.1 ~ +0.09	4.51	1.52	3.11
-0.09 ~ +0.08	6.77	1.18	3.60
-0.08 ~ +0.06	4.16	0.28	0.54
-0.06 ~ +0.05	2.21	0.25	0.27
-0.05 ~ +0.04	12.84	1.36	7.83
-0.04	12.98	3.12	18.23
合计	100.00	2.22	100.00

## 2 尾矿制粒堆浸工业试验

## 2.1 尾矿制粒堆浸工业试验流程

在实验室试验的基础上, 现场进行了万吨级尾矿制粒堆浸工业试验, 并根据现场实际情况确定了工业试验流程(见图 1)。

## 2.2 尾矿制粒

## 2.2.1 尾矿制粒的必要性

尾矿全部是由细粒和矿泥组成, 若直接堆浸, 由于细粒的迁移和矿泥的膨胀会堵塞矿堆, 使浸出液无

收稿日期: 2006-10-12

作者简介: 尹江生(1963—), 男, 内蒙古呼和浩特人, 高级工程师, 主要从事选矿冶炼技术研究、矿产开发利用; 内蒙古呼和浩特市昭君路, 内蒙古矿产实验研究所, 010031

法通过矿堆,堆浸无法进行。要想尾矿堆浸顺利进行,必须保证浸出液均匀流过矿堆,同时要具备良好的渗透性(即渗透速度)。要达到上述要求,尾矿堆浸必须制粒方可进行。制粒的必要性不仅在于可以消除细粒和矿泥的不良影响,而且为浸出液的流动和浸出提供必要的孔隙和路径。

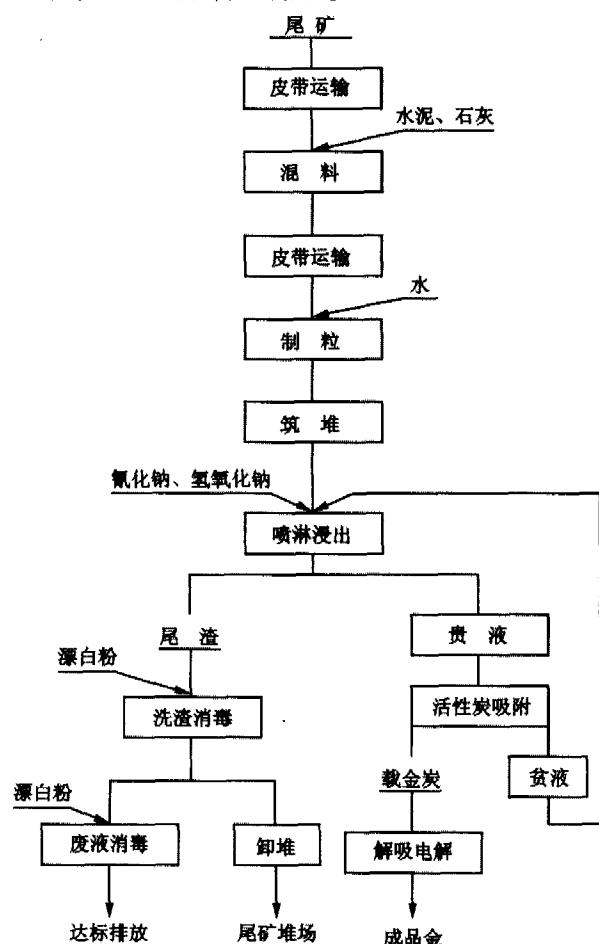


图1 选厂尾矿制粒堆浸工业试验流程

### 2.2.2 尾矿制粒工艺设备

制粒工艺在整个尾矿堆浸过程中占有非常重要的地位,制粒效果的好坏直接关系到尾矿堆浸提金的成败和技术经济指标的好坏。虽然在实验室试验中,对制粒工艺的各种技术参数进行了详细的试验研究,但终归与现场大规模工业试验尚有一定距离。因为工业试验中尾矿的水分、粒度组成时有变化,这就要求在制粒过程中经常不断地变化给水量及黏结剂用量,以获得理想的制粒效果。

制粒过程中,制粒设备的选择很重要。就目前情况来看,国际上普遍使用的3种制粒设备,即可逆皮带制粒机、圆筒制粒机和圆盘制粒机。其中可逆皮带制粒机完全不适合尾矿制粒。尾矿全部由细粒和矿泥组成,无成团晶核,因此在制粒过程中,相对而言需较长的成团时间和滚动过程,而后两种设备可满足这

一工艺要求。但是,圆筒制粒机制成的团粒直径大小不一,这与该机的排料方式有关,该机采用强迫排料,因此无论粗料、细料及未成团的物料均同时排出。对于尾矿而言,当球团粒度小于10mm时,其耐压强度较差,容易破碎。而圆盘制粒机则不同,只有当球粒直径达到一定程度时方可排矿,半成品及小颗粒是排不出来的,因此制成的团粒质量较高。但是圆盘制粒工艺要求较高,在制粒过程中,物料中的水分、给料量、给水量任何一方发生变化,均影响制粒效果,因此需要有经验的操作人员经常调整上述参数。在工业试验中选用圆盘制粒机进行团矿,圆盘制粒机的安装角度 $45^\circ$ ,转速为9r/min。

### 2.2.3 尾矿制粒堆浸工业试验技术条件

粒团粒度:直径15~25mm;

粒团含水量:16%~20%;

黏结剂用量:425#硅酸盐水泥 15.34kg/t,石灰 3.95kg/t;

粒团湿强度:固化48h后在水中浸泡数天后不脱落、不粉化,粒团完整。

### 2.3 固化时间和方式的确定

黏结剂对细小矿粒搭桥联结后,形成牢固的硅酸钙联结链需要一定的固化(也就是熟化)时间,一般情况下,固化时间为8~72h。由于黏结剂使用的是水泥和石灰,如果干燥过快,在润湿时可能会出现部分球团破坏,而慢速固化对保证球团的完整和湿强度均有利。在进行球团耐湿强度试验中发现,制粒后在阳光直射下固化12h的矿粒球团放在水中很快破裂、粉化,而制粒后覆盖固化或放在阳光直射不到的屋内固化12h的矿粒球团放在水中几天几夜也不会出现破裂、粉化现象。因此,工业试验过程中,采用筑堆后覆盖塑料薄膜固化12h。

### 2.4 喷淋浸出

一般情况下,未经团矿制粒的矿石,在喷淋氰化钠溶液前,均需用清水或含碱性水溶液进行洗矿,其目的一是将矿堆中的细泥洗出,使喷淋浸出后的含金溶液便于活性炭吸附;二是通过洗矿来调节矿堆的酸碱性,使矿堆流出的溶液的pH值达到10以上。而尾矿制粒堆浸在制粒过程中加入了3.95kg/t的氧化钙,所以,尾矿堆浸未洗矿就直接进行了喷淋浸出。但为了安全起见,在配制首批浸出液时,加入了少量氢氧化钠,使含氰溶液的pH值保持在11左右,当溶液开始循环后便不再加氢氧化钠了。

在喷淋浸出过程中,适当提高喷淋强度和增大溶液中氰化钠浓度,可提高金的浸出率和缩短浸出周期。该金矿所在地区一年四季经常刮风,为了避免风大时把溶液刮到场外,采取了如下措施:一是采用分

流阀调节喷淋强度的大小,当风大时减少喷淋强度,风小时,提高喷淋强度;二是在矿堆表面铺设两趟管路,正常情况下两趟管路交替喷淋,当风大时只开迎风一面,有效地保证了生产的正常进行,同时也减少了溶液的损失和对环境的污染。

就喷淋强度而言,在喷淋浸出前期,采用较低的喷淋强度。目的是使贵液有较高的品位,有利于炭吸附,保证较高的吸附率和活性炭载金率,减轻泥化为中、后期喷淋浸出创造良好条件,使金的浸出稳步进行。在喷淋中期和后期逐渐提高喷淋强度,尽可能提高金的浸出率和缩短浸出周期。

在喷淋制度上,采用间歇喷淋,一方面使溶液有充足的浸出时间,能够比较均匀地渗入矿堆各个位置,增大溶液与金的接触反应机会,减少产生“沟流”和“偏析”现象。另一方面也有利于空气的进入,为氰化反应提供良好的环境。

在喷淋后期,由于提高了喷淋强度,矿堆表面个别地方有积液现象,当积液现象较多时,夜间停止喷淋7~8h后,第二天在喷淋前对矿堆表面进行人工松散,使矿堆表面始终保持良好的渗透性,有效保证了溶液的均匀渗入。喷淋浸出的技术条件为:氰化钠质量分数在喷淋初期控制在1‰左右,中、后期保持在0.6‰左右;溶液pH值在整个喷淋期间保持在10~11;喷淋强度一般控制在4~5L/(t·h);喷淋制度为3班作业,每班8h;喷淋方式采取了间歇式喷淋,即喷1h,停1h。

## 2.5 矿堆及含氰溶液的净化处理

含氰溶液在整个喷淋浸出过程中循环使用,当喷淋浸出结束后,对矿堆及溶液进行了净化处理。具体办法是将漂白粉先加到贫液池中,经泵的充分搅拌使其溶解,当漂白粉与含氰溶液作用4h后,用漂白粉溶液反复喷淋矿堆,同时在每一个循环后都补加一定量的漂白粉,最终经2d、6个班次的处理,在集液沟及池中取样分析,结果见表4。

表4 处理后溶液中CN<sup>-</sup>质量浓度 mg/L

取样点	集液沟	贫液池
$\rho(\text{CN}^{-1})$	0.42	0.38

表4结果表明,经漂白粉溶液处理后,从矿堆中流出的溶液和贫液池中溶液的CN<sup>-</sup>质量浓度均小于0.5mg/L,达到了国家规定的排放标准(小于0.5mg/L),然后将溶液排放,排放的溶液对周围环境没有造成污染。

## 2.6 尾矿制粒堆浸工业试验技术指标和经济概算

尾矿制粒堆浸工业试验指标及经济指标概算见

表5。

表5 尾矿制粒堆浸工业试验指标及经济概算

序号	项目	技术经济指标
1	堆浸尾矿量/t	12 324
2	制粒粒径/mm	15~25
3	制粒水分/%	16~20
4	水泥用量/(kg·t <sup>-1</sup> )	15.34
5	石灰用量/(kg·t <sup>-1</sup> )	3.95
6	氰化钠用量/(g·t <sup>-1</sup> )	302.1
7	喷淋强度/[L·(t·h) <sup>-1</sup> ]	4~5
8	浸出时间/d	56
9	入堆品位/(g·t <sup>-1</sup> )	2.12
10	尾渣品位/(g·t <sup>-1</sup> )	0.42
11	金浸出率/%	80.19
12	处理尾矿吨成本/元	38.60
13	吨产值/元	235.13
14	吨利润/元	196.53
15	堆利润/万元	242.20

注:金价按150元/g、活性炭吸附率按97%、解吸率按97%、电解率按98%计算

## 2.7 尾矿制粒堆浸工业试验技术评述

选矿厂浮选尾矿全部由细粒和矿泥组成,如果直接堆浸矿堆的渗透性极差,技术、经济都不合理,也不可行。必须制粒方可堆浸,尾矿堆浸提金的成败在于制粒,制粒工艺的合适与否是决定尾矿堆浸提金最终技术指标及经济效益高低的关键。

尾矿制粒的粒团既要求有一定的抗压强度,又要求有一定的孔隙度,这是一对矛盾,解决这一问题难度较大。在尾矿制粒工艺的探索过程中,对制粒方式、黏结剂的种类、配比、用量、给水位置、给料位置、给水量、球团粒度及制粒机的安装角度、转速等一系列重要的技术参数,进行了详细多次反复的试验研究,最终获得了合理的工艺技术条件。实践证明,选用制定的制粒工艺,在技术上是可行的,经济上是合理的。

## 3 结 语

尾矿制粒堆浸工艺投资少、见效快、成本低,不但可处理黄金矿山过去废弃的老尾矿,而且可以作为混汞—浮选工艺的补充和完善。随着黄金资源的日益减少和机械化程度的提高,尤其是黄金价格大幅提高以后,更低品位的金矿石将成为有工业价值的资源被回收利用,其中含金尾矿将是倍受关注的重点资源加以大规模开发利用。尾矿制粒堆浸工艺具有很好的推广和应用价值。

## 金测定方法的最新进展(续一)

薛 光<sup>1</sup>,赵玉娥<sup>2</sup>

(1. 中国人民武装警察部队黄金第七支队;2. 长春黄金研究院)

中图分类号:O655

文献标识码:A

文章编号:1001-1277(2007)02-0045-06

## 3 原子吸收光谱法

原子吸收光谱法是目前测定金的主要方法。对于微量金通常采用火焰原子吸收光谱法,而对于化探样品中的痕量金只有采用高灵敏度的无火焰原子吸收光谱法才能满足分析测定的要求。

采用原子吸收光谱法测定金必须经富集分离后才能进行。采用的富集分离方法有:活性炭吸附法、

泡沫塑料吸附法、溶剂萃取分离法及离子交换树脂分离法等。

近年来国内发表的文献中,有关原子吸收测定金方法的研究发表文献甚少,主要集中在采用不同的方法富集分离金后,以原子吸收法测定不同物料中的金。其文献数量逐年增加,居金的测定方法之首。有关文献见表4。

表4 原子吸收光谱法测定金概况

方法类型	测定物料	富集分离方法	检测限 精密度	文献
火焰法	矿石	乙酸纤维素,5%~12.5%王水,逆王水,10~50g/L 硫脲解脱	0.04g/L	95
火焰法	矿石	对二苯硫脲棉富集,2mol/L HCl,灰化解脱	0.04g/t	96
火焰法	矿石	10%~20%王水,泡塑富集,1%硫脲解脱		97
石墨炉	化探样品	HCl-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 介质,巯基棉富集,灰化解脱,王水溶解,MIBK 萃取	0.07ng/L	98
火焰法	粗铜	王水溶样,2mol/L HCl,MIBK 萃取		99
火焰法	矿石 水	PVC-尼龙6树脂,pH 3.6 HAc~NaAc,流动注射在线离子交换树脂预富集	0.03μg/ml	100
火焰法	铅精矿	王水-硫脲介质	0~5μg/ml	101
火焰法	矿石	硫脲-活性炭富集金、银,高氯酸-硫脲介质测定		102
火焰法	湿法冶金	D371 树脂富集,25%~30% HCl,1%~30%王水,3%硫脲解脱		103
火焰法	载金炭	650℃焙烧,王水分解,直接测定		104
火焰法	铜精矿	巯基棉,1~2mol/L HCl,KIO <sub>3</sub> -HCl 解脱		105
石墨炉	矿石	壳聚糖为母体的螯合树脂,pH 10.97,直接测定	0.06~0.2μg/ml	106
石墨炉	氧化铅	采用自制的取样杯,流动注射在线富集		107
石墨炉	矿石	泡塑-三正辛胺-TBP 萃取富集,HCl-NH <sub>4</sub> HF <sub>2</sub> 介质	0.96×10 <sup>-12</sup> g/ml	108
石墨炉	地质样品	pH 4.5,HCl 介质,双硫脲螯合树脂,硫脲-HCl 解脱		109
火焰法	地质样品	二苯硫脲棉,王水介质,硫脲解脱		110

## Commercial tests of tailing briquetting-heap leaching in a certain gold mine

Yin Jiangsheng<sup>1</sup>,He Ruigang<sup>2</sup>,Shen Kaining<sup>1</sup>

(1. Inner Mongolia Test Institute of Geology and Mineral Resources;

2. Inner Mongolia Metallurgy Research Institute)

**Abstract:** The paper introduced the technical conditions and indexes of briquetting, solidification and dropping in tailings briquetting-heap leaching commercial tests. And the system provided reliable technical economical indexes and scientific basis to develop the floating tailings in the mine.

**Keywords:** tailing; briquetting; heap leaching; gold

(编辑:李玉敏)