

# 低品位金矿粉矿制粒—堆浸试验研究

黄志华, 李暑宏, 苏秀珠

(紫金矿业集团股份有限公司, 福建 上杭 364200)

**摘要:**对某低品位金矿粉矿进行制粒—堆浸试验,考察了固化剂、固化剂用量、水耗、固化时间等对粉矿制粒的影响,并对制粒矿进行堆浸试验,探索制粒金矿粉矿的浸出性能。试验得到金矿粉矿制粒的较佳条件为:水泥用量7kg/t,水耗为30L/t,成球粒径2.36~20mm,固化水分为10%,固化时间大于24h。粉矿经制粒后渗透性大大提高,柱浸试验尾渣金品位低于0.07g/t,堆浸试验尾渣金品位低于0.089g/t,浸出效果良好。为低品位金矿粉矿的处理提供了指导意义。

**关键词:**低品位金矿;粉矿;制粒;堆浸

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2014.01.007

中图分类号:TD925 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2014)01-0028-03

对含泥高的矿石及粉矿,国内外多应用制粒堆浸技术进行处理<sup>[1-6]</sup>。新疆哈密骆驼圈子金矿利用移动式圆筒制粒机,湖南龙王江金矿利用圆盘制粒机制粒,固化后入堆,改善了堆场的渗透性,获得了理想指标。对于红土型金矿,采用制粒堆浸技术处理,有效克服了黏土矿物对堆浸的不利影响,具有金回收率高,氰化浸出周期短,生产成本低等优点<sup>[7]</sup>。我国近年来应用制粒堆浸技术处理低品位矿石的生产实践证明,只要该技术应用恰当,其浸金率基本接近或达到全泥氰化法。对某低品位金矿进行制粒—堆浸试验,探索金的浸出性能。

## 1 试验原料与方法

### 1.1 试验原料

试验原料为低品位金矿,矿石含水率8%左右,矿石多元素分析见表1。

表1 矿石多元素分析结果/%

Table 1 Analysis results of multi-elements of the gold ore

Au*	Ag*	Cu	As	Fe	S	SiO <sub>2</sub>
0.39	2.50	0.013	0.026	2.09	0.24	92.6

\*单位为g/t。

从表1可以看出,矿石中金品位0.39g/t,属于低品位金矿。矿石中含有害元素Cu、As、S等较少,主要脉石矿物为SiO<sub>2</sub>,为氧化矿。

### 1.2 试验方法

制粒试验:采用圆盘制粒机制粒,直径4m,转速70r/min,圆盘倾角50°,制粒吨矿水耗0.03m<sup>3</sup>。

柱浸试验:采用直径Φ300mm,高度H5mPVC柱浸管道,滴淋方式添加药剂。

堆浸试验:采用汽车筑堆,推土机松堆,管道喷淋的方式。

湿强度检测:粉矿制粒后自然阴干,将颗粒从高度1m处自由跌落,以掉落3次以上不碎裂为合格,计算合格率R。

## 2 试验结果

### 2.1 固化剂的选择

固化剂种类有很多,研究金矿粉矿制粒较多用的是水泥或水泥加石灰<sup>[2-5]</sup>,参照选择水泥、水泥加石灰作为固化剂。

保持颗粒湿强度是整个制粒—堆浸生产工艺的关键<sup>[9]</sup>,考察固化剂用量与颗粒湿强度的关系实属必要。对不同用量固化剂制成的颗粒进行抽样,每组取15粒表面完整、较光滑颗粒进行强度检测,试验结果见表2。

由表2可以看出,当水泥用量由5kg/t增加到10kg/t时,颗粒强度随着增大,之后减小,在7kg/t用量时颗粒强度达到最好,合格率达到最高。使用水泥+石灰作为固化剂,固定水泥用量5kg/t,当石灰用量在2kg/t、1kg/t、0时,固化24h合格率未有变化,维持在60%,说明增加石灰的用量无法提高颗粒的强度,甚至颗粒强度有降低的趋势(固化48h)。当采用水泥加石灰作固化剂,石灰用量2kg/t,随着水泥用量由5kg/t减少至4kg/t,颗粒合格率由60%

收稿日期:2013-05-01

作者简介:黄志华(1982-),男,工程师,硕士研究生,主要从事选矿技术研究与管理工。

降低到40%,说明水泥用量是颗粒强度的决定性因素。综合考虑选择水泥作为该粉矿制粒的固化剂,其用量为7kg/t。

表2 固化剂用量与颗粒强度

固化剂用量 (kg·t <sup>-1</sup> )	水泥	水泥	水泥	水泥+ 石灰	水泥+ 石灰	水泥+ 石灰
	5	7	10	5+2	5+1	4+2
R(固化24h)/%	60	87	73	60	60	40
R(固化48h)/%	67	93	80	60	60	40

2.2 固化剂用量与 pH

水泥属于强碱弱酸盐,加入水泥能提高颗粒的 pH 值,可作为氰化浸金时 NaCN 的保护碱。选取制粒 24h 后的颗粒进行试验,对不同颗粒:加水量 = 1 : 1.5(重量比)浸泡,检测水的 pH 值。试验结果见表 3。

表3 固化剂用量与颗粒 pH

固化剂用量 (kg·t <sup>-1</sup> )	水泥	水泥	水泥	水泥+ 石灰	水泥+ 石灰	水泥+ 石灰
	5	7	10	5+2	7+1	4+2
浸泡 24h	11.2	11.4	11.5			
浸泡 32h	11.3	11.4	11.5			
浸泡 48h	11.3	11.4	11.5	11.4	11.4	11.4

NaCN 极易水解成 HCN 挥发(沸点为 26.5℃),在 25℃时,HCN = H<sup>+</sup> + CN<sup>-</sup>平衡常数为:K = [H<sup>+</sup>] × [CN<sup>-</sup>]/[HCN] = 6.2 × 10<sup>-10</sup>按照平衡常数计算,溶液中 CN<sup>-</sup>百分率与 pH 关系见表 4。

表4 溶液 CN<sup>-</sup>百分率与 pH 平衡关系

pH	9	9.2	9.5	10	10.5	11	12
CN <sup>-</sup> 百分率/%	38.3	50	66.3	86.1	95.2	98.4	99.8

注:CN<sup>-</sup>百分率即为 CN<sup>-</sup>离子占总 NaCN 的百分数。

在浸金溶液中,能发挥作用的是 CN<sup>-</sup>离子,此表中的数据充分说明了 pH 对 CN<sup>-</sup>含量的影响。试验的颗粒在浸泡 24h 以后,溶液 pH 值均超过 11,溶液中基本呈 CN<sup>-</sup>存在,达到堆浸要求的 pH 值。

2.3 固化时间

取 7kg/t 水泥用量所得颗粒进行固化时间试验,考察合适的固化时间。每组取 15 粒表面完整、较光滑的颗粒进行强度检测,计算合格率 R,试验结果见图 1。

由图 1 可以看出,固化时间 24h 后颗粒强度趋于稳定,此时球体含水率 9.4%。在生产中发现对已制好的球体保湿非常重要,在制粒及固化的任何阶段只要出现球体脱水,会导致球体强度急剧下降,稍微碰撞就碎裂,且在水中快速分裂变成粉状,固化

时湿度控制在 10% 左右就可以保证球体状态较好。

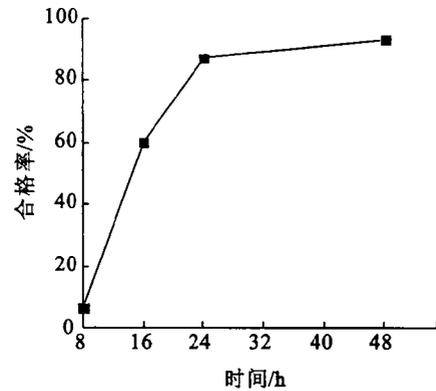


图1 固化时间与合格率的关系

Fig. 1 Relationship between the qualified rate and curing time

2.4 球体粒度和颗粒强度

取 7kg/t 水泥添加量颗粒固化 24h,进行筛分试验,粒度范围为 2.36 ~ 20mm、20 ~ 30mm 和 30mm 以上。每组粒级取 15 粒表面完整、较光滑颗粒进行强度检测,计算合格率 R。试验结果见表 5。

表5 球体粒度与颗粒强度的关系

粒度/mm	2.36 ~ 20	20 ~ 30	>30
R/%	70	33	0

从表 5 可以看出,随着颗粒粒度的增加,颗粒的强度合格率越来越低,当大于 30mm 时,颗粒基本都会破碎,无法满足强度要求,制粒的粒径控制在 20mm 以下为好,既可以保证颗粒强度,尽量满足生产要求,又可以扩大生产能力。

2.5 渗透试验

根据达西定律<sup>[8]</sup>:发现水的渗透速度与试样两端面间的水头差成正比,而与相应的渗透路径成反比。利用常水头渗透性试验柱,室温 18℃,测定粉矿制粒及堆场矿样渗透系数 K,评估粉矿制粒的渗透性能。试验结果见表 6。

表6 不同矿石渗透系数

样品	粉矿制粒	堆场矿样
K/(cm·s)	9.2 × 10 <sup>-5</sup>	1.0 × 10 <sup>-5</sup>

堆浸和柱浸试验时,粉矿基本无法透水,无法完成浸出作业。由表 6 可以看出,粉矿经制粒后透水性明显增加,为 9.2 × 10<sup>-5</sup> cm/s,渗透系数是堆场矿(-0.074mm10%左右,生产堆场)渗透系数的 9.2 倍,能满足堆浸生产需求的渗透能力。

2.6 制粒—浸出试验

2.6.1 柱浸试验

将各种条件下的粉矿制粒样分别进行装柱,连续以 0.5% 氰化钠溶液进行加药柱浸试验。试验结果见表 7。

表 7 柱浸试验结果

Table 7 Results of column leaching test

水泥用量 /(kg·t <sup>-1</sup> )	矿量 /kg	原矿品位 /(g·t <sup>-1</sup> )	尾渣品位 /(g·t <sup>-1</sup> )	浸出率 /%	浸出时间 /d	NaCN 单耗 /(kg·t <sup>-1</sup> )
15	460	0.21	0.05	76.2	9	0.386
10	500	0.25	0.05	80	9	0.386
7	448	0.49	0.06	88.85	10	0.467
5	451	0.31	0.07	79.78	10	0.459
水泥 4 +石灰 2	453	0.48	0.04	91.56	10	0.453

从表 7 可以看出,几组制粒矿的浸出效果良好,尾渣品位低于 0.07g/t,金的浸出率高,金的浸出率在 76.2% 以上,浸出速度快。

2.6.2 堆浸试验

对粉矿制粒矿进行堆浸试验,分别为独立堆场(编号 1)、置于堆场内底部(编号 2)、独立堆场(编号 3),考察粉矿制粒的浸出效果,对尾渣进行分层布点取样,取综合数据,试验结果见表 8。

表 8 堆浸试验结果

Table 8 Results of heap-leaching test

原矿品位 /(g·t <sup>-1</sup> )	水泥用量 /(kg·t <sup>-1</sup> )	堆高 /m	喷淋天数 /d	NaCN 单耗 /(kg·t <sup>-1</sup> )	尾渣品位 /(g·t <sup>-1</sup> )	浸出率 /%
0.26	7	3	28	0.155	0.075	71.2
0.30	7	4	54	0.165	0.082	72.7
0.38	7	7	64	0.148	0.089	76.6

由表 8 可以看出,矿石浸出性能良好,尾渣品位分别为 0.075g/t、0.082g/t 和 0.089g/t。在原矿品位很低的情况下获得 70% 以上的浸出率,浸出效果

良好。

3 结 论

(1) 调整制粒机圆盘倾角 50°,通过试验确定了制粒的较佳条件为水泥添加量 7kg/t,成球粒径+2.36~20mm,固化时水份为 10%,水耗为 30L/t,固化时间大于 24h。

(2) 对矿样进行渗透性测定,粉矿制粒矿渗透系数为堆场矿样的 9 倍,制粒矿渗透性好于堆场渗透性,能满足堆浸生产需求。在柱浸试验中,制粒矿尾渣金品位低于 0.07g/t,浸出率 88.85%。在 3 次堆浸试验中,尾渣品位分别为 0.075g/t、0.082g/t、0.089g/t。

参考文献:

- [1] 王周潭. 低品位金矿制粒堆浸技术的研究应用[J]. 冶金地质动态, 1997(8): 6-10.
- [2] 梁建龙, 刘惠娟, 史文革, 等. 某泥质氧化金矿制粒堆浸工业试验[J]. 金属矿山, 2004, 342(12): 39-41.
- [3] 贺日应. 含泥金矿石选矿工艺试验与生产实践[J]. 中国矿山工程, 2007, 36(1): 23-26.
- [4] 陈锡光. 微细粒浸染型泥质金矿石制粒堆浸生产试验[J]. 黄金地质, 1997, 3(2): 71-75.
- [5] 尹江生, 贺瑞岗, 沈凯宁. 某金矿选矿厂尾矿制粒堆浸工业实验[J]. 黄金, 2007, 2(28): 42-45.
- [6] 王旭东. 黏土状氧化矿制粒堆浸的工艺流程及生产实践[J]. 黄金科学技术, 2000, 8(1): 32-35.
- [7] 姜良友, 胡志刚. 某红土型金矿石制粒堆浸试验研究[J]. 黄金, 2005, 6(26): 43-44.
- [8] 中华人民共和国交通部发布. 公路土工试验规程, JTG E40-2007.
- [9] 李安珍. 低品位氧化金矿石的制粒堆浸[J]. 世界采矿快报, 1990(29): 13-14.

Experimental Research on Granulation-heap Leaching for a Low-grade Gold Ore

Huang Zhihua, Li Shuhong, Su Xiuzhu

(Zijin Mining Group Co., Ltd., Shanghang Fujian, China)

**Abstract:** Research on granulation-heap leaching for a low-grade gold fine ore was carried on in this paper. The influence of such factors as bonder, consumption, water dosage, and curing time on granulation were investigated and the heap-leaching test was taken to identify leaching performance of pellet ores. The test results indicated that the best conditions of granulation are as following: consumption of cement is 7kg/t, water dosage 30L/t, pellet size between 2.36mm and 20mm, curing time above 24h. As a result, the permeability of pellet ores was improved greatly and the gold grade of the leaching tailings of column leaching and heap leaching are less than 0.06g/t and 0.089g/t, respectively. The leaching index is satisfactory and this provides reference for the treatment of the low-grade gold fine ore.

**Keywords:** Low-grade gold ore; Fine ores; Granulation; Heap leaching