

难浸金矿无污染预处理的工艺研究

周达孙

(桂林工学院测试中心)

摘 要 讨论在常压、通氧的条件下, 温度、时间、碱浓度及固液比等因素对难浸金矿石金浸出的影响。实验表明: 在反应温度为 70°C , 时间 4h、5% NaOH、固液比 1: 4 及 0.5% 的接触氧化剂作用下, 金的浸取率为 87.8%, 而对环境无污染。

关键词 难浸金矿; 无污染预处理; 碱性; 浸取率

分类号 O652.6; O614.123

我国含砷硫化物金矿资源极为丰富, 为目前最大一类难浸金矿^[1]。对这类金矿采用传统的氰化法直接提取金, 因其浸取率很低已不适用。目前对此类金矿的工业预处理较好的方法主要有加盐固硫砷焙烧法、加压氧化法和生物氧化浸出法等。其中加盐固硫砷焙烧法是将硫砷固定于焙砂中, 不产生 SO_2 及 As_2O_3 有毒气体, 从而减少了对环境的污染, 但该法能耗大, 需添加的盐量多, 后续处理工作量大, 成本偏高; 同时该法对含金精矿中的硫含量有一定的限制, 焙烧处理的金精矿中硫的含量不宜太高, 否则焙砂的孔隙率将降低, 导致金的浸出率下降^[2]。加压氧化法和生物氧化浸出法虽然对环境污染也较少, 金的浸取率可达 85% 以上, 但它们的生产工艺严密, 技术要求较高, 而且适应性差, 设备投资费用高; 生物氧化法的生产周期长。因此, 上述方法的普及推广仍存在一定的困难。而本实验成本低、工艺简单、设备简易, 浸取率较高, 值得进一步研究。

1 实 验

1.1 实验原理

对于含砷、硫的难浸金矿金的提取, 必须破坏硫化物对金的包裹, 使含金矿石生成多孔的蜂窝状, 从而给以显微或次显微形式存在的金裸露出来, 达到增大金的溶解表面积, 有利于浸出液与金能充分地接触。在一定的温度条件下, 在碱性环境中加入定量的氧化性催化剂, 并通氧进行搅拌, 促使硫化物氧化分解, 达到破坏包裹金的硫化物晶体结构的目的, 其反应式为:



对于溶出的含 As 溶液可加入硫酸铜或氢氧化钙等, 使 As 呈 $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$ 或 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 的形式沉淀下来, 达到无环境污染。

1. 2 主要仪器及试剂

GGX—6A 原子吸收光谱仪，调温式电炉、搅拌器、真空泵、氧气瓶等。

主要试剂：NaOH，HCl，HNO₃，NaHCO₃，KI，HAsO₂，CS (NH₂)₂ 等。除 NaOH 为工业级外，其它均为分析纯。

1. 3 实验试样

所用样品采自广西贵港某金矿，金主要以显微的形式被包裹于毒砂矿中，经分选后含砷难处理金精矿的主要成分为：As 17.8%，S 15.8%，Fe 10.5%，Cu 0.19%，SiO₂ 38.5%，Ag 60g/t，Au 122g/t。试样的粒度为0.074mm (>95%)。

1. 4 实验方法

- (1) 金的测定：经预处理后的含金固体用王水溶解后按原子吸收法测定^①。
- (2) 砷的测定：含 As 溶液经酸中和后，按碘量滴定法^[2]测试。

由于 Au 的浸取与其被裸露的程度即含金矿物晶体的破坏、As 的溶出有关，所以可通过对 As 的测定来讨论 Au 的浸取。虽然 As—Au 的溶出与浸取并非呈良好的线性关系，但在一般的情况下，As 的溶出越多，Au 的浸取率也越高（表 1）。

(3) 碱溶条件的选择：分别称取 25g 试样置于 500mL 烧杯中，在恒定 0.05L/min 氧气流量通入及搅拌速度为 600r/min 的条件下，对反应时间、反应温度、碱液浓度及固液比等条件进行对比试验，其结果见图 1~4。

表 1 As—Au 溶出与浸取关系

Table 1 The As—Au relation of leaching to dissolution

样品号	1	2	3	4	5	6
As 溶出率/%	12	16.1	17.9	36.7	38.3	53.1
Au 浸取率/%	46.4	47.6	50.7	62.3	70.8	85.3

根据上述实验结果，选取时间 5h、固液比为 1：4，NaOH5%、温度 70℃作综合试验（加 0.5%的催化剂，其它条件不变），结果 As 的溶出率为 55.5%，Au 的浸取率达 87.8%。

2 结果与讨论

(1) 由图 1 看出，反应时间<4h，As 的溶出率平稳上升，4~5h 则直线上升，为矿样晶体表面临界能被化学作用侵蚀到一定的程度后全面离解的结果。因为金是以显微颗粒或类质同像存在于毒砂矿及黄铁矿中，使得含 Au 矿物晶体形成了点缺陷。当加热时，晶体中的相变首先从这些缺陷晶粒间界开始，而晶粒间是原子及分子扩散的主要通道。因此，随着加热及化学侵蚀作用的进行，晶体表面上的原子或分子不断地获取一定的能量，使得它们在各自的格点及附近作快速运动，并因能量差异而发生扩散，最终离开晶体表面而进入溶液，并为随后进入溶液的原子或分子提供了快捷的通道，从而出现了 As 溶出的突变现象。但浸出时间过分延长，金浸出率将会下降^[4]。这可能是由于浸出过程在加温的条件下进行，而多硫化物的热稳定性不太好，时间延长使得它们发生分解。所以，本实验没有做较长时间的浸取试验。

(2) 对于一般的反应而言，提高反应温度可以加快反应进行。但在给定的反应体系中，温度过高将会使溶于水中的 O₂ 逸出界面增多，从而出现因供氧不足而使反应变慢。同时，由

①. 张志龙等. 有色地质分析规程（上），1992. 51~52
?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.

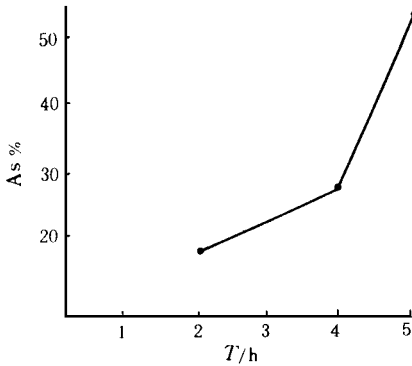


图 1 浸出时间对 As 溶出的影响

Fig. 1 Effects of leaching time

条件: NaOH5%, 70℃, 固液比 1: 3

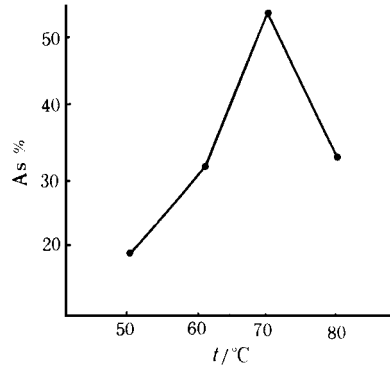


图 2 反应温度对 As 溶出的影响

Fig. 2 Effects of reaction temperature

条件: NaOH5%, 5h, 固液比 1: 3

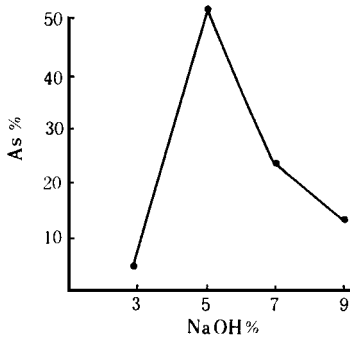


图 3 碱液浓度对 As 溶出的影响

Fig. 3 Effects of soda concentration

条件: 70℃, 5h, 固液比 1: 3

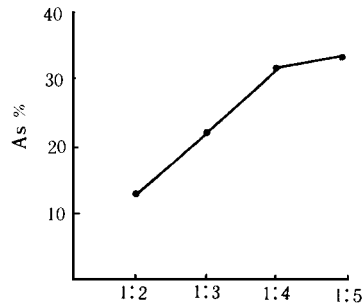


图 4 固液比对 As 溶出的影响

Fig. 4 Effects of liquid and solid proportion

条件: NaOH5%, 70℃, 3h

于 O_2 的逸出增多而使 O_2 在溶液中停留的时间缩短, 也不利于体系中 Na_3AsO_4 的生成。因此, 温度过高, As 的溶出率并不高。

(3) 碱的浓度过低将会使反应进行得缓慢以至难以发生, 而浓度过高也因矿样中的 SiO_2 , As 及 S 等的存在导致歧化反应或钝化反应的发生, 使得 SiO_2 与较高浓度的 NaOH 反应生成带稠状的 Na_2SiO_2 而沾结在矿物晶体表面或孔隙中, 阻止 As 溶解的反应进行。所以出现了溶液中的 As 并不随碱浓度的增大而增高的现象。

(4) 体系中的固液比对 As 的溶出影响较大, 但反应体系不可能无限地增大。因为增大体积, 不但能耗及碱的用量增多, 而且设备投资也增多。从经济上考虑, 选择合适的固液比, 并使金获取一定的浸取率将是降低成本的主要因素之一。

(5) 碱性通氧对难浸金矿的预处理不仅设备简易、工艺简单、操作方便、条件易控, 而且无环境污染, 成本较低, 金的浸取率可达 87.8%。但对加入不同量或不同类型具有氧化作用的催化剂, 是否能增加金的浸取率仍有待于进一步探讨。而对延长浸取时间, 多硫化物等因素对金的影响程度, 增大固液比例时各方面费用的增加与金浸取率提高幅度之间的关系如何, 尚待深入研究。因条件所限, 本实验未能做大样试验, 故上述工艺条件仅供参考。

参 考 文 献

- 1 马尚文, 王金中, 周克泉等. 难浸金矿石的预处理. 黄金, 1993 (6): 39~40
- 2 肖松文, 梁经冬. 难浸金矿焙烧处理的新进展. 黄金, 1993 (6): 27~30
- 3 才书林. 岩石矿物分析 (1). 北京: 地质出版社, 1991. 275~276
- 4 扬天足, 宾万达, 陈希鸿等. 难处理金矿石加石灰焙烧焙砂的多硫化物浸出. 黄金, 1995 (10): 29~32

THE TECHNOLOGICAL STUDY OF NO₂-POLLUTION PRE-LEACHING OF REFRACTORY GOLD ORE

Zhou Dasun

(Test Centre, Guilin Institute of Technology)

Abstract An influence of the factors of temperature, time, soda-concentration and the proportion of liquid and solid on the gold leaching rate for refractory gold ore in add-oxygen and normal atmospheric press is discussed. Experiments show that the leaching rate is able to reach 87.8% in the action of contact oxidant and the 70 °C and 4h, 5% NaOH and 1:4 conditions.

Key Words refractory gold ore; no-pollution; alkalinity; leaching rate

月球将成为工业中心

鉴于月球上引力大小和有矿藏, 欧美日科学家最近预言, 几百年以后月球有可能成为太阳系的工业中心。不久前, 欧、美、日的科学家正在为未来向月球移民和开发月球积极开展科学试验工作。

最近, 科学家聚集在美国弗吉尼亚州的水晶城, 讨论人类征服月球的宏伟蓝图。美国宇航局月球开发专家肯特·乔斯坦在会上介绍了他提出的在月球上建立无人管理的制氧工厂的计划。

月球表面含有的氧, 不过不是以气体的形式存在, 而是被封锁在月球表面的岩石里。乔斯坦认为, 当宇航员再次登上月球时, 他们不必像上次美国宇航员登月那样需要带足返回地球时所乘火箭使用的燃料, 他们可以从月球上获得的大量液态氧。

目前, 许多国家的政府、公司和科学家都在竞相策划或实施准备向月球移民的试验。科学界认为, 乔斯坦的计划可望在进入 21 世纪后不久实现。先在月球上建立制氧工厂可以说是实现人类开发月球的重要一步。

今年 4 月, 日本的一个航天器在月球上实现了硬着陆。这是自 1972 年美国人踏上月球以来人类送上月示的第一个装置。明年 2 月, 美国人将把一个空间装置送入月球轨道, 以绘制一份月球地质图。