

# 影响生物堆浸(提金)技术的关键因素

王金祥

(地矿部陕西地勘局堆浸技术中心)

摘 要 介绍了生物堆浸(提金)技术的开发研究状况,论述了该技术在菌种选择、矿石性质及实施环境三个方面存在的问题,并提出部分解决途径。

关键词 生物堆浸 提金 菌种 矿石性质 实施环境

## 1 前 言

难浸金矿石的预处理技术开发研究是目前提金工艺革新发展的主要课题。焙烧法、加压氧化法和生物氧化(BIOX)是三种相对比较成熟的预处理技术,也是该领域进一步深入研究的主要方向。

难浸矿石对于不同的生产工艺而言,概念是相对的(例如对于堆浸工艺难浸的矿石,不一定对炭浆工艺或金泥氰化工艺难浸),但多数难浸矿石的共同特点就是金矿物被金属硫化物(黄铁矿、砷黄铁矿等)所包裹。预处理的目的则是破坏硫化物的结构,使金矿物从中得到解离。

从工艺角度来讲,难浸金精粉预处理过程中,焙烧法和加压氧化法应用较多,主要原因是氧化效果明显、速度快、技术稳定、适用

范围广。相对而言,焙烧法的缺点则是焙烧过程中产生含硫、砷的有害气体,污染大气环境,受到环保部门的严格控制;加压氧化法则因其投资规模大、技术难度大、生产成本高而未得到广泛应用。对于低品位难浸原矿来说,这两种方法都因其经济因素而无法实施。

生物氧化法是近年来开发出的最具潜力的一种预处理技术,具有投资少、成本低、环保效果好的突出特点,吸引着众多工程技术人员进行难浸金精粉和原矿的工业性预处理尝试,并使其工艺水平日臻完善。尤其是生物堆浸(提金)技术的开发研究,为低品位堆浸金矿的开发利用提供了新的有效手段。

据有关人士估计,目前世界范围内 20% 的难浸矿石采用生物氧化技术进行预处理,而且这一比例还在迅速增长。我国从 80 年代初开始生物氧化难浸金精粉的研究工作,90

(冲次为 315 次/min,冲程为 12~36mm),处理 74 $\mu$ m 钨粗精矿,使钨的回收率由 30% 提高到 60%。笔者曾将改进后的 25000 $\times$ 1500mm 快速摇床用于 -0.038+0.020mm 粒级钙钛矿(比重 3.79~4.03)回收试验,摇床的冲程为 2.5~5.5mm,冲次为 461~1174 次/min,与常规摇床相比,前者的分选效率及富矿比分别高于后者的三倍及四倍以上。

因此,用它来回收微细黄金,将是有前途的。

## 参考文献

- [1] 钱鑫,牛中红.黄金选冶技术综述.1988年2月
- [2] 短锥旋流器分选若干问题的研究.有色金属,1996,(3):28-31
- [3] Сп Явочник по обо яценцо Руд, основье пр Рцессы, Москва, 1983, p. 86

(收稿日期:1996-09-24)

年代又进行了低品位难浸矿石的生物预氧化工业性堆浸提金试验,现已取得阶段性成果。

1994年九坪沟金矿 2000t 级生物堆浸提金试验的成功,标志着我国在该领域进入世界先进水平。

## 2 生物堆浸(提金)试验研究

### 2.1 室内试验研究

难浸矿石经一定程度的工艺矿物学研究之后,若证实金矿物被硫化物所包裹,就可以采用生物氧化法对细粒级(-75 $\mu$ m)试验样品进行预处理,然后进行柱浸试验。格林(John W. Greene)曾撰文详细描述这一过程<sup>[1]</sup>,重点阐述细菌溶液流速、试验矿石粒度及氧化时间对氧化效果的影响,并通过对某含炭质黄铁矿型金矿石 75d 的生物氧化试验,使金的浸出率由原来的 25% 提高到 62%。另一篇有关微生物柱浸试验的文章<sup>[2]</sup>指出,将细碎的试样置于瓶中,采用最佳细菌氧化条件进行搅拌试验,并将获得的结果与柱浸试验相比较。搅拌试验后,金的浸出率比未氧化时提高了 20%~40%;而在柱内的矿石,经三个月细菌氧化后,金的浸出率提高了 30%~120%。试验过程中,pH 值、EH 值是衡量细菌活性的重要标志,试验得出的另一结论是,各类难浸矿石可进行微生物预氧化柱浸试验,而含白云石的矿石相对特别,主要原因是细菌在其中的活性需比通常的高。劳索斯(E. N. Lawsons)等人<sup>[3]</sup>用品位 0.2~0.6 g/t 粒度 150 $\mu$ m 的含金尾矿进行了大规模的试验室试验。对筑成 2 $\times$ 1.8 $\times$ 0.5m 的小型矿堆,微生物预氧化 70d 后再提金,金的浸出率由未氧化的 36%,提高到 80%。现场试验时,氧化 20d,金的浸出率就达到 70%。

80年代末期,中科院微生物研究所、核工部六所、中科院化冶所裘荣庆等人<sup>[4]</sup>,对湖南、甘肃、陕西三省五座金矿的黄铁矿、砷黄铁矿包裹金型矿石进行室内试验,详细阐述了试验所用材料、装置及方法步骤。试验结

果说明,矿石经微生物氧化后,金的浸出率均有所增加,但增加幅度相差甚大,其中龙王江金矿金浸出率由原来的 27.5% 提高到 70% 左右,隆回金矿由 6% 提高到 18%。地矿部陕西地勘局堆浸技术中心近年来通过对全国范围内七种难浸矿石的室内微生物预氧化柱浸试验,较系统地研究了菌种类型、接种量、矿石粒度和氧化周期等因素对氧化效果的影响,并在微细浸染型难浸金矿石和高硫包裹石英脉型金矿石生物氧化方面取得较大进展。

### 2.2 现场试验

80年代初,加拿大 Giant Bay 微生物工艺公司<sup>[4]</sup>对品位 1.2g/t 的金矿石筑堆后,进行微生物氧化,金的回收率由常规堆浸的 20% 提高到氧化后的 70%。美国纽芒特公司<sup>[5]</sup>1992 年对 4000t 品位为 9.73g/t 的难浸矿石筑堆后,用滴淋方式进行生物预氧化处理。氧化 70d 后,金的回收率为 45%;105d,金的回收率为 60%;而氧化 180d 后,金的浸出率达到 70%,未氧化的金回收率为零。生物预氧化部分的生产成本为 1.5 美元/t 矿。

1994 年,地矿部陕西地勘局堆浸技术中心在国内首先进行了 2000t 级低品位难浸金矿微生物预氧化堆浸试验<sup>[6]</sup>。经过 50 多天微生物氧化后的矿堆,金的浸出率比常规堆浸提高了 1.5 倍。这次试验着重强调其工业规模意义,同时对菌种特征、氧化温度、环境及光照等参数进行了观察研究。

### 2.3 工业应用

文献 [4] 曾报道,加拿大 Glamis 公司与西班牙 Charter 公司制定了用生物堆浸工艺开发 Salave 金矿的三阶段计划。第一阶段在现场作 9000t 规模试验,然后分阶段逐步扩大到 4.5 $\times$ 10<sup>5</sup>t,最终年处理能力要达到 9 $\times$ 10<sup>5</sup>t 以上。文献 [5,7] 对美国利用生物堆浸(提金)技术的情况有所报道。

国内目前尚未见到生物堆浸用于工业生

产的报道

### 3 影响生物堆浸技术的关键因素

#### 3.1 菌种问题

从目前生物堆浸(提金)技术的理论研究和规模试验来看,专业技术人员一直将培养能够适应不同环境和不同矿石类型的优良菌种放在工作的首要位置。不同于金精粉处理,堆浸工艺作业环境很难控制,因此既要培养适应高温环境的耐热菌种,也要培养能够在低温环境下仍具氧化能力的菌种,而且后者比前者更具实用性。不同于处理金精粉的第二点就是堆浸矿石不象金精粉可通过调整矿浆浓度,降低有害组分相对含量给细菌提供可承受的低毒环境,因而培养出高耐毒的菌种以适应有害组分很高的堆浸矿石是十分必要的。另外,对某些高耗酸的碳酸盐型金矿石,选用能在弱酸( $\text{pH}=5$ )环境下生存并具氧化能力的细菌则更具经济意义。

#### 3.2 可利用矿石问题

不是所有的低品位难浸矿石都可用生物堆浸技术提金的,这是生物氧化技术开发到今天的一种共识。矿石的物理性质和化学性质则是最主要的因素

一般矿石在细磨到 $-75\mu\text{m}$ 之后,包裹金的金属硫化物会得到一定程度的解离,氧化处理时,菌液可较充分地矿物接触,分解速度相对较快。如果矿石处于堆浸粒度( $-20\text{mm}$ )时,情况相反,同样菌液的氧化速度与矿石结构密切相关。当矿石自然或加工后裂隙、孔隙发育时,菌液容易渗入,与包金硫化物的接触面积较大,氧化速度就快,氧化程度也较深。尽管如此,堆浸矿石要达到较理想的氧化程度,周期上要比细磨后长几十倍。如果矿石结构十分致密时,细菌氧化只能沿矿石外围向内逐渐渗透,其结果要么是氧化程度

低,达不到解离金的目的,要么就是周期过长,造成成本增加,在经济上不过关

在矿石化学性质方面,如果有害元素硫含量过高,超过细菌耐毒能力,就会直接影响氧化效果。另外,初步试验证明,碳酸盐矿石在细菌氧化时,不仅大量耗酸,增加生产成本,影响经济指标,同时氧化效果也不理想。

#### 3.3 实施环境问题

堆浸工艺不同于其它工艺的一个重要区别在于它是在一个开放的环境中实施的。低纬度地区温度高,湿度大,细菌易于生存,生物堆浸技术实施条件优越。而在气候干燥、寒冷的高纬度地区,要进行生物堆浸则十分困难。要在这些地区实施这一技术,就需营造一个适应细菌生存的环境。采用吸热材料覆盖矿堆,微灌系统保温滴淋,都是值得尝试的办法。

总之,如果能够解决以上三个方面的问题,生物堆浸(提金)技术必将成为处理低品位难浸矿石的最有效手段

#### 参考文献

- [1] John W. Greene, 裘荣庆译. 难处理含碳金矿石的微生物柱浸. 黄金科技动态, 1992, (3): 27~29
- [2] 裘荣庆编译. 难浸金矿石堆浸微生物氧化. 黄金科技动态, 1992, (3): 27~29
- [3] 龚心若译. 用生物预处理法从尾矿中回收金. 黄金科技动态, 1991, (9): 22~25
- [4] 裘荣庆. 微生物提金工艺新进展. 黄金科技动态, 1990, (1): 25~28
- [5] 陈志勤, 宋小文. 赴美国西部金矿考察报告. 陕西地质科技情报, 1994, 19(3-4): 1~14
- [6] 姚惠娟, 冯治国. 微生物氧化工业化堆浸成功. 中国地质矿产报, 1995, (1): 25
- [7] 邓彤. 黄金提取技术的现状和趋势. 黄金科学技术, 1993, (1): 12~16

(收稿日期: 1996-04-15)

tion amount of dextrin on cassiterite surface occurs at pH 7.6, yet, the equilibrium adsorption point of  $H^+$  and  $OH^-$  on cassiterite surface in pulp is at around pH 5.4. Dextrin is adsorbed on cassiterite surface by action with  $Sn(OH)_4$ . Dextrin adsorbed on hematite is obviously more than that on cassiterite. The adsorption peak is at pH 6.6. This shows the selectivity of dextrin interaction between the two minerals.

### **Development of Low-grade Gold Resources**

*Xue Yingxi*

The achievement and new progress in this field at domestic and abroad were reviewed, especially the progress in heap leaching recently.

### **Concentration of Subsieve Gold by Gravity Separation**

*Yuan Lingqun*

The technology and equipment for recovering subsieve gold by gravity concentration were discussed, test results of washing pan as rougher concentrator were introduced, high-speed shaking table was recommended to be used in cleaning step.

### **Key Factors in Bacterial Heap Leaching of Gold**

*Wang Jinxiang*

Research and application progress in bacterial heap leaching of gold were reviewed, the technology factors as bacterial kinds, ore properties and implement condition were discussed, and some measures were put forward for improving the process.

### **Experiment and Production for Reclaiming of Ta and Nb from Tailings Separated**

### **by Reverse Magnetic Separation**

*Qiu Debiao*

The "acid leaching process" have been improved on basis of commercial test. In contrasting with the old process, the new one had increased 18.2% in concentrate grade and 59.0% in recovery, and the economic profit had risen greatly.

### **Recent Behavior**

### **in Industrial Minerals Development**

*Wang Jingliang*

Any behavior and questions which are worthy of notice in industrial minerals development were summarized, the recent industrial minerals output and developing matter of each countries were introduced.

### **Guye Laying Stress on Environmental Protection During Development of Mineral Resources**

*Li Houcai*

Guye District of Tangshan City has hold up rational developing mineral resources according to laws for many years. They comprehensively harness subsidized region on basis of straightening order of mining industry, and receive remarkable economic and social benefits.

### **Manufacturing Fused Quartz Using Tailings Separated from Kaolin Ore**

*Liu Shuxing et. al*

Quartz concentrate has been separated from the tailings according to the process mineralogical characteristic of the tailings in Fuzhou, and qualified fused quartz has been manufactured using the concentrate.

翻译: 赵军伟 校对: 冯安生