

## 三种生物提金技术方法 及其应用情况

目前,世界上利用生物氧化提金的方法有三种,基本上都是利用细菌在搅拌槽中浸出黄金。其中 BIOX 法和 MINBAC 法在南非研究开发成功, Bac Tech 法由澳大利亚应用成功。下面分别介绍这三种方法的技术研究开发和应用情况。

### 1. BIOX 法

70 年代末南非 Gencor 公司工艺研究实验室开始着手生物提金研究,已故该实验室主任 Eric Livesey Goldblatt 是这一领域的先驱。他实验室培养成功的菌种经中试获得成功,其称为 BIOX 法的技术比焙烧和加压浸出简单。该工艺分几个步骤,先将矿石破碎并磨成便于从脉石中解离硫化物的细粒矿。经浮选后得到金回收率 90% 以上的精矿,产率为 5% ~ 10%。精矿一般再磨后送入一组充气(供 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub>)搅拌的含细菌的矿浆槽中,槽的配置应能提供细菌最佳繁殖速度。主要的控制参数为温度、溶解氧浓度、pH 值和给料速度。来自黄铁矿的铁和溶液中亚铁氧化产生的高铁和亚铁浓度反映过程的进展。矿浆在反应器中平均停留时间 4 ~ 5 天。氧化过的矿浆用一组逆流浓密机洗涤,洗过的矿浆送进常规氰化厂处理,并最终回收黄金。中和浓密机的溶液,细菌氧化时溶解的砷以碱式磷酸铁形式沉淀,因此尾矿在环境中稳定,整个过程连续。

Gencor 公司 1984 年在南非 Fairview 金矿建立的日处理 750 公斤精矿中试厂,经两年连续运行表明细菌氧化预处理可使含砷金精矿的金氰化率从原来的 35% 提高到 97%;选用硫杆菌和螺旋钩菌混和培养的菌株可经受生产中通常遇到的苛刻条件,工艺技术也并不复杂。在中试厂成功运行的基础上设计了日处理 10 吨精矿的生物氧化厂,并于 1986 年在 Fairview 投入运行,成为世界上第一座细菌氧化厂。1989 年由于细菌生长速度加快,精矿在搅拌槽反应器中滞留的时间由 7 天减至 3.5 天。1991 年又将该厂的生产能力扩大到日处理 35 吨精矿,而实际能力已达 40 吨。反应器工作温度 40℃,由于细菌氧化放热作用,要消耗一定能量进行冷

# 生物氧化提取黄金技术的发展 现状及其应用

常江

却。

1988 年 Gencor 公司将开发的生产技术注册为 BIOX 工艺流程,并向多家黄金生产厂家转让了它的技术。现在世界上有 7 家生物氧化金厂,5 家使用 BIOX 法回收黄金,除南非外,澳大利亚 2 家,巴西 1 家,加纳 1 家。1994 年投产的加纳 Samsu 金矿生物氧化厂日处理金矿 720 吨,是当时世界上最大的细菌氧化厂,也标志了微生物反应器设计取得重大进展。

### 2. MINBAC 法

南非矿冶研究理事会(Mintek)是一家有 60 多年矿物处理技术开发经验的研究院,从 80 年代初开始从事用细菌氧化处理难浸金矿的研究,使用当地和国外的难浸金矿石在实验室做了大量研究工作,研究了工艺的基础,肯定了预处理的优越性,建立了检验矿石是否适于微生物氧化的程序。Mintek 研究开发的氧化亚铁硫杆菌和氧化亚铁小螺旋杆菌氧化工艺称 MINBAC 法。其生产工艺流程亦是先粉碎筛选矿石,将预处理的金精矿送入敞开搅拌生物反应器进行生物氧化,然后再用氰化物浸滤,最后用 Mintek 的碳浆法回收黄金。

Mintek 用 MINBAC 法在该院建立了两个日处理 1 吨的小试装置,现可为客户作矿石评价,迄今已评价了 50 多种难浸矿石。1988 年同南非最大的黄金开采公司英美公司合作在 Vaal Reefs 金矿建

立了日处理 20 吨精矿的生物氧化厂。上述两个工厂的运作积累了大量数据,建立了工艺流程动力学、混合、充气和冷却的放大要求的庞大数据库。开发的软件模型提高了工艺流程设计水平,经各国工业化生物氧化厂运作设计验证,无论模拟精度,还是主要工艺设计和操作参数预测都十分精确。该数据库已用于开展以计算机为基础的综合设计,用试验工作中获取的参数为基础快速评价工艺流程设计,或应用户的要求标准开展设计。Mintek 还开发了监测和控制关键工序参数的仪表仪器。它拥有生物提金工程设计能力,还包括优化矿石加工和矿物预富集设计;下游氰化物浸滤及黄金吸附技术;废液中和处理技术和稳定处理黄铁矿或含砷固体尾矿技术。

### 3. Bac Tech 法

Bac Tech 法是 1988 年成立的澳大利亚 Bac Tech 有限公司开发的,该法工艺流程同 BIOX 法和 MINBAC 法大同小异。由于使用中等耐温细菌,使工作温度达 45~47℃,并可在中等含盐水中生长,因此搅拌槽反应器省去了冷却蛇形管,而且不需强力搅拌。另外由于不是所有硫化物都被氧化,产生硫酸较少,也降低了中和酸的费用,因此节省了投资和操作费用。

1988 年伦敦 King 学院化学系 Barrett 及其同事在西澳大利亚的一个矿山水中分离出大量含有中等耐温细菌的混合物, Vobar 等人描述这些细菌的形状为棒状和圆状,适应温度(45℃)比硫杆菌高,该细菌稍大于硫杆菌,长为 1.5~4.3 微米,比硫杆菌长 1 微米左右,在黄铁矿表面呈现最大的生长速度, Bac Tech 有限公司就是利用这种被称为“M4”中耐热菌氧化硫化矿的。Bac Tech 采用这种铁氧化细菌培养液,对细磨的浮选精矿进行初步的间断试验研究结果表明,85%~95%的砷黄铁矿被氧化,可以得到 85%~95%的金回收率。1993 年为了在西澳大利亚的 Youanmi 金矿建立生物氧化厂, Bac Tech 使用该矿浮选精矿进行了 8 个月的中间试验。中试结果进一步证明了含金砷黄铁矿优先于黄铁矿氧化的可行性。1994 年 10 月用 Bac Tech 法设计日处理 120 吨金精矿的生物氧化厂在 Youanmi 投入运用。该设备由六组(每组两个)不锈钢反应器组成,分两级处理,第一级四组,第二级两组。精矿在反应器中停留 4~5 天,矿浆密度固态颗粒占 15%,砷黄铁矿氧化率 85%~95%,黄铁矿氧化率 28%,工作温度 45~55℃,搅拌槽中 pH 值在 1~1.4 之间。Bac Tech 法在加纳、保加利亚和哈萨克斯坦的中试厂运用过。

### Mintek 和 Bac Tech 公司合作 开发的生产工艺

在生物氧化提金方面,南非的 Mintek 和澳大利亚的 Bac Tech 公司都开展了多年科学研究与开发工作,各自培养的喜中温的溶岩细菌各有特点,从小试、中试到规模化生产上都积累了大量数据和经验,各自的技术成果都处于世界领先地位。1997 年 10 月 Mintek 和 Bac Tech 走强强合作的道路,签署协议建立合作伙伴公司,同有多年建厂经验的 Bateman 黄金工程公司一起,为位于澳大利亚塔斯马尼亚岛的 Beaconsfield 金矿设计建造生物氧化提金厂。

Mintek 和 Bac Tech 公司合作开展工艺流程实验工作,为工厂建立生产流程图和提供概念设计标准,交由 Bateman 工程公司设计建造。该厂日处理黄金精矿能力 50 吨,已于 1999 年底投入生产。该厂生产工艺流程包括:

- 矿石破碎、筛选、磨细;

- 磨矿回路中用重选回收约 40% 的游离金;
- 泡沫浮选法生产含 ROM 金 58% 的硫化物精矿;
- 用喜中温细菌在搅拌反应器中对浮选后的精矿进行氧化;
- 用氰化物对细菌化后的精矿进行浸滤;
- 用过滤和锌沉淀法从氰化液中回收黄金;
- 对回收后的固体物进行降毒处理并存储在指定地点;
- 将浮选后的粗碎块做地下矿井回填料。

该厂金回收率达 98%,其突出特点是有益于环境保护。细菌氧化生产的砷溶液经沉淀过滤处理的尾矿稳定,预处理的精矿进行氰化时消耗氰化物少。整个生物氧化过程中不用调节酸碱度,不使用中和药剂。Mihbac 喜中温细菌对铁和砷承受力强,而且所有的砷可以从氧化剩余物中浸滤出来,避免污染环境。经生物氧化后精矿质量减少了约 40%,提高了精矿中金的含量,也提高了氰化滤液中的金回收量,同时矿浆体积减小,有利于选择锌渗碳法回收金。这种办法大大减少了生产回路中金的滞留,大大降低了工程投资。

### 生物氧化提金的技术特点

1. 生物提金主要利用喜中温硫杆菌等微生物氧化作用,仅适用于提取硫化金矿。这类矿黄金颗粒多赋存在黄铁矿—砷黄铁矿的晶格中,可能产生组成改变、晶格扭曲和错位等薄弱环节,因而在多数情况下细菌优先浸蚀这些金富集点以达到选择性氧化目的。硫化矿细菌氧化的选择性可通过控制氧化的时间等操作因素实现。由于生物氧化预处理只需部分硫化物,从而缩短了细菌浸滤时间,节省了搅拌和充气的能量,减少了冷却水量,降低了中和的需要并减少了废物的排放等。因此生产工艺流程简单,节省投资,易于操作。

2. 生物氧化不似焙烧那样排放二氧化硫,氧化的砷可中和沉淀为碱式砷酸铁,毒性试验证明它在环境中很稳定。而且只要浸出液中  $Fe:As > 3:1$ ,其中的砷沉淀很彻底,不易对环境造成污染。

3. 自养菌生长速度慢,倍增时间长,因此硫化矿物生物氧化的速度慢,在搅拌反应器中停留时间长,一般要 3~4 天,限制了生物氧化厂的生产能力。这是它的主要缺点。

4. 生物氧化条件较温和。不像化学氧化那样通过提高温度来加速反应,从而要严格控制温度,以免细菌无法承受而失去活性。由于硫化物的氧化反应产生放热,有时为控制温度还要进行冷却,从而增加了操作成本。

5. 生物氧化无需高温高压设备,建设上无需特殊材料,据报道它比焙烧和加压湿法氧化要节省投资约 2/3,生产费用相应也降低不少。■

# 生物氧化提取黄金技术的发展现状及其应用

作者: [常江](#)  
作者单位:  
刊名: [全球科技经济瞭望](#)  
英文刊名: [QUANQIU KEJI JINGJI LIAOWANG](#)  
年, 卷(期): 2000, ""(8)  
被引用次数: 7次

## 引证文献(7条)

1. [谭田](#) 黄金的冶炼方法及其技术处理[期刊论文]-[科海故事博览·科教创新](#) 2008(7)
2. [杨玮](#) 高铜铅含碳难处理金精矿直接氰化及综合回收研究[学位论文]硕士 2006
3. [张一兵](#), [王师金](#), [周金娣](#) 黄金冶炼方法综述[期刊论文]-[上饶师范学院学报](#) 2005(3)
4. [李俊萌](#) 难处理金矿石预处理方法研究现状及其发展趋势[期刊论文]-[稀有金属](#) 2003(4)
5. [李俊萌](#) 难处理金矿石预处理工艺现状与发展[期刊论文]-[湿法冶金](#) 2003(1)
6. [李俊萌](#) 难处理金矿石预处理工艺研究与应用现状[期刊论文]-[有色矿山](#) 2002(5)
7. [李俊萌](#) 难处理金矿石预处理工艺及其选择[期刊论文]-[有色金属\(选矿部分\)](#) 2002(5)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_qqkjjlw200008027.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_qqkjjlw200008027.aspx)

下载时间: 2010年11月30日