

国外堆浸提金技术的新进展

张连昌

(西安地质学院, 西安, 710054)

堆浸法提金一般是将低品位(0.8×10^{-6} — 3×10^{-6})矿石破碎, 堆积在由防渗材料铺筑的堆矿场上, 用稀的碱性 NaCN 溶液在矿堆上喷淋, 使金(银)溶解。贵液从矿堆中渗透出来, 流入矿堆周围的沟中, 再流入贵液池内。用活性炭吸附或锌粉置换沉淀法从贵液中回收金, 贫液再返回矿堆, 循环进行, 直至各堆浸场金浸出完成为止。堆浸提金的这种方法仍然是技术上还很年轻的提金工艺, 与其他方法一样, 人们同样会提出那些与成本、回收率等有关的问题。所以该工艺被应用以来, 人们就不间断地寻找改进工艺、提高回收率、降低生产成本的新技术、新方法。近来国外在选用新的防渗透堆浸衬垫、设法提高金的浸出速度、研制新类型的金回收吸附剂, 及改进堆浸工艺等方面取得了新的进展。尤其是脉冲振动槽浸法的成功应用已显示出很多优点, 有取代堆浸法的趋势。

1 堆浸衬垫的新材料

在堆浸低品位金矿时, 堆浸衬垫的合理选择是保证获得效益的重要因素。同时, 为了保护环境及储存尾矿也要求有某种形式的衬垫。对于堆浸场来说, 为了回收含金溶液和防止浸出液向下迁移和渗透, 必须选用一种防渗材料。目前美国和澳大利亚的一些矿山的浸出厂成功地采用了一种防渗的高密度聚乙烯(HDPE)薄膜。这种聚乙烯材料用作堆浸衬垫与过去用的沥青、塑料布等相比渗透性低、简单易行。但由于出现针孔和焊缝技术有限, 高密度的聚乙烯也有一定的渗透性, 且由于成本高不能多层使用, 最近美国加利福尼亚州(Jamestown 金矿)通过试验研究采用粘土作为外层衬垫, 与聚乙烯薄膜紧密接触形成一个合成衬垫, 大大降低了渗透性。结果表明, 粘土衬垫在溶液穿透速度、耐用性及降低潜在污染的能力等方面具有优点。实践证明, 粘土衬垫的构筑费用一般为 2.00—5.00 美元/ m^2 , 构筑合成衬垫所增加的投资对于设计要求的合算的。

2 添加氧提高金的浸出速度

美国加利福尼亚州(Kamyr公司)完成的氰化柱浸试验的结果表明, 氧对低品位金矿(1.3×10^{-6})堆浸有好的影响。试验中把制成粒度为 25.4 mm 的矿石粒在直径为 14 cm、高 1.8 m 的柱内进行了柱浸试验。其中一部分柱喷氧, 一部分不喷氧。氰化物溶液通过浸出柱 34 天, 紧接着用水洗涤 2 天, 柱浸试验结果发现用富氧空气金浸出的速度比用空气的有很大提高。在滚瓶试验中, 用氧和用空气进行 24 h 试验, 约浸出 95 % 的金。在用空气的 6 h 浸出试验中, 仅浸出金 87.9 %; 同样时间内, 用富氧空气进行浸出试验, 金浸出率达 93.3 %。因此, 氧能增加金溶解的速度, 但不影响最终回收率。

3 制粒堆浸的应用

堆浸的常用类型是破碎矿石堆浸,这种方式与原矿堆浸相比浸出周期短。但对于含粘土和细泥较多的矿石,仅破碎矿石后再堆浸效果很不理想,近来美国矿业局雷诺研究中心开发了一种制粒堆浸工艺,并在工业上得到应用。其方法是将粘土或细泥含量高的矿石与一定数量的粘结剂相结合,并用 10 %—12 % 的水或氰化物溶液润湿矿石,然后制粒,结果使细泥相互成团或使细泥粘到粗粒表面上,经过一段时间固化就能得到一定强度的团粒。粘结剂可用水泥或石灰,用量为 2—5 kg/t。应用情况表明,水泥比石灰效果好,每吨加 4.5 kg 水泥制粒,经 8 h 固化,溶液渗透速度提高 6 000 倍,达 $24.4 \text{ m}^3 / 1 \text{ h} \cdot \text{m}^2$ 。主要的制粒设备有圆筒制粒机、多段皮带运输制粒机等。

4 金回收及尾矿处理的新方法

从氰化浸出液中回收金的常用方法是采用活性炭吸附金。从 1987 年开始澳大利亚 MJN 联合公司研制出一种 Aurosave 吸附法,即使用一种名为 Vitrokele 的吸附剂回收浸出液中的金。该吸附剂由配位基与惰性基质相联结而组成,是一种具有高机械强度的聚苯乙烯球体,粒径为 $-1.4 \sim +0.8 \text{ mm}$,它能高效率的吸收、输送和释放金属络合物。实践表明,它具有其他吸附剂不具备的技术优点,已研制的吸附剂 $V_{0.11}$ 从溶液中吸附金的回收率高,且吸附速度快,与工业用炭 A 相比前者 2 h 左右几乎完全吸附,炭 A 的吸附较缓慢,经 3h 或更长时间也不能完全吸附。同时 $V_{0.11}$ 吸附剂在工业应用时仅保持较低的浓度即可,荷载的 $V_{0.11}$ 的洗涤操作也格外简单和灵活。

与此同时,该公司还研制出处理尾矿的 Cyanosave 法。在溶液中的金被炭吸附回收,或使用 Aurosave 吸附法回收以后,大部分已溶解的金得到回收,而其余的已溶金、银及其他贱金属总是以金属氰络合物的形态与游离氰化物一道留在工厂尾矿或贫液中。使用 Cyanosave 法能使尾矿消毒,并能回收尾矿和尾液中游离和络合的氰化物,使其达到环保要求,被回收的氰化物还可返回再用。溶解损失于尾矿中的微量金、银以及其他金属的氰络合物也能得到回收,因此可使工厂的总效益获得改善。Cyanosave 法包括一个搅拌反应器系统,在反应器内溶液与 Vitrokele 吸附剂成逆向运动,在反应系统的前头加入药剂以便充分的吸附氰化物。在此过程中能吸附所有的金属氰络合物。

5 堆浸工艺的改进

5.1 多层堆浸法 美国内华达州 Alligatol Ridge 金矿,为卡林型矿床,金呈细粒状浸染在硅质粉砂岩中。该矿自投产以来,堆浸工艺已发生了很多变化,目的是为了达到最佳的金回收率。如制粒技术、浸出溶液的喷淋和筑堆方法等都已有所改进。由于构筑堆浸场的费用很高,加上矿区的空地有限,他们大胆地提出进行多层堆浸的方案。实践证明,所有多层浸出的矿堆,尽管其厚度不断增加,但从所获得的回收率与堆高的关系曲线看,回收速度比较稳定。在矿山开发前期进行浸出的几个矿堆,开头几层曾因为渗透率的关系回收率稍低,但改进了破碎、制粒、筑堆和喷液等方法后,就使回收率得到提高,达到比较稳定的 1.5×10^{-9} — 3.0×10^{-9} 之间。按标准浸出工艺筑堆和浸出的矿堆,在开头几层中能达到很好的浸出率。回收率随堆高而有所下降,但仍稳定在 2.5×10^{-9} — 3.0×10^{-9} 之间。由于堆浸场的地质条件及其他工艺要求所限,矿堆高度不应超过 20 m。多层堆浸已被证明是一种可行的提金方

法,用这种方法浸出不仅能解决堆浸场地不足的问题,而且还可节省大量的拆堆费用。

5.2 滴淋浸出系统的应用 美国内华达州科尔罗切斯特矿山于 1987 年应用氰化浸出基本原理,对由许多喷头组成的氰化浸出液喷淋管道系统首次进行改进,采用液滴浸出系统。即用液滴发射管以 $0.02-0.041 \text{ L/min}\cdot\text{m}^2$ 的流速把贫液分布在矿堆上。流量与矿堆浸出时间有关,浸出液 pH 值为 10.7,氰化钠含量为 0.75 kg/t 。最终金的回收率为 80% 以上。实践证明,采用滴淋法比普通喷淋法有很多好处,提高了浸出效率和回收率,节约了水和药剂的用量,改善了环境,全年气候条件下都能进行生产(尤其对高寒地区最为适用),碳酸钙的结垢和沉淀大大减少,表面渗透性好,无积液发现,投资费用也大大减少。

5.3 一种能取代堆浸的新方法——MVII 法 MVII 法即脉冲振动槽浸法,最初试验是在加拿大米西索加进行,通过试验认为这种方法可处理多种物料且完全有可能取代堆浸法。尤其对于高寒地带、丘陵多雨和环保要求严格而不适宜采用堆浸工艺的地区,这种方法更有突出的优点。脉冲振动槽浸法是在现浸出槽内使用脉冲振动技术连续浸出矿石,矿石从槽的一端不断给入,并以同样的速度从槽的另一端排出。浸液从高位贮槽经一排输液管供入槽内,输液管上钻有小孔(这些小孔直接影响浸液在矿石中分布),浸液以极高的流速、自下而上瞬间脉冲振动向矿石层中喷出,浸液均匀分布于整个矿石床。与此同时,矿石床发生流态变化,在槽内依靠喷液压力使矿粒向槽的排料端运动,随着这种高流态化能力的脉动,溶液通过一个用碎石或砾石填满的暗沟和槽底的一排泄水管排出,然后用泵将溶液返回输至高贮液槽,如此循环浸出直至浸液中贵金属含量达到要求时,再将其排放到回收系统。

与堆浸法和连续搅拌浸出法相比,该法有下列优点:①能处理粒度小于 6.35 mm 矿石;②不需制粒。在矿石粉碎过程中产生了大量的极细粒矿石或由于矿石含粘土多,堆浸法需要制粒,而脉冲振动槽浸法不需制粒;③粘土和沉淀物影响不大。实验表明,处理矿石过程中可以产生粘土和沉淀物,并将聚集在矿石床的顶端,这样就提供了一个单独除掉它们的机会,当需要