

吉林某含铜金矿硫代硫酸盐浸金试验研究

林志坚

(珲春紫金矿业有限公司,吉林 珲春 133300)

摘要:吉林某含铜金矿含铜 11% ~ 13%, 含金 30 ~ 50g/t, 由于金部分被黄铜矿等硫化物包裹, 直接氰化浸出, 金的浸出率只有 48.9%。针对矿石性质, 进行了硫代硫酸盐-氨水体系的浸金试验研究, 重点考察了浸出时间、浸出液固比、硫代硫酸盐浓度和氨水浓度等因素对金浸出的影响。结果表明, 在综合条件下浸出 24h, 金浸出率可达 92%。为非氰浸金提供了一种新的思路和工艺, 对类似的含铜金矿中金的回收有重要借鉴意义。后续还要加强对浸出液中金的回收研究。

关键词:硫代硫酸盐; 浸出; 含铜金矿

中图分类号:TD925 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2012)04-0035-04

氰化物提金是一种有效、低成本的成熟技术, 目前国内外大部分矿山仍以氰化法提取黄金。但由于氰化法适应性较窄, 不适于处理含铜、锰、碳、锑、硒、碲的硫化金矿。另外, 氰化物有剧毒, 对环境污染严重。因此, 人们一直在寻找新的无毒、适应性广的浸金剂以取代氰化物。其中硫代硫酸盐以无毒、浸出率高、适应性广而受到重视^[1]。

吉林某含铜金矿含铜 11% ~ 13%, 含金 30 ~ 50g/t, 直接氰化金浸出率仅为 48.9%, 氰化钠耗量大, 约 34kg/t, 且浸出液铜金分离困难。

汤庆国、沈上越考察了硫代硫酸盐浸出某甘肃坪定金矿过程中硫酸铜用量对金浸出率的影响, 结果表明, 金浸出率先随着硫酸铜用量升高而上升, 当硫酸铜用量达到 3.0g 后, 金浸出率又随着硫酸铜用量升高而下降^[2]。

张卿对某含砷难处理金矿进行了硫代硫酸盐浸出试验研究, 结果表明, 铜离子浓度对硫代硫酸盐浸金有明显的影响, 少量铜离子的加入可显著提高金的浸出率, 铜离子浓度在 0.06mol/L 时, 金浸出率达到最大值^[3]。

周国华、李焕然等进行了室温下用氨性硫代硫酸盐从含铜金矿中浸出金的试验, 结果表明, 金的浸

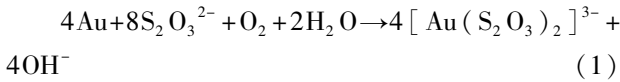
出率起初随着铜离子浓度的增加而增加, 但铜离子浓度大于 0.02M 时, 最终浸出率低于 0.02MCu²⁺ 时金的浸出率^[4]。

本研究对吉林某含铜金矿进行硫代硫酸盐浸金, 利用矿石自身在浸出溶解过程中产生的铜离子, 而不需要从外界加入铜离子, 降低了药剂成本, 在其他浸出试剂的联合作用下, 金浸出率从直接氰化的不到 50% 提交到 92%, 取得了较好的效果。硫代硫酸盐在对含铜金矿中金的回收上有一定优势, 且硫代硫酸盐无毒性、对杂质元素的抗干扰性强, 是一种较好的替代氰化法的浸金工艺。为非氰浸金提供了一种新的思路和工艺, 对类似的含铜金矿中金的回收有重要借鉴意义。

1 反应机理

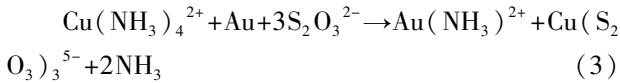
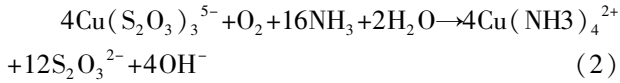
硫代硫酸盐提金是一种新兴的提金工艺, 很多科研工作者进行了大量的研究工作, 但由于硫代硫酸盐的不稳定性、药剂消耗量大、伴随副反应多、工艺要求严格、浸出工艺对矿石针对性强等原因, 至今尚未推广应用。

在碱性或中性硫代硫酸盐溶液中, 有氧存在时, 金的溶解可用以下总反应式表示:



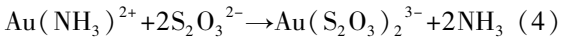
最常用碱液浸出,防止低 pH 下硫代硫酸盐分解,也可使杂质的溶解度降低,特别是铁离子^[5]。

在硫代硫酸根溶液中铜离子对金溶解起催化作用,在温度低于 60℃ 的氨溶液中,铜离子形成了 Cu(NH₃)₄²⁺,使金溶解^[5]:

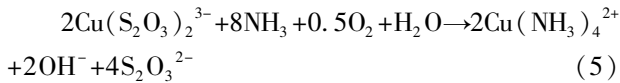


氨的作用:硫代硫酸盐分解产生硫膜会钝化金表面,抑制硫代硫酸盐对金的溶解,如有氨存在,氨优先与硫代硫酸盐吸附在金表面上,使金进入氨络合物溶液中,而不被钝化。在该体系中,氨还起到稳定 Cu(II),防止脉石矿物中的氧化铁、二氧化硅、硅酸盐和碳酸盐溶解的作用^[5]。

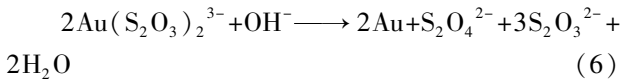
金氨络合物转变为金的硫代硫酸盐络合物:



有氧条件下,一价铜又被氧化,发生的反应为:



pH 值的影响:研究表明,在 pH7.0 ~ 11.2 范围内随浸出时间的增加,金的浸出率也增加。其中以 pH9 ~ 10 时金的浸出速度最快,浸出率也最大。pH > 10 时,不利于反应(1)的进行,另外,当溶液 pH 太高时,S₂O₃²⁻可能作为还原剂将已溶解的金又还原成金属状态^[6]:



另硫代硫酸根在溶液中有系列歧化反应。

2 矿石性质

表 1 含铜金矿化学多元素分析结果/%

Table 1 Chemical analysis results of multi-elements for the copper-bearing gold ore

Au*	Cu	TS	TFe	SiO ₂
39.4	12.24	28.83	28.71	14.76
Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	MgO
5.34	0.77	1.00	0.41	0.81

* 单位为 g/t。

矿石中主要金属矿物为黄铜矿、黄铁矿,金属矿物和石英紧密共生,嵌布粒度不均匀,细粒居多,矿石性质复杂,属多金属含金难处理矿石。该矿石经浮选后得到的铜金精矿,化学多元素分析见表 1。

3 试验研究

浸金试验在 250mL 玻璃锥形瓶中进行,恒速振荡若干时间后过滤,试验所用硫代硫酸钠、硫酸铵、氧化钙、氨水等试剂均为分析纯 (AR)。

3.1 矿石直接氰化浸出试验

试验条件:分别取两份矿样 500g,液固比 2 : 1,用石灰调 pH,试验过程中控制 pH 值 9 ~ 11,NaCN 浓度约 1.5g/L,根据氰化钠消耗情况适时补加,搅拌氰化 72h。浸出结束后过滤,渣和液送检测。试验结果见表 2。

表 2 矿石直接氰化浸出试验结果

Table 2 Test results of direct cyanide leaching

浸出渣			浸出液			浸出率/%	
Au/g · t ⁻¹	Cu/%	渣率/%	Au/mg · L ⁻¹	Cu/g · L ⁻¹	体积/mL	Au	Cu
17.1	11.4	99.62	5.71	2.80	1430	48.90	6.59

从表 2 可以看出,该含铜金矿直接氰化,金的渣液合计浸出率只有 48.9%,说明该矿石中金部分被硫化物包裹,直接氰化难以浸出。

3.2 矿石硫代硫酸盐浸金试验

3.2.1 可浸性探索试验

试验条件:取该铜金矿,液固比为 3 : 1,先用石灰调 pH 值至 9,添加氨水 1mol/L,其他试验条件见表 3,常温下搅拌浸出 24h 后过滤。固液分离后分别送检测,结果见表 3。

表 3 可浸性试验结果

Table 3 Test results of leachability

编号	Na ₂ S ₂ O ₃ /mol · L ⁻¹	温度/℃	试验条件	浸出液		金浸出率/%
				Cu/g · L ⁻¹	Au/mg · L ⁻¹	
1	0.2	常温	摇瓶	1.73	6.15	83.62
2	0.5	常温	摇瓶	1.72	6.98	91.53
3	0.5	常温	摇瓶,封闭	0.38	3.31	52.64
4	0.5	40	四口烧瓶、搅拌	0.01	0.16	27.28

从表 3 可看出:该矿石中的金在硫代硫酸盐-氨水体系中是可浸出的,2#试验在 Na₂S₂O₃用量为 0.

5mol/L,氨水浓度 1mol/L 条件下,浸出 24h 后金浸出率 91.53%;3#试验结果可看出,氧气在该体系反应中起到重要作用,封闭条件下金浸出率较低(只有 53%左右);提高温度对反应无益,40℃ 试验(4#)的水样中作为反应催化剂的铜只有 0.01g/L,金的浸出率仅 27%。

3.2.2 浸出时间对金浸出率的影响

试验条件:铜金矿液固比为 3:1,先用石灰调 pH 值至 9,添加氨水 1mol/L、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.5mol/L,常温下搅拌,浸出结束后过滤。固液分离后分别送检测,结果见图 1。

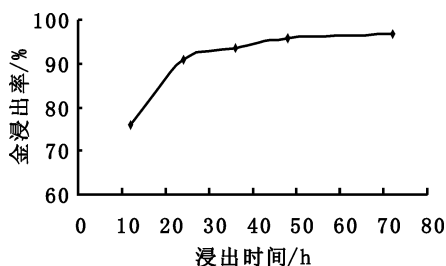


图1 时间对金浸出率的影响

Fig. 1 Influence of time on leaching rate

从图 1 可看出,金浸出率随浸出时间延长而提高,72h 金的浸出率可达 96% 以上,主要浸出阶段为前 24h,延长浸出时间可以获得高的浸出率,但不经济,需通过其他参数的调整提高金的浸出率。

3.2.2 液固比对金浸出率的影响

试验条件:先用石灰调 pH 值至 9,添加氨水 1mol/L、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.5mol/L,常温下搅拌浸出 24h 后过滤。固液分离后分别送检测,结果见图 2。

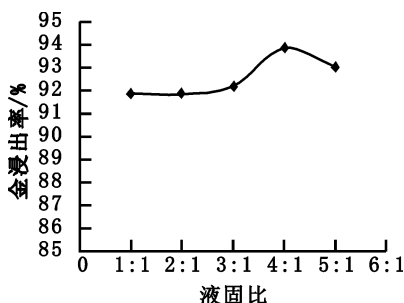


图2 液固比对金浸出率的影响

Fig. 2 Influence of liquid-solid ratio on leaching rate

从图 2 可看出,液固比对金浸出率的影响不大,

液固比从 2:1~5:1 金浸出率最大相差 2%,液固比为 4:1 时金浸出率最高,约 94%,液固比为 2:1 和 3:1 时,浸出率均为 92%,从降低药剂用量、提高处理量方面综合考虑,选择液固比为 2:1。

3.2.3 硫代硫酸盐浓度对金浸出率的影响

试验条件:铜金矿液固比为 2:1,用石灰调 pH 值至 9,添加氨水 1mol/L、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 常温下搅拌浸出 24h 后过滤。固液分离后分别送检测,结果见图 3。

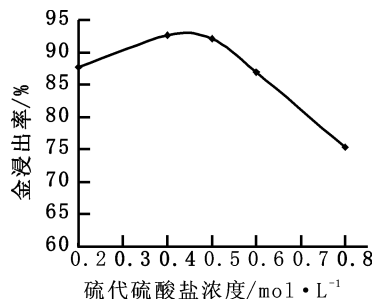


图3 硫代硫酸盐浓度对金浸出率的影响

Fig. 3 Influence of thiosulfate concentration on leaching rate

从图 3 中可以看出,金浸出率随 $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]$ 的升高呈先升高后降低趋势,在 $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]$ 为 0.4~0.5mol/L 时最高,可见继续增加 $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]$ 并不能提高金的浸出率,且增加 $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]$ 会增加药剂用量,因此选定硫代硫酸盐浓度为 0.4mol/L。

3.2.4 氨水浓度对金浸出率的影响

试验条件:铜金矿液固比为 2:1,先用石灰调 pH 值至 9,添加 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.4mol/L 常温下搅拌浸出 24h 后过滤。固液分离后分别送检测,结果见图 4。

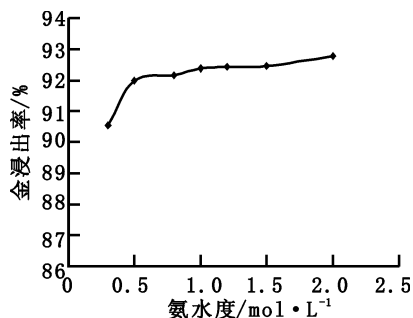


图4 氨水浓度对金浸出率的影响

Fig. 4 Influence of ammonia concentration on leaching rate

从图 4 可以看出,金浸出率受氨浓度影响不大,氨浓度从 0.3mol/L 提高到 2mol/L,金浸出率仅提高约 2%,从图 4 可知氨水浓度为 0.5mol/L 即可满足要求。

3.3 综合条件试验

试验条件:铜金矿液固比为 2 : 1,先用石灰调 pH 值至 9,添加氨水 0.5mol/L、NaS₂O₃ 0.4mol/L,常温下搅拌浸出 24h 后过滤。固液分离后分别送检测,结果见表 4。

表 4 综合条件试验结果

Table 4 Results of synthesis condition test

浸出渣		浸出液				金浸出
Au/g · t ⁻¹	Cu/%	Au/mg · L ⁻¹	Cu/g · L ⁻¹	[S ₂ O ₃ ²⁻]/mol · L ⁻¹	NH ₄ ⁺ /g · L ⁻¹	率/%
3.04	12.16	8.05	1.93	0.41	2.85	92.59

从表 4 来看,渣金品位降至 3.04g/t,金浸出率达 92%,渣铜品位 12.16%,浸出液含铜 1.93g/L,铜在溶液中起到催化剂作用,不会被大量浸出,铜金得到有效分离,为后续铜的回收提供了有利条件。

4 结 论

1. 试验结果表明:吉林某含铜金矿中的金在硫代硫酸盐-氨水体系中是可浸出的,在硫代硫酸钠用量为 0.4mol/L,氨水用量为 0.5mol/L,液固比为 2 : 1,常温条件下摇瓶浸出 24h,金浸出率能稳定在

92% 左右。

2. 氧气在该体系反应中起到了重要作用,相同条件下封闭系统的试验金浸出率较敞开系统的低约 40%,主要原因是铜离子的催化作用受到抑制。

3. 提高反应温度(40℃),矿浆中作为反应催化剂的铜离子浓度太低,不利于金的浸出。

4. 该试验研究为非氰浸金提供一种新的思路和工艺,对类似的含铜金矿中金的回收有重要借鉴意义。后续还要加强对浸出液中金的回收研究。

参考文献:

[1]周国华,李焕然,容庆新. 室温下用氨性硫代硫酸盐从含铜金矿中浸出[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resource, 1999, 10(5): 15-18.

[2]汤庆国,沈上越. 高砷金矿中金的非氰化浸出研究[J]. 矿产综合利用, 2003(2): 16-20.

[3]张卿. 某含砷难处理金矿超声强化浸金试验研究[J]. 矿产综合利用, 2010(4): 12-14.

[4]周国华,李焕然,等. 室温下用氨性硫代硫酸盐从含铜金矿中浸出金[J]. 矿产综合利用, 1999(5): 15-18.

[5]M · G · 艾尔莫尔,等. 金的硫代硫酸盐浸出法评述[J]. 国外金属矿选矿, 2001(5): 2-19.

[6]C · A · 费勒明,等. 代替氰化法的硫代硫酸盐浸出法和树脂浆法研究的进展[J]. 国外金属矿选矿, 2003(12): 4-18.

Recovery of Gold from a Copper-bearing Gold Ore by Thiosulfate Leaching in Jilin

LIN Zhi-jian

(Hunchun Zijin Mining Industry Co., Ltd., Hunchun, Jilin, China)

Abstract: Jilin copper-bearing gold mine contains 11% ~ 13% copper, 30 ~ 50g/t gold. Since the gold is partially wrapped by chalcopyrite and other sulfides, the gold leaching rate is only 48.9% by direct cyanide leaching. Directed at the ore properties, research on gold leaching by the thiosulfate - ammonia system was carried on, focusing on the influence of leaching time, liquid-solid ratio, thiosulfate concentration and ammonia concentration on the leaching rate. The results showed that the leaching rate could reach 92% by leaching for 24 hours under the synthesis condition. This paper provides new ideas and technology for non-cyanide leaching. Meanwhile, it gives important reference to this kind of ore. Of course, the research on the recovery of gold in the leaching liquid should be enhanced.

Key words: Thiosulfate leaching; Gold; Copper-bearing gold ore