维普资讯 http://www.cqvip.com

环境·健康·安全

二氧化氯浸出复杂硫化金精矿的实验研究

任永刚,马彩莲,李东亮,刘云颖,胡英鹏
(西安建筑科技大学理学院,陕西西安 710055)

摘 要:以二氧化氯-氯化钠-水作为浸出剂,对焙烧后的复杂硫化金精矿进行了系统的浸出实验。给出了浸出金的较佳条件:时间6 h,液固质量比2.5∶1,pH=2,氯化钠浓度1.0 mol/L,温度50 ℃。按照较佳条件进行验证性实验,金的浸出率可达97.3%。研究表明,用二氧化氯浸金具有浸出率高、速度快、适用面广、对环境友好的特点。该工艺为复杂硫化金精矿的综合回收利用提供了新的途径。

关键词:二氧化氯;复杂硫化金精矿;非氰浸金
中图分类号:TQ124.43 **文献标识码**:A **文章编号**:1006-4990(2006)06-0046-03

Research on leaching gold from complicated gold sulphide concentrate with ClO_2

Ren Yonggang, Ma Cailian, Li Dongliang, Liu Yunying, Hu Yingpeng
(*School of Science, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Shaanxi Xi'an* 710055, *China*)

Abstract: The experiments of leaching gold from roasted complicated gold sulphide concentrate using ClO_2-Cl^--H_2O as leaching agent were carried out. The optimum leaching conditions were as follows: leaching time 6 h, pH 2, temperature 50 ℃, sodium chlorine concentration 1.0 mol/L and ratio of liquid to solid 2.5∶1. The experimental results under the optimum conditions showed that the extraction percentage of gold can reach to 97.3%. The technology of leaching gold with chlorine dioxide has the characteristics of high leaching ratio, high leaching velocity, wide application and environmental benignancy. The technology provides a new approach for comprehensive use of complex gold sulphide concentrate.

Key words: chlorine dioxide; complicated gold sulphide concentrate; non-cyanide leaching gold

目前氰化法依然是应用最为广泛的提取金的技术,然而由于氰化物属于剧毒物质,被越来越多的区域禁止应用。从经济效益和提金的效果看,氯化法是取代氰化法的一种较好方法。当前氯化法改进研究的趋势之一是寻求代替氯气的环保型氧化剂。二氧化氯的活性氯为氯气的2.5倍,在水溶液中的溶解度为氯气的5倍,由此可推知用其代替氯气提金效果可望更好,且不存在氯气与某些有机物生成致癌物质的缺点[1]。本实验用二氧化氯处理复杂的多金属硫化金精矿。

1 矿石性质

实验选用陕西陈耳浮选金精矿。原矿石属硫化物多金属石英脉金矿石,矿石中金以自然金、银金矿形式存在,以自然金为主;硫化物以黄铁矿为主,其次为方铅矿、黄铜矿;脉石以石英为主。矿石中金的赋存状态主要为包于黄铁矿中的包体金、产于黄铁矿裂隙中的裂隙金和产于黄铁矿粒间的粒间金,嵌布粒度以粗、中粒金为主(37~295 μm, w=60.3%),细粒金次之(10~37 μm, w=38.36%)。混合浮选金精矿粒度≤75 μm, w=76.3%。该金精矿多元素分析结果见表1。

表1 陈耳金精矿多元素分析结果

w(Au)/%	w(Ag)/%	w(Cu)/%	w(Pb)/%	w(Zn)/%
0.002 806	0.044 078	1.91	12.92	0.09
w(S)/%	w(As)/%	w(MgO)/%	w(Al_2O_3)/%	
41.11	0.011	1.64	1.28	

多元素分析结果表明:1)该金精矿成分复杂,除含金外,还含有金属银、铜、铅等,属典型复杂硫化

维普资讯 http://www.cqvip.com

矿;2)金精矿中硫、铜质量分数很高,对氰化法浸金工艺来说属典型难处理金矿[2]。

2　浸出实验

2.1　主要实验设备及药品

RXL－16/12/30 型马弗炉、CS501 型超级恒温水浴锅、TAS－990 型原子吸收分光光度计、ORP－504 型氧化还原电位计。$NaClO_3$(工业级)、H_2O_2(分析纯,w =30%)、H_2SO_4(2.5 mol/L,实验室自制)、NaCl(分析纯)、盐酸(分析纯)、NaOH(分析纯)。

2.2　实验原料制备

金精矿中硫的质量分数高,并且有相当一部分金包于黄铁矿中,因此需进行焙烧预处理,一方面脱硫,从而避免硫大量消耗浸出氧化剂 ClO_2;另一方面使黄铁矿变成多孔的氧化物,以便 ClO_2－Cl^- 溶液能够渗入焙砂,从而有效浸出所含的金。

实验中,将金精矿粉于瓷舟中铺一疏松薄层,在马弗炉中于 40 min 左右升温至 650 ℃,保持温度焙烧 1.5 h,期间每隔 0.5 h 打开炉门鼓入一次空气,以得到深褐色理想的烧结料。焙砂产率为76.92%,其中硫质量分数降为 3.19%,堆积体积增加 1 倍。

二氧化氯宜于现场制备,因此浸出实验均采用 ClO_2 气体直接通入法,金的浸出率比使用二氧化氯水溶液法高出 50%。

2.3　实验方法

将 $NaClO_3$ 配成一定浓度的水溶液倒入锥形瓶中,加入一定量 H_2O_2,用装有球形漏斗和导气管的橡皮塞封好瓶口后置于水浴锅中;称取 10 g 焙砂倒入大试管中,以 NaCl 调节 Cl^- 浓度、HCl 调节酸度、去离子水调节液固质量比,用装有进、出气玻管的橡皮塞封口,置于另一水浴锅中;将 2.5 mol/L 的 H_2SO_4 倒入球形漏斗中;将一定浓度的 NaOH 倒入另一锥形瓶中用于吸收未反应的 ClO_2 尾气。调节水浴温度,用滴加 2.5 mol/L H_2SO_4 的量和滴加时间来控制 ClO_2 的产气速度和浸出时间。

3　结果与讨论

3.1　NaCl 用量对金浸出率的影响

实验条件:pH =1,温度 50 ℃,液固质量比3:1,浸出时间 12 h。实验结果见图 1。由图 1 可知,不加 NaCl,也能够浸出一部分金,但浸出率不高;加入 NaCl 后随着 Cl^- 的增加,金的浸出率增加;当 $c(Cl^-)$ > 1.0 mol/L 时,随着 Cl^- 的增加,金的浸出率反而降低。其原因是矿浆中的多种金属发生诸多副反应的结果。由实验确定:NaCl 的加入量为 1.0 mol/L时浸金效果最佳。

3.2　酸度对金浸出率的影响

实验条件:$c(Cl^-)$ = 1.0 mol/L,温度 50 ℃,液固质量比 3:1,浸出时间 12 h。实验结果见图 2。pH =2 时,金的浸出率最高;pH <2 和 pH >2 时,金的浸出率都较低。ClO_2 的氧化能力随着酸度的增大而增大,然而 pH <2 时,金的浸出率反而降低,这同样是矿浆中多种金属发生诸多副反应的结果。

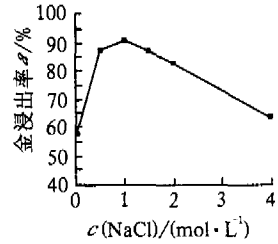


图 1　NaCl 用量对金浸出率的影响

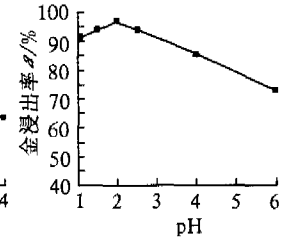


图 2　酸度对金浸出率的影响

3.3　温度对金浸出率的影响

实验条件:$c(Cl^-)$ = 1.0 mol/L, pH =2,液固质量比 3:1,浸出时间 12 h。实验结果见图 3。随着温度的升高,金的浸出率增加;但是在 50 ℃以上时,随着温度的升高,金的浸出率不再增加,而温度超过 60 ℃时金的浸出率开始下降。其原因是随着温度的升高,ClO_2 在水溶液中的溶解度降低,另一方面也与矿浆中的多种金属发生副反应有关。浸出温度高会加大药剂耗费量,增加能耗成本。由实验确定 50 ℃为最佳浸出温度。

3.4　液固质量比对金浸出率的影响

实验条件:$c(Cl^-)$ = 1.0 mol/L, pH =2,温度 50 ℃,浸出时间 12 h。实验结果见图 4。随着液固质量比的增大,金的浸出率增加。液固质量比增大,矿浆粘度降低,利于 ClO_2 和反应产物的扩散,所以金的浸出率持续增加,但增大液固质量比,会增加设

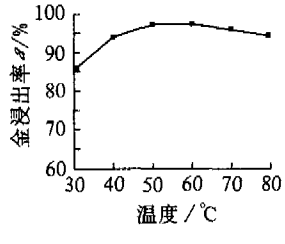


图 3　温度对金浸出率的影响

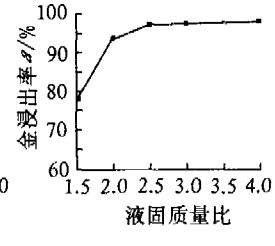


图 4　液固质量比对金浸出率的影响

维普资讯 http://www.cqvip.com

备投资。由图4可知液固质量比大于2.5时,金的浸出率增加不大。由实验确定2.5为最佳浸出液固质量比。

3.5 反应时间对金浸出率的影响

实验条件:$c(Cl^-)$ = 1.0 mol/L,pH=2,温度50 ℃,液固质量比2.5∶1。实验结果见图5。随着时间的延长,金的浸出率不断增加。浸出的主要阶段为0~4 h,金的浸出率大幅度增加,4 h之后金浸出率的增加幅度变小,6 h之后金的浸出率只是略有增加。浸出时间短是使用 ClO_2-Cl^- 浸金的一个突出优势,这主要是因为该浸金体系能够保持较高的体系电位,在2~6 h内测定的体系电位始终保持在1.085 V以上。确定6 h为最佳浸出时间。

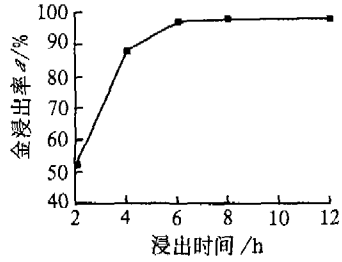


图5 反应时间对金浸出率的影响

3.6 多金属存在对金浸出率的影响

在金的浸出过程中,有沉淀生成会造成不利影响。一方面沉淀对金形成包裹阻碍金的浸出,另一方面新生成的沉淀吸附已经浸出的金将其带入浸渣。在实验中可能生成的沉淀主要是 $PbCl_2$ 和AgCl。焙砂中含有高质量分数的铅,在降低pH、增大 Cl^- 浓度,以及升高温度情况下都会有更多的铅从矿石中浸出[3],因而在浸出反应结束冷却的过程中就会有更多的 $PbCl_2$ 沉淀。这就是在几个单因素实验中金的浸出率出现异常[$c(Cl^-)>1.0$ mol/L、pH<2、温度高于50 ℃时金的浸出率不升反降]的主要原因。增加 Cl^- 浓度以及升高温度情况下银也会产生相似的影响[4],只不过因其质量分数小影响较弱。$c(Cl^-)>1.0$ mol/L、体系电势>0.8 V、pH<4的条件下,铜主要以 Cu^+,Cu^{2+} 的氯配合物形式存在于溶液中[2],因此在实验条件下铜不影响金的浸出。

3.7 最佳浸出条件的验证实验

单因素条件实验确定了二氧化氯通气浸出金的较佳条件:浸出时间6 h,液固质量比2.5∶1,pH=2,$c(NaCl)$ = 1.0 mol/L,浸出温度50 ℃。在此条件下,进行4个平行实验,4个验证实验金的浸出率相差不大,平均为97.3%。

3.8 浸出的选择性

原金精矿中Ag,Cu,Pb的质量分数都很高,都有回收价值[5]。在金的最佳浸出条件实验下,Ag,Cu,Pb的浸出率及浸出的选择性见表2。由表2可知,以 ClO_2-Cl^- 浸金对Ag和Pb具有良好的选择性,浸渣可以继续用来回收Ag和Pb;对Cu的选择性较差,但可以利用萃取法分离回收,相对于预先浸出铜或在浸渣中回收铜并不显劣势。

表2 Ag,Cu,Pb的浸出率及浸出的选择性

有价金属	浸出率 a/%	选择性系数 $\beta(\beta = a_{Me}/a_{Au})$
Au	97.30	—
Ag	3.20	0.03
Cu	95.72	0.98
Pb	7.29	0.07

4 结论

1)使用 $ClO_2-Cl^--H_2O$ 浸出焙烧后的复杂硫化金精矿,金的浸出率高,速度快。而用常规氰化法较难处理该矿[4]。

2)实验确定的较佳条件为:浸出温度50 ℃、NaCl浓度1.0 mol/L、酸度pH=2、液固质量比2.5∶1,浸出时间6 h。在该条件下金的浸出率可达97.3%。

3)使用 $ClO_2-Cl^--H_2O$ 浸出焙烧后的复杂硫化金精矿,Ag和Pb的浸出率低,可以在浸渣中回收;Cu的浸出率高,可以在浸出液中回收。因此可以实现各种有价金属的综合回收利用。

4)使用 $ClO_2-Cl^--H_2O$ 浸出焙烧后的复杂硫化金精矿对环境友好,可以成为有发展前景的绿色浸金工艺。

参考文献:

[1] 黄君礼.新型水处理剂——二氧化氯技术及其应用[M].北京:化学工业出版社,2002:13-15.

[2] 姜涛.提金化学[M].长沙:湖南科学技术出版社,1998:249-272.

[3] 杨显万,邱定蕃.湿法冶金[M].北京:冶金工业出版社,1998:119-127.

[4] 卢宜源,宾万达.贵金属冶金学[M].长沙:中南大学出版社,2004:192.

收稿日期:2006-01-30

作者简介:任永刚(1973—),男,在读硕士研究生,主要从事应用化学研究。

联系方式:ryg3000@tom.com