

含金硫酸渣硫酸盐化焙烧-氯化浸金研究

尤大海¹, 张亚辉^{1*}, 隆 岗², 涂 博¹, 黄俊玮¹

(1. 武汉理工大学 资源与环境工程学院, 武汉 430070; 2. 中矿金业有限公司, 山东 招远 265401)

摘 要: 针对难处理含金硫酸渣进行了硫酸盐化焙烧-氯化(氯酸钠-氯盐)浸出试验研究, 考察了氯酸钠用量、氯化钠用量、液固比、浸出时间、浸出温度、焙烧预处理等因素对金浸出率的影响。研究表明, 在优化的试验条件: 氯化钠用量为 80 kg/t, 氯酸钠 100 kg/t, 反应温度 80℃, 液固比为 3, 反应时间为 4 h 下, 处理该含金硫酸渣可以得到 91.44% 的金浸出率。

关键词: 冶金技术; 含金硫酸渣; 氯盐浸出; 浸出率

中图分类号: TF831 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2014)01-0019-04

Processing of Gold-containing Slag from Sulfuric Acid Production Using Sulfatizing Roasting Followed by Chlorine Leaching

YOU Dahai¹, ZHANG Yahui^{1*}, LONG Gang², TU Bo¹, HUANG Junwei¹

(1. College of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2. Zhongkuang Gold Industry Co. Ltd., Zhaoyuan 265401, Shandong, China)

Abstract: Sulfatizing roasting and chlorine leaching of refractory gold-containing slag from sulfuric acid production have been investigated. The effects of sodium chlorate dosage, sodium chloride dosage, liquid-solid ratio, leaching time, reaction temperature and pretreatment condition on leaching recovery of gold have been studied. The results show that the leaching rate can reach as high as 91.44% under the optimum conditions that the addition of NaClO₃ is 100 kg/t, the addition of NaCl is 80 kg/t, the liquid-solid ratio is 3, the leaching temperature is 80℃ and the leaching time is 4.0 h.

Key words: metallurgy; gold-containing slag from sulfuric acid production; chlorine leaching; leaching rate

硫酸渣又称黄铁矿烘渣或烧渣, 是黄铁矿制造硫酸或亚硫酸过程中排出的工业渣, 其中铁含量较高, 一般都在 30% 以上, 有时还含有一定量的贵金属金、银。据统计, 2008 年硫酸产量达到 6000 万吨, 以硫铁矿制酸产量达到 1760 万吨。现有的生产技术, 每生产 1 t 硫酸将产 0.8~0.9 t 的硫酸渣^[1-2]。有效利用含金硫酸渣不仅能达到资源综合回收的目的, 而且变废为宝, 扩大了可利用金资源的范围, 增加企业的经济效益, 减少对环境的污染。硫酸渣结构复杂, 含铁矿物与脉石矿物相互浸染和填充,

金被铁氧化物或硫化矿包裹, 致使金难以与浸出药剂接触, 使用一般浸出方法回收率低^[3-4]。经过试验探索, 采用常规氰化浸出、硫脲浸出、氯化浸出等直接浸出方法处理取自湖南某含金硫酸渣, 金的浸出率很低, 均小于 25%。为此, 研究了先对该硫酸渣进行硫酸盐化焙烧预处理, 使金充分分解离裸露, 再对焙砂采用氯酸钠-氯化钠浸出的新工艺, 取得了较好的浸出效果。本文主要考察了氯酸钠用量、氯化钠用量、液固比、浸出温度、浸出时间等浸出条件对金浸出率的影响。

收稿日期: 2013-08-17

第一作者: 尤大海, 男, 硕士研究生, 研究方向: 金属矿选矿。E-mail: ydh0015@126.com

*通讯作者: 张亚辉, 男, 博士生导师, 教授, 研究方向: 金属矿选矿、材料化学。E-mail: yahui.zhang@whut.edu.cn

1 材料与方法

1.1 试验原料

试验所用的含金硫酸渣为取自湖南某硫酸厂的制酸排渣,呈深红色。通过筛分分析发现,该硫酸渣粒度较细,−0.074 mm 含量占 91%。将原矿晒干、混匀、缩分、装袋处理,制备 50 克/袋样品,供后续浸出试验用。硫酸渣多元素分析结果列于表 1。

表 1 硫酸渣样的化学多元素分析结果

Tab.1 Chemical components of slag sample

成分	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S
含量/%	40.36	26.95	4.62	1.39	0.82	0.73
成分	C	Cu	TiO ₂	K	Au*	—
含量/%	0.40	0.085	0.66	1.12	16.23	—

*Au 的含量单位为 g/t。

由表 1 可知,硫酸渣中金含量为 16.23 g/t,经济价值较高,主要脉石矿物为赤铁矿、磁铁矿、石英和硅铝酸盐等。由于焙烧过程中大部分金被铁氧化物及脉石矿物包裹,无法与浸出药剂直接接触,采用常规直接浸出方法难以处理。

1.2 试验方法

图 1 为采用的硫酸盐化焙烧-氯盐浸出流程图。

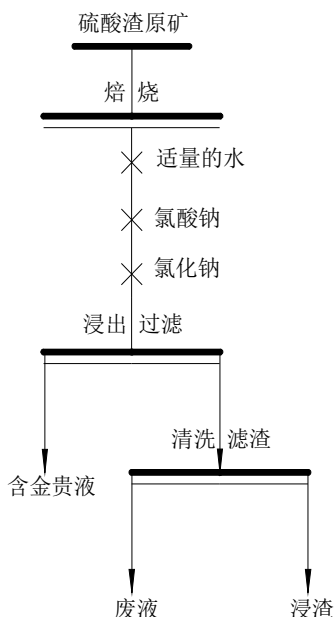


图 1 硫酸盐化焙烧-氯盐浸出流程

Fig.1 The flowsheet for sulfatizing roasting and chlorine leaching

采用单因素试验法进行浸出试验,主要考察了氯酸钠用量、氯化钠用量、液固比、浸出时间、浸出温度、焙烧预处理等因素对金浸出效果的影响。每次取 50 g 硫酸渣,经过硫酸盐化焙烧,将焙烧产物倒入烧杯中,按一定的液固比调浆。加入氯化钠、氯酸钠搅拌浸出,一定时间后取出,过滤、洗涤,浸渣烘干、取样化验分析,计算金浸出率 η :

$$\eta = [1 - (m_2 \times \alpha) / (m_1 \times \beta)] \times 100\%$$

式中: η 为金浸出率, %; m_1 为浸出试样质量, g; m_2 为浸出渣质量, g; α 为试样中金的品位, g/t; β 为浸出渣中金的品位, g/t。

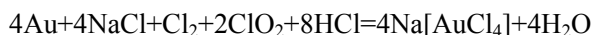
2 试验结果与讨论

对硫酸渣进行直接浸出试验研究,在氯酸钠用量为 150 kg/t,氯化钠用量 150 kg/t,液固比 4:1,浸出温度 80℃,浸出时间 4 h,浸出渣金品位为 14.7 g/t 条件下,金浸出率仅为 14.14%。说明此含金硫酸渣为难处理含金矿物,需要进行预处理以提高其浸出率。

经过试验探索,硫酸渣在温度 600℃,浓硫酸用量 870 L/t(配成 60%(V/V)浓度添加),焙烧促进剂 RS-1 用量 50 kg/t,焙烧时间 2 h 的条件下硫酸盐化焙烧,可达到较理想的预处理效果。对影响氯化浸出的主要条件氯酸钠用量、氯化钠用量、反应温度、液固比、反应时间等进行系统试验研究。

2.1 氯酸钠用量对金浸出率的影响

硫酸渣中的金主要以自然金形式存在,为了实现金的有效溶浸,首先必须将 0 价的金属金氧化为离子金,然后通过络合剂浸出,形成水溶液中稳定的金离子络合物。氯酸钠-氯盐酸性体系与金的反应可用以下公式表示:



本研究采用氯酸钠做氧化剂,氯离子做金的络合剂。在氯化钠用量 80 kg/t,反应温度 60℃,液固比 4:1,反应时间 3 h 条件下,考察氯酸钠用量对金浸出率的影响,试验结果示于图 2。由图 2 可以看出,金的浸出率随着氯酸钠用量的增加而升高。在氯酸钠用量为零时,金的浸出率很低(小于 20%)。添加氯酸钠后,金浸出率迅速提高。当氯酸钠用量达到 100 kg/t 时,浸出率达到 90.19%,在氯酸钠用量为 133 kg/t 时,浸出率为 90.32%,仅仅增加 0.13%。氯酸钠用量继续增加时,金浸出率缓慢下降。因此

试验选择氯酸钠用量 100 kg/t 为最佳用量, 开展后续试验。

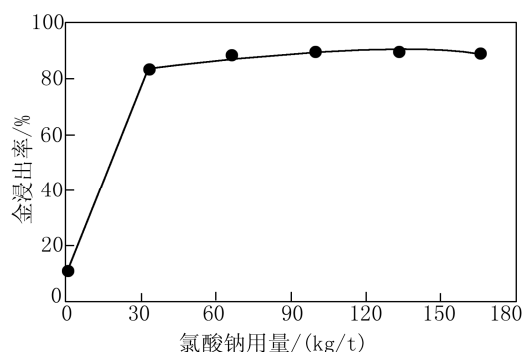


图 2 氯酸钠用量与金浸出率关系

Fig.2 The relationship between the amount of NaClO_3 and gold leaching rate

2.2 氯化钠用量对金浸出率的影响

在氯酸钠用量为 100 kg/t, 其余与 2.1 条件相同, 考察氯化钠用量对金浸出率影响, 结果见图 3。

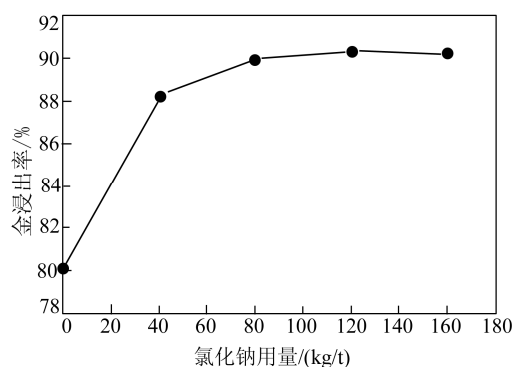


图 3 氯化钠用量与金浸出率的关系

Fig.3 The relationship between the amount of NaCl and gold leaching rate

由图 3 可以看出, 不加氯化钠时, 浸出率为 80.05%。氯化钠的添加对浸出过程有明显的促进作用, 促进 AuCl_4^- 的形成, 有利于浸出反应的发生^[5-6]。当氯化钠用量达到 80 kg/t 时, 金浸出率达到 90.33%。继续增加氯化钠用量到 120 kg/t 金浸出率增加很少, 之后缓慢下降。综合考虑试验氯化钠用量选择 80 kg/t 为宜。

2.3 反应温度对金浸出率的影响

氯化钠用量为 80 kg/t, 其余条件与 2.2 相同, 考察反应温度对金浸出率的影响, 结果见图 4。由图 4 可以看出, 浸出温度 90℃之前, 随着温度的升

高, 金浸出率逐步上升, 80℃和 90℃条件下金浸出率仅相差 0.12%。考虑到提高温度的成本问题, 选择 80℃为试验温度, 金浸出率达到 90.72%。

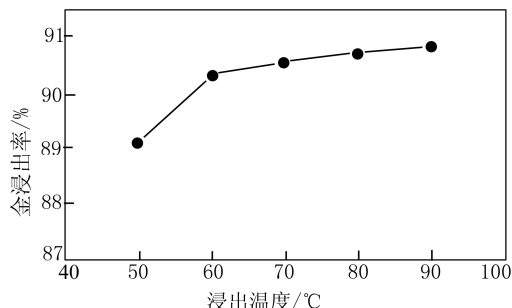


图 4 浸出温度与金浸出率的关系

Fig.4 The relationship between the temperature and gold leaching rate

2.4 浸出液固比对金浸出率的影响

在浸出过程中, 液固比的大小对矿浆中药剂离子的扩散速度有很大的影响, 而且影响其它离子的浓度。反应温度 80℃, 其余条件与 2.3 相同, 考察液固比对金浸出率的影响, 结果见图 5。

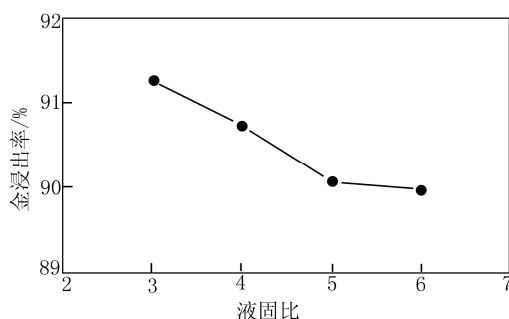


图 5 液固比与金浸出率的关系

Fig.5 The relationship between the liquid-solid ratio and gold leaching rate

由图 5 可见, 液固比为 3:1 的时候矿浆浓度太高, 矿浆流动性差, 导致搅拌过程不能顺利地进行。当液固比在 3:1 以上时, 随着液固比的增大, 金浸出率逐渐降低。这是因为液固比的增大降低了氧化剂和络合离子浓度。液固比为 3:1 时, 浸出效果较好, 金浸出率为 91.25%。

2.5 反应时间对金浸出率的影响

浸出时间的长短对浸出率有较大的影响。在液固比为 3:1, 其余条件与 2.4 相同的条件下, 反应时间对金浸出率影响的试验结果示于图 6。

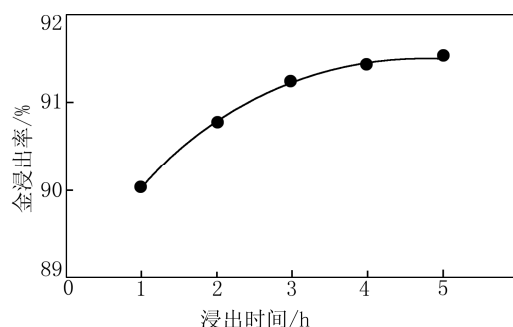


图 6 浸出时间与金浸出率的关系

Fig.6 The relationship between the time and gold leaching rate

由图 6 可知,随着浸出时间增加,金浸出率不断升高。4 h 之后金的浸出率上升趋于平缓,说明反应已接近完成。4 h 和 5 h 的浸出率相差仅为 0.08%。考虑生产效率,选择 4 h 为最优浸出时间,在此条件下得到的金浸出率为 91.44%。

3 结语

硫酸渣结构复杂,含铁矿物与脉石矿物相互浸染和填充,金被铁氧化物或硫化矿包裹,致使金难以与浸出药剂接触,使用一般浸出方法回收率低。采用硫酸盐化焙烧预处理,可得到多孔、渗透性好的焙砂,利于浸出作业。

矿石经过 2 h 的硫酸盐化焙烧预处理,在氯化钠用量为 80 kg/t,氯酸钠 100 kg/t,反应温度 80℃,液固比为 3,反应时间为 4 h 时可得到 91.44% 的金浸出率。

硫酸盐化焙烧-氯化浸出工艺是从含金硫酸渣中回收利用金的有效方法,并且金的浸出率较高。

参考文献:

- [1] 朱昌洛,沈明伟.高砷高硫硫酸渣综合利用探索性试验[J].云南冶金,2011,40(2):38-40.
Zhu C, Sheng M. Trial test of comprehensive utilization for one high -sulfur and high arsenic sulfuric-acid residue[J]. Yunnan Metallurgy, 2011, 40(2): 38-40.
- [2] 李宇亮,关卫省,石旭东,等.黄铁矿烧渣中金银资源利用进展[J].应用化工,2009,38(11):1671-1674.
Li Y, Guan W, Shi X, et al. Research advances in the reclamation of gold and silver from pyrite slag[J]. Applied Chemical Industry, 2009, 38(11): 1671-1674.
- [3] 薛光.加氯化钠焙烧提高含铜金精矿中金-银-铜浸出率的试验研究[J].黄金,2002,13(12):32-35.
Xue G. Experimental study on raising leaching rates of gold, silver, copper from copper-bearing gold concentrate by putting some sodium chloride in the sample during the roast[J]. Gold, 2002, 13(12): 32-35.
- [4] 蒋伟锋.硫酸烧渣综合利用及新途径探析[J].中国资源综合利用,2004(5):23-25.
- [5] 徐家振,符岩,金哲男,等.氯酸钠氯化提金的研究[J].材料与冶金学报,2002,1(1):77-80.
Xu J, Fu Y, Jin Z, et al. Study on chlorination gold recovery with sodium chlorate from silver positive mud[J]. Journal of Materials and Metallurgy, 2002, 1(1): 77-80.
- [6] 刘庆杰,胡渊明,赵长富.氯酸钠浸金试验及应用[J].世界有色金属,2003(10):31-34.
Liu Q, Hu Y, Zhao C. Experiments and practicality of leaching of gold using sodium chlorate[J]. World Nonferrous Metals, 2003(10): 31-34.