

焙烧预处理过程中硫的转化对浸金的影响

唐道文, 高 鹏, 陈 亮, 周 姣, 刘宪超, 燕 璞

(贵州大学 材料与冶金学院, 贵州省冶金工程与过程节能重点实验室, 贵阳 550025)

摘 要:以贵州某卡林型金矿为研究对象, 采用 XRD、化学分析等方法, 探索了焙烧预处理过程中焙烧温度、焙烧时间对硫转化率与金浸出率之间相互影响规律。结果表明, 在 700℃ 温度下, 焙烧 1.5~2 h, 可以充分打开金的硫化物包裹, 浸出率近 90%; 硫转化率由 83.01% 升高至 91.02%, 金浸出率与硫转化率基本呈线性正相关关系, 相关系数 $r=0.93517$ 。

关键词:有色金属冶金; 卡林型金矿; 硫转化率; 浸金率; 焙烧预处理

中图分类号: TF831 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2016)04-0063-03

The Influence of Desulfurization on Gold Leaching in the Process of Roasting Pretreatment

TANG Daowen, GAO Peng, CHEN Liang, ZHOU Jiao, LIU Xianchao, YAN Pu

(Guizhou Province Key Laboratory of Metallurgical Engineering and Process Energy Saving,

School of Material and Metallurgy, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Influence of roasting temperature and roasting time on the rate of desulfurization and gold leaching from a certain Carlin-type gold deposit located in Guizhou was investigated by using XRD and chemical analysis, and the relationship between the desulfurization and gold leaching was also explored. The results shows the roasting at 700℃ for 1.5~2 hours destroyed gold-bearing sulfides sufficiently, making the rate of gold leaching in the followed step reach nearly 90% and the rate of desulfurization rise to 91.02% from 83.01%. The rate of gold leaching exhibited positive correlation to that of desulfurization with a correlation coefficient r of 0.93517.

Key words: nonferrous metallurgy; Carlin-type gold deposit; the rate of desulfurization; the rate of gold leaching; roasting pretreatment

近年来, 随着各界对卡林型金矿的日益关注, 研究发现焙烧预处理可高效解离黄铁矿、毒砂对金的包裹^[1], 提高金的浸出率。虽然人们做了大量的工艺研究, 但对硫转化与浸金的相互影响研究却鲜见报道。以贵州某难浸金矿为原料, 采用氧化焙烧预处理处理此类金矿, 研究焙烧时间、焙烧温度对硫转化率与金浸出率的影响^[2], 探究了卡林型金矿脱硫率与浸金的关系。获得了一定的共性规律。

1 实验部分

1.1 实验物料

本实验主要研究对象取自贵州紫金矿业的金矿

石, 经化学分析检测, 该难浸金矿石中的主要化学成分见表 1 所示。

表 1 原矿的主要化学组成

Tab.1 Main chemical composition of the ore							/%
成分	Al ₂ O ₃	Pb	S	Fe	Sb	C	Au
含量	<0.01	<0.05	3.15	2.99	0.099	9.46	13.96 g/t
成分	Mn	Cu	SiO ₂	CaO	MgO	As	其他
含量	0.15	0.0016	8.78	24.6	13.9	0.14	>36.67

对矿样进行 X 射线衍射分析, 图 1 为所得图谱。由图 1 可见, 原矿中主要包括的物相为黄铁矿 (FeS₂)、二氧化硅 (SiO₂)、白云石 CaMg(CO₃)₂。其

收稿日期: 2016-04-08

基金项目: 贵州省科学技术基金(黔科合 J 字[2010]2003)。

第一作者: 唐道文, 男, 教授, 研究方向: 冶金环保。E-mail: tangdaowen@ sina. com

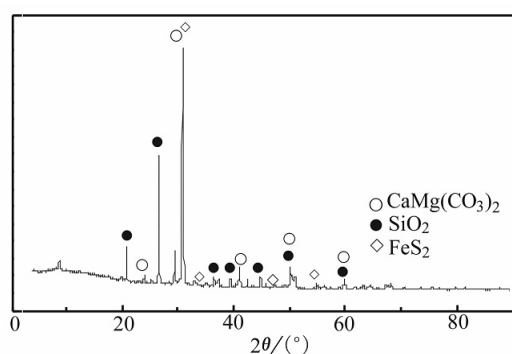


图 1 原矿的 X 射线衍射能谱图

Fig.1 X-ray diffraction diagram of the ore

中金主要赋存在硫化物中, 部分赋存在碳酸盐、硅酸盐矿物中^[3]。

1.2 实验方法

矿石破碎筛分至 $-74\ \mu\text{m}$ 粒级占 91.26%。再采用 SRJX-4-1 式高温电阻炉焙烧预处理, 然后氰化浸出。采用硫代米蚩酮(TMK)分光光度法测定金的含量^[4], 重量法测定硫与硫酸盐的含量^[5]。

每组实验取原矿 80 g, 进行不同条件的焙烧预处理, 然后进行氰化浸出, 浸出条件为: 液固比 3:1, 氰化钾用量 1 kg/t, pH=11, 常温下磁力搅拌浸出 24 h^[6]。其中硫转化率为气化脱硫与转化为硫酸盐型硫的和在总硫量中的比例。

2 实验结果与讨论

2.1 焙烧温度对硫转化率与金浸出率的影响

固定焙烧时间为 90 min, 改变焙烧温度, 对所得焙砂进行氰化浸出, 结果如图 2 所示。

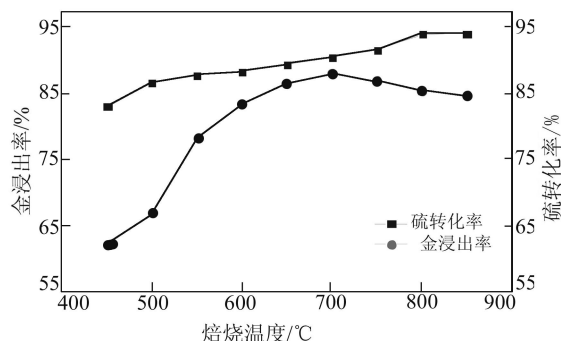


图 2 焙烧温度对硫转化率及金浸出率的影响

Fig.2 Effect of calcination temperature on the rate of sulfur conversion and gold leaching

由图 2 可知, 当温度由 450°C 升高至 700°C 时,

硫转化率与金浸出率都随之升高。 700°C 时, 金浸出率达到峰值 88.06%, 此时硫的转化率为 90.45%。这是由于包裹金的黄铁矿、毒砂的分解温度在 498°C 左右^[7-8], 焙烧温度较低时, 大部分包裹物达不到分解温度, 硫转化率很低。随着焙烧温度的升高, 达到了包裹物的分解温度, 包裹物完全被氧化分解打开, 使金裸露出来与浸出液接触, 因此硫转化率与金浸出率逐渐上升。

但当温度超过 700°C 后, 金浸出率反而下降。其原因在于, 焙烧温度超过 700°C 后, 金属硫化物随着焙烧温度的升高被氧化分解的越彻底, 且生成更多的硫酸盐, 硫转化率一直保持增加的趋势。但温度过高, 焙砂出现过烧, 重新形成二次包裹, 金会被包裹在焙烧形成的不透性物相中, 导致金的浸出率降低。因此, 合适的焙烧温度为 700°C 。

2.2 焙烧时间对硫转化率与金浸出率的影响

固定焙烧温度 700°C ^[7], 焙烧不同时间, 对所得焙砂进行氰化浸出, 结果如图 3 所示。

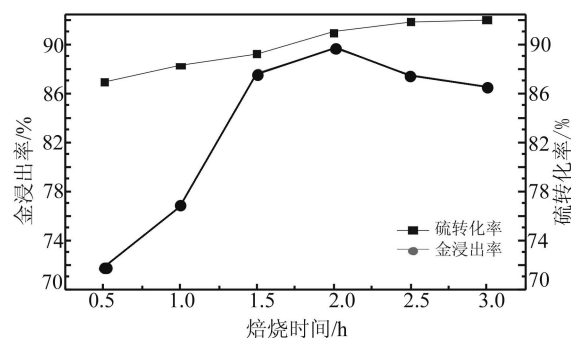


图 3 焙烧时间对硫转化率及金浸出率的影响

Fig.3 Effect of calcination time on the rate of sulfur conversion and leaching gold

由图 3 可知, 当焙烧时间由 0.5 h 延长至 2 h 时, 硫转化率与金浸出率都随之升高。焙烧时间为 2 h 时, 金浸出率达到峰值 89.64%, 此时硫的转化率为 91.01%。但当时间超过 2 h 后, 金浸出率反而下降。这是由于焙烧时间较短, 大部分包裹金的黄铁矿、毒砂来不及氧化分解, 使大部分金还处于包裹之下, 不能与浸出液接触, 所以硫转化率及金的浸出率相对较低。随着焙烧时间逐渐延长, 含有 81.5% 的金包裹物^[9](黄铁矿、毒砂)被氧化打开的程度逐步增大, 生成 FeS 和 Fe_2O_3 ^[10], 被包裹的金更多的暴露出来与浸出液接触, 因此硫转化率与金浸出率逐渐上升。当焙烧时间超过 2 h 后, 由于焙烧时间过长,

焙砂会出现烧结，对金形成二次包裹^[1]，反而使金的浸出率下降；同时金的包裹物随着焙烧时间的延长被氧化分解的越充分，因此硫转化率一直保持上升。由于在焙烧 1.5 h 时，金的浸出率已经达到 87.67%，为避免产生过多的二次包裹，选择焙烧时间为 1.5~2 h 较为合适。

2.3 硫转化率与金浸出率的关系模型

由实验数据分析可知，硫的转化率与金的浸出率之间可能存在一定的相关性。当硫的转化率低于 91.01%时，金浸出率随着硫转化率升高而升高；当硫的转化率大于 91.01%后，金浸出率下降。为了实际生产的方便性，针对图 2、3 中所有的点，进一步做了大量的重复验证实验，取各点平均值，研究一定范围内硫转化率与浸金率的关系。设 y 为金的浸出率， x 为硫的转化率，除去拐点后的点如表 2。根据表 2 得出硫转化率对金浸出率影响的散点图，并进行线性拟合，结果如图 4 所示。

表 2 硫的转化率与金的浸出率	/%				
Tab.2 The rate of sulfur conversion and the rate of leaching gold					
编号(k)	1	2	3	4	5
硫的转化率(x)	83.01	86.65	86.94	87.83	88.21
金的浸出率(y)	62.18	67.12	71.7	78.4	83.33
编号(k)	6	7	8	9	10
硫的转化率(x)	88.25	89.26	89.3	90.44	91.02
金的浸出率(y)	76.75	87.66	86.44	88.06	89.69

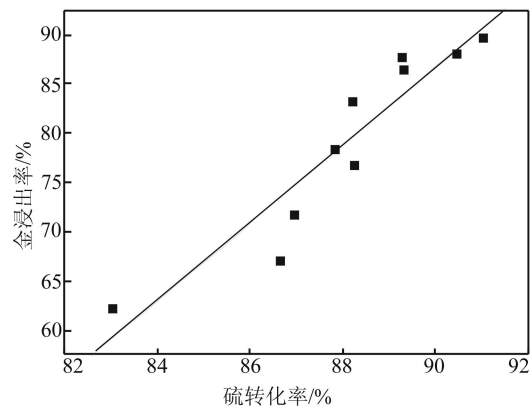


图 4 硫转化率对金浸出率的影响

Fig.4 The rate of sulfur conversion effect on the rate of leaching gold

由图 4 可知，在硫转化率由 83.01%升高至 91.02%，硫转化率与金浸出率明显呈线性增加关系，说明硫转化率直接影响着浸金率。线性拟合后，

得到 $y=-269.43581+3.95692x$ ， $r=0.93517$ 。

3 结论

- 1) 选择焙烧时间 1.5~2 h，焙烧温度 700℃，可以充分打开主要载金矿物黄铁矿、毒砂的包裹，使之与浸出液充分接触，金的浸出率最佳，其浸出率近 90%。
- 2) 硫转化率由 83.01%~91.02%范围内，硫转化率与金浸出率呈线性正相关关系，说明硫转化率直接影响着浸金率。线性拟合相关系数 $r=0.93517$ 。

参考文献：

[1] 余建文, 高鹏, 韩跃新, 等. 难浸金矿预处理方法的新进展[J]. 矿冶, 2013, 22(6): 59-62.
YU J W, GAO P, HAN Y X, et al. New advance of refractory gold ore pretreatment method[J]. Mining metallurgy, 2013, 22(6): 59-62.

[2] 刘志楼, 杨天足. 难处理金矿的处理研究[J]. 贵金属, 2014, 35(1): 79-83.
LIU Z L, YANG T Z. Treatment status for refractory gold ores[J]. Precious metals, 2014, 35(1): 79-83.

[3] 唐道文, 储春利, 王锐. 高锰酸钾氧化预处理某难浸金矿的研究[J]. 有色金属: 冶炼部分, 2013, 8(12): 29-31.
TANG D W, CHU C L, WANG R. Study on oxidation pretreatment of refractory gold ore with potassium permanganate[J]. Non-ferrous metal: extractive metallurgy, 2013, 8(12): 29-31.

[4] 陈莉, 宋晓红. 浅谈活性炭吸附-碘量法测金的改进[J]. 甘肃冶金, 2015(5): 94-97.
CHEN L, SONG X H. Improvement of activated carbon adsorption-iodimetric determination of gold[J]. Gansu metallurgy, 2015(5): 94-97.

[5] 苏秀珠, 许涛, 廖占丕, 等. 矿石中硫赋存状态分析方法[J]. 武汉工程大学学报, 2012, 34(12): 16-19.
SU X Z, XU T, LIAO Z P, et al. New method of sulfur chemical phase- analysis[J]. Journal of Wuhan Institute of Technology, 2012, 34(12): 16-19.

[6] 王帅, 李超, 李宏煦. 难浸金矿预处理技术及其研究进展[J]. 黄金科学技术, 2014, 22(4): 129-133.
WANG S, LI C, LI H X. Research progress of pretreatment technologies of refractory gold ores[J]. Gold science and technology, 2014, 22(4): 129-133.