

低品位微细粒金矿浮选精矿的处理工艺研究

谢营邦, 曾 睿, 罗思强, 詹海鸿, 容 蓉
(广西冶金研究院, 南宁 530023)

摘 要: 针对低品位微细粒金矿中金的赋存特点, 对其浮选精矿进行高压氧化-氰化浸出工艺处理。重点考察了高压氧化预处理过程中的温度、液固比和氧化时间对预处理效果的影响。预处理渣再磨后氰化浸出, 金的浸出率(对浮选精矿)为 94.30%, 渣率为 10.88%。

关键词: 有色金属冶金; 低品位微细粒金矿; 高压氧化; 氰化浸出; 浸出率; 渣率
中图分类号: TF831 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2015)01-0025-04

Processing Technology on Low-grade Microgranular Gold Mine and Its Flotation Concentrate

XIE Yingbang, ZENG Rui, LUO Siqiang, ZHAN Haihong, RONG Rong
(Guangxi Research Institute of Metallurgy, Nanning 530023, China)

Abstract: Considering the occurrence features of gold in low-grade microgranular gold mine, high-pressure oxidation-cyanide leaching process was used for treating its flotation concentrate. The effects of temperature, liquid-solid ratio and oxidation time, during the process of high-pressure oxidation, on pretreatment were investigated crucially. The pretreatment slag was ground and leached with sodium cyanide. The leaching rate of gold, for flotation concentrate, was 94.30%, and the residue rate was only 10.88%.

Key words: nonferrous metallurgy; low-grade microgranular gold mine; high-pressure oxidation; cyanide leaching; leaching rate; residue rate

随着资源日渐枯竭, 低品位微细粒难处理金矿已成为提取黄金的主要矿物来源, 占我国已探明黄金储量的 30%^[1]。近年, 国内探明了一低品位微细粒金矿, 其原矿金品位仅 0.96 g/t。采用全泥氰化浸出、浮选-浮选精矿氰化浸出、浮选-浮选精矿焙烧-氰化浸出和浮选-浮选精矿生物氧化等工艺均未取得理想效果, 金的浸出率不足 50%, 资源浪费严重。为此, 探索了包括浮选-浮选精矿高压氧化-氰化浸出等处理工艺。

难处理金矿预处理的实质是指使载金矿体发生变化, 使包裹在其中的金解离出来, 为下一步的氰化浸出创造条件, 一般对硫化矿采用氧化工艺, 主要有氧化焙烧工艺^[2-3]、生物氧化工艺^[4-5]和高压氧化工艺^[6-7]。本文通过对矿物特征的研究, 采用浮选-浮选精矿高压氧化-氰化浸出工艺, 研究影响预处理效果的各个因素, 确定最佳工艺条件, 以达到提高低品位微细粒难处理金矿浸出率的目的。

1 原矿性质

1.1 矿石工艺类型

该矿床为微细浸染型金矿, 根据矿石矿物组合、结构和构造特征以及原岩类型将矿石自然类型大致划分为黄铁矿化泥质砂岩、黄铁矿化白云石质细粒石英杂砂岩; 黄铁矿化泥岩、粉砂质泥岩; 黄铁矿化角砾岩等。该矿石中金属硫化物占 6.11%, 褐铁矿含量极少, 矿石氧化率极低, 为 2.40%。矿石金品位为 0.96 g/t, 为唯一有价元素, 矿石工艺类型属中硫化物微细粒浸染型含金矿石。

1.2 矿石结构、构造

(1) 矿石结构: 自形-半自形晶粒状结构、他形粒状结构、包含结构、浸蚀结构、压碎结构、显微鳞片泥状结构、变余砂状结构、变余粉砂结构等。

(2) 矿石构造: 浸染状构造、细脉状构造、星

散状构造等。

1.3 矿石矿物组成和粒度特征

(1) 矿石矿物组成：矿石中主要金属硫化物为黄铁矿，次为毒砂，很少见到黄铜矿、方铅矿、闪锌矿；金属氧化物有赤铁矿、钛铁矿、磁铁矿、褐铁矿；贵金属矿物只见到自然金一种；脉石矿物主要为石英、长石，少量的白云母、绢云母、绿泥石、高岭土、方解石、白云石、石墨、重晶石、锆石等。

(2) 粒度特征：矿石中毒砂粒度相对较细，主要分布在 0.01~0.053 mm 区间，黄铁矿粒度分布较均匀，磁铁矿、赤铁矿粒度相对较粗，主要分布在 0.10~0.053 mm 区间。

1.4 原矿多元素分析及主要矿物物相分析

(1) 矿化学组成：原矿多元素分析如表 1 所示。

表 1 原矿多元素分析结果

Tab.1 The multielement analysis results of raw ore					
元素	Au	Ag	As	Fe	S
含量/%	0.96 g/t	6.90 g/t	0.22	4.17	3.27
元素	C	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
含量/%	0.64	0.28	0.50	8.27	68.86

(2) 原矿碳、砷物相分析。

原矿碳物相分析为：石墨碳 0.01%、碳酸盐 0.46%、有机碳 0.17%、总碳 0.64%。

原矿砷物相分析为：硫化物中 As 0.19%、氧化物中 As 0.03%、总砷 0.22%。

1.5 金矿物特征

(1) 金矿物粒度：根据光片镜下测定并结合人工重砂分析，该矿石中金矿物粒度以微粒金为主，>0.037 mm 占 1.25%，0.01~0.037 mm 占 8.36%，<0.01 mm 占 90.39%。

(2) 金矿物赋存状态：通过对光片的镜下检测并结合硫化物单矿物含金分析，试验样品中黄铁矿含金占 28.15%，毒砂含金占 53.94%。检测矿石中金矿物赋存状态特征，结果表明：金矿物赋存状态是以包裹金为主，占 93.63%，其中大多数在硫化物中，占 82.09%；粒间金占 6.37%，其中脉石粒间金占 4.25%，硫化物与脉石粒间金占 2.12%。

2 试验部分

2.1 试验物料

试验物料为某低品位微细粒金矿的浮选精矿，其粒度为-0.037 mm 占 40.28%，其-0.037 mm 粒级

金的分布占 53.48%；主要成分为黄铁矿、含砷黄铁矿和毒砂，共占 79.75%。浮选精矿多元素分析结果如表 2 所示。

表 2 浮选精矿多元素分析结果

Tab.2 The multi-element analysis results of flotation concentrate					
元素	Au	Ag	As	Fe	S
含量/%	10.74 g/t	29.85 g/t	3.48	41.09	45.32
元素	C	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
含量/%	2.65	0.083	0.14	2.54	13.03

浮选精矿中金赋存状态为：单体连生金占 6.42%、硫化物中金占 84.52%、脉石中金占 9.06%。浮选精矿电镜扫描分析形貌如图 1 所示。

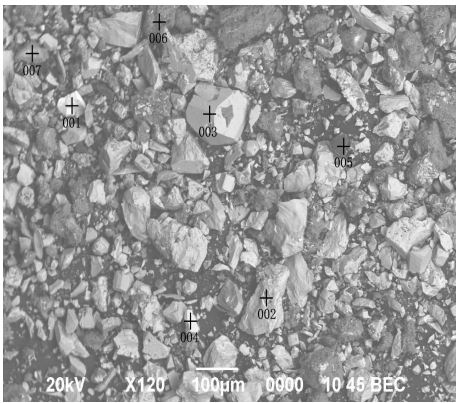


图 1 浮选精矿 SEM 图 (×120)

Fig.1 SEM image of flotation concentrate (×120)

2.2 试验设备

试验主要设备(含分析检测设备)如表 3 所示。

表 3 主要试验设备

Tab.3 Main equipments in experiment	
设备名称	型号
磁力搅拌实验釜	CS-GSH-2
恒速搅拌器	S212
电热恒温干燥箱	101-3A
循环水式多用真空泵	SHB-III
超静音可调式气泵	ACO-9610
原子吸收光谱仪	TAS-986F
X 射线衍射仪(XRD)	D/Max2500 V
扫描电子显微镜(SEM)	S-3400N

2.3 工艺流程

试验工艺流程如图 2 所示。

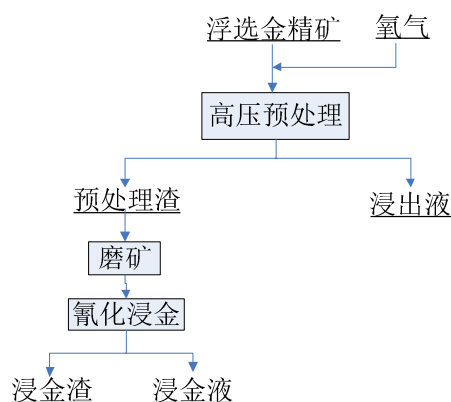


图 2 工艺流程图

Fig.2 Process flow diagram

3 结果及讨论

3.1 高压氧化预处理试验

3.1.1 温度对预处理渣成分的影响

固定液固比为 2:1, 氧压 0.8 MPa, 氧化时间 3 h, 考察温度对预处理渣成分的影响。随着温度的升高 (见图 3), 预处理渣中单质硫的含量明显减少, 渣率降低。意味着生成碱式硫酸铁沉淀量也减少, 有利于后续工艺的处理。当温度达到 180℃ 时, 单质硫的生成率为 4.47%, 渣率为 15.7%, 之后再升高温度, 两者均趋于稳定, 较佳的温度为 180℃。

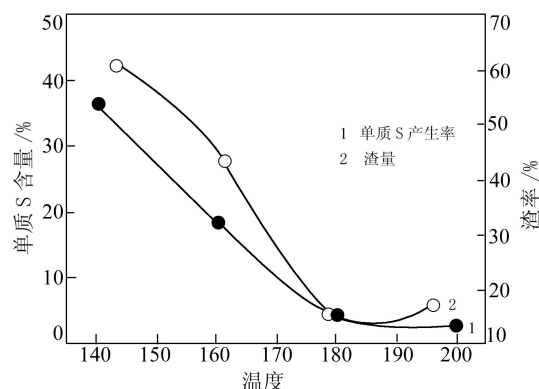


图 3 温度对预处理渣成分的影响

Fig.3 Effect of temperature on slag composition after pretreatment

3.1.2 液固比对预处理渣成分的影响

固定温度 180℃, 氧压 0.8 MPa, 氧化时间 3 h,

考察液固比对预处理渣成分的影响。随着液固比的提高 (见图 4), 酸度减少, 利于元素硫氧化为硫酸进入溶液, 渣中单质硫明显减少。最佳的液固比为 4:1。

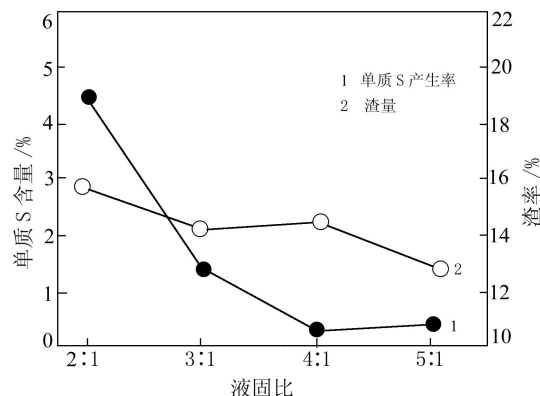


图 4 液固比对预处理渣成分的影响

Fig.4 Effect of liquid-solid ratio on slag composition after pretreatment

3.1.3 氧化时间对预处理渣成分的影响

固定液固比 4:1, 温度 180℃, 氧压 0.8 MPa, 考察氧化时间对预处理渣成分的影响 (见图 5)。氧化 2.5 h 时, 97.4% 的硫化物被氧化, 3 h 时被氧化率达到 99.5%, 此时单质硫含量也降低至 0.31%。最佳的氧化时间为 3 h。

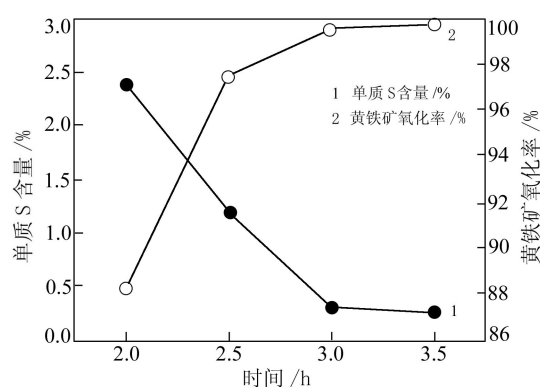


图 5 氧化时间对预处理渣成分的影响

Fig.5 Effect of oxidation time on slag composition after pretreatment

3.2 预处理渣的 XRD 分析

图 6 为预处理渣的 XRD 图谱。由图 6 可见, 预处理渣的主要成分是 SiO_2 和碱式硫酸铁。说明包裹金的黄铁矿等硫化物基本溶解完全, 达到解离单体金的目的, 有利于金的浸出。

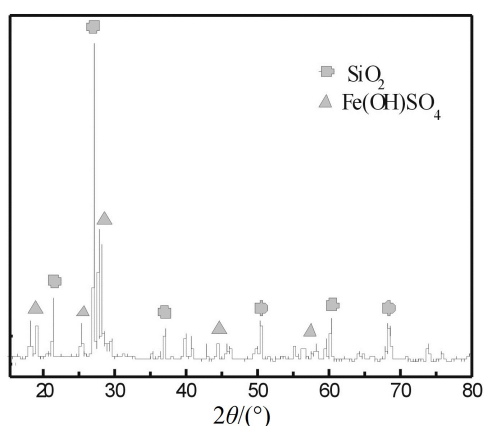


图 6 预处理渣 XRD 分析结果

Fig.6 XRD pattern of slags after pretreatment

3.3 氰化浸出试验结果

3.3.1 浮选精矿氰化浸出

按液固比 5:1, pH=11~12, NaCN 浓度 0.4 g/L, 浸出时间 48 h 进行氰化浸出试验, 金的浸出率仅为 12.88%。原因是 93.58% 的金被包裹, 直接对浮选精矿进行氰化浸出得到的金浸出率很低。

3.3.2 预处理渣氰化浸出

按以上氰化浸出试验条件, 预处理渣金的浸出率(对浮选精矿)为 76.72%, 氰化浸出渣中金的含量仍有 16.87 g/t, 因为少部分金被脉石等包裹, 没有得到释放, 需要进行二次磨矿使金矿物单体解离。

3.3.3 预处理渣再磨后氰化浸出

将预处理渣磨矿至 -0.037 mm 占 89.1%, 按以上氰化浸出试验条件, 预处理渣中金的浸出率(对浮选精矿)为 94.30%, 渣率仅 10.88%。氰化浸出渣中金的含量为 3.42 g/t。说明浮选精矿经高压氧化预处理并再磨后, 金矿物已基本单体解离。

4 结论

(1) 该矿石工艺类型属中硫化物微细粒浸染型含金矿石。金矿物为自然金, 赋存状态是以包裹金为主, -0.01 mm 粒级占 90.39%。主要载金矿物为黄铁矿和毒砂, 原矿金品位 0.96 g/t, 属低品位微细粒难处理金矿。

(2) 浮选精矿中 93.58% 的金被包裹, 直接氰化浸出, 金的浸出率仅为 12.88%。采用高压氧化-氰化浸出处理工艺, 使矿物中的硫化物氧化进入溶液, 金矿物得以单体解离, 从而大幅度提高金的浸出率。

(3) 液固比 4:1, 温度 180℃, 氧化时间 3 h, 硫化物的氧化率达到 99.5%, 预处理渣中单质硫含量为 0.31%。预处理渣再磨后氰化浸出, 金的浸出率(对浮选精矿)为 94.30%, 渣率为 10.88%。

参考文献:

- [1] 杨振兴. 难处理金矿石选冶技术现状及发展方向[J]. 黄金, 2002, 23(7): 31-34.
Yang Z. The status quo of treating refractory gold ores[J]. Gold, 2002, 23(7):31-34.
- [2] 薛光, 任文生. 我国金精矿焙烧-氰化浸出工艺的发展[J]. 中国有色冶金, 2007(3): 44-49.
Xue G, Ren W. Process development for the gold concentrate roasting-cyanide leaching in China[J]. China Non-ferrous Metallurgy, 2007(3): 44-49.
- [3] 袁朝新, 汤集刚. 含砷金精矿的焙烧和氰化浸出试验及焙砂和浸渣的矿物学研究[J]. 有色金属: 冶炼部分, 2006(5): 28-30.
Yuan C, Tang J. Roasting and cyaniding test to arsenic-bearing gold concentrate and mineralogical study on calcine and residue[J]. Nonferrous Metals: Extractive Metallurgy. 2006(5): 28-30.
- [4] 韩晓光, 郭普金, 具滋范. 生物氧化提金技术工业生产实践[J]. 黄金, 2006, 27(11): 38-41.
Han X, Guo P, Ju Z. Industrial practice of bio-oxidization gold recovery technique[J]. Gold, 2006, 27(11): 38-41.
- [5] 南新元, 陈飞, 孔军. 高寒地区某金矿生物氧化预处理过程温度控制研究[J]. 贵金属, 2014, 35(2): 38-42.
Nan X, Chen F, Kong J. The research on temperature control in biological oxidation pretreatment process of a gold mine in alpine region[J]. Precious Metals, 2014, 35(2): 38-42.
- [6] 郑晔. 难处理金矿石预处理技术及应用现状[J]. 黄金, 2009, 30(1): 36-41.
Zheng Y. Pretreatment technique and its application of refractory gold ore[J]. Gold, 2009, 30(1): 36-41.
- [7] 黄怀国. 硫品位对难处理金精矿热压预氧化工艺的影响[J]. 矿冶工程, 2014, 34(2): 84-90.
Huang H. Effects of sulfur grade on hot-pressing pre-oxidation process for refractory gold concentrates[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2014, 34(2): 84-90.