



国外某难处理高砷金铜矿选冶试验研究

廖德华, 鲁 军, 穆国红
(紫金矿冶设计研究院, 福建 上杭 364200)

摘要:介绍了采用优先选铜—硫砷精矿强化浸金—尾矿氰化工艺方案综合回收了国外某矿石中的金和铜。该矿原矿石含 Au3.40g/t、Ag16.9g/t、Cu1.07%、As1.16%、TS5.38%,金、铜矿物嵌布粒度微细,嵌布关系复杂,金分布较为分散,且有很大一部分被硫化物或脉石包裹,砷含量高,属于复杂难处理高砷金铜矿。试验采用石灰+亚硫酸钠组合抑制剂抑砷,优先获得了可以直接销售的合格铜金精矿,采用热压预氧化—氰化法回收硫砷精矿中的金,氰化浸出浮选尾矿中的金,金、铜综合回收率分别达到83.47%和87.20%。

关键词:金铜矿;优先浮选;氰化;砷;热压预氧化

中图分类号:TD982 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2012)06-0012-05

铜精矿中的砷在冶炼过程中很容易对环境造成污染,影响冶炼和制酸工艺的产品质量,因此对铜精矿含砷量要求严格,各国还制定了相应的铜精矿产品质量标准^[1-2]。国外某铜金矿主要回收对象是金和铜,银可以伴随综合回收,其中有害元素主要为砷和氟。矿石中金主要以自然金(52.31%)存在,很大一部分被硫化物包裹(32.95%),其余部分被硅酸盐和碳酸盐包裹;铜绝大部分为黄铜矿,其与脉石矿物、黄铁矿、毒砂形成复杂的嵌布关系,粒度微细;有害元素砷主要以毒砂形式存在,该矿属于高砷难选冶金铜矿石。

脉石矿物主要是白云石,其次为石英。金主要以自然金形式存在。铜矿物绝大部分以黄铜矿存在,其主要与脉石矿物(主要是白云石)呈不规则粒状分布;其次包裹微细粒级(<0.03mm)的黄铁矿,并在其边缘或粒间构成复杂嵌布关系;少量与毒砂形成复杂连晶关系。金物相分析结果表明,金分布较分散,大部分被硫化物包裹,小部分被硅酸盐和碳酸盐包裹,这些包裹金粒度极其微细,采用常规方法难以获取理想效果。铜矿物与脉石、黄铁矿、毒砂等矿物之间形成复杂的嵌布关系,且呈微细粒包裹而不易解离,必须细磨才能使矿物解离,否则易造成铜精矿中砷含量超标。原矿化学多元素分析结果见表1,金、铜化学物相分析分别见表2、3。

1 矿石性质

矿石中金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、毒砂,

表1 化学多项分析结果/%

Table 1 Chemical analysis results

Au *	Ag *	Cu	TS	As	Fe	F	SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃
3.40	16.9	1.07	5.38	1.16	10.18	0.037	6.89	15.89	24.13	0.55

* 单位为 g/t。

表2 金物相分析结果

Table 2 Analysis results of gold phase

相名	暴露金	硫化物包裹金	硅酸盐包裹金	碳酸盐包裹金+其他	合计
含量/g·t ⁻¹	1.81	1.14	0.24	0.27	3.46
分布率/%	52.31	32.95	6.94	7.80	100.00

表3 铜物相分析结果

Table 3 Analysis results of copper phase

相名	硫化铜	自由氧化铜	结合铜	合计
Cu 含量/%	1.00	0.025	0.003	1.028
分布率/%	97.28	2.43	0.29	100.00

收稿日期:2012-02-15;改回日期:2012-03-31

作者简介:廖德华(1981-),男,选矿工程师,主要从事贵金属及有色金属选矿工艺研究工作。

2 选冶试验

工艺矿物学研究结果表明,该矿金铜矿物嵌布粒度极其微细,嵌布关系较为复杂,金分布较为分散,含砷较高,是该矿难选冶的主要原因。该选矿产品外销时,海关对铜精矿砷含量要求极为严格(砷含量 $<0.5\%$)。为了产出可以直接销售的铜精矿,获得较好的金、铜回收率,经过多方案对比试验,制定了优先选铜—再浮硫砷(强化浸出)—尾矿氰化方案,即优先获取可直接销售的合格金铜精矿,再选出一个含金硫砷精矿,并对其进行强化浸出,尾矿直接氰化回收残留的金。

2.1 优先选铜

2.1.1 磨矿细度试验

合理磨矿细度是获得较高浮选指标的关键之一^[3-4],磨矿细度与铜粗精矿金、铜品位及回收率的关系曲线见图1。从图1可以看出,随着细度的增加,铜粗精矿金、铜品位和铜回收率呈增加趋势,金回收率当细度 -0.075mm 超过85%后呈降低趋势。此外,从砷品位分析来看,随着细度的增加,铜精矿中砷含量呈降低趋势,细度超过 $-0.075\text{mm}90\%$ 后基本不变。综合考虑,选择适宜的磨矿细度为 $-0.075\text{mm}90\%$ 。

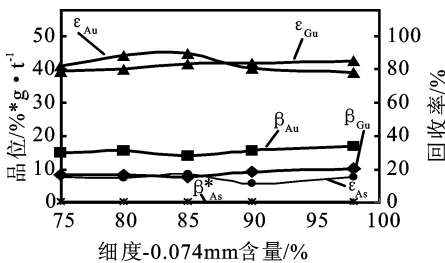


图1 磨矿细度试验结果

Fig. 1 Test results of the grinding finess

2.1.2 石灰用量试验

通过调整矿浆pH,不仅可改变矿物的表面性质及可浮性差异,同时还可提高矿物与药剂之间相互作用的选择性,石灰是最常见的pH调整剂^[5]。该矿石中砷主要以毒砂形式存在,石灰还能抑制毒砂,

达到降砷的目的^[6]。石灰用量与铜金粗精矿中金、铜品位及回收率的关系见图2。

从图2可以看出,随着石灰用量的增加,铜粗精矿中铜、金品位呈逐步降低趋势,砷品位变化不大,铜、金回收率呈增长趋势,当石灰用量超过 3000g/t 后,铜回收率增幅不大。综合考虑,铜粗选适宜的石灰用量为 3000g/t ,此时pH在11.5左右。

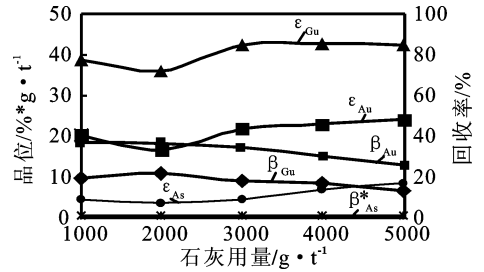


图2 石灰用量试验结果

Fig. 2 Test Results of the dosage of lime

2.1.3 抑制剂种类及用量试验

要想优先获取可以直接销售的合格金铜精矿,就必须寻找选择性和抑砷效果好的抑制剂。多种抑制剂对比试验结果表明,亚硫酸钠抑砷效果最佳。亚硫酸钠+石灰可起到很好的抑砷效果^[7],故对亚硫酸钠用量进行了单因素优化试验。亚硫酸钠用量与铜粗精矿中金铜品位及回收率的关系见图3。

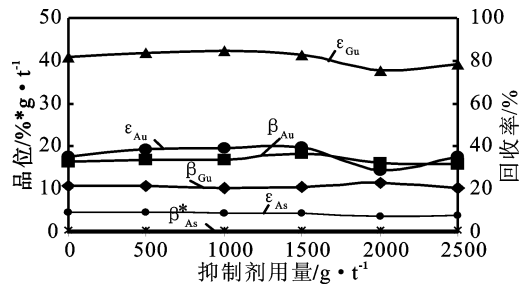


图3 抑制剂用量试验结果

Fig. 3 Test Results of the dosage of inhibitor

从图3可以看出,随着亚硫酸钠用量的增加,铜粗精矿中铜、金品位略有波动,砷品位有降低趋势;铜粗精矿铜、金回收率先增加后降低。综合考虑,选择铜粗选和扫选亚硫酸钠用量分别为 1000g/t 。

2.1.4 捕收剂种类及用量试验

捕收剂种类筛选试验表明,Z-200 选择性最好,并进行了用量试验,确定适宜用量为 35g/t。

2.1.5 闭路流程试验

在条件试验和开路流程试验的基础上进行了闭路流程试验,其试验流程见图 4,试验结果见表 4,铜精矿多项分析结果见表 5。

表 4 优先选铜浮选闭路流程试验结果

Table 4 Closed-circuit test results of selective copper flotation

产品名称	产率/%	品位/%			回收率/%		
		Cu	Au*	As	Cu	Au	As
铜精矿	3.77	23.93	31.38	0.42	87.20	36.61	1.82
硫砷精矿	10.67	0.60	10.38	6.89	6.19	34.27	84.42
尾矿	85.56	0.08	1.10	0.14	6.61	29.12	13.76
原矿	100.00	1.03	3.23	0.87	100.00	100.00	100.00

* 单位为 g/t。

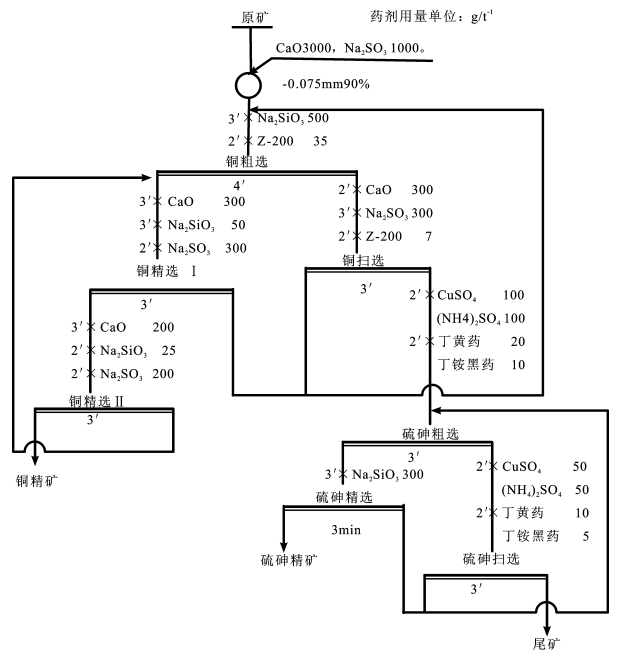


图 4 优先选铜浮选闭路试验流程

Fig. 4 Closed-circuit test flowsheet of selective copper flotation

表 5 铜精矿多项分析结果/%

Table 5 Multi-elements analysis results of copper concentrate

Cu	Au*	Ag*	As	S	Pb	Zn	cd	F	Hg*	MgO
23.93	31.38	179.6	0.44	29.27	0.10	0.17	0.003	0.032	4.78	3.76

* 单位为 g/t。

2.2 硫砷精矿再处理^[8]

闭路试验获得的硫砷精矿含铜 0.60%、金 10.38 g/t、砷 6.89%,这部分金占有率达 34.27%,价值很高,可进行再处理回收金。对硫砷精矿采用多种方法的对比试验,结果表明采用压力预氧化—氰化效果最好,金浸出率可达 95.41%;焙烧预氧化—氰化试验次之,金浸出率在 80% 以上;采用细磨或氢氧化钠预氧化浸金效果较好,金浸出率接近 50%;石灰预氧化浸金效果次之,金浸出率在 40% 左右;直接氰化金浸出率效果较差,金浸出率不到 30%。

2.3 闭路试验尾矿氰化

闭路试验产出的尾矿中含金 1.10g/t,这部分金浮选法难以回收,故采用氰化对其进行补充回收。

尾矿氰化浸金优化试验得到的较优条件为:矿浆浓度 40%、加石灰调 pH 至 10~11、保持氰化钠浓度 300×10^{-6} 、氰化时间 40h,此时尾矿金作业浸出率 48.63%,氰化钠耗量 1.3kg/t(对原矿)。浸渣中含金还有 0.62g/t,考察损失在浸渣中的这部分金,其大部分被脉石矿物和硫化物呈微细粒包裹,在磨至很细的条件下也难以回收。

2.4 优先选铜—硫砷精矿强化浸金—尾矿氰化方案试验结果

优先选铜—硫砷精矿强化浸金(热压预氧化)—尾矿氰化工艺获得的技术指标见表 6。从表 6 可以看出,该方案金、铜综合回收率分别达到 83.47% 和 87.20%。

表6 优先选铜—硫砷精矿氰化浸金—尾矿氰化工艺指标

Table 6 Technical indexes of selective copper flotation—cyanide leaching of gold of the arsenic and sulfur concentrate-cyanide tailing

选矿方法	产品名称	产率/%	品位/%			回收率/%		
			Cu	Au*	As	Cu 对原矿 [†]	Au 作业	As 对原矿 [†]
浮选作业	铜精矿	3.77	23.93	31.38	0.42	87.20	36.61	1.82
	硫砷精矿	10.67	0.60	10.38	6.89	6.19	34.27	84.42
	尾矿	85.56	0.08	1.10	0.14	6.61	29.12	13.76
	原矿	100.00	1.03	3.23	0.87	100.00	100.00	100.00
硫砷精矿热压 预氧化—氰化	贵液*						95.41	32.70
	浸渣			0.62				
	贵液*	101.07	205.27	0.497			48.63	14.16
尾矿直接氰化	浸渣	85.57	0.05	0.62			51.37	14.98
	浮选尾矿	85.57	0.07	1.21			100.00	29.12
	优先选铜+氰化					87.20		83.47

* 贵液铜品位单位为 mg/L; 贵液的产率按产出的浸出液与氰化渣的重量计算而得。

3 结 语

1. 原矿性质研究表明,该矿嵌布粒度微细,其中铜矿物-0.04mm 粒级占有率近30%;金分布较为分散,大部分金被硫化物和脉石矿物包裹;有害元素砷主要以毒砂形式存在,矿物间嵌布关系较为复杂,属于难选冶金铜矿石。该矿采用优先选铜—硫砷精矿强化浸金—尾矿氰化工艺方案,并用石灰+亚硫酸钠组合抑制剂抑砷使铜砷有效分离,可产出直接销售的合格铜金精矿,金、铜综合回收率分别达到83.47%和87.20%。

2. 硫砷精矿中这部分金呈微细粒包裹,采用细磨、石灰(或氢氧化钠)预氧化—氰化、直接氰化金回收率均不高;采用焙烧—氰化金回收率也仅为80%左右,且对环境不友好;采用热压预氧化—氰化回收时金回收率可达95.41%,且环境友好,但技术

要求和工艺投资成本均较高。

参考文献:

- [1] 王海亮,童熊,周庆华. 某难选高砷硫化铜矿的浮选试验研究[J]. 矿业快报, 2007(10): 37-39.
- [2] 张兴仁. 含砷金矿的选冶工艺研究[J]. 矿产综合利用, 1993(3): 7-14.
- [3] 刘耀青. 含金铜硫矿石浮选分离工艺的研究[J]. 矿冶, 1995(3): 50-55.
- [4] 选矿设计手册编委会. 选矿设计手册[M]. 北京:冶金工业出版社, 2004. 30-40.
- [5] 胡为柏. 浮选[M]. 北京:冶金工业出版社, 1983.
- [6] 李成秀,王昌良. 铜砷浮选分离的进展[J]. 国外金属矿选矿, 2005(8): 9-12.
- [7] 叶国华,童熊,张杰. 含砷矿石的除砷研究进展[J]. 国外金属矿选矿, 2006(3): 20-25.
- [8] 董博文,李黎婷,刘升明. 高砷高硫金精矿高压预氧化—氰化提金工艺研究[J]. 矿产综合利用, 2011(6): 10-12.

Experimental Research on a Refractory Gold-copper Ore Containing High-arsenic Overseas

LIAO De-hua, LU Jun, MU Guo-hong

(Zijin Design and Research Institute of Mining and Metallurgy, Shanghang, Fujian, China)

Abstract: The technical flowsheet of selective copper flotation—cyanide leaching of gold of the arsenic and sulfur concentrate-cyanide tailing to be adopted for the recovery of gold and copper in an ore overseas was introduced. The ore contains 3.40g/tAu, 16.9g/tAg, 1.07% Cu, 1.16% As and 5.38% TS, the gold and copper minerals of which are finely disseminated and complicatedly embedded and the gold distribution in which is scattered, most of which are wrapped by sulfide and gangues. Meanwhile, the content of arsenic is relatively high. So it belongs to a complicated and refractory gold-copper ore containing high arsenic. The combined inhibitor of lime and sodium sulfite was adopted to suppress arsenic, which can get the qualified gold-copper concentrate that can be directly sold. When hot-press pre-oxidation was adopted to recover gold in the sulfur-arsenic and cyanide leaching was adopted to recover gold in the tailings. The comprehensive recovery of copper and gold was reached 83.47% and 87.20% respectively.

Key words: Gold and copper ore; Selective flotation, Cyanidation, Arsenic, Hot-press pre-oxidation

(上接 7 页)

Analysis on the Assembled Magnetic Media Application in the Magnetic Separator

ZHAO Li-bing, ZHANG Yu-dong, LI Fu-ping

(Hebei United University, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: High gradient magnetic separator is a new type high-intensity magnetic separator which was developed on the basis of other strong magnetic separator. The magnetic field in the working volume of the high gradient magnetic separator is uniform, which means that any particles was subjected to equal force in the working volume, and the magnetic medium was uniform magnetization in uniform magnetic field. The magnetic medium with the same diameter in any position of the magnetic space has the same gradient magnitude. Compared with general magnetic separator, the magnetic field gradient was greatly increased, which could provide a powerful magnetic force to overcome the fluid resistance and gravity for sorting of magnetic particles, so that the micro-fine weak-intensity magnetic particles can be effectively recycled. The high gradient magnetic separation is conducted in the magnetic matrices which can produce high gradient, and the generation of the high gradient has a close relation with the material, shape, the way of placement, relative size, filling rate and other parameters of the magnetic matrices, which have a significant influence on the magnetic separation index of the magnetic separator.

Key words: High gradient magnetic separator; Magnetic matrices; Parameters; Influence