

某金锑共生矿选矿试验研究*

黄云阶, 刘敏, 刘述平

(中国地质科学院成都矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 针对西部某典型金锑共生矿, 研究采用一段磨矿单一浮选或阶段磨矿重选—浮选工艺流程, 获得了产率 27.45%~29.64%、含 Au22.80~24.65g/t、Sb56.35%~60.69%的金锑混合精矿, 金和锑的回收率分别为 90.89%~91.31%和 93.33%~94.47%。本文简述了有关的试验结果。

关键词: 金锑共生矿; 浮选; 重选; 湿法分离

中图分类号: TD982 文献标识码: A 文章编号: 1000-6532(2003)01-0007-04

我国湖南、江西、甘肃、青海、西藏、广西等地金锑共生矿资源较为丰富。为了更好地开发利用这些资源, 以典型金锑共生矿进行金锑富集、分离的试验研究是非常必要的。

1 矿石性质

1.1 矿石的化学组成和矿物组成

矿石类型为三元组矿物(自然金—辉锑矿—石英)自然连生组合, 是典型的 Sb—

Au—Si 体系形成的金锑共生矿。矿石中主要锑矿物为辉锑矿, 极微量黄锑矿; 金矿物主要为自然金, 微量含锑自然金, 极微量锑金矿物; 脉石矿物主要为石英, 少量方解石, 微量绢云母、金红石、石膏等; 其他微量、极微量的金属硫化物为黄铁矿、毒砂、辰砂、闪锌矿、黄铜矿、黝铜矿等; 金属氧化物主要为褐铁矿, 微量磁铁矿、磁赤铁矿。原矿化学多项分析、矿物组成及锑物相分析结果见表 1~3。

表 1 原矿化学多项分析结果/%

Au*	Sb	Ag*	S	Cu	Pb	Zn	TFe	As
7.41	17.85	3.01	7.48	0.006	0.000	0.012	1.23	0.18
Ni	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	C _总	Se	Hg
0.000	1.55	0.063	2.38	59.93	0.12	2.31	0.00027	0.07

* Au、Ag 含量单位为 g/t。

表 2 矿物组成

矿物名称	辉锑矿	黄锑华	黄铁矿	毒砂	脉石矿物	合计
含量/%	24.60	0.12	0.60	0.22	74.46	100.00

根据表 1 所示的分析结果, 选矿主要回收对象为金(自然金)和锑(辉锑矿), 其他元素均无回收利用的价值。故重点对金和锑的

矿物种类、粒度及分布状态进行了研究。

表 3 锑物相分析结果

物相	硫化物中锑	氧化物中锑	锑酸盐中锑	相和
含量/%	17.76	0.10	0.00	17.86
分布率/%	99.44	0.56	0.00	100.00

1.2 锑矿物种类、粒度及分布状态

* 国土资源地质大调查研究项目

收稿日期: 2002-02-26; 改回日期: 2002-07-25

作者简介: 黄云阶(1965—), 男, 在读硕士研究生, 副研究员, 主要从事矿物工程和矿物材料的研究工作。

锑矿物主要为辉锑矿,微量黄锑矿。黄锑矿沿矿石微裂隙分布或与自然金呈集合体状产出。辉锑矿原生工艺粒度较粗,一般在 $0.1\sim 0.3\text{mm}$,主要以致密块状构造的形式产出,经电子探针分析辉锑矿平均含Sb 70.25%。原矿筛析产品中,锑的分布率为: $+0.20\text{mm}1.65\%$, $-0.20+0.15\text{mm}8.52\%$, $-0.15+0.10\text{mm}7.58\%$, $-0.10+0.075\text{mm}16.60\%$, $-0.075+0.043\text{mm}21.13\%$, $-0.043+0.010\text{mm}35.82\%$, $-0.010\text{mm}8.70\%$ 。通过对单矿物(矿物组)的定量及品位分析,锑在各矿物(组)中的分布率为:辉锑矿中占95.21%,黄锑矿中占0.49%。黄铁矿中占0.22%,毒砂中0.00%,脉石矿物中占4.08%。

辉锑矿硬度仅为 $2.0\sim 2.5$,决定了其与连生体石英(硬度为7.0)在选矿破磨过程中极易解离并可能造成泥化现象。原矿筛分后,对细粒级(-0.20mm)产品镜下观察可见:辉锑矿单体解离好,但泥化现象严重,并出现严重的絮凝团聚现象;实测锑在 -0.020mm 粒级占有率高达48.16%。辉锑矿易产生解离和泥化并与脉石矿物发生絮凝团聚现象,对降低尾矿锑品位增加了一定的难度。

1.3 金矿物粒度及分布状态

金矿物经过电子探针测定,主要为自然金,微量含锑自然金、锑金矿。原生矿石中自然金粒度与产状统计结果表明,自然金原生粒度较粗,自然金以粒间金形式产出的占62.52%,以裂隙金产出的占36.39%,以包裹体金产出的占1.08%,其中与辉锑矿有关的金占66.75%(包括辉锑矿与石英之粒间金),与石英有关的金占33.02%,与毒砂有关的金占0.23%。原矿磨细至 -200 目69.27%时,自然金的单体解离度为83.95%,此时金矿物的粒度累积分布为: $+0.075\text{mm}10.03\%$, $+0.045\text{mm}59.51\%$, $+0.020\text{mm}74.53\%$ 。

自然金除了以占主导地位的晶粒状产出

外,另有与黄锑华等组成集合体产出于石英裂隙中(富金集合体)或呈凝胶状集合体产出,此类富金集合体中金呈微细粒集合体与氧化锑或硅酸盐矿物均匀混杂,富金集合体中金占总金的19.58%。由于此类富金集合体的存在,势必对选矿金回收率的指标造成一定的影响。

2 选矿试验

2.1 选矿方法和产品方案的选择

选矿主要回收对象为金(自然金)和锑(辉锑矿)。根据工艺矿物学研究结果可知,自然金和辉锑矿原生工艺粒度较粗,金的比重较辉锑矿和脉石矿物高得多,表面上看似乎采用简单的重选工艺便可将金锑富集及金—锑分离。但是,由于原矿含Sb 17.85%、Au 7.41g/t,锑金比高达 2.41×10^4 ,加之辉锑矿易解离破碎,而石英为主的脉石矿物难以磨细,造成脉石矿物粒度相对较粗,辉锑矿粒度相对较细,因此采用单一的重选工艺难以获得较高的金、锑选矿指标。探索试验曾采用未预先分级的单一摇床重选工艺,发现自然金与辉锑矿无明显分带,所得重选精矿含Au 24.52g/t、Sb 56.30%,金和锑虽然有了一定程度的富集,但锑金比仍高达 2.30×10^4 ,金、锑回收率仅25.84%、24.56%。而采用单一浮选工艺,亦未获得理想的金—锑分选结果。有资料表明,对于金锑共生矿石,也不宜直接采用氰化法浸出提取金。经综合分析,试验确定采用浮选或重选—浮选的选择方法,首先获得金锑混合精矿产品,然后对金锑混合精矿进行金—锑湿法分离。

2.2 流程的确定和试验结果

在确定选矿工艺流程时,不但要满足选矿工艺粒度要求,而且要使选矿所获金锑混合精矿能满足金—锑湿法分离工艺粒度要求,并且工艺流程应相对简单。另外,由于辉锑矿易泥化,絮凝团聚现象严重,为了降低尾矿金、锑品位,可通过获得中矿产品予以解

决。所得浮选中矿采用碱预处理—氰化浸出工艺提金,能获得一定的经济效益,从而进一步提高资源综合利用率和选冶厂经济效益。

通过对浮选基本条件和流程结构进行试验分析,确定采用一段磨矿和阶段磨矿的单一浮选或重选—浮选工艺流程。其试验结果见表 4。

表 4 选矿试验最终指标

流程方案	产品名称	产 率 /%	品 位		回 收 率	
			Au/g · t ⁻¹	Sb/%	Au/%	Sb/%
单一浮选 (一段磨矿)	金锑混合精矿	27.45	24.65	60.69	91.31	93.33
	中 矿	8.93	3.44	3.29	4.14	1.64
	尾 矿	63.62	0.53	1.41	4.55	5.03
	原 矿	100.00	7.41	17.85	100.00	100.00
重选—浮选 流 程 (一段磨矿)	金锑混合精矿	29.64	22.80	56.35	90.89	93.57
	中 矿	8.81	3.15	3.03	3.73	1.50
	尾 矿	61.55	0.65	1.43	5.38	4.93
	原 矿	100.00	7.44	17.85	100.00	100.00
重选—浮选 流 程 (阶段磨矿)	金锑混合精矿	29.14	23.16	57.90	90.95	94.47
	中 矿	8.17	3.23	2.71	3.56	1.25
	尾 矿	62.69	0.65	1.22	5.49	4.28
	原 矿	100.00	7.42	17.86	100.00	100.00

由于一段磨矿单一浮选工艺流程能获得与重选—浮选流程相近的技术指标,且该工艺流程简单,易于工业化实施,故推荐单一浮选的工艺流程作为选矿中间试验或矿产资源开发的工艺流程,其试验流程见图 1。

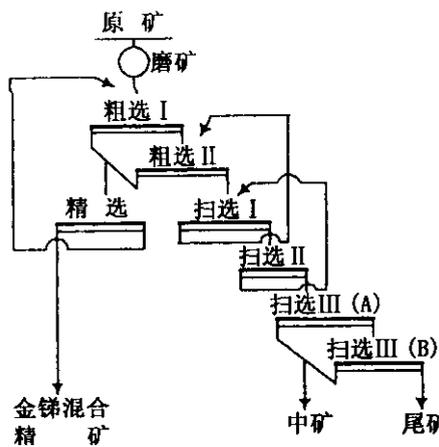


图 1 单一浮选试验流程

3 金锑混合精矿综合回收试验

金锑混合精矿综合回收试验原则工艺流程见图 2。

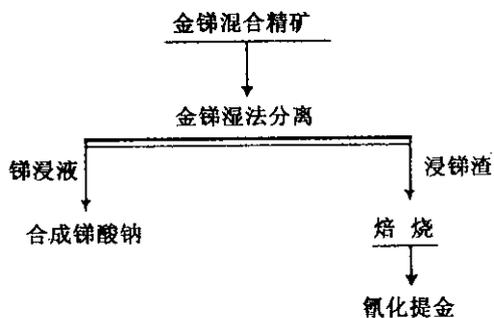


图 2 金锑混合精矿综合回收试验原则流程

金—锑湿法分离可供选择的常用方法有硫化碱法、酸性浸出法等。为了进一步降低锑浸液中金的浸出率,经过大量的条件试验研究,确定采用新型浸出剂 MS。实验室条件试验结果表明;在锑浸液中 Sb 浸出率达 98.56%、Au 浸出率仅 4.19%。同时可将 91% 的硫富集在浸出渣中,金、锑、硫的走向集中,便于后续工序综合回收利用。

以 Au—Sb 湿法分离后的锑浸液为原料生产锑酸钠,锑的直接回收率为 87%,锑的冶炼总回收率可达 90% 以上,产品主要杂质

As、Pb、Fe 含量远远低于国家标准,达到了优质锑酸钠产品的技术指标要求。

浸锑渣中元素硫的含量高达 44%,可利用硫直接自烘焙烧而不需额外的焙烧热源。焙烧过程中,元素硫呈 SO_2 挥发脱除,硫挥发率高达 99%,挥发的 SO_2 可用来制取硫酸等化工产品,使硫得到综合利用。浸锑渣焙砂采用氰化浸出工艺,金浸出率高达 97%。浸金贵液可采用炭吸附—电积—熔炼的成熟工艺提金。

4 结 语

1. 试样为典型的自然金—辉锑矿—石英三元体系的金锑共生矿。辉锑矿易解离、氧化和泥化,并产生严重的絮凝团聚现象,加之有占总金 19.58%、由微细粒集合体与氧化锑或硅酸盐矿物均匀混杂的富金集合体的存

在,对提高金、锑回收率和降低尾矿中锑、金品位造成了一定的难度。

2. 选矿试验采用一段磨矿的单一浮选流程或采用阶段磨矿的重选—浮选流程,并选择主要获得金锑混合精矿和部分中矿的产品方案,取得了较好的选矿指标,解决了该金锑共生矿的选矿富集技术问题。推荐采用一段磨矿的单一浮选流程作为选矿中间试验或矿产资源开发的工艺流程。

3. 选矿获得的金锑混合精矿经 MS 浸出剂进行金—锑湿法分离后,选用适当的工艺能将金、锑和硫有效地综合回收利用。

参考文献:

- 1 胡熙庚主编. 有色金属硫化矿选矿[M]. 北京:冶金工业出版社,1987.
- 2 徐天允,徐正春主编. 金的氰化与冶炼[M]. 沈阳:沈阳黄金学院,1993.

Experimental Research on Mineral Processing Technology for A Gold-Antimony Intergrown Ore

HUANG Yun-jie, LIU Min, LIU Shu-ping

(Chengdu Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu, Sichuan, China)

Abstract: Based on the mineralogical research, a combined gravity-flotation flowsheet adopting one-stage grinding single flotation or stage grinding-gravity-flotation technology for treating a gold - antimony intergrown ore was developed. Experimental results obtained by this combined flowsheet are as follows: the yield of Au — Sb bulk concentrate assaying 22.80~24.65g/tAu and 56.35%~60.69%Sb is 27.45%~29.64%. The recovery of gold and antimony is 90.89%~91.31% and 93.33%~94.47% respectively. The methods for comprehensive recovery of the valuable constituents occurred in the ore were briefly described in this paper.

Key words: Gold - Antimony intergrown ore; Flotation; Gravity concentration; Hydrometallurgical separation