

安徽某高砷高硫难处理金矿选矿试验研究

李 岩 刘 爽 徐 政
(北京有色金属研究总院)

摘 要 对安徽某高砷高硫难处理金矿进行了详细的矿物学研究,在此基础上提出了磁重联合试验方案,并通过磁选入选细度、磁场强度、重选入选细度等条件试验,最终得到含硫 36.11%,含砷 0.03%,回收率为 17.81% 的合格硫精矿及含金 16.84g/t,含砷 13.63%,金回收率为 47.63% 的金精矿。

关键词 难处理金矿 工艺矿物学 重选

Investigation of Beneficiation for a High Arsenic & Sulfur-containing Gold Ore from Anhui Province

Li Yan Liu Shuang Xu Zheng
(Beijing General Research Institute for Nonferrous Metals)

Abstract The detailed mineralogical study about a high arsenic & sulfur-containing gold ore is carried out, and based on this, a magnetic separation-gravity joint test process is proposed. After the conditioning tests of grinding size for magnetic separation, magnetic strength, fineness for gravity separation etc., the qualified sulfur concentrate with a 17.81% of recovery containing 36.11% of sulfur and 0.03% of arsenic, and gold concentrate with a 47.63% of recovery containing 16.84% of gold and 13.63% of arsenic are obtained.

Keywords Refractory gold ore, Process mineralogy, Gravity concentration

随着易处理金矿资源的日益减少,黄金冶炼厂逐步将难处理金精矿作为其部分生产原料^[1]。难处理金矿主要包括含砷硫化金矿、含碳金矿、超细粒嵌布金矿和含金多金属硫化矿,其中以含砷硫化金矿的储量最高^[1]。此种矿石中的金往往以微细粒(或次显微金)形式被包裹或者浸染在黄铁矿和砷黄铁矿的晶格中,因而难以通过细磨等机械方法将其解离(或裸露),导致氰化浸出回收困难,通常需经过选矿富集,再做进一步处理^[2]。

高砷高硫金矿的选矿通常有重选、浮选两种方法。一般而言,对于含粗粒游离自然金及含少量硫化物的含金石英脉矿石,或自然金包裹在毒砂中的,宜采用重选方法予以回收;对自然金包裹在硫化矿中的,宜采用浮选法予以回收^[3]。本试验从工艺矿物学入手,详细分析了安徽某高砷高硫难处理金矿中金、砷、硫的赋存状态,通过不同含金矿物的性质差异,确定了以重选为主的选矿工艺,并通过条件试验,确定了最佳的工艺技术参数。

1 试验原料

安徽某高砷高硫金矿中的其它金属矿物主要是

黄铁矿(部分碎裂、蚀变为胶黄铁矿)、磁黄铁矿、毒砂等,局部矿块见有少量闪锌矿、方铅矿、黄铜矿等金属硫化物;脉石矿物很少,主要是碳酸盐矿物方解石和白云石,其次为粘土矿物、蚀变矿物绿泥石和绢云母,及少量石英、长石等。部分金以微细粒自然金的形态存在,大部分与砷黄铁矿、胶黄铁矿及脉石密切共生,极难解离。总体而言,该矿含砷、含硫高,金难以解离,属于典型的难处理金矿。原矿主要元素化学分析结果见表1,金的分布及平衡计算见表2,硫的分布及平衡计算见表3。

表1 原矿主要元素化学分析结果 %

元 素	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As
含 量	0.05	0.08	0.58	3.31	23.5	2.83
元 素	S	Fe	Ca	Mg	SiO ₂	Al ₂ O ₃
含 量	38.51	47.46	0.38	1.19	2.24	0.76

注: Au, Ag 的单位为 g/t。

从表1~表3可知,原矿砷品位为2.83%,硫品

李 岩(1981—),男,北京有色金属研究总院生物冶金国家工程实验室,硕士,工程师,100088 北京市西城区新街口外大街2号。

位为 38.51%，除金、铁外，其他有价金属元素含量极低，属高砷高硫金矿。金在自然金、黄铁矿及毒砂中均有较高的分布，但黄铁矿中的金品位较低，为 1.45 g/t。原矿中的砷主要分布在毒砂中，硫主要分布在黄铁矿中。

表 2 金的分布和平衡计算

矿物名称	矿物含量 /%	矿物含金量 / (g/t)	金在矿石中分布率 /%
自然金、银金矿	痕量	95×10^4	18.62
磁黄铁矿	18.01	0.50	2.72
黄铁矿	61.57	1.45	26.92
毒砂	7.48	15.05	33.95
总脉石	12.94	4.56	17.79
合计	100.00	3.32	100.00

表 3 硫的分布和平衡计算 %

矿物名称	矿物含量	矿物中的硫含量	硫在矿石中分布率
磁黄铁矿	18.01	35.46	15.70
黄铁矿	61.57	53.40	80.84
毒砂	7.48	18.60	3.42
其他	12.94	0.01	0.04
合计	100.00	40.67	100.00

表 4 磁选细度条件试验结果

磨矿细度 (-200 目) / %	产品名称	产率 / %	品 位			回收率 / %		
			Au / (g/t)	As / %	S / %	Au	As	S
50	硫精矿	19.03	0.42	0.05	36.58	2.38	0.33	17.97
	尾矿	80.97	4.04	3.55	39.25	97.62	99.67	82.03
	原矿	100.00	3.35	2.88	38.74	100.00	100.00	100.00
60	硫精矿	17.74	0.41	0.03	35.96	2.21	0.19	16.97
	尾矿	82.26	3.92	3.47	37.96	97.79	99.81	83.03
	原矿	100.00	3.29	2.86	37.60	100.00	100.00	100.00
70	硫精矿	17.69	0.37	0.03	35.96	2.00	0.19	16.95
	尾矿	82.31	3.89	3.48	37.86	98.00	99.81	83.05
	原矿	100.00	3.26	2.87	37.53	100.00	100.00	100.00
80	硫精矿	17.63	0.32	0.02	36.08	1.69	0.13	16.55
	尾矿	82.37	3.98	3.41	38.94	98.31	99.87	83.45
	原矿	100.00	3.33	2.82	38.44	100.00	100.00	100.00

由表 4 可知，随着磨矿细度的增加，硫精矿中金、砷、硫的品位变化都不大，但硫的回收率随着磨矿细度的增加而稍有减少，在磨矿细度为 -200 目 50% 时，硫的回收率为 17.97%，为最优指标。考虑到本矿第一价值金属为金，其次为硫，磨矿细度由最终重选选金指标确定。

2.3 磁选场强试验

试验流程图如图 2 所示，试验结果见表 5。

由表 5 可知，随着磁场强度的增加，磁硫精矿中

2 选矿试验研究

2.1 试验方案论证

由于本试样含有 18.01% 的强磁性矿物磁黄铁矿，此矿物含金、砷均最低，因此采用磁选法可很容易获得合格的硫精矿，金、砷则在磁选尾矿中得到富集；毒砂及黄铁矿的天然可浮性相近，且黄铁矿矿物量大、金含量低，因此通过浮选法既不能使砷硫得到分离，也不能使金得到进一步的富集；但自然金及毒砂的密度比黄铁矿大，采用重选法可以分离，从而回收金、砷。

2.2 磁选细度试验

矿样的粒度组成是影响磁选结果的重要因素，试验首先在磁场强度为 79.61 kA/m 的条件下，对磨矿细度进行了条件试验。试验流程如图 1 所示，试验结果见表 4。

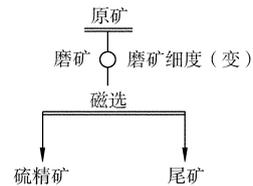


图 1 磁选细度条件试验流程

金、砷、硫的品位变化不大，对金、砷的回收率影响也较小，仅硫的回收率稍有增加，但在磁场强度超过 79.61 kA/m 后，增幅开始下降，综合考虑，磁场强度选择 79.61 kA/m。

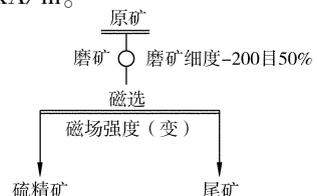


图 2 磁选场强条件试验流程

表5 磁选场强条件试验结果

磁场强度 (kA/m)	产品名称	产率 /%	品 位			回收率/%		
			Au/(g/t)	As/%	S/%	Au	As	S
63.69	硫精矿	18.10	0.40	0.03	35.89	2.22	0.19	16.86
	尾 矿	81.90	3.90	3.55	39.11	97.78	99.81	83.14
	原 矿	100.00	3.27	2.91	38.53	100.00	100.00	100.00
79.61	硫精矿	19.03	0.42	0.05	36.58	2.38	0.33	17.97
	尾 矿	80.97	4.04	3.55	39.25	97.62	99.67	82.03
	原 矿	100.00	3.35	2.88	38.74	100.00	100.00	100.00
95.54	硫精矿	19.10	0.46	0.05	36.11	2.56	0.34	17.95
	尾 矿	80.90	4.13	3.46	38.97	97.44	99.66	82.05
	原 矿	100.00	3.43	2.81	38.42	100.00	100.00	100.00
111.46	硫精矿	19.57	0.45	0.04	36.17	2.61	0.28	18.45
	尾 矿	80.43	4.08	3.45	38.91	97.39	99.72	81.55
	原 矿	100.00	3.37	2.78	38.37	100.00	100.00	100.00

2.4 重选细度试验

试验的最终目的是获得较好指标的金精矿,而重选是富集金的主要作业,因此需通过重选确定最

优入选细度。将图1的磁选尾矿作为给矿继续进行摇床重选的细度条件试验,试验结果见表6。

表6 摇床重选细度条件试验结果

磨矿细度 (-200目)/%	产品名称	产率 /%	品 位			回收率/%		
			Au/(g/t)	As/%	S/%	Au	As	S
50	重选精矿	20.66	8.75	7.52	41.35	53.92	53.88	22.05
	尾 矿	60.31	2.43	2.19	38.53	43.70	45.79	59.98
	给 矿	80.97	4.04	3.55	39.25	97.62	99.67	82.03
55	重选精矿	19.02	9.21	7.85	42.12	52.86	52.12	20.79
	尾 矿	62.46	2.40	2.19	38.13	45.24	47.74	61.80
	给 矿	81.49	3.99	3.51	39.06	98.10	99.86	82.59
60	重选精矿	9.91	14.04	12.26	41.87	42.24	42.57	11.04
	尾 矿	72.34	2.53	2.26	37.42	55.55	57.25	71.99
	给 矿	82.26	3.92	3.47	37.96	97.79	99.81	83.03
70	重选精矿	7.64	15.39	13.20	42.21	36.01	35.20	8.59
	尾 矿	74.67	2.71	2.48	37.42	61.98	64.62	74.46
	给 矿	82.31	3.89	3.48	37.86	98.00	99.81	83.05
80	重选精矿	6.85	16.96	13.36	39.15	34.88	32.54	6.98
	尾 矿	75.52	2.80	2.51	38.92	63.43	67.34	76.47
	给 矿	82.37	3.98	3.41	38.94	98.31	99.87	83.45

由表6可知,随着磨矿细度的提高,重选精矿中金的品位提高幅度显著,从8.75%提高至16.96%,但回收率下降明显,从53.92%下降至32.54%。这一结果表明,磨矿一方面有利于金矿物的单体解离,从而提高精矿品位;另一方面金矿物或载金矿物颗粒太细,摇床重选难以回收。考虑到此精矿需要精选,从实现较高的金回收率的角度出发,确定-200目占50%作为摇床粗选的最佳入选粒度,此细度与磁选时得到的合适粒度吻合。

2.5 重选精矿再磨再重选细度试验

选别试验全流程见图3,试验结果见表7。

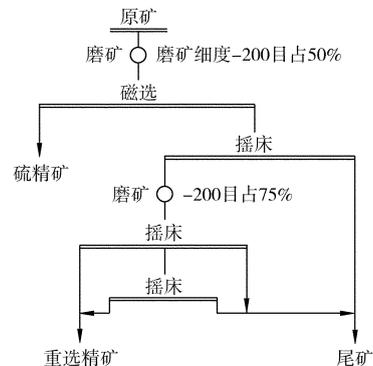


图3 重选粗精矿再磨细度条件试验流程

(下转第184页)

结果见表 9。

表 9 9 批次工业试验指标的综合结果 %

产品名称	产 率	品 位			回 收 率	
		Ni	Cu	MgO	Ni	Cu
精 矿	1.16	2.78	1.01	8.25	14.02	7.32
尾 矿	98.84	0.20	0.15		85.98	92.68
给 矿	100.00	0.23	0.16		100.00	100.00

由表 9 可知,采用旋流喷射浮选柱回收铜镍尾矿中的镍,精矿中镍的作业回收率 14.02%,镍品位为 2.78%,铜回收率为 7.32%,铜品位为 1.01%,MgO 含量也降到了 8.25%,试验指标达到该铜镍尾矿再回收的要求。

4 结 论

(1)采用旋流喷射浮选柱,经 1 次粗选、1 次扫选、3 次精选可从含镍 0.23% 的尾矿中得到镍品位 2.78%、回收率 14.02% 的铜镍精矿,同时将 MgO 含量降到了 8.25%,经济技术指标理想。

(2)与浮选机的对比试验表明,旋流喷射浮选柱在处理矿物粒度细、有价值组分含量低的尾矿时优势明显。

(3)工艺、设备和药剂技术的进步,为从新、陈铜镍尾矿中回收流失的镍铜提供了保障,在经济高速增长、资源匮乏的今天,具有重大的现实意义。

参 考 文 献

- [1] 张淑会,薛向欣,刘 然,等.尾矿综合利用现状及其展望[J].矿冶工程,2005(3):44-47.
- [2] 程 瑜,宋永胜,李 宾,等.微细粒黄铁矿柱浮选试验研究[J].金属矿山,2009(6):64-68.
- [3] 李 林.某选镍尾矿中镍再回收的试验研究[J].矿产保护和利用,2009(4):50-52.
- [4] 程 瑜.旋流喷射浮选柱充气性能及应用研究[D].北京:北京有色金属研究总院,2009.

(收稿日期 2010-08-12)

(上接第 77 页)

表 7 重选精选细度条件试验结果

磨矿细度 (-200 目)/%	产品名称	产 率 /%	品 位			回收率/%		
			Au/(g/t)	As/%	S/%	Au	As	S
55	硫精矿	19.07	0.57	0.03	36.11	3.20	0.20	17.81
	重选精矿	10.25	14.04	13.79	42.30	42.43	49.05	11.22
	尾 矿	70.68	2.61	2.07	38.82	54.37	50.75	70.97
	原 矿	100.00	3.39	2.88	38.66	100.00	100.00	100.00
65	硫精矿	19.07	0.57	0.03	36.11	3.20	0.20	17.81
	重选精矿	9.93	15.50	13.86	41.84	45.34	47.78	10.74
	尾 矿	71.01	2.46	2.11	38.90	51.46	52.02	71.45
	原 矿	100.00	3.39	2.88	38.66	100.00	100.00	100.00
75	硫精矿	19.07	0.57	0.03	36.11	3.20	0.20	17.81
	重选精矿	9.60	16.84	13.63	42.12	47.63	45.49	10.46
	尾 矿	71.33	2.34	2.19	38.88	49.17	54.31	71.73
	原 矿	100.00	3.39	2.88	38.66	100.00	100.00	100.00
85	硫精矿	19.07	0.57	0.03	36.11	3.20	0.20	17.81
	重选精矿	9.60	13.05	13.68	41.94	36.91	45.58	10.41
	尾 矿	71.33	2.85	2.19	38.90	59.89	54.22	71.78
	原 矿	100.00	3.39	2.88	38.66	100.00	100.00	100.00

由表 7 所知,原矿首先在 -200 目 50% 的细度下进行磁选和摇床粗选,重选粗精矿进一步细磨至 -200 目 75% 时可得到金品位为 16.84 g/t,回收率为 47.63% 的重选金精矿,同时,将 45.49% 的砷富集至金精矿。重选尾矿中仍含有品位为 38.88% 的硫,且回收率高达 71.73%,但含砷较高,为 2.19%,无法直接使用,因此必须进行再加工,使其中砷的含量降至符合工业应用要求。

3 结 论

(1)安徽某高砷高硫金矿中的金属矿物主要是黄铁矿(部分碎裂、蚀变为胶黄铁矿)、磁黄铁矿、毒砂等,金部分为以微细粒自然金的形态存在,大部分与砷黄铁矿、胶黄铁矿及脉石密切共生,难解离,属

于典型的难处理金矿。

(2)原矿首先经过磁选可得到含硫 36.11%,含砷 0.03%,硫回收率为 17.81% 的合格硫精矿,磁选尾矿再经过摇床重选—磨矿—重选流程,可获得含金 16.84 g/t,含砷 13.63%,金回收率为 47.63% 的金精矿。

参 考 文 献

- [1] 薛 光,于永江.从含砷金精矿二段焙烧酸浸渣中氧化浸出金银的试验研究[J].黄金,2008(1):40-41.
- [2] 黎鼎鑫,王永禄.贵金属冶金[M].长沙:中南工业大学出版社,1991.
- [3] 罗新民,魏党生,叶从新.安徽马山金矿浮选降砷工艺研究[J].湖南有色金属,2007(10):6-8.

(收稿日期 2010-08-23)