

凡口铅锌矿银矿物浮选行为的试验研究^{*}

谢雪飞

(中南大学资源加工与生物工程学院,长沙,410083)

摘要 介绍了凡口铅锌矿对银矿物浮选行为的试验研究,结果表明 提高磨矿细度和采用不同捕收剂对伴生银的回收影响不大,但抑制剂石灰的用量对伴生银的回收影响较大。

关键词 银矿物 浮选行为 综合回收 凡口铅锌矿

中图分类号 TD923 TD953 **文献标识码** B **文章编号** 1001-0076(2004)06-0030-04

Study on Flotation Behavior of Silver Minerals in Pb-Zn Ore from Fankou Mine

XIE Xue-fei

(School of Minerals Processing & Bioengineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract : This article introduces the experimental study on flotation behavior of silver minerals in Pb-Zn ore from Fankou Mine. Experimental results show that there is little effect on silver accompanying recovering in the ore by increasing grinding fineness and using different collector, but lime dosage has more effect.

Key words : silver minerals ; flotation behavior ; multipurpose recovery ; Fankou Pb-Zn Mine

凡口铅锌矿是我国大型铅锌原料生产基地,目前年产铅锌金属达14万吨以上,铅锌精矿中富含银金属,其中铅精矿含银550~650 g/t,锌精矿含银180~250 g/t,铅锌混合精矿含银约280~380 g/t,仅综合回收的伴生银,年产值就可达400万元以上,经济效益非常显著。为进一步提高伴生银的综合回收率,有必要对原矿石及其所含银矿物的浮选行为等回收伴生银的影响因素,进行试验研究。

1 矿石特性

凡口铅锌矿的主要金属矿物为方铅矿、闪锌矿和黄铁矿,脉石矿物主要是石英、方解石等,原矿品位约为Pb 4.5%、Zn 10.5%、Fe 22%、S 25%、Ag 100 g/t。原矿石为中低温热液裂隙充填交代形成的细粒不均匀复杂嵌布的铅锌铁高硫复杂硫化矿,各种硫化矿物和脉石之间关系密切,溶蚀交代现

象严重,在黄铁矿、闪锌矿和脉石之间的间隙或裂隙中充填细粒方铅矿。方铅矿、闪锌矿和黄铁矿呈中细粒不均匀嵌布,粒度小于0.074 mm的分别占35%、17%和49%,小于0.02 mm粒级的占16%、4%、8%。银矿物主要为深红银矿、银黝铜矿以及少量的硫锑银铅矿和硫锑银铜矿等,深红银矿则是其中最主要的银矿物,银的硫化矿和自然银则含量很小(见表1)。银矿物粒度也比较细,0.074~0.01 mm约占90%,平均粒度为0.015 mm。这些银矿物主要分布在方铅矿、闪锌矿、黄铁矿和脉石中,其中约有62%~73%与方铅矿有关,约21%~31%与闪锌矿有关,分布情况详见表2。由表2也可看出,80%以上的银矿物都以固定银的形态分布在金属矿物中。

由于银矿物主要分布在方铅矿和闪锌矿中,而且呈微细粒包裹在方铅矿或沿方铅矿与其它矿物的

^{*} 收稿日期 2004-04-09 修回日期 2004-07-30

作者简介:谢雪飞(1968-),男,广东连平人,高级工程师,在读工程硕士,现主要从事铅锌矿银矿物浮选研究。

晶界分布,或者呈细脉状分布和不规则粒状被闪锌矿包裹,加上粒度细小,在磨矿过程中不能单体解离,比如,即使闪锌矿被磨至 -0.005 mm ,仍有约 60% 以上的银矿物被闪锌矿严密包裹,所以,银矿物只能在浮选中随载体矿物方铅矿或闪锌矿进入铅精矿和锌精矿中,而不能单独选出银精矿。

表 1 银矿物的含量与嵌布粒度

类别	矿物名称	嵌布粒度(μm)	矿物含银量(%)	金属占有率(%)
银的硫酸盐矿物	深红银矿	2~300	60.31	70.31
	银黝铜矿	2~180	18.62	26.58
	硫锑银铅矿	4~67	23.76	1.61
	硫锑银铜矿	1~300	66.08	0.85
银的硫化物	螺状硫银矿	5~20	88.19	0.54
自然金属	自然银	1~10	100	0.11

表 2 原矿中银矿物的分布统计

矿物名称	矿物分布率(%)	矿物含银(g/t)		分布量(g/t)		分布率(%)	
		裸露银	固定银	裸露银	固定银	裸露银	固定银
方铅矿	5.89	160	1065	9.42	62.72	7.1	47.3
闪锌矿	17.18	35	215	6.01	36.94	4.5	27.8
黄铁矿	35.28	18	22	6.35	7.76	4.8	5.8
脉石	41.65				3.58		2.7
合计	100			21.78	111	16.4	83.6

表 4 银在不同粒级中的分布

粒级(μm)	产率(%)	含银(g/t)	裸露银		分布量(g/t)		分布率(%)	
			银(g/t)	占有率(%)	总银	裸露银	总银	裸露银
80~40	43.4	115	20	17.4	49.91	8.68	39	23.7
40~20	29.1	140	32.5	23.2	40.74	9.46	31.9	25.8
20~10	1.8	135	64	47.4	2.43	1.15	1.9	3.1
<10	25.7	135	67.5	50	34.7	17.34	27.2	47.4
合计	100.0				127.78	36.62	100.0	100.0

大量试验证明,对于凡口铅锌矿石,提高磨矿细度可以提高铅、锌的回收率,减少损失。图 1 是在混合浮选的条件下,磨矿细度对铅、锌、银回收率的影响曲线。可以看出,随着磨矿细度的提高,铅、锌回收率都有较明显的提高。但是,银的回收率提高不明显,说明银矿物的回收对磨矿细度的依赖没有铅、锌那么明显。图 1 中,当磨矿细度在 -200 目含量达到 80% 以上时,银的回收率在 88%~90% 之间,继续增加磨矿细度,银的回收率基本未发生变化。根据银矿物的分布,黄铁矿、脉石中仍有约 8.5% 的

2 银矿物浮选行为的试验研究

2.1 磨矿细度试验

试验将原矿石磨至 $-80\text{ }\mu\text{m}$ 、 $-40\text{ }\mu\text{m}$ 、 $-20\text{ }\mu\text{m}$ 、 $-10\text{ }\mu\text{m}$,分别测定其银矿物的单体和裸露银的连生体,结果见表 3。

表 3 不同磨矿细度条件下独立银的测定结果

磨矿细度(μm)	银矿物含量(g/t)	银单体与裸露银含量(g/t)	金属占有率(%)
-80	130	41.0	31.5
-40	130	47.5	36.5
-20	130	60	46.2
-10	130	65	50

从表 3 可以看出,即使将矿石磨至 $-20\text{ }\mu\text{m}$,其单体银和裸露银矿物的占有率依然低于 50%,银矿物的单体解离度就更低。进一步将 $-80\text{ }\mu\text{m}$ 磨矿产品进行分级考查银的分布规律,发现银并没有显著的富集现象(见表 4),表 4 也说明银的单体解离度很低,但裸露银随着矿物粒度的变细,含银比例增大,这也证明了矿石中的银主要以微细包裹体存在,即使细磨也难以使其充分解离,至于方铅矿、黄铁矿中部分类质同象和机械夹杂的银更不可能解离,而这些必然给银的回收带来困难。

固定银矿物存在,但粒度细小,因此靠提高磨矿细度的方法来提高银的回收率,是难以达到目的的。

2.2 浮选速度试验

在不添加任何活化剂和抑制剂的情况下,进行铅、锌、银三种矿物的浮选速度试验,得到三种矿物的浮选时间与回收率关系曲线,如图 2 所示。从图 2 可以看出,方铅矿的浮选速度开始表现很快,3 min 后,速度逐渐变慢;闪锌矿开始就平稳地增加,且其表现接近于一条直线;而银矿物的浮选速度则一开

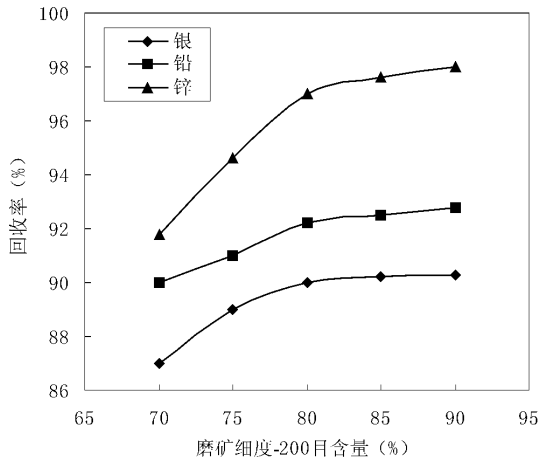


图1 磨矿细度对铅、锌、银回收率的影响曲线

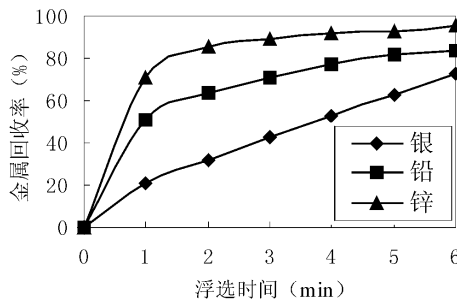


图2 铅、锌、银矿物浮选速度曲线

始表现很快,2 min 后明显变慢,并呈一直线,这种现象说明,银矿物的浮选速度界于铅和锌之间。造成这个现象的主要原因并非银矿物的浮选性质,而是银的赋存状态。从前述银在方铅矿和闪锌矿中的存在形式可以知道,方铅矿中的银主要以银矿物的显微包裹体形式存在,其粒度小于 20 μm 的占 80% 以上,还有少部分呈类质同象,在磨矿过程中基本上不能单体解离,在浮选过程中随方铅矿一起上浮,所以开始时浮选速度较快,而且表现出的图形与方铅矿接近。闪锌矿中除极少量的银矿物和方铅矿呈显微包裹体外,大部分银以次显微包裹体存在,前者难以解离,后者根本不会解离,因此,闪锌矿中的银大部分随闪锌矿上浮。由于铅的浮选速度远高于锌,而且两者均负载着各自所包含的银上浮,其结果就是导致银的浮选速度界于铅与锌之间。

2.3 石灰用量试验

凡口铅锌矿目前采用的是高碱分离高硫铅锌矿的浮选工艺流程,为说明碱度对铅锌铁分离的关键

作用,我们按矿石天然可浮性试验的磨矿细度、捕收剂与起泡剂用量进行了高碱介质条件下的矿石可浮性重复试验,在试验中添加了 8 kg/t 的石灰,并将石灰与丁黄药同时加入球磨机中,试验结果见图 3、4。

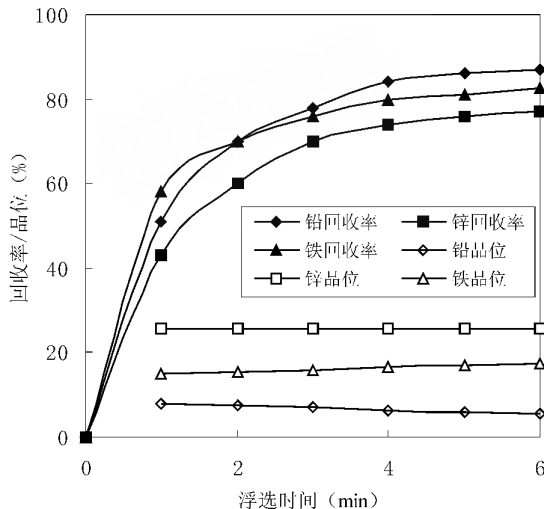


图3 矿石天然可浮性曲线

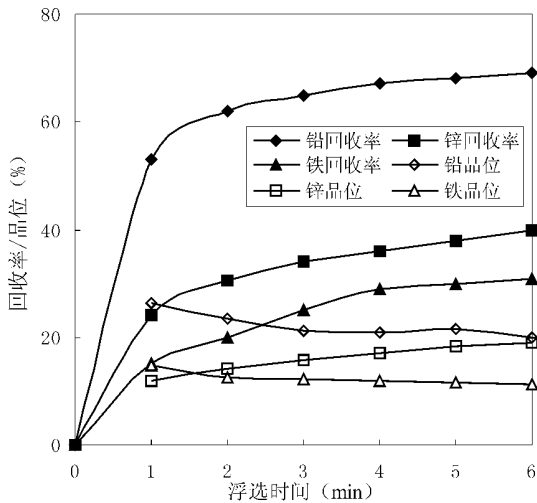


图4 高碱介质条件下矿石可浮性曲线

将图 3、图 4 进行比较,可以看出,高碱条件下矿物的可浮性发生了根本的变化:含量最多的黄铁矿受到强烈抑制,闪锌矿的浮游能力明显下降,黄铁矿和闪锌矿的品位与回收率急剧降低,方铅矿的选择性明显提高。例如,高碱介质与自然介质条件相比,铅品位从 5.9% 提高到了 19.96%,锌从 15.69% 下降到 12%,铁从 25.5% 下降到 16.62%。相应的铅回收率从 86.17% 下降到 69.33%,锌从 89.57% 下

降到 18.82%，铁从 85.75% 下降到 15.61%。

表 5 石灰对铅浮选的影响试验结果

石灰用量 (kg/t)	pH 值	铅粗精矿品位 (%)			回收率 (%)		
		Pb	Zn	Fe	Pb	Zn	Fe
0	7.2	10.45	6.20	32.60	85.00	24.18	70.09
1	8.5	17.25	11.70	24.70	85.24	28.01	32.58
2	11.5	20.70	8.60	24.40	84.72	16.76	26.39
4	11.9	21.75	7.50	24.30	84.53	14.33	25.69
6	12.0	22.85	7.45	24.20	84.22	13.63	24.65
8	>12	22.25	7.30	24.30	83.40	13.08	24.08

另外,从石灰用量试验结果(见表 5)看,随着石灰用量的增加,pH 值上升,黄铁矿与闪锌矿受抑制越明显,而方铅矿则相反,随着石灰用量的增加,铅

精矿品位提高,而回收率变化不大,在 pH 值达到 12 左右时,为最大值。这就说明,高碱介质条件下,捕收剂表现出对方铅矿有明显的选择性作用,这时方铅矿不会受到抑制,受到抑制的只是黄铁矿和闪锌矿,这正是我们的分离工艺所需要的。

但是,大量添加石灰,却影响银的回收。试验采用石灰作为调整剂,结果列于表 6。可以看出,随着石灰用量的增加,银的回收率下降。

2.4 不同捕收剂浮选试验

为了寻找能兼顾铅、锌、银浮选回收的捕收剂,提高银的回收率,我们选择了不同的捕收剂进行试验,结果列于表 7。从该试验结果看,用不同捕收剂回收银并无显著差异。

表 6 石灰用量对银回收率影响试验结果

石灰用量 (kg/t)	pH 值	铅粗精矿品位 (%)			Ag (g/t)	回收率 (%)			
		Pb	Zn	Fe		Pb	Zn	Fe	Ag
0	7.5	11.45	4.15	34.8	160.6	83.24	14.04	60.41	57.9
1	8	12.2	4.45	34.3	174.6	81.72	13.82	54.23	56.15
4	11.5	20.75	5.9	27.4	277.5	85.24	11.1	26.43	54.46
8	12.2	21.5	5.9	26.5	285	85.39	10.78	24.86	54.28
12	12.5	22.2	5.8	26.2	287.5	85.4	10.24	23.51	52.23

表 7 不同捕收剂对银的回收效果

技术条件	产品名称	产率 (%)	精矿含 Ag (g/t)	回收率 (%)
铅粗选捕收剂 乙硫氮 铅精选捕收剂 乙硫氮	原矿	100	132.07	100
	铅精矿	7.04	800	42.65
	锌精矿	19.75	270	40.37
	硫精矿	34.08	40	10.32
	尾矿	39.13	22.5	6.66
铅粗选捕收剂 乙硫氮 铅精选捕收剂 乙基黄药	原矿	100	127.19	100
	铅精矿	6.75	800	42.46
	锌精矿	19.67	270	41.96
	硫精矿	36.14	40	11.37
	尾矿	37.44	15	4.41
铅粗选捕收剂 胺醇黄药 铅精选捕收剂 胺醇黄药	原矿	100	127.27	100
	铅精矿	7.8	750	45.97
	锌精矿	19.49	250	38.29
	硫精矿	36.55	40	11.49
	尾矿	36.16	15	4.25

3 结 论

(1) 提高磨矿细度,有利于提高铅、锌回收率,但银的回收率没有明显的提高,因而,不能依靠提高磨矿细度的方法来达到提高银回收率的目的。

(2) 银矿物的浮游速度介于铅矿物与锌矿物之间,这是由银的赋存状态决定的,即银矿物大部分以微细包裹体的形式赋存于方铅矿或闪锌矿之间这种形式所决定的。

(3) 银矿物的浮选回收受石灰用量的影响较大,石灰用量增加,银的回收率下降,经多次试验验证,在兼顾铅、锌、银综合回收的前提下,石灰用量应控制在 4~8 kg 为宜。

(4) 从试验结果看,不同捕收剂对伴生银的回收效果差异并不明显,但从铅、银综合回收的角度考虑,生产上选铅作业应采取乙硫氮与乙基黄药混合使用较好。

参考文献:

[1] 罗良士,周加和,刘侦德. 高碱度分离高硫铅锌矿的研究与实践[J]. 有色金属,1998,50(增刊).
[2] 宣道中,刘侦德,戴晶平. 凡口铅锌矿分选工艺发展三十年[J]. 有色金属,1998,50(增刊).
[3] 谢雪飞,罗升. 高碱条件下综合回收伴生银的研究与实践[J]. 矿冶工程,2002,22.