



铅锌矿浮选尾矿选铁除硫试验研究

李吉云,陈慧杰,王 勇,白小平
(新疆矿产实验研究所,新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:新疆某铅锌银铁多金属矿石,含有磁黄铁矿 2%,在铅锌银浮选尾矿综合回收磁铁矿的流程中,致使铁精矿硫含量超标。通过对铅锌浮选尾矿选铁除硫试验研究,确定除硫药剂制度为:组合活化剂硫酸+Lc (368+20)g/t,捕收剂丁黄药+DH(15+5)g/t,可以获得全铁品位 67.97%,含硫 0.19%的铁精矿,磁铁矿中铁回收率达 87.64%的优良指标,且除硫药剂成本低廉。

关键词:磁铁矿;磁黄铁矿;浮选;铁硫分离;活化剂

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2014.02.014

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2014)02-0062-05

随着矿产资源的不断开发利用,我国有限的富矿和易选的铁矿资源逐渐减少,有的甚至已经枯竭,为满足铁矿资源的需求,大量的贫铁矿、含铁尾矿和一些难处理的铁矿石也逐渐被开发利用^[1]。

新疆某铅锌银铁多金属矿主要金属矿物有黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、(铁)闪锌矿、方铅矿、赤铁矿、褐铁矿及微量的黄铜矿等。矿山选矿设计流程为浮选+磁选回收矿石中的铅、锌、银、铁四种元素。铅锌银浮选尾矿选铁除硫工艺流程为:铅锌银浮选尾矿弱磁选回收磁铁矿,铁粗精矿再磨精选后浮选除硫。矿山选矿生产铁精矿除硫添加硫酸铜和硫化钠活化剂,丁基黄药和 DH 捕收剂,铁精矿硫含量在 1.2% 左右,导致铁精矿产品无法销售。本研究在不改变选矿生产选铁除硫的流程结构前提下,对选铁除硫药剂制度的进一步优化。

1 矿石的化学组成

1.1 原矿主要元素化学分析

原矿主要元素分析结果见表 1。

表 1 原矿主要元素分析结果/%

Table 1 The analysis results of the main elements of the raw ore

Pb	Zn	Cu	TFe	S
1.71	2.05	0.08	22.35	7.80
SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Ag*
35.38	7.09	3.71	2.79	42.71

* 单位为 g/t。

1.2 铁物相分析

原矿铁物相分析结果见表 2,铅锌浮选尾矿铁物相分析结果见表 3。

表 2 原矿铁物相分析结果/%

Table 2 The analysis results of iron phase of the raw ore

相别	磁铁矿	赤褐铁	磁黄铁	硅酸铁	菱铁矿	黄铁矿	全铁
	中铁	矿中铁	矿中铁	中铁	中铁	中铁	
含量/%	6.88	2.32	1.22	6.54	1.43	3.41	21.80
分布率/%	31.56	10.64	5.60	30.00	6.56	15.64	100.00

铁物相分析结果表明,原矿中铁矿物主要有磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿、黄铁矿和磁黄铁矿等。碳酸盐和硅酸盐矿物中的不可选铁占原矿全铁

的 36.56%,黄铁矿和磁黄铁矿中铁占全铁的 21.24%,可选的磁铁矿中铁品位 6.88%,占全铁的 31.56%。说明矿石中可选铁的品位低,含硫高,进而推断该矿全铁回收率在 30% 以下。

表 3 铅锌浮选尾矿铁物相分析结果

Table 3 The analysis results of the iron phase of the Pb-Zn flotation tailings

相别	磁铁矿	赤褐铁	磁黄铁	硅酸铁	菱铁矿	黄铁矿	全铁
	中铁	矿中铁	矿中铁	中铁	中铁	中铁	
含量/%	6.75	2.76	0.65	5.73	2.56	2.65	21.10
分布率/%	31.99	13.08	3.08	27.16	12.13	12.56	100.00

铅锌浮选尾矿铁物相分析结果表明,铅锌浮选作业基本不损失磁铁矿中铁。铅锌浮选尾矿通过弱磁选,磁黄铁矿和磁铁矿在铁精矿中同步富集,使铁精矿硫杂质含量超标,进而影响铁精矿质量和销售。

2 磁黄铁矿晶体与可浮性

磁黄铁矿[Fe_{1-x}S]具有单斜、六方、斜方 3 种同质多象变体,常见为六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿的混合物。磁黄铁矿化学式中的 x 值在 0~0.233 之间,当 x 接近于 0 时,为六方晶系结构,当 x 接近于 0.233 时为单斜晶体结构。二者磁性差别很大,六方晶系的磁黄铁矿磁性很弱,且硫铁比相对较低,磁选工艺可以脱除;而单斜晶系的磁黄铁矿磁性很强,且硫铁比相对较高^[2-3]。

单斜晶系磁黄铁矿与磁铁矿同属强磁性矿物,在弱磁场中很容易与其他矿物分离,而磁黄铁矿与磁铁矿之间的磁选分离几乎是不可能的。必须采用浮选工艺分离,而磁黄铁矿具有易碎、易泥化、易氧化的特点,是容易被抑制和较难浮的硫化铁矿物,给铁硫分离带来困难,必须添加适宜的活化剂才能有效分离。本次试验重点研究单斜磁黄铁矿的活化剂及活化效果。

3 试验结果及讨论

3.1 活化剂种类探索试验

铅锌浮选尾矿经一段弱磁选得铁粗精矿铁品位 61.57%,含硫 4.22%,铁粗精矿再磨至-0.074mm

80%精选后的铁精矿品位 67.43%,含硫 3.06%。磁黄铁矿具有强磁性,磁选过程中与磁铁矿同时富集,导致铁精矿含硫超标,必须采用浮选工艺进行铁硫分离。

鉴于磁黄铁矿可浮性较差,加之在铅锌浮选流程中磁黄铁矿被抑制过,因此,磁黄铁矿需要进行有效地活化,才能获得较好的除硫效果。磁黄铁活化剂种类探索试验,固定铁粗精矿再磨细度-0.074mm 92%,探索了活化剂 X+硫酸铜、氟硅酸钠+硫酸铜、硫酸+硫酸铜+Lc、硫化钠+硫酸铜等四组活化剂的除硫效果,试验结果表明,X+硫酸铜和硫酸+硫酸铜+Lc 两组活化剂的除硫效果明显好于其他活化剂,铁精矿含硫 0.30% 左右。

3.2 选铁除硫再磨细度试验

暂定活化剂种类及用量为硫酸+硫酸铜+Lc (184+35+20)g/t,浮硫捕收剂用量为丁黄药+DH (15+5)g/t,考察铁粗精矿再磨细度对选铁除硫指标的影响。选铁除硫再磨细度试验结果见图 1。

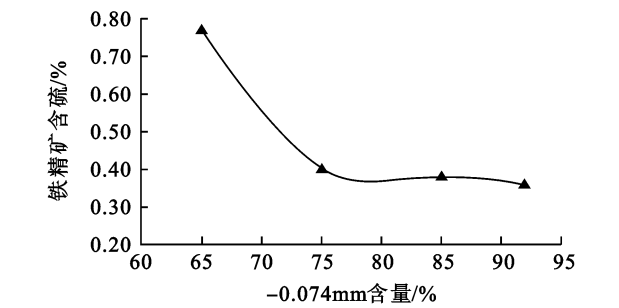


图 1 选铁除硫再磨细度试验结果

Fig. 1 The regrinding fineness test results of iron separation and sulphur removal

由图 1 可见,铁粗精矿再磨细度对除硫效果有较大的影响,随着再磨细度的增加,铁精矿含硫逐渐降低,再磨细度达到-0.074mm 80% 以上,铁精矿含硫变化不明显,确定选铁除硫再磨细度为-0.074mm 80%。

3.3 硫酸+硫酸铜+Lc 组合活化剂除硫条件试验

3.3.1 硫酸用量试验

固定选铁除硫试验条件为:铁粗精矿再磨细度

-0.074mm 80%, 浮硫捕收剂用量丁黄药+DH (15+5)g/t, 活化剂硫酸铜 35g/t、Lc 20g/t。考察四组硫酸用量对除硫指标的影响。试验获得铁精矿全铁品位均大于 65%, 硫酸用量试验结果见图 2。

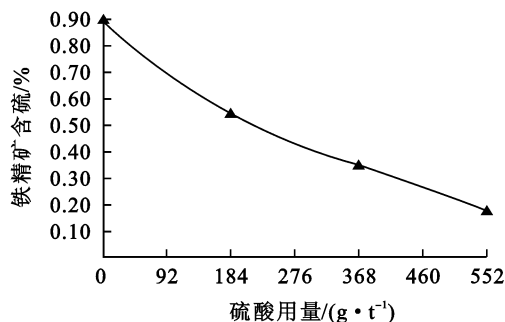


图 2 硫酸用量试验结果

Fig. 2 The test results of the dosage of sulfuric acid

由图 2 可见, 硫酸在硫酸+硫酸铜+Lc 组合活化剂中起到关键作用, 随着硫酸用量的增加, 铁精矿含硫直线下降, 硫酸用量为 500g/t 左右即可。

3.3.2 捕收剂用量试验

固定选铁除硫试验条件为: 铁粗精矿再磨细度 -0.074mm 80%, 活化剂硫酸+硫酸铜+Lc (552+35+20)g/t。考察捕收剂用量对除硫指标的影响。试验获得铁精矿全铁品位均大于 67%, 硫酸组合活化剂捕收剂用量试验结果见图 3。

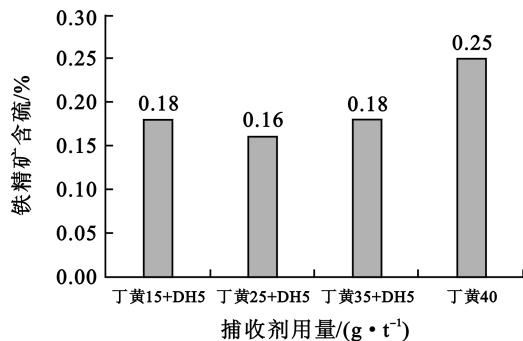


图 3 硫酸组合活化剂捕收剂用量试验结果

Fig. 3 The test results of the dosage of combined sulfuric activator and collector

由图 3 可见, 除硫捕收剂丁黄药与少量 DH 配合使用的效果明显好于单一丁黄药。丁黄药与 5g/t 的 DH, 丁黄药用量从 15g/t 增加至 35g/t, 铁精矿含

硫基本不变, 可见除硫捕收剂用量丁黄药 15g/t+DH5g/t 即可。

3.3.3 有无硫酸铜对比试验

组合活化剂硫酸+硫酸铜+Lc (552+35+20) g/t 活化磁黄铁矿, 可以获得铁精矿全铁品位 67.40%, 含硫 0.18% 的良好指标, 固定其他试验条件不变, 取消组合活化剂中的硫酸铜, 即硫酸+Lc (552+20) g/t, 试验获得铁精矿全铁品位 67.85%, 含硫 0.13% 的优良指标, 可见组合活化剂中的硫酸铜可以取消, 硫酸+Lc 组合活化剂可以获得优良的除硫效果。

3.4 X+硫酸铜组合活化剂除硫条件试验

3.4.1 X 活化剂用量试验

铁粗精矿再磨细度 -0.074mm 80%, 硫酸铜 200g/t, 丁黄药 50g/t, 2#油 10g/t, 进行了四组 X 活化剂的用量试验, 试验获得铁精矿全铁品位均大于 66%, X 活化剂用量试验结果见图 4。

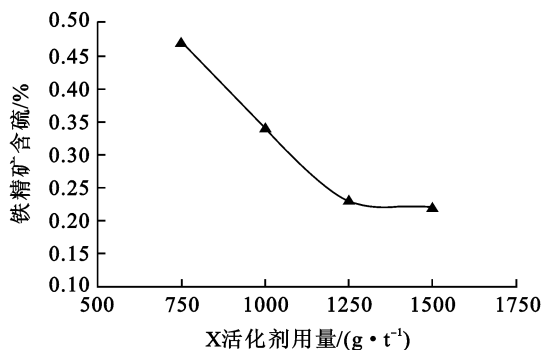


图 4 X 活化剂用量试验结果

Fig. 4 The test results of the dosage of X activator

由图 4 可见, X 活化剂的用量对除硫指标有重要影响, 随着 X 活化剂用量的增加, 铁精矿含硫逐渐降低, X 用量为 1250g/t 即可。

3.4.2 硫酸铜用量试验

铁粗精矿再磨细度 -0.074mm 80%, X 活化剂 1250g/t, 丁黄药 50g/t, 2#油 10g/t, 进行了四组硫酸铜的用量试验, 试验获得铁精矿全铁品位均大于 66%, 硫酸铜用量试验结果见图 5。由图 5 可见, 随着硫酸铜用量的增加, 铁精矿含硫反而逐渐升高, 硫

酸铜用量为 0g/t 时,铁精矿含硫 0.11%,达到最低,可见单一 X 活化剂的除硫效果更好。

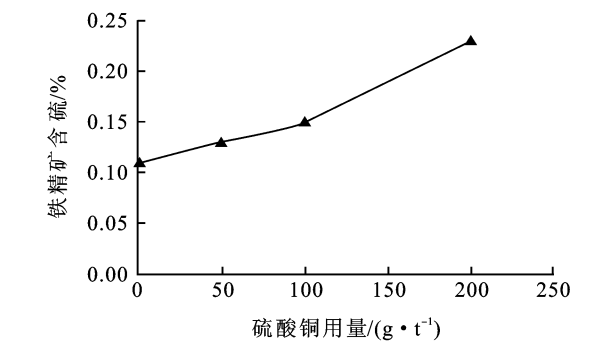


图 5 硫酸铜用量试验结果

Fig. 5 The test results of the dosage of copper sulfate

3.4.3 捕收剂用量试验

铁粗精矿再磨细度-0.074mm 80%, X 活化剂 1250g/t,考查捕收剂用量对除硫指标的影响。试验获得铁精矿全铁品位均大于 66%, X 活化剂捕收剂用量试验结果见图 6。

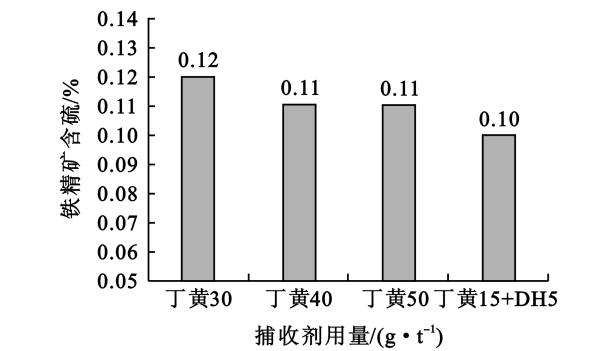


图 6 X 活化剂捕收剂用量试验

Fig. 6 The test of the dosage of the X activator and collector

由图 6 可见,随着捕收剂丁黄药用量的增加,铁精矿含硫基本不变,丁黄药与少量 DH 复配能够降低丁黄药的用量,但铁精矿含硫差别不大。采用 X 做活化剂,除硫捕收剂单一黄药 30g/t 即可。

4 全流程闭路试验

分别对 X 活化剂和硫酸+Lc 组合活化剂除硫进行了选铁除硫全流程闭路对比试验,试验流程见图 7,对比试验结果见表 4。

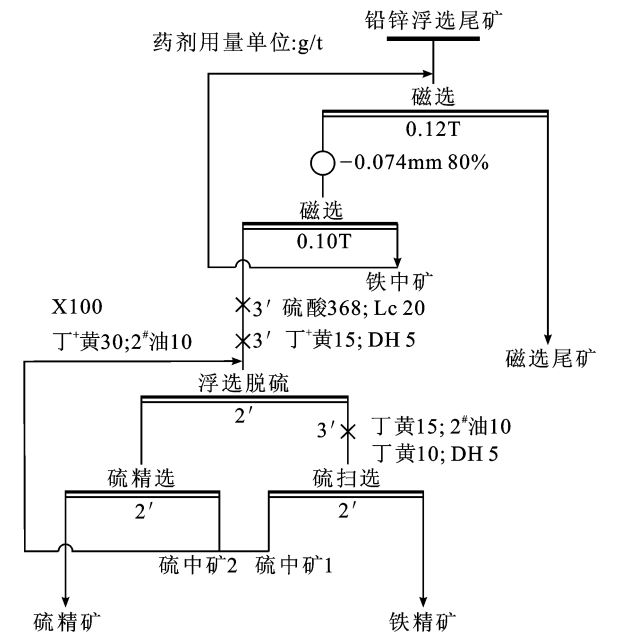


图 7 全流程闭路试验流程

Fig. 7 The flowsheet of the full process closed-circuit test

表 4 不同活化剂全流程闭路对比试验结果

Table 4 The contrast test results of the full process closed-circuit of different activator									
活化剂/(g · t ⁻¹)	产品	产率/%		品位/%		全铁回收率/%		硫回收率/%	
	名称	对作业	对原矿	全铁	硫	对作业	对原矿	对作业	对原矿
X	铁精矿	10.29	8.89	68.30	0.17	32.49	27.17	0.31	0.19
	硫精矿	1.90	1.64	61.41	27.24	5.39	4.51	9.18	5.74
1000	磁选尾矿	87.81	75.88	15.30	5.81	62.12	51.95	90.51	56.55
	浮选尾矿	100.00	86.41	21.63	5.64	100.00	83.63	100.00	62.48

续表

活化剂/(g·t ⁻¹)	产品	产率/%		品位/%		全铁回收率/%		硫回收率/%	
	名称	对作业	对原矿	全铁	硫	对作业	对原矿	对作业	对原矿
硫酸+Lc	铁精矿	10.55	9.10	67.97	0.19	33.07	27.66	0.36	0.22
	硫精矿	2.22	1.91	61.21	28.84	6.27	5.24	11.55	7.09
368+20	磁选尾矿	87.23	75.24	15.08	5.60	60.66	50.75	88.09	54.06
	浮选尾矿	100.00	86.25	21.68	5.55	100.00	83.65	100.00	61.37

由表 4 结果可知,X 活化剂除硫获得铁精矿全铁品位 68.30%,含硫 0.17%,全铁回收率 27.17%,磁铁矿中铁回收率 86.09%;硫酸+Lc 组合活化剂除硫获得铁精矿全铁品位 67.97%,含硫 0.19%,全铁回收率 27.66%,磁铁矿中铁回收率 87.64%。两种活化剂均可以获得优良的选铁除硫指标。按照当前药剂市场价格进行成本估算,X 活化剂除硫药剂成本 7.05 元/t 原矿,硫酸+Lc 组合活化剂除硫药剂成本 0.70 元/t 原矿。

5 结 论

(1)磁铁矿与磁黄铁矿分离,活化剂是关键,试验重点研究了铅锌浮选尾矿选铁除硫的药剂制度。采用 X 活化剂及硫酸+Lc 组合活化剂除硫,均能获得全铁品位大于 67%,含硫小于 0.20%的优级铁精矿。

(2)X 与硫酸作磁黄铁矿的活化剂各有优缺

点,X 不腐蚀设备,但用量大,价格贵,除硫成本高,硫酸属危险化学品且大量使用易腐蚀设备,但是价格便宜,成本低。针对该铅锌浮选尾矿,X 活化剂用量 1000g/t 与硫酸 368g/t+Lc20g/t 组合活化剂获得相同的技术指标,但 X 的除硫成本是硫酸的近 10 倍,最终推荐活化剂种类为硫酸+Lc 组合活化剂。

(3)试验获得选铁除硫工艺已经应用于矿山,目前选厂铅锌浮选尾矿选铁除硫作业可以获得铁精矿全铁品位大于 64%,含硫小于 0.30%的良好指标。

参考文献:

[1]曾建红,张明强等. 某高硫尾矿中铁矿物的回收试验研究[J]. 矿冶工程,2010(3):49-52.
[2]刘能云,邓海波,王虹. 分离高硫磁铁矿中磁黄铁矿的研究进展[J]. 有色矿冶,2009(5):17-20.
[3]常宝乾,张世银. 某富硫磁铁矿脱硫工艺技术研究[J]. 现代矿业,2010(8):123-124.

Experimental Research on Iron Separation and Sulphur Removal from the Flotation Tailings of a Lead-zinc Ore

Li Jiyun, Chen Huijie, Wang Yong, Bai Xiaoping

(Minerals Experimental Institute of Xinjiang Uighur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang, China)

Abstract: A lead-zinc-silver-iron polymetallic ore in Xinjiang contains 2% of pyrrhotite. The sulfur content of iron concentrate exceeds the standard when the comprehensive recovery of magnetite was carried on from the lead-zinc-silver flotation tailings. The reagent system of sulfur removal was determined through the research on iron separation and sulphur removal from the lead-zinc flotation tailings. When the dosage of the combined sulfuric activator was 368g/t+Lc 20g/t and the collector of butyl xanthogen 15g/t+DH 5g/t, an iron concentrate with 67.97% of TFe and 0.19% of S was obtained. The iron recovery in magnetite reaches 87.64%. The index is satisfactory.

Keywords: Magnetite; Pyrrhotite; Flotation; Separation of iron and sulphur; Activator