

# 安徽某硫铁矿烧渣铁的综合利用研究<sup>\*</sup>

甘永刚<sup>1,2</sup>

(1. 紫金矿业集团股份有限公司; 2. 低品位难处理黄金资源综合利用国家重点实验室, 福建 上杭, 364200)

**摘要:** 针对安徽某硫铁矿烧渣进行了单一重选、磁选、螺旋溜槽—摇床重选工艺、二段磁选—摇床重选工艺、二段磁选—螺旋溜槽重选联合工艺研究, 试验结果表明, 采用预先筛分—二段磁选—摇床重选联合工艺, 可得铁精矿品位 62% 以上、回收率 76.49%、 $S < 0.3\%$  的理想指标, 可为该硫铁矿烧渣铁综合回收提供技术依据。

**关键词:** 硫铁矿烧渣; 重选; 磁选; 综合回收

中图分类号: X781.3 文献标识码: B 文章编号: 1001-0076(2013)02-0022-04

## Study of Iron Comprehensive Utilization of Roasted Pyrite Slag From Anhui

GAN Yong-gang<sup>1,2</sup>

(1. Zijin Mining Group Co., Ltd.; 2. State Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Low Grade Refractory Gold Ore Fujian Shanghang 364200)

**Abstract:** For some roasted pyrite slag from Anhui province, studies was made applying several process, including single gravity separation, single magnetic separation, spiral chute - shaking table separation, two - stage magnetic separation - shaking table separation process, and two - stage magnetic separation - spiral chute separation joint process. The experimental results show that using the preliminary screening - two stage magnetic separation - shaking table separation joint process, an iron concentrate assaying 62% TFe was obtained with a recovery of 76.49%, and with S content less than 0.30%. The study provides a technical basis for the comprehensive utilization of the slag.

**Key words:** roasted pyrite slag; gravity concentration; magnetic separation; comprehensive utilization

## 1 前言

我国硫铁矿资源丰富、储量巨大,天然硫磺缺乏,因此硫铁矿成为我国硫磺、硫酸、亚硫酸盐等基础化学工业产品的最重要的原料。单从制酸厂排出的硫铁矿烧渣在每年 700 万吨以上,加上历史堆存的,数量巨大。由于国内硫铁矿烧渣铁品位低、有色金属含量少、硫及二氧化硅含量高等特点,使得我国硫铁矿烧渣的利用率较低,不到 50%<sup>[1]</sup>;除了少部

分进行了金、银、铜、铁等金属的综合回收,大部分只是堆存起来或作为水泥工业的添加料,这使得大量的废渣没有得到充分的利用,从而长期占用土地,造成环境污染,影响农业生产,危害人体健康。而国外部分国家,因研发强度大、产业政策好等原因,综合回收远远高于我国,如日本硫铁矿烧渣的利用率为 70~80%,美国为 80~85%,德国几乎为 100%<sup>[2]</sup>。因而,无论是从缓解矿产资源的日趋贫化,还是从治理环境等方面看,硫铁矿烧渣的综合利用都是重要

\* 收稿日期:2013-02-09;修回日期:2013-03-28

作者简介:甘永刚(1976-),男,江西南昌人,高级工程师,长期致力于固体矿产资源废弃物的综合利用研究。

的研究课题和热点。

## 2 试验原料性质研究

### 2.1 主要矿物组成

试验样品来自安徽省板桥地区。主要矿物有磁铁矿、磁赤铁矿、赤铁矿、褐铁矿,少量黄铁矿、石英、绢云母、水云母、氧化铜等矿物,微量自然金、银金矿、金银矿等金银合金。铁主要以氧化物形式存在,少量以硫化物存在;铜主要以细小的氧化铜矿物分散于铁氧化物中,少量以类质同象形式赋存在氧化铁矿物中。

### 2.2 原料多元素分析

原料光谱分析、多元素分析、铁物相分析分别见表1、2、3。

表1 光谱分析结果 /%

元素	Al	Si	Mg	Pb	Fe
含量	0.1	>10	0.1	0.1	>10
成分	Ti	Ca	Cu	Ag	Zn
含量	0.1	0.01	1.0	0.1	>1

表2 原矿多元素化学分析结果 /%

成分	Fe	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	TiO <sub>2</sub>	As
含量	50.82	12.07	3.35	1.29	1.90	1.74	0.28	0.08
成分	Pb	Zn	Cu	Mn	P	Ag*	Mo	Au*
含量	0.34	0.57	0.70	0.09	0.014	14.70	0.006	0.13

注: \* 含量单位为 g/t。

表3 铁物相分析结果 /%

相别	硫酸盐	硫化物	硅酸盐	磁性氧化铁	非磁性氧化铁	总量
铁含量	0.13	<0.10	0.53	10.60	39.45	50.76
分布率	0.26	0.10	1.04	20.88	77.72	100.00

从表1、2、3可见,Fe是该烧渣中主要可回收利用的元素,其它元素的含量较低,达不到综合利用的要求。按铁精矿的标准,元素S、Cu、Pb、Zn的含量均超过对有害元素的含量要求,回收中应考虑予以去除。

### 2.3 原料粒度分析

原料粒度分析结果见表4。

表4 粒度分析结果 /%

粒级/mm	产率	品位					分布率				
		Fe	S	Pb	Zn	SiO <sub>2</sub>	Fe	S	Pb	Zn	SiO <sub>2</sub>
+0.28	2.38	26.20	13.46	0.75	1.21	30.34	1.19	18.61	5.97	5.16	5.62
-0.28+0.15	1.58	28.12	5.46	0.36	1.16	38.73	0.85	5.02	1.90	3.28	4.76
-0.15+0.1	4.73	47.48	2.33	0.23	0.81	21.68	4.27	6.40	3.64	6.87	7.98
-0.1+0.074	18.42	57.59	2.02	0.22	0.59	11.43	20.18	21.66	13.54	19.47	16.39
-0.074+0.037	37.64	60.22	1.01	0.18	0.44	8.29	43.13	22.13	22.65	29.68	24.29
-0.037+0.019	24.50	53.36	1.11	0.36	0.56	14.19	24.88	15.84	29.48	24.58	27.07
-0.019+0.010	4.99	42.04	2.07	0.79	0.79	23.00	3.99	6.01	13.18	7.06	8.94
-0.010+0.005	0.90	37.89	2.83	0.94	1.01	25.50	0.65	1.48	2.83	1.63	1.79
-0.005	4.86	9.34	1.01	0.42	0.26	8.35	0.86	2.86	6.82	2.26	3.16
烧渣	100.00	52.55	1.72	0.30	0.56	12.84	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

从表4可见,该烧渣中S主要集中在粗粒级中,Fe主要集中在-0.1+0.019 mm的粒级中,品位也较高,S的含量相对较低。同时,Zn和SiO<sub>2</sub>的含量在+0.15 mm级别中较高,铁品位较低,仅占3.90%。

## 3 试验研究与讨论

硫铁矿烧渣难选的主要原因,一是由于硫铁矿烧渣中有益矿物与脉石矿物多以连生体形式存在;

二是硫铁矿烧渣中Si、S、Pb、Zn等的含量影响了铁矿物的纯度。为了达到较高的选别指标,就要破坏硫铁矿烧渣中这种有用矿物与脉石矿物连生体,在选别之前磨矿作业是必要的。同时,从粒度分析结果可以看出,粗粒级S含量较高,且Fe含量较低,+0.15 mm级别仅占2.03%,具体见表5。因此试验考虑先用0.15 mm筛子预先筛分,在少量损失Fe的情况下,进一步降低S、Si的含量。

表5 粒度分析结果

粒级(mm)	产率	品位					分布率				
		Fe	S	Pb	Zn	SiO <sub>2</sub>	Fe	S	Pb	Zn	SiO <sub>2</sub>
+0.15mm	3.96	26.97	2.03	0.59	1.19	33.69	2.03	23.62	7.87	8.44	10.39
-0.15mm	96.04	53.61	0.27	0.29	0.53	11.99	97.97	76.38	92.13	91.56	89.61
烧渣	100	52.55	0.34	0.30	0.56	12.84	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

### 3.1 单一选别工艺研究

硫铁矿烧渣中各种顺磁性物质的比磁化系数变化范围比较窄,磁性差异较小;铁矿物的氧化程度均不完全,除部分形成磁铁矿(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)外,大部分为假象、半假象赤铁矿(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>),深度氧化的赤铁矿含量低,因此磁选工艺要求磁场强度比较低,中场强磁选就可以使部分铁矿物得以回收<sup>[3]</sup>。另外,该烧渣中主要铁矿物与脉石矿物有密度差异,可以用重选加以选别<sup>[4]</sup>。因此对-0.15mm进行直接磁选、再磨磁选(再磨细度-200目含量82.93%),摇床重选探索试验,试验结果见表6。

从表6可见,采用直接磁选工艺精矿回收率较低,仅27.90%;磨矿磁选工艺回收率有所提高,为46.24%,且精矿中S的含量均较高。因此单一的磁选工艺不能实现铁的高效利用;采用单一摇床重选分选效果较好,铁精矿品位不仅达60%以上,同时回收率提高到65.81%,硫的含量已经降到0.3%左右。

表6 单一选别试验结果

选矿方法	产率		精矿		精矿回收率		S含量
	作业	对烧渣	品位	作业	对烧渣		
直接磁选	23.66	22.72	60.17	28.48	27.90	0.55	
再磨磁选	37.60	36.11	60.79	47.20	46.24	0.43	
摇床重选	56.68	54.44	60.23	67.18	65.81	0.30	

### 3.2 组合工艺研究

根据单一磁选、一段重选试验结果可知,采用单一工艺难以实现铁的综合高效利用。因此分别进行了螺旋溜槽—摇床重选工艺、二段磁选—摇床重选工艺、二段磁选—螺旋溜槽重选组合工艺研究。

#### 3.2.1 螺旋溜槽—摇床重选工艺研究

试验工艺流程、参数如图1所示,其中磨矿细度-200目98%,磨矿浓度为C=70%;试验结果如表7。

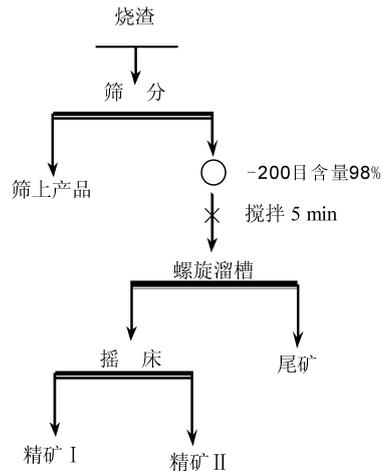


图1 螺旋溜槽—摇床重选工艺流程

表7 螺旋溜槽—摇床重选试验结果

产品名称	产率	品位		回收率	
		Fe	S	Fe	S
筛上产品	3.96	26.97	2.03	2.03	23.62
精矿I	23.78	62.34	0.271	29.75	2.95
精矿II	31.35	58.65	0.236	36.90	3.38
尾矿	40.91	38.13	3.76	31.32	70.05
烧渣	100.00	49.88	1.76	100.00	100.00

从表7可见,采用螺旋溜槽—摇床重选工艺,铁精矿I+精矿II的铁品位60.24%、铁回收率66.65%,且含硫控制在0.3%以下。

#### 3.2.2 二段磁选—螺旋溜槽重选工艺研究

试验工艺流程、参数如图2所示,其中磨矿细度-200目98%,磨矿浓度为C=70%;试验结果如表8。

表8 二段磁选—螺旋溜槽重选试验结果 /%

产品名称	产率	品位		回收率	
		Fe	S	Fe	S
筛上产品	3.96	26.97	2.03	2.03	23.62
精矿 I	29.42	61.23	0.286	36.16	3.84
精矿 II	11.90	63.22	0.272	15.10	1.48
尾矿	54.72	42.53	2.84	46.71	71.06
烧渣	100.0	49.88	1.75	100.0	100.0

表10 二段磁选—摇床重选试验结果 /%

产品名称	产率	品位		回收率	
		Fe	S	Fe	S
筛上产品	3.96	26.97	2.03	2.03	23.62
精矿 I	24.16	63.68	0.236	30.89	2.60
精矿 II	36.78	61.77	0.196	45.60	3.29
尾矿	35.09	30.48	4.91	21.48	70.48
烧渣	100.0	49.87	1.93	100.0	100.0

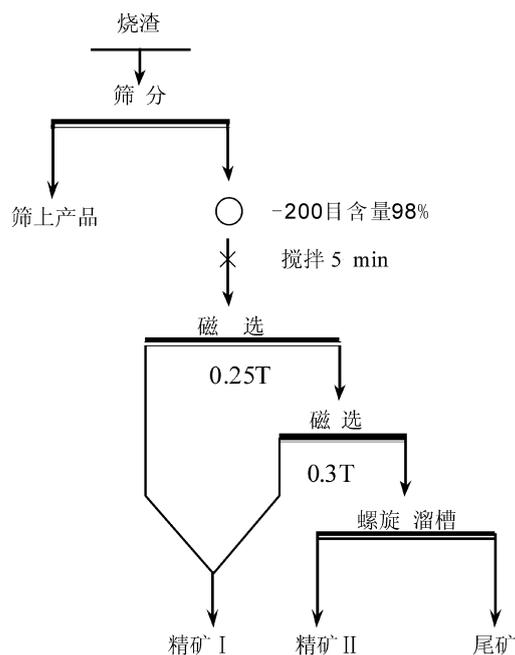


图2 二段磁选—螺旋溜槽重选工艺流程

从表8可见,采用二段磁选—螺旋溜槽重选试验联合工艺,铁精矿 I + 精矿 II 的铁品位 61.80%、铁回收率 51.26%,且硫也控制在 0.30% 以下,但回收率偏低。

### 3.2.3 二段磁选—摇床重选工艺研究

试验工艺流程参照图2所示,只是用摇床替换螺旋溜槽,其中磨矿细度 -200 目 98%,磨矿浓度为  $C = 70\%$ ;试验结果如表9。

从表9可见,采用二段磁选—摇床重选联合工艺,铁精矿 I + 精矿 II 的铁品位 62% 以上,累计产率 60.94%、回收率 76.49%,且 S 含量也控制在 0.3% 以下,得到总体理想的选别指标。因此该硫铁矿烧渣铁综合回收适合的工艺为二段磁选—摇床重选联合工艺。

## 4 结语

(1) 该硫铁矿烧渣铁主要可回收利用的元素,嵌布粒度细小,主要分布在  $-0.1 + 0.019$  mm 粒级中,对铁综合回收有害成分 Zn、 $SiO_2$  主要分布在  $+0.15$  mm 粒级中;经粒级 0.15 mm 筛子筛分后,在少量损失 Fe 的情况下,可大大降低有害元素 S、Si、Zn 等的含量。

(2) 采用单一磁选、摇床一段重选工艺,铁精矿品位达到了 60% 以上,综合回收率均低于 30%,但采用摇床一段重选,铁精矿品位不仅达 60% 以上,同时回收率提高到 66.65%,硫的含量已经降到 0.3% 左右,总体指标较好。

(3) 经螺旋溜槽—摇床重选工艺、二段磁选—摇床重选工艺、二段磁选—螺旋溜槽重选联合工艺研究表明,二段磁选—摇床重选联合工艺,铁精矿 I + 精矿 II 的铁品位 62% 以上、回收率 76.49%,且 S 含量也控制在 0.3% 以下。

(4) 试验研究表明一段摇床重选工艺指标较好,但还是存在部分细粒磁性氧化铁损失,综合回收率相对低;因此,综合考虑重介质铁、磁性氧化铁的回收,预先筛分—二段磁选—摇床重选工艺,铁回收技术指标理想,比较适合该硫铁矿烧渣铁综合回收。

### 参考文献:

- [1] 张锦瑞,王伟之,李富平,等. 金属矿山尾矿综合利用与资源化[M]. 北京:冶金工业出版社,2002:1-16.
- [2] 李湘越,彭绍琴. 关于硫铁矿渣的综合利用[J]. 江西冶金,1998(6):21-23.
- [3] 张泽强. 硫酸烧渣综合利用试验研究[J]. 化学工业与工程技术,2002(4):4-5.
- [4] 朱申红. 黄铁矿烧渣综合利用的研究[J]. 矿产综合利用,1998(6):16-19.