



硫铁矿烧渣综合利用试验研究

田锋

(西北矿冶研究院矿物工程研究所, 甘肃 白银 730900)

摘要: 针对西北某硫铁矿烧渣的具体情况, 试验研究了影响硫铁矿烧渣磁化焙烧-磁选的主要因素。结果表明: 采用挥发份较高的新疆哈密烟煤, 当焙烧温度为 700℃、焙烧时间为 30min、煤粉配比为 6% 时, 可获得铁精矿品位为 63.08%、回收率为 75.78% 的技术指标, 试验取得了较为满意的结果。

关键词: 硫铁矿烧渣; 磁化焙烧; 磁选

中图分类号: X781.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-6532(2010)01-0038-05

硫铁矿烧渣是硫铁矿精矿制备硫酸的过程中所排放的废渣, 每生产 1t 硫酸大约要排放 0.8t 左右硫铁矿烧渣。目前, 我国硫酸生产行业每年约产生 1000 万 t 硫铁矿烧渣^[1], 由于其含铁较高, 因此具有很大的综合回收利用价值。西北某企业的制酸工业排出的硫铁矿烧渣, 产量每年达几十万吨, 平均铁品位为 43% 左右, 但无法直接在钢铁工业中使用, 从而限制了该企业产业链的延伸和循环经济的发展。为此, 本试验通过深入详细的研究, 使该硫铁矿

烧渣中的铁矿物富集为铁精矿, 以满足钢铁工业的要求, 对该企业的经济发展提供一定的技术支撑。

1 硫铁矿烧渣的基本性质

该硫铁矿烧渣取自西北某有色企业制酸尾渣堆场, 表观为玫瑰红色, 结构疏松多孔, 密度较同品位的天然红铁矿小, 烧渣多元素分析结果与铁物相分析结果见表 1 和表 2。

从表 1 和表 2 可以看出: 该硫铁矿烧渣中的主

表 1 烧渣多元素分析结果

元素	TFe	S	SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	As	Au*	Ag*
含量/%	42.76	2.09	18.37	4.68	2.33	12.76	0.006	0.04	0.83

* 单位为 g/t。

表 2 铁物相分析结果

项目	磁铁矿 中铁	赤褐铁 矿中铁	菱铁矿 中铁	硫铁矿 中铁	硅酸铁 中铁	全铁
含量/%	0.48	39.50	0.96	0.94	0.88	42.76
占有率/%	1.13	92.37	2.25	2.19	2.06	100.00

要有价金属元素为 Fe, 含量为 42.76%。硫铁矿烧渣中的铁矿物主要以弱磁性赤铁矿 (Fe₂O₃) 为主, 其含量占全铁的 92.37%。并有少量磁铁矿 (Fe₃O₄) 和未焙烧完全的硫铁矿。烧渣中含微量的金、银, 不具有回收价值, S 含量为 2.09%, 这对于铁

精矿脱硫可能会产生不利影响。

在显微镜下可以明显看出: 硫铁矿烧渣中铁的氧化物 (Fe₂O₃) 一般不具有自然晶形, 而是疏松多孔结构的球状或其他各种形状的颗粒。铁矿物和脉石矿物之间的界限模糊不清, 相互掺合形成以铁矿物为主、夹杂脉石矿物的矿物集合体, 脉石矿物不同程度地被铁矿物所污染, 形成铁矿物包体。因此, 在铁矿物和脉石矿物相互掺合包裹的情况下, 铁矿物和脉石矿物的密度及磁性差别都很小, 这些都使得该硫铁矿烧渣的选矿回收较为困难。

收稿日期: 2009-08-31

作者简介: 田锋 (1981 -), 男, 工学硕士, 工程师, 主要从事有色金属资源综合利用技术及装备的研究。

2 试验结果及讨论

2.1 常规物理选矿方法探索试验

由于该硫铁矿烧渣中所含的主要铁矿物为赤铁矿,因此针对该渣的具体情况进行了摇床重选试验和强磁选试验。试验流程见图1、图2,试验结果见表3。

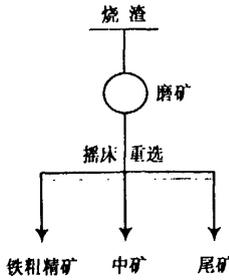


图1 摇床重选试验流程

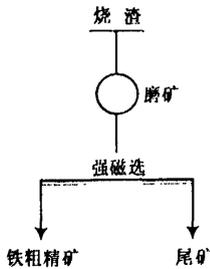


图2 强磁选试验流程

表3 摇床重选、强磁选试验结果

试验流程	产品名称	产率 / %	Fe 品位 / %	Fe 回收率 / %
重选 (刻槽摇床)	精矿	7.90	54.25	10.08
	中矿	11.94	43.33	12.16
	尾矿	80.16	41.26	77.76
磁选 (960kA/m)	原矿	100.00	42.53	100.00
	精矿	29.24	46.52	32.18
	尾矿	70.76	40.51	67.82
	原矿	100.00	42.27	100.00

重、磁选试验结果表明:由于硫铁矿烧渣呈疏松多孔结构,烧渣中的铁矿物较天然赤铁矿密度小,其中所含的铁矿物与脉石矿物多以连生体形式存在,部分呈浸染状、蜂窝状被脉石充填以及呈皮壳状包裹着脉石,致使铁矿物与脉石矿物之间的密度差较小,使得摇床重选分选效果很差。即使在细磨的情况下,采用强磁选工艺选铁时,由于烧渣中大部分赤

铁矿与脉石矿物以连生体的形式存在,且磁性都很弱,使得强磁选时脉石夹杂现象严重,大量脉石矿物进入磁选精矿中,这种复杂的连生体结构严重影响了铁精矿品位的提高。

重选和强磁选探索试验结果可以看出,常规物理选矿方法难以从该硫铁矿烧渣中选出合格的铁精矿。因此,试验探索了先采用还原磁化焙烧改变硫铁矿烧渣中铁的赋存状态,然后再进行磨矿-磁选的方法来提高选矿指标的可能性。

2.2 磁化焙烧—磁选试验研究

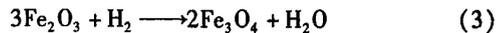
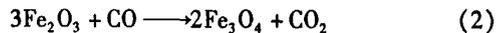
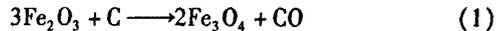
磁化焙烧试验采用马弗炉,间歇式操作。试验用的坩埚为普通的陶瓷坩埚,试料粒度为2~0mm。采用不同产地的煤粉作还原剂,并按一定比例与烧渣混合好,人工定时加入马弗炉内。

2.2.1 磁化焙烧原理

磁化焙烧的原理是利用硫铁矿烧渣在马弗炉中加热至一定温度后,并与还原剂反应,使烧渣中弱磁性的Fe₂O₃转变成强磁性的Fe₃O₄,然后采用磁选选出高品位的铁精矿。

由热力学计算可知^[2],Fe₂O₃是易还原的铁氧化物,在一定温度下极易被C、CO或H₂还原成强磁性的Fe₃O₄,在试验温度范围内的平衡常数很大。事实上,炉内只要保持着一定的还原性气氛,还原磁化焙烧就可以实现。

反应原理:



2.2.2 磁化焙烧条件试验

通常,采用磁化率或焙烧矿的磁选效果作为判断磁化焙烧效果的依据,但是磁化率一般只能作为判断磁化焙烧效果的初步判据。因此,本试验中还还原磁化焙烧效果采用磁选管的磁选效果判断。

(1) 冷却方式对焙烧效果的影响

硫铁矿烧渣经过还原磁化焙烧后出炉时的温度大约在700℃左右,由于出炉温度较高,与空气接触后会出现再氧化现象,使还原焙烧矿的磁性降低,直接影响了磁选效果。因此,为了控制焙烧效果,在焙烧后冷却过程中一定要防止出炉再氧化现象。为此,考察了两种冷却方法对焙烧效果的影响,即隔绝空气冷却和水冷。结果表明:两种冷却方式效果均较好,但考虑到过程复杂性和可实施性,水冷方式较

隔绝空气冷却方式具有一定的优势,因此以下试验均选择水冷冷却方式。

(2) 焙烧温度对焙烧磁选效果的影响

磁化焙烧温度对硫铁矿焙烧磁化焙烧效果的影响如图 3 所示。试验结果表明:随着焙烧温度从 500℃ 升高到 700℃,烟煤中的挥发份分解挥发和炭质物的气化反应逐步加速,使硫铁矿烧渣与还原剂之间得到了充分的接触,增加了还原磁化焙烧反应接触面和还原反应速度,使得赤铁矿还原成磁铁矿的热力学及动力学条件得到明显改善。当焙烧温度 ≥700℃ 时,硫铁矿烧渣的焙烧磁选效果均较好,如再提高焙烧温度则对改善焙烧效果作用不明显,甚至会出现过还原现象,导致焙烧矿的磁性变弱,影响铁的回收率和品位。因此,确定适宜的磁化焙烧温度为 700℃。

(3) 焙烧时间对焙烧磁选效果的影响

焙烧时间对硫铁矿烧渣磁化焙烧磁选效果的影响如图 4 所示。试验结果表明:在 700℃ 的高温下,磁化焙烧的前 30min,马弗炉内烟煤的挥发份分解挥发及炭质物气化反应逐步进行,与烧渣充分接触反应,磁化焙烧效果得到显著提高,但当焙烧时间再延长时,焙烧时间对焙烧磁选效果的改善作用不明显,且焙烧时间的延长意味着磁化焙烧过程生产率的降低。因而当煤粉比例为 6% 时,焙烧时间控制在 30min 较为适宜。

(4) 还原剂的种类对焙烧磁选效果影响

本试验采用煤粉做磁化焙烧的还原剂。磁化焙烧反应常用的还原剂有烟煤和无烟煤,烟煤的特点是挥发份比较高,一般为 10% ~ 50%,无烟煤挥发份含量一般为小于或等于 10%。本文分别选择了甘肃靖远烟煤、新疆哈密烟煤、山西大同烟煤及陕西铜川无烟煤进行试验。煤粉种类对硫铁矿烧渣焙烧磁选效果的影响见表 4。

试验结果表明:由于烟煤的挥发份较无烟煤高,反应性比无烟煤好,在焙烧温度 700℃、焙烧时间 30min、煤粉比例为 6% 的条件下,三种烟煤煤粉的焙烧磁选效果均优于铜川无烟煤;另外,由于不同烟煤的挥发份含量范围变化较大,采用新疆哈密烟煤进行焙烧磁选的效果要明显优于使用其他两种烟煤。这是因为哈密烟煤挥发份含量较其他两种烟煤的挥发份高,挥发份分解速度快,挥发份挥发产生的 CO 和 H₂ 及炭质物的气化在炉内产生了比较好的

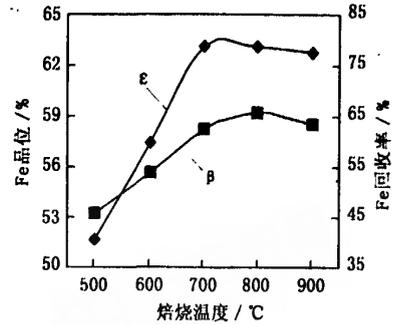


图 3 焙烧温度对焙烧磁选效果的影响

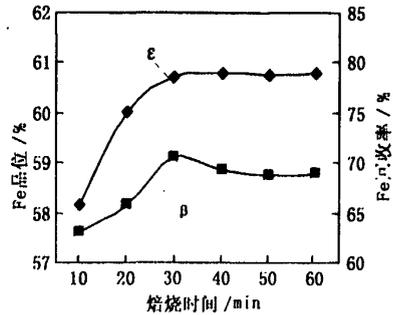


图 4 焙烧时间对磁选效果的影响

表 4 煤粉种类对硫铁矿烧渣磁化焙烧效果的影响

煤粉种类	产品名称	产率 / %	Fe 品位 / %	Fe 回收率 / %
甘肃靖远烟煤	精矿	51.38	59.11	71.14
	尾矿	48.62	25.34	28.86
新疆哈密烟煤	焙烧矿	100.00	42.69	100.00
	精矿	56.48	59.75	79.28
山西大同烟煤	尾矿	43.52	20.27	20.72
	焙烧矿	100.00	42.57	100.00
陕西铜川无烟煤	精矿	54.98	58.33	74.55
	尾矿	45.02	24.32	25.45
陕西铜川无烟煤	焙烧矿	100.00	43.02	100.00
	精矿	46.66	58.04	63.19
陕西铜川无烟煤	尾矿	53.34	29.58	36.81
	焙烧矿	100.00	42.86	100.00

还原性气氛,使炉内的还原反应效率高于使用其他两种烟煤。因此,试验最终确定选用新疆哈密烟煤作还原剂。

(5) 还原剂的比例对焙烧磁选效果的影响

还原剂比例对硫铁矿烧渣焙烧磁选效果的影响见图 5。试验结果表明:随着煤粉比例的提高,还原焙烧过程中的挥发份及炭质物的数量相应增加,在

一定程度上改善了烧渣与还原剂的反应条件,焙烧产品中磁性矿的产率提高幅度较大。当煤粉比例达到6%以后,挥发份分解产生的CO和H₂基本能提供焙烧所需的还原性气氛,使得硫铁矿烧渣的焙烧磁选效果基本趋于稳定。再增加煤粉比例,对磁化焙烧的效果改善不大。因此,磁化焙烧时煤粉比例控制在6%较为适宜。

(6) 磨矿细度对磁选效果的影响

将在最优的磁化焙烧工艺参数条件下进行焙烧的试验样,进行磨矿细度试验,其结果见图6。试验结果表明:随着磨矿细度的增加,铁精矿品位略有下降,但铁的回收率呈上升态势,当磨矿细度达到-325目80%时,铁的回收率达到基本稳定,再增加细度,铁精矿磁团聚现象明显,泥化现象增大,对磁选不利。因此,试验确定磨矿细度为-325目80%。

(7) 磁场强度对磁选效果的影响

磁场强度对磁选效果的影响见图7。试验结果表明:随着磁场强度的增加,铁的回收率上升,但铁精矿品位下降。综合考虑,适宜的粗选磁场强度确定为128kA/m。

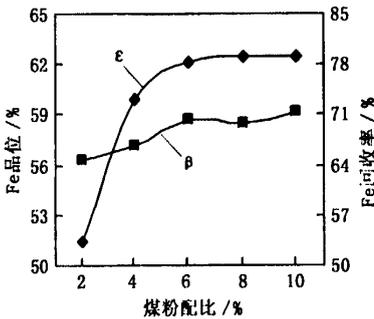


图5 煤粉比对焙烧磁选效果的影响

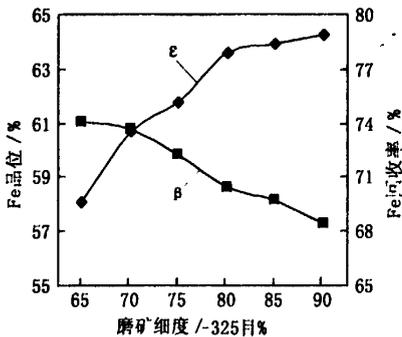


图6 磨矿细度对磁选效果的影响

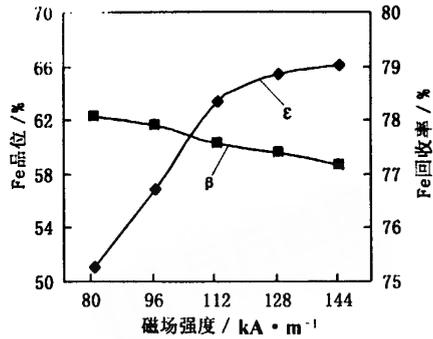


图7 磁场强度对磁选效果的影响

2.2.3 磁化焙烧-磁选全流程试验

试验选择最优工艺条件进行焙烧磁选全流程试验,其结果见表5,试验流程如图8所示。从表5可以看出,全流程试验所获得的铁精矿品位达到63.08%,回收率达到75.78%。铁精矿含硫较低,符合钢铁工业对铁精矿的基本要求。

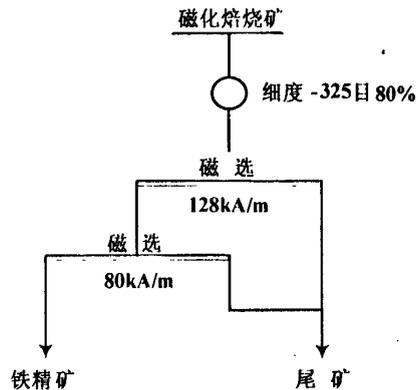


图8 磁化焙烧-磁选全流程试验

表5 磁化焙烧-磁选全流程试验结果

产品名称	产率 / %	品位 / %		回收率 / %	
		Fe	S	Fe	S
铁精矿	51.33	63.08	0.56	75.78	15.79
尾矿	48.67	21.26	3.15	24.22	84.21
焙烧矿	100.00	42.73	1.82	100.00	100.00

3 结 论

1. 该硫铁矿烧渣中的有价金属元素为铁,铁矿物主要是以赤铁矿的形态存在,并含少量的黄铁矿和磁铁矿。

利用粉煤灰制作墙体材料的研究

卢学峰, 南雪丽, 何玲, 郭鑫

(兰州理工大学 甘肃省有色金属新材料省部共建国家重点实验室, 甘肃 兰州 730050)

摘要:以粉煤灰为主要原料,同时添加水泥、石膏和生石灰等辅助原料,以十二烷基苯磺酸钠为发泡剂,采用浇注成型工艺制备了轻质墙体建筑材料。试验表明:随着粉煤灰含量的增加,试样抗压强度呈下降趋势,当粉煤灰掺量为40%时,试样的抗压强度最高,为14.4MPa;随着水泥含量的增加,试样抗压强度逐渐增加。

关键词:粉煤灰; 墙体材料; 抗压强度

中图分类号:X773 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2010)01-0042-04

粉煤灰是一种可以利用的宝贵资源,世界各国都很重视粉煤灰的资源化利用,在1995年时一些发达国家粉煤灰资源化利用率就相当高,如荷兰达到100%,意大利92%,丹麦90%,比利时73%,而我国

的利用率为41.7%。因此,要大力发展粉煤灰的综合利用,保护环境,实现国民经济的可持续发展战略^[1-2]。

随着我国墙体材料革新和建筑节能步伐的加

2. 重选和强磁选探索试验表明,该硫铁矿烧渣采用常规物理选矿方法难以选出合格的铁精矿。

度最为重要;另外,煤粉种类及用量对磁化焙烧效果也有较大影响,在煤粉比例合适的情况下,应该选择挥发份较高、反应性较好的烟煤。

3. 还原磁化焙烧的最佳工艺参数为:新疆哈密烟煤作还原剂,焙烧温度700℃,煤粉比例6%,焙烧时间30min。在此工艺条件下,将得到的磁化焙烧矿磨至-325目80%,通过磁选可获得铁品位为63.08%、回收率为75.78%的铁精矿,其中铁精矿含硫0.56%,符合钢铁工业的技术要求。

参考文献:

- [1]刘心中,等. 硫酸渣的综合利用[J]. 金属矿山,2002(9):51~53.
- [2]黄希祜编,钢铁冶金原理(第二版)[M]. 北京:冶金工业出版社,1990.158~165.

4. 在影响磁化焙烧效果的众多因素中,焙烧温

Experimental Research on Comprehensive Utilization of Roasted Pyrite

TIAN Feng

(Northwest Institute of Mining and Metallurgy, Baiyin, Gansu, China)

Abstract: Target at specific circumstances of a roasted pyrite in northwestern region of China, the major factors influencing magnetic roasting and magnetic separation were researched. Results showed that under the conditions of using bituminite containing higher content of volatile matter from Hami, Xinjiang Uygur Autonomous Region, when the roasting temperature is 700℃, the roasting time is 30min, and the proportioning of coal fines is 6%, an iron concentrate of 63.08% Fe with a recovery of 75.78% can be produced. The technical indexes obtained by laboratory tests are comparatively satisfactory.

Key words: Roasted pyrite; Magnetic roasting; Magnetic separation

收稿日期:2009-06-01

基金项目:甘肃省科技计划资助项目(0809RJZA001); 甘肃省科技重大专项项目(0901ZSB040); 甘肃省有色金属新材料国家重点实验室开放基金资助项目(No. SKL07017)

作者简介:卢学峰(1979-),男,硕士,讲师,主要从事无机材料的研究。