

文章编号:1673-9981(2017)04-0256-09

赤泥还原焙烧磁选回收铁的试验研究

赵玉莲, 刘 敬, 何瑞明, 桂亚军, 吴雷斌

山西省地质调查院, 山西 太原 030001

摘 要:针对赤泥普遍含铁低、有价元素稀土和钪含量较高的特点,采用还原焙烧磁选工艺对原平某地铝土矿赤泥进行回收铁的试验,研究了温度、时间、还原剂用量、添加剂、磨矿细度及场强对铁精矿品位和回收率的影响.结果表明:在焙烧温度 1160 ℃、还原时间 70 min 及赤泥:焦炭:氟化钙含量为 100:8:8、磨矿细度—0.045 mm 占 97%、磁场强度为 300 mT 的条件下,所得铁精矿品位 63.71%、回收率 83.36%,精矿中钪损失率为 8.63%、RE 损失率为 9.55%;磁选尾渣可作为分选稀土的原料,尾渣中含铁 2.56%,有利于钪和稀土的分离.

关键词: 低铁赤泥;还原焙烧;铁精矿;磁选

中图分类号: TD92

文献标识码: A

赤泥是氧化铝生产过程中主要的固体废弃物,含有铁、铝、硅、钙、钪、稀土等有益成分,因此综合利用尾矿资源成为当前急待解决的问题.

试验原料为中电投山西铝业有限责任公司下属 Al_2O_3 生产企业产生的赤泥,该赤泥特点是铁含量低、稀土和钪含量较高.由于稀土和钪的附加值高,因此该赤泥具有潜在的经济价值.回收赤泥中钪时,铁的存在会直接影响钪的浸出及萃取,优先分离铁有利于后续钪与稀土的提纯.由于赤泥成分的复杂性,采用常规选矿方法回收赤泥中的铁效果不好,本研究采用还原焙烧磁选工艺回收铝土矿赤泥中的铁.为找到回收赤泥中铁的有效方法,提供了非常重要的依据.

1 试验原料及研究方法

1.1 试验原料

试验原料采至中电投山西铝业生产企业,赤泥化学成分分析(质量分数)、XRD 分析、铁物相分析及铁矿物嵌布粒度分布分别列于表 1~表 4.

表 1 赤泥的主要化学成分

Table 1 Main chemical compositions of red mud

元素	含量 $w/\%$	元素	含量 $w/\%$
TFe	11.59	P_2O_5	0.37
SiO_2	18.02	LOI	13.16
Al_2O_3	20.67	酸不溶物	3.88
CaO	20.68	C	1.59
MgO	0.54	F	0.51
TiO_2	0.13	Sc ¹⁾	76.3
K_2O	0.39	RE ¹⁾	1411
Na_2O	4.26		

注:1)Sc 和 RE 含量 g/t

表 2 赤泥中主要矿物含量

Table 2 Main mineral contents of red mud

矿物	含量 $w/\%$	矿物	含量 $w/\%$
加藤石	28.84	石英	3.49
方钠石	27.05	氧化铝	1.31

收稿日期:2017-10-30

作者简介:赵玉莲(1964-),女,山西太原人,本科,高级工程师.

续表 2				表 3 赤泥铁物相分析		
矿物		含量 w/%		Table 3 phase analysis of red mud		
矿物	含量 w/%	矿物	含量 w/%	种类	铁含量 w/%	分布率/%
方解石	11.09	斜硅钙石	0.61	磁性铁	1.28	10.85
赤铁矿	10.47	辉石	0.56	菱铁矿	1.46	12.38
铝针铁矿	7.19	钾长石	0.42	赤褐铁矿	8.88	75.31
钙霞石	7.08	黑云母	0.42	硫铁矿	0.024	0.20
白云母	0.41	白云石	0.19	硅酸铁	0.15	1.26
楣石	0.41	磷灰石	0.13	总量	11.79	100
钙钛矿	0.31	锆石	0.02			

表 4 赤泥主要矿物嵌布粒度分布				
Table 4 Main mineralparticle size distribution of red mud				
粒度/mm	赤泥中铝针铁矿		赤泥中赤铁矿	
	分布率/%	负累计/%	分布率/%	负累计/%
0.3~0.5	0.71	100	0	100.00
0.15~0.3	5.86	99.29	0.72	100.00
0.075~0.15	17.29	93.43	5.34	94.69
0.038~0.075	19.93	76.14	11.34	93.97
0.02~0.038	22.53	56.21	9.33	82.63
0.01~0.02	10.77	33.68	8.85	73.3
<0.01	22.91	22.91	64.45	64.45
合计	100.00	—	100.00	—

由表 1~表 4 可知:赤泥中全铁品位含量较低,仅为 11.59%;赤泥中铁矿物有铝针铁矿和赤铁矿,脉石矿物主要有加藤石、方钠石、方解石和钙霞石等;铁矿物嵌布粒度很细,其中赤铁矿中粒度小于 0.01 mm 的铁矿物占到 64.45%,铝针铁矿占到 22.91%,含铁矿物在粒度小于 0.01 mm 的粒级中约占 48%.

在还原焙烧试验中所用的还原剂分别为焦炭、褐煤、烟煤、无烟煤,它们的工业分析及化学成分列于表 5,其中水份为分析基含量,灰份、挥发份、固定碳为干基含量.还原焙烧试验中所用的添加剂分别为 CaF₂、Na₂SO₄和 Na₂CO₃,添加剂的纯度均为分析纯(AR).

表 5 还原剂工业分析及主要成分分析							
Table 5 Industrial analysis and main composition of reductant							
种类	含量 w/%						
	水份	灰份	挥发份	FCd	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃
焦炭	0.86	18.14	1.76	80.10	6.13	0.098	2.69
褐煤	14.34	27.00	32.88	40.12	8.52	0.16	11.36
无烟煤	0.86	13.08	9.71	77.21	1.91	0.54	2.90
烟煤	0.84	8.82	21.18	70.00	3.54	0.50	0.45

1.2 研究方法

将赤泥、还原剂、添加剂按一定比例混合均匀后,置刚玉坩埚于马佛炉内,按试验设计的温度、时间进行还原焙烧.还原后的物料经水淬、烘干后磨矿,然后进入磁选分离作业,图1为还原焙烧试验流程示意图.

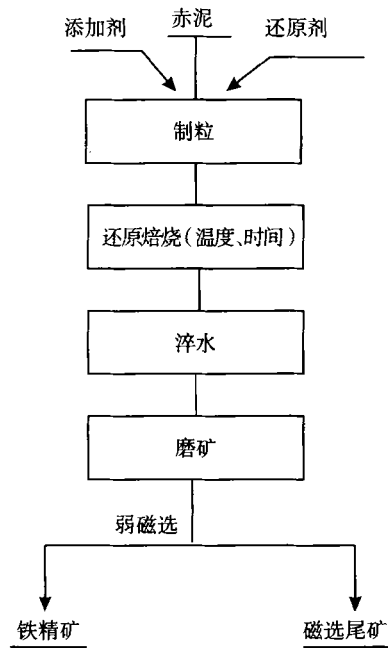


图1 还原焙烧磁选原则流程图
Fig.1 The roasted magnetic separation flow sheet

主要试验仪器:SRJX-8-13 箱式电阻炉、XMZ1-63 型锥形球磨机、RK/CXG-Φ50 磁选管、GZX-9240MBE 电热鼓风干燥箱、XCRS-74 鼓型湿法弱磁选机和 XMQ-67 型 240×90 锥形球磨机.

2 还原焙烧磁选试验

还原焙烧磁选工艺包括还原焙烧和磁选两个步骤.还原焙烧就是在还原过程中通过加入还原剂和添加剂,将赤泥中的非磁性铁还原成具有磁性的含铁矿物,然后将焙烧后的含铁矿物通过磁选进行分离,达到从赤泥中富集回收铁的目的,还原焙烧对整个试验的成功与否起到极其关键的作用.

2.1 还原焙烧

还原焙烧试验考察了焙烧温度、还原时间、添加剂及还原剂的用量和种类的影响.

2.1.1 焙烧温度

在还原过程中焙烧温度是主要影响因素,焙烧温度和还原气氛不同,焙烧产物也不同,因而还原效果不同,所以焙烧试验先从考察焙烧温度开始.

在赤泥:还原剂(焦炭)的比例为 10:2、还原时间为 2 h 的条件下,考察焙烧温度对还原效果的影响.赤泥中铁计算含量为 12.44%,试验结果列于表 6.

表 6 焙烧温度试验结果
Table 6 The results of calcination temperature test

焙烧温度 /℃	精矿产率 /%	铁品位 TFe/%	回收率 /%	焙烧产物 TFe/%	焙烧产物 FeO/%	还原度/% (FeO/TFe)
400	0.95	68.43	5.22	10.30	0.66	6.40
600	2.37	65.19	12.41	10.30	2.20	21.36
800	4.47	62.48	22.43	11.59	6.60	56.95
900	5.20	61.81	25.82	12.49	15.32	123
1000	6.31	60.16	30.49	12.34	15.32	124
1100	11.93	54.27	52.00	12.30	15.48	126
1200	12.85	65.10	67.03	12.83	14.67	114

从理论方面来看^[1-3],铁氧化还原热力学反应分为三个区,温度 $t < 920\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区域为 Fe_3O_4 存在的稳定区, $920\text{ }^{\circ}\text{C} < t < 1154\text{ }^{\circ}\text{C}$ 是 FeO 存在的稳定区, $t > 1154\text{ }^{\circ}\text{C}$ 是 Fe 存在的稳定区.由表 6 可知:当温度低

于 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,还原不完全;当温度达到 $800\sim 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,发生了过还原反应,赤泥中铁大部分还原成 Fe_3O_4 ,部分铁还原成 FeO ;温度在 $900\sim 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,赤泥中铁被过还原,还原过程中还经历了浮氏体

过程,由于FeO是不能被磁选的铁氧化物,加之赤泥中的铁矿物粒度很细,在试验细度下含铁矿物难以解离,这些都会影响赤泥中铁的回收率和品位;当温度升高至1200℃,赤泥中的铁以单质Fe形式稳定存在,温度的持续升高,使铁颗粒逐渐增多且逐渐长大,这样易于实现铁与其他矿物的分离,因此铁精矿产率、品位、回收率明显有升高的趋势。

综合分析认为,当焙烧温度达到1100℃,碳化反应主要产物为CO,此时能保证足够的还原气氛,另外还原过程中加入添加剂,在1100℃的温度下添加剂开始逐渐发挥其作用,能改善还原焙烧效果,还原焙烧温度越高越有利于还原焙烧的进行,所以分别在焙烧温度1100℃和1200℃下进行还原剂(焦炭)和添加剂用量的试验。

2.1.2 还原时间

在赤泥:还原剂(焦炭)的比例为10:2、焙烧温度1100℃的条件下,考察还原时间对还原效果的影响。赤泥中铁计算品位为12.45%,试验结果列于表7。

由表7可知:当还原时间从30 min延长到90 min时,随着时间的延长,铁回收率增加比较明显;当焙烧时间延长到120 min时,铁回收率基本不变,

表 7 还原时间试验结果

Table 7 The results of recovery time test

还原时间/min	产率/%	铁品位/%	回收率/%
30	10.40	53.74	44.93
60	10.98	53.53	47.25
90	12.22	52.84	51.91
120	12.54	51.93	52.35
150	12.76	50.87	52.18

继续延长焙烧时间回收率还略有下降.这是因为在还原反应的初始阶段,CO浓度较高,还原气氛很强,故反应进行的较为激烈,该阶段焙烧还原效果明显,当反应进行到一定时间后,由于还原剂被消耗了一部分,碳的气化反应速度减慢,还原物料内部及炉腔内的CO浓度降低,继续延长时间,焙烧效果会略有下降,此外还原时间过长,也会降低生产效率,增加能耗。从试验结果看,还原时间不是主要影响因素,综合考虑还原时间暂定为2 h。

2.1.3 还原剂用量

分别控制焙烧温度为1100℃和1200℃,还原时间为2 h,考察还原剂用量对还原效果的影响,试验结果列于表8。

表 8 还原剂(焦炭)用量试验结果

Table 8 The results of reductant(coke)quantity test

焙烧温度/℃	还原剂用量 w/%	精矿产率/%	铁品位/%	回收率/%	赤泥中铁计算品位/%
1100	5	14.68	27.98	37.32	11.80
	10	10.54	48.37	42.41	12.02
	15	11.57	51.27	48.50	12.23
	20	12.32	53.74	53.17	12.45
	25	12.46	53.95	53.10	12.66
1200	8	12.13	69.96	71.13	11.93
	12	13.04	68.53	73.85	12.10
	16	12.42	68.89	69.68	12.28
	20	12.19	67.30	65.89	12.45
	24	10.65	68.73	58.00	12.62

由表8可知:当温度为1100℃时,随着还原剂用量的增加,精矿的产率、铁品位及铁回收率均提高,但当还原剂用量超过20%后,精矿回收率略有下降;当温度为1200℃时,还原剂用量为8%时,可

获得品位69.96%、回收率71.13%的铁精矿指标,继续增加还原剂用量,精矿回收率明显降低。由此可知,提高温度有利于还原剂用量的降低。这是因为温度越高,碳化反应越剧烈,即使还原剂用量较低,仍

可在短时间内保证焙烧所需的还原气氛,从而达到较好的还原效果。

综合考虑,当焙烧温度为 1100 ℃时还原剂用量占 20%为宜,当温度 1200 ℃时还原剂用量占 8%为宜。

2.1.4 还原剂种类

控制焙烧温度 1100 ℃,还原时间 2 h,分别选择褐煤、烟煤、无烟煤、焦炭等不同煤种,考察还原剂种类对还原效果的影响。还原剂用量是在参照焦炭作还原剂时最佳用量条件下,用其固定碳总量进行换算而来。试验结果列于表 9。

表 9 还原剂种类试验结果
Table 9 The result of reductant kind test

种类	用量 w/%	产率/%	铁品位/%	回收率/%	赤泥中铁计算品位/%
焦炭	20	11.93	54.27	52.00	12.45
褐煤	39.8	5.19	59.1	21.99	13.96
烟煤	20.7	6.61	56.30	30.60	12.16
无烟煤	22.9	9.09	54.32	41.50	11.86

由表 9 可知,还原剂种类不同还原焙烧效果也不同。当焦炭作还原剂时,铁精矿品位和回收率都较高,所以认为焦炭作还原剂较合适。另外,不同还原剂中的水分、灰分、挥发份和固定碳都有不同,其中焦炭的水分最低、固定碳含量最高,S 和 P 元素含量也较低,所以焦炭是良好的还原剂。

2.1.5 添加剂种类及条件考察

赤泥中除了含有 Fe_2O_3 外还含有 Al_2O_3 、 SiO_2 和 CaO 等,在高温还原气氛下,赤泥还原焙烧过程中 FeO 易与这些铝、硅化合物间发生固相反应而生成一些复杂的化合物,从而降低了 FeO 的还原活度,影响还原焙烧效果。通过添加碱金属化合物的方式,可使得铝硅化合物优先与添加剂发生反应,从而阻碍了铝、硅与 FeO 的结合,使铁矿物充分与还原剂结合,相应提高了 FeO 还原活度,从而改善还原焙烧效果。

在焙烧温度 1100 ℃、还原时间 2 h 及赤泥与还原剂用量比为 10 : 2 的条件下,分别加入添加剂 CaF_2 、 Na_2SO_4 和 Na_2CO_3 ,进行添加剂种类对还原焙烧效果的影响试验。赤泥中铁计算品位为 12.45%,试验结果列于表 10。

由表 10 可知,在还原焙烧过程中添加 CaF_2 和 Na_2SO_4 ,均能明显改善还原焙烧效果。与不加添加剂相比,添加 CaF_2 后铁精矿回收率明显提高,而添加 Na_2SO_4 后铁精矿品位提高显著,加入 Na_2CO_3 后作用不明显。单从试验结果分析, CaF_2 和 Na_2SO_4 的混合添加,可能更利于改善还原焙烧效

表 10 添加剂种类试验结果
Table 10 The result of additive kind test

种类	用量 w/%	精矿产率/%	铁品位/%	回收率/%
CaF_2	8	18.57	49.14	73.30
	16	18.09	55.24	80.26
	24	19.11	54.95	84.34
Na_2SO_4	8	11.16	56.11	50.30
	16	10.54	61.90	52.40
	24	5.16	69.73	28.90
Na_2CO_4	8	11.88	41.85	39.93
	16	15.27	36.97	45.34
	24	15.00	38.66	46.58

果,但是考虑赤泥是一种综合利用资源,如果添加剂种类多、用量多,不利于其它有价成分的回收,同时又会产生新的废弃物。结合试验的目的,尽量提高铁的回收率,降低磁选尾渣中铁含量,所以选择单一 CaF_2 作添加剂更合适。

由于焙烧温度不同,添加剂在其中作用大小也不同。当焙烧温度分别为 1200 ℃和 1100 ℃、还原时间分别为 1 h 和 2 h、焦炭用量分别为赤泥的 8%和 20%时,进行了添加剂 CaF_2 用量分别为赤泥的 8%~24%的用量试验。1100 ℃时赤泥中铁计算品位为 12.45%,1200 ℃时赤泥中铁计算品位为 11.93%,试验结果列于表 11。

表 11 添加剂条件对比试验结果
Table 11 The result of additive conditioncontrast test

焙烧条件	添加剂用量 $w/\%$	精矿产率/ $\%$	铁品位/ $\%$	回收率/ $\%$
温度 1100 $^{\circ}\text{C}$, 焦炭 20%, 时间 120 min	8	18.57	49.14	73.30
	16	18.09	55.24	80.26
	24	19.11	54.95	84.34
温度 1200 $^{\circ}\text{C}$, 焦炭 8%, 时间 60 min	8	11.67	78.42	76.71
	16	14.18	74.89	89.90
	24	15.40	72.63	94.00

从表 11 可以看出,当温度为 1200 $^{\circ}\text{C}$ 时,随着 CaF_2 用量的增加,铁精矿品位降低,回收率增加,在保证还原效果的同时,应尽可能的减少添加剂的用量. 综合考虑,选择温度 1200 $^{\circ}\text{C}$, 添加剂用量占赤泥 8% 的条件较合适,此时铁精矿品位和回收率都较高,而添加剂和还原剂用量最少.

2.1.6 还原焙烧最终工艺条件的确定

通过铁氧化物还原反应的动力学和碳气化反应的热力学分析可知,当焙烧温度 $t>1154\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区域是 Fe 存在的稳定区域,同时该温度下焦炭气化反应的主要产物为 CO. 从条件试验结果看出,适当提高还原温度可以降低还原剂及添加剂的用量,因此在还原焙烧过程中温度是最主要的影响因素,提高温度有利于还原焙烧的进行,但温度的提高同时也会增加了焙烧成本,考虑到尽量降低焙烧成本,所以最

终确定焙烧温度 1160 $^{\circ}\text{C}$. 当焙烧温度达到 1160 $^{\circ}\text{C}$ 时,既能保证足够的还原气氛,也有助于添加剂作用的充分发挥,同时也是单质 Fe 存在的稳定区域,从而有利于还原焙烧效果的提升. 所以认为还原焙烧的最终适宜条件为焙烧温度 1160 $^{\circ}\text{C}$ 、还原时间 70 min、赤泥 : 焦炭 : 添加剂用量比例为 100 : 8 : 8.

2.2 磁选试验

在还原焙烧最终适宜试验条件下,通过对赤泥焙烧物进行磨矿细度及磁场强度考察,确定焙烧磁选可能达到的选别指标.

2.2.1 磨矿细度

磨矿细度对选矿来说非常重要,过细和过粗的磨矿细度均不利于选矿指标的提升. 在试验场强为 250 mT 时进行磨矿细度试验. 赤泥中铁计算品位为 11.93%,试验结果列于表 12.

表 12 磨矿细度试验结果
Table 12 The result of grind-fineness test

粒径/mm	占有率/ $\%$	精矿产率/ $\%$	铁品位/ $\%$	回收率/ $\%$
-0.076	45	36.65	24.24	74.46
	55	32.98	27.37	75.66
	70	27.25	33.01	75.40
	85	24.18	37.95	76.92
	95	16.58	55.12	76.60
-0.045	94	15.78	60.94	80.60
	97	14.75	64.20	79.38
	99	14.14	66.43	78.73
-0.037	90	13.21	70.17	77.70
	95	12.32	74.68	77.12

在 1160 ℃ 的温度下,反应属于深度还原反应,铁主要是被还原成单质铁,由于赤泥中铁品位低且铁矿物粒度很细,所以焙烧后的铁颗粒虽有所聚集成长大,但粒度仍然很细,从而会影响铁精矿品位和回收率的提高.由表 12 可知:在较粗的粒度下,赤泥中被还原的铁得到了较好的回收,随着磨矿细度的增加,铁的单体解离度也在增加,因此精矿品位也在增加,但精矿回收率变化不大;当磨矿细度从-0.045 mm 占 94% 提高到-0.037 mm 占到 95% 时,铁精矿品位从 60.94% 增加到 74.68%,虽然精矿品位增加幅度较大,但回收率却从 80.6% 降到 77.12%.从选矿成本考虑,磨矿费用是选矿成本增加的主要来源,当磨矿细度从-0.045 mm 占 94% 增加到-0.037 mm 占到 95%,会极大地增加磨矿费用,综合分析考虑,当磨矿细度-0.045mm 占 97% 时,铁精矿品位及回收率均较高,所以选择适宜的磨矿细度为-0.045 mm 占 97%.

2.2.2 磁场强度

在磨矿细度-0.045 mm 占 97% 的条件下,进行场强试验,试验结果列于表 13.由表 13 可知,随着磁场强度的增加,更多铁矿物连生体进入精矿中,导致精矿品位降低,但精矿回收率随着磁场强度增加而略有增加.综合考虑,选择场强 300 mT 较为合适,此时铁精矿品位为 63.83%、回收率为 81.50%.

表 13 磁场强度试验结果

Table 13 The result of magnetic field intensity test

磁场强度/mT	精矿产率/%	铁品位/%	回收率/%
180	12.65	70.87	75.16
250	14.44	64.67	78.25
300	15.23	63.83	81.50
350	16.75	58.62	82.32

2.3 综合试验

在还原焙烧磁选最终工艺条件下,进行了综合条件试验,其工艺条件为:焙烧温度 1160 ℃、还原时间 70 min、赤泥:焦炭:CaF₂用量为 100:8:8 及磨矿细度-0.045 mm 占 97%、磁场强度 300 mT.图 2 为焙烧磁选数质量流程图,试验结果分别列于表 14 和表 15.

由表 14 和表 15 可知,赤泥经还原焙烧磁选后,可获含铁 63.71%、回收率 83.36% 的铁精矿指标,精矿中有害元素 S 和 P 含量很低,以及 Sc 和 RE 的损失率分别为 8.63% 和 9.55%.高炉炼铁精矿品位要求大于 56%,该精矿可用于高炉炼铁.磁选尾矿含铁 2.55%,磁选尾矿可作为钪和稀土分选试验的原料.

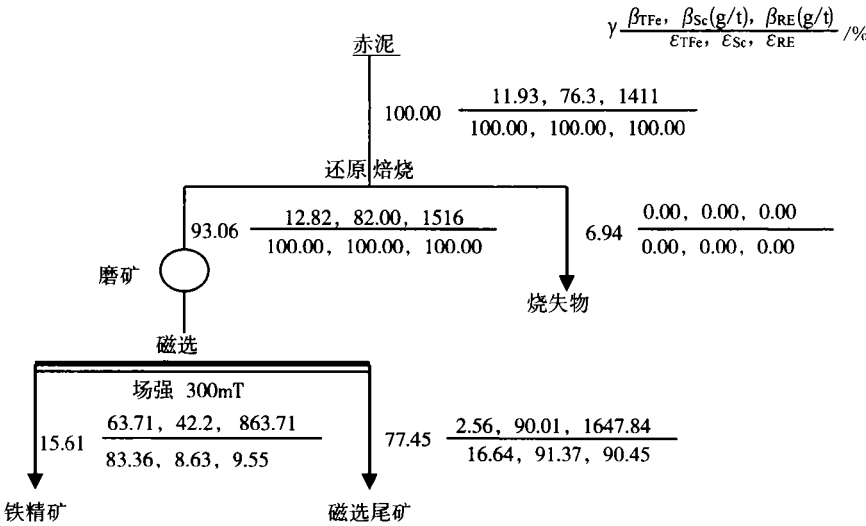


图 2 焙烧磁选试验数质量流程图

Fig. 2 Roasted magnetic separation test mass fraction flowsheet

表 14 综合试验结果
Table 14 The result of comprehensive test

产品名称	产率/%	品位/%			回收率/%		
		TFe	Sc ¹⁾	RE ¹⁾	TFe	Sc	RE
铁精矿	15.61	63.71	42.2	863.71	83.36	8.63	9.55
磁选尾矿	77.45	2.56	90.01	1647.84	16.64	91.37	90.45
烧失物	6.94	—	—	—	—	—	—
焙烧产物	93.06	12.82	82.00	1516	100.00	100.00	100.00
赤泥	100.00	11.93	76.3	1411	100.00	100.00	100.00

注:1)Sc 和 Re 品位 g/t

表 15 铁精矿多元素分析结果

Table 15 The multi-elements analysis result of iron ore concentrate

元素	含量%	元素	含量%
TFe	63.71	S	0.27
SiO ₂	8.48	P	0.16
Al ₂ O ₃	7.90	F	2.12
CaO	9.88	C	0.96
MgO	0	TiO ₂	1.72
K ₂ O	0.083	Sc ¹⁾	42.2
Na ₂ O	2.22	RE ¹⁾	863.71

注:1)Sc 和 Re 含量 g/t

3 结 论

(1)试验所用赤泥含铁低,Sc 和 RE 含量较高,含铁矿物主要为赤铁矿和铝针铁矿,含铁矿物粒级小于 0.01 mm 的约占 48%,采用常规的选矿方法难以分离其中的含铁矿物. 试验研究表明,采用还原焙烧磁选回收赤泥中的铁在技术上可行,这不仅解决了氧化铝厂赤泥对环境的污染,而且为赤泥的综合

利用开辟了一条新途径.
(2)在还原焙烧过程中,温度是影响还原焙烧最主要的因素,温度的提高有利于还原过程的进行. 提高还原温度,既可保证充足的还原气氛,减少还原剂的用量,也有利于添加剂 CaF₂作用的充分发挥,但是还原温度的提高同时也会增加了焙烧成本.
(3)还原焙烧磁选工艺最佳条件:还原温度 1160 ℃,焙烧时间 70 min,赤泥:还原剂:CaF₂质量比为 100:8:8,磨矿细度—0.045 mm 占 97%,磁场强度 300 mT. 在最佳工艺条件下所得铁精矿品位 63.71%、回收率 83.36%,精矿中 Sc 和 RE 损失率分别为 8.63%和 9.55%,磁选尾矿可作为分选 Sc 和 RE 的原料.

参考文献:
[1] 高鹏,韩跃新. 白云鄂博氧化矿石深度还原物料分选试验研究[J]. 东北大学学报:自然科学版,2010,31(6): 886-886.
[2] 刘述仁. 还原焙烧-磁选法回收拜耳法赤泥中铁的研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2014:37-45.
[3] 庄锦强. 高铁氧化铝赤泥中铁回收技术研究[J]. 中国有色冶金,2014(4):32-35.

The study on reduction roasting and magnetic separation of red mud

ZHAO Yulian, LIU Jing, HE Ruiming, GUI Yajun, WU Leibin
Shanxi Geological Survey, Taiyuan 030001, China

Abstract: In view of the low iron content in common red mud and the high contents of rare earth and scandium in valuable elements, the recovery of iron from red mud in Yuanping bauxite mine was carried (下转第 268 页)

combination regulator, D_H developed from waste vegetable oil as collector in tungsten normal temperature flotation, the WO_3 grade of tungsten concentrate obtained was 1.26%, the recovery was 73.66%, the concentration ratio and beneficiation efficiency of concentrate were higher than that with traditional collector 731, the recovery of tungsten was increased 8 percent, and the consumption of collector D_H was only one half of 731.

Key words: scheelite; high calcium; ion; flotation; new reagents



(上接第 263 页)

out by reduction roasting and magnetic separation process. The effects of temperature, time, the amount of reducing agent, ground and field strength to the iron concentrate grade and recovery was investigated. The result shows that iron concentrate grade is 63.71%, iron recovery of 83.36%, scandium loss rate of 8.63% in concentrate, and tailings of magnetic separation that contains 2.56% iron could be used as the resource of rare earth separation, under the environment of the calcination temperature of 1160℃, 70-minute restore time, content ratio of 100 : 8 : 8 among red mud, coke and calcium fluoride, 97% of -0.045mm grinding fineness and magnetic intensities of 300 mT. All of those is beneficial for the separation of scandium and rare earth.

Key words: low iron red mud; reduction roasting; iron concentrate powder; magnetic separation