

细粒赤铁矿、石英和绿泥石选择性絮凝分选试验研究

王丹¹, 刘四清¹, 刘海林¹, 赵礼兵², 赵阳¹
(1. 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093;
2. 华北理工大学矿业工程学院, 河北 唐山 063000)

摘要:某选厂弱磁选尾矿浓缩溢流的主要矿物为石英、绿泥石、赤铁矿, 该尾矿粒度较细, -15 μm 近60%, TFe 品位 20.91%, 本文以该矿样的化学分析结果为依据, 对其主要的有用矿物赤铁矿、脉石矿物石英、绿泥石、进行纯矿物条件试验研究。通过对不同矿浆浓度、pH 值、沉降时间、絮凝剂用量以及分散剂用量等一系列条件试验研究, 获得单矿物絮凝分选的最佳条件为: 矿浆浓度 10%, pH 值等于 8, 分散剂六偏磷酸钠用量 60 g/t, 絮凝剂聚合氯化铝铁用量 7 mg/L, 沉降时间 10 s。在此基础上进行了人工混合矿物的絮凝分离试验。赤铁矿、石英、绿泥石混合矿样的配矿比为 3:5:2, TFe 品位 21%, 试验得到底流 TFe 品位 49.16%, 回收率 82.57%, 分选效率 67.7%。

关键词:细粒赤铁矿; 选择性絮凝; 分选

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2015.05.011

中图分类号:TD981 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2015)05-0046-04

铁矿石是炼铁工业的主要原料, 虽然我国铁矿石总储量较大约 463.32 亿 t^[1], 但随着我国钢铁工业的迅猛发展, 对铁矿石进行了大量开采, 造成了富铁矿和易选的贫铁矿储量日趋枯竭, 取而代之的是大量贫、细、杂的难选铁矿石。铁矿石贫、细、杂现象的日趋严重, 引发国内外同行对微细粒矿物分选及回收的研究越来越来炽热。

20 μm 以下的微细粒矿物不能用通常的选矿方法有效地加以处理, 目前, 世界各国所研究的处理微细粒的各种方法中^[2], 选择性絮凝分选是一种可行的方法。选择性絮凝分选法的实质是用选矿药剂有选择地使矿浆中某种矿物絮凝为粒度较大的聚集体, 而使其它矿物仍呈分散状态, 然后用简单的分级方法加以选分。宋少先^[3-5]等人通过添加油酸钠和煤油, 用选择性疏水絮凝, 第一段脱泥, 沉砂进行强磁选的流程, 对微细粒东鞍山赤铁矿($d_{50}=4.8 \mu\text{m}$) 进行选别, 获得满意的分选指标。在原矿含铁 30.5% 左右时, 可获得精矿品位和回收率分别为 65.71% 和 76.63%, 63.95% 和 82.03%, 62.70% 和 87.27% 的好指标。

英国 R. D. 帕斯科等^[6-7], 采用油酸钠作为选择性絮凝剂使微细(<10 μm) 的赤铁矿与石英分离进行了研究。结果表明, 用油酸钠形成的疏水性絮凝物用浮选法很容易回收。含 TFe15% 的赤铁矿和石英混合给矿经粗选回收率达到 94%, 铁精矿品位为 46%。

某选厂由于受矿山开采初期矿石表面风化程度高、泥化严重加之矿石嵌布粒度细的影响, 大量矿泥在流程中循环积累, 影响有用矿物的回收。本厂弱磁选尾矿浓缩溢流中有用矿物以赤铁矿为主, TFe 品位在 21% 左右, 还有石英、绿泥石等脉石矿物, 由于矿物粒度极细没有经济的回收方法, 造成大量有用矿物流失于尾矿中。本文以此为背景采用聚合氯化铝铁(PAFC) 对其主要成分赤铁矿、石英、绿泥石的纯矿物进行了选择性的絮凝沉降试验研究。

1 试样及试验方法

1.1 试样化学分析

试验所用矿样分两部分, 一是石英、绿泥石、赤铁矿的纯矿物, 二是选厂实际生产中弱磁选尾矿浓缩溢流中的矿泥(以下简称矿泥)。矿泥中主要脉石矿物是石英, 绿泥石, 其次为方解石、云母、斜长石等, 有用矿物为赤铁矿, 褐铁矿。矿泥多元素分析及铁物相分析结果分别见表 1、2。

表 1 矿泥多元素分析结果/%

Table 1 Results of multi-element analysis of the sample

TFe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO
20.91	50.13	3.00	8.25	5.53
SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	TiO ₂
0.19	1.82	0.42	0.31	0.21

收稿日期:2015-04-14

作者简介:王丹(1989-), 女, 硕士研究生在读, 研究方向为矿产资源综合利用。

表2 矿泥铁物相分析结果

Table 2 Analysis results of Fe phase

矿物名称	磁性铁	赤、褐铁矿	碳酸铁	硅酸铁	硫化铁	全铁
含量/%	0.36	18.47	0.97	0.88	0.23	20.91
占有率/%	1.72	88.33	4.64	4.21	1.10	100.00

由表1、2可知该矿泥主要成分中SiO₂含量较高,占50.13%,TFe20.91%,Al₂O₃8.25%,其次为MgO5.53%,矿泥中有益铁矿物主要是赤铁矿占有率达88.33%,还有少量的碳酸铁、硅酸铁;主要脉石矿物为石英、绿泥石。

1.2 试样粒度组成分析

矿泥粒度范围为-15.65 μm 约为60.4%,石英、绿泥石、赤铁矿纯矿物粒度范围分别为-15.65 μm 58.55%、62.98%、59.41%,近似认为上述三种纯矿物试样粒度组成与矿泥相同。矿泥、赤铁矿、石英、绿泥石的激光粒度分析统计结果见表3。

表3 激光粒度分析统计结果

Table 3 Results of laser particle analysis

粒度/μm	15.65	15.65 ~ 39.78	>39.78
含量/%			
矿泥	60.40	26.22	13.35
赤铁矿	59.41	29.19	11.38
石英	58.55	30.87	10.58
绿泥石	62.98	28.38	8.65

1.3 试验方法及设备

试验采用激光粒度分析仪测定矿样的粒度,絮凝沉降试验中的沉降量在控制单一变量的基础上采用TZC-4颗粒粒度分析仪(沉降天平)测定不同条件下的沉降曲线,人工混合矿物的絮凝后分离采用虹吸管抽取上层液。

2 试验结果与讨论

2.1 纯矿物条件试验

2.1.1 不同矿浆浓度对纯矿物絮凝影响试验

选择性絮凝沉降试验最希望达到的目标是石英、绿泥石沉降量尽可能少,赤铁矿最大程度沉降。

参考国内外赤铁矿选择性絮凝工业实践,并在探索试验的基础上进行了不同矿浆浓度对典型的几种纯矿物絮凝影响试验,在pH值为8,絮凝剂聚合氯化铝铁(PAFC)用量为7 mg/L,考察不同矿浆浓度对纯矿物絮凝的影响。不同矿浆浓度下纯矿物沉降曲线见图1。

由图1可知,当pH值为8,聚合氯化铝铁用量为7 mg/L,沉降10 s时,随着矿浆浓度的增加,赤铁矿的沉降量先增加后降低,矿浆浓度为10%时达到最大沉降量66.54%。石英沉降量则随矿浆浓度的增加先降低后增加,10%矿浆浓度时达到最小值30.16%。此时,绿泥石的沉降量为20.12%,虽然

比12%矿浆浓度时的最小沉降量16.67%,高出3.45个百分点,但是综合考虑绿泥石在原矿中所占比例较小,赤铁矿与石英的沉降量是最大值与小值,所以确定较佳矿浆浓度为10%。

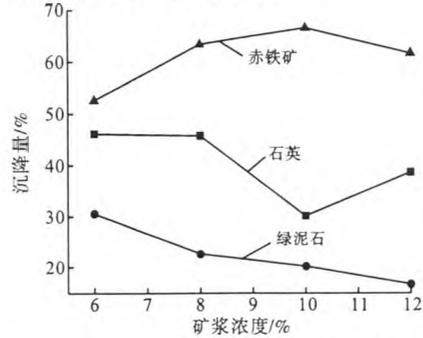


图1 不同矿浆浓度下纯矿物沉降曲线

Fig. 1 The deposition curve of pure mineral at different pulp concentration

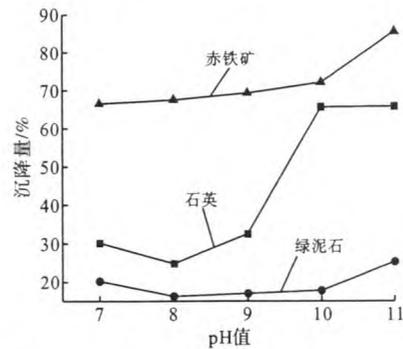


图2 不同pH值下纯矿物沉降曲线

Fig. 2 The deposition curve of pure mineral at different pH value

2.1.2 不同pH值对纯矿物絮凝影响试验

pH值是影响矿物絮凝分选的关键因素之一。通常在pH>8时PAFC水解产物zeta变负,此时带负电荷的石英与絮凝剂溶液之间静电排斥,妨碍石英的絮凝沉降,绿泥石表面电性一定程度上取决于矿浆pH值,矿浆pH值越是碱性,绿泥石表面越是负电荷,pH值增大时,绿泥石颗粒与絮凝剂之间静电排斥力增大,使得绿泥石悬浮液相对稳定,pH值为8时赤铁矿絮凝效果较好,继续增大pH值赤铁矿表面ζ电位负值增大。

在PAFC药剂用量7 mg/L,矿浆浓度为10%的试验条件下,考察不同pH值对纯矿物絮凝沉降的影响。不同pH值下纯矿物沉降曲线见图2。

由图2可知,随pH值的增加赤铁矿沉降量只有在pH值为12时才会有明显的升高,而石英、绿泥石的沉降量均是先降低后升高,在pH值为8时,达到最小沉降量,在pH值大于10时,石英沉降量,

急剧增加,绿泥石沉降量也增加。所以,选择最佳 pH 值为 8,石英、绿泥石沉降量最小,赤铁矿沉降量相对较高。

2.1.3 不同絮凝剂 PAFC 用量对纯矿物絮凝影响试验

PAFC 兼具铝盐和铁盐的优点,使得絮凝过程快,絮体大,PAFC 的絮凝机理除了吸附电中和之外,伴随着压缩双电层、吸附架桥和卷扫网捕所以试验 pH 值比较重要,在固定 pH 值的基础上,本试验重点考察了不同絮凝剂 PAFC 用量对纯矿物絮凝结果的影响。

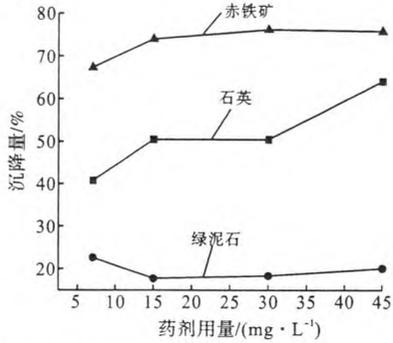


图3 不同 PAFC 用量下纯矿物沉降曲线

Fig.3 The deposition curve of pure mineral at different PAFC dosage

在 pH 值为 8,矿浆浓度为 10% 的条件下,考察絮凝剂 PAFC 用量对纯矿物絮凝影响,不同 PAFC 用量下纯矿物沉降曲线见图 3。

由图 3 可知当药剂用量为 30 mg/L 时,虽然赤铁矿沉降量为 76.21%,最大值,但是石英沉降量为 50.46%,而药剂用量为 7 mg/L 时,赤铁矿沉降量为 67.32%,降低 8.89%,但是,石英沉降量为 40.77%,降低 9.96%,由于石英在实际矿物中所占的比例比较大,相比沉降混合物中石英含量将会降低,选择较佳的药剂用量为 7 mg/L。

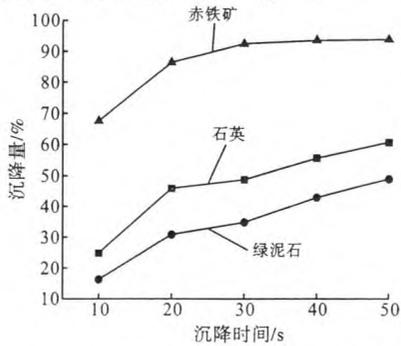


图4 不同沉降时间下纯矿物的沉降曲线

Fig.4 The deposition curve of pure mineral at different time

2.1.4 不同沉降时间对纯矿物絮凝影响试验

在 PAFC 用量为 7 mg/L,矿浆浓度为 10%,pH 值为 8 的试验条件下,考察不同沉降时间对絮凝结果的影响。沉降曲线见图 4。

由图 4 可以看出,随着沉降时间的增加赤铁矿沉降量变化较小,为适当提高赤铁矿的品位,选择较佳沉降时间为 10 s。

2.1.5 六偏磷酸钠对纯矿物分散行为试验研究

矿物中互凝现象几乎不可避免,互凝是一种非选择性团聚,又是微细粒罩盖的主要原因,因此是微细矿粒有效分选的一大障碍^[8-9]。微细矿粒的良好分散是获得有效分选的必要条件。为了防止颗粒间的互凝作用,要对矿浆进行预先分散处理,使矿粒处于稳定的分散状态。因此,在一定意义上,分散是一种有别于矿物机械单体解离的物理化学单体解离过程^[10]。过量的分散又将破坏絮凝分选,与此同时分散剂种类、分散时间及分散剂用量都会对其产生影响。为此针对分散剂对绿泥石、石英、赤铁矿的影响效果,进一步寻求絮凝分选的最佳条件。

试验条件为:pH 值为 8,矿浆浓度为 10%,沉降时间 10 s,PAFC 用量为 7 mg/L,考察六偏磷酸钠(对绿泥石、石英、赤铁矿的分散行为的影响效果,不同 SHMP 用量下纯矿物沉降曲线见图 5。

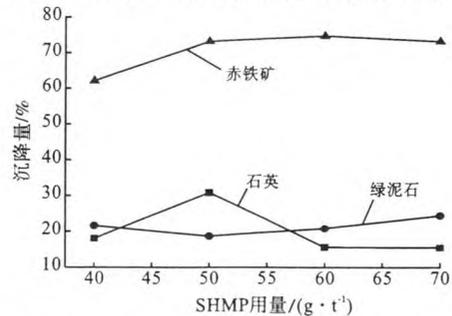


图5 不同 SHMP 用量下纯矿物沉降曲线

Fig.5 The deposition curve of pure mineral at different SHMP dosage

由图 5 可得赤铁矿沉降量随 SHMP 用量的增加缓慢变化,石英变化幅度较大,绿泥石先降低后上升,当药剂用量为 60 g/t 时,赤铁矿沉降量为 74.86%,最大值,石英沉降量为 15.63%,相对较低,绿泥石沉降量增加幅度较小,所以确定最佳药剂用量为 60 g/t。适当的增加六偏磷酸钠的用量,可使矿物的分散性增加,有利于选择性絮凝。

由纯矿物的单矿物絮凝条件试验研究得到纯矿物絮凝分选的最佳条件为:矿浆浓度 10%,pH 值等于 8,分散剂六偏磷酸钠用量 60 g/t,絮凝剂聚合氯化铝铁用量 7 mg/L,沉降时间 10 s。

2.2 人工混合矿物絮凝分选试验

在单矿物絮凝试验研究的基础上进行人工混合矿物的絮凝后分离试验,赤铁矿、石英和绿泥石按3:5:2的配矿比混合均匀配制成10%矿浆浓度,调节pH值为8,分散剂六偏磷酸钠用量为60 g/t,絮凝剂PAFC用量为7 mg/L,充分搅拌均匀,沉降10 s用虹吸管抽取上层矿浆,分别将底流和上层液烘干称重化验。

称重计算得底流产率为35.27%,由化验结果得TFe品位为49.16%,铁的回收率为82.57%,为了更好的说明絮凝分选取得了良好的实验室指标,我们采用分选效率^[11]加以计算。

$$E=R\left(1-\frac{F(C_m-C)}{C(C_m-F)}\right);$$

其中— E 为分选效率; R 为回收率(82.57%); F 为原矿品位(20.91%); C 为精矿品位(49.16%); C_m 为赤铁矿理论品位(70%)。

计算得人工混合矿物的絮凝后分离试验的分选效率为67.7%,可以较好的实现有用矿物与脉石矿物的有效分离,对实际矿物的絮凝分离有一定的指导意义。

3 结 论

(1)赤铁矿、石英、绿泥石单矿物试验研究结果表明,较好的絮凝分选条件为矿浆浓度10%,pH值8,分散剂SHMP用量60 g/t,PAFC用量7 mg/L,沉降时间10 s。

(2)人工混合矿物的絮凝后分离试验的TFe品位为49.16%,铁的回收率为82.57%,分选效率为67.7%,可以较好地实现有用矿物与脉石矿物的有

效分离,对实际矿物的絮凝分离有一定的指导意义。

(3)对实际矿样(矿泥)的絮凝分离研究,有待于进一步深入研究,有望为选厂循环水中的矿泥处理提供了一条经济可行的出路。

参考文献:

- [1]印万忠,丁亚卓. 铁矿选矿新技术与新设备[M]. 北京:冶金工业出版社,2008
- [2]D. N. Collins, 迈宁. 矿泥的处理[J]. 国外金属矿选矿, 1973,4.
- [3]Shaoxian Song, Shouci Lu. Hydrophobic flocculation of fine hematite, siderite, and rhodochrosite particles in aqueous solution[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 1994, 166(1):35-42.
- [4]S. 宋,林森,肖力子. 以疏水絮团形式从铁矿石中磁选细粒赤铁矿和褐铁矿[J]. 国外金属矿选矿,2002(10):28-32.
- [5]Shaoxian Song, Alejandro Lopez-Valdivieso, Yuqing Ding. Effects of nonpolar oil on hydrophobic flocculation of hematite and rhodochrosite fines[J]. Powder Technology, 1999, 101(1):73-80.
- [6]RD 帕斯科,E 多尔蒂. 用油酸钠对赤铁矿进行剪切絮凝和浮选的研究(一)[J]. 国外金属矿山,1999(1):41-44.
- [7]RD 帕斯科,E 多尔蒂. 用油酸钠对赤铁矿进行剪切絮凝和浮选的研究(二)[J]. 国外金属矿山,1999(2):45-48.
- [8]王运敏,田嘉印,王华军,等. 中国黑色金属矿选矿实践[M]. 北京:科学出版社,2008. 71.
- [9]孙炳泉. 东鞍山难选贫赤铁矿石高效分选技术研究[J]. 金属矿山,2005(8):120-128.
- [10]张建伟,王中原. 选择性絮凝的方法及其机理(一)[J]. 过滤与分离,2005(1):1-4.
- [11]Barry A. Wills, Tim Napier-Munn. Mineral processing technology[M]. Elsevier Science&Technology Books,2006. 18.

Study on Selective Separation of Hematite, Quartz and Chlorite by Flocculation

Wang Dan¹, Liu Siqing¹, Liu Hailin¹, Zhao Libing², Zhao Yang¹

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China; 2. Faculty of Mining Engineering, Huabei University of Science and Technology, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: The overflow of the tailing of low-intensity magnetic separation in an iron concentrator mainly contains quartz, chlorite and hematite. The particle size distribution of the overflow is fine at 60% below 15 μm, assaying TFe20.91%. Based on the results of chemical analysis of the overflow, pure minerals experimental studies were conducted about quartz, chlorite, and hematite. Results show that the optimum conditions on the flocculating separation of the pure minerals are pulp density 10%, pH 8, SHMP 60g/t, PAFC 7mg/L and settling time 10s. On the basis of above best conditions, flocculating tests of the artificial mixed minerals were carried out at the ratio of hematite, quartz and chlorite as 3:5:2, with TFe21%. The results show that the obtained underflow assays TFe49.16% with a recovery of 82.57% and the separation efficiency of 67.7%.

Keywords: Fine-sized hematite; Selective flocculation; Separation