

微细粒赤铁矿-石英体系的选择性絮凝试验研究

李凤久¹, 刘殿一¹, 郑卫民², 陈 鹏¹

(1. 华北理工大学, 河北 唐山 063009;

2. 河北钢铁集团矿业公司司家营铁矿, 河北 唐山 063000)

摘要:通过采用常规絮凝剂和新合成絮凝剂絮凝对单矿物和人工混合矿选择性絮凝试验, 得出不同选择性絮凝剂对微细粒赤铁矿-石英体系的絮凝效果优劣顺序为: 淀粉丙烯酰胺接枝聚合物>磺化聚丙烯酰胺>苛化玉米淀粉, 综合考虑品位和回收率指标, 以淀粉丙烯酰胺接枝聚合物效果最佳。当淀粉丙烯酰胺接枝聚合物接枝聚合物加入量为 3 mg/L 时, 沉降物铁品位为 42%, 铁回收率为 91.42%, 当用量为 1 mg/L 时, 絮凝沉降物最高品位为 45%, 相比原矿提高了 12 个百分点, 为采用常规选矿方法进一步分选絮团创造了条件。

关键词:赤铁矿-石英体系; 微细颗粒; 选择性絮凝; 分散

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.03.012

中图分类号: TD951 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2016)03-0049-05

选择性絮凝工艺是在传统絮凝工艺的基础上发展起来的应用于矿物加工领域的一种新工艺, 该工艺在分选微细粒矿物方面已经体现出一定的优势^[1]。该工艺的主要目的是从微细矿物中回收有用矿物, 通过选择性团聚微细矿物颗粒, 使其达到有效分离的粒度, 再结合重、磁、浮等常规物理选矿方法使目的矿物絮凝体与分散体实现分离^[2-3], 选择性絮凝分选技术在微细粒弱磁性矿物中的应用已经逐步完善, 经过多年的发展, 已在分选工艺和理论方面逐渐成熟, 从分选效率上与其他常规物理选矿相比已体现出优越性^[4-5]。所以说, 从技术和经济方面选择性絮凝工艺在微细粒弱磁性矿物选别上具有一定的应用和推广价值^[6]。

1 原材料及试验方法

1.1 原材料

(1) 试验用矿样: 人工选取澳大利亚原生赤铁矿富矿块, 经化验原矿品位 60.13%, 经破碎、筛分

磨矿后, 经过强磁-重选制备出品位为 68.13% 的铁精矿, 作为纯矿物备用, 磨矿细度至 -0.030 mm 100%, 用蒸馏水反复清洗表面后, 低温烘干备用, 经化学分析和镜下观察纯度约 97.4%。人工选取人沟铁石英脉石英, 纯石英矿物的制备过程为破碎、瓷球磨, 多次摇床重选, 用稀盐酸煮沸 30 分钟, 反复冲洗至中性, 再磨矿细度至 -0.030 mm 100%, 低温干燥备用。

(2) 试剂: 分散剂为六偏磷酸钠 (SHP)、三聚磷酸钠 (STPP)、硅酸钠 (SS) 为工业品, 模数为 3, 浓度 40%; 絮凝剂为苛化玉米淀粉、磺化聚丙烯酰胺、新合成淀粉-丙烯酰胺接枝聚合物; pH 值调节剂为分析纯 NaOH, HCl。

1.2 试验方法

将已加工好的微细粒 (-30 μm) 纯矿物、人工混合矿样 (W_0) 与试验用蒸馏水混合, 在 1000 mL 烧杯中将矿浆浓度调整为 2%, 添加各种药剂进行搅拌, 沉降一定时间后, 在液面下 650 mL 处迅速吸出悬浮

收稿日期: 2015-11-03

基金项目: 河北省科技厅资助项目 (15274109); 河北省教育厅资助项目 (2011155); 华北理工大学 2015 年大学生创新创业训练计划资助项目 (X2015097)

作者简介: 李凤久 (1977-), 男, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事复杂难选铁矿的高效回收工艺与理论方面的教学和研究工作。

液,过滤烘干烧杯中剩余矿浆(W)并称量化验。定义 W 与 W_0 的比值 E_s 为沉降率,即 $E_s = \frac{W}{W_0} \times 100\%$

在絮凝试验中沉降率 E_s 越大说明聚团絮凝能力越强,并结合沉降物的品位和回收率指标可综合考虑絮凝剂的选择性絮凝效果^[7]。

2 试验结果与讨论

2.1 单矿物絮凝试验

2.1.1 pH 值对矿物分散体系的影响

采用盐酸和分析纯氢氧化钠作为矿浆 pH 值调整剂,进行矿浆 pH 值试验,确定搅拌转速 1000 r/min,搅拌时间 4 min,室温,沉降时间 1 min,其沉降率 E_s 见图 1。

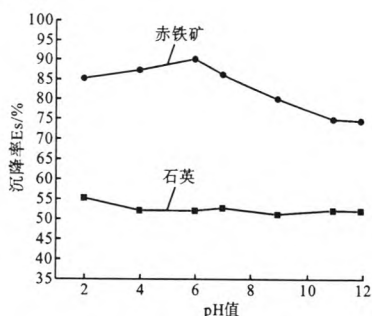


图1 矿物悬浮液稳定性随 pH 值的变化

Fig. 1 The effect of the pH change on the stability of mineral suspension

由图 1 可知,pH 值在 2~12 区间内,石英的分散稳定性明显优于赤铁矿,石英在 pH 值为 2 时,其沉降率最高,这时,pH 值的大小与石英的等电点大致相同,随着 pH 值的升高,石英的沉降率小幅降低,并趋于稳定;对于赤铁矿,在 pH 值 3~6 的区间内,赤铁矿等电点附近,沉降率明显的上升,pH 值的升高,其沉降率会随之不断下降,在 pH 值为 11 时,沉降率基本不再变化,赤铁矿分散体系处于稳定状态,当其处于强碱性的环境时,两种体系均处于分散稳定状态。

在整个 pH 值范围内石英几乎处于分散稳定状态,只是在 pH 值 2 即石英矿物的等电点附近沉降率略高;对于赤铁矿在不同 pH 值下沉降率变化明显,在赤铁矿的等电点附近沉降率较高,pH 值的升高会使赤铁矿沉降率不断下降,当 pH 值大于 11

时,沉降率基本不再变化,此时赤铁矿处于分散稳定状态。对比赤铁矿和石英体系发现,石英的分散稳定性强于赤铁矿,但是在强碱环境下两种体系都处于分散稳定状态。

2.1.2 絮凝剂用量及种类对絮凝效果的影响

分散剂 STPP 加入量为 5 mg/L,以 1000 r/min 的转速搅拌 4 min,矿浆充分分散后,分别加入苛化玉米淀粉、磺化聚丙烯酰胺、新合成高分子接枝聚合物三种絮凝剂,改变用量进行絮凝试验,此时降低搅拌转速至 700 r/min,搅拌 4 min,沉降 30 s,其沉降率 E_s 见图 2。

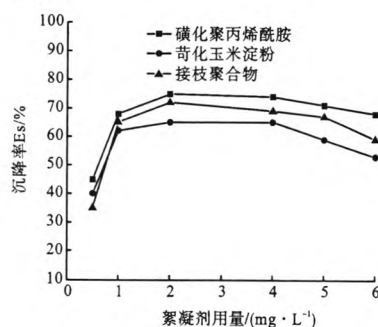


图2 絮凝剂用量及种类对赤铁矿絮凝的影响

Fig. 2 The effect of different flocculant content and species on the hematite flocculation

由图 2 可知,絮凝剂的用量对赤铁矿的絮凝有很大的影响,用量较低时,矿物的沉降率随絮凝剂使用量的增多而升高,随絮凝剂的使用量逐渐增多,矿物的沉降率会有小幅度的下降。在适量的絮凝剂用量范围内,在不考虑选择性的前提下,三种絮凝剂对赤铁矿的絮凝能力大小顺序为:磺化聚丙烯酰胺>淀粉丙烯酰胺接枝聚合物>苛化玉米淀粉。

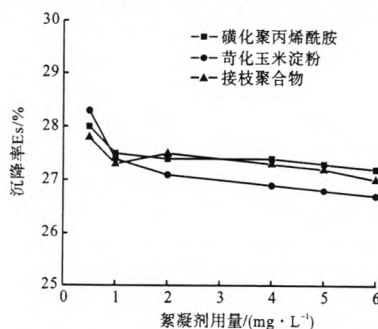


图3 絮凝剂用量对石英絮凝的影响

Fig. 3 The effect of different flocculant content on the quartz flocculation

由图3可知,絮凝剂用量对石英的絮凝几乎没有影响,石英矿物在试验用量范围内均不絮凝,处于稳定的分散状态。

2.2 赤铁矿-石英混合矿物絮凝分离试验

单一矿物絮凝试验结果证实,苛化玉米淀粉、磺化聚丙烯酰胺和接枝聚合物在一定的pH值和分散剂用量范围内都能有效的絮凝赤铁矿而不絮凝石英。为了考察制备的新药剂的絮凝性能,进行了三种不同絮凝剂选择性絮凝分离赤铁矿石人工混合矿的对比试验。

将石英和赤铁矿按一定比例配成33%品位的混合矿,并用蒸馏水将人工混合矿物配成矿浆,利用NaOH调节矿浆pH值到11,试验条件同2.1,计算沉降率,并化验沉降物品位计算回收率。

2.2.1 未加絮凝剂时的絮凝分离试验

称取人工混合矿样16.00 g,加入800 mL蒸馏水,加入STPP用量为5 mg/L,以1000 r/min的转速搅拌4 min,然后搅拌转速降至700 r/min,搅拌4 min,改变沉降时间,用虹吸管吸取液面下650 mL上层溶液,剩余矿浆过滤烘干称重,化验铁品位并计算铁回收率,试验结果见图4。

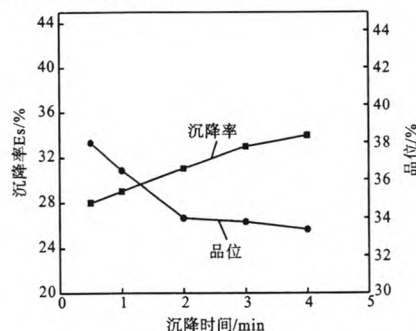


图4 未加絮凝剂时人工混合矿沉降时间与沉降率、品位关系

Fig. 4 The relationship between sedimentation time and sedimentation rate and iron grade by mixing ores artificially

由图4可知,在未加入絮凝剂时,混合矿的沉降率随着沉降时间的增加,呈缓慢增加的趋势,沉降4 min后,其沉降率达到最大且基本保持不变,产生上述试验现象的原因为,在未加入絮凝剂的情况下,溶液中所存在的分散剂起到了很好的分散效果;随着

沉降时间的增加,沉降物的铁品位有所下降,这是由于混合矿中,赤铁矿与石英的密度存在差异,开始沉降时,沉降物中含赤铁矿的比例要略大于石英,随着时间的延长,这一差异逐渐减小,并趋于稳定,随着沉降时间的增加,回收率开始小幅下降,随后增加幅度加大,但最高回收率只有34.5%。

2.2.2 磺化聚丙烯酰胺絮凝剂对混合矿絮凝分离的影响

其他试验条件同上,加入磺化聚丙烯酰胺絮凝剂,进行其用量试验,试验结果见图5。

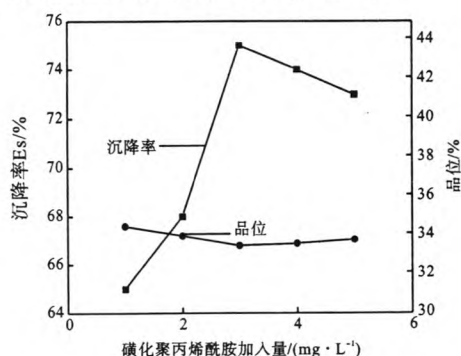


图5 SPAM加入量与沉降率、铁品位关系

Fig. 5 The relationship between the addition of APAM and sedimentation rate and iron grade

由图5可知,加入磺化聚丙烯酰胺絮凝剂后,混合矿的沉降率较未加入絮凝剂时显著提高,当加入磺化聚丙烯酰胺絮凝剂1 mg/L时,沉降率由未加絮凝剂时的28%提高到65%,在使用量增加至3 mg/L时,沉降率最高;伴随着磺化聚丙烯酰胺使用量的增大,混合矿的铁品位变化不大,由以上试验结果可知,磺化聚丙烯酰胺絮凝剂对赤铁矿的絮凝能力相对较强,但对其选择性不佳。逐渐添加磺化聚丙烯酰胺絮凝剂,回收率开始呈现升高的趋势,而后随之降低,最大回收率76.13%时,磺化聚丙烯酰胺絮凝剂用量为3 mg/L,综合考虑沉降率(产率)、品位指标及回收率指标,要产生的絮凝效果良好,磺化聚丙烯酰胺的添加量应控制在3 mg/L左右。磺化聚丙烯酰胺对赤铁矿有一定的选择性,沉降物的铁品位较原矿品位有一定的增加,但增加的幅度不大。

2.2.3 苛化玉米淀粉用量对人工混合矿絮凝分离的影响

加入苛化玉米淀粉絮凝剂,进行其用量试验,试验结果见图 6。

由图 6 可知,随着苛化玉米淀粉絮凝剂的用量增加,人工混合矿的沉降率和回收率小幅增加到最大后又小幅下降;相比于磺化聚丙烯酰胺絮凝剂,要达到同样的絮凝效果,苛化玉米淀粉絮凝剂用量要远远大于磺化聚丙烯酰胺加入量,由沉降物品位的变化可以看出,与磺化聚丙烯酰胺絮凝剂相比,苛化玉米淀粉对赤铁矿的选择性略强,沉降物的最高铁品位较原矿品位上升了 10%,在其使用量为 4 mg/L 时,最高回收率为 66%。

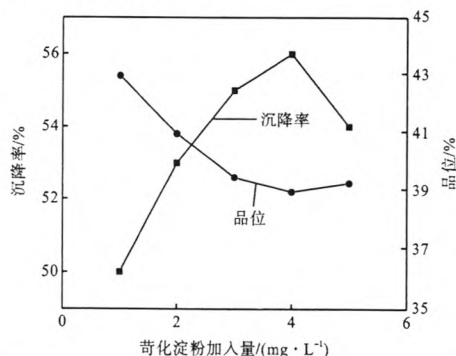


图 6 苛化玉米淀粉加入量与沉降率及品位的关系

Fig. 6 The relationship between addition of corn starch and sedimentation rate and iron grade

2.2.4 接枝聚合物用量对混合矿絮凝分离的影响

接枝聚合物用量试验结果见图 7。

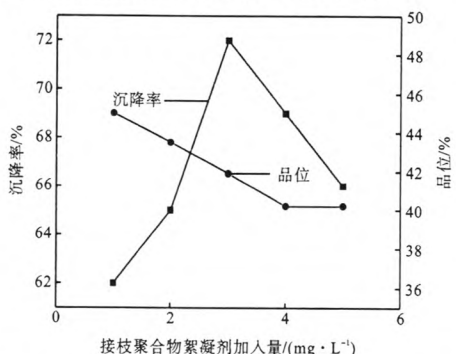


图 7 接枝聚合物加入量与沉降率和品位关系

Fig. 7 The relationship between addition of graft polymer and sedimentation rate and iron grade

由图 7 可以看出,不断增大接枝聚合物絮凝剂的用量,混合矿的沉降率和回收率开始阶段上升的较为明显,随后有小幅下降,并且增加的幅度要远大

于苛化玉米淀粉的增加量,且沉降物的品位高于玉米淀粉;与磺化聚丙烯酰胺絮凝剂相比,接枝聚合物对赤铁矿的选择性要明显好于磺化聚丙烯酰胺,絮凝能力比磺化聚丙烯酰胺絮凝剂稍弱,当加入 3 mg/L 的接枝聚合物时,可得到铁品位为 42%,铁回收率为 91.42% 的沉降物,当接枝聚合物加入量为 1 mg/L 时,铁品位达到 45%,铁回收率达到 84.55% 的沉降物。

2.2.5 三种絮凝剂同样用量对混合矿絮凝分离的对比试验结果

三种絮凝剂在同样用量和试验条件下,用量与人工混合矿沉降物品位和回收率关系见图 8、9。

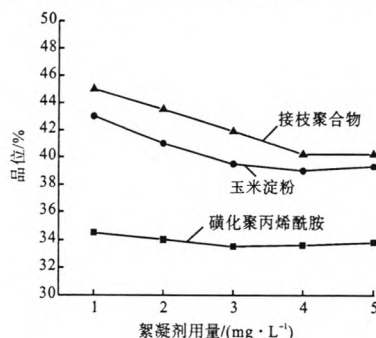


图 8 不同种类絮凝剂加入量与铁品位关系

Fig. 8 The relationship graph of addition of different flocculant and iron grade

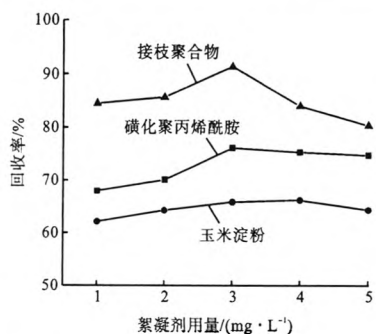


图 9 不同种类絮凝剂加入量与回收率关系

Fig. 9 The relationship between addition of different flocculant and recovery

由以上絮凝试验结果可知,磺化聚丙烯酰胺、苛化玉米淀粉和接枝聚合物三种絮凝剂均能有效的絮凝赤铁矿,其絮凝能力大小顺序为:磺化聚丙烯酰胺 > 淀粉聚丙烯酰胺接枝聚合物 > 苛化玉米淀粉;人工混合矿絮凝分离试验表明,综合考虑品位和回收率指

标,接枝聚合物的絮凝性能优于磺化聚丙烯酰胺和苛化玉米淀粉,当用量为 1 mg/L 时,絮凝沉降物最高品位为 45%,相比原矿提高了 12 个百分点,为采用常规选矿方法进一步分选絮团创造了条件,当用量达到 3 mg/L 时,絮凝沉降物的回收率为 91.42%。三种絮凝剂对赤铁矿的选择性顺序为:淀粉丙烯酰胺接枝聚合物>磺化聚丙烯酰胺>苛化玉米淀粉;综合三种絮凝剂来看,淀粉丙烯酰胺接枝聚合物分离效果优于其他两种絮凝剂。

3 结 论

(1)单矿物试验表明,在适量的絮凝剂用量范围内,在不考虑选择性的前提下,三种絮凝剂对赤铁矿的絮凝能力大小顺序为:磺化聚丙烯酰胺>淀粉丙烯酰胺接枝聚合物>苛化玉米淀粉。絮凝剂用量对石英的絮凝几乎没有影响,石英矿物在试验用量范围内均不絮凝,处于稳定的分散状态。

(2)人工混合矿分离试验表明,综合考虑沉降率、品位及回收率,接枝聚合物的絮凝性能优于磺化

聚丙烯酰胺和苛化玉米淀粉,三种絮凝剂的絮凝能力优劣顺序为:淀粉丙烯酰胺接枝聚合物>磺化聚丙烯酰胺>苛化玉米淀粉;综合考虑絮凝能力和选择性,淀粉丙烯酰胺接枝聚合物絮凝效果优于其他两种絮凝剂。

参考文献:

- [1]于洋,牛福生,吴根.选择性絮凝工艺分选微细粒弱磁性铁矿技术现状[J].中国矿业,2008,17(8):91-93.
- [2]宋少先.疏水絮凝理论与分选工艺[M].北京:煤炭工业出版社,1993.
- [3]罗固原.水污染物化控制原理与技术[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [4]鲁军,陈庆根.微细粒弱磁性铁矿选矿研究现状[J].国外金属矿选矿,2006,18(7):13-16.
- [5]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,2005,25(1):1-4.
- [6]黄传兵,陈兴华.选择性絮凝技术及其在矿物分选中的应用[J].矿业工程,2005,3(3):27-29.
- [7]李凤久,牛福生,倪文.微细粒状赤铁矿颗粒絮凝行为研究[J].金属矿山,2009,401(11):54-56.

Research on Selective Flocculation for System of Fine Hematite and Quartz

Li Fengjiu¹, Zheng Weimin², Zhang Jinrui¹, Li Fuping¹, Zhao Libing¹, Chen Peng¹

(1. North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei, China;

2. Mineral Company of HBIS Sijiaying Iron Mine, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: Selective flocculation study was carried on the single and artificial mixed minerals by using the conventional flocculant and the new synthesis of flocculant, getting the order of merits of three kinds of flocculants on flocculation of fine hematite-quartz system: starch-acrylamide graft copolymer>sulphonated polyacrylamide>causticizing cornstarch. Considering the grade and recovery index, the starch acrylamide graft copolymer had the best effect. When the starch acrylamide graft copolymer dosage is 3mg/L, the iron grade of fallout is 42% and iron recovery rate is 91.42%, when the dosage is 1mg/L, the highest grade of the flocculated mass is 45%. Compared with the raw ore, it was increased 12%, which creates the conditions for using conventional mineral processing methods for further separation of floc aggregate.

Keywords: System of Fine Hematite and Quartz; Fine; Selective Flocculation; Dispersion