

试验研究

铝土矿选矿尾矿水磁絮凝处理实验研究

彭喜曦

(中环联新(北京)环境保护有限公司,北京 100028)

摘要:为实现铝土矿尾矿水悬浮物的高效去除,通过磁絮凝实验分析了磁粉投加量、磁场强度、药剂投加顺序对絮凝效果影响。结果表明:在未加入磁场的情况下,最佳磁粉投加量为 300 mg/L,过量投加磁粉对 SS 去除效果产生负效应;在磁场强度为 0~2 550 GS 范围内,提高磁场强度可明显改善絮凝效果,出水 SS 可降至 201 mg/L,底泥含水率可降至 69.9%;相比与其他 5 种药剂投加顺序,依次投加助凝剂、磁粉、絮凝剂这一加药顺序下的絮凝效果最好。

关键词:铝土矿;选矿尾矿;磁絮凝

中图分类号:X753 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8759(2019)03-0027-04

Experimental study of bauxite flotation tailings water treatment using magnetic flocculation

PENG Xi-xi

(New A CEF(Beijing) Environmental Protection Co., Ltd., Beijing 100028, China)

Abstract: In order to effectively remove suspended solids (SS) in bauxite tailings water, the influence of magnetic seeds dosage, magnetic field intensity and drug dosing order on flocculation were analyzed by magnetic flocculation experiments. The results showed that, without magnetic field, the optimal magnetic seeds dosage was 300 mg/L and overdose of magnetic seeds caused negative effect. When magnetic field intensity was between 0~2 550 GS, flocculation effect was significantly improved by increasing magnetic field intensity, and effluent SS and water content of sediment can be reduced to 201 mg/L and 69.9 %, respectively. The optimal dosage order was coagulant - magnetic seed - flocculant.

Key words: Bauxite; Flotation Tailings; Magnetic Flocculation

0 引言

铝是地球上含量最丰富的金属元素,是促进国民经济发展的主要资源,铝在自然界主要是以铝土矿的形式存在。

我国铝矿石主要为一水硬铝石型,具有高铝、高硅、低铝硅比和低铁的特点。因此在全面推广拜耳法氧化铝生产工艺时,选矿过程中必然会产生大量尾矿,而广义上的尾矿除了浮选工艺中的尾矿浆外,还包括了:破碎球磨排水、洗矿废水、设备冷却用水、药剂车间地面和设备的冲洗水。若这些数量庞大的尾矿浆不经处理便直接排放,会对环

境产生巨大的危害^[1]。

1 铝土矿选矿尾矿处理与磁絮凝技术

通常选矿厂会对选矿废水进行部分或全部回用,此方法对于解决水源缺乏问题有着重要意义。由于回用水通常会直接用于选矿过程,如果选矿过程废水未经处理直接回用的话,那么将会对矿石的选矿指标产生不利影响,使得精矿品位和回收率降低^[2]。而选矿废水(尾矿水)能否高效地被循环利用,在很大程度上取决于其中的有机和无机杂质能否被有效地去除。

基于国内铝土矿选矿现场工业生产经验,主

收稿日期:2018-12-30

作者简介:彭喜曦(1990-),男,湖南茶陵人,工程师,硕士。E-mail:pengxixi06@126.com

引用格式:彭喜曦.铝土矿选矿尾矿水磁絮凝处理实验研究[J].能源环境保护,2019,33(3):27-30.

要将悬浮颗粒物控制在 1 g/L 以下,其它回水方面的要求可以忽略,对于浮选工艺不会产生较大影响,而 1 g/L 同时也是各氧化铝厂对于尾矿回水的通行标准。这一标准看上去简单易行,其实却很难达到。悬浮颗粒物是尾矿最大的污染物,但是由于尾矿独特的分散体系使得它极难沉降。其次,尾矿中众多的有机、无机污染物都附着于颗粒物上,因此,只要悬浮颗粒物得到了去除,其中大部分污染物也就得到了去除^[9]。

磁絮凝法是在加载絮凝沉淀法和磁分离法的基础上提出的一种新型水处理方法,指在磁场作用下,通过在普通絮凝过程中加入磁粉强化絮凝的过程。它主要利用在外加磁场的帮助下,物质的絮凝沉淀、吸附效果、萃取过程等效果起到加强作用原理。与传统的自然沉降分离相比,磁絮凝工艺具有沉降效果好、能耗低、易于操作、无二次污染且成本低等优点^[4]。

本实验中选用的磁絮凝工艺,在钢铁污水、印染废水、含油废水等处理中有着良好的应用。如果磁絮凝技术可以成功应用于铝土矿选矿尾矿的处理,将可以解决中州铝厂尾矿颗粒难以沉降的难题,并且能够压缩底泥以减轻后续工艺设备的压力,减少药剂使用量,节约成本。较好水质的回用水不仅可以减少污水外排对于环境造成的污染,而且有利于前期铝土矿的正浮选过程,提高企业氧化铝产能^[9]。

2 材料与方法

2.1 试剂及主要仪器

主要试剂:聚合氯化铝(PAC)、聚丙烯酰胺(PAM)、盐酸及氢氧化钠溶液。

主要仪器:WZS-185 型循环水式多用真空泵、pHS-3CA 型精密酸度计、DHG-9140A 型恒温鼓风干燥箱、SC965 型增力搅拌仪等。

2.2 实验方法

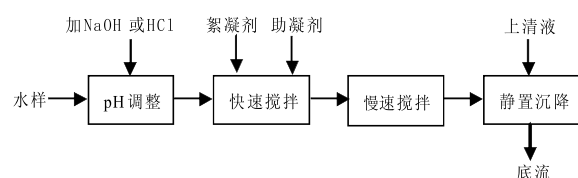


图1 试验流程图

量筒量取 1 L 尾矿样品,转入烧杯,在搅拌仪下于 300 r/min 的速度下快速搅拌,在搅拌过程中加入絮凝剂(PAM)及助凝剂(PAC),3 min 后转变成以 50 r/min 的速度进行慢速搅拌,10 min 后静

置,每隔 0.5 h 读取上清液高度值,1.5 h 时取上清液测 SS,并取底泥测含水率。

3 磁絮凝反应装置

3.1 磁絮凝反应器设计原理

磁絮凝反应器工作原理是利用磁场、重力作用和固体与液体间的密度差实现固体颗粒的沉降分离^[6]。工作流程为尾矿浆调整完 pH 后进入反应器,在搅拌仪快速搅拌的作用下,尾矿浆与絮凝剂、磁粉进行充分混合。然后在慢速搅拌过程中,絮凝剂打开分子链,捕获颗粒并以磁粉为核心形成絮团。具有磁性的絮团在磁场的帮助下加速沉降,沉降到反应器底部压缩区,并不断压缩体积,形成底流,这一过程中逐渐形成固液分界面^[7,8]。

3.2 磁絮凝反应器结构与功能

由于在反应器中,先后需要进行快速搅拌阶段、慢速搅拌阶段、静置阶段,并且实验结束后需要从反应器上部取出上清液,从下部取出底泥用以实验分析。因此,反应器不仅需要能容纳搅拌仪,外部需考虑磁场产生器安装,在上部及下部都要预留出水口^[9]。根据该反应器在功能上要满足以上几点,由此设计简易磁絮凝反应器如图 2 所示。



图2 磁絮凝反应器设计图

设计所采用的磁场由强磁型磁铁所产生,磁铁装于磁铁装载台上,磁场大小由磁铁的多少所控制。反应器内径与 1 L 规格烧杯一致,上部留有溢流口水口三个,可根据下部浑浊液面的高度,来选择出口放出溢流。反应器上配有刻度尺,通过刻度尺可以直观地读取澄清液面高度。

所用的磁场由钕铁硼强磁型磁铁所产生,经过高斯计的实测,当装配零、一、二、三个磁铁时,磁絮凝反应器内部的平均磁场强度分别为 0、

1 040、1 920、2 550 GS, 达到对絮凝过程产生影响的强度范围^[10]。

4 实验结果与讨论

磁絮凝沉降影响因素不多, 主要包括: 磁粉投加量、磁场强度、药剂投加顺序三个方面, 本试验将对这三个方面进行单因素试验研究。

4.1 磁粉投加量对絮凝效果的影响

本试验探索磁粉对于铝土矿尾矿絮凝沉降的促进效应, 试验梯度(磁粉投加量)分别为 0、100、200、300、400、500、600 mg/L。要考察指标为: 0.5、1、1.5 h 澄清液面高度, 出水 SS, 底泥含水率。

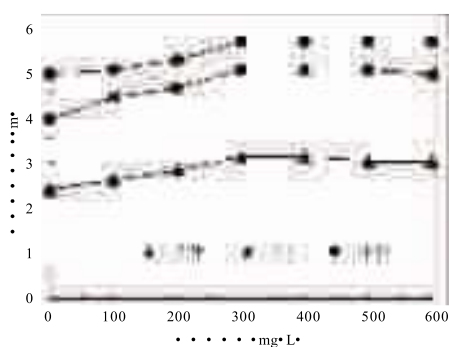


图 3 磁粉投加量对澄清液面高度的影响

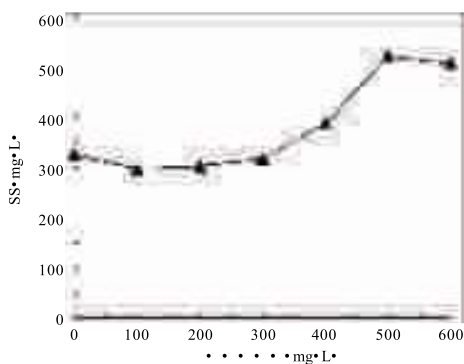


图 4 磁粉投加量对出水 SS 的影响

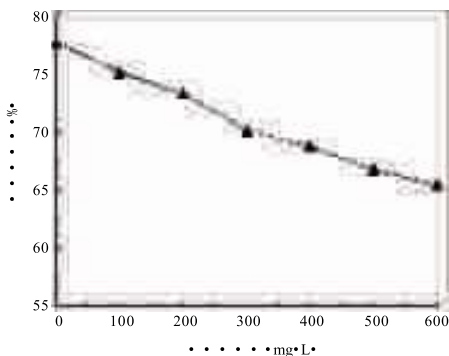


图 5 磁粉投加量对底泥含水率的影响

试验结果表明, 随着磁粉投加量增大, 澄清液面高度呈现略微上升趋势, 当磁粉投加量增加至 300 mg/L, 0.5、1、1.5 h 澄清液面高度分别为 3.1、

5.0、5.6 cm 后, 澄清液面高度变化甚小。0~0.5 h 阶段所沉降高度占 0~1.5 h 总沉降高度比例(沉降速度)也出现先上升后保持平稳的趋势。随着磁粉投加量加大, SS 出现先保持平稳, 然后在 300 mg/L 时急剧上升, 当磁粉投加量由 300 mg/L 增加至 500 mg/L 时, SS 由 317 mg/L 上升到 521 mg/L。当磁粉投加量由 0 mg/L 增加至 600 mg/L 时, 底泥含水率由 77.54 % 下降到 65.36 %。

磁粉的加入对絮凝效果的影响主要有以下几个方面^[11-12]: (1) 它增加了原水中悬浮颗粒的浓度, 提高了颗粒碰撞效率。磁粉通过范德华力及电子间作用力等结合在污染物絮体内, 在初始阶段, 起到矾花形成时的絮核作用。(2) 磁粉因比重大于絮团比重而压缩絮团, 使絮团紧密结实, 体积也随之减少, 由于含磁絮体比不含磁粉的絮体的密度大, 含磁絮体的运动功能和所受离心力作用更大, 故絮体沉降速度快。(3) 磁粉微粒所产生的微弱磁场对荷电胶粒具有较强的吸引力, 磁种与絮凝絮体可以快速结合而形成紧密的复合磁絮凝体。然而, 当磁粉投加量超过饱和用量时, 多余的磁粉将不再与絮凝体结合而形成复合磁絮团, 反而使得废水 SS 增大。

4.2 磁场强度对絮凝效果的影响

本次试验所用磁场强度为 0、1 040、1 920、2 550 GS, 分别进行絮凝沉降试验。考察指标为 0.5、1、1.5 h 澄清液面高度, 出水 SS, 底泥含水率。

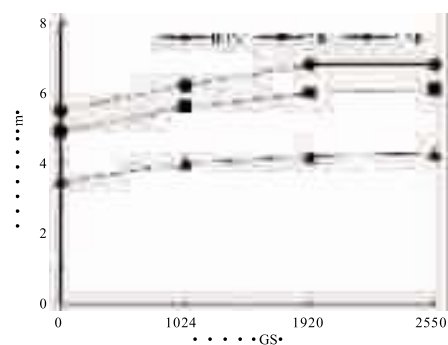


图 6 磁场强度对澄清液面高度的影响

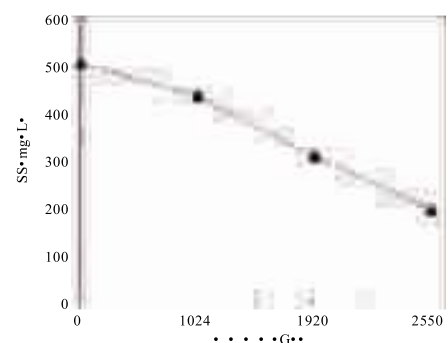


图 7 磁场强度对出水 SS 的影响

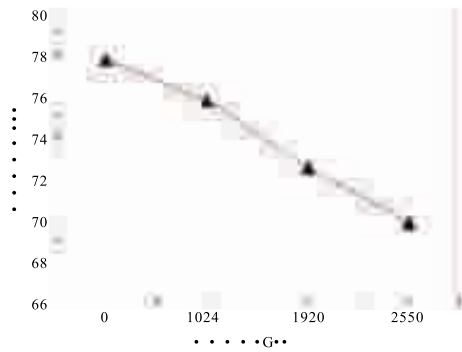


图8 磁场强度对底泥含水率的影响

试验表明随着磁场强度的增大,澄清液面高度出现上升趋势,0~0.5 h内所沉降的高度占0~1.5 h总沉降高度比例不断上升,表明沉降速度加快。磁场强度为2 550 GS时,0.5、1、1.5 h澄清液面高度分别为:4.3、6.1、6.8 cm。SS呈现明显下降趋势,当磁场从0 GS增加到2 550 GS时,SS由507 mg/L下降至201 mg/L,底泥含水率由77.69%下降到69.9%。

由于在前期絮凝过程中,磁粉的加入,并以其为核心形成了“复合”磁性絮团,具有磁性的絮团在磁场的磁吸引力作用下,沉降速度加快,并不断压缩絮团,使絮团紧密结实,体积也随之减少^[13]。

4.3 药剂投加顺序对絮凝效果的影响

将磁粉、絮凝剂(PAM)、助凝剂(PAC)任意组合先后顺序,形成以下六组顺序:Ⅰ、磁粉→助凝剂→絮凝剂,Ⅱ、磁粉→絮凝剂→助凝剂,Ⅲ、助凝剂→磁粉→絮凝剂,Ⅳ、助凝剂→絮凝剂→磁粉,Ⅴ、絮凝剂→助凝剂→磁粉,Ⅵ、絮凝剂→磁粉→助凝剂,并进行絮凝沉降实验。要考察的指标为:0.5 h、1 h、1.5 h澄清液面高度,出水的SS。

试验结果表明将磁粉最后加入的两组试验无论在澄清液面高度上还是SS的去除率上均明显逊于其它四组试验,而Ⅲ助凝剂→磁粉→絮凝剂这种药剂投加顺序又优于另外三种投加顺序,0.5、1、1.5 h澄清液面高度分别为:4.0、6.7、8.1 cm,SS仅为289 mg/L。

表1 药剂投加顺序对絮凝效果的影响

投加顺序	0.5 h澄清液面高度(cm)	1 h澄清液面高度(cm)	1.5 h澄清液面高度(cm)	SS
Ⅰ	3.9	6.5	7.9	331
Ⅱ	4.0	6.7	7.9	322
Ⅲ	4.0	6.7	8.1	289
Ⅳ	3.2	5.3	6.4	441
Ⅴ	3.0	5.3	6.3	425
Ⅵ	3.9	6.4	7.9	306

投加顺序对絮凝效果的影响主要与磁粉和助凝剂的作用机理有关,磁粉在搅拌条件下均匀分布于尾矿中,起到絮团核心作用,结合悬浮胶粒、絮凝剂形成“复合”絮团^[14]。若磁粉加入太晚,絮凝剂已经与悬浮颗粒结合,磁粉的加入不能融入絮

团,则将会分散于水体,反而不利于颗粒沉降^[15]。而铝铁盐的助凝剂可以发生金属离子水解和聚合反应,被吸附的带正电荷的多核络离子能够压缩双电层、降低 ζ 电位绝对值,使胶粒间最大排斥能降低,从而使胶粒脱稳,易于絮凝剂的长链起到搭桥作用,因此Ⅲ助凝剂→磁粉→絮凝剂的投加顺序为最适顺序^[16]。

5 结论

磁絮凝工艺具有沉降效果好、能耗低、易于操作、无二次污染且成本低等优点,在铝土矿选矿尾矿处理中体现了显著优势。未加入磁场的情况下,铝土矿尾矿沉降最适磁粉投加量为300 mg/L左右,继续加大磁粉投加量,澄清液面高度变化甚小,反而出水SS会增加。当磁场强度从0 GS增加到2 550 GS时,絮凝效果得到了明显的改善;磁絮凝最佳药剂的投加顺序为Ⅲ助凝剂→磁粉→絮凝剂。

参考文献:

- [1] 钮因健.中国的铝土矿资源和氧化铝工业的发展[J].国土资源,2003,3:14-18.
- [2] 王永红.铝土矿正浮选尾矿脱水新工艺的研究[D].西安:西安建筑科技大学机械工程学院,2006.
- [3] 钱小青,葛丽英,赵由才.冶金过程废水处理与利用[M].北京:冶金工业出版社,2008.
- [4] 尹海军.深锥高效沉降槽在铝土矿浮选尾矿脱水工艺中的研究及应用[J].有色设备,2007,5:11-13.
- [5] 刘吉生,黄自力,肖松文.城市污水磁化絮凝-高梯度磁分离除磷研究[J].矿冶工程,2003,23(5):24-26.
- [6] 吕凤明,朱武,余增亮.磁絮凝污水处理装置的设计及实验验证[J].环境工程学报,2010,4(2):319-322.
- [7] 解清杰,刘兴,吴春笃.磁絮凝反应器设计及流态模拟[J].江苏大学学报(自然科学版),2006,31(4):473-477.
- [8] 朱又春,曾胜.磁分离法处理餐饮污水的除油机理[J].中国给水排水,2002,18(7):39-41.
- [9] 徐超.磁絮凝剂的制备及磁絮凝性能研究[D].镇江:江苏大学环境学院,2010.
- [10] 史少欣,张雪红,李明俊.高浊度原水磁絮凝的分离实验[J].水处理技术,2002,28(3):166-168.
- [11] 徐灏龙,王长智,章一丹.磁性絮凝剂的制备、表征及其絮凝性能研究[J].给水排水,2009,35:319-322.
- [12] 陈文松,韦朝海,韩虹.磁性絮团形成的最佳参数及机理研究[J].四川环境,2004,23(1):1-4.
- [13] 姜燕清,王毓华,杨键.铝土矿正浮选尾矿沉降试验研究[J].轻金属,2010,12:7-16.
- [14] 李明俊,史少欣,陈立丰.铁盐絮凝剂磁絮体形成的最佳参数及性能研究[J].水处理技术,1999,25(1):45-48.
- [15] Melo C F D, Ricardo Luiz Araújo, Ardjomand L M, et al. Calibration of low frequency magnetic field meters using a Helmholtz coil [J]. Measurement, 2009, 42(9):1330-1334.
- [16] 孙巍,李真,吴松海,等.磁分离技术在污水处理中的应用[J].磁性材料及器件,2006(8):6-10.