

膜过滤工艺应用于研磨废水处理的案例分析

涂燕红¹, 郝双龙², 吴婷^{1*}, 李小忠¹, 陈寒松¹

(1. 浙江师范大学行知学院, 浙江金华 321100; 2. 深圳市南科环保科技有限公司, 广东深圳 518000)

摘要:采用平板陶瓷膜过滤技术对研磨废水进行处理。磁粉废水进水水质为 pH 9.6、COD 约为 70 mg/L、SS 含量为 230 mg/L, 铁红废水 pH 为 7.2、COD 约为 55 mg/L、SS 含量为 2 900 mg/L, 经膜过滤工艺处理后, 磁粉废水和铁红废水 pH 下降率分别为 11.9% 和 1.5%, COD 下降率分别为 75.6% 和 84.1%, SS 去除率均为 100%。以 50 m³/d、SS 含量为 5 000 mg/L 的废水处理项目为例进行经济核算显示, 正产运行情况下 595 d 可回收工程投资, 快速实现环保效益和经济效益双赢。

关键词:陶瓷膜; 机械研磨废水; 再生回用; 物料回收; 经济分析

中图分类号: TH3

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2020)S-0226-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2020.S.049

Study on application of membrane filtration process in treatment of grinding wastewater

TU Yan-hong¹, HAO Shuang-long², WU Ting^{1*}, LI Xiao-zhong¹, CHEN Han-song¹

(1. Xingzhi College, Zhejiang Normal University, Jinhua 321100, China;

2. Shenzhen Sustech Environmental Inc., Shenzhen 518000, China)

Abstract: Flat ceramic membrane filtration technology is employed to treat with wastewater from grinding process. Influent magnetic powder wastewater contains 70 mg·L⁻¹ of COD, 230 mg·L⁻¹ of SS and its pH is 9.6. Influent iron red-containing wastewater contains 55 mg·L⁻¹ of COD, 2 900 mg·L⁻¹ of SS and its pH is 7.2. After treated by membrane filtration process, pH values of magnetic powder wastewater and iron red wastewater decrease by 11.9% and 1.5% respectively, COD in them decrease by 75.6% and 84.1% respectively, and SS removal rates of both are 100%. Taking a 50 m³/d wastewater treatment project as an example, with a SS content of 5 000 mg·L⁻¹ in influent wastewater, economic accounting shows that it will spend 595 days to recover project investment under normal operation, quickly achieving win-win environmental and economic benefits.

Key words: ceramic membrane; wastewater from mechanical grinding; regeneration and reuse; material recovery; economic analysis

电机产品被广泛应用于消费及商用产品中, 包括汽车配件、家用电器、电动工具、商业器材及个人护理产品等。电机在生产过程中会排放较多的研磨废水, 目前对研磨废水的处理较多采用离心分离技术, 但检测结果显示处理效果不佳, 达不到回用标准, 且不能稳定达标排放^[1]。如此不仅增加了电机企业制造成本, 而且面临安全生产的风险。在节能环保及循环经济趋势下, 水资源回收利用和减少各种废物的排放对企业来说不但具有环保效益, 更具有经济效益。

采用膜过滤技术处理研磨废水^[2], 不仅能实现

对水资源的再生利用, 而且磁粉和铁红也能回收, 废水能够稳定达标排放, 降低了厂区废水对环境的影响, 有效减少了水资源的浪费。水资源及物料回收利用也是清洁生产的重要组成部分。

1 废水来源与特征

研磨废水是由铝合金制品粗研磨加工工序产生, 磨料采用塑胶石。该类研磨常用于铝合金、锌合金、铜、树脂等材质较软的产品去披锋、毛边、倒角、氧化皮及电镀前细磨等, 因此该类研磨废水中主要含有金属碎屑、胶体和金属表面添加剂。废水呈灰

收稿日期: 2020-05-07; 修回日期: 2020-08-02

基金项目: 浙江省教育厅一般项目(KY204Y17228)

作者简介: 涂燕红(1989-), 女, 硕士, 助理讲师, 研究方向为污水处理, tuyanhong130815@163.com; 吴婷(1983-), 女, 博士, 讲师, 研究方向为高浓度难降解有机废气治理技术、污水高级氧化技术、水的深度处理与回用技术等, 通讯联系人, 83935451@qq.com。

色、浑浊并有气味。研磨废水水质分析检测结果见表 1。

表 1 研磨废水水质分析

废水名称	pH	COD/(mg·L ⁻¹)	SS/(mg·L ⁻¹)
磁粉废水	8.5~10.0	70	230
铁红废水	6.0~8.0	55	2900

2 废水处理及物料回收工艺说明

2.1 工艺流程

考虑循环期处理回用水直接用于生产,如果采用添加化学净水药剂的方法,将增加水中的溶解性物质,对后续回用水造成不可预知的影响,同时,也会增加外排废水中 COD 超标的风险^[3],因此本方案采用纯物理方法进行处理。研究表明,传统袋式过滤等措施耗材消耗大、更换操作繁琐,因此本研究选用高精度平板陶瓷膜过滤工艺(MBR)。经过多次实验,对处理后的回用水进行检测,结果显示处理效果理想稳定,且浓缩后的磁粉和铁粉含水率低,自然风干后即可实现对物料的回收,具体工艺流程见图 1。

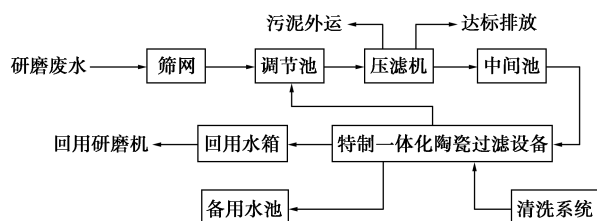


图 1 工艺流程图

2.2 主要工艺特点

研磨废水经筛网过滤后流入调节池,由于废水中 SS 含量较高,废水直接流经压滤机,污泥脱水回收,部分废水达标排放,部分流入中间池,由中间池流入 MBR 一体化设备,经一体化处理后的废水直接排入回用水箱,MBR 中的污泥二次流入调节池。

本工艺采用新型纳米平板陶瓷膜核心材料,利用精密膜孔与粉体颗粒在尺寸上的数量级差,对废水进行纯物理固液快速分离,以达到净化效果^[2,4]。

平板陶瓷膜使用一段时间后可进行反洗,经过反洗后的陶瓷膜表面磁粉附着趋于稳定,可以保证长时间的研磨废水过滤通量稳定。陶瓷膜在不同放大倍数下的镜检结果见图 2 所示。

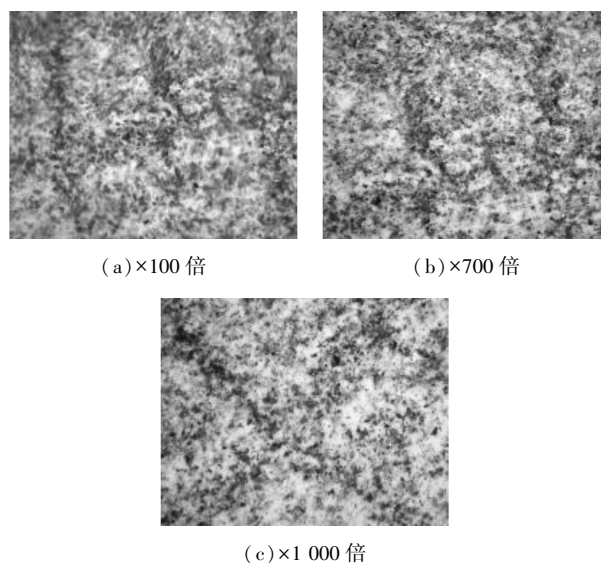


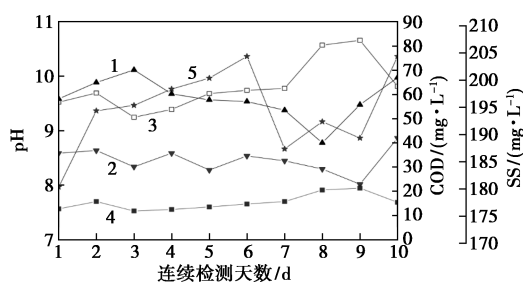
图 2 不同放大倍数下陶瓷膜镜检结果

因为废水成分单一,过滤浓缩后的铁红粉、球磨磁粉回收纯度高,回收率可以达到 99% 以上。铁红、磁粉的回收利用使废水处理实现了资源化。同时,因为处理过程中不需要投加化学药剂,使废水处理更为经济。

3 废水处理及物料回收结果

3.1 研磨磁粉废水处理结果

对研磨磁粉废水进行 10 d 连续检测,检测结果显示该新工艺处理效果较好且出水水质稳定,出水未检测出悬浮物 SS,具体检测结果见图 3。出水指标远优于传统工艺,产水 SS、COD 超过中水回用标准,粉料可回收,出水可回用或直接排放。



1—磁粉废水 pH; 2—产水 pH; 3—磁粉废水 COD; 4—产水 COD; 5—磁粉废水 SS

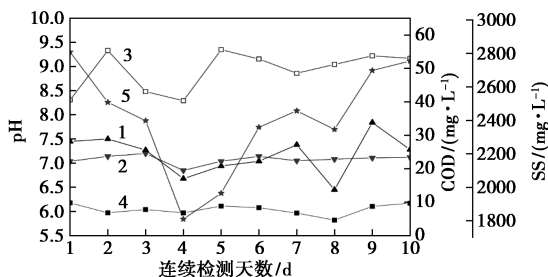
图 3 磁粉废水检测结果

磁粉废水在膜池浓度高达 40 000 mg/L,经过浓缩后磁粉含水率可降低至 50% 左右,由于磁粉单价较高^[5],具有高回收价值。

3.2 研磨铁红废水处理效果

对铁红废水进行 10 d 连续检测,结果显示新工

艺效果较好且出水水质稳定。产水悬浮物 SS 未检出,具体检测结果见图 4。产水 pH、COD 超过中水回用标准,铁红可回收,出水可回用或直接排放。



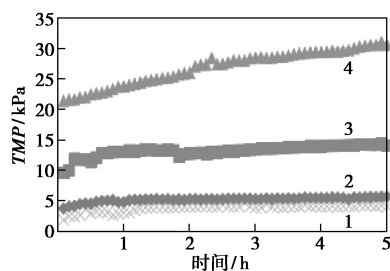
1—铁红废水 pH;2—产水 pH;3—铁红废水 COD;
4—产水 COD;5—铁红废水 SS

图 4 铁红废水检测结果

铁红废水在膜池浓度可达 50 000 mg/L,经过膜池底部锥形浓缩后,含水率可降到 50% 以下,物料不含杂质,且粒径较原料铁红更细、物料级配更好,回收量较大,回收价值高^[6]。

3.3 铁红废水通量对跨膜压差的影响

不同铁红废水通量下,陶瓷膜跨膜压差随时间变化曲线见图 5。由图可知,通量越大,跨膜压差越大;而在同一通量下,随时间的延长,跨膜压差有所增加,但增加到一定值时趋于稳定。可以看出,处理研磨废水时,膜通量设计在 30 ~ 100 L/(m²·h) 最佳。

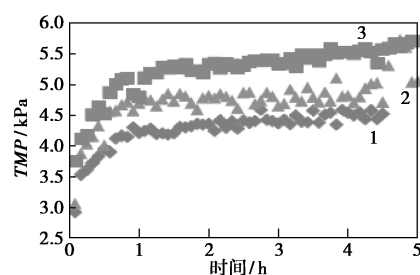


1—50 L/(m²·h);2—80 L/(m²·h);3—100 L/(m²·h);
4—120 L/(m²·h)

图 5 不同铁红废水通量下跨膜压差与时间的关系

3.4 铁红废水浓度对跨膜压差的影响

在不同铁红废水浓度下,陶瓷膜跨膜压差随时间变化曲线见图 6。由图可知,污染物浓度越大,跨膜压差越大;污染物浓度在 30 000 ~ 50 000 mg/L 时,跨膜压差在一定范围内变化并最终趋于稳定。因此,该工艺膜过滤池污染物浓度最佳控制范围为 30 000 ~ 50 000 mg/L。



1—32 150 mg/L;2—43 680 mg/L;3—49 680 mg/L

图 6 不同铁红废水浓度下跨膜压差与时间的关系

4 陶瓷膜过滤工艺经济性分析

本工艺能够实现废水、物料资源化利用,具有处理稳定性高、占地面积小、运行成本低、膜使用寿命长等优点。

经济核算分析显示,采用平板陶瓷膜过滤工艺,废水站基本建设占地面积为 0.6 m²/t,建设费用为 4 500 元/t,建成后处理研磨废水运行费用为 0.4 ~ 0.6 元/t。以 50 m³/d 处理规模、SS 含量低于 5 000 mg/L 为例,对环保效益和经济效益进行核算。

本工艺一次性建设投资约 26 万元、运行成本为 250 元/d、占地面积约 30 m²,传统工艺占地面积为 70 m²、运行成本为 500 元/d^[6];使用此工艺后水再生利用量为 30 m³/d,物料回收量为 250 kg/d;园区工业用水价格为 3.75 元/t,每天节约水费为 112.5 元/d,物料单价为 2.4 元/kg,传统工艺污泥需外运处理,价格为 350 元/t,现物料回收可进行二次利用,每天节省物料费及污泥处理费用为 687.5 元;正产运行情况下 595 d 可回收工程投资。陶瓷平板膜过滤技术可减少企业环保风险,快速实现环保效益和经济效益双赢。

5 结论

由于铝的不稳定性,在酸性及碱性条件下均会反应生成铝盐,释放氢气。现场观察到了絮状污泥产生较多气泡,因此该研磨水长期循环后的盐分含量将会升高,水质对产品的影响未知,因此研磨废水循环使用一定时间后需要定期更换。

工程实践证明,新型平板陶瓷膜过滤技术对电机生产过程中的研磨废水处理效果理想且出水水质稳定,出水水质超过传统的混凝沉淀+砂滤工艺。膜过滤工艺可靠性强,产水量、膜性能、动力系统和控制系统在运行过程中都非常稳定。通过废水再生

(下转第 233 页)

以循环模式处理实际工业含氨废水,使不同水质含氨废水的氨氮浓度分别由 500 和 300 mg/L 达到国家污水综合排放标准(GB 8978)中规定的一级排放标准(15 mg/L)以下。

(2) 电化学氧化反应器电流密度是影响循环处理过程中氨氮去除效率的主要因素,提高电流密度是提高氨氮去除效率最有效的策略。初始氨氮浓度几乎不会影响氨氮去除效率。

(3) 在电化学氧化反应第一阶段,循环液的氨氮浓度持续降低,pH 逐渐降低,悬浮物浓度不断降低;在电化学氧化反应第二阶段,循环液中的氨氮完全被去除后,pH 逐渐增大,悬浮物浓度逐渐增大。整个循环反应过程中,循环液温度不断升高,应始终控制在 40℃ 以下;循环液氯离子浓度持续降低,应始终控制在 2 000~8 000 mg/L 范围内。

(4) 实验中循环处理每千克氨氮的能耗在 49.3~113.4 kW·h 范围内,由多因素共同决定。电化学氧化循环中试实验系统和实验结果为更大规模的工业化应用提供了理论基础和实践经验。

参考文献

- [1] Feng Y J, Yang L S, Liu J F, *et al.* Electrochemical technologies for wastewater treatment and resource reclamation [J]. *Environ Sci: Water Res Technol*, 2016, 2: 800-831.
- [2] 樊广萍, 谢江坤, 李睦, 等. 电化学氧化技术在废水处理中的应用研究[J]. *净水技术*, 2016, 35(6): 30-36.
- [3] Zhong C, Hu W B, Cheng Y F. Recent advances in electrocatalysts for electro-oxidation of ammonia [J]. *J Mater Chem A*, 2013, 1: 3216-3238.
- [4] 郭迪, 卢婵, 王玉珏. 海水养殖中氨氮的电化学氧化及残余氯和三卤甲烷的生成[J]. *水处理技术*, 2017, 43(3): 64-67.
- [5] 谢芳, 潘涌璋, 叶林顺, 等. 沸石填料电化学反应器处理氨氮废水的研究[J]. *工业水处理*, 2015, 35(5): 27-30.
- [6] 李慧婷. 电化学氧化法在工业废水处理中的应用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [7] 秦静静. 电化学催化氧化法处理含氨废水的研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2016.
- [8] 吴先威, 王燕, 易俊, 等. 三维电化学对养猪废水氨氮去除的影响研究[J]. *水处理技术*, 2019, 45(1): 118-121, 127.
- [9] 李旭, 王春荣, 何绪文, 等. 电化学氧化法去除微污染水中的氨氮[J]. *环境工程学报*, 2012, 6(5): 1553-1558.
- [10] 陈金鑫, 施汉昌, 徐丽丽. pH 值对氨氮电化学氧化产物与氧化途径的影响[J]. *环境科学*, 2008, 29(8): 2277-2281.
- [11] Hanspeter Z, Annette R, Eberhard M, *et al.* Removal rates and energy demand of the electrochemical oxidation of ammonia and organic substances in real stored urine [J]. *Environ Sci: Water Res Technol*, 2017, 3: 480-491.
- [12] Shin Y U, Yoo H Y, Kim S, *et al.* Sequential combination of electro-Fenton and electrochemical chlorination processes for the treatment of anaerobically-digested food wastewater [J]. *Environmental Science & Technology*, 2017, 51(18): 10700-10710.
- [13] Chandrakanth G, Antía P, Ganapati D Y, *et al.* Pharmaceutical industry wastewater: Review of the technologies for water treatment and reuse [J]. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2014, 53(29): 11571-11592.
- [14] Marco P, Giacomo C. Electrochemical oxidation as a final treatment of synthetic tannery wastewater [J]. *Environmental Science & Technology*, 2004, 38(20): 5470-5475.
- [15] 曹转. 电氧化技术同步去除 COD 和氨氮的技术经济评估[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2016.
- [16] 王芬, 程云生, 侯冠军, 等. 电化学降解技术在水产养殖废水处理的研究现状及应用前景[J]. *水处理技术*, 2018, 44(7): 6-9, 25.
- [17] 李晶蕊, 李杨. 电化学法处理污水厂反渗透装置浓水实验研究[J]. *工业水处理*, 2017, 37(12): 72-75.
- [18] 王璟, 王园园, 赵剑强, 等. 火电厂高盐高氨氮废水电解除氨氮及制氯性能研究[J]. *工业水处理*, 2015, 35(7): 60-64.
- [19] 王园园. 火电厂反渗透浓水电解除氨氮及制氯性能研究[D]. 西安: 长安大学, 2015.
- [20] 李璇. 循环电解槽电化学氧化法处理氨氮废水的实验研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2013.
- [21] 周明明. 电化学氧化去除氨氮的机理及其应用[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2015. ■

(上接第 228 页)

回用,节约了水资源,且工程占地面积小,节省了工程投资。采用纯物理分离,使磁粉、铁红有良好的回收价值,实现了经济效益和环保效益的双赢。

参考文献

- [1] 尹小伟, 李芝, 罗宇坚. 手机屏研磨废水再生水厂的设计及运行[J]. *工业水处理*, 2015, 35(9): 87-89.
- [2] 邵晓华, 陈清. MBR 膜的特点及其在船舶生活污水处理中的应用研究[J]. *船舶工程*, 2019, 41(4): 125-127.
- [3] 罗助强, 王峰, 杨海真. 化学机械研磨废水处理及回用技术的研究进展[J]. *环境科学与技术*, 2012, 35(3): 127-131.
- [4] Liu W, Cui M, Shen Y. Waste cigarette filter as nanofibrous membranes for on-demand immiscible oil/water mixtures and emulsions separation [J]. *J Colloid Interface Sci*, 2019, 549: 114-122.
- [5] 郝晓地, 王向阳, 江瀚, 等. 污水处理环境综合效益评价方法及案例应用[J]. *中国给水排水*, 2019, 35(6): 6-15.
- [6] 甘杰, 杨大兵. 高磷鲕状赤铁矿制备铁红[J]. *矿产综合利用*, 2018, (5): 68-71. ■