

文章编号: 2095—0411 (2013) 03 - 0017 - 04

磁化/超声吹脱处理高质量浓度氨氮废水试验研究^{*}

赵丽华, 冯俊生, 徐佩佩, 刘艳平

(常州大学 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 自制一种复合型氨氮吹脱助剂, 引入外加场即超声场和磁场来处理氨氮废水, 研究反应的最适宜条件。结果表明, 质量浓度 1 910~2 000mg/L 的废水在 pH 为 11、助剂的投加量为 0.084 8g/L、水深 0.25m、常温 25℃ 下超声吹脱 60min 后氨氮脱除率达到了 97% 以上, 比普通曝气吹脱提高了 40% 左右; 当废水在磁场强度 0.27MT, 预磁化时间 10min 后, 在同等条件下吹脱 60min 时氨氮去除率为 99.99%, 相对于未经磁化的废水脱除率提高了 4% 左右。

关键词: 氨氮; 复合脱氮剂; 气动超声吹脱; 磁化; 脱除率

中图分类号: X 703

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.2095—0411.2013.03.005

Research of Treating High Concentration Ammonia Nitrogen Wastewater by Magnetization and Ultrasound Stripping

ZHAO Li-hua, FENG Jun-sheng, XU Pei-pei, LIU Yan-ping

(School of Environmental and Safety Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: A compound ammonia stripping agent was made to treat the ammonia nitrogen wastewater by introducing the ultrasonic field and magnetic field, and the optimum conditions of reaction were studied. The results showed that, the concentration of wastewater was 1 910 to 2 000mg/L, when pH was 11, additive dosage was 0.084 8g/L, the depth was 0.25m, temperature was 25℃ and ultrasonic stripping time was 60min, the ammonia nitrogen removal rate was more than 97%, compared with the traditional air stripping, the ammonia nitrogen removal rate was increased by about 40%. When the wastewater was magnetized under the following condition, the magnetic field strength was 0.27MT and the magnetization time was 10min, the ammonia nitrogen removal rate was 99.99% at the same condition; compared with the un-magnetized wastewater, the removal rate increased by about 4%.

Key words: ammonia nitrogen; composite denitrification agent; pneumatic ultrasonic stripping; magnetization; removal rate

对于高质量浓度氨氮废水 ($\rho(\text{NH}_3\text{-N}) \geq 500\text{mg/L}$) 的处理, 目前在实际应用中最为广泛地是吹脱法和膜吸收法。传统的空气吹脱法存在吹脱效率低、时间长、对温度及气液比要求高等缺点;

膜吸收法是膜分离技术与生物技术有机结合的新型废水处理技术之一^[1], 但膜的长期运行会造成膜的污染与堵塞, 导致膜通量降低, 另外较高的运行费用是其推广应用中遇到的主要问题。

* 收稿日期: 2013 - 04 - 11

基金项目: 江苏省环境保护厅项目资助 (201007)

作者简介: 赵丽华 (1988—), 女, 江苏盐城人, 硕士生; 通讯联系人: 冯俊生。

为了克服传统吹脱的缺点, 本实验将传统吹脱用气与超声波的产生相结合。在引入超声场和磁场的基础上加入已开发的助剂来处理废水中的氨氮, 选用的助剂投加量小, 容易获得, 氨氮脱除效果好; 工艺条件容易控制, 在常温、较低时间、低气液比下即可达到很高的去除率, 且装置简单, 操作方便。

1 试 验

1.1 试验原水

自配高质量浓度氨氮模拟废水, 取 3.819g 分析纯氯化铵溶于 1 000mL 蒸馏水中, 此即为 1

000mg/L 的模拟氨氮废水质量浓度, 依此比例配制氨氮质量浓度为 2 000mg/L 实验用原水。

1.2 仪器和试剂

仪器: 气动超声装置 QU-0.4、空压机 JB-2.5、空气转子流量计 (LZB-10)、721 分光光度计、电子天平、pH 计、变频电磁机 (磁场强度 0~10 000GS) 等。装置流程示意图如图 1 所示。

试剂: NaOH、NH₄Cl、水杨酸、酒石酸钾钠、次氯酸钠、亚硝基铁氰化钠等分析纯试剂; 助剂: 由纳米颗粒和表面活性剂组成, 纳米颗粒为固体, 纯度 99.5%, 20nm, 球形; 表面活性剂为液态分析纯。

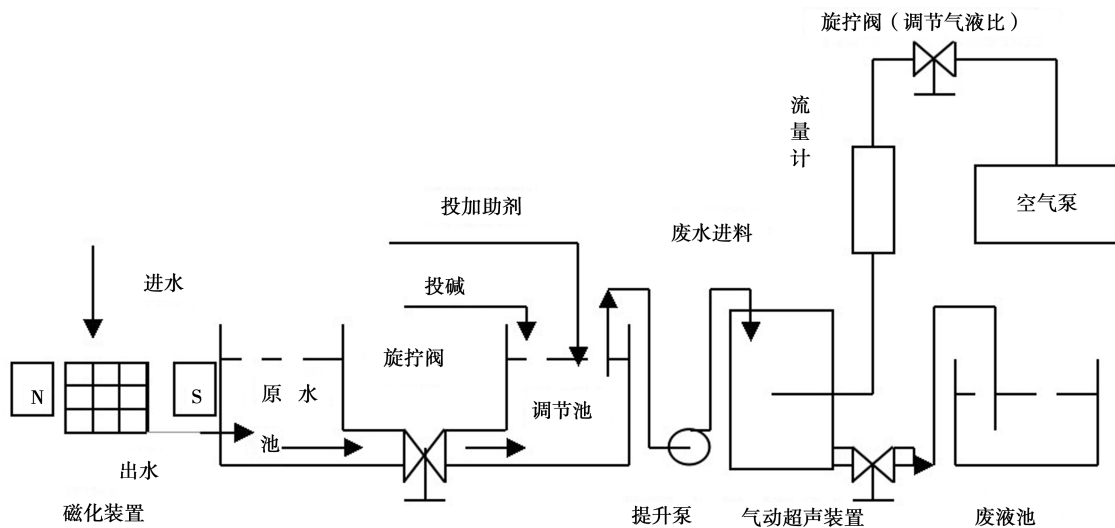


图 1 试验装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of experimental device

1.3 试验装置和方法

准确配置质量浓度为 2 000mg/L 未经磁化的氨氮废水置于原水池中, 通过阀门进入调节池, 加碱使废水呈碱性, pH 为 11, 其中的铵离子转化为游离氨, 再添加 0.084 g/L 自制的复合脱氮剂, 然后用泵抽送至气动超声装置。内装气动超声探头, 是通过空气压缩机产生一定压力和风速的气流, 通过弹簧振子振动而产生, 在弹簧振子振动过程中分割气流产生微气泡, 形成一定空间范围的超声波场, 频率 20~24kHz, 在此过程中产生的气泡尺寸 100~500μm。在常温 25℃ 下吹脱 60min 后, 测定水中的全氨质量浓度氨氮质量浓度, 采用水杨酸-次氯酸盐光度法^[2]测定。

在已开发助剂的条件下, 研究反应的最佳水深。在得出的最佳条件下再对磁化后的废水在上述

相同的条件下进行处理, 确定预磁化的最佳磁场强度和ación, 对比未经磁化的氨氮吹脱效率。

处理过程中产生的尾气进入尾气吸收装置进行吸收, 处理后的水排入废液池, 水和气的流量由转子流量计控制, 气液比为 900 : 1。

2 结果与讨论

2.1 水深的影响

在温度为常温 25℃、pH=11、初始质量浓度 2 000mg/L、气液比 900 : 1、助剂投加量 0.084 g/L、吹脱时间 60min, 研究水深的影响, 结果见图 2。

由图 2 可知氨氮脱除率随水深的增加而增加, 当超过 0.25m 时增长基本处于平稳, 脱除率在 97% 左右, 1.02m 后开始大幅降低, 这是因为受

到超声辐射范围的限制。为实现最大氨氮脱除效率, 选取水深应大于 0.25m 小于 1.0m 为宜。

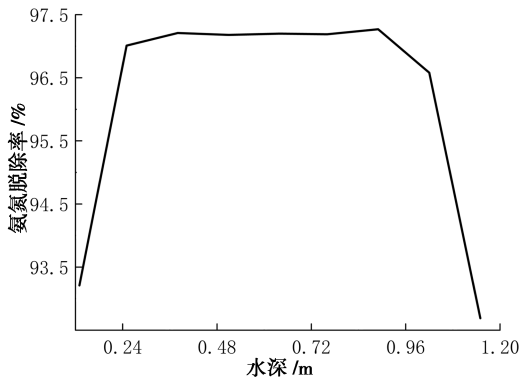


图 2 水深对氨氮脱除率的影响
Fig 2 Effects of water depth on the ammonia nitrogen removal rate

2.2 磁化最佳条件的确定

在研究磁化的最佳场强和时间时选取的水深为 0.13m, 当水深在 0.25~1.0m 之间时处理未经磁化的废水, 氨氮的脱除率达到了 97% 左右, 在研究磁化对氨氮脱除率的影响时, 氨氮脱除率提高的幅度受到了限制。因此研究磁化影响时选取水深为 0.13m。

2.2.1 磁场强度的影响

对 2 000mg/L 的废水进行预磁化处理, 分别在磁场强度为 0、0.14、0.27、0.4、0.503、0.592MT 时, 磁化 10min 后在 pH=11、气液比 900 : 1、助剂投加量 0.084 8g/L、水深 0.13m、常温 25℃ 下吹脱 60min, 考察磁场强度对氨氮脱除率的影响。结果如图 3 所示。

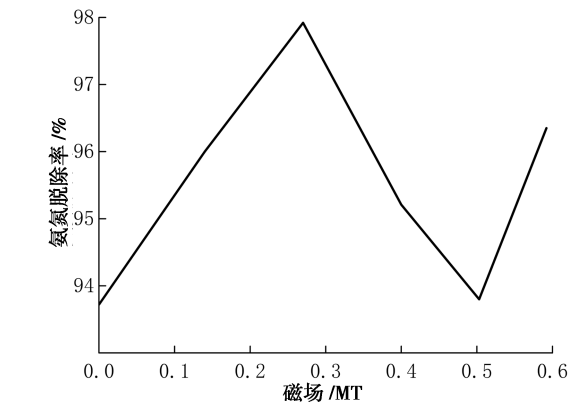


图 3 磁场强度对氨氮去除率的影响
Fig. 3 Effect of magnetic intensity on the ammonia removal efficiency

从图 3 可知, 在磁场强度为 0.27MT 时, 去除率最高为 97.67%。磁会强度为 0 时, 脱除率为 93.68%, 提高了 4% 左右。

2.2.2 预磁化时间的影响

磁强 0.27MT 下, 对 2 000mg/L 废水分别预

磁化 0、5、10、15、20、25min 后在 pH=11、气液比 900 : 1、助剂投加量 0.084 8g/L、水深 0.13m、常温 25℃ 下吹脱 60min, 考察磁化时间对氨氮脱除率的影响。结果如图 4。

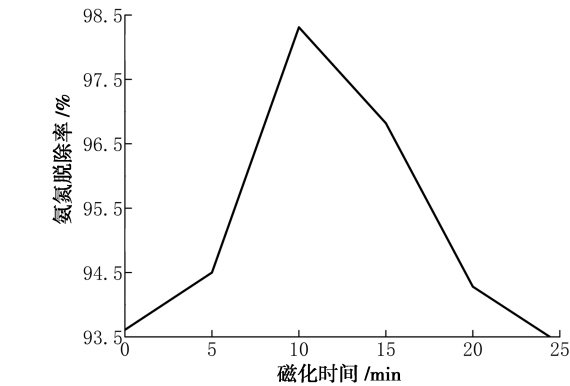


图 4 预磁化时间与氨氮去除率的关系
Fig. 4 Effect of pre-magnetic time on the ammonia removal efficiency

由图 4 可知, 氨氮去除率先随着时间的增加而上升, 在 10~25min 时氨氮去除率降低, 在 10min 时脱除率最高, 脱除率为 98.01%, 磁化时间为 0 时脱除率为 93.72%, 提高了 4% 左右。

2.3 对实际废水的处理效果对比及分析

2.3.1 原水来源及水质

原水来自江苏溧阳某化工厂合成氨生产废水, 其悬浮物较多, 在投加了混凝剂预处理后, 其水质情况见表 1。

表 1 原水水质					mg/L
Table 1 Water quality of raw water					mg/L
NH ₃ -N	COD	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SS	pH
1 910	800	124	0.65	6.5	7.1

2.3.2 试验结果与分析

本实验进行了 4 组对比试验, 磁化协同助剂/气动超声吹脱; 助剂/气动超声吹脱; 气动超声吹脱, 普通曝气吹脱, 在温度为常温 25℃、pH=11、初始质量浓度 2 000mg/L、水深 0.25m、气液比 900 : 1、吹脱时间 60min 相同试验条件下, 分别在 20min、30min、40min、50min 和 60min 处取样分析。其中助剂投加量为 0.084 8g/L, 磁化条件为: 磁场强度为 0.27MT, 磁化时间为 10min。氨氮脱除效果如图 5 所示。

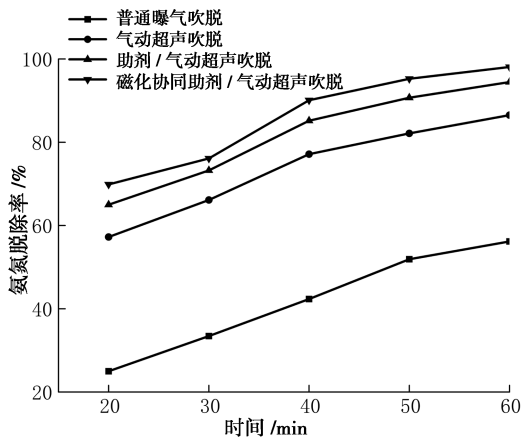


图 5 对比试验

Fig. 5 Comparison test

由图 5 可知,在已开发助剂的基础上引入超声和磁化,对氨氮的脱除具有理想的效果。本纳米复合脱氮剂在废水中可形成气、固、液多相体系。笔者通过超声和非离子表面活性剂能有效地将纳米颗粒分散于水中,本助剂可以加强界面的湍动更新,减少液膜阻力^[3-4],此外,醇类表面活性剂含有大量的羟基,能破坏水分子与 NH_3 分子间的结合力,使水氨团簇现象减少,单分子质量浓度差增加,提升了氨分子的扩散驱动力。

(1) 超声波具有独特的机械振动和空化作用^[5],本试验超声波和微气泡是在一定压力的空气流同时产生,引起相界面的变形和湍动,相界面的更新以对流的形式提高了气液的传质性能。此外,聚能效应^[6]产生的高温高压足以使气泡表层的水分子超过临界状态而成为超临界水,使得水分子间和水氨分子间的氢键作用减弱,水氨团簇现象减少,氨分子的扩散系数增大,提高了传质系数,当传质速率增大后,在吹脱条件下氨更易于从体系散失。因此助剂协同气动超声可以大幅的提高氨氮的脱除率,吹脱 60min 时氨氮脱除率达到了 97.72%,提高了 40% 以上。

(2) 由图 5 可知,在助剂协同气动超声的基础上,对原水进行预磁化处理,氨氮脱除率提高 4% 左右,在吹脱 60min 后,氨氮脱除率达到了 99.99%。相较普通曝气吹脱提高了 44% 以上。这是因为水的粘度及表面张力大小是水分子团簇结构大小的直观反映,水分子与水分子及氨分子之间存在着电偶极子相互作用,使它们以氢键的形式相互偶联在一起,形成具有一定结构的各种不同大小的团簇态水分子态。磁场处理会破坏水中原来的结构,使较大的团簇分子集团变成较小的缔合分子集

团,甚至是单个的分子,使水分子簇更加容易脱离所在的分子簇体系,单体水、氨分子比例增加,氨分子的扩散系数增大,有利于氨分子向气泡内扩散^[7]。

该种处理方法对氨氮的脱除达到了较为理想的效果,其工业应用前景非常广阔。

3 结 论

(1) 助剂协同气动超声处理 2 000mg/L 的氨氮模拟废水时,最适宜水深在 0.25~1m 之间;当在 pH 为 11、助剂的投加量为 0.084 8g/L、水深 0.13m、常温 25℃ 下超声吹脱 60min 时氨氮去除率达到了 93.72%,当水深为 0.25~1m 之间时脱除率在 97% 左右。

(2) 处理 1 910mg/L 的氨氮废水在磁场强度 0.27MT,预磁化时间 10min 后,在 pH 为 11、助剂的投加量为 0.084 8g/L、水深 0.25m、常温 25℃ 下超声吹脱 60min 时氨氮去除率达到了 99.99%,相比处理未经磁化的废水脱除率提高了 4% 左右,相比普通曝气吹脱提高了 44% 以上。

(3) 该处理方法对实际废水的处理效果也较理想,工艺条件容易控制,助剂投加量小,容易获得,在常温、较低时间、低气液比下即可达到很高的去除率,且装置简单,操作方便,具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] Khayet M, Ma R, Ding Z, et al. Application of vacuum membrane distillation for ammonia removal [J]. Journal of Membrane Science, 2007, 301 (1-2): 200-209.
- [2] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 1-836.
- [3] 张丹. 分散颗粒增强气液传质机理及模型研究 [D]. 天津: 天津大学, 2006.
- [4] 武卫, 张华, 刘辉, 等. 纳米颗粒强化氨水鼓泡吸收性能的机理与影响因素 [J]. 高校化学工程学报, 2011, 25 (1): 30-36.
- [5] 杨扬, 杜晓刚, 金凤明, 等. 超声波萃取—离子选择电极法测定茶叶中的氟含量 [J]. 江苏工业学院学报, 2007, 19 (4): 29-32.
- [6] 秦伟, 原永辉. 超声场对化工分离过程的强化 [J]. 化工进展, 2005, 1 (1): 1-5.
- [7] 胡智慧. 磁场强化氨水吸收的理论分析 [J]. 电力机械, 2010, 136 (31): 57-61.