

超声波预处理对污泥干燥特性的影响

李润东, 杨玉廷, 李彦龙, 牛慧昌, 魏砾宏, 孙洋, 可欣

(沈阳航空工业学院清洁能源与环境工程研究所, 辽宁省清洁能源重点实验室, 沈阳 110136)

摘要:城市污泥的高含水率对其处理处置带来了各种不便. 超声波由于功率大、穿透能力强、可引起空化作用等特性而在污泥干燥方面具有独特的优势. 针对超声波对污泥干燥特性的影响进行实验研究, 通过污泥干燥实验研究了超声处理时间、超声波功率、超声水温 and 干燥温度 4 种因素对污泥干燥特性的影响. 结果表明, 超声处理能够加速污泥表面自由水分蒸发和快速结束平稳干燥阶段, 有效提高污泥干燥效率; 超声处理对污泥干燥特性的改善随超声波功率(100~250 W)、超声水温和干燥温度的升高而更加明显. 在低温 105℃ 下干燥时, 短时间的超声处理 3 min 对污泥干燥特性的改善效果最好. 超声处理对污泥干燥整体效率的提高使其有望成为污泥低成本干化的有效方法, 并为污泥干燥工艺的优化提供参考.

关键词:污水污泥; 超声波; 干燥; 含水率; 传热传质

中图分类号: X705 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2009)11-3405-04

Effects of Ultrasonic Pretreatment on Drying Characteristics of Sewage Sludge

LI Run-dong, YANG Yu-ting, LI Yan-long, NIU Hui-chang, WEI Li-hong, SUN Yang, KE Xin

(Liaoning Key Laboratory of Clean Energy, Institute of Clean Energy and Environmental Engineering, Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Shenyang 110036, China)

Abstract: The high water content of sewage sludge has engendered many inconveniences to its treatment and disposal. While ultrasonic takes on unique advantages on the sludge drying because of its high ultrasonic power, mighty penetrating capability and the ability of causing cavitations. Thus this research studies the characteristics influences of ultrasonic bring to the sludge drying and effects of the exposure time, ultrasonic generator power, temperatures of ultrasonic and drying temperature on the drying characteristics of dewatered sludge. Results indicate that ultrasonic pretreatment could speed up evaporation of the free water in sludge surface and help to end the drying stage with constant speed. In addition, ultrasonic treatment can effectively improve the sludge drying efficiency which could be more evident with the rise of the ultrasonic power (100-250 W), ultrasonic temperature and drying temperature. If dried under low temperature such as 105℃, sludge will have premium drying characteristics when radiated under ultrasound for a shorter time such as 3 min. In the end, the ultrasonic treatment is expected to be an effective way to the low-cost sludge drying and also be an important reference to the optimization of the sludge drying process because of its effects on the increase of sludge drying efficiency.

Key words: sewage sludge; ultrasound; sludge drying; water content; transferred-heat and transferred-mass

城市污泥产量日益增多^[1], 并富集了大量的有毒有害物质且性质不稳定, 极易对土壤、水体和空气造成持续污染^[2, 3]. 污水污泥含水率高, 增加了污泥处理处置难度与成本, 污泥干燥成为非常必要的环节^[4]. 超声波辐射具有功率大、穿透能力强、可引起空化作用等特性^[2, 3], 从而可以改善污泥本身的性质从而提高污泥脱水干燥效率. 污泥中水分的存在形式对污泥干燥过程有重要的影响^[4~7], 超声波处理污泥后, 可以破坏菌胶团结构^[8~10], 甚至破坏污泥中微生物的细胞壁^[11, 12]; 部分研究者认为污泥中各种形式水分的组成变化, 可减少污泥固体颗粒的结合力, 加速污泥脱水过程和脱水效率, 进而降低整个干燥过程的能耗^[13~17].

本研究针对城市污泥进行超声波辐射预处理与干燥实验, 观察超声波处理时间、超声波功率、超声温度和干燥温度等条件对污泥干燥特性的影响, 为

污泥干燥工艺的优化提供参考.

1 材料与方法

本实验材料选自沈阳市北部污水处理厂二次沉淀池所产生的剩余污泥经过机械脱水处理后的污泥, 含水率为 88.7%, VS/TS 为 1:1.89.

取 120 g 左右混合均匀的污泥放于 500 mL 烧杯中, 并置于槽式数控超声波发生器(型号: KQ-250DB、最大超声功率 250 W), 在 40 kHz 下进行超声波处理. 每次选择不同处理时间为(1~10 min)和不同超声波功率(100、150、200、250 W). 采用可控温的电热鼓风干燥箱(型号: DL-101-3BS)进行污泥干

收稿日期: 2008-12-08; 修订日期: 2009-03-18

基金项目: 教育部新世纪优秀人才计划项目(NCET-07-0564); 辽宁省
高校优秀人才计划项目(06R41)

作者简介: 李润东(1973~), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为固体废物污染控制与资源化, E-mail: rdlee@163.com

燥实验,干燥箱控温范围为室温~300℃.取已超声波处理的污泥约100g,平铺在敞口金属托盘中,放置于干燥箱进行干燥.干燥过程中每隔10min记录一次污泥质量.

2 结果与讨论

2.1 超声波作用时间对污泥干燥特性的影响

2.1.1 干燥温度 105℃

经过不同时间超声波处理后的污泥在105℃干燥温度下干燥特性如图1和图2所示.图1为污泥样品质量变化曲线,图2为污泥含水率变化曲线.可以看出,经过超声波处理的污泥的恒速干燥阶段明显缩短,整体干燥效率得到明显提高,但最终达到的干燥效果基本相同.就超声预处理时间差异而言,预处理1min对后续干燥的影响显著,超声波处理3min的污泥干燥速率最快,效果最好.而超声处理5min、10min效果反而变差,甚至比超声处理1min的效果差.由图2可以看出,经过3min超声预处理,污泥干燥至60%的含水率(通常堆肥需要的干燥程度)由未处理的120min左右缩短为90min,干燥效率提高了25%;而含水率降低至40%(焚烧技术可以)则由146min缩短为115min,污泥干燥的速率提高了约21%.

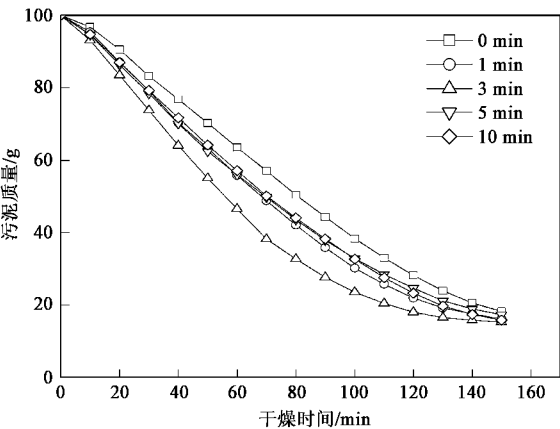


图1 不同超声波处理时间下污泥干燥质量变化特性(105℃)

Fig.1 Mass change characteristics of the sludge drying along with the drying time under 105℃

2.1.2 干燥温度 130℃

在130℃研究了超声波处理时间对污泥干燥特性的影响,结果见图3、图4.从图3可以看出,130℃的干燥箱中污泥的干燥特性曲线与105℃干燥特性曲线趋势一致,进行3min超声波辐射的污泥表现出最优的干燥特性.相对于105℃干燥而言,干燥速

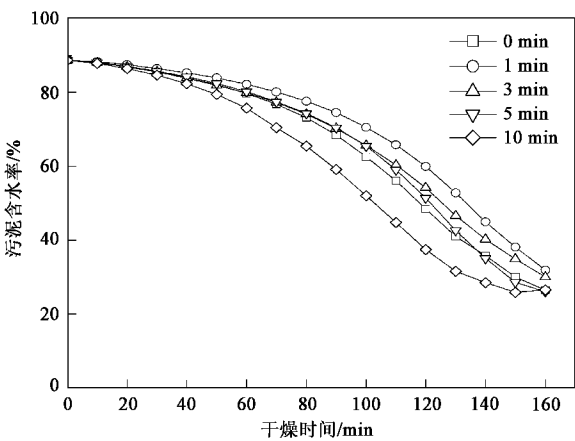


图2 不同超声波处理时间下污泥干燥含水率变化(105℃)

Fig.2 Water ratio change characteristics of the sludge drying along with the drying time under 105℃

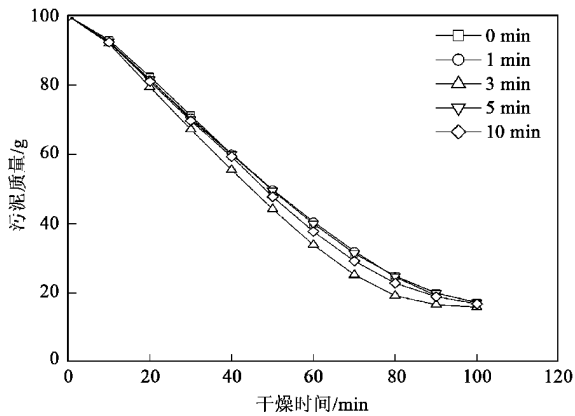


图3 不同超声波处理时间下污泥干燥质量变化特性(130℃)

Fig.3 Mass change characteristics of the sludge drying along with the drying time under 130℃

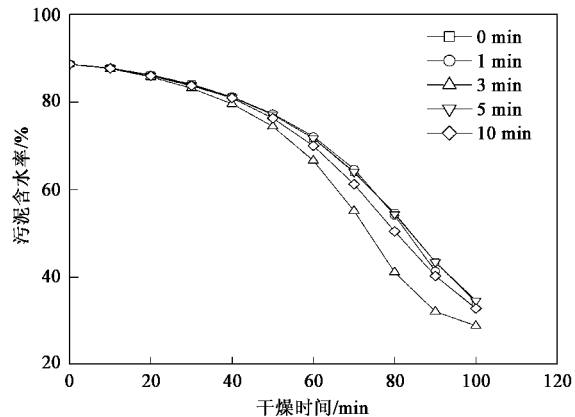


图4 不同超声波处理时间下污泥干燥含水率变化(130℃)

Fig.4 Water ratio change characteristics of the sludge drying along with the drying time under 130℃

率明显提高,进程也由160min缩短为100min左右.

2.2 超声波功率对污泥干燥的影响

在相同处理时间(3 min)下研究了超声波功率对污泥干燥特性的影响, 结果见图 5、图 6。可以看出, 增加超声波的功率对污泥干燥速率有较明显的影响, 但超声波功率的增加并没有使污泥的干燥效果有明显的提高。超声波功率对于干燥 100 min 后污泥的干燥速率变化没有明显影响。

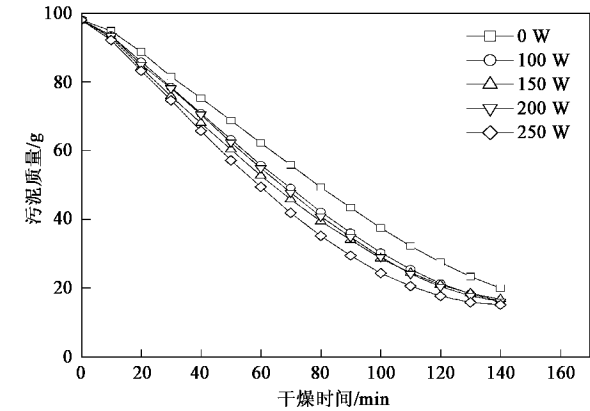


图 5 不同功率下污泥干燥质量变化特性

Fig.5 Mass change characteristics of the sludge drying under different power

经 250 W 功率的超声波处理后, 污泥的含水率降低至 40% 用时 120 min, 而未处理污泥需要约 150

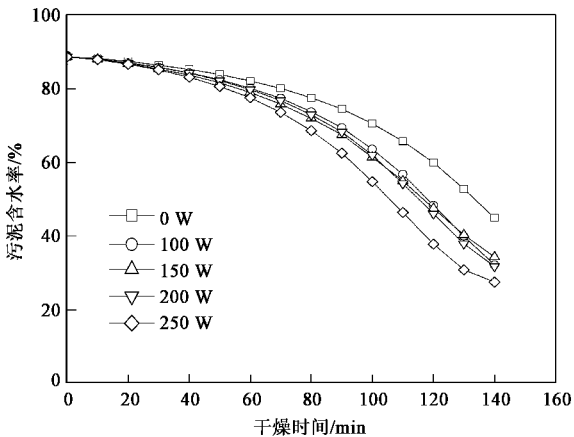


图 6 不同功率下污泥干燥含水率变化
Fig.6 Water ratio change characteristics of the sludge drying under different power

min。相比较而言, 在 105℃ 的干燥环境中, 高功率(250 W)、短时间(3 min)的超声波辐射可使污泥干燥效率比未处理污泥提高近 20%。因此, 增大超声波辐射功率有利于污泥干燥性能的提高, 但是随着超声功率的增大, 污泥干燥特性的提高会放缓。

2.3 超声温度对污泥干燥的影响

在 250 W 超声功率、105℃ 的干燥条件下, 研究 3 个超声温度(30、45、60℃)和不同超声波处理的时间对污泥干燥特性的影响, 结果见图 7。可以看出,

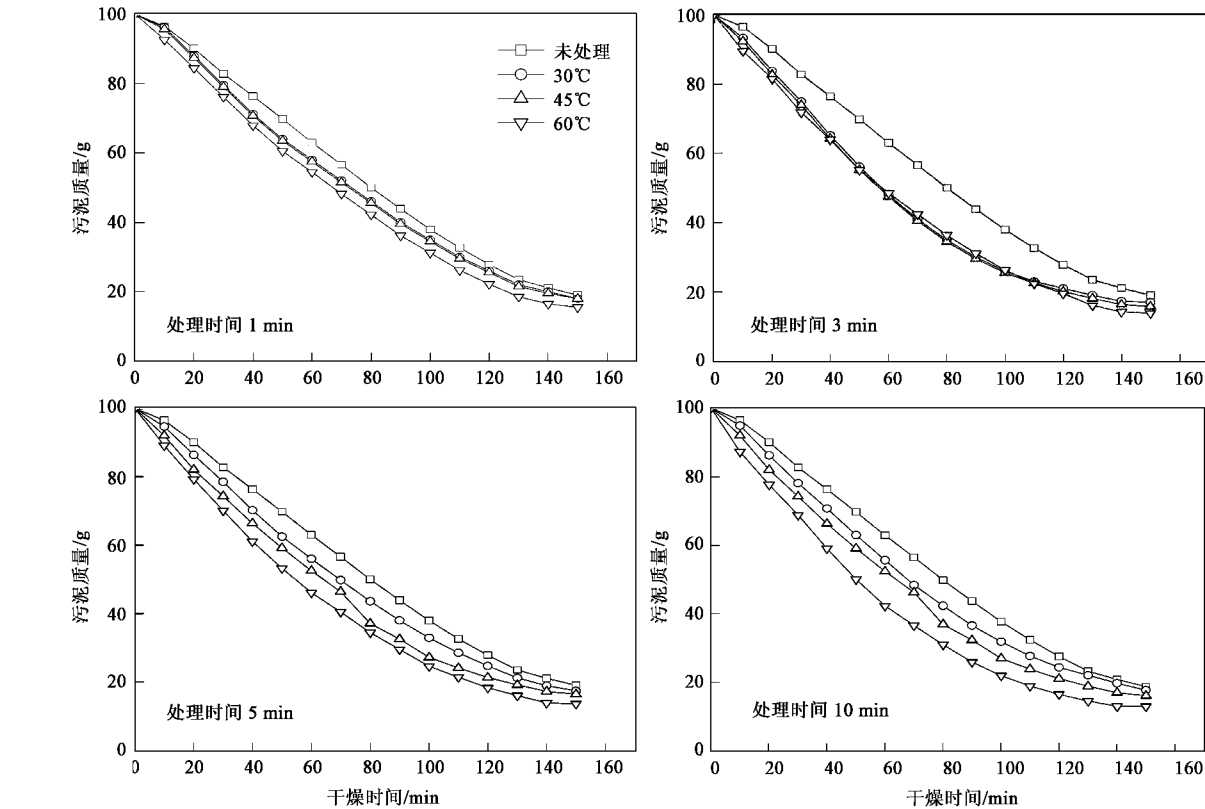


图 7 超声温度对污泥干燥特性的影响

Fig.7 Effects of ultrasonic temperature on characteristics of sludge drying

随着超声处理温度升高干燥特性明显改善,表现正相关特性.说明污泥温度提高有利于促进超声空化效应.在时间分别为 1、3、5、10 min 下,温度升高干燥特性差异显著;虽然处理时间为 3 min 时超声温度之间的作用差别不大,但相比未处理污泥而言,干燥特性改善明显.

2.4 干燥温度对污泥干燥特性的影响

在相同的条件(超声功率 250W、处理时间 3 min)下研究了干燥温度对污泥干燥特性的影响,结果见图 8.可以看出,提高干燥温度可以大大提高污泥的干燥速率.并且经过超声波处理,在不同程度上缩短了污泥干燥的恒速干燥阶段.随着干燥温度的提高,这种缩短的程度也越来越大.这是由于在其它参数相等的情况下,干燥温度越高,单位时间供给污泥干燥的能量越大.但是污泥干燥温度越高,消耗能量越多.污泥干燥速率在干燥初期因温度造成的起伏不大,这是因为在干燥初期尚处于预热阶段,虽然干燥环境温度不同,但污泥由于自身初始温度都是室温,因而这一阶段污泥干燥快慢相差不大.

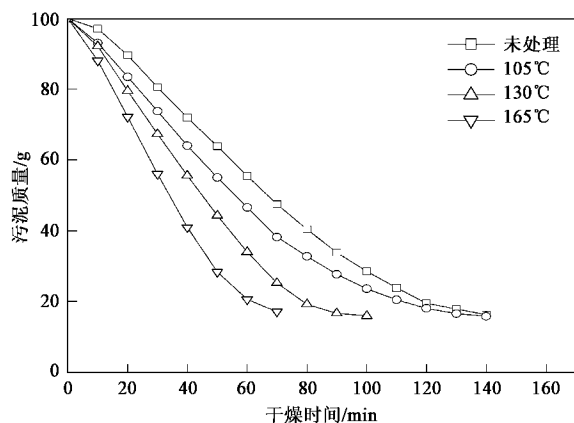


图 8 不同干燥温度下污泥干燥质量变化特性

Fig.8 Mass change characteristics of the sludge drying under different drying time

3 结论

(1)超声波处理能够改善污泥的干燥特性,改善的程度因实验条件不同而有所差异.

(2)污泥超声波处理的最佳时间因干燥温度和超声功率的不同而有差异.在 105℃的干燥温度及较高的超声功率(250 W)下,短时间(3 min)的超声辐射最有利于污泥干燥.

(3)高功率(250 W)的超声辐射表现出较好的处理效果.增大超声功率可以更好地改善污泥的干燥特性,但改善的程度随着干燥时间的延长而放缓.

(4)超声处理温度提高,有利于增强超声处理的破解作用,对污泥干化特性的改善影响显著.

(5)高温干燥环境明显有利于污泥干燥特性的提高,干燥时间大大缩短.

参考文献:

- [1] 2007 年中国环境状况公报[R]. 环境保护部, 2008. 1-3.
- [2] 余杰, 田宁宁, 王凯军, 等. 中国城市污水处理厂污泥处理、处置问题探讨分析[J]. 环境工程学报, 2007, 1(1): 82-86.
- [3] 高廷耀. 水污染控制工程[M]. (第三版). 北京: 高等教育出版社, 2007. 303-342.
- [4] 安丽, 陈祖齐, 潘智生, 等. 污泥处置方法的研究[J]. 环境工程, 2000, 18(1): 40-43.
- [5] 冯若, 黄金兰. 超声清洗及其物理机制[J]. 应用声学, 1994, 13(1): 42-47.
- [6] 薛向东, 金奇庭, 朱文芳. 超声对污泥流变性及絮凝脱水性的影响[J]. 环境科学学报, 2006, 26(6): 898-901.
- [7] 蒋建国, 张妍, 张群芳, 等. 超声波对污泥破解及改善其厌氧消化效果的研究[J]. 环境科学, 2008, 29(10): 2815-2819.
- [8] 李欢, 金宜英, 张光明, 等. 污泥超声预处理的影响因素分析[J]. 中国给水排水, 2006, 22(3): 96-99.
- [9] 薛玉伟, 季民, 李文彬. 超声功率对超声破解污泥的影响[J]. 化工学报, 2007, 58(4): 1037-1041.
- [10] 刘红, 闫怡新, 王文燕, 等. 低强度超声波改善污泥活性[J]. 环境科学, 2005, 26(4): 124-128.
- [11] Tiehm A, Nichel K, Zellhorn M, *et al.* Ultrasonic waste activated sludge disintegration for improving anaerobic stabilization[J]. Wat Res, 2001, 35(8): 2003-2009.
- [12] Liu Y, Takatsuki H, Yoshikoshi A, *et al.* Effects of ultrasound on the growth and vacuolar HATP as activity of aloe arborescence callus cells[J]. Colloids and Surfaces Biointerfaces, 2003, 32(25): 105-116.
- [13] Hua I, Thompson J E. Inactivation of Escherichia coli by sonication at discrete ultrasonic frequencies[J]. Water Res, 2002, 34(10): 3888-3893.
- [14] Neis U. Ultrasound in water, wastewater and sludge treatment[J]. Water 21, 2000, 4: 36-39.
- [15] Ødegaard H, Paulsrud B, Karlsson I. Wastewater sludge as a resource: Sludge disposal strategies and corresponding treatment technologies aimed at sustainable handling of wastewater sludge[J]. Water Science and Technology, 2002, 46(10): 295-303.
- [16] Chu C P, Chang B V, Liao G S, *et al.* Observations on changes in ultrasonically treated waste-activated sludge[J]. Wat Res, 2001, 35(4): 1038-1046.
- [17] Piyasena P J, Mohareb E, McKellar R C. Inaction of microbes using ultrasound: a review[J]. International Journal of Food Microbiology, 2003, 87: 207-216.