

Effect of Ultrasonic Treatment on the Nature of Regeneration of Activated Carbon

Wenze Kang¹, Yanwei Li²

Resource and Environment Department, Institute of Science and Technology of Hei Longjiang, Harbin, China 150027
e-mail: kwz010@163.com

Abstract: In order to study the effect of ultrasound on the nature of regeneration of activated carbon, changes of the particle size, surface area, porosity, iodine and methylene blue value before and after regeneration were studied by using ultrasound to process the activated carbon absorbed the dye wastewater simulated with methyl orange. The results show that the particle size of activated carbon became smaller, the porosity recovered better and the surface area value increased after regeneration. At the same time, the iodine and methylene blue values of the regenerated activated carbon are larger than that of the freshness carbon. The study shows that activated carbon of ultrasonic regeneration had better adsorption performance.

Keywords: ultrasonic; activated carbon; regeneration

超声波对再生活性炭性质的影响

康文泽¹, 李艳伟²

黑龙江科技学院 资源与环境工程学院 哈尔滨 中国 150027
e-mail: kwz010@163.com

摘要: 为了研究超声波对再生活性炭性质的影响, 用甲基橙模拟染料废水, 将吸附饱和的活性炭进行超声波再生处理, 对再生前后活性炭的粒度、比表面积、孔隙度、碘值、亚甲基蓝值的变化进行试验研究。试验结果表明再生后活性炭的粒度变小、孔隙度恢复较好、比表面积值增大, 同时再生后活性炭碘值和亚甲基蓝值均比新鲜炭大。研究证明: 超声波再生后的活性炭有较好的吸附性能。

关键词: 超声波; 活性炭; 再生

1 引言

近年来, 人们对活性炭再生的研究越来越广泛, 探索了很多再生工艺。传统的再生工艺包括热再生法、化学再生法、生物再生法等^[1-3]。但传统的活性炭再生技术有很多的缺陷, 如再生过程中炭损失较大; 再生活性炭吸附能力有明显下降; 再生时产生的尾气造成空气的二次污染等^[4]。因此, 需要探索新的再生方法, 超声波作为一种全新的再生技术受到人们的广泛关注。超声波是指频率在 16 kHz 以上的声波, 在溶液中以球面波的形式传递。用超声波的脉动对活性炭进行搅拌, 加上“空化泡”爆裂的冲击, 促使吸附的物质迅速解吸达到再生的效果。超声波在液体中传播产

生的非热学作用有两种, 即机械力学作用和空化作用^[5], 本实验正是利用超声波这一特点, 研究超声波对活性炭再生的作用机理。

2 实验

2.1 实验试剂及仪器

2.2 实验方法

2.2.1 饱和活性炭的制备

实验所用活性炭为天津市科密欧化学试剂制造有限公司生产的木质活性炭, 粒度大小不均, 为了使本实验有更好的对比效果, 实验前对活性炭进行筛选分类, 主要分为 1~0.85 mm、0.85~0.6 mm、0.6~0.4 mm、0.4~0.3 mm 等四个粒度级。将分类后的活性炭进行酸洗、水洗、干燥等预处理, 去除杂质。然后以质量浓度为 350mg/L 的甲基橙溶液为吸附质, 动态吸

基金资助: 黑龙江省教育厅重点项目 (11531Z02); 哈尔滨市科技创新人才专项基金项目 (2009RFXXG030); 黑龙江省教育厅矿物加工重点实验室提供设备支持

附至活性炭饱和，将吸附饱和的活性炭进行烘干、冷却至室温，恒重，储存备用。

Table1. Reagents used in the experiment
表 1. 实验所用的试剂

名称	生产厂家	备注
甲基橙	天津市凯通化学试剂有限公司	分析纯
亚甲基蓝	天津市恒兴化学试剂制造有限公司	分析纯
碘	天津市科密欧化学试剂有限公司	分析纯
碘化钾	天津市凯通化学试剂有限公司	分析纯
硫酸亚铁	天津市瑞金特化学品有限公司	分析纯
双氧水	上海山浦化工有限公司	化学纯

Table2. Laboratory instrument used in the experiment
表 2. 实验所用的仪器

仪器名称	型号	生产厂家
多功能超声波发射机	UGD 型	中科院声学所定制
振荡器	WSZ-100-A 型	上海安亭科学仪器厂
全自动吸附仪	ASAP2020 型	美国 Micromeritics 公司
扫描电子显微镜	MX-26001	英国 Camscan 公司

2.2.2 对饱和的活性炭进行超声处理

将上述吸附饱和的活性炭置于超声处理装置中进行再生，在超声处理的过程中，还考虑了影响超声波再生活性炭的一些环境因素，主要通过改变再生液的 pH 值、超声处理时间、超声波功率和芬顿试剂浓度等影响因素，经过大量的单因素探索和正交实验确定，得出了最佳的试验条件，在超声波频率为 20kHz、声功率为 220W、超声时间为 150s、pH=1、Fe²⁺浓度为 6mmol/L 的条件下，活性炭再生效果最好。

按照上述最佳实验条件对活性炭再进行超声波处理，通过活性炭再生前后的粒度、比表面积、孔隙度、

碘值和亚甲基蓝值的变化，研究超声波对活性炭的再生作用。

3 实验结果与讨论

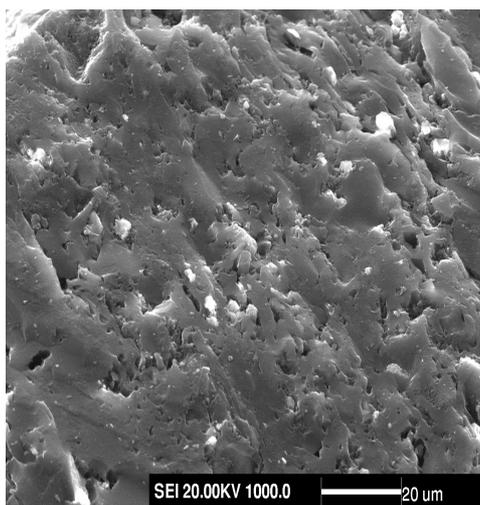
3.1 超声波对再生活性炭的粒度影响

本实验为了探讨超声波对活性炭粒度的影响，将新鲜炭筛分成 1.0~0.85 mm、0.85~0.6 mm、0.6~0.4 mm、0.4~0.3 mm 四个粒度级，分别进行超声处理，超声波的操作参数同 1.2.2，对超声处理后的四个粒级分别进行湿法筛分，实验结果见表 3。

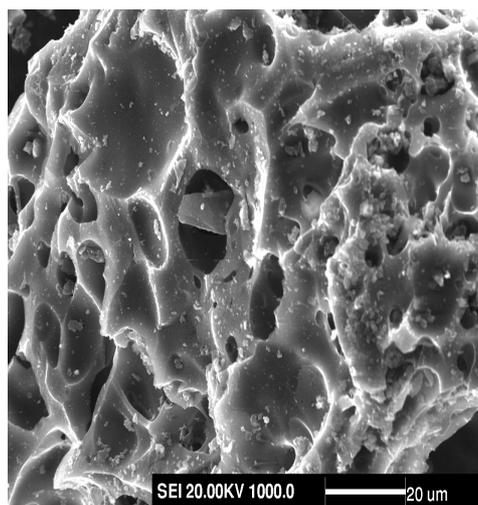
Table 3. Grain size distribution of activated carbon of different size after ultrasonic treatment
表 3. 超声处理后不同粒级活性炭的粒度分布

实验组数	新鲜炭粒度 (mm)	超声波处理后的粒度变化质量分数 (%)					炭损耗率
		1.0~0.85	0.85~0.6	0.6~0.4	0.4~0.3	<0.3	
第一组	1.0~0.85	86.6	7.4	3.2	1.4	0.5	0.9
第二组	0.85~0.6	—	90.7	5.3	1.9	0.9	1.2
第三组	0.6~0.4	—	—	95.3	2.4	0.8	1.5

从表 3 中可以看出,在第一组实验中超声后活性炭保持原粒度级的比例为 86.6%,而其它三组分别为 90.7%、95.3%、96.5%,这说明粒度级大的活性炭颗粒破碎成小粒度级活性炭的多,越小粒度级的活性炭颗粒破碎的越少,这一点符合破碎理论^[6],在破碎理论中,粒度较大的颗粒破碎时需要较少的能量,因此,大粒度级的活性炭比起小粒度级的活性炭更易破碎。同时,从表 3 中还可以看出,随着活性炭粒度级的减小,再生炭的损耗率不断增大,这主要是因为粒度级小的活性炭在实验过程中不易与液体分离,导致流失。综合以上分析,最终活性炭的试验粒度选择 0.6~0.4mm 粒度级,超声波处理后活性炭保持原有粒级的量大于 95%,活性炭的损耗也不大。



(a) 吸附饱和的废炭



(b) 再生炭

Figure1. Scanning electron microscope photograph of different activated carbon

图 1.不同活性炭的扫描电镜图片

又称孔蚀效应,清除了空隙中充填质,使活性炭的吸附能力得以恢复,这与陈贯弘^[7]等的研究一致。

3.3 超声波对活性炭比表面积的影响

比表面积是表征活性炭的重要性能指标,通过对比表面积的测定,可以对超声波再生活性炭的吸附性能有更深入的认识。实验采用美国 Micromeritics 公司的 ASAP2020 型自动吸附仪,由于超声波具有机械效应,导致活性炭发生破碎,粒度变小,其比表面积将会增大。为了更准确地比较不同活性炭比表面积的变化,

3.2 超声波对再生活性炭的外观形貌影响

在研究超声波作用对活性炭粒度的影响后,可以得出超声波具有一定的机械作用,而这种机械作用除了对活性炭的粒度有影响外,还对活性炭的内部孔隙度产生影响。为了更加全面的了解超声波对活性炭再生的作用的影响,用扫描电子显微镜观察吸附饱和后的废炭和再生后的活性炭孔隙度的变化,见图 1。

由图 1 (a) 中可以看出,活性炭经过吸附达到饱和后,活性炭表面的小孔几乎被吸附质填充覆盖。而从 (b) 图中可以看出,饱和的活性炭经超声处理后又出现很多孔隙,这些孔隙不仅是超声波机械作用造成的,还与超声波的空化效应有关,超声波的空化效应

新鲜炭、废炭、再生炭通过筛分都取相同的 0.6-0.4mm 粒级进行比表面积测定,具体数据如表 4 所示。

根据表 4 可知,废炭的比表面积值最小,因为其孔隙被吸附质填充覆盖,但由于液氮是小分子物质,它可以继续深入到甲基橙溶液无法进入的孔隙,导致废炭还具有一定的比表面积值。经超声处理后的再生炭比表面积变大,并且比新鲜炭的值还要大,说明再生炭的孔隙恢复的较好。

3.4 超声波对再生活性炭的吸附性能影响

上述的研究是对活性炭的物理性能方面的研究，为了更加深入地研究超声波对活性炭的再生作用，本文又从化学方面进行了实验研究。碘值和亚甲基蓝值是表征活性炭吸附性能的重要指标，其中，碘值的高

低与活性炭微孔的多少有关；而亚甲基蓝值的高低与活性炭中孔数量有关^[8]。通过碘值和亚甲基蓝值的测定可以反映出活性炭的吸附性能，不同活性炭的碘值和亚甲基蓝值的测定结果见表5。

Table 4. Specific area value of different acticated carbon

表.4 不同活性炭样的比表面积值

活性炭样品	新鲜炭	废炭	再生炭
比表面积 (m ² /g)	856	613	866

Table 5. Iodine and methylene blue value of different activated carbon (mg/g)

表 5. 不同活性炭的碘值和亚甲基蓝吸附值 (mg/g)

活性炭样品	新鲜炭	废炭	再生炭
碘值	747.1	436.3	769.7
亚甲基蓝值	72	34	78

从表5可以看出，废炭的亚甲基蓝值和碘值都最小，废炭的孔隙已大多被覆盖，吸附能力降低。再生炭的亚甲基蓝值和碘值都比新鲜炭的大，说明超声处理后活性炭的中孔和微孔都得到了恢复，而且吸附性能还有所提高。研究证明超声波对活性炭的再生有较好的促进作用。

4 结论

- 1) 通过扫描电镜观察发现，吸附饱和的废炭和再生后的活性炭有较大的差别，再生后的活性炭孔隙多，能较好地恢复活性炭的吸附性能。
- 2) 再生后的活性炭具有较大的比表面积，从数值上证明了再生炭的孔隙度较大。
- 3) 再生炭的亚甲基蓝值和碘值都比新鲜炭的大，超声处理后活性炭的中孔和微孔都得到了恢复，再生后的活性炭吸附性能有所提高。研究证明超声波再生后的活性炭有较好的吸附性能。

References (参考文献)

[1] YANG Ying, LI Quanlu, ZHENG Wenxuan. Ultrasonic regeneration technique of activated carbon water treatment[J]. Journal of Dalian Nationalities University, 2008,10(3):211~213
杨瑛,李全禄,郑文轩.水处理活性炭的超声波再生技术[J].大连民族学院学报,2008,10(3):211~213

[2] WENG Yuansheng. Study of Activated carbon regeneration and

new technology[J]. Water & Wasterwater Engineering, 2004,30(1):86~91
翁元生.活性炭再生及新技术研究[J].给水排水, 2004, 30(1): 86~91

[3] WU Yi. Method of Regeneration of activated carbon[J]. Chemical Production and Technology, 2005,12(1):20~21
吴奕.活性炭的再生方法[J].化工生产与技术, 2005, 12(1): 20~21

[4] ZENG Zhijiang, ZHONG Hanqiang. Investigate of Regeneration technology of activated carbon[J]. Journal of Heilongjiang Vocational Institute of Ecological Engineering, 2008,21(4):8~9
曾志江,钟汉强.活性炭再生技术探讨[J].黑龙江生态工程职业学院学报,2008,21(4):8~9

[5] LI Tingsheng, YIN Qiguang. Sonochemical[M]. Beijing: Science Press,1995,8:374~382;55~56
李廷盛,尹其光.超声化学[M].北京:科学出版社,1995,8:374~382;55~56

[6] XIE Guangyuan Editor. Mineral Studies[M].Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2001:59~63
谢广元主编.选矿学[M].徐州:中国矿业大学出版社,2001:59~63

[7] CHEN Guanhong, SUN Shiqing,DANG Li. The basic principle of sonochemical and the application in chemical synthesis and environmental protection[J]. Shandong Science,2004,17(1):51~54
陈贯虹,孙士青,党立.超声化学的基本原理及其在化学合成和环境保护方面的应用[J].山东科学, 2004,17(1):51~54

[8] SHEN Zengmin, ZHANG Wenhui, ZHANG Xuejun. Preparation and application of activated carbon materials[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2006,1:15~18
沈曾民,张文辉,张学军.活性炭材料的制备与应用[M].北京:化学工业出版社,2006,1:15~18