

# 桉木锯末对废水中 $\text{As}^{3+}$ 的吸附特性<sup>①</sup>

柏松<sup>②</sup> 冯亚娥 骆斌

(西南民族大学化学与环境保护工程学院 成都市一环路南四段路 12 号 610041)

**摘要** 研究了桉木锯末对水中  $\text{As}^{3+}$  的吸附特性, 并探讨了 pH、温度、 $\text{Hg}^{2+}$  对水中  $\text{As}^{3+}$  吸附率的影响。结果表明, 实验条件下锯末对  $\text{As}^{3+}$  的最佳吸附 pH 为 4.0—6.0, 最佳吸附温度为 20℃; 当  $\text{Hg}^{2+}$  与  $\text{As}^{3+}$  同时存在时, 增大  $\text{Hg}^{2+}$  浓度有利于  $\text{As}^{3+}$  的吸附; 桉木锯末对水中  $\text{As}^{3+}$  的吸附符合拟二级动力学方程。本研究表明, 利用桉木锯末制备废水中  $\text{As}^{3+}$  吸附材料具有较好的应用前景。

**关键词** 桉木锯末; 三价砷; 汞离子; 吸附特性

中图分类号: O657.31

文献标识码: A

文章编号: 1004-8138(2011)05-2733-03

## 1 引言

As 离子主要存在于有色金属的冶炼, 合金的制备过程, 酸、皮革、农药、杀虫剂和皮革防腐剂等的生产过程中排放的工业废水。若水中 As 的本底含量高于饮用水的最大允许值, 将会严重危害当地居民的安全和健康。目前对含砷废水的处理是环境污染治理研究领域的重要课题之一。近年来, 利用木材废料制备吸附剂处理含砷水成为研究热点<sup>[1-3]</sup>。木材废料由于来源广、价格低, 且含有大量极性基团<sup>[4]</sup>, 能够吸附废水中的重金属离子, 将其作为吸附材料, 既能降低废水处理成本, 又能充分利用现有的绿色资源, 为农林废弃物的综合利用开辟新途径。本文以桉木锯末为吸附材料, 研究其在不同实验条件下对水中  $\text{As}^{3+}$  的吸附效果和吸附动力学特征, 为有效利用木材废料处理含  $\text{As}^{3+}$  废水提供科学依据。

## 2 实验部分

### 2.1 试剂与仪器

As 标液(国家钢铁材料测试中心); 抗坏血酸(AR), 硫脲(AR), 盐酸(GR), 氢氧化钾(AR), 氯化汞(AR)(成都市科龙化工试剂厂); 桉木锯末(成都木材厂)。实验用水为二次去离子水。

pHS-3C 型酸度计(成都方舟科技开发公司); AFS-3100 型双道氢化物发生原子荧光光谱仪(北京科创海光仪器公司); 78-1 型加热搅拌器(常州国华电器有限公司); AL104 电子分析天平(瑞士 Mettler Toledo 公司)。

### 2.2 吸附材料

将 50g 桉木锯末放入 300mL 二次去离子水中, 在室温下浸泡 5h, 过滤、洗涤至洗涤液变为无色, 在 60℃ 条件下干燥 8h, 然后过 2mm 筛即得到吸附材料。

① 西南民族大学引进高层次人才科研资助基金项目(234893)

② 联系人, 手机: (0) 15902861240; E-mail: wukongxiao@tom.com

作者简介: 柏松(1979—), 男, 贵阳市人, 讲师, 博士, 主要从事环保材料的开发研究工作。

收稿日期: 2011-07-23; 接受日期: 2011-08-30

## 2.3 模拟废水

用 As 标准溶液(1000mg/L),加入 5% 硫脲+ 5% 抗坏血酸,利用二次去离子水配成 2.0mg/L 的  $As^{3+}$  标准溶液备用;同法用  $Hg^{2+}$  标准溶液(1000mg/L)配成 2.0mg/L 的  $Hg^{2+}$  溶液备用。

## 2.4 实验方法

### 2.4.1 pH 和温度对吸附率的影响

取 2mg/L 含  $As^{3+}$  废水 50mL 于 100mL 烧杯中,共取 14 份,取 0.1g 锯末分别置于该废水中,并调节 pH 为 0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、9.0、10.0、11.0、12.0、13.0,吸附时间 6h,温度 20℃,对含  $As^{3+}$  废水进行处理,实验结果见图 1;取含  $As^{3+}$  废水 12 份,调节温度为 10、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70℃,pH 为 12.0,吸附时间 6h,对含  $As^{3+}$  废水进行处理,实验结果见图 2。

### 2.4.2 $Hg^{2+}$ 对 $As^{3+}$ 吸附率的影响

取 12 份 2.0mg/L 含  $As^{3+}$  废水,配成  $Hg^{2+}$  浓度分别为 0、0.5、1.0、2.0mg/L 的  $As^{3+}$ 、 $Hg^{2+}$ 、废水各 3 份,每份加 0.1g 锯末,调节温度为 20、30、50℃,在吸附时间 6h, pH 为 12.0 的条件下,对含  $As^{3+}$  废水进行处理,实验结果见图 3 所示。

### 2.4.3 吸附材料对 As 的吸附动力学方程

取 0.1g 锯末置于含  $As^{3+}$  废水中,在 pH 为 12,吸附时间分别为 20、40、60、80、100、120、160、180、200、240、300、320、360min 的实验条件下对含  $As^{3+}$  废水进行处理,实验结果见图 4 所示。

## 3 结果与讨论

### 3.1 pH 对吸附率的影响

由图 1 可见,随 pH 的增大,吸附材料对  $As^{3+}$  的吸附率整体呈递增趋势,pH 小于 8.0 时,吸附率不到 80%,废水 pH 高于 8.0 时,吸附率显著增加,在 pH 为 11.0—13.0 时,吸附率稳定在 98% 左右,说明碱性环境有助于锯末对  $As^{3+}$  的吸附。

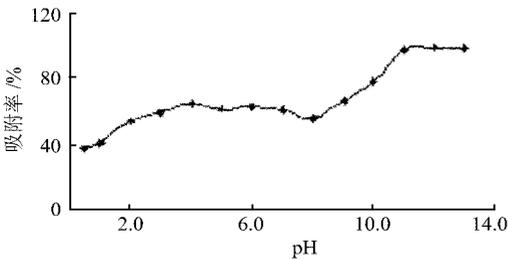


图 1 pH 对吸附率的影响

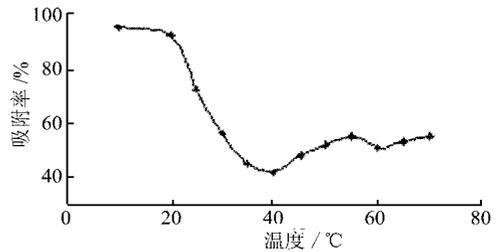


图 2 吸附温度对吸附率的影响

### 3.2 吸附温度对吸附率的影响

从图 2 可见,随吸附温度的升高,吸附材料对  $As^{3+}$  的吸附率呈递减趋势,温度低于 20℃,吸附率达可到 95%;温度高于 20℃,吸附率显著下降,温度升至 40℃时,吸附率最低,仅为 43%;此温度后吸附率随温度略有增加,但不明显。这一结果表明桤木锯末对  $As^{3+}$  的吸附属于放热反应。

### 3.3 $Hg^{2+}$ 含量对 $As^{3+}$ 吸附率的影响

由图 3 可见,当  $Hg^{2+}$  与  $As^{3+}$  共存时,温度对  $As^{3+}$  吸附率的影响与 3.2 节实验结果一致,说明升高温度不利于吸附材料对  $As^{3+}$  的吸附,原因可能是桤木锯末与  $As^{3+}$  的反应过程为放热反应,因此增加热量不利于反应的进行。研究还发现,在温度较高(> 30℃)时, $Hg^{2+}$  浓度的升高有利于锯末对  $As^{3+}$  的吸附,吸附效果略高于(30、50℃)  $As^{3+}$  单独存在时的吸附率,但低于 20℃时  $As^{3+}$  单独存在时的吸附率,其原因有待进一步查明。

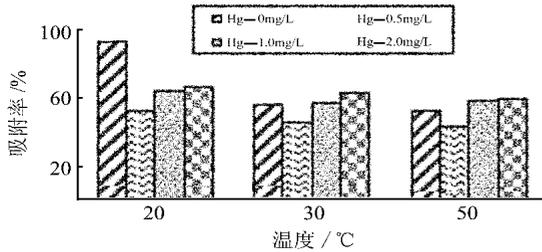
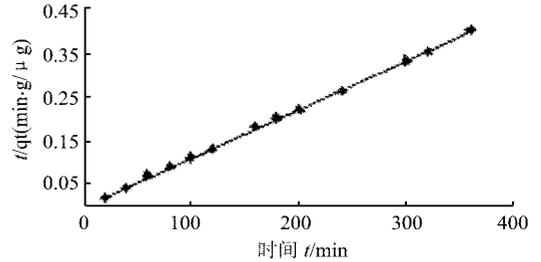
图 3  $Hg^{2+}$  含量对  $As^{3+}$  吸附率的影响

图 4 吸附动力学曲线

### 3.4 吸附动力学

通过分析  $As^{3+}$  吸附量随吸附时间的变化,发现吸附材料对  $As^{3+}$  的吸附动力学可用拟二级动力学方程来对其进行描述。二级动力学模型:

$$q_t = t / [1 / (k_2 q_e^2) + t / q_e], \text{ 即: } t / q_t = 1 / (k_2 q_e^2) + t / q_e$$

式中:  $q_t$ ——经过  $t$  时间后, 吸附剂的吸附量 ( $mg/g$ );  $t$ ——吸附时间 ( $min$ );  $q_e$ ——平衡吸附量 ( $mg/g$ );  $k_2$ ——二级动力学常数 [ $g / (mg \cdot min)$ ]。根据模型所绘曲线如图 4 所示。

由图 4 可知, 锯末吸附水中  $As^{3+}$  的拟二级速率方程与实验数据拟合很好, 拟合相关系数为 0.9998, 吸附动力学速率常数为  $6.05 \times 10^{-4} [g / (mg \cdot min)]$ , 计算平衡吸附量为  $909 \mu g/g$ , 表明锯末对  $As^{3+}$  的吸附反应包含了化学反应。

## 4 结论

桉木锯末对  $As^{3+}$  的最佳吸附 pH 范围为 11.0—13.0, 吸附率随吸附温度的升高而减小, 在实验温度范围内最佳吸附温度为  $20^\circ C$ ; 当  $Hg^{2+}$  与  $As^{3+}$  共存时,  $Hg^{2+}$  浓度的增大有利于  $As^{3+}$  的吸附; 桉木锯末对水中  $As^{3+}$  的吸附符合拟二级动力学方程, 平衡吸附量为  $909 \mu g/g$ , 说明桉木锯末对水中  $As^{3+}$  的吸附反应包含了化学反应。本研究表明, 桉木锯末对水中低浓度  $As^{3+}$  具有很好的吸附效果, 应用木材废料锯末制备含  $As^{3+}$  废水吸附材料具有较好的应用前景。

## 参考文献

- [1] Sud D, Mahajan G, Kaur M P. Agricultural Waste Material as Potential Adsorbent for Sequestering Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions—A Review [J]. *Bioresour Technol*, 2008, 99(14): 6017—6027.
- [2] 刘满英. 玉米麸质去除废水中汞的研究[J]. 环境科学, 1988, 9(5): 47—48.
- [3] Rajeshwarisvaraj S V. Activated Parthenium Carbon as an Adsorbent for the Removal of Dyes and Heavy Metal Ions from Aqueous Solution [J]. *Bioresour Technol*, 2002, 85(2): 205—206.
- [4] 冯亚娥, 柏松, 丁克毅. 桉木锯末对模拟废水中  $Cr^{3+}$  的静态吸附研究[J]. 中国皮革, 2010, 39(13): 5—8.

## Adsorption Characteristics of $As^{3+}$ from Waste Water by Alder Sawdust

BAI Song FENG Ya-E LUO Bin

(College of Chemistry and Environment Protection Engineering, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610041, P. R. China)

**Abstract** The adsorption characteristics of alder sawdust on  $As^{3+}$  in water was investigated. The effects of pH, temperature and  $Hg^{2+}$  on the adsorption rate of  $As^{3+}$  in water were studied. The best conditions of alder sawdust adsorbed  $As^{3+}$  in wastewater were as follows: the optimal pH was controlled at around 4.0—6.0 and the adsorption temperature was  $20^\circ C$ . When  $Hg^{2+}$  and  $As^{3+}$  were concurrence, increase of  $Hg^{2+}$  concentration made for adsorption of  $As^{3+}$ , and the adsorption of alder sawdust on  $As^{3+}$  fit pseudo-second-order dynamic equation. The results showed alder sawdust has good application foreground in preparation of adsorption material for  $As^{3+}$ .

**Key words** Alder Sawdust;  $As^{3+}$ ;  $Hg^{2+}$ ; Adsorption Characteristics