

磁控复配物强化一级处理生活污水的研究

蔡冬清, 柳 丹, 季程晨, 王相勤, 余增亮

(中国科学院等离子体物理研究所离子束生物工程学重点实验室, 安徽合肥 230031)

[摘要] 对利用酸改性粉煤灰与超纯磁铁矿粉复配物对生活污水化学强化一级处理并通过磁场将絮体收集进行了研究, 结果表明: 经浓盐酸改性的复配物, 在粉煤灰用量为 120 mg/L, 超纯磁铁矿粉用量为 60 mg/L 的情况下, 对水体浊度、COD、总 P 去除效果最佳, 所成絮体磁响应性强, 移出速度快。最后, 对其机理进行了初步探讨。

[关键词] 生活污水; 化学强化一级处理; 粉煤灰; 磁控

[中图分类号] X703.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-829X(2008)02-0036-03

Research on magnetic compound in CEPT of domestic sewage

Cai Dongqing, Liu Dan, Ji Chengchen, Wang Xiangqin, Yu Zengliang

(Key Laboratory of Ion Beam Bioengineering, Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: It is studied that the compound, which is made from modified and fly ash and ultra-pure magnetic ore powder, has been used in the chemically enhanced primary treatment (CEPT) of domestic sewage. The flocculant has been collected through the magnetic field. The results show that when the dosage of the fly ash of the compound, which has been modified with concentrated hydrochloric acid, is 120 mg/L, the dosage of the ultra-pure magnetic ore powder is 60 mg/L, the efficiencies of the water body turbidity, COD and removal rate of total phosphorus are the best. The flocculant magnetic response is the strongest. And the removal speed is the fastest. At the end, its mechanism is discussed primarily.

Key words: domestic sewage; chemically enhanced primary treatment; fly ash; magnetic control

随着经济的发展, 环境污染日趋严重, 污水排放量持续增加, 到 1999 年 5 月我国共有城市污水处理厂 398 座, 污水处理率仅为 29.65%, 大部分污水未经处理直接排入水体, 造成水体富营养化。因此, 提高城市污水处理率已经刻不容缓^[1]。目前, 我国城市生活污水主要采用生物法处理, 该法虽然絮凝效果优异, 但由于其能耗大、投资高、受环境影响性强而难以普及, 我国生活污水的处理率不足 20%^[2]。化学絮凝沉淀法早在 1870 年就开始在英国应用, 但很快被生物处理所取代, 到了 20 世纪 80 年代, 随着新型高效混凝剂的不断问世, 同时为了进一步提高污水中有机物和磷的去除率, 化学沉淀法又重新被重视, 开始应用于实际工程^[3]。化学强化一级处理 (CEPT) 是通过化学沉淀方法强化一级处理效果的处理工艺。

在我国, 另外一个环境压力是粉煤灰。2000 年我国粉煤灰年排放总量已达到 1.53×10^8 t^[4]。但粉煤灰的综合利用率仅为 40% 左右。鉴于粉煤灰具有优

良的吸附性质, 我国环境工作者纷纷致力于用它处理工业废水和生活污水的研究, 并取得很大进展。但现有技术条件下由于灰投加大、沉积物多, 不仅增加处理成本, 而且给灰水分离工作造成困难。另外就是残渣的处置不当会造成二次污染, 这是粉煤灰在污水处理方面大规模应用面对的主要问题^[5]。笔者利用浓盐酸改性粉煤灰—超纯磁铁矿粉复配物用于生活污水的化学强化一级处理。实验表明, 该方法可以大大降低投药量, 减少沉积物的量, 所形成的絮体大而密实且具强磁性, 可以在磁场作用下快速完成灰水分离。富含氮、磷的残渣因含有磁性物质而且已被磁场磁化, 因而可加工成磁化肥, 有研究表明磁化肥对多种农作物有增产效应^[6]。

1 材料与方法

1.1 实验材料

粉煤灰: 来自合肥发电厂, 灰色, 细度 (45 μm 筛余量) 为 45%, 需水量 120%, 比表面积 1361 cm^2/g , 主要成分为 SiO_2 和 Al_2O_3 , 质量分数分别为 44.13%

和 23.24%, 烧失量 27.16%, 其余成分为 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 SO_3 等。

超纯磁铁矿粉: 临城县天翼铁粉新材料开发有限公司提供, 主要指标(质量分数): $\text{TFe} > 71.8\%$ 、 $\text{SiO}_2 < 0.2\%$ 、 $\text{S} < 0.015\%$ 、酸不溶物 $< 0.3\%$ 、粒度 $< 75 \mu\text{m}$ 。

浓盐酸: 国药集团提供, 化学纯, 物质的量浓度为 12 mol/L 。

生活污水: 取自合肥科学岛污水处理厂, 浊度 40 NTU 、 $\text{COD} 345 \text{ mg/L}$ 、 $\text{TP} 4 \text{ mg/L}$ 、水温 $17 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

1.2 实验仪器

TU-1901 双光束紫外可见分光光度计: 北京普析通用仪器有限责任公司; METTLER AE 100 分析天平: 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; JSM-6380LV 扫描电镜。

1.3 实验方法

将待研究的材料, 加入到盛有 500 mL 生活污水的 800 mL 烧杯中, 搅拌(200 r/min) 2 min 后, 立即将磁铁(0.5 T)置于烧杯液面以上约 1 mm 处作用 5 min 后, 取样, 测定样品的浊度、 COD 、 TP 。

1.4 分析方法

浊度、 COD 、 TN 、 TP 分别按文献[7]~[10]规定的方法测定。

2 结果与分析

2.1 改性粉煤灰的处理效果

(1) 粉煤灰经相同盐酸改性的不同配比的复配物对生活污水的处理效果比较见表 1。

表 1 粉煤灰经相同浓度盐酸改性后的处理效果

测试项目	浊度		COD		TP	
	数值/ NTU	去除率/ %	数值/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	去除率/ %	数值/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	去除率/ %
处理前	40.0		345.00		4.00	
a处理后	30.8	23	293.25	15	2.64	34
b处理后	11.6	71	186.30	46	0.68	83
c处理后	10.4	74	162.10	53	0.56	86
d处理后	6.0	85	120.75	65	0.28	93

注: a: 90 mg 粉煤灰; b: $30 \mu\text{L}$ 浓盐酸改性 90 mg 粉煤灰; c: $30 \mu\text{L}$ 浓盐酸改性 90 mg 超纯磁铁矿粉; d: $30 \mu\text{L}$ 浓盐酸改性 60 mg 粉煤灰与 30 mg 超纯磁铁矿粉复配物。

(2) 粉煤灰相同配比的复配物经不同浓度盐酸改性后对生活污水处理效果比较见表 2。

2.2 粉煤灰改性对污水处理效果的分析

粉煤灰由许多微珠构成, 微珠的外表有许多不规则的突起, 壳壁上可见气孔, 在大颗粒的粉煤灰里面包裹了大量的玻璃微珠, 象石榴一样, 粒径约

表 2 粉煤灰经不同浓度盐酸改性后的处理效果

测试项目	浊度		COD		TP	
	数值/ NTU	去除率/ %	数值/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	去除率/ %	数值/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	去除率/ %
处理前	40.0		345.00		4.00	
A处理	29.6	26	279.45	19	2.56	36
B处理	25.2	37	265.65	23	2.20	45
C处理	6.0	85	120.75	65	0.28	93

注: A: 1 mol/L 的盐酸 $360 \mu\text{L}$ 改性 60 mg 粉煤灰与 30 mg 超纯磁铁矿粉的复配物; B: 5 mol/L 的盐酸 $72 \mu\text{L}$ 改性 60 mg 粉煤灰与 30 mg 超纯磁铁矿粉的复配物; C: 12 mol/L 的浓盐酸 $30 \mu\text{L}$ 改性 60 mg 粉煤灰与 30 mg 超纯磁铁矿粉的复配物。

为 $6 \mu\text{m}$, 壁厚, 也称作子母珠或复珠。从复珠的局部放大图上可以看到, 复珠内部包裹的细小玻璃微珠之间并非紧密相连, 而是存在很大的空隙, 这就使粉煤灰成为微量元素的载体成为可能, 并提供足够的空间。也有一些微珠是厚壁空心微珠, 壳壁比较光滑, 密度实且无孔, 不能漂浮, 粒径为 $0\sim 20 \mu\text{m}$ 不等^[11]。粉煤灰的微观结构决定其具有一定吸附性, 但是粉煤灰如不经活化其吸附性不能得到最大发挥, 而且不具有絮凝性, 所以在目前的报道中大多将粉煤灰用作吸附剂然后再加絮凝剂将之絮凝沉降或者直接过滤去除, 达到净化水体的目的^[12]。由表 1 可以看出, 用粉煤灰直接处理生活污水, 各项去除率远低于另外三种方式, 这是因为未经改性的粉煤灰由于不能形成絮体, 虽然对磷和有机物有一定吸附, 但是大量粉煤灰颗粒物残留水中, 致使水体浊度、 COD 和 TP 也不能有效去除。b、c、d 处理实验中有明显絮体产生, 而且絮体密度和尺寸也是依次递增的, 因此 d 处理方法最好, 即用浓盐酸改性粉煤灰—超纯磁铁矿粉的复配物对污水处理效果最好。但是表 2 又表明, 如果改性所用盐酸浓度降低, 则处理效果显著下降, A、B 处理去除率远低于 C 处理。以上这些现象可能因为:

(1) 在粉煤灰中加入浓盐酸, 一方面可以溶出铝, 另一方面可以使硅变成具有多孔性的活性二氧化硅, 从而将莫来石中的 Al_2O_3 和 SiO_2 转变成硅凝胶、铝凝胶、沸石分子筛, 同时还可以使其微孔内表面变得粗糙, 比表面积增加, 打开粉煤灰的封闭孔道, 增加孔隙率^[5]。其中硅、铝凝胶具有絮凝性, 可以通过卷扫、网捕、电荷交换等方式使生活污水中的颗粒物絮凝, 图 1 为浓盐酸改性粉煤灰与颗粒物形成的絮体电镜照片, 球形的是粉煤灰微珠, 非球形的物质是一些水体颗粒物及粉煤灰中的玻璃体。



图1 粉煤灰-水体颗粒物絮体电镜照片(2000倍)

从图1可以看出,水体污染物被絮凝固定在微珠的空隙中或缠裹在微珠的外壁上。

(2)在超纯磁铁矿粉中加入浓盐酸,很容易快速生成铁离子,形成具有絮凝性的胶体,使水体中的颗粒物形成絮体,并在磁场作用下快速移出。

2.3 磁场强度与絮体富集时间的关系

磁场强度与絮体富集时间的关系见图2。

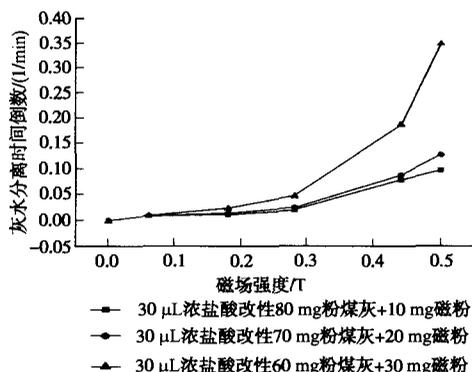


图2 磁场强度与絮体富集时间的关系

磁场强度越大,磁性絮体所受磁场力越大,絮体速度越高,磁铁对絮体的富集时间越短,另外,絮体富集时间随复配物中超纯磁铁矿含量的增加而减少,所以外加磁场及复配物的配比直接影响了灰水分离的速度和效率。

3 小结

(1)浓盐酸改性粉煤灰—超纯磁铁矿粉复配处

理水体中的颗粒污染物,形成的絮体带有强磁性可以借助外磁场快速移出水体。若改性所用盐酸浓度减小,其改性效果显著降低。

(2)超纯磁铁矿粉充当两个角色,一是与酸反应生成铁离子,起絮凝剂作用;二是使絮体具有磁性可以在磁场作用下快速移出水体,起磁性作用。

(3)选用改性粉煤灰—超纯磁铁矿复配物做水处理剂,一可以变废为宝,提高粉煤灰的综合利用价值,提供一种成本低廉的材料;二为生活污水化学强化一级处理中的灰水分离提供一种新的思路。

(4)所收集的富含氮、磷且已经过磁化的残渣,可以作为原料制作磁化肥,避免二次污染的发生。

[参考文献]

- [1]王琳,杨鲁豫,王宝贞.我国城市污水处理的有效措施[J].城市环境与城市生态,2001,14(1):50-52.
- [2]宋志伟,栾兆坤,贾智萍.新型复合聚铁硅絮凝剂处理生活污水的研究[J].环境污染治理技术与设备,2004,5(10):60-63.
- [3]侯世全,杨德伟,宋晓明.生活污水强化一级处理工艺的研究进展[J].铁道劳动安全卫生与环保,2002,29(5):221-222.
- [4]胡守泉,黄建梅.我国火电厂灰渣处置和利用现状及2000年控制目标[J].粉煤灰综合利用,1995(1):62-65.
- [5]李方文,魏先勋.粉煤灰改性吸附材料的研究[J].四川环境,2002,21(2):37-39.
- [6]王亚莉,孙克刚.粉煤灰磁化复合肥在水稻上的施用效果[J].河南农业科学,2000(3):24-25.
- [7]GB 13200—1991,水质 浊度的测定——分光光度法[S].
- [8]GB 11914—1989,水质 化学需氧量的测定——重铬酸钾法[S].
- [9]GB 11894—1989,水质 总氮的测定——碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法[S].
- [10]GB 11893—1989,水质 总磷的测定——钼酸铵分光光度法[S].
- [11]胡娟.粉煤灰的物相与微形貌及对环境的影响[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2002,20(1):46-48.
- [12]李尉卿,王春峰.粉煤灰活化制作吸附材料的初步研究(上)[J].粉煤灰,2003,15(5):10-11.

[作者简介] 蔡冬清(1982—),2004年毕业于山东大学,中科院等离子体物理研究所在读博士。电话:0551-5591382, E-mail:caidongq@163.com。

[收稿日期] 2007-04-16

·国内外水处理技术信息·

洗涤分离膜用组成物——山口敏雄.WO 2007029291

洗涤分离膜用组成物,至少含有酸、能与金属形成络合物的化合物和氧化剂。作为酸最好含盐酸;与金属可形成络合物的化合物最好含甘氨酸;作为氧化剂,最好含过氧化氢。

通过这些药剂的作用,不仅使膜表面及膜细孔内附着的微生物及由此产生的黏泥等被分解去除,而且使金属盐也可作为金属螯合物被去除。

(张淑云供稿)