

文章编号: 1000-6524(2003)03-0290-03

炉渣处理含磷废水的实验研究

邓雁希, 许虹, 黄玲, 钟佐

(中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 以炉渣作为吸附剂, 用静态吸附实验方法研究了炉渣对模拟含磷废水脱磷的一般规律, 结果表明, 炉渣是一种有效的吸附剂, 对废水中的磷有较强的吸附去除性能。影响炉渣除磷的主要因素有吸附时间、炉渣用量、pH值和原水含磷浓度。在含磷浓度 2~13 mg/L, 炉渣用量 5 g/L, 中性, 吸附时间为 2 h 的实验条件下, 磷的去除率可高达 99% 以上。

关键词: 含磷废水; 吸附作用; 脱磷; 炉渣

中图分类号: X131.2

文献标识码: A

The removal of phosphorus from wastewater with the help of slag

DENG Yan_xi, XU Hong, HUANG Ling and ZHONG Zuo_shen

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on a series of experiments, this paper studied the capacity of slag for removal of phosphorus from model wastewater. The results show that slag is effective in adsorbing phosphorus. The factors affecting the removal of phosphorus are the initial phosphorus concentration, pH value, adsorption equilibrium time and the amount of slag. When the concentration of phosphorus is 2~13 mg/L, the amount of slag used is 5 g/L, the pH value is neutral, and the adsorption time is 2h, the removal rate of phosphorus can be higher than 99%.

Key words: wastewater with phosphorus; adsorption; removal of phosphorus; slag

生活污水常含有大量的磷, 排入水体会造成藻类过度繁殖, 导致水体富营养化, 使水质恶化。目前, 国内外常用的除磷方法主要是沉淀法、混凝法、吸附与离子交换法、生物法及接触法等, 其中吸附与离子交换法由于占地面积小, 工艺简单, 操作方便高效快速, 无二次污染, 适用范围广而倍受人们关注。炉渣是钢铁冶炼过程中产生的固体废弃物, 主要由 CaO、FeO、MgO、MnO、SiO₂、Fe₂O₃、P₂O₅、Cr₂O₅、Al₂O₃ 等氧化物组成, 具有很多优良特性, 其中所含有的每种成分(尤其是 Al、Si) 均可以利用。国内外众多研究(Yamada *et al.*, 1986; Johansson, 1997; Sakadevan, 1998; Hansson *et al.*, 2000) 表明, 炉渣中包括大量的能吸附可溶无机磷酸盐的钙, 磷的吸附不仅与钙有关, 还与暴露在炉渣表面的其他成分如 Al、Mg、Fe、Mn 和 Ti 等有关。本文通过模拟实验, 采用炉渣处理含磷废水, 探讨其对含磷废水脱磷的一般规律, 旨在寻求一条降低水体富营养化的经济而有效的途径, 也为炉渣的综合利用

开辟一条新途径。

1 实验材料与方法

将取自首钢第二炼钢厂的转炉炼钢炉渣全部破碎至 20~40 目。其主要成分及含量($w_B/\%$)为: SiO₂ 15.77, Al₂O₃ 2.31, Fe₂O₃ 7.22, FeO 12.09, MgO 7.84, CaO 48.43, Na₂O 0.13, K₂O 0.038, TiO₂ 1.15, P₂O₅ 1.87, MnO 0.82, H₂O⁺ 0.42, H₂O⁻ 0.12(由中国地质大学材料系化学分析室测试)。含磷酸盐的实验用水自配: 采用 KH₂PO₄(分析纯), 先配 1000 mg/L(以 P 计)的贮备液, 使用时再以蒸馏水稀释至所需浓度, 并进行实测。pH 值由 1 mol/L 的 HCl 或 NaOH 溶液调节。实验仪器与设备包括 HZS_H 水浴振荡器、HP_8453 分光光度计、PHS_3C 精密 pH 计、电热恒温干燥箱等。磷酸盐溶液的测定采用钼锑抗分光光度法测定磷的浓度。样品测定时,

收稿日期: 2002-03-15; 修订日期: 2003-06-19

基金项目: 973 资助项目(G1999045709)

作者简介: 邓雁希(1968-)女, 讲师, 从事环境矿物材料的教学和科研工作, E-mail: dengyx@cugb.edu.cn。

选择合适的稀释倍数,使被测样深度在标线以内。该方法测定磷的浓度范围在0.01~0.6 mg/L。pH值测定利用玻璃电极体系进行。每次测定均用标准溶液校验。

在数个具塞锥形瓶中各加入200 mL模拟含磷废水和一定量的炉渣,置于振荡器上,在室温下振荡一定时间使吸附反应达到平衡后过滤,然后对清液进行磷的浓度测试,再通过比较溶液中磷的初始浓度和平衡浓度推算出其在吸附剂上的吸附量和磷的去除率。

2 实验结果与讨论

2.1 炉渣用量对吸附的影响

取浓度为9.934 mg/L、pH值为7.55的含磷溶液100 mL,分别加入炉渣0.1~1.5 g,振荡2 h,过滤,测试结果见表1。实验表明,随着炉渣用量的增加,磷的去除率也增加,但吸附量却下降。当炉渣投加量为0.5 g时,磷的去除率可达99%,吸附量也较大。此时,废水中残留磷的浓度小于0.5 mg/L,低于国家污水综合排放一级标准。当炉渣用量为1.0 g时,去除效果稍有反复,可能与取样的均匀性及炉渣过量有关。由此可确定炉渣的最佳用量为0.5 g/100 mL。

表1 炉渣用量对磷吸附的影响

Table 1 The adsorption of phosphorus as a function of slag amount

炉渣用量 / g·100mL ⁻¹	残留液浓度 / mg·L ⁻¹	吸附量 / mg·g ⁻¹	去除率 / %
0.1	5.425	4.509	45.39
0.5	0.042	1.978	99.58
1.0	0.044	0.989	99.56
1.5	0.029	0.660	99.71

2.2 浓度及时间对吸附的影响

在不同浓度、pH为7.50~7.60的含磷模拟废水200 mL中加入炉渣1 g(液固比为0.2 L/g),在室温(25℃)下持续搅拌3h,每隔0.5 h取一次样,分析清液中的磷的浓度,计算出相应的吸附量,结果如图1所示。由图1可知,液固刚接触0.5 h以内,吸附量很快增大,随后增大的速度逐渐变缓,2 h以后,吸附量趋于稳定,所以可确定吸附平衡时间为2 h。为了保证出水指标(即残留液的磷浓度值),可适当延长时间。图1还说明了吸附量随废水中磷的浓度的上升而增大。

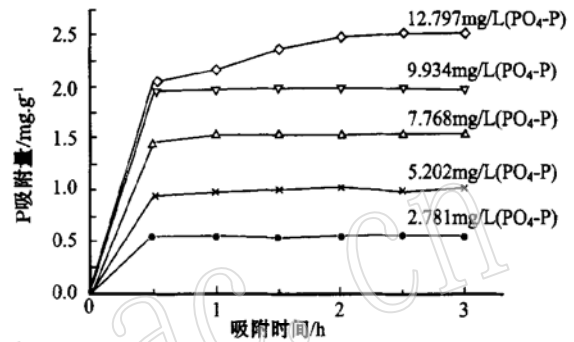


图1 吸附量与吸附时间的关系

Fig. 1 The amount of adsorbed PO₄-P as a function of time

2.3 温度对吸附的影响

表2为温度对浓度为10±0.5 mg/L(以P计)、pH=7.5~7.6的磷酸盐溶液中磷的吸附影响。由表可知,在一般温度条件下,温度对炉渣吸附水中的磷影响很小,磷的吸附量与去除率都非常接近。

2.4 pH值对吸附的影响

溶液的pH值是影响吸附效果的重要因素,因为一方面

表2 不同温度下的除磷效果

Table 2 The adsorption of phosphorus as a function of temperature

吸附时间/h	25℃			45℃		
	残留液浓度/mg·L ⁻¹	吸附量/mg·g ⁻¹	去除率/%	残留液浓度/mg·L ⁻¹	吸附量/mg·g ⁻¹	去除率/%
0	9.934			9.934		
0.5	0.176	1.952	98.23	0.131	1.961	99.68
1	0.060	1.975	99.40	0.032	1.980	99.68
1.5	0.032	1.980	99.68	0.034	1.980	99.66
2	0.026	1.982	99.74	0.019	1.983	99.81
2.5	0.024	1.983	99.76	0.031	1.981	99.69
3	0.026	1.982	99.74	0.016	1.984	99.84
3.5	0.020	1.983	99.80	0.019	1.983	99.81
4	0.024	1.982	99.76	0.015	1.984	99.85
4.5	0.021	1.983	99.79	0.022	1.982	99.78
5	0.025 [*]	1.982	99.75	0.018 [*]	1.983	99.82

* 表中数据如残留液浓度的数值有一定反复,这与实验采用的方法(批实验)及取样的均匀性有关。

它影响被吸附物的形式,另一方面影响吸附剂表面电荷的电性。笔者在 pH 值为 5~9 的范围内探讨了炉渣(用量 1g)对

200mL 含磷废水(磷浓度 10 ± 0.5 mg/L)中的磷的吸附和去除情况,所得结果见表 3。

表 3 pH 值对吸附的影响

Table 3 The adsorption of phosphorus as a function of pH value

吸附时间/h	pH= 5.12			pH= 7.56			pH= 8.50		
	残留液浓度 /mg·L ⁻¹	吸附量 /mg·g ⁻¹	去除率/%	残留液浓度 /mg·L ⁻¹	吸附量 /mg·g ⁻¹	去除率/%	残留液浓度 /mg·L ⁻¹	吸附量 /mg·g ⁻¹	去除率/%
0	10.338			9.934			10.338		
0.5	3.029	1.462	70.70	0.176	1.952	98.23	2.254	1.617	78.20
1	2.230	1.622	78.43	0.060	1.975	99.40	0.784	1.911	92.42
1.5	0.436	1.980	95.78	0.032	1.980	99.68	0.296	2.008	97.14
2	0.272	2.013	97.37	0.026	1.982	99.74	0.127	2.042	98.77
2.5	0.111	2.045	98.93	0.024	1.983	99.76	0.114	2.045	98.90
3	0.630	1.942	93.91	0.026	1.982	99.74	0.187	2.030	98.19
3.5	0.053	2.057	99.49	0.020	1.983	99.80	0.069	2.054	99.33
4	0.090	2.050	99.13	0.024	1.982	99.76	0.070*	2.054	99.32
4.5	0.069	2.054	99.33	0.021	1.983	99.79	0.048	2.058	99.54
5	0.099*	2.048	99.04	0.025	1.982	99.75	0.032	2.061	99.69

* 表中数据如残留液浓度的数值有反复,与实验采用的方法(批实验)及取样的均匀性有关。

从表中可以看出,在 2h 之内,pH 值为 7.56 时,残留液中磷的浓度最低,已达到国家排放标准,同时磷的去除率也最高。由于生活污水的 pH 值一般在 7~7.9 范围内,所以用炉渣作吸附剂处理生活污水时,可以不做污水 pH 值调节,直接进行处理。

2.5 炉渣用于废水除磷的安全性分析

由于炉渣中含有少量的 P₂O₅,故将炉渣浸于蒸馏水中,测定其中的溶解成分,结果发现炉渣用水处理后,没有溶出任何有害的成分。因此,炉渣用于废水处理不会产生有害的成分而造成二次污染。

3 结 论

(1) 炉渣有较高的吸附活性,能够有效去除废水中的磷。

(2) 在浓度为 2~13 mg/L、炉渣用量为 5 g/L、pH 值为 7.56 吸附时间为 2 h 的条件下,磷的去除率可达到 99% 以

上,而且残留液的浓度也低于国家排放标准。

(3) 炉渣用于含磷废水处理安全可靠,不会产生二次污染。

Reference

- Hansson and Gustafsson J P. 2000. Phosphate removal using blast furnace slags and opoka_mechanisms[J]. *Wat. Res.*, 34(1): 259~265.
- Johansson L. 1997. The use of Leca(light expanded clay aggregates) for the removal of phosphorus from wastewater[J]. *Wat. Sci., Tech.*, 35(5): 87~93.
- Sakadevan K. 1998. Bavor phosphate adsorption characteristics of soils, slags and ziolite to be used as substrates in constructed wetland systems[J]. *Wat. Res.*, 32(2): 393~399.
- Yamada H, Kayama M, Saito K, *et al.* 1986. A fundamental research on phosphate removal by using slag[J]. *Wat. Res.*, 20(5): 547~557.