

# 成型聚铝污泥吸附剂处理实际尾水及再生研究

蒋曙兰, 吴慧芳, 段二高

(南京工业大学 城市建设学院, 江苏 南京 211816)

**摘要:** 成型聚铝污泥对阴离子具有良好的亲和吸附能力,可作为水处理领域的吸附剂。以印染废水尾水为处理对象,采用成型聚铝污泥吸附经 Fenton 氧化后的尾水,在 pH 值 = 4.0、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  用量为 56 mg/L、 $\text{H}_2\text{O}_2$  用量为 0.2 mL/L、反应时间为 120 min、聚铝污泥吸附剂投加量为 20 g/L、进水 COD 和 TP 分别为 114 和 1.85 mg/L 的条件下,出水 COD 和 TP 分别为 44、0.46 mg/L。分别用酸碱和 Fenton 技术对吸附饱和的聚铝污泥进行再生试验,在 pH 值 = 3.0、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  投加量为 40 mg/L 的条件下,当  $\text{H}_2\text{O}_2$  投加量为 0.3 mL/L 时,Fenton 氧化对聚铝污泥的再生率几乎可达到 100%。

**关键词:** 聚铝污泥; Fenton 氧化; 吸附; 再生

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)09-0101-03

## Application and Regeneration of Manufactured Polyaluminum Chloride Sludge (PACS) in Treatment of Wastewater Treatment Effluent

JIANG Shu-lan, WU Hui-fang, DUAN Er-gao

(College of Urban Construction, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, China)

**Abstract:** The manufactured polyaluminum chloride sludge (PACS) has good affinity and adsorption capacity on anions. Therefore, it can be used as an adsorbent in the field of wastewater treatment. This study took textile dyeing wastewater treatment effluent as a research object, and treated with the Fenton oxidation and the manufactured PACS, to reduce COD and TP to reach discharge standards. When the pH was 4.0,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dosage was 56 mg/L,  $\text{H}_2\text{O}_2$  dosage was 0.2 mL/L, reaction time was 120 min, manufactured PACS dosage was 20 g/L, COD and TP of the influent were 114 mg/L and 1.85 mg/L, the COD and TP of the final effluent was 44 mg/L and 0.46 mg/L, respectively. The regeneration of saturated adsorbent with alkali-acid and Fenton technologies was tested. Under the conditions of the pH of 3.0,  $\text{H}_2\text{O}_2$  dosage of 0.3 mL/L, and  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dosage of 40 mg/L, the Fenton technology regenerated almost 100% of the adsorption efficiency of the manufactured PACS.

**Key words:** polyaluminum chloride sludge; Fenton oxidation; adsorption; regeneration

聚铝污泥是给水厂以聚合氯化铝作混凝剂时沉淀池排放的污泥,因其比表面积和孔容较大,含有丰

富的铝、铁等化合物以及腐殖质、有机质和硅酸盐等物质<sup>[1]</sup>,具有较强的电中和能力,并对阴离子具有

基金项目: 污染控制与资源化研究国家重点实验室开放课题(PCRRF13018); 江苏省高校自然科学研究重大项目(12KJA610001); 住建部科技计划项目(2014-K7-010)

通信作者: 吴慧芳 E-mail: whfkh1@sina.com

良好的亲和吸附能力,可作为水处理领域的吸附剂<sup>[2]</sup>。在以往研究中,聚铝污泥吸附剂多以粉末形式存在,遇水形成泥浆,通透性能差,用于污水处理时固液不易分离,难以回收利用<sup>[3]</sup>。为克服上述缺点,笔者通过添加粘结剂和致孔剂对聚铝污泥进行塑型,挤压成直径约为2 mm的球形颗粒。同时,以印染废水尾水为处理对象,对比研究了聚铝污泥吸附和Fenton氧化技术单独以及联合使用时的处理效果,并在此基础上得出使尾水处理达标的最佳技术参数。另外,为提高经济效益、节约成本,对吸附饱和后的聚铝污泥颗粒进行再生利用研究。

### 1 印染废水尾水水质

试验用尾水为某印染厂废水生化处理设施的出水,含有一定浓度的PVA及染料,COD为114 mg/L、总氮为14 mg/L、总磷为1.85 mg/L、pH值为8.1,其中COD和总磷不能满足《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1072—2007)的要求(染整行业排放限值,COD为50 mg/L,总磷为0.5 mg/L)。为此,主要针对总磷和COD进行深度处理试验研究。

### 2 成型聚铝污泥吸附处理实际尾水

取7份100 mL实际尾水于锥形瓶中,分别加入0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 g成型聚铝污泥吸附剂后密封,将锥形瓶置于恒温振荡器(20℃,150 r/min)中振荡48 h,测定溶液中的总磷和COD浓度。结果表明,随着吸附剂投量的增加,TP浓度逐渐下降,当吸附剂投加量达到20 g/L时,TP浓度降至0.49 mg/L,低于排放限值;继续投加聚铝污泥,TP浓度下降趋缓。另外,随着吸附剂投量的增加,对COD的去除率逐渐增大,最终稳定在35%左右,此时COD降至74 mg/L,仍然高于排放限值。这表明,单独使用聚铝污泥对实际尾水进行吸附处理时,出水水质不能满足排放要求,仍需进一步处理。

### 3 Fenton氧化处理实际尾水

根据已有的研究<sup>[4,5]</sup>,确定Fenton试验条件如下:pH值=4.0、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 投加量为56 mg/L、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 投加量为0.2 mL/L、反应时间为120 min,在此条件下,对实际尾水进行氧化处理,出水COD和TP浓度都高于排放限值,处理效果并不理想。

### 4 Fenton氧化+聚铝污泥吸附处理尾水

取7份第3节经Fenton氧化处理后的尾水,加碱调至中性,沉淀后取上清液,分别加入0.5、1.0、

1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 g成型聚铝污泥吸附剂后密封,置于恒温振荡器(20℃,150 r/min)中振荡48 h,测定溶液中的TP和COD浓度。结果表明,当吸附剂投加量达到15 g/L时,体系对COD的去除率达到58.74%,出水COD为47 mg/L;继续加大投量,对COD的去除率增加速度变缓;当投加量增至25 g/L以上时,对COD的去除率稳定在64%左右,出水COD为40 mg/L。对比可知,Fenton氧化和聚铝污泥吸附联合处理实际尾水的效果要优于两种方法单独处理的效果。考虑到对TP的去除效果,确定聚铝污泥吸附剂的最佳投加量为20 g/L。在最佳条件下,印染废水尾水经Fenton氧化后,COD、TP、TN浓度分别降至90、1.77、14 mg/L,再经聚铝污泥吸附处理后,COD、TP和TN浓度分别降至44、0.46、12 mg/L,达到了排放要求。

## 5 聚铝污泥吸附剂再生研究

### 5.1 酸碱再生试验

#### 5.1.1 再生液种类的选择

取0.50 g吸附饱和的聚铝污泥颗粒于锥形瓶中,分别以等量的0.1 mol/L的盐酸、硝酸和NaOH溶液为再生液,在常温下振荡2 h后用蒸馏水冲洗聚铝污泥颗粒,于恒温干燥箱内烘干后取出,测定再生后聚铝污泥颗粒的吸附量,如此往复,测定不同再生次数下的吸附量,计算再生率,结果如图1所示。

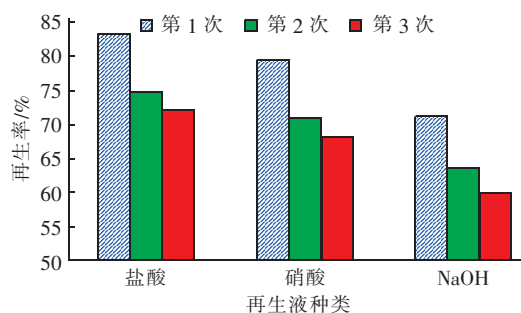


图1 不同再生液对聚铝污泥的再生效果

Fig. 1 Regeneration effect of polyaluminum chloride sludge by different liquids

由图1可知,不同再生液对聚铝污泥颗粒的再生效果有所差别。第1次再生时,盐酸、硝酸和NaOH溶液对聚铝污泥的再生率分别为83.2%、79.5%和71.1%;随着再生次数的增加,再生率逐渐降低;第3次再生后,盐酸、硝酸和NaOH溶液对聚铝污泥的再生率分别下降到了72.1%、68.3%和59.9%。综上可知,以盐酸作为再生液时,再生效果

最佳,硝酸次之,NaOH 溶液最差。

### 5.1.2 再生液浓度的影响

以盐酸溶液作为再生液,考察不同的盐酸浓度对吸附饱和聚铝污泥再生效果的影响,结果表明,随着盐酸浓度由 0.05 mol/L 增至 0.25 mol/L,聚铝污泥的再生率先升后降,当盐酸浓度为 0.15 mol/L 时,再生率最大,为 84.2%。当盐酸溶液浓度较低时,随着浓度的提高,氢离子浓度也相应提高,吸附饱和聚铝污泥的解吸反应进行得更为充分,释放更多的吸附点位,提高吸附剂的再生率;当盐酸溶液浓度过大时,聚铝污泥吸附剂中的金属化合物可能会被溶出,导致吸附剂对磷的吸附量降低,从而影响其再生率。

### 5.2 Fenton 再生试验

取 1 g 吸附饱和的聚铝污泥颗粒于锥形瓶中,加入 100 mL 去离子水,用硫酸溶液调 pH 值为 3.0,加入一定量的  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液,在常温下振荡 2 h 后用蒸馏水反复冲洗聚铝污泥颗粒,于恒温干燥箱内烘干后取出,测定再生后聚铝污泥颗粒的吸附量,计算再生率。

当  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  投加量为 40 mg/L 时,随着  $\text{H}_2\text{O}_2$  投加量的增大,聚铝污泥吸附剂的再生率也增大,当  $\text{H}_2\text{O}_2$  投加量为 0.3 mL/L 时,再生率几乎达到 100%。当  $\text{H}_2\text{O}_2$  投加量为 0.25 mL/L 时,随着  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  投加量的增大,再生率迅速升高;当  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  投加量为 30 mg/L 时,再生率达到最高,为 87.39%; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  投加量继续增大至 90 mg/L 时,再生率降低至 62.16% (见图 2)。这是因为当  $\text{Fe}^{2+}$  浓度过大时, $\text{Fe}^{2+}$  会消耗掉一部分羟基自由基,导致氧化效率降低,使得再生率下降。

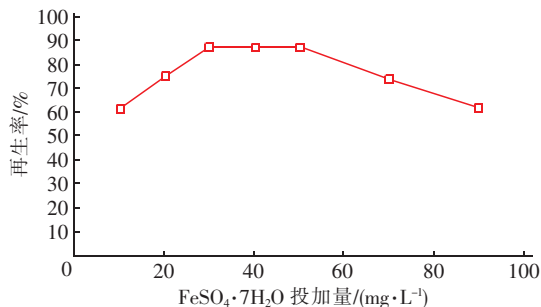


图2 硫酸亚铁投加量对再生率的影响

Fig.2 Effect of  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dosage on regeneration of polyaluminum chloride sludge

## 6 结论

① 单独采用聚铝污泥吸附或 Fenton 氧化处理印染废水尾水时,出水水质都不能满足排放标准的要求;两种技术联合处理印染废水尾水时,在 pH 值 = 4.0、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  投加量为 56 mg/L、 $\text{H}_2\text{O}_2$  投加量为 0.2 mL/L、反应时间为 120 min、吸附剂投加量为 20 g/L 的条件下,出水 COD 和 TP 分别为 44 和 0.46 mg/L,满足《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1072—2007)的要求。

② 对吸附饱和的聚铝污泥进行再生,Fenton 氧化的再生效果优于酸碱再生效果,在 pH 值 = 3.0、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  投加量为 40 mg/L 的条件下,当  $\text{H}_2\text{O}_2$  投加量为 0.3 mL/L 时,再生率几乎达到 100%。

## 参考文献:

- [1] 方晖,张易培,陈丁丁,等. 净水厂聚合氯化铝铁污泥对污水中磷的吸附作用[J]. 工业用水与废水,2013,44(3):17-20.
- [2] 郑怀礼,高亚丽,蔡璐微,等. 聚合氯化铝混凝剂研究与发展状况[J]. 无机盐工业,2015,47(2):1-5.
- [3] 王国峰,杨世鹏. 膨润土成型吸附剂的制备研究[J]. 科技创新导报,2009,(32):6.
- [4] 徐杰,吴慧芳,刘翠云. 负载铁分子筛催化  $\text{H}_2\text{O}_2$  对活性艳蓝的脱色[J]. 环境工程学报,2014,8(9):3797-3801.
- [5] 薛齐,陆曦,陈静,等. Fenton 氧化处理颜料中间体生产废水的生化尾水[J]. 南京工业大学学报:自然科学版,2014,36(1):107-111.



作者简介:蒋曙兰(1992-),女,江苏常州人,硕士研究生,研究方向为水处理技术。

E-mail:jsl594166620@163.com

收稿日期:2016-10-16