



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115231754 A

(43) 申请公布日 2022. 10. 25

(21) 申请号 202210891915.0 *C22B 7/00* (2006.01)

(22) 申请日 2022.07.27 *C22B 15/00* (2006.01)

(71) 申请人 常州大学 *C02F 101/20* (2006.01)

地址 213164 江苏省常州市武进区湖塘镇 *C02F 101/38* (2006.01)

滆湖中路21号 *C02F 101/34* (2006.01)

(72) 发明人 丁晨 刘雪峰 薛银刚 胡敏  
陈慧 杨铖 来青继 丁云浩  
吴书琴 顾昊宇

(74) 专利代理机构 北京栈桥知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11670

专利代理师 张建生

(51) Int. Cl.  
*C02F 9/10* (2006.01)  
*C07C 229/08* (2006.01)  
*C07C 227/40* (2006.01)

权利要求书2页 说明书9页 附图4页

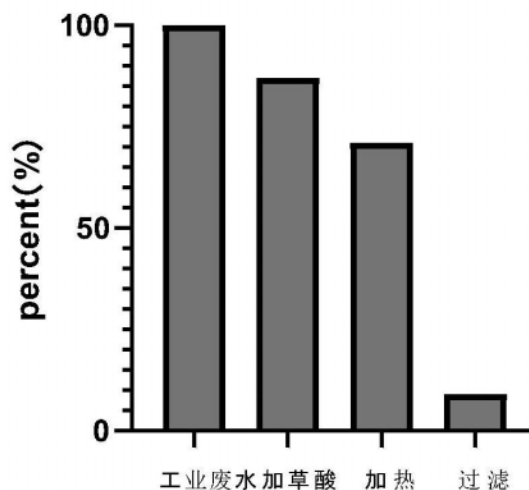
## (54) 发明名称

一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,包括以下步骤:一、破络处理;二、加热处理;三、化合物铜和单质铜的提取;四、甘氨酸的提取;本发明处理方法具有稳定性好、成本低、处理方式简单、耗时短的优势,可最大化提取工业废水中的铜和甘氨酸,实现废物再生及资源化利用。

### Cu 剩余量



1. 一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,其特征在於,包括以下步骤:

一、破络处理:

将容器中配制好的草酸溶液加热至草酸溶液中的草酸晶体完全溶解后,得到草酸溶解液,再将工业废水与所述草酸溶解液按比例混合,得到第一混合溶液;

二、加热处理:

再将所述第一混合溶液加热并持续搅拌至第一混合溶液呈白色浑浊状,得到第二混合溶液;

三、化合物铜和单质铜的提取:

将所述第二混合溶液继续加热并持续搅拌,再对第二混合溶液用滤纸进行过滤,得到蓝色沉淀以及过滤液,所述蓝色沉淀为化合物铜,且所述容器底部附着红色单质铜;

四、甘氨酸的提取:

将所述过滤液进行自然冷却至室温,析出得到白色晶体,所述白色晶体为甘氨酸。

2. 根据权利要求1所述的一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,其特征在於,所述步骤一中,所述草酸溶液的浓度为 $0.5\sim 3\text{mol/L}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,其特征在於,所述步骤一中,所述工业废水体积不变,且所述草酸溶液与工业废水体积比为 $(0.5\sim 3):1$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,其特征在於,所述步骤三中,所述第二混合溶液加热搅拌时,加热温度为 $55\sim 65^{\circ}\text{C}$ ,加热时间为 $5\sim 10\text{min}$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,其特征在於,所述步骤一的加热、步骤二和三的加热并持续搅拌均采用磁力加热器完成。

6. 根据权利要求1所述的一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,其特征在於,所述步骤一中,草酸溶液的加热温度为 $45\sim 55^{\circ}\text{C}$ 。

7. 根据权利要求1所述的一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,其特征在於,所述步骤二中,第一混合溶液的加热温度为 $55\sim 65^{\circ}\text{C}$ 。

8. 根据权利要求1所述的一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,其特征在於,所述步骤三中过滤的方式为滤纸过滤。

9. 根据权利要求1所述的一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,其特征在於,在工业废水与草酸溶解液混合之前,对工业废水进行预处理,所述预处理的方法为:

1) 将 $x\text{ L}$ 工业废水加热到 $70\sim 90^{\circ}\text{C}$ 后,将 $20\sim 30\text{g/L}$ 的聚丙烯酰胺、 $15\sim 25\text{g/L}$ 的海藻酸钠依次加入至工业废水中,得到混合液,将所述混合液磁力搅拌 $20\sim 30\text{min}$ 后进行固液分离,得到工业废水原液、 $y\text{ cm}^3$ 的污泥;

2) 用直径为 $n\text{ cm}$ 的圆柱棒对所述污泥进行匀速捶打,同时向污泥中通入混合气体,所述混合气体的通入时间为 $15\sim 20\text{min}$ ,混合气体的体积占污泥的体积的 $40\%\sim 60\%$ ,所述混合气体包括质量百分比为 $90\%\sim 95\%$ 的臭氧, $3\%\sim 5\%$ 的氮气, $2\%\sim 5\%$ 的硫酰氟,得到活性污泥;所述匀速捶打污泥的速率和污泥体积满足公式(1),所述污泥的体积与工业废水的体积满足公式(2),所述圆柱棒的直径与污泥的体积满足公式(3),

$$v = \frac{8aV}{t} \quad (1)$$

$$V = \frac{y}{x} \quad (2)$$

$$m = \frac{y}{50} \quad (3)$$

其中,  $v$  为匀速捶打的速率, 单位取次/min;  $t$  为混合气体的通入时间, 单位取min;  $V$  为污泥的体积占废水的体积的体积比, 单位取 $\text{cm}^3/\text{L}$ ;  $a$  为混合气体的体积占污泥的体积的体积百分比,  $y$  为污泥的体积,  $x$  为工业废水的体积,  $n$  为圆柱棒的直径;

3) 将所述混合污泥与所述工业废水原液混合并搅拌均匀, 得到预处理后的工业废水, 随后将所述预处理后的工业废水与所述草酸溶解液混合。

## 一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及废水处理技术领域，具体是涉及一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法。

### 背景技术

[0002] 重金属废水现已成为亟待解决的主要环境污染问题之一，对工业重金属废水的处理具有一定的复杂性，因为重金属废水成分复杂，处理难度很大。随着化学工业的发展，人类对重金属的使用量不断增加，因此重金属污染也日益严重。重金属废水排放不达标，不仅会浪费金属资源，对经济效益造成影响，还会对生态环境造成严重危害。

[0003] 重金属废水的水量大、水质复杂，成分不易控制，其中含有的铬、铜、镍、锌等重金属离子毒性较大，其中部分重金属离子属于致癌、致畸、致突变的剧毒物质，对人类危害极大。重金属废水是对环境污染最严重和对人类危害最大的废水之一，重金属废水排入天然水体后，重金属就会以各种化学状态或化学形态在天然水体中存留、积累和迁移，从而造成危害。采用传统处理方式处理废水，存在处理后废水水质较差、处理过程成本高以及贵金属回收困难等问题。其中，加碱沉淀具有价格便宜、加药量易于控制等优点，然而该方法处理含有络合态铜的工业废水却效果不佳，处理后也达不到废水排放标准。与此同时，在处理重金属废水方面，不仅要追求高效提取重金属的环境治理目标，还要避免二次污染，对有价值的资源充分回收等更高层次的环境经济效益目标。

[0004] 因此，需要一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法来提高对重金属的提取率。

### 发明内容

[0005] 为解决上述技术问题，本发明提供了一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法。

[0006] 本发明的技术方案是：一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法，包括以下步骤：

[0007] 一、破络处理：

[0008] 将容器中配制好的草酸溶液加热至草酸溶液中的草酸晶体完全溶解后，得到草酸溶解液，再将工业废水与所述草酸溶解液按比例混合，得到第一混合溶液；

[0009] 二、加热处理：

[0010] 再将所述第一混合溶液加热并持续搅拌至第一混合溶液呈白色浑浊状，得到第二混合溶液；

[0011] 三、化合物铜和单质铜的提取：

[0012] 将所述第二混合溶液继续加热并持续搅拌，再对第二混合溶液进行过滤，得到蓝色沉淀以及过滤液，所述蓝色沉淀为化合物铜，且所述容器底部附着红色单质铜；

[0013] 四、甘氨酸的提取：

[0014] 将所述过滤液进行自然冷却至室温,析出得到白色晶体,所述白色晶体为甘氨酸。

[0015] 进一步地,所述步骤一中,所述草酸溶液的浓度为 $0.5\sim 3\text{mol/L}$ 。所述参数便于确定草酸溶液的最佳作用浓度,从而确定草酸溶液对工业废水中铜和甘氨酸的最高提取率。

[0016] 进一步地,所述步骤一中,所述工业废水体积不变,且所述草酸溶液与工业废水体积比为 $(0.5\sim 3):1$ 。所述体积比的选择便于确定草酸溶液的最佳添加量,从而确定草酸溶液对工业废水中铜和甘氨酸的最高提取率。

[0017] 进一步地,所述步骤三中,所述第二混合溶液加热搅拌时,加热温度为 $55\sim 65^\circ\text{C}$ ,加热时间为 $5\sim 10\text{min}$ 。所述加热的参数选择能够析出较多的化合物铜和单质铜,过高或过低的温度会使得到的化合物铜和单质铜不易提取。

[0018] 进一步地,所述步骤一的加热、步骤二和三的加热并持续搅拌均采用磁力加热器完成。采用磁力加热器可以在磁场的作用下,使草酸晶体的溶解程度更加完全,并能使草酸溶解液与工业废水在磁力搅拌下混合得更加均匀,从而能够使草酸溶解液与工业废水反应更加完全,得到更多的化合物铜和甘氨酸。

[0019] 进一步地,所述步骤一中,草酸溶液的加热温度为 $45\sim 55^\circ\text{C}$ 。所述参数的选择使得草酸晶体能溶解更加完全,从而得到的草酸溶解液纯度更高。

[0020] 进一步地,所述步骤二中,第一混合溶液的加热温度为 $55\sim 65^\circ\text{C}$ 。所述参数的选择使得工业废水与草酸溶解液混合更加均匀,使草酸溶解液与铜和甘氨酸的反应更加完全,从而提高草酸溶解液对铜和甘氨酸的提取效率。

[0021] 进一步地,所述步骤三中过滤的方式为滤纸过滤。滤纸具有优良的滤水性能,纸质疏松,对液体具有强吸收性,可以将沉淀与液体较好地分离。

[0022] 进一步地,在工业废水与草酸溶解液混合之前,对工业废水进行预处理,所述预处理的方法为:

[0023] 1) 将 $x\text{ L}$ 工业废水加热到 $70\sim 90^\circ\text{C}$ 后,将 $20\sim 30\text{g/L}$ 的聚丙烯酰胺、 $15\sim 25\text{g/L}$ 的海藻酸钠依次加入至工业废水中,得到混合液,将所述混合液磁力搅拌 $20\sim 30\text{min}$ 后进行固液分离,得到工业废水原液、 $y\text{ cm}^3$ 的污泥;

[0024] 2) 用直径为 $n\text{ cm}$ 的圆柱棒对所述污泥进行匀速捶打,同时向污泥中通入混合气体,所述混合气体的通入时间为 $15\sim 20\text{min}$ ,混合气体的体积占污泥的体积的 $40\%\sim 60\%$ ,所述混合气体包括质量百分比为 $90\%\sim 95\%$ 的臭氧, $3\%\sim 5\%$ 的氦气, $2\%\sim 5\%$ 的硫酰氟,得到活性污泥;所述匀速捶打污泥的速率和污泥体积满足公式(1),所述污泥的体积与工业废水的体积满足公式(2),所述圆柱棒的直径与污泥的体积满足公式(3),

$$[0025] \quad v = \frac{8aV}{t} \quad (1)$$

$$[0026] \quad V = \frac{y}{x} \quad (2)$$

$$[0027] \quad m = \frac{y}{50} \quad (3)$$

[0028] 其中, $v$ 为匀速捶打的速率,单位取次/ $\text{min}$ ;  $t$ 为混合气体的通入时间,单位取 $\text{min}$ ;  $V$ 为污泥的体积占废水的体积的体积比,单位取 $\text{cm}^3/\text{L}$ ;  $a$ 为混合气体的体积占污泥的体积的体积百分比,  $y$ 为污泥的体积,  $x$ 为工业废水的体积,  $n$ 为圆柱棒的直径;

[0029] 3) 将所述混合污泥与所述工业废水原液混合并搅拌均匀,得到预处理后的工业废水,随后将所述预处理后的工业废水与所述草酸溶解液混合。

[0030] 工业废水经过处理形成污泥后,污泥具有无数气孔,再通过匀速捶打将污泥中直径较大的气孔分散成细小的气孔,增多了与混合气体的接触面积,从而提高与混合气体的结合效果,从而得到的活性污泥具有良好的催化性能,因此在步骤一中,经过预处理的工业废水与草酸溶解液接触过程中,能够催化草酸溶解液对络合态金属的破络处理,从而增强草酸溶解液对络合态金属的破络效果。

[0031] 本发明的有益效果是:

[0032] (1) 本发明利用草酸溶液对工业废水中的铜以及甘氨酸进行破络处理,能有效提取高浓度络合态铜废水中的铜,同时能有效回收废水中甘氨酸成分,且操作简单,无需额外调节pH,适用于大中型工厂的含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理。

[0033] (2) 本发明通过对工业废水进行预处理,得到活性污泥,增强了活性污泥的催化性能,加强了草酸溶液对工业废水中的铜以及甘氨酸的破络效果,提高了破络处理的效率。

## 附图说明

[0034] 图1为本发明中草酸不同浓度对铜的提取率对比图;

[0035] 图2为本发明中工业废水与草酸的不同体积比对铜的提取率对比图;

[0036] 图3为实施例1步骤一处理得到的混合溶液图;

[0037] 图4为实施例1步骤二处理得到的呈白色浑浊状的混合溶液图;

[0038] 图5为实施例1步骤三过滤后得到的草酸铜实际效果图;

[0039] 图6为实施例1步骤四处理得到的甘氨酸效果图;

[0040] 图7为本发明中对白色晶体进行红外测定所得的红外光谱图;

[0041] 图8为实施例1中,铜在工业废水中的剩余量;

[0042] 图9为实施例1中,甘氨酸在工业废水中的剩余量。

## 具体实施方式

[0043] 下面结合具体实施方式来对本发明进行更进一步详细的说明,以更好地体现本发明的优势。

[0044] 实施例1

[0045] 一种针对含高浓度铜和甘氨酸工业废水的处理方法,包括以下步骤:

[0046] 一、破络处理:

[0047] 将容器中配制好的2L浓度为2mol/L的草酸溶液加热至50℃,此时草酸溶液中的草酸晶体完全溶解,得到草酸溶解液,再将工业废水与所述草酸溶解液按1:2的比例混合,则工业废水体积为1L,得到第一混合溶液;

[0048] 二、加热处理:

[0049] 再将所述第一混合溶液加热并持续搅拌至第一混合溶液呈白色浑浊状,得到第二混合溶液,所述加热温度为60℃;

[0050] 三、化合物铜和单质铜的提取:

[0051] 将所述第二混合溶液在60℃下继续加热8min并持续搅拌,再对第二混合溶液用滤

纸进行过滤,所述蓝色沉淀为化合物铜,所述化合物铜为草酸铜,且所述容器底部附着红色单质铜;

[0052] 四、甘氨酸的提取:

[0053] 将所述过滤液进行自然冷却至室温,析出得到白色晶体,所述白色晶体为甘氨酸。

[0054] 实施例2

[0055] 本实施例与实施例1不同之处在于,所述步骤一中,所述草酸溶液的浓度为0.5mol/L。

[0056] 实施例3

[0057] 本实施例与实施例1不同之处在于,所述步骤一中,所述草酸溶液的浓度为3mol/L。

[0058] 实施例4

[0059] 本实施例与实施例1不同之处在于,所述步骤一中,所述工业废水体积不变,且所述草酸溶液与工业废水体积比为1:2。

[0060] 实施例5

[0061] 本实施例与实施例1不同之处在于,所述步骤一中,所述工业废水体积不变,且所述草酸与工业废水体积比为3:1。

[0062] 实施例6

[0063] 本实施例与实施例1不同之处在于,所述步骤三中,对所述混合溶液加热搅拌时,加热温度为55℃,加热时间为10min。

[0064] 实施例7

[0065] 本实施例与实施例1不同之处在于,所述步骤三中,对所述混合溶液加热搅拌时,加热温度为65℃,加热时间为5min。

[0066] 实施例8

[0067] 本实施例与实施例1不同之处在于,所述步骤一中,草酸溶液的加热温度为45℃;所述步骤二中,混合溶液的加热温度为55℃。

[0068] 实施例9

[0069] 本实施例与实施例1不同之处在于,所述步骤一中,草酸溶液的加热温度为55℃;所述步骤二中,混合溶液的加热温度为65℃。

[0070] 实施例10

[0071] 本实施例与实施例1不同之处在于,在工业废水与草酸溶解液混合之前,对工业废水进行预处理,所述预处理的方法为:

[0072] 1) 将1L工业废水加热到80℃后,将25g的聚丙烯酰胺、20g海藻酸钠依次加入至工业废水中,得到混合液,将所述混合液磁力搅拌25min后进行固液分离,得到工业废水原液、365cm<sup>3</sup>的污泥;

[0073] 2) 用直径为3.65cm的圆柱棒对所述污泥进行匀速捶打,同时向污泥中通入混合气体,所述混合气体的通入时间为18min,混合气体的体积占污泥的体积的50%,所述混合气体包括质量百分比为93%的臭氧,4%的氦气,3%的硫酰氟,得到活性污泥;所述匀速捶打污泥的速率和污泥体积满足公式(1),所述污泥的体积与工业废水的体积满足公式(2),所述圆柱棒的直径与污泥的体积满足公式(3),

$$[0074] \quad v = \frac{8aV}{t} \quad (1)$$

$$[0075] \quad V = \frac{y}{x} \quad (2)$$

$$[0076] \quad m = \frac{y}{50} \quad (3)$$

[0077] 其中,  $v$  为匀速捶打的速率, 单位取次/min;  $t$  为混合气体的通入时间, 单位取min;  $V$  为污泥的体积占废水的体积的体积比, 单位取  $\text{cm}^3/\text{L}$ ;  $a$  为混合气体的体积占污泥的体积的体积百分比,  $y$  为污泥的体积,  $x$  为工业废水的体积,  $n$  为圆柱棒的直径;

[0078] 3) 将所述混合污泥与所述工业废水原液混合并搅拌均匀, 得到预处理后的工业废水, 随后将所述预处理后的工业废水与所述草酸溶解液混合;

[0079] 将  $y = 365 \text{cm}^3$  代入上述公式 (3), 得  $n = 7.3 \text{cm}$ ;

[0080] 将  $y = 365 \text{cm}^3$ ,  $x = 1 \text{L}$  代入上述公式 (2), 得  $V = 365 \text{cm}^3/\text{L}$ ;

[0081] 将  $t = 18 \text{min}$ ,  $V = 365 \text{cm}^3/\text{L}$ ,  $a = 50\%$  代入上述公式 (1), 得  $v = 81 \text{次}/\text{min}$ 。

[0082] 实施例11

[0083] 本实施例与实施例10不同之处在于, 所述步骤1) 中工业废水的加热温度为  $70^\circ\text{C}$ ; 对混合液磁力搅拌的时间为  $20 \text{min}$ 。

[0084] 实施例12

[0085] 本实施例与实施例10不同之处在于, 所述步骤1) 中工业废水的加热温度为  $90^\circ\text{C}$ ; 对混合液磁力搅拌的时间为  $30 \text{min}$ 。

[0086] 实施例13

[0087] 本实施例与实施例10不同之处在于, 所述步骤1) 中, 将  $20 \text{g}$  的聚丙烯酰胺、 $25 \text{g}$  的海藻酸钠依次加入至工业废水中; 在所述固液分离步骤后得到  $355 \text{cm}^3$  的污泥。

[0088] 实施例14

[0089] 本实施例与实施例10不同之处在于, 所述步骤1) 中, 将  $30 \text{g}$  的聚丙烯酰胺、 $15 \text{g}$  的海藻酸钠依次加入至工业废水中; 在所述固液分离步骤后得到  $360 \text{cm}^3$  的污泥。

[0090] 实施例15

[0091] 本实施例与实施例10不同之处在于, 所述步骤2) 中, 所述混合气体的通入时间为  $15 \text{min}$ ;

[0092] 将  $t = 15 \text{min}$ ,  $V = 365 \text{cm}^3/\text{L}$ ,  $a = 50\%$  代入公式 (1), 得  $v = 97 \text{次}/\text{min}$ 。

[0093] 实施例16

[0094] 本实施例与实施例10不同之处在于, 所述步骤2) 中, 所述混合气体的通入时间为  $20 \text{min}$ ;

[0095] 将  $t = 20 \text{min}$ ,  $V = 365 \text{cm}^3/\text{L}$ ,  $a = 50\%$  代入公式 (1), 得  $v = 73 \text{次}/\text{min}$ 。

[0096] 实施例17

[0097] 本实施例与实施例10不同之处在于, 所述步骤2) 中, 混合气体的体积占污泥的体积的  $40\%$ ,

[0098] 将  $t = 18 \text{min}$ ,  $V = 365 \text{cm}^3/\text{L}$ ,  $a = 60\%$  代入公式 (1), 得  $v = 65 \text{次}/\text{min}$ 。

[0099] 实施例18



[0100] 本实施例与实施例10不同之处在于,所述步骤2)中,混合气体的体积占污泥的体积的60%,

[0101] 将 $t=18\text{min}$ , $V=365\text{cm}^3/\text{L}$ , $a=60\%$ 代入公式(1),得 $v=97\text{次}/\text{min}$ 。

[0102] 实施例19

[0103] 本实施例与实施例10不同之处在于,所述步骤2)中,所述混合气体包括质量百分比为90%的臭氧,5%的氦气,5%的硫酰氟。

[0104] 实施例20

[0105] 本实施例与实施例10不同之处在于,所述步骤2)中,所述混合气体包括质量百分比为95%的臭氧,3%的氦气,2%的硫酰氟。

[0106] 实验例

[0107] 针对各个实施例对含高浓度铜和甘氨酸的工业废水的处理方法,分别测试本发明方法对工业废水中铜和甘氨酸的提取率,具体探究如下:

[0108] 1、探究草酸溶液的不同浓度对工业废水中铜和甘氨酸的影响。

[0109] 以实施例1-3、对照例1-3作为实验对比,结果如下表1所示:

[0110] 表1实施例1-3、对照例1-3对铜和甘氨酸提取率表

[0111]

	实施例1	实施例2	实施例3	对照例1	对照例2	对照例3
铜	90%	38%	76%	55%	76%	84%
甘氨酸	98%	40%	81%	62%	80%	87%

[0112] 对照例1:所述草酸溶液的浓度为 $1\text{mol}/\text{L}$ ;对照例2:所述草酸溶液的浓度为 $1.5\text{mol}/\text{L}$ ;对照例3:所述草酸溶液的浓度为 $2.5\text{mol}/\text{L}$ ;

[0113] 由上述表1结果可以看出不同草酸溶液浓度对工业废水中提取铜和甘氨酸有一定的影响,随着草酸溶液浓度的增加,草酸溶液对铜和甘氨酸的提取率非线性增加,而是在达到峰值后开始下降,因此结合图1对比可以看出实施例1草酸溶液浓度对铜和甘氨酸的提取率最高。

[0114] 2、探究草酸溶液与工业废水的不同体积比对工业废水中铜和甘氨酸的影响。

[0115] 以实施例1和4-5、对照例4-7作为实验对比,结果如下表2所示:

[0116] 表2实施例1和4-5、对照例4-7对工业废水中铜和甘氨酸的提取率

[0117]

	实施例1	实施例4	实施例5	对照例4	对照例5	对照例6	对照例7
铜	90%	57%	81%	70%	78%	87%	84%
甘氨酸	98%	74%	90%	82%	89%	96%	95%

[0118] 对照例4:所述工业废水体积不变,且所述草酸溶液与工业废水体积比为1:1.5;对照例5:所述工业废水体积不变,且所述草酸溶液与工业废水体积比为1:1;对照例6:所述工业废水体积不变,且所述草酸溶液与工业废水体积比为1.5:1;对照例7:所述工业废水体积不变,且所述草酸溶液与工业废水体积比为2.5:1;

[0119] 由上述表2结果可知,草酸溶液与工业废水的不同体积比对铜和甘氨酸的提取有

一定的影响,在一定体积的工业废水中,草酸溶液对铜和甘氨酸的提取率在草酸溶液与工业废水体积比为2:1达到峰值,当继续投入更多的草酸溶液后,草酸溶液对铜和甘氨酸的提取率反而下降,因此结合图2对比可知实施例1对铜和甘氨酸的提取率最高。

[0120] 3、探究所述步骤三中,加热参数的不同对工业废水中铜和甘氨酸的影响。

[0121] 以实施例1、实施例6-7作为实验对比,结果如下表3所示:

[0122] 表3实施例1、实施例6-7对工业废水中铜和甘氨酸的提取率

	实施例1	实施例6	实施例7
铜	90%	85%	89%
甘氨酸	98%	92%	97%

[0124] 由上述表3结果可知,所述步骤三中加热参数的不同,会对工业废水中铜和甘氨酸的提取率有一定的影响,加热温度升高、加热时间延长时,草酸溶液对铜和甘氨酸的提取率达到最高后开始下降,且通过对比可以看出实施例1的加热参数对铜和甘氨酸的提取率最高。

[0125] 4、探究所述步骤一及步骤二中加热参数的不同对工业废水中铜和甘氨酸的影响。

[0126] 以实施例1、实施例8-9作为实验对比,结果如下表4所示:

[0127] 表4实施例1、实施例8-9对工业废水中铜和甘氨酸的提取率

	实施例1	实施例8	实施例9
铜	90.1%	84.9%	90.2%
甘氨酸	98.6%	93.5%	98.8%

[0129] 由上述表4结果可知,所述步骤一及步骤二中加热参数的不同对工业废水中铜和甘氨酸的提取率有一定的影响,相较于实施例1而言,实施例9对铜和甘氨酸的提取率相对更高,实施例9所需加热温度也相对更高,但与实施例1的差别很小,因此从生产成本等角度考虑,实施例1的效果相对更优。

[0130] 5、探究工业废水的预处理中,加热搅拌参数对工业废水中铜和甘氨酸的影响。

[0131] 以实施例1、实施例10-12作为实验对比,结果如下表5所示:

[0132] 表5实施例1、实施例10-12对工业废水中铜和甘氨酸的提取率

	实施例1	实施例10	实施例11	实施例12
铜	90.1%	93.5%	92.0%	93.6%
甘氨酸	98.6%	99.7%	99.1%	99.8%

[0134] 由上述表5结果可知,工业废水的预处理中,加热搅拌参数对工业废水中铜和甘氨酸的提取率有一定的影响,相较于实施例1而言,实施例12对铜和甘氨酸的提取率相对更高,但实施例12所需加热温度也相对更高,而整体与实施例1的差别却很小,因此从生产成本等角度考虑,实施例1的效果相对更优。

[0135] 6、探究工业废水的预处理中,海藻酸钠,聚丙烯酰胺的添加量对污泥的体积的影响。

[0136] 以实施例1、实施例10、13-14以及对照例8-9作为实验对比,结果如下表6所示:

[0137] 表6实施例1、实施例10、13-14以及对照例8-9对污泥的体积的影响

	实施例 10	实施例 13	实施例 14	对照例 8	对照例 9	
[0138]	污泥的体积 cm <sup>3</sup>	365	355	360	330	340

[0139] 对照例8:与实施例10不同之处在于,在其他条件不变的情况下,所述步骤1)中不添加海藻酸钠,聚丙烯酰胺的添加量为45g;在所述固液分离步骤后得到330cm<sup>3</sup>的污泥;

[0140] 对照例9:与实施例10不同之处在于,在其他条件不变的情况下,所述步骤1)中不添加聚丙烯酰胺,海藻酸钠的添加量为45g;在所述固液分离步骤后得到340cm<sup>3</sup>的污泥;

[0141] 由上述表6结果可知,无论缺少海藻酸钠还是聚丙烯酰胺,得到的污泥量都相比实施例10过少,因此对比可知,实施例10的效果相对更优。

[0142] 7、探究工业废水的预处理中,混合气体的通入时间对工业废水中铜和甘氨酸的影响。

[0143] 以实施例1、实施例10、15-16、对照例10-11作为实验对比,结果如下表7所示:

[0144] 表7实施例1、实施例10、15-16、对照例10-11对工业废水中铜和甘氨酸的提取率

	实施例 1	实施例 10	实施例 15	实施例 16	对照例 10	对照例 11	
[0145]	铜	90.1%	93.5%	91.9%	93.4%	92.0%	92.8%
	甘氨酸	98.6%	99.7%	99.3%	99.4%	99.0%	98.8%

[0146] 对照例10与实施例15不同之处在于,在其他条件不变的情况下,所述混合气体的通入时间为15min,捶打速率仍保持为81次/min;捶打速率比公式(1)计算所得的捶打速率更快,但是效果并没有大幅增强,那么提高捶打速率就是多消耗功,经济性不好,所以对比而言实施例15效果更好;

[0147] 对照例11与实施例16不同之处在于,在其他条件不变的情况下,所述混合气体的通入时间为20min,捶打速率仍保持为81次/min;捶打速率比公式(1)计算所得的捶打速率更慢,达不到实施例16的捶打速率所带来的效果,所以对比而言实施例16效果更好;

[0148] 由上述表7结果综合分析可知,工业废水的预处理中,混合气体的通入时间对工业废水中铜和甘氨酸的提取率有一定的影响,混合气体的通入时间会影响匀速捶打污泥的速率,过快或过慢的匀速捶打速率都会降低草酸溶液对工业废水中铜和甘氨酸的提取,因此对比可知实施例10的效果最优。

[0149] 8、探究工业废水的预处理中,混合气体的通入体积对工业废水中铜和甘氨酸的影响。

[0150] 以实施例1、实施例10、17-18、对照例12-13作为实验对比,结果如下表8所示:

[0151] 表8实施例1、实施例10、17-18、对照例12-13对工业废水中铜和甘氨酸的提取率

	实施例 1	实施例 10	实施例 17	实施例 18	对照例 12	对照例 13	
[0152]	铜	90.1%	93.5%	92.3%	92.9%	91.9%	91.5%
	甘氨酸	98.6%	99.7%	99.3%	99.6%	99.1%	98.8%

[0153] 对照例12与实施例17不同之处在于,在其他条件不变的情况下,混合气体的体积占污泥的体积的40%,捶打速率仍保持为81次/min;捶打速率比公式(1)计算所得的捶打速率更快,但是效果并没有进一步增强,那么提高捶打速率就是多消耗功,经济性不好,所以对比而言实施例17效果更好;

[0154] 对照例13与实施例18不同之处在于,在其他条件不变的情况下,混合气体的体积占污泥的体积的60%,捶打速率仍保持为81次/min;捶打速率比公式(1)计算所得的捶打速率更慢,达不到实施例18捶打速率所带来的效果,所以对比而言实施例18效果更好;

[0155] 由上述表8结果综合分析可知,工业废水的预处理中,混合气体的通入体积对工业废水中铜和甘氨酸的提取率有一定的影响,可以看出当混合气体的通入体积减小或增大时,都会影响匀速捶打污泥的速率,过快或过慢的匀速捶打速率都会降低草酸溶液对工业废水中铜和甘氨酸的提取,因此对比可知实施例10的效果最优。

[0156] 9、探究工业废水的预处理中,混合气体组分的配比关系对工业废水中铜和甘氨酸的影响。

[0157] 以实施例1、实施例10、19-20以及对照例14作为实验对比,结果如下表9所示:

[0158] 表9实施例1、实施例10、19-20以及对照例14对工业废水中铜和甘氨酸的提取率

[0159]		实施例 1	实施例 10	实施例 19	实施例 20	对照例 14
	铜	90.1%	93.5%	92.8%	92.0%	91.4%
[0160]	甘氨酸	98.6%	99.7%	99.3%	99.0%	98.8%

[0161] 对照例14与实施例10不同之处在于,在其他条件不变的情况下,混合气体包括质量百分比为93%的臭氧以及7%的氦气;

[0162] 由上述表9结果可知,工业废水的预处理中,混合气体组分的配比关系对铜和甘氨酸的提取率有一定的影响,且通过对照例14对比可以看出,在缺少硫酰氟的情况下,草酸溶液对铜和甘氨酸的提取率相比实施例10、19-20均有所下降,因此可以看出实施例10的混合气体组分的配比关系对铜和甘氨酸的提取率相对更高。

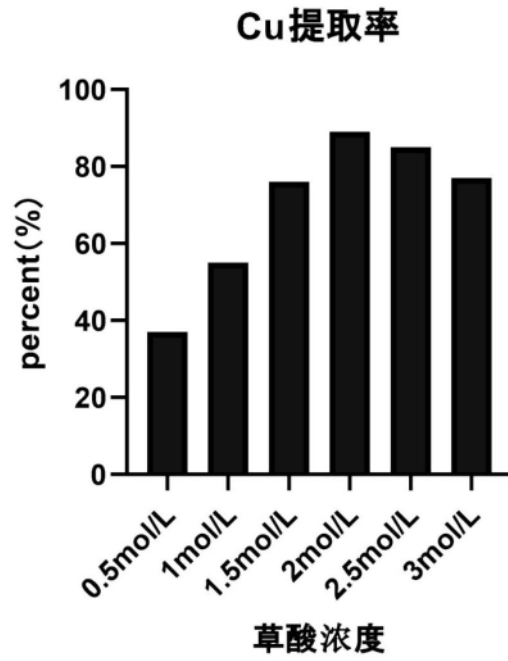


图1

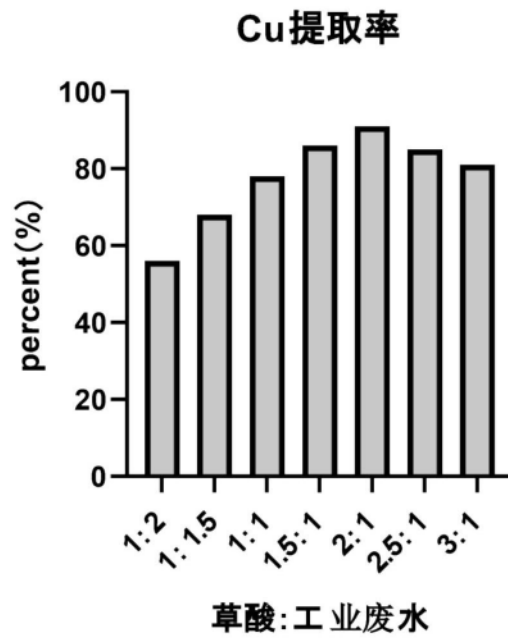


图2

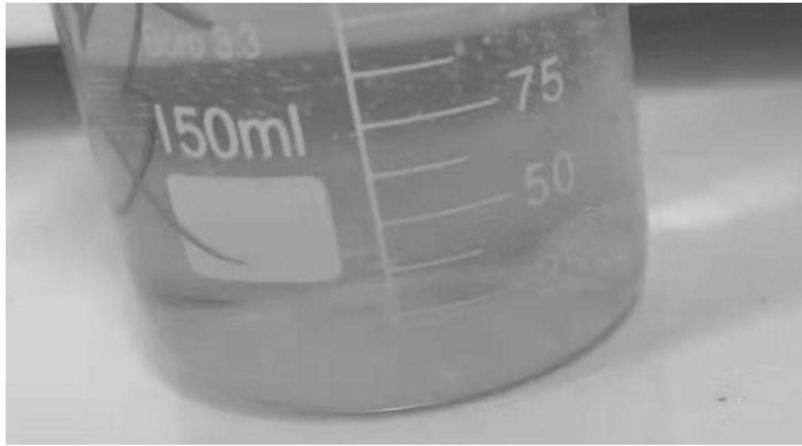


图3



图4



图5

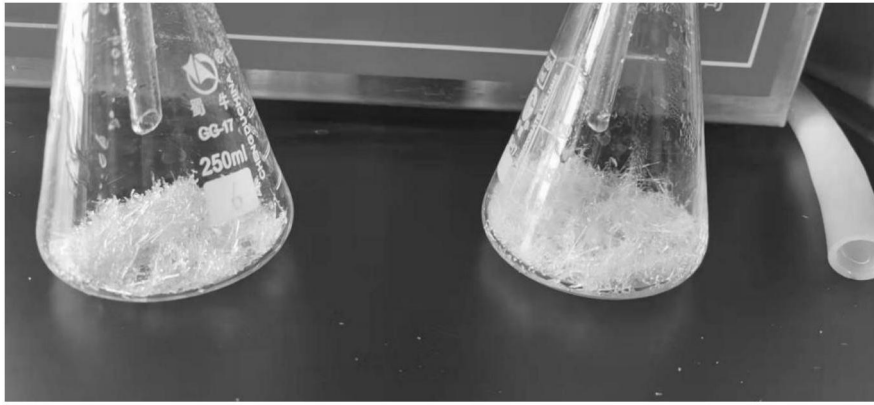


图6

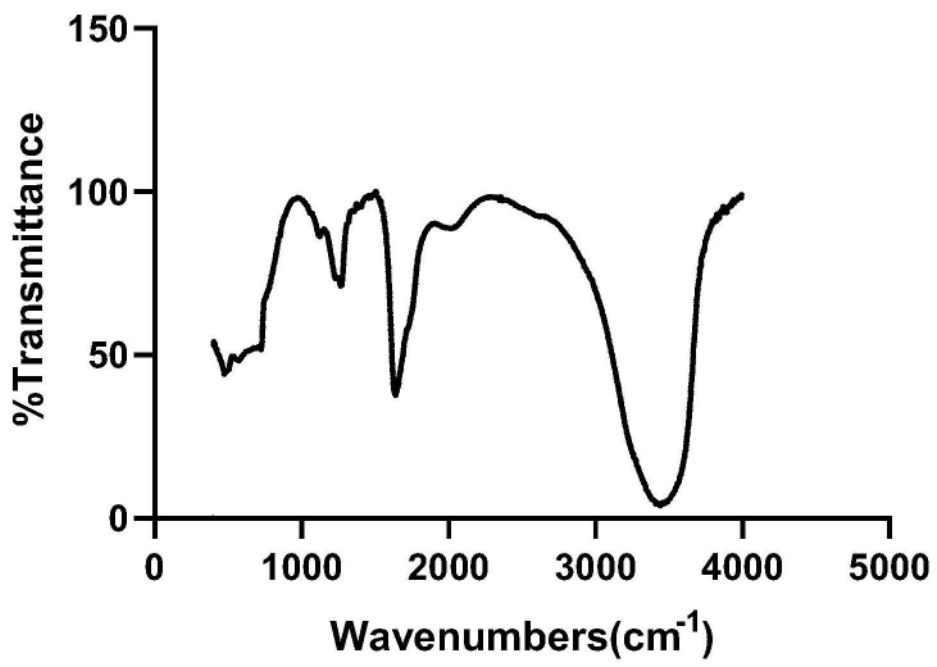


图7

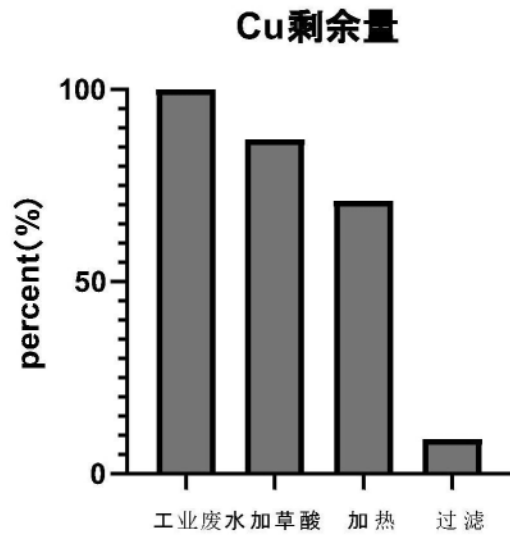


图8

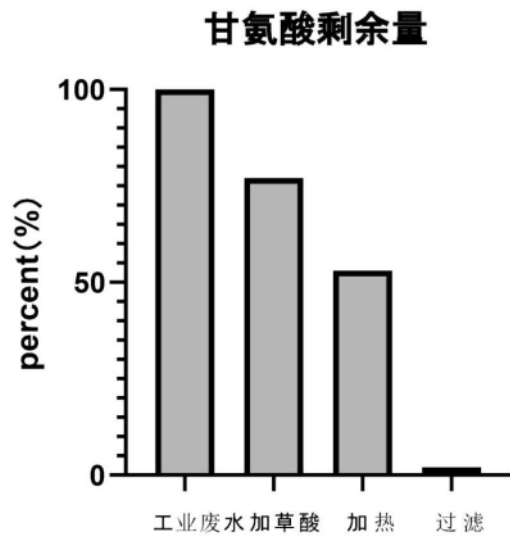


图9