



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109626482 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201811533683.1

(22)申请日 2018.12.14

(71)申请人 北京矿冶科技集团有限公司

地址 100160 北京市丰台区南四环西路188号18区23号楼

(72)发明人 冯爱玲 王海北 赵磊 林江顺
尹一男

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王文君 陈征

(51)Int.Cl.

C02F 1/28(2006.01)

C02F 1/461(2006.01)

C02F 101/14(2006.01)

C02F 101/12(2006.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种从溶液中电促吸附脱除氟、氯离子的装置及方法

(57)摘要

本发明涉及一种从溶液中电促吸附脱除氟、氯离子的装置及方法。所述装置包括中间电极，其特征在于，所述中间电极由吸附材料构成，所述吸附材料由活性炭和沸石按照1:(1~5)的比例组成。所述方法使用上述的中间电极。本发明所提供的装置和方法可通过溶液扰流及静电场力的作用，形成局部溶液离子浓差极化，阳极的静电力加强双电层的非特性吸附和特性吸附，以及中间电极的交换反应促进对氟、氯的吸附，从而产生了“电促”效果，提高系统中单位质量的阳极区对氟、氯离子的吸附量，除氟率 $\geq 90\%$ ，除氯率 $\geq 60\%$ ，而溶液中锌离子不受影响。工艺操作方便，流程短，氟、氯选择脱除效果好，容易满足工业化应用要求。

1. 一种从溶液中电促吸附脱除氟、氯离子的装置,包括中间电极,其特征在于,所述中间电极由吸附材料构成,所述吸附材料由活性炭和沸石按照1:(1~5)的质量比组成。

2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述活性炭和沸石的质量比为1:(2-3)。

3. 根据权利要求1或2所述的装置,其特征在于,所述沸石的粒度在2-4mm,比表面积为30-200m²/g,内部为空心结构;

优选地,所述沸石为高铝型沸石或者铝改性沸石中的一种或两种。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的装置,其特征在于,所述沸石是以粉煤灰采用碱熔融-水热合成的方法得到的空心结构粉煤基沸石。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的装置,其特征在于,所述装置还包括阳极电极和阴极电极,所述的阳极电极用于与直流电源的正极相连接,所述的阴极电极用于与直流电源的负极相连接;

所述阳极电极的材料选自铜材或锌材中的一种;阴极电极的材料选自铝材或不锈钢材中的一种。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的装置,其特征在于,所述的装置还包括阳极区和阴极区,所述阳极电极设置在所述阳极区中,所述阴极电极设置在所述阴极区中,所述的中间电极设置于阳极区中;所述的阳极区和阴极区之间夹设有绝缘隔膜。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的装置,其特征在于,所述的装置还包括电吸附装置,所述阳极电极、阴极电极和所述绝缘隔膜均沿所述电吸附装置的周向包覆在所述电吸附装置的外侧;

所述的阳极电极、阴极电极、绝缘隔膜沿所述电吸附装置的径向以设定顺序排布,且所述绝缘隔膜位于所述阴极电极和阳极电极之间。

8. 一种从溶液中氟、氯离子的电促吸附脱除方法,其特征在于,利用权利要求1-7任一项所述的装置对所述溶液中氟、氯离子进行脱除;

优选地,控制阳极极化电位在0.6V-1.2V之间。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,在所述电促吸附脱除时,需进行搅拌,搅拌的速度为0-1500rpm;优选为100rpm-500rpm。

10. 根据权利要求8或9所述的方法,其特征在于,所述溶液为硫酸锌溶液;所述的硫酸锌溶液中,氟元素的含量在100-150mg/L之间,氯元素的含量在400-700mg/L之间。

一种从溶液中电促吸附脱除氟、氯离子的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于湿法冶炼溶液选择净化技术领域,具体涉及一种从溶液中电促吸附脱除氟、氯离子的装置及方法,特别适合湿法炼锌系统中对硫酸锌溶液中高含量氟、氯离子的选择净化脱除。

背景技术

[0002] 在湿法炼锌系统中,氟离子主要是破坏阴极板,造成阴极剥板困难;而氯离子则腐蚀铅阳极,导致电解液中铅含量增加,降低电锌质量,易产生氯气严重污染作业环境。目前,氟、氯离子的脱除一直是该行业内的技术难点和禁区。

[0003] 从硫酸锌溶液中脱除氟、氯离子的方法主要有化学沉淀、电解、离子交换、萃取分离氟氯及吸附脱除五种方法。化学沉淀法的不足是分离氟氯成本高,有价金属循环回收率低、工艺流程复杂;而混凝沉淀法带来较多难处理的废渣;离子交换法操作简单,再生耗水量大,再生后液处理难度较大;萃取分离氟氯脱除率95%以上,由于有机物易被夹带进入电解液,使阴极锌返溶,造成电流效率下降,电耗上升;吸附法一次脱氟率8%~60%,吸附剂易实现再生,但效果不稳定且吸附剂损失率高。

[0004] 现有的氟氯脱除方法均不理想,亟需采用新技术,或者更好的吸附材料来打破这一瓶颈。

[0005] 电吸附技术EST是一种新型水处理技术,在水的脱盐、去硬、氟离子脱除、海水淡化及饮用水深度处理等方面已被研究或应用。其工作原理:原水从一端进入阴阳极组成的空间,从另一端流出。通过对电极施加外场低电压,当溶液通过电极通道时,带电离子向带有反向电荷的方向移动,阴、阳离子分别被吸附在正、负电极上,形成双电层,实现带电离子从原溶液中去除,从而实现了水的除盐、去硬度及净化。目前电吸附技术,还停留在实验室阶段,很少工业化,工业化应用仅限于纯水的净化处理,而对复杂多离子溶液的选择净化除杂的研究尤为鲜见。

[0006] 清华大学的王逸贤(王逸贤.单极性三维电极除氟试验研究.清华大学.2010.)等采用三维电极研究了不同填料对除氟效果的影响及再生方式,正负电极板分别采用钛和不锈钢制成,中间电极为填料颗粒,但是他所针对的氟离子初始浓度很低,只有4mg/L,对于工业生产,没有很大实际意义。

[0007] CN102335590B专利公开了一种高效电促吸附除氟吸附剂及其制备方法,复合型高效电促吸附除氟吸附剂为含有水合金属氧化物和碳材料的复合型吸附体系,可将原水氟离子浓度由10mg/L降至1mg/L,加电时复合型电促除氟吸附剂吸附效果比不加电时吸附效果提高了1倍以上。该专利未涉及氯离子的脱除问题。

[0008] CN104030412B专利公开了一种深度处理含氟废水的三维电凝聚装置,中间电极为颗粒型可溶性金属,大大增加了电解槽的面体比,使具有一定流速的含氟废水在电场作用下的迁移动力和效率得到提高,平均除氟率 $\geq 95\%$ 。该专利未涉及氯离子的脱除问题。

[0009] CN105905999A专利公开了一种三维电极电吸附去除硫酸体系氯离子的方法,阳极

使用钛板,阴极使用铅板,将活性炭填充于阳极区,废水中硫酸根浓度为800~1200mg/L,氯离子浓度为800~1200mg/L,经循环反应一段时间后可使氯离子降至300mg/L(达到水质标准)。该专利未涉及氟离子的脱除问题以及对硫酸根离子的影响。

发明内容

[0010] 本发明的目的就是针对上述已公开技术存在的问题,提供一种操作简单、高效选择脱除溶液中氟、氯离子的方法,提出一种溶液中氟、氯离子电促吸附脱除法。该技术利用溶液扰流及静电场力,形成局部溶液离子浓差极化,通过阳极的静电力加强双电层的非特异性吸附和特性吸附,以及第三电极的交换反应促进对氟、氯的吸附,与其他离子形成竞争吸附,从而优先选择吸附氟、氯离子;阴极区则有氢、钙、镁等质轻离子与锌离子发生竞争吸附,阻碍了对锌离子的吸附,确保溶液中锌离子不受影响。同时,该方法还解决了一般吸附材料脱除率低以及吸附剂损耗的问题,有利于工业化生产应用。

[0011] 本发明解决其技术问题采用的技术方案是:

[0012] 一种脱除溶液中氟、氯离子的装置,包括中间电极,所述中间电极由吸附材料构成,所述吸附材料由活性炭和沸石按照1:(1~5)的比例(重量比)组成。

[0013] 按照本发明所述的装置中,以活性炭与沸石作为中间电极可以满足参数要求,无需添加额外的组分。

[0014] 优选地,所述沸石的平均粒度在2-4mm,比表面积为30-200m²/g,内部为空心结构。。使用符合上述指标的沸石,可有效地提升吸附性能。

[0015] 优选地,所述沸石为高铝型沸石或者铝改性沸石中的一种或两种。

[0016] 本发明所述的装置中,所述沸石更优选以如下方法制备而得:以粉煤灰采用碱熔融-水热合成的方法合成空心结构粉煤基沸石;经过验证,非上述方法制备得到的沸石的用量需高于以上述方法制备得到的沸石可得到相似的技术效果(均在本发明所主张的范围内即可)。

[0017] 本发明所述的装置中,优选地,所述活性炭和沸石的质量比例为1:(2-3)。

[0018] 本发明所述的装置,优选地,所述装置还包括阳极电极和阴极电极,所述阳极电极的材料选自铜材或锌材中的一种;阴极电极的材料选自铝材或不锈钢材中的一种。

[0019] 所述的阳极电极用于与直流电源的正极相连接,所述的阴极电极用于与直流电源的负极相连接。

[0020] 本发明所述的装置,还包括阳极区和阴极区,所述阳极电极设置在所述阳极区中,所述阴极电极设置在所述阴极区中,所述的中间电极设置于阳极区中;所述的阳极区和阴极区之间夹设有绝缘隔膜。

[0021] 本领域技术人员可以理解,所述装置中,所述的阴极电极、阳极电极、中间电极等均可按照本领域常规的方式进行布设,并以本领域常规的大小或用量比等进行设置。

[0022] 作为本发明的优选技术方案,本发明所述的装置,优选地,还包括电吸附装置,所述阳极电极、阴极电极和所述绝缘隔膜均沿所述电吸附装置的周向包覆在所述电吸附装置的外侧;

[0023] 所述的阳极电极、阴极电极、绝缘隔膜沿所述电吸附装置的径向以设定顺序排布,且所述绝缘隔膜位于所述阴极电极和阳极电极之间。

[0024] 本发明所述的绝缘隔膜选用本领域可用于电解系统的绝缘隔膜即可,在此不做特殊的限制。

[0025] 本发明所述的装置,所述的电吸附装置的筒体可选用本领域常规的材质筒体;优选为PVC筒体。优选地,所述的电吸附装置的筒体内设有机械搅拌装置。所述机械搅拌装置确保在装置运转时溶液在电吸附装置中始终以一定的转速做扰流运动。本发明所提供的装置可通过溶液扰流及静电场力的作用,形成局部溶液离子浓差极化,阳极的静电力加强双电层的非特性吸附和特性吸附,以及第三电极的交换反应促进对氟、氯的吸附,与阳极接触的每个导电离子都是微阳极,硫酸锌溶液中氟、氯离子在电场和粒子界面双电层的吸附作用下,发生向阳极区方向的加速运动,与硫酸根离子形成竞争吸附而被吸附到阳极区;阴极区则有氢、钙、镁等质轻离子发生加速运动形成竞争吸附,阻碍了对锌离子的吸附。其作用和特点在于,一方面,采用导电性强的电极材料,增强电场力,阳极区装填有活性炭和高铝型沸石作为中间电极,增加了阳极与溶液中氟、氯离子的接触面积,增强粒子电极双电层对氟、氯的吸附能力;另一方面,溶液的扰流和电场力加速氟、氯离子的富集促进阳极区对氟、氯的吸附,与硫酸根离子形成竞争吸附,即在电场的作用下,运用扰流、电场和离子双电层形成氟、氯与硫酸根离子的竞争吸附作用,从而产生了“电促”效果,提高系统中单位质量的阳极区对氟、氯离子的吸附量,除氟率 $\geq 90\%$,除氯率 $\geq 60\%$,而溶液中锌离子不受影响。工艺操作方便,流程短,氟、氯选择脱除效果好,溶液中硫酸根及锌离子不受影响,易满足工业化应用要求。

[0026] 本发明同时提供一种脱除溶液中氟、氯离子的电促吸附脱除方法,以吸附材料作为中间电极,所述吸附材料由活性炭和沸石按照1:(1~5)的比例(重量比)组成。优选地,所述的比例为1:(2-3)。

[0027] 优选地,所述沸石的平均粒度在2-4mm,比表面积为30-200m²/g,内部为空心结构;

[0028] 更为优选地,所述沸石为高铝型沸石或者铝改性沸石中的一种或两种。

[0029] 进一步地,所述沸石以如下方法制备而得:以粉煤灰采用碱熔融-水热合成的方法合成空心结构粉煤基沸石;经过验证,非上述方法制备得到的沸石的用量需高于以上述方法制备得到的沸石可得到相似的技术效果。

[0030] 本发明所述的方法,所使用的阳极的材料选自铜材或锌材中的一种;阴极的材料选自铝材或不锈钢材中的一种。

[0031] 本发明所述的方法,电吸附装置内设置有搅拌装置,搅拌装置的速度为0-1500rpm;优选100rpm-500rpm。

[0032] 本发明所述的方法,控制阳极极化电位在0.6V-1.2V之间以脱除氟、氯。本步骤优选以上述任意一项的装置进行处理。

[0033] 本发明所述的方法,所述溶液中,氟元素的含量在100-150mg/L之间,氯元素的含量在400-700mg/L之间。

[0034] 作为优选地,本发明所述的溶液优选为硫酸锌溶液。当针对硫酸锌溶液进行脱除氟、氯离子时,可有效的利用硫酸根离子形成竞争吸附,从而优先选择吸附氟、氯离子。本方法拓宽了处理对象的范围,节约了成本。

[0035] 具体而言,本发明所述的方法中,包括设在电促吸附装置的阳极电极、阴极电极和中间电极,以及阴极区和阳极区;所述阴极电极和阳极电极均同心安装在圆柱形电促吸附

装置的外圆,并分别与直流电源的负极和正极连接;阴极电极采用铝材或不锈钢材,用绝缘隔膜将所述阴极区与阳极区隔离;阳极电极的材料为铜材或锌材,活性炭与高铝型沸石或者铝改性沸石(活性炭与沸石比例为1:1~1:5)填充于所述阳极区,作为第三电极,阳极极化;电吸附装置筒体的材质可为PVC,筒体的上下端分别开两个出入口,桶内备有机械搅拌,以确保溶液在电吸附装置中始终以一定的转速做扰流运动;电促装置吸附时,下端为溶液入口,将硫酸锌溶液从电吸附装置下端口泵入,旋转上升;阳极极化电位控制在0.6V-1.2V之间。

[0036] 利用上述装置和方法,在电场的电势梯度作用下,溶液中氟、氯离子发生向阳极区方向的加速运动,与硫酸根离子形成竞争吸附而被吸附到阳极区,达到氟、氯离子选择脱除的目的;所述阴极区则有氢、钙、镁等离子发生加速运动形成竞争吸附,阻碍了对锌离子的吸附;净化后的硫酸锌溶液从上端溢流口流出;当阳极区吸附饱和之后,将电吸附装置溶液排空,进行电促吸附装置再生,再生液从上端通入,通过施加反向电位使被吸附的物质解吸再生,再生后液从下端流出。

[0037] 本发明的有益效果在于:通过溶液扰流及静电场力的作用,形成局部溶液离子浓差极化,阳极的静电力加强双电层的非特性吸附和特性吸附,以及第三电极的交换反应促进对氟、氯的吸附,与阳极接触的每个导电离子都是微阳极,溶液中氟、氯离子在电场和粒子界面双电层的吸附作用下,发生向阳极区方向的加速运动,与硫酸根离子形成竞争吸附而被吸附到阳极区;阴极区则有氢、钙、镁等质轻离子发生加速运动形成竞争吸附,阻碍了对锌离子的吸附。其作用和特点在于,一方面,采用导电性强的电极材料,增强电场力,阳极区装填有活性炭和高铝型沸石作为中间电极,增加了阳极与溶液中氟、氯离子的接触面积,增强粒子电极双电层对氟、氯的吸附能力;另一方面,溶液的扰流和电场力加速氟、氯离子的富集促进阳极区对氟、氯的吸附,与硫酸根离子形成竞争吸附,即在电场的作用下,运用扰流、电场和离子双电层形成氟、氯与硫酸根离子的竞争吸附作用,从而产生了“电促”效果,提高系统中单位质量的阳极区对氟、氯离子的吸附量,除氟率 $\geq 90\%$,除氯率 $\geq 60\%$,而溶液中锌离子不受影响。工艺操作方便,流程短,氟、氯选择脱除效果好,溶液中硫酸根及锌离子不受影响,易满足工业化应用要求。

附图说明

- [0038] 图1为同转速不同电压对氟离子的脱除效果图;
- [0039] 图2为同转速不同电压对氯离子的脱除效果图;
- [0040] 图3为同转速不同电压对锌离子的影响效果图;
- [0041] 图4为0.6v外加电压下不同转速对氟离子的脱除效果图;
- [0042] 图5为0.6v外加电压下不同转速对氯离子的脱除效果图。

具体实施方式

- [0043] 以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。
- [0044] 以下各实施例中,所使用的硫酸锌溶液的各元素成分含量见下表1。
- [0045] 表1、硫酸锌溶液的各元素成分含量(g/L)

[0046]

元素	Zn	Cu	Cd	Co	Ni	Ca	Mg	Na	Fe	Mn
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

[0047]

硫酸锌溶液	111.58	0.019	0.06	1.2*	2.7*	0.4	17.38	6.61	2*	6
元素	F	Cl	Ga	Ge	In	Sb	As	SiO ₂	硫酸	
硫酸锌溶液	137.60*	632.08*	0.1*	<0.1*	<0.1*	1.8*	14.8*	49.21 *	0.214	

[0048] 注:表1中标记为*的单位为mg/L。

[0049] 实施例1

[0050] 本实施例提供一种脱除硫酸锌溶液中氟、氯离子的电促吸附脱除装置,包括中间电极,所述中间电极由吸附材料构成,所述吸附材料由活性炭和沸石按照1:3的重量比组成。

[0051] 其中,所述沸石为粉煤灰采用碱熔融-水热合成的方法合成空心结构粉煤基沸石。

[0052] 实施例2

[0053] 本实施例提供一种脱除硫酸锌溶液中氟、氯离子的电促吸附脱除装置及方法,具体步骤如下:

[0054] 阴阳极分别使用铝材和铜材,将活性炭与高铝沸石按1:2比例填充于阳极区,将1.5L硫酸锌溶液泵入电促吸附装置,外接恒电位仪,控制阳极电位为0.6V,机械搅拌转速为100rpm,吸附2小时,采样测定。使用离子色谱进行氟、氯离子含量分析。在不加电时,出液氟、氯离子浓度分别为:93.21mg/L、537.54mg/L,而在外加电0.6V时,出液氟、氯离子浓度分别降为:43.21mg/L、437.54mg/L,电促吸附效果提高1倍以上,溶液中锌离子浓度不变。

[0055] 其中,所述沸石为粉煤灰采用碱熔融-水热合成的方法合成空心结构粉煤基沸石。

[0056] 实施例3

[0057] 本实施例提供一种脱除硫酸锌溶液中氟、氯离子的电促吸附脱除装置及方法,具体步骤如下:

[0058] 阴阳极分别使用铝材和铜材,将活性炭与高铝沸石按1:2比例填充于阳极区,将1.5L硫酸锌溶液泵入电促吸附装置,外接恒电位仪,控制阳极电位为0.6V,机械搅拌转速为300rpm,吸附2小时,采样测定。使用离子色谱进行氟、氯离子含量分析。在不加电时,出液氟、氯离子浓度分别为:73.46mg/L、427.68mg/L,而在外加电0.6V时,出液氟、氯离子浓度分别降为:23.46mg/L、324.83mg/L,电促吸附效果提高50%以上,溶液中锌离子浓度不变。

[0059] 其中,所述沸石为粉煤灰采用碱熔融-水热合成的方法合成空心结构粉煤基沸石。

[0060] 实施例4

[0061] 本实施例提供一种脱除硫酸锌溶液中氟、氯离子的电促吸附脱除装置及方法,具体步骤如下:

[0062] 阴阳极分别使用铝材和铜材,将活性炭与高铝沸石按1:2比例填充于阳极区,将1.5L硫酸锌溶液泵入电促吸附装置,外接恒电位仪,控制阳极电位为0.6V,机械搅拌转速为500rpm,吸附2小时,采样测定。使用离子色谱进行氟、氯离子含量分析。在不加电时,出液氟、氯离子浓度分别为:67.84mg/L、423.64mg/L,而在外加电0.6V时,出液氟、氯离子浓度分

别降为:17.42mg/L、310.49mg/L,电促吸附效果提高54%以上,溶液中锌离子浓度不变。

[0063] 其中,所述沸石为粉煤灰采用碱熔融-水热合成的方法合成空心结构粉煤基沸石。

[0064] 实施例5

[0065] 本实施例提供一种脱除硫酸锌溶液中氟、氯离子的电促吸附脱除装置及方法,具体步骤如下:

[0066] 阴阳极分别使用铝材和铜材,将活性炭与高铝沸石按1:2比例填充于阳极区,将1.5L硫酸锌溶液泵入电促吸附装置,外接恒电位仪,控制阳极电位为1.0V,机械搅拌转速为200rpm,吸附2小时,采样测定。使用离子色谱进行氟、氯离子含量分析。出液氟、氯离子浓度分别降为:6.72mg/L、231.78mg/L,电促吸附除氟率95%,除氯率63%。

[0067] 其中,所述沸石为粉煤灰采用碱熔融-水热合成的方法合成空心结构粉煤基沸石。

[0068] 实施例6

[0069] 本实施例提供一种脱除硫酸锌溶液中氟、氯离子的电促吸附脱除方法,具体步骤如下:

[0070] 阴阳极分别使用铝材和铜材,将活性炭与高铝沸石按1:3比例填充于阳极区,将1.5L硫酸锌溶液泵入电促吸附装置,外接恒电位仪,控制阳极电位为1.0V,机械搅拌转速为200rpm,吸附2小时,采样测定。使用离子色谱进行氟、氯离子含量分析。出液氟、氯离子浓度分别降为:23.47mg/L、320.32mg/L,电促吸附除氟率83%,除氯率49%。

[0071] 其中,所述的高铝沸石为市售产品,其平均粒度在2-4mm,比表面积为150m²/g,内部为空心结构。

[0072] 试验例1

[0073] 本试验例验证了不同电压对氟离子的脱除效果。

[0074] 试验方法:依据实施例2的方法,将电压分别设置为0.2V、0.4V、0.6V、0.8V、1.0V、1.2V和1.4V。

[0075] 试验结果:如附图1所示。

[0076] 当电压设置为1.0V时,氟离子的脱除效果最好。

[0077] 试验例2

[0078] 本试验例验证了不同电压对氯离子的脱除效果。

[0079] 试验方法:依据实施例2的方法,将电压分别设置为0.2V、0.4V、0.6V、0.8V、1.0V、1.2V和1.4V。

[0080] 试验结果:如附图2所示。

[0081] 当电压设置为1.0V时,氯离子的脱除效果最好。

[0082] 试验例3

[0083] 本试验例验证了不同电压对锌离子的脱除效果。

[0084] 试验方法:依据实施例2的方法,将电压分别设置为0.2V、0.4V、0.6V、0.8V、1.0V、1.2V和1.4V。

[0085] 试验结果:如附图3所示。

[0086] 当电压不同时,锌离子的浓度基本保持一致。

[0087] 试验例4

[0088] 本试验例验证了不同搅拌速度对氟离子的脱除效果。

[0089] 试验方法:依据实施例2的方法,将搅拌速度分别设置为100rpm、200rpm、300rpm、400rpm、500rpm和600rpm。

[0090] 试验结果:如附图4所示。

[0091] 在搅拌速度为600rpm时,氟离子的脱除效果最好。

[0092] 试验例5

[0093] 本试验例验证了不同搅拌速度对氯离子的脱除效果。

[0094] 试验方法:依据实施例2的方法,将搅拌速度分别设置为100rpm、200rpm、300rpm、400rpm、500rpm和600rpm。

[0095] 试验结果:如附图5所示。

[0096] 在搅拌速度为600rpm时,氟离子的脱除效果最好。

[0097] 虽然,上文中已经用一般性说明、具体实施方式及试验,对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的

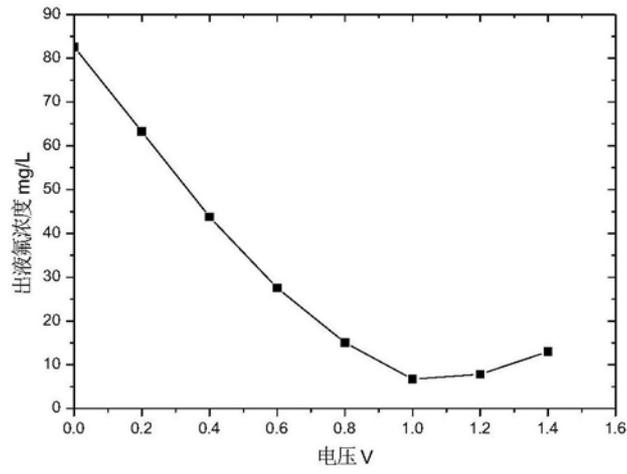


图1

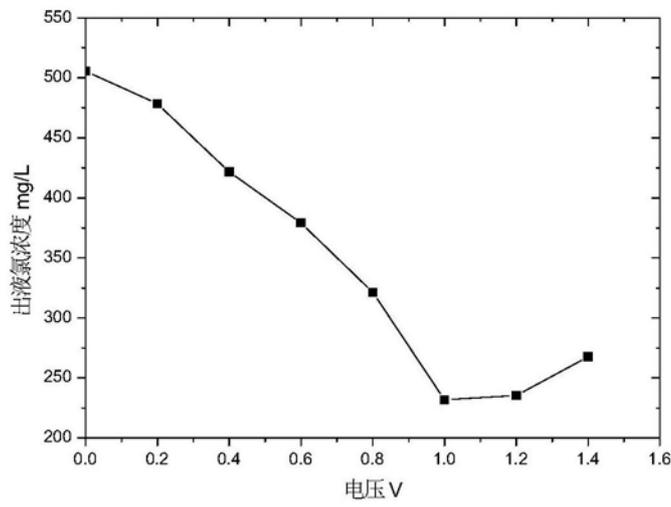


图2

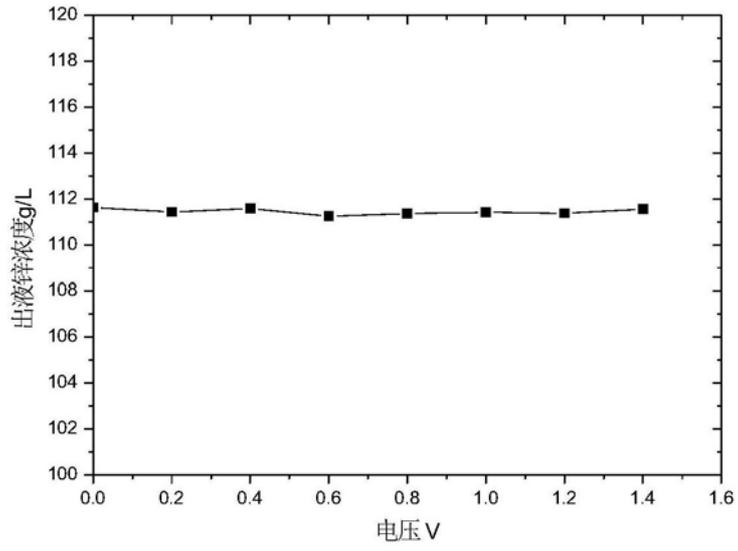


图3

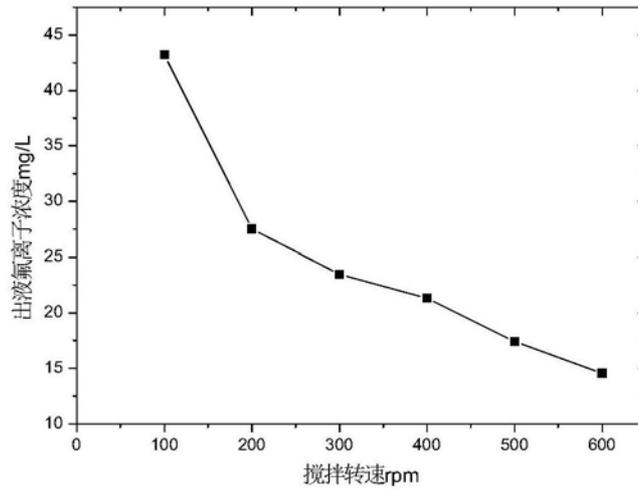


图4

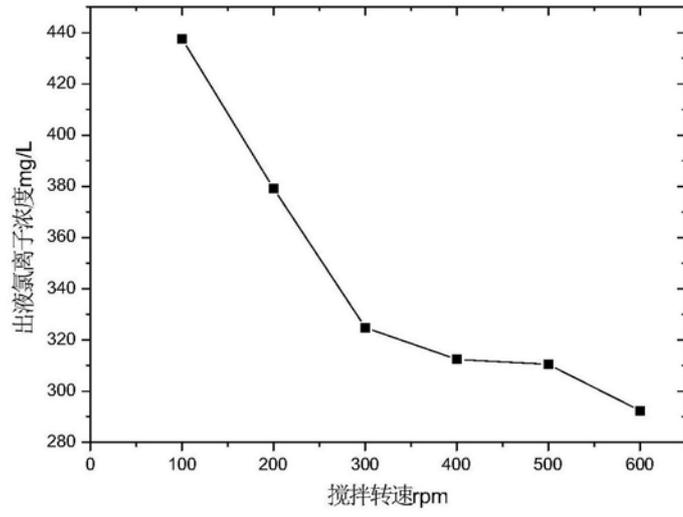


图5