



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106957122 A

(43)申请公布日 2017.07.18

(21)申请号 201710200466.X

(22)申请日 2017.03.30

(71)申请人 中国科学院广州能源研究所  
地址 510640 广东省广州市天河区五山能源路2号

(72)发明人 李帅旗 冯自平 何世辉 黄冲

(74)专利代理机构 广州科粤专利商标代理有限公司 44001  
代理人 方燕 莫瑶江

(51)Int.Cl.

C02F 9/08(2006.01)

C02F 1/04(2006.01)

B01D 1/26(2006.01)

B01D 9/02(2006.01)

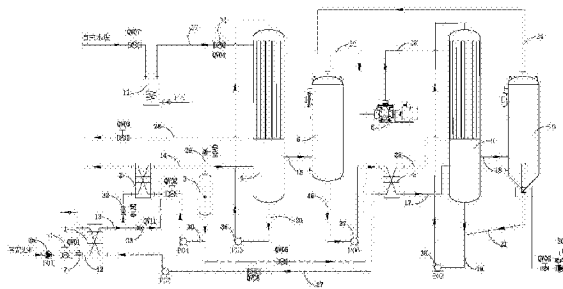
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种用于处理含盐废水的蒸发结晶方法及实现该方法的装置

(57)摘要

本发明公开了一种用于处理含盐废水的蒸发结晶方法,包括如下步骤:将含盐废水依次通过电磁波发射装置和一级预热器后,通入二效降膜蒸发器内进行蒸发过程,将通过二效降膜蒸发器蒸发后的一次浓缩液通入气液分离器分离后的一次浓缩液,通入一效降膜蒸发器内进行蒸发结晶,得到的二次浓缩液处于过饱和状态;将二次浓缩液通入结晶分离器结晶,结晶分离器得到的液体再次通入一效降膜蒸发器内进行循环蒸发,结晶分离器得到的晶体通过固体排放装置排出。本发明把高浓度盐水蒸发结晶过程分为未饱和和蒸发过程和过饱和结晶过程,保证物料在相对低的浓度下先蒸发一部分水分,降低了过饱和和盐水沸点升高带来的蒸发器内换热温差减小,蒸发效果下降和对应能耗增加的影响。



1. 一种用于处理含盐废水的蒸发结晶方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 将含盐废水依次通过电磁波发射装置和一级预热器后,将含盐废水预热至低于二效降膜蒸发器内压力对应的饱和温度的 $1^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ ,通入二效降膜蒸发器内进行蒸发浓缩,该过程的物料处于未饱和状态,将通过二效降膜蒸发器蒸发后的一次浓缩液通入气液分离器进行分离,经气液分离器分离后的一次浓缩液经过物料再热器加热到低于一效降膜蒸发器内压力对应的饱和温度的 $1^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ ,通入一效降膜蒸发器内进行蒸发结晶,在一效降膜蒸发器内蒸发结晶后得到的二次浓缩液处于过饱和状态,此时的过饱和溶液沸点高于一效降膜蒸发器对应压力下的水溶液的沸点;将二次浓缩液通入结晶分离器结晶分离,结晶分离器得到的饱和状态的浓溶液再次通入一效降膜蒸发器中进行蒸发,结晶分离器得到的晶体通过固体排放装置排出;

(2) 含盐废水在二效降膜蒸发器蒸发浓缩后进入一效降膜蒸发器,二效降膜蒸发器的一次浓缩液经过气液分离器分离后的蒸汽通过蒸汽压缩机升压,经蒸汽压缩机升压后通入一效降膜蒸发器作为一效降膜蒸发器的热源,一效降膜蒸发器内蒸发后得到的二次浓缩液经结晶分离器中得到的蒸汽,作为二效降膜蒸发器的热源进行蒸发过程。

2. 根据权利要求1所述的用于处理含盐废水的蒸发结晶方法,其特征在于:步骤(1)中将含盐废水依次通过电磁波发射装置、一级预热器和二级预热器后,通入二效降膜蒸发器内蒸发,再进入一效降膜蒸发器内结晶。

3. 根据权利要求1或2所述的用于处理含盐废水的蒸发结晶方法,其特征在于:所述的一效降膜蒸发器中的蒸汽作为热源加热后产生的冷凝水通过物料再热器释放出一部分热量,再通过一级预热器吸热后,将冷凝水排出。

4. 根据权利要求1或2所述的用于处理含盐废水的蒸发结晶方法,其特征在于:所述的二效降膜蒸发器中的蒸汽作为热源加热后产生的冷凝水直接排出,或者该冷凝水进入二级预热器吸热后,再将该冷凝水排出。

5. 一种实现权利要求1所述的用于处理含盐废水的蒸发结晶方法的装置,其特征在于:包括电磁波发射装置、一级预热器、二级预热器、二效降膜蒸发器、气液分离器、物料再热器、一效降膜蒸发器和结晶分离器,一级预热器与第一物料输送管路连通,所述的电磁波发射装置设置于第一物料输送管路上,所述的一级预热器和二级预热器通过第二物料输送管路连通,所述的一级预热器和二效降膜蒸发器通过第三物料输送管路连通,所述的第二物料输送管路和第三物料输送管路并联连接,所述的二效降膜蒸发器和气液分离器通过第四物料输送管路连通,所述的气液分离器和物料再热器通过第五物料输送管路连通,所述的物料再热器和一效降膜蒸发器通过第六物料输送管路连通,所述的一效降膜蒸发器和结晶分离器通过第七物料输送管路连通;所述的一效降膜蒸发器底部设置有第一物料出口,一效降膜蒸发器内的一次浓缩液经第一物料出口通过第八物料输送管路输送至设置于一效降膜蒸发器顶部的第一物料入口,使一级浓缩液在一效降膜蒸发器内结晶,所述的二效降膜蒸发器底部设置有第二物料出口,二效降膜蒸发器内的含盐废水经第二物料出口通过第九物料输送管路输送至设置于二效降膜蒸发器顶部的第二物料入口,使含盐废水在二效降膜蒸发器内蒸发;气液分离器顶部设置有第一蒸汽出口,将气液分离器内的蒸汽通过第一蒸汽管路输送至蒸汽压缩机,将蒸汽升高到指定的温度和压力,再通过第二蒸汽管路输送至一效降膜蒸发器作为热源,结晶分离器顶部设置有第二蒸汽出口,将结晶分离器内的蒸

汽通过第三蒸汽管路输送至设置于所述的二效降膜蒸发器外侧的第一蒸汽入口。

6. 根据权利要求5所述的实现用于处理含盐废水的蒸发结晶方法的装置,其特征在於:所述的一效降膜蒸发器的第一冷凝水出口依次与所述的物料再热器和一级预热器通过第一冷凝水管路和第二冷凝水管路连通,所述的二效降膜蒸发器的第二冷凝水出口与储水罐的冷凝水入口通过第四冷凝水管路连通,所述的储水罐的第三冷凝水出口与二级预热器通过第五冷凝水管路连通,所述的二效降膜蒸发器的第二冷凝水出口通过第三冷凝水管路与冷凝水排放口连通,所述的第三冷凝水管路和所述的第四冷凝水管路并联连接。

7. 根据权利要求5所述的实现用于处理含盐废水的蒸发结晶方法的装置,其特征在於:所述的第二物料输送管路和第三物料输送管路中设置有调节物料流量的第二调节阀和第三调节阀,所述的第八物料输送管路和第九物料输送管路中均设置有物料循环泵。

8. 根据权利要求5所述的实现用于处理含盐废水的蒸发结晶方法的装置,其特征在於:所述的第四蒸汽管路上设置有调节蒸汽流量的第四调节阀。

9. 根据权利要求5所述的实现用于处理含盐废水的蒸发结晶方法的装置,其特征在於:所述的电磁波发射装置为高频电磁波发射器,所述的蒸汽压缩机为罗茨蒸汽压缩机。

## 一种用于处理含盐废水的蒸发结晶方法及实现该方法的装置

### 技术领域：

[0001] 本发明属于工业废水回收处理用的MVR蒸发结晶系统技术领域，具体涉及一种用于处理含盐废水的蒸发结晶方法及实现该方法的装置。

### 背景技术：

[0002] 在食品、化工和制药等领域产生的废水资源化利用过程中，目前比较广泛采用的是MVR蒸发方法，该方法具有处理量大，效率高，适用范围广等优点，但蒸发温度低，换热温差小也同样是其显著特征。而高浓度盐水在过饱和状态下汽沸点较自来水升高 $8^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，使用常规方法单效蒸发时，物料长时间处于饱和状态，此时有效传热温差变小，导致蒸发器蒸发效率下降，对应系统能耗增加，同时传统MVR系统蒸发高浓度盐水会出现易结垢、频繁停机维护的问题，为了克服以上缺点，加大MVR技术在高浓度含盐废水上的应用研究和提高系统抗垢性的研究。

### 发明内容：

[0003] 本发明的目的在于提供一种用于处理含盐废水的蒸发结晶方法及实现该方法的装置，原料液经两效蒸发结晶，第一效蒸发过程料液浓度相对较低，远未达到饱和状态，此状态下沸点升可以忽略，先蒸发出部分水分，并且过程中不产生结晶盐，该效蒸发过程有效传热温度大，蒸发效率高；蒸发后的浓溶液再与第二效蒸发器内过饱和溶液混合后再次蒸发，此状态下沸点升较高，同时发生结晶过程，因此，可以提高整体蒸发效率，降低高浓度盐水蒸发结晶能耗。

[0004] 本发明的第一个目的是提供一种用于处理含盐废水的蒸发结晶方法，包括如下步骤：

[0005] (1) 将含盐废水依次通过电磁波发射装置和一级预热器后，将含盐废水预热至低于二效降膜蒸发器内压力对应的饱和温度的 $1^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，通入二效降膜蒸发器内进行蒸发浓缩，该过程的物料处于未饱和状态，将通过二效降膜蒸发器蒸发后的一次浓缩液通入气液分离器进行分离，经气液分离器分离后的一次浓缩液经过物料再热器加热到低于一效降膜蒸发器内压力对应的饱和温度的 $1^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，通入一效降膜蒸发器内进行蒸发结晶，在一效降膜蒸发器内蒸发结晶后得到的二次浓缩液处于过饱和状态，此时的过饱和溶液沸点高于一效降膜蒸发器对应压力下的水溶液的沸点；将二次浓缩液通入结晶分离器结晶分离，结晶分离器得到的饱和状态的浓溶液再次通入一效降膜蒸发器中进行蒸发，结晶分离器得到的晶体通过固体排放装置排出；

[0006] (2) 含盐废水在二效降膜蒸发器蒸发浓缩后进入一效降膜蒸发器，二效降膜蒸发器的一次浓缩液经过气液分离器分离后的蒸汽通过蒸汽压缩机升压，经蒸汽压缩机升压后通入一效降膜蒸发器作为一效降膜蒸发器的热源，一效降膜蒸发器内蒸发后得到的二次浓缩液经结晶分离器中得到的蒸汽，作为二效降膜蒸发器的热源进行蒸发过程。

[0007] 本发明针对高浓度的含盐废水蒸发结晶过程中蒸发器表面无机盐结垢特征，在物

料入口管口处增设振荡电磁波发射装置,产生120~150KHz的正弦波信号,沿物料介质传遍整个系统,电磁波于溶液中为带电粒子充电,将水中钙、镁等正离子与硫酸盐、碳酸盐等负离子结合成晶体随水流冲走,不能于换热管壁上结垢,从而提高本发明系统的抗垢性,在本发明中,振荡电磁波发射装置为高频振荡电磁波发射器。

[0008] 本发明提出的处理含盐废水的蒸发结晶方法具体包括如下步骤:

[0009] (1) 将无机盐质量浓度在 $(5 \pm 1)\%$ 的含盐废水依次通过电磁波发射装置、一级预热器和二级预热器预热到低于二效降膜蒸发器内压力对应的饱和温度的 $1^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$ (例如二效降膜蒸发器内压力为47.4Kpa,对应蒸发温度为 $80^{\circ}\text{C}$ ,则经二级预热器预热后的含盐废水的温度为 $78^{\circ}\text{C}$ ),通入二效降膜蒸发器内进行蒸发浓缩,该过程的物料处于未饱和状态,将通过二效降膜蒸发器蒸发后的一次浓缩液通入气液分离器进行分离,此时一次浓缩液无机盐含量在 $(9 \pm 1)\%$ ,沸点升高不明显,经气液分离器分离后的一次浓缩液经过物料再热器加热到低于一效蒸发器内压力对应的饱和温度的 $1^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$ (例如一效降膜蒸发器内压力为70.1Kpa,对应蒸发温度为 $90^{\circ}\text{C}$ ,则经二级预热器预热后的含盐废水的温度为 $88^{\circ}\text{C}$ ),通入一效降膜蒸发器内进行蒸发结晶,经过气液分离器分离后的一次浓缩液在一效降膜蒸发器内蒸发结晶后得到的二次浓缩液处于过饱和状态,无机盐质量浓度超过35%,此时的过饱和溶液沸点要高于对应压力下的水溶液的沸点,沸点升高 $(8 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ ;将二次浓缩液通入结晶分离器结晶分离,结晶分离器得到的饱和状态的浓溶液再次通入一效降膜蒸发器中进行蒸发,结晶分离器得到的晶体通过固体排放装置排出;

[0010] (2) 高浓度无机盐废水在二效降膜蒸发器蒸发浓缩后进入一效降膜蒸发器,二效降膜蒸发器内压力下蒸发温度为 $80^{\circ}\text{C}$ ,二效降膜蒸发器的一次浓缩液经过气液分离器分离后的蒸汽通过蒸汽压缩机的升压到130Kpa左右,该压力对应下饱和温度为 $106^{\circ}\text{C}$ ,通入一效降膜蒸发器作为一效降膜蒸发器的热源,一效降膜蒸发器内蒸发后得到的二次浓缩液经结晶分离器中得到的蒸汽,作为二效降膜蒸发器的热源进行蒸发过程,此时作为热源的蒸汽温度为 $(90 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 左右。本发明把高浓度盐水蒸发结晶过程分为未饱和蒸发过程和过饱和结晶过程,即二效降膜蒸发器中的蒸发过程为未饱和蒸发过程,一效降膜蒸发器中的蒸发过程为过饱和结晶过程,保证物料在相对低的浓度下先蒸发一部分水分,降低了过饱和和盐水沸点升高带来的蒸发器内换热温差减小,蒸发效果下降和对应能耗增加的影响。

[0011] 优选地,步骤(1)中将含盐废水依次通过电磁波发射装置、一级预热器和二级预热器后,通入二效降膜蒸发器内蒸发。常温含盐废水通过物料泵进入一级预热器,物料出口分成两路,一路进入二级预热器继续预热,另一路直接进入二效降膜蒸发器直接进行蒸发,物料是否需要二级预热器继续预热,根据实际情况通过调节阀的关闭可以决定是否需要二级预热器预热。

[0012] 优选地,所述的一效降膜蒸发器中的蒸汽作为热源加热后产生的高温冷凝水通过物料再热器释放出部分热量,仍具有较高温度,再进入一级预热器进行预热,以低温冷凝水的方式排出系统外。

[0013] 优选地,所述的二效降膜蒸发器中的蒸汽作为热源加热后产生的冷凝水直接排出,或者该冷凝水进入二级预热器吸热后,再将该冷凝水排出。二效蒸发器的冷凝水一部分进入二级预热器进行预热,一部分直接排出系统,调节进入二效降膜蒸发器的物料温度。

[0014] 本发明的另一个目的是提供一种实现用于处理含盐废水的蒸发结晶方法的装置,

包括电磁波发射装置、一级预热器、二级预热器、二效降膜蒸发器、气液分离器、物料再热器、一效降膜蒸发器和结晶分离器，一级预热器与第一物料输送管路连通，所述的电磁波发射装置设置于第一物料输送管路上，所述的一级预热器和二级预热器通过第二物料输送管路连通，所述的一级预热器和二效降膜蒸发器通过第三物料输送管路连通，所述的第二物料输送管路和第三物料输送管路并联连接，所述的二效降膜蒸发器和气液分离器通过第四物料输送管路连通，所述的气液分离器和物料再热器通过第五物料输送管路连通，所述的物料再热器和一效降膜蒸发器通过第六物料输送管路连通，所述的一效降膜蒸发器和结晶分离器通过第七物料输送管路连通；所述的一效降膜蒸发器底部设置有第一物料出口，一效降膜蒸发器内的一级浓缩液经第一物料出口通过第八物料输送管路输送至设置于一效降膜蒸发器顶部的第一物料入口，使一级浓缩液在一效降膜蒸发器内结晶，所述的二效降膜蒸发器底部设置有第二物料出口，二效降膜蒸发器内的含盐废水经第二物料出口通过第九物料输送管路输送至设置于二效降膜蒸发器顶部的第二物料入口，使含盐废水在二效降膜蒸发器内蒸发；气液分离器顶部设置有第一蒸汽出口，将气液分离器内的蒸汽通过第一蒸汽管路输送至蒸汽压缩机，将蒸汽升高到指定的温度和压力，再通过第二蒸汽管路输送至一效降膜蒸发器作为热源，结晶分离器顶部设置有第二蒸汽出口，将结晶分离器内的蒸汽通过第三蒸汽管路输送至设置于所述的二效降膜蒸发器外侧的第一蒸汽入口，二效降膜蒸发器的第二蒸汽入口通过第四蒸汽管路与蒸汽发生器连通。

[0015] 蒸汽发生器通过第四蒸汽管路为系统补充蒸汽和启动蒸汽。电磁波发射装置与第一物料输送管路连通，于溶液中为带电粒子充电，将水中钙、镁等正离子与硫酸盐、碳酸盐等负离子结合成晶体随水流冲走，不能于换热管壁上结垢。

[0016] 在物料进口处安装高频电磁波发射装置，产生的双向高频振荡电磁波沿物料流程传递到整个系统，可以防止一级降膜蒸发器、二级降膜蒸发器内相变换热过程中硫酸盐和碳酸盐垢的形成，提高蒸发结晶系统的抗垢性。二效降膜蒸发器经过气液分离器与蒸汽压缩机进口连通，形成负压环境蒸发。

[0017] 二效降膜蒸发器浓溶液物料出口与物料再热器受热侧连通，一效降膜蒸发器冷凝水出口与物料再热器加热侧连通，浓缩后的物料再次加热与一效降膜蒸发器底部过饱和盐溶液混合。

[0018] 优选地，所述的一效降膜蒸发器的第一冷凝水出口依次与所述的物料再热器和一级预热器通过第一冷凝水管路和第三冷凝水管路连通，所述的二效降膜蒸发器的第二冷凝水出口与储水罐的冷凝水入口通过第四冷凝水管路连通，所述的储水罐的第三冷凝水出口与二级预热器通过第五冷凝水管路连通，所述的二效降膜蒸发器的第二冷凝水出口通过第三冷凝水管路与冷凝水排放口连通，所述的第三冷凝水管路和所述的第四冷凝水管路并联连接。二效降膜蒸发器冷凝水侧与储水罐连通，并设有旁路可以直接排除系统外，通过改变二级物料预热器加热侧水量，达到调节一效蒸发器物料进口温度的目的。

[0019] 优选地，所述的结晶分离器底部设置有液体输送管，所述的液体输送管高度高于晶体的堆放高度，所述的液体输送管通过第十物料输送管路与所述的第八物料输送管路连通。液体输送管的高度高于晶体的堆放高度，保证液体不会有晶体的进入，液体再次加热与一效降膜蒸发器底部过饱和盐溶液混合，通过第八物料输送管路输送至一效降膜蒸发器中蒸发。

[0020] 优选地,所述的第二物料输送管路和第三物料输送管路中设置有调节物料流量的第二调节阀和第三调节阀,所述的第八物料输送管路和第九物料输送管路中均设置有物料循环泵。

[0021] 优选地,所述的第四蒸汽管路上设置有调节蒸汽流量的第四调节阀。

[0022] 本发明的有益效果是:

[0023] 1、为高浓度含盐废水采用MVR技术资源化处理,提供了一种单位功耗低、蒸发效率高、抗垢能力强的方法;

[0024] 2、采用单级分效蒸发结晶方法,可以同时获取浓盐水溶液和结晶盐颗粒;

[0025] 3、采用一台蒸汽压缩机实现双效蒸发过程,系统结构简单,投资成本低,市场前景广阔;

[0026] 4、加装高频振荡电磁波发射装置,增强本发明系统对碳酸盐、硫酸盐等无机盐的抗垢性;

[0027] 5、通过蒸发结晶分离过程,化工、食品等行业产生的高盐废水达到国家排放标准,同时回收无机盐颗粒,带来额外收益。

#### 附图说明:

[0028] 图1为本发明实现用于处理含盐废水的蒸发结晶方法的装置示意图;

[0029] 附图标记说明:1、一级预热器;2、二级预热器;3、储水罐;4、二效降膜蒸发器;5、气液分离器;6、罗茨蒸汽压缩机;7、高频电磁波发射器;8、物料再热器;9、一效降膜蒸发器;10、结晶分离器;11、蒸汽发生器;12、第一物料输送管路;13、第二物料输送管路;14、第三物料输送管路;15、第四物料输送管路;16、第五物料输送管路;17、第六物料输送管路;18、第七物料输送管路;19、第八物料输送管路;20、第九物料输送管路;21、第十物料输送管路;22、第一蒸汽管路;23、第二蒸汽管路;24、第三蒸汽管路;25、第四蒸汽管路;26、第一冷凝水管路;27、第二冷凝水管路;28、第三冷凝水管路;29、第四冷凝水管路;30、第五冷凝水管路;31、第一调节阀;32、第二调节阀;33、第三调节阀;34、第四调节阀;35、第一物料泵;36、第二物料循环泵;37、第三物料泵;38、第四物料循环泵。

#### 具体实施方式:

[0030] 以下实施例是对本发明的进一步说明,而不是对本发明的限制。

[0031] 除特别说明,本发明中的实验设备和试剂均为本技术领域常规市购产品。图1中调节阀QV01、QV02、QV03、QV04、QV05、QV06、QV07、QV08、QV09、QV10、QV11和QV12,标号是为了便于区分各个调节阀的安装位置以及用途,各调节阀是一样的型号,该调节阀只要能满足实际的需要均可;物料泵P01、P02、P03、P04、P05和P06标号是为了便于区分各个物料泵的安装位置以及用途,其中P02和P04是物料循环泵,其余为常用物料输送泵,也可以是满足实际处理的流程的需要均可,SG01为取料阀门,结晶分离罐内晶粒到指定高度时,打开阀门,排出无机盐颗粒。图1中的箭头表示物料、冷凝水或者蒸汽的流动方向。

[0032] 本发明提出的用于处理含盐废水的蒸发结晶方法的具体步骤为:

[0033] (1) 将无机盐含量在 $(5 \pm 1)\%$ 的含盐废水依次通过电磁波发射装置、一级预热器和二级预热器预热到低于二效降膜蒸发器内压力对应的饱和温度的 $1^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$  (如二效降膜

蒸发器内压力为47.4Kpa,对应蒸发温度为80℃),通入二效降膜蒸发器内进行蒸发浓缩,该过程的物料处于未饱和状态,将通过二效降膜蒸发器蒸发后的一次浓缩液通入气液分离器进行分离,此时一次浓缩液无机盐含量在 $(9\pm 1)\%$ ,沸点升高不明显,经气液分离器分离后的一次浓缩液经过物料再热器加热到低于一效蒸发器内压力对应的饱和温度的 $1^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ (如一效降膜蒸发器压力为70.1Kpa,对应蒸发温度为90℃),通入一效降膜蒸发器内进行蒸发结晶,经过气液分离器分离后的一次浓缩液在一效降膜蒸发器内蒸发结晶后得到的二次浓缩液处于过饱和状态,质量浓度超过35%,此时的过饱和溶液沸点要高于对应压力下的水溶液,沸点升高 $(8\pm 1)^{\circ}\text{C}$ ;将二次浓缩液通入结晶分离器结晶分离,结晶分离器得到的饱和状态的浓溶液再次通入一效降膜蒸发器中进行蒸发,结晶分离器得到的晶体通过固体排放装置排出;

[0034] (2) 高浓度无机盐废水在二效降膜蒸发器蒸发浓缩后进入一效降膜蒸发器,二效降膜蒸发器内压力下蒸发温度为80℃,二效降膜蒸发器的一次浓缩液经过气液分离器分离后的蒸汽通过蒸汽压缩机的升压到130Kpa左右,该压力下对应的饱和温度为106℃,通入一效降膜蒸发器作为一效降膜蒸发器的热源,一效降膜蒸发器内蒸发后得到的二次浓缩液经结晶分离器中得到的蒸汽,作为二效降膜蒸发器的热源进行蒸发过程,此时作为热源的蒸汽温度在 $(90\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 。

[0035] 实现用于处理含盐废水的蒸发结晶方法的装置,包括电磁波发射装置、一级预热器、二级预热器、二效降膜蒸发器、气液分离器、物料再热器、一效降膜蒸发器和结晶分离器,一级预热器与第一物料输送管路连通,电磁波发射装置设置于第一物料输送管路上,一级预热器和二级预热器通过第二物料输送管路连通,一级预热器和二效降膜蒸发器通过第三物料输送管路连通,第二物料输送管路和第三物料输送管路并联连接,二效降膜蒸发器和气液分离器通过第四物料输送管路连通,气液分离器和物料再热器通过第五物料输送管路连通,物料再热器和一效降膜蒸发器通过第六物料输送管路连通,一效降膜蒸发器和结晶分离器通过第七物料输送管路连通;一效降膜蒸发器底部设置有第一物料出口,一效降膜蒸发器内的一级浓缩液通过第八物料输送管路输送至设置于一效降膜蒸发器顶部的第一物料入口,使一级浓缩液在一效降膜蒸发器内结晶,二效降膜蒸发器底部设置有第二物料出口,二效降膜蒸发器内的含盐废水通过第二物料出口通过第九物料输送管路输送至设置于二效降膜蒸发器顶部的第二物料入口,使含盐废水在二效降膜蒸发器内蒸发;气液分离器顶部设置有第一蒸汽出口,将气液分离器内的蒸汽通过第一蒸汽管路输送至蒸汽压缩机,将蒸汽升高到指定的温度和压力,再通过第二蒸汽管路输送至一效降膜蒸发器作为热源,结晶分离器顶部设置有第二蒸汽出口,将结晶分离器内的蒸汽通过第三蒸汽管路输送至设置于所述的二效降膜蒸发器外侧的第一蒸汽入口,二效降膜蒸发器的第二蒸汽入口通过第四蒸汽管路与蒸汽发生器连通。

[0036] 实施例1

[0037] 使用如图1所示的装置处理高浓度含盐废水,包括如下步骤:

[0038] (1) 将化工、食品等行业产生的NaCl废水,质量浓度5%,依次通过电磁波发射装置、第一物料输送管路12后进入一级预热器1进行初步预热,再通过第二物料输送管路13进入二级预热器,加热到78℃,然后通过第三物料输送管路14通入二效降膜蒸发器4内与底部物料混合后进行蒸发,二效降膜蒸发器内压力为47.4Kpa,物料的质量浓度达9.5%,此过程



物料一直处于低浓度状态下,物料沸点与普通水相同,再将通过二效降膜蒸发器4蒸发后的一次浓缩液通过第四物料输送管路15通入气液分离器5,将一次浓缩液经过气液分离器5分离,经气液分离器5分离后的一次浓缩液通过第五物料输送管路16在物料再热器8中加热到88℃,将通过物料再热器8加热后的一次浓缩液通过第六物料输送管路17通入一效降膜蒸发器9内与过饱和料液混合进行蒸发结晶,一效降膜蒸发器压力为70.1Kpa,得到二次浓缩物料的质量浓度超过35%,该阶段的蒸发过程的物料一直处于过饱和状态,此时的二次浓缩料液沸点升为6℃,将二次浓缩液通过第七物料输送管路18通入结晶分离器10结晶,结晶分离器10得到的液体通过第十物料输送管路再次通入一效降膜蒸发器9中进行蒸发,结晶分离器10得到的晶体通过固体排放装置排出;二效降膜蒸发器4底部设置有第二物料出口,二效降膜蒸发器4内的含盐废水经第二物料出口通过第九物料输送管路20输送至设置于二效降膜蒸发器4顶部的第二物料入口,使含盐废水在二效降膜蒸发器4内蒸发;一效降膜蒸发器9底部设置有第一物料出口,一效降膜蒸发器内的一级浓缩液经第一物料出口通过第八物料输送管路19输送至设置于一效降膜蒸发器9顶部的第一物料入口,使一级浓缩液在一效降膜蒸发器9内蒸发;

[0039] (2) 经蒸汽发生器11产生的蒸汽通过第四蒸汽管路25通入二效降膜蒸发器4中,作为装置启动用蒸汽进入二效降膜蒸发器4,作为含盐废水在二效降膜蒸发器4蒸发时的热源,二效降膜蒸发器4的加热侧蒸汽入口温度设定为90℃,经过二效降膜蒸发器4蒸发后的一次浓缩液经过气液分离器5分离后的蒸汽,约为80℃通过第一蒸汽管路22通入蒸汽压缩机中,升温到106℃左右,对应压力为132.4Kpa,通过第二蒸汽管路23将蒸汽压缩机压缩的后蒸汽通入一效降膜蒸发器9作为一效降膜蒸发器9的热源,一效降膜蒸发器9内蒸发后得到的二次浓缩液经结晶分离器10中得到蒸汽,约为90℃,将结晶分离器10中得到的蒸汽通过第三蒸汽管路24通入二效降膜蒸发器作为二效降膜蒸发器4的热源进行蒸发,直至二效降膜蒸发器4和一效降膜蒸发器9均达到设定的压力后,关闭蒸汽发生器11开关,系统进入正常蒸发结晶阶段。

[0040] 本发明把高浓度盐水蒸发结晶过程分为未饱和蒸发过程和过饱和结晶过程,即二效降膜蒸发器中的蒸发过程为未饱和蒸发过程,一效降膜蒸发器中的蒸发过程为过饱和和结晶过程,保证物料在相对低的浓度下先蒸发一部分水分,降低了过饱和和盐水沸点升高带来的蒸发器内换热温差减小,蒸发效果下降和对应能耗增加的影响。原料液(含盐废水)经两效蒸发后结晶,第一效蒸发过程料液浓度相对较低,远未达到饱和状态,此状态下沸点升可以忽略,先蒸发出部分水分,并且过程中不产生结晶盐,该效蒸发过程有效传热温度大,蒸发效率高;蒸发后的浓溶液再与第二效蒸发器内过饱和溶液混合后再次蒸发,此状态下沸点升较高,同时发生结晶过程。因此,可以提高整体蒸发效率30%,降低高浓度盐水蒸发结晶能耗。

[0041] 在本实施例中,电磁波发射装置为高频电磁波发射器7,在物料进口处安装高频电磁波发射装置,产生120~150KHz的正弦波信号,产生的双向高频振荡电磁波沿物料介质传遍整个系统,电磁波于溶液中为带电粒子充电,促使水中钙、镁等正离子与硫酸盐、碳酸盐等负离子结合成晶体随水流冲走,不能在换热管壁上结垢,可以防止一级降膜蒸发器、二级降膜蒸发器内相变换热过程中硫酸盐和碳酸盐垢的形成,提高蒸发结晶系统的抗垢性。

[0042] 二效降膜蒸发器4经过气液分离器5与蒸汽压缩机进口连通,形成负压环境蒸发;

一效降膜蒸发器9与蒸汽压缩机出口连通,通过压缩蒸汽、控制液位和安装高差等保证一级降膜蒸发器9的压力环境。

[0043] 经一级预热器1后的含盐废水通入二效降膜蒸发器4内蒸发,如果经测定通过一级预热器1预热后的含盐废水温度未达到指定温度,可将通过一级预热器1的含盐废水再通过第三物料输送管路14经过二级预热器2的预热达到指定温度后,再通入二效降膜蒸发器4内蒸发。

[0044] 一效降膜蒸发器9物料出口与物料再热器8受热侧连通,一效降膜蒸发器9冷凝水出口与物料再热器8加热侧连通,浓缩后的物料再次加热与一效降膜蒸发器9底部过饱和盐溶液混合。

[0045] 在本实施例中,蒸汽压缩机为罗茨蒸汽压缩机6,其可以满足系统中蒸汽升压的需求。一效降膜蒸发器9的第一冷凝水出口依次与物料再热器8和一级预热器1通过第一冷凝水管路26和第二冷凝水管路27连通,二效降膜蒸发器4的第二冷凝水出口与储水罐3的冷凝水入口通过第四冷凝水管路29连通,储水罐3的第三冷凝水出口与二级预热器2通过第五冷凝水管路30连通,二效降膜蒸发器4的第二冷凝水出口通过第三冷凝水管路28与冷凝水排放口连通,第三冷凝水管路28和第四冷凝水管路29并联连接。二效降膜蒸发器4冷凝水出口与储水罐3连通,并设有旁路可以直接排除系统外,通过改变二级预热器2加热水量,达到调节一效降膜蒸发器9物料进口温度的目的。

[0046] 结晶分离器10底部设置有液体输送管,液体输送管的高度高于晶体的堆放高度,保证液体不会有晶体的进入,液体输送管通过第十物料输送管路21与第八物料输送管路19混合输送至一效降膜蒸发器9中蒸发。

[0047] 在本发明中,第一物料输送管路12、第二物料输送管路13、第三物料输送管路14、第四物料输送管路15、第五物料输送管路16、第六物料输送管路17、第七物料输送管路18、第八物料输送管路19、第九物料输送管路20和第十物料输送管路21中均可根据实际情况设置有调节物料流量的调节阀和利于物料流动的物料泵。在本实施例中,第二物料输送管路13上设置有第二调节阀32,第三物料输送管路14上设置有第三调节阀33,第五物料输送管路16上设置有第三物料泵37,第八物料输送管路19上设置有第四物料循环泵38,第九物料输送管路20上设置有第二物料循环泵36,均采用强制循环泵,保证物料在蒸发器内循环蒸发至设定浓度或循环结晶到设定状态。

[0048] 第一冷凝水管路26、第二冷凝水管路27、第三冷凝水管路28、第四冷凝水管路29和第五冷凝水管路30中均可根据实际情况设置调节阀和利于冷凝水流动的水泵。

[0049] 本发明提出的应用于处理含盐废水的蒸发结晶方法的工艺流程是:常温原液通过第一物料循环泵(P01)35进入一级预热器1,含盐废水出口分成两路,一路进入二级预热器2继续预热,另一路直接进入二效降膜蒸发器4直接进行蒸发,根据进料温度和浓度进行调节保证进入二效降膜蒸发器物料温度接近蒸发温度。含盐废水第一次蒸发后为一次浓缩液,一次浓缩液浓度增加,经气液分离器5分离后的浓料液进入物料再热器8再次加热,升温后进入一效降膜蒸发器9,一效降膜蒸发器9内发生结晶过程,部分饱和状态的料液经第四物料循环泵(P02)38进入一效降膜蒸发器9内继续蒸发,部分料液携带结晶盐进入结晶分离器10,分离出无机盐颗粒回收,剩余的浓料液通过下部液体输送管汇入二效蒸发器4底部浓料液管道再次循环蒸发。

[0050] 气液分离器8的蒸汽经罗茨压缩机6升温升压后,作为一次蒸汽进入一效降膜蒸发器9进行蒸发结晶过程,此过程处于正压力状态,蒸发结晶过程中产生的蒸汽作为热源进入二效蒸发器4进行未饱和溶液的蒸发过程,此过程处于负压力状态。

[0051] 一效降膜蒸发器9的高温冷凝水进入物料再热器8放出部分热量,仍具有较高温度,再进入一级预热器1进行预热,以低温冷凝水的方式排出系统外。

[0052] 二效降膜蒸发器5的冷凝水一部分进入二级预热器2进行预热,一部分直接排出系统,调节进入二效降膜蒸发器4的物料温度。

[0053] 自来水经蒸汽发生器(S101)11产生高温蒸汽,作为系统启动用生蒸汽进入二效降膜蒸发器4,经过气液分离器5被吸入罗茨蒸汽压缩机6,升温升压后进入一效降膜蒸发器9,沿着蒸汽回路循环,直至一效降膜蒸发器9内压力达到设定状态,关闭自来水进水阀QV07和蒸汽发生器(S101)11开关,系统进入正常蒸发结晶阶段。

[0054] 对比例1

[0055] 参考实施例1,不同之处在于。

[0056] 将化工、食品等行业产生的NaCl废水,质量浓度为5%,使用常规单级MVR蒸发结晶方法,将原料加热至88℃,原料液直接与浓缩液混合变成饱和溶液后,进入一效降膜蒸发器(一效降膜蒸发器压力为70.1Kpa)内进行蒸发结晶,这种蒸发过程溶液的沸点升高影响因素一直明显存在。

[0057] 传统的废水蒸发结晶过程,把5%浓度的含盐废水直接与过饱和料液混合后成为饱和料液,然后通入降膜蒸发器进行蒸发结晶,这种方法蒸发过程下物料溶液的沸点升6℃~8℃,而蒸发过程中的理论换热量 $Q=m \cdot h \cdot A \cdot \Delta t$ ,m,h,A,Δt分别为物料质量,蒸发器换热面积,蒸发换热器传热系数,加热侧与受热侧的平均温差。当溶液沸点升明显存在时,蒸发过程中实际换热量 $Q^1=m \cdot h \cdot A \cdot (\Delta t-8)$ ,MVR系统传热温差较小,取Δt=20℃;而采用本发明中所述方法,先进行低浓度物料蒸发过程,再进行饱和料液结晶过程,可以有效降低高浓度含盐废水蒸发结晶过程中沸点升对蒸发过程蒸发强度的影响,此时实际换热量可近似表示为 $Q^2=0.5 \cdot m \cdot h \cdot A \cdot \Delta t+0.5 \cdot m \cdot h \cdot A \cdot (\Delta t-8)$ ,蒸发器内换热量提高约30%,蒸发强度也大幅度提高。

[0058] 本发明所述的单级二效蒸发结晶方法针对高浓度盐水蒸发结晶过程分成低浓度蒸发过程和过饱和结晶过程,可以梯级利用高温蒸汽,提高能源利用效率及整体蒸发效率。

[0059] 以上的说明只是用于帮助理解本发明的技术方案及其核心思想,应当指出,对于本技术领域的技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以对本发明进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

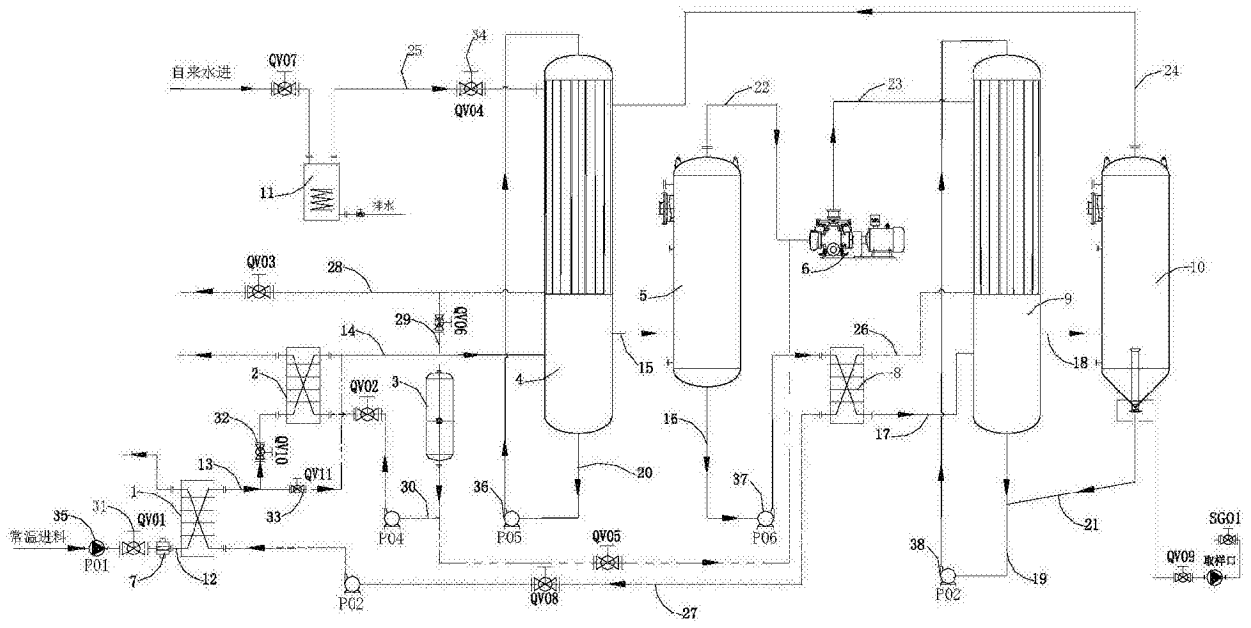


图1