



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104399267 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201410710970. 0

CN 203108242 U, 2013. 08. 07,

(22) 申请日 2014. 12. 01

JP 特开 2011-104478 A, 2011. 06. 02,

(73) 专利权人 大连理工大学

US 3616833, 1971. 11. 02,

地址 116024 辽宁省大连市高新区凌工路
2号

审查员 赵婵

(72) 发明人 代玉强 胡大鹏 张斯亮 朱彻
邹久朋 陶盛洋 程永航 张大为

(74) 专利代理机构 大连星海专利事务所 21208
代理人 花向阳

(51) Int. Cl.

B01D 1/26(2006. 01)

B01D 1/30(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 204319795 U, 2015. 05. 13,

CN 102698451 A, 2012. 10. 03,

CN 201632081 U, 2010. 11. 17,

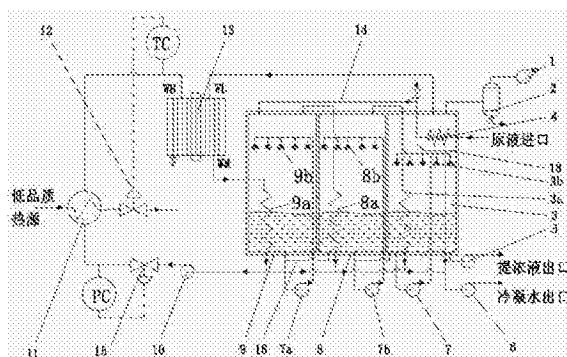
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种闪蒸气波蒸汽再压缩连续蒸发系统

(57) 摘要

一种闪蒸气波蒸汽再压缩连续蒸发系统，属于热法蒸发技术领域。核心是引入闪蒸气波增压器，利用带压饱和水的闪蒸气波的增压特性完成闪蒸气波蒸汽再压缩，实现闪蒸气波蒸汽再压缩和闪蒸气波增压 / 蒸汽热压缩联用两个系统，末效二次蒸汽进入闪蒸气波增压器中完成再压缩，提升能量品味后，进入首效蒸发器作为驱动热源，产生的二次蒸汽在气液分离模块完成分离后，作为下效热源继续蒸发；原液在各效蒸发器提浓至饱和浓度后，由泵送出装置。本发明实现了将蒸汽的气相压缩转化为液相泵的压缩过程，效率得到显著提高，既可克服蒸汽压缩机设计、制造困难的难题，又具有比蒸汽喷射器增压效率高的优点。



1. 一种闪蒸气波蒸汽再压缩连续蒸发系统,它包括一个高效蒸发器、浓液泵(5)、凝结水泵(6)、热源换热器(11),高效蒸发器由首效蒸发器(9)、次效蒸发器(8)和末效蒸发器(3)构成,其特征是:它还包括一个闪蒸气波增压器(13)、增压泵(10)和真空泵(1),相邻各效蒸发器的底部采用连通管(16)连接,还采用各效蒸发器的循环泵连接该效蒸发器中的液体均布器;出口为饱和或过热液态水的热源换热器(11)连接闪蒸气波增压器(13)的驱动热源入口(WH)和调节闪蒸气波增压器(13)入口温度的第一调节阀(12),闪蒸气波增压器(13)的增压出口(WM)连接首效蒸发器(9)中的首效换热器(9a),末效蒸发器(3)的上部空间采用管道连接闪蒸气波增压器(13)的低压蒸汽入口(WL);所述首效蒸发器(9)上部空间通过管道连接次效蒸发器(8)中的次效换热器(8a),以此类推,前级次效蒸发器上部空间通过管道连接后级次效蒸发器中的次效换热器,末级次效蒸发器上部空间通过管道连接末效蒸发器(3)中的末效换热器(3a);原液从位于末效蒸发器(3)上部空间的冷凝器(4)的原液进口进入,经原液管(14)进入首效蒸发器(9)中,末效蒸发器(3)的底部连接浓液泵(5),在冷凝器(4)的下部设有凝水接盘(18);所述末效蒸发器(3)的上部空间采用管道经汽水分离器(2)连接真空泵(1);所述各效蒸发器中各效换热器的出口与凝水接盘(18)共同连接增压泵(10)和凝结水泵(6)的进水口,增压泵(10)经调节闪蒸气波增压器(13)入口压力的第二调节阀(15)连接热源换热器(11)。

2. 根据权利要求1所述的一种闪蒸气波蒸汽再压缩连续蒸发系统,其特征是:所述末效蒸发器(3)的上部空间采用管道连接至蒸汽喷射器(17)的低压蒸汽入口(JL),蒸汽喷射器(17)的增压出口(JM)连接闪蒸气波增压器(13)的低压蒸汽入口(WL),驱动蒸汽自蒸汽喷射器的高压入口(JH)进入。

一种闪蒸气波蒸汽再压缩连续蒸发系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种闪蒸气波蒸汽再压缩连续蒸发系统，属于热法蒸发技术领域。

背景技术

[0002] 高盐废水任意排放给生态环境带来巨大压力，已引起政府和民众广泛关注，迫切需要经济高效的高盐废水处理技术。在当今脱盐三大主流技术中，反渗透膜(RO)法，经济性好，但存在膜污染、生产能力小等问题；常规多级闪蒸(MSF)和多效蒸发 (MED)技术等热法技术能耗高(如三效MED消耗约0.4吨新鲜蒸汽/吨废水)，经济性较差，业界甚至认为热法技术不是盐水处理技术的发展方向。然而，热法处理含盐废水存在操作稳定、盐去除率很高(可达98%-99%)的突出优点，且废水盐度越高，优点越突出。

[0003] 作为一种热法处理技术，热力蒸汽再压缩技术(TVR)，采用蒸汽引射器对二次蒸汽进行再压缩，可部分利用二次蒸汽潜热，提高能量利用率。该技术优点是设备简单、无转动件，节能效果优于传统多效蒸发MED技术。但最大的问题在于，且引射器增压效率低下，二次蒸汽潜热得不到充分利用，节能效果不显著。

[0004] 采用基于非定常流动过程的波转子增压效率高于稳定流动过程的增压效率，该技术无需活塞或叶片等部件，仅通过产生的运动激波就可高效完成高、低压流体间的直接能量交换。CN101290174提供了一种外循环耗散式气波机原则结构，这样的两端开口气波转子结构可以完成高低压流体的能量交换。如果将该结构用于饱和液体闪蒸产生的运动激波进行二次蒸汽的再压缩，就构成本项发明的主要思想。

发明内容

[0005] 为了克服现有技术中存在的问题，本发明提供一种闪蒸气波蒸汽再压缩蒸发机制连续蒸发系统，其目的在于充分利用闪蒸气波产生的激波制热和增压效应，提高能量利用效率。

[0006] 本发明采用的技术方案是：

[0007] 一种闪蒸气波蒸汽再压缩连续蒸发系统，它包括一个高效蒸发器、浓液泵、凝结水泵、热源换热器，高效蒸发器由首效蒸发器、几个次效蒸发器和末效蒸发器构成，它还包括一个闪蒸气波增压器、增压泵和真空泵，相邻各效蒸发器的底部采用连通管连接，还采用各效蒸发器的循环泵连接该效蒸发器中的液体均布器；出口为饱和或过热液态水的热源换热器连接闪蒸气波增压器的驱动热源入口和调节闪蒸气波增压器入口温度的第一调节阀，闪蒸气波增压器的增压出口连接首效蒸发器中的首效换热器，末效蒸发器的上部空间采用管道连接闪蒸气波增压器的低压蒸汽入口；所述首效蒸发器上部空间通过管道连接次效蒸发器中的次效换热器，以此类推，前级次效蒸发器上部空间通过管道连接后级次效蒸发器中的次效换热器，末级次效蒸发器上部空间通过管道连接末效蒸发器中的末效换热器；原液从位于末效蒸发器上部空间的冷凝器的原液进口进入，经原液管进入首效蒸发器中，末效蒸发器的底部连接浓液泵，在冷凝器的下部设有凝水接盘；所述末效蒸发器的上部空间采

用管道经汽水分离器连接真空泵；所述各效蒸发器中各效换热器的出口与凝水接盘共同连接增压泵和凝结水泵的进水口，增压泵经调节闪蒸气波增压器入口压力的第二调节阀连接热源换热器。

[0008] 所述末效蒸发器的上部空间采用管道连接至蒸汽喷射器的低压蒸汽入口，蒸汽喷射器的增压出口连接闪蒸气波增压器的低压蒸汽入口，驱动蒸汽自蒸汽喷射器的高压入口进入。

[0009] 上述技术方案中，所述的各效蒸发器是指：首效蒸发器、几个次效蒸发器和末效蒸发器；所述的各效蒸发器的循环泵是指：首效循环泵、几个次效循环泵和末效循环泵；该效蒸发器中的液体均布器是指：首效液体均布器、几个次效液体均布器和末效液体均布器。

[0010] 上述技术方案利用高压饱和或过热液态水的闪蒸产生的运动激增压特性，构造一种新型的闪蒸气波蒸汽再压缩机制(FEWVR, Flashing Evaporation Wave Vapor Recompression)。在所实现系统中利用闪蒸气波增压器，将水蒸汽的气相增压过程转化为饱和水的液相增压过程，液体增压泵的过程效率远高于气体压缩机的增压效率。其中，闪蒸增压波转子的驱动热源为工业废热(热水或蒸汽)，被驱气流为末效蒸发二次蒸汽，增压和过热后重新利用潜热，达到节能目的。

[0011] 上述技术方案的自动化控制方案，应控制闪蒸气波增压器的入口压力和温度保持稳定，其余控制方案并无特殊要求和限制。

[0012] 根据原料液蒸发温度的实际状况，二次蒸汽的再压缩比有高低之分，可以有采用热力蒸汽压缩+闪蒸气波蒸汽压缩联用工艺和闪蒸气波蒸汽再压缩工艺两种实现方法。对于二次蒸汽增压比较低的情况，仅采用闪蒸气波增压即可完成，即采用FEWVR工艺。对于低温蒸发情况，真空度高，增压压比高，可采用闪蒸波转子非定常压缩FEW+低压比热力蒸汽压缩TVR的混合工艺，即FEW/TVR工艺。

[0013] 本发明的有益效果是：这种闪蒸气波蒸汽再压缩连续蒸发系统提出的闪蒸气波蒸汽再压缩FEWVR技术，相比现有机械蒸汽再压缩MVR和热力蒸汽再压缩TVR技术，存在如下技术优势：

[0014] 第一、相对于机械蒸汽再压缩MVR技术，闪蒸气波再压缩技术FEWR技术无设备开发难题，热力学优势在于将气相增压过程转化为液相增压过程，过程效率提高。

[0015] 第二、相对于热力蒸汽再压缩TVR技术，闪蒸气波再压缩技术FEWR技术的优势在于增压效率远高于蒸汽喷射器的效率。蒸汽喷射器只能完成一次膨胀过程，驱动蒸汽的潜热利用率低。

[0016] 第三、对于无蒸汽场合，热力蒸汽再压缩TVR技术使用受限，但闪蒸气波再压缩技术FEWR的驱动热源可以为工业废热，甚至是太阳能或地热能，使用范围更广。第四，闪蒸气波再压缩技术还具备优秀的带液操作性能，设备开发优势在于结构尺寸小、转速低、易于开发。

附图说明

[0017] 图1 是一种液体闪蒸气波再压缩FEWVR的连续蒸发系统图。

[0018] 图2 是是一种闪蒸气波再压缩与热力蒸汽再压缩相联合FEW/TVR的连续蒸发系统图。

[0019] 图中：1、真空泵，2、汽水分离器，3、末效蒸发器，3a、末效换热器，3b、末效液体均布器，4、冷凝器，5、浓液泵，6、凝结水泵，7、末效循环泵，7a、首效循环泵，7b、次效循环泵，8、次效蒸发器，8a、次效换热器，8b、次效液体均布器，9、首效蒸发器，9a、首效换热器，9b、首效液体均布器，10、增压泵，11、热源换热器，12、第一调节阀，13、闪蒸气波增压器、14、原液管、15、第二调节阀、16、连通管，17、蒸汽喷射器；WH、驱动饱和液体入口，WL、低压蒸汽入口，WM、闪蒸气波增压器出口，JH、喷射器驱动蒸汽入口，JL、喷射器低压蒸汽入口，JM、喷射器增压出口。

具体实施方式

[0020] 下面结合实施例和附图对本发明进一步详细说明。

[0021] 实施例1 利用饱和或过热液态水在闪蒸气波增压器中完成二次蒸汽的再压缩。

[0022] 图1示出了一种闪蒸气波蒸汽再压缩连续蒸发系统。图中，闪蒸气波蒸汽再压缩连续蒸发系统包括一个三效蒸发器、浓液泵5、凝结水泵6、热源换热器11，三效蒸发器由首效蒸发器9、次效蒸发器8和末效蒸发器3构成，首效蒸发器9与次效蒸发器8、次效蒸发器8与末效蒸发器3的底部采用连通管16互相连接。采用首效蒸发器9的首效循环泵7a连接首效蒸发器9中的首效液体均布器9b，采用次效蒸发器8的次效循环泵7b连接次效蒸发器8中的次效液体均布器8b，采用末效蒸发器3的末效循环泵7连接末效蒸发器3中的末效液体均布器3b。热源换热器11的出口为饱和或过热液态水，连接闪蒸气波增压器13的驱动热源入口WH，闪蒸气波增压器13的增压出口WM连接首效蒸发器9中的首效换热器9a，末效蒸发器3的上部空间采用管道连接闪蒸气波增压器13的低压蒸汽入口WL；所述首效蒸发器9上部空间通过管道连接次效蒸发器8中的次效换热器8a，次效蒸发器8上部空间通过管道连接末效蒸发器3中的末效换热器3a；原液从位于末效蒸发器3上部空间的冷凝器4的原液进口进入，经原液管14进入首效蒸发器9中，末效蒸发器3的底部连接浓液泵5，在冷凝器4的下部设有凝水接盘18；末效蒸发器3的上部空间采用管道经汽水分离器2连接真空泵1；首效换热器9a、次效换热器8a和末效换热器3a的出口与凝水接盘18共同连接增压泵10和凝结水泵6的进水口，增压泵10经第二调节阀15连接热源换热器11。闪蒸气波增压器13的入口温度和压力分别通过第一调节阀12和第二调节阀15维持稳定，压力提高通过增压泵10完成。

[0023] 在各效蒸发器中，蒸发侧换热采用强制循环的液体均布器完成液体分布。在顺流和并流进料方式中，前效和后效的料液依靠压差完成输送；在逆流进料方式中，依靠强制循环泵完成料液输送。闪蒸气波增压器13为三端口闪蒸波转子增压器。

[0024] 将闪蒸气波蒸汽增压(FEWVR)蒸发系统应用于盐矿预处理、含盐污水处理和海水淡化等领域。

[0025] 原液进入末效蒸发器3中的冷凝器4预热后进入首效蒸发器9中；末效二次蒸汽冷凝部分蒸汽后进入闪蒸气波增压器13中，利用饱和水闪蒸产生的非定常激波的增压机制，流股热焓增加，进入首效蒸发器9作为驱动热源，首效蒸发产生的二次蒸汽进入次效蒸发器8充当驱动热源，首效蒸发后的原液利用压差输送至次效蒸发器8中进一步蒸发，以此进行直至原液浓度达到工艺需要或结晶饱和浓度，由浓液泵5输出。

[0026] 蒸发器各效均可设置二次蒸汽的气液分离单元和原液的强制循环单元。各效原液可采用顺流、并流和逆流方式进料，各效间原液输送分别对应利用压差自然流动输送和强

制循环输送的方式。

[0027] 实施例2 联合利用蒸汽喷射器和闪蒸气波增压器中完成二次蒸汽的再压缩。

[0028] 图2示出了一种热力蒸汽再压缩与闪蒸气波蒸汽再压缩相联合的连续蒸发系统。图2与图1的不同之处在于：末效蒸发器3的上部空间采用管道连接至蒸汽喷射器17的低压蒸汽入口JL，蒸汽喷射器17的增压出口JM连接闪蒸气波增压器13的低压蒸汽入口WL，驱动蒸汽自蒸汽喷射器17的高压入口JH进入。

[0029] 在各效蒸发器中，蒸发侧换热采用强制循环的液体均布器完成液体分布。在顺流和并流进料方式中，前效和后效的料液依靠压差完成输送；在逆流进料方式中，依靠强制循环泵完成原液的输送。闪蒸气波增压器13为三端口闪蒸波转子增压器，蒸汽喷射器为中间进驱动蒸汽，环周进低压二次蒸汽。

[0030] 将闪蒸气波蒸汽增压和热力蒸汽再压缩联用(FEW/TVR)构成的蒸发系统应用于盐矿预处理、含盐污水处理和海水淡化等领域。

[0031] 原液进入末效蒸发器3中的冷凝器4预热后进入首效蒸发器9中；末效二次蒸汽冷凝部分蒸汽(或不冷凝)后进入蒸汽喷射器17进行低压比预压缩，热焓增加的二次蒸汽进入闪蒸气波增压器13中，利用饱和或过热高压液态水产生的非定常激波的增压机制，流股热焓增加，进入首效蒸发器9作为驱动热源，首效蒸发产生的二次蒸汽进入次效蒸发器8充当驱动热源，首效蒸发后的料液利用压差输送至次效蒸发器8中进一步蒸发，以此进行直至料液浓度达到工艺需要或结晶饱和浓度，由浓液泵5输出。

[0032] 蒸发器各效均可设置二次蒸汽的气液分离单元和原液的强制循环单元。各效原液可采用顺流、并流和逆流方式进料，各效间料液输送分别对应利用压差自然流动输送和强制循环输送的方式。闪蒸气波增压器13为三端口闪蒸波转子增压器，蒸汽喷射器17为中间进驱动蒸汽，环周进低压二次蒸汽。

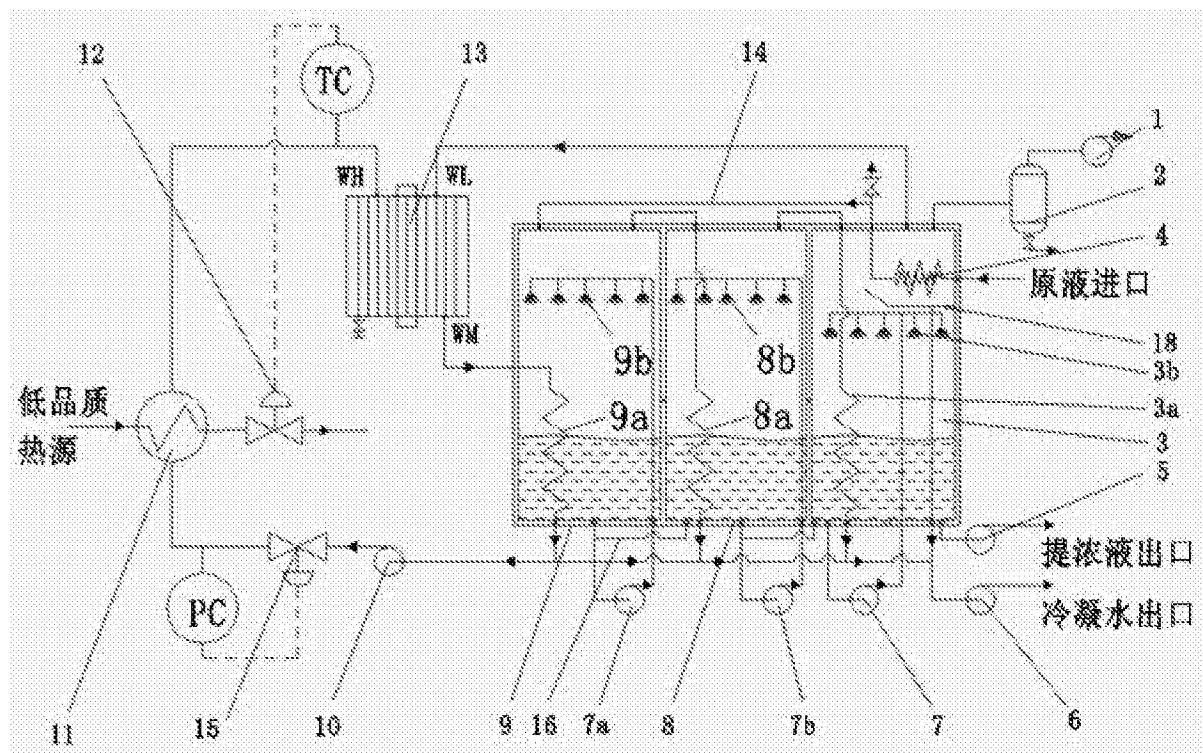


图1

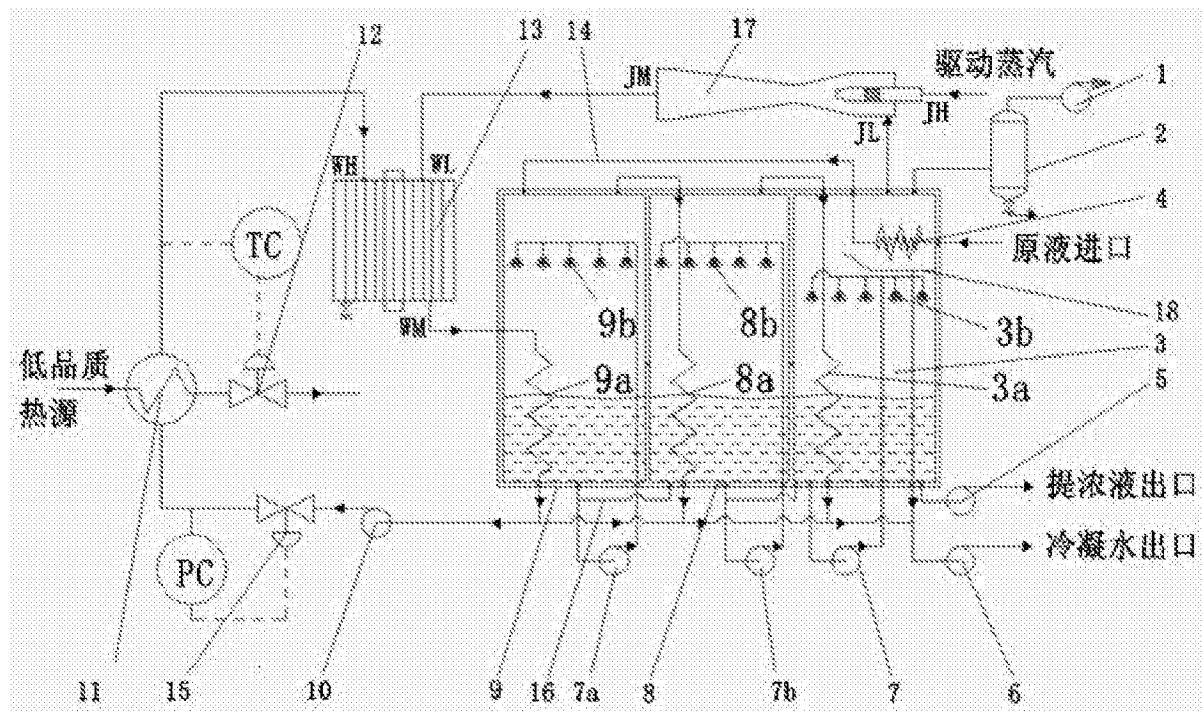


图2