



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112321754 A

(43) 申请公布日 2021.02.05

(21) 申请号 202010926056.5

(22) 申请日 2020.09.07

(71) 申请人 万华化学集团股份有限公司

地址 264006 山东省烟台市经济技术开发区天山路17号

(72) 发明人 贾峥瑞 乔小飞 杨颖 薛勇勇
冯兴磊 汪旭清 李金明 贾海兵
宋明焱 潘晓艺

(51) Int. Cl.

C08F 6/10 (2006.01)

C08F 210/16 (2006.01)

C08G 75/20 (2016.01)

C08F 212/10 (2006.01)

C08F 220/44 (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种聚合物溶液脱挥的装置和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种聚合物溶液脱挥的装置及方法。所述装置包括聚合物溶液进料管线、预热器、第一脱挥单元、加热器、第二脱挥单元以及聚合物输送泵等,其中,聚合物溶液进料管线连接预热器入口,预热器出口连接第一脱挥单元,第一脱挥单元底部的液相出口连接加热器,加热器出口连接第二脱挥单元入口,第二脱挥单元底部连接聚合物输送泵。聚合物溶液进入预热器,受热后的聚合物溶液进入第一脱挥单元进行部分挥发份蒸发,脱除部分挥发份的聚合物溶液在压力差和重力的共同作用下流入加热器,经过加热器再次加热后进入第二脱挥单元,脱除聚合物中剩余部分挥发份。本发明提供的脱挥装置设计巧妙,有效减少了管线和动设备的使用。

1. 一种聚合物溶液脱挥的装置,所述装置包括预热器、第一脱挥单元、加热器、第二脱挥单元,

其中,预热器出口连接第一脱挥单元,第一脱挥单元底部的液相出口连接加热器,加热器出口连接位于第一脱挥单元下方的第二脱挥单元入口;

所述加热器为管壳式换热器,其换热管底部出口带有节流设施,所述节流设施为具有光滑表面的立体或者带孔的平板形状,包括但不限于表面光滑的小球、柱体,或带条状孔、环形孔、多边形孔、星形孔、葫芦状孔、十字条纹的平板状物。

2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,还包括连接预热器入口的聚合物溶液进料管线;

预热器出口通过管线连接第一脱挥单元或通过法兰直连第一脱挥单元,第一脱挥单元底部的液相出口通过法兰或者焊接连接加热器,加热器出口通过法兰或者焊接连接第二脱挥单元入口,第二脱挥单元底部连接聚合物输送泵。

3. 根据权利要求1或2所述的装置,其特征在于,预热器通过管线连接第一脱挥单元时,在第一脱挥单元的管线入口处设置减压阀门;第一脱挥单元的管线入口设置在上半部分。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的装置,其特征在于,第一脱挥单元的上半部分设有气相出口及与之相连接的气相出口管线,气相出口带有挡板;

优选地,挡板与气相出口之间的气相流通面积为气相出口面积的0.1到50倍,更优选为1到30倍,进一步优选为1.2到10倍;

优选地,气相出口管线要求步步高,坡度不小于 1° ,优选地,坡度不小于 3° ,不超过 90° 。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的装置,其特征在于,加热器换热管管内直径为6-50mm,优选为6-20mm,更优选为8-15mm。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的装置,其特征在于,所述第一脱挥单元为闪蒸罐,所述第二脱挥单元为蒸发罐。

7. 一种聚合物溶液脱挥的方法,采用权利要求1-6任一项所述的装置,包括以下步骤:

(1) 聚合物溶液进入预热器,受热后的聚合物溶液进入第一脱挥单元进行部分挥发份蒸发;

(2) 脱除部分挥发份的聚合物溶液在压力差和重力的共同作用下流入加热器,经过加热器再次加热后进入第二脱挥单元,脱除聚合物中剩余部分挥发份。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述聚合物溶液包括但不限于聚碳酸酯、聚砜、尼龙、聚烯烃、聚酯、聚苯乙烯、聚氨酯、聚丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、苯乙烯-丙烯腈共聚物溶液,或烯烃共聚物、组合物或者共聚物的组合物溶液,其中,挥发份的含量范围为10%至95%,优选30-85%。

9. 根据权利要求7或8所述的方法,其特征在于,步骤(1)中,预热器中聚合物溶液侧操作温度为 100°C ~ 350°C ,优选为 200°C ~ 260°C ;

第一脱挥单元操作压力为1~15BarA,优选3~12BarA。

10. 根据权利要求7-9任一项所述的方法,其特征在于,步骤(2)加热器的聚合物溶液侧操作温度不高于步骤(1)中的预热器聚合物溶液侧操作温度,温度差在 5°C 至 110°C 范围内;

第二脱挥单元操作压力为5mBarA~1BarA,优选5mBarA~100mBarA。

一种聚合物溶液脱挥的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种聚合物溶液脱挥的装置及方法。

背景技术

[0002] 聚合物的生产往往涉及到挥发份的脱除工作。其一，需要从聚合物溶液中回收单体和溶剂以重复利用；其二，聚合物自身也需要脱除单体、溶剂、副产物等挥发份以满足聚合物性能要求；最后，未除尽的挥发份在聚合物处理和储存时易挥发聚集，暴露于空气中时极有可能形成爆炸性氛围，给人员和环境带来危害。

[0003] 聚合物溶液的脱挥有其特殊的难点。虽然溶剂和聚合物相对挥发度很大，但随着溶剂脱除，脱挥阶段由起闪蒸脱挥阶段进入到扩散脱挥阶段，聚合物粘度将成指数级增加，少量的挥发份溶解和包裹于聚合物中，难以彻底脱除。

[0004] CN1662561A教导了一种从聚合物组合中除去挥发性组分的方法，将聚合物溶液连续地通过多管热交换器预热后进入第一个挥发器，第一个挥发器下方的聚合物熔体通过熔体泵再次送入热交换器加热后进入第二个挥发器，从第二个挥发器下部得到的聚合物熔体通过熔体泵外送处理。该聚合物挥发性组分脱除方法在脱挥器之间增设熔体泵和热交换器，输送系统复杂，聚合物管线长，停留时间较长，容易造成堵塞。另外，额外的动密封也会增加空气泄漏量，进而对聚物品质造成不利影响。

[0005] CN102858415A教导了一种脱挥发份设备和方法，将聚合物溶液(熔体)连续地通过具有加热通道的板加热器，加热通道的设计或操作使得聚合物熔体在穿较大的第一区域和加热通道较小的第二区域中，熔体(溶液)的压力大于泡点压力，并最终在挥发室底部得到挥发性组分小于2000ppm的聚合物熔体。该专利中虽然没有给出聚合物溶液的脱挥限度，但是一级脱挥限于热力学平衡，无法在聚合物浓度较低时一次性脱除溶液中的所有挥发份。因此，在聚合物溶液浓度较低时，无法保持有效的挥发份脱除效果。

[0006] CN109646975A教导了一种聚合物脱挥装置，所述脱挥装置集成了进料分布、加热、落条脱挥和降膜脱挥以及物料收集功能，聚合物最终在推料装置的作用下输送至产品或后处理部分，该装置集成了动态脱挥和静态脱挥，能在合适的温度下对聚合物进行高效脱挥。但在粘度较高的聚合物体系中，如聚合物的粘度超过1000000cP时，该装置中的伞形降膜分布器很难均匀分布聚合物，高粘的聚合物容易粘连和挂壁。同时相对复杂的内构件也不可避免地会在装置内部形成死区，造成聚合物结焦和堵塞，难以实现装置长周期稳定运转。

[0007] US3583672描述了一种带有两个闪蒸罐和一个预热器的降膜脱挥装置，预热器布置连接于第一个闪蒸罐上方，第二个闪蒸罐位于第一闪蒸罐下方，两个闪蒸罐之间通过管道连接且带有液位调节阀，可以调节第一闪蒸罐的液位以使得两个闪蒸罐之间保持稳定的压力差，两个闪蒸罐均带有加热夹套。该专利中没有给出具体聚合物溶液的脱挥效率，但是在聚合物脱挥中如果闪蒸量较大会造成聚合物溶液温度明显降低，因此，若需脱除低浓聚合物溶液中的溶剂时，如同US3668161、US8153757B2中所描述的，往往需要多级加热。

[0008] 针对聚合物体系脱挥的特点和现有脱挥装置存在的问题，需要寻求一种高效的脱

挥装置和方法,以尽可能简化的操作装置和输送系统,有效地脱除低浓聚合物溶液中的挥发份,同时能够保持脱挥装置脱挥装置长周期稳定运转,实现聚合物产品品质稳定,人员操作少的目的。

发明内容

[0009] 为了脱除聚合物溶液,尤其是低浓度聚合物溶液中的挥发性组分(包括未反应的单体或原料、用于溶解和降低聚合物粘度的溶剂、聚合反应的副产物等低分子杂质),本发明提供一种脱挥装置及脱挥方法,本发明的装置设计巧妙,有效减少了管线和动设备的使用。

[0010] 根据本发明的第一个方面,提供一种聚合物溶液脱挥的装置,所述装置包括聚合物溶液进料管线、预热器、闪蒸罐(第一脱挥单元)、加热器、蒸发罐(第二脱挥单元)以及聚合物输送泵等。

[0011] 其中,聚合物溶液进料管线连接预热器入口,预热器出口通过管线连接闪蒸罐或通过法兰直连闪蒸罐,闪蒸罐底部的液相出口通过法兰或者焊接连接加热器,加热器出口通过法兰或者焊接连接位于闪蒸罐下方的蒸发罐入口,蒸发罐底部连接聚合物输送泵。

[0012] 进一步地,所述预热器可以为管壳式换热器、螺旋板式换热器、管内带有内构件的换热器等,优选地,预热器为带有内构件的换热器。

[0013] 进一步地,预热器通过管线连接闪蒸罐时,在闪蒸罐的管线入口处设置减压阀门,减压阀门与闪蒸罐距离尽可能的小。闪蒸罐的管线入口优选设置在闪蒸罐的上半部分。

[0014] 进一步地,闪蒸罐的上半部分设有气相出口及与之相连接的气相出口管线,气相出口带有挡板,挡板形式可以为圆形、椭圆形、多边形等。挡板用于除去气相中夹带的聚合物液滴,其与气相出口之间留有气相通道。为使气体顺畅地排出闪蒸罐并且达到除去液滴目的,要求气相通道流通面积和闪蒸罐的气相出口面比值在一定范围内。优选地,挡板与气相出口之间的气相流通面积为气相出口面积的0.1到50倍,更优选地,挡板与气相出口之间的气相流通面积为气相出口面积的1到30倍,更优选地,挡板与气相出口之间的气相流通面积为气相出口面积的1.2到10倍。

[0015] 优选地,闪蒸罐气相出口管线要求步步高,即有坡度,方向向上,坡度不小于 1° ,优选地,坡度不小于 3° ,不高于 90° ;气相出口管线上设置控制阀,用于调控闪蒸罐内压力。

[0016] 加热器通过法兰或者焊接连接于闪蒸罐和蒸发罐之间。所述加热器可以为常见的管壳式换热器或者带有内构件的管壳式换热器,换热器形式的选取依赖于聚合物溶液粘度,当粘度过高时,加热器两侧的压差无法提供聚合物溶液通过带有内构件换热器所需的动力,此时应选用普通形式的管壳式换热器。

[0017] 优选地,加热器的加热介质为蒸汽、熔盐和导热油中的一种,更优选地,加热器加热介质为导热油。

[0018] 进一步地,加热器换热管管内直径为6-50mm,优选为6-20mm,更优选为8-15mm。

[0019] 优选地,加热器换热管底部出口带有节流设施。所述节流设施可以为具有光滑表面的立体或者带孔的平板形状,只需其可承受闪蒸罐和蒸发罐之间的压差即可。作为示例,节流设施可为表面光滑的小球、柱体等,或带条状孔、环形孔、多边形孔、星形孔、葫芦状孔、十字条纹的平板状物。优选地,每根换热管带有相同的节流设施,如平板状环形孔,使得单

根换热管的流动压降相同,进而使得单根换热管的流量相同。所述节流设施可以以任何一种方式连接于换热管出口,如螺纹连接、焊接、法兰连接等。

[0020] 所述节流设施安装于加热器换热管底部,作用在于:一、对所述加热器换热管内物料起到节流作用,使得聚合物溶液在换热管内分布均匀;二、防止聚合物溶液在换热管内闪蒸,冲刷换热管,此外,聚合物提前在换热管内闪蒸会造成流动性变差,堵塞换热管。

[0021] 进一步地,蒸发罐顶部设置气相出口通过管线连接于真空装置。蒸发罐下部通过管线连接聚合物输送泵或者与聚合物输送泵直连。优选地,蒸发罐下部与聚合物输送泵直连。聚合物输送泵可以为领域内熟知的形式的泵,如齿轮泵。

[0022] 优选地,闪蒸罐和蒸发罐带有外夹套加热,加热介质可为蒸汽、熔盐和导热油中的一种。更优选地,夹套加热介质为导热油。

[0023] 本发明的脱挥装置可以采用串联的方式连接以提升脱挥效率,亦可以并联的方式连接以提高装置的生产能力。

[0024] 根据本发明的第二个方面,提供了一种聚合物溶液脱挥的方法,该方法包括以下步骤:

[0025] (1) 聚合物溶液经聚合物溶液进料管线输送进入预热器,受热后的聚合物溶液进入闪蒸罐进行部分挥发份蒸发;

[0026] (2) 脱除部分挥发份的聚合物溶液在压力差和重力的共同作用下流入加热器,经过加热器再次加热后进入蒸发罐,脱除聚合物中剩余部分挥发份。

[0027] 本发明方法中,所述聚合物可为聚碳酸酯、聚砜、尼龙、聚烯烃、聚酯、聚苯乙烯、聚氨酯、聚丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、苯乙烯-丙烯腈共聚物,也可为烯烃共聚物、组合物或者共聚物的组合物。聚合物溶液中的挥发性组分主要为未反应的单体、副产物和溶剂,优选地,挥发份在聚合物溶液中的质量比为10%~95%,更优选30~85%。

[0028] 本发明方法中,步骤(1)中的聚合物溶液可以通过自然压力差输送而来,也可由泵输送而来,取决于聚合物的生产工艺、聚合物溶液流经管道和预热器所产生的压降以及闪蒸罐的操作压力。

[0029] 本发明方法中,步骤(1)中闪蒸罐操作压力可通过气相管线上的控制阀阀门开度精确控制。闪蒸罐操作压力为1~15BarA,优选3~12BarA。

[0030] 本发明方法中,步骤(1)中预热器中聚合物溶液侧操作温度可通过控制热侧介质的温度(当热侧介质为导热油或熔盐时)或热侧介质的流量(当热侧介质为蒸汽时)进行精确控制,聚合物溶液侧操作温度优选100℃~350℃,更优选为200℃~260℃。

[0031] 此外,为了尽可能降低预热器中加热壁处聚合物溶液温度,防止加热壁处聚合物温度过高热降解变质,要求热介质温度和聚合物溶液侧操作温度差不大于20℃,优选两侧温度差不大于10℃。

[0032] 本发明方法中,预热器通过管线连接闪蒸罐时,为了防止聚合物溶液提前在预热器内闪蒸,使得聚合物在换热管壁上结垢降低预热器加热能力,需要在管线进入闪蒸罐前增加减压阀门,使溶液闪蒸发生在闪蒸罐内。优选地,减压阀门与闪蒸罐距离最小。

[0033] 本发明方法中,为了防止聚合物熔体在闪蒸罐内被气相溶剂/单体带至气相管线堵塞气相管线和阀门,闪蒸罐气相管线要求步步高,即带有一定坡度,坡向向上,坡度不小于1°,优选地,坡度不小于3°,不超过90°。

[0034] 本发明方法中,为了防止溶剂在加热器中提前汽化,步骤(2)所述加热器聚合物溶液侧操作温度不高于步骤(1)中的预热器聚合物溶液侧操作温度,温度差可以在5℃至110℃范围内。

[0035] 本发明方法中,为了使聚合物从闪蒸罐连续稳定地进入蒸发罐,步骤(2)所述加热器压力降不大于闪蒸罐与蒸发罐之间的压力差。

[0036] 本发明方法中,为使挥发份尽可能的脱除,步骤(2)所述蒸发罐应在真空状态下操作。操作压力5mBarA~1BarA,优选5mBarA~100mBarA。操作压力可以通过调节蒸发罐气相管线的控制阀门或者通过调节真空机组的变频器来控制。

[0037] 根据对脱挥后的聚合物中挥发性组分含量和聚合物溶液处理量的不同要求,可以采用串联的方式进行多级脱挥,也可采用并联的方式进行组合脱挥,还可串联并联共同脱挥。

[0038] 本发明的积极效果在于:

[0039] (1) 聚合物溶液脱挥的过程中,除输送动设备外,未使用其他额外动设备,脱挥能耗低,操作便捷,同时也有利于长周期稳定运转。

[0040] (2) 设备集成度高,输送管线少,减少了输送过程中的阻力消耗,同时也降低了堵塞的可能性。

[0041] (3) 采用两级加热的方式,即预热器和加热器,在闪蒸后即时加热,利于脱除浓度较低聚合物溶液中的挥发份。

[0042] (4) 剪切小,非常适合于脱除剪切敏感聚合物溶液中的挥发份。

[0043] (5) 操作弹性大,适应性广。通过调整操作温度和压力,可以脱除各种浓度范围、尤其是低浓度聚合物溶液下的不同聚合物产品中的挥发份。

附图说明

[0044] 附图1是本发明聚合溶液脱挥装置的一种示意图。

[0045] 图1中:1. 聚合物溶液进料管线,2. 预热器,3. 热介质进口管线,4. 热介质出口管线,5. 闪蒸罐,6. 挡板,7. 闪蒸罐气相管线,8. 蒸发罐气相管线,9. 蒸发罐,10. 节流装置,11. 加热器(换热管),12. 聚合物输送泵,13. 聚合物输送管线。

[0046] 图2是本发明中闪蒸罐气相管线入口的挡板示意图,其中上面一行是表示挡板的侧视图,下面一行是表示正视图。

[0047] 图3是本发明中加热器换热管的节流设施示意图。

具体实施方式

[0048] 通过以下实施案例来详细描述本发明,但实施案例为代表性的实施方式,并不限制本发明的保护范围。

[0049] 如图1所示,本发明提供一种聚合物溶液脱挥的装置,该装置包括预热器2、闪蒸罐5、加热器11、蒸发罐9以及聚合物输送泵12。

[0050] 其中,聚合物溶液进料管线1连接预热器2物料侧入口,预热器2物料侧出口通过管线连接闪蒸罐5,靠近闪蒸罐的管线上设置减压阀门。闪蒸罐气相管线入口有挡板6。闪蒸罐下部连接加热器11,加热器11的换热管出口带有节流设施10。经过加热器11加热后的聚合

物溶液进入蒸发罐9进一步脱除聚合物中的挥发份,蒸发罐上部的气相管线连接于真空装置,蒸发罐液相出口连接聚合物输送泵12,并通过聚合物输送管线将13脱挥后的聚合物送出。

[0051] 图2为闪蒸罐气相挡板6的示意图示例。图2(a)所示气相挡板为圆形挡板,图2(b)所示气相挡板为方形挡板,图2(c)所示气相挡板为椭圆形挡板。

[0052] 图3为加热器11的换热管末端安装的节流设施10,图3(a)为条状的节流设施,图3(b)(c)分布为圆孔状和五边形孔状的节流设施,图3(d)(e)为带有多个五角星和四边形小孔的节流设施。

[0053] 采用气相色谱测量聚合物中的挥发份含量。

[0054] 实施例1

[0055] 本实施例的脱挥装置如图1所示,其中,挡板采用图2c中的圆形挡板,气相通过挡板与闪蒸罐之间的壁面间隙流入闪蒸罐气相出口,流通面积为气相出口横截面积的1.5倍,闪蒸罐气相出口管线坡度为 3° ,加热器与闪蒸罐和蒸发罐之间的连接方式为法兰连接。加热器内加热介质为导热油,加热器换热管直径为 $\Phi 19 \times 2\text{mm}$,内径15mm。节流设施采用图3a中所示条状孔。

[0056] 根据图1所示流程,含有15%wt的乙烯-辛烯共聚物聚合物溶液,溶剂为环己烷,通过聚合物溶液进料管线进入到预热器,预热至 230°C ,经过调节阀减压后进入闪蒸罐闪蒸,闪蒸罐操作温度 164.9°C ,操作压力5BarA,闪蒸后在闪蒸罐底部得到乙烯-辛烯共聚物68.3wt%的聚合物溶液,经过闪蒸罐底部的加热器加热至 171°C 后进入蒸发罐,蒸发罐操作温度 120°C ,操作压力0.05BarA,在蒸发罐底部得到挥发份小于4000ppm的聚合物熔体。脱挥装置连续运转一个月未见明显异常。

[0057] 实施例2

[0058] 采用与实施例1同样的脱挥装置和流程,挡板、加热器及闪蒸罐气相管线的设置保持不变,节流设施采用图3e所示的矩形孔。

[0059] 含有70wt%聚砜的聚合物溶液,溶剂为氯苯,通过聚合物溶液进料管线进入预热器,预热至 220°C ,经过调节阀减压后进入闪蒸罐闪蒸,闪蒸罐操作温度 189.5°C ,操作压力1BarA,闪蒸后在闪蒸罐底部得到聚砜含量为90.7%的聚合物溶液,经过闪蒸罐底部加热器加热至 194°C 后进入蒸发罐,蒸发罐操作温度 176.7°C ,操作压力5mBar,在蒸发罐底部得到挥发份小于500ppm的聚合物熔体。装置在一个月的运转周期内操作和脱挥效果稳定。

[0060] 实施例3

[0061] 采用与实施例1相同的脱挥装置和流程,唯一区别在于采用图2b所示矩形气相挡板,挡板与闪蒸罐壁之间的气相流通面积为气相出口横截面积的1.2倍。

[0062] 含有50wt%苯乙烯-丙烯腈(SAN)聚合物的聚合物溶液,溶液中的其余组成20wt%的乙苯、22.5%wt的苯乙烯和7.5%wt的丙烯腈,通过聚合物溶液进料管线进入预热器,预热至 230°C ,经过调节阀减压后进入闪蒸罐闪蒸,闪蒸罐操作温度 185.6°C ,操作压力2BarA,闪蒸后在闪蒸罐底部得到SAN含量为77.9%的聚合物溶液,经过闪蒸罐底部加热器加热至 190°C 后进入蒸发罐,蒸发罐操作温度 157°C ,操作压力5mBar,在蒸发罐底部得到挥发份小于520ppm的聚合物熔体,其中,丙烯腈含量小于15ppm。脱挥装置运转超过一个月,脱挥效果稳定,未发现异常现象。

[0063] 对比例1

[0064] 采用与实施例2相同的脱挥装置和流程,唯一区别在于将矩形节流设施安装于加热器换热管的上部。

[0065] 含有70wt%聚砜的聚合物溶液,溶剂为氯苯,通过聚合物溶液进料管线进入预热器,预热至220℃,经过调节阀减压后进入闪蒸罐闪蒸,闪蒸罐操作温度189.5℃,操作压力1BarA,闪蒸后在闪蒸罐底部得到聚砜含量为90.7%的聚合物溶液,经过闪蒸罐底部加热器加热至191℃后进入蒸发罐,蒸发罐操作温度174.1℃,操作压力5mBar,在蒸发罐底部得到挥发份约为900ppm的聚合物熔体。连续运转两周后,装置处理能力下降,拆卸清理装置发现加热器的部分换热管中出现堵塞现象。

[0066] 对比例2

[0067] 采用与实施例2相同的脱挥装置和流程,唯一区别在于不设置底部的节流设施。

[0068] 含有70wt%聚砜的聚合物溶液,溶剂为氯苯,通过聚合物溶液进料管线进入预热器,预热至220℃,经过调节阀减压后进入闪蒸罐闪蒸,闪蒸罐操作温度189.5℃,操作压力1BarA,闪蒸后在闪蒸罐底部得到聚砜含量为90.7%的聚合物溶液,经过闪蒸罐底部加热器加热至190℃后进入蒸发罐,蒸发罐操作温度171.5℃,操作压力5mBar,在蒸发罐底部得到挥发份约为8500ppm的聚合物熔体。连续运作54h后,装置处理能力大幅下降,拆卸装置发现加热器的靠近壳侧换热管堵塞严重。

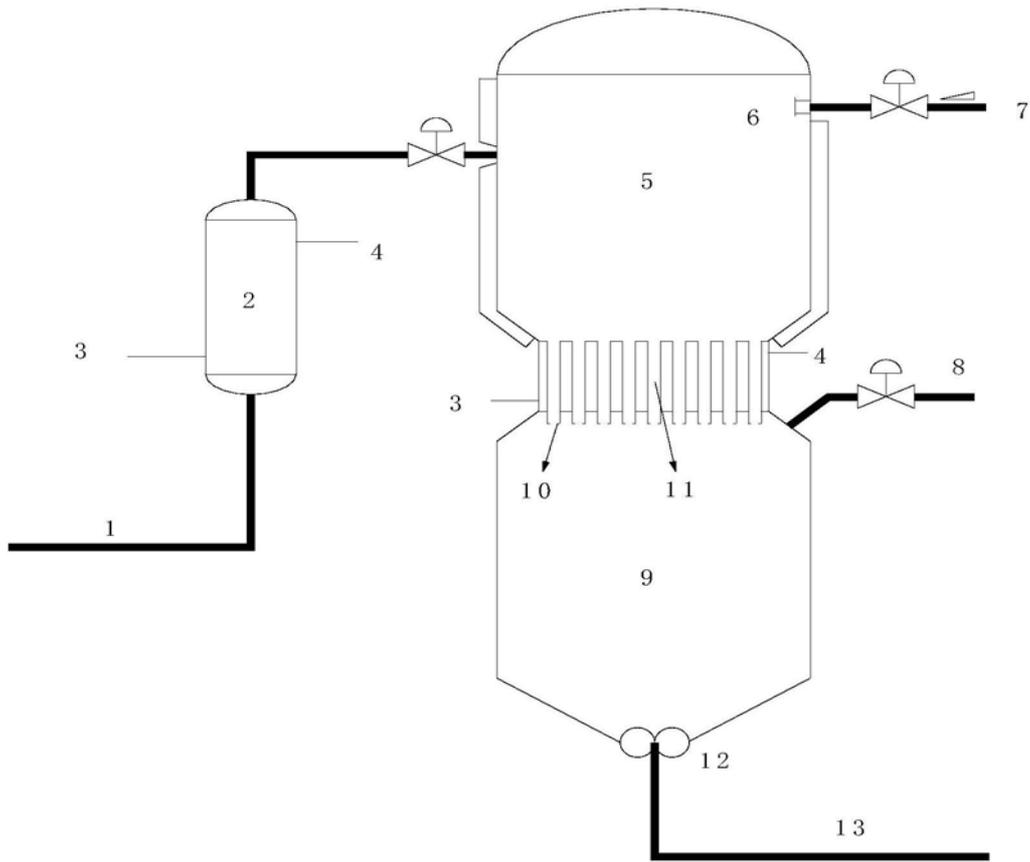


图1

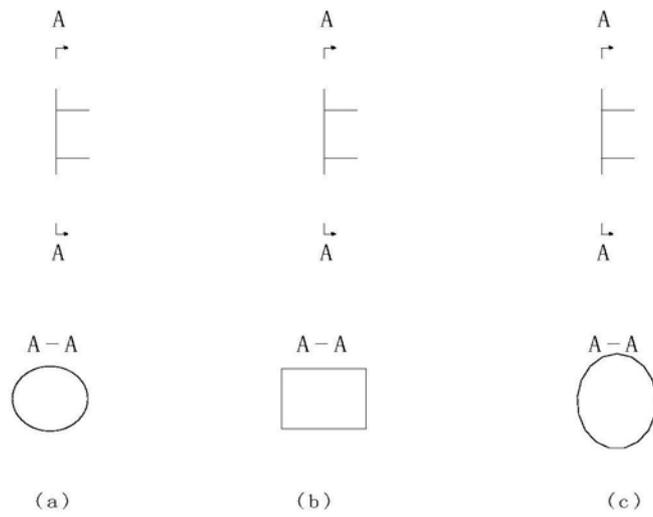


图2



(a)



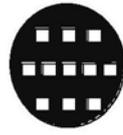
(b)



(c)



(d)



(e)

图3