



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107970627 B

(45)授权公告日 2020.08.07

(21)申请号 201810029880.3

(22)申请日 2014.06.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107970627 A

(43)申请公布日 2018.05.01

(30)优先权数据
13/916,038 2013.06.12 US

(62)分案原申请数据
201480036972.4 2014.06.06

(73)专利权人 麻省理工学院
地址 美国马萨诸塞州
专利权人 法赫德国王石油矿产大学

(72)发明人 普拉卡什·戈文丹
穆斯塔法·埃尔沙卡维
史蒂文·莱姆

马克西姆斯·圣约翰
约翰·林哈德

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
代理人 汤慧华 郑霞

(51)Int.Cl.
B01D 1/14(2006.01)
B01D 19/00(2006.01)
C02F 1/04(2006.01)

(56)对比文件
WO 2011137149 A1, 2011.11.03,
审查员 严小妹

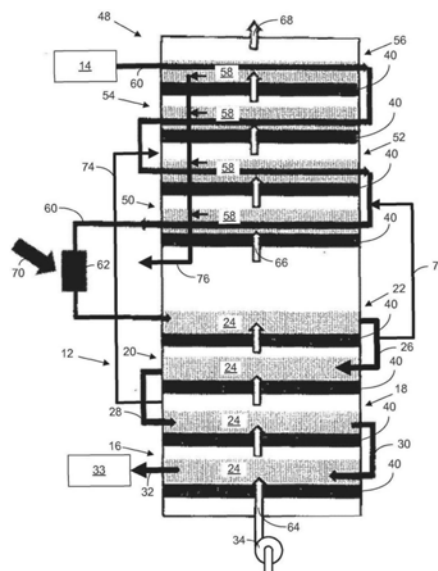
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

多级鼓泡塔增湿器

(57)摘要

本申请涉及多级鼓泡塔增湿器。原料流体流入第二级增湿器室中形成第二级增湿器液浴。来自该第二级增湿器室的原料液体的第一残余部分接着流入第一级增湿器室中以形成第一级增湿器液浴,该第一级增湿器液浴具有的温度低于该第二级液浴的温度。该原料液体的第二残余部分接着被从该第一级增湿器中去除。同时,载气被注入并鼓泡穿过该第一级增湿器液浴,从而从该原料液体的第一残余部分中收集呈蒸气形式的可气化组分来部分地增湿该载气。该部分增湿的载气接着鼓泡穿过该第二级增湿器液浴,其中该载气从该原料液体中收集更多的气化组分来在从该第二级增湿器室中去除之前进一步增湿该载气。



1. 一种用于将来自原料液体中的可气化组分增湿到载气中的方法,该方法包括:

使包括该可气化组分的原料液体流入多级增湿器的第二级增湿器室中以形成处于第二增湿温度的第二级增湿器液浴;

使该原料液体的第一残余部分从该第二级增湿器室流入该多级增湿器的第一级增湿器室中以形成处于第一增湿温度的第一级增湿器液浴,其中该第一增湿温度低于该第二增湿温度,其中该第一级增湿器液浴经由鼓泡器板与该第二级增湿器液浴分开;

将该原料液体的第二残余部分从该第一级增湿器室中去除;

将该载气注入该第一级增湿器室中的第一级增湿器液浴中并且使该载气鼓泡穿过该第一级增湿器液浴中的原料液体,其中该载气从该原料液体的第一残余部分中收集呈蒸气形式的可气化组分来用该可气化组分部分地增湿该载气,并且其中包含部分地增湿的载气的顶部气体区域形成在该第一级增湿器室中的该第一级增湿器液浴上方;

将该部分地增湿的载气直接从该第一级增湿器室的该顶部气体区域穿过该鼓泡器板流入该第二级增湿器室中的第二级增湿器液浴中并且使该载气鼓泡穿过该第二级增湿器液浴,其中该载气从该原料液体中收集更多的处于蒸气形式的可气化组分以便使用该可气化组分进一步增湿该载气,其中该第一级增湿器室的该顶部气体区域中的该部分地增湿的载气具有的压力大于该第二级增湿器液浴的流体静力学压力,并且其中当该载气鼓泡穿过该第一级增湿器液浴和该第二级增湿器液浴时,该第一级增湿器液浴和该第二级增湿器液浴维持大部分液相;并且

将经增湿的载气从该第二级增湿器室中去除。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,流入该第二级增湿器室中的原料液体是来自第三级增湿器室中的、处于第三增湿温度的第三级增湿器液浴的液体残余部分,其中该第三增湿温度高于该第二增湿温度,该方法进一步包括:将该经增湿的载气从该第二级增湿器室引导到该第三级增湿器室中的第三级增湿器液浴中并且使该经增湿的载气鼓泡穿过该第三级增湿器液浴,其中该经增湿的载气进一步用来自该第三级增湿器液浴的更多的呈蒸气形式的可气化组分增湿。

3. 如权利要求1所述的方法,其中,该多级增湿器是整体式结构,其中该部分地增湿的载气直接从该第一级增湿器室穿过该鼓泡器板进入该第二级增湿器室中的该第二级增湿器液浴中,而不离开该整体式结构。

4. 如权利要求3所述的方法,其中,这些级仅通过该鼓泡器板分开。

5. 如权利要求1所述的方法,其中,在离开该第二级增湿器液浴时该载气具有的温度比在离开该第一级增湿器液浴时该载气的温度高3°C-8°C。

6. 如权利要求1所述的方法,进一步包括在从该第二级增湿器室中去除该经增湿的载气之后使得来自该经增湿的载气中的可气化组分在除湿器中冷凝。

7. 如权利要求6所述的方法,其中,该可气化组分是水。

8. 如权利要求6所述的方法,其中,该可气化组分在该除湿器中从该经增湿的载气中冷凝是通过:使该经增湿的载气鼓泡穿过第一级除湿器室中的处于第一除湿温度的第一级除湿器液浴,其中该第一除湿温度低于该第二增湿温度。

9. 如权利要求8所述的方法,进一步包括使该原料液体流过原料液体导管,该原料液体导管经过第二级除湿器室中的第二级除湿器液浴并接着经过该第一级除湿器液浴,之后该

原料液体流入该第二级增湿器室中,其中当该原料液体流经经过了该第二级除湿器液浴和该第一级除湿器液浴的该原料液体导管时该原料液体被从该第二级除湿器液浴和该第一级除湿器液浴中提取出的热能加热。

10.如权利要求9所述的方法,其中,该第二级除湿器液浴和该第一级除湿器液浴具有基本上与来自该原料液体的可气化组分相同的呈液体形式的同一组分。

11.如权利要求6所述的方法,其中,从该多级增湿器中的至少一个中间位置提取出该载气的一部分、并且将其从各提取中间位置供送至该除湿器中的对应中间位置,从而允许操纵气体质量流量并且允许获得更大的热量回收。

12.如权利要求6所述的方法,其中,从该多级增湿器中的至少一个中间位置提取出该原料液体的残余部分的一部分、并且将其从各提取中间位置供送至该除湿器中的对应中间位置,从而允许操纵原料液体流量并且允许获得更大的热量回收。

13.一种多级鼓泡塔增湿设备,包括:

含有原料液体的原料液体源;

第二级增湿器室,该第二级增湿器室被配置成用于从该原料液体源接收该原料液体并且含有第二级气泡分布器以及在该第二级气泡分布器上方的该原料液体的第二级液浴;

第一级增湿器室,该第一级增湿器室与该第二级增湿器室一体地连结并且被配置成用于从该第二级增湿器室接收该原料液体的残余部分,并且含有第一级气泡分布器、在该第一级气泡分布器上方的该原料液体的该残余部分的第一级液浴以及将该第一级液浴与该第二级液浴分开的第一级顶部气体区域;

含有载气的载气源,其中,该第一级增湿器室被配置成用于从该载气源接收载气并且通过该第一级气泡分布器使该载气分散,并且其中,该第二级增湿器室被配置成用于从该第一级增湿器室接收载气并且通过该第二级气泡分布器使直接来自该第一级增湿器室的载气分散;

第一级除湿器室,该第一级除湿器室被配置成用于接收来自该第二级增湿器室的载气;

第二级除湿器室,该第二级除湿器室被配置成用于接收来自该第一级除湿器室的载气;

原料液体导管,该原料液体导管与该原料液体源相联接并且被配置成将原料液体从该原料液体源穿过该第二级除湿器室、接着穿过第一级除湿器室并且然后送至该第二级增湿器室;以及

加热器,该加热器被配置成用于加热在该第一级除湿器室与该第二级增湿器室之间的该原料液体导管中的原料液体。

14.如权利要求13所述的多级鼓泡塔增湿设备,其中,该原料液体选自以下各项中的至少一项:(a)海水或盐味水以及(b)来自油或气提取的回流水或生产水。

15.如权利要求13所述的多级鼓泡塔增湿设备,其中,该第一级增湿器室和该第二级增湿器室是竖直堆放的。

16.如权利要求13所述的多级鼓泡塔增湿设备,其中,该第一级增湿器室和该第二级增湿器室各自具有水平测量的宽度以及竖直测量的高度,其中该宽度是该高度的至少两倍以上。

17. 如权利要求13所述的多级鼓泡塔增湿设备,进一步包括多重提取导管,该多重提取导管被配置成用于在(a)位于该第一级除湿器室与该第二级除湿器室之间的中间位置处的该原料液体导管与(b)该第一级增湿器室或该第二级增湿器室之间直接交换原料液体。

18. 如权利要求13所述的多级鼓泡塔增湿设备,其中,该第一级增湿器室和该第二级增湿器室是多级增湿器中的级,并且其中,该第一级除湿器室和该第二级除湿器室是多级除湿器中的级,所述设备进一步包括至少一个多重提取导管,该至少一个多重提取导管被配置成用于从该多级增湿器中的至少一个中间位置提取出该载气的一部分并且将提取出的载气从各提取中间位置供送至该多级除湿器中的对应中间位置,从而允许操纵气体质量流量并且允许获得更大的热量回收。

多级鼓泡塔增湿器

[0001] 本申请是申请日为2014年06月06日,申请号为2014800369724,发明名称为“多级鼓泡塔增湿器”的申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本申请涉及多级鼓泡塔增湿器。

[0003] 背景

[0004] 在本世纪,由于全球对人道主义的关注,淡水的短缺可能远超过能量的短缺;并且这两项挑战紧密关联,例如在《经济学家》(The Economist)的2010年5月20日发布的“关于水的专题报告(Special Report on Water)”中解释的。淡水是人类和其他生物的最根本的需求之一;每个人每天需要消耗最少约两升水。世界还面临着农业和工业过程中更大的淡水需求。

[0005] 水供应不足导致的危害是特别尖锐的。淡水的短缺可能导致各种危机,包括饥荒、疾病、死亡、被迫大规模迁徙、地区之间的冲突/战争、以及崩溃的生态系统。尽管对淡水的需要是危急的并且短缺的后果是重大的,淡水的供应仍是特别受限制的。地球上97.5%的水是咸水,并且剩余部分中约70%作为冰被锁住(大多数在冰冠和冰川中),从而仅留下地球上所有水中的一小部分作为淡水(非咸水)而可供使用。

[0006] 此外,地球上作为淡水且可用的水是不均匀分布的。例如,人口稠密的国家,像印度和中国,有许多地区遭遇了供应短缺。还进一步,淡水的供应通常是季节性不一致的。同时,对淡水的需求在全球正变得紧张。水库在干涸;含水层在下沉;河流在干枯;并且冰川和冰冠在消退。增长的人口增大了需求,农业的转变和增大的工业化也是如此。气候变化在许多地区提出了甚至更多威胁。因此,面临水短缺的人口数量在增加。然而,天然存在的淡水总体上被限制在区域性流域中;并且水的运输是昂贵且耗能的。尽管如此,许多现有的用于由海水(或盐味水或污染的废水流)生产淡水的工艺要求大量的能量。反渗透(RO)是当前领先的除盐技术。在大规模工厂中,所要求的比电量可以低至30%的回收率 $4\text{kWh}/\text{m}^3$,相比之下理论最小值是约 $1\text{kWh}/\text{m}^3$;较小规模的RO系统(例如,船上的)是效率较低的。

[0007] 其他现有的海水粗盐系统包括基于热能的多级闪蒸(MSF)、以及多效蒸馏(MED),二者均是能量密集且资本密集的工艺。然而在MSF和MED系统中,最大盐水温度和输入热量的最大温度是受到限制的以避免硫酸钙、氢氧化镁、以及碳酸钙沉淀,这会导致在热传递设备上形成软垢和硬垢。

[0008] 增湿-除湿(HDH)除盐系统包括增湿器和除湿器作为其主要部件并且使用载气(例如,空气)来在热源与盐水之间流通能量。这种技术的一种简单形式包括增湿器、除湿器、以及用来加热海水流的加热器。在增湿器中,热的海水与干燥空气直接接触,并且此空气变成加热和增湿的。在除湿器中,使加热和增湿的空气与冷的海水(间接)接触并且变得被除湿,从而产生纯水和除湿的空气。如同MSF和MED系统,如果温度升高到太高,则在该系统内可能发生结垢组分的沉淀,这具有后续损害。

[0009] 在美国专利号8,119,007 B2(A. Bajpayee等人)中描述的另一种途径使用了定向

溶解水但不溶解盐的定向溶剂。定向溶剂被加热来从盐溶液中将水溶解到该定向溶剂中。剩余的高度浓缩的盐水被去除,并且定向溶剂与水的这个溶液被冷却来使基本上纯的水从该溶液中脱溶出来。

[0010] 本申请的发明人中的以下发明人也是以下包括对HDH和用于纯化水的其他工艺的额外讨论的专利申请的发明人:美国专利号8,465,006 B2;美国专利号8,252,092 B2;US 2012/0205236 A1;US 2013/0074694 A1;以及美国专利号8,496,234 B1。

发明内容

[0011] 本文描述了以有成本效益的方式从原料液体(例如,海水、盐味水、废水、或回流水或生产水)中分离出液体(例如,纯水)的方法和设备。这些方法和设备的不同实施例可以包括下文描述的一些或全部要素、特征和步骤。

[0012] 在一种用于使得来自原料液体的可气化组分的增湿的方法中,这种包括可气化组分的原料液体流入第二级增湿器室中以便形成处于第二增湿温度的第二级增湿器液浴。然后该原料液体的第一残余部分从该第二级增湿器室流入第一级增湿器室中以形成处于第一增湿温度的第一级增湿器液浴,其中该第一增湿温度低于该第二增湿温度。该原料液体的第二残余部分接着被从该第一级增湿器室中去除。

[0013] 同时,该载气被注入该第一级室中的第一级增湿器液浴中并且鼓泡穿过该第一级增湿器液浴,其中该载气从该原料液体的第一残余部分中收集呈蒸气形式的可气化组分来用该可气化组分至少部分地增湿该载气。该部分增湿的载气接着从该第一增湿器室被引导到该第二级增湿器室中的第二级增湿器液浴中并且鼓泡穿过该第二级增湿器液浴,其中该载气从该原料液体中收集更多的呈蒸气形式的可气化组分以使用该可气化组分进一步增湿该载气;经增湿的载气接着被从该第二级增湿器室中去除。

[0014] 在一种多级鼓泡塔增湿设备中,原料液体源含有原料液体;并且,第二级增湿器室被配置成用于从该原料液体源接收原料液体并且含有气泡分布器。此外,第一级增湿器室被配置成用于从该第二级增湿器室接收原料液体的残余部分并且包括气泡分布器。一种含有载气的载气源,其中,该第一级增湿器室被配置成用于从该载气源接收载气并且通过该第一级增湿室的气泡分布器使该载气分散,并且其中,该第二级增湿器室被配置成用于从该第一级增湿器室接收载气并且通过该第二级增湿器室的气泡分布器使载气分散。

[0015] 本文描述的多级鼓泡塔增湿器可以取代之之前在增湿-除湿系统中使用的填充床热交换器来有效地对于干燥空气增湿。本文描述的方法和设备的实施例可以提供的优点包括低成本的除湿,因为设备成本和运行能量成本都可以降低。具体地,用于增湿的能量可以由这些增湿室中的原料液体直接提供的。此外,多级增湿器中非常高的热量和质量传递速率使得能够实现非常小的增湿装置的设计和使用。还进一步地,在该多级鼓泡塔中可以使用多重提取来进一步提高热量回收。

[0016] 本文还描述了以下方面:

[0017] 1) 一种用于将来自原料液体中的可气化组分增湿到载气中的方法,该方法包括:

[0018] 使包括该可气化组分的原料液体流入多级增湿器的第二级增湿器室中以形成处于第二增湿温度的第二级增湿器液浴;

[0019] 使该原料液体的第一残余部分从该第二级增湿器室流入该多级增湿器的第一级

增湿器室中以形成处于第一增湿温度的第一级增湿器液浴,其中该第一增湿温度低于该第二增湿温度;

[0020] 将该原料液体的第二残余部分从该第一级增湿器室中去除;

[0021] 将该载气注入该第一级增湿器室中的第一级增湿器液浴中并且使该载气鼓泡穿过该第一级增湿器液浴,其中该载气从该原料液体的第一残余部分中收集呈蒸气形式的可气化组分来用该可气化组部分地增湿该载气;

[0022] 将该部分地增湿的载气从该第一级增湿器室引导到该第二级增湿器室中的第二级增湿器液浴中并且使该载气鼓泡穿过该第二级增湿器液浴,其中该载气从该原料液体中收集更多的处于蒸气形式的可气化组分以使用该可气化组分进一步增湿该载气;并且

[0023] 将经增湿的载气从该第二级增湿器室中去除。

[0024] 2) 如项1)所述的方法,其中,流入该第二级增湿器室中的原料液体是来自第三级增湿器室中的、处于第三增湿温度的第三级增湿器液浴的液体残余部分,其中该第三增湿温度高于该第二增湿温度,该方法进一步包括:将该经增湿的载气从该第二级增湿器室引导到该第三级增湿器室中的第三级增湿器液浴中并且使该经增湿的载气鼓泡穿过该第三级增湿器液浴,其中该经增湿的载气进一步用来自该第三级增湿器液浴的更多的呈蒸气形式的可气化组分增湿。

[0025] 3) 如项1)所述的方法,进一步包括在从该第二级增湿器室中去除该经增湿的载气之后使得来自该经增湿的载气中的可气化组分在除湿器中冷凝。

[0026] 4) 如项3)所述的方法,其中,该可气化组分是水。

[0027] 5) 如项4)所述的方法,其中,该原料液体是海水或盐味水。

[0028] 6) 如项4)所述的方法,其中,该原料液体是来自油或气提取的回流水或生产水。

[0029] 7) 如项3)所述的方法,其中,在离开该第二级增湿器液浴时该载气具有的温度比在离开该第一级增湿器液浴时该载气的温度高3℃-8℃。

[0030] 8) 如项3)所述的方法,其中,该第一级增湿器液浴和该第二级增湿器液浴具有垂直于该载气穿过该液浴的流动测量出的宽度、以及平行于该载气的流动测量出的高度,其中该宽度是该高度至少两倍大。

[0031] 9) 如项3)所述的方法,其中,该可气化组分在该除湿器中从该经增湿的载气中冷凝是通过:使该经增湿的载气鼓泡穿过第一级除湿器室中的处于第一除湿温度的第一级除湿器液浴,其中该第一除湿温度低于该第二增湿温度。

[0032] 10) 如项9)所述的方法,进一步包括使该原料液体流过原料液体导管,该原料液体导管经过第二级除湿器液浴并接着经过该第一级除湿器液浴,之后该原料液体流入该第二级增湿器室中,其中当该原料液体流经经过了该第二级除湿器液浴和该第一级除湿器液浴的该原料液体导管时该原料液体被从该第二级除湿器液浴和该第一级除湿器液浴中提取出的热能加热。

[0033] 11) 如项10)所述的方法,进一步包括在该原料液体流经经过了该第二级除湿器室和该第一级除湿器室的该原料液体导管之后并且在该原料液体流经该第二级增湿器室和该第一级增湿器室之前,使用附加的热量源来进一步加热该原料液体。

[0034] 12) 如项3)所述的方法,其中,该除湿器是包括多个除湿室的多级除湿器。

[0035] 13) 如项3)所述的方法,其中,从该多级增湿器中的至少一个中间位置提取出该载

气的一部分、并且将其从各提取中间位置供送至该除湿器中的对应中间位置,从而允许操纵气体质量流量并且允许获得更大的热量回收。

[0036] 14) 如项3) 所述的方法,其中,从该多级增湿器中的至少一个中间位置提取出该原料液体的残余部分的一部分、并且将其从各提取中间位置供送至该除湿器中的对应中间位置,从而允许操纵原料液体流量并且允许获得更大的热量回收。

[0037] 15) 如项9) 所述的方法,其中,该第一级除湿器液浴和该第二级除湿器液浴具有基本上与来自该原料液体的可气化组分相同的呈液体形式的同一组分。

[0038] 16) 如项1) 所述的方法,其中,该多级增湿器是整体式结构,这些级仅通过鼓泡器板分开,并且其中,该部分增湿的载气被直接从该第一增湿器室引导穿过该鼓泡器板到该第二级增湿器室中。

[0039] 17) 一种多级鼓泡塔增湿设备,包括:

[0040] 含有原料液体的原料液体源;

[0041] 第二级增湿器室,该第二级增湿器室被配置成用于从该原料液体源接收原料液体并且含有第二级气泡分布器;

[0042] 第一级增湿器室,该第一级增湿器室与该第二级增湿器室一体地连结、被配置成用于从该第二级增湿器室接收该原料液体的残余部分并且含有第一级气泡分布器;以及

[0043] 含有载气的载气源,其中,该第一级增湿器室被配置成用于从该载气源接收载气并且通过该第一级气泡分布器使该载气分散,并且其中,该第二级增湿器室被配置成用于从该第一级增湿器室接收载气并且通过该第二级气泡分布器使直接来自该第一级增湿器室的载气分散。

[0044] 18) 如项17) 所述的多级鼓泡塔增湿设备,其中,该原料液体选自以下各项中的至少一项:(a) 海水或盐味水以及(b) 来自油或气提取的回流水或生产水。

[0045] 19) 如项17) 所述的多级鼓泡塔增湿设备,其中,该第二级增湿器室和该第一级增湿器室是竖直堆放的。

[0046] 20) 如项19) 所述的多级鼓泡塔增湿设备,其中,该第二级增湿器室和该第一级增湿器室各自具有水平测量的宽度以及竖直测量的高度,其中该宽度是该高度的至少两倍大。

[0047] 21) 如项17) 所述的多级鼓泡塔增湿设备,进一步包括:

[0048] 被配置成用于接纳来自该第二级增湿器室的载气的第一级除湿器室;

[0049] 被配置成用于接纳来自该第一级除湿器室的载气的第二级除湿器室;

[0050] 原料液体导管,该原料液体导管与该原料液体源相联接并且被配置成从该原料液体源穿过该第二级除湿器室并且接着穿过第一级除湿器室、然后以出口终止到该第二级增湿器室中;以及

[0051] 加热器,该加热器被配置成用于加热在该第一级除湿器室与该第二级增湿器室之间的原料流体导管。

[0052] 22) 如项21) 所述的多级鼓泡塔增湿设备,进一步包括多重提取导管,该多重提取导管被配置成用于在(a) 位于该第一级除湿器室与该第二级除湿器室之间的中间位置处的原料液体导管与(b) 该第一级增湿器室或该第二级增湿器室之间直接交换原料液体。

[0053] 此外,可以用本文描述的这些方法来有利地从污染的废水流中(例如,从油气生产

中)提取出水,以便既生产出淡水又浓缩废水流并减小其体积,由此减少污染和污物并降低成本。

附图说明

[0054] 图1是多级鼓泡塔增湿器的实施例的示意性截面图。

[0055] 图2是该多级鼓泡塔增湿器中的第一级增湿室的实施例的示意图。

[0056] 图3是多级单塔增湿-除湿(HDH)系统的示意性截面图。

[0057] 图4是多级单塔HDH系统的示意性截面图,该系统包括用于原料液体和载气的多重提取导管。

[0058] 在附图中,贯穿这些不同的视图,类似的参考号指代相同或相似的部分。这些图不一定是按比例绘制的,而是将重点放在展示下文讨论的具体原理上。

[0059] 详细说明

[0060] 从以下对本(这些)发明的较宽界限内的多种不同概念和具体实施例的更具体说明中,本发明的各个方面的以上以及其他的特征和优点将变得清楚。上文介绍的且在下文更详细讨论的主题的多个不同方面可以按众多方式中的任一种来实现,因为该主题不局限于任何具体的实现方式。具体实现方式和应用的实例主要是为了展示的目的来提供的。

[0061] 除非本文另作定义、使用或表征,否则本所文使用的术语(包括技术类和科学类术语)应解释为具有与其在相关领域的背景下可接受的含义相一致的含义、并且不得在理想化的或过度正式的意义上进行解释,除非本文明确地如此定义。例如,如果提及了具体的成分,则该成分可以基本上是纯的但不是完全纯的,因为可能适用了实际而不完美的现实;例如,潜在存在至少痕量杂质(例如,少于1%或2%)可以理解为是在本说明的范围之内;同样,如果提及具体的形状,则该形状旨在包括相对于理想形状的不完美变体,例如由于制造公差。本文表达的百分比或浓度可以是由按重量计或按体积计来代表的。

[0062] 虽然本文使用了术语第一、第二、第三等等来描述不同的要素,但这些要素不受这些术语的限制。这些术语只是用来将一个要素与另一个要素进行区分。因此,如下文讨论的第一要素可以被称为第二要素,而并不背离这些示例性实施例的传授内容。

[0063] 为了描述方便,本文可以使用与空间相关的术语,例如“下方”、“下方”、“左”、“右”、“前方”、“后方”等等来描述一个要素相对于另一个要素的关系,如附图中展示的。应理解的是,这些与空间相关的术语以及所展示的构型旨在除了本文描述的和附图中描绘的取向之外还涵盖设备在使用中或在运行中的不同取向。例如,如果将附图中的设备翻转,则描述为在其他要素或特征“下方”或“之下”的要素将定向成在这些其他要素或特征的“上方”。因此,示例性的术语“上方”可以涵盖上方和相反取向二者。可以按其他方式来定向这种设备(例如,旋转90度或处于其他取向)并且本文使用的与空间相关的描述语句应相应地进行解释。

[0064] 又另外,在本披露中,当一个要素被称为“在”、“连接到”或“联接到”另一个要素上时,它可以是直接地在、连接到或联接到该另一个要素上,或者可以是存在介入要素的,除非另外指明。

[0065] 本文使用的术语是出于描述具体实施例的目的的而并不旨在限制示例性的实施例。如本文所使用的,单数形式如“一个”和“一种”旨在也包括复数形式,除非上下文另外指

明。此外,术语“包括”、“包括了”、“含有”和“含有了”指明了所叙述的要素或步骤的存在,但不排除存在或添加有一个或多个其他要素或步骤。

[0066] 图1展示了具有四级的多级鼓泡塔增湿器12的实施例。在如下文描述的其他实施例中,可以串联链接更多或更少的增湿级以实施增湿过程。包括被溶解组分的原料液体从原料液体源14(例如,大海、池塘或储存箱)供送至增湿器12的第四级增湿室22中,在这里该原料液体形成了室22内所含有的液浴24。在第一实施例中,原料液体被以70℃的温度供送到第四级增湿室22中。该原料液体的可气化组分(例如,水)气化到载气中,该载气鼓泡穿过液浴24,如下文描述的。

[0067] 原料液体的残余部分(带有进一步浓缩的被溶解组分)从该第四级增湿室22经由导管26被供送到第三级增湿室20中,在该第三级增湿室中,原料液体的该残余部分形成另一个液浴24,该载气鼓泡穿过该另一个液浴。在该第一实施例中,原料液体的残余部分在这个实施例中被以62℃的温度供送至第三级增湿室20中;剩余原料的温度逐级降低,部分地是由于在每个级中用来将可气化组分从原料流体气化到载气中所使用的能量。

[0068] 进而,原料液体的残余部分(带有更进一步浓缩的被溶解组分)从该第三级增湿室20经由导管28被供送到第二级增湿室18中,在该第二级增湿室中,原料液体的该残余部分形成另一个液浴24,该载气鼓泡穿过该另一个液浴。原料液体的残余部分在这个实施例中被以56℃的温度供送至第二级增湿室18中。

[0069] 最后,原料液体的残余部分(带有更进一步浓缩的被溶解组分)从该第二级增湿室18经由导管30被供送到第一级增湿室16中,在该第一级增湿室中,原料液体的该残余部分形成另一个液浴24,该载气鼓泡穿过该另一个液浴。在该第一实施例中,原料液体的残余部分在这个实施例中被以51.3℃的温度供送至第一级增湿室16中。原料液体的该残余部分(现在可以处于冷盐水的形式)可以从该第一级增湿室(例如在这个实施例中以45.7℃的温度)经由导管32而被移除到盐水储存器33中。相应地,原料液体的温度可以跨过每个级降低例如约5%-15%。

[0070] 同时,冷的、干燥的载气被鼓泡穿过每级的液浴24以便从这些液浴24中去除气化的组分(如图2所示),其中在图1中用箭头36示出了载气在这些室之间的流动。载气可以是例如空气,并且它可以起初从被增压泵34(该增压泵供应到储器35中)加压的载气储器35供送至第一级增湿室16中。载气填充了第一级增压室16内部的较低气体区域并且经气泡分布器(在此为鼓泡器板)40以气泡42的形式流入液浴24中(如图2所示),在这里载气被加热并增湿(由原料液体提供热量和增湿)。原料液体的可气化组分(例如,水)在液浴24和气泡42的气-液界面处气化进入气泡42。气泡42向上流动穿过液浴24,从而从液浴24获得能量和可气化组分(以蒸气的形式),直到载气进入液浴24上方的顶部气体区域并且接着从气体导管出来而到达第二级增湿室18。其余的增湿室18、20和22具有与第一级增湿室16相似或相同的设计和运行;并且增湿室16、18、20和22各自中的液浴24可以具有明显大于其高度(h)(例如,至少为其两倍大)的宽度(w),以便增大该可气化组分气化并转移到载气中的效率。鼓泡器板40的载气(底)侧上的压力降与液浴24的高度紧密相关,因为空气需要克服液浴24的流体静力学高度来保持液浴液体不会穿过鼓泡器板40“渗出”到达下方的这级。因此,液浴24高度小的主要优点是由于较低的压力降而降低空气移动装置(鼓风机)34的电力消耗。在这种情形中维持小高度的液浴也是有利的,因为热传递的特征尺寸是在几毫米的数量级上。

[0071] 图3展示了多级鼓泡塔增湿器12和除湿器48相堆叠的一个实施例。在这个实施例中,增湿器12包括四级16、18、20和22并且如上文的实施例中所描述地运行。然而,在此,来自第四级增湿室22的、经除湿的载气66被从第四级增湿室22泵送到除湿器48的第一级除湿室50。该除湿器48可以具有与美国申请序列号13/241,907的多级鼓泡塔除湿器相同或基本上相同的设计。这些除湿室50、52、54和56中的液浴58可以由与从增湿器12中的原料液体气化的组分相同的成分的液体(例如,水)形成。

[0072] 在除湿室50、52、54和56之中,第一级除湿室50中的液浴58的温度高于第二级除湿室52中的液浴58的温度;第二级除湿室52中的液浴58的温度高于第三级除湿室54中的液浴58的温度;并且第三级除湿室54中的液浴58的温度高于第四级除湿室56中的液浴58的温度。纯的冷凝液体(例如,液态水)从除湿器48中经由输出导管76提取出,冷凝物从每个除湿室50、52、54和56流入该输出导管中。

[0073] 这些液浴58可以是由依次注入各液浴58并穿过各液浴的热的、增湿的载气66所传递的热能来加热的,其中当载气66依次穿过这些级被冷却时,可冷凝的蒸气组分从该增湿的载气66中以液体形式冷凝到这些液浴58中。同时,原料液体被从原料液体源14泵送通过各级中蛇行穿过液浴58的蛇形导管60;热能通过导管60从这些液浴58传导到原料液体从而将在到加热器62路途上的原料液体逐渐预加热,该加热器将额外热能70注入该原料液体中以其温度升高到例如70℃,之后该原料液体被注入第四级增湿室22中而在其中形成液浴24。

[0074] 在图4的实施例中,该设备还包括在该多级增湿器12和除湿器48中的多个中间位置(例如,在起始的室与最后的室之间的位置)之间延伸的多个多提取导管72和74。导管74从第四级到第三级的导管26中提取原料液体残余部分的一部分(但可以也/替代地从导管28或30提取)并且将所提取的原料液体残余部分(以更高的温度)再循环回到该多级除湿器48的多个级之间(在此,在第一级与第二级除湿室50与52之间)的原料液体导管60中。通过多次提取,这种经由导管72从这个(这些)鼓泡塔的这些级之间提取/注入原料液体有助于该系统在运行中的热力学平衡。类似地,可以从增湿器12的至少一个中间位置(在此,从第二级增湿室28)经由导管74提取载气的一部分、并且将其注入该多级除湿器12的一个级中(在此,注入第二级除湿室52)中。

[0075] 在描述本发明的实施例时,为清楚起见使用的特定的术语。为了描述的目的,特定的术语旨在至少包括以类似方式起作用而实现类似结果的技术上和功能上的等效物。此外,在本发明的一个具体实施例包括多个系统要素或方法步骤的一些情形下,这些要素或步骤可以用单一要素或步骤替代;同样地,单一要素或步骤可以用起到相同目的的多个要素或步骤来替代。进一步,在本文针对本发明的实施例指定了各种特性的参数或其他值的情况下,这些参数或值可以上下调整1/100、1/50、1/20、1/10、1/5、1/3、1/2、2/3、3/4、4/5、9/10、19/20、49/50、99/100等等(或相上调整1、2、3、4、5、6、8、10、20、50、100倍等等)、或调整其四舍五入近似值,除非另外指明。此外,虽然已参照本发明的具体实施例示出和描述了本发明,但本领域技术人员应理解的是,可以对其在形式和细节上作出各自替代和更改而不背离本发明的范围。又另外的其他方面、功能和优点也是在本发明的范围内的;并且本发明的所有实施例不必实现所有这些优点或者具有上文描述的所有特性。此外,本文结合一个实施例所讨论的步骤、要素和特征可以同样地结合其他实施例来使用。本文全篇引用

的参考文献的内容(包括参考文本、杂志文章、专利、专利申请等)都以其全部内容通过援引并入本文;并且来自这些参考文献中的适当的部件、步骤和特征可以包括在或可以不包括在本发明的实施例中。还进一步地,背景部分中明确的部件和步骤是与本披露一体的并且可以结合在本发明的范围内在本披露的其他地方描述的部件和步骤来使用、或代替这些部件和步骤。在以具体顺序叙述了多个级的方法权利要求中(为了方便引用而添加了或未添加顺序性的前序字符),这些级不得解释为在时间上受限于对其进行叙述的顺序,除非用术语和短语另外指明或暗示出。

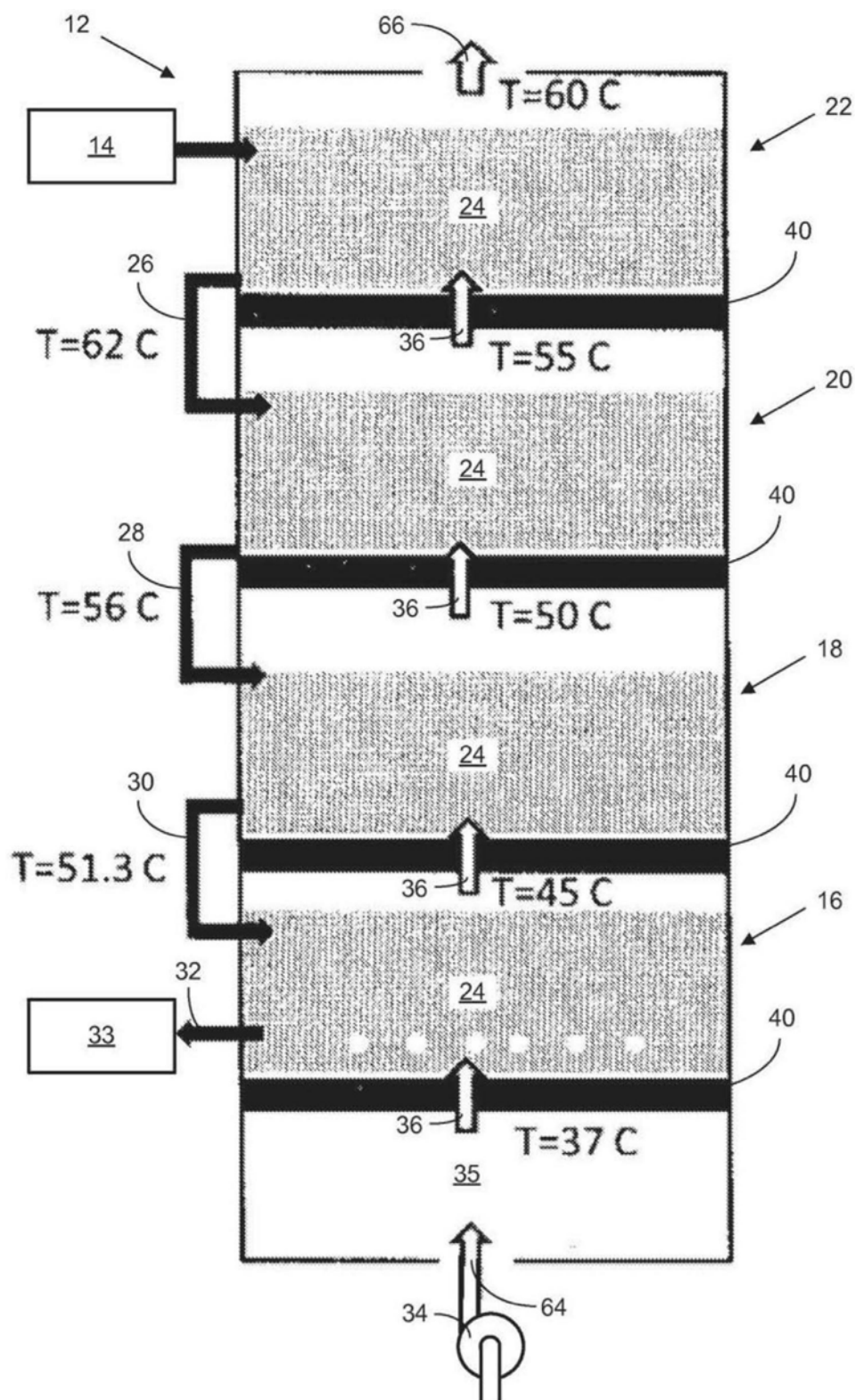


图1

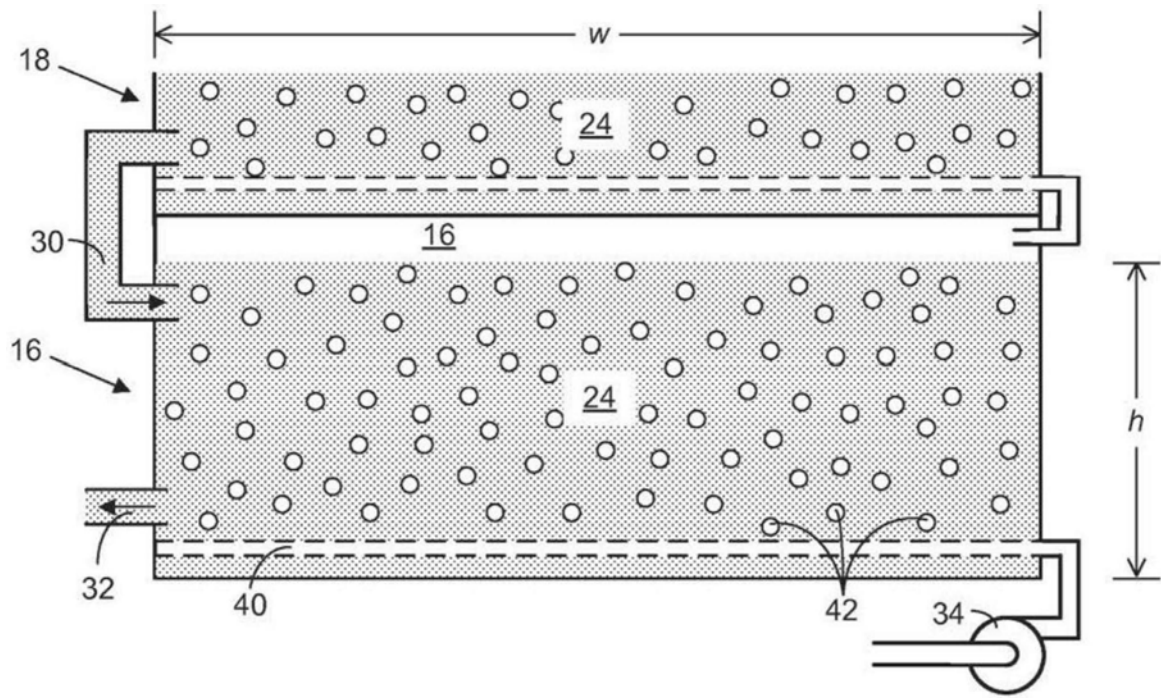


图2

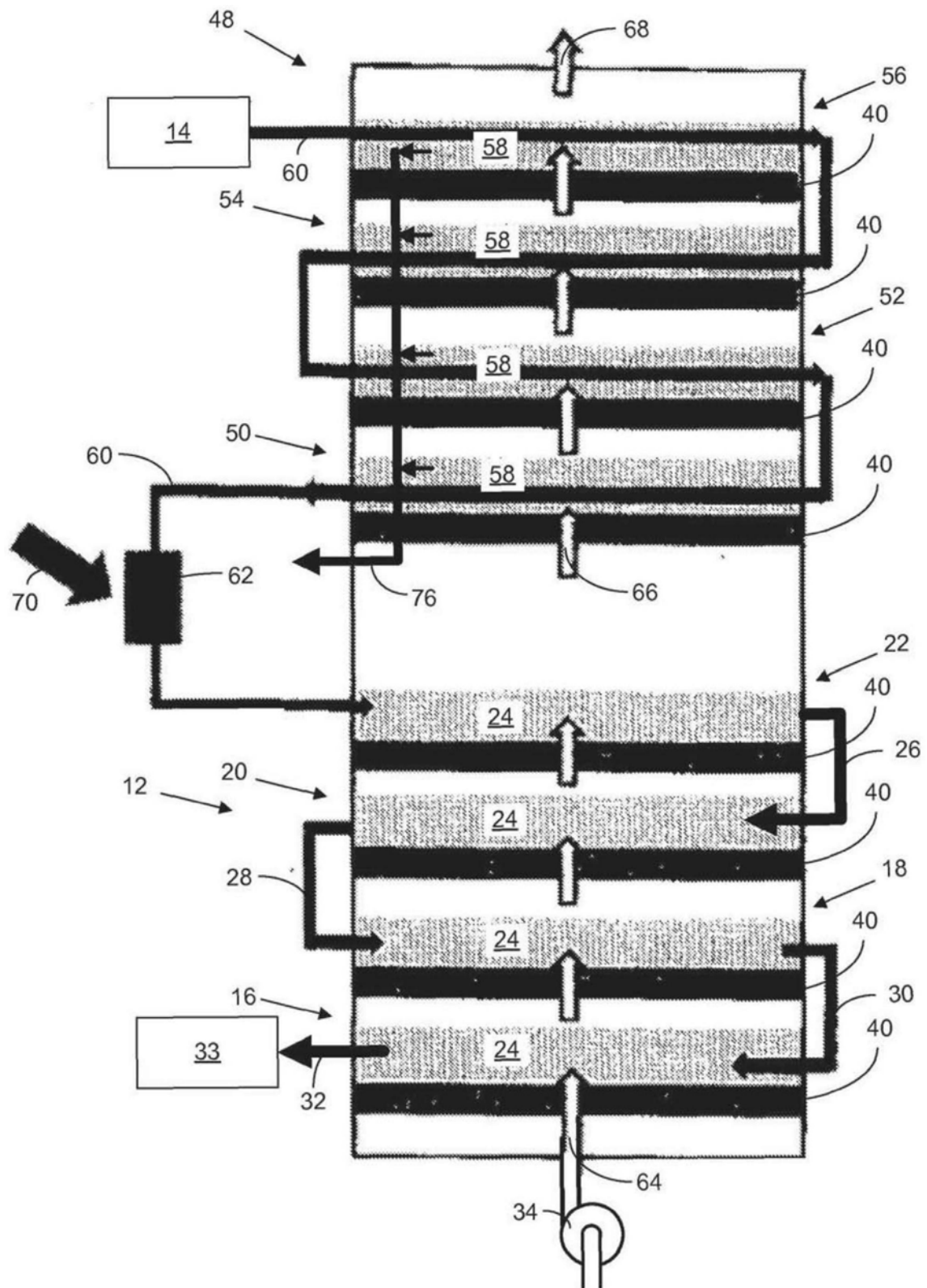


图3

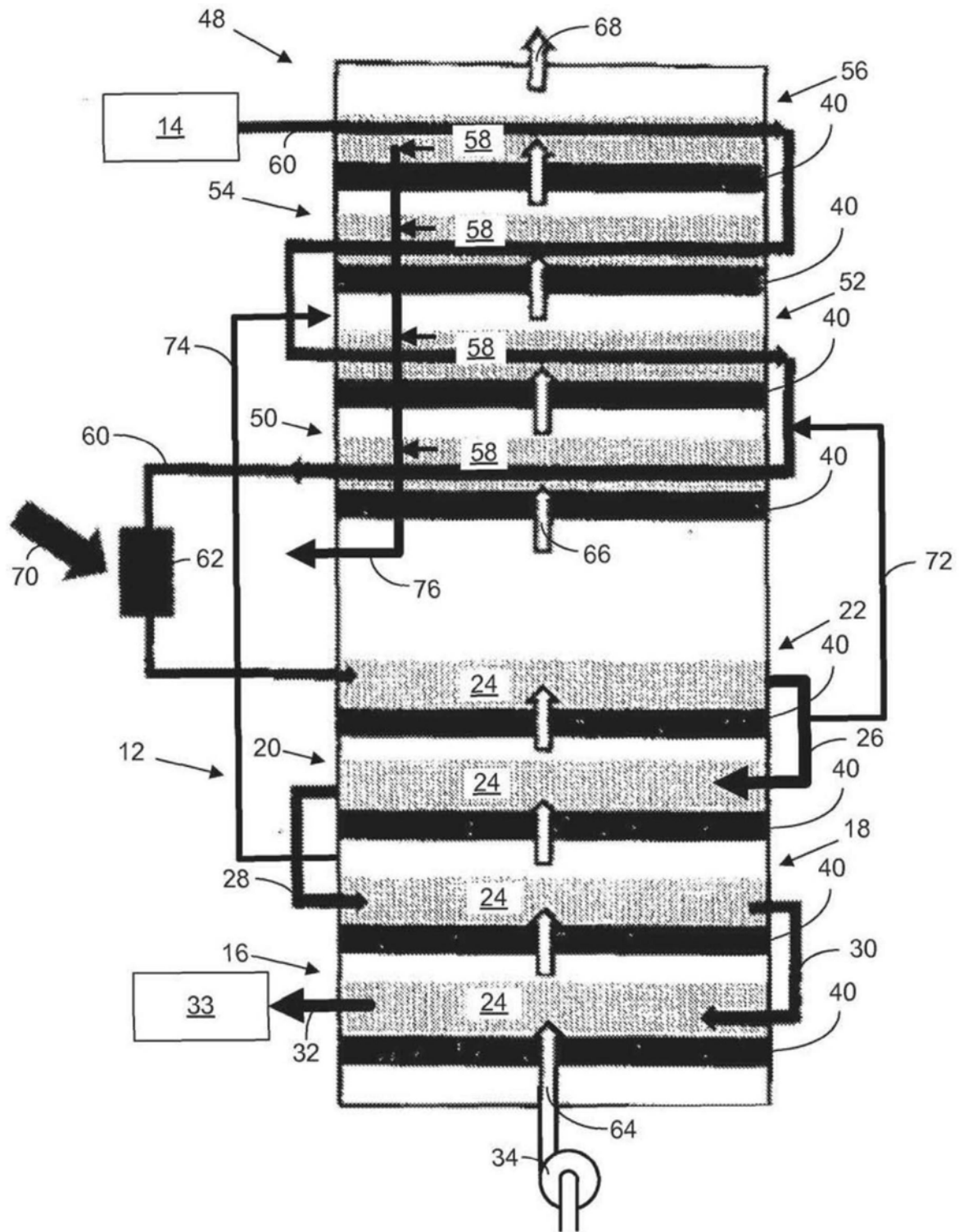


图4