



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101828088 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 26

(21) 申请号 200880111684. 5

(22) 申请日 2008. 07. 31

(30) 优先权数据

2007131786 2007. 08. 22 RU

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 04. 15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/RU2008/000498 2008. 07. 31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/028987 RU 2009. 03. 05

(73) 专利权人 3S 气体技术有限公司

地址 塞浦路斯尼科西亚

(72) 发明人 V·I·阿尔费罗夫 L·A·巴吉罗夫

L·M·德米特里耶夫 S·Z·伊迈夫

V·I·费金

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 蔡胜利

(51) Int. Cl.

F25J 3/00 (2006. 01)

F25J 1/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

RU 2167374 C1, 2001. 05. 20, 全文.

RU 2143654 C1, 1999. 12. 27, 全文.

US 3528217 A, 1970. 09. 15, 全文.

US 5306330 A, 1994. 04. 26, 全文.

CN 101069055 A, 2007. 11. 07, 全文.

审查员 刘璇斐

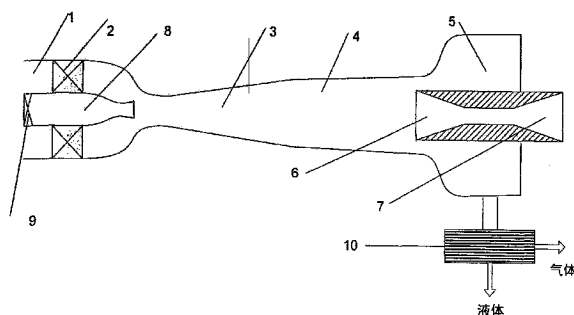
权利要求书1页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

气体液化和分离设备

(57) 摘要

本发明涉及制冷工程。液化和分离气体和从混合物释放一或多种气体的发明设备包括轴向串联的：预混腔(1)，带有安置在其中的气体流回旋装置(2)；次声或超声喷嘴(3)，带有与其邻接的工作段(4)，工作段上连接着液相提取装置(5)；及次声扩散器(7)或超声扩散器(6)与次声扩散器(7)的组合。喷嘴(3)设计成其入口和出口横截面面积与最小横截面面积之间比例确保在喷嘴出口提供对应于气体或目标气体混合物成分冷凝条件的静态压力和静态温度。工作段(4)长度选择为冷凝液滴尺寸大于0.5微米且液滴在离心力作用下从工作段轴线区域向液相提取装置壁漂移，工作段(4)孔径张角选择为维持气体或其目标成分冷凝条件。设备设有安置在预混腔中的附加喷嘴(8)。本发明能提高分离效率。



1. 一种用于将一种或多种气体从它们的混合物分离的设备,包括下述同轴安装的元件:预混腔(1),所述预混腔具有气体流回旋装置(2);主次声或超声喷嘴(3),所述主次声或超声喷嘴(3)上附设有工作段(4);液相分离装置(5),所述液相分离装置(5)附连于工作段(4)上;次声扩散器(7),或超声扩散器(6)和次声扩散器(7)的组合;所述设备被配置成使得所述主次声或超声喷嘴(3)具有如下构造,即所述主次声或超声喷嘴(3)的入口和出口横截面面积与最小横截面面积之间的关系确保所述主次声或超声喷嘴(3)的出口处的静态压力和静态温度符合气体或气体中的目标成分的冷凝条件,工作段(4)的长度确保形成尺寸大于0.5微米的冷凝液滴并且所述液滴从工作段(4)的轴线区域朝向液相分离装置(5)的壁漂移以便分离液滴,并且工作段(4)的孔径张角确保维持气体或气体中的目标成分冷凝的条件;所述设备设有安置在预混腔(1)中的附加次声或超声喷嘴(8)。

2. 根据权利要求1的设备,其特征在于,附加次声或超声喷嘴(8)被构造成使得所述附加次声或超声喷嘴(8)的出口横截面面积 $F_{\text{附加喷嘴出口}}$ 和主次声或超声喷嘴(3)的出口横截面面积 $F_{\text{主喷嘴出口}}$ 之间的关系满足:

$$\frac{F_{\text{附加喷嘴出口}}}{F_{\text{主喷嘴出口}}} \approx 0.01 - 0.5$$

3. 根据权利要求1的设备,其特征在于,附加次声或超声喷嘴(8)以与主次声或超声喷嘴(3)同轴或不同轴的方式安置在预混腔(1)中。

4. 根据权利要求1的设备,其特征在于,附加次声或超声喷嘴(8)以下述方式安置在预混腔(1)中,即该附加次声或超声喷嘴(8)的入口安置在气体流回旋装置(2)的上游,并且附加次声或超声喷嘴(8)的出口只安置在气体流回旋装置(2)的下游。

5. 根据权利要求4的设备,其特征在于,附加次声或超声喷嘴(8)的出口安置在预混腔中。

6. 根据权利要求4的设备,其特征在于,附加次声或超声喷嘴(8)的出口安置在主次声或超声喷嘴(3)的次声部分或超声部分中。

7. 根据权利要求1的设备,其特征在于,附加次声或超声喷嘴(8)的入口连接着外部气体源(12)。

8. 根据权利要求1的设备,其特征在于,设有气液分离器(10),其入口连接着液相分离装置(5)的出口,并且该分离器的气体出口连接着附加次声或超声喷嘴(8)的入口。

9. 根据权利要求1的设备,其特征在于,主次声或超声喷嘴(3)的入口横截面面积为其最小横截面面积的至少10倍。

气体液化和分离设备

技术领域

[0001] 本发明涉及制冷工程领域,并且可以用于在各种行业中产生液化气体,和分离气体混合物成分或分离一或多种目标成分。

背景技术

[0002] 已知一种气体液化设备包括壳体,其为牛角形式,带有若干依次安置在其中的连接件并且设有圆盘,所述圆盘具有多个喷嘴,用于绝热膨胀气体和将其温度降低至某一点,在此温度下一部分气体变为液态(参看日本专利 No. 07071871,分类号 F25 J1/00,1995)。这种设备的缺点是其相对低效率。

[0003] 已知一种用于产生液化气体的设备包括利用气体绝热膨胀来冷却气体的超声喷嘴和液相分离装置,该装置被构造成喷嘴区域具有朝向喷嘴轴线偏转的穿孔壁。冷凝气体的液滴在气体流被偏转时引起的离心力的作用下穿过穿孔并且到达接收器(参看美国专利 No. 3528217,美国分类号 55-15,1970)。

[0004] 这种设备的缺点是其相对低效率。这是由于下述因素,即在超声流偏转过程中会引起冲击波,在这种现有设备中要利用这种偏转来液相分离,并且这样的冲击波导致气体流温度升高,这又会引起一些已经冷凝的液滴蒸发。

[0005] 此外,经历了冲击波的气体会全压力损失。这种损失导致设备的入口和出口之间显著的压力差。

[0006] 一种已知的气体液化设备描述于俄罗斯专利 No. 2137065,分类号 F25 J1/00,1999。这种设备包括具有预混腔的喷嘴,预混腔具有用于在其中回旋气体流的装置。该设备设有液相分离装置,其被构造为由喷嘴壁和中空锥体形成的圆形槽。

[0007] 这种现有设备的缺点是其相对低效率,因为流经设备的气体流会发生压力损失。

[0008] 例如,在 $M = 3.0$ 的情况下,其中 M 为超声流马赫数,气体以 200 个大气压的压力被进给至设备入口,并且气体以 50 个大气压的压力离开设备。

[0009] 一种在技术本质和所达到的技术效果方面与本发明请求保护的设备最为接近的气体液化设备见于俄罗斯专利 No. 2167374,分类号 F25J3/06,2001。这种气体液化设备包括具有预混腔的喷嘴,该预混腔包括气体流回旋装置,并且该设备设有安置在工作段出口的超声扩散器和/或次声扩散器和液相分离装置,该装置被构造成喷嘴壁中的穿孔和/或由喷嘴壁和扩散器入口段形成的圆形槽。此外,次声扩散器设有用于矫直回旋气体流的装置,所述装置在轴向流速度对应于 $M = 0.25-0.45$ 的位置安装在次声扩散器中,其中 M 为在给定介质中的马赫数。本发明能够实现提高气体液化效率,就是通过降低设备入口和出口之间的压力差而实现的。

发明内容

[0010] 本发明请求保护的设备旨在通过消除在目标成分分离的位置促进流动混合的作用,来提高分离气体混合物成分或从气体液相分离的效率。

[0011] 这一结果是如此实现的,即一种用于气体液化和分离或用于将一或多种气体从它们的混合物隔离出来的设备包括按顺序同轴分布的下述单元:预混腔,具有用于使分布在其中的气体流回旋的装置;次声或超声喷嘴,具有附设在其上的工作段;液相分离装置,其附连于所述工作段;次声扩散器或超声扩散器与次声扩散器的组合。所述喷嘴被构造成使得其入口和出口横截面面积与喷嘴最小横截面面积之间的关系确保在其出口处实现符合气体或气体混合物目标成分的冷凝条件的静态压力和静态温度。工作段的长度被选择为能够确保形成尺寸大于 0.5 微米的冷凝液滴并且液滴在离心力作用下从工作段的轴线区域向液滴分离装置的壁漂移,并且工作段的孔径张角确保维持气体或其目标成分的冷凝条件,设备设有安置在预混腔中的附加次声或超声喷嘴。

[0012] 上述效果的实现还可借助于下述因素:附加次声或超声喷嘴被构造成使得主喷嘴和附加喷嘴的出口横截面面积之间的关系满足:

[0013]

$$\frac{F_{\text{附加喷嘴出口}}}{F_{\text{主喷嘴出口}}} \approx 0.01 - 0.5$$

[0014] 上述效果的实现还可借助于下述因素:附加次声或超声喷嘴以与主喷嘴同轴或不同轴的方式安置在预混腔中。

[0015] 上述效果的实现还可借助于下述因素:附加次声或超声喷嘴以下述方式安置在预混腔中,即其入口安置在气体流回旋装置之前或之后,而喷嘴出口只安置在气体流回旋装置之后。附加喷嘴的出口既可以安置在预混腔中也可以安置在主喷嘴的次声或超声部分中。

[0016] 上述效果的实现还可借助于下述因素:附加喷嘴入口连接着附加气体供应源。

[0017] 上述效果的实现还可借助于下述因素:设备设有气液分离器,其入口连接着液相分离装置的出口,其气体出口连接着附加喷嘴的入口。

[0018] 上述效果的实现还可借助于下述因素:主喷嘴的入口横截面面积为其临界(最小)横截面面积的至少 10 倍。

[0019] 上述效果的实现还可借助于下述因素:用于将回旋流的动能转化为压力的装置安装在次声扩散器后面或次声扩散器中。

[0020] 为设备预混腔设置气体流回旋装置对于在气体流中产生离心力而言是必需的,离心力用于将冷凝液滴从主气体流分离。

[0021] 使用次声扩散器或超声扩散器与次声扩散器的组合能够提高设备的效率,这是由于能够减小设备入口和其出口之间所需的气体流压力差。在这一点上,取决于工作段的出口处的流体流的马赫数(M),压力恢复装置构造为次声扩散器或超声扩散器与次声扩散器的组合。这样,如果次声喷嘴被用作主喷嘴,则液相分离装置后面的初始段被构造成半角为 3-6° 的次声扩散器。如果超声喷嘴被用作主喷嘴,则超声扩散器与次声扩散器的组合依次安置在液相分离装置的下游。主喷嘴以及次声或超声扩散器的类型的选择要基于压缩气体或气体混合物的热力学参数(组分,设备入口的压力和温度,流率,露点,等等)。但在任何情况下,主喷嘴应当确保将气体或气体混合物绝热地冷却至这样的温度点,在此点,其一部分、优选大部分被转变成液相。

[0022] 液相分离装置可以以三种构型实现:a) 喷嘴和/或其工作段的壁中的穿孔,位于

冷凝液滴由于回旋流引起的离心力的作用而到达壁的区域中 ;b) 圆形槽,由工作段壁和安置在工作段出口处的扩散器入口段行程 ;c) 采用壁穿孔和圆形槽的组合。

[0023] 液相分离装置可以以上述三种构型 a)、b)、c) 中的任何一种实现 - 取决于气体的特性或气体混合物的组分,以及取决于喷嘴中的气体流速度。在一些情况下可能希望液相分离装置仅被构造成喷嘴和 / 或工作段的壁中的穿孔。取决于热动力学参数,液体分离装置也可以安置在次声扩散器的初始段处。

[0024] 在同时使用穿孔和圆形槽的情况下,所提出的设备可以用于液化多成分气体。首先,富含在较高温度冷凝的成分的气体 - 液体混合物通过喷嘴和 / 或工作段壁中的穿孔被分离,然后,富含在较低温度冷凝的成分的气体 - 液体混合物将通过圆形槽分离。

[0025] 将主超声或次声喷嘴构造成具有这样的其入口和出口横截面面积与喷嘴最小横截面面积之间的关系,可确保实现与气体或其目标成分冷凝的条件相符的静态压力和静态温度,确保通过排除气体过度或不足冷却的作用以及各种导致目标成分分离点流体流混合的作用而提高分离效率。

[0026] 在设备的高效操作所需的高回旋度下,围绕预混腔轴线形成逆向和二次流,从而产生进动的涡流成分。这种状况导致沿着安装路径的流动不稳定性。此外,取决于回旋的类型,会在流体流中引起各种伴生涡流。这样,例如,在装有叶片涡旋器的情况下,会在叶片后缘产生流速不连续性。如果入流是切向回旋的话,也会出现类似的结果。

[0027] 较高流速(以较高流速沿着每个叶片后面的流动线)会靠近壁以及边界层引起流动扰动,这对分离过程来说有负面作用,导致已经分离的液体成分与不含该成分的气体再次混合。

[0028] 为了减小涡旋器后面的所述伴生涡流引起的扰动的量值,建议利用发明人提出的所谓“节流作用”。这是基于利用伯努利方程计算并且随后通过实验检验而确定的,在满足 $F_1/F_2 \approx 10-16$ 的关系时,其中 F_1 和 F_2 分别是主喷嘴的入口横截面面积和最小(临界)横截面面积,则喷嘴出口处的速度场不均匀度会降低一个数量级。

[0029] 这样,构造成具有确定的入口和出口横截面面积与喷嘴最小横截面面积之间关系的主喷嘴使得能够在其出口实现符合气体或其目标成分冷凝条件的静态压力和静态温度,并且能够维持所需数量的冷凝中心所需的热动力学状态。为了产生所需数量的冷凝中心,气体应当被过冷。因此,主喷嘴的轮廓被选择,以使得气体在达到露点之后可以附加地膨胀,直至静态温度达到比露点低 20-50°C。

[0030] 更强的过冷,在流体流的更大马赫数(M)下是可能的,会导致更大的总压力损失,即显著更高的设备入口和出口之间的压力差。

[0031] 喷嘴工作段的长度,确保形成冷凝液滴尺寸大于 0.5 微米并且它们在离心力作用下从工作段的轴线区域向液滴分离装置漂移,也能导致分离效率增加,这是由于工作段长度的选择是基于液滴生长速度而确定的,而液滴生长速度取决于介质热动力学参数(温度,目标成分局部压力,液滴表面张力,等等)以及气流的气体动力学特性,即其速度、紊流谱、喷嘴半径上的压力特征分布等等。该长度应当足够,以使得液滴可以形成和生长到 $D > 0.5$ 微米以上的尺寸并且还能以给定流速扩散到工作段壁,该流速是由气体初始热动力学参数和喷嘴几何特性决定的。从现有的文献中可以得知液滴形成的方式。在给定流动回旋度下的漂移速度可以利用已知的方法确定。

[0032] 喷嘴工作段的半角,确保维持气体或其目标成分的冷凝条件,可提高分离效率,这是由于主喷嘴入口和出口和其最小横截面面积之间具有最佳关系,此关系下气体目标成分的流动静态温度和局部压力对应于在整个设备的入口和出口之间所需的最小压力差下的最大液滴生长速度条件。喷嘴工作段的半角基于维持所述条件被选择。这里,边界层在壁上的生长也将被考虑。

[0033] 为设备设置附加次声或超声喷嘴并将其安置在预混腔确保中可提高分离效率,这是由于流动稳定性显著升高。从实验和文献可以得知,靠近设备轴线的涡流中心部分是不稳定的并且相对于设备轴线进动,这样会导致流动扰动和负面影响分离过程。将非涡旋喷流吹入流动中心区域导致例如使得流动稳定,这样就排除了进动作用。

[0034] 从附加喷嘴向主气流吹送喷流的位置(即主喷嘴的预混腔、次声或超声部分)取决于主喷嘴和附加喷嘴中气流的回旋强度、热动力学参数以及它们的流率之间的关系。

[0035] 将附加喷嘴构造成使得附加喷嘴和主喷嘴出口横截面之间的比例关系满足0.01-0.5可使得目标成分分离条件最大化。所述几何尺寸的选择是基于实验得出的。这样,如果所述关系小于0.01,则分离效率减小,因为在这种情况下就显不出稳定气流轴线位置的作用了。另外,如果该关系大于0.5,涡旋强度和离心力并且因此而分离作用会降低,因为在这样的强度下气体会供应到涡流核心中,所以分离效率也会减小。

[0036] 在一些实施方式中附加次声或超声喷嘴可以与主喷嘴同轴或不同轴地安置在预混腔中。在同轴布置的情况下,分离更为有效,这是由于流动轴线位置被稳定化。非同轴布置附加喷嘴提供了更好地对涡流不稳定性产生作用的可能性。

[0037] 附加喷嘴可以以不同的方式安置在预混腔中。在一个实施方式中,其入口可以安置在气体流回旋装置前面。在另一实施方式中,入口可以安置在气体流回旋装置后面。在这两种实施方式中,附加喷嘴的出口只能安置在气体流回旋装置后面。在附加喷嘴入口安置在回旋装置前面且出口安置在回旋装置后面的情况下,非涡旋气体喷流被供应到回旋流中,以便稳定涡流。从本质上讲,这种情况对应于强初始回旋被使用的情况。如果强度较低的初始回旋被使用,则使用已经回旋的喷流可能更有利于稳定气流。在这样的情况下,附加喷嘴入口安置在回旋装置后面。附加喷嘴的出口既可以位于预混腔中也可以位于主喷嘴的次声或超声部分中。

[0038] 附加喷嘴入口和附加气体源之间的连接可能导致分离效率提高,这是由于在这样的情况下更高的总压力并且因此而更高速度下的更高密度的喷流可被使用,这种喷流在需要时可确保更好地稳定气流。

[0039] 为气体液化和分离设备设置气液分离器,其入口连接着液相分离装置的出口、其气体出口连接着附加喷嘴的入口,可提高分离效率,这是由于下面的因素,即来自气液分离器的带有分离成分的气体,其一方面具有高浓度、另一方面具有低温度,进入涡旋区域的中心部,这会促进气体中的液滴的核心为流束形式。进入附加喷嘴的气体中的目标分离成分的更高浓度是利用下述因素而实现的,即气液分离器重存在热动力学平衡和气相-液相平衡。这里,液体主要包含目标成分。进入附加喷嘴的气体的更低温度主要是通过主喷嘴中气体膨胀中存在的焦汤效应而实现的,这是由于用于分离成分的装置中的压力低于主喷嘴的入口处的压力。

[0040] 为了使得气体能够从气液分离器进入附加喷嘴入口,需要使得附加喷嘴出口处的

压力低于出口位置处的回旋流中的静态压力。这是通过例如选择回旋强度而实现的。也就是说,这种回旋强度总是可以选择,以使得喷嘴出口区域中的流动轴线处的压力足够低,从而可以产生将气体供应回到来自气液分离器的流体流中所需的压力差。

[0041] 这里提出的结构同现有技术相比具有显著的优势,这是由于它能解决在气体工业中制备气体以便输送时携带液体的问题。例如,根据借助于涡轮膨胀器或节流器分离冷凝成分的公知方法,在这种设备中冷却的所有气体进入气液分离器,在此两相流被分离为气体和液体。气体流到达管线,但由于两相流的不完全分离,被制备成用于输送的该气体仍包含一定量的液体成分。这会在气体输送过程中导致严重问题。在借助于超声分离器制备气体以便输送的情况下也会产生类似问题(例如参看俄罗斯专利 No. 2137065,俄罗斯专利 No. 2167374)。在这样的情况下,来自超声分离器的处理后的气体流在被供应到管线之前与来自气液分离器的气体流组合,在此来自超声分离器的富含气体-液体流被分离为气相和液相。通过这里提出的结构,可解决这一问题,这是由于只有来自超声分离器的处理过的气体流被进给至管线,而来自气液分离器的气体流返回到这里提出的设备的入口。

[0042] 为了显著减小主喷嘴入口处存在的不均匀度,将主喷嘴入口横截面面积构造为其最小(临界)横截面面积的至少 10 倍是必须的。这种不均匀度是由于下述因素而产生的:安置在预混腔中的回旋装置,外部紊流,安装在气体输送路径中的各种装置例如阀、闸门等等。借助于“节流作用”使得能够显著降低流动非均匀度,从而减少对液滴分离过程有负面作用的流动混合。

[0043] 在特定实施方式中,建议在次声扩散器后面或其内安装将回旋流动能转化为压力的装置,因为回旋流动能的绝大部分包含在其切向分量中。在包括超声扩散器和次声扩散器之间组合的设备中只有速度分量被转化为压力能,因此,希望使用直流器。若干类型的直流器是公知的。它们中的一些简单地消减切向速度分量(例如,格栅,蜂窝,等等),其它一些将切向速度分量转化为压力。后者一个例子为直流器,其具有下述形式,即其中心体具有安置在其上并且相应地定向的叶片。并且,这种类型的装置应当被安装以便提高设备效率。为扩散器设置用于矫直回旋气体流的装置能够将其回旋运动的动能转化为平移运动的能量,这会导致设备出口处的压力升高,并且因此而降低入口和出口之间的压力差,这样也能提高设备效率。

附图说明

[0044] 下面将参照实施方式和附图来进一步解释本发明请求保护的气体液化和分离设备的实质。

[0045] 图 1 示意性示出了根据权利要求 1 的设备的纵向剖视图,该设备包括同轴布置的;附加超声喷嘴,其入口安置在气体流回旋装置的上游,且其出口安置在主喷嘴的次声部分中,工作段,和超声扩散器与次声扩散器的系统。

[0046] 图 2 示意性示出了设备预混腔的纵向剖视图,其中附加次声喷嘴的入口安置在气体流回旋装置的下游、出口安置在预混腔中。

[0047] 图 3 示出了设备的预混腔的纵向剖视图,该设备的附加次声喷嘴的入口连接着外部气体源、其出口位于主喷嘴的次声部分中。

[0048] 图 4 示意性示出了设备的纵向剖视图,该设备设有附加气体源,其形式为气液分

分离器,该分离器的气体出口连接着附加次声喷嘴的入口,分离器的出口位于主喷嘴的次声部分中。

[0049] 图 5 示出了设备的纵向剖视图,该设备的几何形状具有典型尺寸关系,这确保了缓解由回旋装置和管线其它元件造成的流动脉冲。

[0050] 图 6 示意性示出了具有权利要求 1 的特征部分中的特征的设备的纵向剖视图,该设备包括同轴布置的附加次声喷嘴和次声扩散器,其中附加次声喷嘴的入口安置在气体流回旋装置的上游,且喷嘴的出口安置在主喷嘴的次声部分中。

具体实施方式

[0051] 实施例 1:

[0052] 气体液化和分离设备的一个实施方式,如示于图 1,包括按顺序同轴安装的下述元件:预混腔 1,具有气体流回旋装置 2;超声喷嘴 3,带有附设于其上的工作段 4;液相分离装置 5,其附连于工作段上。超声扩散器 6 和次声扩散器 7 在工作段 4 的下游安置在喷嘴 3 的出口处。附加超声喷嘴 8 安置在设备的预混腔 1 中,该喷嘴的入口设有用于调节附加喷嘴中气体流率的装置 9。附加喷嘴的入口设在气体流回旋装置 2 的上游,出口位于主喷嘴的次声部分中。这种结构配置从原理上讲用于强初始回旋。液相分离装置 5 连接着气液分离器 10。

[0053] 本发明请求保护的设备是如下操作的。

[0054] 气体混合物被供给到预混腔 1 中,其主体部分流经回旋装置 2,剩余部分流到附加喷嘴 8 的入口(其流率由装置 9 调节)。回旋流进入主喷嘴 3,在此其绝热膨胀,使其压力和温度降低。喷嘴 3 的特性(入口和出口横截面面积和最小横截面面积之间的关系)基于计算被选择,以在其出口达到符合目标成分冷凝条件的静态压力和静态温度,同时要考虑满足所需的过冷(为了产生所需量的冷凝中心)。

[0055] 在需要降低主喷嘴入口处出现的流动不均匀性的情况下,下面的关系需要满足:

$$[0056] \quad \frac{R_{\text{外}}^2 - R_{\text{内}}^2}{R_{\text{临界}}^2} \geq 10, \text{ 对应于权利要求 9 (见图 5)}。$$

[0057] 这样,回旋流进入工作段 4,工作段的长度基于下述条件被选择:确保液滴的尺寸增大到大于 0.5 微米并且在离心力作用下朝向其壁漂移。工作段的孔径张角通过计算和实验被确定,并且被选择为能够维持液滴最大增长的条件并且补偿边界层的生长。

[0058] 将一部分流体以非回旋喷流的形式引导经过附加喷嘴可稳定涡流并维持设备中的过程稳定性,从而提高设备的效率。

[0059] 选择次声还是超声附加喷嘴是基于回旋强度和附加喷嘴入口和出口之间的相关压力差而确定的。在高回旋强度下,超声喷嘴是优选的,而在低回旋强度下,次声喷嘴是优选的。这里,下面的关系应当满足:

$$[0060] \quad \frac{F_{\text{附加喷嘴出口}}}{F_{\text{主喷嘴出口}}} \approx 0.01 - 0.5, \text{ 对应于权利要求 2}$$

[0061] 其中 $F_{\text{附加喷嘴出口}} = \pi r^2$, $F_{\text{主喷嘴出口}} = \pi R^2$ (见图 5)。

[0062] 靠近工作段壁形成的富含目标成分的气体-液体流到达分离装置 5 并且进一步到达气液分离器 10,而不带目标成分的气体混合物经过超声扩散器 6 和次声扩散器 7 离开设

备。

[0063] 在这个实施例中,主超声喷嘴 3 被使用。因此,为了减缓流体流并将其动能转化为压力,流体流依次经过超声扩散器和次声扩散器。流体流在冲击波系统中在第一扩散器中被减缓至音速,并且在第二扩散器中减缓至进一步输送气体所需的速度。扩散器的几何参数的选择(它们的入口和出口横截面,它们的孔径张角)是基于将流动动能转化为压力能的最大效率条件而确定的。

[0064] 这样,由于设备的操作,气体混合物在其中被分离为两股流体流。一股流体流是不含目标成分的气体流,另一股流体流是气体-液体流,其被引导进入例如气液分离器 10,在此其被分离为气相和液相。来自气液分离器的气体流可以与来自设备的气体流组合,或者可以被引导到设备入口,如描述于实施例 4。

[0065] 实施例 2:

[0066] 气体液化和分离设备的另一实施方式,如示于图 2(只有预混腔的剖视图被示出,其它元件类似于图 1 中的),包括按顺序同轴安装的下述元件:预混腔 1,具有气体流回旋装置 2;超声喷嘴 3,带有附设于其上的工作段 4;液相分离装置 5,其附连于工作段上。超声扩散器 6 和次声扩散器 7 在工作段 4 的下游安置在喷嘴 3 的出口处。附加超声喷嘴 8 借助于杆 13 安置在设备的预混腔 1 中,喷嘴的入口设有用于调节附加喷嘴中的气体流率的装置 9。附加喷嘴入口位于气体流回旋装置 2 的下游。这种结构配置从原理上讲用于相对弱的初始回旋。设备是如下操作的。

[0067] 气体混合物被供给到预混腔 1 中,其主体部分流经回旋装置 2,剩余部分流到附加喷嘴 8 的入口(其流率由装置 9 调节)。回旋流进入主喷嘴 3,在此其绝热膨胀,使其压力和温度降低。喷嘴 3 的特性(入口和出口的横截面面积和最小横截面面积之间的关系)基于计算被选择,以便在其出口达到符合目标成分冷凝条件的静态压力和静态温度,同时要考虑满足所需的过冷(为了产生所需量的冷凝中心)。然后,回旋流进入工作段 4,工作段的长度基于下述条件被选择:确保液滴的尺寸增大到大于 0.5 微米并且在离心力作用下朝向其壁漂移。工作段的孔径张角通过计算和实验被确定,并且被选择为能够维持液滴最大增长的条件并且补偿边界层的生长。

[0068] 将一部分流体以非回旋喷流的形式引导通过附加喷嘴可稳定涡流并维持设备中的过程稳定性,从而提高设备的效率。

[0069] 在这种情况下,选择次声附加喷嘴是基于弱的回旋效率而确定的。

[0070] 靠近工作段壁形成的富含目标成分的气体-液体流进入分离装置 5 并且进一步到达气液分离器 10,而不带目标成分的气体混合物经过超声扩散器 6 和次声扩散器 7 离开设备。

[0071] 在这个实施例中,主超声喷嘴 3 被使用。因此,为了减缓流体流并将其动能转化为压力,流体流依次经过超声扩散器和次声扩散器。流体流在冲击波系统中在第一扩散器中被减缓至音速,并且在第二扩散器中减缓至进一步输送气体所需的速度。扩散器的几何参数的选择(它们的入口和出口横截面,它们的孔径张角)是基于将流动动能转化为压力能的最大效率条件而确定的。

[0072] 这样,由于设备的操作,气体混合物在其中被分离为两股流体流。一股流体流是富含目标成分的气体流,另一股流体流是不含目标成分的气体流。

[0073] 实施例 3:

[0074] 气体液化和分离设备的又一实施方式,如示于图 3(只有预混腔和外部气体源的剖视图被示出,其它元件类似于图 1 中的),包括按顺序同轴安装的下述元件:预混腔 1,具有气体流回旋装置 2;超声喷嘴 3,带有附设于其上的工作段 4;液相分离装置 5,其附连于工作段上。超声扩散器 6 和次声扩散器 7 在工作段 4 的下游安置在喷嘴 3 的出口处。附加次声喷嘴 8 安置在设备的预混腔 1 中,喷嘴的入口设有用于调节附加喷嘴中的气体流率的装置 9。附加喷嘴入口通过管线 11 被连接至外部气体源 12,该外部气体源可以是任何已知的源。例如,其可以是任何用于处理气体混合物的器具的出口,气体或气体冷凝井管,等等。在这种情况下,附加喷嘴入口安置在气体流回旋装置 2 的上游。

[0075] 设备是如下操作的。

[0076] 气体混合物被供给到预混腔 1 中并且流经回旋装置 2。来自外部源 12 的另一气体流通过管线 11 进入附加喷嘴 8 的入口(流率由装置 9 调节)。回旋流进入主喷嘴 3,在此其绝热膨胀,使其压力和温度降低。喷嘴 3 的特性(入口和出口的横截面面积和最小横截面面积之间的关系)基于计算被选择,以便在其出口达到符合目标成分冷凝条件的静态压力和静态温度,同时考虑到满足所需的过冷(为了产生所需量的冷凝中心)。然后,回旋流进入工作段 4,工作段的长度基于下述条件被选择:确保液滴的尺寸增大到大于 0.5 微米并且在离心力作用下朝向其壁漂移。工作段的孔径张角通过计算和实验被确定,并且被选择为能够维持液滴最大增长的条件并且补偿边界层的生长。

[0077] 将气体流以非回旋喷流的形式引导通过附加喷嘴可稳定涡流并维持设备中的过程稳定性,从而提高设备的效率。来自附加源的气体可以包含一定量的液体成分,其液滴作为核心,这样可促进冷凝过程和提高设备效率。

[0078] 靠近工作段壁形成的富含目标成分的气体-液体流进入分离装置 5 并且进一步到达气液分离器 10,而不带目标成分的气体混合物经过超声扩散器 6 和次声扩散器 7 离开设备。

[0079] 在这个实施例中,主超声喷嘴 3 被使用。因此,为了减缓流体流并将其动能转化为压力,流体流依次经过超声扩散器和次声扩散器。流体流在冲击波系统中在第一扩散器中被减缓至音速,并且在第二扩散器中减缓至进一步输送气体所需的速度。扩散器的几何参数的选择(它们的入口和出口横截面,它们的孔径张角)是基于将流动动能转化为压力能的最大效率条件而确定的。

[0080] 这样,由于设备的操作,气体混合物在其中被分离为两股流体流。一股流体流是富含目标成分的气体流,另一股流体流是不含目标成分的气体流,其被输送至例如气液分离器 10,在此其被分离为气相和液相。来自气液分离器的气体流可以与来自设备的气体流组合或被引导到设备入口,如描述于实施例 4。

[0081] 实施例 4:

[0082] 气体液化和分离设备的又一实施方式,如示于图 4,包括按顺序同轴安装的下述元件:预混腔 1,具有气体流回旋装置 2;超声喷嘴 3,带有附设于其上的工作段 4;液相分离装置 5,其附连于工作段上。超声扩散器 6 和次声扩散器 7 在工作段 4 的下游安置在喷嘴 3 的出口处。附加次声或超声喷嘴 8 安置在设备的预混腔 1 中,喷嘴的入口设有用于调节附加喷嘴中的气体流率的装置 9。附加喷嘴入口通过管线 11 被连接至外部气体源,该外部气体

源为气液分离器 10 的气体出口。在这种情况下,附加喷嘴入口安置在气体流回旋装置 2 的上游。

[0083] 设备是如下操作的。

[0084] 气体混合物被供给到预混腔 1 中,其主体部分流经回旋装置 2,剩余部分流到附加喷嘴 8 的入口(其流率由装置 9 调节)。回旋流进入主喷嘴 3,在此其绝热膨胀,使其压力和温度降低。喷嘴 3 的特性(入口和出口的横截面面积和最小横截面面积之间的关系)基于计算被选择,以便在其出口达到符合目标成分冷凝条件的静态压力和静态温度,同时要考虑满足所需的过冷(为了产生所需量的冷凝中心)。然后,回旋流进入工作段 4,工作段的长度基于下述条件被选择:确保液滴的尺寸增大到大于 0.5 微米并且在离心力作用下朝向其壁漂移。工作段的孔径张角通过计算和实验被确定,并且被选择为能够维持液滴最大增长的条件并且补偿边界层的生长。

[0085] 靠近工作段壁形成的富含目标成分的气体-液体流进入分离装置 5 并且进一步到达气液分离器 10,而不带目标成分的气体混合物经过超声扩散器 6 和次声扩散器 7 离开设备。

[0086] 来自气液分离器 10 的气体通过管线 11 进入附加喷嘴 8 的入口。其流率由装置 9 调节。

[0087] 将来自气液分离器的气体流引导至附加喷嘴入口可解决两个任务。首先,与前述实施例一样,来自附加喷嘴的非回旋喷流可稳定涡流并维持设备中的过程稳定性。第二,由于来自气液分离器的气体总是包含一定量的液体,因此将其引导至管线可能会在进一步的输送过程中产生问题。本发明所提出的方案能够减少经受处理的气体中的液体量,这样可促进提高本发明请求保护的设备的效率。

[0088] 在这个实施例中,主超声喷嘴 3 被使用。因此,为了减缓流体流并将其动能转化为压力,流体流依次经过超声扩散器和次声扩散器。流体流在冲击波系统中在第一扩散器中被减缓至音速,并且在第二扩散器中减缓至进一步输送气体所需的速度。扩散器的几何参数的选择(它们的入口和出口横截面,它们的孔径张角)是基于将流动动能转化为压力能的最大效率条件而确定的。

[0089] 这样,由于设备的操作,气体混合物在其中被分离为两股流体流。一股气体流被制备成用于输送,另一股流体流是液体流。

[0090] 实施例 5:

[0091] 气体液化和分离设备的又一实施方式,如示于图 6,包括按顺序同轴安装的下述元件:预混腔 1,具有气体流回旋装置 2;次声喷嘴 3,带有附设于其上的工作段 4;液相分离装置 5,其附连于工作段上。次声扩散器 7 在工作段 4 的下游安置在喷嘴 3 的出口处。附加次声喷嘴 8 安置在设备的预混腔 1 中,喷嘴的入口设有用于调节附加喷嘴中的气体流率的装置 9。

[0092] 在这种情况下,附加喷嘴入口安置在气体流回旋装置 2 的上游,并且其出口布置次声主喷嘴中。液相分离装置 5 连接着气液分离器 10。

[0093] 设备是如下操作的。

[0094] 气体混合物被供给到预混腔 1 中,其主体部分流经回旋装置 2,剩余部分流到附加喷嘴 8 的入口(流率由装置 9 调节)。回旋流进入主喷嘴 3,在此其绝热膨胀,使其压力和

温度降低。次声喷嘴 3 的特性（入口横截面面积和最小横截面面积之间的关系）基于计算被选择，以便在工作段 4 的入口达到符合目标成分冷凝条件的静态压力和静态温度，同时要考虑满足所需的过冷（为了产生所需量的冷凝中心）。然后，回旋流进入工作段 4，工作段的长度基于下述条件被选择：确保液滴的尺寸增大到大于 0.5 微米并且在离心力作用下朝向其壁漂移。

[0095] 将一部分气体流以非回旋喷流的形式引导通过附加喷嘴可稳定涡流并维持设备中的过程稳定性，从而提高设备的效率。

[0096] 在这种情况下，选择次声附加喷嘴是基于弱的回旋强度而确定的。

[0097] 靠近工作段壁形成的富含目标成分的气体-液体流进入分离装置 5 并且进一步到达气液分离器 10，而不带目标成分的气体混合物经过次声扩散器 7 离开设备。

[0098] 在这个实施例中，主次声喷嘴 3 被使用。因此，为了减缓流体流并将其动能转化为压力，流动流动通过次声扩散器 7。流动速度在这个扩散器中减小至进一步输送气体所需的

速度。

[0099] 扩散器的几何参数的选择（其入口和出口横截面，其孔径张角）是基于将流动动能转化为压力能的最大效率条件而确定的。

[0100] 这样，由于设备的操作，气体混合物在其中被分离为两股流体流。一股流体流是不含目标成分的气体流，另一股流体流是富含该目标成分的气体-液体流，其被传送到例如气液分离器 10，在此其被分离为气相和液相。来自气液分离器的气体流可以与来自设备的气体流组合或被引导到设备入口，如描述于实施例 4。

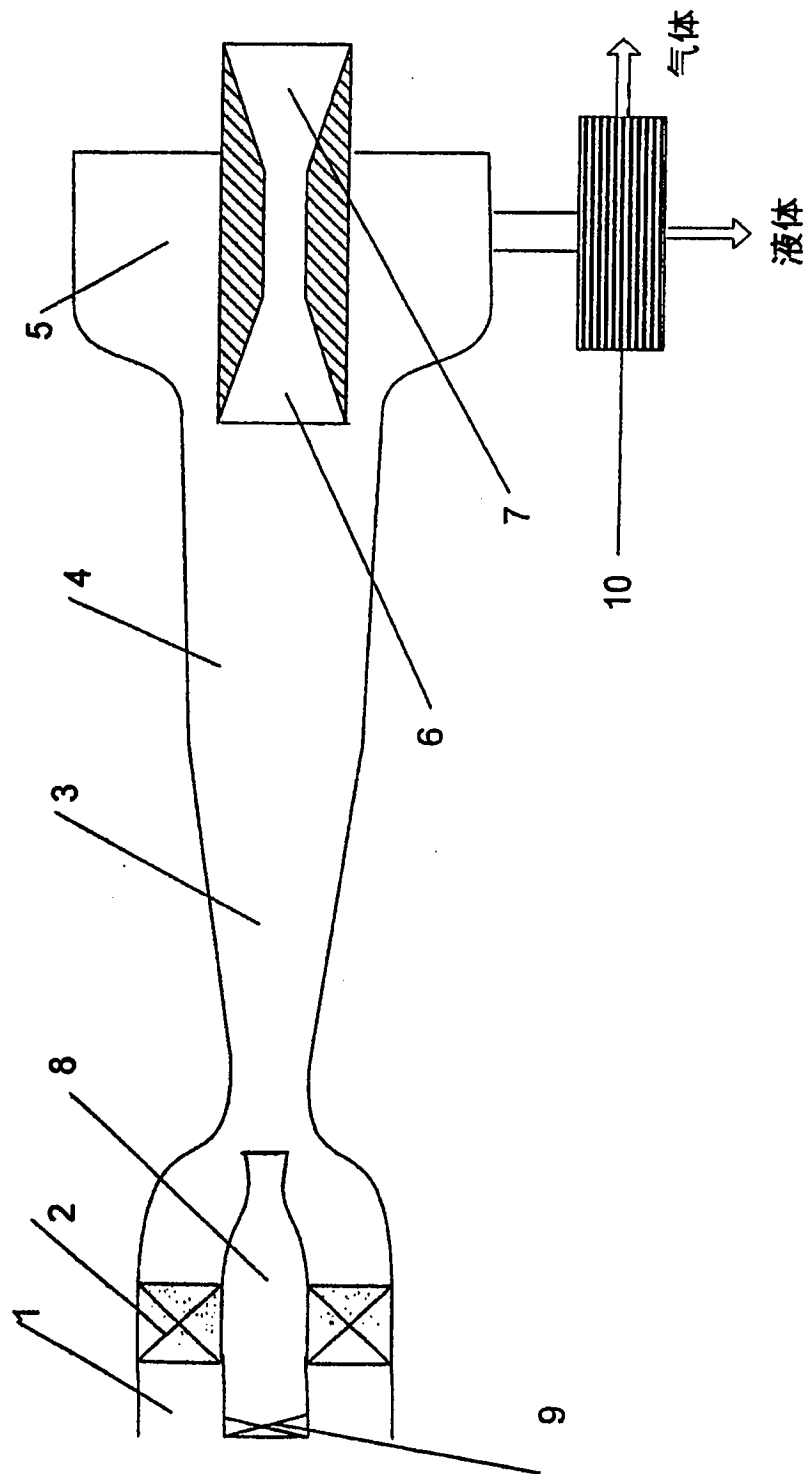


图 1

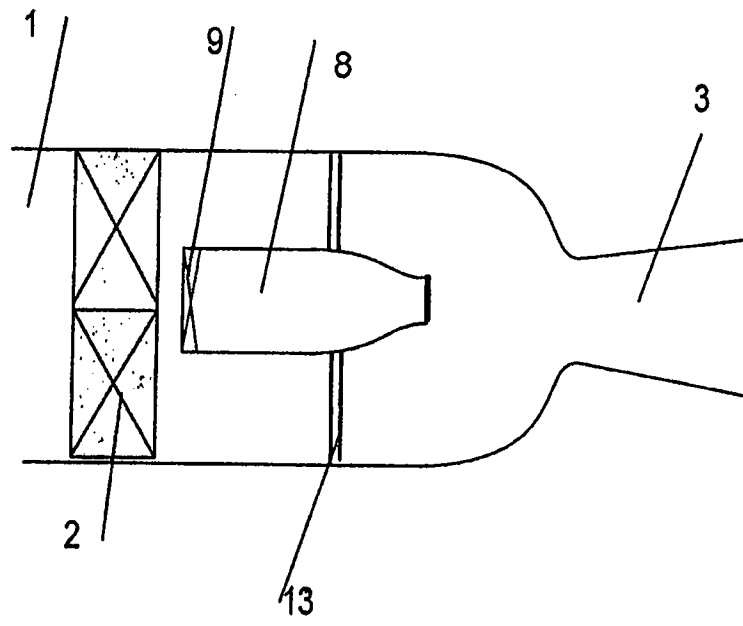


图 2

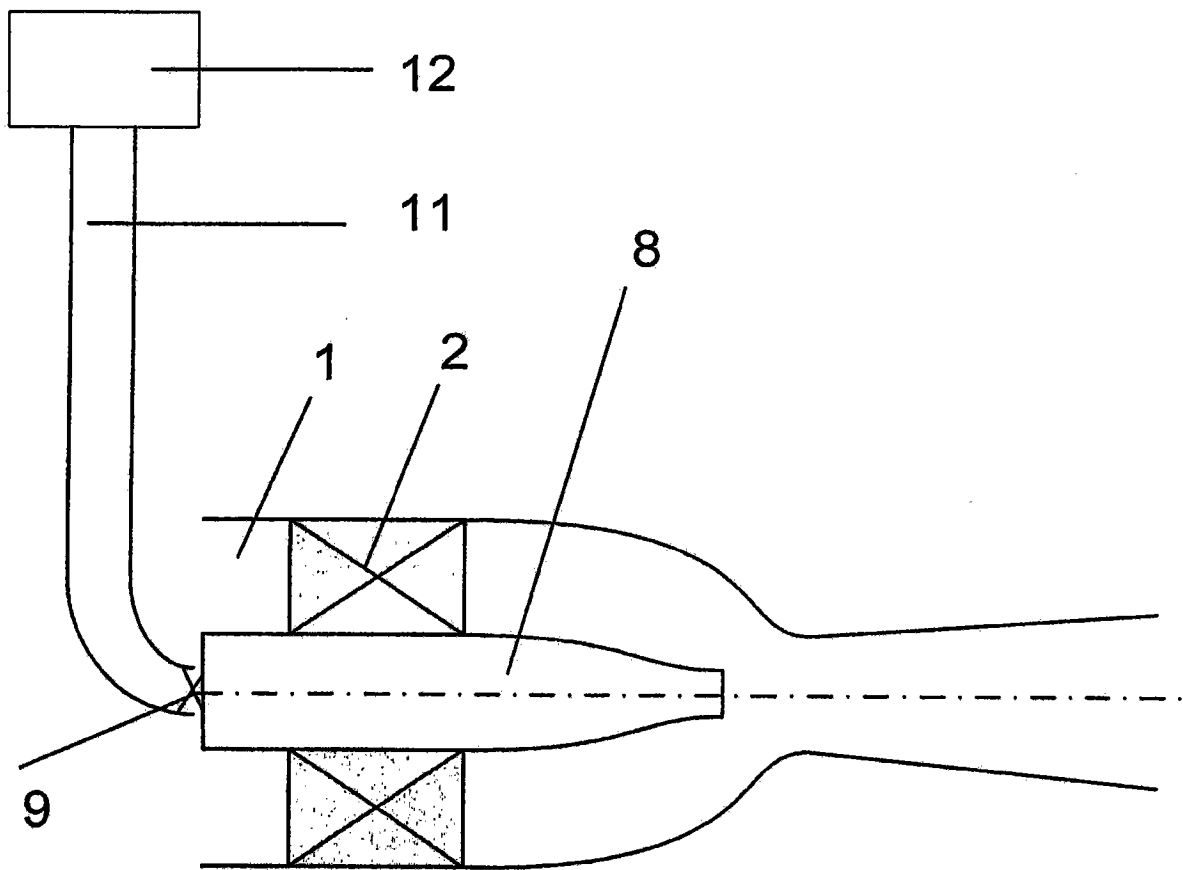


图 3

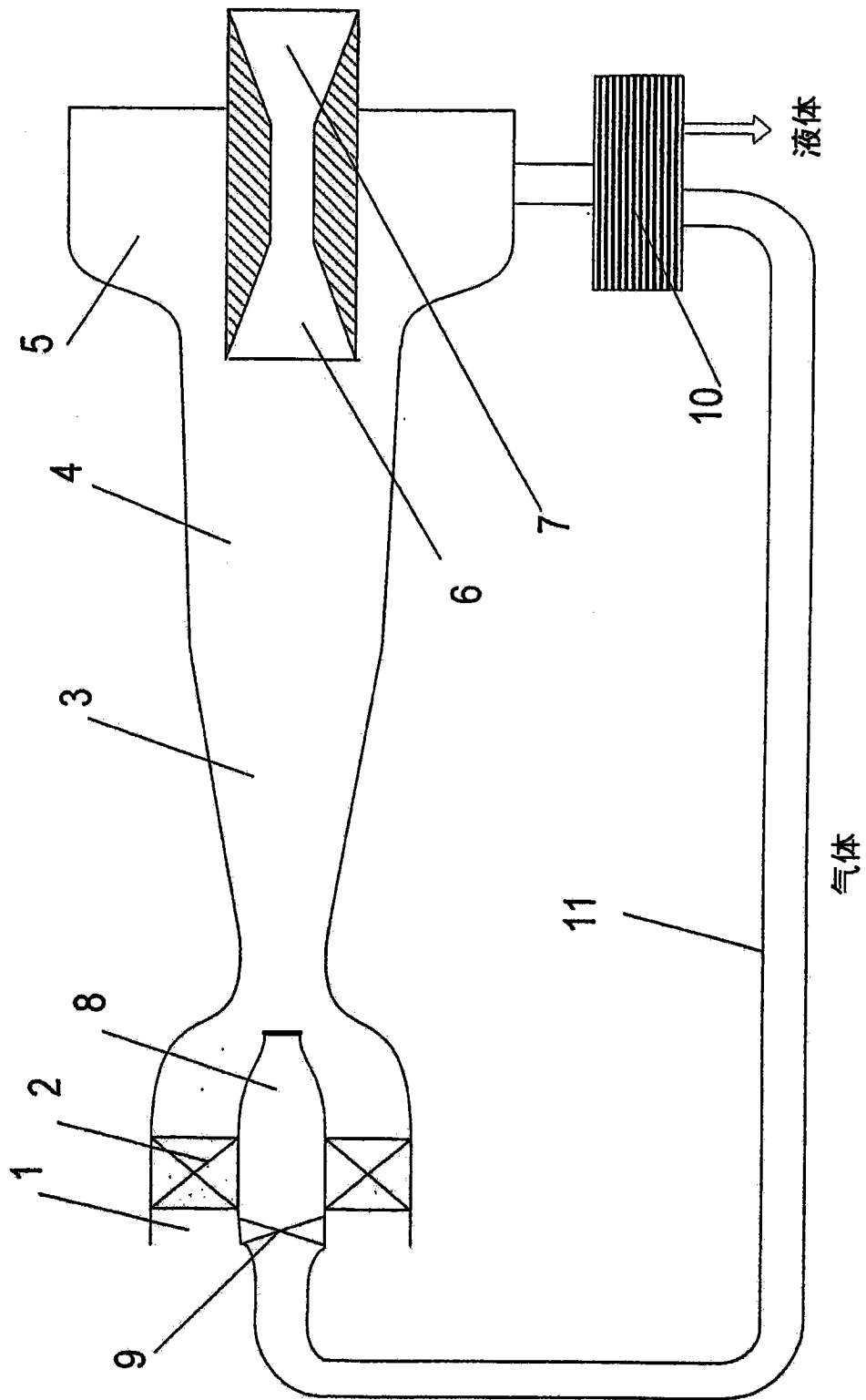


图 4

