



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103776059 A

(43) 申请公布日 2014. 05. 07

(21) 申请号 201310500719. 7

(22) 申请日 2013. 10. 23

(30) 优先权数据

12189606. 2 2012. 10. 23 EP

(71) 申请人 阿尔斯通技术有限公司

地址 瑞士巴登

(72) 发明人 A. 西亚尼 J. P. 伍德 D. A. 潘内尔

E. 弗雷塔格 U. 本兹 A. 特尤尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 肖日松 严志军

(51) Int. Cl.

F23R 3/28(2006. 01)

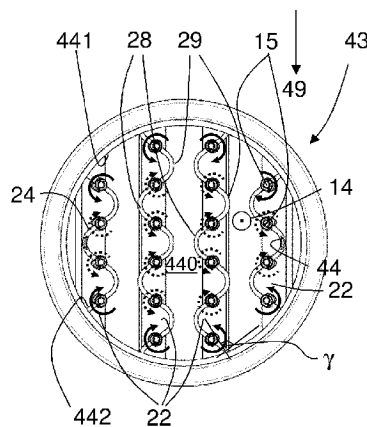
权利要求书2页 说明书14页 附图10页

(54) 发明名称

用于筒式燃烧器的喷燃器

(57) 摘要

本发明涉及一种用于筒式燃烧器的喷燃器。本发明涉及一种用于燃气涡轮的燃烧室的喷燃器,其具有混合和喷射装置,其中,混合和喷射装置包括限定气体流通道的限制壁和至少两个流线型本体(22),每个流线型本体沿第一横向方向延伸到气体流通道中。每个流线型本体(22)具有布置成基本上平行于主流方向(14)的两个侧向表面,侧向表面在它们的上游侧处连结于彼此,以形成本体的前缘,并且在它们的下游侧处连结,以形成本体(22)的后缘。每个流线型本体(22)具有垂直于第一横向方向(49)的横截面,其成形为流线型轮廓。本发明还涉及一种在燃气涡轮中使用所述喷燃器的方法。



1. 一种用于燃气涡轮的燃烧室的喷燃器 (1), 其具有混合和喷射装置 (43), 其中, 所述混合和喷射装置 (43) 包括:

限制壁 (44), 其限定具有纵向轴线 (47) 的气体流通道 (440)、入口区域 (45), 以及在主流方向 (14) 上在其下游的出口区域 (46);

至少两个流线型本体 (22), 其均沿第一横向方向 (49) 从所述限制壁 (44) 的第一区 (441) 垂直于所述主流方向 (14) 或相对于所述主流方向 (14) 倾斜地延伸到所述气体流通道 (440) 中;

每个流线型本体 (22) 具有布置成基本上平行于所述主流方向 (14) 的两个侧向表面 (33), 在所述两个侧向表面 (33) 之间有中心平面 (35), 所述侧向表面 (33) 在它们的上游侧处连结于彼此以形成所述本体 (22) 的前缘 (25), 并且在它们的下游侧处连结以形成所述本体 (22) 的后缘 (24);

每个流线型本体 (22) 具有垂直于所述第一横向方向 (49) 的横截面, 所述横截面成形为流线型轮廓 (48);

其中, 所述流线型本体 (22) 中的至少一个设置有混合结构 (28, 29 ;60) 以及至少一个燃料喷嘴 (15), 所述至少一个燃料喷嘴 (15) 位于其后缘 (24) 处, 用于基本上平行于所述主流方向 (14) 将至少一种燃料引入到所述流通道 (440) 中,

其特征在于, 所述流线型本体 (22) 中的至少两个沿着所述第一横向方向 (49) 具有不同的长度。

2. 根据权利要求 1 所述的喷燃器 (1), 其特征在于, 所述气体流通道 (440) 的横截面大致突出地弯曲, 所述气体流通道 (440) 的横截面优选为突出的度量空间, 更优选为大致圆形、椭圆形或透镜状的形状。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的喷燃器 (1), 其特征在于, 所述流线型本体 (22) 中的至少一个设置有呈位于所述本体 (22) 的后缘 (24) 处的多个凸出部 (28, 29) 的形式的混合结构, 其中, 所述凸出部 (28, 29) 大致垂直于所述中心平面 (35) 沿第二横向方向 (30) 或第三横向方向 (31) 延伸, 其中, 所述第二和第三横向方向 (30, 31) 与彼此相反地伸展, 其中, 沿下游方向从前缘区到所述凸出部 (28, 29) 的过渡部是平滑的, 具有表示具有连续一阶导数的函数的表面曲率, 并且其中, 优选地, 所述流线型本体 (22) 的形成所述凸出部 (28, 29) 的横向位移在下游最多仅为所述本体 (22) 的长度 (1) 的三分之二, 更优选地在下游仅为所述本体 (22) 的长度 (1) 的一半。

4. 根据权利要求 1 至 3 中的任一项所述的喷燃器 (1), 其特征在于, 凸起的后缘 (24) 在其整个长度上面设置有凸出部 (28, 29), 其中, 所述凸出部 (28, 29) 按顺序布置成沿着所述后缘 (24) 一个接一个, 以及在两个相反的第二和第三横向方向 (30, 31) 上交替地凸起, 优选地, 凸出部波长 (λ) 的范围为 20 毫米至 100 毫米, 优选为 30 毫米至 60 毫米, 并且其中, 优选地, 所有流线型本体 (22) 设置有同一个凸出部波长 (λ)。

5. 根据权利要求 1 至 4 中的任一项所述的喷燃器 (1), 其特征在于, 所述流线型轮廓 (48) 在第二或第三横向方向 (30, 31) 上具有宽度 (w), 最大宽度 (W) 比所述本体 (22) 的后缘 (24) 更接近所述前缘 (25), 其中, 所述宽度 (w) 朝向所述后缘 (24) 基本上连续地减小, 并且其中, 凸出部高度 (h_1) 限定为同一本体 (22) 的相邻凸出部 (28, 29) 的顶点 (32) 之间的垂直于所述中心平面 (35) 的距离, 所述距离在 5 毫米至 60 毫米的范围内。

6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的喷燃器(1),其特征在于,所述凸出部高度(h₁)与所述气体流通道(440)的最小直径的比的范围为1:4至1:20,优选为1:5至1:10。

7. 根据权利要求1至6中的任一项所述的喷燃器(1),其特征在于,所述凸起后缘(24)在入射角(γ)下与所述限制壁(44)相交,所述入射角(γ)的范围为70度至110度,更优选为80度至100度,以及特别是90度。

8. 根据权利要求1至7中的任一项所述的喷燃器(1),其特征在于,所述流线型本体(22)中的至少一个在所述前缘(25)与所述后缘(24)之间设置有呈至少位于其侧向表面(33)中的一个处的至少两个漩涡生成器(60)的形式的所述混合结构,并且每个漩涡生成器具有大致垂直于所述中心平面(35)延伸的漩涡生成器高度(h₂)。

9. 根据权利要求8所述的喷燃器(1),其特征在于,所述漩涡生成器高度(h₂)的范围为10毫米至50毫米,其中,优选地,所述漩涡生成器(60)与燃料喷嘴(15)交替地位于所述两个侧向表面(33)处,或者其中,优选地,所述燃料喷嘴(15)中的至少两个位于每个漩涡生成器(60)的下游。

10. 根据权利要求8或9所述的喷燃器(1),其特征在于,从所述漩涡生成器(60)到所述限制壁(44)或另一个流线型本体(22)的漩涡生成器的最小横向距离的范围为所述漩涡生成器高度(h₂)的20%至40%。

11. 根据权利要求1至10中的任一项所述的喷燃器(1),其特征在于,所述流线型本体(22)从所述限制壁(44)的第一区(441)延伸穿过所述气体流通道(440),到达所述限制壁(44)的第二区(442),并且其中,至少一个流线型本体(22)的纵长方向(49)是基本上笔直的,并且所述限制壁(44)的第一区(441)和/或第二区(442)的切平面相对于彼此倾斜。

12. 根据权利要求3至11中的任一项所述的喷燃器(1),其特征在于,所述流线型本体(22)布置成使得它们的纵长方向(49)基本上平行于彼此,其中,如果有的话,最接近的相邻流线型本体(22)的所述凸出部(28,29)同相或异相地凸起。

13. 根据权利要求1至12中的任一项所述的喷燃器(1),其特征在于,所述混合和喷射装置(43)通过设置在每个流线型本体(22)的所述前缘(25)处而充当流调直器,其轮廓定向成平行于出现在所述前缘位置处的所述主流方向(14)。

14. 一种用于操作根据权利要求1至13中的任一项所述的喷燃器(1)的方法,其特征在于,根据总喷射燃料流来确定燃料喷射穿过其的燃料喷射喷嘴的数量,其中,优选地,在阈值燃料流以下,仅通过流线型本体(22)的每隔一个燃料喷嘴(15)喷射燃料,并且/或者仅通过所述喷燃器(1)的每隔一个或每隔两个流线型本体(22)的燃料喷嘴喷射燃料。

15. 一种根据权利要求1至13中的任一项所述的喷燃器(1)在高反应性条件下进行燃烧的用途,所述燃烧优选为以高喷燃器入口温度进行燃烧,和/或MBtu燃料的燃烧,和/或富氢燃料的燃烧。

用于筒式燃烧器的喷燃器

技术领域

[0001] 本发明涉及用于燃气涡轮的喷燃器,其具有突出地弯曲的优选为柱形的燃烧室,喷燃器包括组合式混合和喷射装置。

背景技术

[0002] 混合装置是用于燃气涡轮的环境友好的喷燃器的必需部件。它们在喷燃器中使连续流动的燃料流与氧化流体(例如空气)混合,用于随后的燃烧室中的预混合燃烧。在现代燃气涡轮中,燃料和氧化流体的良好混合是用于具有较少排放物的完全燃烧的先决条件。混合装置的优化旨在减少获得规定的均匀度所需的能量。在连续的流混合过程中,混合装置上面的压降是混合程序的能量成本的度量。此外,获得规定的均匀度所需的时间和空间是用于评价混合装置或混合元件的重要参数。

[0003] 高涡轮入口温度提高标准燃气涡轮的效率。由于高入口温度,故出现高氧化一氮排放水平和较高寿命周期成本。可利用顺序燃烧循环来减轻这些问题,其中,与常规涡轮相比,压缩机输送几乎双倍的压力比。主流经过第一燃烧室(例如使用 EP 1 257 809 或 US 4,932,861 中公开的一般类型的喷燃器,其也被称为“EV”燃烧器,其中,EV 表示环境),其中,燃料的一部分燃烧。在于高压涡轮级处膨胀之后,添加和燃烧更多燃料(例如使用 US 5,431,018 或 US 5,626,017 或 US 2002/0187448 中公开的类型喷燃器,其也被称为 SEV 燃烧器,其中,“S”表示顺序)。两种燃烧器包含预混合喷燃器,这是因为较少氧化一氮排放物另外需要燃料和氧化剂的高混合质量。

[0004] 因为第二燃烧器由第一燃烧器的膨胀排气供给,所以操作条件允许燃料空气混合物的自燃(自发点燃或自动点燃),而不需要向混合物供应附加的能量。为了防止燃料空气混合物在混合区中点燃,其中的驻留时间必须不超过自燃延迟时间。该标准确保喷燃器内部的无火焰区。然而,该标准对获得横跨喷燃器出口区域的适当的燃料分配方面提出挑战。SEV 喷燃器当前仅设计用于以天然气和油操作。因此,相对于主流的动量通量来调节燃料的动量通量,以便穿透到漩涡中。这通过使用来自最后的压缩机级的空气(高压载体空气)来完成。高压载体空气绕过高压涡轮。燃料和氧化剂随后在混合区的出口处混合正好足以允许较少的氧化一氮排放物(混合质量)和避免逆燃(驻留时间),燃料空气混合物在混合区中自动点燃可引起该逆燃。

[0005] 在没有进一步修改的情况下,就无法对当前用于燃气涡轮(例如阿尔斯通的 GT24 或 GT26)的已知 SEV 几何形状升级,以配合具有柱形几何形状的筒式燃烧器,这是因为无法同时维持驻留时间和流体动态结构,即,如上所述的已知 SEV 构思对筒式燃烧器不起作用。

[0006] WO 2011/054760 和 WO 2011/054766 描述燃气涡轮喷燃器,其具有用于具有环形或矩形横截面的喷燃器的组合式混合和喷射装置。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种用于大致柱形燃烧器(例如筒式燃烧器)的喷燃器,其

产生低的气体压降,同时提供燃料和气体的均匀混合。这种喷燃器对于反应性高的状况特别有利,即,对于喷燃器的入口温度高的情形,和/或对于将喷燃反应性高的燃料,特别是氢成分高的燃料或 MBtu 高的燃料的情形。

[0008] 在此处,提出一种具有特定几何形状和组合式混合和喷射装置的喷燃器,当将气体(例如空气)和燃料混合成均匀性高的混合物时,该喷燃器仅产生最小压降。特定几何形状可有助于避免低速气穴。提出该喷燃器,以提高具有基本上非矩形的燃烧室(例如筒式燃烧器)的燃气涡轮发动机的效率。此外,根据本发明的喷燃器意图提高燃料容量和简化设计。

[0009] 通过提供用于燃气涡轮的燃烧室的、具有混合和喷射装置的喷燃器来实现这些和其它目的,其中,混合和喷射装置包括:

限制壁,其限定具有纵向轴线的气体流通道、入口区域,以及在主流方向上在其下游的出口区域;

至少两个流线型本体,其均沿第一横向方向从限制壁的第一区垂直于主流方向或相对于主流方向倾斜地延伸到气体流通道中;

每个流线型本体具有布置成基本上平行于主流方向的两个侧向表面,在该两个侧向表面之间有中心平面,侧向表面在它们的上游侧处连结于彼此以形成本体的前缘,并且在它们的下游侧处连结以形成本体的后缘;

每个流线型本体具有垂直于第一横向方向的横截面,该横截面成形为流线型轮廓;

其中,所述流线型本体中的至少一个设置有混合结构以及至少一个燃料喷嘴,该至少一个燃料喷嘴位于其后缘处,用于基本上平行于主流方向将至少一种燃料引入到流通道中,

其中,喷燃器包括沿着第一横向方向具有不同的长度的流线型本体中的至少两个。

[0010] 特别地,流线型本体沿着第一横向方向在不同的长度上面延伸穿过主流通道。如果下文提到本体在第一横向方向上的长度,则这具有长度意义,而且上下文与该解释不冲突。第一横向方向是流线型本体沿着其延伸到气体流通道中的纵长方向。

[0011] 根据优选实施例,限制壁限定具有大致突出地弯曲的横截面的气体流通道,气体流通道的横截面优选为突出的度量空间,优选为严格突出的度量空间,即,没有笔直部分,最优选为基本圆形、椭圆形或透镜状的形状。横截面尤其为大致非矩形且非环形的。

[0012] 将理解,混合和喷射装置可包括多于一个具有特定长度的流线型本体,例如具有特定长度的两个本体和两个较短的本体。由于气体流通道突出地弯曲,故沿着第一横向方向具有较长长度的本体布置成比较短的本体更接近通道的中心,至少对于本体基本上笔直并且相对于它们的第一横向方向基本上平行于彼此的布置是这样。

[0013] 突出地弯曲的横截面(特别是大致圆形、椭圆形或透镜状横截面)是有利的,这是因为其增强混合和喷射装置的机械完整性,并且因为在该装置中有效地避免了转角。热气和燃料在矩形或大致矩形的横截面的转角中混合可导致转角中的不均匀混合。因此,使用突出地(即,向外)弯曲的气体流通道是有益的。

[0014] 本体的如由穿过流线型本体的切口提供的流线型轮廓是空气动力学轮廓,切口基本上垂直于第一横向方向,即,大致沿着主流方向,该空气动力学轮廓典型地包括具有圆形前缘区且随侧向表面延伸到后缘的前缘。所述轮廓的宽度分配(即,轮廓的两个侧向表面

之间的最小距离)具有优选地定位成与所述本体的后缘相比更接近前缘的最大宽度。宽度从最大宽度的下游朝向后缘基本上连续地减小。然而,轮廓的一些部分可具有恒定宽度。后缘形成尖锐边缘或圆形边缘。

[0015] 在一个实施例中,后部区段(即,流线型本体的下游部分)具有恒定的厚度分配。具有恒定的厚度分配的后部区段从后缘在例如至少 30% 的轮廓长度上面(逆着主流方向)延伸。在又一个实施例中,具有恒定的厚度分配的后部区段在 50% 或甚至高达 80% 的轮廓长度上面延伸。

[0016] 又一个优选实施例的特征在于,流线型本体包括基本上笔直的前缘。然而,前缘还可为圆形、弯曲或略微扭曲的。

[0017] 根据优选实施例,多个流线型本体中的每一个在后缘处或后缘中设置有多多个喷嘴,用于顺列地喷射燃料射流。因此,提出多点喷射。该多点喷射有益于使 SEV 构思升级到例如筒式燃烧器的柱形对称。基本思想包括使每个喷射器或本体具有独立的流体动态结构(凸出部和/或漩涡生成器,见下文),从而确保在可用的混合长度中的所需混合。接着,这些元件可以以同一本体上的另外的凸出部和/或漩涡生成器来沿第一横向方向重复,以及以沿横向相邻的流线型本体来沿第二和/或第三横向方向重复(见下文),以便最佳地配合柱形形状。由于多点喷射系统,因此可“随意”添加喷射元件,以配合新的横截面面积/形状。喷燃器或气体流通道的圆形横截面特别有利于较好的机械完整性(例如抗蠕变性)、制造能力,以及使均匀的流结构维持扩展到顺序衬套中。

[0018] 根据特别优选的实施例,所述流线型本体中的至少一个设置有混合结构,该混合结构呈位于所述本体的后缘处的多个凸出部的形式。凸出部基本上垂直于侧向表面之间的所述中心平面而延伸,即,它们在第二横向方向或第三横向方向上沿侧向延伸远离侧向表面,这取决于它们设置在哪个侧向表面上。第二和第三横向方向基本上彼此相反且垂直于第一横向方向而伸展。

[0019] 根据优选实施例,沿下游方向从前缘区到凸出部的过渡部是平滑的,具有表示具有连续一阶导数的函数的表面曲率。在此处,优选地,流线型本体的形成凸出部的横向位移仅在下流最多为本体的长度的三分之二,更优选地仅在下流为本体的长度的一半。

[0020] 同一后缘上的相邻凸出部从中心平面交替地延伸出,即,沿相对于中心平面的横向方向。形状可为一系列的半圆、圆的扇形;其可呈正弦或正弦曲线的形式。形状还可呈圆的扇形或正弦曲线和附属笔直区段的组合的形式,其中,笔直区段渐近为圆的曲线或扇形。优先地,所有凸出部沿着后缘具有基本上相同的形状。

[0021] 凸出部布置成彼此相邻,以使它们形成互连的后缘线。应选择凸出部角,使得避免流分离。根据一个实施例,凸出部角在 15° 和 45° 之间,优选在 25° 和 35° 之间,以避免流分离。

[0022] 根据优选实施例,凸起后缘在其基本上整个长度上面设置有凸出部,其中,凸出部按顺序布置成沿着后缘一个接一个地相邻。凸出部在第二和第三横向方向上交替地凸起,优选地,凸出部波长的范围为 20 毫米至 100 毫米,优选地 30 毫米至 60 毫米,并且包括 20 毫米、100 毫米、30 毫米和 60 毫米。优选的是,混合喷射装置的所有流线型本体设置有同一凸出部波长。

[0023] 取决于流通道的横截面的形状,凸出本体的长度(沿第一横向方向)可彼此相差

较长本体的长度的大约 10% 至大约 50% 或更多, 即, 一个本体可仅具有较长本体的一半长度。

[0024] 根据优选实施例, 限定为同一本体的相邻凸出部的顶点之间的垂直于中心平面的距离的凸出部高度的范围为 5 毫米至 60 毫米并且包括 5 毫米和 60 毫米, 并且为例如大约 10 毫米、25 毫米或 50 毫米。凸出部高度是凸起后缘的峰 - 峰幅度。

[0025] 凸出部高度优选为流线型轮廓的最大宽度的至少一半。根据一个特别优选的实施例, 该高度与流线型本体的最大宽度近似相同。根据另一个特别优选的实施例, 凸出部高度近似两倍于流线型本体的最大宽度。大体来说, 优选地, 高度至少与最大宽度一样大, 优选地不到最大宽度的三倍大。

[0026] 根据特别优选的实施例, 凸出部高度与气体流通道的最小直径的比的范围为 1:4 至 1:20 并且包括 1:4 和 1:20, 优选为 1:5 至 1:10 并且包括 1:5 和 1:10。

[0027] 根据又一个优选实施例, 形成凸出部的流线型本体的横向位移仅在下流最多为流线型本体的长度 (沿着主流方向测量) 的三分之二。这意味着在上游部分, 流线型本体相对于中心平面具有基本上对称的形状。在流线型本体的下游, 凸出部连续且平滑地发展到每个横向方向, 从而使流线型本体的侧壁形成波浪形状, 其中, 该波浪形状的幅度在后缘处增大到最大值。

[0028] 根据又一个优选实施例, 凸起后缘以入射角与限制壁相交, 该入射角的范围为 70 度至 110 度并且包括 70 度和 110 度, 更优选为 80 度至 100 度并且包括 80 度和 100 度, 并且特别地为大约或正好 90 度。入射角是形成在后缘的切平面与限制壁的切平面之间的角, 两个平面在壁和后缘彼此相交的点上, 并且两个平面平行于流通道的纵向轴线。入射角对允许在与限制壁相交的凸出部周围形成漩涡而言是重要的。优选地, 朝向限制壁的凸起 (即, 垂直于中心平面的距离) 在凸出部与限制壁交叉的位置处是凸出部高度的至少 15%, 优选为凸出部高度的 20% 至 50%

根据另一个特别优选的实施例, 所述流线型本体中的至少一个在前缘与后缘之间设置有混合结构, 该混合结构呈至少位于其侧向表面中的一个处的至少两个漩涡生成器的形式。每个漩涡生成器大致垂直于所述中心平面在其漩涡生成器高度上面延伸。因此, 从中心平面到漩涡生成器的顶点测量漩涡生成器高度。

[0029] 优选地, 这种漩涡生成器具有范围为 15° - 20° 的攻角和 / 或范围为 55° - 65° 的扫掠角。

[0030] 漩涡生成器攻角可取决于例如凸出部高度、燃烧器室的实际直径、流线型本体的数量。优选地, 漩涡生成器以与燃料喷嘴交替的方式位于两个侧向表面处, 其中, 优选地, 所述燃料喷嘴中的至少两个位于每个漩涡生成器的下游。根据优选实施例, 从漩涡生成器到限制壁的最小横向距离的范围为所述漩涡生成器高度的 20% 至 40% 并且包括所述漩涡生成器高度的 20% 和 40%, 其中, 所述距离优选为漩涡高度的 $1/3$ 。相邻槽沟 (即, 流线型本体) 之间的距离优选为大约两倍于漩涡生成器与壁的所述最小横向距离, 或者其大约两倍于本体与平行本体布置中的最外部本体的壁之间的平均距离。优选地, 相邻本体之间的距离是喷燃器直径 (即, 气体流通道的最大直径) 的至少 $1/100$, 以及更优选地至少 $1/15$ 。

[0031] 本发明的具体目的是提供一种具有改进的混合的大致柱形喷燃器。通过提供特别是 (但不专门地) 用于具有顺序燃烧的燃气涡轮的二级燃烧室的喷燃器来实现该目的, 燃

气涡轮具有第一和第二燃烧室,喷燃器带有用于将至少一个气态和 / 或液体燃料引入到喷燃器中的喷射装置,其中,喷射装置具有至少两个本体,喷射装置布置在喷燃器中,至少一个喷嘴用于将至少一种燃料引入到喷燃器中。至少一个本体构造为流线型本体,其具有流线型横截面轮廓,并且沿纵向方向垂直于出现在喷燃器中的主流方向或与该主流方向倾斜地延伸。至少一个喷嘴在流线型本体的后缘处或后缘中(或在后缘的下游不远处)具有其出口孔口。

[0032] 根据一个实施例,这种流线型本体形成为使得,参考流线型本体的中心平面,后缘在相反的横向方向上设置有至少两个凸出部。换言之,后缘不形成直线,而是形成波浪线或正弦线,其中,该线围绕中心平面振荡。

[0033] 根据另一个实施例,如上所述,流线型本体在其(多个)侧向表面处设置有漩涡生成器,其中,后缘可为笔直边缘,或者可凸出,如上所述。

[0034] 本发明包括在喷射器的后缘处喷射燃料。燃料喷射优选地沿着轴向方向,这消除了对高压载体空气(MBH70 空气)的需要。本发明对于宽广范围的动量通量比(载体空气或燃料速度)是稳定可靠的,并且允许燃料-空气以可能的低动量通量比混合。顺列燃料喷射系统包括许多凸出槽沟或具有漩涡生成器的槽沟或具有漩涡生成器的凸出槽沟,槽沟彼此错列,优选地呈平行构造。大致沿主流方向喷射燃料对于燃料容量是有利的,这是因为在交叉喷射的情况下,不同的燃料类型需要不同的喷射速度。这是因为为了良好混合,必须确保燃料射流穿透在燃料喷射之前产生的气体漩涡。这需要高压载体空气来交叉喷射。根据本发明,漩涡与喷射一起产生,或者在燃料射流周围产生,以使燃料射流集成在逐渐形成的漩涡中。因此,燃料不需要高压载体空气,而是可以以低压载体空气喷射。接着,该低压载体空气另外用来冷却燃料。因此,喷燃器可用于混合燃料与空气,以及混合燃料与在封闭式或半封闭式燃气涡轮中使用的任何类型的气体或第一燃烧级的燃烧气体。

[0035] 喷燃器可用于包括一个压缩机、一个燃烧器和一个涡轮的燃气涡轮,并且可用于具有一个或多个压缩机、至少两个燃烧器和至少两个涡轮的燃气涡轮。它们可例如用作具有一个燃烧器的燃气涡轮中的预混合喷燃器,或者还可用于具有顺序燃烧的燃气涡轮的二级燃烧室的再热燃烧器,该燃气涡轮具有第一和第二燃烧室,喷射装置用于将至少一种气态和 / 或液体燃料引入到喷燃器中。

[0036] 凸出部周期(“波长”)优先在直径的 5% 至 50% 的范围内。优选地,存在沿着最长流线型本体的后缘等距离地分配的至少 5 至 8 个凸出部,其中,优选地,凸出部的数量根据较短的流线型本体的长度减小而按比例减小。沿着第一横向方向的不同长度的流线型本体可具有不同数量的凸出部。

[0037] 根据又一个优选实施例,多个燃料喷嘴沿着后缘(或在后缘中)定位,并且优选地以等距离的方式分配。长度不同的本体可具有不同数量的燃料喷嘴。

[0038] 根据又一个优选实施例,燃料喷嘴基本上位于流线型本体的中心平面上(所以典型地不在后缘的凸出部分中)。在该情况下,燃料喷嘴优选地位于沿着后缘的、凸出后缘横跨中心平面的每个位置处,或者位于每隔一个该位置处。

[0039] 根据又一个实施例,燃料喷嘴基本上位于凸出部的顶点处,其中,优选地,燃料喷嘴位于沿着后缘的每个顶点处,或者位于每隔一个顶点处。

[0040] 因此,喷嘴之间的距离可等于凸出部波长,或者其可为凸出部波长的数倍或一部

分。

[0041] 喷嘴之间的距离的范围为 5 毫米至 150 毫米并且包括 5 毫米和 150 毫米,优选地,范围为 10 毫米至 120 毫米,其中,喷嘴可优选地与限制壁有一距离,该距离为两个喷嘴之间的距离的大约 30% 至 100%,优选为大约 50%。

[0042] 喷嘴(特别是接近限制壁的喷嘴)可略微倾斜,以便远离壁朝向附近的漩涡喷射燃料射流。因此,喷嘴可以以相对于主流方向的倾角喷射燃料和/或载体气体,该倾角的范围为 0° 至 30° 并且包括 0° 和 30°。高达 60° 的倾角也是可能的。

[0043] 用于没有凸出部但具有多个漩涡生成器的本体的喷嘴之间的距离可与在凸出后缘的上下文中描述的不同。

[0044] 典型地,限制壁是可朝向出口侧会聚的基本上平坦的壁结构。特别地(但不止),限制壁凸出,或者设置有漩涡生成器,即,限制壁可具有面向气体流通道的波状表面。甚至更优选地,该波形可具有与喷射器中的一个基本上相同的特征,即,波形特别地可与相邻流线型本体的波形相反,即,可布置成与(多个)喷射器的波形(即,凸出部和/或漩涡生成器)异相。其还可具有高度与喷射器的凸出部或漩涡生成器的高度基本上相同的波形。波状限制壁的横截面的周长可为凸出部或漩涡生成器的波长的数倍。

[0045] 根据一个实施例,关于如上所述的漩涡生成器和/或凸出部,多个燃料喷嘴沿着后缘分配,其中,燃料喷嘴是沿着流线型本体的后缘延伸的圆形和/或细长的槽口喷嘴,并且/或者包括用于喷射液体燃料的第一喷嘴,和/或用于喷射气态燃料的第二喷嘴和用于喷射载体空气的第三喷嘴,该第三喷嘴包围第一喷嘴和/或第二喷嘴。

[0046] 根据另一个优选实施例,至少两个喷嘴在流线型本体的后缘的下游具有它们的出口孔口,其中,优先地,在喷嘴的位置处的基本上笔直的后缘与所述喷嘴的出口孔口之间的、沿着主流方向测得的距离为至少 2 毫米,优选为至少 3 毫米,更优选为在大约 4 毫米至大约 10 毫米的范围内。

[0047] 根据另一个优选实施例,至少两个燃料喷嘴位于后缘处,并且沿着后缘分配,并且其中,燃料喷嘴基本上位于流线型本体的中心平面上,其中,优选地,在凸出后缘横跨中心平面的每个位置处,定位有燃料喷嘴。

[0048] 根据优选实施例,流线型本体从限制壁的第一区延伸穿过气体流通道到达限制壁的第二区,即,流线型本体横跨喷燃器的相对的壁部分之间的整个流通道横截面延伸。优选地,流线型本体在区之间基本上笔直地延伸穿过通道。优选地,限制壁的第一区和/或第二区的切平面和本体的沿着第一横向方向的纵长方向相对于彼此倾斜。

[0049] 根据特别优选的实施例,流线型本体布置成使得它们沿着第一横向方向的纵长延伸部基本上平行于彼此,其中,最接近的相邻流线型本体的凸出部生成器(如果有的话)布置成同相(即,最接近的横向相邻凸出部生成器的顶点指向相同的方向)或异相(即,所述顶点彼此相对)。

[0050] 根据进一步特别优选的实施例,流线型本体布置成使得它们沿着第一横向方向的纵长延伸部基本上平行于彼此,其中,最接近的相邻流线型本体的漩涡生成器(如果有的话)布置成同相(即,最接近的横向相邻漩涡生成器的顶点指向相同的方向)。

[0051] 已发现,倒转从形成凸出部的两个相邻凸出本体的中心平面的横向偏移对于高效且快速的混合特别有利。换言之,从两个相邻流线型本体的周期偏移是异相的:在纵向方向

上的同一位置处,每个本体的偏移具有相同的绝对值,但是在相反的方向上。另外,为了最小化压降和避免任何尾流,从平坦前缘区到偏移部的过渡部是平滑的,其表面曲率表示具有连续一阶导数的函数。

[0052] 优先地,混合区位于所述本体的下游(典型地在位于同一喷燃器内的一组例如三个或四个这种本体的下游),并且在所述本体处和/或在所述本体的下游,所述混合区的横截面积减小,其中,与所述本体上游的流横截面相比,该减小优选为至少 10%,更优选为至少 20%,甚至更优选为至少 30% 或 50% 至 75% 或更多。典型地,至少一个(优选为多个)喷嘴平行于主流方向来喷射燃料(液体或气体)和/或载体气体。然而,至少一个喷嘴还可以以相对于主流方向通常不超过 30° 的倾角喷射燃料和/或载体气体。

[0053] 另外,优选地,喷燃器是包括至少两个(优选为至少三个或四个)流线型本体的喷燃器,其纵向轴线布置成基本上平行于彼此。流线型本体可布置在喷燃器中,使得将后缘连接于前缘的直线平行于喷燃器的主流方向而延伸。然而,优选地,流线型本体相对于主流方向略微倾斜,即,它们未布置成完全平行于主流方向,而是在混合区之后朝向下流会聚。离气体流通道的中心越远,流线型本体就可倾斜越多。如果混合区具有相同的会聚形状,则尤其如此。

[0054] 根据优选实施例,本体设置有冷却元件,其中,优选地,通过使冷却介质沿着本体的侧壁在内部循环(即,通过向本体提供双壁结构),和/或通过优选地位于后缘附近的薄膜冷却孔,提供这些冷却元件,并且其中,最优选地,向冷却元件供给来自载体气体供给部的空气,该载体气体供给部还用于燃料喷射。对于具有顺序燃烧的燃气涡轮,优选地,燃料从喷嘴与载体气流一起喷射,并且载体气体空气是低压空气,其压力在 10 巴至 35 巴的范围内,优选地在 16 巴至 25 巴的范围内。

[0055] 如以上提到的,如果对于应用于轴向进入流,流线型本体在其不凸出的部分中具有关于本体的中心平面镜像对称的横截面轮廓,则是优选的。

[0056] 多个喷嘴的多个单独的出口孔口可布置成一个接一个,并且布置在后缘处或后缘中。在喷嘴的意义上,至少一个裂缝状出口孔口可布置在后缘处。裂缝状或细长的槽口喷嘴典型地布置成沿着流线型本体的后缘延伸。

[0057] 喷嘴可包括用于不同的燃料类型和载体空气的多个出口孔口。在一个实施例中,用于喷射液体燃料或气体燃料的第一喷嘴和用于喷射载体空气的、包围第一喷嘴的第二喷嘴布置在后缘处。

[0058] 在另一个实施例中,用于喷射液体燃料的第一喷嘴、用于喷射气态燃料的包围第一喷嘴的第二喷嘴,以及用于喷射载体空气的包围第一喷嘴和第二喷嘴的第三喷嘴布置在后缘处。

[0059] 本发明允许通过创新的喷射器设计来减小压力损失。凸出部和/或漩涡生成器可成形为产生适当的流结构,诸如漩涡,燃料利用低压载体空气喷射到该漩涡中,低压载体空气还充当燃料的冷却介质。漩涡的强烈剪切有助于迅速混合和避免低速气穴。突出地弯曲的限制壁进一步降低这种气穴的风险。在空气动力学方面有利的喷射和混合系统甚至进一步减小压降。由于仅具有一个装置(喷射器)而非单独的元件,故例如:节省了 i) 喷燃器的入口处的大型混合装置, ii) 喷射器上的漩涡生成器,以及 iii) 喷射器压力。可利用节省来增大主流速度,这对反应性高的燃料空气混合物是有益的,或者可用来提高燃气涡轮

性能。

[0060] 另外,正好在生成漩涡的位置处的顺列燃料喷射的构思允许简化冷却空气通路的设计,这是因为燃料不再需要来自高压载体空气的动量。

[0061] 如果使用以上描述的冷却,则整体燃气涡轮效率提高。冷却空气绕过高压涡轮,而与通常必要的高压载体空气相比,冷却空气被压缩到较低的压力水平,并且需要较少的冷却,或者不需要冷却。

[0062] 在此处本发明的要点之一是,借助于凸出部或漩涡生成器和根据现有技术例如筒式燃烧器中常规地用作单独的元件(在单独的燃料喷射装置上游的单独的结构式漩涡生成器元件)的燃料喷射装置,将漩涡生成方面并入一个单一组合式漩涡生成和燃料喷射装置中。通过这样做,燃料与氧化空气的混合和漩涡生成在非常接近的空间附近且非常高效地发生,使得更迅速的混合是可能的,并且混合区的长度可减小。在一些情况下,通过本体在氧化空气路径中的对应设计和定向来省略流调节元件(涡轮出口导叶)甚至也是可能的,这是因为本体也可接管流调节。所有这些在没有沿着喷射装置的急剧压降的情况下是可能的,使得过程的整体效率可得到维持或改进。本发明的目的在于在具有柱形横截面的喷燃器中在短的混合长度内实现燃料-空气混合,本发明旨在以短的点燃延迟时间燃烧燃料-空气混合物。

[0063] 根据另一个优选实施例,混合和喷射装置通过设置在每个流线型本体的前缘处来充当流调直器,流线型本体的轮廓定向成平行于出现在前缘位置处的主流方向。具有带有用于使流平直的空气动力学轮廓的前缘区域和用于混合的凸出后缘的组合的流线型本体对于利用入口区域处的不均匀的流轮廓使流混合是特别有利的。在未使流平直的情况下,干扰由凸出部产生的湍流耗散型式,并且仅局部混合发生。

[0064] 实际上平行于流通道的纵向轴线的流对优化用于混合的流状况而言是有利的,该纵向轴线与流线型本体的凸出区段的中心平面对齐。为了导引平行方向上的流,流线型本体的前缘区具有空气动力学轮廓,其从相对于流调直器和混合装置的纵向轴线的倾斜的定向转变成平行于流调直器和混合装置的纵向轴线的定向。该定向变化优选地在流线型本体的上游半部中发生。

[0065] 为了允许用于高反应性燃料的容量,喷射器设计成在筒式燃烧器中同时执行流调节(至少部分地)、喷射和混合。因此,喷射器可节省喷燃器压力损失,目前在沿着流径的各种装置中利用该喷燃器压力损失。如果流调节装置、漩涡生成器和喷射器的常规组合由提出的发明代替,则主流的速度可增大,以便实现燃料空气混合物在混合区中的短驻留时间。

[0066] 除了包括混合和喷射装置的改进的喷燃器之外,用于操作这种喷燃器的方法是本发明的目的。取决于燃气涡轮的操作条件和负载点,通过喷燃器喷射的燃料流在广泛的范围内变化。其中流相等地分配到所有喷燃器喷嘴且穿过每个喷嘴的流量与总流量成比例的简单操作可在单独的喷嘴处引起损害喷射质量以及燃料进入空气流中的穿透深度的非常小的流速。

[0067] 根据按照本发明的操作的一个优选实施例,根据总的喷射燃料流来确定燃料喷射穿过其的燃料喷射喷嘴的数量,其中,优选地,在阈值燃料流以下,仅通过流线型本体的每隔一个燃料喷嘴喷射燃料,并且/或者仅通过喷燃器的每隔一个或每隔两个流线型本体的燃料喷嘴喷射该燃料。

[0068] 根据操作方法的另一个实施例,根据总的喷射燃料流来确定燃料喷射穿过其的燃料喷射喷嘴的数量,以确保操作的喷嘴中的最小流。

[0069] 在又一个实施例中,以低的燃料流率通过导叶的每隔一个燃料喷嘴喷射燃料。可选地,仅通过喷燃器的每隔一个或每隔两个导叶的燃料喷嘴喷射燃料。另外,建议组合两种方法来减少燃料喷射:对于低的燃料质量流,通过导叶的每隔一个或每隔两个燃料喷嘴喷射燃料,并且提出仅通过喷燃器的每隔一个或每隔两个导叶的燃料喷嘴喷射燃料。在质量流增加的情况下,可增加用于燃料喷射的导叶的数量,并且接着可增加每个导叶用于燃料喷射的喷嘴的数量。可选地,在质量流增加的情况下,可增加每个导叶用于燃料喷射的喷嘴的数量,并且接着可增加用于燃料喷射的导叶的数量。例如可基于对应的阈值燃料流来确定喷嘴的启动和停用。

[0070] 根据本发明的喷燃器可在例如阿尔斯通的GT24和GT26中使用,并且在DE 103 12 971 A1或例如WO 2012/136787中描述的布置中使用。它们可在任何其它燃气涡轮布置中使用。

[0071] 在从属权利要求中制定本发明的另外的实施例。

附图说明

[0072] 参考附图在下面描述本发明的优选实施例,该附图为了示出本发明的目前的优选实施例,而不为了限制它们。在附图中,

图1示出具有单独的混合和喷射元件的已知SEV喷燃器;

图2示出位于高压涡轮下游的已知SEV喷燃器,以及喷燃器的出口处的燃料质量份额轮廓(右边);

图3示出根据本发明的SEV喷燃器,其具有柱形燃烧室以及带有圆形限制壁的混合和喷射器装置;

图4示出根据图3的混合和喷射装置;

图5示出凸出槽沟,其中,在a)中示出垂直于纵向轴线的切口,在b)中示出侧视图,在c)中示出后缘和逆着主流的视图,以及在d)中示出透视图;

图6在a)中示出凸出的流线型本体以及在两侧上和在其后缘处生成的流径的示意性透视图,并且在b)中示出它们的侧视立视图;

图7在a)中示出根据图3的喷燃器的多个本体的正视图并且在b)中示出其透视图,其中,本体不凸出但是设置有漩涡生成器,并且在c)中示出如何限定漩涡生成器的攻角和扫掠角的示意图,其中,在上面的图中给出侧视立视图,并且在下面的图中给出在垂直于漩涡生成器安装在其上的平面的方向上的漩涡生成器的视图;

图8示出具有不同喷嘴的凸出槽沟的后缘和凸出部布置;以及

图9示出根据图3的、充当流调直器的混合喷射装置的视图。

[0073] 部件列表

- 1 喷燃器
- 2 混合空间、混合区
- 3 喷燃器壁
- 4a 燃烧空间

- 4b 再循环空间
- 5 出口侧、喷燃器出口
- 6 入口侧
- 7 喷射装置、燃料喷枪
- 8 来自高压涡轮的流
- 9 涡轮出口导叶
- 10 一级漩涡生成器
- 11 在 5 处的燃料质量份额轮廓
- 12 燃烧室壁
- 13 在 3 与 12 之间的过渡部
- 14 氧化介质流
- 15 燃料喷嘴
- 16 7 的足部
- 17 7 的轴
- 22 流线型本体、槽沟
- 24 22 的后缘
- 25 22 的前缘
- 27 转折点
- 28 在第二横向方向 30 上的凸出部
- 29 在第三横向方向 31 上的凸出部
- 30 第二横向方向
- 31 第三横向方向
- 32 28、29 的顶点
- 33 22 的侧向表面
- 34 喷出方向
- 35 22 的中心平面
- 38 24 的前缘
- 39 23 的后缘
- 40 流轮廓
- 41 漩涡
- 42 凸出部
- 43 混合和喷射装置
- 44 限制壁
- 440 气体流通道
- 441 44 的第一区
- 442 44 的第二区
- 45 入口区域
- 46 出口区域
- 47 440 的纵向轴线

- 48 流线型轮廓
- 49 第一横向方向
- 50 入口流
- 51 第一喷嘴
- 52 第二喷嘴
- 53 第三喷嘴
- 54 槽口喷嘴
- 60 漩涡生成器
- 111 已知喷燃器
- λ 42 的周期
- h_1 42 的高度
- h_2 60 的高度
- α_1 第一凸出部角
- α_2 第二凸出部角
- β 入口角
- γ 入射角
- l 22 的长度
- H 22 的高度
- t_1 驻留时间
- t_2 点燃时间
- t_3 反应时间
- w 后缘 24 处的宽度
- W 22 的最大宽度。

具体实施方式

[0074] 图 1 和图 2 示出常规的二级喷燃器 111。喷燃器 111 (其为环形喷燃器) 与相对的壁 3 邻接。这些相对的壁 3 限定用于主流方向 14 上的氧化介质的主气体流的流空间。该流作为来自高压涡轮的气体流 8 进入 (即, 在高压涡轮的最后一排旋转叶片后面), 该高压涡轮位于第一燃烧器的下游。该气体流 8 在入口侧 6 处进入喷燃器。首先, 该气体流 8 经过流调节元件 9, 流调节元件 9 典型地为使流具有恰当定向的固定式涡轮出口导叶。大型预混合漩涡生成器 10 位于这些流调节元件 9 的下游, 以便使气体准备好进行随后的混合步骤。在预混合漩涡生成器 10 的下游提供喷射装置或燃料喷枪 7, 其典型地包括干或足部 16 和轴向轴 17。在轴 17 的最下游部分处发生燃料喷射。燃料喷射经由喷嘴 15 发生, 喷嘴 15 垂直于主流方向 14 喷射燃料 (交叉流喷射)。

[0075] 在燃料喷枪 7 的下游存在混合区 2, 其中, 与两个壁 3 邻接的空气在驻留时间 t_1 期间与燃料混合, 并且接着在出口侧 5 处, 离开而到燃烧空间 4a 中, 在燃烧空间 4a 中, 在自燃时间 t_2 之后, 自燃发生。自燃时间 t_2 是从燃料喷射到自燃所花的时间。喷燃的气体混合物在反应时间 t_3 期间反应。

[0076] 在混合区 2 与燃烧空间 4a 之间的过渡部处, 典型地存在过渡部 13, 其可呈阶梯

(图 1) 或圆形边缘 (图 2) 的形式, 而且还具有用于流的失速元件。过渡部 13 和燃烧过程使热气体的一部分在再循环区 4b 中再循环。燃烧空间与燃烧室壁 12 邻接。在根据图 2 的喷燃器 111 的情况下, 这导致喷燃器出口 5 处的燃料质量份额轮廓 11, 如在图 2 的右侧指示的。

[0077] 图 3 示出根据本发明的具有混合和喷射装置 43 的喷燃器 1。喷射装置 43 包括限定气体流通道 440 的基本上圆形的限制壁 44。所述柱形通道 440 具有纵向轴线 47、入口区域 45, 以及在主流方向 14 的下游的出口区域 46。主流方向 14 沿着纵向轴线 47 指向。图 3 示出其中提出的喷燃器区域在主流方向 14 上显著地减小的布置。在此处, 减小的出口区域 46 为入口区域 45 的大约 75%。这使气体速度在方向 14 上增大, 这有助于在高反应性条件下安全地操作喷燃器 1。重要地, 根据图 3 的喷燃器 1 不需要如图 1 和图 2 所示的预混合漩涡生成器 10。直接利用燃料喷射装置 43 产生用于在本体 22 下游的混合区中混合燃料和气体的漩涡。

[0078] 图 4 示出根据图 3 本身的混合和喷射器装置 43。可看到, 本体 22 均从壁 44 的第一区 441 (图 3、4 中的上部部分) 笔直延伸到壁 44 的第二区 442 (图 3、4 中的下部部分), 横跨气体流通道 440。在此处, 两个内部本体 22 具有相同长度 (沿着第一横向方向 49), 其中, 外部本体 22 具有为内部本体 22 的长度的大约 2/3 的长度。

[0079] 本体 22 延伸穿过限制壁 44, 并且在喷射装置 43 的外表面上面部分地突起。通过本体 22 的这些突起部分, 部分不具有任何凸起或漩涡生成器, 燃料和载体气体可供给到喷燃器 1 中。如可从图 4 看到的, 流线型本体 22 的后缘 24 设置有凸出部 28、29。沿横向相邻的本体 22 的凸出部 28、29 异相地凸起, 即, 凸出部 28、29 沿第二横向方向 30 或第三横向方向 31 指向的顶点彼此相向, 或者沿相反的横向方向指向。第二横向方向 30 和第三横向方向 31 垂直于主流方向 14, 垂直于第一横向方向 49, 并且彼此不平行。在图 4 中, 指示了围绕每个喷嘴 15 的漩涡 (为半圆形箭头)。利用实线指示限制壁 44 附近的漩涡, 利用虚线指示喷燃器中的不受限制壁 44 影响的漩涡。根据该图, 变得清楚的是, 需要足够的入射角 γ 来允许紧接着限制壁形成漩涡。另外, 在限制壁 44 的交叉部处需要足够的高度的凸出部, 以允许形成漩涡。

[0080] 每个本体 22 的凸出后缘 24 以 90° 入射角 γ 与区 441 和 442 中的限制壁 44 相交。

[0081] 图 5 示出产生槽沟状喷射器 (即, 凸出的流线型本体 22) 的基本设计。本体 22 可为喷燃器 1 的一部分, 如已经在别处描述的。主流经过凸出混合器 43, 从而产生速度梯度。这些导致强烈地产生剪切层, 燃料可喷射到该剪切层中。选择凸出部角 α_1 和 α_2 (参见图 6), 使得避免流分离。

[0082] 更特别地, 流线型本体 22 构造为槽沟 22, 在图 5a 中, 在图 5b 中的侧视图中, 在逆着 5c 中的主流方向 14 的后缘的视图中, 以及在图 5d 中的透视图, 槽沟 22 示出为切口。

[0083] 流线型本体 22 具有前缘 25 和后缘 24。因为前缘 25 限定直线, 并且在形状的前缘部分中, 形状是基本上对称的, 所以在上游部分中, 本体具有圆形前缘, 并且不具有凸起。

[0084] 前缘 25 沿着槽沟 22 的纵向轴线 49 延伸。在该上游区段的下游, 在朝向后缘 24 进一步向下游前进时, 凸出部连续且平滑地形成和发展。在该情况下, 凸出部给出为按顺序布置成一个接一个的、沿着后缘沿两个相反方向交替的半圆, 如在图 5c 中可特别容易地看

到的。

[0085] 在还位于中心平面 35 上的每个转折点 27 处,定位有燃料喷嘴,该燃料喷嘴顺列地基本上沿着主流方向 14 喷射燃料。在该情况下,后缘不是尖锐边缘但是具有宽度 W,宽度 W 例如在 5 毫米至 10 毫米的范围内。本体 22 的最大宽度 W 在 25 毫米至 35 毫米的范围内,而凸起的总高度 h 仅略微大于该宽度 W。

[0086] 在该情况下,用于典型喷燃器的流线型本体具有范围为 100 毫米至 200 毫米的高度 H。周期(凸出部波长 λ)为大约 40 毫米至 60 毫米。

[0087] 参考图 6 描述凸出混合构思,图 6 示出沿着流线型本体 22 的侧向表面 33 的流状况。中心平面 35 布置成大致平行于主流方向 14,该流具有笔直前缘 38 和凸出后缘 39。前缘 38 处的气体流 14 形成流轮廓 40,如用箭头示意性地指示的。

[0088] 后缘 39 处的凸出结构 42 逐渐向前缘 38 的下游形成波浪形状,其中,凸出部沿第二横向方向 30 前进,第二横向方向 30 横向于中心平面 35 和主流方向 14。沿第二横向方向 30 延伸的凸出部标有附图标记 28。在第三横向方向 31(即,与第二横向方向 30 相反的方向)上延伸的凸出部标有附图标记 29。凸出部在两个横向方向 30、31 上交替。在凸出部确切地说形成后缘的线/平面经过中心平面 35 的任何地方,存在转折点 27。

[0089] 如可从图 6a 中指示的箭头看出的,在上部面上的通道状结构中流动的空气流和在下部面上的通道中的空气流混合,并且开始在后缘 39 的下游生成漩涡 41,导致强烈的混合。

[0090] 凸出结构 42 由下列参数限定:i)周期(即,凸出部波长 λ)在垂直于主流方向 14 的方向上给出凸出部的一个周期的宽度;ii)凸出部高度 h,即,在相邻凸出部的相邻顶点之间的在垂直于主流方向 14 的方向上(所以沿着方向 30 和 31)的距离,如图 6b 限定的;以及 iii)限定在凸出部 28 的第一方向上的位移的第一凸出部角 α_1 (第一仰角),以及限定凸出部 29 沿方向 31 的位移的第二凸出部角 α_2 (第二仰角)。典型地, α_1 等于 α_2 。

[0091] 为了确保良好的混合,通过在流径中布置两个或更多个流线型本体 22 而在流径的整个横截面上引起具有湍流耗散的流域。与同相地布置的凸出部相比,沿横向相邻的本体 22 的、异相地布置(凸出部周期的相移动 180°)的凸出部导致混合得到进一步改进。

[0092] 漩涡生成器混合构思非常类似地起作用。

[0093] 图 7 在 a) 和 b) 中示意性地示出根据本发明的混合和喷射器装置 43 的其它实施例的正视图和透视图。图 7a 与图 7b 之间的区别是漩涡生成器 60 和喷嘴 15 的布置。在图 7a 中,限制壁 44 限定具有大致椭圆形的横截面的气体流通道 440。指示了主流方向 14。喷射装置 43 容纳三个平行的对齐式流线型本体 22,其均沿着第一横向方向 49,从它们的限制壁 44 的第一区 441 笔直延伸到壁 44 的第二区 442。本体在它们的侧向表面 33 上设置有漩涡生成器 60。在图 7a 中,燃料喷嘴 15 分派给每个漩涡生成器 60,其中,喷嘴 15 设置在笔直后缘 24 上,而漩涡生成器 60 交替地设置在本体 22 的侧向表面 33 上。

[0094] 选择漩涡生成器攻角和扫掠角,以在最小压降下产生最高循环速率。通常,这种漩涡生成器具有范围为 15° - 20° 的攻角 α 和/或范围为 55° - 65° 的扫掠角 β ,参考图 7c) 来获得这些角的定义,其中,在图 7a) 中给出漩涡生成器在气体流 14 中的定向,在上部表示(其为立视图)中给出攻角 α 的定义,并且在下部表示(其为漩涡生成器的俯视图)中给出扫掠角 β 的定义。

[0095] 图 8 示出具有不同的喷嘴布置的凸出槽沟或本体 22 的后缘 24 的逆着主流的视图。图 8a 示出这样的布置：用于喷射液体燃料的第一喷嘴 51 被第二喷嘴 52 包围，用于喷射气态燃料，第二喷嘴 52 本身被第三喷嘴 53 包围，用于喷射载体空气。喷嘴 51、52、53 同心地布置在后缘处。每个喷嘴布置位于凸出后缘横跨中心平面 35 的地方。

[0096] 图 8b 示出这样的布置：用于燃料气体喷射的第二喷嘴 52 构造为沿着后缘延伸的缝隙状喷嘴，每个喷嘴在凸出部的每个顶点区段处。另外，用于液体燃料喷射的第一喷嘴 51 布置在凸出后缘横跨中心平面 35 的每个位置处。所有的第一喷嘴 51 和第二喷嘴 52 被第三喷嘴 53 包围，用于喷射载体空气。

[0097] 图 8c 示出这样的布置：用于燃料气体喷射的第二喷嘴 52 构造为沿着至少一个凸出部沿着后缘延伸的一个缝隙状喷嘴。

[0098] 对于液体燃料喷射，在第二喷嘴 52 中布置呈孔口形式的附加第一喷嘴 51。

[0099] 图 8d 和图 8e 示出凸出部侧壁包括笔直区段的布置。图 8d 示出这样的布置：用于喷射液体燃料的第一喷嘴 51 被第二喷嘴 52 包围，用于喷射气态燃料，第二喷嘴 52 本身被第三喷嘴 53 包围，用于喷射载体空气。喷嘴 51、52、53 同心地布置在后缘处。每个喷嘴布置位于凸出后缘横跨中心平面 35 的地方。

[0100] 图 8e 示出用于燃料气体喷射的第二喷嘴 52 构造为沿着后缘延伸的缝隙状喷嘴的布置。每个喷嘴被第三喷嘴 53 包围，用于喷射载体。所有第一喷嘴 52 和第二喷嘴 53 被第三喷嘴 53 包围，用于喷射载体空气。可提供用于液体燃料喷射的附加第一喷嘴，但是在该实例中未示出它们。

[0101] 图 9 示意性地示出具有两个本体 22 的混合和喷射装置 43 的实施例，两个本体 22 设置有如上所述的凸出部和 / 或漩涡生成器，并且在它们的前缘处进一步设置有调直器轮廓。喷射装置 43 借助于这些调直器轮廓用作流调直器。主流作为入口流 50 关于纵向轴线 47 以入口角 β 进入气体流通道 440 的入口区域 45。在入口区域的区中，入口流 50 被调直器轮廓平滑地接收，该调直器轮廓在它们的上游部分中定向成大致平行于入口流方向。接着，调直器轮廓将主流导引到下游，并且使主流平滑地转向大致平行于纵向轴线 47 的方向，基于此，流导引成沿着流调直器和混合器 43 的本体 22 的侧向表面，其中，产生气体漩涡。

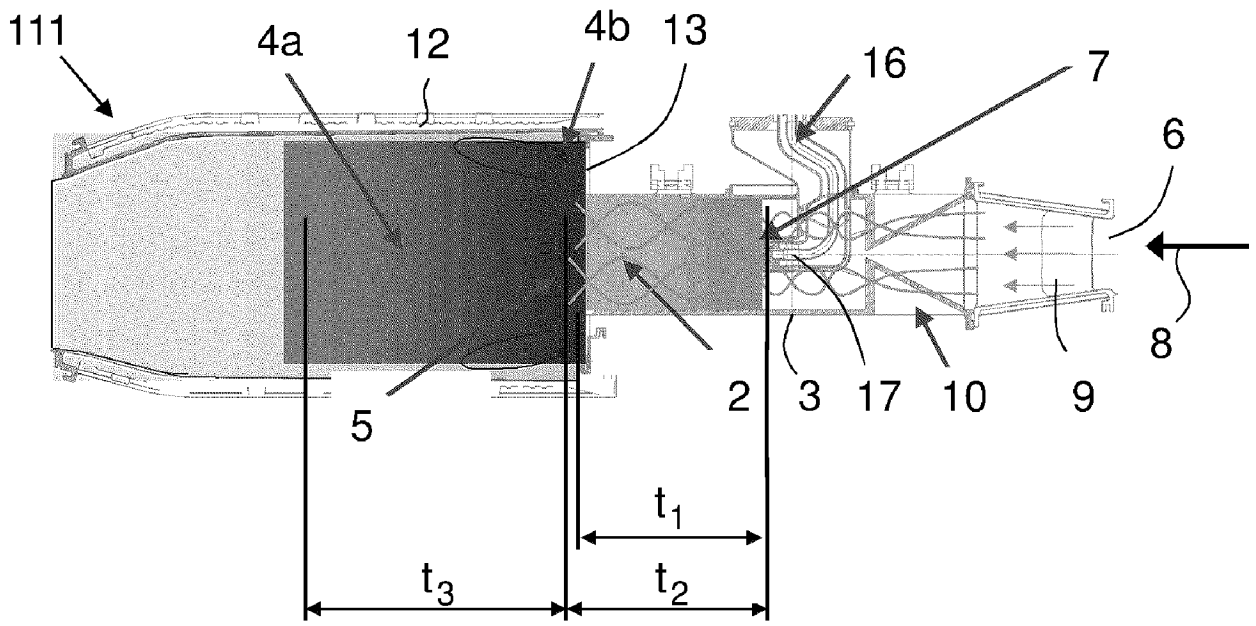


图 1

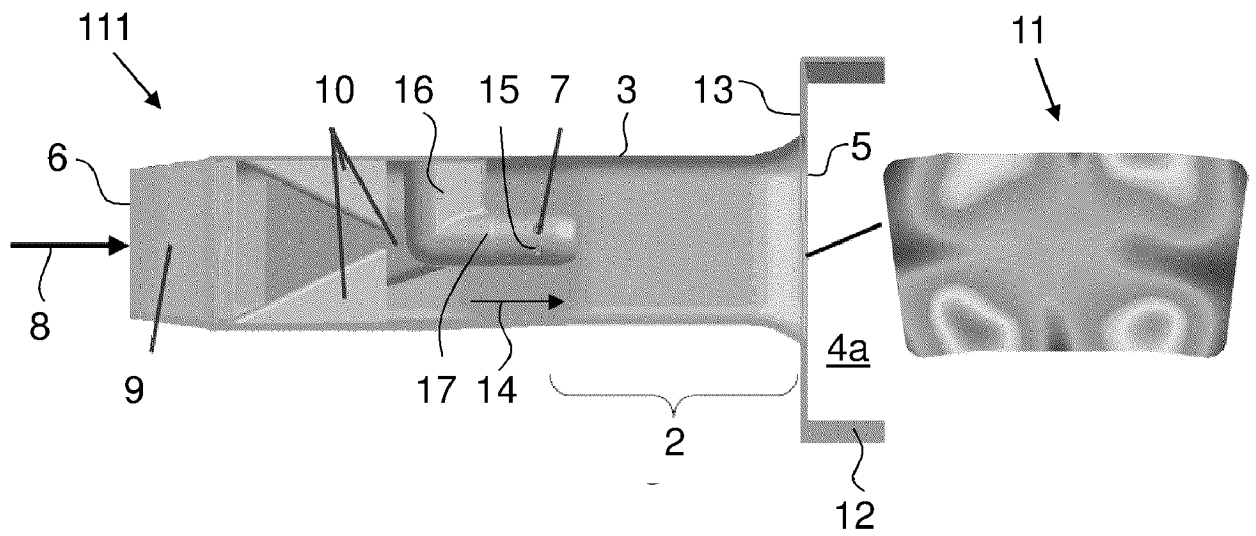


图 2

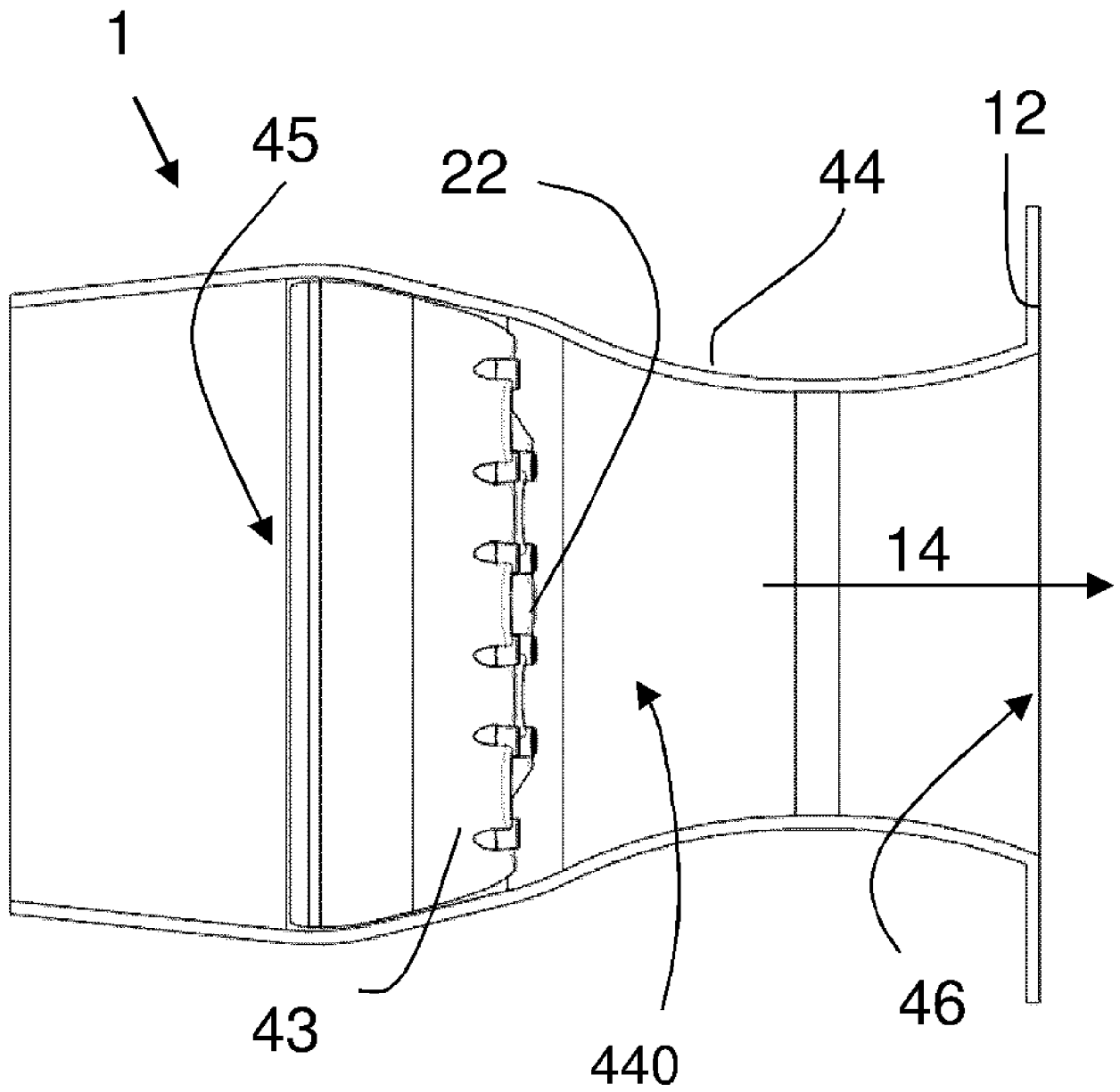


图 3

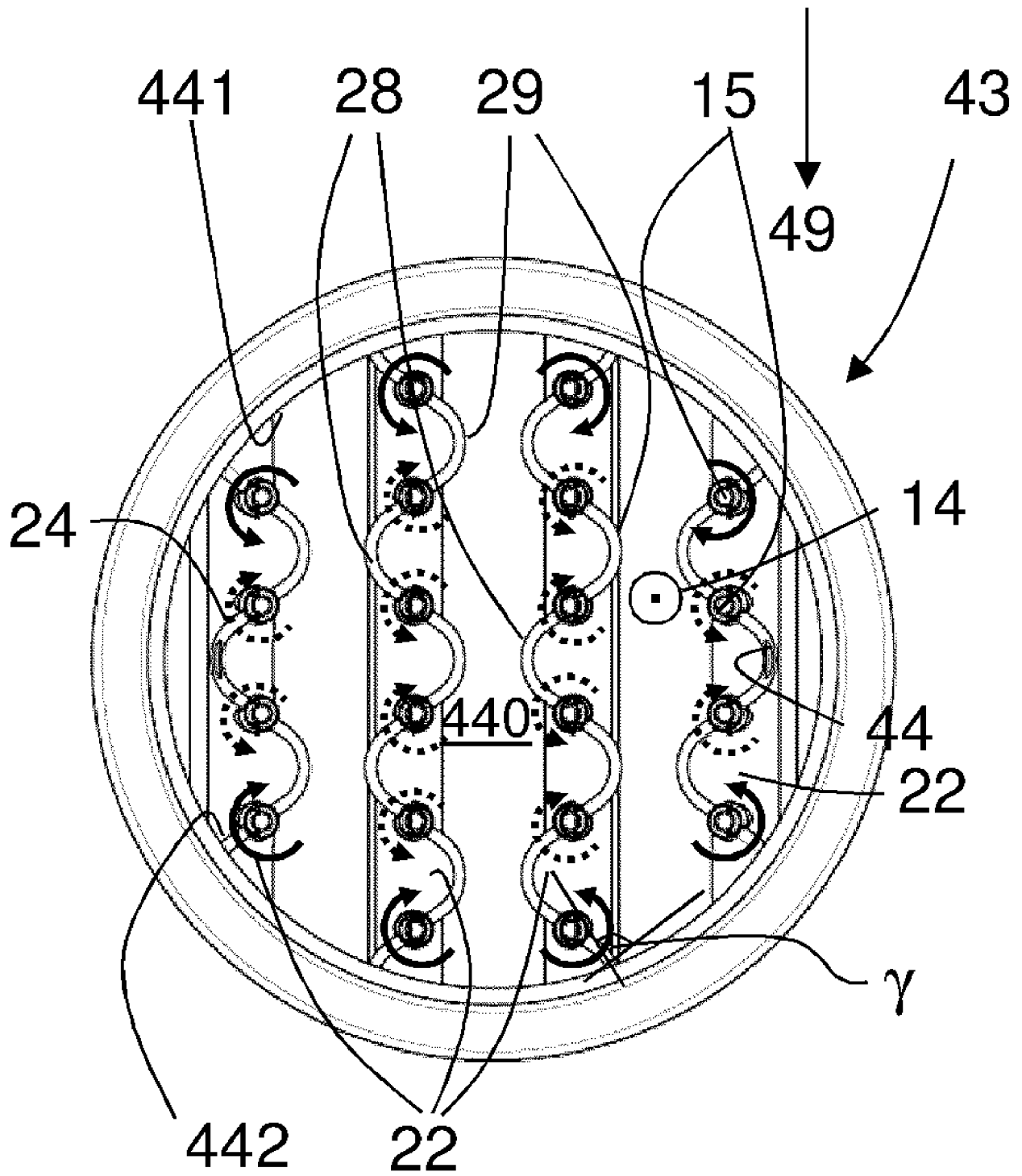


图 4

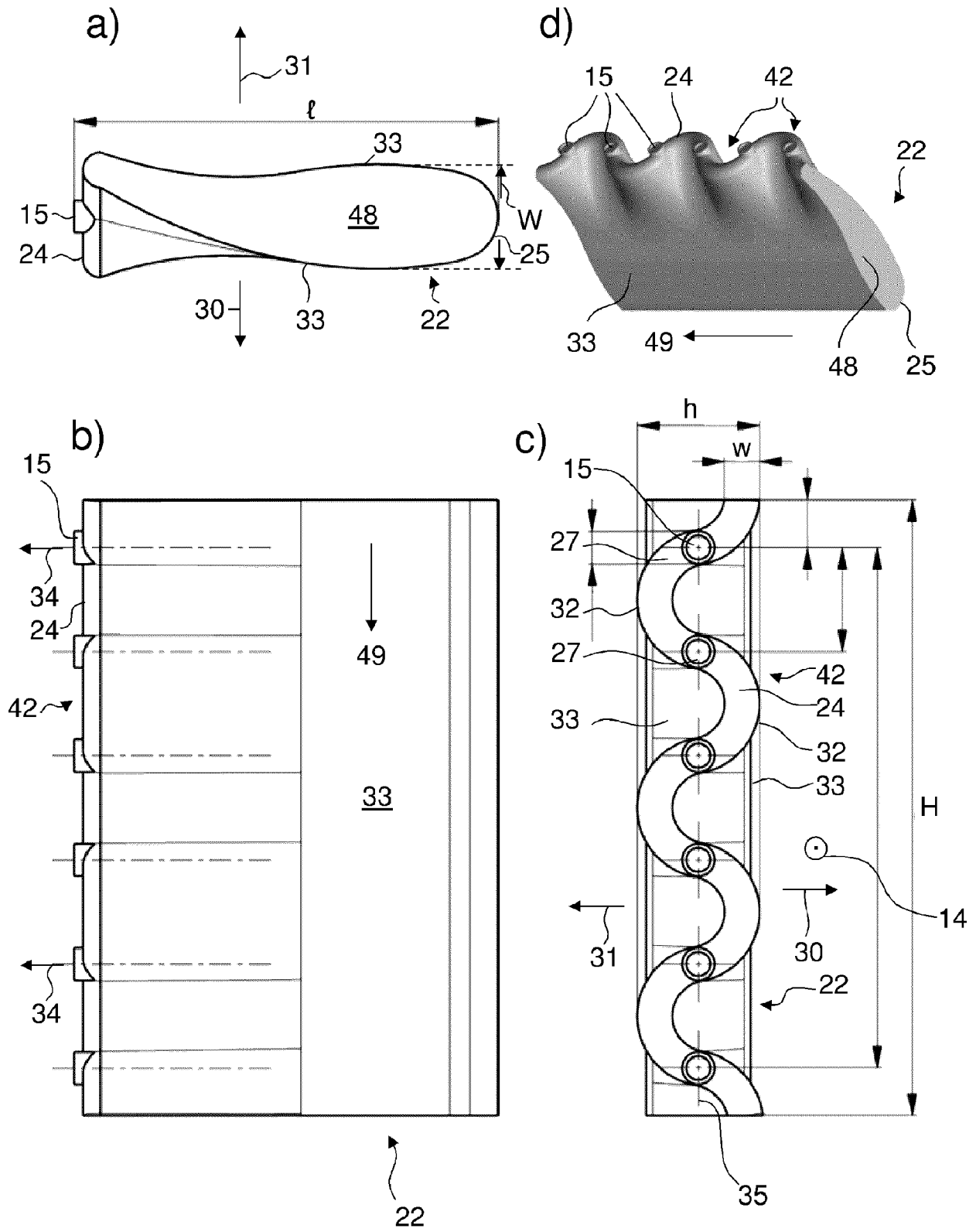


图 5

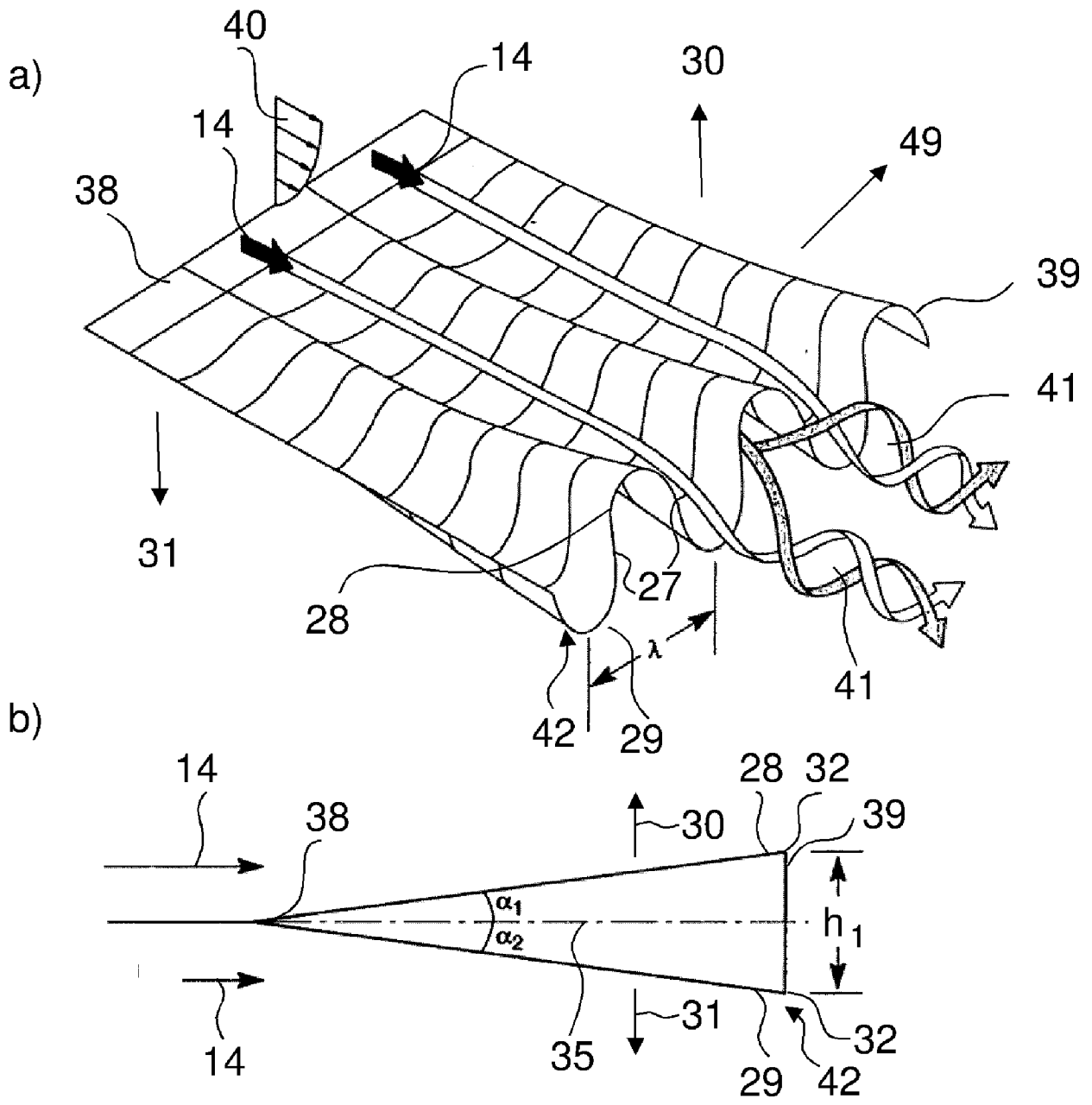


图 6

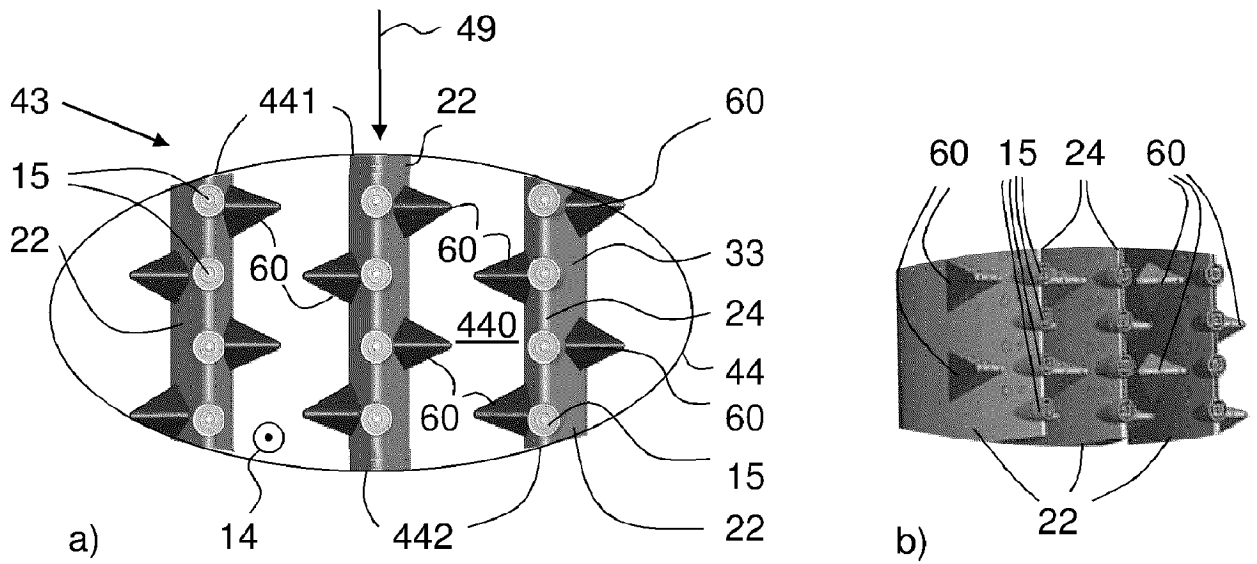


图 7

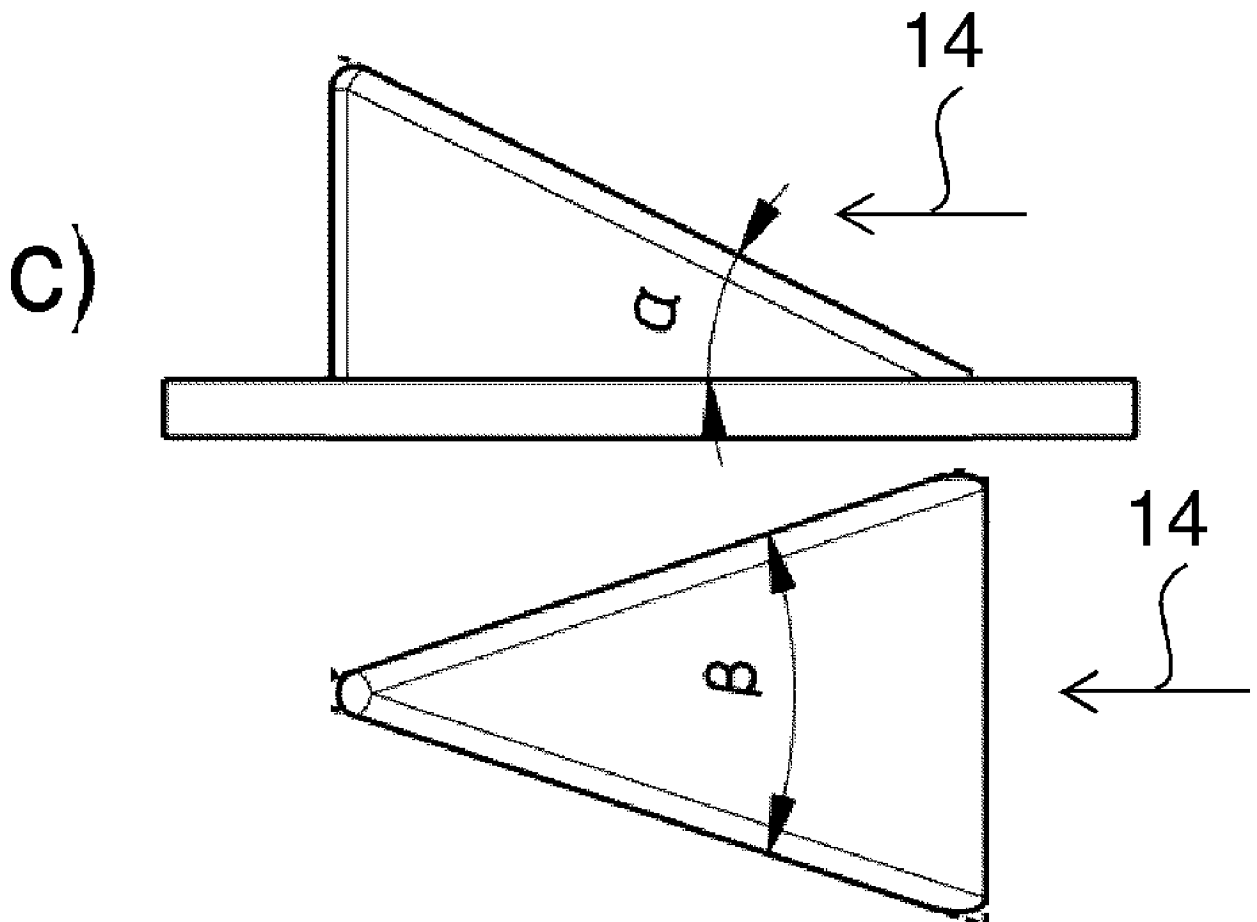


图 7

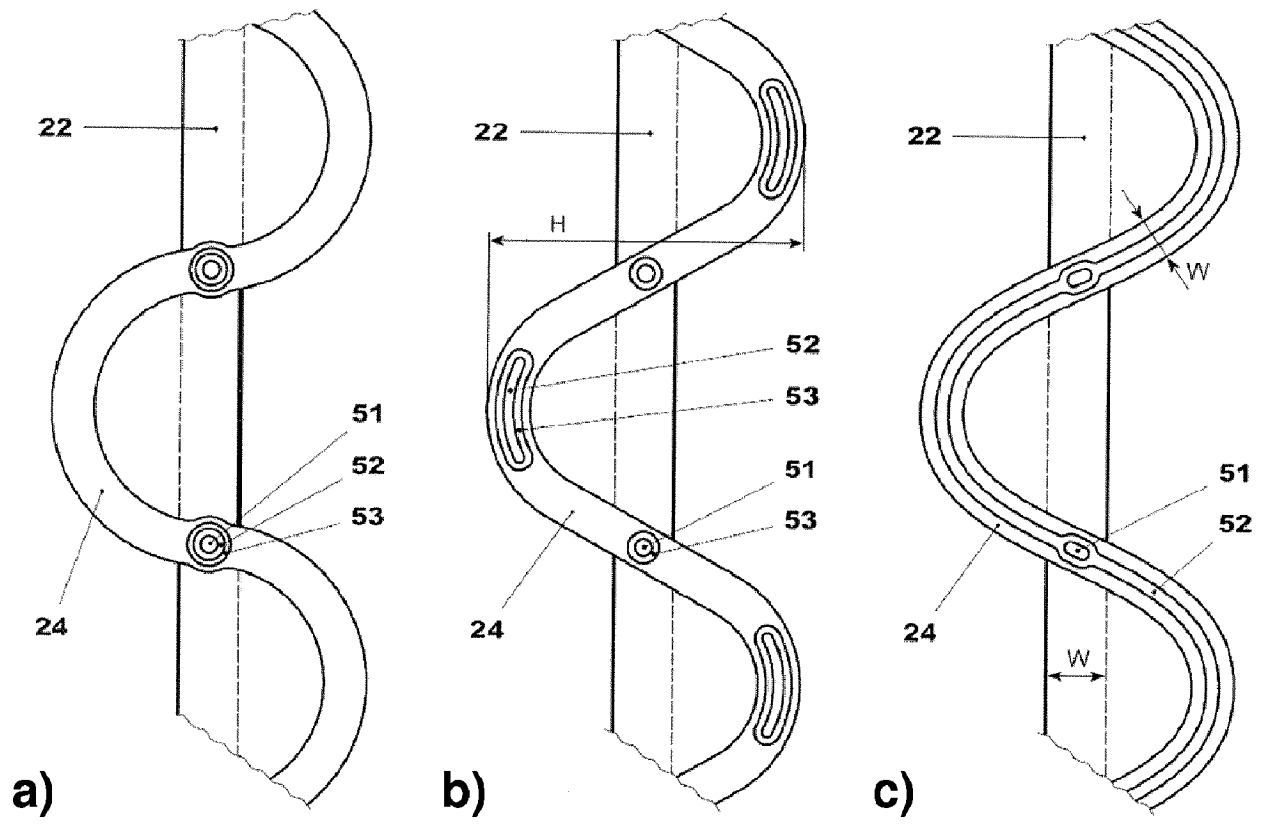


图 8

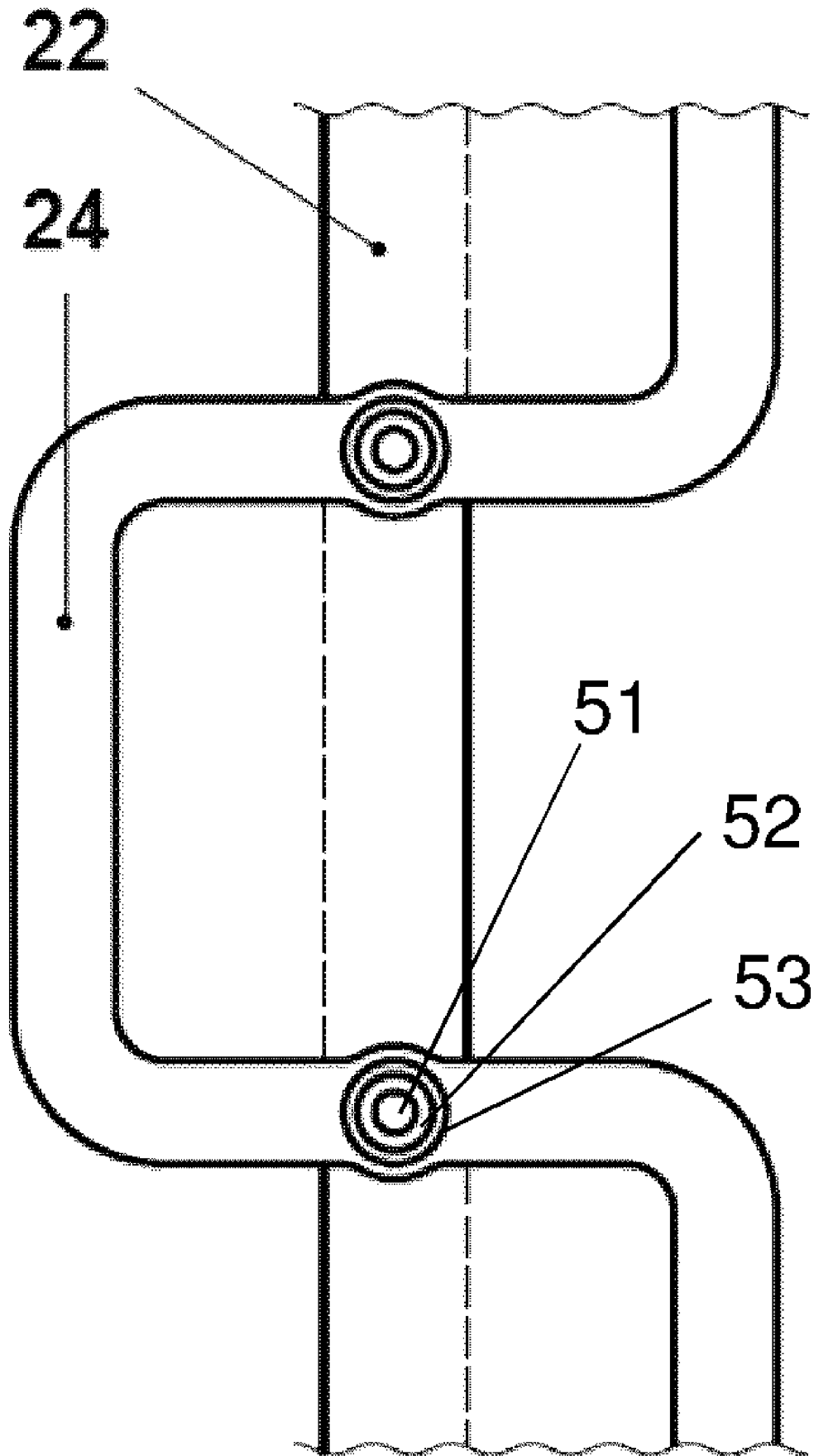


图 8d

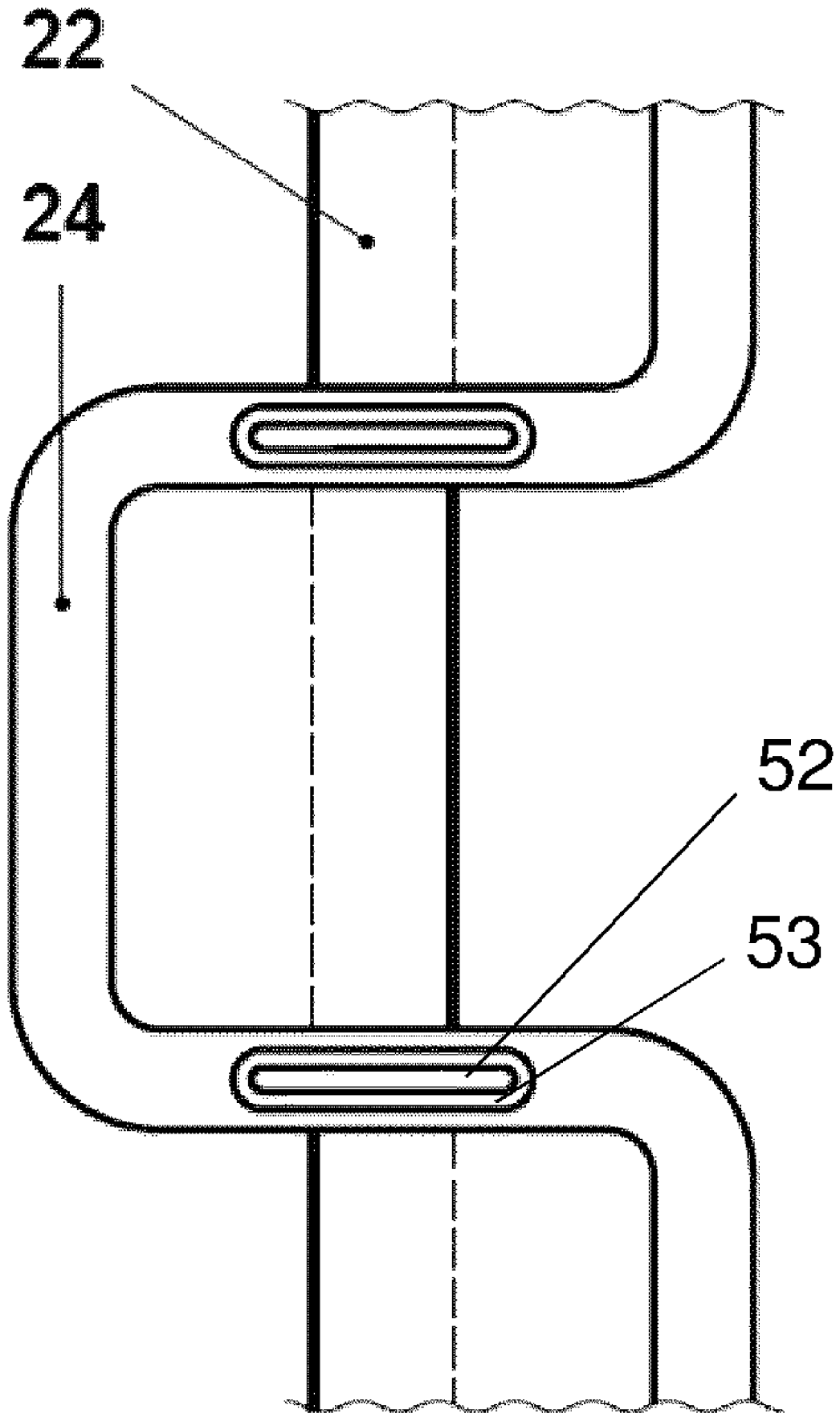


图 8e

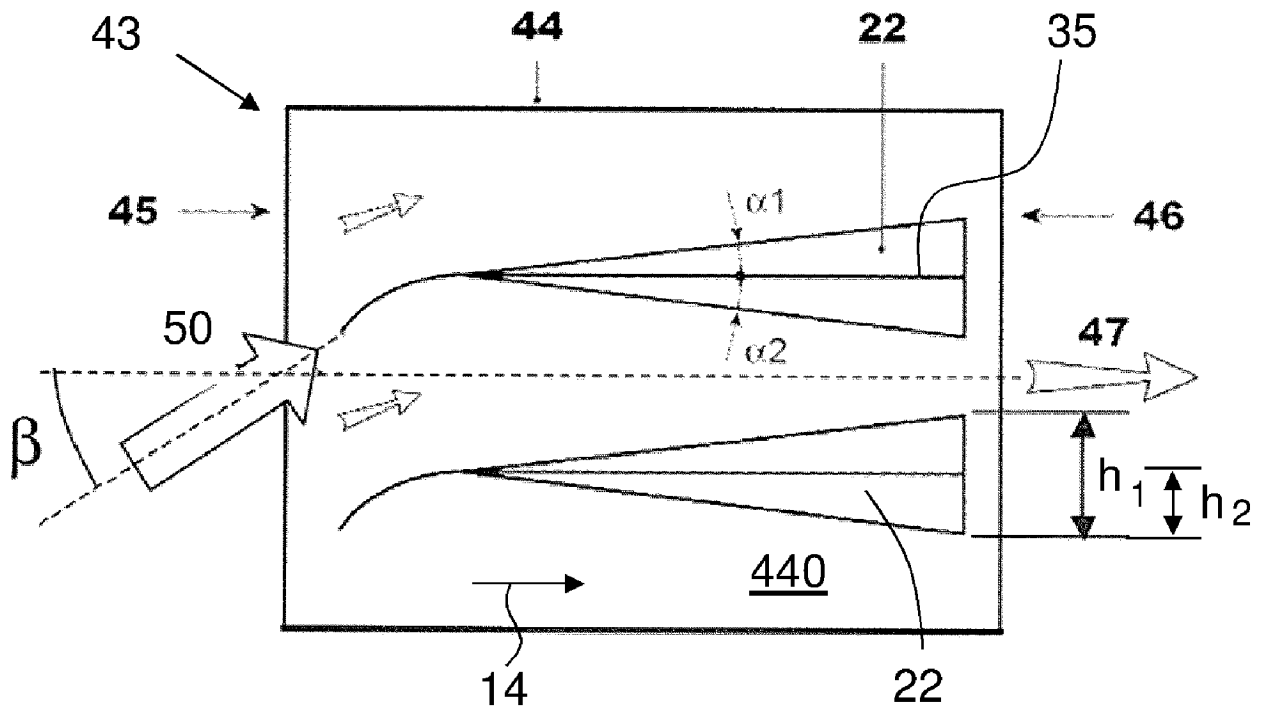


图 9