



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 00815107.5

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 31 日

[11] 授权公告号 CN 1143980C

[22] 申请日 2000.10.16 [21] 申请号 00815107.5

[30] 优先权

[32] 1999.10.29 [33] EP [31] 99121577.3

[86] 国际申请 PCT/EP00/10167 2000.10.16

[87] 国际公布 WO01/33138 德 2001.5.10

[85] 进入国家阶段日期 2002.4.28

[71] 专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 奥拉夫·海因

审查员 谢 岗

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

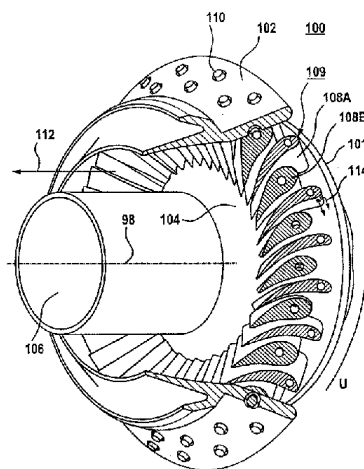
代理人 侯 宇 陶凤波

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称 燃烧器

[57] 摘要

本发明涉及一种燃烧器(100)，它带有一燃烧空气通道(104)，其中按这样的方式设置一个由一定数量涡流发生器元件(108)构成的涡流发生器(109)，即，通过涡流发生器(109)可使流过涡流发生器(109)的燃烧空气(112)的平均流速提高到至少0.4个马赫数。由此实现燃烧区与燃烧空气输入区的流动声学去耦。



1. 一种燃烧器(100)，它带有一燃烧空气通道(104)，其中设有一个由一定数量涡流叶片(108)构成的涡流叶片环(109)，用于在燃烧空气(112)内造成稳定燃烧的涡流，该涡流叶片环(109)由第一种涡流叶片(108B)和第二种涡流叶片(108A)构成，它们沿涡流叶片环(109)的周向(U)彼此交替相继，第二种涡流叶片(108A)相对于第一种涡流叶片(108B)逆燃烧空气(112)的流动方向(210)错开设置，由此通过该涡流发生器(109)可使流过涡流叶片环(109)的燃烧空气(112)的平均流速提高到至少 0.4 个马赫数。

2. 一种燃烧器(100)，它带有一燃烧空气通道(104)，其中，设有一个由一定数量涡流发生器元件(108)构成的涡流发生器(109)，相邻涡流发生器元件彼此间隔开设置，其间形成燃烧空气自由通道，借助该涡流发生器(109)，通过燃烧空气(112)自由通道截面(F1)的收缩促使流速提高，以及通过按下列方式逐渐扩张自由通道截面(F2)导致燃烧空气(112)紧接着的压力恢复，即，使燃烧空气(112)基本上无流动分离地在涡流发生器元件(108)之间流动，从而将流过涡流发生器(109)的燃烧空气(112)的平均流速提高到至少 0.4 个马赫数。

3. 按照权利要求 2 所述的燃烧器(100)，其中，在燃烧空气通道(104)内设置一个由涡流叶片(108)组成的涡流叶片环(109)，用于在燃烧空气(112)内产生一种稳定燃烧的涡流。

4. 按照权利要求 3 所述的燃烧器(100)，其中，涡流发生器(109)由涡流叶片环(109)构成，其中，涡流发生器元件(108)由涡流叶片(108)构成。

5. 按照权利要求 4 所述的燃烧器(100)，其中，涡流叶片环(109)由第一种涡流叶片(108B)和第二种涡流叶片(108A)构成，它们沿涡流叶片环(109)的周向(U)彼此交替相继，其中第二种涡流叶片(108A)逆燃烧空气(112)的流动方向(210)相对于第一种涡流叶片(108B)错开设置。

6. 按照权利要求 1 或 5 所述的燃烧器(100)，其中，第一种涡流叶片(108B)具有第一个最大叶型厚度(206B)，第二种涡流叶片(108A)具有第二个最大叶型厚度(206A)，以及，第一个最大叶型厚度(206B)大于第二个最大叶型厚度(206A)。

7. 按照权利要求 1 所述的燃烧器(100), 其中, 第一种涡流叶片(108B)有第一个叶型弦长(204B), 第二种涡流叶片(108A)有第二个叶型弦长(204A), 以及, 第一个叶型弦长(204B)小于第二个叶型弦长(204A)。

5 8. 按照权利要求 1 所述的燃烧器(100), 其中, 通过使燃烧空气(112)自由流通截面(F1)收缩导致流速提高, 以及通过按下列方式逐渐扩张自由流通截面(F2)导致燃烧空气(112)紧接着的压力恢复, 即, 使得燃烧空气(112)基本上无气流分离地在涡流发生器元件(108)之间流动。

9. 按照权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器(100), 其中, 所述燃烧空气通道(104)设计为环形。

10 10. 按照权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器(100), 其中, 在燃烧空气通道(104)内可加入燃料(114), 该燃料在燃烧前在这里与燃烧空气(112)强烈搀混。

11. 按照权利要求 10 所述的燃烧器(100), 其中, 燃料(114)可从至少一些涡流发生器元件(108)加入燃烧空气通道内。

15 12. 按照权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器(100), 它包括一个附加的引燃燃烧器(106), 通过它可以稳定从燃烧空气通道(104)排出的燃料/燃烧空气混合物的燃烧。

13. 按照权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器(100), 它被设计为燃气轮机燃烧器(100)。

燃烧器

5 技术领域

本发明涉及一种带有燃烧空气输送通道的燃烧器。

背景技术

在 Christian Faber 的著作“通过对声音旋转开关的设计进行特别考虑来计算涡轮机械的流动通道中的声波传播(Berechnung der Schallausbreitung in durchstroemten Kanaelen von Turbomaschinen unter besonderer Beruecksichtigung der Auslegung von Drehtonschaltern)”(Shaker 出版社, 1993 年亚琛)第 3.4 节中说明了,在流动通道内的不连续性是如何影响在此流动通道中流动的流体内声的传播的。书中导出散射系数、反射系数和透射系数,15 借助它们可以计算,加入的声能量的哪一部分发生了不连续性,以及哪一部分被反射。

DE 4430697C1 公开了一种鼓风消声器。此鼓风消声器由一个被不透气的壁围绕的流动管道组成,其中以亚音速流过气态介质。在流动管道内设一抑制空气(传播的)声波发射的装置。此装置沿介质流向布置在发出声波的20 噪声源之前,并用于逆流抑制声波发射。该装置的流动管道有拉瓦尔喷管状的收缩。由于该拉瓦尔喷管状收缩,气态介质的速度加速到音速。由此构成了一个空气声波的反射屏障。

在燃烧系统中它可能导致形成燃烧振荡。在 Abbott A. Putnam 的论文“工业中的燃烧驱动振荡(Combustion-Driven-Oscillations in Industry)”25 (Ameican Elsevier, New York 1971)中描述了这种燃烧振荡。按瑞利(Rayleigh)准则,燃烧振荡的形成发生在向燃烧室内的空气量周期性供热以及这种供热作为燃烧的周期性功率释放以与燃烧室内空气固有振荡相同的周期来进行时。相应地,燃烧振荡可以通过反相的功率释放来抑制。这种燃烧振荡可能导致严重的噪声污染,甚至造成燃烧装置部件的机械损伤。在上述论30 文第 4 页的一段“Pulsations in supply rate”中详细说明了,这种燃烧振荡可

与空气或燃料供应耦合。为了避免向供应系统内传播脉动，建议在供应系统内造成大的压力损失，以便借此形成反射屏障。但是已经证实这种压力损失通常是不能接受的。

在 D. Schroeder 的论文“避免燃烧振荡的措施—用于在燃烧器上流动声学去耦的特征值 (Maßnahmen zur Vermeidung von Verbrennungsschwingungen-Kennzahl zur stromungsakustischen Entkopplung am Brenner)” (Gaswaerme International, Band 41, Heft 1, Januar 1992) 中发展了一种流动声学的极限值判据，用于燃烧室与相关的管道系统去耦。去耦通过一个反射区实现，尤其在燃烧器中，反射区通过输入管的截面改变以及必要时附加地借助一块设在此横截面收缩处的孔板来形成。这些措施显然是有缺点的，因为输入燃烧器的介质压力损失很大。

US-PS 4483138 公开了一种带有燃烧空气通道的燃烧器，其中设有一个由一定数量的涡流叶片构成的涡流叶片环，以及，在两个涡流叶片之间的流通横截面积逐渐缩小，然后发生流通横截面积的突然增大。流速的减小是不希望的。

US-PS 5451160 公开了一种带有燃烧空气通道的燃烧器，其中设有一定数量的涡流发生器元件。涡流发生器元件只是示意表示，所以不知道在两个涡流发生器元件之间流通截面的变化过程。

US-PS 5558515 公开了一种带有燃烧空气通道的燃烧器，其中设有涡流发生器元件，在这里两个涡流发生器元件之间的流通横截面积逐渐缩小，以及在下游发生流通横截面积的突然增大。涡流发生器元件在下游有一分离边，在涡流发生器元件之后存在一文丘里构件，它使流动重新加速。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是提供一种燃烧器，其中，燃烧器汇入其中的燃烧区与燃烧器用的燃烧空气输入管在流动声学上去耦，以及，由于这种去耦在燃烧空气中至多产生一个可认为合理的压力损失。

按本发明，上述技术问题通过一种带有燃烧空气通道的燃烧器来解决，其中按这样的方式设置一个由一定数量涡流叶片构成的涡流叶片环，即，通过涡流叶片环可使流过涡流叶片环的燃烧空气的平均流速提高到马赫数至少为 0.4，尤其至少为 0.6。涡流叶片环有第一和第二种叶片，它们沿涡流

叶片环的周向彼此交替相继，其中第二种叶片相对于第一种叶片逆燃烧空气的流动方向错开设置。

按本发明，上述技术问题还可通过另一种带有燃烧空气通道的燃烧器来解决，其中按这样的方式设置一个由一定数量涡流发生器元件构成的涡流发生器，即，通过涡流发生器可使流过涡流发生器的燃烧空气的平均流速提高马赫数至少为 0.4，尤其至少为 0.6。

与此同时，附加的涡流叶片的型面曲线设计为，能使燃烧空气的压力有所恢复提高。这通过逐渐扩张的流通截面实现。在这里，这种逐渐扩张可按这样的方式设计，即，不会导致沿涡流叶片的流动分离。

在这里，平均流速是空气通过燃烧空气通道的通道截面的平均速度。

在燃烧器内经常使用涡流发生器，以便使进入燃烧室内的燃烧用空气有稳定燃烧火焰的涡流。通过与此同时借助涡流发生器将燃烧室气加速到马赫数至少 0.4，使涡流发生器构成了声波的反射屏障。由此减弱或甚至消除在燃烧空气输入管道系统中燃烧振荡的传播。在这里通过借助于涡流发生器形成反射屏障，可以将燃烧空气中的压力损失保持为低水平。因此这种声学的去耦至多对于燃烧器组合在内的燃烧装置的效率造成微小的负面作用。

在燃烧空气通道内优选设置由涡流叶片组成的涡流叶片环，用于在燃烧室空气内产生涡流。还优选的是，涡流发生器由涡流叶片环构成。也就是说，取代设置附加的用于声学去耦的涡流发生器，将本来就存在的涡流叶片环设计为声学去耦用的涡流发生器。通过将涡流发生器元件设计为涡流叶片，提供了可简单地转换的措施，以便将燃烧空气中的压力损失保持为低水平。由于有效的横截面收缩导致燃烧室空气进入涡流叶片环内时加速，也就是说由于沿流动方向收缩的叶片型面重新扩张，通过扩张导致在燃烧空气内的压力恢复。因此将涡流发生器设计为涡流叶片环带来的优点是，不仅提供了一个本来就需要的用于产生稳定燃烧的涡流的装置，而且可以实现在燃烧空气内对效率起有利作用的压力恢复。

优选地，涡流叶片环有第一和第二种叶片，它们沿涡流叶片环的周向彼此交替相继，其中第二种涡流叶片逆燃烧空气的流动方向相对于第一种涡流叶片错开。在这种情况下，优选地第一种涡流叶片有第一个最大叶型厚度，第二种叶片有第二个最大叶型厚度，以及第一个最大叶型厚度大于

- 第二个最大叶型厚度。第一种叶片有第一个弦长而第二种叶片有第二个弦长。优选地第一个弦长小于第二个弦长。因此，此涡流发生器在一定程度上可以说由两个分叶片环构成，它们沿流动方向错开地交错排列。在这里，其中一个分环的叶片比另一个分环的叶片长而薄，确切地说，优选地沿流动方向布置在另一个分环之前的那个分环的叶片较长和较薄。采用这种设计，可以优化涡流叶片环的两种工作方式，亦即不仅发生涡流的功能而且还有声学上去耦的功能，这都可以通过分环恰当的尺寸设计和彼此的调谐充分地满足。此外，这种结构提供了一种简单的可能性按这样的方式在燃烧器内加装一个涡流叶片环，即，它可以附加地实现所要求的声学去耦。
- 5 为此必须简单地在已有的涡流叶片环内插入另一个涡流叶片环。这通过将一个附加的涡流叶片安置在每两个已经存在的涡流叶片之间实现。通过恰当设计附加的这些涡流叶片的尺寸，将燃烧空气的速度按期望那样加速到马赫数高于0.4，优选地高于0.6。与此同时将附加的涡流叶片的型面曲线设计为，导致在燃烧空气中的压力恢复。这优选地通过一种逐渐扩张的流通
- 10 截面来实现。尤其是，这种逐渐扩张按这样的方式设计，即它不会导致沿涡流叶片的流动分离。

优选地，燃烧空气通道设计为环形。

- 优选地在燃烧空气通道内可加入燃料，燃料在燃烧前在这里与燃烧空气强烈掺混。进一步有利的是，燃料可以从至少一些涡流发生器元件加入。
- 20 通过燃料与燃烧空气在燃烧前强烈掺混(预混合式燃烧器)，达到减少氮氧化物排放量的目的。这是基于良好的混合通过火焰温度的均衡化带来的结果，因为氮氧化物排放量随火焰温度呈指数上升。附加地掺混燃料和燃烧空气提供了借助涡流发生器声学去耦的另一个优点，因为通过燃烧空气明显的加速和紧接着的压力恢复区域，在燃烧空气内附加的涡流，导致进一步改
- 25 善燃烧空气和燃料的混合。必要时，也可以将涡流发生器的尺寸设计为能取消压力恢复部分，以及有利于通过提高紊流度改善混合。

- 优选地，燃烧器有一个附加的引燃燃烧器(Pilotbrenner)，通过它可以稳定从燃烧空气通道排出的燃料-燃烧空气混合物的燃烧。在这里，引燃燃烧器作为扩散燃烧器工作，也就是说，引燃燃烧器的燃料和燃烧空气在燃
- 30 烧的地点才掺混，所以这种燃烧器又称为混合式燃烧器，其中既进行预混合燃烧也进行扩散燃烧。

优选地，燃烧器设计为燃气轮机燃烧器。正是在燃气轮机的高功率转换的情况下，会出现振幅很大和可能有严重破坏作用的燃烧振荡。在这里，燃烧空气输入系统的流动声学去耦特别重要。这一点尤其适用于固定式燃气轮机。

5

附图说明

下面借助附图进一步说明本发明。附图局部示意和未按尺寸表示：

图 1 示出一燃气轮机；

图 2 示出一燃烧器；以及

10

图 3 示出一个涡流叶片环的涡流叶片。

具体实施方式

在不同的附图中同样的附图标记有相同的意义。

图 1 表示燃气轮机 301 的纵剖面。沿涡轮轴线 302 前后排列设置有压缩机 303、燃烧室 305 和涡轮部分 307。燃烧室 305 汇入燃烧器 100 内。该燃烧器包括一个环形通道状燃烧空气通道 104，以及一个在中央被燃烧空气通道 104 围绕的引燃燃烧器 106。该引燃燃烧器 106 被设计为扩散燃烧器，燃料 114 和压缩空气 112 在燃烧区 311 混合和燃烧。在燃烧空气通道 104 内，在燃烧区 311 上游，燃料 114 添加到来自压缩机 303 的燃烧空气 112 内。因此燃烧空气 112 在燃料 114 同样在燃烧室 305 内部的燃烧区 311 内燃烧前首先与燃料 114 密切混合。这种所谓的预混合燃烧通过引燃燃烧器 106 的扩散燃烧加以稳定。在燃烧室 305 内燃烧时产生热排气 315，该排气则被引入涡轮 307。通过在涡轮 307 内这里没有进一步表示的叶片组，热排气 315 的能量转换成未进一步表示的涡轮轴的旋转能。

25 由于燃烧火焰 313 的波动导致声波在燃烧室 305 内传播，它被燃烧室壁反射，并在燃烧的地点 311 再次引起火焰 313 的波动。通过这种交互作用，在某些波动的频率下可在燃烧室 305 内形成稳定的燃烧室振荡，它会导致严重的噪声发展或甚至造成燃气轮机 301 构件损坏。这种燃烧振荡也通过燃烧空气通道 104 传播。因此，通过燃烧空气通道 104 在燃烧室 305 上耦合附加的容积，这种附加的容积会进一步促进燃烧室振荡的形成。此外，在燃烧室 305 上游的构件在有些情况下同样遭受破坏性振动。因此值得追求的是燃

烧空气通道 104 在流动声学上与燃烧室 305 去耦。为此必须建立一个来自燃烧室 305 的声波的反射屏障。然而简单的截面收缩或采用孔板等可能会严重影响燃气轮机 301 的效率,使之不再可能经济地运行。图 2 表示借助于燃烧器 100 有可能既简单又在压力损失可接受的情况下使燃烧室 305 与燃烧空气通道 104 声学上去耦。

图 2 部分剖切和透视地表示一个沿燃烧器轴线 98 方向定位的燃烧器 100。通过内壁 101 和外壁 102 构成一个环形通道状燃烧空气通道 104。它围绕着一个设在中央没有详细表示的引燃燃烧器 106。在燃烧空气通道 104 中设有一设计为涡流叶片环的涡流发生器 109。该涡流发生器由设计为涡流叶片的涡流发生器元件 108 构成。涡流叶片 108 的位置可以借助外壁 102 上的调节螺钉 110 调整。涡流叶片环 109 在这里由沿其周向 U 互相交替相继的不同涡流叶片 108 构成。接着每一个第一种涡流叶片 108B 的总是一个第二种涡流叶片 108A。第一种涡流叶片 108B 相对于第二种涡流叶片 108A 错开并设计为较短和较厚。下面借助图 3 再进一步说明。从若干,优选地从全部涡流叶片 108,借助一个在涡流叶片 108 内部延伸的在这里看不到的燃料通道 114,通过一些尤其围绕叶片前缘的孔进入燃烧空气通道 104。燃烧空气 112 流过燃烧空气通道 104。它与燃料 114 强烈搀混。通过涡流叶片 108 的尺寸设计,使燃烧空气 112 加速到马赫数大于 0.4。由此形成了一个声波的反射屏障。它导致燃烧器 100 汇入其中的燃烧室 305 与燃烧空气通道 104 位于涡流发生器 109 上游的部分声学上去耦。燃烧空气 112 的加速通过燃烧空气 112 流通截面的收缩实现。通过涡流叶片 108 的型面设计,紧接着此收缩的是流通截面按这样的方式扩张,即尽可能不发生任何燃烧空气 112 的流动分离。由此保证在燃烧空气 112 内高的压力恢复,从而同样导致低的效率损失。

图 3 表示了其中三个涡流叶片 108 的横截面,具体而言是第二种涡流叶片 108A 和在它们之间的一个第一种涡流叶片 108B。第一种涡流叶片 108B 有叶片前缘点 200B、叶片后缘点 202B、叶片轮廓中线 204B、最大叶型厚度 206B 和调整作用点 208B。相应地,每个第二种涡流叶片 108A 分别有叶片前缘点 200A、叶片后缘点 202A、叶片轮廓中线 204A、最大叶型厚度 206A 和调整作用点 208A。燃烧空气 112 沿流动方向 210 在第一种涡流叶片 108B 与其中一个第二种涡流叶片 108A 之间流过。沿此流动方向 210,第一种涡

流叶片 108B 相对于第二种涡流叶片 108A 回错,所以在各自的叶片前缘点 200B、200A 的切线之间形成间距 L1。在涡流叶片 108 之间流过燃烧空气 112 的流通截面 F1 逐渐减小,直至最大收缩,它通过第一涡流叶片 108B 与第二涡流叶片 108A 之间的最小距离 L4 表征。在此最大收缩之后,流通截面 F2 重新增大,而且是缓慢地重新增大,即不会导致流动分离,并因而不会由于形成涡流而造成压力损失。由此保证在燃烧空气 112 内高的压力恢复。在叶片后缘点 202B、202A 之间燃烧空气 112 重新从两个叶片 108 之间排出。在这里,叶片后缘点 202B、202A 彼此相隔距离 L3。与第二种涡流叶片 108A 的最大叶型厚度 206A 或型面弦长 204A 相比,第一种涡流叶片 108B 不仅有更大的最大叶型厚度 206B,而且有较短的型面弦长 204B。在涡流叶片环 109 中的这种交替转换的叶片设计,既可以为了稳定燃烧形成足够的涡流,又可以通过燃烧空气 112 加速和接着压力恢复达到所期望的声学去耦效果。

第二种涡流叶片 108A 在其前部区,亦即沿中线 204A 从叶片前缘点 202A 起的第一个四分之一区域内,有供入通道 212,在涡流叶片 108A 内部导引的燃料 114,可通过它们进入燃烧空气 112 中。这导致在涡流发生器 109 的区域内便已经使燃烧空气 112 与燃料 114 特别良好地搀混。此外,燃烧的地点与形成混合物的地点分开,因为去耦的收缩位于燃料供入装置的下游。因此,通常往往认为是引起波动的起因的燃料供入与燃烧在声学上去耦。通过燃烧振荡起因的这种声学上去耦,导致特别有效地抑制燃烧振荡。优选地,对于涡流叶片 108 及其间距的尺寸按下列值调整:

L1=叶片前缘点 200B、200A 处切线之间的距离=1 至 5cm,

L2=叶片前缘点 200B、200A 之间的距离=2 至 8cm,

L3=叶片后缘点 202B、202A 的距离=1 至 5cm,

L4=第一种涡流叶片 108B 离第二种涡流叶片 108A 的最小距离=0.3 至 3cm,

第一种涡流叶片 108B 的最大叶型厚度 206B=2 至 6cm,

第一种涡流叶片 108B 的叶片轮廓中线 204B 长度=5 至 17cm,

第二种涡流叶片 108A 的最大叶型厚度 206A=0.5 至 4cm,

第二种涡流叶片 108A 的叶型弦长 204A=8 至 20cm。

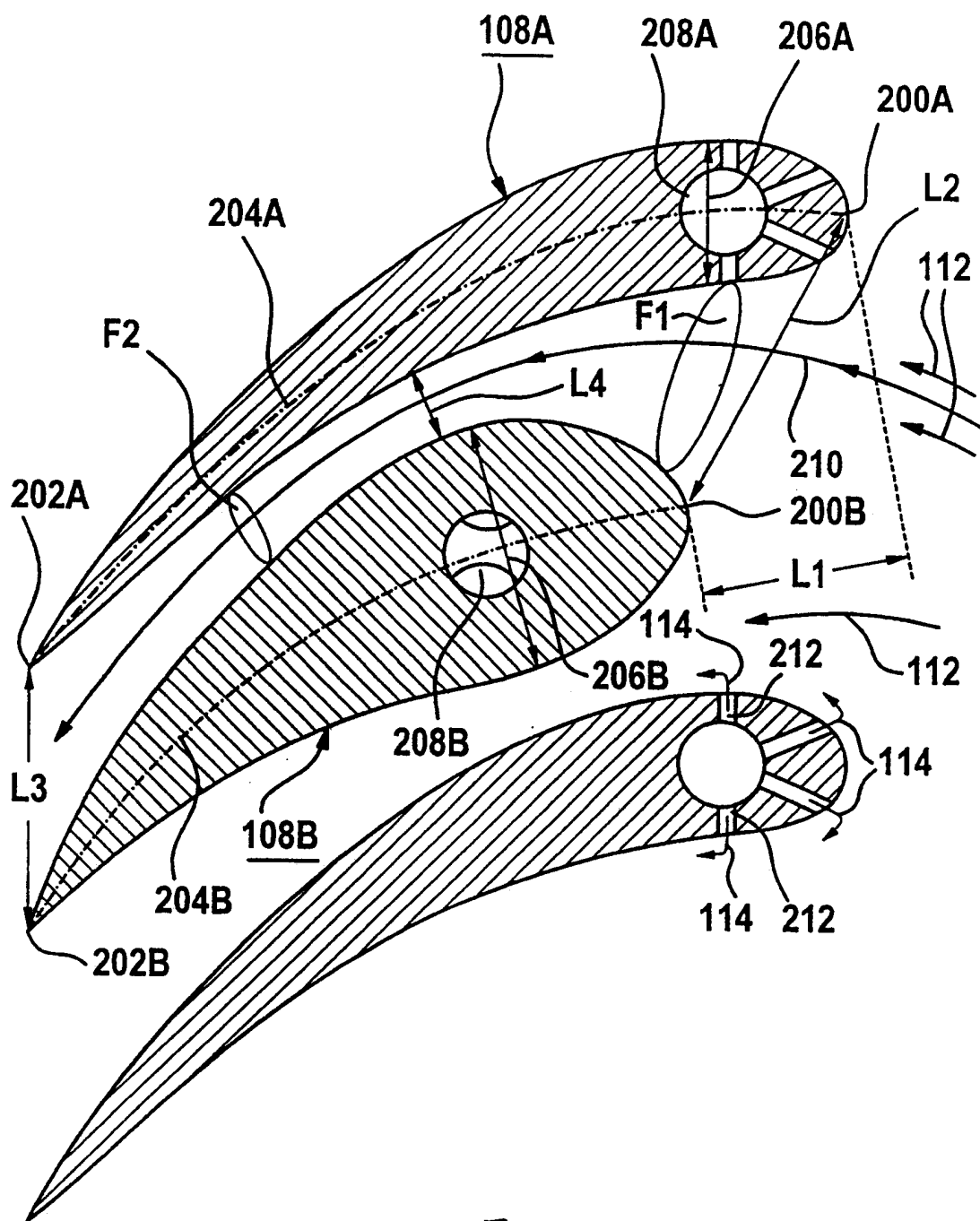


图 3