



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114207253 B

(45) 授权公告日 2024.12.10

(21) 申请号 202080056062.8

(22) 申请日 2020.07.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114207253 A

(43) 申请公布日 2022.03.18

(30) 优先权数据
1909053 2019.08.07 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.02.07

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/FR2020/051397 2020.07.29

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/023927 FR 2021.02.11

(73) 专利权人 赛峰直升机发动机公司
地址 法国波尔多

(72) 发明人 波然德·纪尧姆·罗宾·佩拉顿
卢卡斯·贝纳西斯

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有
限公司 11270
专利代理师 陈鑫 姚开丽

(51) Int.Cl.
F01D 11/10 (2006.01)
F01D 11/12 (2006.01)
F01D 5/22 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2018355742 A1, 2018.12.13
US 2005232771 A1, 2005.10.20

审查员 张凯

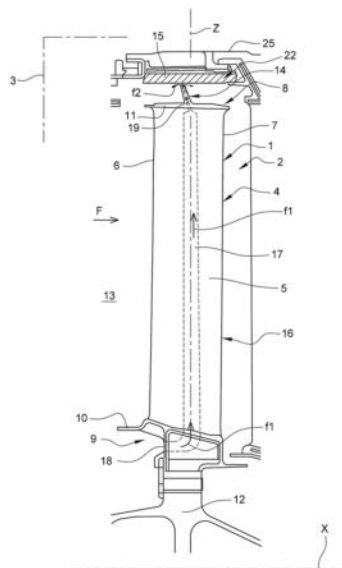
权利要求书3页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

用于涡轮发动机的轮部的可移动桨叶

(57) 摘要

公开了用于飞行器涡轮发动机的轮部(2)的可移动的桨叶(1),该桨叶(1)包括由外跟部(8)界定的叶片(4),外跟部包括第一密封部(14),该桨叶(1)包括适于接纳第一微气体流(f1)的内部回路(16),该回路(16)包括通过至少一个入口开口(18)在根部(9)处敞开的供应空腔(17),其特征在于,该回路(16)包括至少两个管道(19),至少两个管道与供应空腔(17)连接并且各自通过排放开口通向第一密封部(14)的外表面,使得第一微气体流(f1)的气体喷射流(J)能够从每个排放开口排出,每个管道(19)被定向成使得对应的气体喷射流(J)能够朝向在跟部(8)与直接相邻的构件(22)之间泄漏的第二微气体流(f2)喷射。



1. 可移动的桨叶(1),用于飞行器涡轮发动机(3)的轮部(2),所述桨叶(1)包括沿径向堆叠轴线(Z)延伸的空气动力学叶片(4),所述桨叶(1)的空气动力学叶片(4)具有通过前缘(6)和后缘(7)相互连接的压力侧面(5)和吸力侧面,所述空气动力学叶片(4)由内根部(9)和外跟部(8)沿所述径向堆叠轴线(Z)界定,所述外跟部(8)包括外平台(11),所述外跟部(8)至少还包括第一接触密封唇部和第二接触密封唇部,所述第一接触密封唇部从所述外平台(11)向外突出,所述第二接触密封唇部从所述外平台(11)向外突出,所述第二接触密封唇部远离所述第一接触密封唇部,所述第二接触密封唇部和所述第一接触密封唇部与由耐磨材料(15)制成的块部配合,

其中,所述外平台(11)由上游边缘、下游边缘、压力边缘和吸力边缘限定,所述压力边缘布置在空气动力学叶片(4)的压力侧面(5)一侧,所述吸力边缘布置在空气动力学叶片(4)的吸力侧面一侧,

其中,所述第一接触密封唇部和第二接触密封唇部分别从所述外平台(11)的压力边缘周向地延伸到吸力边缘,

其中,所述第一接触密封唇部包括上游面(28)、下游面(29)、压力侧侧面(30)、吸力侧侧面(31)和外部面(26),所述压力侧侧面布置在所述空气动力学叶片(4)的压力侧面(5)一侧,所述吸力侧侧面布置在所述空气动力学叶片(4)的吸力侧面一侧,

其中,所述第二接触密封唇部包括上游面(28)、下游面(29)、布置在所述空气动力学叶片(4)的压力侧面一侧的压力侧侧面(30)、布置在所述空气动力学叶片(4)的吸力侧面一侧的吸力侧侧面(31)和外部面(26),

其中,所述桨叶(1)包括能够接纳第一微气体流(f1)的内部回路(16),该回路(16)包括通过至少一个入口开口(18)在所述内根部(9)处敞开的供应空腔(17),

其中,所述回路(16)至少包括第一导管和第二导管,所述第一导管和第二导管与所述供应空腔(17)连接,并且所述第一导管和第二导管中的每个皆通过排放开口(21)通向第一接触密封唇部的外表面(20),使得所述第一微气体流(f1)的气体喷射流(J)适于从每个排放开口(21)排出,所述第一导管和第二导管中的每个皆被定向成使得对应的气体喷射流(J)适于朝向所述外跟部(8)与直接相邻的构件(22)之间泄漏的第二微气体流(f2)喷射,所述第一导管的排放开口(21)被布置在所述第一接触密封唇部的外部面(26)上,所述第二导管的排放开口(21)被布置在所述第一接触密封唇部的压力侧侧面(30)或吸力侧侧面(31)上,

所述回路(16)至少还包括第三导管和第四导管,所述第三导管和第四导管与所述供应空腔(17)连接,并且所述第三导管和第四导管中的每个皆通过排放开口(21)通向第二接触密封唇部的外表面(20),使得所述第一微气体流(f1)的气体喷射流(J)适于从每个排放开口(21)排出,所述第三导管和第四导管中的每个皆被定向成使得对应的气体喷射流(J)适于朝向所述外跟部(8)与直接相邻的构件(22)之间泄漏的第二微气体流(f2)喷射,所述第三导管的排放开口(21)被布置在所述第二接触密封唇部的外部面(26)上,所述第四导管的排放开口(21)被布置在所述第二接触密封唇部的压力侧侧面(30)或吸力侧侧面(31)上。

2. 根据权利要求1所述的桨叶(1),其特征在于,所述导管分别具有朝向对应的排放开口(21)渐缩的可变的横截面。

3. 根据权利要求1或2所述的桨叶(1),其特征在于,所述供应空腔(17)适于接纳经由至

少所述入口开口(18)从通道(13)逸出的所述第一微气体流(f1),所述通道(13)适于接纳主气体流(F)。

4.根据权利要求1或2所述的桨叶(1),其特征在于,每个排放开口(21)是圆形的。

5.根据权利要求4所述的桨叶(1),其特征在于,每个导管的所述排放开口(21)的直径介于0.2mm至2mm之间。

6.根据权利要求5所述的桨叶,其特征在于,每个导管的所述排放开口(21)的直径介于0.3mm至0.6mm之间。

7.根据权利要求1或2所述的桨叶(1),其特征在于,所述回路(16)包括第一排的至少三个第一导管,所述第一排的至少三个第一导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第一接触密封唇部的外部面(26),

其中,所述回路(16)包括第二排的至少三个第二导管,所述第二排的至少三个第二导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第一接触密封唇部的压力侧侧面(30)或吸力侧侧面(31)。

8.根据权利要求7所述的桨叶(1),其特征在于,所述回路(16)包括第三排的至少三个第三导管,所述第三排的至少三个第三导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第二接触密封唇部的外部面(26),

其中,所述回路(16)包括第四排的至少三个第四导管,所述第四排的至少三个第四导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第二接触密封唇部的压力侧侧面(30)或吸力侧侧面(31)。

9.根据权利要求1或2所述的桨叶(1),其特征在于,所述回路(16)包括第一排的至少三个第一导管,所述第一排的至少三个第一导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第一接触密封唇部的外部面(26),

其中,所述回路(16)包括第二排的至少三个第一导管,所述第二排的至少三个第一导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第一接触密封唇部的外部面(26),

其中,所述第一排的至少三个第一导管的排放开口(21)与所述第二排的至少三个第一导管的排放开口(21)错开。

10.根据权利要求9所述的桨叶(1),其特征在于,所述回路(16)包括第三排的至少三个第三导管,所述第三排的至少三个第三导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第二接触密封唇部的外部面(26),

其中,所述回路(16)包括第四排的至少三个第三导管,所述第四排的至少三个第三导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第二接触密封唇部的外部面(26),

其中,所述第三排的至少三个第三导管的排放开口(21)与所述第四排的至少三个第三导管的排放开口(21)错开。

11.根据权利要求1或2所述的桨叶(1),其特征在于,所述回路(16)包括第一排的至少三个第一导管,所述第一排的至少三个第一导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第一接触密封唇部的外部面(26),

其中,所述回路(16)包括第二排的至少三个第一导管,所述第二排的至少三个第一导

管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第一接触密封唇部的外部面(26),

其中,所述第一排的至少三个第一导管的排放开口(21)与所述第二排的至少三个第一导管的排放开口(21)错开,

其中,所述回路(16)包括第三排的至少三个第三导管,所述第三排的至少三个第三导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第二接触密封唇部的外部面(26),

其中,所述回路(16)包括第四排的至少三个第三导管,所述第四排的至少三个第三导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第二接触密封唇部的外部面(26),

其中,所述第三排的至少三个第三导管的排放开口(21)与所述第四排的至少三个第三导管的排放开口(21)错开,

其中,所述回路(16)包括第五排的至少三个第二导管,所述第五排的至少三个第二导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第一接触密封唇部的压力侧侧面(30)或吸力侧侧面(31),

其中,所述回路(16)包括第六排的至少三个第四导管,所述第六排的至少三个第四导管与所述供应空腔(17)连接,并且各自通过排放开口(21)通向所述第二接触密封唇部的压力侧侧面(30)或吸力侧侧面(31)。

12. 根据权利要求1或2所述的桨叶(1),其特征在于,所述第一接触密封唇部的压力侧侧面(30)在径向上由外端和内端界定,

其中,所述第一接触密封唇部的吸力侧侧面(31)在径向上由外端和内端界定,

其中,当所述第二导管的排放开口(21)布置在所述第一接触密封唇部的压力侧侧面(30)处时,相比所述压力侧侧面(30)的内端,所述第二导管的排放开口(21)更靠近所述压力侧侧面(30)的外端,

其中,当所述第二导管的排放开口(21)布置在所述第一接触密封唇部的吸力侧侧面(31)处时,相比所述吸力侧侧面(31)的内端,所述第二导管的排放开口(21)更靠近所述吸力侧侧面(31)的外端,

其中,所述第二接触密封唇部的压力侧侧面(30)在径向上由外端和内端界定,

其中,所述第二接触密封唇部的吸力侧侧面(31)在径向上由外端和内端界定,

其中,当所述第四导管的排放开口(21)布置在所述第二接触密封唇部的压力侧侧面(30)处时,相比所述压力侧侧面(30)的内端,所述第四导管的排放开口(21)更靠近所述压力侧侧面(30)的外端,

其中,当所述第四导管的排放开口(21)布置在所述第二接触密封唇部的吸力侧侧面(31)处时,相比所述吸力侧侧面(31)的内端,所述第四导管的排放开口(21)更靠近所述吸力侧侧面(31)的外端。

13. 用于飞行器涡轮发动机(3)的轮部(2),所述轮部包括盘(12),所述盘在其外周支承根据前述权利要求中任一项所述的桨叶(1)的环形阵列。

14. 飞行器涡轮发动机(3),所述飞行器涡轮发动机包括根据权利要求1至12中任一项所述的桨叶(1)或根据权利要求13所述的轮部(2)。

用于涡轮发动机的轮部的可移动桨叶

技术领域

[0001] 本发明涉及飞行器涡轮发动机的轮部的可移动的桨叶的一般领域。

背景技术

[0002] 通常,涡轮发动机的轴向涡轮包括一系列相继地布置的轴向级。每个涡轮级包括形成转子的具有叶片的叶轮以及形成定子的具有叶片的涡轮定子。该轮部与对应的涡轮定子相对地旋转。每个涡轮定子被附接到围绕轮部的外壳体上。

[0003] 轮部包括能围绕轴线X旋转的环形盘以及附接到盘的多个桨叶。

[0004] 可移动的桨叶包括沿堆叠轴线Z延伸的空气动力学叶片。桨叶的叶片由内根部和外跟部沿堆叠轴线Z界定。

[0005] 同一轮部的可移动的桨叶1的外跟部彼此侧翼相接地(或边缘相接地)布置,以在外部界定通道,主气流在该通道中流通。

[0006] 为了优化涡轮(更通常地,涡轮发动机)的效率,需要使作用在叶片上的气体量最大化,换言之,使主要存在于跟部和外壳体之间以及两个相邻的跟部之间的泄漏最小化。

[0007] 为了限制跟部和外壳体之间的泄漏,已知在每个叶片的跟部上植入至少一个(例如,两个)唇部,该唇部从跟部的平台朝向外侧突出。唇部旨在与固定到外壳体的由耐磨材料(例如蜂窝状结构)制成的块部配合,以形成迷宫类型的动态密封接头。然而,这种接头并不能保证跟部和由耐磨材料制成的块部之间的完全密封。

[0008] 为了限制两个相邻的跟部之间的泄漏,通常对两个相邻的跟部之间的间隙进行限制。但是,应当注意,两个跟部之间的间隙根据涡轮发动机的运行速度而变化,因此密封可能在一个运行速度下得到保证,而在另一个运行速度下不再得到保证。

[0009] 为了使效率最大化,因此发动机制造商不断寻求使跟部和由耐磨材料制成的块部之间以及两个相邻的跟部之间的泄漏最小化。

[0010] 因此,本发明的目的是为上述问题提供简单、有效且经济的解决方案。

[0011] 现有技术还包括文献US-A1-2018/355742和US-A1-2007/134096。

发明内容

[0012] 因此,本发明提出了用于飞行器涡轮发动机的轮部的可移动的桨叶,该桨叶包括沿堆叠轴线Z延伸的空气动力学叶片,该叶片由内根部和外跟部沿堆叠轴线Z界定,跟部至少包括第一突出唇部,该第一突出唇部旨在与由耐磨材料制成的块部配合,桨叶包括能够接纳第一微气体流的内部回路,该回路包括通过至少一个入口开口在根部处敞开的供应空腔,其特征在于,该回路包括至少两个导管,该至少两个导管与供应空腔连接并且各自通过排放开口通向第一唇部的外表面,使得第一微气体流的气体喷射流适于从每个排放开口排出,每个导管被定向成使得对应的气体喷射流适于朝向跟部与直接相邻的构件之间泄漏的第二微气体流喷射。

[0013] 因此,气体喷射流(第一微流)阻碍第二微气体流,更确切地,气体喷射流剪切第二

微气体流,以减小第二微气体流的流率,从而减少跟部与直接相邻的构件之间的泄漏。

[0014] 第二微气体流的流率的这种降低使涡轮发动机的效率最大化。

[0015] 直接相邻的构件例如对应于由耐磨材料制成的块部或直接相邻的桨叶的跟部。

[0016] 根据本发明的桨叶可以包括彼此单独地或彼此组合地采用的以下特征中的一个或多个:

[0017] -排放开口按照以下可选方式中的一个方式布置:

[0018] -两个排放开口被布置在第一唇部的外部面上;

[0019] -两个排放开口被布置在第一唇部的侧面上;

[0020] -两个排放开口中的一个排放开口被布置在第一唇部的外部面上,两个排放开口中的另一排放开口被布置在第一唇部的侧面上;

[0021] -该回路包括第一排的至少三个导管,第一排的至少三个导管与供应空腔连接并且各自通过排放开口通向第一唇部的外表面;

[0022] -该回路包括第二排的导管,第二排包括:与供应空腔连接并且各自通过排放开口通向第一唇部的外表面的至少三个导管,第一排的导管的排放开口相对于第二排的导管的排放开口错开;

[0023] -导管中的至少一个导管具有朝向对应的排放开口渐缩的可变的横截面;

[0024] -供应空腔适于接纳经由至少入口开口从通道逸出的第一微气体流,该通道适于接纳主气体流;

[0025] -每个排放开口都是圆形的;

[0026] -每个导管的排放开口的直径介于0.2mm至2mm之间,优选地介于0.3mm至0.6mm之间;

[0027] -跟部包括第二唇部,该第二唇部突出并远离第一唇部;

[0028] -该回路包括与供应空腔连接并且各自通过排放开口通向第二唇部的外表面的至少两个导管,使得第一微气体流的气体喷射流适于从每个排放开口排出,每个导管被定向成使得对应的气体喷射流适于朝向跟部和直接相邻的构件之间泄漏的第二微气体流喷射。

[0029] 本发明进一步涉及用于飞行器涡轮发动机的轮部,该轮部包括盘,该盘在其外周支承如前所述的桨叶的环形阵列。

[0030] 本发明还涉及飞行器涡轮发动机,该飞行器涡轮发动机包括如上所述的桨叶或如上所述的轮部。

附图说明

[0031] 通过阅读以非限制性示例的方式并且参照附图给出的以下描述,本发明将被更好地理解,并且本发明的其他细节、特征以及优点将变得更加明显,在附图中:

[0032] [图1]图1是根据本发明的第一实施例的桨叶的前视图;

[0033] [图2]图2是根据本发明的第二实施例的桨叶的局部前视图;

[0034] [图3]图3是桨叶的示意性局部顶视图,示出了唇部上的排放开口的布置的第一示例;

[0035] [图4]图4是图3中所示的桨叶的示意性局部前视图;

[0036] [图5]图5是桨叶的示意性局部前视图,示出了唇部上的排放开口的布置的第二示

例；

[0037] [图6]图6是图5中所示的浆叶的示意性局部顶视图；

[0038] [图7]图7是浆叶的示意性局部顶视图,示出了唇部上的排放开口的布置的第三示例；

[0039] [图8]图8是图7中所示的浆叶的示意性局部前视图；

[0040] [图9]图9是浆叶的示意性局部顶视图,示出了唇部上的一排排放开口的布置的第一示例；

[0041] [图10]图10是浆叶的示意性局部侧视图,示出了唇部上的一排排放开口的布置的第二示例；

[0042] [图11]图11是浆叶的示意性局部顶视图,示出了唇部上的第一排和第二排的排放开口的布置的示例；

[0043] [图12]图12是浆叶的示意性局部顶视图,示出了导管的第一可替代实施例；

[0044] [图12]图13是浆叶的示意性局部前视图,示出了导管的第二可替代实施例；

[0045] [图14]图14是浆叶的示意性局部前视图,示出了导管的方向的示例。

具体实施方式

[0046] 图1示出了飞行器涡轮发动机3的轮部2的浆叶1,更确切地是涡轮发动机3的涡轮的轮部2的浆叶1。浆叶1可以旨在安装到涡轮发动机的压缩机的轮部。

[0047] 浆叶1包括沿堆叠轴线(stacking axis)Z延伸的空气动力学叶片4。叶片4具有通过前缘6和后缘7相互连接的压力侧面5和吸力侧面。主气体流F围绕叶片4从前缘6向后缘7流动,因此,在主气体流F的流动方向上,前缘6位于后缘7的上游。

[0048] 在横向平面(垂直于堆叠轴线Z的平面)中,叶片4沿着将前缘6连接到后缘7的等分线成形,该等分线将浆叶1分为压力侧和吸力侧。压力侧面和吸力侧面5是弯曲的,并且分别是凹陷的和凸出的。

[0049] 在本申请中,与浆叶的不同元件相关联的术语“压力侧”和“吸力侧”是指压力侧和吸力侧。

[0050] 在本申请中,术语“上游”和“下游”是相对于主气体流F的流动方向限定的。

[0051] 浆叶1进一步包括外跟部8和内根部9,所述外跟部和内根部沿堆叠轴线Z界定叶片4。更确切地,叶片4由根部9的内平台10和跟部8的外平台11界定。

[0052] 轮部2包括盘12,该盘在其外周支承浆叶1的环形阵列。更确切地,每个根部9包括例如球状部,该球状部被构造成接合在盘12中形成的互补的袋状部中。轮部2(相应地,浆叶)能围绕旋转轴线X旋转,该旋转轴线与涡轮发动机3的纵向轴线同轴。轮部2能围绕轴线X从压力侧向吸力侧旋转。

[0053] 在本申请中,术语“内”和“外”是相对于轮部(或浆叶)的旋转轴线X来限定的。

[0054] 同一轮部2的可移动的浆叶1的外平台11彼此侧翼相接地(或边缘相接地)布置,以在外部界定通道13,主气体流F在该通道中流通。类似地,同一轮部2的可移动的浆叶1的内平台10彼此侧翼相接地(或边缘相接地)布置,以在内部界定通道13,主气体流F在该通道中流通。

[0055] 浆叶1的跟部8包括至少一个突出的唇部14(第一唇部),该突出的唇部14旨在与由

耐磨材料15制成的块部配合。桨叶1还包括能够接纳第一微气体流f1的内部回路16,该回路16包括通过至少一个入口开口18在根部9处敞开的供应空腔17。

[0056] 根据本发明,回路16包括至少两个导管19,该至少两个导管与供应空腔17连接,并且各自通过排放开口21通向唇部14的外表面20,使得第一微气体流f1的气体喷射流J能够从每个排放开口21排出。每个导管19被定向成使得对应的气体喷射流J适于朝第二微气体流f2(第二微气体流从根部8与直接相邻的构件22之间泄漏)喷射。

[0057] 在本申请中,与桨叶的元件相关的术语“内部”表示该元件被布置在桨叶内侧。相反,与桨叶的元件相关的术语“外部”表示该元素被布置在桨叶外侧。

[0058] 第一微气体流f1对应于在内平台10处从通道13逸出、并且经由入口开口18进入回路16的供应空腔17的流。由于桨叶1围绕轴线X的旋转,第一微流f1一旦在回路16内则从根部9向根部8流动。

[0059] 第二微气体流f2对应于在外部平台11处从通道13逸出、并且在根部8与直接相邻的构件22(例如由耐磨材料15制成的块部)或直接相邻的桨叶23的根部8之间泄漏的流。第二微流f2从上游向下游流动,该流动方向是由于上游和下游之间的压力差所造成的。

[0060] 桨叶1包括至少一个唇部14,当然可以包括多于一个唇部,例如两个唇部(如图2所示)。一个唇部14从外平台11朝外侧突出。唇部14旨在与由耐磨材料15(例如蜂窝状结构)制成的块部配合,以形成迷宫类型的接合密封,该块部附接到围绕轮部2的外壳体25。唇部14可以是笔直的,并因此沿着堆叠轴线Z延伸。一个唇部14可以以锐角相对于堆叠轴线Z倾斜(有利地向上游倾斜)。至少一个唇部布置有导管,而其他唇部可以布置有或者不布置有导管。

[0061] 回路16可以包括用于两个导管19,所述导管用于每个唇部14,这两个导管的排放开口21被布置在唇部14的外表面26。在这种构造中,来自排放开口21的气体喷射流J被朝向第二微气体流f2(该第二微气体流从根部8与由耐磨材料15制成的块部之间泄漏)喷射。因此,气体喷射流J(第一微流)阻碍第二微气体流f2(喷射流剪切第二微流)以减小第二微气体流的流率,从而减少根部8与由耐磨材料15制成的块部之间的泄漏。

[0062] 对于每个唇部14,回路16可以包括两个导管19,这两个导管的排放开口21被布置在唇部14的侧面27。侧面27包括上游侧面28(以下被称为上游面)、下游侧面29(以下被称为下游面)、压力侧面30(以下被称为压力侧面)以及吸力侧面31(以下被称为吸力侧面)。

[0063] 当排放开口21被布置在上游面28(或下游面29)上时,来自该排放开口21的气体喷射流J朝向从根部8与由耐磨材料15制成的块部之间泄漏的第二微气体流f2喷射。这种气体喷射流J(第一微流)阻碍第二微气体流f2(喷射流剪切第二微流)以减小第二微气体流的流率,从而减少根部8与由耐磨材料15制成的块部之间的泄漏。

[0064] 当排放开口21被布置在压力侧面30(或吸力侧面31)上时,来自该排放开口21的气体喷射流J朝向从根部8与直接相邻的桨叶23的根部8之间泄漏的第二微气体流f2喷射。这种气体喷射流J(第一微流)阻碍第二微气体流f2(喷射流剪切第二微流)以减小第二微气体流的流率,从而减少两个相邻的根部8之间的泄漏。

[0065] 对于每个唇部14,回路16可以包括两个导管19,其中,两个导管的两个排放开口21中的一个排放开口被布置在唇部14的外表面26上,而两个排放开口21中的另一排放开口被布置在唇部14的侧面27处。

[0066] 当然,对于每个唇部14,回路16可以包括两个以上的导管19,两个以上的导管的排放开口21各自被布置在唇部14的外表面20上。

[0067] 对于每个唇部14,回路16可以包括第一排32的至少三个导管19,第一排的至少三个导管与供应空腔17连接,并且各自通过排放开口21通向唇部14的外表面20。

[0068] 在本申请中,一排包括至少三个导管。在一排内,两个排放开口之间的间距可以是恒定的或者可变的。

[0069] 对于每个唇部14,回路16可以包括第二排33的至少三个导管19,第二排的至少三个导管与供应空腔17连接,并且各自通过排放开口21通向唇部14的外表面20。

[0070] 第一排32的导管19的排放开口21可以相对于第二排33的导管19的排放开口21错开。

[0071] 当然,对于每个唇部,回路16可以包括多于两排的至少三个导管(即,多于两排,每排具有至少三个导管)。相继的两排之间的间距可以是恒定的或者可变的。

[0072] 从内端到对应的排放开口21,导管19沿着延伸轴线A延伸(或限定)。导管19沿其延伸轴线A可以具有恒定的横截面。

[0073] 导管19沿其延伸轴线A可以具有可变的横截面。有利地,导管19具有向导管的排放开口21渐缩的可变的横截面,以增加相应的气体喷射流J的速度,从而加剧第二微气体流F2的流速减小。

[0074] 通过示例,导管19(相应地,排放开口)的横截面可能是圆形、矩形等。

[0075] 有利地,当排放开口21为圆形时,开口21的直径介于0.2mm至2mm之间,优选地介于0.3mm至0.6mm之间。

[0076] 无论排放开口21的形状如何,排放开口21的最大尺寸介于0.2mm至2mm之间。

[0077] 排放开口的形状可以与导管的其余部分的形状不同。

[0078] 导管19(或导管的延伸轴线A)在纵向平面中可以是笔直的,从而基本上沿着堆叠轴线Z延伸。

[0079] 导管19(或导管的延伸轴线A)可以在纵向平面中相对于堆叠轴线Z以锐角 α 倾斜。有利地,导管19向上游倾斜,使得气体喷射流J(第一微流)的方向与第二微流f2的流动方向相反。

[0080] 桨叶1的导管可以具有同样的几何特征(形状、朝向等)和尺寸特征。相反地,根据泄漏的重要性,每个导管也可以具有特定的几何特征和尺寸特征。

[0081] 桨叶1的回路16的空腔17通过布置在桨叶1的根部9处的至少一个入口开口18来供应(第一微气体流)。有利地,空腔17具有大的尺寸,以将压力损失最小化。导管19直接地或间接地连接到空腔17。

[0082] 根据在图1中示出的第一实施例,桨叶1包括单个中间唇部14。回路16包括沿堆叠轴线Z延伸的空腔17。回路16包括两个导管19,这两个导管的两个排放开口21被布置在唇部14的外表面26上。两个导管19在此直接连接到空腔17。

[0083] 根据在图2中示出的第二实施例,桨叶1包括上游唇部14和下游唇部14。回路16包括两个上游导管19和两个下游导管19,两个上游导管的两个排放开口21被布置在上游唇14的外表面26上,两个下游导管的两个排放开口21被布置在下游唇部14的外表面26上。导管19在此间接地(即通过中间通道34)连接到空腔17。

[0084] 上游唇部或下游唇部可以没有导管(相应地,排放开口)。

[0085] 图3和图4示出了在唇部14上的排放开口21的布置的第一示例,在该示例中,两个排放开口21被布置在唇部14的外部面26上。

[0086] 图5和图6示出了在唇部14上的排放开口21的布置的第二示例,其中,两个排放开口21被布置在唇部14的压力侧面30上。

[0087] 图7和图8示出了在唇部14上的排放开口21的布置的第三示例,其中,一个排放开口21被布置在唇部14的外部面26上,而一个排放开口21被布置在唇部14的压力侧面30上。

[0088] 图9示出了在唇部14上的一排32导管19的布置的第一示例,其中,一排32导管19的排放开口21被布置在唇部14的外部面26上。排放开口21沿着轴线Y布置,该轴线与桨叶1围绕其旋转轴线X的旋转方向相切。两个排放开口21之间的间距是恒定的。

[0089] 图10示出了在唇部14上的一排32导管19的布置的第二示例,在该示例中,一排32导管19的排放开口21被布置在唇部14的上游面28上。排放开口21沿着轴线Y布置,该轴线与桨叶1的旋转方向相切。两个排放开口21之间的间距是恒定的。

[0090] 图11示出了在唇部14上的第一排32的导管19和第二排33的导管19布置的示例,其中,在第一排32中的导管19的排放开口21相对于在第二排33中的导管19的排放开口21错开。第一排32和第二排33分别包括三个导管和四个导管19。第一排32的排放开口21和第二排33的排放开口被布置在唇部14的外部面26上。第一排32的排放开口21和第二排33的排放开口沿着轴线Y布置。

[0091] 在图3至图11中,导管19中的每个导管(相应地,排放开口)具有沿其延伸轴线A恒定的圆形横截面。

[0092] 图12示出了导管19的第一可替代的实施例,在该实施例中,导管19(相应地,排放开口)沿其延伸轴线A具有矩形横截面。

[0093] 图13示出了导管19的第二可替代的实施例,在该实施例中,导管19具有沿其延伸轴线A可变的横截面。

[0094] 图14示出了导管19的方向的示例,在该示例中,导管19(或导管的延伸轴线A)在纵向平面中以相对于堆叠轴线Z成锐角 α 的方式向上游倾斜。

[0095] 叶片1例如通过包括以下步骤的方法生产:首先通过失蜡铸造工艺获得原始桨叶,然后在原始桨叶上进行各种机加工操作(例如,钻出导管),以获得如在限定附图中描绘的具有确定尺寸的桨叶。

[0096] 桨叶1也可以通过增材制造(快速成型)获得。

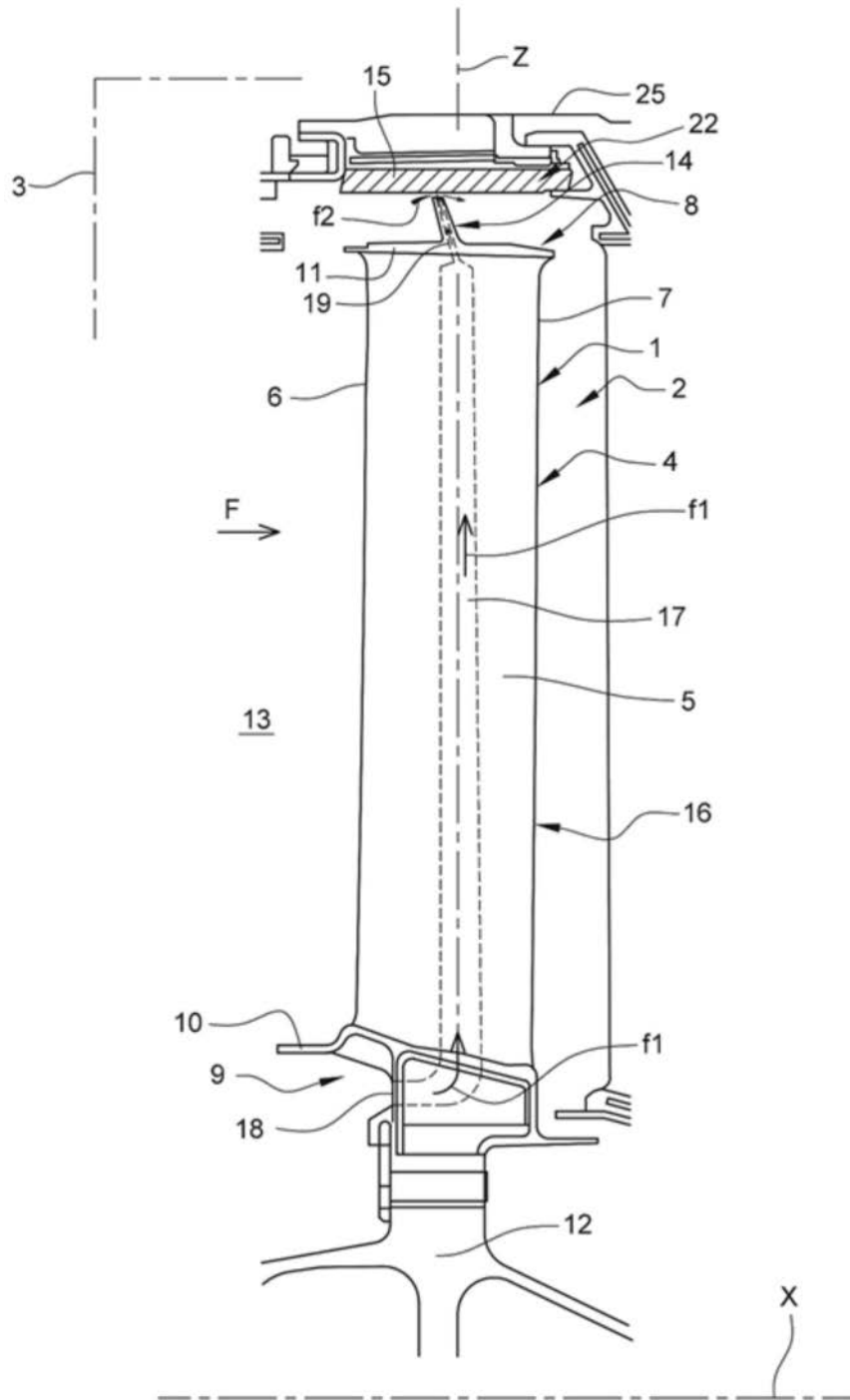


图1

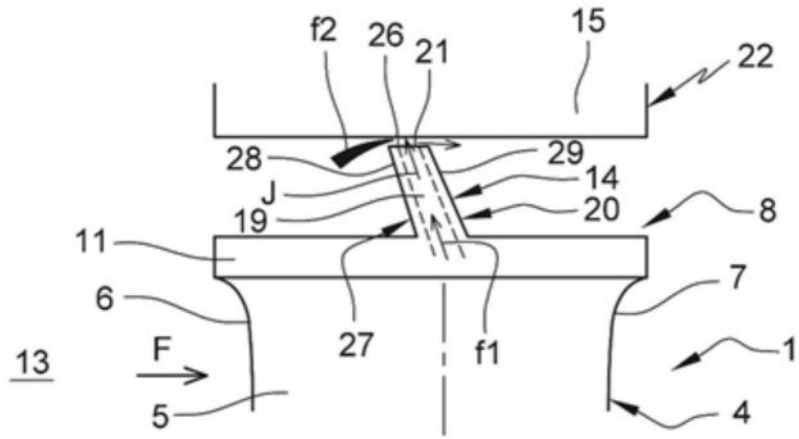


图4

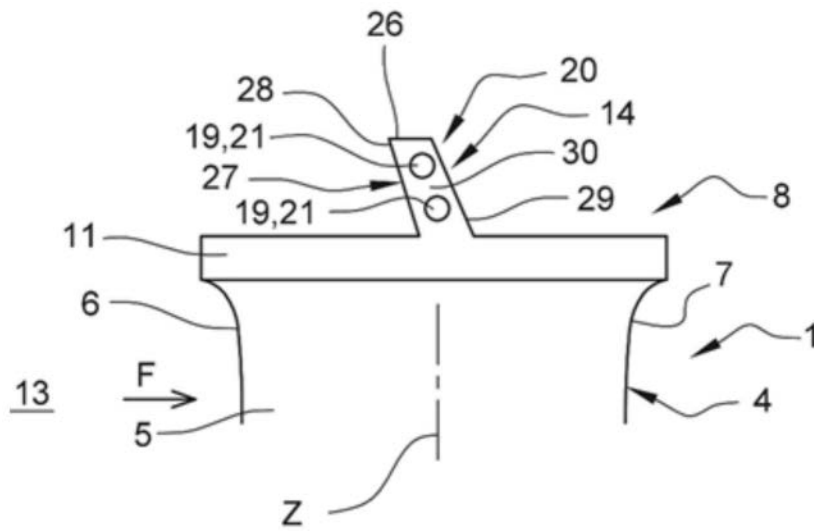


图5

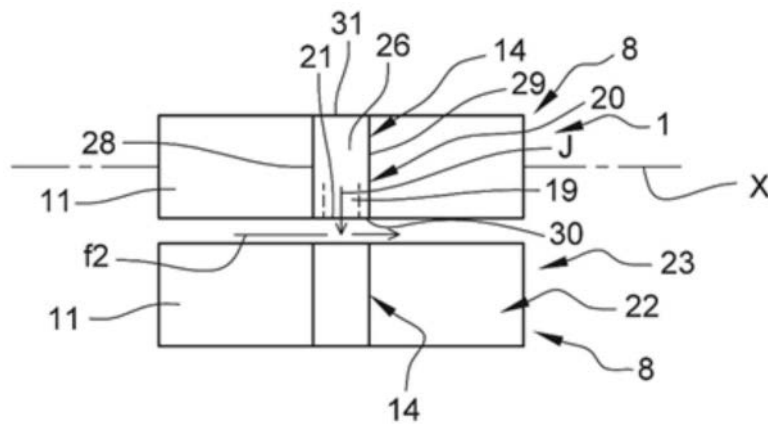


图6

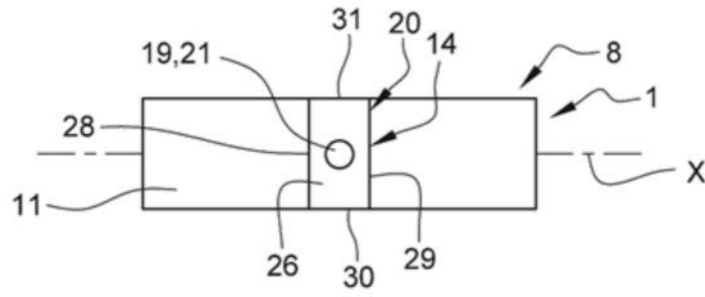


图7

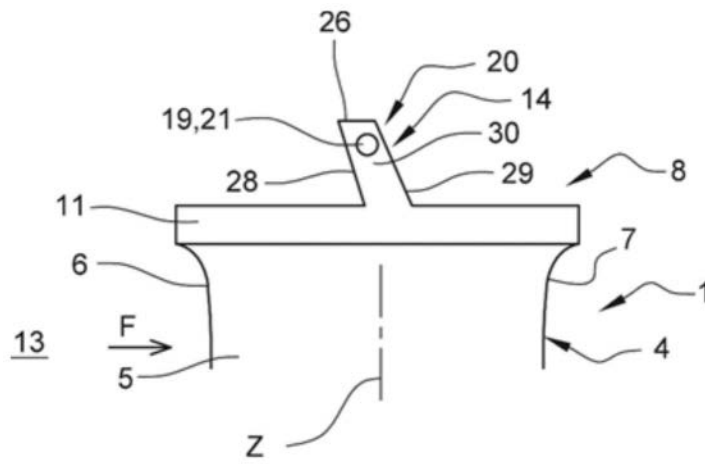


图8

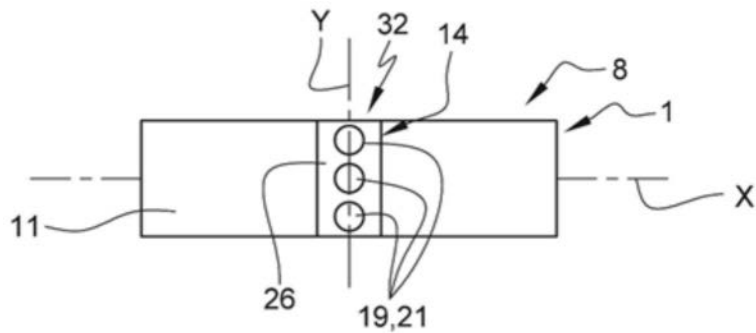


图9

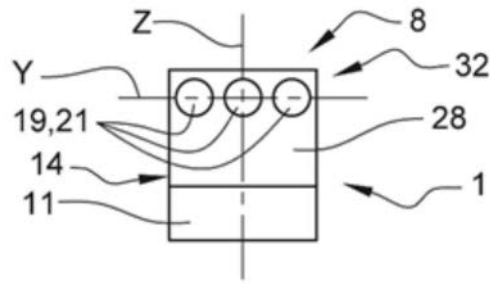


图10

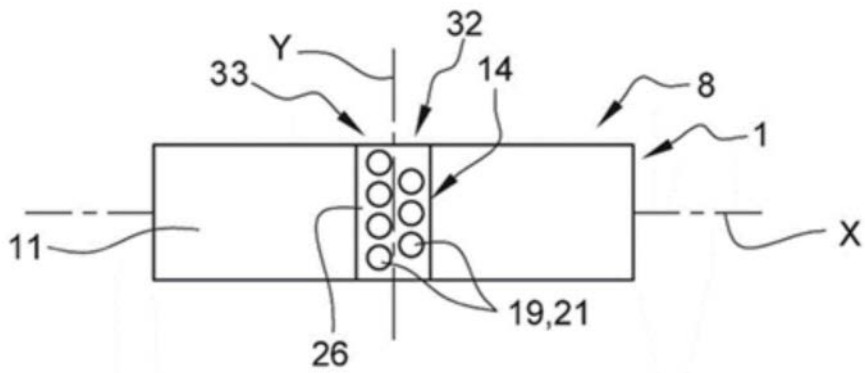


图11

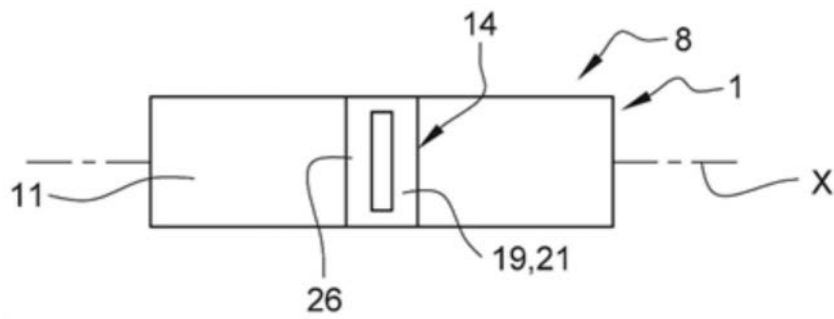


图12

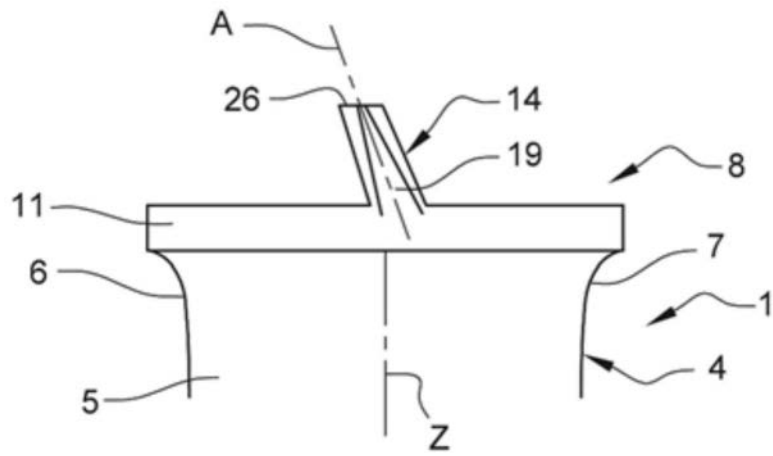


图13

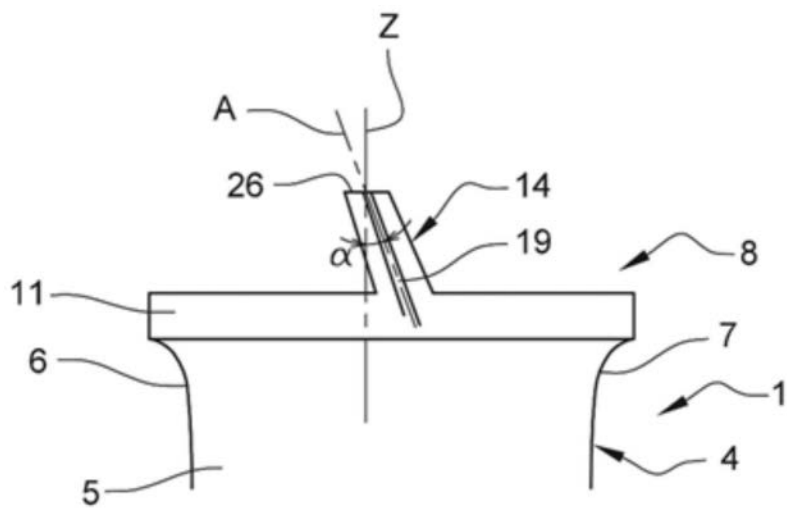


图14