



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108350904 B

(45) 授权公告日 2022.03.04

(21) 申请号 201680060817.5

(73) 专利权人 施乐百有限公司

(22) 申请日 2016.08.04

地址 德国昆泽苏

(65) 同一申请的已公布的文献号

(72) 发明人 F·勒歇尔 G·霍夫曼 S·胡伯

申请公布号 CN 108350904 A

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(43) 申请公布日 2018.07.31

代理人 刘佳

(30) 优先权数据

(51) Int.CI.

102015216579.5 2015.08.31 DE

F04D 29/38 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

F04D 29/30 (2006.01)

2018.04.17

F04D 29/66 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/DE2016/200358 2016.08.04

US 2010266428 A1, 2010.10.21

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2015217851 A1, 2015.08.06

W02017/036470 DE 2017.03.09

审查员 郑兴兴

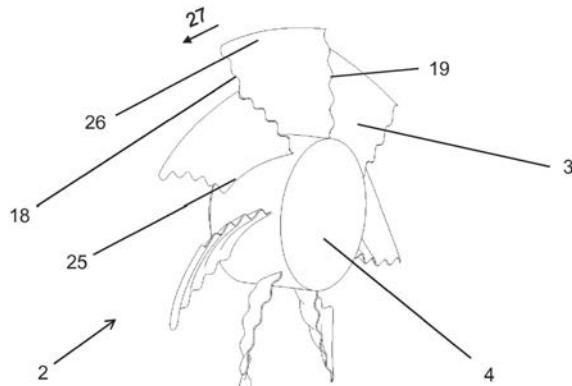
权利要求书1页 说明书9页 附图12页

(54) 发明名称

风机叶轮、风机和具有至少一个风机的系统

(57) 摘要

本发明涉及用于包括至少两个波浪形的风机叶片的风机的风机叶轮。一种风机具有至少两个这种风机叶轮。一种系统具有至少一个具有这种风机叶轮的风机。



1. 一种用于径向或对角风机的风机叶轮，所述风机叶轮包括：
至少两个风机叶片，
套筒环和盖环，
其特征在于，所述至少两个风机叶片在所述套筒环与所述盖环之间延伸，并且固定到所述套筒环和所述盖环上，
所述至少两个风机叶片中的每一个的叶片型面具有波形形状，并且所述至少两个风机叶片中的每一个以75°至105°的角度局部地连结到所述套筒环和所述盖环，并且所述叶片型面的曲率从叶片前缘延伸到叶片后缘。
2. 如权利要求1所述的风机叶轮，其特征在于，所述角度为90°。
3. 如权利要求1所述的风机叶轮，其特征在于，所述风机叶片的表面在延伸在跨度之上的任意平面型面中不是或几乎不是波形的，意味着波形基本上从所述叶片前缘延伸到所述叶片后缘。
4. 如权利要求1所述的风机叶轮，其特征在于，所述风机叶片的所述表面显示出在所述跨度上延伸的至少一个平面型面中看出的波形，并且所述跨度在整个所述风机叶片上延伸。
5. 如权利要求1至4中的一项所述的风机叶轮，其特征在于，所述波形以近似正弦形状延伸，其中所述波形具有长度和角度，所述长度具有在3mm至50mm和/或在0.5和5%的最大风机叶轮直径之间的范围中的幅值，并且所述角度具有在0.3°至3°的范围中的幅值。
6. 如权利要求1至4中的一项所述的风机叶轮，其特征在于，不存在盖环，并且所述风机叶片的最外部区域、即自由端以负镰刀形状结束。
7. 如权利要求6所述的风机叶轮，其特征在于，所述风机叶片的最外部区域、即自由端以V姿态结束。
8. 如权利要求1至4中的一项所述的风机叶轮，其特征在于，所述风机叶片由金属或塑料的薄板材料生产。
9. 如权利要求1至4中的一项所述的风机叶轮，其特征在于，整个所述风机叶轮通过采用金属或塑料的铸造技术来制造。
10. 如权利要求1至4中的一项所述的风机叶轮，其特征在于，其设计为径向/对角风机叶轮或设计为入口引导翼片或出口引导翼片。
11. 一种具有至少一个如权利要求1至10中的一项所述的风机叶轮的风机。
12. 如权利要求11所述的风机，其特征在于，具有至少一个其它的风机叶轮。
13. 具有至少一个如权利要求11或12所述的风机的系统，其特征在于，所述系统能涉及例如精确气候控制装置、紧凑箱装置/气候箱装置、电子冷却模块、发电机通风系统、用于工业或住宅楼宇的冷却装置、热泵。

风机叶轮、风机和具有至少一个风机的系统

[0001] 本发明涉及风机叶轮、风机和具有至少一个风机的系统。

[0002] 一般理解风机叶轮意味着径向风机叶轮、对角风机叶轮、径向风机叶轮，但也理解为风机的入口或出口引导翼片(定子)。

[0003] 生产具有低噪声排放同时实现一定的风机效率水平(体积流量和压力增长)的风机是风机制造商的根本利益之所在。具体地，对于安装到系统中的风机，噪声排放应是较低的。在这种系统中，入流干扰频繁地存在于进入此类系统的风机的入口处。这种入流干扰导致传统风扇中较高程度的噪声(声调噪声)，特别是在叶片通过频率的整数倍数的低频率下。如果风机由若干风机叶轮、例如定子和转子构成，则位于下游的风机经受由位于上游的风机叶轮导致的入流干扰。这导致了较强的、特别是声调噪声的产生。此外，出于技术生产和/或经济原因具有由薄板金属制成的风机叶轮叶片(非定型(profiled)风机叶片)也是有利的。然而，具有此类叶片的风机确实趋于具有增加的宽频噪声排放(宽频噪声)。此外，可存在于非定型风机叶片和定型风机叶片中的风机叶片的钝后缘形成噪声源(后缘噪声)。

[0004] 从EP 2 418 389 A2本身已知一种辅助风机，其示出了因在风机叶片的径向外部区域中的风机叶轮的特别设计而在宽频频率范围中特别低的噪声排放，这是由在头部间隙处的泄漏流量引起的。该特别设计具体由以下事实实现的是，沿跨越方向观察，在径向外部范围中的风机叶片的路径以风机叶片的剩余区域中沿跨越方向的路径的偏离为特征。然而，风机叶轮的这种设计不能整体地或仅能不充分地减小由入流干扰引起的声调噪声。任何这种设计同样既不能降低非定型叶片中的宽频噪声，也不能降低后缘噪声，或仅能将这些噪声降低到不充分的程度。

[0005] 从US 2013/0164488 A1本身已知一种定型风机叶片，其可借助风机中它的前缘的特别的波状的设计来减小由入流产生的声调噪声。

[0006] 本发明的目的在于用于装备风机叶轮以使得当与现有技术比较时具有低噪声排放的目的。同时，其旨在易于构造和生产。将会呈现对应的风机和具有风机的系统。

[0007] 就本发明而言，风机叶轮包括具有波状设计的至少两个风机叶片，其中，“波状”应以最宽泛的含义来理解。附图1至3的附图描述使得什么应理解为相应的风扇叶片的波状设计更加得清楚。

[0008] 特别地，当就简单的设计和生产而言考虑时，如果风机叶片的表面在它的轮廓中不是或几乎不是波状的，则是有利的，意味着波形基本上指的是叶片前缘和/或后缘。这里必需的是要找到在简单制造与噪声减小之间的折衷。

[0009] 同样可考虑得是，波形较佳地在整个风机叶片表面上延伸，即使得由此实现噪声的进一步减小。具体来说，波形可较佳地以相同或可变的幅值从叶片的内端部向上延伸到叶片的外端部和从叶片前缘延伸到远至叶片后缘，其中叶片前缘和叶片后缘两者均以波状方式形成。

[0010] 波形可以大约正弦(sinus)的形状延伸，取决于风机叶片的尺寸，较佳地具有在3mm至50mm的范围中的幅值。幅值可大到最大风机叶轮直径的0.5%与5%之间。

[0011] 没有盖环的风机叶轮的风机叶片的最外部区域即自由端可以负镰刀形状结束，并

且如果适用则以V姿态(position)结束。该特殊设计意味着在运行期间可减小风机的宽频噪声。该设计意味着可获得与借助小翼实现的效果可比拟的效果。

[0012] 风机叶片可在其内端部和/或外部端部中到套筒环或盖环的过渡部处有利地借助波形设计。波形设计意味着风机叶片至少沿着某些轮廓与套筒环或盖环成75°至105°角,较佳地成90°角,即便非波浪形参照叶片会分别与套筒环或盖环成显著更锐或更钝的角。这就生产、刚度、空气动力学和空气声学而言是有利的。

[0013] 就生产技术而言且至于成本,如果风机叶片由薄板金属(金属或塑料)以一层制成,则会获得特别的优点。波形设计意味着在由薄板金属制成的风机叶片中可实现就空气动力学和空气声学而言的优点,与通过采用具有与机翼的轮廓类似的轮廓的风机叶片可实现的优点类似,生产其是显著更贵和更耗时的。

[0014] 具有与机翼的轮廓类似的轮廓的风机叶片会具有不太有利的设计,其中在这种设计的环境内可获得风机叶片的铸造技术生产(塑料或金属)或整个风机叶轮。

[0015] 风机叶轮可涉及径向/对角/轴向风机叶轮或入口引导翼片或出口引导翼片。

[0016] 根据本发明的风机包括与上述设计相应的至少一个风机叶轮。也可设想的是,风机显示出至少另一个本身根据现有技术的已知的风机叶轮。根据本发明的风机叶轮与传统风机叶轮的组合可以是有利的,其中需要接受在噪声排放方面的妥协。

[0017] 在根据本发明的系统方面,应注意的是,所涉及的是具有至少一个先前提到的种类的风机的系统,即同时采用至少一个根据本发明的风机。仅作为示例分别提到的是气候控制装置或精密气候控制装置、紧凑的气候箱(climate box)、电子冷却模块、用于工业和住宅楼宇的发电机通风系统、热泵等。对于根据本发明的系统重要的是,至少一个根据本发明的风机以借助少一个根据本发明的风机叶轮部署(deploy)。

[0018] 存在各种选项,用于以有利的方式开发和延伸当前发明的教示内容。结合基于附图的对本发明的较佳设计示例的阐释,也提供了对于一般较佳的设计和教示内容的进一步发展的阐释。在附图中,

[0019] 图1至3示出了示意图,以便具体阐释风机叶轮的波浪形设计,

[0020] 图1a是用于阐释定义同跨度表面(isospan surface)的剖过径向风机叶轮的型面的示意图,

[0021] 图1b是用于阐释定义同跨度表面的剖过对角风机叶轮的型面的示意图,

[0022] 图1c是用于阐释定义同跨度表面的剖过轴向风机叶轮的型面的示意图,

[0023] 图2a是具有非定型风机叶片的同跨度表面的型面的示意图,

[0024] 图2b是具有定型风机叶片的同跨度表面的型面的示意图,

[0025] 图3是用于阐释定义沿跨度方向的功能路径的波形的功能路径的示意图,

[0026] 图4a是具有波形风机叶片的轴向风机叶轮的立体示意图,其中风机叶片的内端部和外端部示出专用的设计,

[0027] 图4b示出了沿轴向视角并且以平面型面观察的、根据图4a的轴向风机叶轮的风机叶片,

[0028] 图5a是以薄板构造的具有非定型的波形风机叶片的风机叶轮的立体图,其中叶片表面是非波形的。

[0029] 图5b示出了沿径向视角并且以平面型面观察的根据图5a的径向风机叶轮,

[0030] 图6a是以金属薄板构造的具有非定型的波形风机叶片的风机叶轮的立体图,其中叶片表面是波形的,

[0031] 图6b示出了沿径向视角观察的根据图6a的径向风机叶轮,

[0032] 图6c示出了沿径向视角并且以平面型面观察的根据图6a的径向风机叶轮,

[0033] 图7a示出了具有定型的波形风机叶片的出口引导翼片(定子)的立体图,其中叶片表面在叶片前缘附近是波形的,并且

[0034] 图7b示出了沿径向视角并且以平面型面观察的根据图7a的出口引导翼片的风机叶片,

具体实施方式

[0035] 基于图1a、1b和1c,将要阐释风机叶轮的同跨度表面的定义,其形成在下文中的风机叶轮叶片的波形的定义。同跨度表面是某些曲线的转动表面,在下文中该曲线指代位于围绕所关联的风机叶轮轴线的经向平面(*meridional plane*)中的同跨度曲线。接着考虑特别是具有风机叶片的这种同跨度表面的部段。

[0036] 图1a以示意图示出了具有通过与转动轴线相对应的风机叶轮轴线1的平面中的径向设计的风机叶轮2。这种平面一般被称作为经向平面。在所选取的示意中,风机叶轮轴线1始终沿水平方向对准。作为示例示出的径向飞轮基本上由套筒环4、盖环5以及在套筒环4与盖环5之间延伸的风机叶片构成。在所示的设计示例中,套筒环4和盖环5是参照风机叶轮轴线1的转动体。在型面中,它们以虚线形式通过观察平面示出,由此在任何情况下仅示出了半个套筒环4和盖环5位于风机叶轮轴线1以上。风机叶片以它们的经向风机叶片表面3a的形式示出。经向风机叶片表面3a与位于风机叶轮轴线1以上的经向型面平面的所有点的总数对应,其在围绕风机叶轮2的风机叶片3的至少一个任一转动位置中的一个风机叶片内可找到。

[0037] 经向风机叶片表面3a具有四个边缘6、7、8和9。入流侧边缘6与出流边缘7一同表示沿通流方向的风机叶片表面3a的边界。与叶片的内、套筒侧端部相对应的内边缘8和与叶片的外、环形的盖环侧端部相对应的外边缘9一同表示沿跨度方向的边界。

[0038] 分别借助内边缘8和外边缘9,借助分别是 $s=0.0$ 或 $s=1.0$ 的标准化的跨度坐标分别限定最内部同跨度曲线10和最外部同跨度曲线11。首先,边缘8和9自身用作相对应的同跨度曲线10、11的型面。为了确保整个经向风机叶片表面3a位于延伸通过两个同跨度曲线10和11以及两个直的延伸段12和13,延伸段12和13分别连接相同的同跨度曲线10和11的入流侧和出流侧的端点,更为足够长的、直的、切线地连接到边缘8、9的延伸部如果要求则附连到边缘8和/或9的两者的入流侧和/或出流侧端点,边缘8和9然后同样形成相应的同跨度曲线10、11的一部分。直的延伸段12被称作入流侧的同经向位置曲线,在其处限定经向长度位置m的原点。直的延伸段13被称作出流侧的同经向位置曲线,在其处经向长度位置m假设为从直的延伸段12上到直的延伸段13的相对应的同跨度曲线的长度的值。在延伸段12与13之间的点处的经向长度位置的值对应于从直的延伸段12远至所考虑的点的相关联的同跨度曲线的延伸段的长度。

[0039] 在最内部同跨度曲线10与最外部同跨度曲线11之间的同跨度曲线在每个标准化跨度坐标s中由最内部同跨度曲线和最外部同跨度曲线的线性组合限定在0.0和1.0之间,

由此,该线性组合始终针对经向坐标m的相同的值执行。图1a中,以s=0.7描绘同跨度曲线的例子14。

[0040] 图1b示出了具有经向平面中的对角设计的风机叶轮2的示意图。同跨度曲线可以类似于关于图1a所示的设计限定。与图1a的示例相反,在该情况下,在边缘8、9的出流端部侧处要求边缘8、9的延伸部,而在根据图1a的示例中,在边缘8、9的出流端部处要求延伸部。根据飞轮几何形,也可能是不需要延伸部或不需要在两个端部处的延伸部。

[0041] 图1c进一步示出了具有经向平面中的轴向设计的风机叶轮2的示意图。在该示例中不存在盖环,并且风机叶片具有外部自由端部。在此,同跨度曲线也可限定为等同于关于图1a或1b所示的设计。在所示出的示例中,始终限定为围绕风机叶轮轴线1的同跨度曲线的旋转表面的同跨度表面是气缸套(cylinder jacket)表面,表示对于轴向飞轮典型的情况。

[0042] 特别地在具有自由外边缘中也存在风机叶轮几何形,其中,经向风机叶片表面3a的边缘到边界6、7、8、9中的分隔是不清楚的。具体地,在许多几何形中不能清楚地指定内边界8和/或外边界9。在这种情况下,经向风机叶片表面的整个边界的分隔必须对于边界6和7分别以“入流侧”和“出流侧”的术语的形式以及分别对于边界8和9以术语“内部地沿跨度方向”和“外部地沿跨度方向”的形式直觉地进行到有限长的边界6、7、8和9中。同跨度曲线的定义是不清楚,即在所描述的本发明的意义上对于风机叶轮几何形状可存在若干有效的定义。在本发明的意义上,如果由波形构成的定义在下文中适用为同跨度曲线的有效定义,则叶片是波形的。

[0043] 同样,也可针对定子(例如,入口引导翼片或出口引导翼片)定义同跨度曲线和同跨度表面。

[0044] 在图2a和2b中,借助在随机标准化的跨度坐标上在0.0与1.0之间的同跨度表面举例并且示意性地示出了风机叶片3的型面16。这种型面通常不位于一个平面中。为了实现在一个平面中的示意图,采用保形(conformal)(真实角度)示意,即在图2a和2b中所绘的角度具有与在具有一个叶片的同跨度表面的三维轮廓中相同的数据(大小)。所有涉及轮廓的长度的细节意味着在三维轮廓表面上的真实长度。它们由于到平面上的示意而被扭曲。

[0045] 非定型叶片3的型面16在图2a中示意性地示出,具有同跨度表面。在该型面中,在圆点(零点)处绘出具有坐标轴θ和m的二维坐标系15。θ是沿风机叶轮的周向方向的长度坐标,而m则是已经阐释的经向坐标。原点(零点)在θ方面对每个跨度坐标在固定的风机叶轮坐标系中处于相同的角度位置。关于m的原点(零点)如在图1a-1c中描述的位于入流侧经向位置曲线12中。

[0046] 叶片型面16清楚地特征在于其假想的中线17。叶片厚度d叠置在该中线上。在非定型叶片3的情况下,厚度d沿着叶片的经向延伸部是大致恒定的。在这种叶片的情况下,d通常也对于所有跨度坐标s是恒定的。这意味着,叶片能够以低成本由薄板金属或塑料生产。在叶片前缘18附近,厚度d在示例中从恒定厚度偏离,由于薄板叶片在该处是倒圆的,这可在声学方面提供优点。在叶片后缘19附近,厚度的路线显示了变窄,这可例如通过对具有恒定厚度的薄板金属后处理来实现,从而降低后缘噪声。除此以外,这种叶片被称为非定型薄板金属叶片。

[0047] 在从叶片后缘18测量时位于中线17的半径向延伸段中的中线17的中点20具有坐标m_c和θ_c。型面分别沿经向方向或周向方向的移动以这些坐标为特征。型面16具有沿经向坐

标 m 的方向的延伸段I。在叶片前缘18处,中线17与周向方向包含角度 β_1 。在叶片后缘19处,中线17与周向方向包含角度 β_2 。角 β_1 和 β_2 对于风机叶轮的空气动力学特性和空气声学特性是重要的。两个角的平均值是叶片型面16的交错角(stagger angle)的基准,而两个角之间的差值形成叶片型面16的相对曲率的基准。叶片型面16沿周向方向的延伸段重要程度上取决于沿径向方向的延伸部I和交错角、即大约是源自 β_1 和 β_2 的平均值。

[0048] 定型叶片3的型面在图2b中示意性地示出,带有同跨度表面。关于图2a的考虑继续适用。然而,厚度的分布不是恒定的。厚度更多地是经向位置 m 的函数。在示例性实施例中,厚度的分布呈现为类似于翼面(airfoil)的型面。叶片型面16给定有最大厚度 $d_{\text{最大}}$ 。这种厚度的分布是定型风机叶片3的特征。在对于风机的效率和声学方面,定型的风机叶片3是有利的。然而,这种风机叶片的生产比非定型叶片的情况下的生产更耗时,特别是借助薄板金属生产。在定型叶片的情况下,厚度的分布和最大厚度 $d_{\text{最大}}$ 也可取决于跨度坐标 s 。

[0049] 图2a和2b中的叶片型面16包括从叶片3向前无间断的从叶片前缘18到叶片后缘19的整个区域。根据叶片几何形与最内部同跨度曲线和最外部同跨度曲线的定义,特别对于在最内部同跨度曲线和/或最外部同跨度曲线的区域中的标准化的跨度坐标 s ,可能发生的是,叶片3仅是部分定型的,即叶片3是仅部分地定型的,即型面16不是无任何间断地包含从叶片前缘18到叶片后缘19的整个区域的。在定义波形时这种型面16被定义为不相关,并且标准化的跨度坐标 s 的区域在定义波形方面是受限制的,以使得这种不完全的型面不会出现。

[0050] 对于根据具有同跨度表面的风机叶片3的型面16的图2a和2b限定的几何尺寸,任意(random)的风机叶片3的路线可被看作标准化跨度坐标 s 的函数。

[0051] 基于图3给出了何时这种函数的曲线可被限定为是波形的的阐释。图3示出了任意尺寸的函数21的曲线,根据标准化跨度坐标 s ,其可例如是在某一位置 m^* 处沿经向方向的厚度 d 的 β_1 、 β_2 、 l 、 m_c 、 θ_c 、 $\beta_1 - \beta_2$ 、 $d_{\text{最大}}$ 或是叶片型面的其它尺寸。函数21的曲线显然是波形的。同样进入的函数曲线22趋于类似于函数曲线21行进,然而不是波形的。它源自对函数曲线21进行滤波。所使用的滤波器是在此相关的 $s = 0.0$ 到 $s = 1.0$ 的间隔中借助最小二乘法的方法、通过第三次多项式的21的近似数。

[0052] 此外,示出了函数曲线21与已滤波的函数曲线22的差异23。借助微分函数23,可给出合适的波形的定义。具体地,微分函数23在 $s = 0.0$ 到 $s = 1.0$ 的相关的间隔中显示了若干极值、有利的是4个以上极值。在该间隔中,微分函数23显示了若干过零点、有利的是3个以上过零点。微分函数也显示了若干拐点、有利的是3个以上拐点。每个所提到的标准导致函数21的这是波形的表述。该示例也导致,如果从函数的非波形的曲线开始,旨在实现波形的曲线,则非波形的函数可附加地叠加有合适的波形的曲线、与微分函数23类似。

[0053] 基于图3定义了波形的函数的波长 λ 和幅值A。波长 λ 定义为微分函数23的过零和隔一个过零之间的标准化跨度坐标 s 的差值。 λ 是要关于标准化跨度坐标 s 看的无量纲(dimensionless)波长,该标准化跨度坐标对于整个风机叶片从0.0到1.0。为此原因,在风机叶片的跨度上的波的数量总计为约 $1.0/\lambda$ 。

[0054] 此外,引入有量纲波长 λ ,其具有长度的单位并且特别具有沿跨度方向彼此相继的两个波峰之间的几何距离作为其值。幅值A与微分函数23的极值的函数值的数值相对应。 λ 、 A 和A不是常数,可分别在微分函数23的曲线中或在风机叶片上看出在某些区域中变化。明

确地参考,微分函数不一定必须具有与正弦函数类似的曲线。其也可是参差不齐的、阶梯状的、锯齿状的、梳状的、舌状的或其它形式的,只要满足前述的波形定义。

[0055] 概括地说,如果函数 $\beta_1, \beta_2, l, m_c, \theta_c, \beta_1 - \beta_2, d_{\text{最大}}, \beta_1 + \beta_2$ 或 $d(m*)$ 中的至少一个与所提出的定义一致是波形的,则风机叶片被称作沿跨度方向是波形的。

[0056] 图4a示出了从后部倾斜看的具有轴向设计的风机叶轮2的立体图。各风机叶片3是波形的。这些风机叶片3的波形是研通过将非波形的参考叶片的周向方向的长度坐标 θ_c 叠加有具有10mm幅度的正弦形的波形来实现的。长度的波动中的有利的幅值是3mm至20mm。参照风机叶片3,这导致了镰刀形状的波形和V姿态的波形。风机叶片3的波形在示例性实施例中可通过叶片前缘18和叶片后缘19的显著的波形易于识别出。借助这种类型的波形,叠置有长度坐标 θ_c 的幅值也可再次以大约相同的尺寸在叶片前缘18和叶片后缘19的波形中发现。

[0057] 在以剖视图示出同一风机叶片2的风机叶片3的图4b中,可看出波形继续穿过整个风机叶片3。风机叶片的整个表面是波形的。约 $4\frac{1}{4}$ 的波长在风机叶片3的整个跨度宽的延伸段上行进。有利地,约3-12个波长在风机叶片3的整个跨度宽的延伸部上延展。图4中绘有位于截面平面中的标准化跨度s的坐标方向。附加地,在截面的一处绘有沿跨度方向的有量纲波长 Λ 。在示例性实施例中,该波长达到约3cm具有630mm的最大风机叶轮直径。取决于杆,这种波长可有利地在5mm与50mm之间或有利地在最大风机叶轮直径的0.5%与5%之间。

[0058] 风机前缘18的波形导致具体是声调噪声的减少,声调噪声由于在运行中对风机叶轮的入流干扰而产生。图4a和4b的示例中的镰刀形状的波形从空气动力学角度确保了具有升力系数的波形。该波形包括使吸力侧叶片流动稳定并且由此减小流动分离及与其相关联的噪声的产生。由于叶片后缘19的波形,借助局部分解(dissolution)区域或由于后缘的钝几何形减弱了噪声产生机制。由于叶片表面的波形,在叶片上产生和反射的噪声被更强烈地传播(分散),从而导致风机的噪声特性中的优点。由于对沿周向方向的长度坐标 θ_c 叠加有波形的简单措施,可在若干原因机理(causative mechanisms)中改进风机的声学特性。

[0059] 从图4a和图4b可同样收集到波形中特别有利的设计。一方面,轴向风机叶片3的最外部区域26借助波形以非常有针对性的方式设计。在该区域中,风机叶片3根据量以较高的、负的镰刀形状和V姿态结束。最外部叶片型面局部地、与转动方向相反地移位。这种设计在减小宽频噪声时施加巨大的效果,宽频噪声常常在轴向风机处由于头部间隙溢流而形成重要的噪声源。在这个方面中,示例性设计呈现小翼(winglet)的空气声学功能。也可以说,小翼和波形已借助单独的设计措施完美地且无缝地与彼此成为一体。

[0060] 在风机叶片3的最内部区域25中也采取了高度有针对性的设计。如图4b中可见的,风机叶片3以近似直角连结到套筒环4。这带来了在套筒冠4和风机叶片3之间的连结工艺中具体是在焊接期间决定性的优点。对于风机叶轮2的整体生产中的注塑模制的生产工艺,这种设计也提供了特别的优点。此外,在叶片的根部上的切口应力由这种设计减至最小。风机叶片3在近似直角、较佳地是约75°至115°的角度下的冲击由于波形实现到套筒环4.具有可比较的空气动力学性能(效率和空气输出)的非波形的参考叶片会以锐利得多的角度出现到套筒环4。

[0061] 图5a示出了从前部倾斜观察的具有径向设计的风机叶轮2的立体图。各风机叶片3

是波形的特别以具有量值 m_c (叶片型面沿经向坐标的位置)和 θ_c (风机型面沿周向坐标的位置)的波形特别地表达这些风机叶片3的波形。型面沿经向方向的延伸部I不是波浪形的其它尺寸也可具有甚至较弱地展开的波形。在叶片前缘18和叶片后缘19的路线中可再次发现波形。这意味着由于入流减小了前缘噪声和后援噪声。在所示示例中,约 $7\frac{1}{2}$ 个波长沿着整个跨度呈现。有量纲波长 Λ 趋于在叶片前缘18的区域中比在叶片后缘19处更大,这是由于当在其整个跨度之上测量时,叶片前缘18在其整个路线上比叶片后缘19长得得多的缘故。

[0062] 从以径向视图示出剖视的来自图5a的目标的图5b可清楚地看出,在改示例性实施例中的波形已选取为以使得风机叶片3的表面不被看作在截面中是波形的。 m_c 和 θ_c 及其它尺寸的波形特别地选取为该表面在截面中观察不是波形的。这导致了由波形引起的声学优点略微减弱,但具有在生产方面的优点。风机叶片2在该示例中涉及具有非定型的风机叶轮3的风机叶轮。如在图5b中的风机叶片3的平面型面24中可观察到的,风机叶片3的厚度d保持基本上恒定。这种风机叶轮有利地由薄板金属(金属或塑料)制成。如果在型面中看风机叶片3的表面不是波形的,则薄板金属制成的风机叶片3的生产是简单得多并且便宜得多的,因为对薄板金属叶片压花或深拉(deep-drawing)所需的能量在这种情况下低得多。本身已经提供了主要声学优点的前缘和后缘的波形可例如在生产技术方面借助修整或冲压来实现。

[0063] 图6a示出了从前部斜着观察的具有径向设计风机叶轮2的立体图。各风机叶片3是波形的。在该示例性实施例中的风机叶轮2与根据图5a、5b的示例性实施例的风机叶轮类似。具体地,非波形的参考叶片具有相同的几何形。然而,该示例性实施例中的这些风机叶片3的波形与前一个的不同。这具体地体现在波形幅值 $(\beta_1+\beta_2)/2$ 的表达中,即具体地是交错角的波形。在此,风机叶片3的几何挠曲 $(\beta_1-\beta_2)$ 、坐标 θ_c 和 m_c 以及经向延伸段I沿着跨度方向不是波形的。 $(\beta_1+\beta_2)/2$ 波形的幅度A达到约 1° 。角度尺寸的波形的情况的幅值达到约 $0.5^\circ-3^\circ$ 。图6a中可看出,由所描述的波形、具体是风机叶片3的叶片前缘18和叶片后缘19的型面导致的波形示出为已发展的、导致已所述的声学优点。

[0064] 图6b以径向侧视图示出来自图6a的目标。根据所采用的观察角度,叶片后缘19的波形可识别为具有变化的清晰度。由于 m_c 和1不是波形的,当沿经向方向观察,叶片后缘19的位置也不是波形的。这可例如在图6b中叶片后缘19定位在下面的情况下了解。然而, $(\beta_1+\beta_2)/2$ 的波形确实导致位置沿叶片后缘19的周向方向的波形。这可具体在图6b中位于约该图的中心的叶片后缘19中识别。该叶片后缘波形的幅值A达到约3mm至20mm或0.5%至5%的最大风机叶轮直径。所描述的叶片后缘19的型面也适用于叶片后缘18的型面的示例性实施例。

[0065] 图6b中,附加地可认识到由薄板金属制造的风机叶片2的内部和外部区域25和26的特别有利的设计。风机叶片3的内部区域25和外部区域26中的波形的特殊设计意味着分别由套筒环4与盖环5与风机叶片3在连接侧处所形成的表面角在较宽的区域上是约 90° 。当涉及到生产、具体是焊接薄板金属以及整个风机叶轮的注射模制,这是特别有利的。在盖环5和叶片前缘18的型面区域中的径向风机叶轮中,该特性是在声学方面特别有利的。尽管角度是呈现用于空气动力学和效率优化的初步设计,该初步设计以非波形的参考叶片为特征,该角度分别锐利得多或钝得多,但是已实现了该垂直。当根据风机叶片3和套筒环4或盖环5之间 90° 的值的最大和/或平均偏离由于波形减小了至少10度,则实现了波形中特别有

利的设计。

[0066] 图6c以平面型面示出从径向横向观察的来自图6a、6b的目标。在叶片的平面型面25中也可认识到波形。因此风机叶片3的表面在改示例性实施例中也是波形的。如已描述的,这导致了附加的声学优点。然而,使用薄板金属来生产的方法被认为是更为困难的。需要应用用于以压花或深拉使风机叶片成形所需要的相对高水平的能量,特别是为了应用波形的轮廓。还必须保证在这种成形工艺的过程中薄板金属不会撕开。可使用特别可流动的金属或塑料薄板。对于要在成形中使用的能量决定性的度量值是由于波形相对于其非波形参照位置关于有量纲波长 Λ 的叶片表面的位移的局部波幅值A。为了实现良好的声学结果并且仍然维持可制造的薄板金属铲(shovels),已证明在0.03和0.3之间的范围内的A/ Λ 的比例是特别有利的。

[0067] 根据图6a-6c的示例中的风机叶片3的波形以该事实为特征,在叶片型面的中心点的区域中沿经向方向看出,即在风机叶片的大约中部中沿经向方向看出,没有或仅有的一些波形看起来是展开的(developed)(当在横截面中看,该处波形的幅值看起来是零或几乎为零)。在图6c中的下叶片型面24处,这种中心区域是略微定型的,这是波形的展开看起来在该处相对较低的原因。这特别是由于 m_c 和 θ_c 均为叠加波形。设计的该形式首先对于具有薄板金属构造的风机叶片3是特别有利的。一方面,波形的强烈展开被限制于靠近叶片前缘18和叶片后缘19、在噪声产生方面最重要的区域。在风机叶片中次要对的区域中沿经向方向看,对用于成形的资源的不必要的耗费很大程度上被避免。此外,当涉及运行中风机叶片3的形变时,波形的中心区域具有相当大的优点,该波形的中心区域趋于是不弱的,或如果是,则仅是相对较弱的。区域的存在具体意味着,沿跨度方向并且近似垂直于风机叶片的表面的形变可以很大程度上减小。

[0068] 图7A以从前部倾斜观察的立体图示出风机叶轮2,该风机叶轮2是在运行中不旋转的出口引导翼片(定子)。风机叶轮2具有借助波形风机叶片3相互连接的套筒环4和盖环5。安装凸缘28设置在套筒环4上用于电动机。安装区域29设置在盖环5上,出口引导翼片2可借助其例如安装在壳体上。在该示例性实施例中的波形已借助在靠近叶片前缘18的经向位置m*处的局部叶片厚度d的波形来产生。叶片前缘18以及叶片后缘19不是波形的。图7a中,可通过某些视图廓形(silhouette)31的波形来识别风机叶片3的波形。

[0069] 图7b示出了在从前部观察时、处于垂直于旋转轴线的平面上的截面中的来自图7a的对象,其中,截面平面的轴向位置位于接近于叶片前缘18。通过叶片3可以非常清楚地识别出型面24中的厚度的波形。在跨度方向上存在具有局部厚度d的波形的约9个波长。该波形的最大幅值达到约4mm。由于风机叶片3非恒定的厚度,这种设计的形式有利地通过使用模制技术来生产。然后,风机叶片3如在示例性实施例中有利地是定型的。风机叶片3在后缘18附近的厚度的波形导致由于入流干扰而产生的声调噪声(前缘噪声)的减少。同样实现了正如叶片前缘18的波形设计的可比较的效果。

[0070] 在根据本发明的风机叶轮的其它有利设计方面,参照本说明书的概要部分以及所含的权利要求以避免重复。

[0071] 最后,必须清楚地参照的是,根据本发明的风机叶轮的上述示例性实施例仅用作阐释所要求保护的教示内容,但是该教示内容不限于示例性实施例。

[0072] 附图标记列表

[0073]	1	风机叶轮轴线
[0074]	2	风机叶轮
[0075]	3	风机叶片
[0076]	3a	经向风机叶片表面
[0077]	4	套筒环
[0078]	5	C
[0079]	6	入流侧边界
[0080]	7	出流侧边界
[0081]	8	内边界
[0082]	9	外边界
[0083]	10	最内部同跨度曲线
[0084]	11	最外部同跨度曲线
[0085]	12	入流侧的同经向位置曲线
[0086]	13	出流侧的同经向位置曲线
[0087]	14	处于 $s=0.7$ 的同跨度曲线的示例
[0088]	15	二维坐标系(θ, m)
[0089]	16	具有同跨度曲线的叶片的横截面
[0090]	17	中线
[0091]	18	叶片前缘
[0092]	19	叶片后缘
[0093]	20	中线的中心
[0094]	21	波形函数
[0095]	22	滤波的函数
[0096]	23	差函数
[0097]	24	叶片的平面型面
[0098]	25	叶片的内部区域
[0099]	26	叶片的外部区域
[0100]	27	转动方向
[0101]	28	发动机安装凸缘
[0102]	29	壳体安装区域
[0103]	30	定子的入口喷嘴
[0104]	31	风机叶片的廓形线

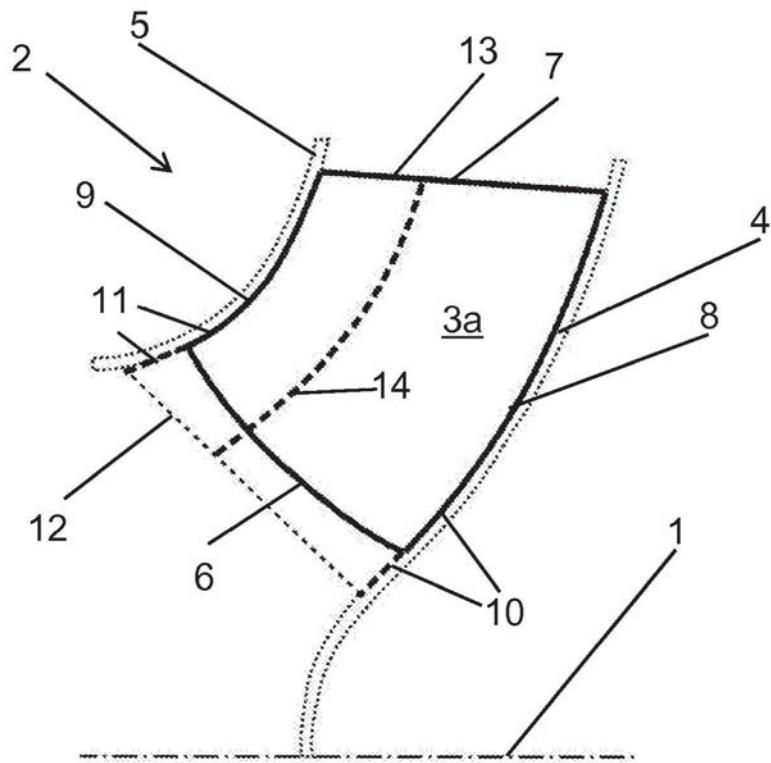


图1a

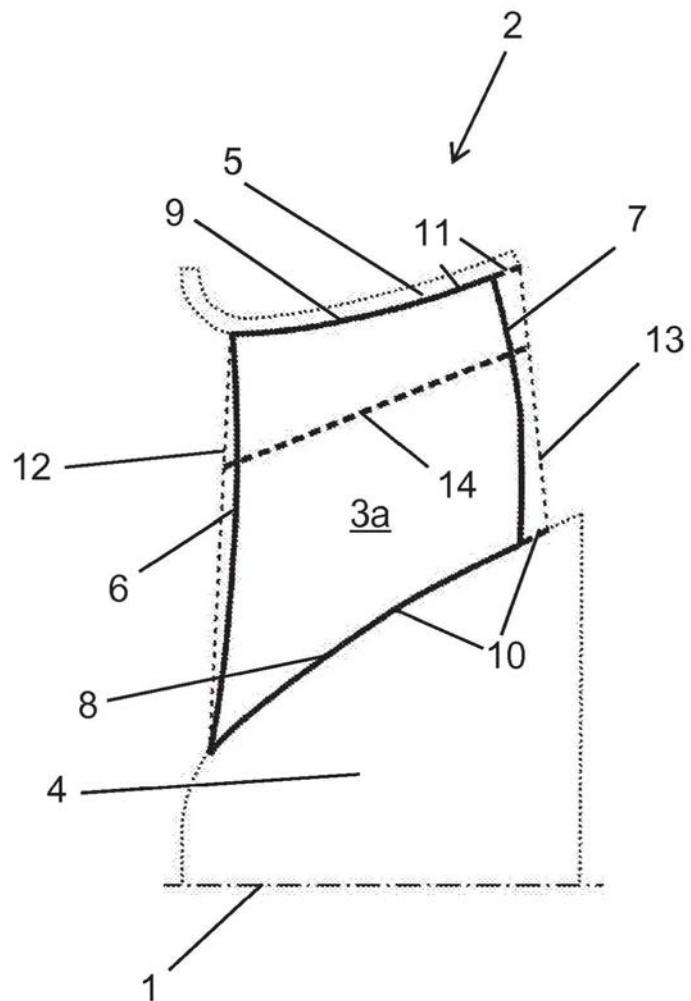


图1b

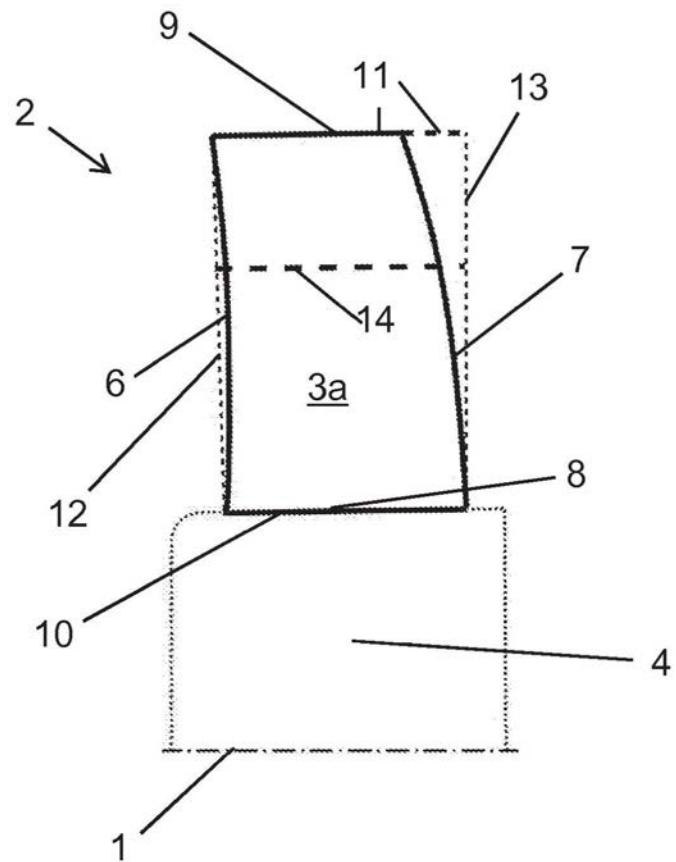


图1c

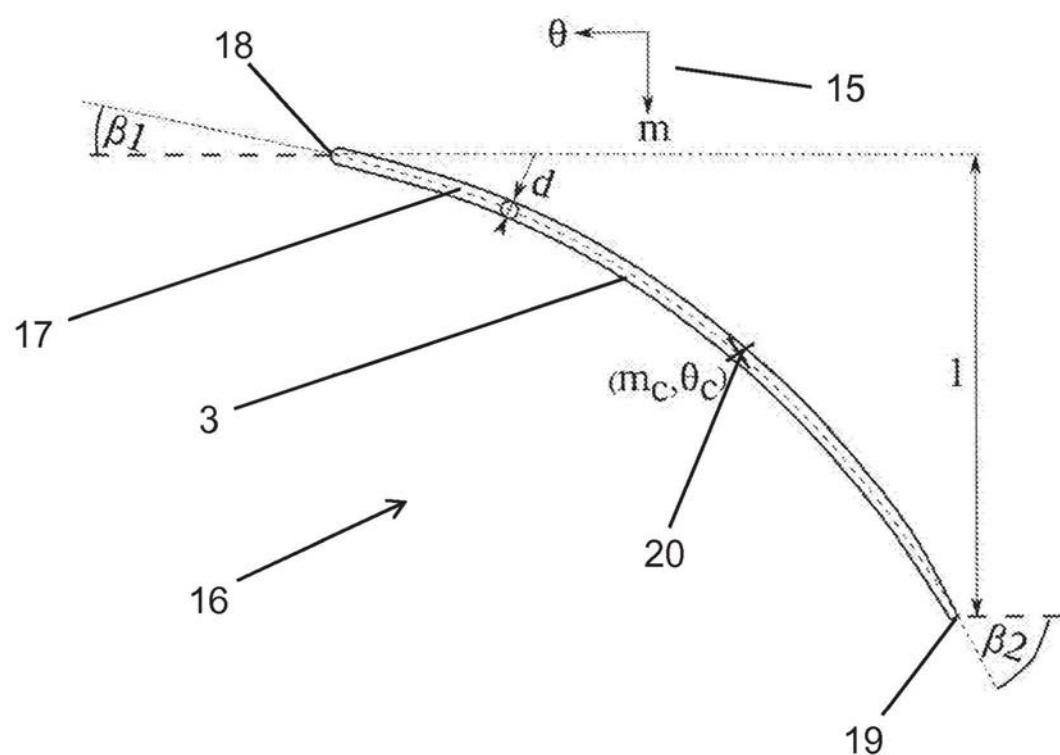


图2a

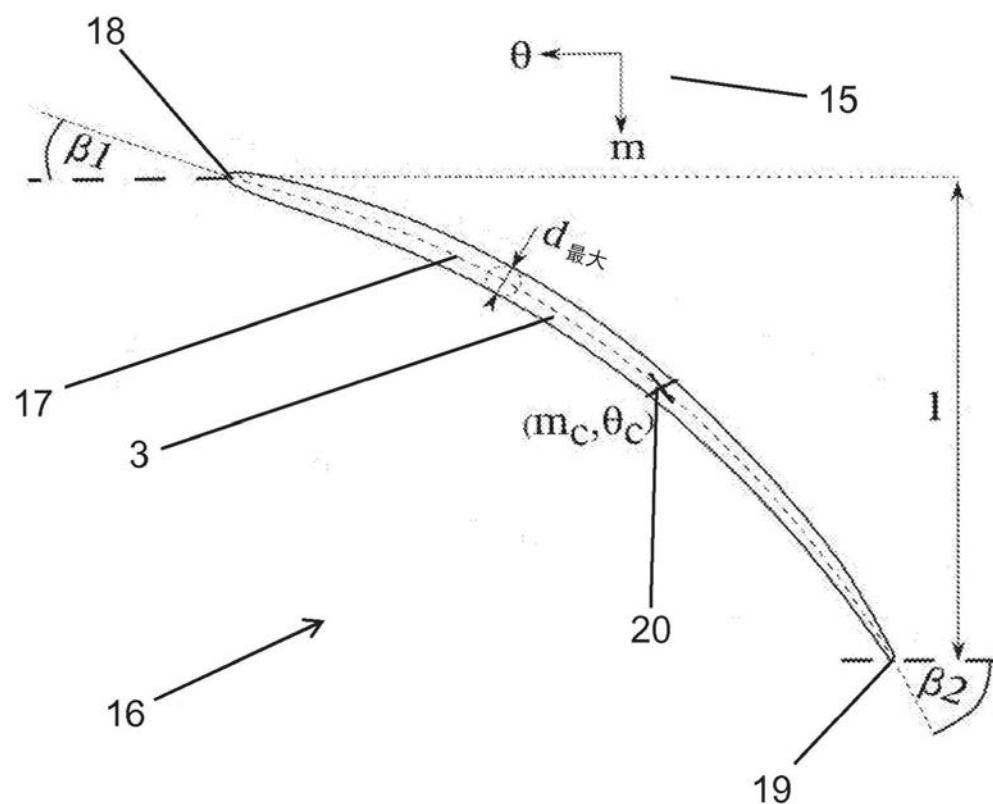


图2b

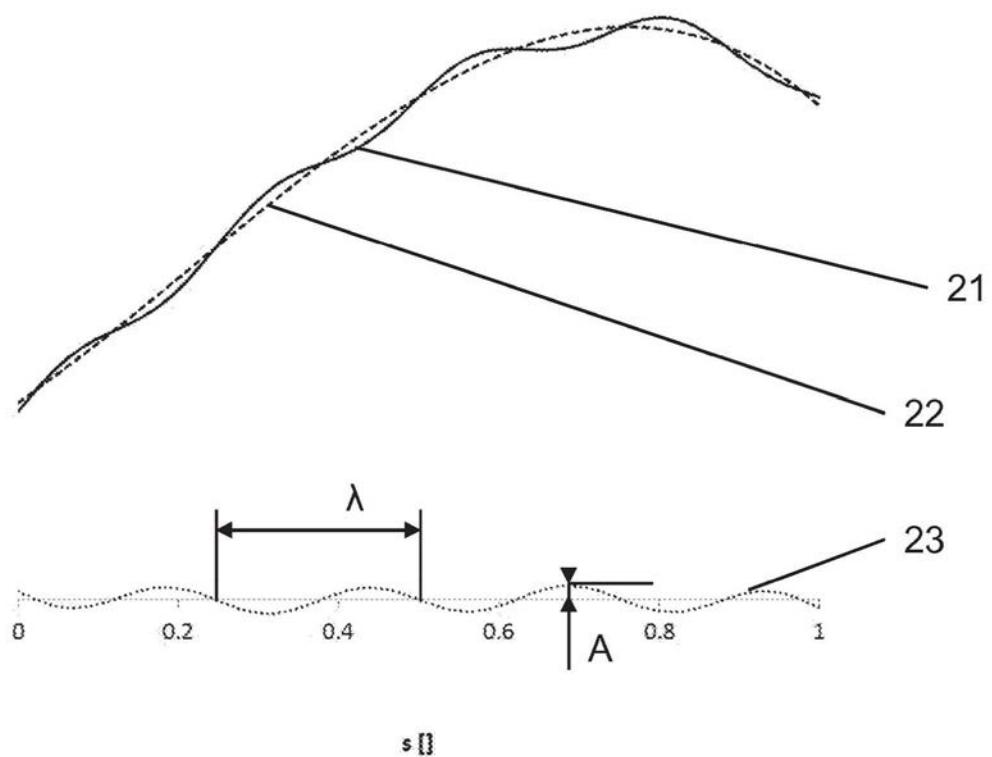


图3

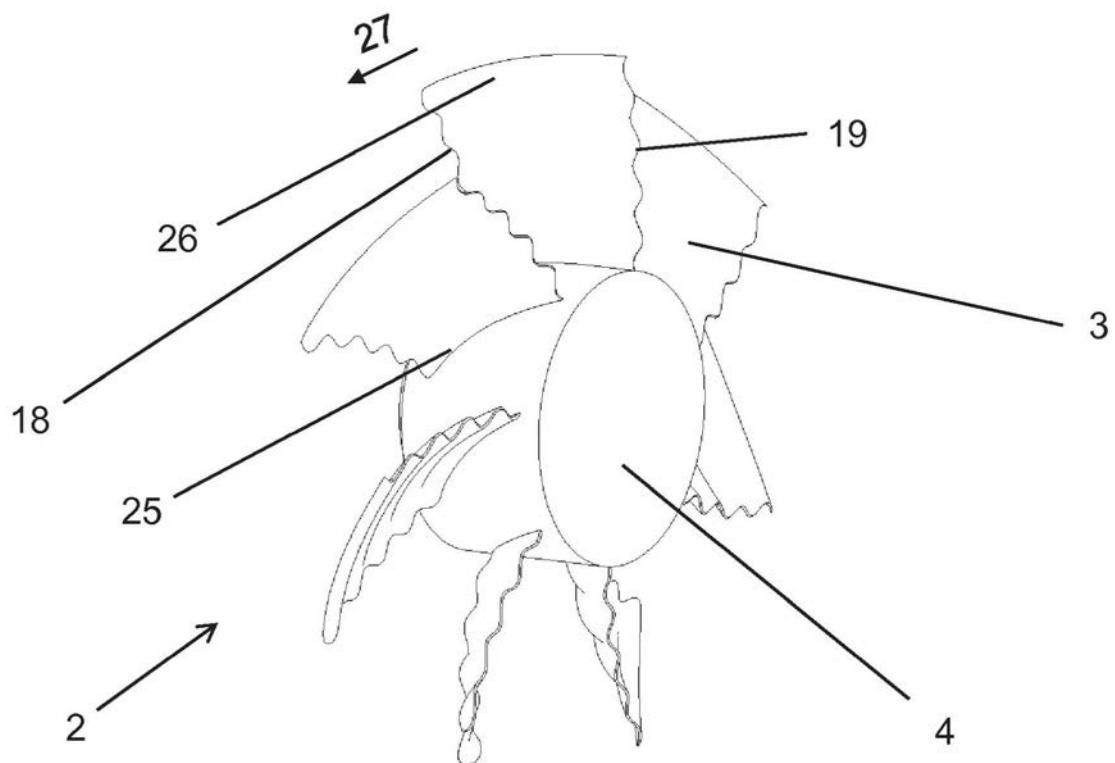


图4a

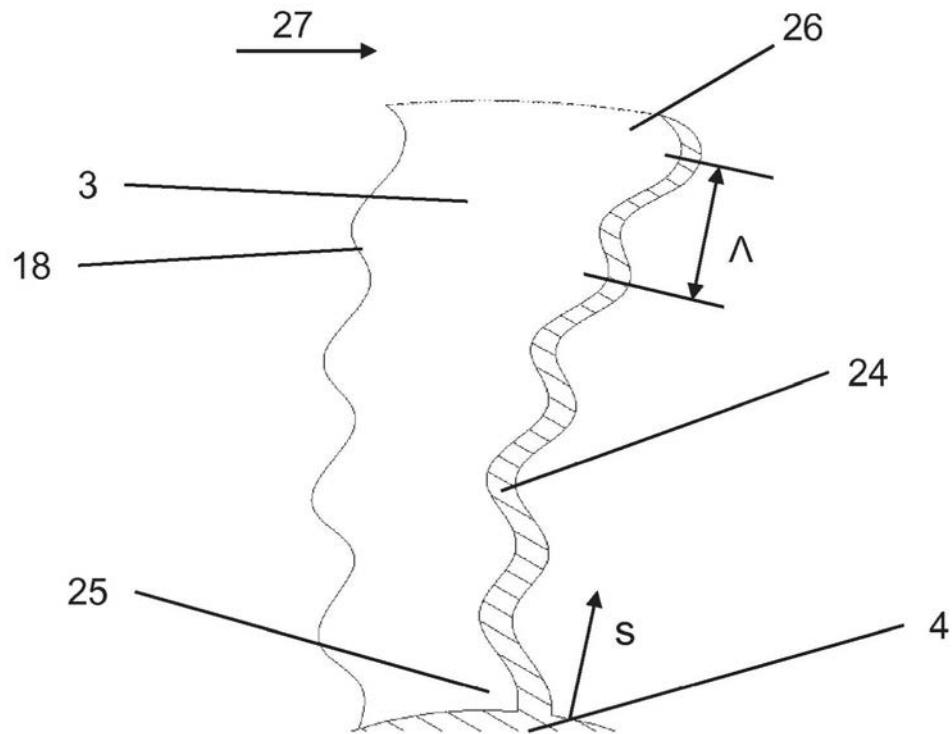


图4b

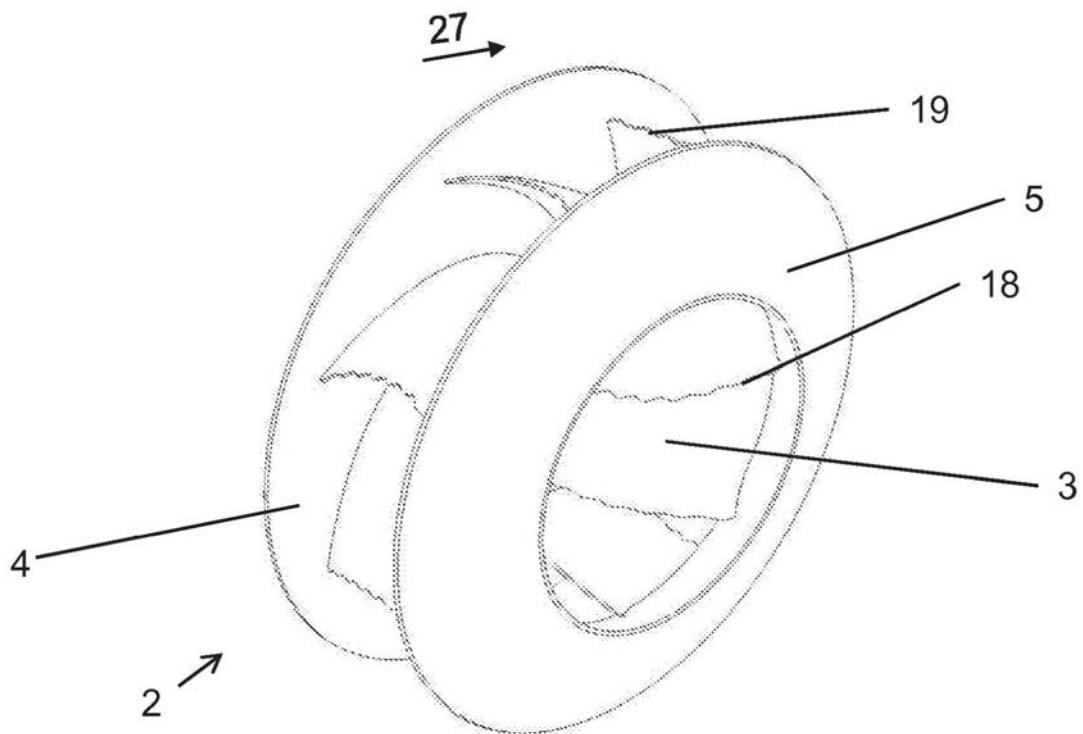


图5a

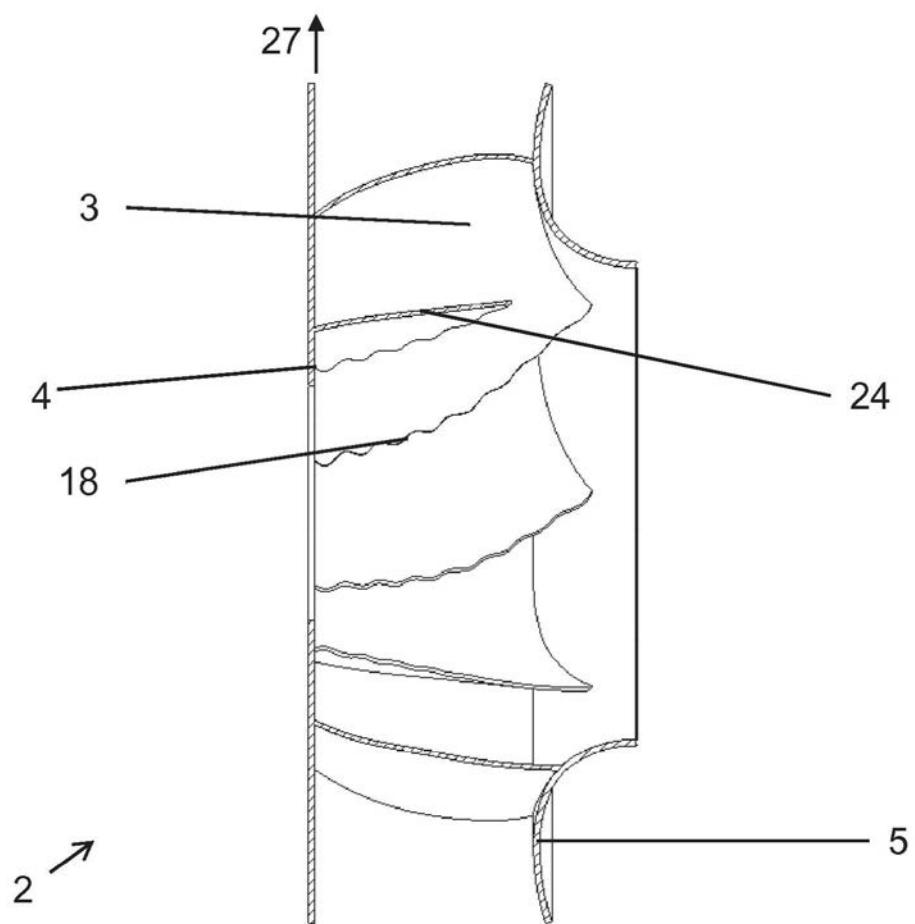


图5b

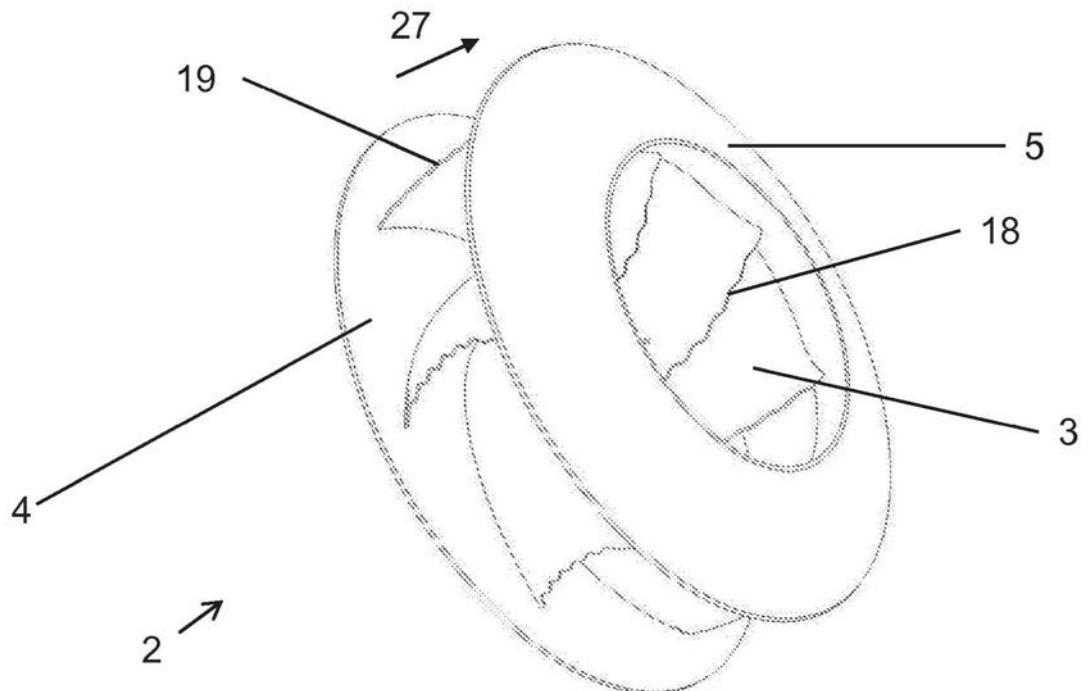


图6a

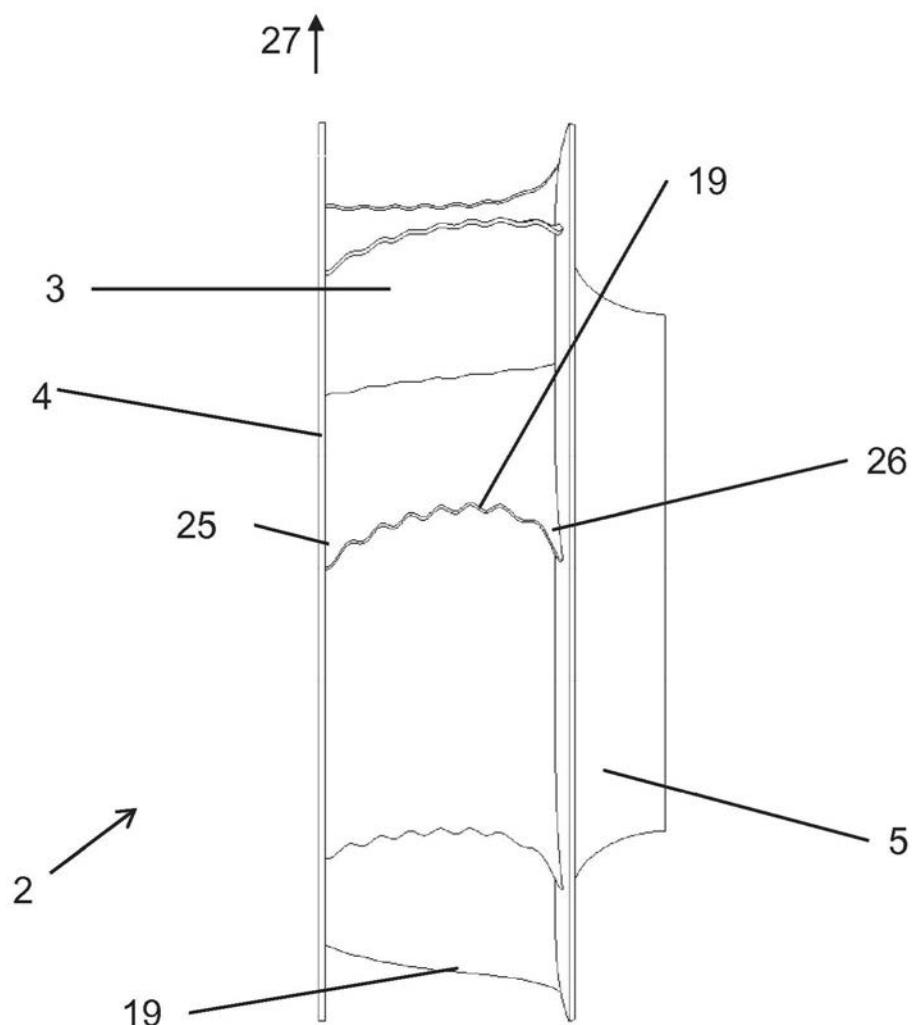


图6b

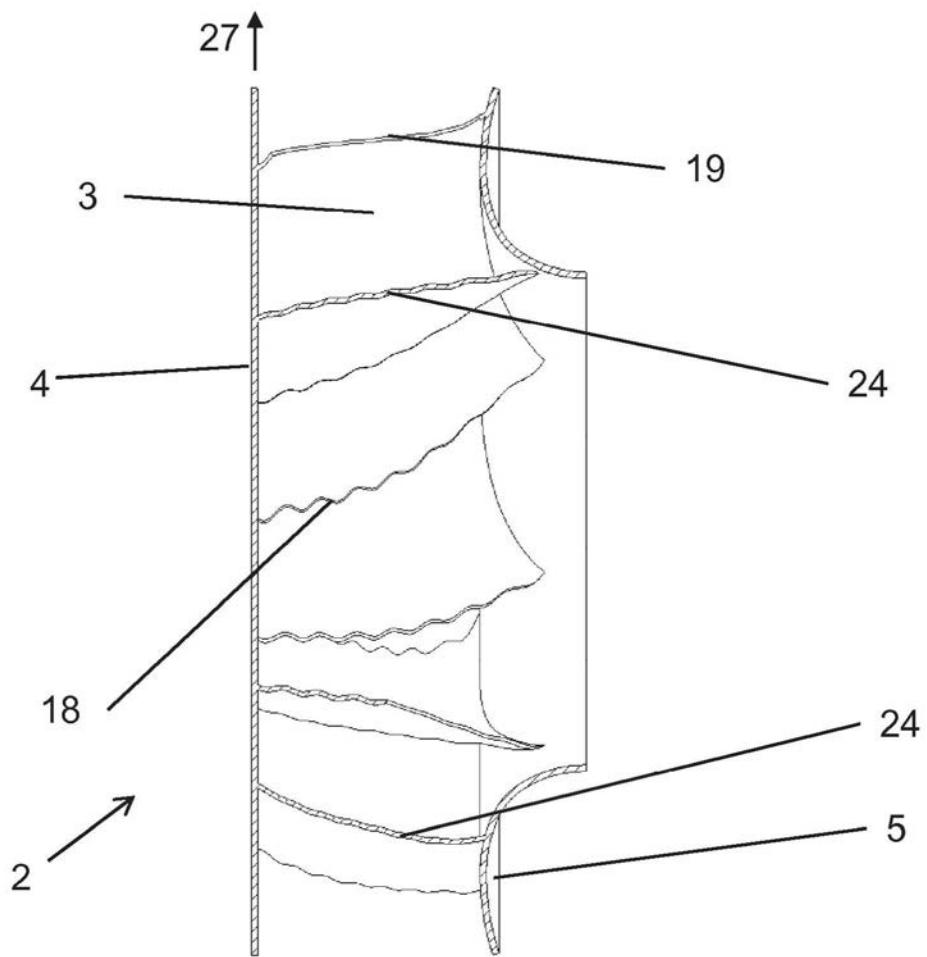


图6c

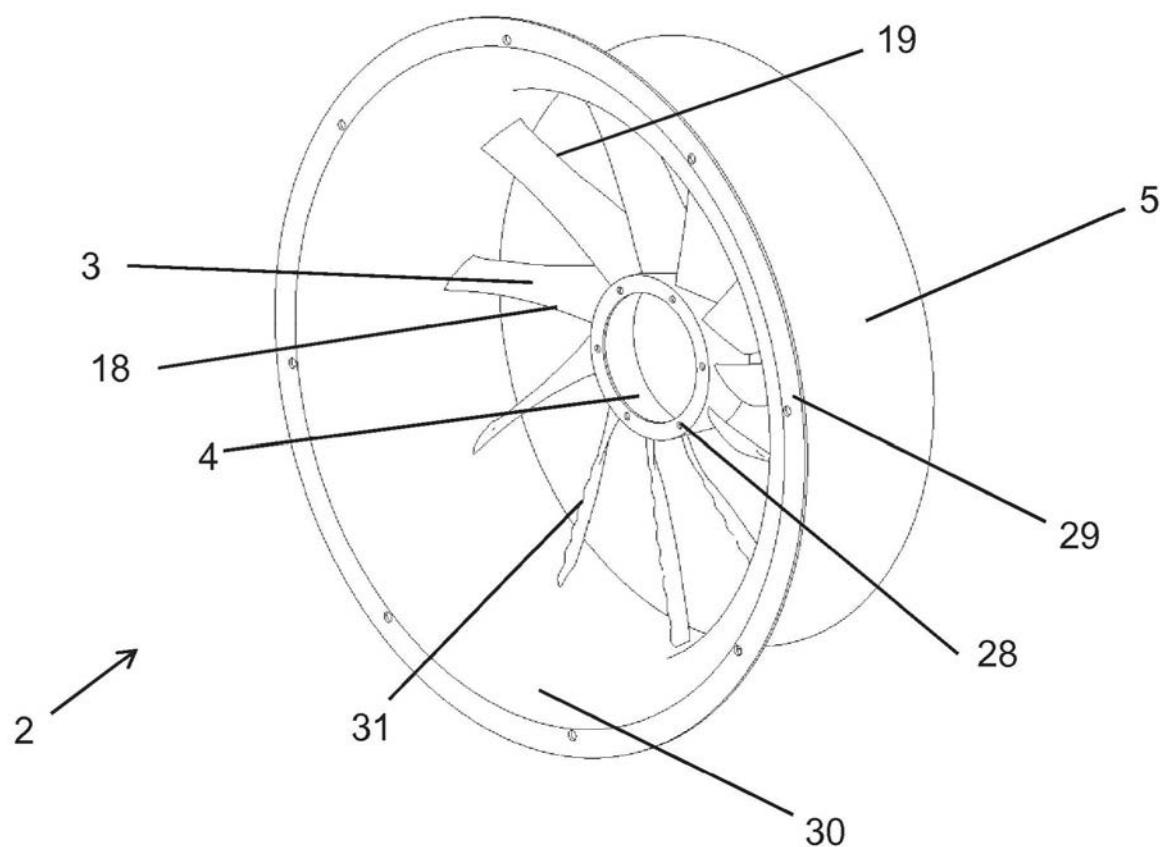


图7a

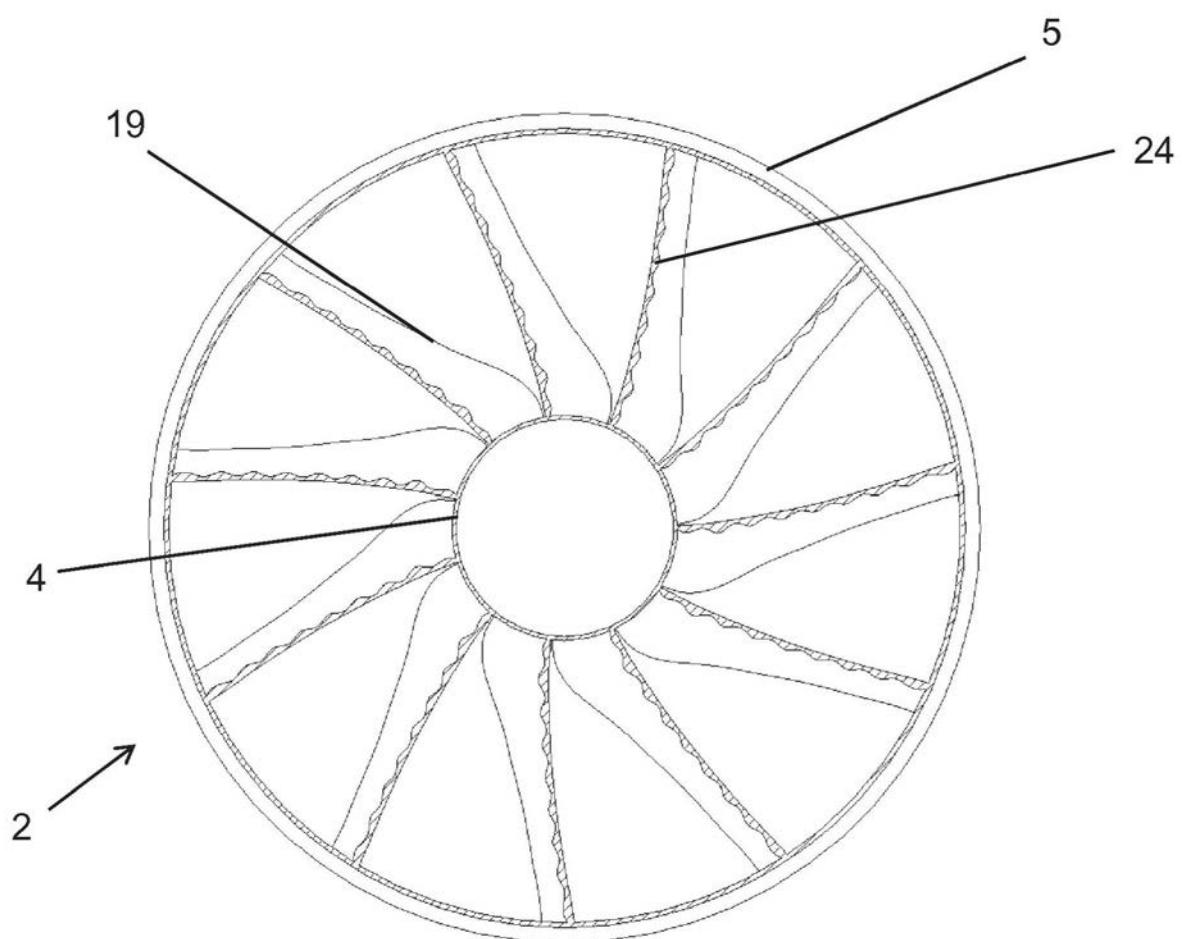


图7b