



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116997724 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 03

(21) 申请号 202280019806.8

(22) 申请日 2022.03.03

(30) 优先权数据

2021-040365 2021.03.12 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.09.07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/009150 2022.03.03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/191034 JA 2022.09.15

(71) 申请人 大金工业株式会社

地址 日本大阪府大阪市

(72) 发明人 石桥知大 陈作舟 高田明楠

丸山要

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 马建军 徐丹

(51) Int.Cl.

F04D 29/38 (2006.01)

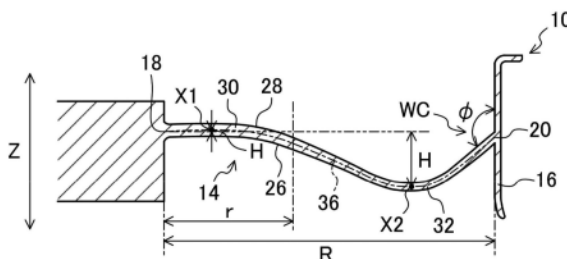
权利要求书1页 说明书9页 附图16页

(54) 发明名称

螺旋桨式风扇及制冷装置

(57) 摘要

螺旋桨式风扇(10)包括围绕规定的旋转轴(A)旋转的叶片(14)、和与叶片(14)的叶端(20)连接的环(16)。在叶片(14)的叶端(20)侧设有弯曲部(32),该弯曲部(32)在该叶片(14)的旋转半径方向上的剖面形状向正压面侧突出成凸状。在弯曲部(32)处,将沿着旋转轴(A)的方向上的距离中弧线(36)上的叶根(18)的位置的高度设为轴向高度(H),将轴向高度(H)在旋转半径方向上成为最大的位置设为最大翘曲位置(X2)时,最大翘曲位置(X2)处的轴向高度(H)在叶片(14)的后缘(24)侧最大。



1. 一种螺旋桨式风扇,其特征在于:

所述螺旋桨式风扇为包括叶片(14)和环(16)的螺旋桨式风扇(10),

所述叶片(14)围绕规定的旋转轴(A)旋转,

所述环(16)与所述叶片(14)的叶端(20)连接,

在所述叶片(14)的叶端(20)侧设有弯曲部(32),该弯曲部(32)在该叶片(14)的旋转半径方向上的剖面形状向正压面(26)侧突出成凸状,

在所述弯曲部(32)处,将沿着所述旋转轴(A)的方向上的距离中弧线(36)上的叶根(18)的位置的高度设为轴向高度(H),将该轴向高度(H)在旋转半径方向上成为最大的位置设为最大翘曲位置(X2)时,该最大翘曲位置(X2)处的所述轴向高度(H)在所述叶片(14)的后缘(24)侧最大。

2. 根据权利要求1所述的螺旋桨式风扇,其特征在于:

在通过所述旋转轴(A)的叶片剖面中,将从所述叶片(14)的叶根(18)到叶端(20)的距离设为R,并且将从所述叶片(14)的叶根(18)到任意位置的距离设为r时,所述最大翘曲位置(X2)位于 $0.6 \leq r/R \leq 0.8$ 的范围内。

3. 根据权利要求1或2所述的螺旋桨式风扇,其特征在于:

所述最大翘曲位置(X2)处的所述轴向高度(H)从所述叶片(14)的前缘(22)朝向后缘(24)变高。

4. 一种螺旋桨式风扇,其特征在于:

所述螺旋桨式风扇包括叶片(14)和环(16),

所述叶片(14)围绕规定的旋转轴(A)旋转,

所述环(16)与所述叶片(14)的叶端(20)连接,

在所述叶片(14)的旋转半径方向上,所述叶片(14)和所述环(16)在所述叶片(14)的负压面(28)侧所成的角度( $\phi$ )在所述叶片(14)的后缘(24)侧最大。

5. 根据权利要求4所述的螺旋桨式风扇,其特征在于:

所述角度( $\phi$ )从所述叶片(14)的前缘(22)朝向后缘(24)变大。

6. 根据权利要求4或5所述的螺旋桨式风扇,其特征在于:

在所述叶片(14)的后缘(24)侧包含所述角度( $\phi$ )为 $130^\circ$ 以上的部分。

7. 根据权利要求1到6中任一项权利要求所述的螺旋桨式风扇,其特征在于:

在所述叶片(14)的后缘(24)设置有锯齿(40)。

8. 一种制冷装置,其特征在于:

所述制冷装置包括权利要求1到7中任一项权利要求所述的螺旋桨式风扇(10)。

## 螺旋桨式风扇及制冷装置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及一种螺旋桨式风扇及制冷装置。

### 背景技术

[0002] 迄今为止,在制冷装置等中,用于生成空气流的送风机使用了螺旋桨式风扇。作为螺旋桨式风扇,已知有带环的螺旋桨式风扇,其包括以包围多个叶片的方式设置的环(例如,参照专利文献1)。在带环的螺旋桨式风扇中,环与各叶片的叶片端连接,各叶片和环一起旋转。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本公开专利公报特开2021-4608号公报

### 发明内容

[0006] 一发明要解决的技术问题一

[0007] 在带环的螺旋桨式风扇中,在形成于叶片与环连接的部分的负压面侧的角落部,由于边界层的影响,而导致空气流停滞的死水区域变得显著。在该螺旋桨式风扇中,沿着叶片的正压面流动的空气在到达叶片的后端并离开正压面时,形成向负压面卷入的流动,成为被称为尾流涡流的涡流。形成于叶片的负压面的死水区域越大,尾流涡流就越扩展而成为高能量。该尾流涡流与叶片的前缘碰撞时产生压力损失,因此会使螺旋桨式风扇的送风性能降低。

[0008] 本公开的目的在于:提升带环螺旋桨式风扇的送风性能。

[0009] 一用以解决技术问题的技术方案一

[0010] 本公开的第一方面以一种螺旋桨式风扇10为对象。第一方面的螺旋桨式风扇10包括围绕规定的旋转轴A旋转的叶片14和与所述叶片14的叶端20连接的环16。在所述叶片14的叶端20侧设有弯曲部32,该弯曲部32在该叶片14的旋转半径方向上的剖面形状向正压面26侧突出成凸状。在所述弯曲部32处,将沿着所述旋转轴A的方向上的距离中弧线36上的叶根18的位置的高度设为轴向高度H,将该轴向高度H在旋转半径方向上成为最大的位置设为最大翘曲位置X2时,该最大翘曲位置X2处的所述轴向高度H在所述叶片14的后缘24侧最大。

[0011] 在该第一方面中,在设置于叶片14的叶端20侧的、旋转半径方向上的剖面形状为向正压面26侧突出成凸状的弯曲部32中,最大翘曲位置X2处的轴向高度H在叶片14的后缘24侧最大,因此,在叶片14与环16连接的部分的负压面28侧的角落部WC产生的死水区域DA变小。该死水区域DA越小,尾流涡流就越难以扩展,能量越低。由此,能够抑制因尾流涡流与叶片14的前缘22碰撞而产生的能量损失,从而能够提升螺旋桨式风扇10的送风性能。

[0012] 本公开的第二方面在第一方面的螺旋桨式风扇10的基础上,在通过所述旋转轴A的叶片剖面中,将从所述叶片14的叶根18到叶端20的距离设为R,并且将从所述叶片14的叶根18到任意位置的距离设为r时,所述最大翘曲位置X2位于 $0.6 \leq r/R \leq 0.8$ 的范围内。

[0013] 在该第二方面中,由于叶片14的弯曲部32中的最大翘曲位置X2位于 $0.6 \leq r/R \leq 0.8$ 的范围内,所以能够适当地减小在叶片14和环16连接的部分的负压面28侧的角落部WC产生的死水区域DA。这对于抑制尾流涡流的产生是有利的。

[0014] 本公开的第三方面在第一或第二方面的螺旋桨式风扇10的基础上,所述最大翘曲位置X2处的所述轴向高度H从所述叶片14的前缘22朝向后缘24变高。

[0015] 在该第三方面中,叶片14的弯曲部32中的最大翘曲位置X2处的轴向高度H从叶片14的前缘22朝向后缘24变高,因此能够使在叶片14与环16连接的部分的负压面28侧的角落部WC产生的死水区域DA从前缘22朝向后缘24变小。这对于抑制尾流涡流的产生是有利的。

[0016] 本公开的第四方面以一种螺旋桨式风扇10为对象。第四方面的螺旋桨式风扇10包括围绕规定的旋转轴A旋转的叶片14和与所述叶片14的叶端20连接的环16。在第四方面的螺旋桨式风扇10中,在所述叶片14的旋转半径方向上,所述叶片14和所述环16在所述叶片14的负压面28侧所成的角度 $\phi$ 在所述叶片14的后缘24侧最大。

[0017] 在该第四方面中,在叶片14的旋转半径方向上,叶片14和环16在叶片14的负压面28侧所成的角度 $\phi$ 在叶片14的后缘24侧为最大,因此在叶片14和环16连接的部分的负压面28侧的角落部WC产生的死水区域DA变小。该死水区域DA越小,尾流涡流越难以扩展,能量越低。由此,能够抑制因尾流涡流与叶片14的前缘22碰撞而产生的能量损失,从而能够提升螺旋桨式风扇10的送风性能。

[0018] 本公开的第五方面在第四方面的螺旋桨式风扇10的基础上,所述角度 $\phi$ 从所述叶片14的前缘22朝向后缘24变大。

[0019] 在该第五方面中,在叶片14的旋转半径方向上,叶片14和环16在叶片14的负压面28侧所成的角度 $\phi$ 从叶片14的前缘22朝向后缘24变大,因此能够使形成在叶片14和环16连接的部分的负压面28侧的角落部WC的死水区域DA从前缘22朝向后缘24变小。这对于抑制尾流涡流的产生是有利的。

[0020] 本公开的第六方面在第四或第五方面的螺旋桨式风扇10的基础上,在所述叶片14的后缘24侧包含所述角度 $\phi$ 为 $130^\circ$ 以上的部分。

[0021] 在该第六方面中,在叶片14的旋转半径方向上,叶片14和环16在叶片14的负压面28侧所成的角度 $\phi$ 为 $130^\circ$ 以上的部分包含在叶片14的后缘24侧,因此能够适当地减小在叶片14和环16连接的部分的负压面28侧的角落部WC产生的死水区域DA。这对于抑制尾流涡流的产生是有利的。

[0022] 本公开的第七方面在第一到第六方面中任一方面的螺旋桨式风扇10的基础上,在所述叶片14的后缘24设置有锯齿40。

[0023] 在该第七方面中,由于在叶片14的后缘24设置有锯齿40,所以能够降低伴随着螺旋桨式风扇10旋转而产生的叶片14的风噪声。

[0024] 本公开的第八方面以一种制冷装置1为对象。第八方面的制冷装置1包括第一至第七方面中任一方面所述的螺旋桨式风扇10。

[0025] 在该第八方面中,因为包括第一至第七方面中任一方面的螺旋桨式风扇10,所以在制冷装置1中,能够在确保螺旋桨式风扇10的送风量的同时实现节能化。

## 附图说明

- [0026] 图1是举例示出实施方式的冷却装置的简要结构的立体图；
- [0027] 图2是举例示出沿着图1中的II—II线剖开的冷却装置的主要部分的剖视图；
- [0028] 图3是举例示出实施方式的螺旋桨式风扇的立体图；
- [0029] 图4是举例示出实施方式的螺旋桨式风扇的后视图；
- [0030] 图5是举例示出沿着图4的V—V线剖开的螺旋桨式风扇的叶片剖面的剖视图；
- [0031] 图6是举例示出沿着图4的VI—VI线剖开的螺旋桨式风扇的叶片剖面的剖视图；
- [0032] 图7是举例示出沿着图4的VII—VII线剖开的螺旋桨式风扇的叶片剖面的剖视图；
- [0033] 图8是举例示出实施方式的螺旋桨式风扇的周向上的叶片剖面的剖视图；
- [0034] 图9是举例示出实施方式的螺旋桨式风扇的半径比与轴向高度的关系的曲线图；
- [0035] 图10是举例示出实施方式的螺旋桨式风扇的距叶片前缘的角度与第二最大翘曲位置处的轴向高度之间的关系的曲线图；
- [0036] 图11是举例示出在实施方式的螺旋桨式风扇中以叶片的旋转轴为中心的距前缘的角度与叶片和环在叶端角落部所成的角度之间的关系的曲线图；
- [0037] 图12是示出实施方式的螺旋桨式风扇的叶片的负压面侧的流体模拟结果的图；
- [0038] 图13是示出实施方式的螺旋桨式风扇的叶片的正压面侧的流体模拟结果的图；
- [0039] 图14是举例示出实施方式的螺旋桨式风扇中的风量与静压之间的关系的曲线图；
- [0040] 图15是举例示出实施方式的螺旋桨式风扇中的风量与静压效率之间的关系的曲线图；
- [0041] 图16是示出第一变形例的螺旋桨式风扇的立体图；
- [0042] 图17是示出第二变形例的螺旋桨式风扇的立体图；
- [0043] 图18是第三变形例的冷却装置的相当于图2的部位的剖视图；
- [0044] 图19是示出比较例的螺旋桨式风扇的叶片的负压面侧的流体模拟结果的图；
- [0045] 图20是示出比较例的螺旋桨式风扇的叶片的正压面侧的流体模拟结果的图。

## 具体实施方式

- [0046] 以下参照附图对示例性的实施方式进行说明。
- [0047] (实施方式)
- [0048] 本实施方式的螺旋桨式风扇10用于送风装置5。送风装置5设置在如图1所示的冷却装置1中。冷却装置1为制冷装置的一个示例。冷却装置1包括四对热交换器3a、3b。这四对热交换器3a、3b在水平方向上排成一列。各对热交换器3a、3b朝向上方相互分离，从侧面看呈V字形。
- [0049] 送风装置5布置在各对热交换器3a、3b的上方。送风装置5包括上面板6、螺旋桨式风扇10、风扇电机(未图示)以及送风格栅11。
- [0050] 上面板6从上方覆盖四对热交换器3a、3b。在上面板6上形成有多个图2所示的送风口7。多个送风口7在热交换器3a、3b的排列方向上设置四行，在与热交换器3a、3b的排列方向成直角的方向上设置两列。在与热交换器3a、3b的排列方向成直角的方向上排列的两个送风口7位于共用的一对热交换器3a、3b的上方。各送风口7由与上面板6设置成一体的圆环筒状的喇叭口8构成。

[0051] 喇叭口8从上面板6的送风口7的开口周缘朝向下方向延伸。螺旋桨式风扇10以旋转轴A朝向上下方向的状态设置在喇叭口8的内侧。螺旋桨式风扇10通过风扇电机的驱动而旋转,向上方送风。在本示例的螺旋桨式风扇10中,下侧是上游侧,上侧是下游侧。送风格栅11设置在上面板6处且位于螺旋桨式风扇10的下游侧。

[0052] 一螺旋桨式风扇的结构一

[0053] 螺旋桨式风扇10是由合成树脂制成的轴流风扇。螺旋桨式风扇10是带环16的螺旋桨式风扇10。如图3和图4所示,螺旋桨式风扇10包括一个轮毂12、四个叶片14以及一个环16。一个轮毂12、四个叶片14以及一个环16一体形成。螺旋桨式风扇10例如是通过注塑成形而形成出来的。需要说明的是,螺旋桨式风扇10也可以是金属制的。

[0054] 轮毂12形成为圆筒状。该轮毂12为螺旋桨式风扇10的旋转轴部,位于螺旋桨式风扇10的中心。在轮毂12的中心部分形成有轴孔13。未图示的风扇电机的驱动轴通过轴孔13安装在轮毂12上。当风扇电机驱动时,轮毂12以旋转轴A为中心旋转。轮毂12的中心轴与螺旋桨式风扇10的旋转轴A一致。

[0055] 四个叶片14在轮毂12的周向上相互隔开一定的角度间隔而设。各叶片14从轮毂12的外周面向旋转半径方向的外侧延伸。四个叶片14从轮毂12朝向螺旋桨式风扇10的旋转半径方向的外侧呈放射状展开。当从正面观察或从背面观察时,相邻的叶片14彼此不重叠。各叶片14形成为沿着旋转半径方向及旋转方向D平滑地弯曲的板状。

[0056] 各叶片14的形状彼此相同。在各叶片14中,螺旋桨式风扇10的径向上的中心侧的端部、即与旋转轴A垂直的方向(旋转半径方向)上的内侧的端部为叶根18,在各叶片14中,螺旋桨式风扇10的径向上的外周侧的端部、即与旋转轴A垂直的方向(旋转半径方向)上的外侧的端部为叶端20。各叶片14的叶根18和叶端20分别沿着螺旋桨式风扇10的旋转方向D延伸。

[0057] 每个叶片14的叶根18连接到轮毂12上。在各叶片14中,从螺旋桨式风扇10的旋转轴A到叶根18的距离 $R_i$ 在叶根18的整个长度上实质上是恒定的。每个叶片14的叶端20连接到环16上。在各叶片14中,从螺旋桨式风扇10的旋转轴A到叶端20的距离 $R_o$ 在叶端20的整个长度上实质上是恒定的。

[0058] 在每个叶片14中,叶端20的长度大于叶根18的长度。在螺旋桨式风扇10的旋转方向D上,叶端20的前端位于比叶根18的前端更靠前方的位置。在螺旋桨式风扇10的旋转方向D上,叶端20的后端位于比叶根18的后端更靠后方的位置。在各叶片14中,旋转方向D上的前侧的边缘为前缘22。在各叶片14中,旋转方向D上的后侧的边缘为后缘24。

[0059] 各叶片14的前缘22和后缘24分别从轮毂12侧向环16侧延伸。各叶片14的前缘22以朝向叶片14的旋转方向D的后侧凹陷的方式弯曲。各叶片14的后缘22以朝向叶片14的旋转方向D的前侧凹陷的方式弯曲。各叶片14的前缘22和后缘24的靠叶根18侧的两部分相互大致平行地延伸。各叶片14的前缘22和后缘24的靠叶端20侧的两部分以朝向叶端20侧相互分离的方式延伸。

[0060] 各叶片14以相对于与螺旋桨式风扇10的旋转轴A正交的平面交叉的方式倾斜。各叶片14的前缘22位于轮毂12的一端(在图3中朝上的一端)附近。各叶片14的后缘24位于轮毂12的另一端(在图3中朝下的一端)附近。在各叶片14中,面向旋转方向D的前侧的面(在图3中朝下的面)为正压面26,面向旋转方向D的后侧的面(在图3中朝上的面)为负压面28。

[0061] 环16设置成围绕多个叶片14。环16形成为圆环状。环16的外周面与喇叭口8的内周面相对(参照图2)。环16的内周面与四个叶片14的各叶端20连接。也就是说,四个叶片14的各叶端20通过环16连接起来。从螺旋桨式风扇10的侧面观察,环16覆盖从各叶片14的前缘22到后缘24的整个缘部。环16的两端部分分别以向螺旋桨式风扇10的外周侧翘曲的方式弯曲。

[0062] 在螺旋桨式风扇10中,随着四个叶片14旋转,空气从背面的吸入侧(下侧)朝着正面的送风侧(上侧)流动。上述螺旋桨式风扇10旋转,使得送风装置5进行送风。当螺旋桨式风扇10以旋转轴A为中心旋转时,由正压面26将空气推出。此时,成为下述状态:在叶片14的正压面26侧,为了挤出空气,压力上升,另一方面,在叶片14的负压面28侧,压力降低。

[0063] 在螺旋桨式风扇10旋转时,沿着叶片14的正压面26流动的空气到达叶片14的后缘24或叶端20并离开正压面26时,形成从正压面26向负压面28卷入的气流而成为涡流。在叶片14的叶端20侧产生的涡流称为叶端涡流。在叶片14的后缘24侧产生的涡流称为尾流涡流。上述叶端涡流及尾流涡流均会导致能量损失,因此成为使送风性能降低的主要原因。

[0064] 在螺旋桨式风扇10中,由于设置有环16,因而由螺旋桨式风扇10推出的空气难以从叶片14的正压面26侧绕过叶端20而流向负压面28侧。由此,叶端涡流的产生得到抑制。然而,在这种带环16的螺旋桨式风扇10中,在形成于叶片14与环16相连接的部分的负压面28侧的角落部(以下称为叶端角落部)WC,由于边界层的影响而产生空气流动停滞的死水区域DA。在本示例的螺旋桨式风扇10中,对各叶片14的形状进行了研究,以抑制该死水区域DA产生。

[0065] 一叶片的形状—

[0066] 如图5~图7所示,各叶片14具有第一弯曲部30和第二弯曲部32。第一弯曲部30设置在叶片14的叶根18侧、即旋转半径方向的内侧。第一弯曲部30在叶片14的旋转半径方向上的剖面形状向负压面28侧突出成凸状。第二弯曲部32设置在叶片14的叶端20侧、即旋转半径方向的外侧。第二弯曲部32在叶片14的旋转半径方向上的剖面形状向正压面26侧突出成凸状。

[0067] 第一弯曲部30构成在叶片14的旋转半径方向上的比中间位置更靠内侧的部分中的70%以上的部分,优选为构成80%以上的部分。第二弯曲部32构成在叶片14的旋转半径方向上的比中间位置更靠外侧的部分中的70%以上的部分,优选为构成80%以上的部分。在本示例中,各叶片14的旋转半径方向上的内半部分由第一弯曲部30构成。各叶片14的旋转半径方向上的外半部分由第二弯曲部32构成。

[0068] 图8所示的叶片剖面是将位于距螺旋桨式风扇10的旋转轴A距离 $R_n$ 的一个叶片14的剖面、即以旋转轴A为中心的圆弧状的剖面展开为平面而得到的。如该图8所示,各叶片14以向负压面28侧鼓起的方式翘曲。在图8所示的叶片剖面中,连接叶片14的前缘22和后缘24的线段为叶弦34。

[0069] 叶弦34与垂直于螺旋桨式风扇10的旋转轴A的平面所成的角度为安装角 $\alpha$ 。每个叶片14的安装角 $\alpha$ 根据半径比 $r/R$ 而发生变化。半径比 $r/R$ 是在通过旋转轴A的叶片剖面(叶片10的旋转半径方向)中,将从叶片14的叶根18到叶端20的距离设为 $R$  ( $R_o - R_i$ ),将从叶片14的叶根18到任意位置的距离设为 $r$  ( $R_n - R_i$ )时,后者与前者之比( $r/R$ )。半径比( $r/R$ )表示在叶片14的旋转半径方向上距叶根18的位置。

[0070] 叶弦34的长度为叶弦长 $c$ 。叶弦长 $c$ 是将半径为 $R_n$ 且中心角为 $\theta$ 的圆弧的长度 $R_n\theta$ 除以安装角 $\alpha$ 的余弦 $\cos\alpha$ 而得到的值( $c=R_n\theta/\cos\alpha$ )。需要说明的是, $\theta$ 是距螺旋桨式风扇10的旋转轴A距离 $R_n$ 的位置处的叶片14的中心角(参照图4),其单位为弧度(radian)。

[0071] 〈叶弦长〉

[0072] 如图8所示,各叶片14的叶弦长 $c$ 根据半径比 $r/R$ 而发生变化。叶弦长 $c$ 在第一弯曲部30近似恒定。此处,叶弦长 $c$ 为“近似恒定”是指,叶弦长 $c$ 的变化幅度相对于叶根18处的叶弦长 $c$ 为 $\pm 10\%$ 以内的长度。第一弯曲部30处的叶弦长 $c$ 的变化幅度,优选为相对于叶根18处的叶弦长 $c$ 为 $\pm 5\%$ 以内的长度。叶弦长 $c$ 在第二弯曲部32处朝向叶端20逐渐增大。第二弯曲部32的叶弦长 $c$ 在旋转半径方向上的每单位长度的变化幅度越朝向叶端20越大。各叶片14的叶弦长 $c$ 在第二弯曲部32的中途部没有成为极大值,而在叶端20处成为最大值。

[0073] 〈最大翘曲位置高度、轴向高度〉

[0074] 在图5~图7所示的叶片剖面中,连接正压面26和负压面28的中点的线是中弧线36。在各叶片14,在沿着旋转轴A延伸的方向上,距离中弧线36上的叶根18的位置的高度为轴向高度 $H$ 。各叶片14的第一弯曲部30处的轴向高度 $H$ 是朝向正压面26侧的高度。各叶片14的第二弯曲部32处的轴向高度 $H$ 是朝向负压面28侧的高度。

[0075] 在图9所示的曲线图中,用虚线表示图5的叶片剖面中的轴向高度 $H$ 的变化情况,用点划线表示图6的叶片剖面中的轴向高度 $H$ 的变化情况,用实线表示图7的叶片剖面中的轴向高度 $H$ 的变化情况。如图5~图8所示,各叶片14的轴向高度 $H$ 在从叶根18到叶端20的任一剖面形状中,都在旋转半径方向的全长上平滑地产生变化。

[0076] 在第一弯曲部30中,轴向高度 $H$ 在旋转半径方向上成为最大的位置是第一最大翘曲位置 $X_1$ 。在本示例的螺旋桨式风扇10中,第一最大翘曲位置 $X_1$ 越从叶片14的前缘22朝向后缘24越靠近叶根18侧。并且,第一最大翘曲位置 $X_1$ 处的轴向高度 $H$ 在叶片14的前缘22侧最大。具体而言,第一最大翘曲位置 $X_1$ 处的轴向高度 $H$ 从叶片14的前缘22朝向后缘24变低,在叶片14的后缘24处为最小。第一最大翘曲位置 $X_1$ 处的轴向高度 $H$ 也可以在沿着第一弯曲部30的叶弦34的方向的整个宽度上近似恒定。

[0077] 在第二弯曲部32中,轴向高度 $H$ 在旋转半径方向上成为最大的位置是第二最大翘曲位置 $X_2$ 。在本示例的螺旋桨式风扇10中,若用半径比( $r/R$ )表示第二最大翘曲位置 $X_2$ 的位置,则第二最大翘曲位置 $X_2$ 位于 $0.6 \leq r/R \leq 0.8$ 的范围内。第二最大翘曲位置 $X_2$ 在沿着第二弯曲部32的叶弦34的方向的整个宽度上近似恒定。第二最大翘曲位置 $X_2$ 处的轴向高度 $H$ 在叶片14的后缘24侧最大。如图10所示,具体而言,第二最大翘曲位置 $X_2$ 处的轴向高度 $H$ 从叶片14的前缘22朝向后缘24变高,在叶片14的后缘24处为最大。

[0078] 在叶片14的旋转半径方向上,叶片14和环16在叶片14的负压面28侧形成叶端角落部WC。在该叶端角落部WC处叶片14与环16所成的角度(以下称为叶端角落部WC的角度) $\phi$ 根据该叶片14在第二最大翘曲位置 $X_2$ 处的轴向高度 $H$ 而产生变化。也就是说,就各叶片14而言,第二最大翘曲位置 $X_1$ 处的轴向高度 $H$ 越大,则叶端角落部WC的角度 $\phi$ 越大。叶端角落部WC的角度 $\phi$ 在叶片14的后缘24侧最大。具体而言,如图11所示,叶端角落部WC的角度 $\phi$ 从叶片14的前缘22朝向后缘24变大,在叶片14的后缘24成为最大。在叶片14的后缘24侧,包括叶端角落部WC的角度 $\phi$ 为 $130^\circ$ 以上的部分。

[0079] 一螺旋桨式风扇的性能一

[0080] 在图19及图20中,用灰度对湍动能(风速的大小)的等值面进行着色,来表示比较例的螺旋桨式风扇100的流体模拟结果。在该流体模拟中,风量为大风量侧的 $280\text{m}^3/\text{min}$ 。比较例的螺旋桨式风扇100是各叶片14的旋转半径方向上的剖面形状没有产生弯曲的风扇。如图19所示,可知:在比较例的螺旋桨式风扇100中,在叶片14的负压面28侧的叶端角落部WC产生了死水区域DA(由双点划线包围的区域),该死水区域DA从叶片14的前缘22朝向后缘24扩展成较大的范围,叶端角落部WC处的风速在从前缘22到后缘24的宽范围内较低。如图20所示,可知:在比较例的螺旋桨式风扇100中,在叶片14的正压面26一侧,以叶片14的前缘22为起点的高湍动能区域TA(用双点划线包围的区域)较大,由尾流涡流引起的能量损失多。

[0081] 在图12及图13中,用灰度对湍动能(风速的大小)的等值面进行着色,来表示本示例的螺旋桨式风扇10的流体模拟结果。在该流体模拟中,风量为大风量侧的 $280\text{m}^3/\text{min}$ 。如图12所示,可知:在本示例的螺旋桨式风扇10中,虽然在叶片14的负压面28侧的叶端角落部WC的前缘22侧产生了死水区域DA(由双点划线包围的区域),但该死水区域DA的范围较窄,叶端角落部WC处的风速增大。如图13所示,可知:在本示例的螺旋桨式风扇10中,在叶片14的正压面26一侧,以叶片14的前缘22为起点的高湍动能区域TA(用双点划线包围的区域)较小,由尾流涡流引起的能量损失少。

[0082] 在图14中,用实线表示使用了本示例的螺旋桨式风扇10的送风装置的风量—静压特性(P—Q曲线),用虚线表示使用了比较例的螺旋桨式风扇100的送风装置的风量—静压特性(P—Q曲线)。与上文所述的相同,比较例的螺旋桨式风扇100是各叶片14的旋转半径方向上的剖面形状没有产生弯曲的风扇。如图14所示,与使用了比较例的螺旋桨式风扇100的送风装置相比,使用了本示例的螺旋桨式风扇10的送风装置5在曲线图的整个区域中,同一风量下的静压和同一静压下的风量都较大。

[0083] 在图15中,用实线表示使用了本示例的螺旋桨式风扇10的送风装置的风量与静压效率之间的关系,用虚线表示使用了比较例的螺旋桨式风扇100的送风装置的风量与静压效率之间的关系。与上文所述的相同,比较例的螺旋桨式风扇100是各叶片14的旋转半径方向上的剖面形状没有产生弯曲的风扇。如图15所示,与使用比较例的螺旋桨式风扇100的送风装置相比,使用了本示例的螺旋桨式风扇10的送风装置在曲线图的整个区域、特别是大风量一侧的静压效率相对于同一风量得到提升。

[0084] 一实施方式的特征一

[0085] 根据该实施方式的螺旋桨式风扇10,在设置于叶片14的叶端20侧的、旋转半径方向上的剖面形状为向正压面26侧突出成凸状的第二弯曲部32中,第二最大翘曲位置X2处的轴向高度H在叶片14的后缘24侧最大,因此,在叶端角落部WC产生的死水区域DA变小。该死水区域DA越小,尾流涡流就越难以扩展,能量越低。由此,能够抑制因尾流涡流与叶片14的前缘22碰撞而产生的能量损失,从而能够提升螺旋桨式风扇10的送风性能。

[0086] 根据该实施方式的螺旋桨式风扇10,由于叶片14的第二弯曲部32的第二最大翘曲位置X2位于 $0.6 \leq r/R \leq 0.8$ 的范围内,所以能够适当地减小在叶端角落部WC产生的死水区域DA。这对于抑制尾流涡流的产生是有利的。

[0087] 根据该实施方式的螺旋桨式风扇10,叶片14的第二弯曲部32中的第二最大翘曲位置X2处的轴向高度H从叶片14的前缘22朝向后缘24变高,因此能够使在叶端角落部WC产生

的死水区域DA从叶片14的前缘22朝向后缘24变小。这对于抑制尾流涡流的产生是有利的。

[0088] 根据该实施方式的螺旋桨式风扇10,在叶片14的旋转半径方向上,叶片14和环16在叶端角落部WC所成的角度 $\phi$ 在叶片14的后缘24侧最大,因此,在叶端角落部WC产生的死水区域DA变小。该死水区域DA越小,尾流涡流越难以扩展,能量越低。由此,能够抑制因尾流涡流与叶片14的前缘22碰撞而产生的能量损失,从而能够提升螺旋桨式风扇10的送风性能。

[0089] 根据该实施方式的螺旋桨式风扇10,在叶片14的旋转半径方向上,叶片14与环16在叶端角落部WC所成的角度 $\phi$ 从叶片14的前缘22朝向后缘24变大,因此能够使在叶端角落部WC产生的死水区域DA从前缘22朝向后缘24变小。这对于抑制尾流涡流的产生是有利的。

[0090] 根据该实施方式的螺旋桨式风扇10,在叶片14的旋转半径方向上,叶片14和环16在叶端角落部WC所成的角度 $\phi$ 为 $130^\circ$ 以上的部分包含在叶片14的后缘24侧,因此能够适当地减小在叶端角落部WC产生的死水区域DA。这对于抑制尾流涡流的产生是有利的。

[0091] 根据该实施方式的冷却装置1,由于包括了送风性能得到提升的螺旋桨式风扇10,所以能够在确保螺旋桨式风扇10的送风量的同时实现节能化。

[0092] (其他实施方式)

[0093] 上述实施方式也可以采用以下结构。

[0094] 一第一变形例一

[0095] 如图16所示,螺旋桨式风扇10也可以包括五个叶片14。螺旋桨式风扇10所包括的叶片14的数量也可以是三个以下,还可以是六个以上。在螺旋桨式风扇10中,当从正面观察或从背面观察时,相邻的叶片14彼此可以部分重叠。

[0096] 一第二变形例一

[0097] 如图17所示,在螺旋桨式风扇10中,也可以在各叶片14的后缘24设置锯齿40。锯齿40例如形成为锯齿状。锯齿40设置在各叶片14的后缘24的大致整体上。锯齿40也可以仅设置在各叶片14的后缘24的叶端20侧等的一部分上。

[0098] 根据该第二变形例的螺旋桨式风扇10,由于在各叶片14的后缘24设置有锯齿40,所以通过锯齿40能够抑制在叶片14的负压面28侧流动的空气湍流。由此,能够降低随着螺旋桨式风扇10旋转而产生的叶片的风噪声。而且,还能够期待提升螺旋桨式风扇10的送风效率。

[0099] 一第三变形例一

[0100] 如图18所示,在冷却装置1中,喇叭口8也可以仅设置在螺旋桨式风扇10的送风方向的下游侧(在本示例中为上侧)。也就是说,喇叭口8也可以不延伸到螺旋桨式风扇10的外周侧(严格地说是环16的外侧)。本示例中的喇叭口8位于环16的下游端附近。本示例的喇叭口8形成为从螺旋桨式风扇10的送风方向的上游侧向下游侧扩展的锥状。

[0101] 一其他变形例一

[0102] 在螺旋桨式风扇10中,各叶片14的旋转半径方向上的内侧部分(相当于第一弯曲部30的部分)也可以形成为旋转半径方向上的剖面形状为大致平坦的板状等、向正压面26侧突出的凸状以外的形状。螺旋桨式风扇10不仅能够用于冷却装置1,还能够用于空调装置或换气装置等需要送风的各种装置。

[0103] 以上说明了实施方式和变形例,但可知在不脱离权利要求书的主旨以及范围的情

况下能够对方案及具体情况进行各种改变。只要不影响本公开的对象的功能,还可以对上述实施方式和变形例适当地进行组合和替换。

[0104] 一产业实用性一

[0105] 综上所述,本公开对螺旋桨式风扇及制冷装置是有用的。

[0106] 一符号说明一

[0107] A旋转轴

[0108] c叶弦长

[0109] D旋转方向

[0110] H轴向高度

[0111] WC 叶端角落部

[0112] X1第一最大翘曲位置

[0113] X2第二最大翘曲位置(最大翘曲位置)

[0114] 1冷却装置(制冷装置)

[0115] 3a 热交换器

[0116] 3b 热交换器

[0117] 5送风装置

[0118] 6上面板

[0119] 7送风口

[0120] 8喇叭口

[0121] 10 螺旋桨式风扇

[0122] 11 送风格栅

[0123] 12 轮毂

[0124] 13 轴孔

[0125] 14 叶片

[0126] 16 环

[0127] 18 叶根

[0128] 20 叶端

[0129] 22 前缘

[0130] 24 后缘

[0131] 26 正压面

[0132] 28 负压面

[0133] 30 第一弯曲部

[0134] 32 第二弯曲部

[0135] 34 叶弦

[0136] 36 中弧线

[0137] 40 锯齿

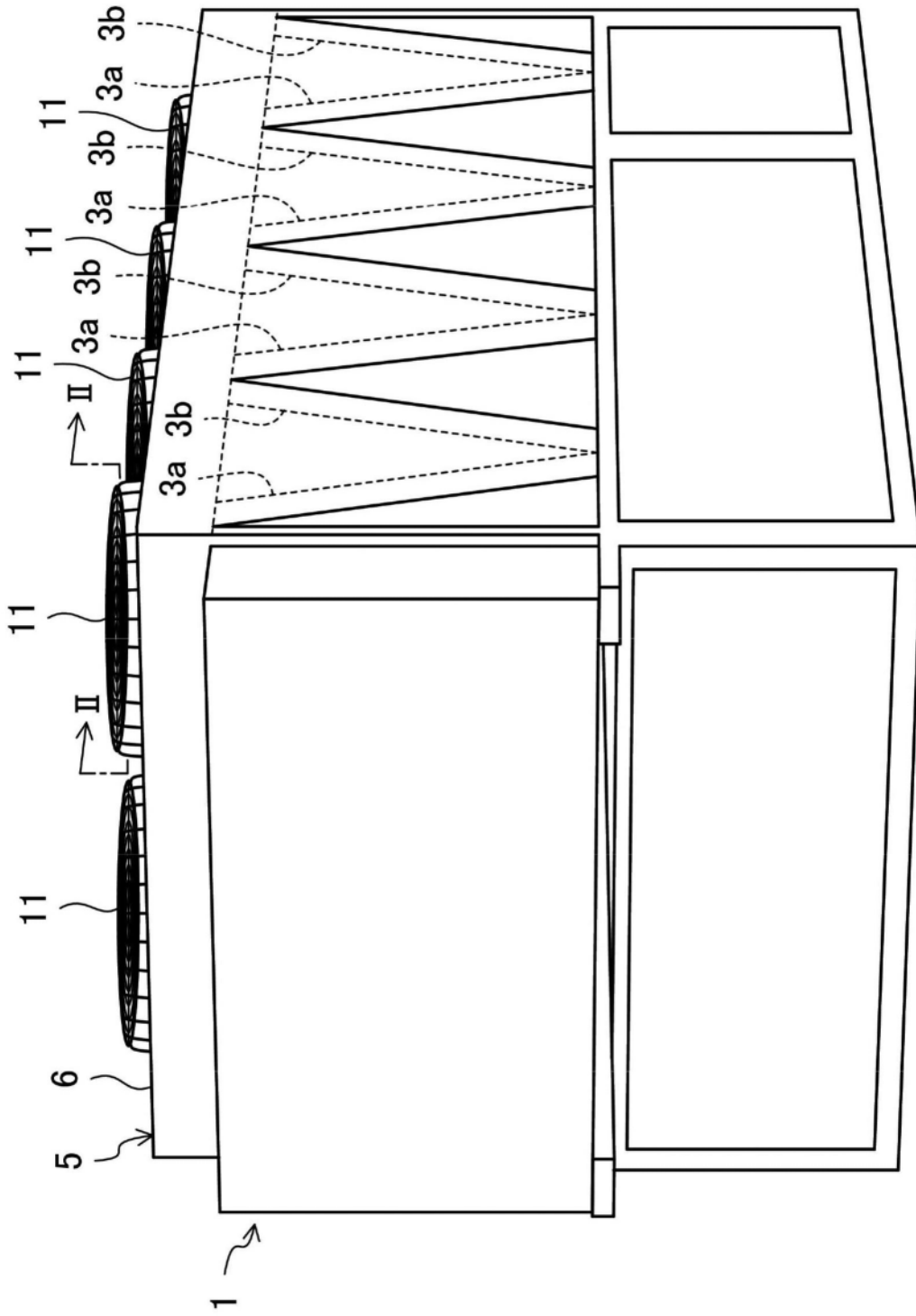


图1

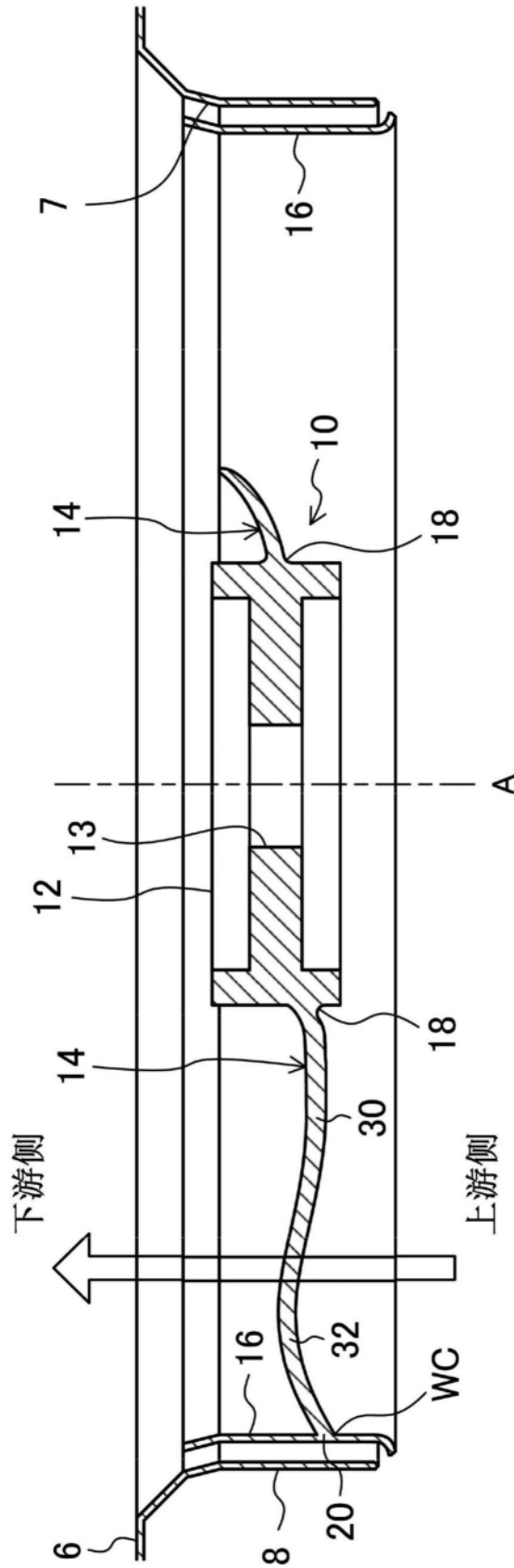


图2

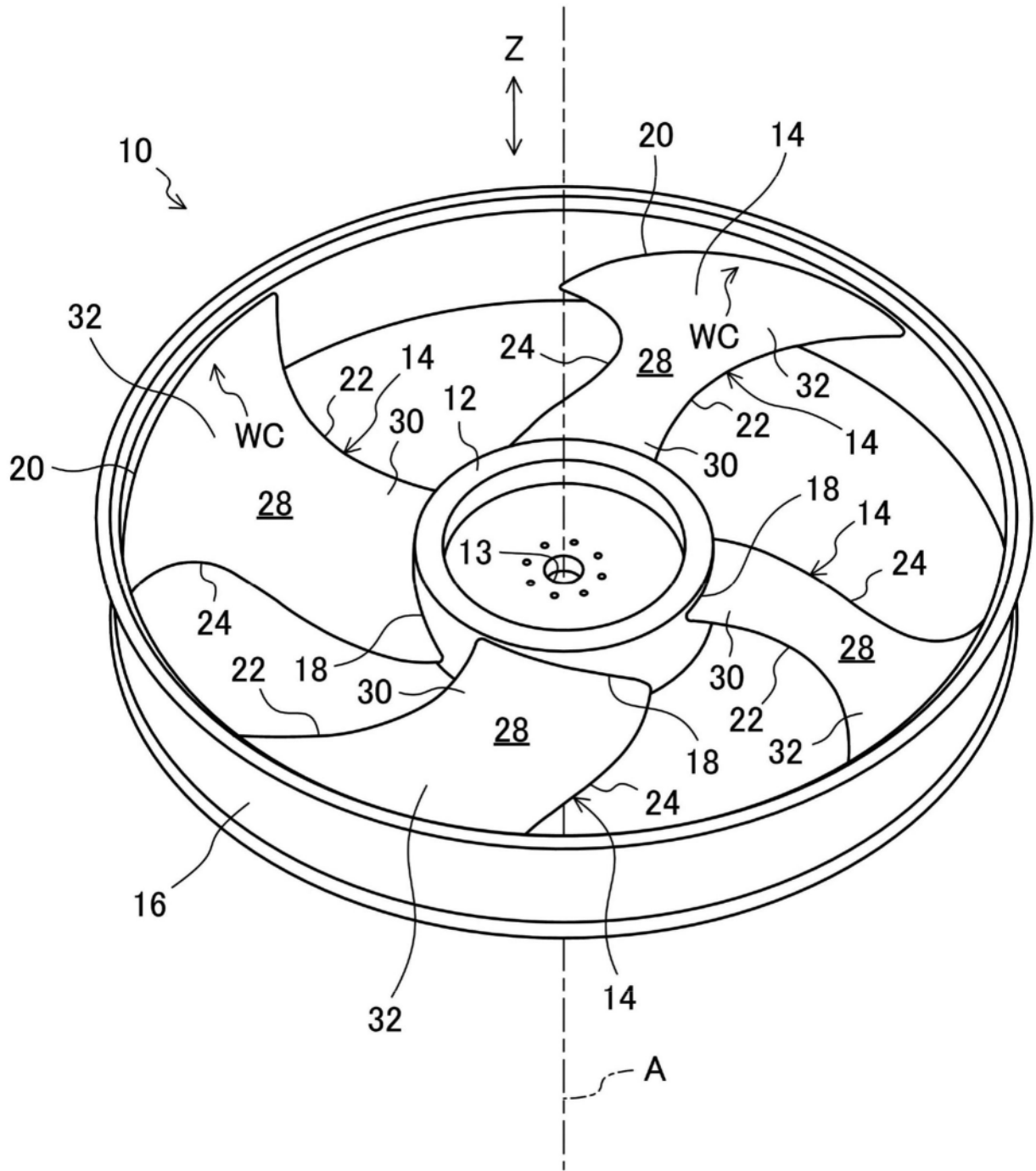


图3

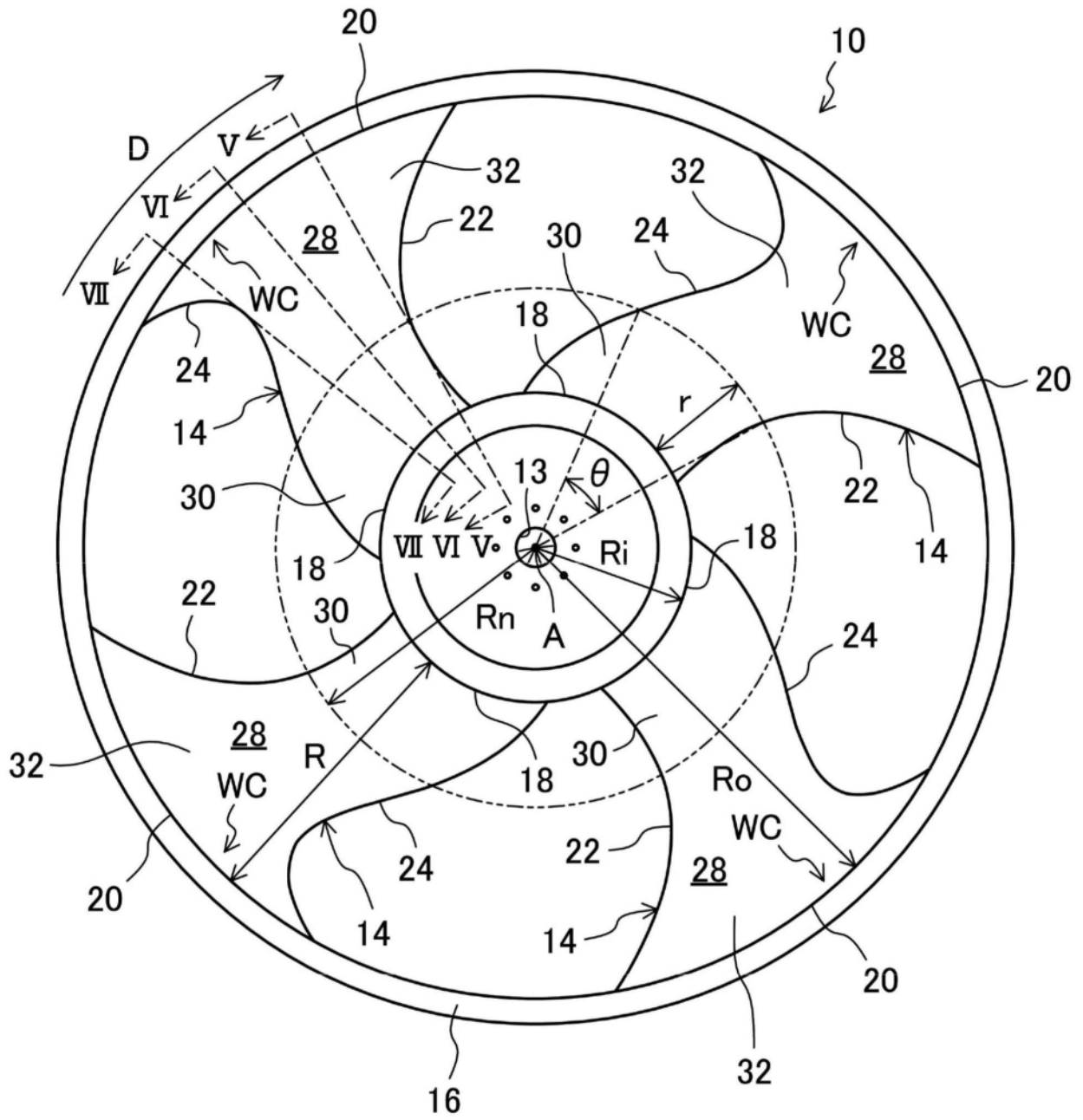


图4

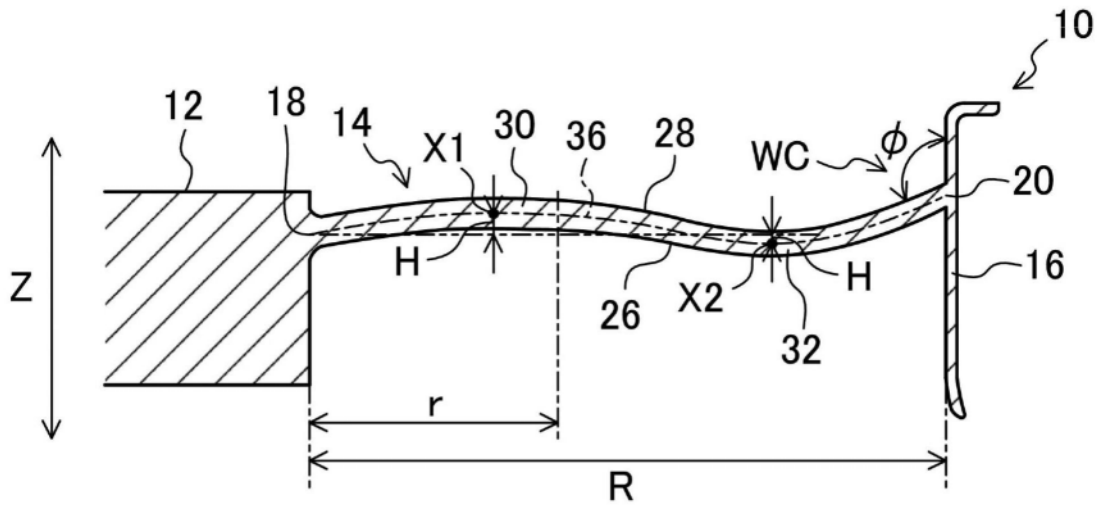


图5

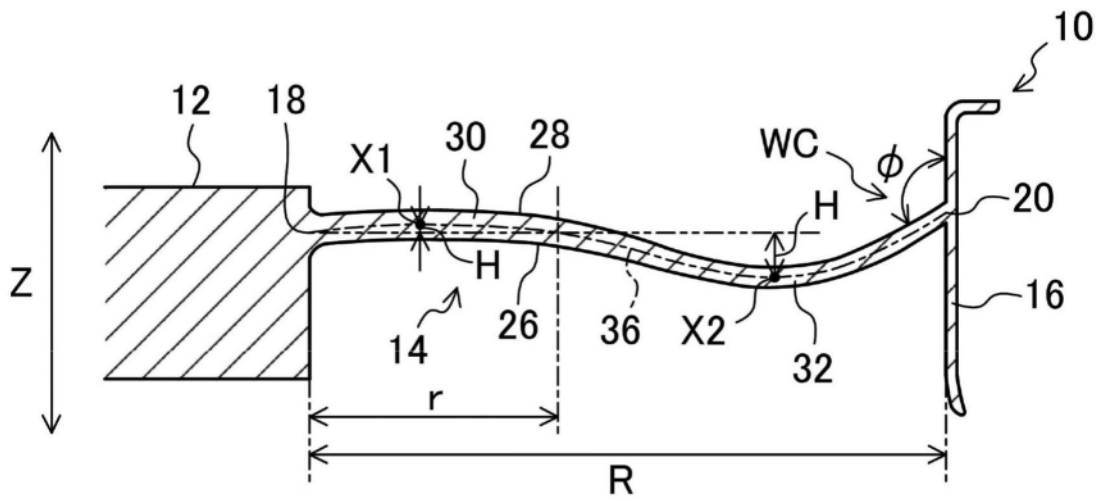


图6

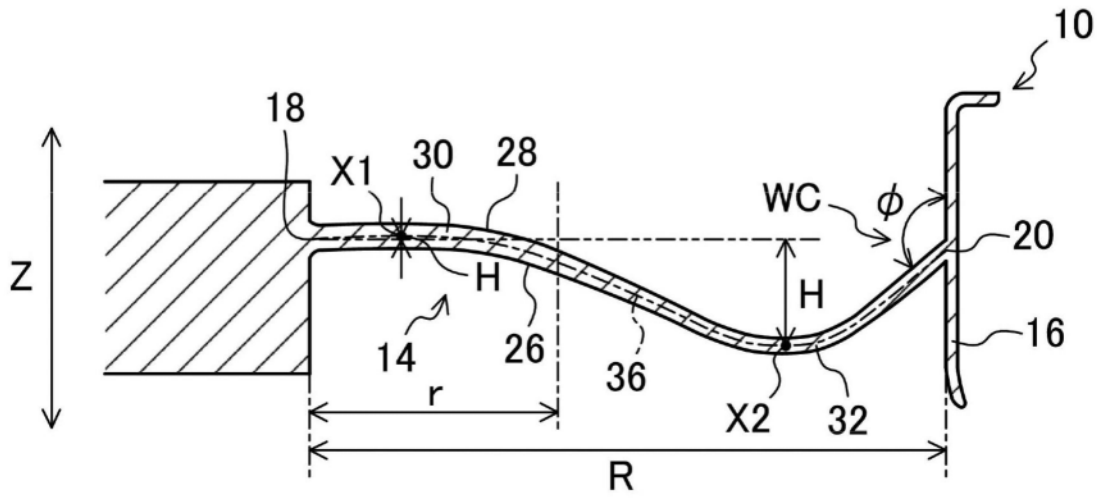


图7

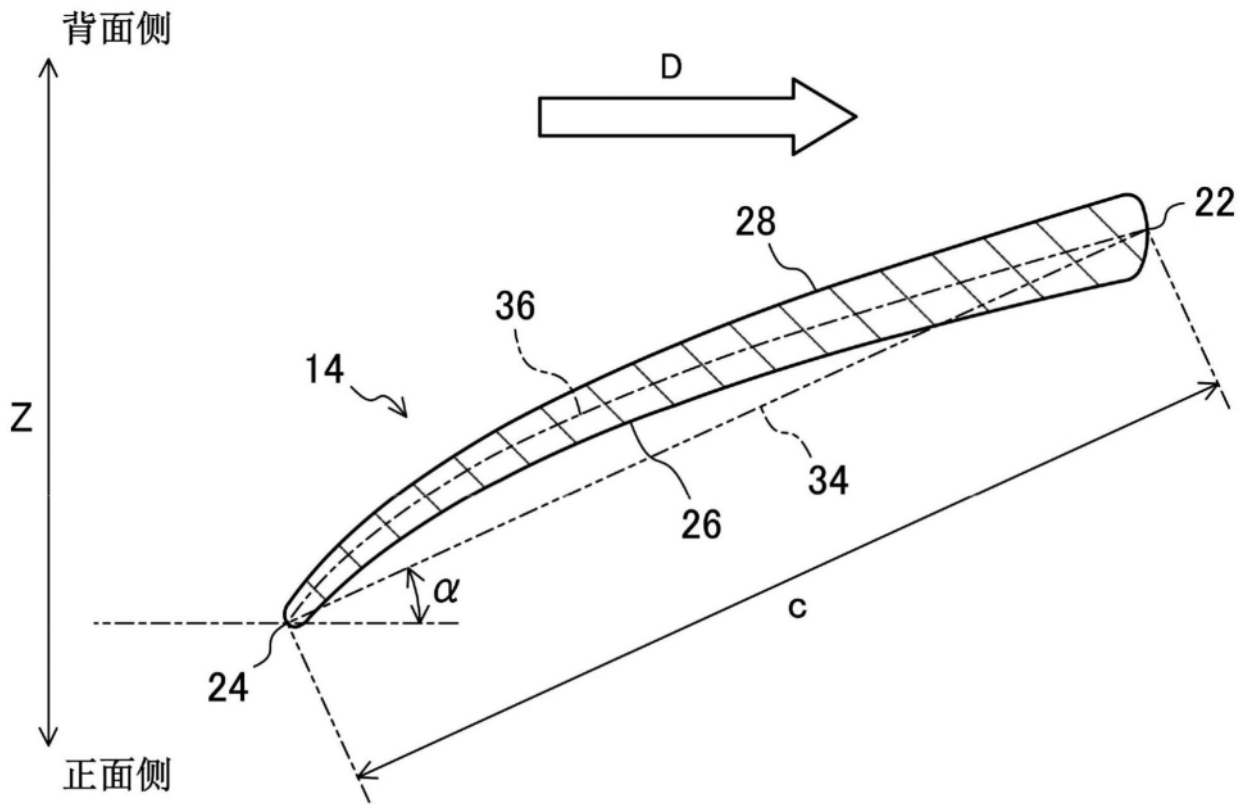


图8

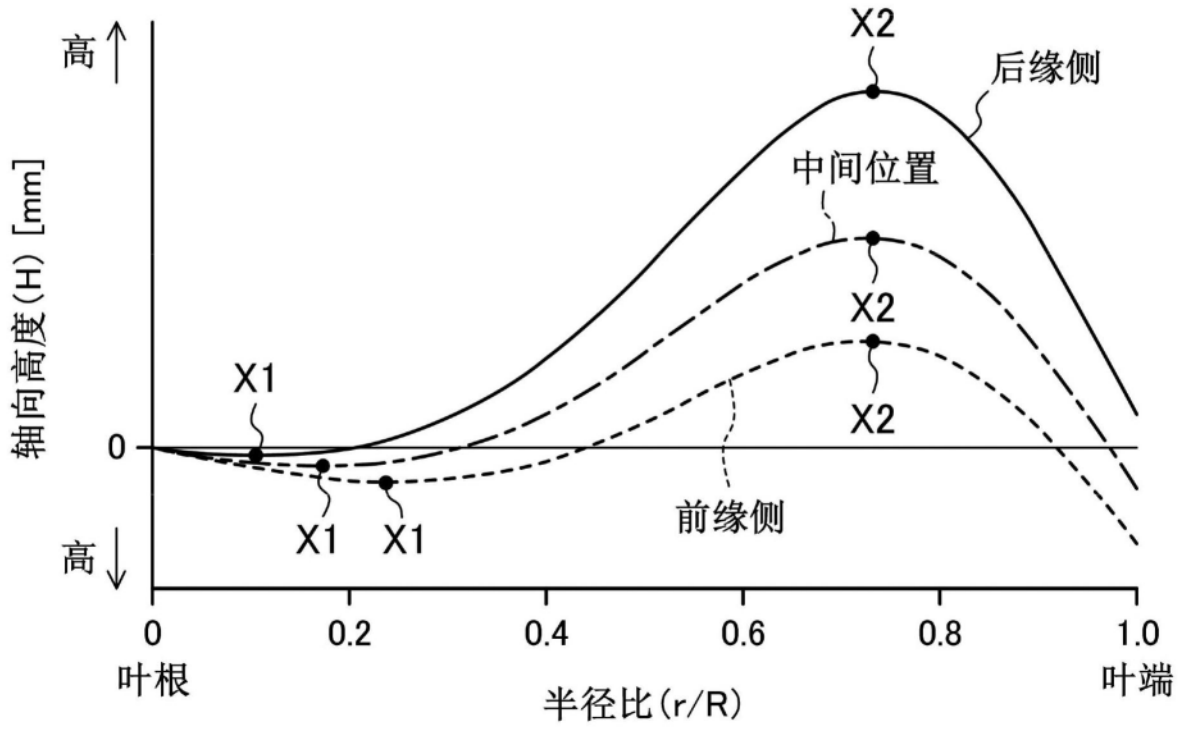


图9

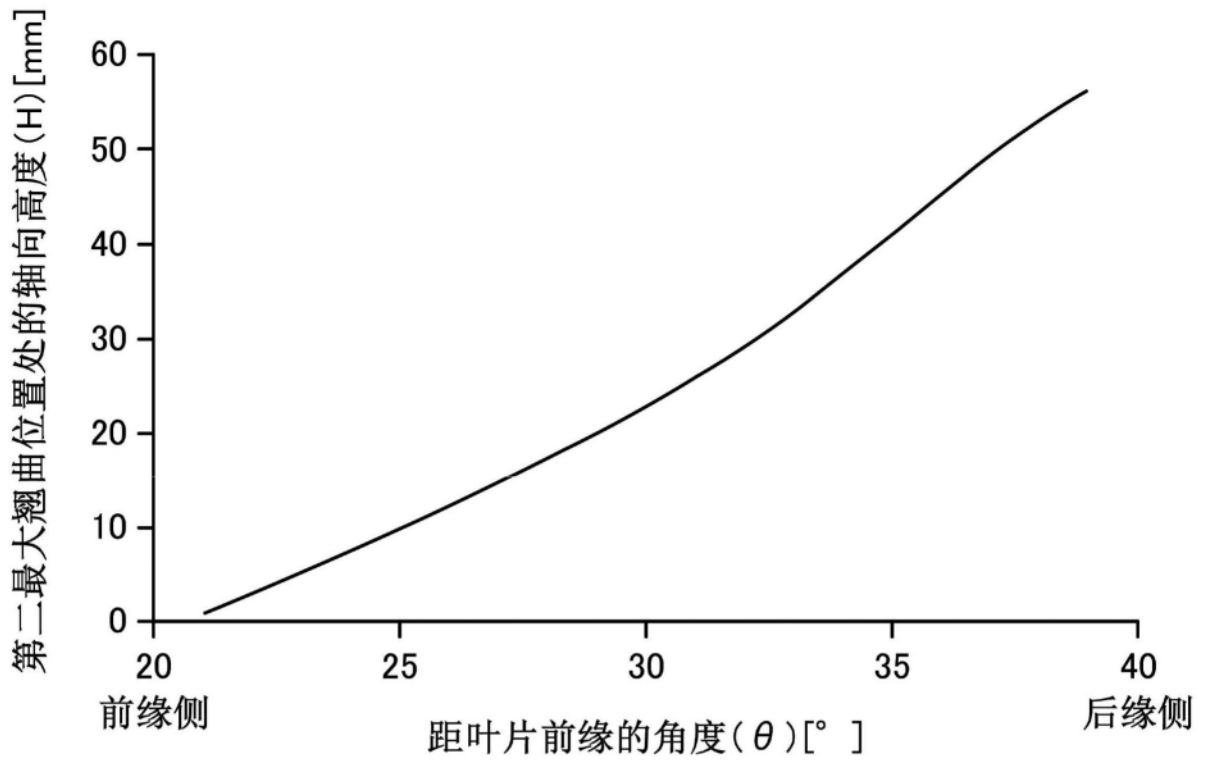


图10

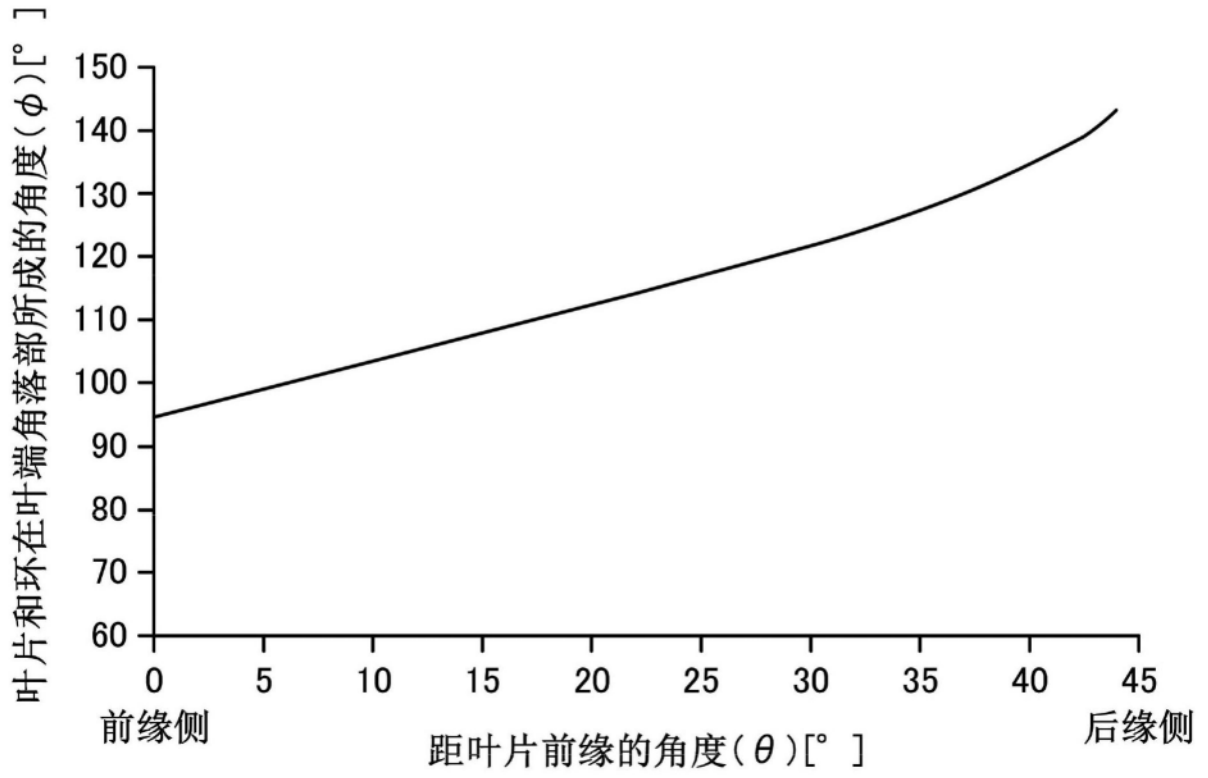


图11

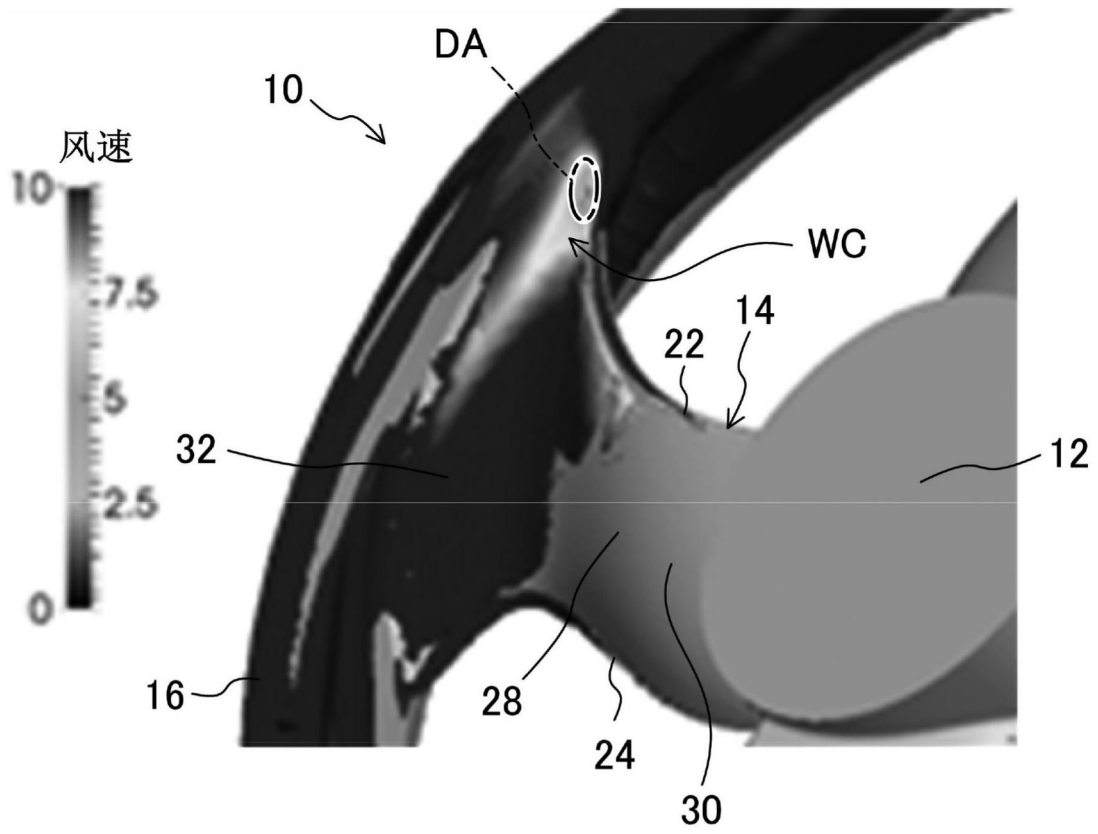


图12

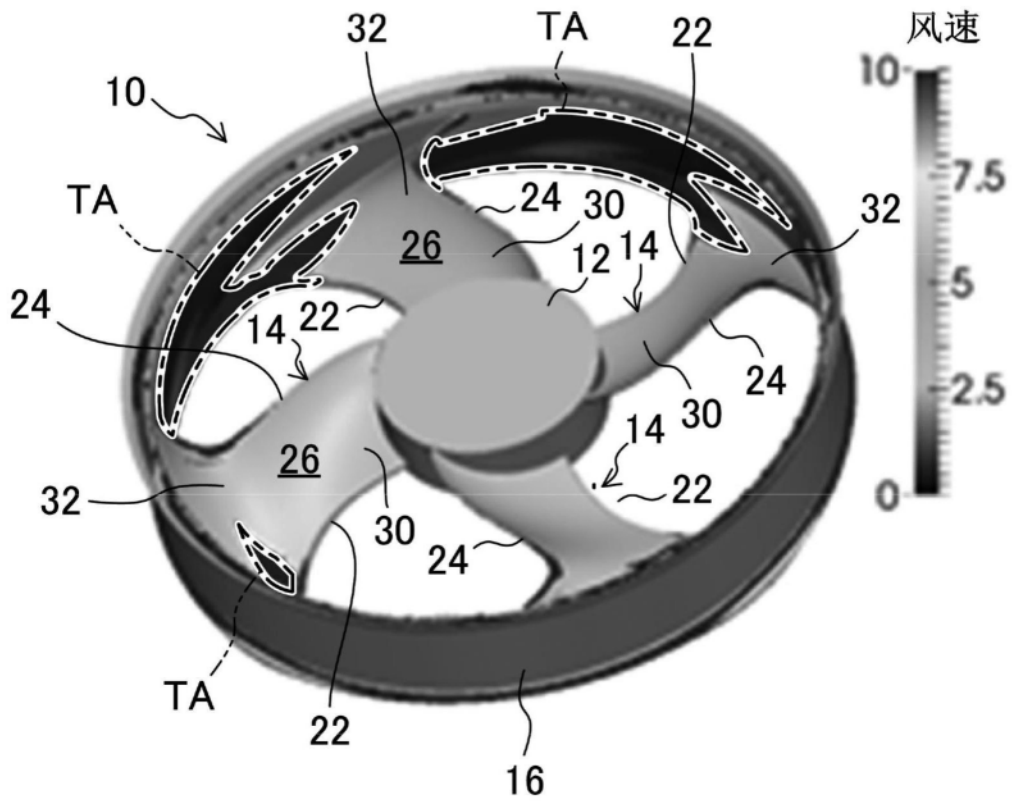


图13

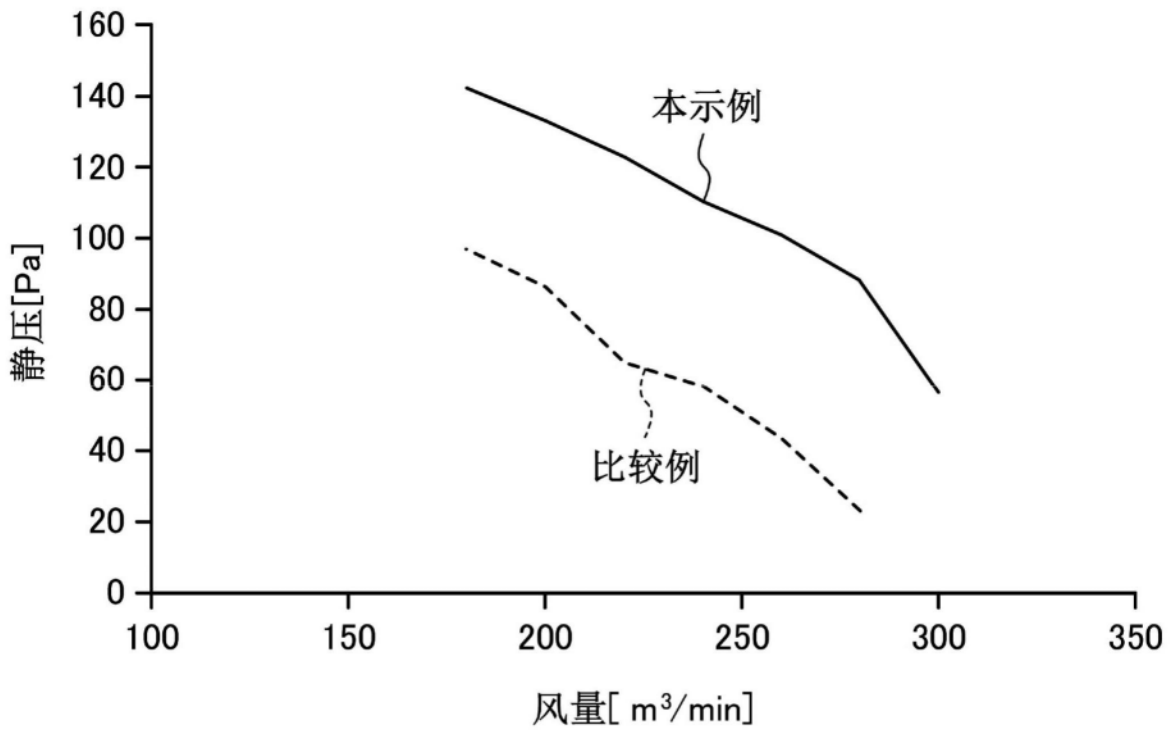


图14

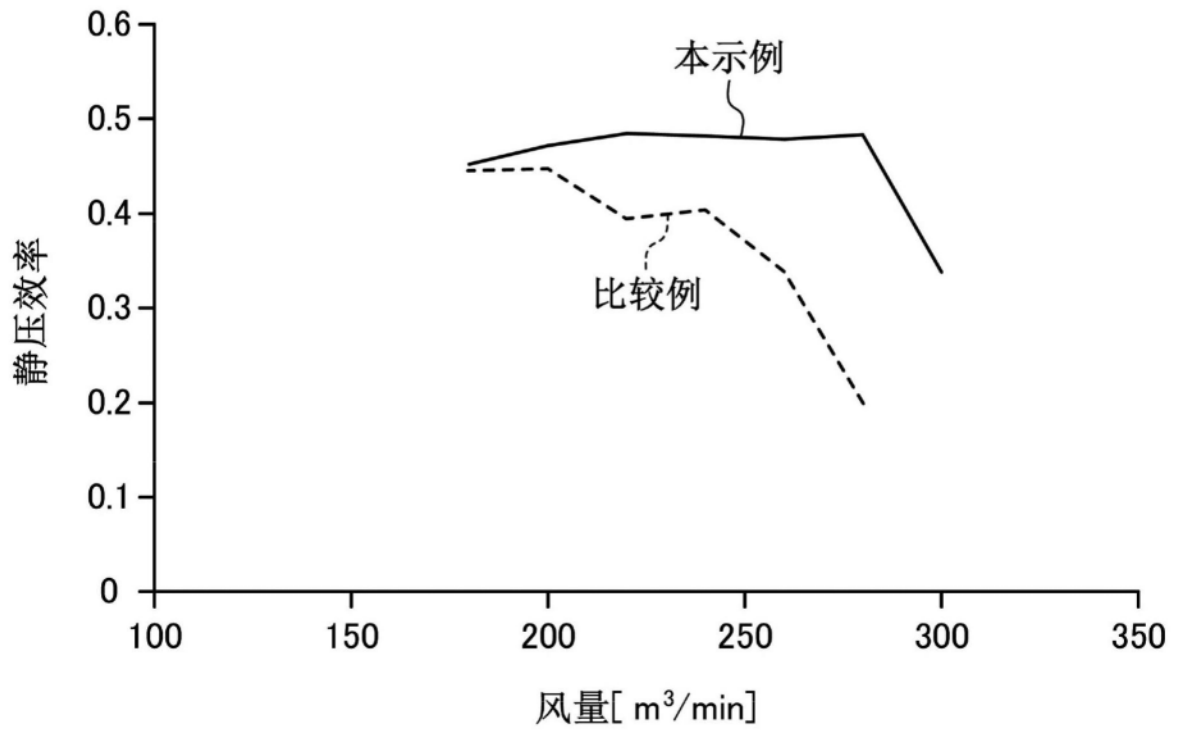


图15

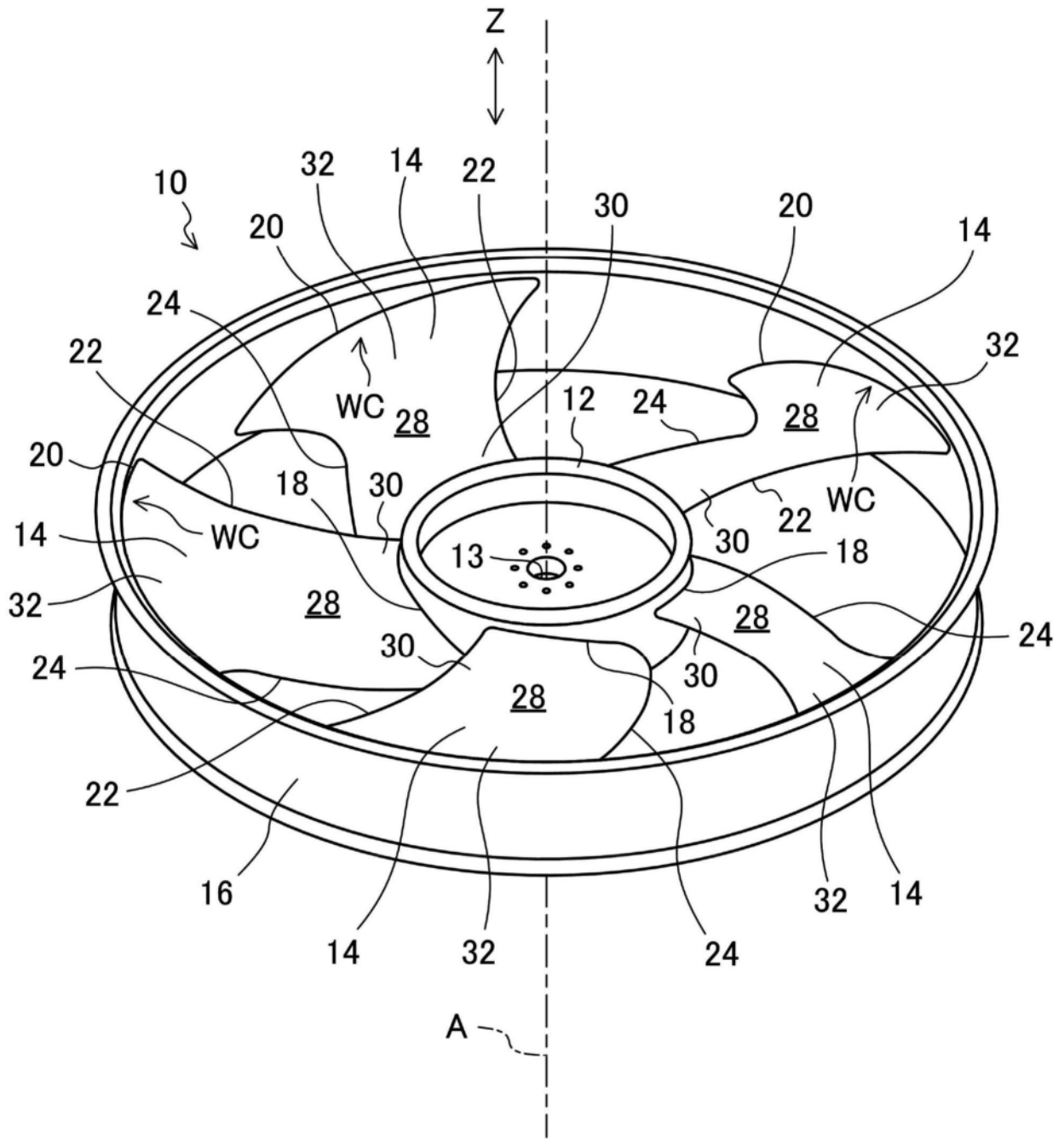


图16

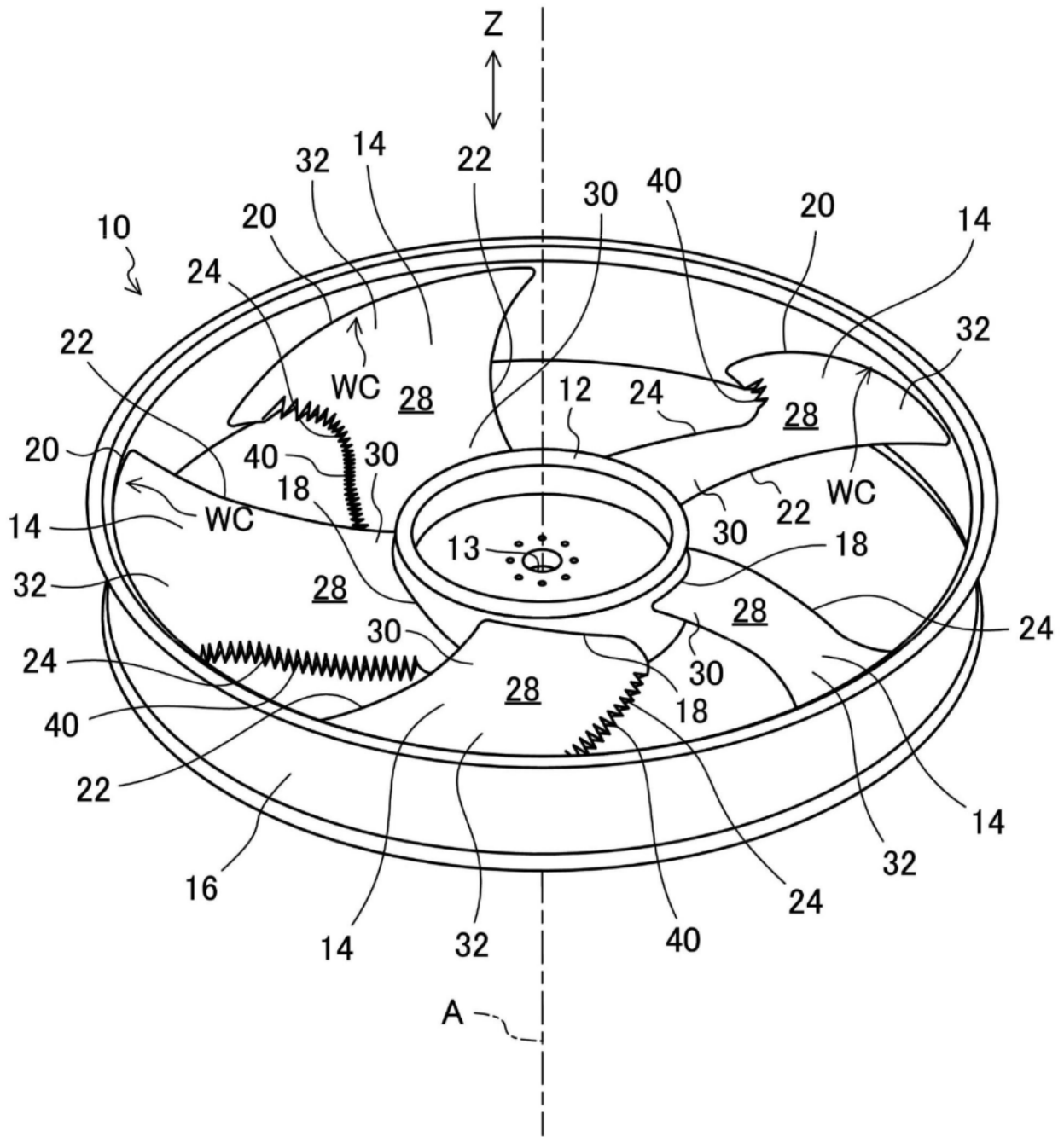


图17



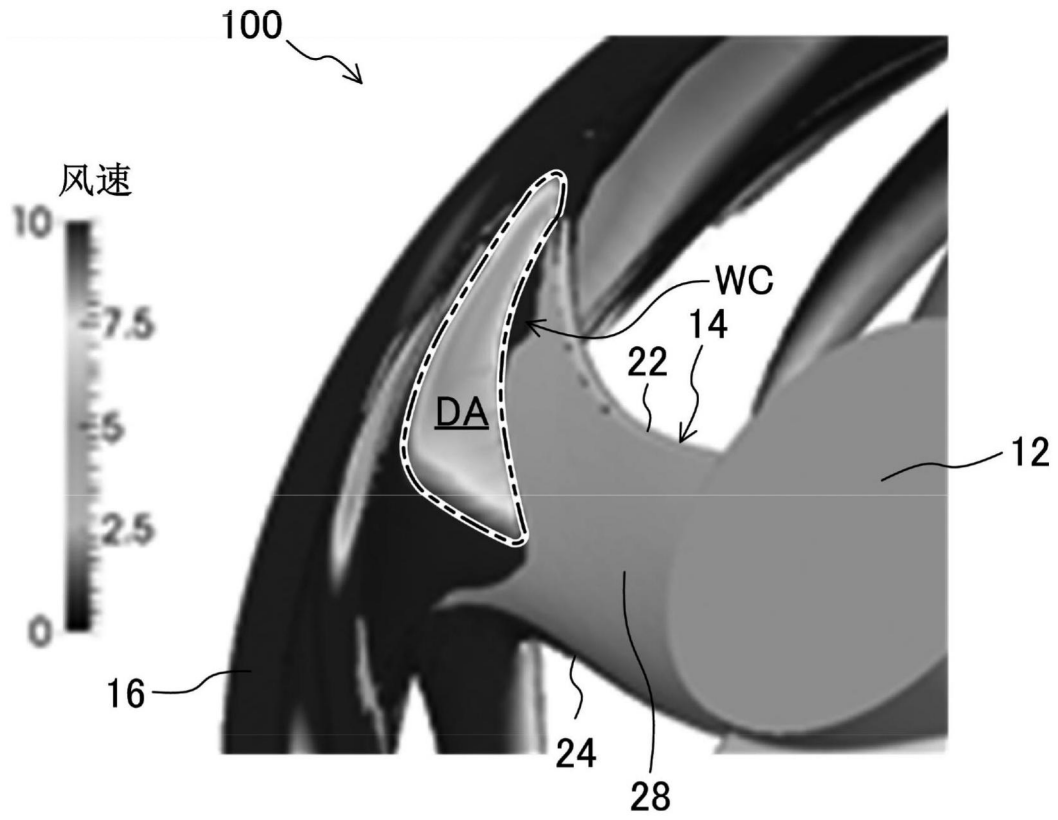


图19

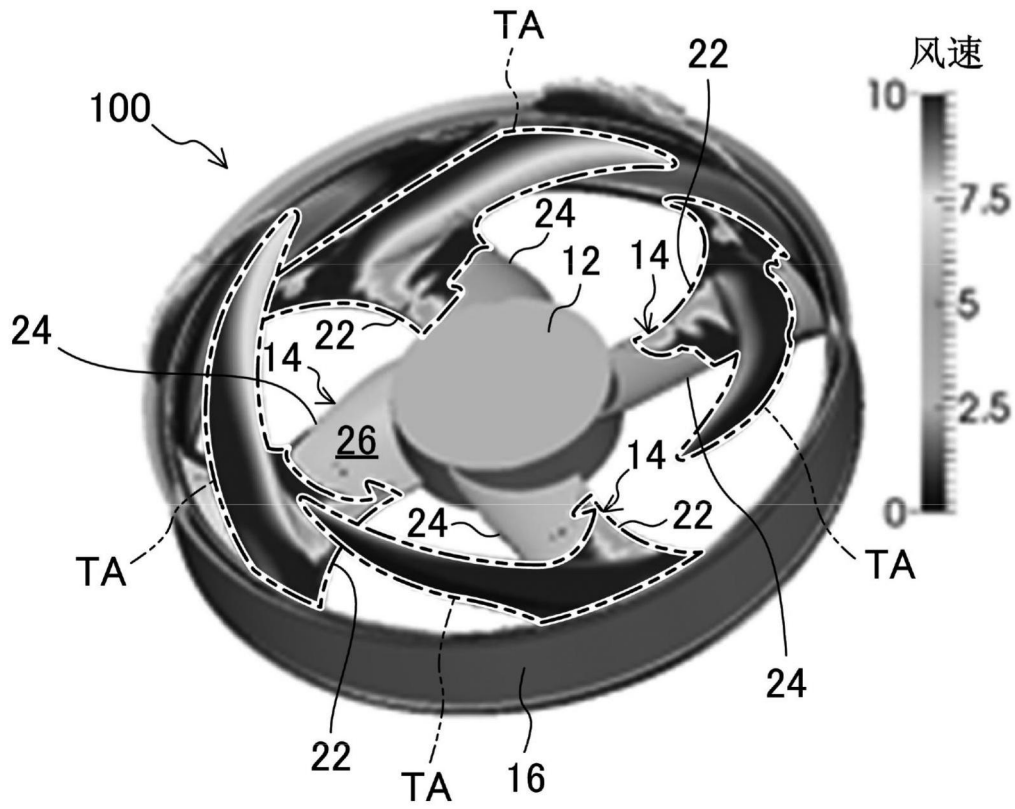


图20