



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116134228 A

(43) 申请公布日 2023.05.16

(21) 申请号 202180061207.8

(22) 申请日 2021.07.02

(30) 优先权数据

2020-120669 2020.07.14 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.01.12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/025145 2021.07.02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/014376 JA 2022.01.20

(71) 申请人 株式会社电装

地址 日本爱知县刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 发明人 石井文也 小田修三 今东升一

(74) 专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限公司 31300

专利代理师 张丽颖

(51) Int.Cl.

F04D 29/66 (2006.01)

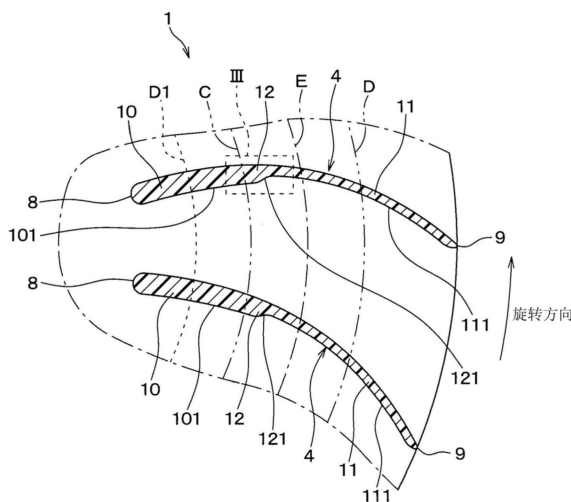
权利要求书1页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

涡轮风扇

(57) 摘要

本发明的目的在于提供一种能够降低噪音的涡轮风扇。涡轮风扇(1)所具备的多个叶片(4)具有厚壁部(10)、薄壁部(11)和台阶部(12)。厚壁部(10)是形成在前缘(8)侧的板厚较厚的部位。薄壁部(11)是与厚壁部(10)相比设置在后缘(9)侧且板厚比厚壁部(10)薄的部位。台阶部(12)是设置在厚壁部(10)与薄壁部(11)之间且板厚从厚壁部(10)侧朝向薄壁部(11)侧而向正压面侧减少的部位。而且,在与叶片(4)的旋转轴(Ax)垂直的剖视观察下,相对于形成厚壁部(10)的负压面的圆弧状的第一曲面(101),形成薄壁部(11)的负压面的圆弧状的第二曲面(111)位于正压面侧,并且,第一曲面(101)和第二曲面(111)通过台阶部(12)的负压面(121)而连接。



1. 一种涡轮风扇,具备:护罩(2),该护罩具有空气的吸入口(5);主板(3),该主板设置在所述护罩的旋转轴(Ax)方向上;以及多个叶片(4),该多个叶片在所述护罩与所述主板之间绕旋转轴设置,所述涡轮风扇的特征在于,

多个所述叶片具有:

厚壁部(10),该厚壁部形成在前缘(8)侧且板厚较厚;

薄壁部(11),该薄壁部与所述厚壁部相比设置在后缘(9)侧,且板厚比所述厚壁部薄;以及

台阶部(12),该台阶部设置在所述厚壁部与所述薄壁部之间,且板厚从所述厚壁部侧朝向所述薄壁部侧而向正压面侧减少,

在与所述叶片的旋转轴垂直的剖视观察下,相对于形成所述厚壁部的负压面的圆弧状的第一曲面(101),形成所述薄壁部的负压面的圆弧状的第二曲面(111)位于正压面侧,并且,所述第一曲面和所述第二曲面通过所述台阶部的负压面(121)而连接。

2. 根据权利要求1所述的涡轮风扇,其特征在于,

所述台阶部设置于将叶片长度三等分时的中央区域。

3. 根据权利要求1或2所述的涡轮风扇,其特征在于,

所述叶片的前缘与所述护罩的所述吸入口的内径(D1)相比位于径向内侧,所述台阶部与所述护罩的所述吸入口的内径相比设置在径向外侧的位置。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的涡轮风扇,其特征在于,

所述台阶部与所述厚壁部的边界的负压面形成为平滑的曲面形状。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的涡轮风扇,其特征在于,

所述薄壁部的板厚(T2)相对于所述厚壁部的板厚(T1)为75%以下。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的涡轮风扇,其特征在于,

在与所述叶片的旋转轴垂直的剖视观察下,所述台阶部的负压面为向正压面侧凸出的曲面状。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的涡轮风扇,其特征在于,

在与所述叶片的旋转轴垂直的剖视观察下,所述台阶部的负压面中的中央部的切线(L1)与所述厚壁部的负压面中的所述台阶部侧的部位的切线(L2)所成的角($\theta 1$)为锐角。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的涡轮风扇,其特征在于,

在与所述叶片的旋转轴垂直的剖视观察下,所述叶片的前缘中正压面侧的曲率半径和负压面的曲率半径均为1.5mm以上,并且,所述叶片的前缘的板厚为3mm以上。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的涡轮风扇,其特征在于,

所述台阶部至少形成在所述叶片的后缘的高度范围内。

10. 根据权利要求1至9中任一项所述的涡轮风扇,其特征在于,

所述台阶部形成为从所述护罩侧朝向所述主板侧向径向内侧延伸。

涡轮风扇

[0001] 相关申请的相互参照

[0002] 本申请以在2020年7月14日提出申请的日本专利申请号2020-120669号为基础,并将其记载内容通过参照而编入于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及涡轮风扇。

背景技术

[0004] 以往,已知有用于送风机的涡轮风扇。通常,涡轮风扇具有损失少而效率高这样的特征。但是,涡轮风扇存在如下的问题:在比叶片的后缘稍靠上游侧的负压面产生气流的剥离,由该剥离产生的速度梯度大的旋涡与叶片的后缘干涉,产生噪音。

[0005] 专利文献1中记载的涡轮风扇所具备的叶片是下述的形状:前缘侧的板厚形成得较薄,并且,板厚朝向中央部逐渐变厚,板厚从该中央部进一步朝向后缘逐渐变薄。而且,在该叶片上,在板厚从前缘侧朝向中央部逐渐变厚的部位,在正压面侧和负压面侧分别设有台阶部。因此,该叶片形成为比台阶部靠下游侧的部位的板厚相比于比台阶部靠上游侧的部位的板厚大的形状。即,该台阶部也可以称为板厚从上游侧向下游侧变大的板厚增大部。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本专利6071394号公报

[0009] 根据发明人们的研究,在上述的专利文献1所记载的涡轮风扇的结构中,沿着叶片的负压面的气流在台阶部剥离,形成速度梯度大的旋涡。而且,存在该旋涡与台阶部(即板厚增大部)干涉而产生噪音这样的问题。

[0010] 另外,专利文献1中记载的涡轮风扇的结构并未解决如下的问题:在比叶片的后缘稍靠上游侧的负压面产生气流的剥离,由该剥离产生的速度梯度大的旋涡与叶片的后缘干涉而产生噪音。

发明内容

[0011] 本发明的目的在于提供一种能够降低噪音的涡轮风扇。

[0012] 根据本发明的一个观点,涉及一种涡轮风扇,该涡轮风扇具备:护罩,该护罩具有空气的吸入口;主板,该主板设置在该护罩的旋转轴方向上;以及多个叶片,该多个叶片在护罩与主板之间绕旋转轴设置。涡轮风扇所具备的多个叶片具有厚壁部、薄壁部和台阶部。厚壁部是形成于前缘侧的板厚较厚的部位。薄壁部是与厚壁部相比设置在后缘侧且板厚比厚壁部薄的部位。台阶部是设置在厚壁部与薄壁部之间且板厚从厚壁部侧朝向薄壁部侧而向正压面侧减少的部位。而且,在与叶片的旋转轴垂直的剖视观察下,相对于形成厚壁部的负压面的圆弧状的第一曲面,形成薄壁部的负压面的圆弧状的第二曲面位于正压面侧,并且,第一曲面和第二曲面通过台阶部的负压面而连接。

[0013] 由此,能够以厚壁部与台阶部的边界为起点扰乱在沿着叶片的负压面的气流中产生的速度边界层,并以该边界为气流的剥离点产生紊流边界层,使主流从薄壁部的负压面向旋转方向后侧远离。因此,该涡轮风扇与未设置台阶部的一般的涡轮风扇相比,使沿着叶片的负压面的气流的剥离的产生位置向前方偏移、减小与叶片的后缘的负压面碰撞的气流的速度梯度,由此能够降低噪音。

[0014] 另外,由于设置在叶片的中途的台阶部是板厚从上游侧朝向下游侧向正压面侧减少的形状,因此能够使在厚壁部与台阶部的边界(即气流的剥离点)产生的速度梯度大的旋涡与台阶部的负压面的干涉距离增大。因此,能够降低在厚壁部与台阶部的边界(即气流的剥离点)产生的噪音。

[0015] 此外,附加于各构成要素等的带括号的参照符号表示该构成要素等与后述的实施方式中记载的具体的构成要素等的对应关系的一例。

附图说明

[0016] 图1是沿着第一实施方式所涉及的涡轮风扇的旋转轴的剖视图。

[0017] 图2是图1的II-II线的剖视图。

[0018] 图3是图2的III部分的放大图。

[0019] 图4是用于说明由第一实施方式所涉及的涡轮风扇产生的空气流动的说明图。

[0020] 图5是用于说明由比较例的涡轮风扇产生的空气流动的说明图。

[0021] 图6是对第一实施方式所涉及的涡轮风扇的噪音和比较例的涡轮风扇的噪音进行比较的图表。

[0022] 图7是表示在第一实施方式所涉及的涡轮风扇中板厚减少比例与低噪音效果的关系的图表。

[0023] 图8是沿着第二实施方式所涉及的涡轮风扇的旋转轴的剖视图。

[0024] 图9是沿着第三实施方式所涉及的涡轮风扇的旋转轴的剖视图。

[0025] 图10是表示第四实施方式所涉及的涡轮风扇所具备的叶片的台阶部及其附近的放大图。

具体实施方式

[0026] 以下,参照附图来对本发明的多个实施方式进行说明。此外,在以下的各实施方式彼此中相互相同或均等的部分标注相同的符号,并省略其说明。另外,关于在各实施方式中参照的附图,涡轮风扇的各结构的形状等是为了使说明变得容易理解而示意性地记载的,并非限定本发明。

[0027] (第一实施方式)

[0028] 参照附图对第一实施方式进行说明。本实施方式的涡轮风扇例如用于空调装置或换气装置等所具备的送风机。

[0029] 如图1及图2所示,涡轮风扇1具备护罩2、主板3和多个叶片4。护罩2形成为圆环状,在其中央部具有用于吸入空气的吸入口5。护罩2是以从吸入口5朝向径向外侧逐渐接近主板3、并且沿着主板3的方式向径向外侧延伸的形状。此外,在图2中,用带有符号D1的虚线表示护罩2所具有的吸入口5的内径D1(即护罩2的内径)。

[0030] 主板3形成圆盘状,并设置于护罩2的旋转轴方向。主板3设置为与护罩2相对。主板3相对于涡轮风扇1的旋转轴Ax大致垂直地形成。此外,主板3不限于图1所示那样的平面状,例如也可以是中央部分向吸入口5侧突出这样的形状。主板3固定于电动机6的轴7,通过电动机6的驱动而以旋转轴Ax为中心旋转。

[0031] 多个叶片4在主板3与护罩2之间绕旋转轴Ax设置。多个叶片4在旋转方向上以规定的间隔配置。多个叶片4从前缘8朝向后缘9而向旋转方向后方延伸。此外,叶片4的前缘8与护罩2的吸入口5的内径D1相比位于径向内侧。

[0032] 本实施方式的涡轮风扇1是主板3、护罩2和多个叶片4一体形成的封闭式风扇。具体而言,多个叶片4的旋转轴Ax方向的一侧与主板3连接,旋转轴Ax方向的另一侧与护罩2连接。

[0033] 涡轮风扇1通过电动机6的驱动而与轴7一起旋转。当涡轮风扇1旋转时,从吸入口5吸入的空气从叶片4的前缘8流过多片4彼此之间的流路(以下称为“叶片间流路”),从形成于叶片4的后缘9、护罩2和主板3之间的空气出口向径向外侧吹出。

[0034] 接着,参照图1~图3对涡轮风扇1所具备的多个叶片4进行详细说明。此外,在图3中,为了容易观察图,省略了表示叶片4的剖面的阴影线。

[0035] 如图1~图3所示,多个叶片4具有厚壁部10、薄壁部11以及台阶部12。

[0036] 厚壁部10是叶片4中的形成于前缘8侧的板厚较厚的部位。在与叶片4的旋转轴Ax垂直的剖视观察下,厚壁部10的负压面形成为向正压面侧凸出的圆弧状的曲面。在以下的说明中,将厚壁部10的负压面的曲面称为第一曲面101。

[0037] 厚壁部10的板厚T1优选设定为例如3mm以上。另外,在与叶片4的旋转轴Ax垂直的剖视观察下,叶片4的前缘8中正压面侧的曲率半径和负压面的曲率半径均优选设定为1.5mm以上。

[0038] 薄壁部11是设置于叶片4中的相比于厚壁部10靠下游侧(即相比于厚壁部10靠后缘9的一侧)且板厚比厚壁部10薄的部位。如图2所示,在与叶片4的旋转轴Ax垂直的剖视观察下,薄壁部11的负压面也形成为向正压面侧凸出的圆弧状的曲面。在以下的说明中,将薄壁部11的负压面的曲面称为第二曲面111。相对于上述厚壁部10的第一曲面101,薄壁部11的第二曲面111位于正压面侧。

[0039] 薄壁部11的板厚T2优选设定为相对于厚壁部10的板厚T1例如为75%以下。关于其理由,将在后面说明。

[0040] 台阶部12是设置在厚壁部10与薄壁部11之间、且板厚从厚壁部10侧朝向薄壁部11侧向正压面侧减少的部位。即,台阶部12也可以称为板厚从上游侧向下游侧变小的板厚减少部。

[0041] 在图3中,用单点划线A表示厚壁部10与台阶部12的边界,用单点划线B表示台阶部12与薄壁部11的边界。但是,这些边界线是为了说明而记载的,实际上,厚壁部10、台阶部12和薄壁部11形成为一体。

[0042] 台阶部12的负压面121以平滑的曲面形状连接厚壁部10的第一曲面101和薄壁部11的第二曲面111。即,台阶部12与厚壁部10的边界的负压面形成为平滑的曲面形状。另外,台阶部12与薄壁部11的边界的负压面也形成为平滑的曲面形状。而且,在第一实施方式中,在与叶片4的旋转轴Ax垂直的剖视观察下,台阶部12的负压面121形成为向正压面侧凸出的

曲面状。

[0043] 如图3所示,在与叶片4的旋转轴 A_x 垂直的剖视观察下,将台阶部12的负压面121中的中央部的切线称为第一切线L1。另外,将厚壁部10的负压面中的台阶部12侧的部位的切线称为第二切线L2。在第一实施方式中,该第1切线L1与第2切线L2所成的角 θ_1 被设为锐角。具体而言,第1切线L1与第2切线L2所成的角 θ_1 例如被设为 $20^\circ \sim 70^\circ$ 的范围。

[0044] 在图1中,为了便于说明,对在叶片4的负压面设置有台阶部12的位置标注交叉影线而示出。台阶部12与护罩2的吸入口5的内径D1相比设置在径向外侧的位置。

[0045] 另外,在图2中,用双点划线C、D表示将叶片长度三等分的线。此外,叶片长度是指沿着叶片4的中弧线的长度。台阶部12仅设置于将叶片长度三等分时的中央区域。而且,在第一实施方式中,台阶部12仅设置于将叶片长度三等分时的前缘8侧的边界线C与将叶片长度二等分时的边界线E之间的区域。

[0046] 接着,参照图4对本实施方式的涡轮风扇1旋转了时的空气的流动和由此带来的作用效果进行说明。

[0047] 当涡轮风扇1旋转时,从吸入口5吸入的空气从叶片4的前缘8向叶片间流路流动。此时,如图4的箭头F1、F2所示,在叶片4的前缘8附近流动的空气由于附壁效应而沿着叶片4的正压面或负压面在叶片间流路中流动。在此,如上所述,在本实施方式中,是叶片间流路从设置在叶片4的中途的台阶部12急剧扩大的结构。因此,在沿着叶片4的负压面的气流中产生的速度边界层以厚壁部10与台阶部12的边界为起点被扰乱。而且,以该边界为剥离点在下游侧产生紊流边界层。因此,从剥离点朝向下游侧,薄壁部11的负压面(即第二曲面111)与主流F3的距离逐渐变远。因此,与叶片4的后缘9的负压面碰撞的气流F4的流速梯度小,因此噪音降低。

[0048] 另外,在本实施方式中,台阶部12为板厚从厚壁部10侧朝向薄壁部11侧而向正压面侧减少的结构。因此,在厚壁部10与台阶部12的边界(即气流的剥离点)产生的速度梯度大的旋涡V1几乎不与台阶部12的负压面121干涉地在叶片间流路中向下游侧流动。因此,在厚壁部10与台阶部12的边界(即气流的剥离点)产生的噪音小。

[0049] 而且,在本实施方式中,在叶片4的负压面上,台阶部12与厚壁部10的边界以平滑的曲面形状连接,台阶部12与薄壁部11的边界也以平滑的曲面形状连接。而且,台阶部12的负压面121形成为向正压面侧凸出的曲面状。因此,即使在厚壁部10与台阶部12的边界(即气流的剥离点)产生的旋涡V1与台阶部12的负压面121干涉,在此产生的噪音也小。

[0050] 接着,为了与本实施方式的涡轮风扇1进行比较,对比较例的涡轮风扇100旋转了时的空气的流动和由此带来的作用效果进行说明。

[0051] 如图5所示,比较例的涡轮风扇100是下述的结构:在叶片4未设置台阶部12,并且,叶片4的负压面从前缘8到后缘9由一个圆弧状的曲面形成。

[0052] 在比较例中,当涡轮风扇100旋转时,从吸入口5吸入的空气也从叶片4的前缘8向叶片间流路流动。此时,如箭头F1、F2所示,在叶片4的前缘8的附近流动的空气由于附壁效应而沿着叶片4的正压面或负压面在叶片间流路中流动。而且,在比较例中,由于没有设置台阶部12,因此,如箭头F3所示,在叶片间流路中流动的主流沿着叶片4的正压面或负压面在叶片间流路中向后缘9流动。而且,在比后缘9稍靠上游侧的负压面产生气流的剥离,由于该剥离而产生速度梯度大的旋涡V3。该速度梯度大的旋涡V3与叶片4的后缘9干涉,从而产

生噪音。

[0053] 在此,在图6示出对第一实施方式所涉及的涡轮风扇1和比较例的涡轮风扇100的噪音进行比较的实验结果。

[0054] 在该实验中,使第一实施方式所涉及的涡轮风扇1和比较例的涡轮风扇100以相同的转速旋转,比较了噪音。

[0055] 如图6的图表所示,根据该实验,第一实施方式所涉及的涡轮风扇1相对于比较例的涡轮风扇100能够将噪音降低1.5dB。

[0056] 此外,在图7示出对在第一实施方式的涡轮风扇1的结构中叶片4的板厚减少比例与低噪音效果的关系进行了实验的结果。

[0057] 此外,板厚减少比例是指使薄壁部11的板厚T2相对于厚壁部10的板厚T1减少的比例。

[0058] 在该实验中,准备板厚减少比例不同的多个涡轮风扇1,测定使该多个涡轮风扇1以规定的转速旋转了时的低噪音效果。在该实验中,将涡轮风扇1的转速设为3200rpm,将风量设为535m³/min。此外,在图7的图表中,板厚减少比例为1的是相当于不具有台阶部12的比较例的涡轮风扇100的结构。

[0059] 从图7的图表读取到下述内容:在将板厚减少比例设为75%以下时,低噪音效果变得极大。另外,读取到下述内容:如果将板厚减少比例设为60%以下,则低噪音效果为1.5dB以上。

[0060] 以上说明的本实施方式的涡轮风扇1起到如下的作用效果。

[0061] (1) 在本实施方式中,是在叶片4的厚壁部10与薄壁部11之间设置有使叶片间流路急剧扩大的台阶部12的结构。由此,能够以厚壁部10与台阶部12的边界为起点扰乱在沿着厚壁部10的负压面的气流中产生的速度边界层,并以该边界为气流的剥离点产生紊流边界层,使主流F3从薄壁部11的负压面向旋转方向后侧远离。因此,该涡轮风扇1与上述比较例的涡轮风扇100相比,使沿着叶片4的负压面的气流的剥离的产生位置向前方偏移、减小与叶片4的后缘9的负压面碰撞的气流F4的速度梯度,由此能够降低噪音。

[0062] 另外,由于台阶部12是板厚从上游侧朝向下游侧而向正压面侧减少的形状,因此能够使在厚壁部10与台阶部12的边界(即气流的剥离点)产生的速度梯度大的旋涡V1与台阶部12的负压面121的干涉距离增大。因此,能够降低在厚壁部10与台阶部12的边界(即气流的剥离点)产生的噪音。

[0063] (2) 在本实施方式中,台阶部12设置于将叶片长度三等分时的中央区域。

[0064] 在此,将叶片长度三等分时的前缘8侧的区域(以下称为“前区域”)具有使从叶片4的入口流入的气流沿着叶片4的壁面流动、提高针对气流的流入角的鲁棒性的功能,因此不优选设置台阶部12。

[0065] 另一方面,假设在将叶片长度三等分时的后缘9侧的区域(以下称为“后区域”)设置台阶部12,则以此处为起点产生了剥离的速度梯度大的旋涡会与叶片4的后缘9的负压面碰撞,因此难以降低噪音。

[0066] 与此相对,在本实施方式中,由于在前区域未设置台阶部12,因此能够提高针对气流的流入角的鲁棒性。而且,能够利用设置于中央区域的台阶部12扰乱沿厚壁部10的负压面流动的气流,并以该台阶部为气流的剥离点产生紊流边界层,使主流F3从薄壁部11的负

压面向旋转方向后侧远离。因此,本实施方式的涡轮风扇1通过减小与叶片4的后缘9的负压面碰撞的气流F4的速度梯度而能够降低噪音。

[0067] (3) 在本实施方式中,台阶部12与护罩2的吸入口5的内径D1相比设置在径向外侧的位置。

[0068] 在此,假设在与护罩2的吸入口5的内径D1相比靠径向内侧的位置设置台阶部12,则难以使从叶片4的入口流入的气流从叶片4的前缘8沿着厚壁部10的壁面流向叶片间流路。

[0069] 与此相对,在本实施方式中,由于在与护罩2的吸入口5的内径D1相比靠径向内侧的位置未设置台阶部12,因此能够使从叶片4的入口流入的气流从叶片4的前缘8沿着厚壁部10的壁面流向叶片间流路。因此,能够提高针对气流的流入角的鲁棒性。

[0070] (4) 在本实施方式中,台阶部12与厚壁部10的边界的负压面形成为平滑的曲面形状。

[0071] 在此,假设在台阶部12与厚壁部10的边界处的负压面上形成角部,则在厚壁部10与台阶部12的边界(即气流的剥离点)产生的速度梯度大的旋涡V1与该角部干涉而有可能产生噪音。

[0072] 与此相对,在本实施方式中,在台阶部12与厚壁部10的边界处的负压面上未形成角部,从而,即使在厚壁部10与台阶部12的边界(即气流的剥离点)产生旋涡V1,也能够降低在此产生的噪音。

[0073] (5) 在本实施方式中,优选将薄壁部11的板厚T2相对于厚壁部10的板厚T1设定为75%以下。

[0074] 由此,根据上述的实验结果,通过将薄壁部11的板厚T2相对于厚壁部10的板厚T1设定为75%以下,能够使低噪音效果变得极大。根据上述的实验结果,能够将噪音降低1.5dB以上。

[0075] (6) 在本实施方式中,在与叶片4的旋转轴Ax垂直的剖视观察下,台阶部12的负压面121为向正压面侧凸出的曲面状。

[0076] 由此,在厚壁部10与台阶部12的边界(即气流的剥离点)产生的旋涡与台阶部12的负压面121的距离变远,因此能够降低在此产生的噪音。

[0077] (7) 在本实施方式中,在与叶片4的旋转轴Ax垂直的剖视观察下,台阶部12的负压面121中的中央部的第一切线L1与厚壁部10的负压面中的台阶部12侧的部位的第二切线L2所成的角 $\theta 1$ 为锐角。

[0078] 由此,在台阶部12与厚壁部10的边界处的负压面上未形成角部,从而,即使在厚壁部10与台阶部12的边界(即气流的剥离点)产生旋涡,也能够降低在此产生的噪音。

[0079] (8) 在本实施方式中,在与叶片4的旋转轴Ax垂直的剖视观察下,叶片4的前缘8中正压面侧的曲率半径和负压面的曲率半径均优选设定为1.5mm以上。并且,叶片4的前缘8的板厚T1优选设定为3mm以上。

[0080] 由此,通过加厚前缘8的板厚T1,从而能够使从叶片4的吸入口流入的气流从叶片4的前缘8沿着壁面流向叶片间流路。因此,能够提高针对气流的流入角的鲁棒性。

[0081] (第二实施方式)

[0082] 参照图8对第二实施方式进行说明。第二实施方式相对于第一实施方式变更了叶

片4的台阶部12的结构,其他与第一实施方式相同,因此仅对与第一实施方式不同的部分进行说明。

[0083] 在图8中,为了便于说明,也对在叶片4的负压面上设置有台阶部12的位置标注交叉影线进行示出。另外,用双点划线表示包含叶片4的后缘9与护罩2的切点P且与旋转轴Ax垂直的假想线H。

[0084] 如图8所示,在第二实施方式中,台阶部12形成在叶片4的后缘9的高度范围内。即,台阶部12形成在上述的假想线H与主板3之间。根据该结构,能够在叶片4的后缘9的高度范围内使主流从叶片4的后缘9的负压面向旋转方向后侧远离。因此,能够降低在叶片4的后缘9产生的噪音。

[0085] (第三实施方式)

[0086] 参照图9对第三实施方式进行说明。第三实施方式也相对于第一实施方式等变更了台阶部12的结构,其他与第一实施方式等相同,因此仅对与第一实施方式等不同的部分进行说明。

[0087] 在图9中,也为了便于说明,对在叶片4的负压面上设置有台阶部12的位置标注交叉影线而示出。如图9所示,在第三实施方式中,台阶部12形成为从护罩2侧朝向主板3侧而向径向内侧延伸。根据该结构,为了应对主板3侧的快速气流,通过使主板3侧的快速气流在远离后缘9的位置剥离,从而能够使主流从叶片4的后缘9的负压面向旋转方向后侧进一步远离。因此,能够减小与叶片4的后缘9的负压面碰撞的气流的流速梯度,降低噪音。

[0088] (第四实施方式)

[0089] 参照图10对第四实施方式进行说明。第四实施方式相对于第一实施方式等变更了台阶部12的结构,其他与第一实施方式等相同,因此仅对与第一实施方式等不同的部分进行说明。

[0090] 如图10所示,在第四实施方式中,在与叶片4的旋转轴Ax垂直的剖视观察下,台阶部12的负压面121中的中央部的第一切线L1与厚壁部10的负压面中的台阶部12侧的部位的第二切线L2所成的角 θ_2 被设为大约 90° 。在该结构中,也能够以厚壁部10与台阶部12的边界为起点扰乱在沿着厚壁部10的负压面的气流中产生的速度边界层,并以该边界为气流的剥离点产生紊流边界层,使主流从薄壁部11的负压面向旋转方向后侧远离。因此,在第四实施方式中,也能够通过使沿着叶片4的负压面的气流的剥离的产生位置向前方偏移、减小与叶片4的后缘9的负压面碰撞的气流的速度梯度,从而降低噪音。

[0091] (其他实施方式)

[0092] (1) 在上述各实施方式中,对涡轮风扇1是主板3、护罩2和多个叶片4一体构成的封闭式风扇进行了说明,但不限于此。涡轮风扇1也可以设为主板3和多个叶片4一体构成而多个叶片4和护罩2由不同的部件构成的开放式风扇。

[0093] (2) 在上述第一实施方式中,台阶部12被说明为仅设置于将叶片长度三等分时的前缘8侧的边界线C与将叶片长度二等分时的边界线E之间的区域,但不限于此。台阶部12只要设置于将叶片长度三等分时的前缘8侧的边界线C与将叶片长度三等分时的后缘9侧的边界线D之间的区域即可。

[0094] (3) 在上述第一实施方式中,说明了厚壁部10的板厚T1优选设定为例如3mm以上、且叶片4的前缘8中正压面侧的曲率半径和负压面的曲率半径均优选设定为1.5mm以上,但

不限于此。厚壁部10的板厚T1以及与旋转轴Ax垂直的剖视观察下的前缘8的曲率半径可以任意地设定。

[0095] 本发明并不限于上述的实施方式,能够适当进行变更。另外,上述各实施方式并不是彼此没有关系的,除了明确不能组合的情况以外,均能够适当进行组合。另外,在上述各实施方式中,构成实施方式的要素除了已特别明示为是必需的情况和在原理上明确认为是必需的情况等以外,并不一定是必需的,这一点自不待言。另外,在上述各实施方式中,在提到实施方式的构成要素的个数、数值、量、范围等数值的情况下,除了已特别明示为是必需的情况和在原理上明确地限定于特定的数的情况等以外,并不限于该特定的数。另外,在上述各实施方式中,当提到构成要素等的形状、位置关系等时,除了已特别明示的情况和在原理上限定于特定的形状、位置关系等的情况等以外,并不限于该形状、位置关系等。

[0096] (总结)

[0097] 根据上述的实施方式的一部分或者全部所示的第一观点,涡轮风扇具备:具有空气的吸入口的护罩、设置在该护罩的旋转轴方向上的主板以及在护罩与主板之间绕旋转轴设置的多个叶片。涡轮风扇所具备的多个叶片具有厚壁部、薄壁部和台阶部。厚壁部是形成于前缘侧的板厚较厚的部位。薄壁部是与厚壁部相比设置于后缘侧且板厚比厚壁部薄的部位。台阶部是设置在厚壁部与薄壁部之间且板厚从厚壁部侧朝向薄壁部侧向正压面侧减少的部位。而且,在与叶片的旋转轴垂直的剖视观察下,相对于形成厚壁部的负压面的圆弧状的第一曲面,形成薄壁部的负压面的圆弧状的第二曲面位于正压面侧,并且,第一曲面和第二曲面通过台阶部的负压面而连接。

[0098] 根据第二观点,台阶部设置于将叶片长度三等分时的中央区域。

[0099] 由此,由于在前区域未设置台阶部,因此能够提高针对气流的流入角的鲁棒性。而且,能够利用设置于中央区域的台阶部扰乱沿厚壁部的负压面流动的气流,并将该台阶部作为气流的剥离点而产生紊流边界层,使主流从负压面向旋转方向后侧远离。因此,通过减小与叶片的后缘的负压面碰撞的气流的速度梯度而能够降低噪音。

[0100] 根据第三观点,叶片的前缘与护罩的吸入口的内径相比位于径向内侧。另外,台阶部与护罩的吸入口的内径相比设置在径向外侧的位置。

[0101] 由此,由于在与护罩的吸入口的内径相比靠径向内侧的位置未设置台阶部,因此能够使从叶片的入口流入的气流从叶片的前缘沿着厚壁部的壁面流向叶片间流路。因此,能够提高针对气流的流入角的鲁棒性。

[0102] 根据第四观点,台阶部与厚壁部的边界的负压面形成为平滑的曲面形状。

[0103] 由此,在台阶部与厚壁部的边界处的负压面上未形成角部,从而,即使在厚壁部与台阶部的边界(即气流的剥离点)产生旋涡,也能够降低在此产生的噪音。

[0104] 根据第五观点,薄壁部的板厚相对于厚壁部的板厚为75%以下。

[0105] 由此,根据发明者们的实验可知,在将薄壁部的板厚相对于厚壁部的板厚设为75%以下时,低噪音效果变得极大。根据实验,能够将噪音降低1.5dB以上。

[0106] 根据第六观点,在与叶片的旋转轴垂直的剖视观察下,台阶部的负压面为向正压面侧凸出的曲面状。

[0107] 由此,在厚壁部与台阶部的边界(即气流的剥离点)产生的旋涡与台阶部的负压面的距离变远,因此能够降低在此产生的噪音。

[0108] 根据第七观点,在与叶片的旋转轴垂直的剖视观察下,台阶部的负压面中的中央部的切线与厚壁部的负压面中的台阶部侧的部位的切线所成的角为锐角。

[0109] 由此,在台阶部与厚壁部的边界处的负压面上未形成角部,从而,即使在厚壁部与台阶部的边界(即气流的剥离点)产生旋涡,也能够降低在此产生的噪音。

[0110] 根据第八观点,在与叶片的旋转轴垂直的剖视观察下,叶片的前缘中的正压面侧的曲率半径和负压面的曲率半径均为1.5mm以上,且叶片的前缘的板厚为3mm以上。

[0111] 由此,通过加厚前缘的板厚,从而能够使从叶片的吸入口流入的气流从叶片的前缘沿着壁面流向叶片间流路。因此,能够提高针对气流的流入角的鲁棒性。

[0112] 根据第九观点,台阶部至少形成在叶片的后缘的高度范围内。

[0113] 由此,能够至少在叶片的后缘的高度范围内使主流从叶片的后缘的负压面向旋转方向后侧远离,能够降低在叶片的后缘产生的噪音。

[0114] 根据第十观点,台阶部形成为从护罩侧朝向主板侧向径向内侧延伸。

[0115] 由此,为了应对主板侧的快速气流,通过使主板侧的快速气流在远离后缘的位置剥离,从而能够使叶片的后缘的负压面与主流的距离增大。因此,能够减小与叶片的后缘的负压面碰撞的气流的流速梯度,降低噪音。

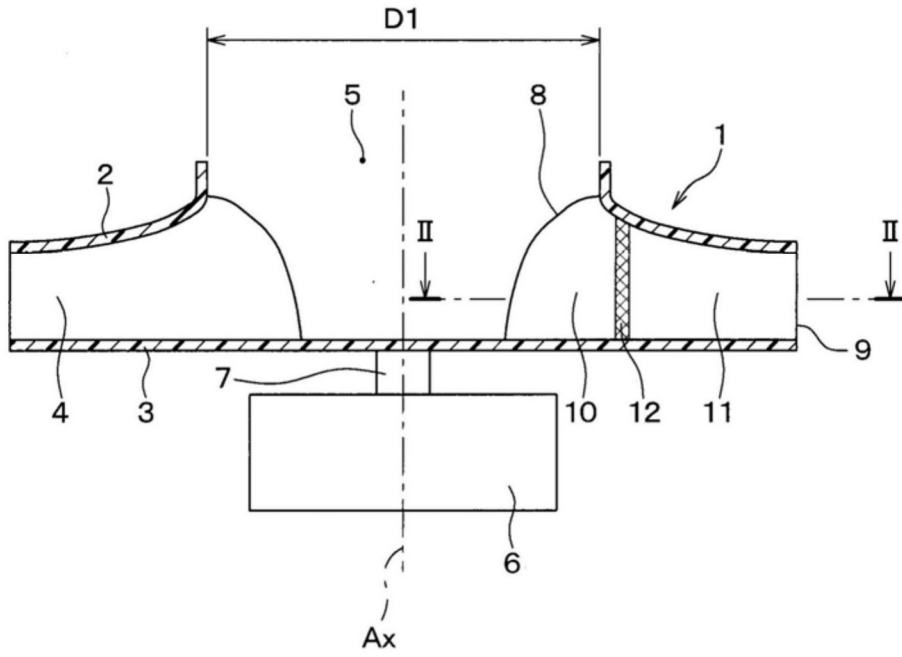


图1

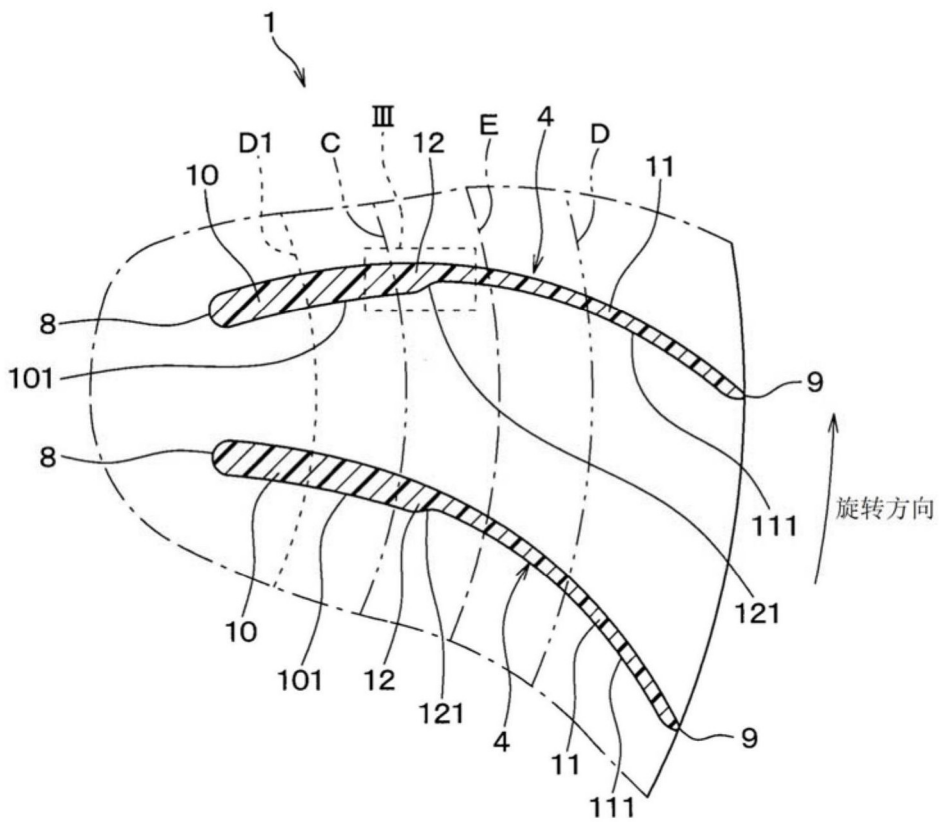


图2

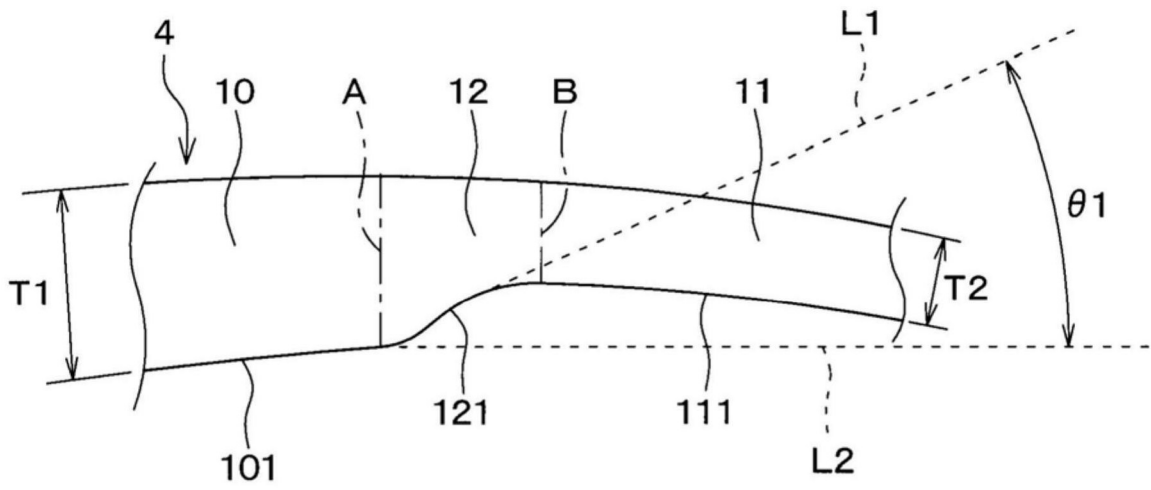


图3

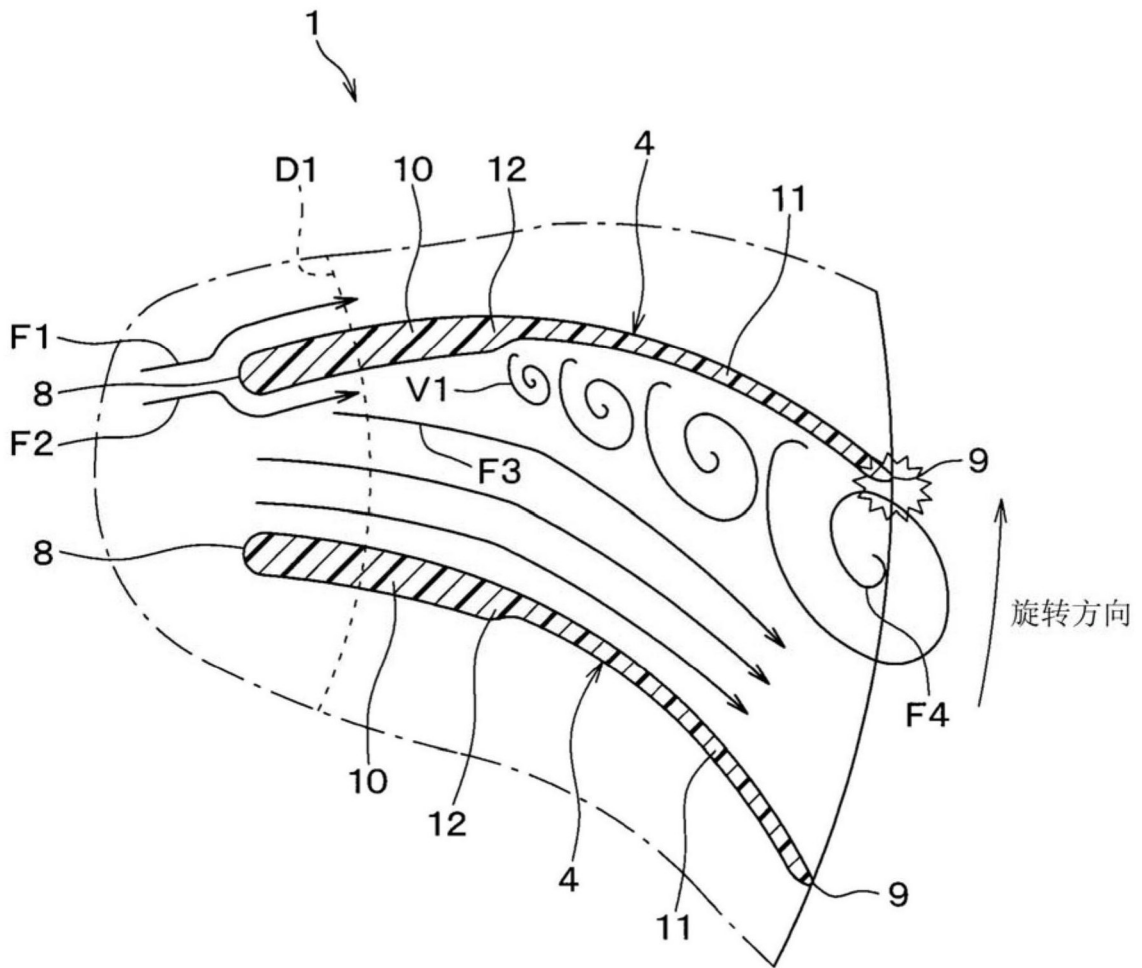


图4

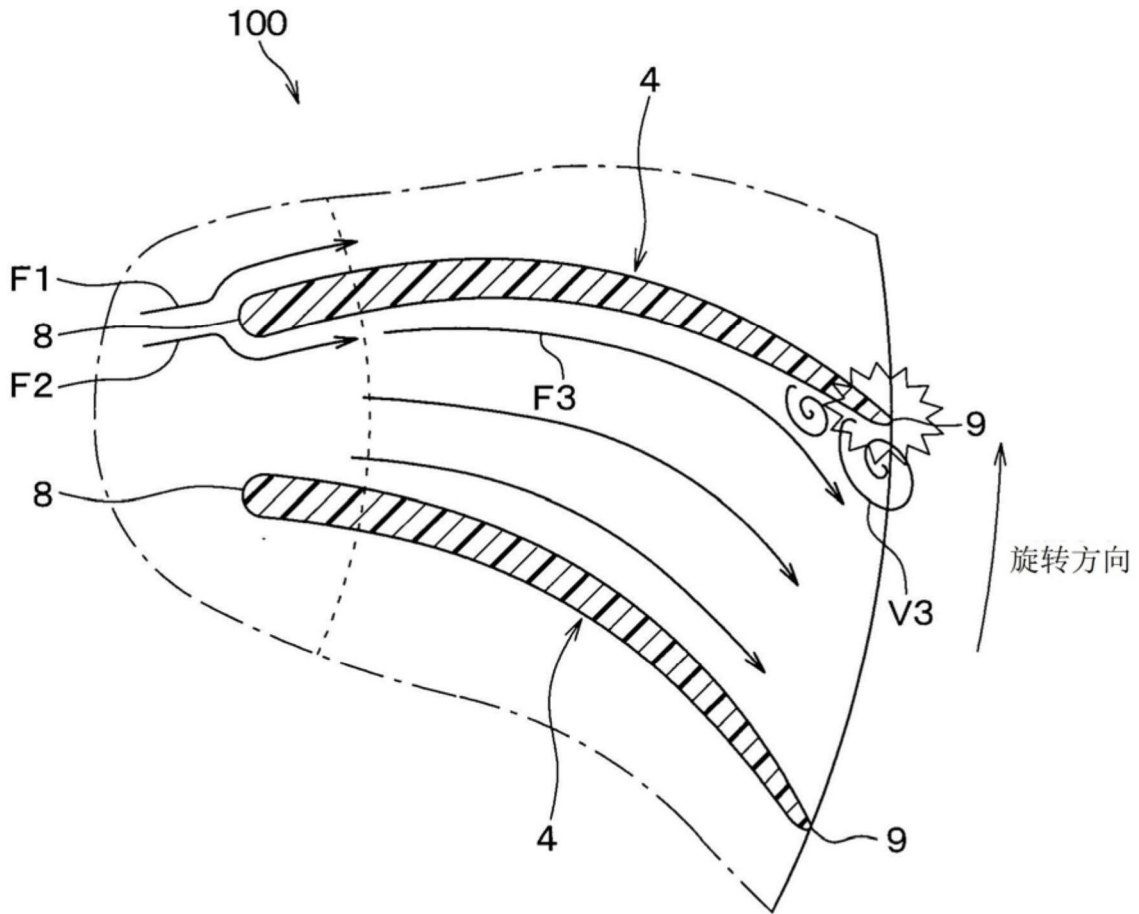


图5

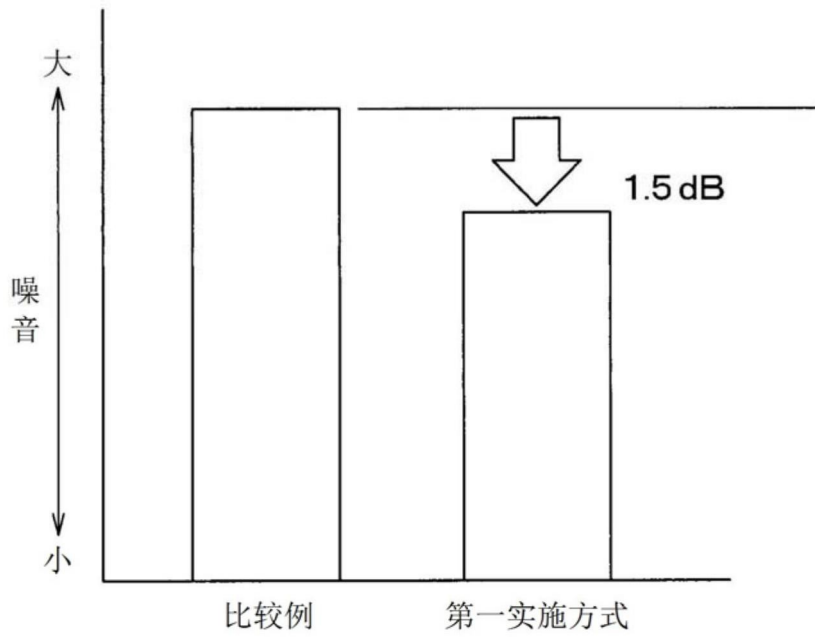


图6

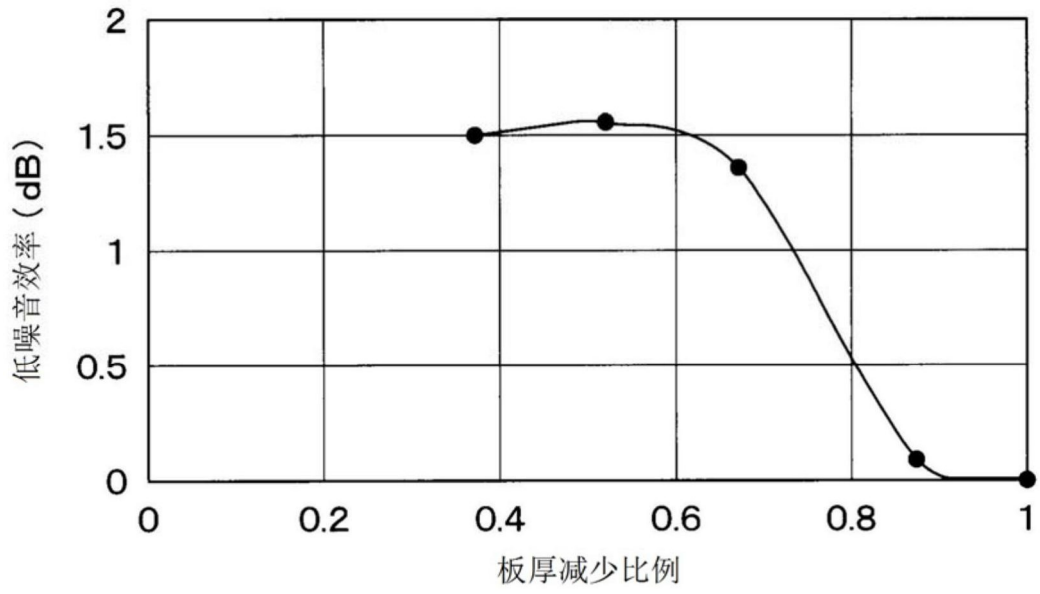


图7

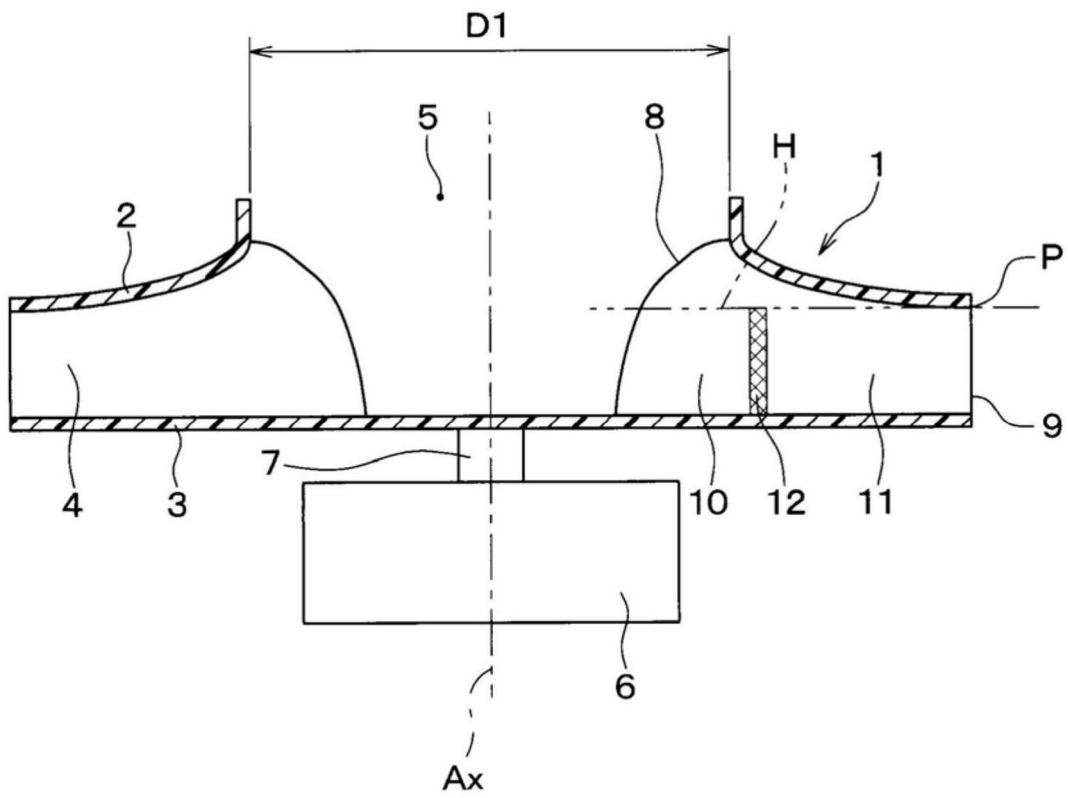


图8

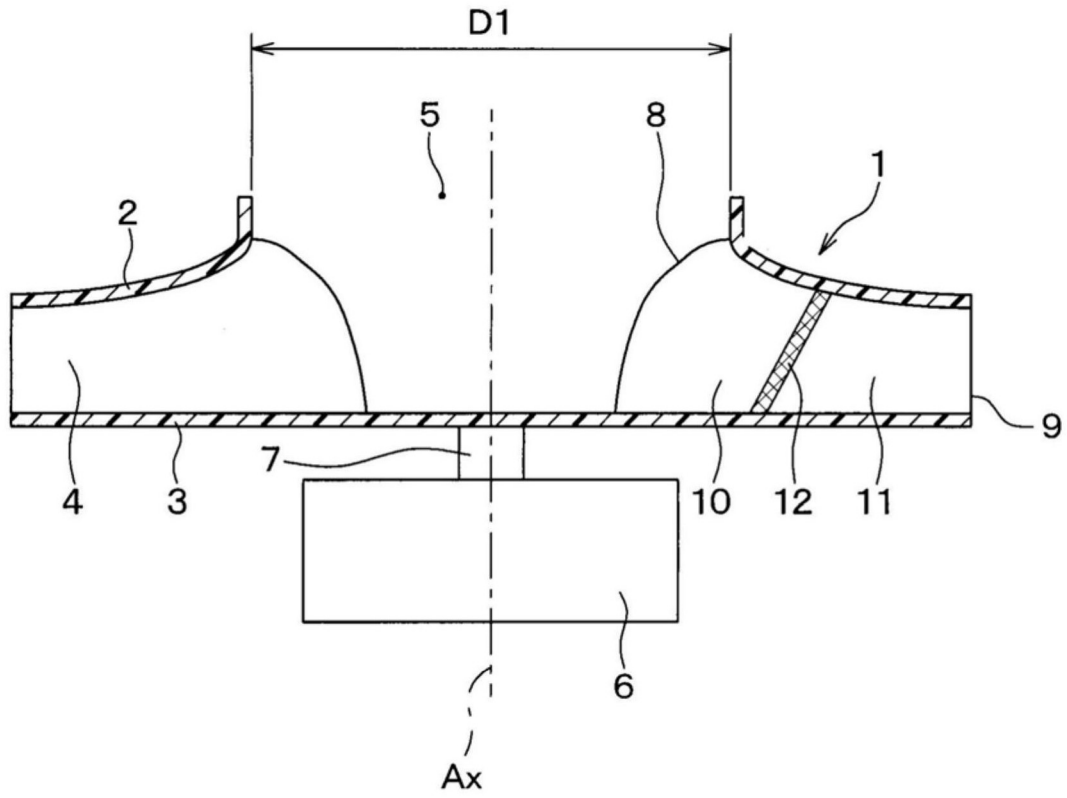


图9

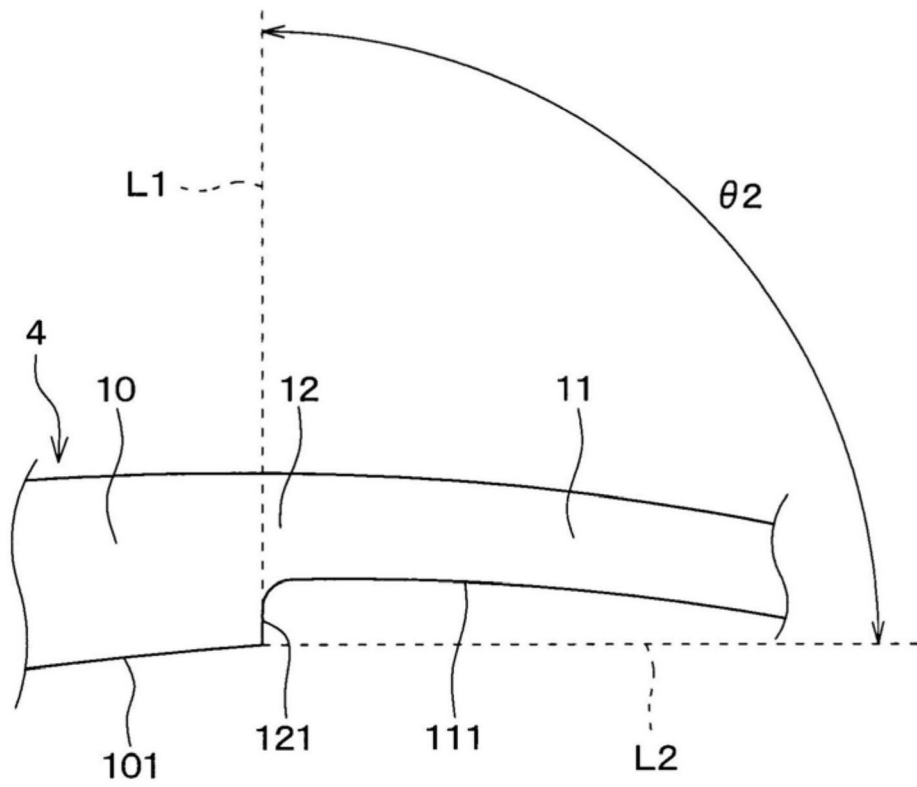


图10