



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110036208 B

(45) 授权公告日 2021.05.28

(21) 申请号 201780075347.4  
 (22) 申请日 2017.02.08  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 110036208 A  
 (43) 申请公布日 2019.07.19  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2019.06.05  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/JP2017/004610 2017.02.08  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02018/146752 JA 2018.08.16  
 (73) 专利权人 三菱重工发动机和增压器株式会社  
 地址 日本神奈川县  
 (72) 发明人 岩切健一郎

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
 11105  
 代理人 陈蕴辉

(51) Int.Cl.  
 F04D 29/30 (2006.01)

(56) 对比文件  
 US 2012328447 A1, 2012.12.27  
 US 8414249 B2, 2013.04.09  
 WO 2016063604 A1, 2016.04.28  
 CN 1314552 A, 2001.09.26  
 CN 105201904 A, 2015.12.30  
 CN 1096858 A, 1994.12.28  
 CN 103671265 A, 2014.03.26  
 CN 105308272 A, 2016.02.03  
 US 4152092 A, 1979.05.01  
 US 5403149 A, 1995.04.04

审查员 杜斌

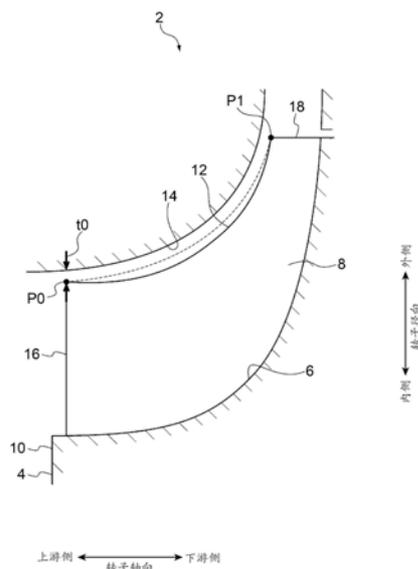
权利要求书1页 说明书8页 附图11页

(54) 发明名称

离心压缩机以及涡轮增压器

(57) 摘要

一种离心压缩机,具备:转子,所述转子包括轮毂和设置在轮毂的外周面的叶片;以及壳体,所述壳体以隔着间隙与叶片的前端相向的方式围绕转子,其中,在将叶片的前缘位置处的叶片的前端与壳体之间的间隙的尺寸设为 $t_0$ 时,叶片的前端和壳体在转子的轴向上的比前缘位置靠下游侧的至少一部分范围内,具有比尺寸 $t_0$ 大的间隙。



1. 一种离心压缩机,具备:

转子,所述转子包括轮毂和设置在所述轮毂的外周面的叶片;以及壳体,所述壳体以隔着间隙与所述叶片的前端相向的方式围绕所述转子,其中,

在将所述叶片的前缘位置处的所述叶片的前端与所述壳体之间的间隙的尺寸设为 $t_0$ 时,

所述叶片的所述前端和所述壳体在所述转子的轴向上的比所述前缘位置靠下游侧的至少一部分范围内,具有比所述尺寸 $t_0$ 大的间隙,

从所述前缘位置起到所述叶片的后缘位置为止的所述叶片的所述前端与所述壳体之间的间隙的尺寸分布中的所述间隙的最大值 $t_{MAX}$ 满足 $1.1t_0 \leq t_{MAX} \leq 1.5t_0$ 。

2. 如权利要求1所述的离心压缩机,其中,

在将沿着所述叶片的所述前端的从所述前缘位置起的子午面长度设为 $L$ 、将沿着所述叶片的所述前端的从所述前缘位置起到所述叶片的后缘位置为止的子午面长度设为 $L_1$ 时,

所述叶片的所述前端和所述壳体在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围的至少一部分范围内,具有比所述尺寸 $t_0$ 大的间隙。

3. 如权利要求2所述的离心压缩机,其中,

从所述前缘位置起到所述后缘位置为止的所述叶片的所述前端与所述壳体之间的间隙的尺寸分布中的所述间隙的最大值的位置位于 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围内。

4. 如权利要求1~3中任一项所述的离心压缩机,其中,

在将沿着所述叶片的所述前端的从所述前缘位置起的子午面长度作为横轴、将所述叶片的所述前端与所述壳体之间的间隙的尺寸作为纵轴的情况下的、从所述前缘位置起到所述叶片的后缘位置为止的所述间隙的尺寸分布,包括向上方凸出的平滑的弯曲凸形状。

5. 如权利要求4所述的离心压缩机,其中,

在所述间隙的尺寸分布中,所述弯曲凸形状存在于从所述前缘位置起到所述后缘位置为止的整个范围。

6. 如权利要求4所述的离心压缩机,其中,

在所述间隙的尺寸分布中,所述间隙的尺寸在从所述前缘位置起的第一范围内恒定,所述弯曲凸形状存在于所述第一范围的下游侧的第二范围。

7. 一种涡轮增压器,其中,具备权利要求1~6中任一项所述的离心压缩机。

## 离心压缩机以及涡轮增压器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及压缩机以及涡轮增压器。

### 背景技术

[0002] 在离心压缩机以及轴流压缩机中,叶片的前端与壳体之间的间隙中的从压力面侧向负压面侧的泄漏流(以下,称为“间隙流”)是对效率造成影响的主要原因。

[0003] 在叶片的负压面上扩展的边界层(低能量流体)通过离心力的作用而集聚在叶片的前端附近,通过间隙流卷起而形成涡流(以下,称为“叶片端泄漏涡流”)。低能量流体集聚在叶片端泄漏涡流的涡流中心部,尤其是在高压力工作点,集聚的低能量流体有时会因压力上升(逆压力梯度)而产生逆流。这样的现象被称为“涡流破坏”,成为产生损失的较大的主要原因。

[0004] 为了抑制这样的损失产生而采取了抑制间隙流自身的措施。例如在专利文献1所记载的叶片中,利用在叶片的端面呈檐状形成的末端间隙减少用板,来谋求抑制间隙流。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本特开2004-124813号公报

### 发明内容

[0008] 发明要解决的课题

[0009] 在专利文献1所记载那样的将檐状的末端间隙减少用板形成于叶片的端面的情况下,叶片的结构变得复杂,成为成本上升的主要原因。另外,通过抑制间隙流,叶片面边界层容易集聚在叶片的前端附近,存在涡流作为搅起涡流在流路内涡旋上升的情况,间隙流的抑制不一定带来高效率化。

[0010] 本发明的至少一实施方式是鉴于上述那样的现有课题而作出的,其目的在于提供一种高效的压缩机以及具备该压缩机的涡轮增压器。

[0011] 用于解决课题的方案

[0012] (1) 本发明的至少一实施方式的离心压缩机具备:转子,所述转子包括轮毂和设置在所述轮毂的外周面的叶片;以及壳体,所述壳体以隔着间隙与所述叶片的前端相向的方式围绕所述转子,其中,在将所述叶片的前缘位置处的所述叶片的前端与所述壳体之间的间隙的尺寸设为 $t_0$ 时,所述叶片的所述前端和所述壳体在所述转子的轴向上的比所述前缘位置靠下游侧的至少一部分范围内,具有比所述尺寸 $t_0$ 大的间隙。

[0013] 根据上述(1)所述的压缩机,在叶片的前缘位置,较小地维持叶片的前端与壳体之间的间隙的尺寸,从而可以抑制叶片端泄漏涡流的涡旋起始部处的间隙流的增大。由此,可以有效地抑制由叶片端泄漏涡流引起的损失的增大。

[0014] 另外,通过在比叶片的前缘位置靠下游侧的至少一部分范围如上所述相对增大间隙的尺寸,从而可以将能量大的间隙流从叶片的压力面侧经由该至少一部分范围内的间隙

向低能量流体集聚的负压面侧积极地供给。由此,可以抑制叶片的前端附近的低能量流体的集聚量的增大。因此,通过抑制叶片的负压面上的边界层的扩展而抑制叶片端泄漏涡流的破坏(涡流中心线上的逆流的产生),从而可以缩小叶片的前端附近的逆流区域或抑制逆流的产生。

[0015] 另外,在比叶片的前缘位置在一定程度上靠下游侧的位置处,压力面侧与负压面侧的差压小,因此,即便相对增大上述至少一部分范围内的间隙,也可以有效地缩小叶片的前端附近的逆流区域或有效地抑制逆流的产生而不会使来自该间隙的间隙流过度增大。

[0016] 这样,根据上述(1)所述的压缩机,可以抑制由间隙流引起的损失的增大,并且可以缩小叶片的前端附近的逆流区域或抑制逆流的产生,因此,可以实现高效的离心压缩机。

[0017] (2)在几个实施方式中,在上述(1)所述的离心压缩机中,在将沿着所述叶片的所述前端的从所述前缘位置起的子午面长度设为 $L$ 、将沿着所述叶片的所述前端的从所述前缘位置起到所述叶片的后缘位置为止的子午面长度设为 $L_1$ 时,所述叶片的所述前端和所述壳体在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围的至少一部分范围内,具有比所述尺寸 $t_0$ 大的间隙。

[0018] 根据本申请的发明人的见解,叶片端泄漏涡流从叶片的前缘产生且涡流中心部的低能量流体因压力梯度而开始产生逆流(开始产生涡流破坏)的现象倾向于在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围内产生。因此,如上述(2)所述,通过构成为使叶片的前端和壳体在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围的至少一部分范围内,具有比尺寸 $t_0$ 大的间隙,从而可以将能量大的间隙流从叶片的压力面侧向产生开始产生逆流这种现象的区域积极地供给。由此,通过抑制叶片的负压面上的边界层的扩展而有效地抑制叶片端泄漏涡流的破坏,从而可以缩小叶片的前端附近的逆流区域或抑制逆流的产生。因此,可以实现高效的离心压缩机。

[0019] (3)在几个实施方式中,在上述(2)所述的离心压缩机中,从所述前缘位置起到所述后缘位置为止的所述叶片的所述前端与所述壳体之间的间隙的尺寸分布中的所述间隙的最大值的位置位于 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围内。

[0020] 如上所述,根据本申请的发明人的见解,叶片端泄漏涡流从叶片的前缘产生且涡流中心部的低能量流体因压力梯度而开始产生逆流的现象倾向于在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围内产生。因此,如上述(3)所述,通过将上述间隙的尺寸分布中的间隙的最大值的位置设定在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围内,从而可以抑制泄漏损失(由间隙流自身引起的损失)的增大,并且有效地抑制叶片端泄漏涡流的破坏,可以缩小叶片的前端附近的逆流区域或抑制逆流的产生。因此,可以实现高效的离心压缩机。

[0021] (4)在几个实施方式中,在上述(1)至(3)中任一项所述的离心压缩机中,从所述前缘位置起到所述叶片的后缘位置为止的所述叶片的所述前端与所述壳体之间的间隙的尺寸分布中的所述间隙的最大值 $t_{MAX}$ 满足 $1.1t_0 \leq t_{MAX} \leq 1.5t_0$ 。

[0022] 从抑制上述泄漏损失的增大的观点来看,上述间隙的尺寸基本上优选为尽量减小。另外,从抑制叶片的负压面上的边界层的扩展的观点来看,上述间隙的最大值 $t_{MAX}$ 优选为具有一定程度的尺寸。因此,通过如上述(4)所述将间隙的最大值 $t_{MAX}$ 设定为满足 $1.1t_0 \leq t_{MAX} \leq 1.5t_0$ ,从而可以兼顾抑制泄漏损失的增大和抑制叶片的负压面上的边界层的扩展,可以实现高效的离心压缩机。

[0023] (5)在几个实施方式中,在上述(1)至(4)中任一项所述的离心压缩机中,在将沿着所述叶片的所述前端的从所述前缘位置起的子午面长度作为横轴、将所述叶片的所述前端

与所述壳体之间的间隙的尺寸作为纵轴的情况下的、从所述前缘位置起到所述叶片的后缘位置为止的所述间隙的尺寸分布,包括向上方凸出的平滑的弯曲凸形状。

[0024] 根据上述(5)所述的压缩机,与在叶片的前端设置狭缝等来实现上述(1)的结构的情况相比,可以抑制叶片的破损风险的增大,并且可以实现高效的离心压缩机。

[0025] (6)在几个实施方式中,在上述(5)所述的离心压缩机中,在所述间隙的尺寸分布中,所述弯曲凸形状存在于从所述前缘位置起到所述后缘位置为止的整个范围。

[0026] 根据上述(6)所述的压缩机,能够以简单的叶片结构实现高效的离心压缩机。

[0027] (7)在几个实施方式中,在上述(5)所述的离心压缩机中,在所述间隙的尺寸分布中,所述间隙的尺寸在从所述前缘位置起的第一范围内恒定,所述弯曲凸形状存在于所述第一范围的下游侧的第二范围。

[0028] 根据上述(7)所述的压缩机,例如在叶片的前缘位置附近,在壳体的内周面与转子的轴向平行地形成等情况下,能够以简单的叶片结构实现高效的离心压缩机。

[0029] (8)本发明的至少一实施方式的涡轮增压器具备上述(1)至(7)中任一项所述的离心压缩机。

[0030] 根据上述(8)所述的涡轮增压器,可以实现具备高效的压缩机的涡轮增压器。

[0031] 发明的效果

[0032] 根据本发明的至少一个实施方式,提供一种高效的压缩机以及具备该压缩机的涡轮增压器。

## 附图说明

[0033] 图1是一实施方式的离心压缩机2的沿着旋转轴线的概略剖视图(子午面图)。

[0034] 图2是表示一实施方式的离心压缩机2中的、间隙流F和在叶片8的负压面22侧产生的逆流区域A的分布的图。

[0035] 图3是表示以往的离心压缩机(如图1的虚线所示,叶片的前端与壳体之间的间隙从叶片的前缘位置到后缘位置被设定为恒定的离心压缩机)中的、间隙流F和在叶片8的负压面22侧产生的逆流区域A的分布的图。

[0036] 图4是表示一实施方式的离心压缩机2中的、从前缘剥离而集聚在叶片的前端附近的低能量流体的流线的图。

[0037] 图5是表示以往的离心压缩机(如图1的虚线所示,叶片的前端与壳体之间的间隙从叶片的前缘位置到后缘位置被设定为恒定的离心压缩机)中的、从前缘剥离而集聚在叶片的前端附近的低能量流体Fc的流线的图。

[0038] 图6是针对一实施方式的离心压缩机2和以往结构而表示高转速以及低转速下的重量流量与出口效率之间的关系关系的图。

[0039] 图7是针对一实施方式的离心压缩机2和以往结构而表示高转速以及低转速下的重量流量与压力比之间的关系关系的图。

[0040] 图8用于说明一实施方式的离心压缩机2的结构概略剖视图(子午面图)。

[0041] 图9是表示一实施方式的离心压缩机2中的、从叶片8的前缘位置P0起到叶片8的后缘位置P1为止的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸t的分布Dg的图。

[0042] 图10是表示一实施方式的离心压缩机2中的、从叶片8的前缘位置P0起到叶片8的

后缘位置P1为止的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸t的分布Dg的图。

[0043] 图11是表示一实施方式的离心压缩机2中的、从叶片8的前缘位置P0起到叶片8的后缘位置P1为止的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸t的分布Dg的图。

[0044] 图12是一实施方式的轴流压缩机3的沿着旋转轴线的概略剖视图(子午面图)。

[0045] 图13是表示一实施方式的轴流压缩机3中的、从叶片8的前缘位置P0起到叶片8的后缘位置P1为止的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸t的分布Dg的图。

[0046] 图14是一实施方式的轴流压缩机3的沿着旋转轴线的概略剖视图(子午面图)。

[0047] 图15是表示一实施方式的轴流压缩机3中的、从叶片8的前缘位置P0起到叶片8的后缘位置P1为止的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸t的分布Dg的图。

### 具体实施方式

[0048] 以下,参照附图对本发明的几个实施方式进行说明。但是,作为实施方式而记载的或附图所示的结构部件的尺寸、材质、形状、其相对配置等,其主旨并非将本发明的范围限定于此,只不过是说明例。

[0049] 例如,“在某个方向上”、“沿着某个方向”、“平行”、“正交”、“中心”、“同心”或“同轴”等表示相对或绝对的配置的表述,不仅严格地表示上述那样的配置,而且也表示以公差或能得到相同功能这种程度的角度或距离相对位移的状态。

[0050] 例如,“相同”、“相等”以及“均质”等表示处于事物相等的状态的表述,不仅表示严格地相等的状态,而且也表示存在公差或存在能得到相同功能这种程度的差的状态。

[0051] 例如,四边形或圆筒形状等表示形状的表述,不仅表示在几何学方面严格意义上的四边形或圆筒形状等形状,而且也表示在能得到相同效果的范围内包括凹凸部或倒角部等的形状。

[0052] 另一方面,“配备”、“备有”、“具备”、“包括”或“具有”一个结构要素这种表述并非是排除其他结构要素的存在的排他性的表述。

[0053] 图1是一实施方式的离心压缩机2的沿着旋转轴线的概略剖视图(子午面图)。离心压缩机2能够应用于例如汽车用、船舶用或发电发动机用的涡轮增压器、工业用的离心压缩机等。

[0054] 如图1所示,离心压缩机2具备:转子10,该转子10包括固定于未图示的旋转轴的轮毂4以及设置在轮毂4的外周面6的多个叶片8;以及壳体14,该壳体14以隔着间隙与叶片8的前端12相向的方式围绕转子10。叶片8的前端12从叶片8的前缘16到后缘18沿着壳体14延伸。

[0055] 如图1所示,若将叶片8的前缘位置P0(叶片8的前缘16与前端12的连接位置)处的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸设为 $t_0$ ,则叶片8的前端12与壳体14在比前缘位置P0靠转子10的轴向上的下游侧的至少一部分范围内,具有比尺寸 $t_0$ 大的间隙。需要说明的是,图1中的虚线是从叶片8的前缘位置P0到后缘位置P1(叶片8的后缘18与前端12的连接位置)将与壳体14相距 $t_0$ 的位置连结而成的线,示出以往的离心压缩机中的叶片的前端形状的例子。

[0056] 使用图2~图5对通过上述离心压缩机2的结构得到的效果进行说明。图2是表示一实施方式的离心压缩机2中的、间隙流和在叶片8的负压面22侧产生的逆流区域A的分布的

图。图3是表示以往的离心压缩机(如图1的虚线所示,叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸从叶片8的前缘位置P0到后缘位置P1被设定为恒定的离心压缩机)中的间隙流和在叶片8的负压面22侧产生的逆流区域A的分布的图。图4是表示一实施方式的离心压缩机2中的、从前缘16剥离而集聚在叶片8的前端12附近的低能量流体的流线的图。图5是表示以往的离心压缩机(如图1的虚线所示,叶片8的前端12与壳体14之间的间隙从叶片8的前缘位置P0到后缘位置P1被设定为恒定的离心压缩机)中的、从前缘16剥离而集聚在叶片8的前端12附近的低能量流体Fc的流线的图。

[0057] 根据上述离心压缩机2,在叶片8的前缘位置P0,较小地维持叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t_0$ ,从而如图2所示,可以抑制叶片端泄漏涡流V的涡旋起始部处的间隙流Fa的增大。由此,可以有效地抑制由叶片端泄漏涡流V引起的损失的增大。

[0058] 另外,通过使间隙的尺寸 $t$ 在比叶片8的前缘位置P0靠下游侧的至少一部分范围内如上所述比 $t_0$ 大,从而如图2以及图3所示,与以往的离心压缩机相比,可以将能量大的间隙流Fb从叶片8的压力面20侧经由该至少一部分范围内的间隙向低能量流体集聚的负压面22侧积极地供给。由此,如图4以及图5所示,与以往的离心压缩机相比,可以抑制叶片8的前端12附近的低能量流体Fc的集聚量的增大。因此,如图2以及图3所示,与以往的离心压缩机相比,通过抑制叶片8的负压面22上的边界层的扩展而抑制叶片端泄漏涡流的破坏(涡流中心线上的逆流的产生),从而可以缩小叶片8的前端12附近的逆流区域A或抑制逆流的产生。

[0059] 另外,在比叶片8的前缘位置P0在一定程度上靠下游侧的位置处,压力面20侧与负压面22侧的差压小,因此,即便相对增大上述至少一部分范围内的间隙的尺寸 $t$ ,也可以有效地缩小叶片8的前端12附近的逆流区域A或有效地抑制逆流的产生而不会使来自该间隙的间隙流Fb过度增大。

[0060] 这样,根据离心压缩机2,可以抑制由间隙流引起的损失的增大,并且可以缩小叶片8的前端12附近的逆流区域或抑制逆流的产生,因此,可以实现高效的离心压缩机。另外,根据本申请的发明人的见解,如图6以及图7所示,尤其是,在高转速区域的高压力比侧,性能提高效果变大。

[0061] 图8是用于说明一实施方式的离心压缩机2的结构概略剖视图。图9是表示一实施方式的离心压缩机2中的、从叶片8的前缘位置P0起到叶片8的后缘位置P1为止的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t$ 的分布Dg的图。在图9中,将沿着叶片8的前端12的从前缘位置P0起的子午面长度L(将前缘位置P0设为原点的情况下的沿着叶片8的前端12的子午面长度位置)作为横轴,将叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t$ 作为纵轴,示出间隙的尺寸 $t$ 的分布Dg。需要说明的是,“分布Dg”是指:将从叶片8的前缘位置P0起到叶片8的后缘位置P1为止的叶片8的前端12上的各位置处的间隙的尺寸 $t$ 在上述横轴以及纵轴上标绘时的、由标绘的各点的集合构成的线。另外,“子午面长度”是指:在子午面(在沿着转子10的旋转轴线的压缩机2的剖视图中,使叶片8的形状绕该旋转轴线进行旋转投影而得到的形状重叠的图)上规定的长度。

[0062] 在一实施方式中,例如如图8以及图9所示,若将沿着叶片8的前端12的从前缘位置P0起的子午面长度设为L、将沿着叶片8的前端12的从前缘位置P0到后缘位置P1的子午面长度设为L1,则叶片8的前端12与壳体14在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围的至少一部分中,具有比尺寸 $t_0$ 大的间隙 $t$ 。

[0063] 根据本申请的发明人的见解,叶片端泄漏涡流从叶片的前缘产生且涡流中心部的低能量流体因压力梯度而开始产生逆流(开始产生涡流破坏)的现象倾向于在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围内产生。因此,如上所述,通过构成为使叶片8的前端12与壳体14在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围(优选 $0.1L_1 \leq L \leq 0.4L_1$ 的范围、更优选 $0.2L_1 \leq L \leq 0.3L_1$ 的范围)的至少一部分中,具有比尺寸 $t_0$ 大的间隙 $t$ ,从而可以将能量大的间隙流 $F_b$ (参照图2)从叶片8的压力面20侧向产生开始产生逆流这种现象的区域积极地供给。由此,通过抑制叶片8的负压面22上的边界层的扩展而有效地抑制叶片端泄漏涡流的破坏,从而可以缩小叶片8的前端12附近的逆流区域A(参照图2)或抑制逆流的产生。因此,可以实现高效的离心压缩机。

[0064] 在一实施方式中,例如如图9所示,上述间隙的尺寸 $t$ 的分布 $D_g$ 中的间隙的最大值 $t_{MAX}$ 的位置 $P_2$ 位于 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围内(优选 $0.1L_1 \leq L \leq 0.4L_1$ 的范围内,更优选 $0.2L_1 \leq L \leq 0.3L_1$ 的范围内)。

[0065] 如上所述,根据本申请的发明人的见解,叶片端泄漏涡流从叶片的前缘产生且涡流中心部的低能量流体因压力梯度而开始产生逆流的现象倾向于在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围内产生。因此,通过将上述间隙的尺寸 $t$ 的分布 $D_g$ 中的间隙的最大值 $t_{MAX}$ 的位置 $P_2$ 设定在 $0 < L \leq 0.5L_1$ 的范围内,从而可以抑制泄漏损失(由间隙流自身引起的损失)的增大,并且有效地抑制叶片端泄漏涡流的破坏,可以缩小叶片8的前端12附近的逆流区域A(参照图2)或抑制逆流的产生。因此,可以实现高效的离心压缩机。

[0066] 在一实施方式中,如图9所示,上述间隙的尺寸 $t$ 的分布 $D_g$ 中的间隙的最大值 $t_{MAX}$ 满足 $1.1t_0 \leq t_{MAX} \leq 1.5t_0$ 。

[0067] 从抑制上述泄漏损失的增大的观点来看,上述间隙的尺寸 $t$ 基本上优选为尽量减小。另外,从抑制叶片8的负压面22上的边界层的扩展的观点来看,上述间隙的最大值 $t_{MAX}$ 优选为具有一定程度的尺寸。因此,通过如上所述将间隙的最大值 $t_{MAX}$ 设定为满足 $1.1t_0 \leq t_{MAX} \leq 1.5t_0$ ,从而可以兼顾抑制泄漏损失的增大和抑制叶片8的负压面22上的边界层的扩展,可以实现高效的离心压缩机。

[0068] 在一实施方式中,如图9所示,上述间隙的尺寸 $t$ 的分布 $D_g$ 包括向上方凸出的平滑的弯曲凸形状24。根据该结构,与在叶片8的前端12设置狭缝26等的后述的方式(例如参照图14)相比,可以抑制叶片的破损风险的增大,并且可以实现高效的离心压缩机。

[0069] 在一实施方式中,在图9所示的间隙的尺寸 $t$ 的分布 $D_g$ 中,弯曲凸形状24存在于从前缘位置 $P_0$ 到后缘位置 $P_1$ 的整个范围。根据该结构,能够以简单的叶片8的结构实现上述高效的离心压缩机。

[0070] 本发明并不限于上述实施方式,如以下所例示的那样,也包括对上述实施方式进行变形而得到的方式、将这些方式适当组合而得到的方式。以下,对与上述结构相同名称的结构标注相同的附图标记而省略基本的说明,以各实施方式的特征性的结构为中心进行说明。

[0071] 例如,在上述实施方式中,例示了如下方式:叶片8的后缘位置 $P_1$ 处的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸,与叶片8的前缘位置 $P_0$ 处的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t_0$ 相等。

[0072] 但是,本发明并不限于该方式,例如如图10所示,也可以构成为,叶片8的后缘位置 $P_1$ 处的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t_1$ ,比叶片8的前缘位置 $P_0$ 处的叶片8的

前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t_0$ 小。

[0073] 在离心压缩机中,在叶片8的前缘位置P0附近,由于转子10的离心力的影响,叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸容易变化,相比之下,在叶片8的后缘位置P1附近,叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸不容易受到转子10的离心力的影响。因此,如上所述,通过使叶片8的后缘位置P1处的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t_1$ 比叶片8的前缘位置P0处的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t_0$ 小,从而可以降低由间隙流引起的损失,可以实现高效的离心压缩机。

[0074] 另外,在上述实施方式中,例示了弯曲凸形状24存在于从前缘位置P0到后缘位置P1的整个范围的方式。

[0075] 但是,本发明并不限于该方式,例如如图11所示,也可以构成为,在从叶片8的前缘位置P0起到叶片8的后缘位置P1为止的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t$ 的分布 $D_g$ 中,间隙的尺寸 $t$ 在从前缘位置P0起的第一范围W1内恒定,弯曲凸形状24存在于第一范围W1的下游侧的第二范围W2内。

[0076] 根据该结构,例如在叶片8的前缘位置P0附近,在壳体14的内周面与转子10的轴向平行地形成等情况下,能够以简单的叶片结构实现高效的离心压缩机。

[0077] 另外,在上述实施方式中,例示了将本发明应用于离心压缩机2的情况,但本发明并不限于该方式,也可以应用于轴流压缩机3。

[0078] 在该情况下,例如如图12以及图13所示,也可以构成为,在从叶片8的前缘位置P0起到叶片8的后缘位置P1为止的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t$ 的分布 $D_g$ 中,间隙的尺寸 $t$ 随着从叶片8的前缘位置P0趋向轴向下游侧而呈直线地增加并达到最大值 $t_{MAX}$ ,随着从最大值 $t_{MAX}$ 的位置P2趋向轴向下游侧而呈直线地减少。

[0079] 另外,例如如图14以及图15所示,也可以构成为,在从叶片8的前缘位置P0起到叶片8的后缘位置P1为止的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t$ 的分布 $D_g$ 中,间隙的尺寸 $t$ 不连续地变化。在图14以及图15所示的方式中,在叶片8的前端12设置有狭缝26,间隙的尺寸 $t$ 在从前缘位置P0起的第一范围W1内取恒定值 $t_0$ ,在与第一范围W1的下游侧邻接的第二范围W2(设置有狭缝26的范围)内取恒定的最大值 $t_{MAX}$ ,在与第二范围W2的下游侧邻接的第三范围W3内取恒定值 $t_0$ 。

[0080] 在图10~图15所示的几个实施方式中也同样地,通过使叶片8的前端12与壳体14在比叶片8的前缘位置P0靠转子10的轴向上的下游侧的至少一部分范围内,具有比前缘位置P0处的叶片8的前端12与壳体14之间的间隙的尺寸 $t_0$ 大的间隙,从而可以抑制泄漏损失的增大,并且抑制叶片8的负压面22上的边界层的扩展,可以实现高效的离心压缩机。

[0081] 附图标记说明

[0082] 2 离心压缩机

[0083] 3 轴流压缩机

[0084] 4 轮毂

[0085] 6 外周面

[0086] 8 叶片

[0087] 10 转子

[0088] 12 前端

- [0089] 14 壳体
- [0090] 16 前缘
- [0091] 18 后缘
- [0092] 20 压力面
- [0093] 22 负压面
- [0094] 24 弯曲凸形状
- [0095] 26 狭缝

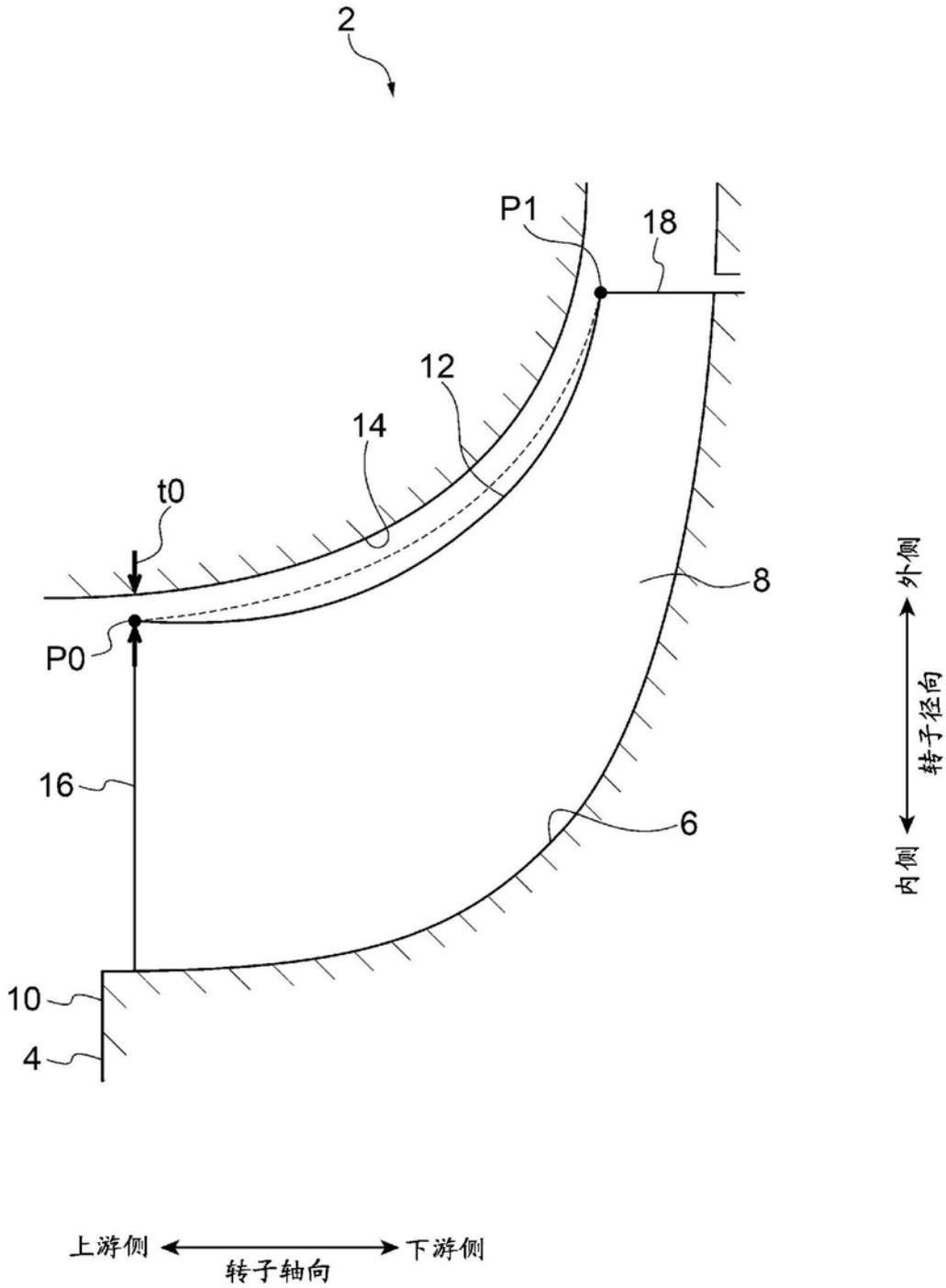


图1

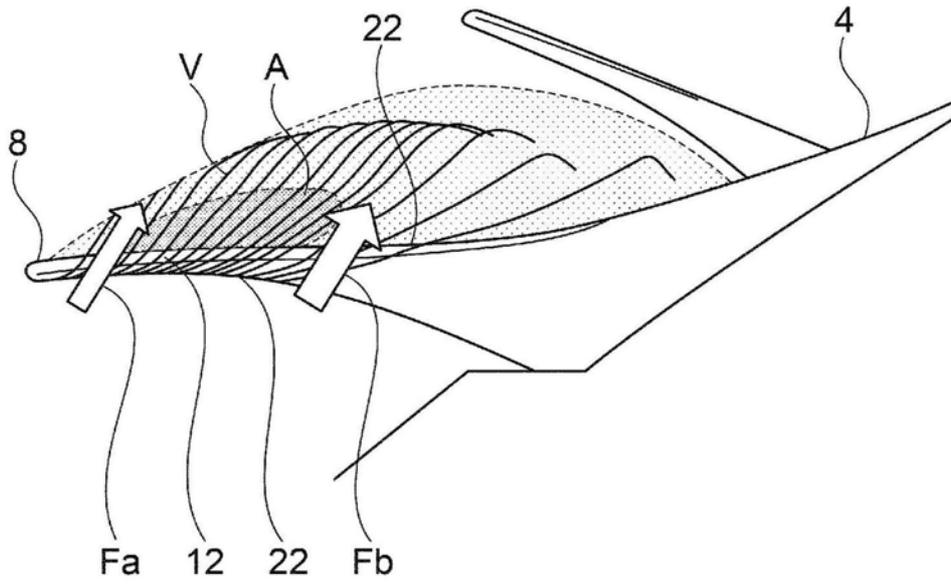


图2

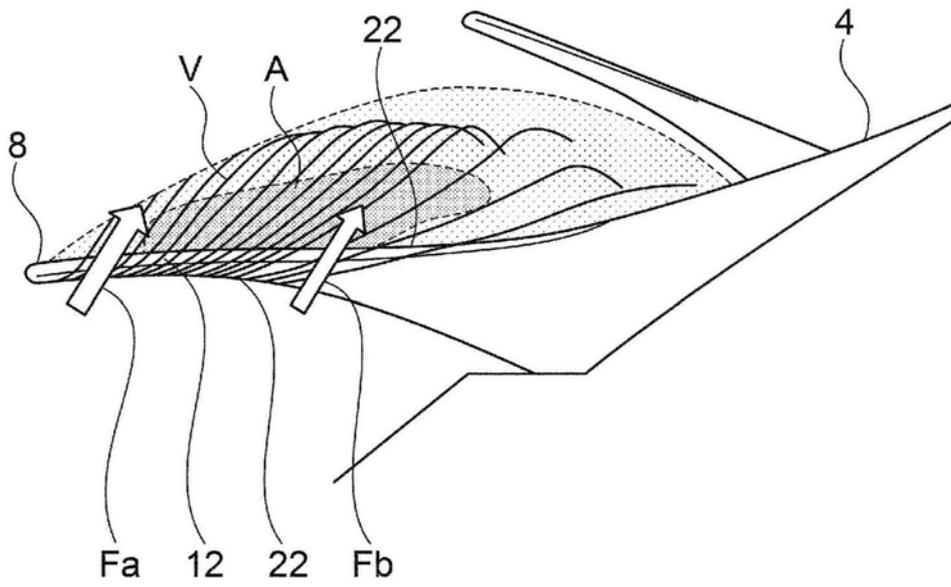


图3

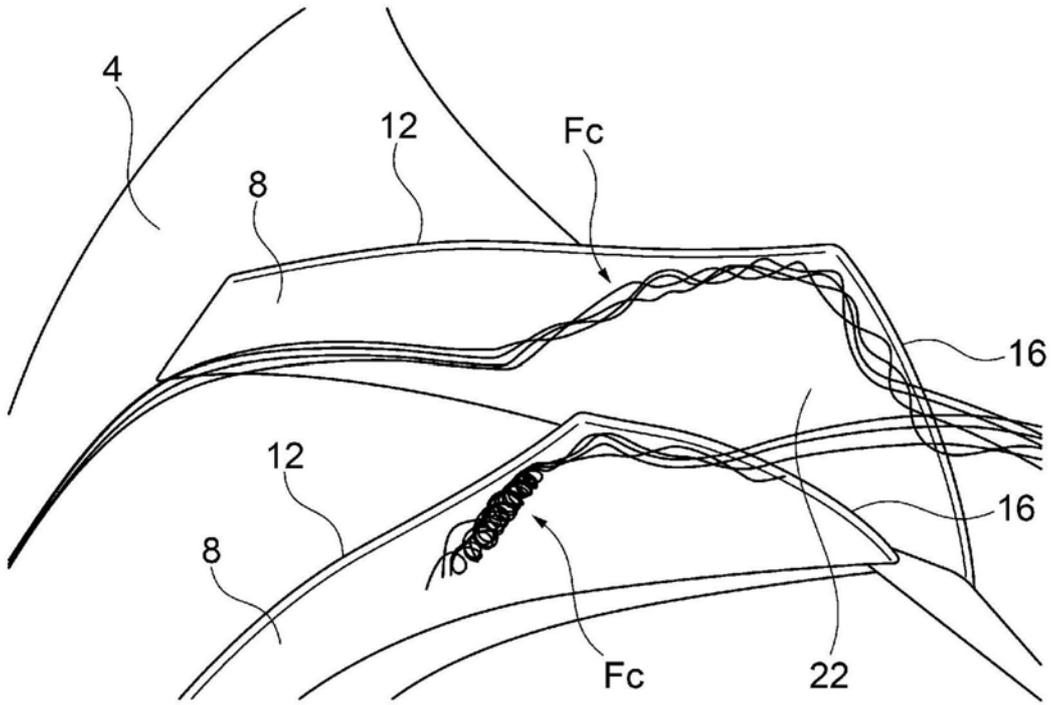


图4

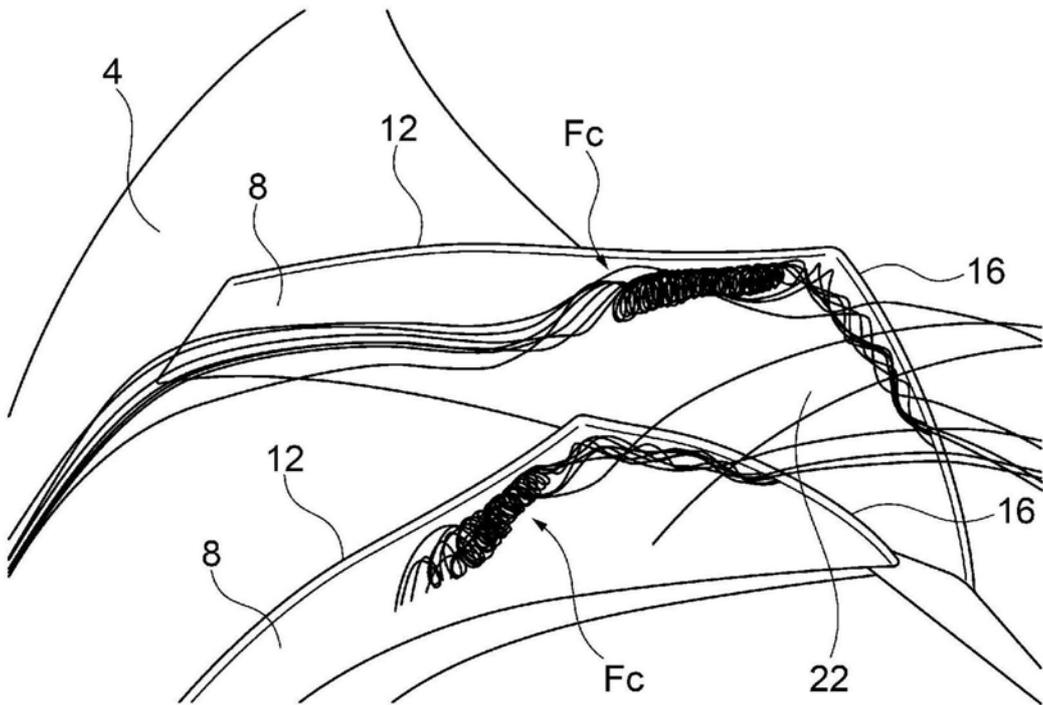


图5

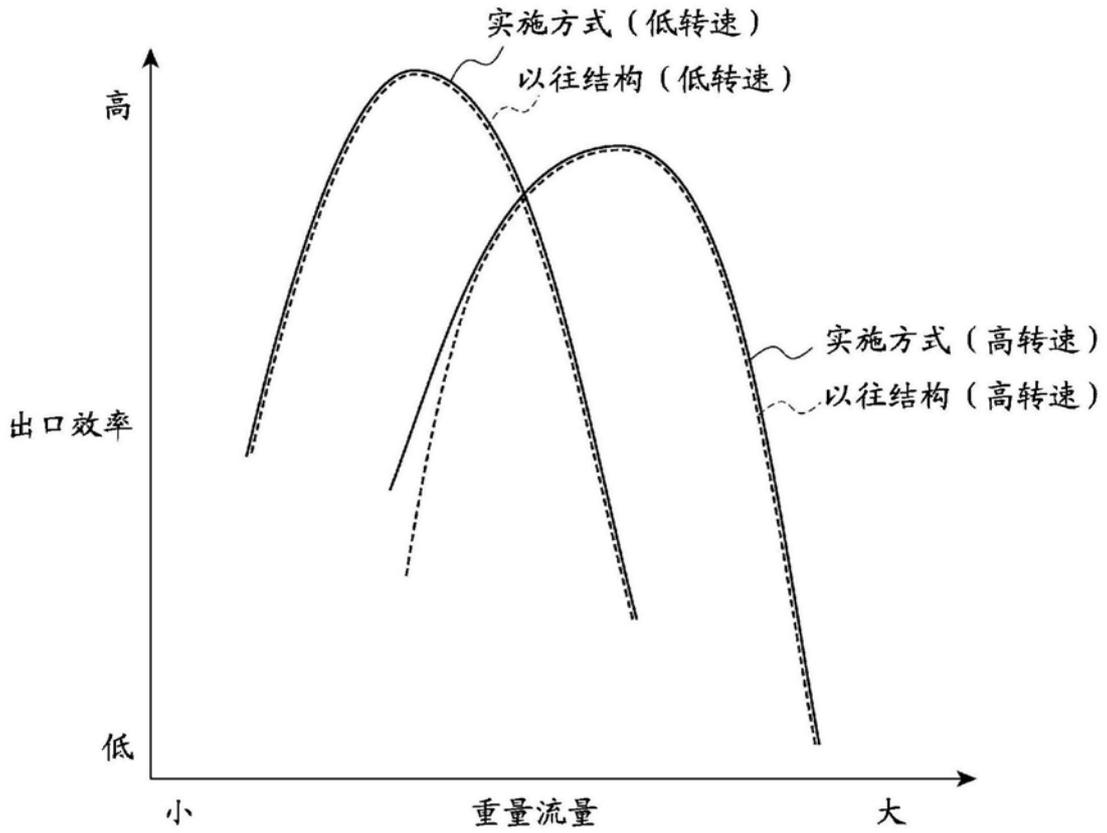


图6

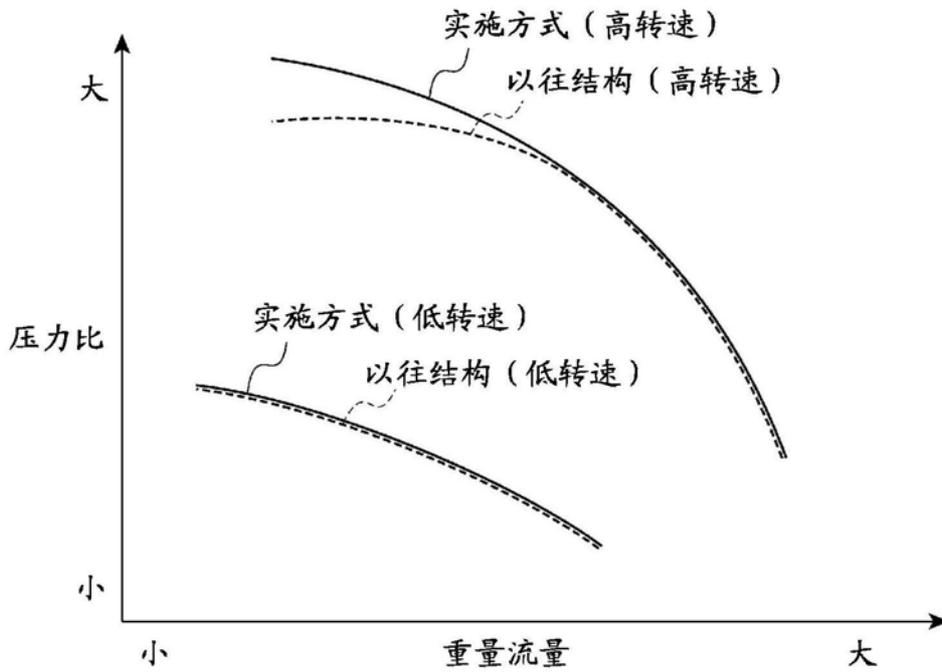


图7



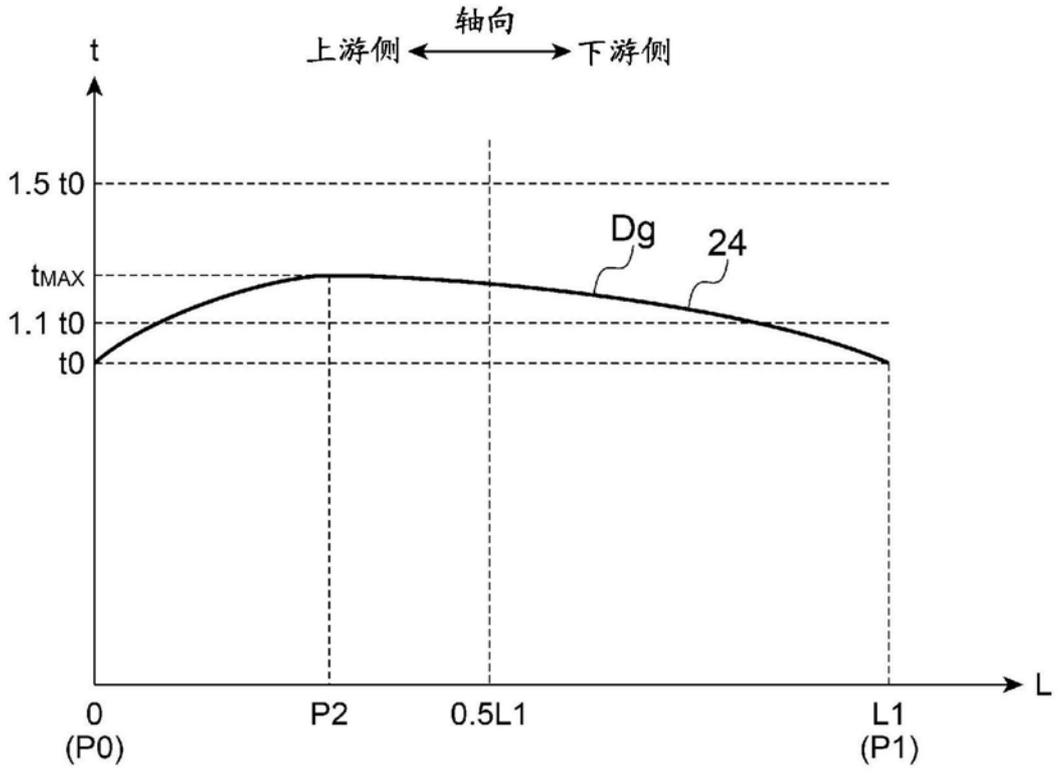


图9

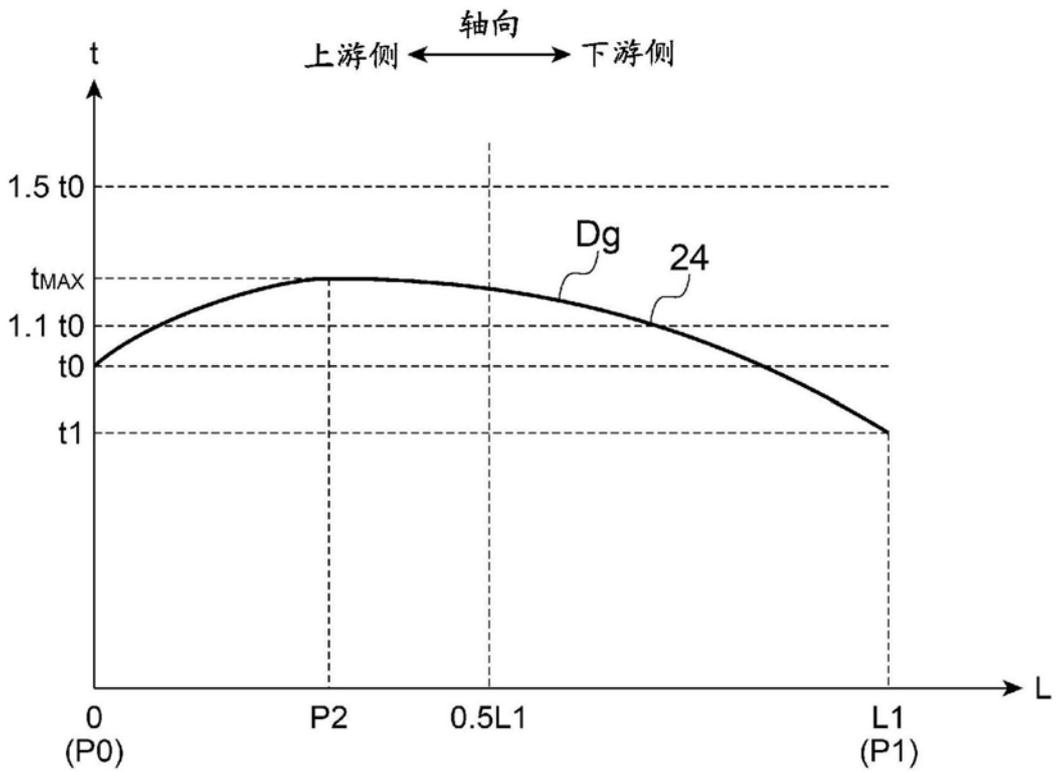


图10

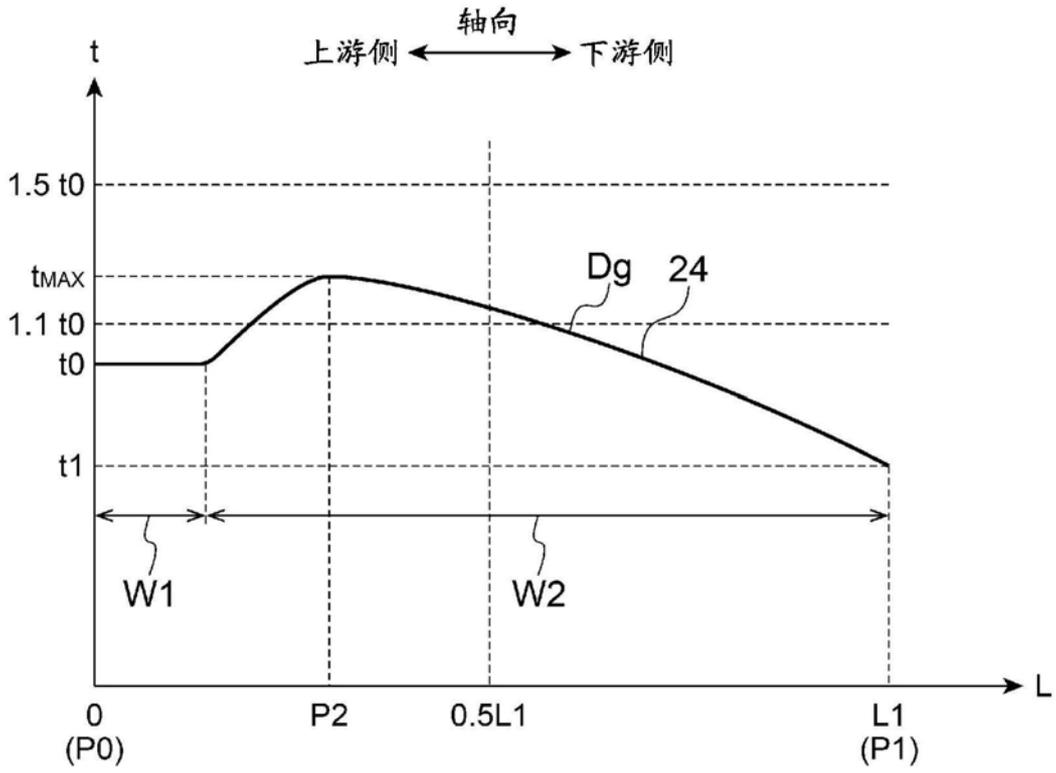


图11

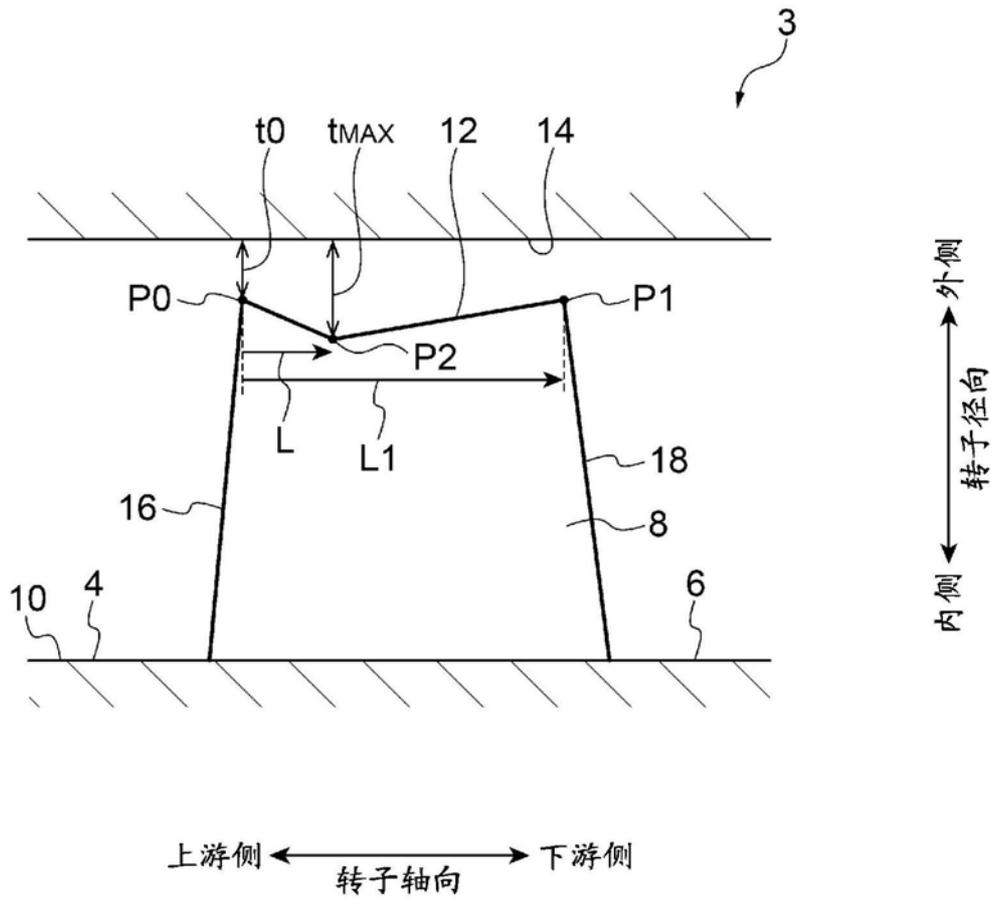


图12

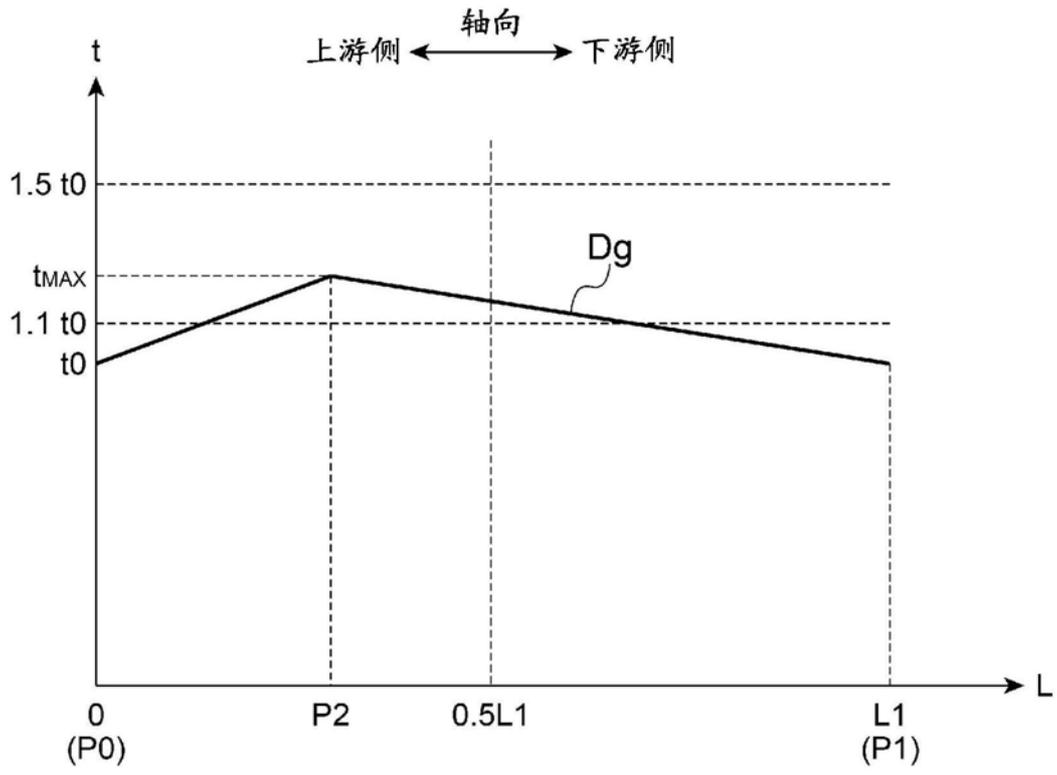


图13

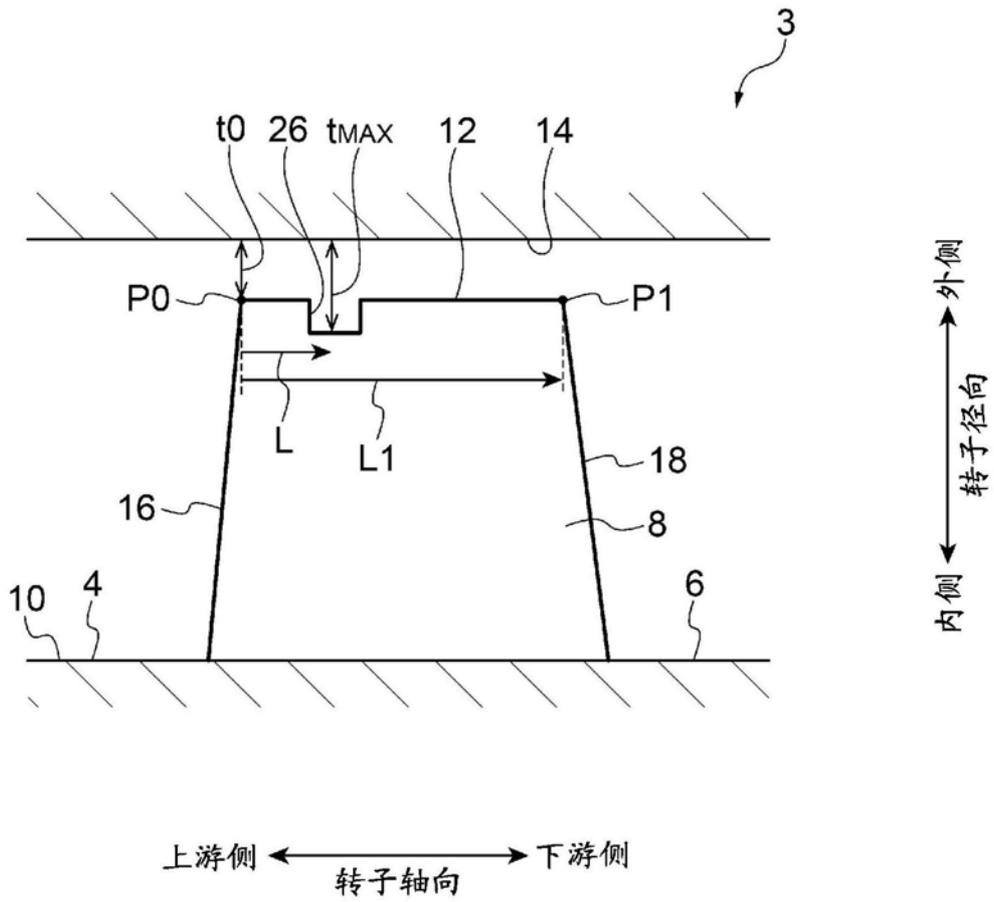


图14

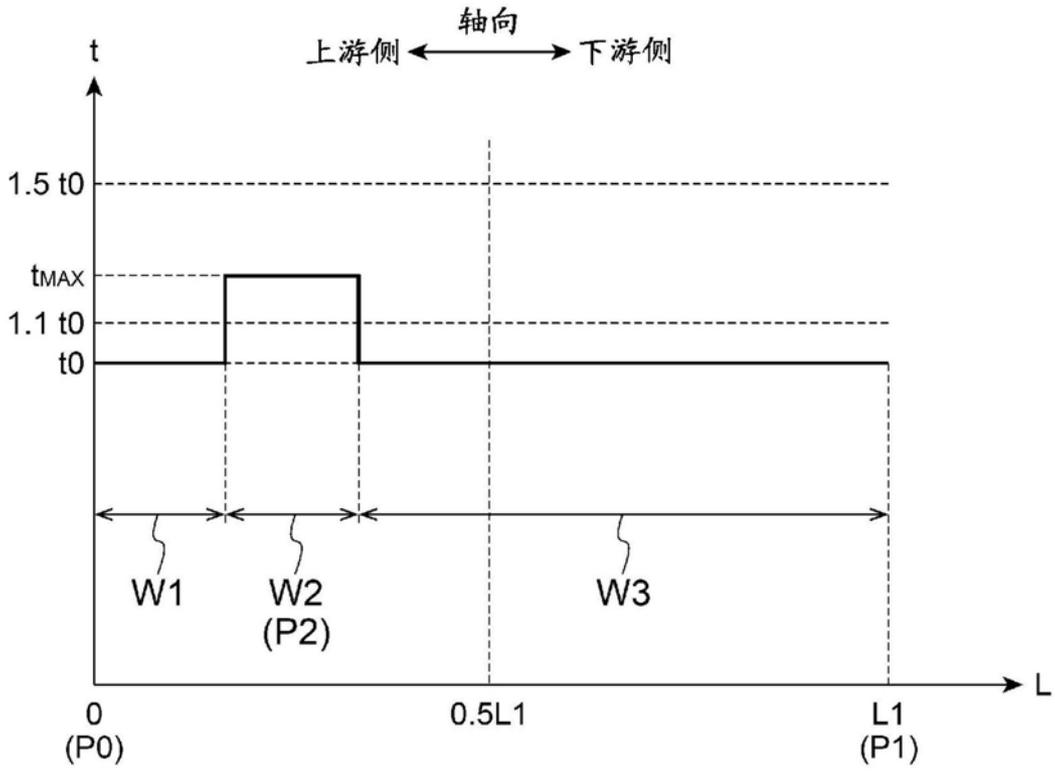


图15