



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105308272 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 03

(21) 申请号 201380077537. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 06. 20

F01D 25/24(2006. 01)

F02B 39/00(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2015. 12. 17

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2013/066963 2013. 06. 20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02014/203372 JA 2014. 12. 24

(71) 申请人 三菱重工业株式会社
地址 日本东京都

(72) 发明人 高田亮 大迫雄志

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 岳雪兰

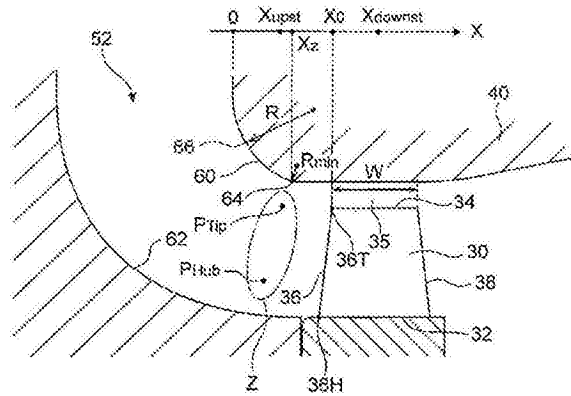
权利要求书3页 说明书13页 附图11页

(54) 发明名称

半径流入式轴流涡轮机以及涡轮增压器

(57) 摘要

提供能够抑制由翼尖泄漏引起的轮机效率降低的半径流入式轴流涡轮机以及具备该半径流入式轴流涡轮机的涡轮增压器。半径流入式轴流涡轮机具有：涡形管部，用于将流入壳体(40)内部的工作流体沿着旋转轴的周向旋转；壳体，具备弯头部(52)，该弯头部用于将从所述涡形部面对径向内侧的所述工作流体的流动改变为沿着轴向的方向，引导至动翼。所述弯头部至少在比所述动翼的前缘(36)的轮毂侧的部位(36H)更位于所述轴向的上游侧区域，具有弯曲形状的翼尖侧内壁面(60)。沿着所述翼尖侧内壁面的所述轴向的所述弯曲形状，在位于动翼附近的位置 X_z 具有最小曲率半径 R_{min} ，在比该位置 X_z 更位于上游侧具有曲率半径 $R(>R_{min})$ 。



1. 一种半径流入式轴流涡轮机, 是用于从工作流体具有的能量回收动力的半径流入式的轴流涡轮机, 其特征在于, 具备:

旋转轴, 在所述轴流涡轮机的轴向延伸;

涡轮叶轮, 具有面对所述轴流涡轮机径向的外侧从动翼根部至动翼前端延伸的多个动翼, 并以与所述旋转轴一体旋转的方式构成;

壳体, 具有: 涡形部, 用于将流入壳体内部的所述工作流体沿着所述旋转轴的周向旋转; 弯头部, 该弯头部用于将从所述涡形部面对所述径向内侧的所述工作流体的流动变向成沿着所述轴向的方向, 引导至所述动翼,

所述弯头部至少在比所述动翼的前缘的轮毂侧的部位更位于所述轴向的上游侧区域, 具有弯曲形状的翼尖侧内壁面,

沿着所述翼尖侧内壁面的所述轴向的所述弯曲形状具有:

当所述弯曲形状的开始点的所述轴向的位置设为 $X = 0$ 、所述动翼前端的所述前缘的所述轴向的位置设为 $X = X_0$ 、沿着所述动翼前端的所述动翼的所述轴向的宽度设为 W 时, 在以 $X_{\text{upst}} = X_0 - 0.5W$ 表示的所述轴向的上游侧位置和以 $X_{\text{downst}} = X_0 + 0.5W$ 表示的所述轴向的下游侧位置之间的位置 X_z 具有最小曲率半径, 并且, 在比所述位置 X_z 更位于所述轴向的上游侧, 具有比所述最小曲率半径大的曲率半径。

2. 如权利要求 1 所述的半径流入式轴流涡轮机, 其特征在于,

所述动翼前端, 不经由密封部件面对所述壳体的内壁面, 在所述动翼前端和所述壳体的所述内壁面之间形成间隙。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的半径流入式轴流涡轮机, 其特征在于,

所述弯曲形状具有所述位置 X_z 的上游侧的第 1 直线部和所述位置 X_z 的下游侧的第 2 直线部交叉的不连续点,

所述不连续点在所述位置 X_z 具有所述最小曲率半径。

4. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的半径流入式轴流涡轮机, 其特征在于,

所述弯曲部的所述弯曲形状至少在 $0 \leq X \leq X_z$ 的所述轴向的位置范围, 具有大小不同的两个以上的曲率半径,

所述两个以上曲率半径在所述位置范围内从所述轴向的上游侧朝下游侧以曲率半径变小的顺序排列。

5. 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的半径流入式轴流涡轮机, 其特征在于,

所述弯头部的所述翼尖侧内壁面的一部分由凸部形成, 该凸部以从该翼尖侧内壁面的其它部分向所述径向内侧突出的方式配置于所述位置 X_z ,

所述凸部的突起端具有所述最小曲率半径。

6. 如权利要求 5 所述的半径流入式轴流涡轮机, 其特征在于,

所述凸部具有从所述翼尖侧内壁面的所述其它部分向所述径向内侧延伸的环状板部, 所述环状板部的突起端的边缘具有所述最小曲率半径。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的半径流入式轴流涡轮机, 其特征在于,

所述突起端比所述动翼前端更位于所述径向的外侧。

8. 如权利要求 5 或 6 所述的半径流入式轴流涡轮机, 其特征在于,

所述凸部设置于比所述动翼前端更位于轴向的上游侧,

所述突起端比所述动翼前端更位于所述径向的内侧，

所述壳体能够被分割为含有所述凸部的第 1 部分和该第 1 部分下游侧的第 2 部分。

9. 如权利要求 1 至 8 中任一项所述的半径流入式轴流涡轮机，其特征在于，

所述动翼的翼尖面以从所述前缘朝后缘、所述动翼的翼长逐渐变大的方式相对于所述轴向倾斜，

所述壳体的内壁面沿着所述动翼的所述翼尖面相对于所述轴向倾斜。

10. 如权利要求 1 至 9 中任一项所述的半径流入式轴流涡轮机，其特征在于，

所述壳体在对应所述涡轮叶轮的出口的所述轴向位置具有向所述径向内侧突出的突出部。

11. 如权利要求 1 至 10 中任一项所述的半径流入式轴流涡轮机，其特征在于，

沿着与所述动翼前端相对的所述壳体的内壁面的所述轴向的形状，在所述弯头部的上游侧端的位置 $X = 0$ 和从所述动翼的所述动翼前端的后缘朝所述轴向的下游侧仅偏离距离 $D = 1.5 \times W$ 的位置之间，至少具有一个负值曲率半径。

12. 一种涡轮增压器，其特征在于，具备：

半径流入式轴流涡轮机，以由来自内燃机的排气驱动的方式构成；

压缩机，以由所述轴流涡轮机驱动、压缩送往所述内燃机的吸气的方式构成，

所述轴流涡轮机，具备：

旋转轴，在所述轴流涡轮机的轴向延伸；

涡轮叶轮，具有面对所述轴流涡轮机径向的外侧从动翼根部至动翼前端延伸的多个动翼，并以与所述旋转轴一体旋转的方式构成；

壳体，具有：涡形部，用于将流入壳体内部的所述工作流体沿着所述旋转轴的周向旋转；弯头部，该弯头部用于将从所述涡形部面对所述径向内侧的所述工作流体的流动变向成沿着所述轴向的方向，引导至所述动翼，

所述弯头部至少在比所述动翼的前缘的轮毂侧的部位更位于所述轴向的上游侧区域，具有弯曲形状的翼尖侧内壁面，

沿着所述翼尖侧内壁面的所述轴向的所述弯曲形状，具有：

当所述弯曲形状的开始点的所述轴向的位置设为 $X = 0$ 、所述动翼前端的所述前缘的所述轴向的位置设为 $X = X_0$ 、沿着所述动翼前端的所述动翼的所述轴向的宽度设为 W 时，在以 $X_{\text{upst}} = X_0 - 0.5W$ 表示的所述轴向的上游侧位置和以 $X_{\text{downst}} = X_0 + 0.5W$ 表示的所述轴向的下游侧位置之间的位置 X_z 具有最小曲率半径，并且，在比所述位置 X_z 更位于所述轴向的上游侧，具有比所述最小曲率半径大的曲率半径。

13. 一种半径流入式轴流涡轮机，是用于从工作流体具有的能量回收动力的半径流入式的轴流涡轮机，其特征在于，具有：

旋转轴，在所述轴流涡轮机的轴向延伸；

涡轮叶轮，具有面对所述轴流涡轮机径向的外侧从动翼根部至动翼前端延伸的多个动翼，并以与所述旋转轴一体旋转的方式构成；

壳体，具有：涡形部，用于将流入壳体内部的所述工作流体沿着所述旋转轴的周向旋转；弯头部，该弯头部用于将从所述涡形部面对所述径向内侧的所述工作流体的流动变向成沿着所述轴向的方向，引导至所述动翼，

所述弯头部至少在比所述动翼的前缘的轮毂侧的部位更位于所述轴向的上游侧区域，具有弯曲形状的翼尖侧内壁面，

沿着所述翼尖侧内壁面的所述轴向的所述弯曲形状，包含：

第 1 直线部；相对于该第 1 直线部位于所述轴向下游侧的第 2 直线部；所述第 1 直线部和所述第 2 直线部交叉的角部。

14. 如权利要求 13 所述的半径流入式轴流涡轮机，其特征在于，

当所述弯曲形状的开始点的所述轴向的位置设为 $X = 0$ 、所述动翼前端的所述前缘的所述轴向的位置设为 $X = X_0$ 、沿着所述动翼前端的所述动翼的所述轴向的宽度设为 W 时，在以 $X_{\text{upst}} = X_0 - 0.5W$ 表示的所述轴向的上游侧位置和以 $X_{\text{downst}} = X_0 + 0.5W$ 表示的所述轴向的下游侧位置之间的位置 X_2 配置有所述角部。

半径流入式轴流涡轮机以及涡轮增压器

技术领域

[0001] 本公开关于半径流入式轴流涡轮机以及涡轮增压器。

背景技术

[0002] 近年,进行着使工作流体在轴向流动作用于涡轮叶轮的动翼,使该涡轮叶轮旋转的半径流入式轴流涡轮机的开发。这样的半径流入式轴流涡轮机被认为在例如期望由低惯性能性化(低イナーシャ化)实现涡轮延迟(ターボラグ)降低的机动车用涡轮增压器等小型增压器中有用。

[0003] 专利文献 1 中公开了具有半径流入式轴流涡轮机的涡轮增压器,该半径流入式轴流涡轮机被以来自涡形部的排气朝大致轴向作用于涡轮翼片的前缘的方式构成。

[0004] 另外,虽然不是跟轴流涡轮机相关的装置,专利文献 2 中,公开了增压器用斜流涡轮机,该斜流涡轮机将来自涡形管室的排气引导至具有相对于轴向倾斜形成的上升边部的涡轮叶轮。另外,斜流涡轮机具有辅流式涡轮机和轴流涡轮机中间的性质。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献 1 :美国专利第 4850820 号说明书

[0008] 专利文献 2 :(日本)特开平 9-144550 号公报

发明内容

[0009] 发明要解决的问题

[0010] 可是,因为需要回避典型的轴流涡轮机中动翼的翼尖和壳体的内壁面的接触,动翼翼尖和壳体内壁面之间设置有间隙(翼尖间隙)。因此,轴流涡轮机使用时,由于动翼的正压面侧(腹侧)和负压面侧(背侧)之间产生压力差,可能引起以该压力差为驱动力经由翼尖间隙的工作流体的泄漏(翼尖泄漏)。

[0011] 特别是,机动车用涡轮增压器等所使用的小型轴流涡轮机中,翼尖间隙相对于翼长(翼高)的比值有变大的倾向,不能够无视由翼尖泄漏引起的轮机效率的降低。

[0012] 另外,小型轴流涡轮机中,翼尖间隙相对于翼长的比值有着变大倾向,是根据下面的理由:

[0013] 即,翼尖间隙的大小考虑到轴流涡轮机运行中设想的振动和能够旋转地支承轴流涡轮机旋转轴的轴承的加工精度而被设定。因此,随着翼长的尺寸减小相应地减小翼尖间隙是有限度的,在小型轴流涡轮机中,相对于动翼的翼长,翼尖间距相对地变大。

[0014] 专利文献 1 中没有公开用于抑制轴流涡轮机中翼尖泄漏的构成。

[0015] 另外,专利文献 2 中记载的增压器用轮机不是轴流涡轮机而是斜流涡轮机,被从涡形管室引导至动翼的排气的流动与轴流涡轮机的流动有很大不同。因此,专利文献 2 中,甚至不存在关于用于抑制轴流涡轮机中翼尖泄漏的构成的启发。

[0016] 因此,本发明的几个实施方式,目的是提供能够抑制由翼尖泄漏引起的轮机效率

降低的半径流入式轴流涡轮机以及具备该半径流入式轴流涡轮机的涡轮增压器。

[0017] 用于解决课题的技术方案

[0018] 本发明的几个实施方式中的半径流入式轴流涡轮机，

[0019] 是用于从工作流体具有的能量回收动力的半径流入式轴流涡轮机，

[0020] 具备：

[0021] 旋转轴，朝所述轴流涡轮机的轴向延伸；

[0022] 涡轮叶轮，被以具有面对所述轴流涡轮机径向的外侧从动翼根部（轮毂）至动翼前端（翼尖）延伸的多个动翼并以与所述旋转轴一体旋转的方式构成；

[0023] 壳体，具有：涡形部，用于将流入壳体内部的所述工作流体沿着所述旋转轴的周向旋转；弯头部，该弯头部用于将从所述涡形部面对所述径向内侧的所述工作流体的流动变向成沿着所述轴向的方向，引导至所述动翼。

[0024] 所述弯头部至少在比所述动翼的前缘的轮毂侧的部位更位于所述轴向的上游侧区域，具有弯曲形状的翼尖侧内壁面（弯头部的内壁面中轴流涡轮机径向外侧的翼尖侧部位），

[0025] 沿着所述翼尖侧内壁面的所述轴向的所述弯曲形状，具有：

[0026] 当所述弯曲形状的开始点的所述轴向的位置设为 $X = 0$ 、所述动翼前端的所述前缘的所述轴向的位置设为 $X = X_0$ 、沿着所述动翼前端的所述动翼的所述轴向的宽度设为 W 时，在以 $X_{\text{upst}} = X_0 - 0.5W$ 表示的所述轴向的上游侧位置和以 $X_{\text{downst}} = X_0 + 0.5W$ 表示的所述轴向的下游侧位置之间的位置 X_z 具有最小曲率半径，并且，在比所述位置 X_z 更位于所述轴向的上游侧，具有比所述最小曲率半径大的曲率半径。

[0027] 所述半径流入式轴流涡轮机中，沿着弯头部的翼尖侧内壁面的轴向的弯曲形状，在动翼前缘附近的轴向位置 X_z 具有最小曲率半径，所以弯头部流动的工作流体通过轴向位置 X_z 时，由最小曲率半径引起的离心力形成了从翼尖侧到轮毂侧的压力分布（压力梯度）。即，由于最小曲率半径引起的离心力，在翼尖侧工作流体的压力减小的同时，在轮毂侧工作流体的压力增大，形成工作流体的所述压力梯度。因此，随着在翼尖侧压力减小，工作流体的速度（轴向速度成分）增大。由此，在翼尖侧，作用于动翼的工作流体的相对速度向量的轴向速度成分增大的结果是工作流体流动的转向角（作用于动翼的工作流体的相对速度向量和从动翼流出的工作流体的相对速度向量所成的角度）变小。因此，随着流动的转向角的减小，翼尖侧的动翼的背侧和腹侧的压力差减小，经由翼尖间隙的工作流体的泄漏被抑制，涡轮效率提高。

[0028] 另外，所述半径流入式轴流涡轮机中，用弯头部的形状变更这种简单的方法能够有效地抑制翼尖泄漏是因为，在位置 X_z 具有最小曲率半径的弯头部至少在比动翼前缘中的轮毂侧部位更位于轴向上游侧区域具有弯曲形状的翼尖侧内壁面。换句话说，正因为能够在有助于来自涡形部的工作流体流动的变向的部位（动翼前缘的轮毂的上游侧区域）也存在一部分弯曲形状的翼尖侧内壁面，能够利用位置 X_z 的最小曲率半径引起的离心力，增大工作流体的轴向速度成分，该工作流体在沿着翼尖侧内壁面被变向的同时流动，减小翼尖侧的流动的转向角。

[0029] 几种实施方式中，所述动翼前端不经由密封部件朝向所述壳体的内壁面，所述动翼前端和所述壳体的所述内壁面之间形成有间隙。

[0030] 如此,即使在动翼翼尖和壳体内壁面之间的间隙(翼尖间隙)不存在密封部件的情况下,所述半径流入式轴流涡轮机中,通过使用在位置 X_2 具有最小曲率半径的弯头部,能够抑制翼尖泄漏引起的涡轮效率降低。因此,能够维持涡轮效率的同时省略密封部件。例如,即使很多在翼尖间隙设置有迷宫式密封圈等密封部件的较大型轴流涡轮机中,也有着能够在维持涡轮效率的同时省略密封部件的可能性。如果能够省略密封部件,变得能够降低轴流涡轮机的制造成本之外,还不需要密封部件的维护。

[0031] 几种实施方式中,所述弯曲形状具有所述位置 X_2 的上游侧的第 1 直线部和所述位置 X_2 的下游侧的第 2 直线部交叉的不连续点,所述不连续点在所述位置 X_2 具有所述最小曲率半径。

[0032] 如此,通过由第 1 直线部和第 2 直线部的交点实现位置 X_2 的最小曲率半径,与通过复杂的曲面形状实现位置 X_2 的最小曲率半径的情况相比能够大幅简化弯曲形状,降低轴流涡轮机的加工成本。另外,与通过复杂的曲面形状实现最小曲率半径的情况相比,因为实际形成最小曲率半径的位置 X_2 不受弯头部的加工精度的影响而被正确地确定,所以能够确实得到由位置 X_2 的最小曲率半径实现的预期的翼尖泄漏抑制效果。

[0033] 几种实施方式中,所述弯头部的所述弯曲形状至少在 $0 \leq X \leq X_2$ 的所述轴向的位置范围,具有大小不同的两个以上的曲率半径,所述两个以上的曲率半径在所述位置范围内,从所述轴向的上游侧朝下游侧以曲率半径变小的顺序排列。

[0034] 该情况下,在所述位置范围 ($0 \leq X \leq X_2$) 从上流侧朝下流侧弯曲形状的曲率半径逐渐减小,在最下游侧的轴向位置 X_2 , 弯曲形状的曲率半径为最小。由此,能够使工作流体直接作用于动翼,该工作流体具有由轴向位置 X_2 的最小曲率半径引起的大离心力形成的所述压力梯度。其结果是,能够有效减小作用于动翼的工作流体的翼尖侧的流动转向角。由此,能够有效抑制翼尖泄漏引起的涡轮效率降低。

[0035] 几种实施方式中,所述弯头部的所述翼尖侧内壁面的部分,由设置于所述位置 X_2 的凸部形成,该凸部以从该翼尖侧内壁面的其它部分向所述径向内侧突出的方式设置,所述凸部的突起端具有所述最小曲率半径。

[0036] 该情况下,通过改变凸部的形状能够容易地调整最小曲率半径。另外,与不具有凸部的弯头部相比,通过凸部容易实现更小的最小曲率半径,能够有效抑制翼尖泄漏引起的涡轮效率降低。

[0037] 一实施方式中,所述凸部具有从所述翼尖侧内壁面的所述其它部分向所述径向内侧延伸的环状板部,所述环状板部的突起端的边缘具有所述最小曲率半径。

[0038] 该情况下,通过环状板部能够简单实现具有期望最小曲率半径的弯曲形状。

[0039] 一实施方式中,所述突起端比所述动翼前端更位于所述径向外侧。

[0040] 该情况下,由于凸部的突起端比动翼的翼尖更位于径向外侧,即使在凸部的尾流形成漩涡,该漩涡产生的影响实质上没有波及动翼。因此,能够防止由凸部产生的漩涡所引起的涡轮效率降低的同时,享有具有由最小曲率半径的凸部实现的翼尖泄漏抑制效果。

[0041] 其它的实施方式中,所述凸部被设置于比所述动翼前端更位于轴向上游侧,所述突起端位于比所述动翼前端更位于所述径向的内侧,所述壳体可分割为含有所述凸部的第 1 部分和该第 1 部分下游侧的第 2 部分。

[0042] 该情况下,虽然可能发生由凸部的尾流形成的漩涡所引起的涡轮效率降低,但是

能够预见由凸部的最小曲率半径实现的翼尖泄漏抑制效果所引起的涡轮效率的提高。另外,通过采用可分割为含有所述凸部的第 1 部分和第 1 部分下游侧的第 2 部分的壳体,能够提高轴流涡轮机的组装性。

[0043] 几种实施方式中,所述动翼的翼尖面以从所述前缘朝向后缘、所述动翼的翼长(翼高)逐渐变大的方式相对于所述轴向倾斜,所述壳体的内壁面沿着所述动翼的所述翼尖面相对于所述轴向倾斜。

[0044] 剥离强烈受到动翼前缘上游侧的壳体(罩)的内壁面倾斜的影响。但是,本实施例中,尽管动翼前缘上游侧的罩形状不改变,即,脱离的风险和以往的一样,但是能够进一步减小弯头部的最小曲率半径,有效地防止翼尖泄漏引起的涡轮效率降低。

[0045] 几种实施方式中,所述壳体在对应于涡轮叶轮出口的所述轴向位置具有朝径向内侧突出的突出部。

[0046] 该情况下,在涡轮叶轮的出口附近经由翼尖间隙的工作流体的泄漏路径由壳体的突出部堵住,所以能够更进一步抑制工作流体的翼尖泄漏。

[0047] 几种实施方式中,沿着与所述动翼前端相对的所述壳体的内壁面的所述轴向的形状,在所述弯头部的上游侧端的位置 $X = 0$ 和从所述动翼的所述动翼前端的后缘朝所述轴向的下游侧仅偏离距离 $D = 1.5 \times W$ 的位置之间,至少具有一个负值曲率半径。

[0048] 本发明的几种实施方式中的涡轮增压器,具备:

[0049] 半径流入式轴流涡轮机,以由来自所述内燃机的排气驱动的方式构成;

[0050] 压缩机,以由所述轴流涡轮机驱动、压缩送往内燃机的吸气的方式构成,

[0051] 所述轴流涡轮机,具有:

[0052] 旋转轴,在所述轴流涡轮机的轴向延伸;

[0053] 涡轮叶轮,具有面对所述轴流涡轮机径向的外侧从动翼根部至动翼前端延伸的多个动翼并以与所述旋转轴一体旋转的方式构成;

[0054] 壳体,具有:涡形部,用于将流入壳体内部的所述工作流体沿着所述旋转轴的周向旋转;弯头部,该弯头部用于将从所述涡形部面对所述径向内侧的所述工作流体的流动变向成沿着所述轴向的方向,引导至所述动翼,

[0055] 所述弯头部至少在比所述动翼的前缘的轮毂侧的部位更位于所述轴向的上游侧区域,具有弯曲形状的翼尖侧内壁面,

[0056] 沿着所述翼尖侧内壁面的所述轴向的所述弯曲形状,具有:

[0057] 当所述弯曲形状的开始点的所述轴向的位置设为 $X = 0$ 、所述动翼前端的所述前缘的所述轴向的位置设为 $X = X_0$ 、沿着所述动翼前端的所述动翼的所述轴向的宽度设为 W 时,在以 $X_{\text{upst}} = X_0 - 0.5W$ 表示的所述轴向的上游侧位置和以 $X_{\text{downst}} = X_0 + 0.5W$ 表示的所述轴向的下游侧位置之间的位置 X_z 具有最小曲率半径,并且,在比所述位置 X_z 更位于所述轴向的上游侧,具有比所述最小曲率半径大的曲率半径。

[0058] 根据所述涡轮增压器,沿着半径流入式轴流涡轮机的翼尖侧内壁面的轴向的弯曲形状,在动翼前缘附近的轴向位置 X_z 具有最小曲率半径,所以弯头部流动的工作流体通过轴向位置 X_z 时,由最小曲率半径引起的离心力形成了从翼尖侧(低压侧)到轮毂侧(高压侧)的压力分布。因此,在翼尖侧伴随着压力减小工作流体的速度(轴向速度成分)增大,工作流体流动的转向角变小。因此,翼尖侧的动翼的背侧和腹侧的压力差减小,经由翼尖间

隙的工作流体的泄漏被抑制,涡轮效率提高。

[0059] 本发明的几种实施方式中的半径流入式轴流涡轮机,是用于从工作流体具有的能量回收动力的半径流入式的轴流涡轮机,具备:

[0060] 旋转轴,在所述轴流涡轮机的轴向延伸;

[0061] 涡轮叶轮,具有面对所述轴流涡轮机径向的外侧从动翼根部至动翼前端延伸的多个动翼并以所述旋转轴一体旋转的方式构成;

[0062] 壳体,具有:涡形部,用于将流入壳体内部的所述工作流体沿着所述旋转轴的周向旋转;弯头部,该弯头部用于将从所述涡形部面对所述径向内侧的所述工作流体的流动变向成沿着所述轴向的方向,引导至所述动翼,

[0063] 所述弯头部至少在比所述动翼的前缘的轮毂侧的部位更位于所述轴向的上游侧区域,具有弯曲形状的翼尖侧内壁面,

[0064] 沿着所述翼尖侧内壁面的所述轴向的所述弯曲形状,包含:

[0065] 第1直线部;相对于该第1直线部位于所述轴向下游侧的第2直线部;所述第1直线部和所述第2直线部交叉的角部。

[0066] 根据所述半径流入式轴流涡轮机,沿着翼尖侧内壁面轴向的弯曲形状,具有第1直线部和其下游侧的第2直线部交叉的角部,所以工作流体通过该曲率半径极小的角部时,由角部引起的离心力形成了遍及从翼尖侧(低压侧)到轮毂侧(高压侧)的压力分布。因此,在翼尖侧,随着压力减小工作流体的速度(轴向速度成分)增大,工作流体流动的转向角变小。因此,翼尖侧的动翼的背侧和腹侧的压力差减小,经由翼尖间隙的工作流体的泄漏被抑制,涡轮效率提高。另外,主要由第1直线部和第2直线部构成的弯头部加工容易,能够降低轴流涡轮机的加工成本。

[0067] 另外,所述半径流入式轴流涡轮机中,用弯头部的形状变更这种方法能够有效地抑制翼尖泄漏是因为,具有产生工作流体的压力梯度的角部的弯头部,至少在比动翼前缘中的轮毂侧部位更位于轴向上游侧区域具有翼尖侧内壁面。换句话说,正因为能够在有助于来自涡形部的工作流体流动的变向的部位(动翼前缘的轮毂的上游侧区域)形成弯曲形状的翼尖侧内壁面,能够利用角部引起的大离心力增大工作流体的轴向速度成分,该工作流体在沿着翼尖侧内壁面被变向的同时流动,减小翼尖侧的流动的转向角。

[0068] 几种实施方式中,当所述弯曲形状的开始点的所述轴向的位置设为 $X = 0$ 、所述动翼前端的所述前缘的所述轴向的位置设为 $X = X_0$ 、沿着所述动翼前端的所述动翼的所述轴向的宽度设为 W 时,在以 $X_{\text{upst}} = X_0 - 0.5W$ 表示的所述轴向的上游侧位置和以 $X_{\text{downst}} = X_0 + 0.5W$ 表示的所述轴向的下游侧位置之间的位置 X_2 配置有所述角部。

[0069] 由此,作用于动翼的工作流体的遍及从翼尖侧到轮毂侧的压力分布(压力梯度)被由角部引起的离心力恰当地形成。因此,引起翼尖侧的转向角的减小,动翼的背侧和腹侧的压力差变小,翼尖泄漏被有效地抑制。

[0070] 发明的效果

[0071] 根据本发明的几种实施方式,通过设法改变弯头部的形状,由作用于动翼的工作流体形成遍及从翼尖侧到轮毂侧的压力分布(压力梯度),在翼尖侧伴随着压力减小,工作流体的速度(轴向速度成分)增大。因此,翼尖侧上工作流体的流动转向角变小,动翼的背侧和腹侧的压力差减小,经由翼尖间隙的工作流体的泄漏被抑制。因此,能够抑制翼尖泄漏

引起的涡轮效率的降低。

附图说明

- [0072] 图 1 是本发明的一实施方式中的涡轮增压器的概要剖视图。
- [0073] 图 2 是一实施方式中的轴流涡轮机的概要剖视图。
- [0074] 图 3A 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0075] 图 3B 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0076] 图 3C 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0077] 图 3D 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0078] 图 3E 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0079] 图 3F 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0080] 图 3G 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0081] 图 3H 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0082] 图 3I 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0083] 图 3J 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0084] 图 3K 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0085] 图 3L 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0086] 图 3M 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0087] 图 3N 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0088] 图 3O 是一实施方式中的轴流涡轮机的弯头部周围的概要剖视图。
- [0089] 图 4A 是表示实施方式中图 3A ~ 图 3O 的区域 Z 的翼尖侧速度三角形的图。
- [0090] 图 4B 是表示与图 4A 相同的比较例中的翼尖侧的速度三角形的图。
- [0091] 图 5 是用于说明一实施方式中的工作流体的流动转向角的图。
- [0092] 图 6 是参考例的斜流涡轮机的概要剖视图。

具体实施方式

- [0093] 下面,关于本发明的实施方式基于附图进行详细说明。
- [0094] 但是,本发明的范围不局限于下面的实施方式。下面的实施方式中记载的构成部件的尺寸、材质、性质、相对配置等,目的并不是仅限定于本发明的范围,只不过是说明例。
- [0095] 图 1 是本发明一实施方式的涡轮增压器的概要剖视图。图 1 表示的涡轮增压器 1,如果是用于将吸气强制送入内燃机的增压器,则没有被特别地限定,例如可以是机动车用的涡轮增压器,也可以是船舶用的涡轮增压器。
- [0096] 几个实施方式中,如图 1 所示,涡轮增压器 1 具备轴流涡轮机 10 和由轴流涡轮机 10 驱动的压缩机 20。轴流涡轮机 10 以由未图示的内燃机的排气驱动的方式构成。另一方面,压缩机 20 以由轴流涡轮机 10 驱动、压缩送往内燃机的吸气的方式构成。
- [0097] 轴流涡轮机 10 具有在轴向延伸的旋转轴 12 和能够与旋转轴 12 一体旋转的涡轮叶轮 14。如此,作为高温高压的工作流体的来自内燃机的排气所具有的能量如果通过涡轮叶轮 14 回收,则涡轮叶轮 14 以及旋转轴 12 变为一体旋转。
- [0098] 图 1 所示的举例的实施方式中,轴流涡轮机 10 的旋转轴 12 通过轴承 16 被壳体 40

能够旋转地支承。另外,旋转轴 12 隔着轴承 16 在相对于轴流涡轮机 10 轴向的相反侧,连接于压缩机 20 的压缩机叶轮 22。

[0099] 涡轮叶轮 14 被设置多个动翼(涡轮翼片)30。动翼 30 从轮毂 32 面对翼尖 34 朝轴流涡轮机 10 的径向外侧延伸。另外,在轮毂 32 和翼尖 34 之间,动翼 30 具有由腹侧面(正压面)和背侧面(负压面)形成的翼型。形成翼型的腹侧面和背侧面,在轴向上游侧相互连接形成前缘 36,并且,在轴向下游侧相互连接形成后缘 38。

[0100] 一实施方式中,通过连接作为分体形成的旋转轴 12 和涡轮叶轮 14,旋转轴 12 和涡轮叶轮 14 被以一体旋转的方式构成。其它的实施方式中,旋转轴 12 和涡轮叶轮 14 形成为一体物(单件 single piece)的结果是,旋转轴 12 和涡轮叶轮 14 变为一体旋转。

[0101] 涡轮叶轮 14 由壳体 40 覆盖。图 1 所示的举例的实施方式中,壳体 40 具有能够分割为由涡轮壳体 42、轴承壳体 44 和压缩机壳体 46 组成的三部分的结构。涡轮壳体 42 主要以覆盖涡轮叶轮 14 的方式配置。轴承壳体 44,主要以覆盖轴承 16 的方式配置。压缩机壳体 46,主要以覆盖压缩机叶轮 22 的方式配置。

[0102] 另外,分割为壳体 40 的各个部分(42,44,46)的分割线的位置,不被特别地限定,考虑到涡轮增压器 1 的组装性而被适当地设定。另外,壳体 40 的分割部分的个数不限定于 3 个,壳体 40 也可以分割为 3 以外(例如 4 个以上)个数的分割部分。

[0103] 壳体 40(图 1 所示实施方式中是涡轮壳体 42)具有用于将排气引导至壳体 40 内的涡形部 50 和用于将来自涡形部 50 的排气引导至动翼 30 的弯头部 52。

[0104] 涡形部 50 以将从排气入口部 51 流入的排气(参照箭头 a)朝旋转轴 12 的周向旋转的方式构成。该排气的旋转气流从涡形部 50 面对轴流涡轮 10 的径向内侧流出。从涡形部 50 流出的排气由弯头部 52 引导至动翼 30。此时,来自涡形管 50 的排气的面对径向内侧的流动,由弯头部 52 变向为沿着轴流涡轮机 10 轴向的方向。如此由弯头部 52 变向的排气作用于动翼 30,使涡轮叶轮 14 旋转。然后,对涡轮叶轮 14 进行做功后的排气,从设置于壳体 40(图 1 所示实施方式中的涡轮壳体 42)的出气口部 54 排出。

[0105] 轴流涡轮机 10 的旋转轴 12 如上所述,隔着轴承 16 在相对于轴流涡轮机 10 轴向的相反侧,连接于压缩机 20 的压缩机叶轮 22。因此,来自涡轮叶轮 14 的转矩经由旋转轴 12 输入至压缩机叶轮 22。因此,如果涡轮叶轮 14 以从排气回收的能量作为动力旋转,则压缩机叶轮 22 变为与涡轮叶轮 14 一起旋转。

[0106] 壳体 40(图 1 所示实施方式中是压缩机壳体 46)上,设置有用于将空气引导至壳体 40 内的空气入口部 58。来自空气入口部 58 的空气,被引导至旋转的压缩机叶轮 22 的多个翼轮 24,在通过翼轮 24 时被压缩。由压缩机叶轮 22 压缩的空气(压缩空气),被从设置于壳体 40(图 1 所示实施方式中是压缩机壳体 46)的压缩空气出口部(涡形管)56 排出,送入内燃机。

[0107] 下面,更详细地说明关于轴流涡轮机 10 的弯头部 52 的弯曲形状。图 2 是一实施方式中的轴流涡轮机 10 的概要剖视图。图 3A~图 30 是一实施方式中的轴流涡轮机 10 的弯头部周围的概要剖视图。另外,图 3A~图 30 中,X 轴是平行于轴流涡轮机 10 的轴向的坐标系,弯头部 52 的弯曲形状的开始点的轴向位置设为原点($X = 0$)。

[0108] 几种实施方式中,如图 2 所示,弯头部 52 至少在区域 52A 具有弯曲形状的翼尖侧内壁面 60,所述区域 52A 比动翼 30 的前缘 36 中的轮毂 32 侧部位 36H 更位于轴向上游侧。

即,弯头部 52 的弯曲形状的翼尖侧内壁面 60 至少存在于比动翼 30 的部位 36H 更位于轴向上游侧的区域 52A 内。

[0109] 弯曲形状的翼尖侧内壁面 60 可以设置遍及于区域 52A 全体也可设置于区域 52A 的部分。另外,弯曲形状的翼尖侧内壁面 60 也可从区域 52A 朝下游侧延伸,终止于比动翼 30 的部位 36H 更靠轴向下游侧位置。

[0110] 另外,这里所说的翼尖侧内壁面 60 指的是,形成了轴流涡轮机 10 中的工作流体通道的一部分的弯头部 52 的内壁面中的位于涡轮径向外侧的翼尖 34 侧的部位。另一方面,弯头部 52 的内壁面中的位于涡轮径向内侧的轮毂 32 的部位是轮毂侧内壁面 62,轮毂侧内壁面 62 跟翼尖侧内壁面 60 相对。基本上,相对于翼尖侧内壁面 60 全体是凸面,轮毂侧内壁面 62 全体是凹面,但是翼尖侧内壁面 60 也可部分由凹面形成,轮毂侧内壁面 62 也可部分由凸面形成。

[0111] 几种实施方式中,翼尖侧内壁面 60 的沿着涡轮轴向的弯曲形状,如图 3A ~ 图 3O 所示,在位置 X_z 具有以最小曲率半径 R_{min} 规定的曲率最大部 64,在比位置 X_z 更位于轴向上游侧并且具有以曲率半径 R 规定的部位 66。曲率半径 R 比曲率最大部 64 的最小曲率半径 R_{min} 大 (即 $R > R_{min}$)。几种实施方式中,曲率最大部 64 所配置的位置 X_z 存在于以 $X_{upst} = X_0 - 0.5W$ 表示的涡轮轴向的上游侧位置和以 $X_{downst} = X_0 + 0.5W$ 表示的涡轮轴向的下游侧位置之间。但是, W 是动翼翼尖宽度,是翼尖 34 的动翼 30 的涡轮轴向 (X 方向) 的宽度。另外,位置 X_0 是翼尖 34 的前缘 36 的轴向位置 (即前缘 36 当中翼尖侧的部位 36T 的轴向位置)。

[0112] 如此,在动翼前缘附近的轴向位置 X_z 存在具有最小曲率半径 R_{min} 的曲率最大部 64 的情况下,弯头部 52 流动的工作流体通过动翼前缘附近的轴向位置 X_z 时,工作流体受到最小曲率半径 R_{min} 引起的离心力的影响。因此,在曲率最大部 64 附近的区域 Z (从曲率最大部 64 看最小曲率半径 R_{min} 的径向延伸线上的区域),由于曲率最大部 64 的最小曲率半径 R_{min} 引起的离心力,形成了遍及从翼尖侧到轮毂侧的压力分布 (压力梯度)。即,由于最小曲率半径 R_{min} 引起的离心力,在区域 Z 的翼尖侧工作流体的压力 P_{tip} 减小,在区域 Z 的轮毂侧工作流体的压力 P_{hub} 增大。因此,随着在区域 Z 的翼尖侧压力减小,工作流体的速度 (轴向速度成分) 增大。由此,作用于动翼 30 的翼尖侧的工作流体流动的转向角变小。因此,随着流动的转向角的减小,翼尖侧的动翼 30 的背侧和腹侧的压力差减小,经由翼尖间隙 35 的工作流体的泄漏被抑制,涡轮效率提高。另外,翼尖间隙 35 是形成于翼尖 34 和壳体 40 的内壁面之间的间隙。

[0113] 像这种弯头部 52 的最小曲率半径 R_{min} 的离心力引起的翼尖泄漏的抑制效果,如果最小曲率半径 R_{min} 的位置是动翼前缘的附近就能够享有,最小曲率半径 R_{min} 的轴向位置 X_z 可以相对于动翼 30 的部位 36T 存在于上游侧,也可以相对于部位 36T 存在于下游侧。

[0114] 图 3A、图 3C ~ 图 3D、以及图 3F ~ 图 3O 所示的举例的实施方式中,在轴向位置 X_z 以最小曲率半径 R_{min} 规定的曲率最大部 64,存在于相对于动翼 30 的部位 36T 是上游侧的 $X_{upst} < X_z < X_0$ 的范围内。另一方面,图 3B 和图 3E 所示的举例的实施方式中,在轴向位置 X_z 以最小曲率半径 R_{min} 规定的曲率最大部 64,存在于相对于动翼 30 的部位 36T 是下游侧的 $X_0 < X_z < X_{upst}$ 的范围内。

[0115] 另外,一实施方式中,曲率最大部 64 的轴向位置 X_z 被设定在 $X_0 -$

$0.35W \leq X_0 \leq X_0 + 0.35W$ 的范围内。该情况下,曲率最大部 64 被配置于动翼前缘附近范围,所以最小曲率半径 R_{\min} 引起的离心力所产生的抑制翼尖泄漏的效果进一步提高。

[0116] 另外,如果将曲率最大部 64 的轴向位置 X_z 设定为 $X_0 - 0.2W \leq X_0 \leq X_0 + 0.2W$ 的范围内,能够更进一步有效地抑制翼尖泄漏。

[0117] 几种实施方式中,在形成于翼尖 34 和壳体 40 的内壁面之间的间隙(翼尖间隙 35)没有设置密封部件,翼尖 34 不經由密封部件面对壳体 40 的内壁面。

[0118] 如此,即使在翼尖间隙 35 不存在密封部件的情况下,如果使用在轴向位置 X_z 具有最小曲率半径 R_{\min} 的弯头部 52,则也能够抑制翼尖泄漏引起的涡轮效率降低。因此能够在维持涡轮效率的同时省略密封部件。例如,即使很多在翼尖间隙设置有迷宫式密封圈等密封部件的较大轴流涡轮机中,也有着能够在维持涡轮效率的同时省略密封部件的可能性。如果能够省略密封部件,变得能够降低轴流涡轮机的制造成本之外,还不需要密封部件的维护。

[0119] 这里利用图 4A 和图 4B 以及图 5,更详细地说明关于由弯头部 52 的最小曲率半径 R_{\min} 引起的离心力的涡轮效率改善效果。

[0120] 图 4A 是表示实施方式中的区域 Z 的翼尖侧的速度三角形的图,该实施方式中弯头部 52 在动翼前缘附近的轴向位置 X_z 具有曲率最大部 64,在位置 X_z 的轴向上游侧具有部位 66。图 4B 是表示区域 Z 的翼尖侧的速度三角形的图,该区域 Z 是弯头部的翼尖侧内壁面的曲率半径与轴向位置无关为定值的比较例的区域 Z。图 5 是用于说明一实施方式中的工作流体的流动转向角的图。

[0121] 如图 4A 和图 4B 所示,如果使用实施方式的弯头部 52,则跟比较例相比,作用于动翼 30 的绝对速度向量 V 的轴向速度成分 v_x 增大。另一方面,绝对速度 V 的周向速度成分 v_c 基本上是通过涡形管 50 施加于工作流体的速度,与弯头部 52 的形状无关。因此,在实施方式的情况(图 4A)和比较例(图 4B)之间,绝对速度向量 V 的周向速度成分 v_c 上没有区别。因此,实施方式中,从绝对速度向量 V 减去动翼 30 的周速度向量 V_t 得到的相对速度向量 V^* 相对于涡轮轴向所成角度(流入角) A 小。因此,根据实施方式,作用于动翼 30 的翼尖 34 侧的工作流体的流动转向角 B (参照图 5)与比较例相比变小,经由翼尖间隙 35 的工作流体的泄漏被抑制,涡轮效率被改善。

[0122] 几种实施方式中,如图 3D ~ 图 3F 所示,翼尖侧内壁面 60 的弯曲形状具有轴向位置 X_z 的上游侧的第 1 直线部 68 和轴向位置 X_z 的下游侧的第 2 直线部 69 交叉的不连续点。然后,由该不连续点,形成了以最小曲率半径 R_{\min} 规定的曲率最大部 64。该情况下,曲率最小半径 R_{\min} 实质上是 0(0 或者接近 0 的值)。

[0123] 另一方面,以比位置 X_z 更位于轴向上游侧的曲率半径 $R (> R_{\min})$ 规定的部位 66,由第 1 直线部 68 形成。该情况下,曲率半径 R 实质上是无限大。

[0124] 如图 3D ~ 图 3F 所示的举例的实施方式,如果通过第 1 直线部 68 和第 2 直线部 69 的交点实现轴向位置 X_z 的最小曲率半径 $R_{\min} (\approx 0)$,则与通过复杂的曲面形状实现位置 X_z 的最小曲率半径的情况相比能够大幅简化弯曲形状,降低轴流涡轮机 10 的加工成本。另外,与通过复杂的曲面形状实现最小曲率半径的情况相比,因为实际形成最小曲率半径 R_{\min} 的轴向位置 X_z 不受弯头部 52 的加工精度的影响而被正确地确定,所以能够确实得到由位置 X_z 的最小曲率半径 R_{\min} 实现的预期的翼尖泄漏抑制效果。

[0125] 几种实施方式中,如图 3G 所示,翼尖侧内壁面 60 的弯曲形状至少在 $0 \leq X \leq X_z$ 的轴向的位置范围,具有包含最小曲率半径 R_{\min} 的两个以上的曲率半径。然后,这些两个以上的曲率半径在 $0 \leq X \leq X_z$ 的轴向的位置范围,从轴向的上游侧朝下游侧以曲率半径变小的顺序配置。

[0126] 该情况下,在所述位置范围 ($0 \leq X \leq X_z$) 从上流侧朝下流侧弯曲形状的曲率半径逐渐减小,在最下游侧的轴向位置 X_z 弯曲形状的曲率半径为最小(最小曲率半径 R_{\min})。由此,能够使工作流体直接作用于动翼 30,该工作流体具有由轴向位置 X_z 的最小曲率半径 R_{\min} 引起的大离心力形成的、区域 Z 的压力梯度。因此,能够有效减小作用于动翼 30 的工作流体的翼尖侧的流动转向角。由此,能够有效抑制翼尖泄漏引起的涡轮效率降低。

[0127] 另外,在图 3G 所示的举例的实施方式中,在 $0 \leq X \leq X_z$ 的轴向位置范围,四个曲率半径 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_{\min} 从轴向的上游侧朝下游侧排列,满足 $R_1 > R_2 > R_3 > R_{\min}$ 的关系。

[0128] 几种实施方式中,如图 3H ~ 图 3N 所示,弯头部 52 的翼尖侧内壁面 60 的部分,由设置于轴向位置 X_z 的凸部 70 形成。该凸部 70 从翼尖侧内壁面 60 的其它部分向轴流涡轮机 10 的径向内侧突出设置。然后,由最小曲率半径 R_{\min} 规定的曲率最大部 64 被设置于凸部 70 的前端(突起端)。

[0129] 该情况下,通过改变凸部 70 的形状能够容易地调整最小曲率半径 R_{\min} 。另外,与不具有凸部 70 的弯头部 52 相比,通过凸部 70 容易实现更小的最小曲率半径 R_{\min} ,能够有效抑制翼尖泄漏引起的涡轮效率降低。

[0130] 几种实施方式中,凸部 70 与翼尖侧内壁面 60 的其它部分是分体形成。图 3L ~ 图 3N 所示的举例的实施方式中,凸部 70 具有从翼尖侧内壁面 60 的其它部分向径向内侧延伸的环状板部 72,由环状板部 72 的前端(突起端)的边缘形成了曲率最大部 64。

[0131] 该情况下,通过作为凸部 70 的环状板部 70 的突起端的边缘形状,能够任意调节最小曲率半径 R_{\min} ,能够简单实现具有期望最小曲率半径 R_{\min} 的弯曲形状。

[0132] 另外,环状板部 72 如图 3L 和图 3M 所示可以被平行于轴流涡轮机 10 的径向设置,也可以如图 3N 所示被相对于轴流涡轮的径向倾斜设置。

[0133] 几种实施方式中,如图 3H、图 3K、图 3L 和图 3N 所示,具有最小曲率半径 R_{\min} 的凸部 70 的突起端比动翼 30 的翼尖 34 更位于轴流涡轮机 10 的径向外侧。

[0134] 该情况下,即使在凸部 70 的尾流形成漩涡,实质上也能够无视该漩涡给动翼 30 带来的影响。因此,能够防止由凸部 70 产生的漩涡所引起的涡轮效率降低。

[0135] 其它的实施方式中,如图 3I ~ 图 3J 以及图 3M 所示,具有最小曲率半径 R_{\min} 的凸部 70 的突起端比动翼 30 的翼尖 34 更位于轴流涡轮机 10 的径向内侧。

[0136] 该情况下,虽然可能发生由凸部 70 的尾流形成的漩涡所引起的涡轮效率降低,但是能够预见凸部 70 的最小曲率半径 R_{\min} 实现的翼尖泄漏抑制效果所引起的涡轮效率的提高。因此整体有能够改善涡轮效率的可能性。

[0137] 另外,凸部 70 被设置于比动翼 30 的翼尖 34 更位于轴向上游侧,凸部 70 的突起端比翼尖 34 更位于径向内侧。在该情况下轴流涡轮机 10 组装时,凸部 70 和动翼 30 的干涉可能成为问题。

[0138] 因此,如图 3J 所示,壳体 40 也可以被分割为含有凸部 70 的第 1 部分 40A,和位于第 1 部分 40A 的下游侧的第 2 部分 40B。由此,即使在凸部 70 比动翼 30 的翼尖 34 更位于

轴向上游侧、凸部 70 的突起端比翼尖 34 更位于径向内侧的情况下,也能够容易地进行轴流涡轮机 10 的组装作业。

[0139] 几种实施方式中,如图 30 所示,动翼 30 的翼尖面以从前缘 36 朝向后缘 38、动翼 30 的翼长逐渐变大的方式相对于轴流涡轮机 10 的轴向倾斜。该情况下,壳体 40 的内壁面也沿着动翼 30 的翼尖面相对于轴流涡轮机 10 的轴向倾斜。

[0140] 由此,能够抑制工作流体的流动从壳体 40 的内壁面剥离。因此,能够降低工作流体流动的剥离风险的同时,进一步减小弯头部 52 的最小曲率半径 R_{\min} ,更有效地防止翼尖泄漏引起的涡轮效率降低。

[0141] 几种实施方式中,如图 3C、图 3F 以及图 3K 所示,壳体 40 在对应于涡轮叶轮 14 出口的轴向位置具有向轴流涡轮机 10 的径向内侧突出的突出部 74。

[0142] 该情况下,在涡轮叶轮 14 的出口附近,经由翼尖间隙 35 的工作流体的泄漏路径由壳体 40 的突出部 74 堵住,所以能够更进一步抑制工作流体的翼尖泄漏。

[0143] 几种实施方式中,如图 3K 所示,沿着与动翼 30 的翼尖 34 相对的壳体 40 的内壁面的轴流涡轮机 10 的轴向的形状,在弯头部 52 的上游侧端的位置 $X = 0$ 和位置 X_p 之间,至少具有一个负值曲率半径,该位置 X_p 从动翼 30 的翼尖 34 的后缘 38 朝轴向的下游侧仅偏离距离 $D = 1.5 \times W$ 。

[0144] 这里,负值的曲率半径所说的是壳体 40 的内壁面向轴流涡轮机 10 的径向外侧凹陷的曲率半径。图 3K 所示的举例的实施方式中,壳体 40 的内壁面在 $0 \leq X \leq X_p$ 的位置范围具有用箭头表示的四处负值曲率半径。

[0145] 如以上说明的,根据所述的实施方式,通过设法改变弯头部 52 的形状,由作用于动翼 30 的工作流体形成遍及从翼尖侧到轮毂侧的压力分布(压力梯度),在翼尖侧伴随着压力减小,工作流体的速度(轴向速度成分)增大。因此,翼尖侧上工作流体的流动转向角变小,动翼 30 的背侧和腹侧的压力差减小,经由翼尖间隙 35 的工作流体的泄漏被抑制。因此,能够抑制翼尖泄漏引起的涡轮效率的降低。

[0146] 另外,小型的轴流涡轮机中相对于动翼的翼长,翼尖间隙有着相对变大的倾向,所以如所述实施方式的通过设法改变弯头部 52 的形状能够抑制翼尖泄漏的方案,在小型轴流涡轮机的情况下特别有用。

[0147] 以上关于本发明的实施方式进行了说明,本发明不限于所述实施方式,可进行多种不脱离本发明目的范围的变更。

[0148] 例如,所述实施方式中,关于使用涡轮增压器 1 的轴流涡轮机 10 进行了说明,关于轴流涡轮机 10 的所述内容,能够适用于用于从工作流体具有的能量回收动力的半径流入式的任意的轴流涡轮机。

[0149] 另外,所述实施方式中,关于轴流涡轮机 10 进行了说明,该轴流涡轮机 10 的弯头部 52 的翼尖侧内壁面 60 至少存在于比动翼 30 的前缘 36 中的轮毂侧的部位 36H 更位于轴向上游侧的区域 52A,关于斜流涡轮机,也能够适用和本发明类似的技术。

[0150] 图 6 是参考例的斜流涡轮机的概要剖视图。如图 6 所示,斜流涡轮机 100 具备在轴向延伸的旋转轴 112、与该旋转轴 112 一体旋转的方式构成的涡轮叶轮 114、覆盖涡轮叶轮 114 的壳体 140。壳体 140 具有用于将流入壳体 140 的工作流体沿着旋转轴 112 的周向旋转的涡形部 150。另外,壳体 140 的弯头部 152 位于涡形部 150 和涡轮叶轮 114 之间。

弯头部 152 的翼尖侧内壁面 160, 不比动翼 80 的前缘 86 中的轮毂 82 侧的部位 86H 更朝轴向上游侧延伸, 比该部位 86H 更位于轴向下游侧。在该点上, 斜流涡轮机 100 与所述轴流涡轮机 10 不同。如图 3A ~ 图 30 所示的实施方式的弯曲形状, 也能够适用于斜流涡轮机 100 的弯头部 152 的弯曲形状。即, 沿着翼尖侧内壁面 160 的涡轮轴向的弯曲形状, 当该弯曲形状的开始点的轴向位置设为 $X = 0$ 、翼尖 84 的前缘 86 的轴向位置设为 $X = X_0$ 、沿着翼尖 84 的动翼 80 的轴向的宽度设为 W 时, 在以 $X_{\text{upst}} = X_0 - 0.5W$ 表示的轴向的上游侧位置和以 $X_{\text{downst}} = X_0 + 0.5W$ 表示的轴向的下游侧位置之间的位置 X_z 上具有最小曲率半径 R_{min} , 并且, 在比所述位置 X_z 更位于轴向的上游侧, 也可具有曲率半径 $R (R > R_{\text{min}})$ 。在该情况下也能够享有和本发明相同的效果。

[0151] 附图标记说明

- [0152] 1 涡轮增压器
- [0153] 10 轴流涡轮机
- [0154] 12 旋转轴
- [0155] 14 涡轮叶轮
- [0156] 16 轴承
- [0157] 20 压缩机
- [0158] 22 压缩机叶轮
- [0159] 24 翼轮
- [0160] 30 动翼
- [0161] 32 轮毂
- [0162] 34 翼尖
- [0163] 35 翼尖间隙
- [0164] 36 前缘
- [0165] 38 后缘
- [0166] 40 壳体
- [0167] 40A 第 1 部分
- [0168] 40B 第 2 部分
- [0169] 42 涡轮壳体
- [0170] 44 轴承壳体
- [0171] 46 压缩机壳体
- [0172] 50 涡形部
- [0173] 52 弯头部
- [0174] 54 出气口部
- [0175] 60 翼尖侧内壁面
- [0176] 62 轮毂侧内壁面
- [0177] 64 曲率最大部
- [0178] 70 凸部
- [0179] 72 环状板部
- [0180] 74 突出部

[0181]	80	动翼
[0182]	82	轮毂
[0183]	84	翼尖
[0184]	86	前缘
[0185]	100	斜流涡轮机
[0186]	112	旋转轴
[0187]	114	涡轮叶轮
[0188]	140	壳体
[0189]	150	涡形部
[0190]	160	弯头部

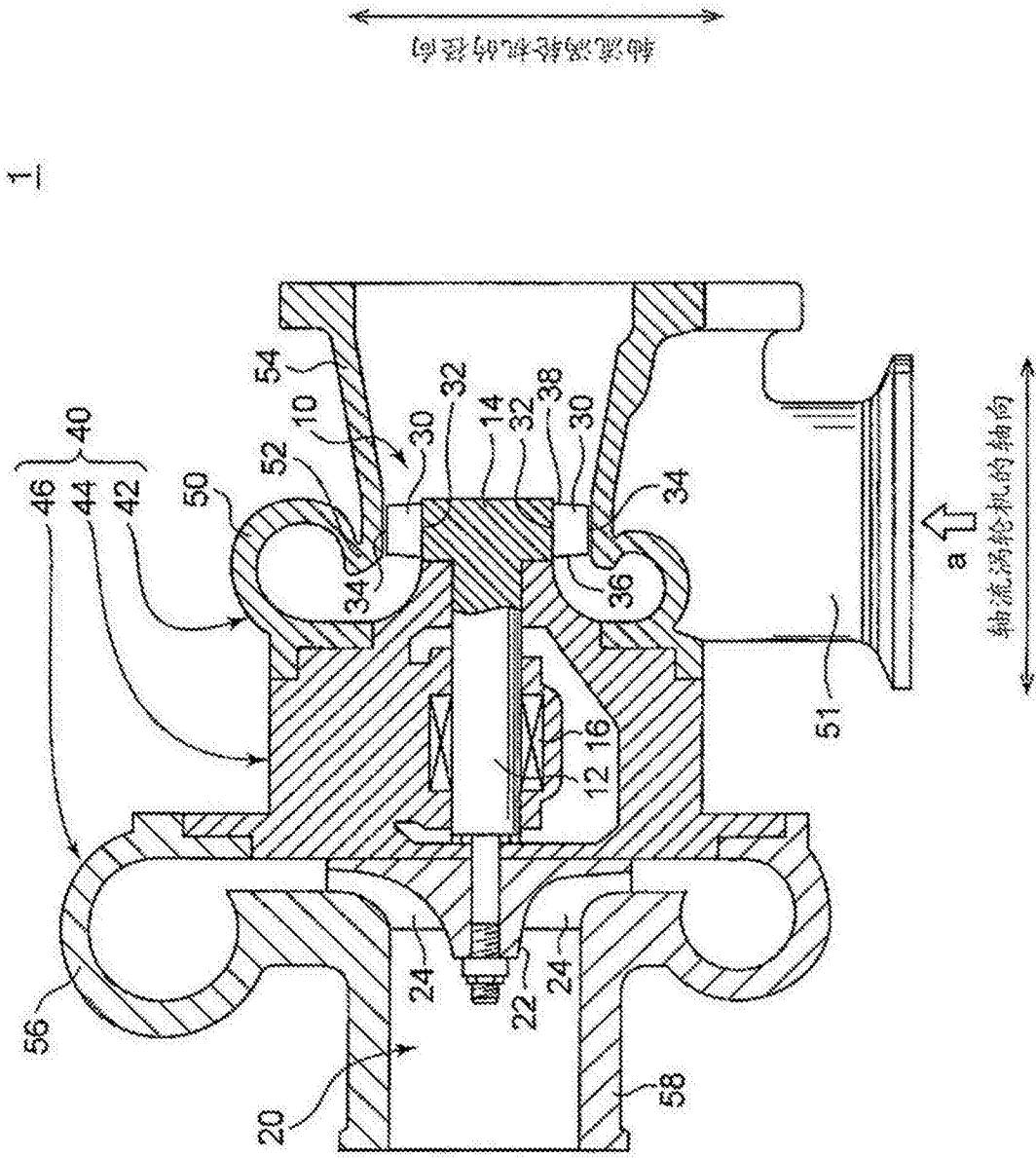


图 1

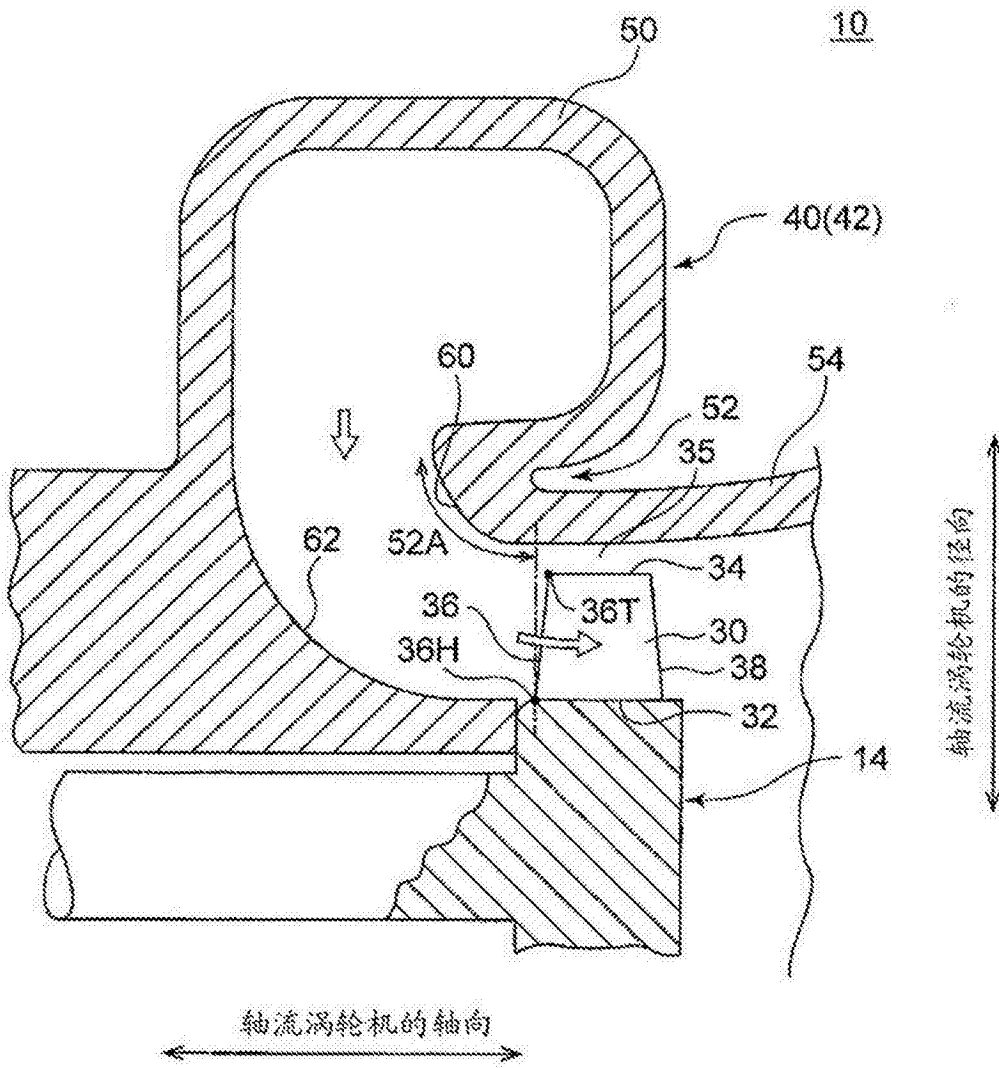


图 2

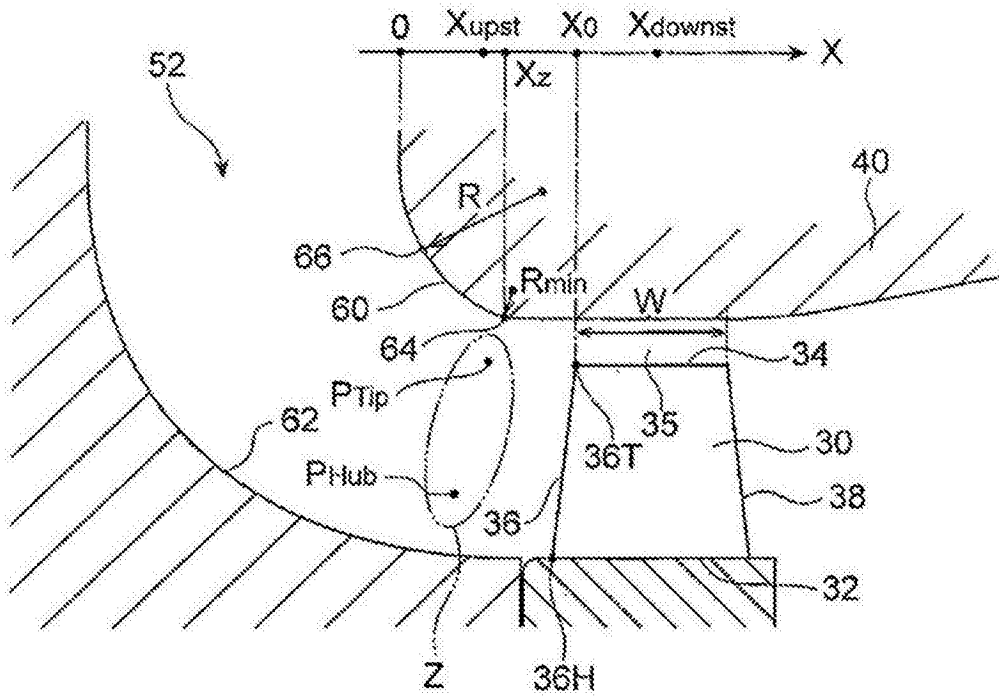


图 3A

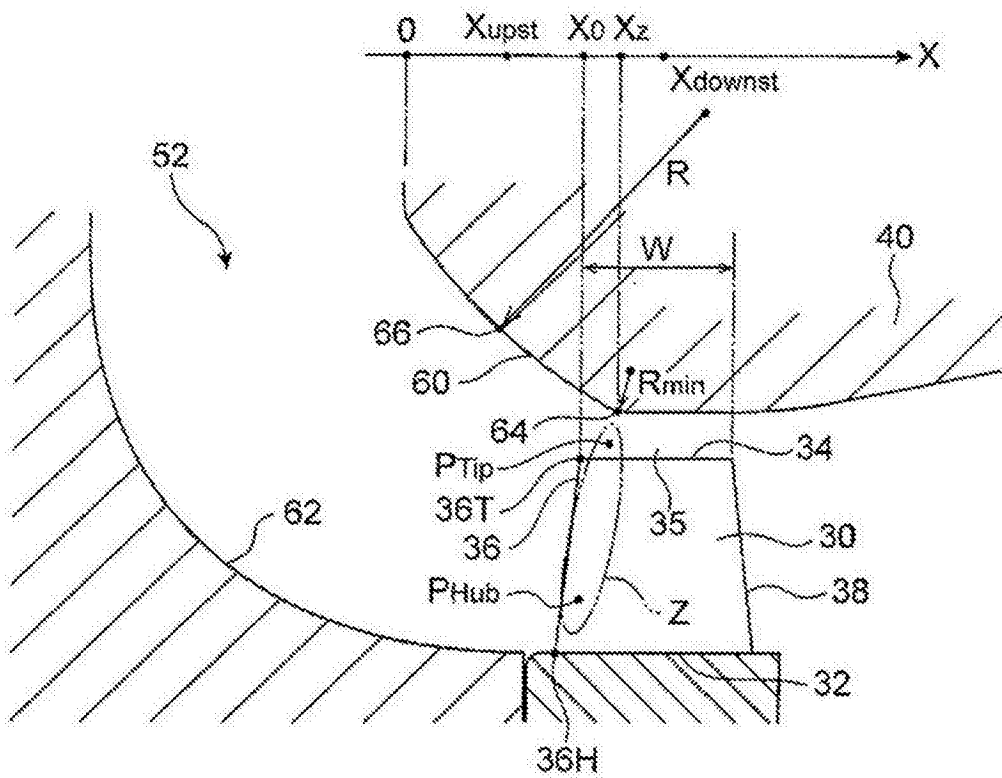


图 3B

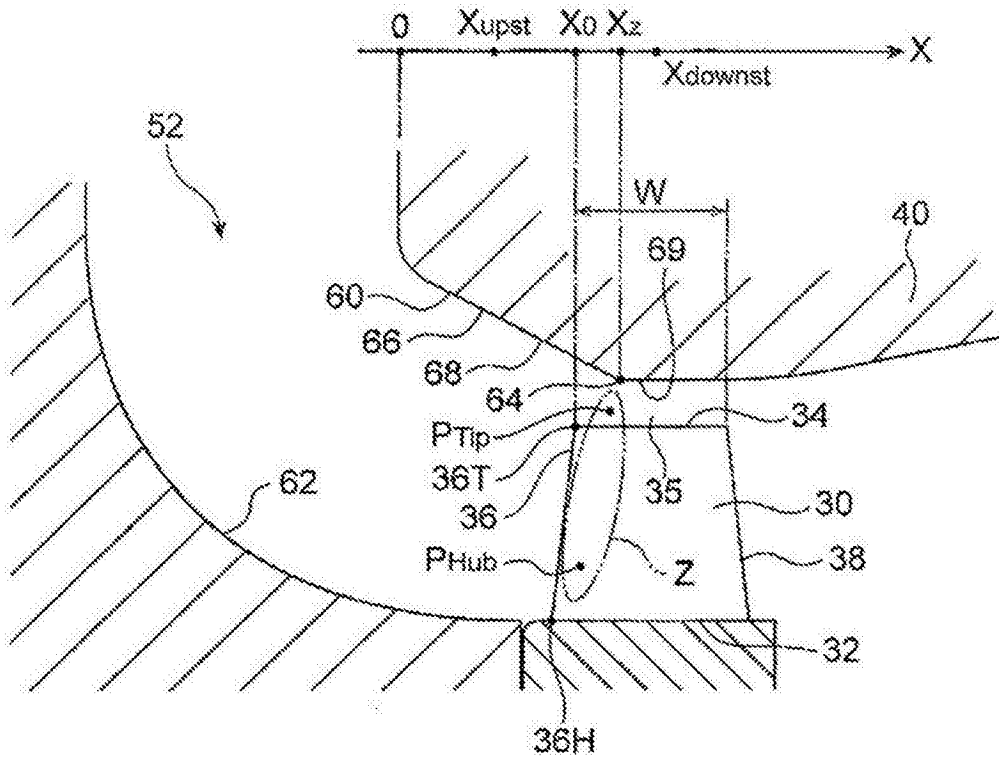


图 3E

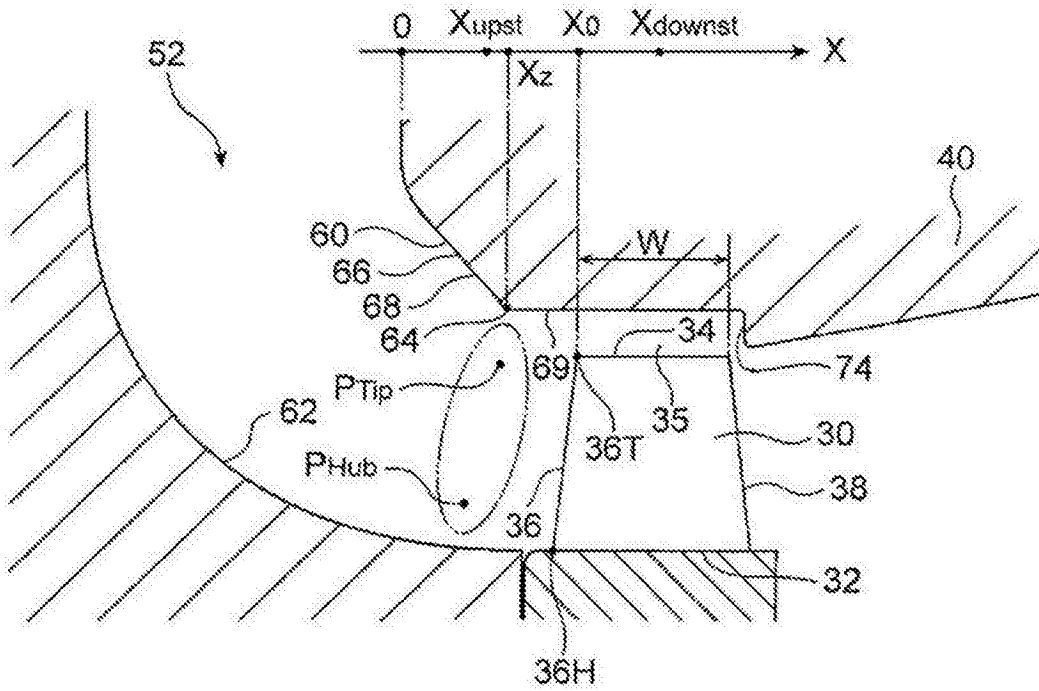


图 3F

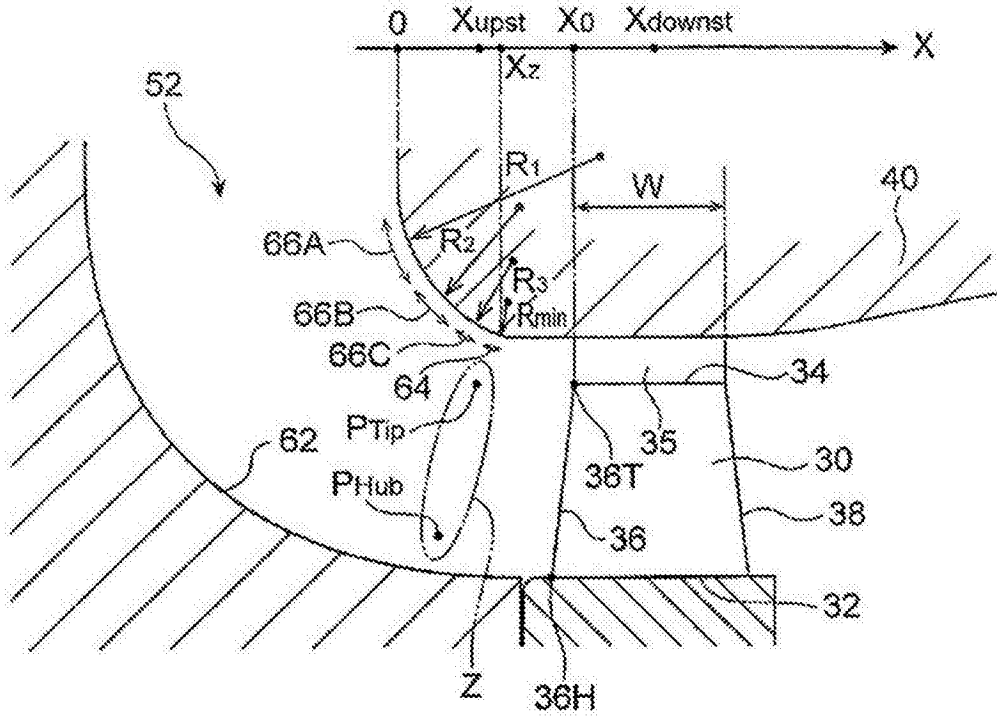


图 3G

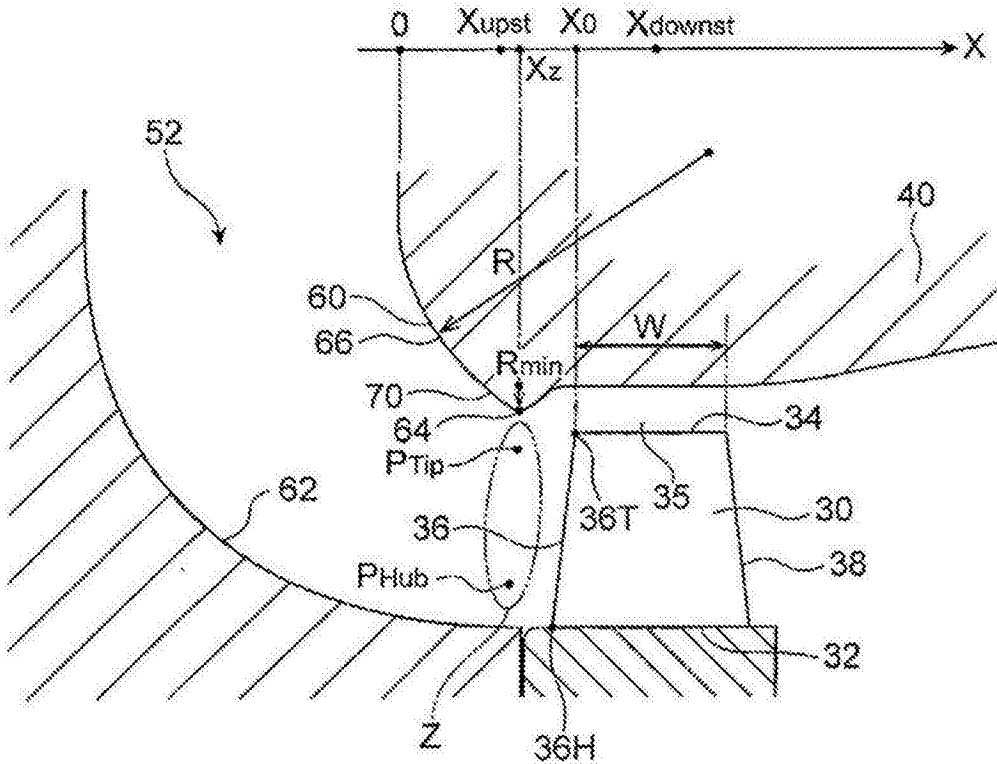


图 3H

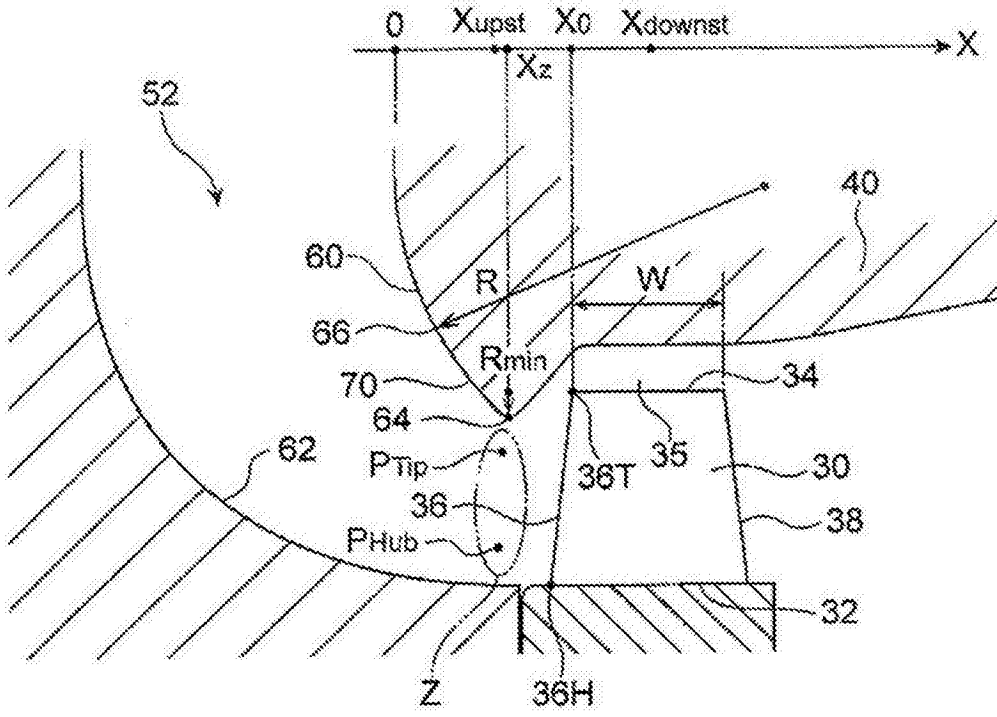


图 3I

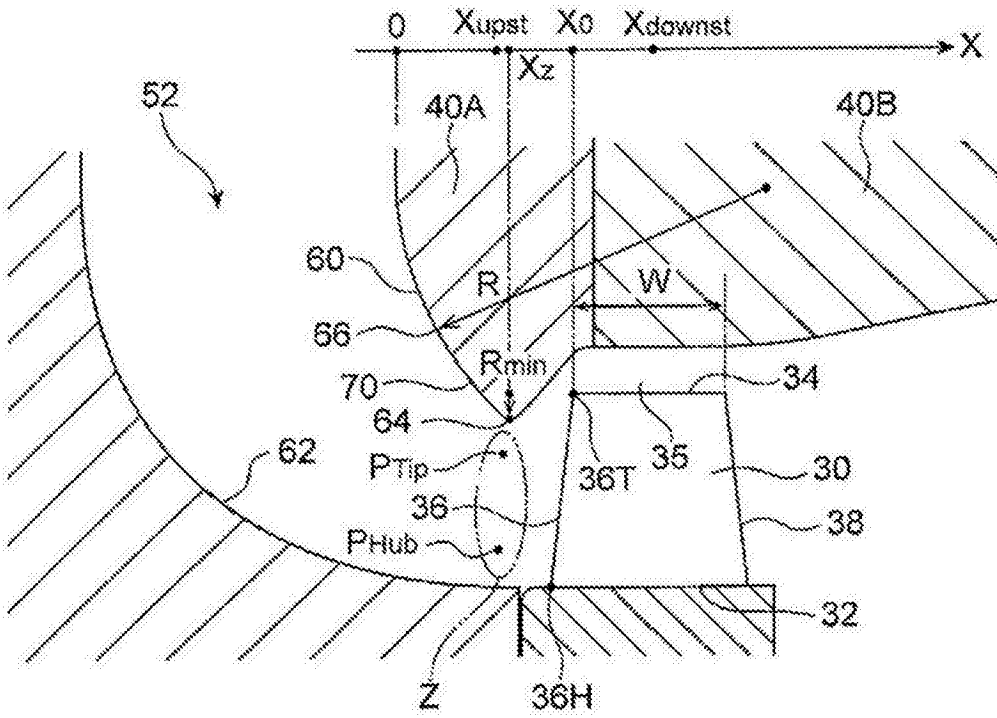


图 3J

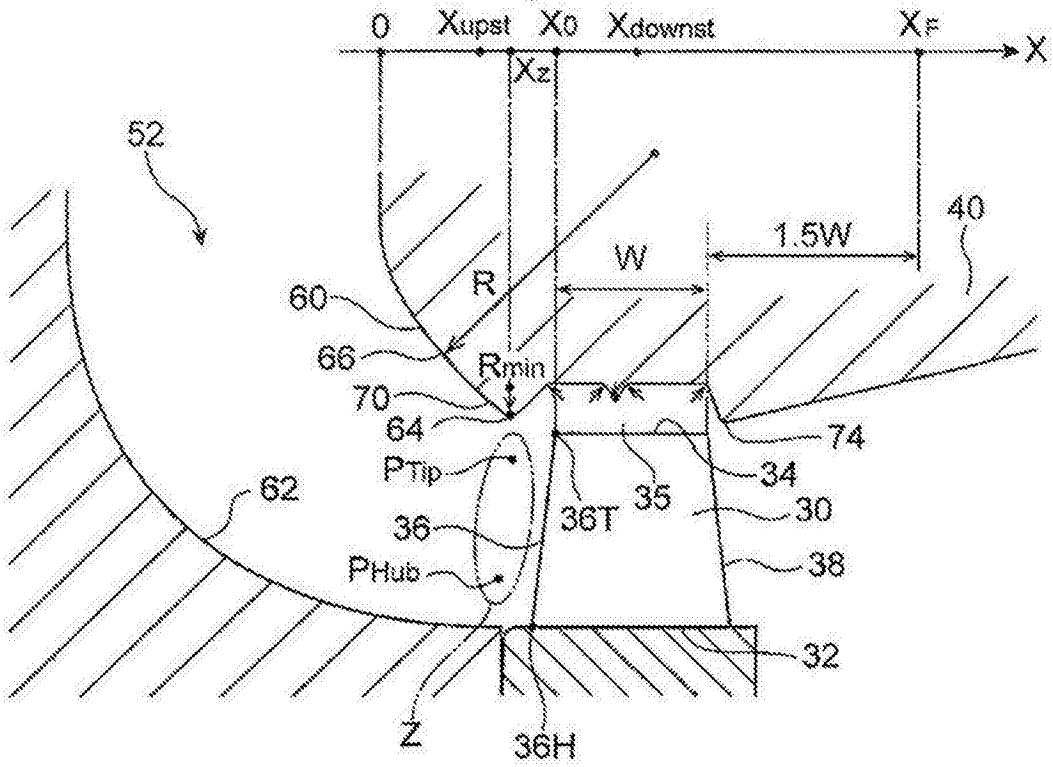


图 3K

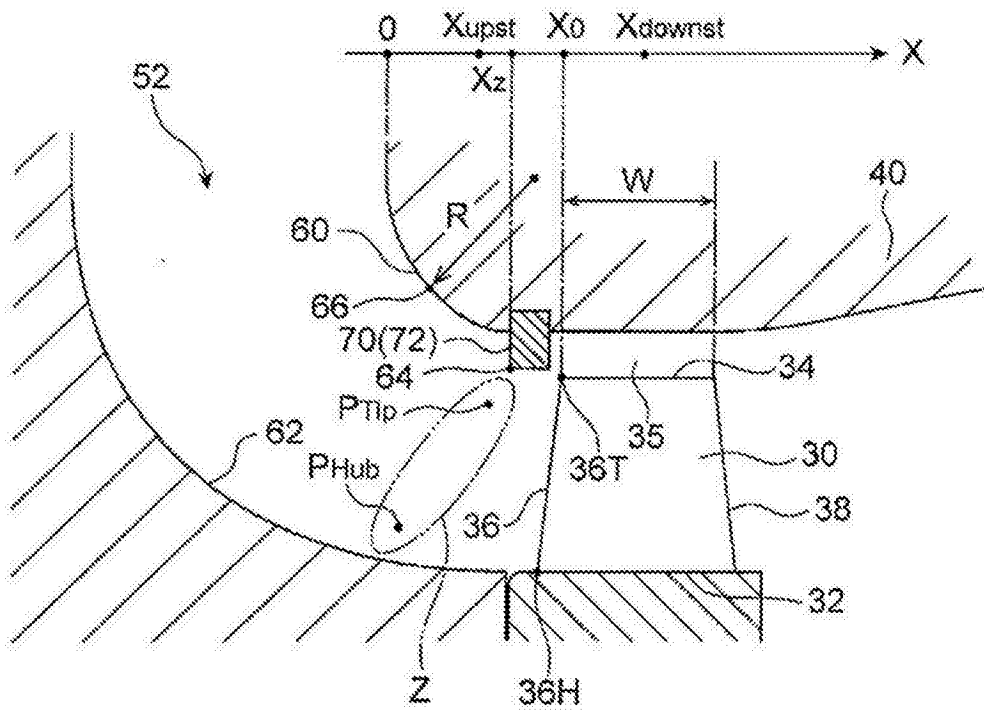


图 3L

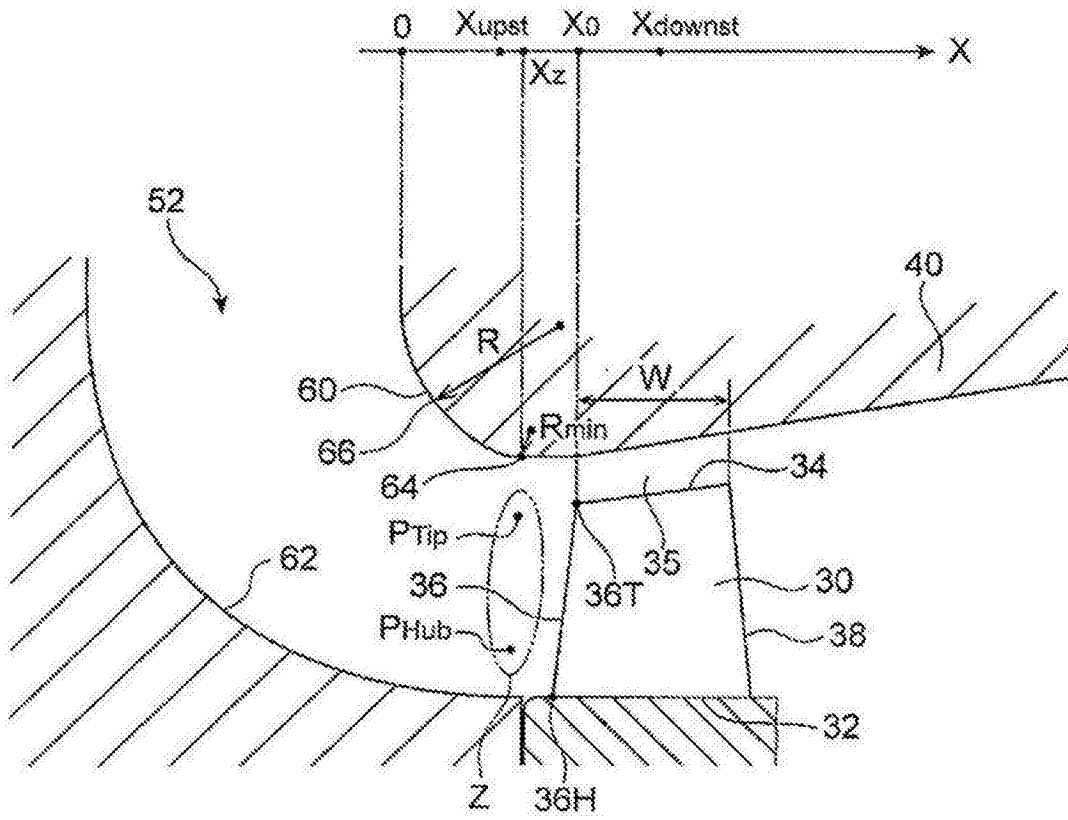


图 30

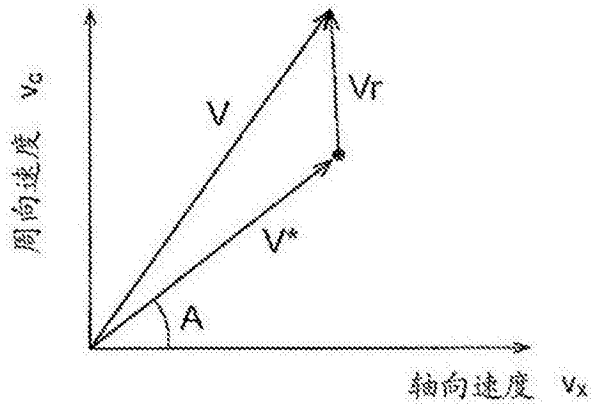


图 4A

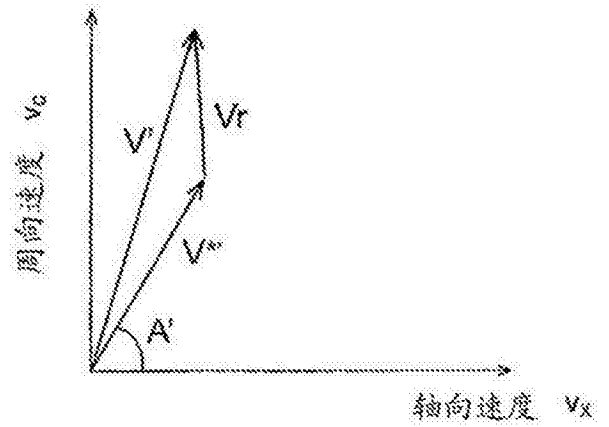


图 4B

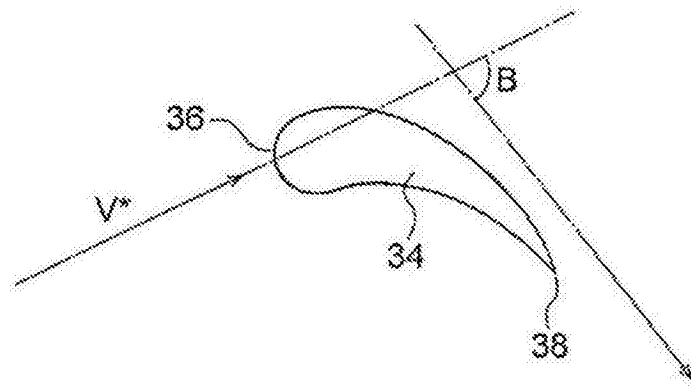


图 5

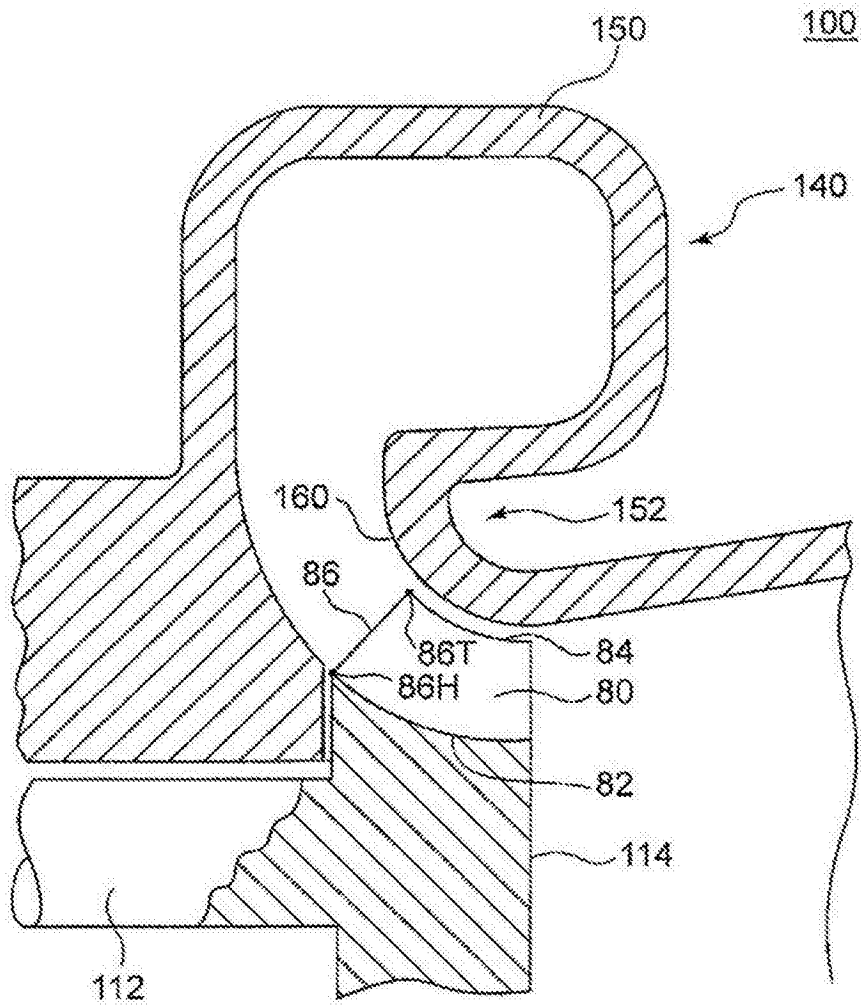


图 6