



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104024581 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201280057231. 5

F02C 7/28(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 12. 12

F16J 15/40(2006. 01)

(30) 优先权数据

F16J 15/447(2006. 01)

2011-272355 2011. 12. 13 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2014. 05. 21

JP 2006291967 A, 2006. 10. 26,

(86) PCT国际申请的申请数据

JP 2004332616 A, 2004. 11. 25,

PCT/JP2012/082206 2012. 12. 12

JP 2004332616 A, 2004. 11. 25,

(87) PCT国际申请的公布数据

JP 2006291967 A, 2006. 10. 26,

W02013/089139 JA 2013. 06. 20

JP 2011012631 A, 2011. 01. 20,

(73) 专利权人 三菱日立电力系统株式会社

JP 2011012631 A, 2011. 01. 20,

地址 日本神奈川县

JP 2008075510 A, 2008. 04. 03,

(72) 发明人 桑村祥弘 松本和幸 大山宏治

CN 101067384 A, 2007. 11. 07,

田中良典 上原秀和 町田幸则

CN 1500187 A, 2004. 05. 26,

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

CN 1800589 B, 2010. 06. 02,

代理人 高培培 车文

US 2010164179 A1, 2010. 07. 01,

JP 2011080452 A, 2011. 04. 21,

EP 2372103 A1, 2011. 10. 05,

审查员 姚放

(51) Int. Cl.

F01D 11/02(2006. 01)

F01D 5/20(2006. 01)

F01D 11/08(2006. 01)

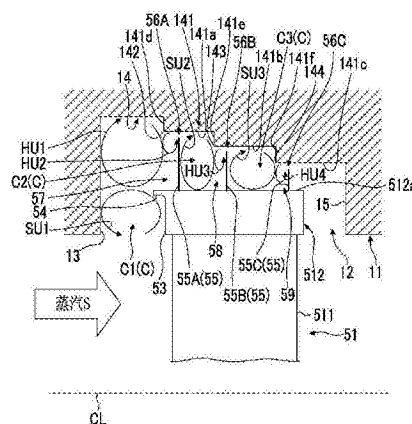
权利要求书1页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

涡轮

(57) 摘要

本发明提供一种涡轮。本发明所涉及的涡轮具备叶片及相对于该叶片相对旋转的结构体,且有流体流通,该涡轮还具备:台阶部,设置于所述叶片的径向前端部及所述结构体中与所述径向前端部对置的部位中的任意一方;密封翅片,从另一方向所述台阶部延伸,且在与该台阶部之间形成微小间隙;流体冲撞面,设置于所述流体的流通方向的比所述密封翅片更靠上游侧,并供所述流体冲撞;凸部,从该流体冲撞面朝上游侧突出;及对置面,与所述流体冲撞面对置。



1. 一种涡轮,具备叶片及隔着间隙设置于该叶片的径向前端侧并相对于所述叶片相对旋转的结构体,在所述间隙有流体流通,该涡轮具备:

台阶部,设置于所述叶片的径向前端部及所述结构体中与所述径向前端部对置的部位中的任意一方,并具有径向上的阶梯;

密封翅片,从所述叶片的径向前端部及所述结构体中与所述径向前端部对置的部位中的另一方向所述台阶部延伸,且在与所述台阶部之间形成微小间隙;

流体冲撞面,设置于所述叶片的径向前端部及所述结构体中与所述径向前端部对置的部位中的另一方,并且设置于所述流体的流通方向的比所述密封翅片更靠上游侧,并供所述流体冲撞;

凸部,从该流体冲撞面朝上游侧突出,与所述台阶部对置配置;及
对置面,与所述流体冲撞面对置。

2. 根据权利要求 1 所述的涡轮,其中,
在所述台阶部的表面设置有切削性优于所述密封翅片的易切削材料。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的涡轮,其中,
所述台阶部设置于所述结构体上,
所述密封翅片设置于所述叶片上。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的涡轮,其中,
所述结构体为容纳被旋转驱动的轴体的外壳,
所述叶片为固定于所述轴体并向所述外壳侧延伸的转动叶片。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的涡轮,其中,
所述结构体为被旋转驱动的轴体,
所述叶片为固定于容纳所述轴体的外壳并向所述轴体侧延伸的固定叶片。

6. 根据权利要求 3 所述的涡轮,其中,
所述结构体为容纳被旋转驱动的轴体的外壳,
所述叶片为固定于所述轴体并向所述外壳侧延伸的转动叶片。

7. 根据权利要求 3 所述的涡轮,其中,
所述结构体为被旋转驱动的轴体,
所述叶片为固定于容纳所述轴体的外壳并向所述轴体侧延伸的固定叶片。

涡轮

技术领域

[0001] 本发明涉及一种例如用于发电设备、化工设备、燃气装置、钢铁厂及船舶等中的涡轮。

[0002] 本申请对 2011 年 12 月 13 日申请于日本的专利申请 2011-272355 号主张优先权，并将其内容援用于此。

背景技术

[0003] 目前，作为蒸汽涡轮的一种公知的有具备在内部流通有蒸汽的外壳及旋转自如地设置于该外壳的内部的轴体的蒸汽涡轮。该蒸汽涡轮中，在外壳的内周面固定有固定叶片，且在轴体的外周面固定有转动叶片，轴向上交替设置有多级固定叶片和转动叶片。

[0004] 该蒸汽涡轮根据工作方式的不同大致分为冲动式涡轮和反动式涡轮。冲动式涡轮是指转动叶片仅受到蒸汽的冲撞力而旋转的蒸汽涡轮。该冲动式涡轮中固定叶片具有喷嘴形状，通过该固定叶片的蒸汽喷射到转动叶片上，转动叶片仅受到蒸汽的冲撞力而旋转。另一方面，反动式涡轮中，固定叶片与转动叶片的形状相同，转动叶片受到通过该固定叶片的蒸汽的冲撞力和相对于通过转动叶片时所产生的蒸汽的膨胀的反作用力而旋转的蒸汽涡轮。

[0005] 然而，这种蒸汽涡轮中，在转动叶片的前端部与外壳之间形成有规定宽度的径向间隙，并且在固定叶片的前端部与轴体之间也形成有规定宽度的径向间隙。而且，向轴体的轴线方向流动的蒸汽的一部分通过这些转动叶片和固定叶片的前端部的间隙向下游侧泄漏。因此，从转动叶片与外壳之间的间隙向下游侧泄漏的蒸汽对转动叶片既不赋予冲撞力也不赋予反作用力，因此不论是冲动式涡轮还是反动式涡轮，几乎不提供使转动叶片旋转的驱动力。并且，从固定叶片和轴体之间的间隙向下游侧泄漏的蒸汽也同样，固定叶片即使越过固定叶片，其速度也不发生变化并且也不产生膨胀，因此不论是冲动式涡轮还是反动式涡轮，几乎不提供使下游侧的转动叶片旋转的驱动力。因此，在提高蒸汽涡轮的性能时，减少转动叶片或固定叶片的前端的间隙中的蒸汽的泄漏量至关重要。

[0006] 因此，以往作为防止蒸汽从转动叶片或固定叶片的前端部的间隙泄漏的构件使用密封翅片。该密封翅片例如用于转动叶片的前端部时，被设置成从转动叶片或外壳中的任意一方突出，并在与另一方之间形成微小的间隙。

[0007] 然而作为转动叶片，众所周知有在构成其前端部的套筒的上游侧面即供蒸汽流冲撞的面上设置了向上游侧突出的凸部的转动叶片（例如参考专利文献 1 及专利文献 2）。

[0008] 而在这些专利文献 1 及专利文献 2 中未记载有关在套筒上设置该凸部的意义。

[0009] 以往技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献 1：日本专利公开 2006-291967 号公报

[0012] 专利文献 2：日本专利公开平 02-030903 号公报

[0013] 发明的概要

[0014] 发明要解决的技术课题

[0015] 然而,在转动叶片和固定叶片的前端部设置有密封翅片的现有蒸汽涡轮中存在,当密封翅片从转动叶片或固定叶片侧突出时,无法获得防止蒸汽向下游侧泄漏的良好密封性能的问题。

[0016] 图 8 是表示有关现有蒸汽涡轮的转动叶片 80 的前端部周围的概要剖视图。

[0017] 当密封翅片 82 从构成转动叶片 80 的套筒 81 突出时,撞到转动叶片 80 的蒸汽 S 在形成于转动叶片 80 的上游侧的腔室 C 内部形成主涡流 SU。而且该主涡流 SU 的一部分由于碰到套筒 81 的角部 83 而剥离,由此形成剥离涡流 HU。然而,该剥离涡流 HU 在密封翅片 82 的前端部从外壳 84 向密封翅片 82 侧流动。

[0018] 因此,该剥离涡流 HU 的缩流效果,即向径向压缩通过密封翅片 82 的前端与外壳 84 之间的微小间隙 85 而向下游侧泄漏的蒸汽 S 从而减少泄漏量的效果较小。由此,以密封翅片 82 从转动叶片 80 突出的结构无法获得良好的密封性能。

[0019] 本发明是鉴于这种问题而完成的,其目的在于提供一种在密封翅片从叶片主体及结构体中的任一方向另一方延伸的涡轮中,减少涡轮的密封翅片前端与叶片主体或结构体之间的间隙中的蒸汽的泄漏量的构件。

[0020] 用于解决技术课题的手段

[0021] (1) 本发明所涉及的涡轮,具备叶片及隔着间隙设置于该叶片的径向前端侧并相对于所述叶片相对旋转的结构体,在所述间隙有流体流通,该涡轮具备:台阶部,设置于所述叶片的径向前端部及所述结构体中与所述径向前端对置的部位中的任意一方,并具有径向上的阶梯;密封翅片,从所述叶片的径向前端部及所述结构体中与所述径向前端部对置的部位中的另一方向所述台阶部延伸,且在与该台阶部之间形成微小间隙;流体冲撞面,设置于所述流体的流通方向的比所述密封翅片更靠上游侧,并供所述流体冲撞;凸部,从该流体冲撞面朝上游侧突出;及对置面,与所述流体冲撞面对置。

[0022] 根据这种结构冲撞到流体冲撞面的流体在流体冲撞面与对置面之间的比凸部更靠叶片基端侧的空间形成主涡流。而且在凸部中有一部分主涡流剥离,由此在流体冲撞面与对置面之间的比凸部更靠叶片前端侧的空间形成剥离涡流。进而,在台阶部的角部有一部分剥离涡流进一步剥离,由此在形成于密封翅片的上游侧的扩幅部的内部产生剥离涡流。而且,产生在该扩幅部的剥离涡流在形成于密封翅片的前端与结构体之间的微小间隙的位置上,从密封翅片向结构体侧流动。

[0023] 由此,该剥离涡流发挥减少微小间隙中的流体的泄漏量的所谓缩流效果。

[0024] (2) 优选在所述台阶部的表面设置有切削性优于所述密封翅片的易切削材料。

[0025] 根据这种结构,当涡轮启动时,由于产生于叶片的热拉伸变得大于产生于结构体的热拉伸,进而在叶片为转动叶片时产生离心拉伸,由此密封翅片切削易切削材料。之后,涡轮过渡到额定运行,由于叶片的热拉伸大小变得等于或小于结构体的热拉伸,因此密封翅片变成远离易切削材料的状态。而且,与没有易切削材料时的密封翅片与台阶部之间的径向宽度相比,密封翅片与易切削材料之间的径向宽度较狭窄。

[0026] 由此,能够减少密封翅片的前端部中的流体的泄漏量。

[0027] (3) 优选所述台阶部设置于所述结构体上,且所述密封翅片设置于所述叶片上。

[0028] 根据这种结构,密封翅片的前端部位置变得远离叶片,因此由密封翅片的前端部

与结构体的滑动引起的热量难以传递至叶片。

[0029] (4) 优选所述结构体为容纳被旋转驱动的轴体的外壳,且所述叶片为固定于所述轴体并向所述外壳侧延伸的转动叶片。

[0030] 根据这种结构,能够将转动叶片的前端部中,来自形成于密封翅片与外壳之间的微小间隙的流体的泄漏量抑制在最小限度内。

[0031] (5) 优选所述结构体为被旋转驱动的轴体,且所述叶片为固定于容纳所述轴体的外壳并向所述轴体侧延伸的固定叶片。

[0032] 根据这种结构,能够将固定叶片的前端部中,来自形成于密封翅片与轴体之间的微小间隙的流体的泄漏量抑制在最小限度内。

[0033] 发明效果

[0034] 根据本发明所涉及的涡轮,密封翅片从叶片及结构体中的任意一方向另一方延伸的涡轮中,能够减少密封翅片的前端与叶片或结构体之间的间隙中的蒸汽的泄漏量。

附图说明

[0035] 图 1 是表示本发明的第 1 实施方式所涉及的蒸汽涡轮的概要剖视图。

[0036] 图 2 是放大图 1 中的转动叶片的前端部周围的局部放大剖视图。

[0037] 图 3 是说明剥离涡流的缩流效果的图,且为放大图 2 中第 1 密封翅片的前端部周围的局部放大剖视图。

[0038] 图 4 是表示第 2 实施方式所涉及的转动叶片的前端部周围的概要剖视图。

[0039] 图 5A 是说明第 2 实施方式所涉及的蒸汽涡轮的作用效果的图。

[0040] 图 5B 是说明第 2 实施方式所涉及的上述涡轮的作用效果的图。

[0041] 图 6 是表示第 3 实施方式所涉及的转动叶片的前端部周围的概要剖视图。

[0042] 图 7 是表示第 4 实施方式所涉及的固定叶片的前端部周围的概要剖视图。

[0043] 图 8 是表示有关以往的蒸汽涡轮的转动叶片的前端部周围的概要剖视图。

具体实施方式

[0044] [第 1 实施方式]

[0045] 以下,参考附图对本发明的实施方式进行说明。首先,对本发明的第 1 实施方式所涉及的蒸汽涡轮的结构进行说明。图 1 是表示第 1 实施方式所涉及的蒸汽涡轮 1 的概要剖视图。

[0046] 蒸汽涡轮 1 具备:中空的外壳 10;调整阀 20,调整流入到该外壳 10 内部的蒸汽 S(流体)的量和压力;轴体 30,旋转自如地设置于外壳 10 的内部,并向未图示的发电机等机械传递动力;环状固定叶片组 40,保持在外壳 10 上;环状转动叶片组 50(叶片),设置于轴体 30 上;及轴承部 60,以能够绕轴 CL 旋转的方式支承轴体 30。

[0047] 外壳 10 的内部空间被密封得气密,并成为蒸汽 S 的流路。该外壳 10 具有固定于其内壁面的环状隔板外圈 11(结构体)。而且,在该隔板外圈 11 上插通有轴体 30。

[0048] 在外壳 10 的内部安装有多个调整阀 20,分别具备从未图示的锅炉供蒸汽 S 流入的调整阀室 21、阀体 22 及阀座 23,若阀体 22 离开阀座 23,则蒸汽流路打开,使得蒸汽 S 经由蒸汽室 24 流入外壳 10 的内部空间。

[0049] 轴体 30 具备轴主体 31 及从该轴主体 31 的外周向径向延伸的多个圆盘 32。该轴体 30 向未图示的发电机等机械传递旋转能。

[0050] 环状固定叶片组 40 由沿着轴体 30 的周向在外壳 10 的内侧面设置的多个固定叶片 41 而成。该固定叶片 41 具有基端部被所述隔板外圈 11 保持的叶片主体 42 和周向连结该叶片主体 42 的径向前端部的环状的轮毂套筒 43。而且,该轮毂套筒 43 上以向径向隔开规定间隙的方式插通有轴体 30。

[0051] 而且,如此构成的 6 个环状固定叶片组 40 以规定间隔设置于轴体 30 的轴向上,将蒸汽 S 的压力能转换为速度能,以向与下游侧相邻的转动叶片 51 侧引导。

[0052] 轴承部 60 具有向径向承受轴体 30 的轴颈轴承装置 61 和向轴向承受轴体 30 的推力轴承装置 62,并将轴体 30 支承得旋转自如。

[0053] 环状转动叶片组 50 由沿着轴体 30 的周向设置的多个转动叶片 51 而成。该转动叶片 51 具有:叶片主体 511,基端部固定于所述圆盘 32;及环状的叶端套筒 512(图 1 中未图示),周向连结该叶片主体 511 的径向前端部。而且,如此构成的 6 个环状转动叶片组 50 以分别与 6 个环状固定叶片组 40 的下游侧相邻的方式设置。

[0054] 由此,呈一组一级的环状固定叶片组 40 及环状转动叶片组 50 沿着轴向共构成 6 级。

[0055] 其中,图 2 是放大图 1 中的转动叶片 51 的前端部周围的局部放大剖视图。

[0056] 图 2 所示的隔板外圈 11 的内周面上沿着周向形成有环状槽 12。该环状槽 12 由上游侧壁面 13(对置面)、底面 14 及下游侧壁面 15 形成。而且,在底面 14 中与叶端套筒 512 对置的位置上设置有阶梯形台阶部 141。该台阶部 141 由 3 个越往下游侧越往转动叶片 51 侧突出的阶梯构成,并具有沿轴向的 3 个轴向壁面(内周面)141a、141b、141c 及沿径向的 3 个径向壁面 141d、141e、141f。

[0057] 另外,台阶部 141 至少具有轴向壁面 141a 和径向壁面 141d 即可,其阶梯的个数并不限于 3 级,可任意变更。

[0058] 另一方面,如图 2 所示,转动叶片 51 的前端部配设有如上所述的环状叶端套筒 512。该叶端套筒 512 具有截面大致呈矩形的形状,在与隔板外圈 11 的上游侧壁面 13 对置的位置设置有供蒸汽 S 冲撞的蒸汽冲撞面 53(流体冲撞面)。而且,在该蒸汽冲撞面 53 的径向前端部上设置有向上游侧突出的凸部 54。该凸部 54 具有截面大致呈矩形的形状,并设置于叶端套筒 512 的径向前端部。

[0059] 另外,凸部 54 的截面形状并不限于本实施方式中的矩形,可任意设计变更,例如能够设计成三角形或半圆形。

[0060] 并且,叶端套筒 512 的截面形状也不限于本实施方式,例如也可以是径向厚度越往下游侧越变薄的阶梯形状。

[0061] 并且,形成凸部 54 的位置并不限于叶端套筒 512 的蒸汽冲撞面 53 的径向前端部,例如也可以是径向中央部或径向基端部。

[0062] 并且,也可以使凸部 54 的前端突出至靠近上游侧壁面 13 的位置,以在凸部 54 与上游侧壁面 13 之间形成微小的间隙,由此构成所谓的轴向密封翅片即凸部 54。

[0063] 而且,如图 2 所示,叶端套筒 512 的外周面 512a 上分别设置有以规定的轴向间隔向径向突出的 3 个密封翅片 55。其中,位于最上游侧的第 1 密封翅片 55A 固定于其基端

部稍靠径向壁面 141d 下游侧的位置,且其前端部达到靠近台阶部 141 的轴向壁面 141a 的位置。

[0064] 由此,在第 1 密封翅片 55A 与轴向壁面 141a 之间形成微小间隙 56A。

[0065] 并且,位于第二上游侧的第 2 密封翅片 55B 固定于其基端部稍靠径向壁面 141e 下游侧的位置,且其前端部达到靠近台阶部 141 的轴向壁面 141b 的位置。

[0066] 由此,在第 2 密封翅片 55B 与轴向壁面 141b 之间形成微小间隙 56B。

[0067] 并且,位于最下游侧的第 3 密封翅片 55C 固定于其基端部稍靠径向壁面 141f 下游侧的位置,且其前端部达到靠近台阶部 141 的轴向壁面 141c 的位置。

[0068] 由此,在第 3 密封翅片 55C 与轴向壁面 141c 之间形成微小间隙 56C。

[0069] 而且,如此构成的密封翅片 55 的长度以第 1 密封翅片 55A、第 2 密封翅片 55B 及第 3 密封翅片 55C 的顺序逐渐变短。

[0070] 另外,密封翅片 55 的长度、形状、设置位置和个数等并不限于本实施方式,可根据叶端套筒 512 和 / 或隔板外圈 11 的截面形状等适当设计变更。

[0071] 并且,优选在考虑外壳 10 和转动叶片 51 的热拉伸量、转动叶片的离心拉伸量等的基础上,并在密封翅片 55 与隔板外圈 11 不接触的安全范围内,将微小间隙 56A、56B、56C 的尺寸设定在最小限度内。

[0072] 本实施方式中,将 3 个微小间隙 56A、56B、56C 的尺寸设定得均相同,但也可以根据需要对每一个密封翅片 55 设定不同尺寸的微小间隙 56A、56B、56C。

[0073] 而且,如图 2 所示,根据这种转动叶片 51 的前端部周围的结构,通过隔板外圈 11、3 个密封翅片 55 及叶端套筒 512 形成 3 个腔室 C。

[0074] 其中,位于最上游侧的第 1 腔室 C1 通过隔板外圈 11 的上游侧壁面 13、该隔板外圈 11 的底面 14、第 1 密封翅片 55A 及叶端套筒 512 的蒸汽冲撞面 53 形成。

[0075] 并且,位于第二上游侧的第 2 腔室 C2 通过第 1 密封翅片 55A、隔板外圈 11 的底面 14、第 2 密封翅片 55B 及叶端套筒 512 的外周面 512a 形成。

[0076] 并且,位于最下游侧的第 3 腔室 C3 通过第 2 密封翅片 55B、隔板外圈 11 的底面 14、第 3 密封翅片 55C 及叶端套筒 512 的外周面 512a 形成。

[0077] 其中,如图 2 所示,第 1 腔室 C1 在沿轴向的截面上具有大致呈矩形的形状。但是,如上所述,第 1 密封翅片 55A 固定于比径向壁面 141d 稍靠下游侧的位置。因此,第 1 腔室 C1 的轴向下游部上形成有宽度向轴向稍微扩大的扩宽部 57。

[0078] 并且,如图 2 所示,第 2 腔室 C2 也在沿轴向的截面上具有大致呈矩形的形状。但是,如上所述,第 2 密封翅片 55B 固定于比径向壁面 141e 稍靠下游侧的位置。因此,第 2 腔室 C2 的轴向下游部上也形成有宽度向轴向稍微扩大的扩宽部 58。

[0079] 此外,第 3 腔室 C3 也在沿轴向的截面上具有大致呈矩形的形状。但是,如上所述,第 3 密封翅片 55C 固定于比径向壁面 141f 稍靠下游侧的位置。因此,第 3 腔室 C3 的轴向下游部上也形成有宽度向轴向稍微扩大的扩宽部 59。

[0080] 接着,利用图 1 及图 2 对第 1 实施方式所涉及的蒸汽涡轮 1 的作用效果进行说明。

[0081] 若将图 1 所示的调整阀 20 设为开启状态,则蒸汽 S 从未图示的锅炉流入外壳 10 的内部。该蒸汽 S 通过各级的环状固定叶片组 40 被引导到环状转动叶片组 50,环状转动叶片组 50 开始旋转。由此,蒸汽 S 的能量通过环状转动叶片组 50 而转换成旋转能,该旋转能

从与环状转动叶片组 50 一体旋转的轴体 30 传递至未图示的发电机等上。

[0082] 此时,通过环状固定叶片组 40 的蒸汽 S 的一部分不协助环状转动叶片组 50 的旋转驱动,而通过图 2 所示的 3 个密封翅片 55 与隔板外圈 11 之间的微小间隙 56A、56B、56C 向下游侧泄漏。

[0083] 更详细地对该蒸汽 S 的泄漏进行说明。

[0084] 如图 2 所示,通过环状固定叶片组 40 向轴向流通的蒸汽 S 中,其一部分冲撞到叶端套筒 512 的蒸汽冲撞面 53。如此一来,在第 1 腔室 C1 的内部的比凸部 54 更靠叶片基端侧的区域会产生例如图 2 的逆时针旋转的主涡流 SU1。

[0085] 而且,该主涡流 SU1 的一部分在凸部 54 剥离,由此在第 1 腔室 C1 的内部即比凸部 54 更靠叶片前端侧的区域产生剥离涡流 HU1。该剥离涡流 HU1 的旋转方向与主涡流 SU1 为反方向,即在图 2 中为顺时针旋转。

[0086] 而且,在台阶部 141 的角部 142 中有一部分剥离涡流 HU1 进一步剥离,由此,第 1 腔室 C1 的扩宽部 57 上产生剥离涡流 HU2。该剥离涡流 HU2 的旋转方向与剥离涡流 HU1 为反方向,即在图 2 中为逆时针。而且,该剥离涡流 HU2 发挥减少第 1 密封翅片 55A 与隔板外圈 11 之间的微小间隙 56A 中的蒸汽 S 的泄漏量的所谓缩流效果。

[0087] 其中,图 3 是说明剥离涡流 HU2 的缩流效果的图,且为放大图 2 中第 1 密封翅片 55A 的前端部周围的局部放大剖视图。

[0088] 逆时针旋转的剥离涡流 HU2 在微小间隙 56A 的位置,从第 1 密封翅片 55A 流向隔板外圈 11 侧。因此,该剥离涡流 HU2 具有朝向径向外侧的惯性。由此,通过微小间隙 56A 向下游侧泄漏的蒸汽 S 因剥离涡流 HU2 的惯性而被压入轴向壁面 141a,由此如图 3 中以单点划线所示,宽度向径向缩小。

[0089] 如此,剥离涡流 HU2 具有通过向径向压缩蒸汽 S 来减少其泄漏量的效果即缩流效果。并且,剥离涡流 HU2 的惯性越大即剥离涡流 HU2 的流速越快该缩流效果就越大。

[0090] 而且,如图 2 所示,从微小间隙 56A 泄漏的蒸汽 S 流入到第 2 腔室 C2。该蒸汽 S 通过冲撞隔板外圈 11 的径向壁面 141e 而形成顺时针旋转的主涡流 SU2。而且,在台阶部 141 的角部 143 有一部分主涡流 SU2 剥离,由此,在第 2 腔室 C2 的扩宽部 58 中产生逆时针旋转的剥离涡流 HU3。该剥离涡流 HU3 在微小间隙 56B 的位置,从第 2 密封翅片 55B 流向隔板外圈 11 侧。

[0091] 因此,该剥离涡流 HU3 也与所述剥离涡流 HU2 同样发挥减少微小间隙 56B 中的蒸汽 S 的泄漏量的缩流效果。

[0092] 另外,从微小间隙 56B 泄漏的蒸汽 S 流入到第 3 腔室 C3。该蒸汽 S 通过冲撞隔板外圈 11 的径向壁面 141f 而形成顺时针旋转的主涡流 SU3。而且,在台阶部 141 的角部 144 有一部分主涡流 SU3 剥离,由此,在第 3 腔室 C3 的扩宽部 59 中产生逆时针旋转的剥离涡流 HU4。该剥离涡流 HU4 在微小间隙 56C 的位置,从第 3 密封翅片 55C 流向隔板外圈 11 侧。

[0093] 因此,该剥离涡流 HU4 也与所述剥离涡流 HU2 同样发挥减少微小间隙 56C 中的蒸汽 S 的泄漏量的缩流效果。

[0094] 如此,分别通过第 1 腔室 C1、第 2 腔室 C2、第 3 腔室 C3 中的剥离涡流 HU2、剥离涡流 HU3、剥离涡流 HU4 的缩流效果来减少蒸汽 S 的泄漏量,由此能够将蒸汽 S 的泄漏量抑制在最小限度内。另外,沿轴向的腔室 C 的个数不限于 3 个,能够设置为任意个数。

[0095] [第2实施方式]

[0096] 接着,对本发明的第2实施方式所涉及的蒸汽涡轮的结构进行说明。

[0097] 与第1实施方式的蒸汽涡轮1相比,第2实施方式所涉及的蒸汽涡轮中,只有固定于图1所示的外壳10的内壁面的隔板外圈11的结构有所不同。由于其余结构与第1实施方式相同,因此,在此利用相同的符号,而省略说明。

[0098] 图4是表示第2实施方式所涉及的转动叶片51的前端部周围的概要剖视图。

[0099] 本实施方式中,覆盖形成于隔板外圈11的环状槽12的底面14,并以均匀厚度对易切削材料16进行加工。该易切削材料16的滑动摩擦热较少,且由切削性优于密封翅片55的材质构成。

[0100] 作为该易切削材料16例如使用由如下各种众所周知的易切削性材料构成的耐磨材料,即钴、镍、铬、铝及钇系材料(CoNiCrAlY系材料),或镍、铬、铝系材料(NiCrAl系材料),或镍、铬、铁、铝、硼及氮系材料(NiCrFeAlBN系材料)等。

[0101] 另外,作为易切削材料16除上述耐磨材料之外还能够使用由金属或陶瓷等构成的蜂窝层。

[0102] 另外,本实施方式中对整个环状槽12的底面14进行了易切削材料16的加工,但至少在与台阶部141中的3个密封翅片55对置的位置进行易切削材料16的加工即可。

[0103] 具体而言,只要在与第1密封翅片55A对置的轴向壁面141a、与第2密封翅片55B对置的轴向壁面141b及与第3密封翅片55C对置的轴向壁面141c上进行加工即可。

[0104] 并且,在整个底面14上不要求易切削材料16的厚度均匀,可以根据位置适当变更厚度。

[0105] 接着,以不同于第1实施方式的方面为中心,对第2实施方式所涉及的蒸汽涡轮1的作用效果进行说明。图5A及图5B是说明第2实施方式所涉及的蒸汽涡轮的作用效果的图。

[0106] 蒸汽涡轮1中,涡轮启动时热量进入到环状转动叶片组50,由该热量引起的环状转动叶片组50的热拉伸变得大于外壳10的热拉伸,进而在环状转动叶片组50上产生离心拉伸,由此密封翅片55有可能会与隔板外圈11接触。

[0107] 因此,在密封翅片55与隔板外圈11之间设定有即使在启动时也不使两者接触的足够大的径向宽度W1(示于图5B)。

[0108] 而根据本实施方式的结构,启动蒸汽涡轮1时产生于环状转动叶片组50的热拉伸大于产生于外壳10的热拉伸,进而在环状转动叶片组50产生离心拉伸,由此,如图5A所示,密封翅片55的前端部切削易切削材料16。之后,若经过规定时间,则蒸汽涡轮1将过渡到额定运行。

[0109] 如此一来,使得环状转动叶片组50的热拉伸大小变得等于或小于外壳10的热拉伸,由此,如图5B所示,密封翅片55成为其前端部远离易切削材料16的状态。而且,此时密封翅片55的前端部与易切削材料16之间的径向宽度W2与径向宽度W1相比变得非常窄。

[0110] 由此,能够减少密封翅片55的前端部中的蒸汽S的泄漏量。

[0111] [第3实施方式]

[0112] 接着,对本发明的第3实施方式所涉及的蒸汽涡轮的结构进行说明。

[0113] 与第1实施方式的蒸汽涡轮1相比,第3实施方式所涉及的蒸汽涡轮中,图1所示

的隔板外圈 11 及转动叶片 51 的结构有所不同。其余结构与第 1 实施方式相同,因此,在此利用相同的符号,而省略说明。

[0114] 图 6 是表示第 3 实施方式所涉及的转动叶片 51 的前端部周围的概要剖视图。

[0115] 与第 1 实施方式相同,本实施方式中在隔板外圈 11 的内周面沿周向形成有环状槽 12。该环状槽 12 通过上游侧壁面 13、底面 14 及下游侧壁面 15 形成。而且,在与底面 14 中叶端套筒 512 对置的位置设置有阶梯形的台阶部 145。

[0116] 该台阶部 145 由 4 个阶梯构成,并具有沿轴向的 4 个轴向壁面(内周面)145a、145b、145c、145d 及沿径向的 4 个径向壁面 145e、145f、145g、145h。而且,供蒸汽 S 冲撞的径向壁面 145f(流体冲撞面)上设置有向上游侧突出的凸部 70。

[0117] 另一方面,如图 6 所示,配设于转动叶片 51 的前端部的叶端套筒 512 的外周面 512a 上形成有阶梯形台阶部 71,这一点与第 1 实施方式不同。

[0118] 关于叶端套筒 512,其他结构与第 1 实施方式相同,因此,在此标注相同符号以省略说明。

[0119] 该台阶部 71 由 3 个阶梯构成,且具有沿轴向的 3 个轴向壁面(内周面)71a、71b、71c 及沿径向的 3 个径向壁面 71d、71e、71f。而且,供蒸汽 S 冲撞的径向壁 71f(流体冲撞面)上设置有向上游侧突出的凸部 72。

[0120] 而且,如图 6 所示,本实施方式中,轴向上以规定间隔分别设置有向径向延伸的 3 个密封翅片 73。

[0121] 其中,位于最上游侧的第 1 密封翅片 73A 固定于其基端部稍靠叶端套筒 512 的外周面 512a 的径向壁面 145e 下游侧的位置。而且,第 1 密封翅片 73A 的前端部达到靠近隔板外圈 11 的轴向壁面 145a 的位置。

[0122] 由此,在第 1 密封翅片 73A 与轴向壁面 145a 之间形成微小间隙 74A。

[0123] 并且,位于第二上游侧的第 2 密封翅片 73B 固定于其基端部稍靠隔板外圈 11 的轴向壁面 145b 的径向壁面 71e 下游侧的位置。而且,第 2 密封翅片 73B 的前端部达到靠近叶端套筒 512 的轴向壁面 71b 的位置。

[0124] 由此,在第 2 密封翅片 73B 与轴向壁面 71b 之间形成微小间隙 74B。

[0125] 并且,位于最下游侧的第 3 密封翅片 73C 固定于其基端部稍靠叶端套筒 512 的轴向壁面 71c 的径向壁面 145h 下游侧的位置。而且,第 3 密封翅片 73C 的前端部达到靠近隔板外圈 11 的轴向壁面 145d 的位置。

[0126] 由此,在第 3 密封翅片 73C 与轴向壁面 145d 之间形成有微小间隙 74C。

[0127] 另外,密封翅片 73 的长度、形状、设置位置或个数等并不限于本实施方式,可根据叶端套筒 512 和 / 或隔板外圈 11 的截面形状等适当设计变更。

[0128] 而且,根据这种转动叶片 51 的前端部周围的结构,如图 6 所示,通过隔板外圈 11、3 个密封翅片 73 及叶端套筒 512 形成 3 个腔室 C。

[0129] 其中,位于最上游侧的第 1 腔室 C1 的结构与第 1 实施方式相同。

[0130] 并且,位于第二上游侧的第 4 腔室 C4 通过第 1 密封翅片 73A、隔板外圈 11 的底面 14、第 2 密封翅片 73B 及叶端套筒 512 的外周面 512a 形成。

[0131] 并且,位于最下游侧的第 5 腔室 C5 通过第 2 密封翅片 73B、隔板外圈 11 的底面 14、第 3 密封翅片 73C 及叶端套筒 512 的外周面 512a 形成。

[0132] 另外,本实施方式中,形成第4腔室C4的径向壁面145f相当于本发明所涉及的流体冲撞面,同样,形成第4腔室C4的第1密封翅片73A的下游侧面相当于本发明所涉及的对置面。

[0133] 并且,形成第5腔室C5的径向壁面71f相当于本发明所涉及的流体冲撞面,同样,形成第5腔室C5的第2密封翅片73B的下游侧面相当于本发明所涉及的对置面。

[0134] 接着,以不同于第1实施方式的方面为中心,对第3实施方式所涉及的蒸汽涡轮1的作用效果进行说明。

[0135] 如图6所示,轴向流动的蒸汽S冲撞蒸汽冲撞面53时,如同第1实施方式,第1腔室C1的内部产生主涡流SU1、剥离涡流HU1及剥离涡流HU2。而且,剥离涡流HU2发挥减少微小间隙74A中的蒸汽S的泄漏量的所谓缩流效果。

[0136] 而且,从微小间隙74A泄漏的蒸汽S流入到第4腔室C4。该蒸汽S通过冲撞隔板外圈11的径向壁面145f而形成顺时针旋转的主涡流SU4。而且,在凸部70有一部分主涡流SU4剥离,由此产生逆时针旋转的剥离涡流HU5。另外,在叶端套筒512的角部75有一部分剥离涡流HU5剥离,由此在第4腔室C4的扩宽部76上产生顺时针旋转的剥离涡流HU6。

[0137] 该剥离涡流HU6在微小间隙74B的位置,从第2密封翅片73B流向叶端套筒512侧。因此,该剥离涡流HU6也发挥减少微小间隙74B中的蒸汽S的泄漏量的缩流效果。

[0138] 另外,从微小间隙74B泄漏的蒸汽S流入到第5腔室C5。该蒸汽S通过冲撞叶端套筒512的径向壁面71f而形成逆时针旋转的主涡流SU5。而且,在叶端套筒512的凸部72有一部分主涡流SU5剥离,由此产生顺时针旋转的剥离涡流HU7。另外,在隔板外圈11的角部146有一部分剥离涡流HU7剥离,由此在第5腔室C5的扩宽部77上产生逆时针旋转的剥离涡流HU8。

[0139] 该剥离涡流HU8在微小间隙74C的位置从第3密封翅片73C流向隔板外圈11侧。因此,该剥离涡流HU8也发挥减少微小间隙74C中的蒸汽S的泄漏量的缩流效果。

[0140] 如此,根据第3实施方式,分别通过第1腔室C1、第4腔室C4及第5腔室C5的剥离涡流HU2、剥离涡流HU6、剥离涡流HU8的缩流效果,能够减少蒸汽S的泄漏量。

[0141] 由此,根据本实施方式,与第1实施方式相比,能够将蒸汽S的泄漏量抑制在更小的限度内。另外,沿轴向的腔室C的个数并不限于3个,能够设置任意几个。

[0142] [第4实施方式]

[0143] 接着,对本发明的第4实施方式所涉及的蒸汽涡轮的结构进行说明。

[0144] 图1所示的环状固定叶片组40相当于本发明所涉及的叶片,并且轴体30相当于本发明所涉及的结构体,这一点上第4实施方式所涉及的蒸汽涡轮不同于第1实施方式。由于其他结构与第1实施方式相同,在此利用相同的符号而省略说明。

[0145] 图7是表示第4实施方式所涉及的固定叶片41的前端部周围的概要剖视图。

[0146] 轴体30的外周面上沿周向形成有环状槽33。该环状槽33通过上游侧壁面34(对置面)、底面35及下游侧壁面36形成。而且,在底面35中与固定叶片41对置的位置设置有阶梯形台阶部351。

[0147] 该台阶部351由越往下游侧越往固定叶片41侧突出的3个阶梯构成,并具有沿轴向的3个轴向壁面(外周面)351a、351b、351c及沿径向的3个径向壁面351d、351e、351f。

[0148] 另外,台阶部351至少具有轴向壁面351a和径向壁面351d即可,其阶梯的个数并

不限于 3 级,可任意变更。

[0149] 另一方面,如图 7 所示,固定叶片 41 的前端部配设有如上所述的环状轮毂套筒 43。该轮毂套筒 43 具有截面大致呈矩形的形状,在与轴体 30 的上游侧壁面 34 对置的位置设置有供蒸汽 S 冲撞的蒸汽冲撞面 44(流体冲撞面)。

[0150] 而且,在该蒸汽冲撞面 44 的径向前端部上设置有向上游侧突出的凸部 45。该凸部 45 具有截面大致呈矩形的形状,并设置于轮毂套筒 43 的径向前端部。

[0151] 另外,凸部 45 的截面形状并不限于本实施方式的矩形,可任意设计变更,例如能够设计成三角形或半圆形。并且,轮毂套筒 43 的截面形状也不限于本实施方式,例如也可以是径向厚度越往下游侧越变薄的阶梯形状。

[0152] 并且,形成凸部 45 的位置并不限于轮毂套筒 43 的蒸汽冲撞面 44 的径向前端部,例如也可以是径向中央部或径向基端部。

[0153] 并且,也可以使凸部 45 的前端突出至靠近上游侧壁面 34 的位置,以在凸部 45 与上游侧壁面 34 之间形成微小的间隙,由此构成所谓的轴向密封翅片即凸部 45。

[0154] 而且,如图 7 所示,轮毂套筒 43 的内周面 43a 上分别设置有以规定的轴向间隔向径向突出的 3 个密封翅片 46。

[0155] 其中,位于最上游侧的第 1 密封翅片 46A 固定于其基端部稍靠径向壁面 351d 下游侧的位置,且其前端部达到靠近轴向壁面 351a 的位置。由此,在第 1 密封翅片 46A 与轴向壁面 351a 之间形成微小间隙 47A。

[0156] 并且,位于第二上游侧的第 2 密封翅片 46B 固定于其基端部稍靠径向壁面 351e 下游侧的位置,且其前端部达到靠近轴向壁面 351b 的位置。由此,在第 2 密封翅片 46B 与轴向壁面 351b 之间形成微小间隙 47B。

[0157] 并且,位于最下游侧的第 3 密封翅片 46C 固定于其基端部稍靠径向壁面 351f 下游侧的位置,且其前端部达到靠近轴向壁面 351c 的位置。由此,在第 3 密封翅片 46C 与轴向壁面 351c 之间形成有微小间隙 47C。

[0158] 而且,如此构成的密封翅片 46 的长度以第 1 密封翅片 46A、第 2 密封翅片 46B 及第 3 密封翅片 46C 的顺序逐渐变短。

[0159] 另外,密封翅片 46 的长度、形状、设置位置和个数等并不限于本实施方式,可根据轮毂套筒 43 和 / 或轴体 30 的截面形状等适当设计变更。

[0160] 而且,根据这种固定叶片 41 的前端部周围的结构,如图 7 所示,通过轴体 30、3 个密封翅片 46 及轮毂套筒 43 形成 3 个腔室 C。

[0161] 其中,位于最上游侧的第 6 腔室 C6 通过轴体 30 的上游侧壁面 34、该轴体 30 的底面 35、第 1 密封翅片 46A 及轮毂套筒 43 的蒸汽冲撞面 44 形成。

[0162] 并且,位于第二上游侧的第 7 腔室 C7 通过第 1 密封翅片 46A、轴体 30 的底面 35、第 2 密封翅片 46B 及轮毂套筒 43 的内周面 43a 形成。

[0163] 并且,位于最下游侧的第 8 腔室 C8 通过第 2 密封翅片 46B、轴体 30 的底面 35、第 3 密封翅片 46C 及轮毂套筒 43 的内周面 43a 形成。

[0164] 其中,如图 7 所示,第 6 腔室 C6 在沿轴向的截面上具有大致呈矩形的形状。但是,如上所述,第 1 密封翅片 46A 固定于比径向壁面 351d 稍靠下游侧的位置。因此,第 6 腔室 C6 的轴向下部上形成有宽度向轴向稍微扩大的扩宽部 48A。

[0165] 并且,如图 7 所示,第 7 腔室 C7 也在沿轴向的截面上具有大致呈矩形的形状。但是,如上所述,第 2 密封翅片 46B 固定于比径向壁面 351e 稍靠下游侧的位置。因此,第 7 腔室 C7 的轴向下游部上也形成有宽度向轴向稍微扩大的扩宽部 48B。

[0166] 此外,第 8 腔室 C8 也在沿轴向的截面上具有大致呈矩形的形状。但是,如上所述,第 3 密封翅片 46C 固定于比径向壁面 351f 稍靠下游侧的位置。因此,第 8 腔室 C8 的轴向下游部上也形成有宽度向轴向稍微扩大的扩宽部 48C。

[0167] 接着,利用图 7 对第 4 实施方式所涉及的蒸汽涡轮 1 的作用效果进行说明。

[0168] 轴向流动的蒸汽 S 的一部分冲撞轮毂套筒 43 的蒸汽冲撞面 44。如此一来,在比第 6 腔室 C6 的内部的凸部 45 更靠叶片基端侧的区域产生例如图 7 中的顺时针旋转的主涡流 SU6。而且,在凸部 45 中有一部分该主涡流 SU6 剥离,由此在第 6 腔室 C6 的内部的比凸部 45 更靠叶片前端侧的区域产生剥离涡流 HU9。该剥离涡流 HU9 的旋转方向与主涡流 SU6 相反,即在图 7 中为逆时针旋转。

[0169] 而且,在轴体 30 的角部 49A 中有一部分剥离涡流 HU9 进一步剥离,由此,在第 6 腔室 C6 的扩宽部 48A 产生剥离涡流 HU10。该剥离涡流 HU10 的旋转方向与剥离涡流 HU9 相反,即在图 7 中为顺时针旋转,在微小间隙 47A 的位置从第 1 密封翅片 46A 流向轴体 30 侧。

[0170] 因此,该剥离涡流 HU10 发挥减少微小间隙 47A 中的蒸汽 S 的泄漏量的所谓缩流效果。

[0171] 而且,从微小间隙 47A 泄漏的蒸汽 S 流入到第 7 腔室 C7。该蒸汽 S 通过冲撞轴体 30 的径向壁面 351e 而形成逆时针旋转的主涡流 SU7。

[0172] 而且,在轴体 30 的角部 49B 有一部分主涡流 SU7 剥离,由此在第 7 腔室 C7 的扩宽部 48B 产生顺时针旋转的剥离涡流 HU11。该剥离涡流 HU11 在微小间隙 47B 的位置从第 2 密封翅片 46B 流向轴体 30 侧。

[0173] 因此,该剥离涡流 HU11 也发挥减少微小间隙 47B 中的蒸汽 S 的泄漏量的缩流效果。

[0174] 另外,从微小间隙 47B 泄漏的蒸汽 S 流入到第 8 腔室 C8。该蒸汽 S 通过冲撞轴体 30 的径向壁面 351f 而形成逆时针旋转的主涡流 SU8。

[0175] 而且,在轴体 30 的角部 49C 有一部分主涡流 SU8 剥离,由此在第 8 腔室 C8 的扩宽部 48C 产生顺时针旋转的剥离涡流 HU12。该剥离涡流 HU12 在微小间隙 47C 的位置从第 3 密封翅片 46C 流向轴体 30 侧。

[0176] 因此,该剥离涡流 HU12 也发挥减少微小间隙 47C 中的蒸汽 S 的泄漏量的缩流效果。

[0177] 如此,分别通过第 6 腔室 C6、第 7 腔室 C7 及第 8 腔室 C8 的剥离涡流 HU10、剥离涡流 HU11、剥离涡流 HU12 的缩流效果,能够减少蒸汽 S 的泄漏量,由此将蒸汽 S 的泄漏量抑制在最小限度内。

[0178] 另外,沿轴向的腔室 C 的个数并不限于 3 个,能够设置任意几个。

[0179] 另外,上述实施方式中所示的各结构部件的各个形状和组合、或动作顺序等为其中一例,在不脱离本发明的宗旨的范围内,根据设计要求等可进行各种变更。

[0180] 例如,上述实施方式中,在隔板外圈 11 形成了环状槽 12 和台阶部 141、145。然而,隔板外圈 11 并不是本发明的必要结构,也可以不设置隔板外圈 11 而在外壳 10 上形成环状

槽 12 和台阶部 141、145。

[0181] 并且,上述实施方式中,将本发明应用在腹水式蒸汽涡轮上,但也能够应用在其他形式的蒸汽涡轮上,例如二级抽气涡轮、抽气涡轮、混气涡轮等。

[0182] 另外,上述实施方式中,将本发明应用在蒸汽涡轮上,但也能够应用在燃气涡轮上,还能够将本发明应用在具有转动叶片的所有设备上。

[0183] 产业上的可利用性

[0184] 本发明的涡轮,具备叶片及隔着间隔设置于该叶片的径向前端侧并相对于所述叶片相对旋转的结构体,在所述间隙有流体流通,该涡轮具备:台阶部,设置于所述叶片的径向前端部及所述结构体中与所述径向前端部对置的部位中的任意一方,并具有径向上的阶梯;密封翅片,从所述叶片的径向前端部及所述结构体中与所述径向前端部对置的部位中的另一方向所述台阶部延伸,且在与该台阶部之间形成微小间隙;流体冲撞面,设置于所述流体的流通方向的比所述密封翅片更靠上游侧,并供所述流体冲撞;凸部,从该流体冲撞面朝上游侧突出;及对置面,与所述流体冲撞面对置。根据本发明的涡轮中,密封翅片从叶片及结构体中的任一方向另一方延伸,因此能够减少密封翅片的前端与叶片或结构体之间的间隙中的蒸汽的泄漏量。

[0185] 符号说明

[0186] 1- 蒸汽涡轮,10- 外壳,11- 隔板外圈,12- 环状槽,13- 上游侧壁面,14- 底面,141- 台阶部,141a、141b、141c- 轴向壁面,141d、141e、141f- 径向壁面,1412 ~ 144、146- 角部,145- 台阶部,145a、145b、145c、145d- 轴向壁面,145e、145f、145g、145h- 径向壁面,15- 下游侧壁面,16- 易切削材料,20- 调整阀,21- 调整阀室,22- 阀体,23- 阀座,24- 蒸汽室,30- 轴体,31- 轴主体,32- 圆盘,33- 环状槽,34- 上游侧壁面,35- 底面,351- 台阶部,351a、351b、351c- 轴向壁面,351d、351e、351f- 径向壁面,36- 下游侧壁面,40- 环状固定叶片组,41- 固定叶片,42- 叶片主体,43- 轮毂套筒,43a- 内周面,44- 蒸汽冲撞面,45- 凸部,46- 密封翅片,46A- 第 1 密封翅片,46B- 第 2 密封翅片,46C- 第 3 密封翅片,47A ~ 47C- 微小间隙,48A ~ 48C- 扩宽部,49A ~ 49C- 角部,50- 环状转动叶片组,51- 转动叶片,511- 叶片主体,512- 叶端套筒,512a- 外周面,53- 蒸汽冲撞面,54- 凸部,55- 密封翅片,55A- 第 1 密封翅片,55B- 第 2 密封翅片,55C- 第 3 密封翅片,56A ~ 56C- 微小间隙,57 ~ 59- 扩宽部,60- 轴承部,61- 轴颈轴承,62- 推力轴承,70- 凸部,71- 台阶部,71a、71b、71c- 轴向壁面,71d、71e、71f- 径向壁面,72- 凸部,73- 密封翅片,73A- 第 1 密封翅片,73B- 第 2 密封翅片,73C- 第 3 密封翅片,74A ~ 74C- 微小间隙,75 ~ 77- 角部,C- 腔室,C1- 第 1 腔室,C2- 第 2 腔室,C3- 第 3 腔室,C4- 第 4 腔室,C5- 第 5 腔室,C6- 第 6 腔室,C7- 第 7 腔室,C8- 第 8 腔室,HU1 ~ HU12- 剥离涡流,S- 蒸汽,SU1 ~ SU8- 主涡流,W1- 径向宽度,W2- 径向宽度。

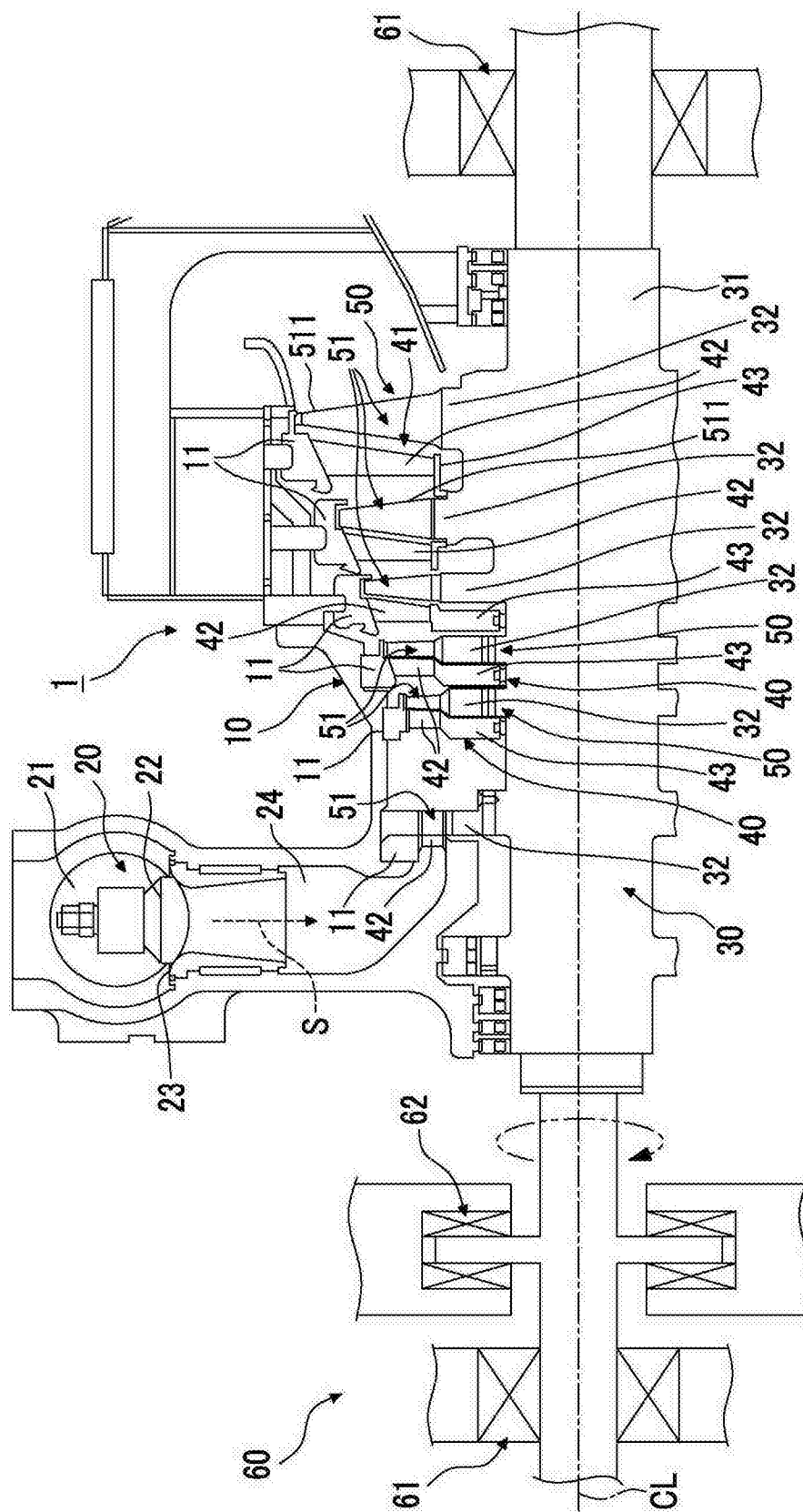


图 1

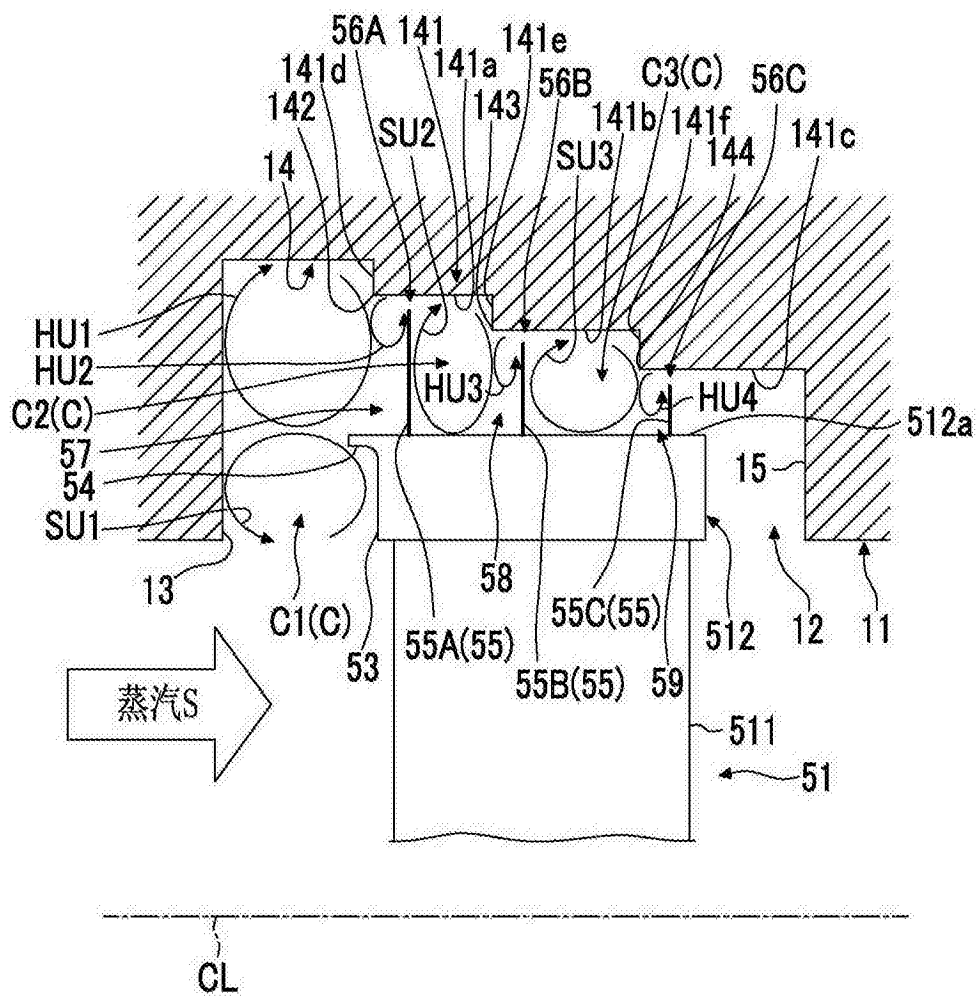


图 2

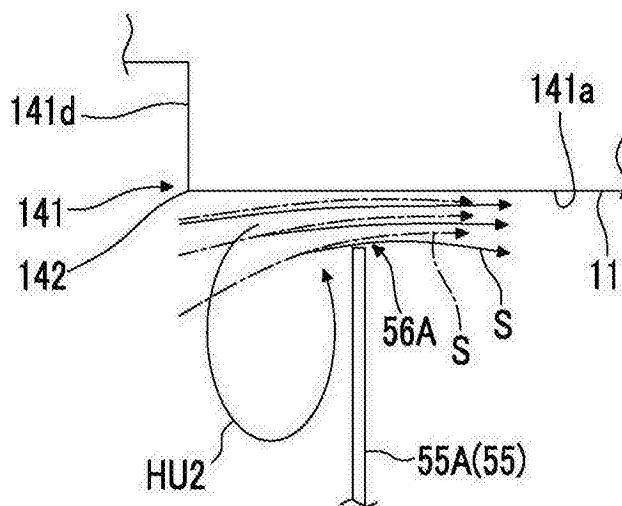


图 3

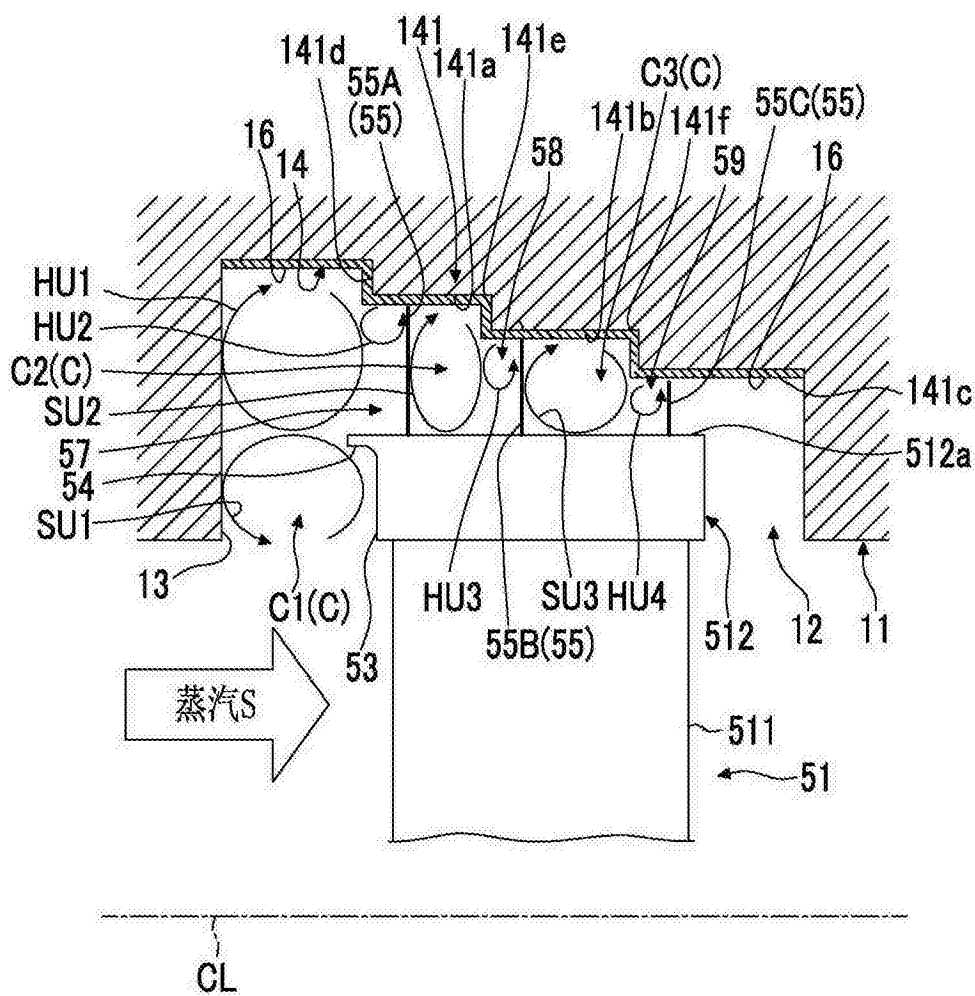


图 4

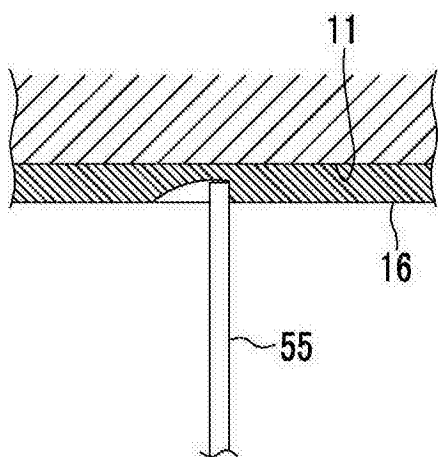


图 5A

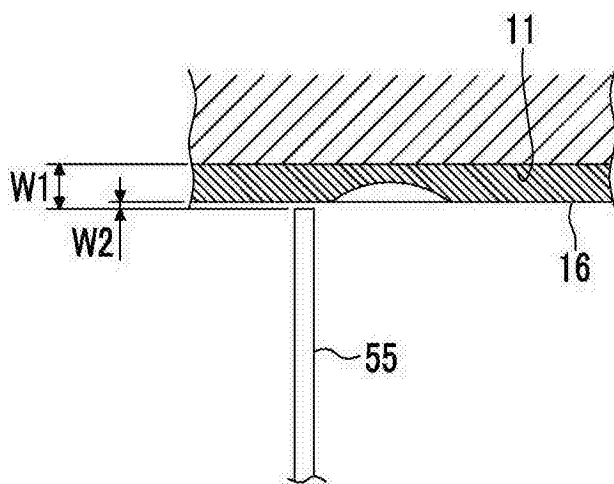


图 5B

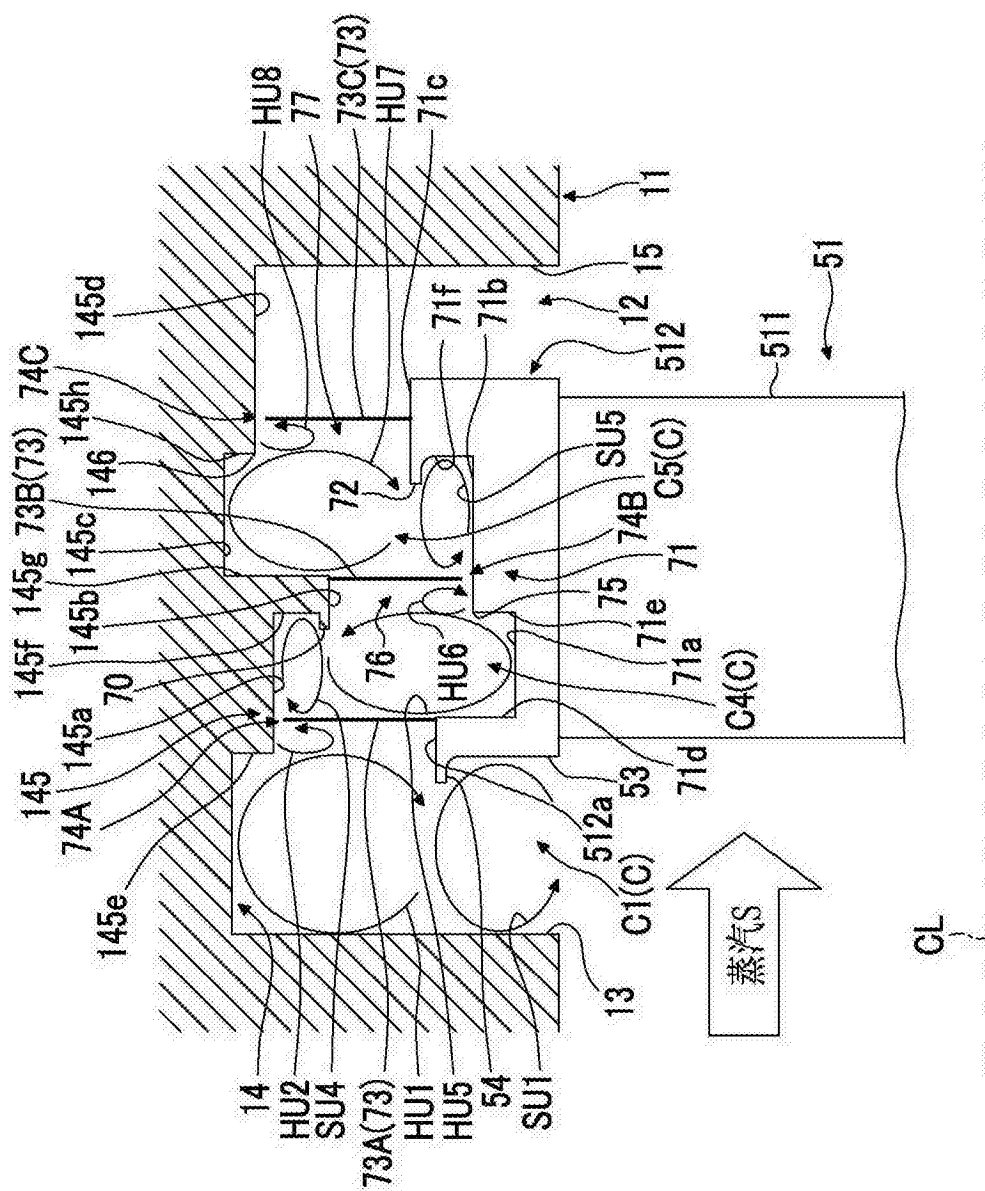


图 6

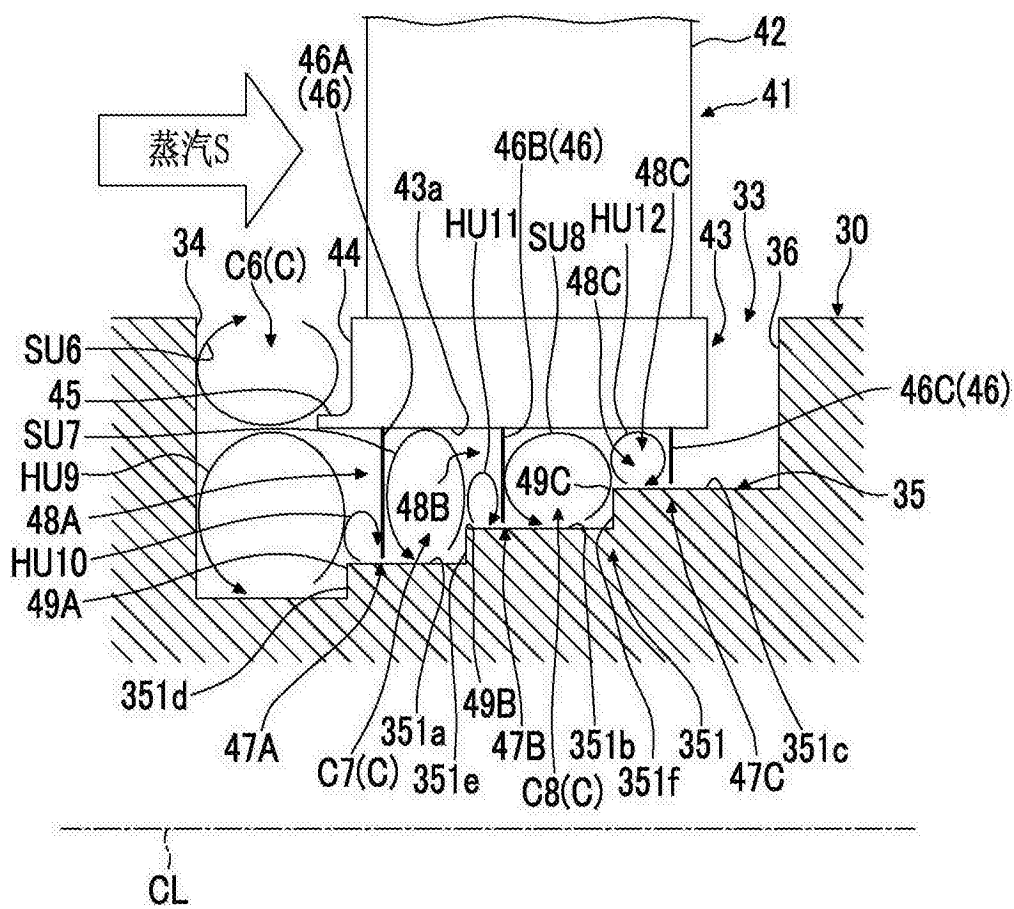


图 7

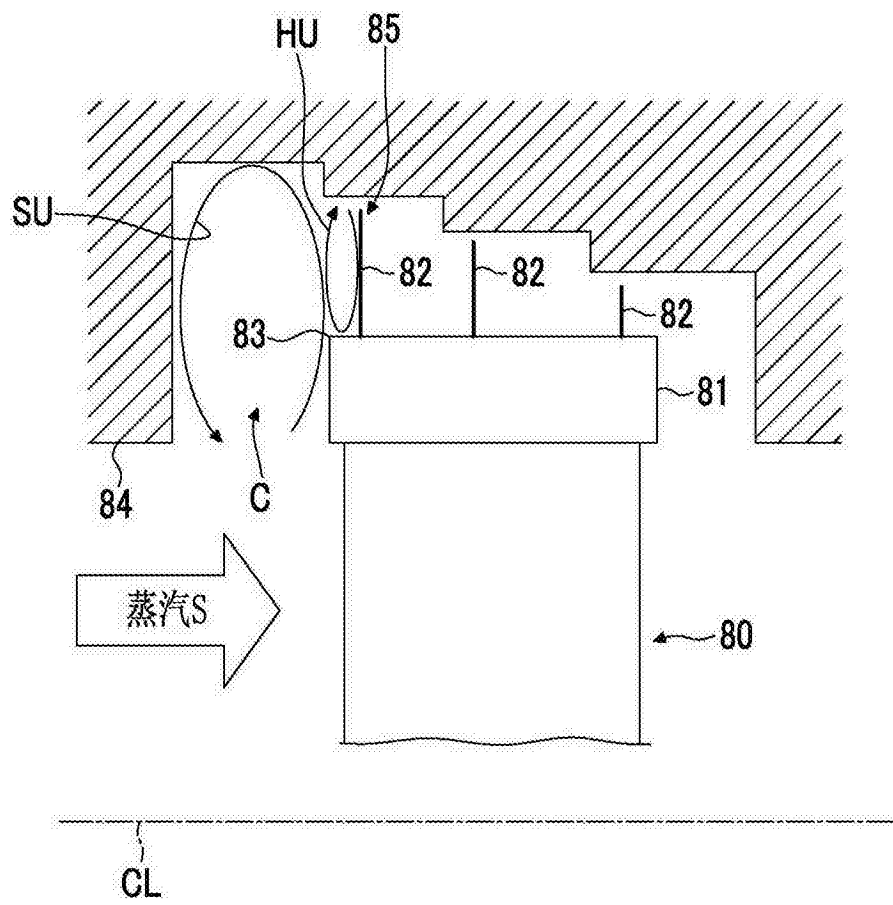


图 8