



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102449268 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 09

(21) 申请号 201080023193. 2

代理人 王凝 陆锦华

(22) 申请日 2010. 10. 04

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

F01D 11/08 (2006. 01)

2009-235430 2009. 10. 09 JP

F01D 5/20 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

F01D 11/02 (2006. 01)

2011. 11. 28

F01D 25/00 (2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

F02C 7/28 (2006. 01)

PCT/JP2010/067350 2010. 10. 04

F16J 15/447 (2006. 01)

(87) PCT申请的公布数据

W02011/043286 JA 2011. 04. 14

(71) 申请人 三菱重工业株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 桑村祥弘 松本和幸 大山宏治

田中良典 松尾朝春

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

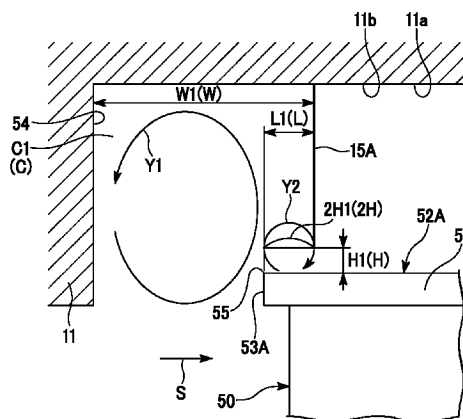
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 10 页

(54) 发明名称

涡轮

(57) 摘要

一种涡轮, 具备叶片 (50) 和相对于叶片 (50) 相对旋转的结构体 (11)。在叶片 (50) 的前端部与和该前端部对应的结构体 (11) 的一方上, 设有具有台阶面 (53A) 的阶梯部 (52A), 在另一方上, 设有相对于阶梯部 (52A) 延伸而形成微小间隙 (H) 的密封凸片 (15A)。在叶片 (50) 和结构体 (11) 之间, 在密封凸片 (15A) 和相对于密封凸片 (15A) 在结构体 (11) 的旋转轴向上游侧相对的隔壁之间形成腔室 (C1)。设腔室 (C1) 的、隔壁与密封凸片 (15A) 之间的距离为腔室宽度 (W), 设密封凸片 (15A) 与阶梯部 (52A) 的旋转轴向上游侧的端缘部 (55) 之间的距离为 (L) 时, 该距离 (L) 中的至少 1 个满足下述式 (1) : $0.7H \leq L \leq 0.3W \dots (1)$ 。



1. 一种涡轮,将流体具有的能量变换成旋转能量,其特征在于,
具备:
叶片;
在与所述叶片的前端部之间具有间隙,并相对于所述叶片相对旋转的结构体;
设于所述叶片的前端部,具有台阶面而朝向所述结构体突出的阶梯部;
设于所述结构体,朝向所述阶梯部延伸的密封凸片;
相对于所述密封凸片在与所述叶片或所述结构体的旋转轴平行的方向上在所述流体的流动的上游侧相对的隔壁;及

在所述叶片的前端部与所述结构体之间且所述隔壁与所述密封凸片之间形成的腔室,
将所述密封凸片与所述阶梯部之间形成的微小间隙设为 H,
将形成所述腔室的所述隔壁与所述密封凸片之间的距离设为腔室宽度 W,
将所述密封凸片与所述阶梯部的所述上游侧的端缘部之间的距离设为 L 时,该距离 L 中的至少 1 个满足以下的式 (1):

$$0.7H \leq L \leq 0.3W \cdots \cdots (1)。$$

2. 根据权利要求 1 所述的涡轮,其特征在于,
所述距离 L 满足以下的式 (2):

$$1.25H \leq L \leq 2.75H \text{ (其中, } L \leq 0.3W \text{)} \cdots \cdots (2)$$

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的涡轮,其特征在于,
所述阶梯部以朝向所述结构体突出的突出高度从与所述旋转轴平行的方向上的所述流体的流动的上游侧朝向下游侧逐渐变高的方式设置多个,
所述结构体上,对应于各个所述阶梯部而设置所述密封凸片,
与所述阶梯部对应的密封凸片形成相对于与在所述下游侧相邻的阶梯部对应的密封凸片相对的所述隔壁。

4. 一种涡轮,将流体的能量变换成旋转能量,其特征在于,
具备:
叶片;
在与所述叶片的前端部之间具有间隙,并相对于所述叶片相对旋转的结构体;
设于所述结构体,具有台阶面而朝向所述叶片的前端部突出的阶梯部;
设于所述叶片的前端部,朝向所述阶梯部延伸的密封凸片;
相对于所述密封凸片在与所述叶片或所述结构体的旋转轴平行的方向上在所述流体的流动的上游侧相对的隔壁;及

在所述叶片的前端部与所述结构体之间且所述隔壁与所述密封凸片之间形成的腔室,
将所述密封凸片与所述阶梯部之间形成的微小间隙设为 H,
将形成所述腔室的所述隔壁与所述密封凸片之间的距离设为腔室宽度 W,
将所述密封凸片与所述阶梯部的所述上游侧的端缘部之间的距离设为 L 时,该距离 L 中的至少 1 个满足以下的式 (1):

$$0.7H \leq L \leq 0.3W \cdots \cdots (1)。$$

5. 根据权利要求 4 所述的涡轮,其特征在于,
所述距离 L 满足以下的式 (2):

1. $25H \leq L \leq 2.75H$ (其中, $L \leq 0.3W$)…… (2)

6. 根据权利要求 4 或 5 所述的涡轮,其特征在在于,

所述阶梯部以朝向所述叶片的前端部突出的突出高度从与所述旋转轴平行的方向上的所述流体的流动的上游侧朝向下游侧逐渐变高的方式设置多个,

所述叶片的前端部上,对应于各个所述阶梯部而设置所述密封凸片,

与所述阶梯部对应的密封凸片形成相对于与在所述下游侧相邻的阶梯部对应的密封凸片相对的所述隔壁。

7. 根据权利要求 3 或 6 所述的涡轮,其特征在在于,

所述结构体的、与所述叶片的前端部对应的部分是以所述旋转轴为中心轴的环状的凹部,

相对于与位于最靠所述上游侧的阶梯部对应的密封凸片相对的所述隔壁由所述凹部的所述上游侧的内壁面形成。

涡轮

技术领域

[0001] 本发明涉及例如发电设备、化学设备、气体设备、钢铁厂、船舶等所使用的涡轮。

[0002] 本申请基于 2009 年 10 月 9 日在日本申请的 JP 特愿 2009-235430 号而主张优先权,在此援引其内容。

背景技术

[0003] 众所周知,作为蒸汽轮机的一种,存在包括汽缸、在汽缸的内部可旋转地设置的轴体(转子)、在汽缸的内周部固定而配置的多个静叶片、在这些多个静叶片的下游侧(蒸汽的流动的下游侧)呈放射状设于轴体的多个动叶片的蒸汽轮机。这种蒸汽轮机中的冲动式涡轮通过静叶片将蒸汽的压力能量变换成速度能量,通过动叶片将该速度能量变换成旋转能量(机械能量)。另外,反动式涡轮也在动叶片内将压力能量变换成速度能量,通过蒸汽喷出的反作用力变换成旋转能量(机械能量)。

[0004] 这种蒸汽轮机中,通常在动叶片的前端部和环绕动叶片而形成蒸汽流路的汽缸之间形成径向的间隙。另外,在静叶片的前端部和轴体之间也形成径向的间隙。但是,在动叶片的前端部的间隙中向下游侧通过的泄漏蒸汽不对动叶片施加旋转力。另外,在静叶片前端部的间隙中向下游侧通过的泄漏蒸汽不利用静叶片将压力能量变换成速度能量,因此对下游的动叶片几乎不施加旋转力。因此,为了提高蒸汽轮机的性能,减少通过动叶片的前端部的间隙的泄漏蒸汽的量是重要的。

[0005] 在下述专利文献 1 中,提出了如下结构:在动叶片的前端部设有高度从轴向(与动叶片的旋转轴平行的方向)上的蒸汽(流体)的流动的上游侧向下游侧逐渐变高的阶梯部。该结构中,设有相对于阶梯部具有间隙的密封凸片。

[0006] 通过这种构成,穿过密封凸片的间隙的蒸汽的泄漏流冲击形成阶梯部的台阶面的端缘部,使蒸汽的流动阻力增大。由此,减少蒸汽的泄漏流量。

[0007] 在先技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献 1 JP 特开 2006-291967 号公报(图 4)

发明内容

[0010] 但是,针对提高蒸汽轮机的性能的要求加强了,因此要求进一步减少蒸汽的泄漏流量。

[0011] 本发明考虑此种问题而创立,其目的是提供进一步减少流体的泄漏流量的高性能涡轮。

[0012] 本发明的涡轮具备:叶片;经由间隙设于所述叶片的前端侧并且相对于所述叶片相对旋转的结构体。在该涡轮中,在所述叶片的前端部侧和与所述结构体的所述前端部对应的部分中的一方上设有具有台阶面而向另一侧突出的阶梯部,在另一方上,设有相对于所述阶梯部延伸而在与该阶梯部之间形成微小间隙 H 的密封凸片。此处,在所述叶片的前

端部与所述结构体的所述部分之间,在所述密封凸片与相对于该密封凸片在所述结构体的旋转轴向上游侧相对的隔壁之间形成腔室。另外,将所述腔室的、所述隔壁与所述密封凸片之间的距离设为腔室宽度 W 。此时,将所述密封凸片与所述阶梯部的所述旋转轴向上游侧的端缘部之间的距离设为 L 时,该距离 L 中的至少 1 个满足以下的式 (1)。

[0013] $0.7H \leq L \leq 0.3W \cdots \cdots (1)$

[0014] 即,上述的涡轮是将流体的能量变换成旋转能量的涡轮。上述的涡轮的第 1 方式包括以下部件:叶片;在与所述叶片的前端部之间具有间隙,并相对于所述叶片相对旋转的结构体;设于所述叶片的前端部,具有台阶面而朝向所述结构体突出的阶梯部;设于所述结构体,朝向所述阶梯部延伸的密封凸片;相对于所述密封凸片在与所述叶片或所述结构体的旋转轴平行的方向上的所述流体的流动的上游侧相对的隔壁;在所述叶片的前端部与所述结构体之间且所述隔壁与所述密封凸片之间形成的腔室。

[0015] 另外,上述的涡轮的第 2 方式包括以下部件:叶片;在与所述叶片的前端部之间具有间隙,并相对于所述叶片相对旋转的结构体;设于所述结构体,具有台阶面而朝向所述叶片的前端部突出的阶梯部;设于所述叶片的前端部,朝向所述阶梯部延伸的密封凸片;相对于所述密封凸片在与所述叶片或所述结构体的旋转轴平行的方向上的所述流体的流动的上游侧相对的隔壁;在所述叶片的前端部与所述结构体之间且所述隔壁与所述密封凸片之间形成的腔室。

[0016] 上述涡轮的第 1 方式和第 2 方式中,将所述密封凸片与所述阶梯部之间形成的微小间隙设为 H 。另外,将形成所述腔室的所述隔壁与所述密封凸片之间的距离设为腔室宽度 W 。另外,将所述密封凸片与所述阶梯部的所述上游侧的端缘部之间的距离设为 L 。此时,该距离 L 中的至少 1 个满足上述的式 (1)。

[0017] 根据该涡轮,流入腔室内的流体冲击形成阶梯部的端缘部的台阶面、即朝向阶梯部的流体的流动的上游侧的面,返回上游侧而产生沿第 1 方向转动的主涡。另外,此时,特别是在所述台阶面的端缘部(边缘),从所述主涡剥离一部分的流动。由此,产生沿所述第 1 方向的相反方向转动的剥离涡。该剥离涡发挥减少穿过密封凸片前端和阶梯部之间的微小间隙 H 的泄漏流的缩流效果。但是,该剥离涡产生的缩流效果,特别是根据所述端缘部的位置(距密封凸片的距离 L)与所述微小间隙 H 的大小之间的关系、进而与腔室宽度 W 之间的关系而变化。

[0018] 因此,基于后述的模拟结果,规定这些关系以满足上述的式 (1)。由此,能够充分提高剥离涡产生的缩流效果,从而进一步减少流体的泄漏流量。

[0019] 另外,所述涡轮中,所述距离 L 也可以满足以下的式 (2)。

[0020] $1.25H \leq L \leq 2.75H$ (其中, $L \leq 0.3W$) $\cdots \cdots (2)$

[0021] 由此,如后述的模拟结果所示,剥离涡产生的缩流效果进一步提高,流体的泄漏流量进一步减少。

[0022] 另外,所述涡轮中,所述阶梯部也可以以突出高度从所述旋转轴向上游侧朝向下流侧逐渐变高的方式设置多个。也可以在所述另一方设置相对于各个所述阶梯部延伸的所述密封凸片。与所述阶梯部对应的密封凸片也可以是相对于与在所述旋转轴向下流侧相邻的阶梯部对应的密封凸片相对的所述隔壁。

[0023] 即,上述的涡轮的第 1 方式中,所述阶梯部也可以以朝向所述结构体突出的突出

高度从与所述旋转轴平行的方向上的所述流体的流动的上游侧朝向下游侧逐渐变高的方式设置多个。另外,所述结构体上,也可以对应于各个所述阶梯部而设置所述密封凸片。另外,与所述阶梯部对应的密封凸片也可以是相对于与在所述下游侧相邻的阶梯部对应的密封凸片相对的所述隔壁。

[0024] 另外,上述的涡轮的第2方式中,所述阶梯部也可以以朝向所述叶片的前端部突出的突出高度从与所述旋转轴平行的方向上的所述流体的流动的上游侧朝向下游侧逐渐变高的方式设置多个。另外,所述叶片的前端部上,也可以对应于各个所述阶梯部而设置所述密封凸片。另外,与所述阶梯部对应的密封凸片也可以是相对于与在所述下游侧相邻的阶梯部对应的密封凸片相对的所述隔壁。

[0025] 若如此,则对于每个阶梯部都可得到所述的剥离涡产生的缩流效果。因此叶片与结构体之间的流体的泄漏流量充分减少。

[0026] 此外,该涡轮中,所述结构体的、与所述叶片的前端部对应的部分也可以是以所述旋转轴为中心轴的环状的凹部。另外,相对于与最靠所述上游侧的阶梯部对应的密封凸片相对的所述隔壁也可以由所述凹部的所述上游侧的内壁面形成。

[0027] 若如此,则在与叶片或结构体的旋转轴平行的方向上位于流体的流动的最上游侧的阶梯部上,也可得到所述的剥离涡产生的缩流效果。因此叶片与结构体之间的流体的泄漏流量充分减少。

[0028] 发明效果

[0029] 根据本发明,能够提供进一步减少流体的泄漏流量的高性能的涡轮。

附图说明

[0030] 图1是表示本发明的蒸汽轮机的概略构成剖视图。

[0031] 图2是表示本发明的第1实施方式的图,是表示图1中的要部I的放大剖视图。

[0032] 图3是表示本发明的第1实施方式的蒸汽轮机的作用说明图。

[0033] 图4是表示模拟结果的图表。

[0034] 图5是图4的范围[1]上的流动模式说明图。

[0035] 图6是图4的范围[2]上的流动模式说明图。

[0036] 图7是图4的范围[3]上的流动模式说明图。

[0037] 图8是表示本发明的第2实施方式的图,是表示图1中的要部I的放大剖视图。

[0038] 图9是表示本发明的第3实施方式的图,是表示图1中的要部J的放大剖视图。

[0039] 图10是表示本发明的第4实施方式的图,是表示图1中的要部J的放大剖视图。

具体实施方式

[0040] 以下,参照附图详细说明本发明的实施方式。

[0041] (第1实施方式)

[0042] 图1是表示本发明的第1实施方式的蒸汽轮机1的概略构成剖视图。

[0043] 蒸汽轮机1主要包括以下的构成:汽缸10;调整流入汽缸10的蒸汽S的量和压力的调整阀20;旋转自如地设于汽缸10的内方且将动力向未图示的发电机等机械传递的轴体(转子)30;保持于汽缸10的静叶片40;设于轴体30的动叶片50;以轴体30可绕轴旋

转的方式支撑轴体 30 的轴承部 60。

[0044] 汽缸 10 中,内部空间被气密地密封,形成蒸汽 S 的流路。该汽缸 10 的内壁面上,牢固地固定有环状的分隔板外圈 11。轴体 30 以贯通分隔板外圈 11 的方式配置。本实施方式中,该分隔板外圈 11 对应于本发明中的“结构体”。

[0045] 调整阀 20 在汽缸 10 的内部安装有多个。各个调节阀 20 具备蒸汽 S 从未图示的锅炉流入的调整阀室 21、阀芯 22、阀座 23。调节阀 20 的阀芯 22 从阀座 23 分离时,蒸汽流路打开,蒸汽 S 经由蒸汽室 24 流入汽缸 10 的内部空间。

[0046] 轴体 30 具备轴主体 31、从该轴主体 31 的外周沿径向延伸的多个圆盘 32。该轴体 30 将旋转能量传递至未图示的发电机等机械。

[0047] 在以下的说明中,只要未特别说明,就将轴体 30 或轴主体 31 的径向简单记载为“径向”。另外,将与轴体 30 或轴主体 31 的旋转轴平行的方向简单记载为“旋转轴向”或“轴向”。

[0048] 静叶片 40 以环绕轴体 30 的方式呈放射状配置多个。通过这样配置的多个静叶片 40 构成环状静叶片组。静叶片 40 分别保持于上述分隔板外圈 11。这些静叶片 40 中,径向上的内侧(旋转轴侧)的部分利用环状的枢毂套筒 41 连结。轴体 30 以贯穿枢毂套筒 41 的方式配置。静叶片 40 的前端部相对于轴体 30 在径向上隔出间隙而配置。

[0049] 这些多个静叶片 40 构成的环状静叶片组在旋转轴向上隔出间隔而形成有多个(本实施方式中为 6 个)。环状静叶片组将蒸汽 S 的压力能量变换成速度能量,将蒸汽 S 向与下游侧相邻的动叶片 50 侧引导。

[0050] 动叶片 50 牢固地安装于轴体 30 具有的圆盘 32 的外周部。动叶片 50 在各环状静叶片组的流体的流动的下游侧沿径向呈放射状配置有多个。通过这样配置的多个动叶片 50 构成环状动叶片组。本实施方式中,动叶片 50 对应于本发明中的“叶片”。

[0051] 这些环状静叶片组和环状动叶片组利用一组构成一级。即,蒸汽轮机 1 构成为多级(本实施方式中为六级)。其中,在最末级的动叶片 50 的前端部上,设有沿环状动叶片组的周向延伸的叶端套筒 51。

[0052] 图 2 是表示图 1 中的要部 I 的放大剖视图。

[0053] 如图 2 所示,作为动叶片(叶片)50 的前端部的叶端套筒 51 在径向上与分隔板外圈(结构体)11 之间具有间隙而相对配置。叶端套筒 51 上形成有阶梯部 52(52A ~ 52C)。阶梯部 52(52A ~ 52C)具有台阶面 53(53A ~ 53C)而朝向分隔板外圈 11 突出。

[0054] 本实施方式中,叶端套筒 51 具有三个阶梯部 52(52A ~ 52C)。这三个阶梯部 52A ~ 52C 中,朝向分隔板外圈 11 突出的径向的突出高度设置成从旋转轴向(以下记为轴向)上的蒸汽(流体)S 的上游侧向下游侧逐渐变高。即,阶梯部 52A ~ 52C 中,形成台阶的台阶面 53(53A ~ 53C)形成为朝向轴向上的蒸汽 S 的上游侧的朝前方式。

[0055] 在以下的说明中,只要未特别说明,就将未考虑涡流的轴向上的蒸汽 S 的流动的上游侧简单记载为“上游侧”。另外,将未考虑涡流的轴向上的蒸汽 S 的流动的下游侧简单记载为“下游侧”。

[0056] 分隔板外圈 11 上,在与叶端套筒 51 对应的部分上形成有环状槽(环状的凹部)11a。在该环状槽 11a 的内侧收容有叶端套筒 51。

[0057] 本实施方式中,环状槽 11a 的槽底面 11b 上的分隔板外圈 11 的内径在轴向上实质

上相同。另外,在该槽底面 11b 上,设有朝向叶端套筒 51 而向径向的内侧延伸的三个密封凸片 15(15A ~ 15C)。

[0058] 各个密封凸片 15(15A ~ 15C) 一对一对应地设于各个阶梯部 52(52A ~ 52C)。密封凸片 15 设置成分别从槽底部 11b 朝向分隔板外圈 11 而沿径向延伸。在各个密封凸片与各个阶梯部 52 之间,沿径向形成有微小间隙 H。关于各个微小间隙 H(H1 ~ H3) 的尺寸,在考虑汽缸 10 和动叶片 50 的热引起的伸长量(热伸长量)和动叶片 50 的离心力引起的伸长量(离心伸长量)等的基础上,在汽缸 10 和动叶片 50 不致接触的安全范围内设定为最小的值。此外,本实施方式中,H1 ~ H3 均为相同尺寸。但是,也可以根据需要适宜改变这些尺寸。

[0059] 通过以上构成,在叶端套筒 51 和分隔板外圈 11 之间,在环状槽 11a 的内侧形成有腔室 C(C1 ~ C3)。此外,对于一个阶梯部 52(52A ~ 52C) 形成 1 个腔室 C(C1 ~ C3)。

[0060] 腔室 C(C1 ~ C3) 在对应于各阶梯部 52 的密封凸片 15 与相对于该密封凸片 15 在上游侧相对的隔壁之间形成。

[0061] 第 1 级阶梯 52A 位于最上游侧。在对应于该阶梯 52A 的第 1 腔室 C1 中,环状槽 11a 的上游侧的内壁面 54 形成隔壁。

[0062] 因此,第 1 腔室 C1 在叶端套筒 51 与分隔板外圈 11 之间且在内壁面(隔壁)54 与对应于第 1 级阶梯 52A 的密封凸片 15A 之间形成。

[0063] 另外,在对应于第 2 级阶梯 52B 的第 2 腔室 C2 中,对应于位于上游侧的阶梯部 52A 的密封凸片 15A 形成隔壁。

[0064] 因此,第 2 腔室 C2 在叶端套筒 51 与分隔板外圈 11 之间且在密封凸片(隔壁)15A 与密封凸片 15B 之间形成。

[0065] 同样,第 3 腔室 C3 在叶端套筒 51 与分隔板外圈 11 之间且在密封凸片(隔壁)15B 与密封凸片 15C 之间形成。

[0066] 在这种腔室 C(C1 ~ C3) 中,将密封凸片 15(15A ~ 15C) 的前端部与隔壁之间的轴向上的距离设为腔室宽度 W(W1 ~ W3)。即,腔室宽度 W(W1 ~ W3) 是密封凸片 15(15A ~ 15C) 的前端部、和与该密封凸片 15 的前端部同径上的隔壁之间的距离。

[0067] 即,第 1 腔室 C1 中,将内壁面(隔壁)54 与密封凸片 15A 之间的距离设为腔室宽度 W1。第 2 腔室 C2 中,将密封凸片(隔壁)15A 与密封凸片 15B 之间的距离设为腔室宽度 W2。第 3 腔室 C3 中,将密封凸片(隔壁)15B 与密封凸片 15C 之间的距离设为腔室宽度 W3。此外,本实施方式中,W1 ~ W3 全部为相同尺寸。但是,也可以根据需要适宜改变这些尺寸。

[0068] 另外,将所述密封凸片 15 和与其对应的各阶梯部 52 的上游侧的端缘部 55 之间的轴向上的距离、即密封凸片 15 和台阶面 53 的边缘 55 之间的轴向上的距离设为 L(L1 ~ L3)。此时,距离 L 中的至少 1 个满足以下的式(1)。

$$[0069] \quad 0.7H \leq L \leq 0.3W \cdots \cdots (1)$$

[0070] 另外,该距离 L 中的至少 1 个也可以满足以下的式(2)。

$$[0071] \quad 1.25H \leq L \leq 2.75H \text{ (其中, } L \leq 0.3W \text{)} \cdots \cdots (2)$$

[0072] 若满足上述的式(1)或式(2)的条件,则能够不依赖于涡轮的运转条件而得到本发明所期望的缩流效果。但是,即使在涡轮停止时满足式(1)或式(2)的条件,若在涡轮运转时不满足,则得不到所期望的效果。因此,式(1)或式(2)的条件必须在涡轮运转时得到

满足。

[0073] 此外,本实施方式中,H1 ~ H3 全部为相同尺寸。因此,H 是代表 H1 ~ H3 的数值。同样,W 是代表 W1 ~ W3 的数值。

[0074] 图 1 所示的轴承部 60 具备径向轴承装置 61 和推力轴承装置 62,以可旋转的方式支撑轴体 30。

[0075] 接着,对具有上述的构成的蒸汽轮机 1 的动作,使用图 1 ~ 图 3 进行说明。

[0076] 首先,形成图 1 所示的打开调整阀 20(参照图 1)的状态时,蒸汽 S 从未图示的锅炉流入汽缸 10 的内部空间。

[0077] 流入汽缸 10 的内部空间的蒸汽 S 依此通过各级中的环状静叶片组和环状动叶片组。此时,蒸汽 S 的压力能量由静叶片 40 转换成速度能量。经过静叶片 40 的蒸汽 S 的大部分流入与静叶片 40 同级的动叶片 50 之间。于是,蒸汽 S 的速度能量由动叶片 50 转换成旋转能量,使轴体 30 旋转。另一方面,蒸汽 S 的一部分(例如百分之几)成为从静叶片 40 流出后流入环状槽 11a 内的、所谓的泄漏蒸汽。

[0078] 此处,如图 3 所示流入环状槽 11a 内的蒸汽 S 首先流入第 1 腔室 C1。然后,蒸汽 S 冲击阶梯部 52A 的台阶面 53A。并且,蒸汽 S 返回上游侧而产生主涡 Y1。本例中,主涡 Y1 在图 3 的纸面上沿逆时针(第 1 方向)转动。

[0079] 此时,特别是在阶梯部 52A 的端缘部(边缘)55,从所述主涡 Y1 剥离一部分的流动。由此,以向该主涡 Y1 的相反方向转动的方式产生剥离涡 Y2。本例中,剥离涡 Y2 以在图 3 的纸面上沿顺时针(第 2 方向)转动的方式产生。该剥离涡 Y2 发挥减少穿过密封凸片 15A 和阶梯部 52A 之间的微小间隙 H1 的蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果。

[0080] 即,如图 3 所示形成剥离涡 Y2 时,剥离涡 Y2 在密封凸片 15A 的上游侧产生下降流。该下降流的速度矢量朝向径向的内侧(旋转轴侧)。该下降流在微小间隙 H1 的紧前处具有朝向径向的内侧的惯性力。因此,剥离涡 Y2 相对于穿过微小间隙 H1 的蒸汽 S 的泄漏流发挥向径向的内侧收缩的效果(缩流效果),蒸汽 S 的泄漏流量减小。

[0081] 例如,如图 3 所示假定剥离涡 Y2 形成圆形。于是,该剥离涡 Y2 的直径为微小间隙 H1 的 2 倍而其外周与密封凸片 15A 相接的情况下、即 $L1 = 2H1$ ($L = 2H$) 的情况下,该剥离涡 Y2 的下降流中的朝向径向的内侧的速度分量最大的位置与密封凸片 15A 的前端(内端缘)一致。因此该下降流更良好地通过微小间隙 H1 的紧前处,因此可认为对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果为最大。

[0082] 基于存在像这样可充分得到缩流效果的条件见解,本发明人进行了模拟。其结果是,本发明人决定密封凸片 15(15A ~ 15C)与台阶面 53(53A ~ 53C)的端缘部(边缘)55 之间的轴向距离 L(L1 ~ L3),以满足上述的式(1)。或决定距离 L(L1 ~ L3),以满足式(2)。

[0083] (模拟)

[0084] 此处,对于图 2、图 3 所示的距离 L、密封凸片 15 的微小间隙 H、和腔室宽度 W 的相互之间的条件、与涡轮效率变化和泄漏量变化率之间的关系进行模拟。以下对其结果进行说明。

[0085] 图 4 是表示模拟结果的图表。该图表中的横轴表示所述 L 的尺寸(长度),纵轴表示涡轮效率变化和泄漏量变化率。此外,对于涡轮效率变化和泄漏量变化率,表示一般性的阶梯凸片结构中的涡轮效率、相对于泄漏流量的大小。另外,该图表中,横轴、纵轴都不采用

对数等特殊刻度,而是采用一般的等差刻度。

[0086] 由图 4 所示的结果可知,L 优选处于满足以下的式 (1) 的范围,更优选处于满足式 (2) 的范围。

[0087] $0.7H \leq L \leq 0.3W$ …… (1)

[0088] $1.25H \leq L \leq 2.75H$ (其中, $L \leq 0.3W$)…… (2)

[0089] 即,图 4 所示的范围 [1] ($L < 0.7H$) 中,如图 5 所示在端缘部(边缘)55 不生成剥离涡 Y2。因此可知在密封凸片 15 的上游侧不形成下降流。因此,几乎得不到下降流产生的对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果。其结果是,如图 4 所示泄漏量变化率变高(+侧),蒸汽 S 的泄漏流量增多。因此,涡轮效率变化变低(-侧),涡轮效率降低。

[0090] 图 4 所示的范围 [2] ($0.7H \leq L \leq 0.3W$)、即所述式 (1) 的范围内,如图 6 所示在端缘部(边缘)55 生成剥离涡 Y2。并且,可知,剥离涡 Y2 的下降流的较强部分(箭头 D) 位于密封凸片 15 的前端附近。因此,可充分得到下降流产生的对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果。其结果是,如图 4 所示泄漏量变化率变低(-侧),蒸汽 S 的泄漏流量减少。因此,涡轮效率变化变高(+侧),涡轮效率增加。

[0091] 此外,图 4 所示的范围 [2a] ($0.7H \leq L < 1.25H$) 中,剥离涡 Y2 在端缘部(边缘)55 生成。但是,可知,该情况下,生成的剥离涡 Y2 比较小。另外,可知,下降流最强的部分 D 位于与相比密封凸片 15 的前端靠径向上的内侧(旋转轴侧)的微小间隙 H 对应的位置。因此,如图 4 所示,可充分得到下降流产生的对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果。但是,与后述的范围 [2b] 相比,对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果较低。

[0092] 可知,图 4 所示的范围 [2b] ($1.25H \leq L \leq 2.75H$) 中,在端缘部(边缘)55 生成较强的剥离涡 Y2,该剥离涡 Y2 的下降流的最强的部分 D 与密封凸片 15 的前端大致一致。因此,如图 4 所示,下降流产生的对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果最高。

[0093] 可以说,尤其是如前所述,在 $L = 2H$ 的附近蒸汽 S 的泄漏流量最小,涡轮效率最大。

[0094] 而且,可知,图 4 所示的范围 [2c] ($2.75H < L \leq 0.3W$) 中,在端缘部(边缘)55 生成的剥离涡 Y2 变大,下降流最强的部分 D 开始从密封凸片 15 的前端向径向的外侧分离。因此,如图 4 所示,可充分得到下降流产生的对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果,但与范围 [2b] 相比缩流效果较低。

[0095] 另外,图 4 所示的范围 [3] ($0.3W < L$) 中,如图 7 所示在端缘部(边缘)55 生成的剥离涡 Y2 附着于环状槽 11a 的槽底面 11b,产生大的涡。因此,剥离涡 Y2 的下降流最强的部分 D 向密封凸片 15 的高度的中间附近移动。因此,可知,在密封凸片 15 的前端部分不形成较强的下降流。因此,几乎得不到下降流产生的对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果,如图 4 所示泄漏量变化率高(+侧),即蒸汽 S 的泄漏流量增多。因此,涡轮效率变化低(-侧),即,涡轮效率降低。

[0096] 由以上的模拟结果,本发明中将距离 L 设定为满足上述式 (1) 的范围。

[0097] 即,所述的各腔室 C1 ~ C3 中,各阶梯部 52A ~ 52C 和与其对应的密封凸片 15A ~ 15C 之间的相互位置关系(微小间隙 H、距离 L)、进而各隔壁和各密封凸片 15A ~ 15C 之间的相互位置关系(腔室宽度 W) 满足上述式 (1)。因此,剥离涡 Y2 产生的缩流效果充分提高,蒸汽 S 的泄漏流量与现有技术相比显著减少。因此,具备这种密封结构的蒸汽轮机 1 中,

蒸汽 S 的泄漏流量进一步减少,实现高性能化。

[0098] 另外,若微小间隙 H、距离 L 和腔室宽度 W 满足式 (2) 的关系,则剥离涡 Y2 产生的缩流效果进一步提高,蒸汽 S 的泄漏流量进一步减少。因此,蒸汽轮机 1 进一步实现高性能化。

[0099] 另外,该蒸汽轮机 1 中,形成 3 级阶梯部,形成 3 个腔室 C。由此,各腔室 C 中,能够通过上述缩流效果减少蒸汽 S 的泄漏流量。因此,作为整体能够更充分地减少蒸汽 S 的泄漏流量。

[0100] (第 2 实施方式)

[0101] 接着,说明本发明的第 2 实施方式的蒸汽轮机。

[0102] 图 8 是用于说明第 2 实施方式的图。另外,图 8 是与表示图 1 中的要部 I 的放大剖视图即图 2 对应的图。

[0103] 图 8 所示的第 2 实施方式与图 2 所示的第 1 实施方式在以下方面不同。即,第 1 实施方式中在作为动叶片(叶片)50 的前端部的叶端套筒 51 上形成阶梯部 52(52A ~ 52C),在分隔板外圈(结构体)11 上设有密封凸片 15(15A ~ 15C)。与此相对,第 2 实施方式中,在分隔板外圈(结构体)11 上形成阶梯部 52,在叶端套筒 51 上设有密封凸片 15。

[0104] 即,该第 2 实施方式中,如图 8 所示,在形成于分隔板外圈(结构体)11 的环状槽 11a 的槽底面 11b 上,形成 2 个阶梯部 52。即,形成具有台阶面 53D 的阶梯部 52D、具有台阶面 53E 的阶梯部 52E 作为 2 个阶梯部 52。另一方面,在动叶片(叶片)50 的前端部即叶端套筒 51 上,设有 3 个密封凸片 15(15D ~ 15F)。3 个密封凸片 15(15D ~ 15F)以朝向形成于分隔板外圈 11 的环状槽 11a 的槽底面 11b 向径向的外侧延伸的方式设置。

[0105] 这些密封凸片 15(15D ~ 15F)中的上游侧的密封凸片 15D 与位于阶梯部 52 的上游侧的槽底面 11b 对应而延伸。另外,下游侧的密封凸片 15E、15F 分别与阶梯部 52D、52E 对应而沿径向延伸。此外,这些密封凸片 15D ~ 15F 也在与对应的槽底面 11b 或阶梯部 52 之间形成微小间隙 H。特别是密封凸片 15E、15F 在与对应的阶梯部 52D、52E 之间沿径向形成本发明的微小间隙 H(H4、H5)。

[0106] 该微小间隙 H(H4、H5)的各尺寸与第 1 实施方式同样,在考虑汽缸 10 及动叶片 50 的热引起的伸长量、动叶片 50 的离心力引起的伸长量等的基础上,在汽缸 10 和动叶片 50 不致接触的安全范围内设定为最小的值。此外,本实施方式中,H4 和 H5 为相同尺寸。但是,也可以根据需要适宜改变这些尺寸。

[0107] 基于这种构成,在叶端套筒 51 和分隔板外圈 11 之间形成有腔室 C(C4、C5)。腔室 C(C4、C5)在环状槽 11a 的内侧对每个阶梯部 52 与各阶梯部 52 对应而形成。

[0108] 腔室 C(C4、C5)与第 1 实施方式同样,在与各阶梯部 52 对应的密封凸片 15(15E、15F)与相对于这些密封凸片 15 在上游侧相对的隔壁之间形成。

[0109] 位于最上游侧的腔室 C4 与位于最上游侧的第 1 级阶梯 52D 对应。第 1 腔室 C4 中,通过位于上游侧的密封凸片 15D 形成隔壁。因此,在叶端套筒 51 与分隔板外圈 11 之间且密封凸片(隔壁)15D 与密封凸片 15E 之间形成有第 1 腔室 C4。

[0110] 同样,在叶端套筒 51 与分隔板外圈 11 之间且密封凸片(隔壁)15E 与密封凸片 15F 之间形成有第 2 腔室 C5。

[0111] 这种腔室 C(C4、C5)中,将作为隔壁的密封凸片 15 和与阶梯部 52 对应的密封凸片

15 之间的轴向距离设为腔室宽度 W (W_4 、 W_5)。并且,将所述密封凸片 15 和与其对应的各阶梯部 52 的上游侧的端缘部 55 之间的距离、即密封凸片 15 和台阶面 53 的边缘 55 之间的轴向距离设为 L (L_4 、 L_5)。于是,该距离 L 中的至少 1 个满足上述的式 (1)。另外,该距离 L 中的至少 1 个更优选满足上述的式 (2)。

[0112] 即,各腔室 C_4 、 C_5 中,各阶梯部 52D、52E 和与其对应的密封凸片 15E、15F 之间的相互位置关系即微小间隙 H 、距离 L 、以及隔壁和密封凸片 15E、15F 之间的相互位置关系即腔室宽度 W 满足上述的式 (1)。因此,剥离涡 Y_2 产生的对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果充分变高,蒸汽 S 的泄漏流量与现有技术相比显著减少。因此,具备这种密封结构的蒸汽轮机中,蒸汽 S 的泄漏流量进一步减少,实现了高性能化。

[0113] 另外,若处于满足式 (2) 的范围,则剥离涡 Y_2 产生的缩流效果进一步提高,蒸汽 S 的泄漏流量进一步减少。因此,蒸汽轮机进一步实现高性能化。

[0114] 另外,该蒸汽轮机中,形成 2 级阶梯部,形成 2 个腔室 C 。因此,在各腔室 C 中能够通过上述缩流效果减少蒸汽 S 的泄漏流量,作为整体能够充分减少蒸汽 S 的泄漏流量。

[0115] (第 3 实施方式)

[0116] 接着,说明本发明的第 3 实施方式的蒸汽轮机。

[0117] 图 9 是用于说明第 3 实施方式的图,是表示图 1 中的要部 J 的放大剖视图。另外,图 9 是与图 2 对应的图。

[0118] 图 9 所示的第 3 实施方式与图 2 所示的第 1 实施方式在以下方面不同。即,第 1 实施方式中将本发明的“叶片”设为动叶片 50,在作为其前端部的叶端套筒 51 上形成阶梯部 52 ($52A \sim 52C$)。另外,第 1 实施方式中,将本发明的“结构体”设为分隔板外圈 11,在此处设有密封凸片 15 ($15A \sim 15C$)。与此相对,第 3 实施方式中,将本发明的“叶片”设为静叶片 40,在其前端部上形成阶梯部 52。另外,第 3 实施方式中,将本发明的“结构体”设为轴体 (转子) 30,在此处设有密封凸片 15。

[0119] 即,该第 3 实施方式中,如图 9 所示在静叶片 40 的前端部上,设有沿周向延伸的枢毂套筒 41。在该枢毂套筒 41 上,与第 1 实施方式的叶端套筒 51 同样,形成有 3 个阶梯部 52 ($52F \sim 52H$)。这 3 个阶梯部 52 $F \sim H$ 以距离静叶片 40 的径向的突出高度从上游侧朝向下游侧逐渐变高的方式设置。即,阶梯部 52 $F \sim H$ 形成为形成台阶的台阶面 53 ($53F \sim 53H$) 朝向上游侧的朝前方式。

[0120] 轴体 30 上,在与枢毂套筒 41 对应的部分即圆盘 32、32 (参照图 1) 之间形成有环状槽 (环状的凹部) 33。在该环状槽 33 的内侧收容有枢毂套筒 41。本实施方式中,环状槽 33 的槽底面 33a 上的轴体 30 的外径在轴向上形成为大致相同。另外,在该槽底面 33a 上,设有朝向枢毂套筒 41 向径向的外侧延伸的 3 个密封凸片 15 ($15G \sim 15I$)。

[0121] 这些密封凸片 15 ($15G \sim 15I$) 与阶梯部 52 ($52F \sim 52H$) 一对一对应,以分别从槽底部 33a 朝向枢毂套筒 41 沿径向延伸的方式设置。在各个密封凸片 15 ($15G \sim 15I$) 与各个阶梯部 52 之间沿径向形成有微小间隙 H 。该微小间隙 H ($H_6 \sim H_8$) 的各尺寸在考虑轴体 30 及静叶片 40 的热引起的伸长量、轴体 30 的离心力引起的伸长量等的基础上,在轴体 30 和静叶片 40 不致接触的安全范围内设定为最小的值。此外,本实施方式中, $H_6 \sim H_8$ 也全部为相同尺寸。但是,也可以根据需要适宜改变这些尺寸。

[0122] 基于这种构成,在枢毂套筒 41 与轴体 30 之间形成有腔室 C ($C_6 \sim C_8$)。腔室 C ($C_6 \sim$

C8) 在环状槽 33 的内侧对每个阶梯部 52 与各阶梯部 52 对应而形成。

[0123] 腔室 C(C6 ~ C8) 在与各阶梯部 52 对应的密封凸片 15 和相对于该密封凸片 15 在上游侧相对的隔壁之间形成。

[0124] 第 1 腔室 C6 与位于最上游侧的第 1 级阶梯 52F 对应。第 1 腔室 C6 中,通过环状槽 33 的上游侧的内壁面 34 形成隔壁。因此,在枢毂套筒 41 侧和轴体 30 之间且内壁面(隔壁)34 和与第 1 级阶梯 52F 对应的密封凸片 15G 之间形成有第 1 腔室 C6。

[0125] 另外,第 2 腔室 C7 与第 2 级阶梯 52G 对应。第 2 腔室 C7 中,通过与位于轴向上游侧的阶梯部 52F 对应的密封凸片 15G 形成隔壁。因此,在枢毂套筒 41 与轴体 30 之间且密封凸片(隔壁)15G 与密封凸片 15H 之间形成有第 2 腔室 C7。同样,在枢毂套筒 41 与轴体 30 之间且密封凸片(隔壁)15H 与密封凸片 15I 之间形成有第 3 腔室 C8。

[0126] 这种腔室 C(C6 ~ C8) 中,将隔壁与密封凸片 15 之间的距离设为腔室宽度 W。并且,将各密封凸片 15 与各阶梯部 52 的上游侧的端缘部之间的轴向距离、即密封凸片 15 与台阶面 53 的边缘 55 之间的轴向上的距离设为 L(L6 ~ L8)。于是,该距离 L 中的至少 1 个满足上述的式(1)。另外,更优选该距离 L 中的至少 1 个满足上述的式(2)。

[0127] 即,各阶梯部 52F ~ 52H 和与其对应的密封凸片 15G ~ 15I 之间的相互位置关系即微小间隙 H、距离 L、以及隔壁和密封凸片 15 之间的相互位置关系即腔室宽度 W 满足上述的式(1)。因此,剥离涡 Y2 产生的对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果充分提高,蒸汽 S 的泄漏流量与现有技术相比显著减少。因此,具备这种密封结构的蒸汽轮机中,蒸汽 S 的泄漏流量进一步减少,实现了高性能化。

[0128] 另外,若处于满足式(2)的范围,则剥离涡 Y2 产生的对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果进一步提高,蒸汽 S 的泄漏流量进一步减少。因此,蒸汽轮机进一步实现了高性能化。

[0129] 另外,该蒸汽轮机中,形成 3 级阶梯部,形成 3 个腔室 C。因此,能够在各腔室 C 中通过上述缩流效果减少蒸汽 S 的泄漏流量,作为整体能够更充分地减少蒸汽 S 的泄漏流量。

[0130] (第 4 实施方式)

[0131] 接着,说明本发明的第 4 实施方式的蒸汽轮机。

[0132] 图 10 是用于说明第 4 实施方式的图,是表示图 1 中的要部 J 的放大剖视图。另外,图 10 是与图 2 对应的图。

[0133] 图 10 所示的第 4 实施方式与图 9 所示的第 3 实施方式不同的是如下方面。即,第 3 实施方式中,在作为静叶片(叶片)40 的前端部的枢毂套筒 41 上形成阶梯部 52(52I、52J),在轴体(结构体)30 上设有密封凸片 15(15J ~ 15L)。与此相对,第 4 实施方式中,在轴体(结构体)30 上形成阶梯部 52,在枢毂套筒 41 上设有密封凸片 15。

[0134] 即,该第 4 实施方式中,如图 10 所示,在形成于轴体(结构体)30 上的环状槽 33 的槽底面 33a 上,形成 2 个阶梯部 52。更具体地说,这 2 个阶梯部 52 是具有台阶面 53I 的阶梯部 52I 和具有台阶面 53J 的阶梯部 52J。另一方面,在静叶片(叶片)40 的前端部即枢毂套筒 41 上,设有朝向轴体 30 的槽底面 33a 向径向的内侧延伸的 3 个密封凸片 15(15J ~ 15L)。

[0135] 这些密封凸片 15(15J ~ 15L) 中的上游侧的密封凸片 15J 与位于阶梯部 52 的上游侧的槽底面 33a 对应而沿径向延伸。下游侧的密封凸片 15K、15L 分别与阶梯部 52I、52J 对应而沿径向延伸。此外,这些密封凸片 15J ~ 15L 也在与对应的槽底面 33a 或阶梯部 52

之间形成微小间隙 H。特别是密封凸片 15K、15L 在与对应的阶梯部 52I、52J 之间沿径向形成本发明的微小间隙 H(H9、H10)。

[0136] 该微小间隙 H(H9、H10) 的各尺寸与第 3 实施方式同样,在考虑轴体 30 及静叶片 40 的热引起的伸长量、轴体 30 的离心力引起的伸长量等的基础上,在轴体 30 和静叶片 40 不致接触的安全范围内设定为最小的值。此外,本实施方式中, H9 和 H10 也为相同尺寸。但是,也可以根据需要适宜改变这些尺寸。

[0137] 基于这种构成,在枢毂套筒 41 和轴体 30 之间形成腔室 C(C9、C10)。腔室 C(C9、C10) 在环状槽 33 的内侧对每个阶梯部 52 与各阶梯部对应而形成。

[0138] 腔室 C(C9、C10) 与第 3 实施方式同样,在与各阶梯部 52 对应的密封凸片 15(15K、15L) 和相对于这些密封凸片 15 在上游侧相对的隔壁之间形成。

[0139] 第 1 腔室 C9 对应于位于最上游侧的第 1 级阶梯 52I。第 1 腔室 C9 中,由位于上游侧的密封凸片 15J 形成隔壁。因此,在枢毂套筒 41 与轴体 30 之间且密封凸片(隔壁)15J 与密封凸片 15K 之间形成第 1 腔室 C9。

[0140] 同样,在枢毂套筒 41 与轴体 30 之间且密封凸片(隔壁)15K 与密封凸片 15L 之间形成第 2 腔室 C10。

[0141] 在这种腔室 C(C9、C10) 中,将作为隔壁的密封凸片 15 与对应于阶梯部 52 的密封凸片 15 之间的距离设为腔室宽度 W。并且,将密封凸片 15 和与其对应的各阶梯部 52 的上游侧的端缘部 55 之间的轴向距离、即密封凸片 15 和台阶面 53 的边缘 55 之间的轴向距离设为 L(L9、L10)。于是,该距离 L 中的至少 1 个满足上述的式(1)。另外,更优选该距离 L 中的至少 1 个满足上述的式(2)。

[0142] 即,各阶梯部 52I、52J 和与其对应的密封凸片 15K、15L 之间的相互位置关系即微小间隙 H、距离 L、以及隔壁和密封凸片 15 之间的相互位置关系即腔室宽度 W 满足上述的式(1)。因此,剥离涡 Y2 产生的对于蒸汽 S 的泄漏流的缩流效果充分提高,蒸汽 S 的泄漏流量与现有技术相比显著减少。因此,具备这种密封结构的蒸汽轮机中,蒸汽 S 的泄漏流量进一步减少,实现了高性能化。

[0143] 另外,若处于满足式(2)的范围,则剥离涡 Y2 产生的缩流效果进一步提高,蒸汽 S 的泄漏流量进一步减少。因此,蒸汽轮机进一步实现高性能化。

[0144] 另外,该蒸汽轮机中,形成 2 级阶梯部,形成 2 个腔室 C。因此,在各腔室 C 中通过上述缩流效果能够减少蒸汽 S 的泄漏流量,作为整体能够进一步充分减少蒸汽 S 的泄漏流量。

[0145] 以上,说明了本发明的优选实施方式,但本发明不限于上述的实施方式。在不脱离本发明的主旨的范围内,能够进行构成的添加、省略、置换、及其他的变更。本发明不由上述说明限定,而仅由附加的权利要求的范围限定。

[0146] 上述实施方式中所示的动作步骤、或各构成构件的各种形状及组合等是一例,在不脱离本发明的主旨的范围内,能够基于设计要求等进行各种变更。

[0147] 例如在上述的实施方式中,关于设有密封凸片 15 的构件,不是形成为阶梯形状,而是形成为平面形状。但是,关于设有密封凸片 15 的构件,也可以与相对的阶梯部 52 的形状一致而形成为阶梯形状,也可以形成倾斜面或曲面。

[0148] 另外,上述的第 1 实施方式、第 2 实施方式中,将设于汽缸 10 的分隔板外圈 11 形

成为结构体。但是,也可以不设置这种分隔板外圈 11,而将汽缸 10 自身作为本发明的结构体。即,该结构体为环绕动叶片 50 而形成流体通过动叶片之间的流路的构件即可。

[0149] 另外,上述的实施方式中,设有多个阶梯部 52,由此也形成多个腔室 C。但是,关于这些阶梯部 52 及与其对应的腔室 C 的数量是任意的,也可以是 1 个、3 个、或 4 个以上。

[0150] 另外,不一定需要如所述实施方式那样,使密封凸片 15 和阶梯部 52 一一对应。另外,不一定需要使阶梯部 52 比密封凸片 15 少 1 个。关于这些数量可任意设计。

[0151] 另外,上述的实施方式中,对最末级的动叶片 50 或静叶片 40 适用本发明,但也可以对其他级动叶片 50 或静叶片 40 适用本发明。

[0152] 另外,上述的实施方式中,将本发明适用于复水式的蒸汽轮机。但是,本发明也可以适用于其他类型的蒸汽轮机,例如二级抽气涡轮、抽气涡轮、混气涡轮等涡轮类型。

[0153] 而且,上述的实施方式中,将本发明适用于蒸汽轮机。但是,本发明也能够适用于气体涡轮。而且,本发明可适用于具有旋转叶片的所有旋转机械。

[0154] 工业实用性

[0155] 设在密封凸片与阶梯部之间形成的微小间隙为 H。另外,将形成腔室的隔壁与密封凸片之间的距离设为腔室宽度 W。另外,将密封凸片与阶梯部的上游侧的端缘部之间的距离设为 L。此时,距离 L 中的至少 1 个满足以下的式 (1)。

[0156] $0.7H \leq L \leq 0.3W \dots\dots (1)$

[0157] 由此,能够提供使流体的泄漏流量相比现有技术减少的高性能涡轮。

[0158] 标号说明

[0159] 1...蒸汽轮机(涡轮)、10...汽缸、11...分隔板外圈(结构体)、11a...环状槽(环状的凹部)、11b...槽底面、15(15A~15L)...密封凸片、30...轴体(结构体)、33...环状槽(环状的凹部)、33a...槽底面、40...静叶片(叶片)、41...枢毂套筒、50...动叶片(叶片)、51...叶端套筒、52(52A~52J)...阶梯部、53(53A~53J)...台阶面、54...内壁面、55...端缘部(边缘)、C(C1~C10)...腔室、H(H1~H10)...微小间隙、W(W1~W10)...腔室宽度、L(L1~L10)...距离、S...蒸汽、Y1...主涡、Y2...剥离涡

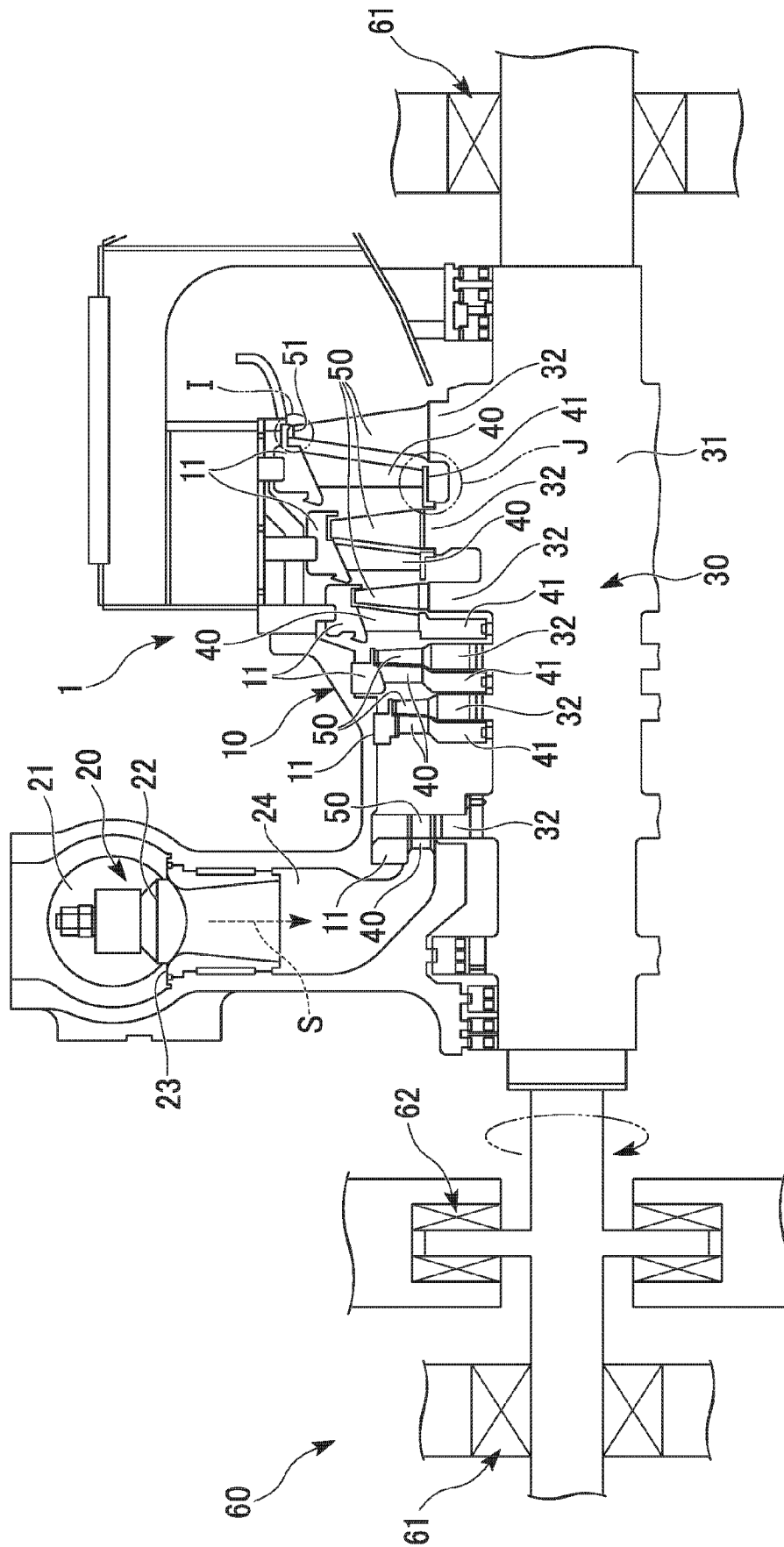


图 1

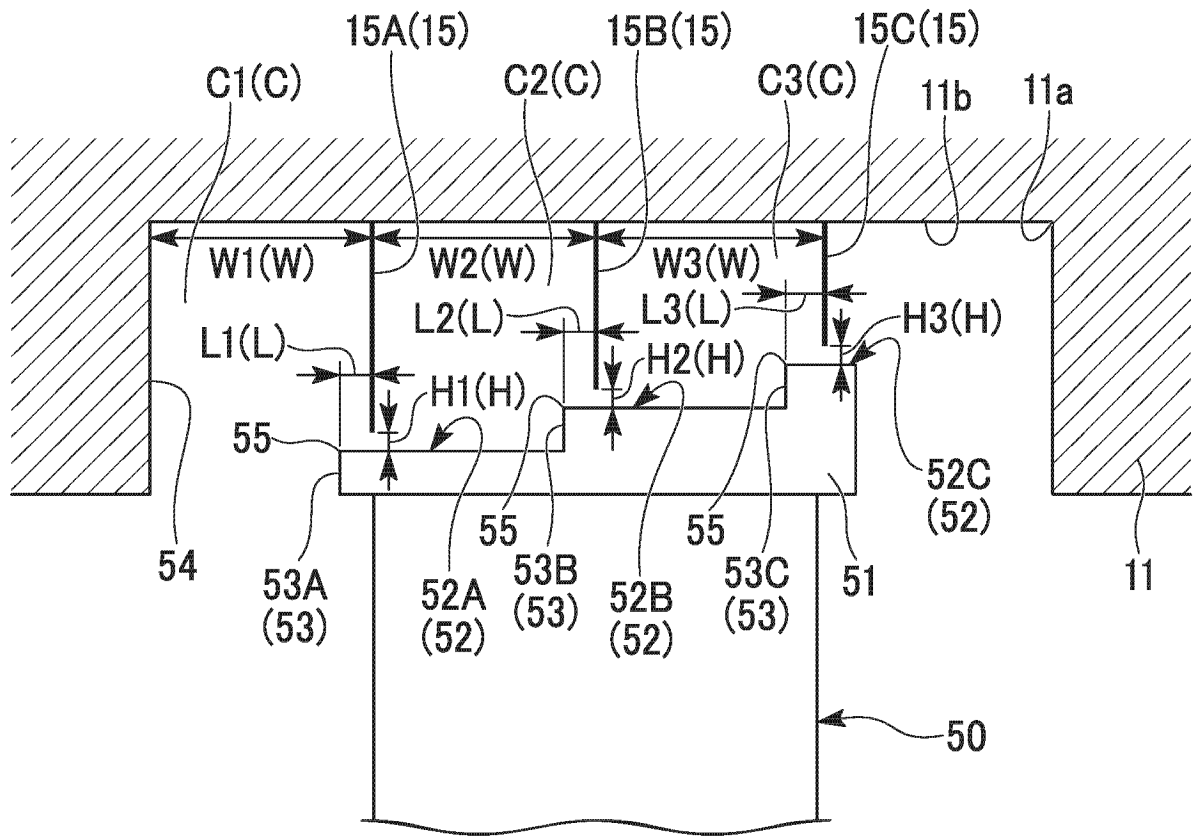


图 2

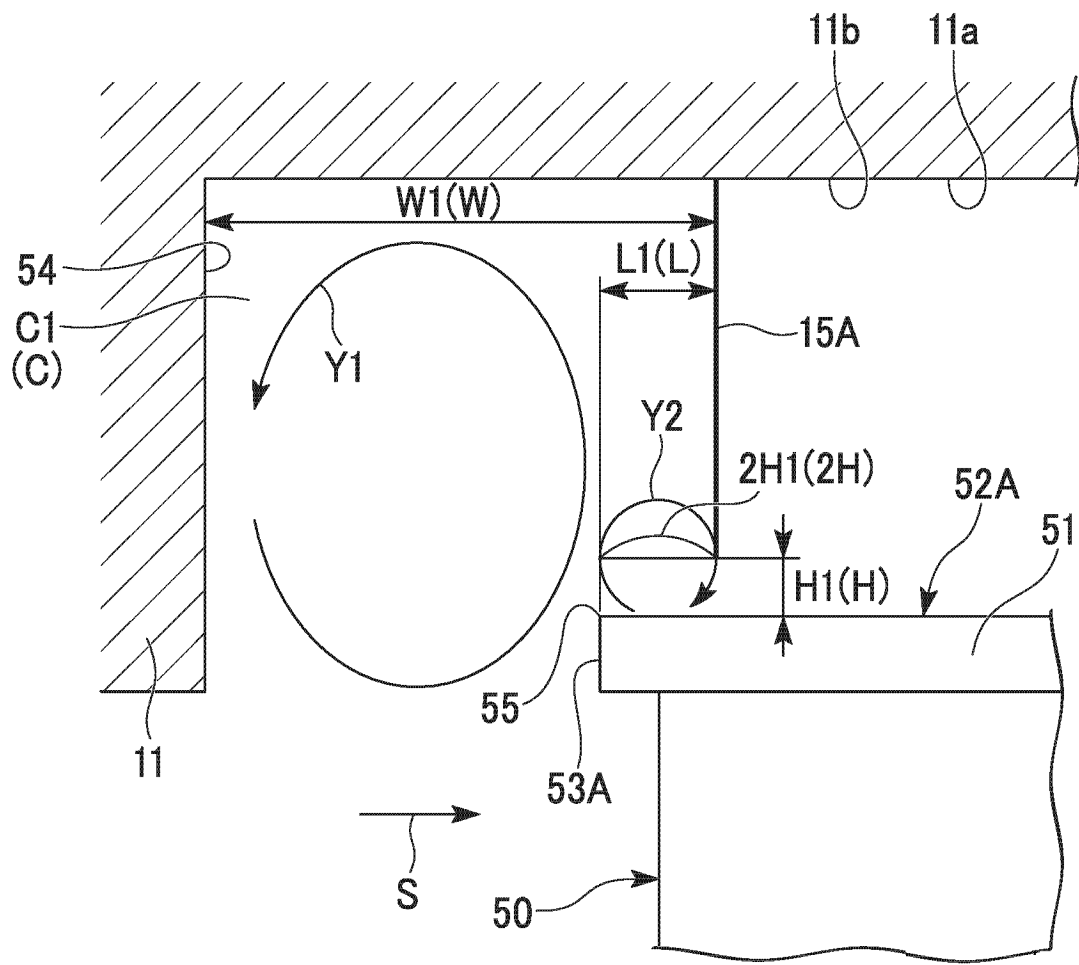


图 3

涡轮效率变化量、泄漏量减少率

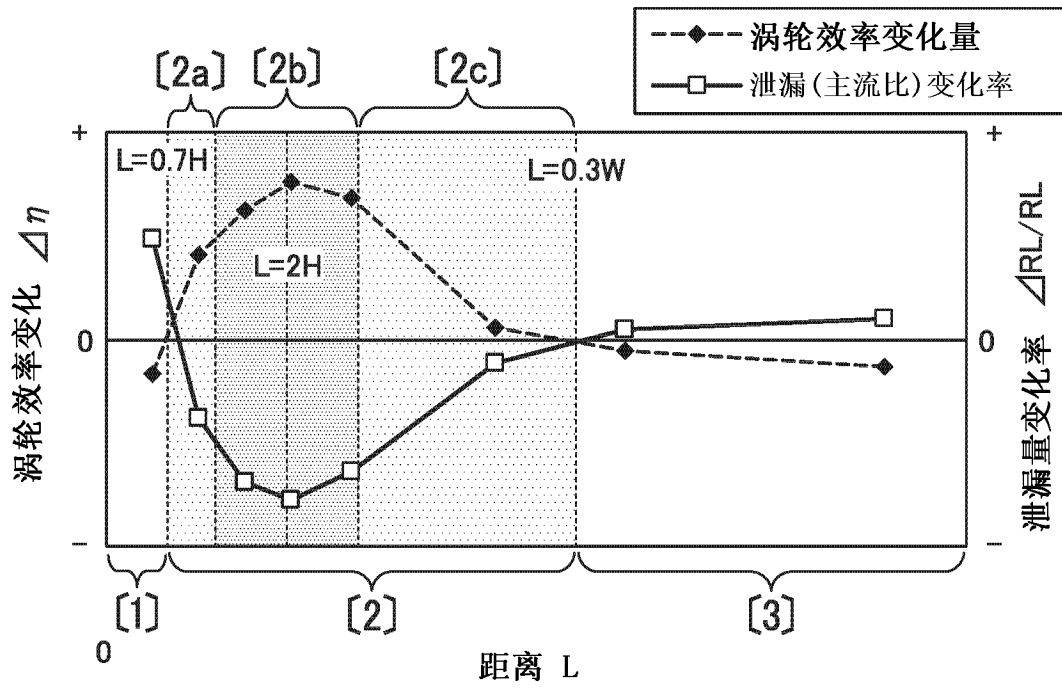


图 4

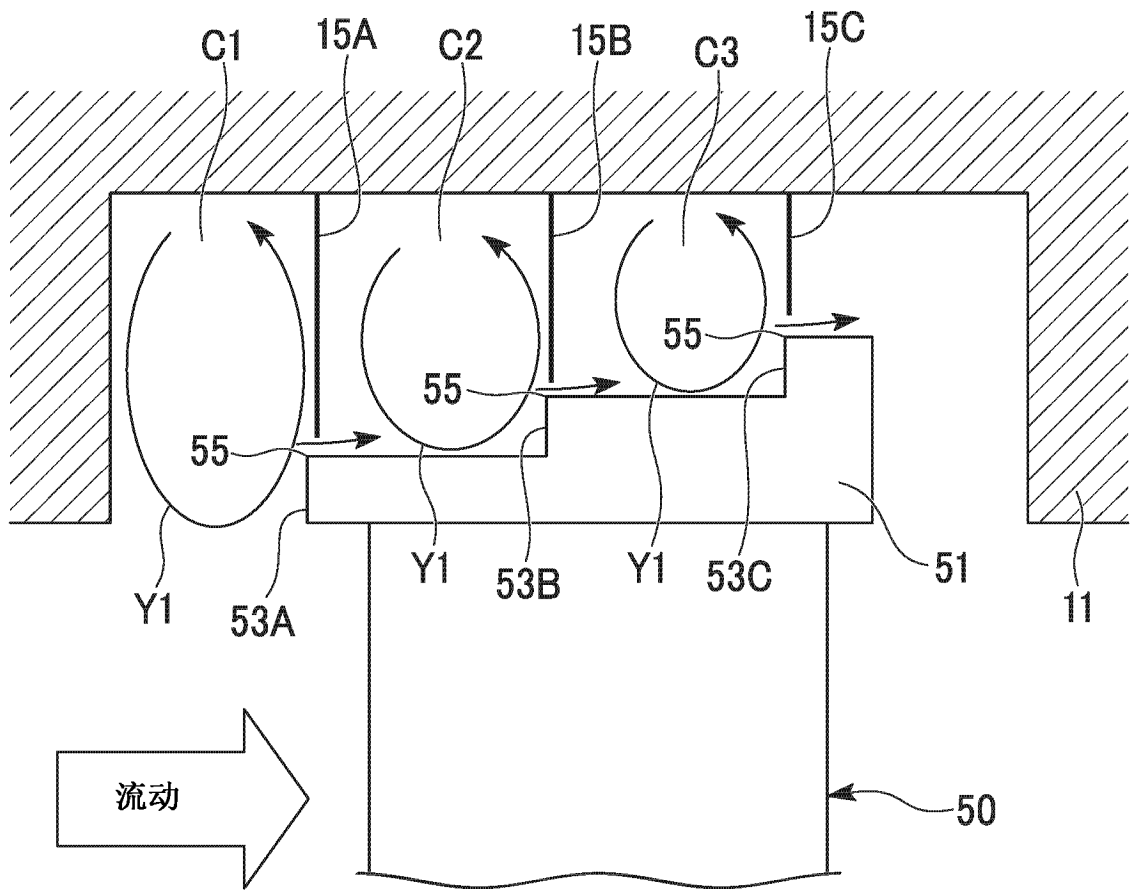


图 5

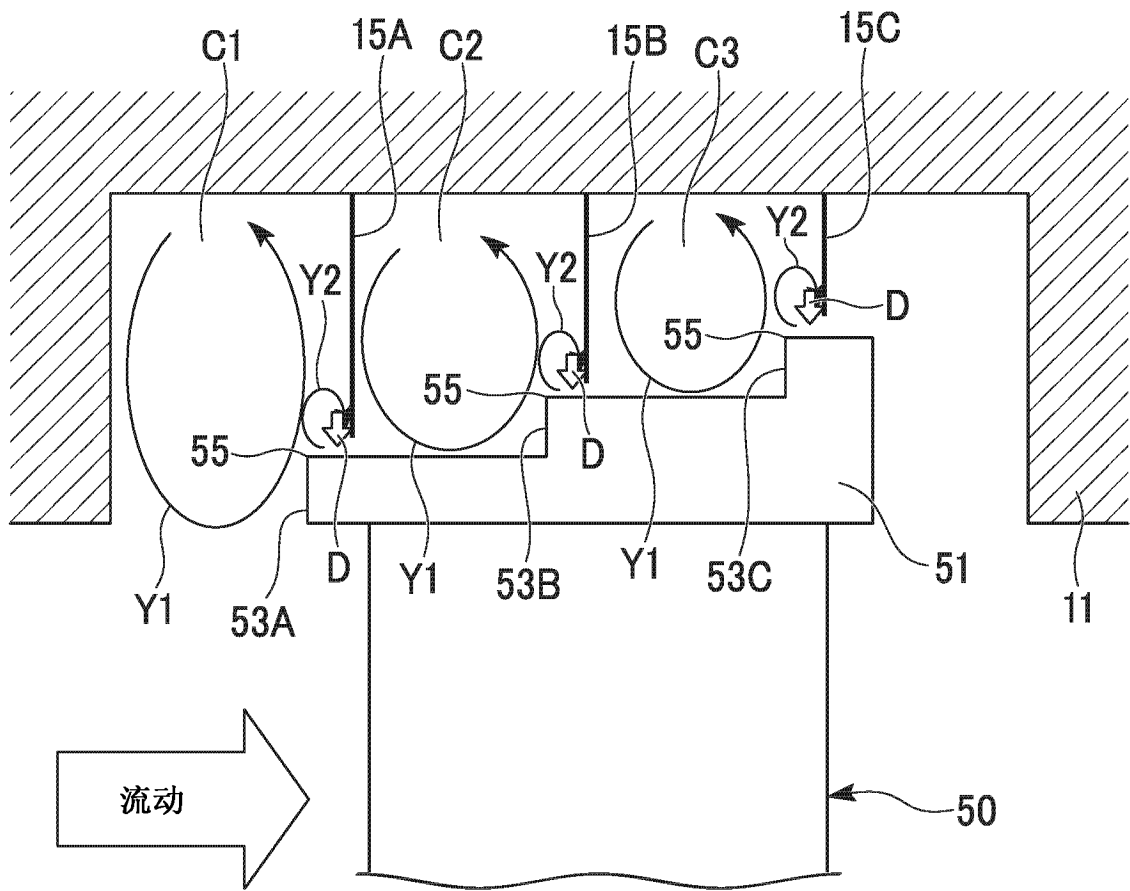


图 6

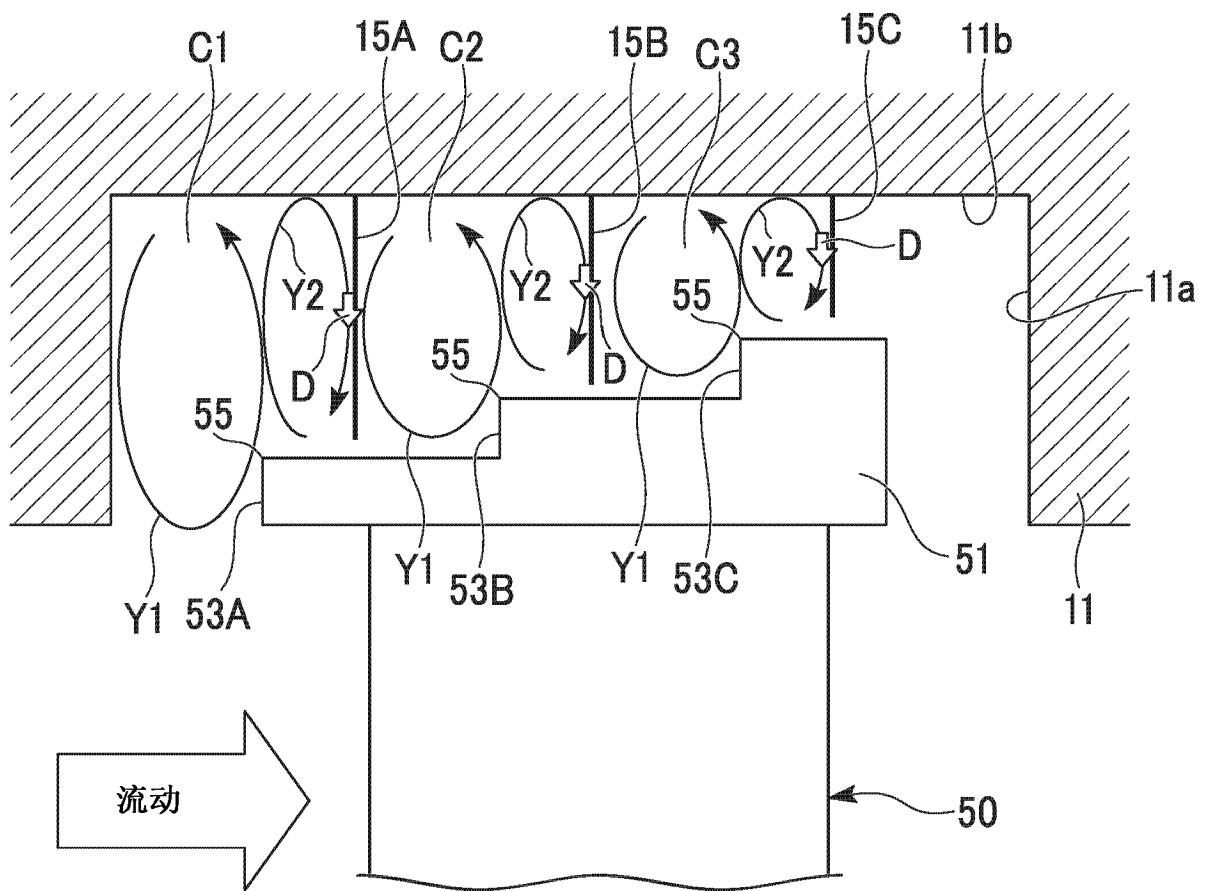


图 7

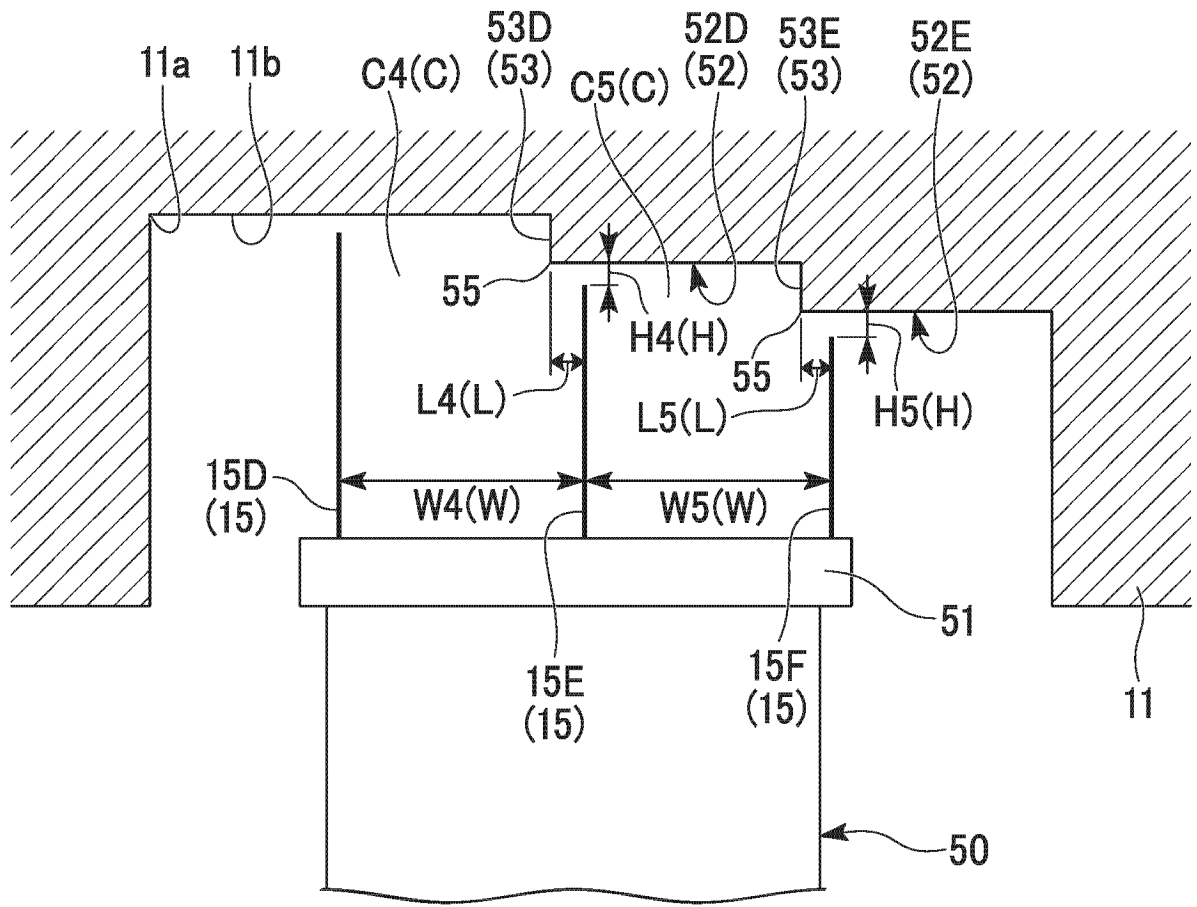


图 8

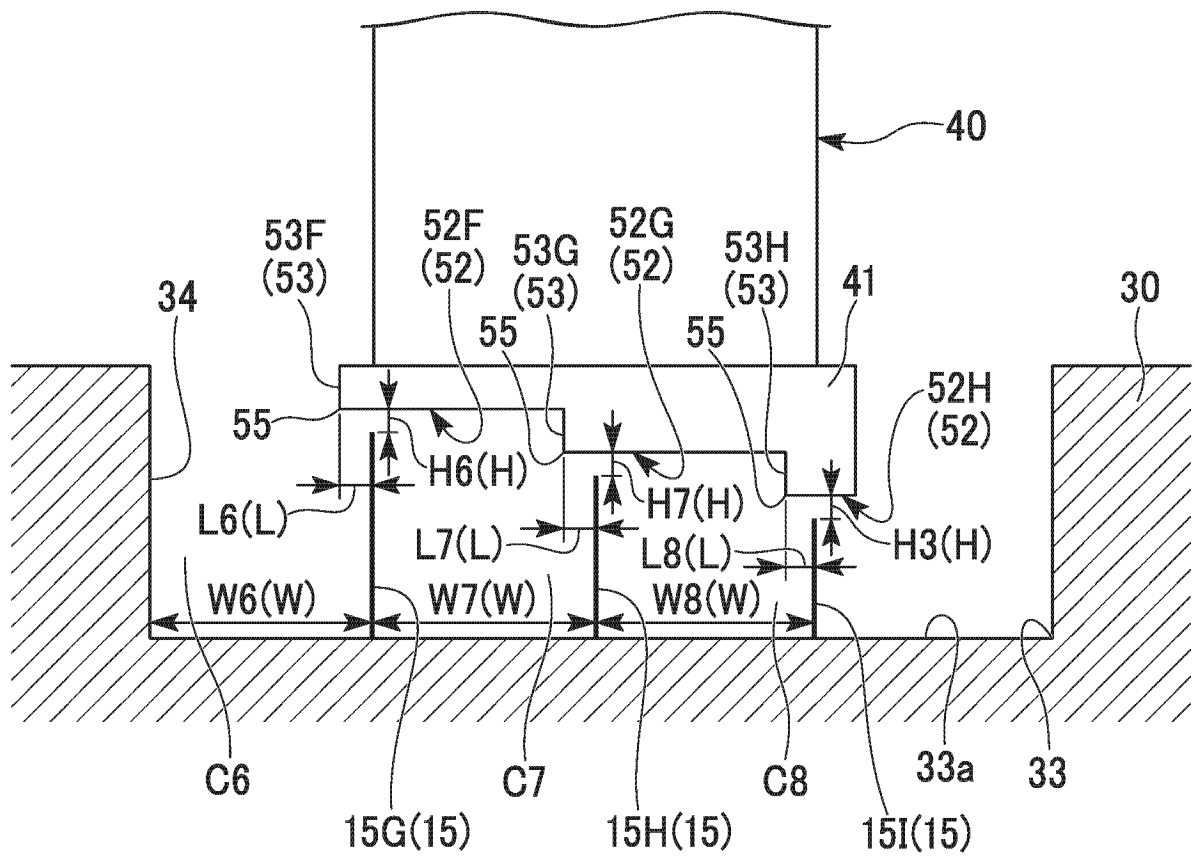


图 9

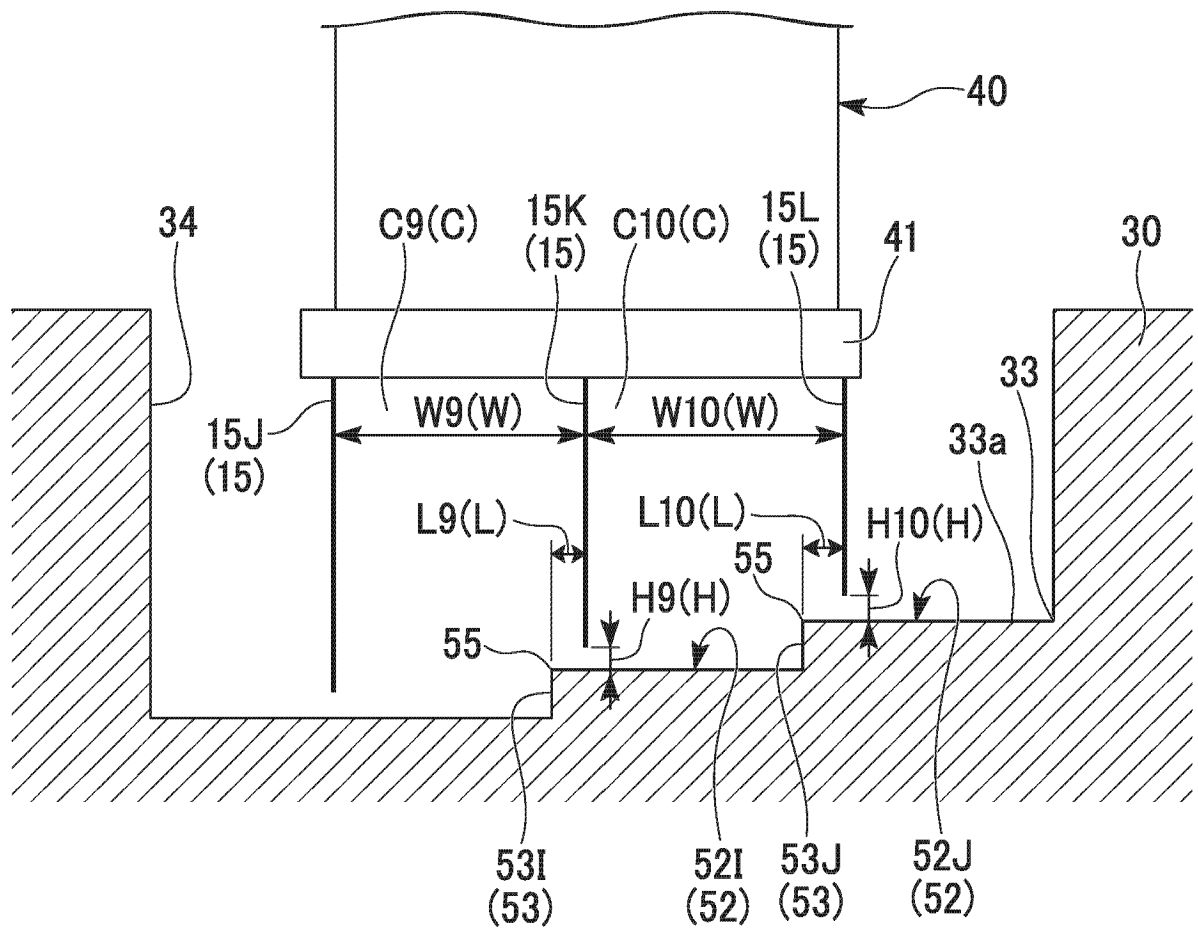


图 10