

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97194241.2

[45] 授权公告日 2002 年 2 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1079491C

[22] 申请日 1997.5.14 [24] 颁证日 2002.2.20

[21] 申请号 97194241.2

[30] 优先权

[32] 1996.5.23 [33] DE [31] 19620828.9

[86] 国际申请 PCT/DE97/00970 1997.5.14

[87] 国际公布 WO97/44568 德 1997.11.27

[85] 进入国家阶段日期 1998.10.30

[73] 专利权人 西门子公司

地址 联邦德国慕尼黑

[72] 发明人 阿明·德罗斯德蔡克

阿克塞尔·伦伯格

厄恩斯特-埃里克·米勒

[56] 参考文献

DE3209506 1983.9.22

DE3406071 1984.8.23

JP58133402 1983.8.9

JP59155503 1984.9.4

审查员 杨克菲

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

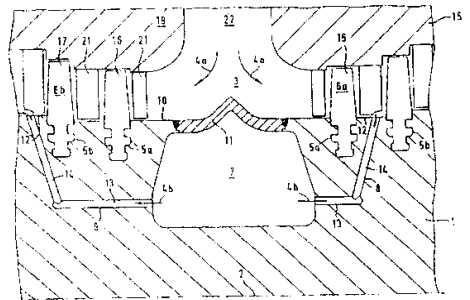
代理人 侯宇

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图页数 2 页

[54] 发明名称 涡轮机轴及用于冷却涡轮机轴的方法

[57] 摘要

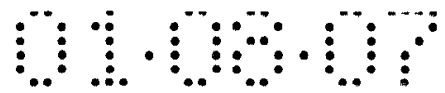
本发明涉及一种涡轮机轴(1),其具有用于流体(4a),尤其是蒸汽的流入区域(3),和至少两个沿轴向相互间以及与该流入区域(3)之间间隔一定距离的凹槽(5a,5b),分别用于支承至少一个涡轮叶片(6a,6b)。在涡轮机轴(1)上还有一与流入区域(3)相匹配的空腔(7),该空腔与作为冷却涡轮机轴(1)的流体(4b)的一导入通道(8)和一导出通道(9)相连通。本发明还涉及一种用于冷却装在蒸汽轮机(15)上的涡轮机轴(1)的流入区域(3)的冷却方法。





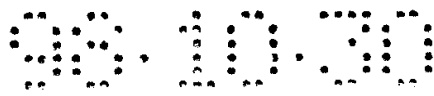
权 利 要 求 书

1. 一种涡轮机轴(1), 其沿主轴线(2)延伸并具有一个工作流体(4a)流入区域(3), 和至少两个沿轴向相互间隔一定距离并与流入区域(3)也间隔一定距离的分别用来支承一涡轮叶片(6a, 6b)的凹槽(5a, 5b), 以及一个与该流入区域(3)相匹配的空腔(7), 该空腔与作为冷却流体(4b)的工作流体分流的一导入通道(8)和一导出通道(9)相连, 其中, 该导入通道(8)在第一凹槽(5a)下游与轴表面(12)相通, 而该导出通道(9)在处于更下游位置的另一凹槽(5b)的下游与轴表面(12)相通。
2. 按照权利要求 1 所述的涡轮机轴(1), 其中, 用于流体在主轴线(2)方向上分流的流入区域(3)设置在主轴线的中间部位(10)。
3. 按照权利要求 1 或 2 所述的涡轮机轴(1)装在一蒸汽轮机(15)上。
4. 按照权利要求 3 所述的涡轮机轴(1), 其中, 该导入通道(8)在第一组工作叶片(16)的下游与轴表面(12)相通, 该导出通道(9)在设置于第一组工作叶片(16)下游的第二组工作叶片(17)的下游与轴表面(12)相通。
5. 一种蒸汽轮机, 其具有带有一涡轮机轴(1)的箱体(9), 该涡轮机轴沿着主轴(2)延伸并具有用于工作流体(4a)的进汽区域(3)和至少两个相互之间以及与进汽区域(3)之间沿轴向相隔一定距离并分别用于支承至少一涡轮叶片(6a, 6b)的凹槽(5a, 5b), 在该涡轮机轴(1)上还有一与该进汽区域(3)相匹配的空腔(7), 该空腔与作为冷却流体(4b)的工作流体分流的一导入通道(8)和一导出通道(9)相连通, 其中, 该导入通道(8)在第一凹槽(5a)下游与轴表面(12)相通, 而该导出通道(9)则通过涡轮机轴(1)的端部(18)进入箱体(19)内, 并由此导入到位于更下游位置处的另一凹槽(5b)的下游方区域。
6. 按照权利要求 5 所述的蒸汽轮机, 其中, 所述导出通道(9)与设置于第一组工作叶片下游方的一抽汽头(20)相连通。
7. 按照权利要求 1 至 4 中任一项所述的涡轮机轴(1), 其中, 所述空腔(7)通过一盖(11)来封闭。
8. 按照权利要求 1 至 4 中任一项所述的涡轮机轴(1), 其中, 所述导入通道(8)和/或导出通道(9)具有一基本上沿轴向延伸的穿孔(13)和一基本上沿径向延伸的穿孔(14)。
9. 一种用于冷却安装在一涡轮机上的涡轮机轴(1)的进汽区域(3)的冷却



方法，其中，在第一组工作叶片(16)下游的第一压力级处从工作流体中分出一股分流作为冷却流体(4b)，从该处的轴表面处(12)流入一设置在涡轮机轴(1)中与该进汽区域(3)相匹配的空腔(7)中，并通过一与轴表面(12)相连通的导出通道(9)从涡轮机轴(1)上相对于第一压力级更低的第二压力级处导出。

- 5 10. 按照权利要求 9 所述的方法，其中在蒸汽轮机上，作为冷却流体(4b)导入空腔(7)的蒸汽体积流量为全部新汽体流量的 1 % 到 4 %。



说明书

涡轮机轴及用于冷却

涡轮机轴的方法

5

本发明涉及一种涡轮机轴，其沿主轴线设置并具有一个流体进入区，沿轴向与此流体进入区相连有至少两个相互间隔分别用于支承至少一涡轮机叶片的凹槽。本发明还涉及一种用于冷却安装在一涡轮机，尤其是一蒸汽轮机中的一涡轮机轴的进汽区的方法。

10 在 DE 3209506A1 中记载了一种轴流式蒸汽轮机，尤其是一种双向流结构的蒸汽轮机。在蒸汽进汽区内，在轴与一环状轴护板之间构成一环形通道。该轴在蒸汽进汽区内具有一旋转对称的槽。所述环状轴护板部分地突入该凹槽内，该护板通过第一导向叶片组与涡轮机箱体连接并由此来支承。轴护板具有一蒸汽导入通道，该通道与进汽区同心并位于第一组导向
15 叶片之间，并切向通入旋转轴与由箱体支承固定的护板之间的缝隙内。

在 DE 3406071A1 中示出一环状轴护板，该护板位于第一组导向叶片的两个轮缘之间。通过该轴护板使涡轮机轴的外周或表面相对新汽屏蔽。轴护板具有位于轮缘上游的进口，通过这些进口部分新汽流被节流进到轴护板与涡轮机轴之间的间隙内。进口应这样倾斜，以使新汽有进入涡轮机轴
20 周边方向的蒸汽流分量。在轴护板的内圆周上以及涡轮机轴上可以装有辅助导向叶片或辅助工作叶片。

为提高蒸汽轮机效率，可采用高压高温蒸汽，尤其是具有所谓的超临界蒸汽状态的蒸汽，其温度例如超过了 550 °C。这种蒸汽的应用提高了对蒸汽轮机，尤其是蒸汽轮机轴的承载要求。

25 在日本专利申请 JP 58/133402A1 的摘要中描述了一种箱式结构的双向流蒸汽轮机。其中，在涡轮机轴上装有工作轮盘，在其各自的外端装有涡轮机工作叶片。在工作流体流入的涡轮机轴的中部设有一盖板，该盖板通过相应的第一导向叶片组被固定。设置在工作轮盘上端的盖板对于一面由工作轮盘的侧面及另一面由涡轮机轴构成的空间区域形成不封闭闭合。在
30 此限定空间区域的工作轮盘上设有工作流体可流入该空间区域内的一些开孔。这些开孔具有不同的尺寸，因此在该空间区域内产生一负压，使工作

流体可以通过至少一个工作轮盘进入此空间区域内。

本发明的目的在于提供一种涡轮机轴，该轴在一个受高热负荷的区域内，尤其是在工作流体介质的流入区域内可被冷却。本发明的另一目的在于，提供一种对装在涡轮机上的涡轮机轴，尤其是对涡轮机轴的进汽区域进行冷却的方法。

本发明有关涡轮机轴方面的目的是通过这样一种涡轮机轴来实现的，该轴沿主轴设置并具有一个工作流体流入区域，和至少两个沿轴向相互间隔及与流入区域相间隔并分别用来支承至少一涡轮叶片的凹槽，以及一与

流入区域相配的空腔。该空腔与作为冷却流体的工作流体分流的一导入通道和一导出通道相连。该导入通道优选从第一凹槽下游的轴表面处进入空腔，该导出通道则由空腔通到第二凹槽下游的轴表面处。第二凹槽较第一凹槽处于更下游处。由此来保证，工作流体在第二凹槽区域内比在第一凹槽区域内具有不仅更低的压力而且更低的温度。当驱动涡轮轴的工作流体用来作为涡轮机轴冷却用的冷却流体，能够保证通过所存在的温度和/或压力梯度而使流体通过空腔。空腔优选对于涡轮轴轴向是旋转对称的。

5

通过对轴的材料冷却可明显提高其自身的承载能力并因此能够采用合理的制造方法，如在很高的蒸汽进入温度范围也可使用常规的经济轴材料。

10

当涡轮机轴受工作流体驱动，尤其是用超临界状态的蒸汽冲击它使其工作时，通过冷却流体导入空腔可实现涡轮机轴在进汽区域的冷却。被导入进汽区域处的空腔用来冷却涡轮机轴的冷却流体在此可以由已经冷却的工作流体，尤其是蒸汽分流出出的分流。在空腔内用来冷却的冷却流体通过热传导被加热。当冷却流体与驱动其中装有涡轮机轴的涡轮机的工作流体相同时，可以使空腔成为中间过热器。由此被中间加热的冷却流体可以作为工作流体在相应的位置处再被导回到涡轮机，尤其是蒸汽涡轮机中，或者通过一抽汽头抽出。

15

对于双向流涡轮机，尤其是中压蒸汽涡轮机的涡轮机轴，所述进汽区域优选沿着主轴设置在涡轮机轴的中部。该进汽区域此外还用来分配所流入的驱动涡轮机的工作流体。该空腔沿径向优选被深度车削而成并沿轴向位于第一组工作叶片之间。

20

在单向流涡轮机上，所述进汽区域位于涡轮机轴的端部，在此，按照本发明，所述导出通道穿过箱体，例如返回到蒸汽流域，更确切地说返回到第二凹槽的下游处。由此同样可以保证在导入通道入口和导出通道出口之间的压力和温度差。导出通道也可以引导到一抽汽头处，以使由空腔流出的冷却流体直接由涡轮机中排出。所述涡轮机轴的端部优选设计成具有一加大直径的活塞状结构。该活塞结构具有一密封，用来密封涡轮机轴与涡轮机箱体之间的蒸汽流域。该空腔在此优选在第一组工作叶片所用凹槽与活塞结构之间形成。所述导出通道优选由空腔进入到活塞结构中并通至其密封区域。

25

30

所述导入和/或导出通道优选具有一尽可能沿轴向延伸的孔和一尽可能沿径向延伸的孔。该径向孔由轴表面进入涡轮机轴并转入一由空腔沿轴向延伸的轴向孔中。所述导入和导出通道的直径分别与蒸汽状态相适应并适应于所期望的冷却要求。空腔的大小相应地也要满足冷却效率的要求。

5 所述空腔最好通过一个相对于涡轮机轴轴线旋转对称的盖板来封闭，该盖板同时也可用来作为流体转向元件。该盖板最好与涡轮机轴熔焊连接，由此可靠地保证，冷却流体和工作流体在进汽区域内相互分开。因混合所引起的流体损失由此可避免。冷却流体在空腔内与撞击在盖板外表面上的热工作流体，尤其是处于超临界态的蒸汽没有直接接触。该盖板作为
10 热传导器，使涡轮机轴的热量不仅通过盖板而且通过空腔壁传导给冷却流体。

在进汽区域对热工作流体进行冷却的涡轮机轴尤其适合应用于蒸汽涡轮机，这种蒸汽涡轮机受超临界态蒸汽驱动。该蒸汽涡轮机在此可以是一双向流中压涡轮机段或一单向流蒸汽涡轮机。该蒸汽涡轮机可以通过在第一组工作叶片后面输入新汽被冷却，从而保证涡轮机轴在 550 °C 以上的高温蒸汽状态下也能安全运行。

对于安装在涡轮机，尤其是蒸汽轮机上的涡轮机轴的进汽区域进行冷却的方法，按照本发明是这样来进行的，工作流体，尤其是超临界态蒸汽在第一组工作叶片下游，作为冷却流体流入与进汽区域相配的一空腔内，
20 并从那里通过一导出通道从涡轮机轴中导出。由此使所流入的工作流体传给涡轮机轴的热量通过空腔壁传给导入空腔内的冷却流体，以保证涡轮机轴的冷却。用来作为冷却流体在工作流体分量在进汽区域第一压力级上被取出并由涡轮机轴中导出到相对于第一压力级更低的第二压力级处。这种冷却在设计上可以简单地通过形成相应的，例如通过深度车削形成的空腔
25 结构，并结合相应的导入和导出通道实现。由于形成空腔可能对涡轮机轴的热机械性能所造成的影响更多地通过进行冷却得到了补偿。因此在进汽区域受到冷却的涡轮机轴也特别适合于 550 °C 以上高温的超临界蒸汽。

冷却流体尤其适合在受蒸汽驱动作用的双向流中压汽轮机段上的第二组工作叶片(它处于第一组工作叶片更下游的地方)的下游，从涡轮机轴中导出。
30 由于在导入通道的流入口与导出通道的流出口之间存在着压力和温度梯度，冷却流体流过空腔无需强制措施就能得到保证。

在一单向流涡轮机中，尤其是一中压汽轮机段上，冷却流体由空腔经涡轮机轴的端部通过输出通道输入到包绕涡轮机轴的箱体中。在这里冷却流体可以直接进入抽汽头或在比第一组工作叶片处于更下游的第二组工作叶片

5 驱动涡轮机轴的蒸汽流所分出的蒸汽分流又重新可被利用，从而使涡轮机效率只受到微不足道的影响。此外，由于进入空腔的冷却流体被加热(因空腔起到中间过热器的作用)，甚至同样可以实现效率的提高。

驱动涡轮机轴的全部新汽体流量的 1% 到 4%，最好是 1.5% 到 3% 的蒸汽体流量被导入空腔。有待导入空腔中用来冷却的蒸汽量取决于

10 各种参数，如蒸汽状态，所用材料和蒸汽轮机设备的功率大小等。

下面借助附图所示实施例对涡轮机轴及冷却涡轮机轴的方法作进一步详细说明。所示附图均为简图且不成比例。

图 1 为双向流中压汽轮机段的纵向截面的局部示图，

图 2 为单向流中压蒸汽轮机的纵向截面图。

15 在图 1 和图 2 中相同的附图标记具有相同的意义。

在图 1 中示出一蒸汽轮机设备的一双向流中压汽轮机段 15 的部分纵向截面。在箱体 19 中装有涡轮机轴 1。该涡轮机轴 1 沿着主轴 2 延伸并在中间部位 10 具有用于工作流体 4a，尤其是处于超临界状态下的蒸汽的进汽区域 3。该箱体 19 具有一与进汽区域 3 相配的蒸汽进口 22，以使蒸汽流入箱体 19 与涡轮机轴 1 之间。蒸汽在进汽区域 3 被分成如图中流体箭头所示的两股分流。蒸汽轮机 15 在中间部位具有一优选深度车削出来的空腔 7。这一空腔 7 在其对着蒸汽入口 22 的一侧用一盖 11 封闭，该盖与涡轮机轴 1 熔焊在一起。该盖 11 向蒸汽入口 22 方向拱起，由此来支持蒸汽 4a 被分成两股蒸汽分流。在涡轮机轴 1 上沿轴向具有与进汽区域 3 相连接的相互间隔一定距离的凹槽 5a 和 5b。这些凹槽 5a 和 5b 分别用来支承构成工作叶片组 16 和 17 的涡轮叶片 6a 和 6b。为了使示图更清晰明了，其它凹槽及其中安置的工作叶片没有示出。在每个工作叶片组 16 和 17 的前面具有相应的位于箱体 19 上的导向叶片组 21。在第一凹槽 5a 的下游，在图 1 所示向右流动的蒸汽分量处，示出一基本上径向延伸导入涡轮机轴 1 内部的穿孔 14。该穿孔 14 转入与空腔 7 相通的一轴向孔 13 中。这两个穿孔 14 和 13 构成一导入通道 8，该通道使轴表面 12 与空腔 7 流体动力学地连接起来。

20

25

30

由此使蒸汽 4 的一部分沿着流动箭头从第一工作叶片组 16 的下游流入空腔 7 内。由空腔 7 进入另一轴向孔 13，这个孔在导入通道 8 对面的空腔 7 的侧壁上进入涡轮机轴 1。这个轴向孔 13 与另一基本上径向延伸的穿孔 14 连通，这个穿孔与第二凹槽 5b 下游方的轴表面 12 相通。所述后两个穿孔 5 13 和 14 形成导出通道 9，通过这个通道蒸汽 4b 由空腔 7 被导回到在图 1 中向左偏转的蒸汽分流中。

在用盖 11 封闭的空腔 7 里面，对用来作为冷却流体的蒸汽 4b 进行中间过热，由此除了实现对涡轮机轴 1 的冷却外，可能还会提高蒸汽轮机 15 的效率。流经导入通道 8，空腔 7 和导出通道 9 的蒸汽 4 的体积流量取决于有待排出的热量，蒸汽轮机 15 的功率大小以及其它参数。它可能占全部新汽体流量的 1.5 % 到 3 %。必要时为了避免因空腔 7 的蒸汽通流量对位于进汽区域 3 处的左侧和右侧涡轮机叶片 6a 和 6b 造成非对称负载，全部新汽应相应分配成左右两股基本相等流量的分流。通过在进汽区域 3 对涡轮机轴 1 进行冷却，该涡轮机轴的热机械性能得到改善，从而即便在 550 °C 以上的高温负载下，也能保证涡轮机轴 1 的热稳定性。

在图 2 中示出单向流中压蒸汽轮机 15 的纵向截面，为了视图清晰明了，其中只示出主轴 2 的上半部分。蒸汽轮机 15 具有一箱体 19，在箱体中涡轮机轴 1 沿着主轴 2 延伸。在端部 18 涡轮机轴 1 通过轴封 24 相对于箱体 19 密封。驱动涡轮机轴 1 的蒸汽 4a 通过蒸汽轮机 15 的蒸汽进口 22 被导入，并基本上沿着主轴 2 通过交变设置的工作叶片组 16，17 和导向叶片组 21 流向排出管 23。位于端部 18 与第一组工作叶片 16 之间的进汽区域 3 与蒸汽进口 22 相连。在进汽区域 3 内，涡轮机轴 1 具有一通过盖 11 相对进汽区域 3 封闭的空腔 7。在第一工作叶片组 16 的下游，一导入通道 8 穿过涡轮轴 1 进入空腔 7。一导出通道 9 由空腔 7 穿过涡轮轴 1 进到轴封 24，又从那儿穿过箱体 19 到达一抽汽头位置 20。在第一组工作叶片 16 与抽汽头位置 20 之间存在着一温度和/或压力差，使得蒸汽 4b 不需附加的强制措施就能够通过导入通道 8 流进空腔 7 并从那儿通过导出通道 9 流向抽汽头位置 20。蒸汽 4b 通过壁，尤其是盖 11 接受涡轮机轴 1 的热量，因此起到冷却涡轮机轴 1 的作用。通过接收热量蒸汽 4b 在空腔 7 中被中间加热，因此在必要时可以为提高效率继续用于全部蒸汽循环。导入通道 8 和导出通道 9 在结构上可以简单地设计成穿孔的形式。

本发明的出色之处在于其涡轮轴在高热负荷进汽区域内具有一空腔，冷却流体可输入该空腔中，流入空腔中的冷却流体最好由驱动涡轮机轴的全部蒸汽或燃气流中分流出来。通过使空腔与具有不同压力和/或温度状态的蒸汽或燃气区域流体力学连接，始终无需别的强制措施就可保证流体流
5 过空腔。通过空腔壁将热量从涡轮机轴传递到冷却用流体，尤其是水蒸汽中，由此能可靠地对涡轮机轴进行冷却并对冷却流体进行中间加热。

说明书附图

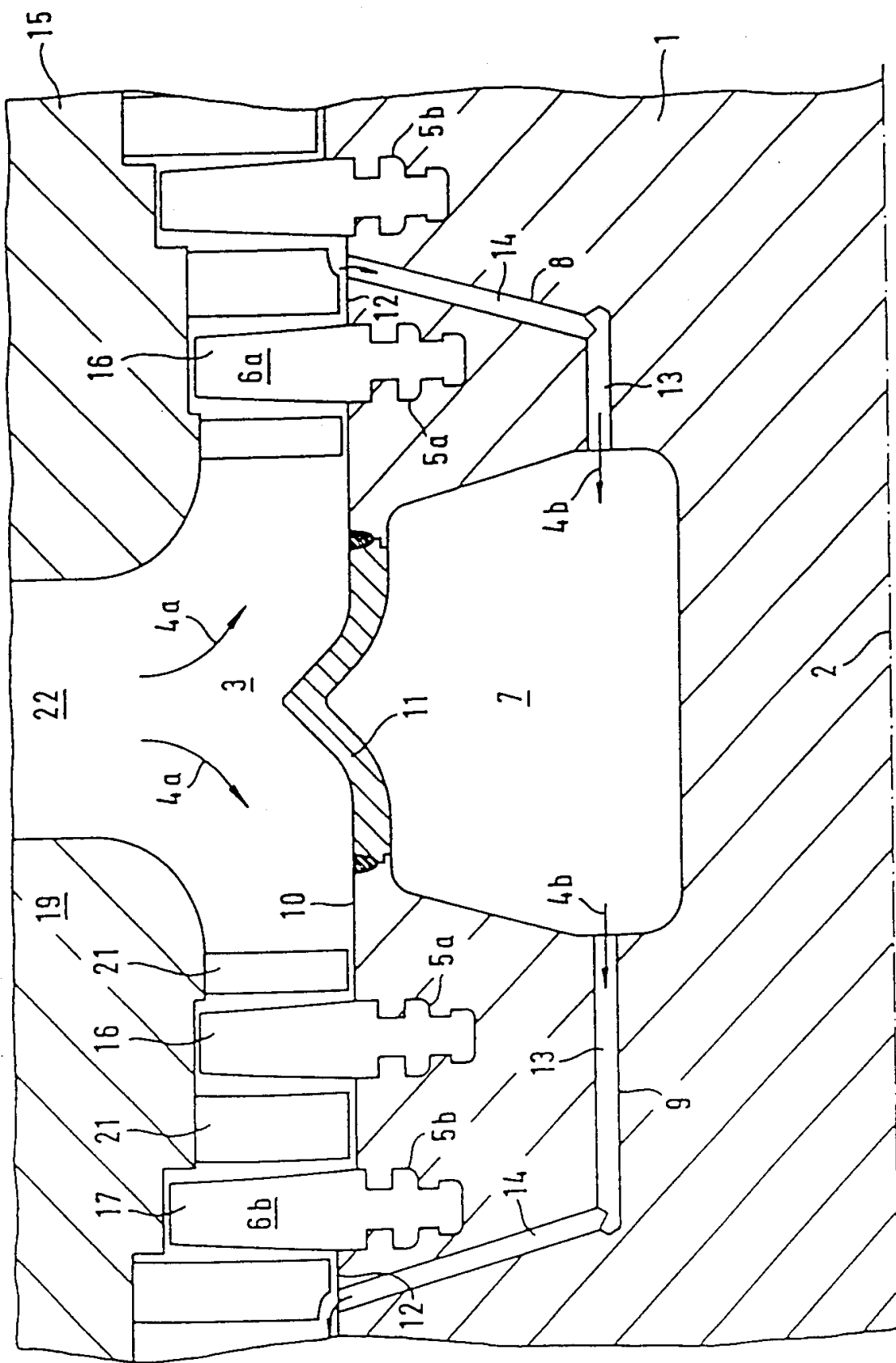


图 1

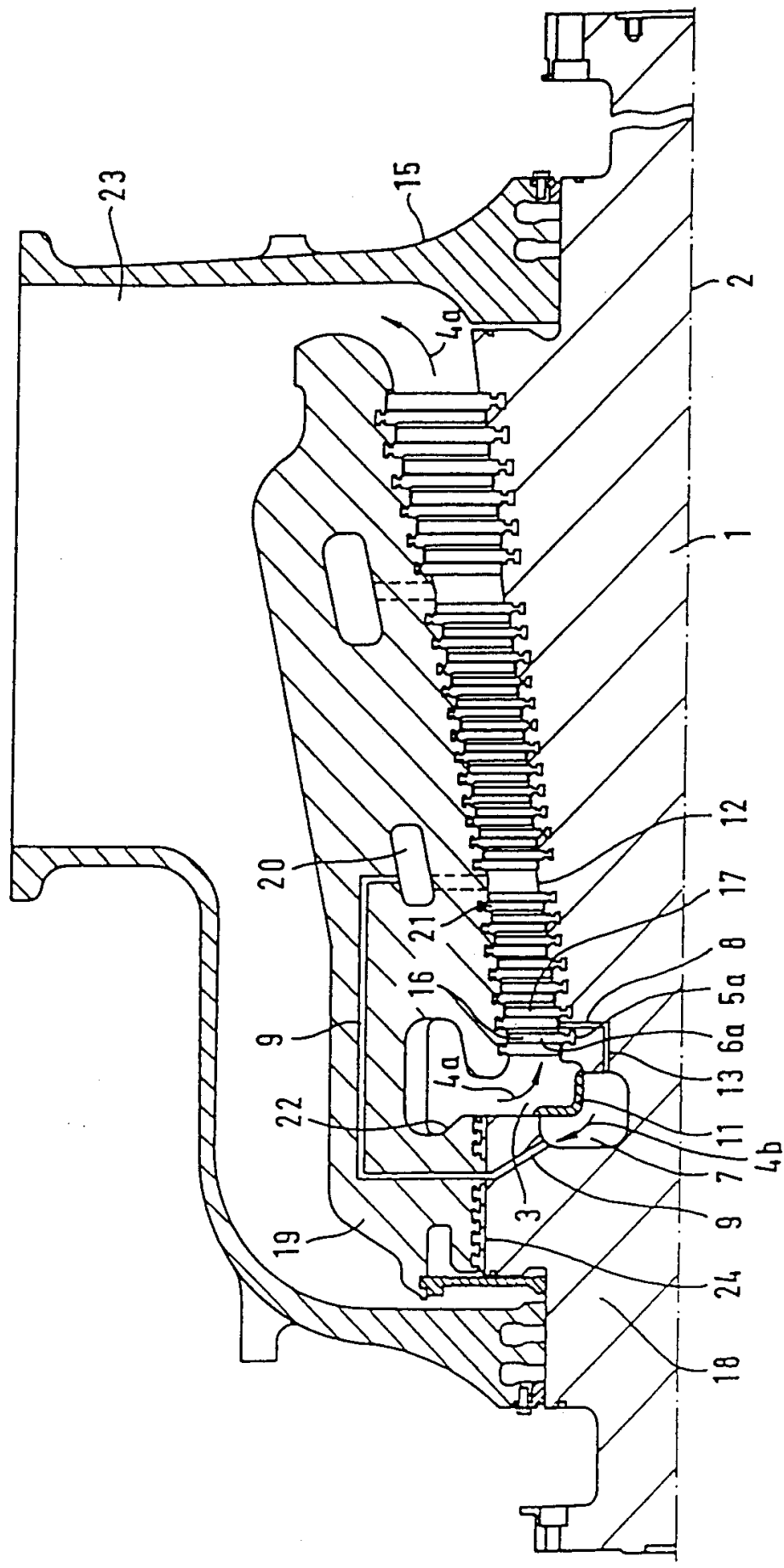


图 2