

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.CI⁶

F01D 5/06

F01D 11/02



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 92103381.8

[45]授权公告日 1997 年 4 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1034525C

[22]申请日 92.4.18 [24]颁证日 97.1.11

[21]申请号 92103381.8

[30]优先权

[32]91.4.19 [33]FR[31]9104855

[73]专利权人 GEC阿尔斯托姆有限公司

地址 法国巴黎

[72]发明人 詹-皮尔·格罗斯 吉劳姆·维尔沙维

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标
事务所

代理人 陈申贤

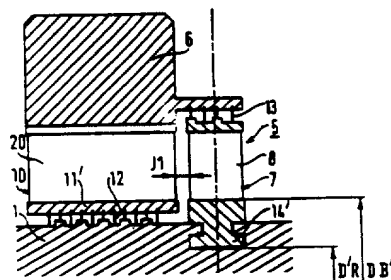
审查员 王继长

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图页数 8 页

[54]发明名称 带有鼓形转子的冲动式透平

[57]摘要

一种冲动式蒸汽透平，包括一个转子 1 和一个具有许多级 5 的定子 2，每一级 5 由一个带有静叶栅 10 的隔板构成，该静叶栅 10 后面有动叶栅 7，该动叶栅 7 包括一组随转子转动的叶片 8，所述的静叶栅 10 在每一级 5 的基部维持大于 85% 的压力降，该透平的特征在于，上述叶片 8 直接安装在转子 1 上，而不装在圆盘上。这种透平的改进是减少了二次流的损失。效率可以提高几个百分点。



权 利 要 求 书

1) 一种冲动式蒸汽透平, 包括一个转子(1)和一个定子(2), 该定子具有许多级(5), 每一级由一个带有静叶栅(10)的隔板构成, 静叶栅有支撑一内环(11')的静叶片(20), 静叶栅(10)后面有动叶栅(7), 动叶栅(7)包括随着转子旋转的动叶片(8), 所述静叶栅(10)在每一级(5)的基部处维护大于85%的压力降, 其特征在于: 所述的动叶栅(7)的动叶片(8)直接装在转子(1)的轴上, 其中内环(11')是一个圈(11'), 这样使静叶片(20)的基部处直径大致同于转子(1)的轴径, 一汽封装置(12)装在内环(11')上用于相对于转子轴进行密封。

2) 按照权利要求1所述的蒸汽透平, 其特征在于上述蒸汽透平包括在隔板(6)基部的泄漏, 所述的泄漏实际上轴向地引到主汽流中。

3) 按照权利要求1所述的蒸汽透平, 其特征在于, 装在转子(1)上的每一个叶片(8)的根部(16)钻有一孔(18), 该孔(18)沿着基本上平行于转子轴线的方向延伸, 并保持根部(16)两侧互相联通, 孔的进口位于隔板(6)基部附近。

4) 按照权利要求1所述的蒸汽透平, 其特征在于, 隔板(6)的基部包括一个汽封装置(12), 所述汽封装置(12)包括多个呈串联的腔室, 所述动叶片(8)的顶部包括一汽封装置(13)而静叶片(20)和隔板(6)设有若干孔(19, 19'), 该孔(19, 19')吸收来自隔

板(6)基部的汽封装置(12)第一腔室(21)的泄漏蒸汽并将所述蒸汽沿轴向引入动叶片(8)的汽封装置(13)的进口。

5) 按照权利要求1所述的蒸汽透平,其特征在于静叶片(20)的根部装在隔板(6)的上环(11')上,上环(11')包括一由多个呈串联的腔室所构成的汽封装置(12),所述的上环(11')包括将主汽流与多个最后腔室(23)之一连通的倾斜通道(22),由此,隔板(6)的基部处的泄漏重新切向地引入静叶片栅(10)中的两个相继叶片(20)之间所形成的通道(25)中。

说明书

带有鼓形转子的冲动式透平

本发明涉及一种冲动式蒸汽透平，它包括一个转子和一个定子，并具有许多级，每级由静叶栅构成，静叶栅后面是随转子转动的动叶栅，所述静叶栅每级压降维护大于 85%。

在普通的冲动式透平中，它们的动叶栅装在固定于转子的圆盘上。

出于转子动态性能的原因，(参见图 1)，必须要求转子具有足够的刚度，这就要求转子的轮毂直径 DR 足够大。相反，出于效率的原因，需要这一直径尽可能小，减少该直径是为了减少在静与动部件之间的泄漏截面，由此减少其本身的泄漏。这两条准则使得确定的转子直径 DR 应兼顾这两方面的要求。

在圆盘没有放松它的机械性能的条件下，为了能把动叶栅装在转子圆盘上，需要在叶片基部和转子轴之间留有足够的空间，在这种条件下，当直径 DR 确定之后，叶片基部直径 DB 有一个最低限。

另外，为了提高效率(参见图 2)增加长径比 Z (即：叶片顶部直径 D_s 或叶片基圆直径 DB 之比)是有利的。 Z 值(对于给定的叶片宽度)愈大，由二次流(e)引起的损失愈低。然而一旦机器的运行条件确定之后，蒸汽流动截面就确定了，这一截面与 $DB^2(Z^2 - 1)$ 成正比。因此很明显，为了提高效率， DB 应当尽可能地减少，直至它的最低限。

另外，为了提高效率，需要尽可能地减少动部件和静部件(f , f')之间的所有泄漏。

特别是，通过静叶栅下面的蒸汽泄漏(f')会使效率大大降低，这些蒸汽不仅耗功，而且由于静叶栅圆盘下游的蒸汽的存在，使蒸汽径向扩散到主汽流中使效率降低。

有时，有比较低的压力(P)最终作用在转子和动叶栅上，使一平衡活塞的直径比机器头部所给的直径 DR 稍大，因此，也引起效率少量下降。

同样，这种情况也存在于“反动式”蒸汽透平中，在这种透平中，横穿一级的压降，实际上在静叶栅和该级的动叶栅之间分成相等的两部分。

如果动叶片直接装在转子轴上，叶片基圆直径 DB 就会接近于轴的直径 DR (鼓形转子)。

由于横穿动叶栅的压降在该叶栅上的推力很高，这样必然导致在机器头部需要设置大直径的平衡活塞来平衡此推力，而该活塞直径就需尽可能与 Ds (动叶片顶部直径)一样大。这样便大幅度地减少了效率。

可以看出，由于平衡活塞的大直径而产生了泄漏，所以，推力问题不利于反动式透平的效率提高。

在反动式透平中，利用减少基圆直径 DB 来减少泄漏是不可能的。

这样运转会导致级数增加，从成本观点和从组件纵向尺寸观点考虑是不可接受的，尤其象高压组件，更难于接受。

最后应当看到，在反动式机械中，也就是鼓形转子机械中，经

过静叶片下面的泄漏,没有象带有圆盘的冲动式机械那样所产生的干扰作用。

本发明的目的是要减少冲动式透平中的基圆直径 DB,而且不再用圆盘来固定动叶片,而是象一个反动式透平那样将动叶片直接装在转子上。

本发明的另一目的是把动叶片直接装在转子上。因此,使得基圆直径 DB 和轴径 DR 相差很小。

在本发明的再一个目的是在膨胀区内获得了延长得很好的蒸汽流线,从而提高了它的气动效率。

本发明是一冲动式蒸汽透平的改进,它包括一个转子和一个定子,该定子具有许多级(5)每一级由一个带有静叶栅的隔板构成,静叶栅上有支撑一内环的静叶片,静叶栅后有动叶栅,动叶栅包括随转子旋转的动叶片,该静叶栅在每一级基部保持大于 85% 的压降,其特征在于:动叶栅的动叶片直接装在转子的轴上,其中内环是一个圈,由此使静叶片的基部处直径大致同于转子的轴径,一汽封装置装在内环上用于相对于轴进行密封。

本发明优点是使流线型冲动式透平在机器头部有利于获得较低的质量/容积的比值,尤其对于高压流线型亚临界透平的低质量流量,以对高压流线型超临界透平的任何质量的流量都是很有利的。

本发明的透平,当减小基圆直径 DB 时,需要增加级的数量。

然而,应当看到级数增加并不伴随有流线长度的增加。

这是因为:

对于动叶片保留同样的宽度(在相等的应力水平上);由于 AP 的减少和力的作用面积的减少,因此,隔板厚度减少了;

转子圆盘省略了,而在所述圆盘上钻孔以便装配动叶片所需要的附加轴向长度也取消了;

圆盘和隔板之间所需的间隙也取消了。

另外,由于流线基圆直径的减小使得所有组件的横向尺寸明显地

减少了。

这种减少，在高压组件中优点很多，使得在定子部件上容易得到需要的机械强度。

以上就是本发明的优点。

以下将通过附图并参照最佳的但并非受其限制的实施例对本发明给详细的描述。

图 1 是带有一鼓形叶轮转子的普通冲动式透平的截面图。

图 2 表示了图 1 透平的一级。

图 3 是本发明带有一个鼓形叶轮转子的冲动的冲动式透平的截面图。

图 4 表示了图 3 透平的一级。

图 5 是本发明冲动式透平一级的截面图，是本发明的第一个改进。

图 6 是本发明冲动式透平一级的截面图，表示了本发明的第二个改进。

图 7 是具有和图 6 相同的改进的普通冲动级的截面图。

图 8 是本发明冲动式透平一级的截面图，是本发明的第三个改进。

图 9 是冲动式透平一级的透视图，图中表示了在带有圆盘的转子上的静叶栅的出口处（向量倾斜 α 角）动叶片顶端所产生的泄漏。

图 10 是图 7 所示鼓形转子的级的透视图，表示来自隔板轴向通孔基部处的泄漏到动叶片顶端部的泄漏。

图 11 是本发明冲动式透平一级的截面图，表示了本发明的第四个改进。

图 12 是图 10 的一个圆柱状截面图。

图 13 表示了根据本发明所得到的效率增益图。

图 1 和图 2 表示了普通的冲动式透平，该冲动式透平包括一转子 1 和一含有内定子 3 和外定子 4 的定子 2，并且有许多级 5。每一级 5 由固定于内定子 3 上的隔板构成，而内定子 3 的后面有动叶栅 7。

动叶栅 7 包括装在一个圆盘 9 上的若干单独的动叶片 8，该圆盘 9 固定在转子 1 上。

隔板 6 包括有若干单独的静叶片 20 构成的静叶栅 10，这些静叶片 20 面对动叶片 8 配置。叶片 20 支撑着一个装有汽封装置 12 的环 11，由此形成转子轴 1 的密封。

另外，在动叶片 8 的顶部装有一汽封装置 13，形成转子/定子之间的密封，也对定子提供了热保护。

动叶片 8 的根部备有销齿 14，用销 15 把销齿 14 固定在圆盘

9 上。

转子轴 1 直径 D_R 综合考虑了需要其足够大以满足转子刚性和需要其直径尽可能小以减少泄漏两者间的要求而确定。

为把叶片 8 装在圆盘 9 上而无需圆盘来释放它的机械性能，在转子轴 1 和叶片 8 根部之间需留有足够大的间隙。在这种条件下，一旦确定了 D_R ，随之 D_B （叶片的基圆直径）的下限也就确定了。

在冲动式透平中，静叶栅 10 在一级的基部维持压降 85%—95%，动叶栅 7 维持剩余部分。

图 3 和图 4 表示的是本发明的冲动式透平，图中与图 1、图 2 中相同的零件用相同的标号表示。

这种透平同样也包括后面有动叶栅 7 的静叶栅 10，该静叶栅 10 在一级的基部维持有 85%—95% 的压降，同时剩余压降由动叶栅 7 维持。

每个动叶片 8 直接装在转子 1 上（一个鼓形转子），而不装在圆盘 9 上。结果， $D_{B'}$ （叶片 8 的基圆直径）很接近 $D_{R'}$ （转子轴径），由于 $D_{B'}$ 小于 D_B ，所以汽流通道高度 H 增加并提高了冲动式透平的效率。

尽管增加了静叶栅 10 的高度，但受到压力作用的隔板面积明显地比普通透平少了（内环 11' 减少到只是一个圈，外环直径也明显减少了）。

另外，由于该设备有许多级，所以横跨过整个隔板的压降 ΔP 被减少了。

因此相对于普通隔板来说，减少隔板的厚度是可能的。

这样，就不再需要在圆盘之间提供任何辅加的轴向长度，如不再

象普通透平那样为了对圆盘钻孔而要留有空间。同样地，也不再需要在隔板和圆盘之间提供任何如过去人们所保留的隔板倾斜所需的空间那样的间隙，这样，间隙 J_1 可以变小。

比较图 1 和图 3 可以看出，轴径 $D_{R'}$ 和转子直径 D_R 基本上相等。

相比之下， $D_{B'}$ 小于 D_B ，本发明透平的级数是根据比值 $(D_B)^2 / (D_{B'})^2$ 增加的。所以这种级数的增加并没引起透平长度的增加。鉴于此，因而每一组件的总长度保持相同。

所确定的基圆直径 $D_{B'}$ 小于 D_B ，而内定子直径 $D_{I'}$ 和外定子直径 $D_{E'}$ 也小于一台普通冲动式透平相应部位的直径 D_I 和 D_E 。

本发明的透平比普通透平表现出的优点在主结构上。

利用本发明的透平，对于透平的超临界高压 (H_P) 组件的效率可以增加 5%，对于亚临界高压 (H_P) 组件的效率增加 3.5%。

图 5 表示本发明的一个改进，动叶片 8 的根部 16 (即根部 14' 的凸出转子 1 外面的部分) 和隔板 6 的内环 11' 的外端部上有倒角，所以通过汽封装置 12 的泄漏基本轴向地引入主汽流中。在这种情况下，在主汽流中，泄漏所引起的干扰很小。这样就额外地增加了效率。

应当看到，倒角 17 没有增加间隙，这间隙与图 4 透平中的间隙 J_1 相等。

在图 6 表示的本发明另一个改进中，在每一个动叶片 8 的根部 16 上沿平行于转子 1 轴线方向钻一个孔 18。

孔 18 的汽流截面足够大，能够使隔板 6 下面泄漏的全部流量与主汽流以较小的摩擦一起通过该孔。从而，消除了二次流的干扰和涉及该处的损失。

在叶片 8 的根部 1 6 上钻孔 1 8 没有什么困难。另外，能够对每组动叶栅 7 选择最佳孔径。相比之下，在有圆盘的冲动式透平中（图 7）钻圆盘的孔是困难的，在给出轴径或销齿深度的情况下再给圆盘钻孔总是不可能的。此外，这些孔是用一单独的钻头来钻的，这就意味着钻出的孔径都相同，因此，不可能选择最佳尺寸。

再有用上述方法设计的结构，孔 1 8 的尺寸妨碍了它们有一个最佳进口圆比 R/ϕ （其中 R = 在孔和圆盘表面之间的对流半径， ϕ = 孔径），也不会有最佳比 L/ϕ （ L = 孔的长度）。

为了保证孔的流量系数基本上不受流体冲角的支配，需要使比值 R/ϕ 大于 0.5，比值 L/ϕ 大于 2。

所设计的这些孔 1 8，改善了换汽流动状况和在圆盘上的压力分布。一个孔的上游端和下游端之间的压差还不能准确地确定（即使上游和下游间的叶片侧面的压力差在叶片基部已经准确地测定出来）。这种不确定因素对通过孔的流量和作用在圆盘上推力都有影响。

在这种情况下，很难对平衡孔 1 8 的尺寸作出最佳的设计。也就是说，实际上所达到的效率增益比起理论上可达到的最大增益少得多。

然而，本发明的动叶栅具有以下优点：

进口圆比可取最佳值（ R/ϕ 约为 1）；

蒸汽在进口处的冲角是已知的，另外，对流过该孔的蒸汽流量的影响较小；

在该孔端部上游和下游间的压差可圆满地确定（由叶片基部的反作用程度来确定）；

比值 L/ϕ 可取最佳值；

在这种条件下，确定这些平衡孔的尺寸是不困难的，它们的效率

也接近理论最大值。

另外，端部推力的不稳定性也不会增加。

最后，所有研究过程表明，满足孔 18 的尺寸，不会降低叶片 8 根部 16 的机械性能。

图 8 到图 10 表示了本发明的另一个改进，经过每一定子叶片钻一个孔 19，并使孔 19 延伸到孔 19'，孔 19' 轴向延伸并通过圆环。从隔板 6 的汽封装置 12 中第一室 21 所获得的泄漏蒸汽，轴向引到动叶片 8 的汽封装置 13 的进口，在一级中所运用的压力级组为： $P_1 > P_2 > P_3 > P_4 > P_5$ 。

在这种情况下，隔板 6 基部的一部分泄漏引到了动叶片 8 的顶端部，从而使从动叶栅 7 里工作流体的主流量所减去的所有流量能够减少，因而也可以说，增加了上述工作流体的流量，提高了效率。

此外，本系统还有一在一些机器中起决定作用的优点。由于利用单个转子所获得功率的增加，所以在达到满负荷之前，该机器可能会出现不稳定性。这些不稳定性是由于作用在叶片周围的并由静与动部件之间的流体泄漏所引起的横向力所产生的（见图 9）。

已经表明，在试验机上和在实际机器上（离心压缩机和透平），当穿入汽封装置的流体拥有大量的旋转分量（ F ）时，这些作用力是不稳定的，当流体轴向穿入汽封装置时，如图中 F' 所表示的这些作用力便是稳定的。

由于这个改进，汽封装置 13 进口处的蒸汽流不再出现在关于静叶片的出口角 α 处，而沿轴向产生。

因此，穿入动叶片的汽封装置 13 中的绝大部分流体流没有旋转分量，这种改进的结果是，使先前的不稳定流变成了稳定流。

虽然，鼓形转子的弯矩比圆盘转子的弯矩大，但是这种鼓形转子的改进也能使高压（HP）组件的稳定系数得到有效地提高，尤其对超临界机器来说可以使上述这种稳定系数大大提高。

图 1 1 和图 1 2 表示了本发明的另一个改进，在隔板 6 的汽封装置 1 2 的若干最后室 2 3 中的一个和每组连续的静叶片 2 0 的喉部 2 4 之间钻一倾斜通道 2 2。由于压差的原因，通过静叶栅的所有泄漏重新引入蒸汽通道 2 5。

这样，也能够将在静叶栅 1 0 和动叶栅 7 之间的间隙中的少量汽流 2 4 从动叶栅的上游吸入。

在这种情况下，隔板 6 基部处的泄漏不会干扰主汽流，并且改善了穿过静叶栅 1 0 的通道中的汽流性能（通过喷吹边界层）。

本系统沿通道 2 5 利用的压力级组如图 1 2 所示： $P_1 > P_2 > P_3 > P_4$ 。

图 5、图 6、图 8、图 1 0 及图 1 1 所示的改进可以单独使用，也可以同时联合使用，其最佳组合形式如下：

图 5 和图 8 的改进；

图 6 和图 8 的改进；或：

图 8 和图 1 1 的改进；

在高压（HP）组件的亚临界（180 巴）和超临界（>200 巴）的冲动式透平中，本发明使以下几方面成为可能：

已研究了仅用一个鼓形转子（参看图 1 3），用量（A）的 1% 至 4%（取决于机器的功率和所选择的热力循环）可提高高压（HP）流线的气动效率；

鼓形转子简化了装置的安装，能够减少由于隔板 8 的直径 $D_{R'}$

处的蒸汽泄漏造成的气动损失，并能够减少从动叶栅按上述的方式（经过喷嘴叶片钻孔，经过下环钻孔，平衡孔，下环倒角）重新引入到上游的泄漏造成的气动损失。在冲动式透平中，由重新引入泄漏所产生的气动损失是非常高的，这是因为横跨静叶栅压降很大的缘故。这种气动损失可在组件损失的1%到2%的范围内，本文所描述的设备能使这些损失通过量B减少约70%（图12）；

使安装简化的鼓形转子（在隔板的叶片上钻孔）能使因蒸汽力所引起的转子不稳定性减少（参见图9和图10）；

横向尺寸和组件质量能够减少；

易于保证静部件抗压；

达到上述目的同时保持了组件纵向尺寸；

最后，利用鼓形转子保持了冲动式透平的原理，并具有以下优点：

对于给定长度的转子，冲动式透平的基圆直径比反动式机器的基圆直径小（两种机器都用鼓形转子）。另外，在蒸汽通道中获得了效益增益，如上所述，并且冲动式透平转子上有很小的推力，这意味着，平衡活塞直径比反动式透平小得多。这一点对于确定的很高压力的机器来说，可以将效益增益提高20%。

图 .1

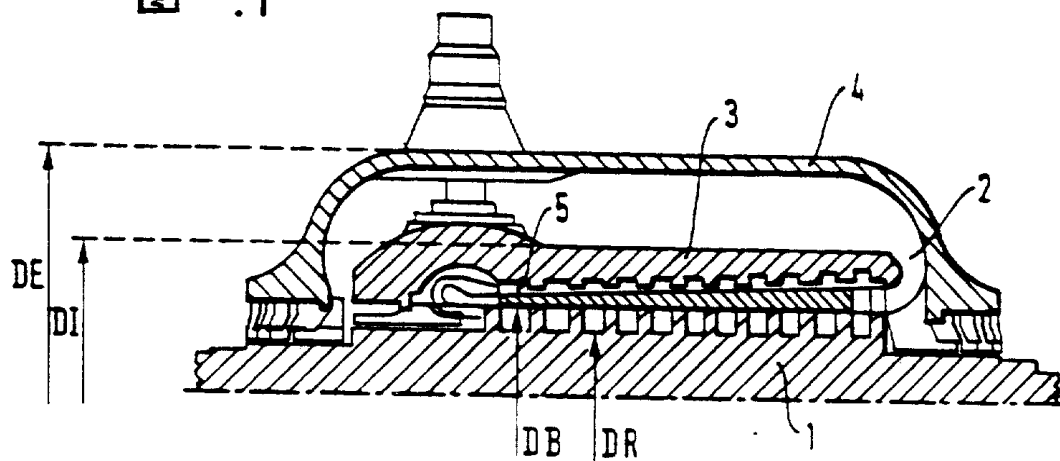


图 .3

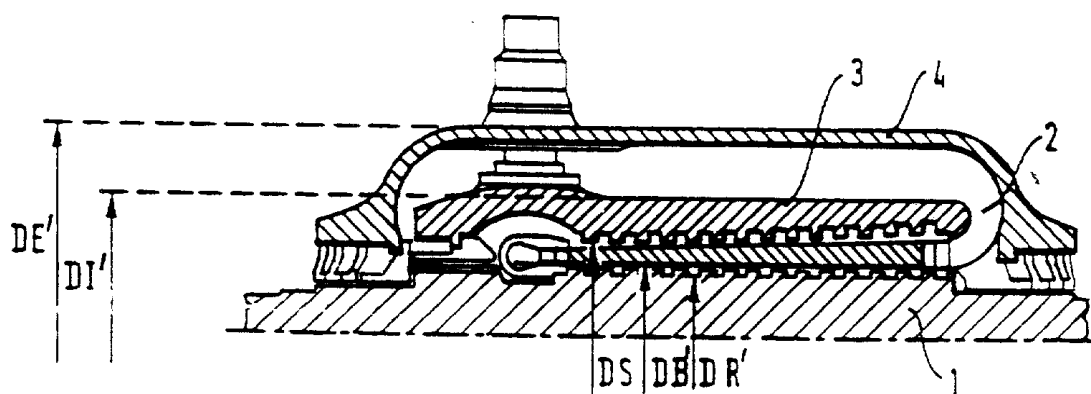
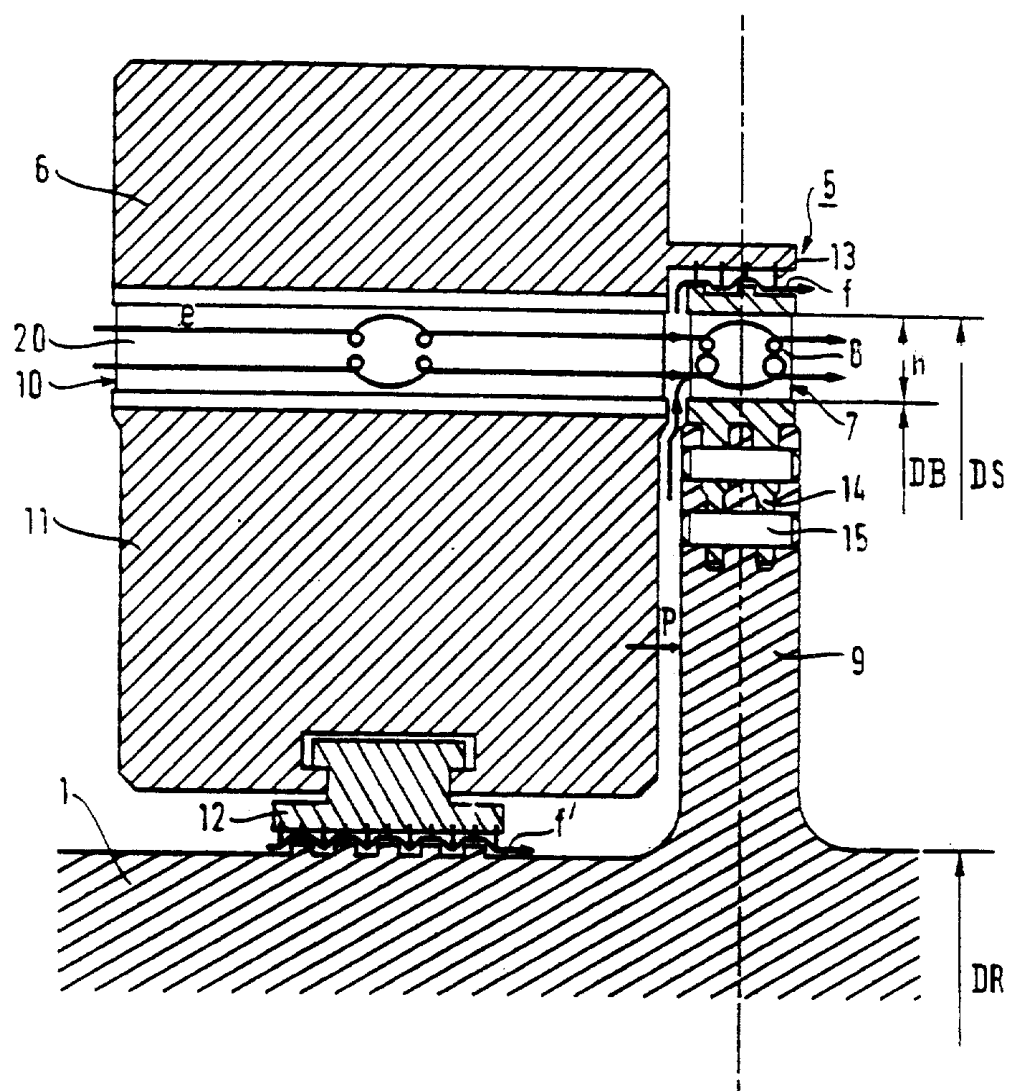


图 2



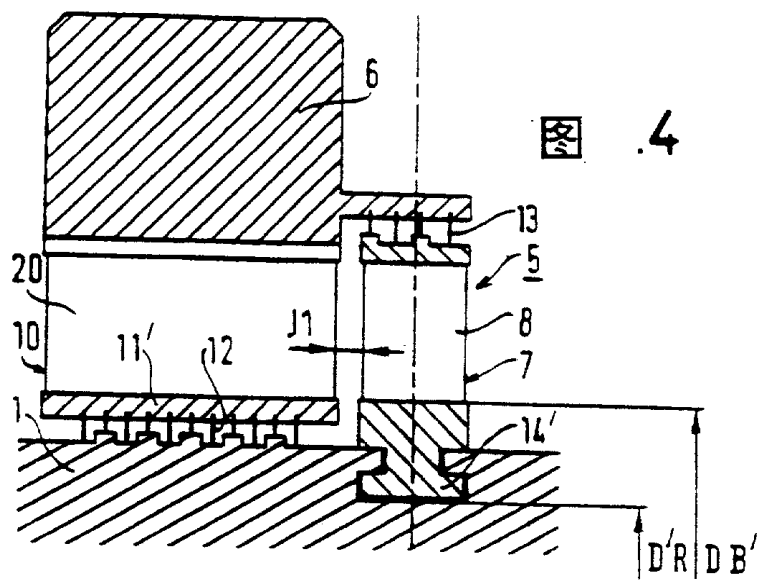


图 4

图 5

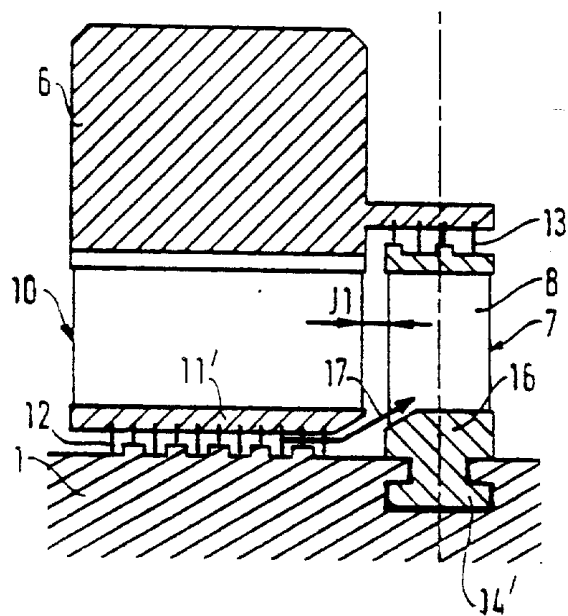


图 6

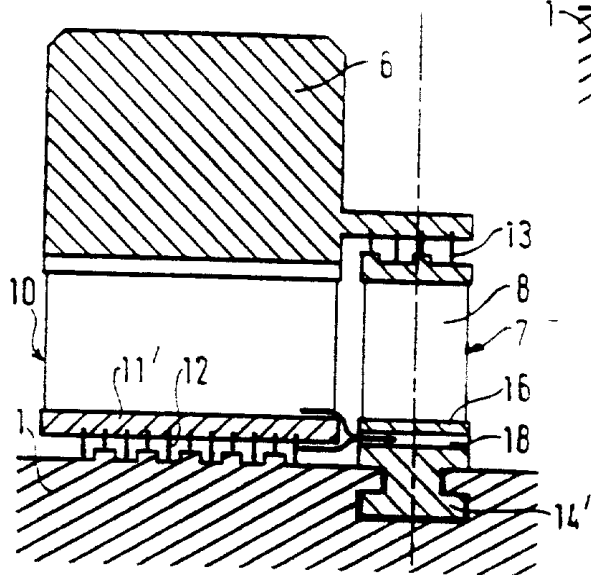


图 7

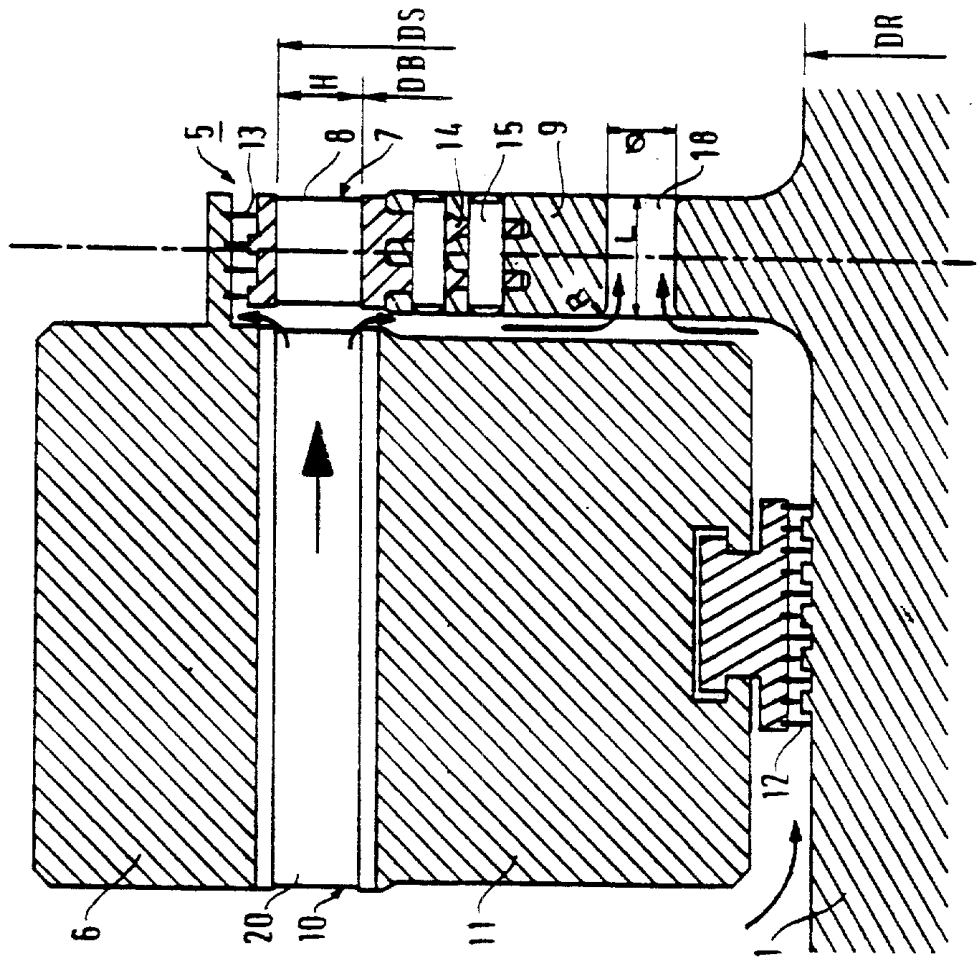


图 8

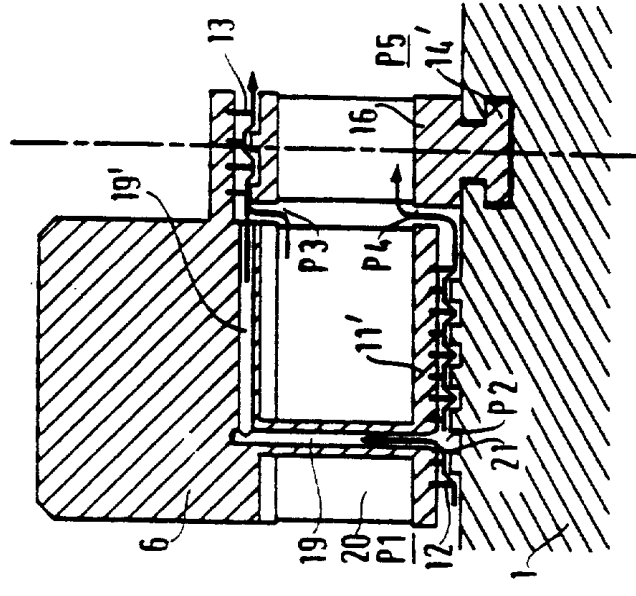


图 9

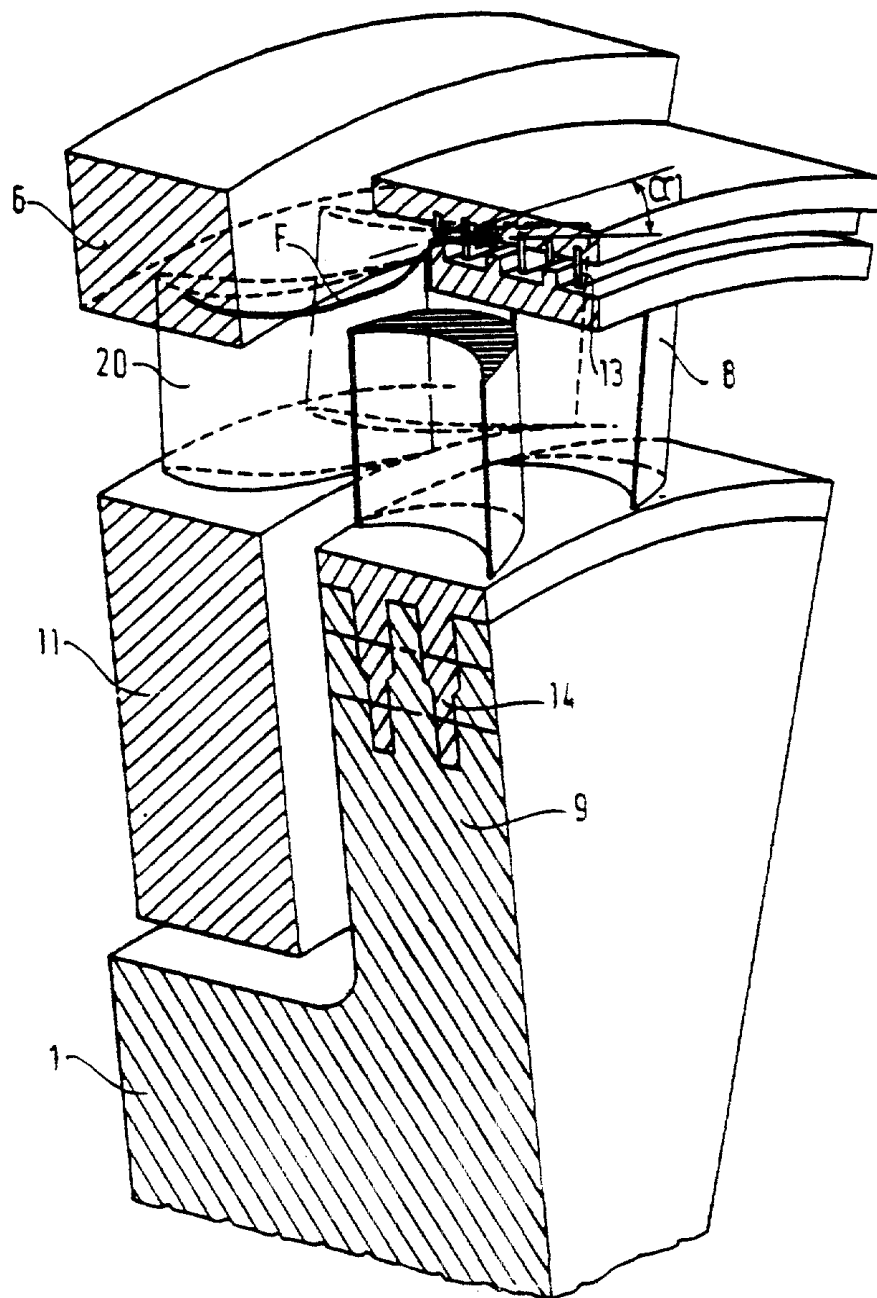


图 10

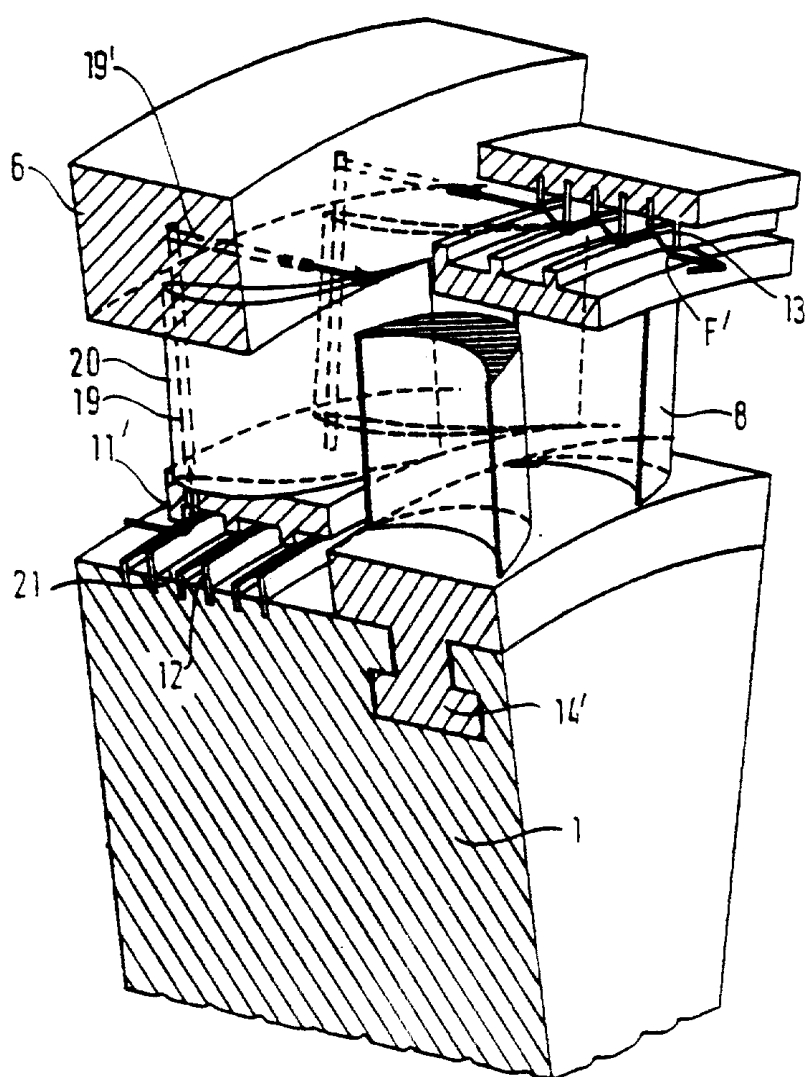


图 11

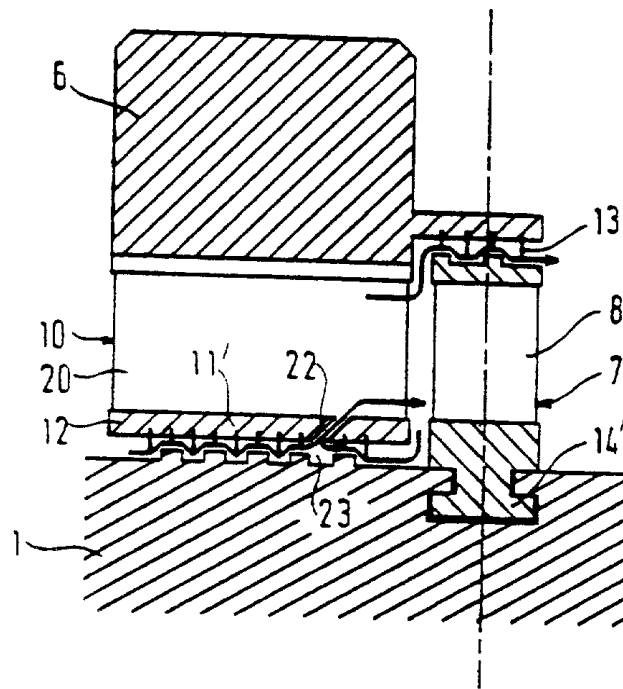
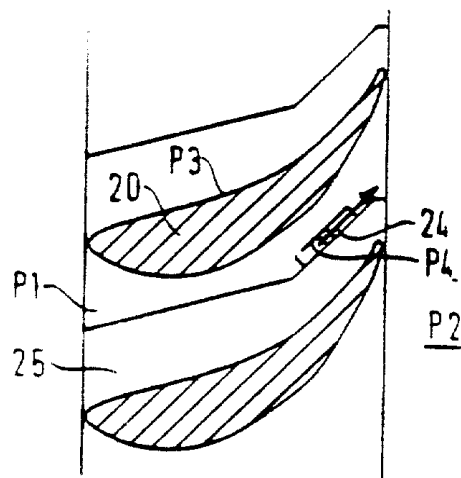


图 12



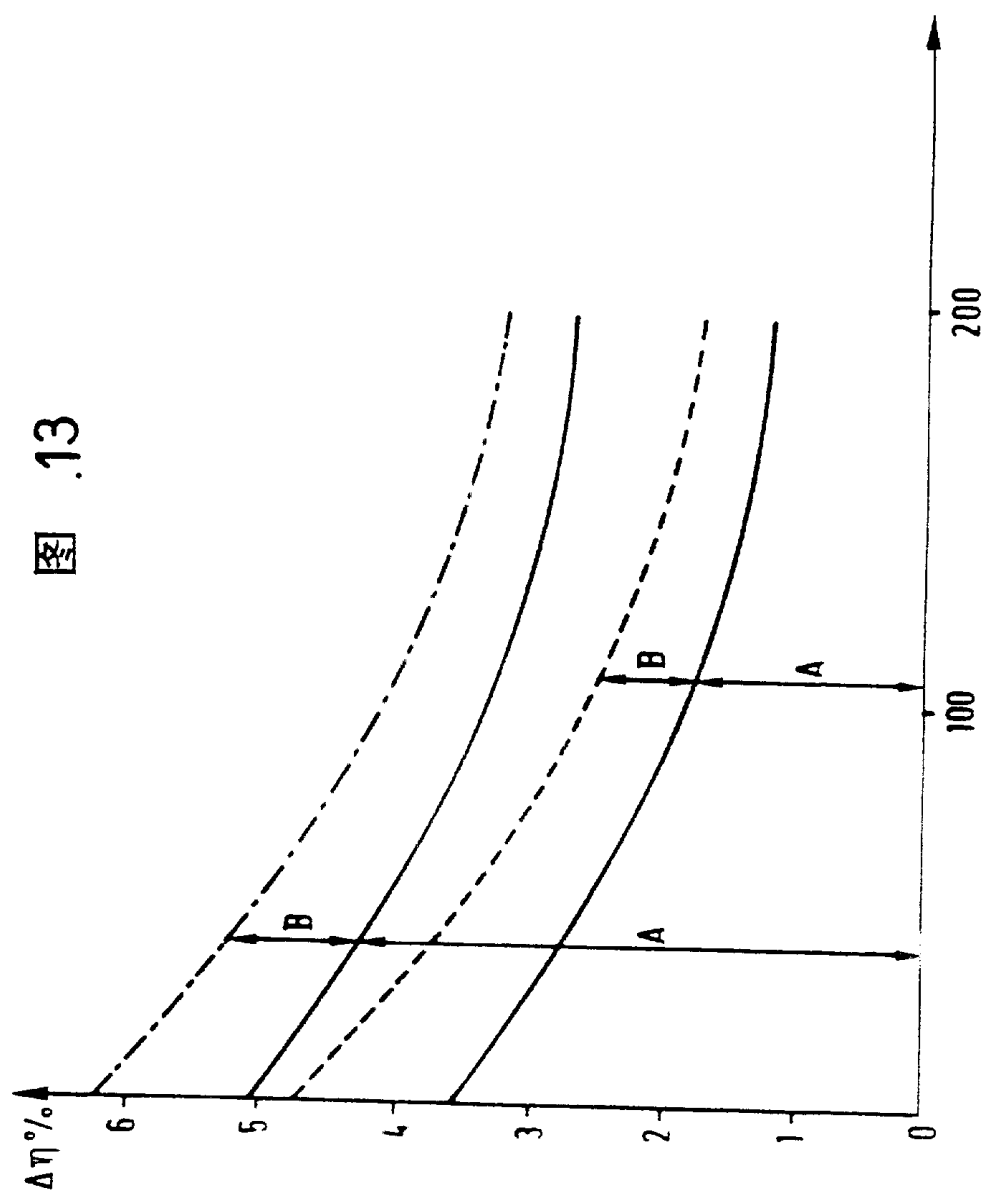


图 13