

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H02K 3/24 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01805484.6

[45] 授权公告日 2008 年 5 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 100388595C

[22] 申请日 2001.12.7 [21] 申请号 01805484.6
[30] 优先权

[32] 2000.12.22 [33] US [31] 09/741,896
[86] 国际申请 PCT/US2001/046774 2001.12.7
[87] 国际公布 WO2002/052694 英 2002.7.4
[85] 进入国家阶段日期 2002.8.22

[73] 专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州

[72] 发明人 W·N·O·图恩布尔
T·G·维策尔 C·L·范德沃特
S·A·萨拉马
E·D·亚茨恩斯基

[56] 参考文献

GB889071A 1962.2.7
JP57-153542A 1982.9.22

JP57-78350A 1982.5.17

审查员 徐红岗

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 肖春京 黄力行

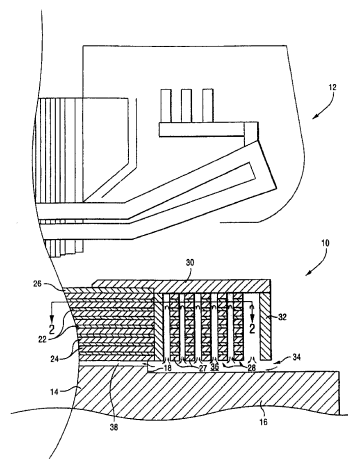
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称

具有导流片的流通间隔块和用于增加发电机
端绕组冷却的方法

[57] 摘要

本发明提供一种气体冷却的电机，其包括具有本体部分(14)转子(10)，轴向延伸的线圈(22)，端绕组(28)，以及被设置在端绕组之间的多个间隔块(150、152、154、156、158)，从而在彼此相邻的端绕组和间隔块之间限定出第一和第二空腔(142、144、146、148)。为了增强端绕组的冷却，所述间隔块(150、152、154、156、158)中至少一个具有通道(160、162、164、166、168、170、172、174、176、178、180、182、184、186)，所述通道在第一和第二相邻空腔之间延伸，从而提供在第一和第二空腔之间通过间隔块的冷却气体交流。导流片(188、190)最好被靠近所述间隔块的面向空腔的一个表面或另一个表面或者两个表面的径向内端设置，用于把气流分别引入或引出第一和第二空腔。



1. 一种气体冷却的电机，包括：

具有本体部分的转子，所述转子具有轴向延伸的线圈和沿轴向延伸超过所述本体部分的至少一端的端绕组；

被设置在相邻的所述端绕组之间的第一间隔块，从而限定和所述第一间隔块相邻的并处于彼此相邻的端绕组之间的第一和第二空腔；

所述第一间隔块具有限定于其中的至少一个通道，所述至少一个通道在所述第一间隔块的面向与之相邻的所述第一空腔的第一表面和所述第一间隔块的面向与之相邻的所述第二空腔的第二表面之间延伸，从而提供在所述第一和第二空腔之间通过所述第一间隔块的冷却气流交流，

其中所述第一间隔块内的至少一个通道设在与穿过一第二间隔块延伸的至少一个通道的位置对应的位置，所述第一间隔块还具有设在与一个端绕组相邻位置处的另外通道，

其中所述第一间隔块具有设置在第一和第二表面中每一个上的导流片。

2. 如权利要求 1 所述的电机，其特征在于，所述通道通过所述间隔块的径向中间部分延伸，从而使冷却气体基本在所述第一和第二空腔的中央区域之间流动。

3. 如权利要求 1 所述的电机，其特征在于，所述间隔块的所述第一和第二表面是所述间隔块各自的周向定向的表面。

4. 如权利要求 1 所述的电机，其特征在于，多个所述间隔块具有通过其中形成的所述通道。

5. 如权利要求 1 所述的电机，其特征在于，具有通过所述间隔块限定的多个通道，至少一个所述通道使冷却气体基本在所述第一和第二空腔的中心区域之间流动。

6. 如权利要求 5 所述的电机，其特征在于，至少一个所述多个通道相对于所述间隔块的纵轴以小于 90 度的角度倾斜。

7. 一种气体冷却的电机，包括：

具有心轴和本体部分的转子；

转子绕组，其包括被设置在所述本体部分上并被隔开的轴向延伸的线圈，沿轴向延伸超过所述本体部分的至少一端的同心的端绕组，

所述端绕组和所述心轴之间限定一个空间；

第一和第二间隔块，它们被设置在所述端绕组中相邻的端绕组之间；

限定在彼此相邻的端绕组和间隔块之间的多个空腔；

所述第一间隔块至少具有通过其中限定的至少一个通道，所述至少一个通道在所述第一间隔块的面向与之相邻的第一空腔的第一表面和所述第一间隔块的面向与之相邻的第二空腔的第二表面之间延伸，从而提供在所述第一和第二空腔之间通过所述第一间隔块的冷却气流交流，

其中所述至少一个通道设在与穿过一第二间隔块延伸的至少一个通道的位置对应的位置，所述第一间隔块还具有设在与一个端绕组相邻位置处的另外通道，

其中所述第一间隔块具有设置在第一和第二表面中每一个上的导流片。

8. 如权利要求 7 所述的电机，其特征在于，所述通道通过所述间隔块的径向中间部分延伸，从而使冷却气体基本在所述第一和第二空腔的中央区域之间流动。

9. 如权利要求 7 所述的电机，其特征在于，多个所述间隔块具有通过其中形成的所述通道。

10. 如权利要求 7 所述的电机，其特征在于，具有通过所述间隔块限定的多个通道，至少一个所述通道使冷却气体基本在所述第一和第二空腔的中央区域之间流动。

11. 如权利要求 10 所述的电机，其特征在于，至少一个所述多个通道相对所述间隔块的纵轴以小于 90 度的角度倾斜。

具有导流片的流通间隔块和用于增加发电机端绕组冷却的方法

发明背景

本发明涉及一种用于增加热传递速率，特别是增加端绕组空腔的中心和拐角处的热传递速率，从而增加在发电机和转子端绕组中的整体冷却效果的结构和方法。

因为电导体绝缘的温度限制，电机例如大的涡轮发电机的功率输出额定值通常受到提供通过转子磁场绕组的附加的电流的能力的限制。因此，转子绕组的有效冷却直接贡献于电机的输出能力。转子端部的区域尤其如此，在转子端部区域，由于这些电机的典型的结构，直接的强制的冷却是困难而昂贵的。流行的市场趋势要求具有较低成本的高效率和高可靠性、高功率密度的发电机，转子端部区域的冷却成为一个限制因素。

涡轮发电机的转子一般由安装在转子槽中的同心的矩形线圈构成。处于转子主体的支撑之外的线圈的端部（通常称为端绕组）一般由固定环支撑着以反抗旋转力（见图1）。在同心线圈端绕组之间间隔地设置有支撑块，以便保持相对位置并增加对于轴向负荷例如热负荷的机械稳定性（见图2）。此外，铜线圈由其外径上的固定环在径向约束，所述固定环克服离心力。间隔块和固定环的存在产生许多暴露于铜线圈的冷却剂区域。主要的冷却剂通道是轴向的，在心轴和端绕组底部之间。此外，由线圈和块的边界面以及固定环结构的内表面在线圈之间形成许多分离的空腔。端绕组暴露于冷却剂，所述冷却剂被旋转力驱动从端绕组的径向下方向进入这些空腔（图3）。该热传递趋于较低。这是因为，按照由计算流体动力学分析计算的一个旋转端绕组空腔内的流动路线，冷却剂流进入空腔，横向通过基本环流并离开空腔。一般地说，环流引起低的热传递系数，尤其是在空腔的拐角附近。因而，虽然这是一种在端绕组中的散热方法，但是效率相当低。

使用过许多试图使额外的冷却气流通过转子端部区域的方法。所有这些冷却方法都或者依靠（1）通过在导体中加工一个槽，或者形成通道，然后把气体泵入电机的其它区域，以在铜导体内直接产生冷却通道，以及/或者（2）利用附加的导流片、流动通道和泵吸元件产

生具有相对高和相对低压力的区域，以便迫使冷却气体通过导体表面上方。

一些系统在受高应力的转子固定环中钻穿一些径向孔，以使冷却气体能够直接沿着转子端绕组泵入，并排放到气隙中，然而，考虑到固定环所受的高的机械应力和疲劳寿命，这种系统的使用受到限制。

如果使用常规的强迫的转子端部冷却方法，将对转子结构增加很大的复杂性和很高的成本。例如，必须加工或制造直接冷却的导体，以便形成冷却通道。此外，必须提供排气管，以便把气体排放到转子中所需的位置。强迫冷却方案需要转子端部区域被分成单独的压力区，需要增加许多导流板、流动通道和泵吸元件，这又增加了复杂性和成本。

如果不使用这些强迫或直接冷却方法，则转子端绕组被被动地冷却。被动冷却依靠转子的离心力或旋转力，使气体在同心的转子绕组之间形成的不通的、一端堵死的空腔内循环。转子端绕组的被动冷却有时也被称为“自由对流”冷却。

被动冷却具有复杂性和成本最小的优点，虽然和直接与强迫冷却的主动系统相比其散热能力减小。进入同心的转子绕组之间的空腔的任何冷却气体必须通过同一个开口排出，因为这些空腔是以不同的方式封闭的：一般的空腔的4个“侧壁”由同心导体和用于隔离导体的绝缘间隔块构成，空腔的“底”（径向向外）壁由用于支撑端绕组反抗转子的旋转力的固定环构成。冷却气体从导体和转子心轴之间的环形空间进入。因而散热受到气体在空腔内的低的循环速度的限制，并且只有有限量的气体可以进入和离开这些空间。

在通常的构型中，在端部区域中的冷却气体不会被完全加速到转子的速度，即冷却气体以部分转子速度旋转。当流体借助于转子和流体之间的相对速度的作用而被驱动到空腔内时，热传递系数一般在间隔块附近最高，这个位置是相对于流动方向的下游，在此处流体以高的动量进入，并且在此处流体冷却剂是最冷的。在空腔的周边附近一般也具有高的热传递系数，空腔的中心受到最小的冷却。

增加无源冷却系统的散热能力将增加转子的载流容量，从而提高发电机的额定容量，同时维持成本低，结构简单以及可靠性高等优点。

美国专利 No. 5644179 披露了一种通过提高大的单流环流池

(circulation cell) 的流速来提高热传递的方法，其中在沿与自然发生的流路池(flow cell)相同的方向向其直接引入附加的冷却气流。这在图 4 和图 5 中示出。虽然这种方法通过提高环流池的强度增加空腔内的热传递，但是转子空腔的中心区域仍然具有低的流速，因此，仍然具有低的热传递。在拐角区域仍然具有同样低的热传递。

发明概述

上述的需要可通过本发明满足，利用本发明能够增强发电机转子的冷却，其中利用流通间隔块较好地促进在常规情况下缺乏冷却的空腔中心和拐角处的流动环流，因而增加了热传递速率。本发明还涉及使用冷却剂流导流片增加进入冷却空腔的气流和从冷却空腔排出的气流。

因而，按照本发明的一个实施例，提供一种气体冷却的发电机，其包括转子，所述转子具有轴向延伸的线圈，端绕组和至少一个位于相邻的端绕组之间的间隔块，从而限定和相邻的端绕组之间的间隔块相邻的第一和第二空腔。至少一个间隔块具有至少一个在其中限定的通道，用于提供第一和第二空腔之间通过所述间隔块的冷却气流交流。在每个间隔块中的通道的数量可以根据间隔块的周向位置被合理地确定。

通过在相邻的空腔之间提供流动的冷却气体，所述流通通道改善由旋转的端绕组产生的固有的气流型式。这使得散热能力增加，同时保持成本低、简单和结构可靠等优点。此外，这种改进的被动冷却系统将增加转子的载流容量，从而提高发电机的输出额定值。

按照本发明的另一个特征，在间隔块的上游侧或者下游侧或者上下游两侧提供导流片，在上游导流片的情况下，用于引导冷却剂流体径向向外地流入各自的冷却空腔，或者在下游导流片的情况下，有利于环形区域内的平滑且连续的回流。按照本发明的目前优选实施例，流通通道和导流片二者的组合将促进空腔内的高动量冷却剂流，因而减少或消除特别是空腔的中心和拐角处的停滞或者低动量的冷却剂流的区域。

附图说明

通过仔细研究下面结合附图对本发明的优选实施例所作的详细说明，将会更加清楚地看出和充分地理解本发明的这些和其它的目的和

优点，其中：

图 1 是电机转子的端匝区域的一部分的截面图，其具有和其呈面对关系设置的定子；

图 2 是沿图 1 的线 2-2 取的电机转子的截面顶视图；

图 3 是表示气流进入并通过端绕组腔体的示意图；

图 4 是按照在美国专利 No. 5644179 中披露的发明的第一实施例的转子端匝部分的局部剖开的透视图；

图 5 是按照在美国专利 No. 5644179 中披露的发明的第二实施例的转子端匝部分的局部剖开的透视图；

图 6 是转子端绕组的局部截面图，表示按照本发明的实施例的具有流通通道和导流片的间隔块。

本发明的详细说明

参看附图，其中在所有的附图中相同的标号表示相同的元件，图 1 和图 2 表示气冷电机的转子 10，所述电机还包括包围着所述转子的定子 12。所述转子包括基本上呈圆柱形的本体部分 14，其被中心地设置在转子轴 16 上，并具有轴向相对的端面，在图 1 中示出了其中一个端面的一部分 18。本体部分具有多个周向分开的轴向延伸的槽 20，用于接收同心设置的线圈 22，所述线圈构成转子绕组。为清楚起见，只示出了 5 个线圈，虽然实际上通常使用的比图示的多一些。

具体地说，在每个槽中叠置有构成转子绕组一部分的若干个导体棒 24。相邻的导体棒由电绝缘层 22 分开。叠置的导体棒一般通过楔 26（图 1）保持在槽中，并且由导电材料例如铜制成。导体棒 24 在本体部分的每个相对端利用端匝互连，所述端匝沿轴向延伸超过所述端面从而形成叠置的端绕组 28。端匝也被电绝缘层隔开。

尤其由图 1 可见，在本体部分的每端围绕端匝 27 设置有固定环 30，用于反抗离心力而将端绕组固定。固定环被固定在本体部分的一端，并在转子轴 16 上方伸出。中心环 32 被固定到固定环 30 的末端。应当注意，固定环 30 和中心环 32 可以用现有技术中已知的其它方式安装。中心环 32 的内径和转子轴 16 沿径向分开，从而形成气体入口通道 34，并且端绕组 28 也和轴 16 分开，从而限定一个环形区域 36。提供沿着槽 20 形成的若干个轴向冷却通道 38，这些通道通过环形区域 36 与气体入口通道 34 呈流体连通，从而向线圈 22 提供冷却气体。

参见图 2，在转子 10 的每一端的端绕组 28 沿周向和径向由若干个隔件或间隔块 40 分开。（为清楚起见，在图 1 中未示出间隔块）。所述间隔块是绝缘材料制成的细长的块体，位于相邻的端绕组 28 之间的间隔内，并延伸超过端绕组的整个径向深度而进入环形间隙 36。因而，在端匝的同心叠置体（下文称为端绕组）之间的空间被分成多个空腔。这些空腔在顶部以固定环 30 为边界，而在 4 个侧部以相邻的端绕组 28 和相邻的间隔块 40 为边界。由图 1 可清楚地看出，这些空腔的每一个都通过环形区域 36 和气体入口通道 34 呈流体连通。因而，通过气体入口通道 34 进入端匝 28 和转子轴 16 之间的环形区域 36 的冷却气体的一部分进入空腔 42，在其中循环，然后返回端绕组和转子轴之间的环形区域 36。在图 1 和图 3 中由箭头表示气流。

固有的泵吸作用和作用在旋转的发电机空腔内的旋转力产生一个大的单流环流池，如图 3 示意地所示。这个单流环流池在空腔的周边沿具有最高的速度，空腔的中央区域的固有的低的速度而使得中央区域不能受到足够的冷却。由图 3 可以看出，拐角区域的大的区域也没有充分冷却，这是因为流路池的循环运动不能使冷流进入这些拐角。

现在参看图 6，其中示出了转子端绕组的局部截面图，示出了端绕组空腔 142、144、146、148，用箭头 X 表示旋转方向。在本发明的一个实施例中，每个间隔块 150、152、154、156、158 具有至少一个流通通道 160、162、164、166、168、170、172、174、176、178、180、182、184、186，用于在相邻的冷却空腔之间提供交换气流，最好至少在冷却空腔的中心和径向的外侧拐角区域，用于增强散热。流通通道最好在相邻的冷却空腔的各个径向中心部分之间延伸。另一个优选的冷却剂流动的区域是间隔块的径向外端附近，用于在各个冷却空腔的其它通常停滞的拐角区域之间交换气流。

如同在下面要详细说明的，所述通道从各个上游的相邻空腔的下游侧朝向各个下游的相邻空腔的上游侧延伸，因而提供用于使冷却气体可以在相邻的空腔之间流动的通道。因而，每个流通通道基本上横向于其间隔块的长度方向，即基本上是相对于所述转子的周向。

由所示的实施例可见，每个间隔块中的流通通道的优选位置和数量取决于相对于端绕组的前端和后端的间隔块的周向位置。由图 6 还

可以清楚地看出,流通通道的优选方位也取决于所述周向位置。因而,在示出的实施例中,端绕组装置的周向最外的间隔块 150、158 分别包括第一和第二流通通道,一组是 162、186,用于引导冷却剂流朝向/离开而冷却空腔 142、148 内的大致径向中心的部分,一组是 160、184 用于引导冷却剂流朝向/离开相邻的冷却空腔 142、148 的径向外侧拐角区域。在图 6 所示的实施例中,这些流通通道相对于各个间隔块 150、158 的纵轴倾斜一个小于 90 度的角度,从而在前间隔块 150 的情况下基本上沿圆周方向和径向向外地引导气流,在后间隔块 158 的情况下基本上沿圆周方向和径向向内地引导气流。

再次参见图 6 的实施例,前间隔块 150 下游的间隔块 152 具有在其中通过的 3 个通道 164、166、168,一个通道 164 使冷却剂朝向空腔 144 的径向外侧拐角区域流动,通道 166、168 被设置用于使冷却剂离开/向着各个相邻的空腔 142、144 的中心区域流动。在这个例子中,第二间隔块 152 的流通通道的方位基本上是转子轴线的圆周方向,相对于间隔块 152 的纵轴大约呈 90 度。此外,在所示的实施例中,上游导流片 188,如在下面详细说明了,被设置在间隔块 152 的上游表面 194 上,用于使气流从环形区域 36 偏转进入空腔 142,从而增加其中的冷却剂流。

下一个相邻的、中部或中间的间隔块 154 包括 4 个周向设置的流通通道 170、172、174、176,其中的 3 个的位置基本上相应于第二间隔块的流通通道的位置,第四个周向流通通道 176 的位置靠近端绕组 28 的径向内部区域。在所述的实施例中,如在下面要详细说明了,在中间间隔块 154 的上游和下游表面 196、198 设置有上游和下游导流片 188、190,并且径向最内的通道 176 被设置在导流片结构 188、190 的径向外侧区域的径向外侧。

所述的实施例中的下一个相邻的、即第 4 个间隔块 156 包括 3 个流通通道 178、180、182,它们被设置在基本上和第二间隔块 152 的流通通道相应的径向位置。在目前的优选实施例中,这些通道基本上沿圆周方向设置,相对于间隔块 156 的纵轴大约呈 90 度的角度。如在下面要详细说明了,下游导流片 190 被设置在第四个间隔块的下游表面 200 上,用于导向和引导气流从通道 182 到达环形区域 36,从而在下游的相邻间隔块 158 的下方和周围流动。

如上所述, 为了增加进入各个端绕组空腔的冷却剂流, 按照本发明的目前优选实施例的另一个特征, 至少一个间隔块具有位于其向前的表面或上游表面上的导流片 188, 其位于上游相邻空腔的下游侧上, 与/或导流片 190, 其位于其向后的表面或下游表面上, 其位于下游相邻空腔的上游侧上, 所述的方向是相对于经过空腔底部的冷却剂流的方向。所述导流片被提供在在各个间隔块的径向内端。设置向前的或者上游的导流片 188 用于增加强迫进入空腔的冷却流体量, 从而增加空腔内的冷却剂流动, 从而增加各个空腔的散热。在所示的实施例中, 上游导流片从间隔块沿上游方向延伸一定距离, 该距离至少是各个空腔径向内端的周向尺寸的大约 20%, 最好是大约 20-40%。此外, 在所示的实施例中, 导流片 188 向下延伸, 即径向向内延伸, 以至于占据限定于间隔块和心轴 16 之间的间隙 37 的径向尺寸的大约一半。

更具体地说, 每个上游导流片包括基本上连续的弯曲上表面 202, 其终止于间隙内边缘 204, 如图所示, 导流片的径向内边缘, 其沿着间隔块的深度的至少一部分限定一个气流截取线, 在间隔块的径向内表面下方延伸, 使得截取并重新引导否则就要流到间隔块和心轴 16 之间的间隙 37 的气流。径向内边缘 204 的导流片的下游表面 206 限定一个向各个间隔块的径向内表面基本上逐渐过渡的部分。

为了沿着各个间隔块导向并引导气流进入各个空腔, 如冷却剂流箭头 A 所示, 导流片 188 的弯曲的上表面 202 沿着各个间隔块上游表面上延伸一个大于导流片在间隔块径向内表面下方延伸的距离。

在所示的实施例中, 和上游导流片一样, 每个下游导流片 190 从间隔块的表面沿下游方向至少延伸各个空腔径向内端的周向尺寸的大约 20%, 更好为大约 20-40%。此外, 在所示的实施例中, 导流片 190 向下即径向向内朝向下边缘 208 延伸间隙 37 的径向尺寸的大约一半, 间隙 37 限定于间隔块和心轴之间, 从而导向并引导冷却剂流到下游相邻间隔块的径向内端, 并围绕其和在其附近流动, 如冷却剂流箭头 B 所示。

在目前的优选实施例中, 每个导流片 188、190 设置为跨过空腔的深度或轴向尺寸的相当大部分, 例如至少大约 75%, 最好是空腔深度的 100% 的数量级。不过, 在另外的实施例中, 每个导流片可以只延伸间隔块的深度的一部分或者径向的一部分, 使得留下至少一个分流

区域，用于使气流流向下一个下游相邻空腔。按照这另一种方案，部分深度导流片可被设置成从空腔的一个相邻端绕组壁跨过空腔的部分深度，其和空腔的另一个端绕组壁相邻，或者基本上在其相关的间隔块的中心。在一个示范性实施例中，提供单个导流片 188、190，其跨过相关间隔块的深度的至少大约一半。按照再一个实施例，可以设置两个或多个轴向排列的导流片，每个跨过空腔的周向尺寸或深度的一部分。用这种方式，提供至少一个分流区域，用于使气流流向下一个下游相邻空腔。

在工作时，转子旋转使得冷却气体通过气体入口 34 被吸入端绕组 28 和转子轴 16 之间的环形区域。此时将出现一个动压头，其驱动冷却气流朝向并沿着导流片 188 流动。因而，参见图 6，冷却气体沿着间隔块 150 的导流片 188 并沿着间隔块的上游表面 192 流动。至少一部分冷却气体流入限定在间隔块 150 中的流通通道 162、160。如上所述，在端绕组的间隔块的这个最上游的流通通道被有利地设置为相对于间隔块的纵轴成小于 90 度的角度，因此它们是倾斜的。这有利于气流径向向外流入下游相邻空腔 142。

除去通过间隔块 150 内的通道 160、162 进入空腔 142 的冷却剂流之外，冷却剂流还从环形区域 36 被驱动进入和引入空腔 142，如其中的箭头 A 所示。因为导流片 188 截取否则可能继续流入并经过间隔块 152 和心轴 16 之间的间隙 37 的气流，所有通过各个空腔 152 的冷却剂流被增加，从而增加热传递。在所示的实施例中，来自通道 160、162 的冷却剂流基本上沿周向流向间隔块 152，在那里其流入并通过通道 164、166、168。如上所述，在所述的实施例中，间隔块 152 具有 3 个流通通道，其中的两个 164、166 用于接收来自空腔的中心区域和径向外围区域的气流，一个流通通道 168 被设置成可以接收来自空腔中心区域和径向内部区域的气流。显然，在示出的实施例中设置的基本上沿周向的气流基本上消除了常规的循环流中见到的缺乏冷却剂气体的空腔 142 的中心和拐角区域。

再次参看下一个下游相邻空腔 144，除去通过间隔块 152 中的通道 164、166、168 进入空腔的冷却剂流之外，冷却剂流还从环形区域 36 被驱动和引入空腔 144，如其中的箭头 A 所示。因为导流片 188 截取否则将会继续流入在间隔块 154 和心轴 16 之间的间隙 37 的气流，

使得通过各自的空腔的冷却剂流增加，从而提高热传递。同时，来自通道 164, 166, 168 的冷却剂流在所述的实施例中基本上沿周向向着间隔块 154 流动，在那里其流入通道 170, 172, 174, 176。在这个实施例中，间隔块 154 具有 4 个通道，一个通道 170 用于接收来自空腔的径向外侧区域的气流，两个通道 172, 174 用于接收基本上来自空腔的中心区域的气流，一个通道 176 被设置成用于接收来自空腔 144 的径向内部区域的气流。

参看下一个下游相邻空腔 146，在所述的实施例中，冷却剂流基本上被限制为通过间隔块 154 中的通道 170, 172, 174, 176 流入空腔中的冷却剂流。在这个实施例中，下游间隔块 156 具有 3 个通道 178, 180, 182，一个通道 178 用于接收来自空腔的径向外侧区域的气流，两个通道 180, 182 用于接收基本来自空腔 146 的中心区域的气流。同样，来自通道 170, 172 和 174 的冷却剂流在所述的实施例中基本上沿周向流向间隔块，在那里其流入通道 178, 180, 182。不过，在所述的实施例中，至少一部分来自径向最内侧的通道 176 的冷却剂流沿着下游导流片 190 流入环形区域，以便在间隔块 156 的径向内端下面、周围和附近流动。

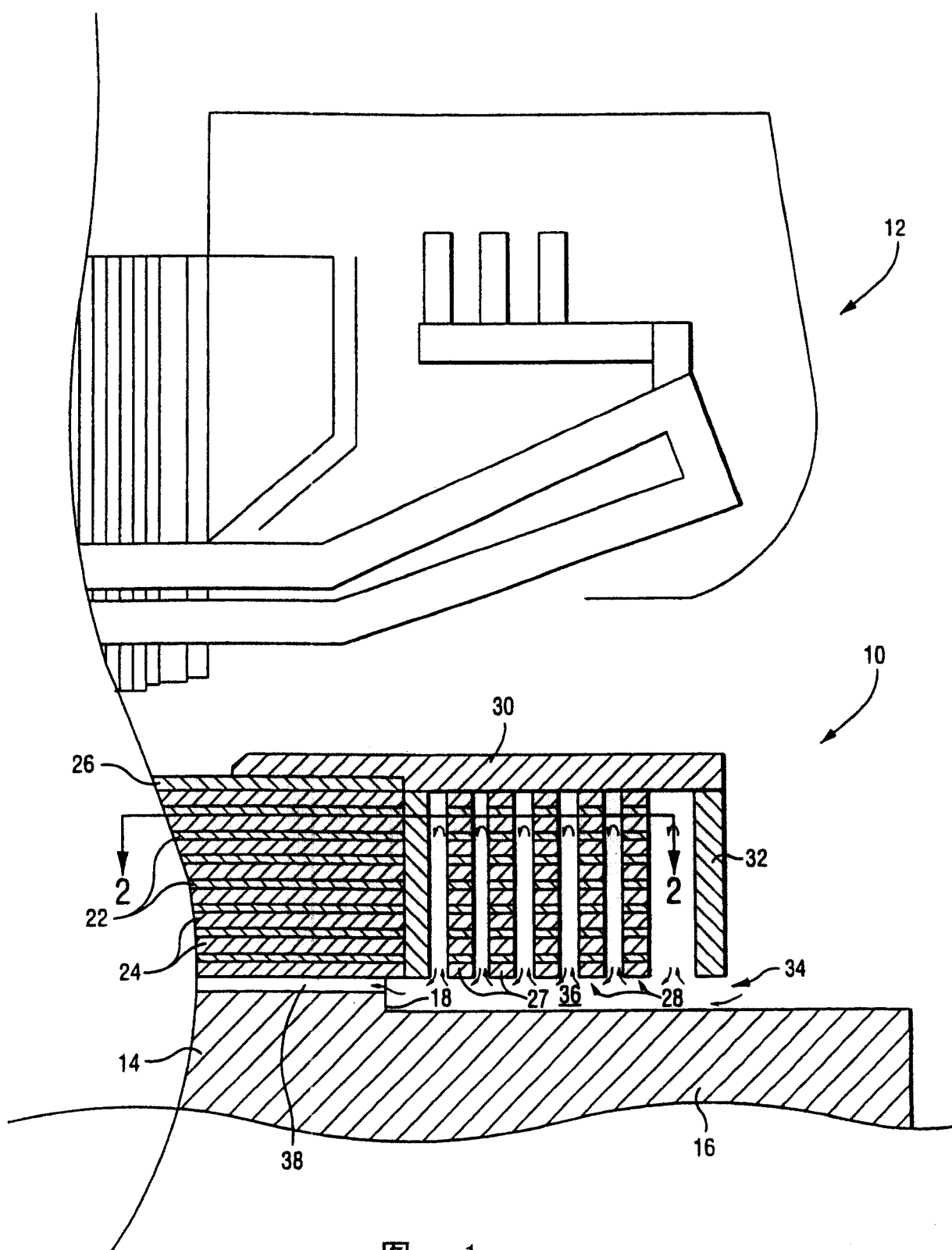
最后，参看下一个下游相邻空腔 148，在所述的实施例中，冷却剂流基本上被限制于通过间隔块 156 中的通道 178, 180, 182 流入空腔的冷却剂流。在这个实施例中，如上所述，下游间隔块 158 具有两个斜的通道 184, 186，一个通道 184 用于接收来自空腔的径向外侧区域的气流，一个通道 186 用于接收基本上来自空腔的中心区域的气流。同样，来自通道 178, 180 的冷却剂流在所述的实施例中基本上沿周向流向间隔块 158，在那里其流入并通过通道 184, 186。不过，在所述的实施例中，至少一部分来自通道 182 的冷却剂流沿着下游导流片 190 流入环形区域 36，以便在间隔块 158 的径向内端下面、周围和附近流动。

如上所述，从通道 184, 186 流出的气流基本上沿着间隔块 158 的下游表面 210 径向向内流动，并沿着导流片 190 流入环形区域 36 中。

因而可以看出，利用流经间隔块 150, 152, 154, 156, 158 和导流片 188, 190 的气流的组合促使气流流入空腔 142, 144, 146, 148，因而提供了增加的冷却剂流，特别是对于通常缺乏冷却剂流空腔区

域，其中包括空腔的中心区域和径向向外的区域。

虽然本发明结合目前认为是优选的实施例进行了说明，应当理解，本发明不限于所披露的实施例，而是相反，本发明旨在覆盖包括在所附权利要求书的范围和构思中的各种改型和等效的结构。



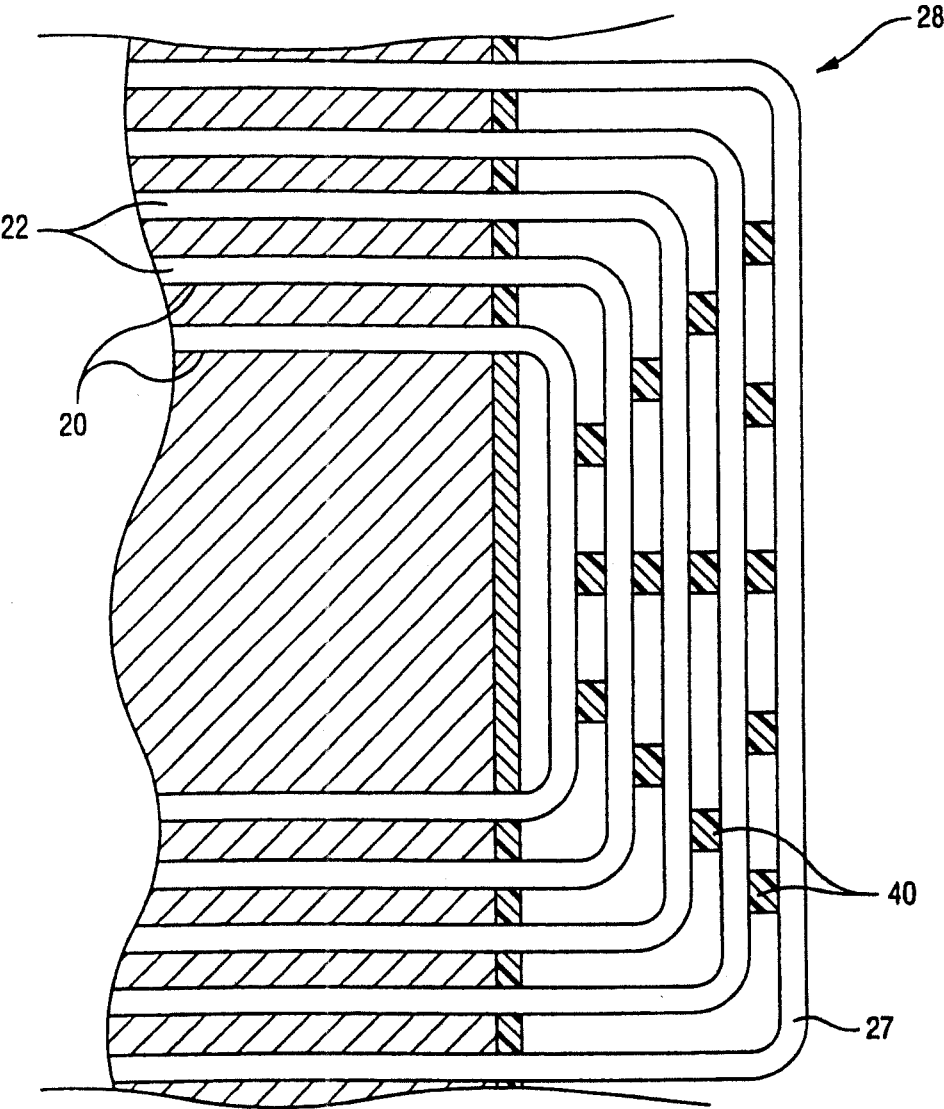


图 2

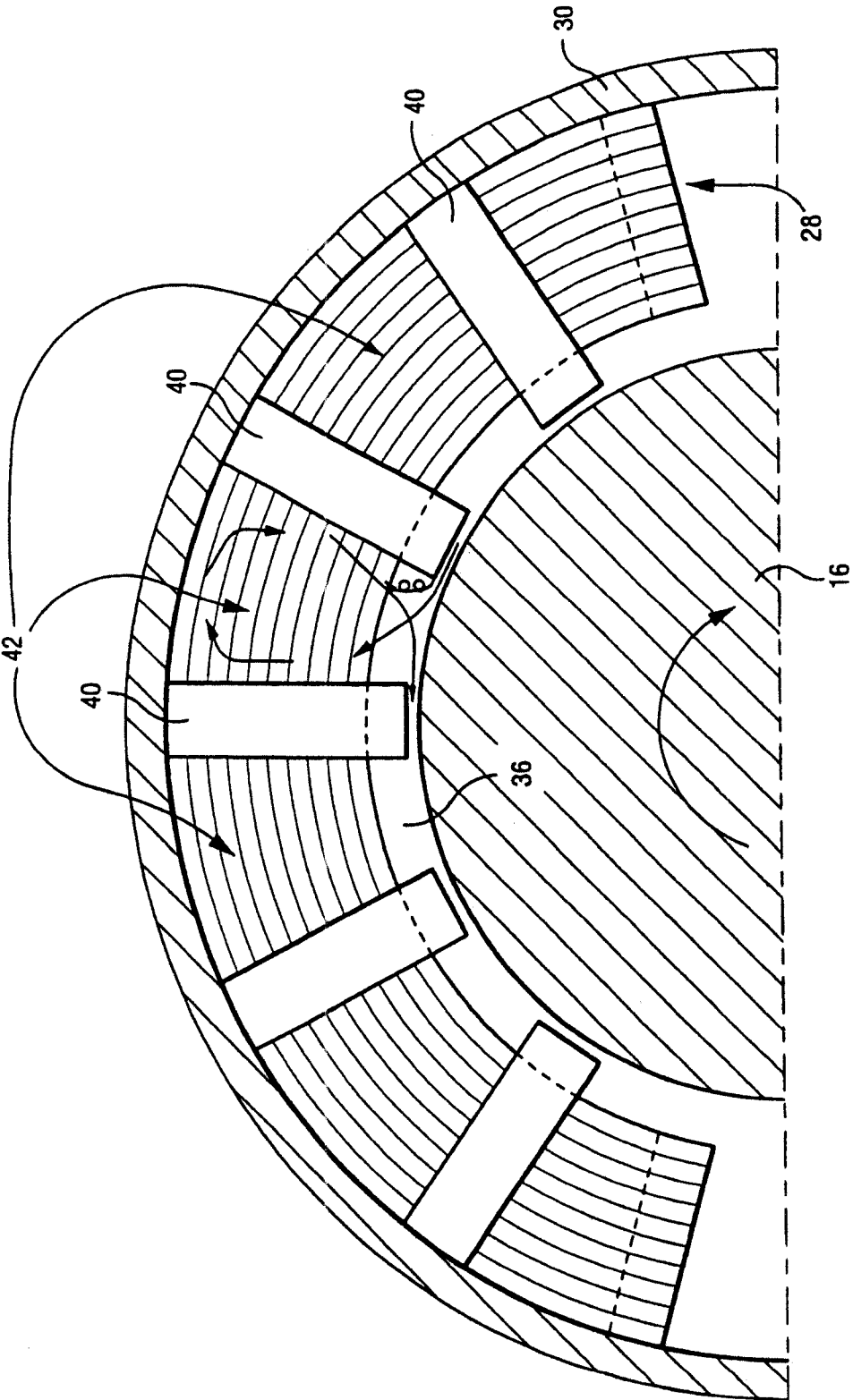


图 3

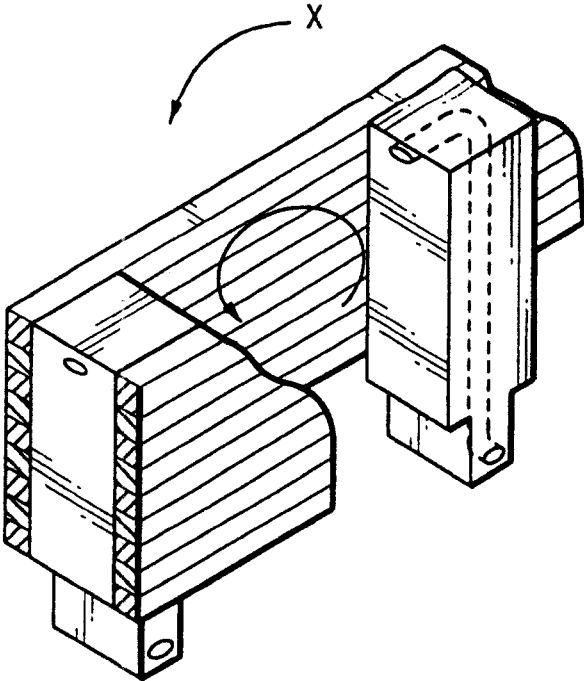


图 4

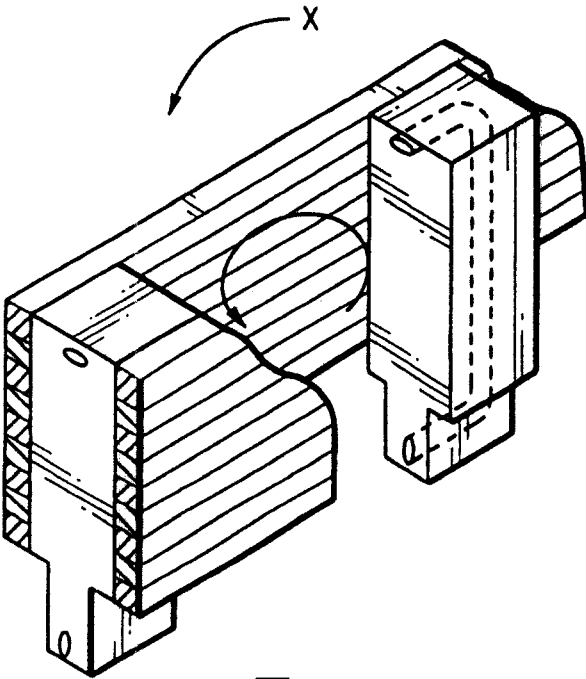
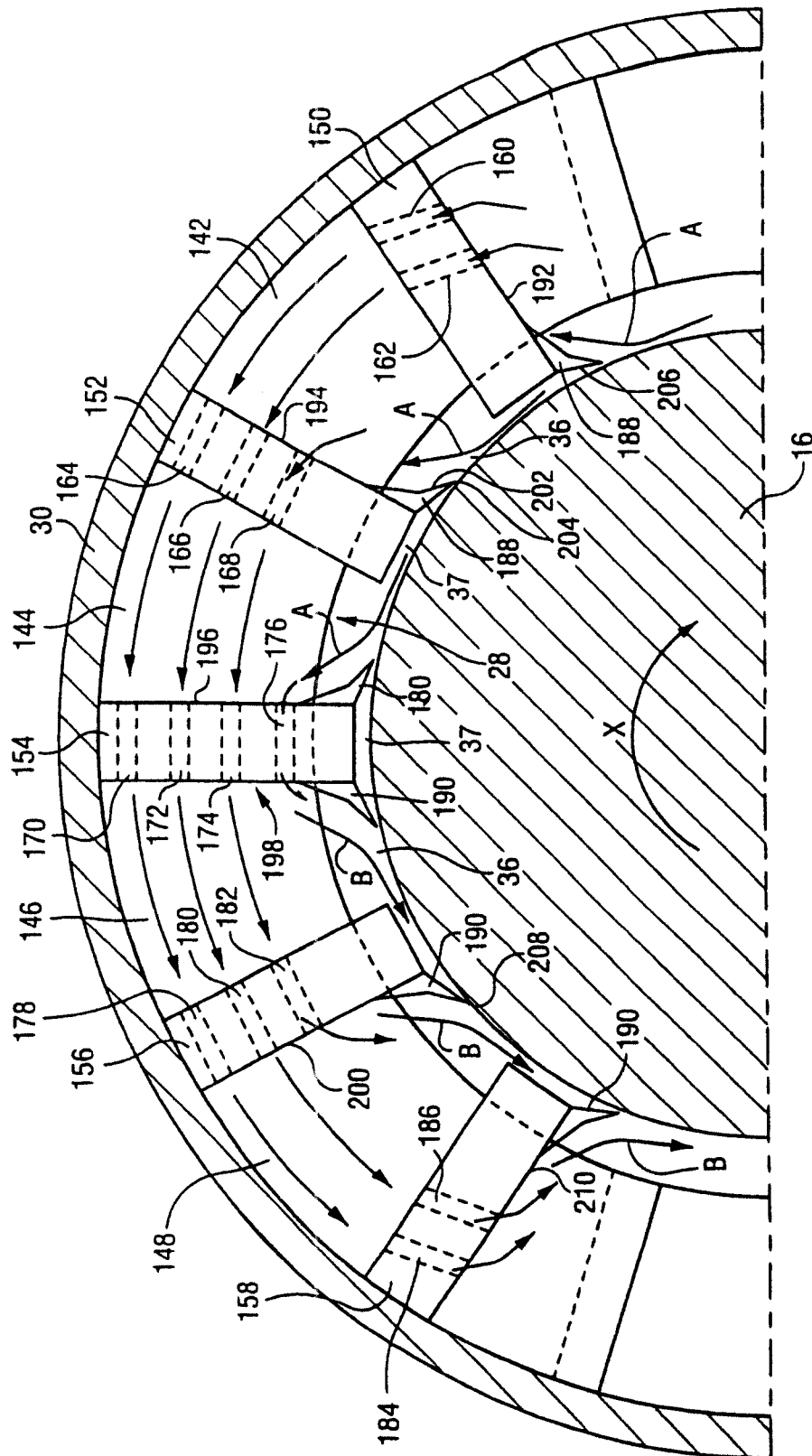


图 5



6
四