

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F01D 5/16

F01D 5/26 F01K 23/10

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97102349.2

[45] 授权公告日 2001 年 9 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1070989C

[22] 申请日 1997.1.30

[21] 申请号 97102349.2

[30] 优先权

[32] 1996.1.31 [33] JP [31] 14992/1996

[73] 专利权人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

[72] 发明人 齐藤英治 名村清 高住正和

池内和雄 片寄益己

[56] 参考文献

CN1061643A 2092. 6. 3 F01K23/10

JP4 - 5402A 2092. 1. 9 F01D5/26

JP7 - 332003 2095. 12. 19 F01D5/16

US4326836 2082. 4. 27 F01D5/22

US4884951 2089. 12. 5 F01D5/22

审查员 23 51

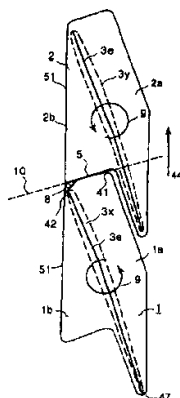
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 郑修哲

权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图页数 9 页

[54] 发明名称 蒸汽涡轮

[57] 摘要

一种蒸汽涡轮,设有动叶片,具有较小的由水引起的腐蚀及微振磨损的影响,高的强度可靠性,所述的动叶片的特征在于动叶片是扭曲的动叶片,各有叶身部分及叶尖处的叶冠部,连接相邻的动叶片的叶冠部之间的接触面或接触面朝叶背侧的延伸平面不与叶背侧冠部的叶尖相交。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种蒸汽涡轮，包括多个动叶片，沿涡轮转子轴的圆周方向设置，并由蒸汽驱动，各所述的动叶片是扭叶片，所述的动叶片分别设有在所述的动叶片的叶尖处与其成整体的叶冠，其特征在于：

在一个动叶片的叶背侧冠部和与所述的一个动叶片相邻的另一个前面的动叶片的叶面侧冠部之间的接触面设在比所述的动叶片的叶尖的前缘更靠蒸汽流的上游侧的区域中。

2. 按照权利要求 1 的蒸汽涡轮，其特征在于：一个包括所述的接触面的平面与在所述的一个动叶片的叶尖处叶片部分的中弧线的向前延伸线相交，并且所述的接触面设成使得在所述的平面与所述的动叶片所述的叶面侧冠部的上游端之间的夹角为钝角。

3. 按照权利要求 1 的蒸汽涡轮，其特征在于当由所述的动叶片的外圆周侧看，所述的一个动叶片的叶背侧冠部的一个表面，包括所述的接触面并且与所述的另一个动叶片的叶面侧冠部相对，成形为相对于动叶片转动方向前侧的近似凸形。

所述的另一个动叶片的叶面侧冠部的表面，包括所述的接触面并且与所述的一个动叶片的叶背侧冠部相对，成形为相对于动叶片转动方向的后侧的凹形，并且所述的相互相对的动叶片的冠部具有一间隙，设在所述的一具动叶片的叶背侧冠部与所述的另一个动叶片的叶面侧冠部之间，在比所述的接触面更靠尾缘处。

4. 一种蒸汽涡轮，包括多个动叶片，沿涡轮转子轴的圆周方向设置，并由蒸汽驱动，各所述的动叶片是扭叶片，所述的动叶片分别设有在所述的动叶片的叶尖处与其成整体的叶冠，其特征在于：

当由所述的动叶片的外圆周侧看，在所述的一个动叶片的叶背侧冠部和邻近所述的一个动叶片的另一个前面的动叶片的叶面侧冠部之间的接触面设在比所述的一个动叶片的叶尖的前缘和所述的另一个动叶片的叶面侧之间连接的最短的直线处于沿所述的一个动叶片的转动方向更向前侧。

5. 按照权利要求 4 的蒸汽涡轮, 其特征在于所述的冠部的接触面设为曲面。

6. 一种组合的循环装置, 包括一燃气涡轮, 一个用所述的燃气涡轮的废气热的热源产生蒸汽的废气热回收锅炉, 一个由所述的废气热回收锅炉产生的蒸汽驱动的蒸汽涡轮,

所述的蒸汽涡轮设有多级, 各有多个动叶片及静叶片,

所述的动叶片各设成使得所述的动叶片的剖面形状是从叶根到叶尖扭曲的, 并设有在所述的动叶片的叶尖处与其成整体的叶冠, 其特征在于:

在一个动叶片的叶背侧冠部和与邻近所述的动叶片的另一个前面的动叶片的叶面侧冠部之间的接触面设在比所述的一个动叶片的所述的叶尖的前缘更靠蒸汽流的上游侧的区域中, 和一个包括所述的接触面的平面与在所述的一个动叶片的叶尖处叶片部分的中弧线的向前延伸线相交, 并且所述的接触面设成使得在所述的平面与所述的动叶片的所述的叶背侧冠部的蒸汽上游端之间的夹角为钝角。

说明书

蒸汽涡轮及包括蒸汽涡轮的 组合的循环装置

本发明涉及蒸汽涡轮，该涡轮有扭曲的动叶片和动叶片的叶尖设有叶冠。本发明还涉及包括蒸汽涡轮的组合的循环装置。

一般，各为叶型为从叶根到叶尖扭曲的扭曲的动叶片总是被工作流体的流动及其紊流元件激发在一宽频范围。叶片结构对激发力的振动响应与自然频率及衰减值有关。为了设计叶片结构，该结构与谐振响应大的较低的振动模式分开，并且是可靠的处在即使发生谐振，谐振响应也是小的较高的振动模式，在很多情况下采用如用来连接相邻的动叶片的叶冠之类的连接装置，由于邻近的动叶片连接起来，可期望增加叶片结构的刚性及对振动的衰减有附加的作用。

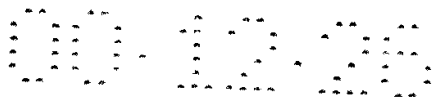
例如，JP-A-3-26801及JP-A-4-5402公开了一种从外圆周方向看，在扭曲的动叶片的叶尖处设叶冠形式的动叶片的盖件的形状是S形或倒Z字形，相互邻近的扭曲动叶片的叶片盖件在S或Z字的中部相互接触。在叶片结构中，相互邻近的扭曲动叶片的叶冠保持扭曲动叶片被它们的接触面反扭，因而相邻的动叶片之间的连接作用提高（下面，动叶片中扭曲动叶片的叶身部分及叶冠部分成整体的称为整体带冠叶片）。

由于这种力在接触表面沿相反方向相互作用而在涡轮转动时保持反扭作用在邻近的叶冠部，如果在叶背侧冠部有凹口形的凹部，保持扭的动叶片的反扭的力引起的应力集中在凹部。因此，需要对整体的带冠叶片的强度予以注意。

另外，在整体的带冠叶片应用到蒸汽涡轮的情形下，蒸汽中水滴引起的腐蚀及在湿蒸汽气氛中暴露的接触面处的微振磨损的发生是蒸汽涡轮中固有的问题，产生最大应力集中的位置会变脆。

但是，上述现有技术并没有考虑此问题。

在蒸汽气氛中驱动的蒸汽涡轮中，最重要的问题是减少上述的腐



蚀及微振磨损。

本发明的目的是提供一种高的可靠性的蒸汽涡轮，其设有减小应力集中及抑制腐蚀和抑制微振磨损的动叶片，和提供包括这种蒸汽涡轮的组的循环装置。

本发明的蒸汽涡轮的动叶片基于下面的概念，可通过在连接相邻的动叶片的叶冠部之间的接触面设成使接触或接触面朝叶背侧延伸的平面不与叶冠连接处的叶背侧相交来减小叶背侧应力集中程度，并且把容易发生腐蚀的地方与应力集中处分开而构成高可靠性的整体带冠叶片。

本发明的蒸汽涡轮的动叶片基于下面的概念，可通过把连接相邻的动叶片的叶冠部之间的接触面设成接触面或接触面朝叶背侧延伸的平面不与叶冠连接处的叶背侧相交来减小叶背侧应力集中程度，并且把容易发生腐蚀的地方与应力集中处分开而构成高可靠性的整体带冠叶片，还基于下面的概念，由于通过把叶背侧冠部的接触面设在叶片前缘的上游侧而减小小滴引起的水膜流的暴露程度，使邻近的冠部之间接触面的微振磨损的影响可减小。

为实现本发明的上述目的，本发明提供了一种蒸汽涡轮，包括多个动叶片，沿涡轮转子轴的圆周方向设置，并由蒸汽驱动，各所述的动叶片是扭叶片，所述的动叶片分别设有在所述的动叶片的叶尖处与其成整体的叶冠，其特征在于：在一个动叶片的叶背侧冠部和与所述的一个动叶片相邻的另一个前面的动叶片的叶面侧冠部之间的接触面设在比所述的动叶片的叶尖的前缘更靠蒸汽流的上游侧的区域中。

为实现本发明目的，本发明还提供了一种蒸汽涡轮，包括多个动叶片，沿涡轮转子轴的圆周方向设置，并由蒸汽驱动，各所述的动叶片是扭叶片，所述的动叶片分别设有在所述的动叶片的叶尖处与其成整体的叶冠，其特征在于：当由所述的动叶片的外圆周侧看，在所述的一个动叶片的叶背侧冠部和邻近所述的一个动叶片的另一个前面的动叶片的叶面侧冠部之间的接触面设在比所述的一个动叶片的叶尖的前缘和所述的另一个动叶片的叶面侧之间连接的最短的直线处于沿所述的一个动叶片的转动方向更向前侧。

为实现本发明的目的，按照本发明还提供了一种组的循环装



置，包括一燃气涡轮，一个用所述的燃气涡轮的废气热的热源产生蒸汽的废气热回收锅炉，一个由所述的废气热回收锅炉产生的蒸汽驱动的蒸汽涡轮，所述的蒸汽涡轮设有多个，各有多级，各有多级动叶片及静叶片，所述的动叶片各设成使得所述的动叶片的剖面形状是从叶根到叶尖扭曲的，并设有在所述的动叶片的叶尖处与其成整体的叶冠，其特征在于：在一个动叶片的叶背侧冠部和与邻近所述的动叶片的另一个前面的动叶片的叶面侧冠部之间的接触面设在比所述的一个动叶片的所述的叶尖的前缘更靠蒸汽流的上游侧的区域中，和一个包括所述的接触面的平面与在所述的一个动叶片的叶尖处叶片部分的中弧线的向前延伸线相交，并且所述的接触面设成使得在所述的平面与所述的动叶片的所述的叶背侧冠部的蒸汽上游端之间的夹角为钝角。

下面通过附图及实施例详细说明本发明，附图中：

图 1 是本发明一个实施例的蒸汽涡轮动叶片的透视图；

图 2 是本发明实施例的蒸汽涡轮动叶片叶冠的顶视图；

图 3 是本发明实施例的蒸汽涡轮动叶片的透视图，示出动叶片的装配；

图 4 本发明另一实施例的蒸汽涡轮动叶片的叶冠的顶视图；

图 5 是带有叶冠的动叶片一部分的透视图，用来说明水膜流；

图 6 是本发明另一实施例的蒸汽涡轮动叶片的叶冠的顶视图；

图 7 是本发明又一个实施例的蒸汽涡轮动叶片的叶冠的顶视图；

图 8 是本发明一个实施例的蒸汽涡轮的剖面图；

图 9 是说明涡轮级中腐蚀发生的示意图；

图 10 是说明叶尖的蒸汽上游和下游的示意图；

图 11 是一联合循环设备的示意图；

图 12 是说明动叶片叶冠的示意图。

下面参照图 1-3 详细说明本发明的一个实施例。

图 1 示出了蒸汽涡轮动叶片（下面简称为动叶片），图 2 是从动叶片的外圆周看的叶冠的顶视图，图 3 示出了动叶片的装配方法的实例。

图 1, 2 中，标号 1 示出了后一个动叶片的叶冠，标号 2 表示前一个动叶片的叶冠，标号 1a 和 2a 分别表示叶背侧冠部，1b 和 2b 分别表

示叶面侧冠部，标号 3x 表示后一个动叶片的叶尖的叶身部分，标号 3y 表示前一个动叶片的叶尖的叶身部分，标号 63 表示叶根部分。标号 5 表示后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 和前一个动叶片的叶片的叶面侧冠部 2b 之间的接触面，标号 8 表示后一个动叶片叶尖处叶片前缘（或叶身部分）周围的叶冠 1b 的一部分，标号 10 表示包括上述接触面 5 的一平面，标号 51 表示各叶冠 1，2 的上游侧。图 3 中，标号 3 表示叶身部分，标号 4 表示涡轮盘部分，标号 65 表示一销子。

图 2 中，叶冠 1，2 之间的接触面 5 是一个动叶片的叶片侧冠部 1a（或 2a）和与上述有叶冠 1a（或 2a）的动叶片相邻的另一个动叶片的叶面侧冠部 2b（或 1b）的紧贴处，包括接触面 5 的平面 10 与叶身部分 3 的叶尖部分（横剖面）不相交。

下面参照图 12 具体说明上述的叶冠部分。

标号 3 表示叶身部分，标号 1，2 表示叶冠，例如从动叶片前进方向看。

叶尖突出在叶冠 1，2 的外表面的部分（把叶身部分 3 延伸到叶冠部分）称为叶尖部分 3b。在叶冠 1，2 和叶身 3 之间没有倒圆部分 3c 情形下，叶尖突出在叶冠 1，2 的外表面的部分（除倒圆部分 3c 外）称为叶尖部分 3b。

图 2 中，在叶尖部分 3b 的叶身 3 的部分标为 3x，3y。叶冠 1，2 的前缘、后缘、叶片的中弧线与叶尖部分上标为 3x，3y 的叶型的前缘、后缘、叶片的中弧线相当。

另外，图 1，2 中，当叶片部分 3x,3y 上的叶片中弧线 3e 延伸到前后缘时，在叶尖的叶冠 1，2 中，设在叶背侧区域的叶冠 1，2 的部分是叶背侧冠部 1a,2a，而设在叶面侧区域的叶冠，1，2 的部分是叶面侧冠部 1b,2b。

动叶片插在涡轮盘的外周边部分 4 中设的槽中，用销子 65 固定，并在设在动叶片叶尖部分 3b 的叶冠 1，2 处沿圆周与邻近的动叶片接触。由于动叶片各是扭曲的动叶片，设成从叶根 3a 到叶尖 3b 剖面的叶型是扭曲的，在涡轮转动时施加的离心力使动叶片反扭，如标号 9 所示。

下面参照图 2 进一步说明该实施例。图 2 是沿图 1 中箭头 66 的方向

看的结构，也就是，从蒸汽涡轮的外周边看的结构。

图 2 中，在是一个扭曲动叶片的动叶片中，设成保持动叶片反扭的各叶冠的接触面 5 设在后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 和与后一个动叶片邻近的前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 之间。接触面 5 与涡轮转轴成逆时针转过一倾斜角，该倾斜角是锐角。另外，由于观察点可与包括接触面 5 的平面 10 平行，图 2 中平面 10 可方便地用虚线示出。

在后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 和邻近的前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 之间的接触面 5 安排设置在包括接触面 5 的平面 10 与在后一个动叶片的叶尖部分的叶身部分的中弧线 3e 的延长线相交的位置，该延长线延伸到叶片前缘方向，在包括接触面 5 的平面 10 与后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 的蒸汽上游侧端面 51 之间的夹角是一个钝角。

钝角的实际范围为 $90^{\circ} - 160^{\circ}$ 。

下面参照图 10，说明“比叶片前缘的蒸汽上游侧”或“比叶片前缘的蒸汽下游侧（在某些情形下称为“上游侧”或“下游侧”）的表达。

图 10 中，箭头 44 表示动叶片的转动方向。在形成流道的两个动叶片中位于转动方向前方的一个称前一个叶片，前一个叶片的叶尖部分叶身部分标为 3y。设在沿转动方向往后设的另一个动叶片称为后一个动叶片，在叶尖部分叶身部分标为 3x。标号 3e, 42, 47 表示后一个动叶片的叶片的中弧线、后一个动叶片的叶身的前缘、和后一个动叶片的叶身的尾缘。垂直线 43 与叶片前缘的叶片弧线垂直。在该图中，在后一个和前一个动叶片之间的蒸汽流道中垂直线 43 的左上侧，其是后一个动叶片转动方向的前进侧，并且其是后一个动叶片不出现的一侧，其称为比叶片前缘更处于蒸汽的上游侧。右下侧，也就是存在后一个动叶片的一侧称为叶片前缘的蒸汽下游侧。

图 7 中示出了一个清楚结构的实例。

包括设在后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 和前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 之间的接触面 5 的平面 10 设在平面 10 不与后一个动叶片的叶尖部分的叶身部分 3x 相交的位置，并安排成与后一个动叶片的叶尖部分的叶片部分的中弧线 3e 的延伸线相交，该延伸线是从叶片前缘 42 向前延伸的叶片中弧线 3e。

在上述结构的动叶片中，后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 的表面（从动叶片的外圆周方向看），包括接触面 5 及与前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 相对的，其成形为沿动叶片转动方向近似凸形对着前侧，而前一个动叶片的叶面侧冠部 2b，包括接触面 5 及与邻近的后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 相对的，其成形为沿动叶片转动方向近似凹形对着后侧。在后一个动叶片和前一个动叶片的上述冠部相互相对的区域，比表面 5 更靠后（朝向尾缘侧 47）的区域在后一个动叶片和前一个动叶片之间有一个间隙。

在该图中，示出了有简单的凹或凸形的冠部。只要包括接触面 5 的任意面 10 与叶片中弧线 3e 的前延伸线 4b 相交，多种凹凸形形状的冠部可采用。

另外，在叶背侧冠部 1a 或 2a，与邻近的动叶片的叶面侧冠部 1b 或 2b 相对并位于相对包括接触面 5 的任意平面 10 在沿动叶片转动方向 44 的往后的方向的表面部分，在冠部之间设有一个间隙。

另外在图 2 中，在后一个动叶片的叶尖部分的叶身部分 3x 的叶片前缘的附近的冠部部分 8，（特别，比叶背侧冠部的叶片前缘 42 更靠叶背侧部分），从蒸汽涡轮的外周边侧看，没有如凹口之类的凹部。

另外，可用下面部分作为具体结构的实例。

在冠部 1，2，与邻近的前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 相对的，后一个动叶片叶背侧冠部 1a 的相对面设成突到动叶片的转动方向 44。凸形的顶部 41 是在比与前缘 42 处的叶尖部分的叶片部分的叶片中弧线 3e 相垂直的垂直线更沿转动方向 44 向前侧的区域中，而与邻近的动叶片的叶在侧冠部 2b 接触的区域设在比叶片前缘 42 更沿转动方向 44 向前的一侧。

上述的顶部 41 是动叶片突向转动方向 44 的最突出的部分。包括接触面的区域的，从凸形部分的顶部 41 到叶片前缘 42 的区域设在比上述叶片前缘 42 沿动叶片转动方向更向前的侧。在凸形部分的顶部 41 到叶片后缘 47 的区域中在动叶片叶背侧冠部 1a 和邻近的动叶片的叶面侧冠部 2b 之间设有一间隙。

图 2 中，随着蒸汽涡轮转动，施加到动叶片上的离心力使它们沿标

号 9 所示的方向反扭，在邻近的动叶片的叶尖设的叶冠 1，2 在接触面 5 处相互连接使后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 和前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 保持动叶片的反扭。这时，施加到接触面 5 上的力，除了垂直地施加在接触面上的力以外，还包括沿涡轮盘的径向指向外圆周侧的，由离心力施加的沿接触面 5 的剪切力。另外沿接触面 5 的剪切力还由后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 和前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 之间接触面 5 的摩擦而施加，这种摩擦是由叶片振动引起的。由于剪切力的影响，力流的端进到固定上述叶背侧冠部 1a 的叶尖部分附近的冠部 8。因此，图 2 中，叶尖部分附近的冠部 8 产生上述叶背侧冠部 1a 的最大应力集中。

按照本发明实施例的动叶片各设成使后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 和邻近后一个动叶片的前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 之间的包括接触面 5 的平面 10 与后一个动叶片的叶尖部分的叶片中弧线 3e 向着叶片前缘 42 延伸的延伸线相交，而上述接触面 5 设成使得上述平面和后一个动叶片的叶背侧冠部的蒸汽上游侧端 51 之间的角度是钝角。

因此，叶尖部分周围的冠部 8 的形状成形为凸的曲面形，使得由于该形状使应力集中程度降低。另外，该平面是在与图 5 所示的叶背侧部分 19 周围分开的位置，在叶背侧部 19，最容易发生腐蚀。因此，在施加最大的应力部分腐蚀起作用的情形下的倍增作用可明显减少。

已作了各种说明的冠部 1，2，在从接触面 5 到叶片后缘侧 47 区域后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 和前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 之间有一个间隙。叶背侧冠部 1a 的与前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 相对的相对面可设成例如与上述简单凸形不同的多个凸形，但是，即使取这些形状，也必须设置上述间隙。

如上所述，即使当从外圆周看（从箭头 66 方向看）动叶片构成前一个动叶片（另一动叶片）与后一个动叶片（一个动叶片）在叶尖部分 3b 周围交搭，例如，在后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 和邻近后一个动叶片的前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 之间的接触面 5 可确保在一个宽范围中，因而即使由于离心力使叶片反扭发生应力，还可确保稳定的接触条件。因此，可提供稳定的蒸汽涡轮轮，其强度没有问题。

另外，下面参照图 3 说明体现本发明的动叶片的装配方法的实例。

图3中，当叶片部分3装在涡轮盘部分4，如图所示，叶片部分3从涡轮盘部分4的外周边插入，随后用销子65固定。在该装配方法中，必须在叶片部分事先扭曲的条件下把叶片部分3插到涡轮盘部分中。由于如上所述，在体现本发明的动叶片中，在涡轮转动时，施加在动叶片上的离心力使叶片反扭，并且动叶片邻近的冠部在接触面5相互接触（如图2等所示）。另外，在图3中，作为叶根部分63的一个实例，提出了一个叉形，但是也可用其它的形状如鞍形，圣诞树形状等。

下面参见图4，5说明本发明的另一实施例。

图4示出从外圆周侧看的本发明动叶片的结构；图5示出动叶片上水膜流的行为。

图4中对如图2中同样的结构元件的说明省去了。接触面5设在后一个动叶片的叶尖部分与叶片中弧线3e垂直的垂直线43的左上侧的区域中。该区域相应前面参照图10限定的叶片前缘的蒸汽上游侧。另外，前一个动叶片的叶尖部分的叶身部分3y设在在后一个动叶片的叶尖部分的叶身部分3x的叶片前缘42的上游侧。另外，在后一个叶片的中弧线3e朝着叶片前缘42延伸的延伸线和包括接触面5的平面10之间的叶背侧角45是一个钝角。虽然叶尖部分的叶片部分3x的中弧线倾斜对着涡轮转子，该角度实际范围为 $90^{\circ} - 160^{\circ}$ 。

这样，当从外圆周方向看本发明的实施例的动叶片，因为在后一个动叶片的叶背侧冠部1a和邻近后一个动叶片的前一个动叶片的叶面侧冠部2b之间的接触面5设成使得比在后一个动叶片的叶尖部分和前一个动叶片的叶面处与叶前缘42处连接的最短垂直线43沿叶片转动方向44更靠前，在叶尖部分周围的冠部的形状没有凹口部分，并形成凸形曲面，由于这一形状可减小应力集中的程度。另外，该处是与容易发生腐蚀的叶背侧部分19周围分开的位置。因此，在叶背侧冠部1a，可大大减轻在施加最大应力的部分腐蚀起作用的情形下的倍增效应。

这里，考虑涉及影响后一个动叶片的叶背侧的腐蚀的水滴14的行为，粘在后一个动叶片叶背侧的水滴14由离心力形成沿着叶面流向叶尖方向的水膜流15。受蒸汽流影响，水膜流15从叶片前缘42侧流到尾缘47侧。因此，即使当水膜流到达叶背侧冠部1的内圆周侧，水膜流朝下

游侧流。因此，叶背侧周围的一部分 19 是水膜流的影响较敏感的地方。

按照本发明的动叶片的接触表面是比后一个动叶片的叶尖部分的叶身部分 3x 的叶片前缘更靠上游侧，因此水流膜的影响很小。也就是说，按本发明的动叶片不仅减少了应力集中及腐蚀，而且难以造成由于动叶片的振动引起接触面的小振动造成的微振磨损及由伴随的水滴引起的摩擦。

下面参照图 6 详细说明本发明的另一实施例。图 6 是从外圆周侧看的，本发明的动叶片的结构图。

图 6 中，对与图 4 动叶片相同的结构部分的说明省略了。直线 21 是从后一个动叶片的叶尖部分的叶身部分的叶片前缘 42 向前一个动叶片的叶面侧连成的最短直线。接触面 5 在直线 21 的左上侧，也就是说，位于涡轮转动方向的前侧。

在叶尖部分叶身部分的叶片中弧线 3e 的曲率较大的情形下，与图 4 相比，由图 6 所示的动叶片的结构保持图 4 中同样的作用。由于在图 6 中，从后一个动叶片的叶片前缘 42 到前一个动叶片的叶面侧的最短直线沿转动方向的前侧是在蒸汽流比在叶片前缘 42 附近更快的区域，并且由腐蚀粘上的水滴难以成为水膜流而朝着在该区域的后一个动叶片的接触面 5 流。

另外，在图 2，4，6 中所示的本发明的动叶片中，从动叶片的外圆周方向看，叶背侧冠部 1a 的接触面 5 最好是均匀的平表面，直到前缘部分不设凹凸部分。由于凹部会造成应力集中。

但是，在上述图中，与邻近的前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 相对并包括接触面 5 的表面是凸形，但是如果满足图中限定的关系，也可设多个凸起。即使设多个凸起，在叶背侧冠部，与邻近的前一个动叶片的叶面侧相对并包括接触面 5 的表面的下游侧区域（所谓的沿叶片转动方向的往后侧区域）中必须有间隙。

另外，上述接触面 5 可以是一个曲面。包括曲面的接触面 5 及有与接触面同样弧度的弯曲形的面设在弯曲形的面不与叶片部分 3 的叶尖部分的叶身部分 3x 相交的位置。

接触面 5 安排成设在后一个动叶片的叶尖部分的叶身部分的叶片前

缘 42 更靠蒸汽上游侧的区域。另外，它安排成设在后一个动叶片的叶尖部分的叶片部分 3x 的前缘与前一个动叶片的叶面侧连成的最短直线处在沿动叶片转动方向更靠前侧。

采用上述的结构，即使接触面 5 不是平的，还可保持图 2，4，6 所示的实施例同样的效果。另外，弯曲的接触面 5 比平面更容易接近点接触，邻近的冠部之间的接触程度变得更松，因此提供了动叶片结构中振动衰减的附加的效果。

下面说明由本发明解决的腐蚀及微振摩擦。

首先，参照图 9 说明腐蚀现象。在图中，标号 11a-11d 表示静叶片（喷嘴），12a-12d 表示动叶片，13a-13c 表示蒸汽流，14 表示水滴，16 表示溅射的水滴，17 表示静叶片尾缘，18 表示动叶片叶背侧部。在如此结构的蒸汽涡轮级中，湿蒸汽中沿与蒸汽流 13a-13c 的同样轨迹的细水滴流沿静叶片 11a-11d 的叶栅流。例如，在静叶片 11a 处，由于动量作用，一个较大的水滴 14 与蒸汽流分离，冲击并粘到静叶片 11a-11d 的表面，因此在其上形成水膜流 15。当水膜流达到静叶片的尾缘 17，其被蒸汽流 13a-13c 加速，因而它与静叶片尾缘分离转到溅射的水滴中。溅射的水滴 16 的流速 V_d 与蒸汽流的流速 V_s 相比显著慢，因为溅射水滴直径更大并且比初始的水滴增加质量。由于动叶片以速度 U 转动，蒸汽流由速度三角形的相对速度 W_s 表示，而溅射的水滴成为相对速度 W_d 。因此，几乎所有的水滴以一个小的（几乎为零的）倾角进入动叶片 12a-12d，而溅射的水滴以较大的倾角冲击动叶片叶背侧，因此不能避免在动叶片背侧部分 18 由水滴引起的腐蚀。虽然采取了很多措施防止腐蚀，但是，腐蚀还没有完全避免。因此，这是蒸汽涡轮中不能避免的问题之一。

例如，如图 2 等所示，叶背侧冠部 1a 和叶面侧冠部 2b 接收在接触面 5 处的相对力以便在涡轮转动时保持加到动叶片上的反扭。这时，由保持加到接触面 5 上的反扭的力影响的在冠部的最大弯曲应力发生在叶背侧的凹形的凹口部分（特别，在叶背侧冠部比叶尖部分的叶身部分 3x 的叶片前缘 42 更靠下游侧），该部分沿着由虚线所示的叶尖部分的叶身部分 3x 的方向从接触面 5 延伸出，因为与叶冠连接的叶片表面成为一个固定端。因此，该处应该较大注意地设计因为该处的强度付以更大的注

意。

本发明的实施例动叶片的冠部没有如 JP - A - 4 - 5402 的图 3 中公开的通常的叶冠部的叶背侧冠部的位置设的凹形的凹口部分，该位置在叶片部分 5 接触面的延伸线交叉处。因此，如图 5 所示，可抑制水膜流 15 的影响。另外，普通的冠部的上述凹形凹口部分位于图 9 中前面说过的动叶片背侧部 18，因此会发生溅散水直接冲击在其上。但是，在本发明中没有这样的可能性。

另外，在本发明的实施例的动叶片中，可抑制由如现有技术中所示的叶尖部分的叶身部分 3x 的附近的冠部连接部分的叶背侧部 19 周围部分的腐蚀引起相对强度言的脆性。在叶背侧冠部 1a，由于即使在支承叶冠部 1 的冠部 - 叶片边界附近施加上大的弯曲应力，仍可避免腐蚀的影响，因此可保持相对强度言动叶片的稳定状态。

另外，在现有技术中，如图 9 说明的溅散的水滴停在间隙中，因为存在气体在从上述凹形凹口部分延伸到左上侧的端面和叶冠部分之间。在这时，如果叶冠部的接触面 5 设在叶片前缘的下游侧，在间隙中的水成为水膜流及向下流到下游侧，因此，连接邻近的冠部的接触面变湿的可能性更大。在这种条件下，当动叶片振动时，在连接叶冠部的接触面处发生小振动，因此在叶冠的接触面，增加包括水的微振磨损的危险。

相反地，在本发明实施例的动叶片中，如结合图 4 实施例说明的，上述微振磨损的危险可通过使用冠部 1，2 的结构而抑制。

下面结合图 8 说明本发明的另一实施例。

蒸汽涡轮包括蒸汽供应部分 121，用蒸汽供应部分 121 的蒸汽供入的蒸汽室 129，涡轮室 129 中的涡轮转子轴 124，多个涡轮级，各有动叶片 126 及静叶片（喷嘴），及把废汽从涡轮室 129 中排出的排气部分 128。

转子轴 124 与发电机 127 相连。高压蒸汽从蒸汽供应部分 121 通过蒸汽控制阀 122 供入，流入涡轮室 129，随后通过在低压侧的最下游的动叶片排入排气部分 128。排气部分例如与一冷凝器连接。一机匣 123 盖住涡轮室的周边部分。在图 8 中，示出了一单通道蒸汽涡轮，但也可以用双通道型。

蒸汽涡轮的动叶片在至少任一级中使用任一种上述结构。因此，可提供一种总体言可靠性极好的蒸汽涡轮。

例如，上述动叶片可安排在最后一级。

因此，可抑制最后一级的动叶片中的应力集中、腐蚀和/或微振磨损，在最后一级蒸汽是高湿度的并且由于离心力动叶片反扭较大。

另外，上述动叶片可安排在最后一级的上游侧。

因此，在对应力集中或腐蚀影响敏感的或对蒸汽气氛造成的微振磨损及离心力造成的反扭敏感的级，可选择对这种影响不易敏感的如图 2、4、6 所示的动叶片的叶冠形状，因而可提供有稳定强度的动叶片。

另外，有图 2、4、6 所示的叶冠的动叶片可安排在任一级，其中叶片身段部分长为 20 - 30 英寸。

因此，作为在具有叶身段长度考虑对应力集中及腐蚀影响敏感或对蒸汽气氛造成的微振磨损及离心力造成的反扭敏感的级中的动叶片，可选择及安排对这种影响不敏感的如图 2、4、6 所示的动叶片的叶冠形状，使得可提供有稳定强度的动叶片的蒸汽涡轮。

例如，在 30 - 400HW 的蒸汽涡轮中，作为离低压侧的第二级的 20.9 英寸的动叶片，考虑蒸汽条件及由离心力造成的反扭程度，可用上述类型的动叶片以便抑制应力集中及腐蚀、或微振磨损。

下面参照图 11 说明本发明的又一个实施例。图 11 示出一组合的循环装置，包括一燃气涡轮 71，一燃烧室 72，一压气机 73，一废气回收锅炉 74，一蒸汽涡轮 75 和一发电机 76。

在组合循环装置中，在多级各包括图 8 所示的动叶片 126 及静叶片 115 的蒸汽涡轮 75 中，各动叶片设成使得叶身部分 3 的剖面形状由叶根到叶尖扭曲，并设有如图 1 - 3 所示的与动叶片的叶尖成整体的叶冠，其中如图 2 所示，包括在后一个动叶片的叶背侧冠部 1a 和邻近后一个动叶片的前一个动叶片的叶面侧冠部 2b 之间接触面 5 的平面 10 与后一个叶片的叶尖 42 的叶片中弧线 3a 的向前延伸线相交，并且接触面 5 安排成使得平面 10 和叶背侧冠部的蒸汽上游侧端部 51 之间的角度成钝角。

因此，组合循环装置的寿命可以延长，并可提供一个具高可靠性的组合循环装置。

当这装置设有发电设备，可以保持稳定地输送电能。

图 1

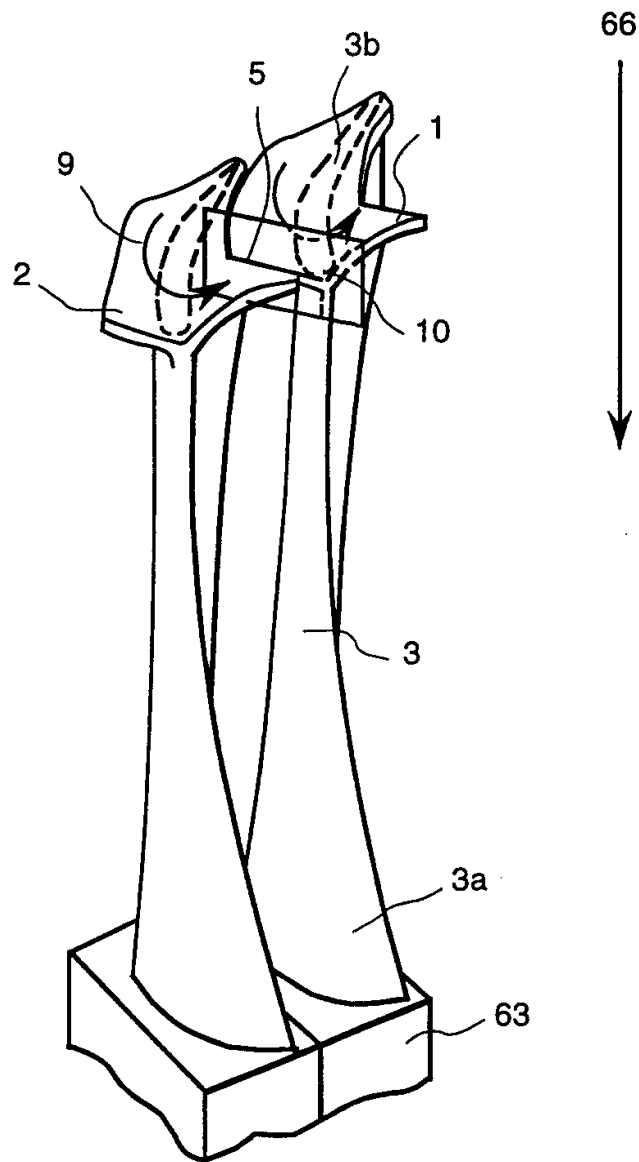


图 2

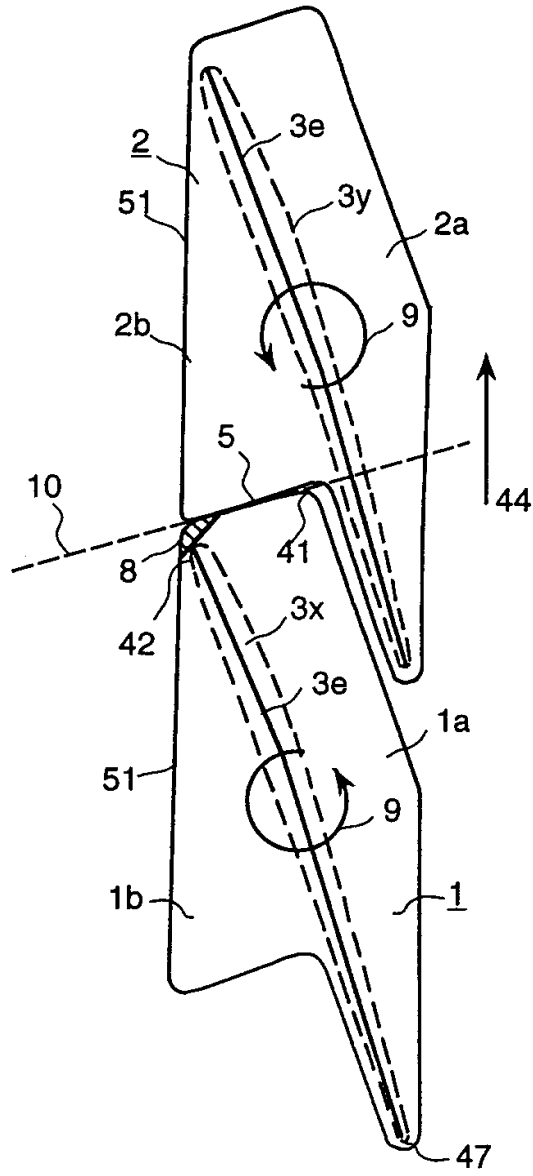


图 3

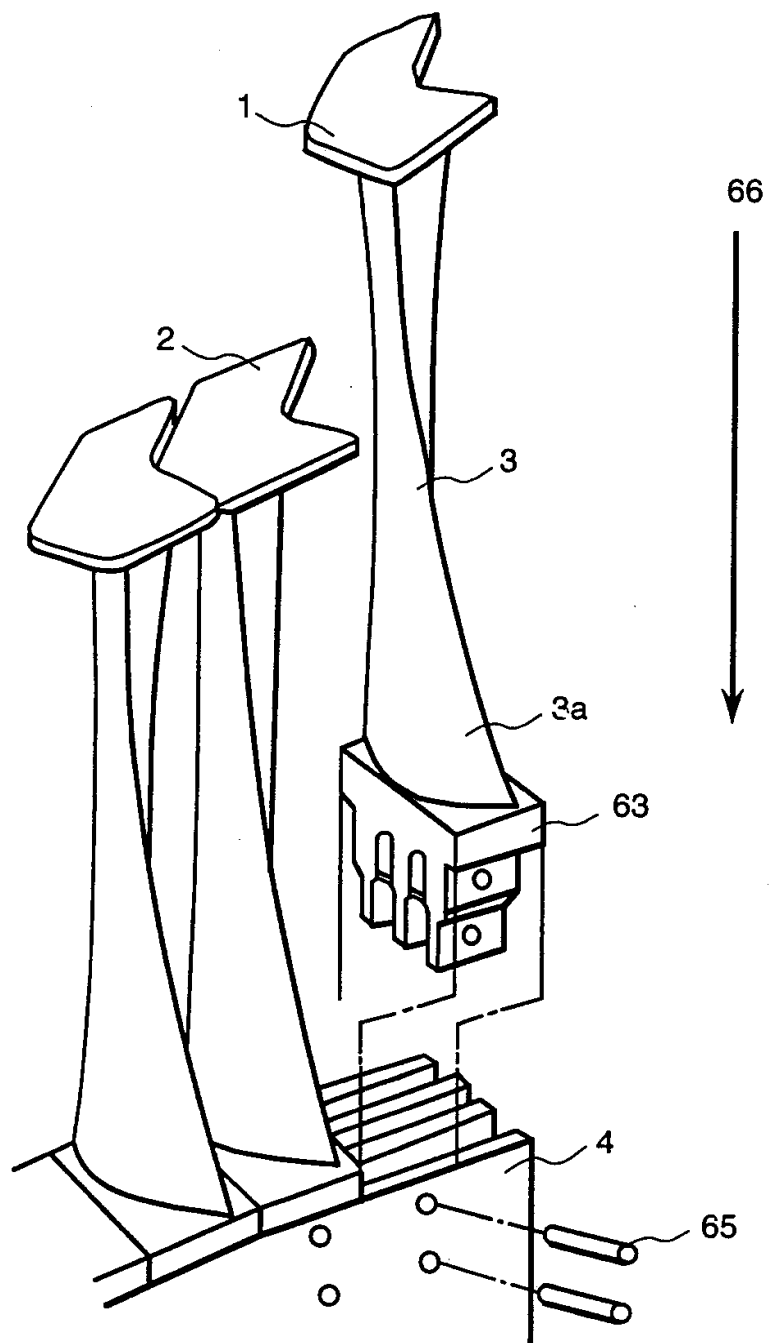


图 4

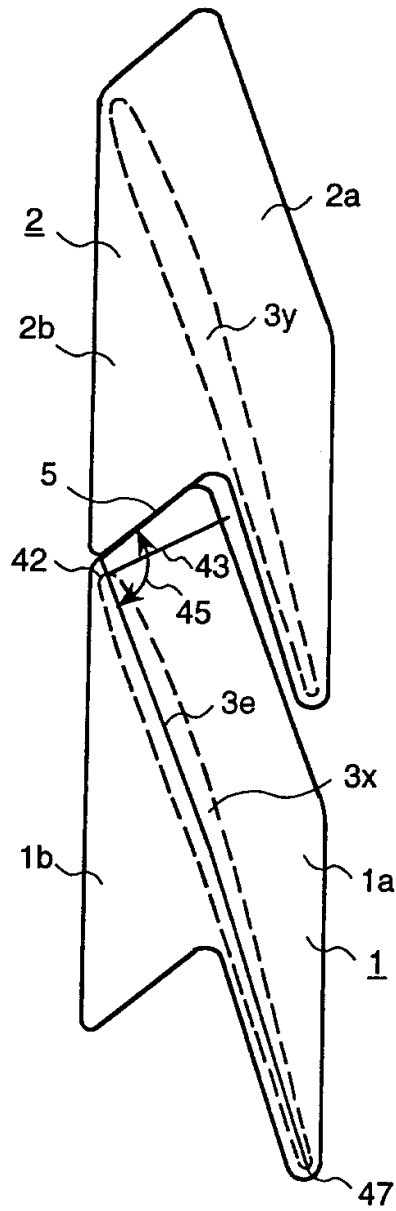


图 5

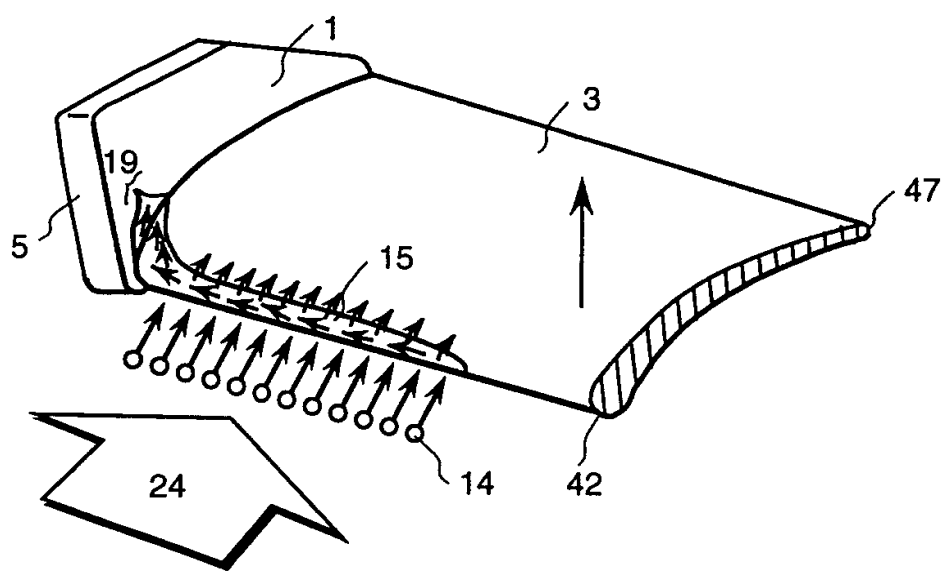


图 6

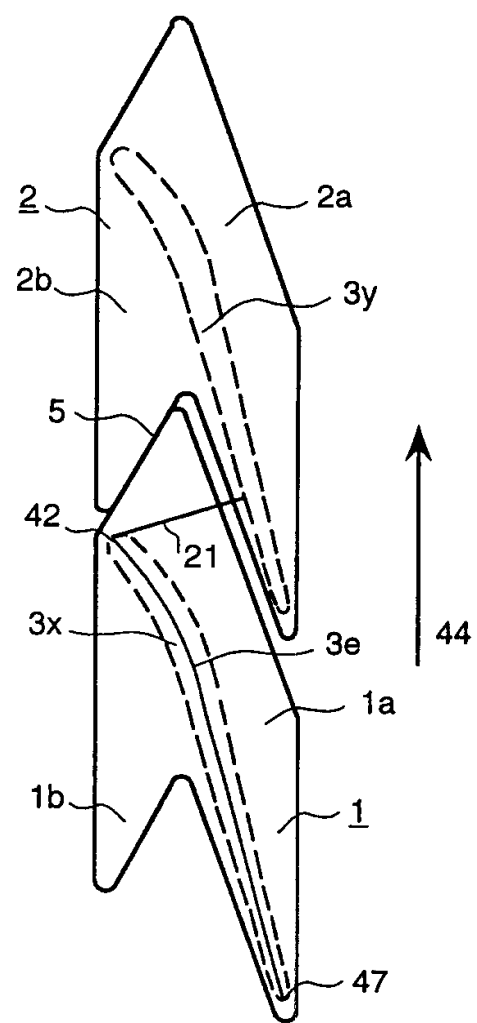


图 7

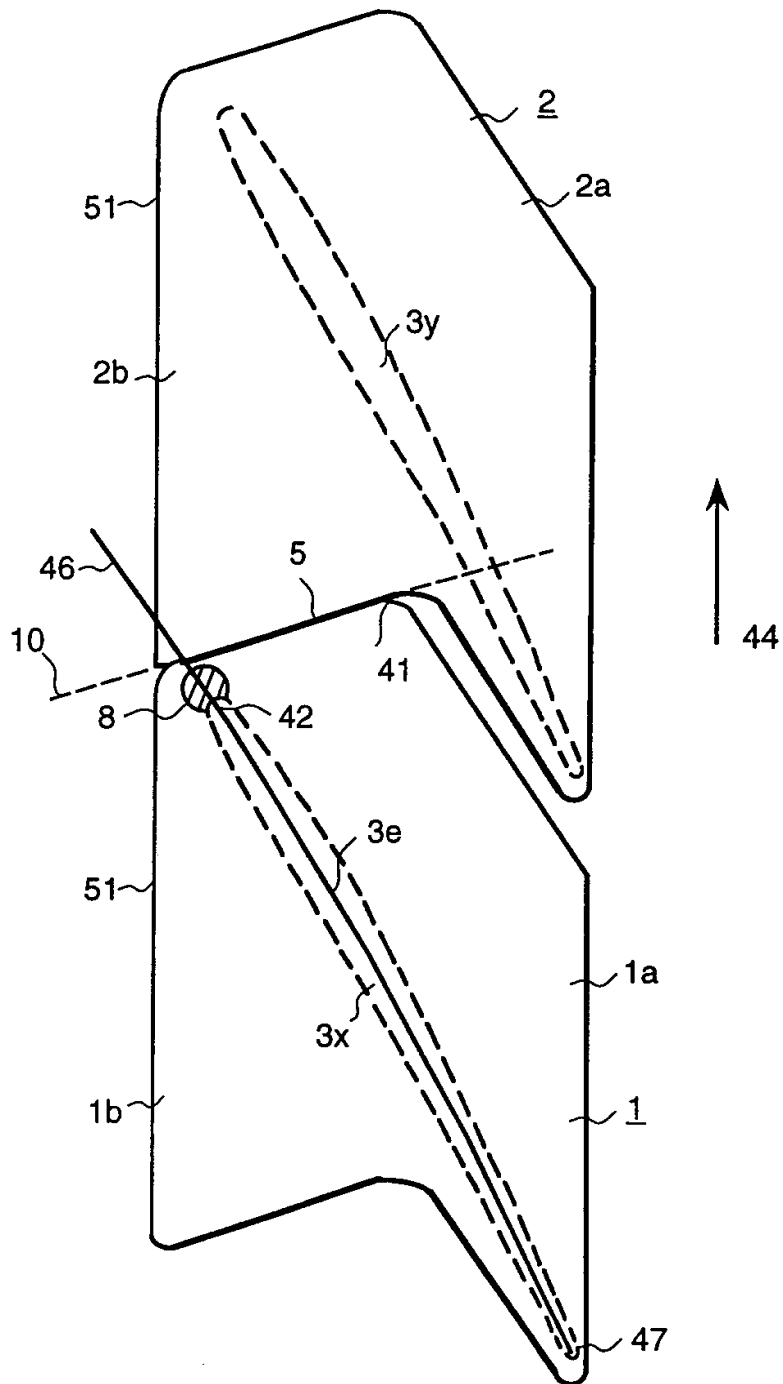


图 8

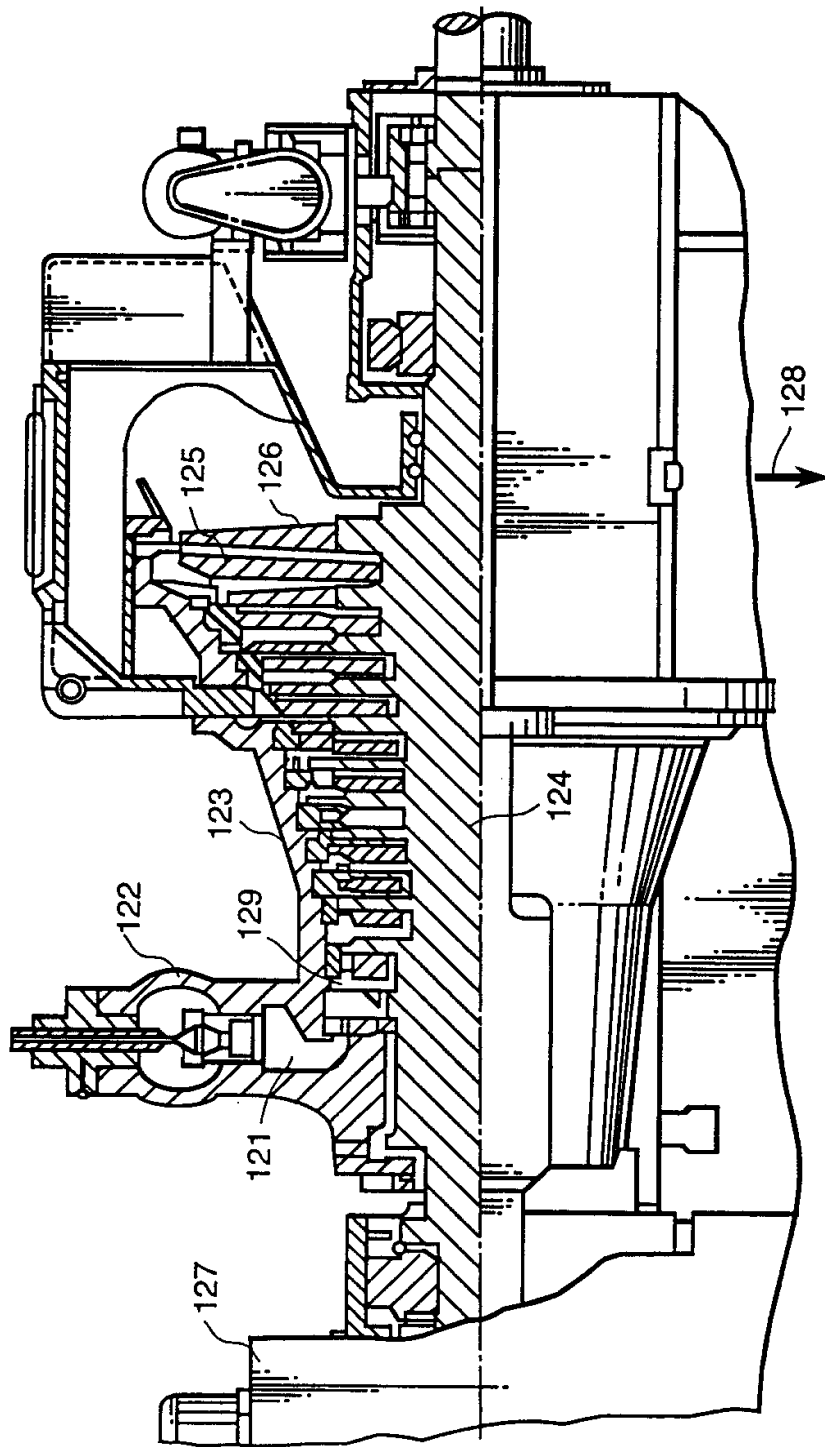


图 9

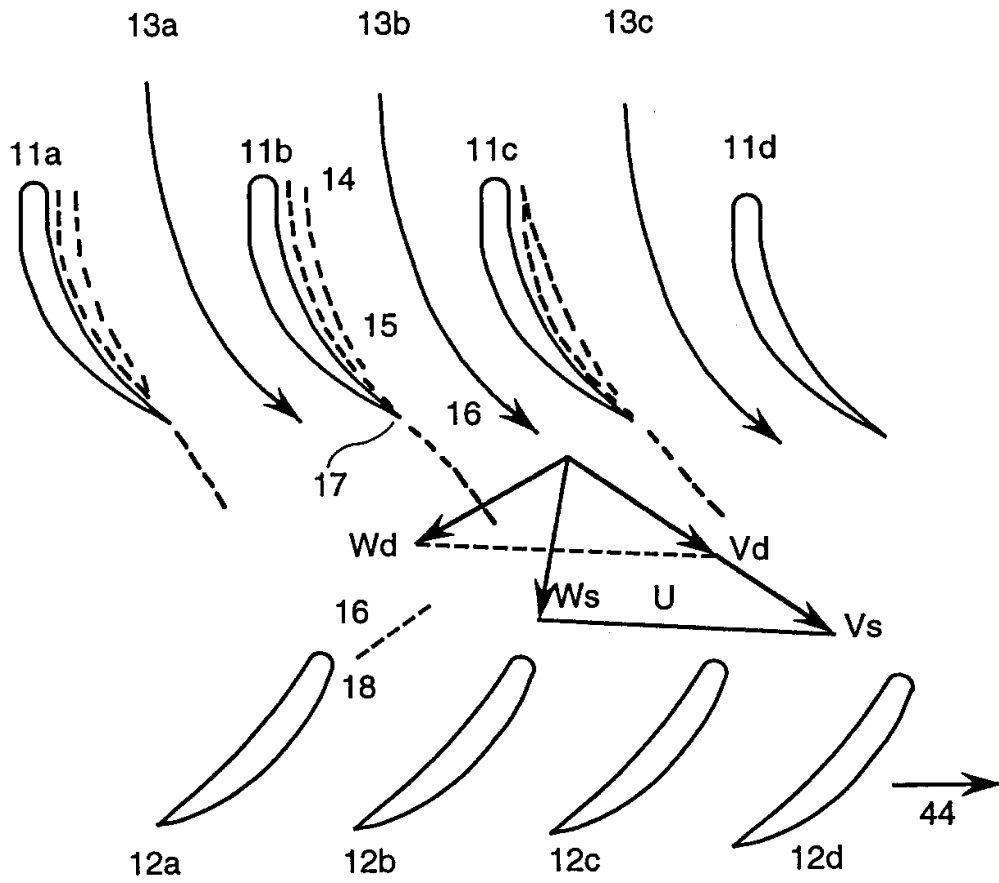


图 10

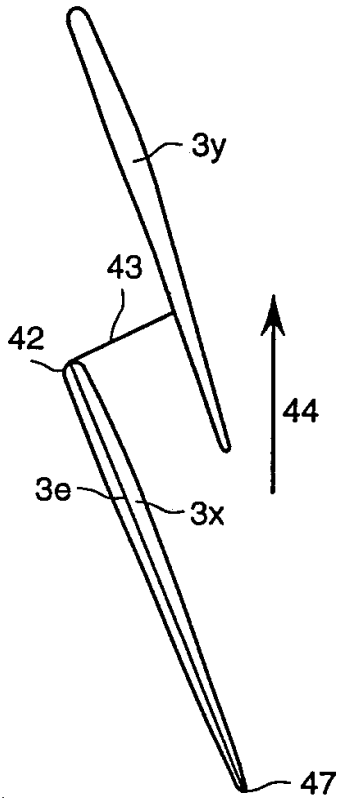


图 11

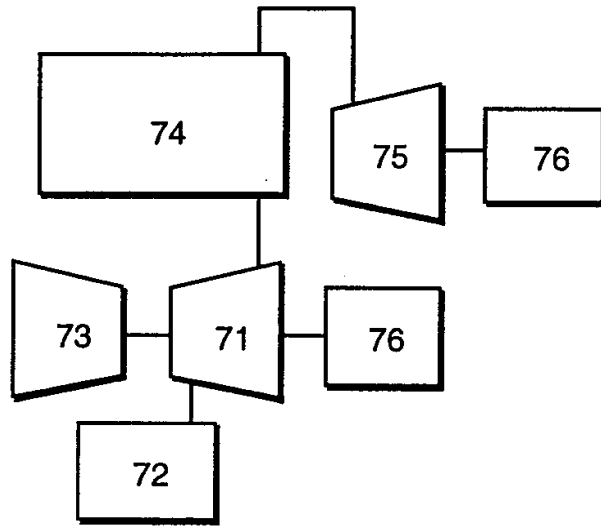


图 12

