



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99808485.9

[45] 授权公告日 2004 年 8 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1163662C

[22] 申请日 1999. 6. 10 [21] 申请号 99808485. 9

[30] 优先权

[32] 1998. 6. 12 [33] JP [31] 164833/1998

[86] 国际申请 PCT/JP1999/003101 1999. 6. 10

[87] 国际公布 WO1999/064725 英 1999. 12. 16

[85] 进入国家阶段日期 2001. 1. 10

[71] 专利权人 株式会社荏原制作所

地址 日本东京

[72] 发明人 渡边启悦 原田英臣

审查员 王 颖

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

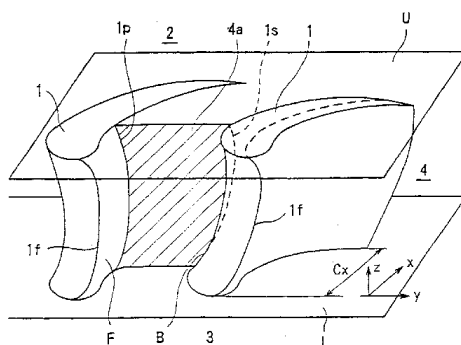
代理人 刘兴鹏

权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 10 页

[54] 发明名称 涡轮导向器叶片

[57] 摘要

一种涡轮导向器包括一排导向器叶片(1)，它们沿圆周方向布置在由导流隔板内外环之间确定的环形通道(4)中并且固定在导流隔板的内外环上。流道确定在相邻导向器叶片的压力面(F)和吸力面(B)之间，流道的横截面包括从内外径表面(轮毂端壁和叶尖端壁)开始沿叶片高度(h)延伸并由曲线确定的预定范围以及另一个由大致直线确定的范围。



1. 一种涡轮导向器，其包括：

一排导向器叶片（1），它们沿圆周方向（y）布置在由内环（3）的轮毂端壁（L）与外环（2）的叶尖端壁（U）之间确定的环形通道（4）中并且固定在上述轮毂端壁（L）和叶尖端壁（U）上；以及

一个流道（4a），其确定在上述相邻导向器叶片（1）的压力面（F）和吸力面（B）之间，在一个从导向器叶片前缘（1f）开始沿子午线方向（x）的预定区域内，上述流道（4a）的横截面包括每个上述压力面（F）和上述吸力面（B）上的一条位于从上述轮毂端壁（L）和叶尖端壁（U）开始向内的一个预定叶片高度范围内的曲线和每个上述压力面（F）和上述吸力面（B）上的一条位于另一个范围内的大致直线。

2. 根据权利要求1所述的涡轮导向器，其特征在于，上述预定叶片高度范围包括一个从上述轮毂端壁（L）和叶尖端壁（U）向内至上述叶片高度的20—40%所对应的范围。

3. 根据权利要求1所述的涡轮导向器，其特征在于，上述预定区域包括一个从上述导向器叶片（1）的上述前缘（1f）沿子午线方向（x）至叶片宽度的至少30%处的区域。

4. 根据权利要求1所述的涡轮导向器，其特征在于，在从上述导向器叶片（1）的上述前缘（1f）沿子午线方向（x）至叶片宽度的至少30%处的范围内，上述流道（4a）的上述横截面由上述

压力面(F)上的一条线和上述吸力面(B)上的一条线确定, 每条上述线分别包括一条位于中央部分的大致直线, 该中央部分不包括从上述轮毂端壁(L)和叶尖端壁(U)向内至上述叶片高度的20—40%所对应的范围。

5. 根据权利要求4所述的涡轮导向器, 其特征在于, 从压力面(F)或吸力面(B)上的线与上述轮毂端壁(L)的交点至上述大致直线的延长线与上述轮毂端壁(L)的交点的距离以及从压力面(F)或吸力面(B)上的线与上述叶尖端壁(U)的交点至上述大致直线的延长线与上述叶尖端壁(U)的交点的距离在上述导向器叶片(1)的前缘(1f)处具有最大值。

6. 根据权利要求5所述的涡轮导向器, 其特征在于, 上述最大值在上述叶片高度的5%至15%范围内。

7. 根据权利要求5所述的涡轮导向器, 其特征在于, 上述距离在上述导向器叶片(1)的上述前缘(1f)处位于上述叶片高度的5%至15%范围内, 而在从上述导向器叶片(1)的上述前缘(1f)沿子午线方向(x)至叶片宽度的至少30%处的区域内至少为上述叶片高度的4%。

涡轮导向器叶片

技术领域

本发明涉及一种涡轮导向器，具体地讲，涉及这样一种涡轮导向器，其包括一排沿圆周方向布置在由导流隔板内外环之间确定的环形通道中并且固定在导流隔板内外环上的导向器叶片。

背景技术

最近几年已经认识到，为了在发电站中改进机械运转的能耗或提高发电效率，提高涡轮的性能是很重要的。

为了提高涡轮性能，需要降低每个涡轮级中的内压损失，包括叶片轮廓损失、二次流损失和泄漏损失。

在纵横比（叶片高度/叶片弦长）较小且叶片高度较小的涡轮级中，二次流损失所占的比例较大。因此，降低二次流损失对于提高涡轮性能而言是有效的。

下面将描述二次流的产生机理。

如附图中的图 15 所示，在导向器叶片 1 之间流动的气流 G 要受到从每个导向器叶片 1 的压力面 F 至吸力面 B 的压力梯度所产生的力的作用。在一股从涡轮端壁流出的主气流中，因压力梯度引起的力和气流旋转引起的离心力相互平衡。然而，邻近于涡轮端壁的边界层中的气流动能量级较低，因此会被箭头 J 所示的压力梯度产生的力从压力面 F 输送到吸力面 B。在流道的后半部分，

气流将与吸力面 B 碰撞并向上滚动，从而形成流道涡流 W。流道涡流 W 在端壁边界层中聚集起一股低能量气流，从而在导向器叶片下游产生不均匀能量分布。尽管这种能量不均匀分布会在导向器叶片下游均匀化，但会在均匀化过程中导致大量能量损失。在图 15 中，E 表示径向轴线，L 表示一个轮毂端壁。

此前曾有各种尝试以抑制上述二次流。

例如，如附图中的图 16 所示，叶片 1 相对于径向轴线 E 倾斜一个角度 θ ，用以减弱叶片的轮毂端壁附近的叶片至叶片间压力梯度。在图 16 中，附图标记 2 表示外环，附图标记 3 表示内环。此外，如附图中的图 17 和 18 所示，导向器叶片 1 在它们的相反端部弯曲，以使压力面 F 指向端壁。在图 17 中，U 表示外径表面。在图 18 中， θ_t 表示叶片叠层线 1 在叶尖端壁处的切线与径向轴线 E 之间的夹角， θ_r 表示叶片叠层线 1 在轮毂端壁处的切线与径向轴线 E 之间的夹角，h 表示叶片高度。根据这种传统尝试方法，虽然采用了相同的叶片轮廓，但叶片层叠线是沿轮毂端壁附近的叶片至叶片间压力梯度减弱的方向弯曲或倾斜的，从而控制二次流以降低损失。

另一种传统技术涉及横跨导向器叶片的整个高度形成倾斜或弯曲表面，从而控制二次流，如日本专利公开文献 No. 10-77801 中所公开。

为了控制上述传统构造中的压力梯度，导向器叶片需要强烈倾斜或弯曲，而为满足这种要求所作努力可能导致导向器叶片的制造工艺或机械强度方面的问题。

此外，根据这种弯曲或倾斜叶片，叶片出口处的气流分布很

可能与既不弯曲也不倾斜的叶片上的气流分布显著不同。

例如，附图中的图 19 示出了一个曲线图，其中水平轴线表示沿叶片高度方向的位置，该位置以相对于高度 h 的无量纲比例表示，垂直轴线表示圆周速度 V_t 和子午线方向速度 V_m ，二者表示为相对于绝对速度 $V (= (V_t^2 + V_m^2)^{0.5})$ 的无量纲比例。图 19 中的曲线图显示出，在叶片相反端，普通导向器叶片的流速分布（以实曲线表示）与弯曲叶片的流速分布（以虚曲线表示）不同。

如果导向器叶片是弯曲形状的并且与位于导向器叶片下游的传统转子叶片组合，则来自导向器叶片的气流不能与转子叶片相匹配，弯曲导向器叶片可能效率不高。在这种情况下，需要采用能够与弯曲导向器叶片的出口气流相匹配的新型转子叶片，因此这种构造不能满足大范围的用途。

发明内容

因此本发明的一个目的是提供一种涡轮导向器，其能够减小二次流损失并产生与普通导向器叶片相同的出口气流，因而不会对位于涡轮导向器下游的转子叶片产生负面影响。

根据本发明的一个方面，提供了一种涡轮导向器，其包括：一排导向器叶片，它们沿圆周方向布置在由导流隔板内外环之间确定的环形通道中并且固定在导流隔板的内外环上；以及一个流道，其确定在相邻导向器叶片的压力面和吸力面之间，流道的横截面包括从内外径表面（轮毂端壁和叶尖端壁）开始沿叶片高度延伸并由曲线确定的预定范围以及另一个由大致直线确定的范围。

由于位于压力面和吸力面上预定范围内的流道横截面包括一个由曲线确定的区域和一个由大致直线确定的区域，因此根据本发明的涡轮导向器在结构上明显不同于日本专利公开文献 No. 10-77801 中公开的导向器叶片。

根据本发明的另一个方面，还提供了一种涡轮导向器，其包括：一排导向器叶片，它们沿圆周方向布置在由导流隔板的内外环之间确定的环形通道中并且固定在导流隔板的内外环上；每个导向器叶片上的一个压力面在一个沿导向器叶片的子午线方向的预定范围内并且在一个位于叶尖端壁与叶片中跨之间的预定范围内面对着导流隔板的叶尖端壁，而且压力面在一个位于轮毂端壁与叶片中跨之间的预定范围内面对着导流隔板的轮毂端壁；每个导向器叶片上的一个吸力面在一个沿导向器叶片的子午线方向的预定范围内并且在一个位于叶尖端壁与叶片中跨之间的预定范围内面对着导流隔板的轮毂端壁，而且吸力面在一个位于轮毂端壁与叶片中跨之间的预定范围内面对着导流隔板的叶尖端壁。

这里，预定范围可以包括沿子午线方向从导向器叶片的前缘至导向器叶片子午线宽度的至少 30%所对应的范围。预定范围可以包括从导向器叶片的轮毂端壁至叶片高度的 20-40%所对应的范围和从导向器叶片的叶尖端壁至叶片高度的 20-40%所对应的范围。

在上述各预定范围内，导向器叶片的压力面被布置得在叶尖端壁侧面对着叶尖端壁，即弯曲而面对着叶尖端壁，并且被布置得在轮毂端壁侧面对着轮毂端壁，即弯曲而面对着轮毂端壁，而导向器叶片的吸力面被布置得在叶尖端壁侧面对着轮毂端壁，即弯曲而面对着轮毂端壁，并且被布置得在轮毂端壁侧面对着叶尖

端壁，即弯曲而面对着叶尖端壁。

压力面上的一条线和吸力面上的一条线沿着导向器叶片的高度具有中央部分，中央部分优选由大致直线确定，并且不包括从导向器叶片的轮毂端壁至叶片高度的 20—40%所对应的范围和从导向器叶片的叶尖端壁至叶片高度的 20—40%所对应的范围。具体地讲，在从导向器叶片前缘至导向器叶片子午线宽度的至少 30%这一范围内的任意子午线位置上，流道横截面的压力面上的一条线和吸力面上的一条线具有中央部分，中央部分优选由大致直线确定，并且不包括从导向器叶片的轮毂端壁至叶片高度的 20—40%所对应的范围和从导向器叶片的叶尖端壁至叶片高度的 20—40%所对应的范围。

在从导向器叶片的前缘至导向器叶片的子午线宽度的至少 30%所对应的范围内的一个子午线位置上，流道横截面由压力面上的一条线和吸力面上的一条线确定，每条线分别包括一条位于导向器叶片中央区域中的大致直线。

从压力面或吸力面上的线与轮毂端壁的交点至由大致直线确定的压力面或吸力面中央部分的延长线与轮毂端壁的交点的距离以及从压力面或吸力面上的线与叶尖端壁的交点至中央部分的延长线与叶尖端壁的交点的距离在导向器叶片的前缘处具有最大值，而且在距导向器叶片前缘 30%子午线宽度处至少为叶片高度的 4%。

在导向器叶片的前缘处该距离的最大值应当优选位于叶片高度的 5%至 15%范围内。

从导向器叶片前缘至 55—65%子午线宽度处，如果交点间的

距离以 Sh 或 St 表示，导向器高度以 h 表示，从导向器叶片前缘（1f）至叶片宽度（ Cx ）的子午线距离以 Λ 表示，则优选满足下面的方程：

$$St/h, Sh/h = \sum An \cdot \Lambda^n$$

其中 An 表示一个系数， n 为 0 或以上的整数。

在上述方程中，接近于零的高阶项可以略去。换言之， n 为 0 或以上的整数，该整数是一个数值，包括所有位小到可忽略的高阶项。

通过下面结合附图所作详细描述，可以使本发明的上述以及其它目的、特征和优点更加清楚，附图中以示例的方式显示了本发明的一个优选实施例。

附图说明

图 1 是根据本发明一个实施例的涡轮导向器叶片的透视图；

图 2 是图 1 所示涡轮导向器中的流道的剖视图；

图 3 是根据本发明的导向器叶片的距离 Sh 、 St 在子午线方向的分布图；

图 4A 至 4D 是传统涡轮导向器中的导向器叶片的流道横截面沿子午线方向的变化图；

图 5A 至 5D 是根据本发明实施例的涡轮导向器中的导向器叶片的流道横截面沿子午线方向的变化图；

图 6 是在 $x/Cx=0.3$ 处的距离 Sh 、 St 与损失之间的关系图；

图 7 是高度 Lh 、 Lt 与损失之间的关系图；

图 8 是根据本发明的实施例的导向器叶片的距离 Sh 、 St 在子午线方向的分布图；

图 9 是前缘处的距离 Sh 、 St 与损失之间的关系图；

图 10 是传统叶片与根据本发明的叶片在出口处的压力损失分布比较图；

图 11 是叶片中跨处的叶片表面静压分布图；

图 12 是涡轮导流隔板的轮毂端壁处的叶片表面静压分布图；

图 13 是叶片出口处的速度分布图；

图 14A 和 14B 分别是传统导向器叶片和根据本发明的导向器叶片的流道横截面上的静压等高线分布比较图；

图 15 是传统涡轮导向器中的气流的局部透视图；

图 16 是传统导向器的局部前视图，导向器中带有用于降低二次流损失的倾斜叶片；

图 17 是传统导向器的局部透视图，导向器中带有用于降低二次流损失的弯曲叶片；

图 18 是图 17 所示导向器的局部前视图；

图 19 是普通叶片与弯曲叶片的流速分布比较图。

具体实施方式

下面参照附图描述根据本发明一个实施例的涡轮导向器。

如图 1 所示，根据本发明的涡轮导向器包括一排导向器叶片 1，它们沿圆周方向 (y) 位于由一个导流隔板的内环 3 和外环 2 之间确定的环形通道 4 中。导向器叶片 1 在它们的相反端具有轮毂端

壁 L 和叶尖端壁 U，它们分别固定在内环 3 的外径表面（轮毂端壁）和外环 2 的内径表面（叶尖端壁）上。涡轮导向器在图 1 中的透视图是从位于涡轮导向器上游的位置上看的。每个导向器叶片 1 分别具有一个叶片轮廓断面或一个翼面，并且具有一个压力面 F 和一个吸力面 B。

在相邻导向器叶片 1 的压力面 F 和吸力面 B 之间确定出的流道在任意子午线位置上具有横截面 4a。横截面 4a 具有一个由压力面 F 上的线 1p 确定的侧边缘和由吸力面 B 上的线 1s 确定的相反侧边缘。每个导向器叶片 1 沿子午线方向 (x) 具有宽度 C_x 。在图 1 中，z 表示径向。

在每个导向器叶片 1 上，在沿子午线方向 (x) 从前缘 1f 至宽度 C_x 的至少 30% 的位置之间的区域内，并且在从轮毂端壁 L 和叶尖端壁 U 开始向内（即沿着从轮毂端壁 L 至叶尖端壁 U 的方向和从叶尖端壁 U 至轮毂端壁 L 的方向）至叶片高度 h 的 20—40% 所对应的范围 L_h 、 L_t 内（见图 2），构成横截面 4a 的线，即压力面 F 上的线 1p 和吸力面 B 上的线 1s 分别由面对着轮毂端壁 L 和叶尖端壁 U 的直线或曲线 C_1 、 C_2 构成。线 1p、1s 上除范围 L_h 、 L_t 之外的部分，即线 1p、1s 的中央部分由直线 S 构成。

因此，如图 2 所示，在相邻导向器叶片 1 的压力面 F 和吸力面 B 之间的流道 4a 中，从轮毂端壁 L 和叶尖端壁 U 开始向内至 20—40% 叶片高度 h 所对应的范围 L_h 、 L_t 分别由面对着端壁 L、U 从压力面 F 向吸力面 B 倾斜的直线或曲线 C（ C_1 、 C_2 ：图示实施例中为抛物线）构成。

在轮毂端壁 L 和叶尖端壁 U 上从直线部分 S 开始的偏移距离，

即从斜线 C1 与轮毂端壁 L 的交点 Pt1 至直线部分 S 的延长线 SE1 (图 2 中以虚线表示) 与轮毂端壁 L 的交点 Pc1 的距离 Sh 以及从斜线 C2 与叶尖端壁 U 的交点 Pt2 至直线部分 S 的延长线 SE2 (图 2 中以虚线表示) 与叶尖端壁 U 的交点 Pc2 的距离 St 在导向器叶片前缘 1f 处具有最大值, 并且向着导向器叶片后缘逐渐减小。

下面将描述添加了倾斜部分 C1、C2 后子午线范围的作用。

在图 3 中, 距离 St、Sh 相对于子午线方向 (x) 的变化以特性曲线 (a)、(b)、(c)、(d)、(e) 和 (f) 表示。在图 3 中, 水平轴线表示 x/C_x , 垂直轴线表示 Sh/h 、 St/h 。这里, x/C_x 定义为距前缘的子午线距离被叶片子午线宽度 C_x 无量纲化处理后的值。在这些特性曲线 (a) — (f) 所示的例子中, 除了特性曲线 (a) 所示的例子以外, 其余例子在前缘 1f 处的距离 $Sh (=St)$ 与叶片高度 h 之比均选择为 $Sh/h=0.09$ 。范围 L_h 、 L_t 与叶片高度 h 之比选择为 $L_h/h=L_t/h=0.25$ 。

对于特性曲线 (a), 距离 Sh、St 在整个导向器叶片内为: $Sh=0$, $St=0$, 这表示传统导向器叶片轮廓。

传统导向器叶片 (以特性曲线 (a) 表示) 中的流道横截面沿子午线方向的变化显示于图 4A 至 4D 中。本发明的导向器叶片 (以特性曲线 (e) 表示) 中的流道横截面沿子午线方向的变化显示于图 5A 至 5D 中。

作为比较, 图 6 示出了通过粘滞流动分析得出的由特性曲线 (a) — (f) 表示的导向器叶片总体压力损失与子午线距离 $x/C_x=0.3$ 处的距离 Sh 之间的关系。

图 6 中的分析显示出, 在 $x/C_x=0.3$ 处随着距离 Sh 的增加损

失将减小，直至 $Sh/h=0.046$ ，而对于 $Sh/h>0.046$ 的特性曲线 (d)、(e) 和 (f)，损失基本上保持不变。

如果考虑到需要制造简便和容易，则如图 3 所示由特性曲线 (d)、(e) 表示的在 $x/C_x=0.6$ 处距离 Sh 减小到大致为零的导向器叶片优于由特性曲线 (f) 表示的在整个纵向宽度上距离 Sh 保持恒定而且倾斜部分 C_1 、 C_2 呈现在整个子午线宽度上的导向器叶片，这是因为流道的形状简单。

下面将描述添加了倾斜部分 C_1 、 C_2 后叶片高度中的范围 L_h 、 L_t 的作用。

图 7 示出了导向器叶片在添加了倾斜部分 C_1 、 C_2 后叶片高度中的范围 L_h 、 L_t 相对于损失的效果，其中距离 Sh 、 St 的分布在 $x/C_x=0.6$ 处减小到大致为零，而且在导向器叶片前缘处 Sh/h 等于 0.09，如图 3 中的特性曲线 (b)、(c)、(d)、(e) 所示。

从图 7 中可以理解，不论范围 L_h 、 L_t 的大小如何，根据本发明的导向器叶片受到的损失均小于传统导向器叶片，特别是在 $0.2<L_h/h$ ， $L_t/h<0.4$ 的范围内损失最小。

下面将描述导向器叶片前缘处的距离 Sh 、 St 的作用。

图 8 示出了由特性曲线 (a) — (e) 表示的在前缘具有不同距离 Sh 、 St 的导向器叶片，图 9 示出了通过粘滞流动分析得出的这些导向器叶片的总体压力损失。图 9 中的水平轴线表示导向器叶片入口处的 Sh/h ($=St/h$)。

从图 8 中可以看到，由特性曲线 (b) — (e) 表示的各个导向器叶片的距离 Sh 、 St 沿子午线方向的分布在 $x/C_x=0.6$ 处减小到大致为零。

从图 9 中可以看到，由特性曲线 (b) - (e) 表示的导向器叶片在前缘处的 Sh/h 在高达大约 0.16 时所受的损失均比传统的导向器叶片小。由特性曲线 (b) - (d) 表示的导向器叶片更优选采用，因为损失最小，特别是在 $0.05 < Sh/h < 0.15$ 的范围内。

图 10 至 13 示出了传统普通导向器叶片与根据本发明的导向器叶片的分析计算详细结果。

作为比较，图 10 示出了通过粘滞流动分析得出的传统导向器叶片与根据本发明的导向器叶片在叶片出口横截面上的损失分布，其中在前缘处 $Sh/h=0.09$ ， $St/h=0.106$ ， $Lh/h=Lt/h=0.25$ ，距离 Sh 、 St 沿子午线方向的分布在 $x/Cx=0.6$ 处减小到大致为零。在图 10 中，水平轴线表示 z/h ，垂直轴线表示总体压力损失。

从图 10 中可以理解，普通导向器叶片（以实曲线表示）因二次流导致的损失峰值呈现在轮毂端壁和叶尖端壁附近，这将产生不均匀气气流，当这些气流在叶片下游混合和扩散时，将导致大量损失，而在本发明的导向器叶片中（以虚曲线表示），在轮毂端壁附近因二次流导致的损失峰值比普通导向器叶片低 30% 左右。

图 11 示出了在叶片中跨处的叶片表面静压分布，图 12 示出了在涡轮导流隔板的轮毂端壁处的叶片表面静压分布。在图 11 和 12 中，水平轴线表示 x/Cx ，垂直轴线表示 $P/Ps0$ （表面压力被导向器入口处的静压无量纲化处理）。从图 11 和 12 中可以看到，在叶片中跨处本发明的叶片上的静压（以虚曲线表示）与普通叶片的静压（以实曲线表示）相同，而在叶片进口侧本发明的叶片在轮毂端壁上的叶片负载（压力面与吸力面的压差）更小。

下面将通过导向器流道的横截面 4a 上的静压分布变化而描述

叶片负载分布的这种变化，即在叶片进口侧本发明的叶片负载小于传统叶片这一事实。

传统导向器叶片和本发明的导向器叶片的流道横截面 4a 上的静压等高线显示于图 14A 和 14B 中。在传统导向器叶片中，静压等高线的分布基本上平行于压力面 F 上的线 1p 和吸力面 B 上的线 1s。在吸力面 B 上的线 1s 附近，位于叶片高度中心的静压和位于轮毂端壁 L 和叶尖端壁 U 处的静压基本相等。

在本发明的导向器叶片中，在吸力面 B 上的线 1s 附近跨过叶片高度的静压分布比在轮毂端壁 L 和叶尖端壁 U 附近的叶片高度中心处（图 2 中的直线部分 S 的区域）高 Sh 、 St 。这样，由于吸力面 B 上的线 1s 附近的静压会在临近轮毂端壁 L 和叶尖端壁 U 处升高，因此叶片负载会降低。

在图 14A 和 14B 中，虚线箭头 SF1、SF2 表示在流道横截面 4a 中两个端壁附近的从压力面 F 上的线 1p 向吸力面 B 上的线 1s 流动的二次流。

二次流 SF1、SF2 是由压力表面 F 和吸力表面 B 在轮毂端壁 L 和叶尖端壁 U 附近的压差（叶片负载）引起的，而且二次流 SF1、SF2 的强度与叶片负载的大小成正比。因此，在本发明的导向器叶片中轮毂端壁 L 和叶尖端壁 U 附近的叶片负载小于传统导向器叶片，二次流被抑制得好于传统导向器叶片，因而二次流导致的损失可以减小。

此外，对于图 15 至 18 所示的传统二次流控制导向器，导向器出口处的速度分布变化很大，如图 19 所示。

然而，对于根据本发明的导向器叶片，叶片出口处的速度分

布（圆周速度 V_t 和子午线方向速度 V_m ，二者表示为相对于绝对速度 $V = (V_t^2 + V_m^2)^{0.5}$ 的无量纲比例）基本上保持与普通叶片一致，如图 13 所示。

因此，即使在传统涡轮级中只将导向器叶片换成根据本发明的导向器叶片，涡轮导向器也不会对位于涡轮级下游的转子叶片产生负面影响。

如上所述，根据本发明的涡轮导向器能够抑制导向器叶片端部的二次流，从而降低因二次流造成的损失。此外，根据本发明的涡轮导向器在导向器出口处提供的速度分布几乎与普通导向器叶片相同，因而不会对位于涡轮级下游的转子叶片产生负面影响。

尽管前面显示和描述了本发明的一个特定的优选实施例，但应当理解，在不脱离所附权利要求中的范围的前提下，可以作出各种改变和修改。

在工业适用性方面，本发明适合用在用于驱动诸如发电站中的发电机等各种机器的涡轮机中。

图 1

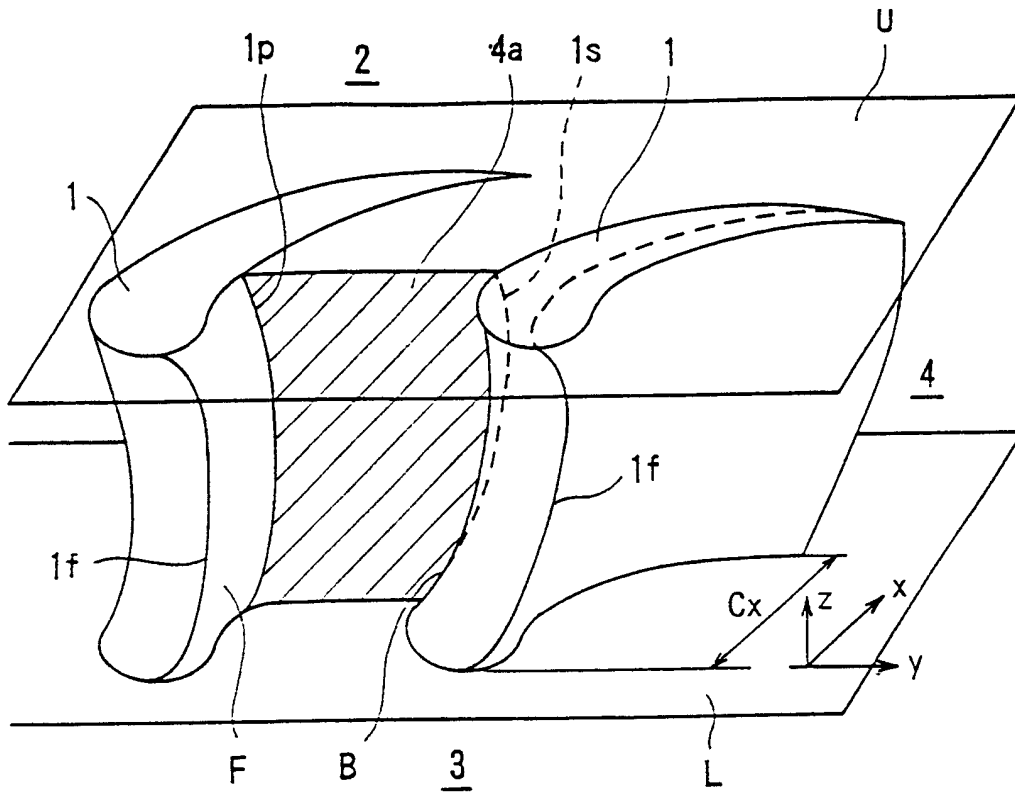


图 2

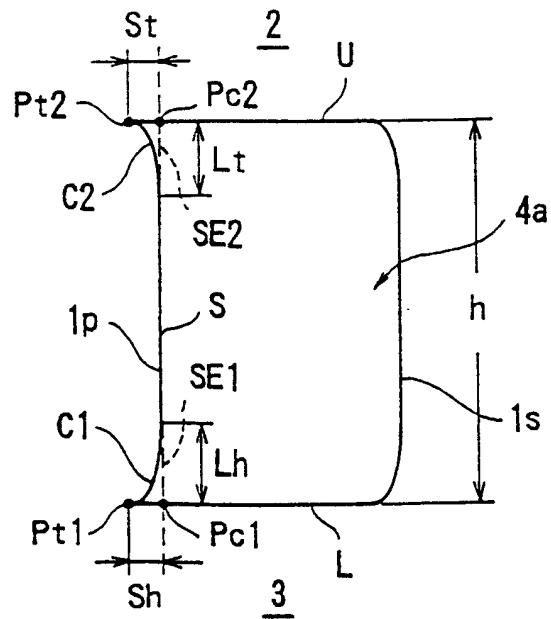


图 3

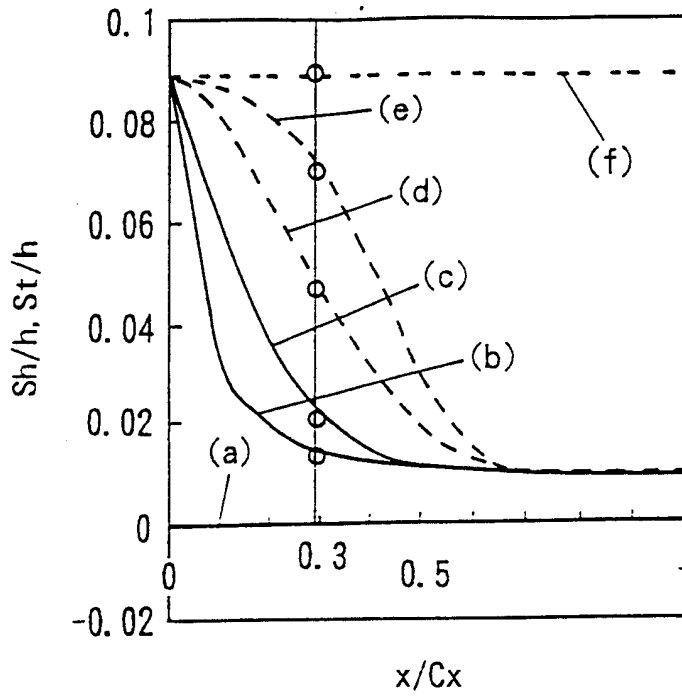
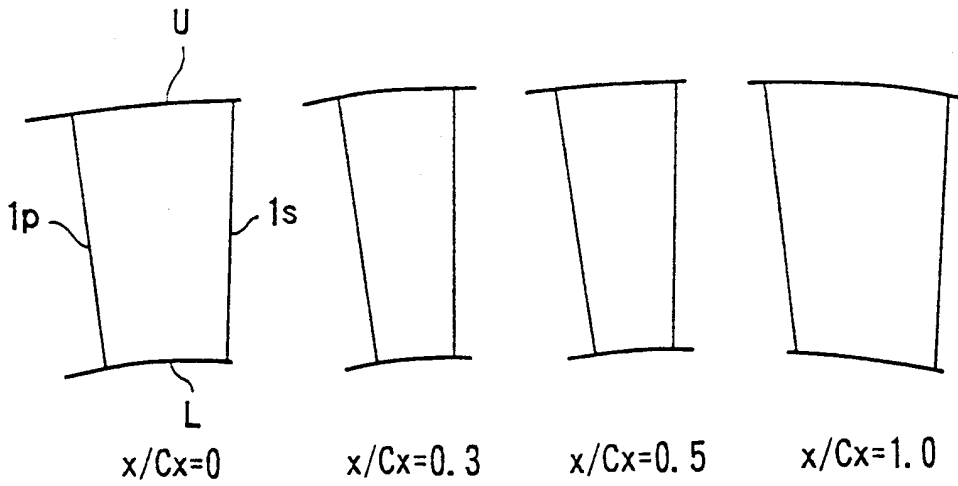


图 4A

图 4B

图 4C

图 4D



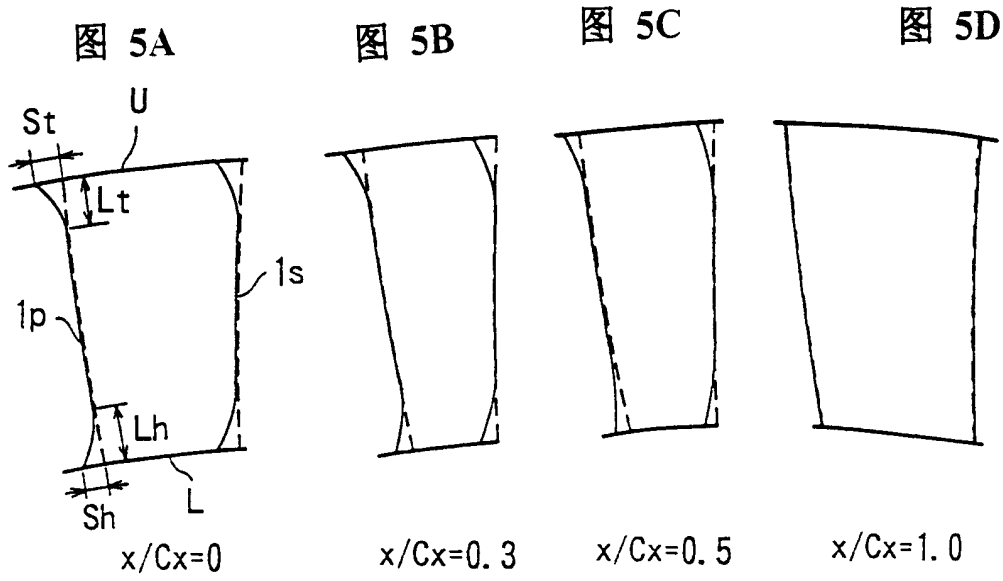


图 6

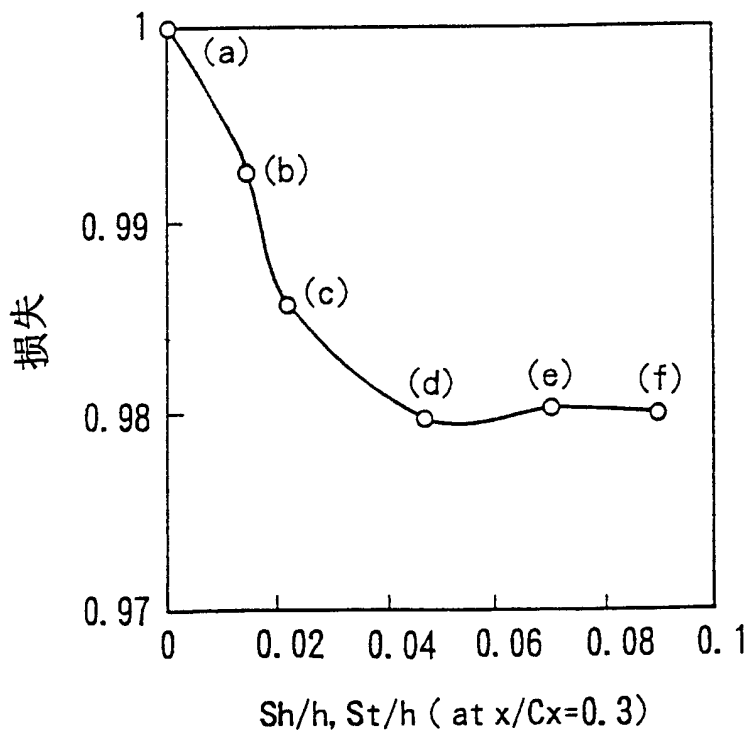


图 7

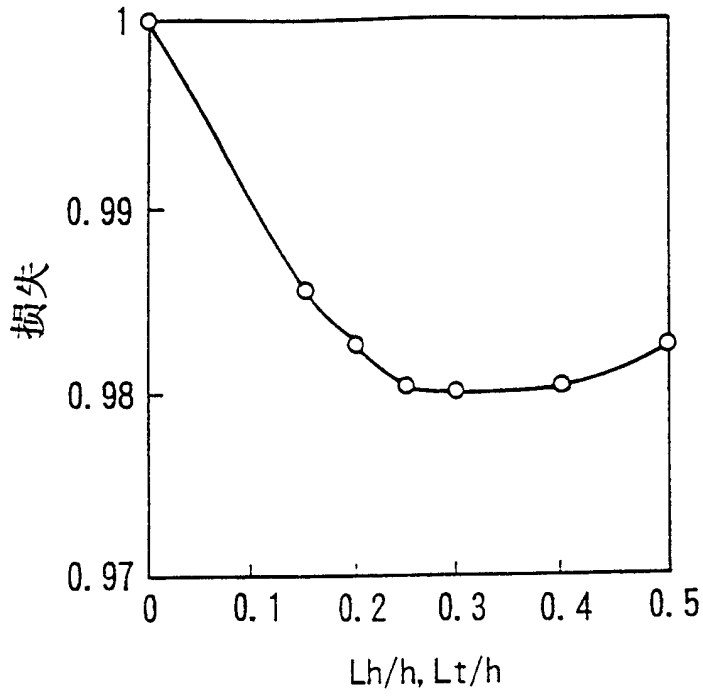


图 8

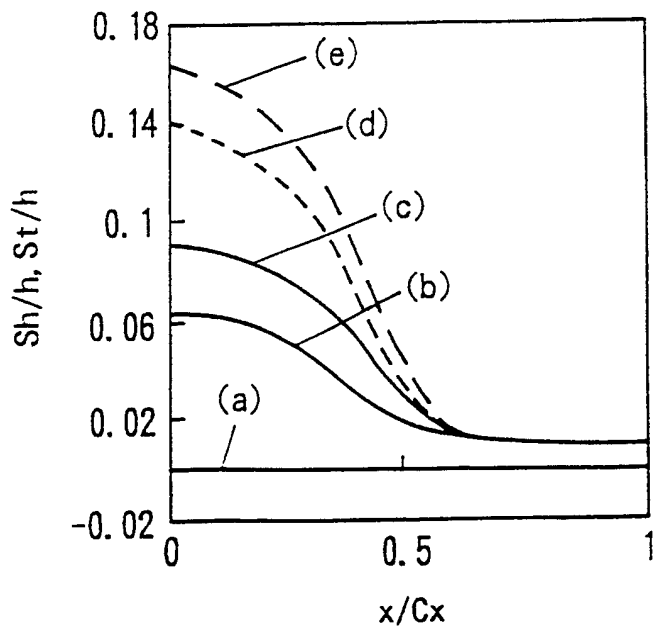


图 9

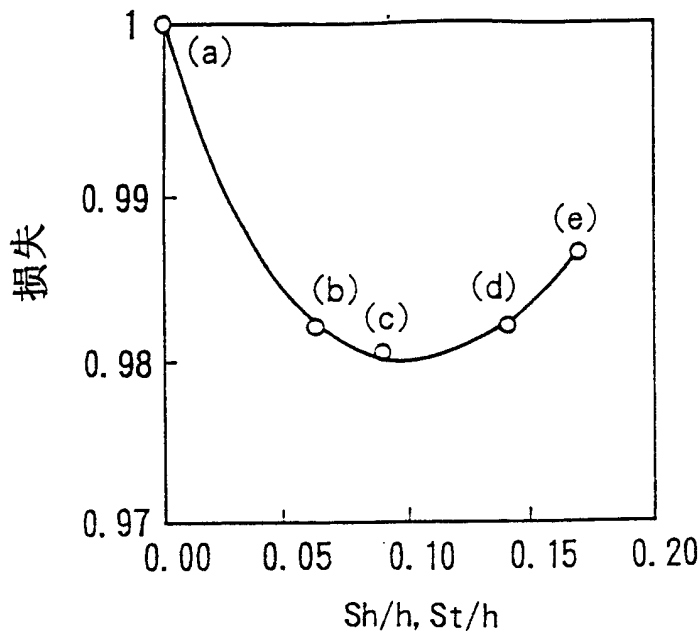


图 10

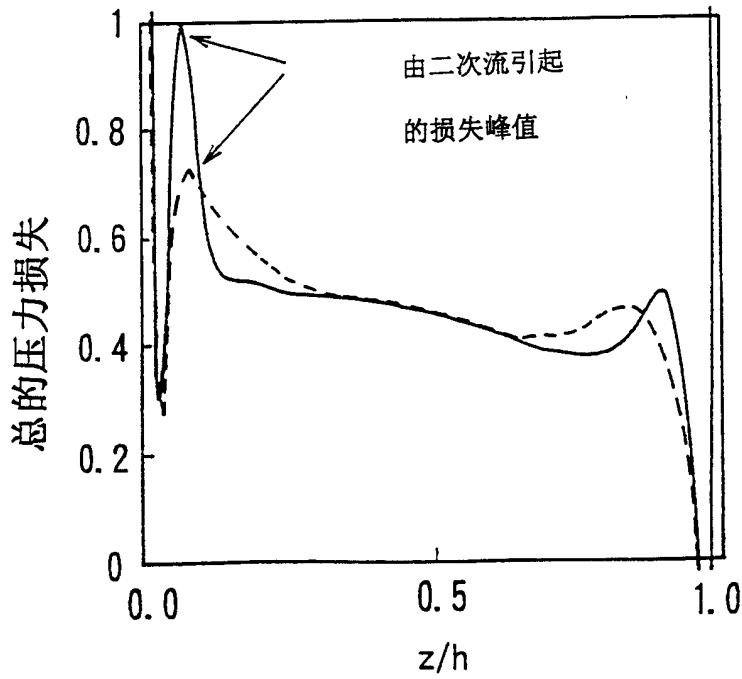


图 11

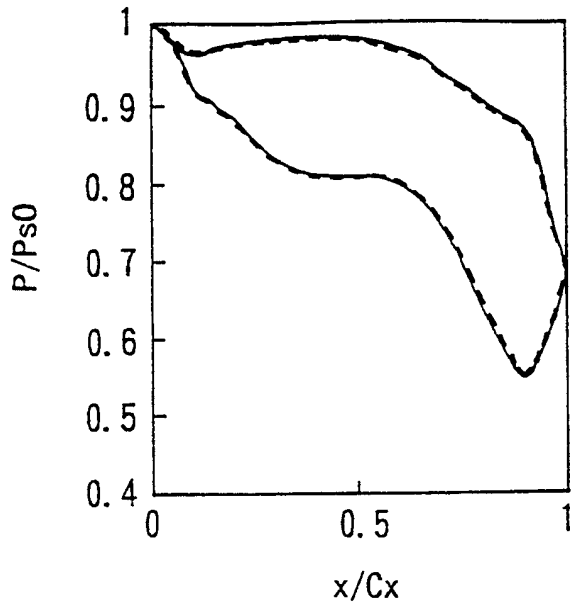


图 12

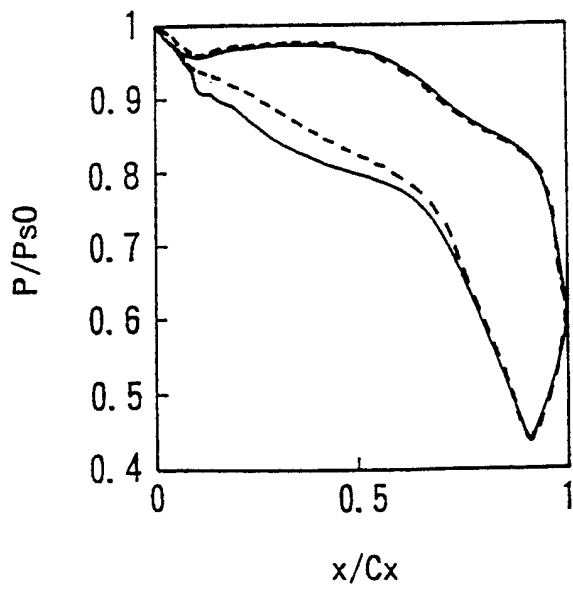


图 13

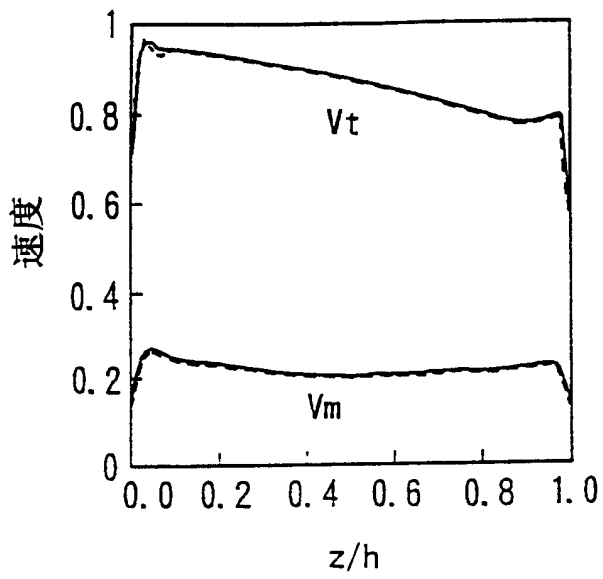


图 14A

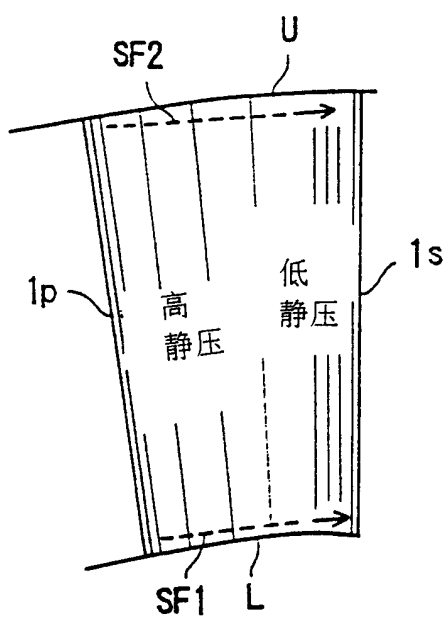


图 14B

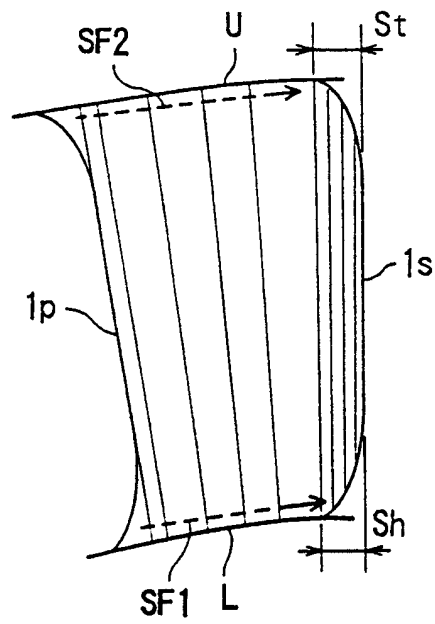


图 15

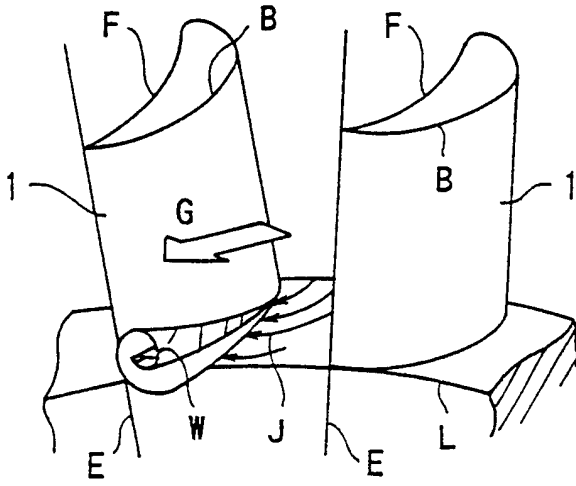


图 16

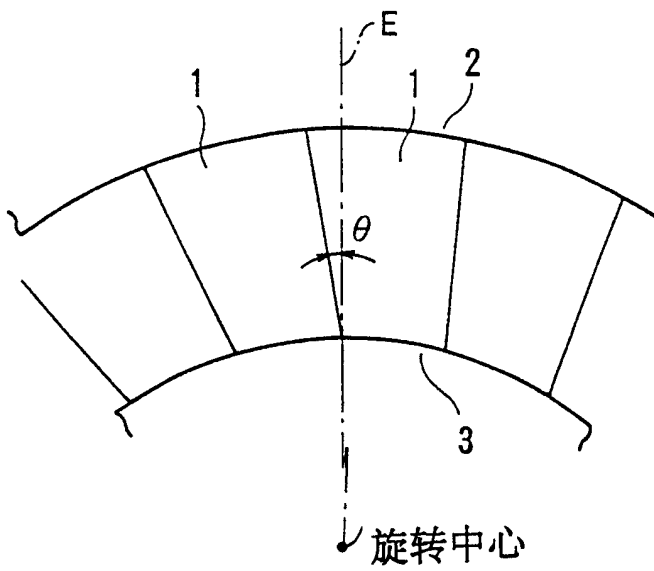


图 17

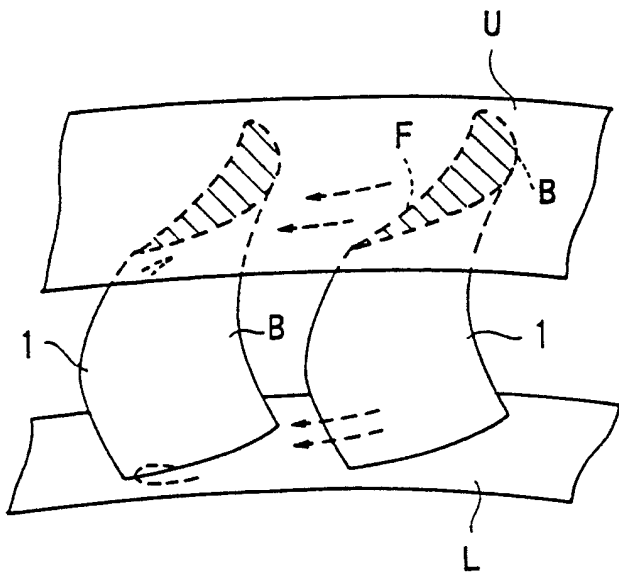


图 18

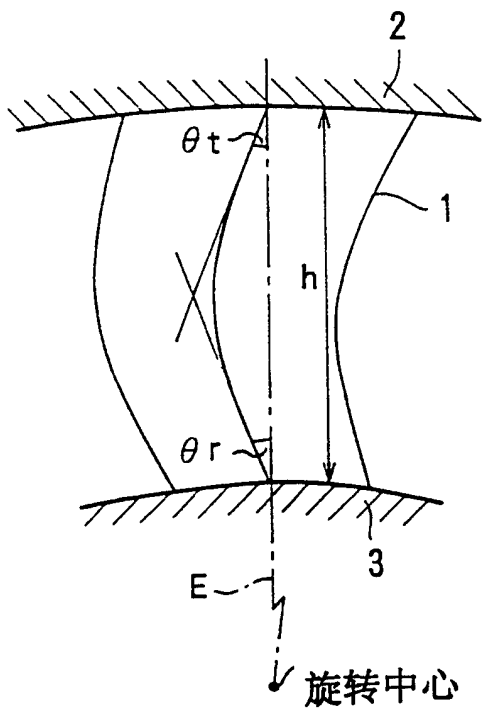


图 19

