



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480016654.8

[45] 授权公告日 2007 年 12 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100353031C

[22] 申请日 2004.6.18

[21] 申请号 200480016654.8

[30] 优先权

[32] 2003. 7. 9 [33] EP [31] 03015496.7

[86] 国际申请 PCT/EP2004/006624 2004. 6. 18

[87] 国际公布 WO2005/005784 德 2005. 1. 20

[85] 进入国家阶段日期 2005. 12. 14

[73] 专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 唐纳德·博思威克 陈 顺

海因里希·斯图尔

弗兰克·特拉肯马勒

[56] 参考文献

US4714407A 1987. 12. 22

US3745629A 1973. 7. 17

US20030031564A1 2003. 2. 13

US2738950A 1956. 3. 20

US20040091353A1 2004. 5. 13

WO02055845A1 2002. 7. 18

审查员 韩 宇

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 侯 宇 陶凤波

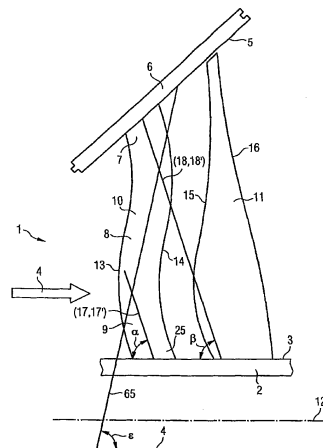
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 6 页

[54] 发明名称

透平叶片

[57] 摘要

本发明涉及透平叶片(10、11)，它有叶高、转子侧端部(9)和定子侧端部(7)、进口棱边(13)和出口棱边(14)、以及负压面(22)和压力面(23)，以及相对于流动介质的流动方向(4)来设计构造，其中，透平叶片(10、11)沿流动方向(4)在其转子侧端部(9)和在其定子侧端部(7)有负的后掠，以及，透平叶片(10、11)沿一个相对于流动方向(4)的径向方向(34)在其转子侧端部(9)和在其定子侧端部(7)朝压力面(21)方向倾斜。



1. 一种透平叶片(10、11)，它有叶高、转子侧端部(9)和定子侧端部(7)、进口棱边(13)和出口棱边(14)、以及负压面(22)和压力面(23)，以及相对于流动介质的流动方向(4)来设计构造，其特征为：透平叶片(10、11)沿流动方向(4)在其转子侧端部(9)和在其定子侧端部(7)有负的后掠。

2. 按照权利要求1所述的透平叶片(10、11)，其特征为：转子侧端部(9)负的后掠在透平叶片(10、11)中央区(8)转变为正的后掠，以及在中央区(8)内正的后掠在定子侧端部(7)转变为负的后掠。

3. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：透平叶片(10、11)沿一个相对于流动方向(4)的径向方向(34)，在其转子侧端部(9)和在其定子侧端部(7)朝压力面(21)方向倾斜。

4. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：透平叶片(10、11)在透平叶片(10、11)的中央区(8)朝负压面(22)倾斜。

5. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：在定子侧端部(7)处的进口棱边(13)和出口棱边(14)沿流动方向(4)处于前后位置。

6. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：在转子侧端部(9)处的进口棱边(13)和出口棱边(14)沿流动方向(4)处于前后位置。

7. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：在叶高中央区(8)内的出口棱边(14)相对于进口棱边(13)沿流动方向朝压力面(21)的方向偏移。

8. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：在定子侧的端部(7)相对于在转子侧的端部(9)沿径向方向(34)朝压力面(21)的方向偏移。

9. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：所述转子侧端部(9)和定子侧端部(7)沿流动方向(4)处于重叠位置。

10. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，它设计为导向叶片(10)。

11. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，它设计为工作叶片(11)。

12. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：所述转

子侧端部(9)相对于流动方向后掠一角度 α ，以及该角度 α 的值在 50° 与 80° 之间。

13. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：定子侧端部(7)相对于一内机壳(6)的方向后掠一角度 β ，以及该角度 β 的值在 0° 与 90° 之间。

14. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：所述定子侧端部(7)相对于径向方向(34)倾斜一角度 γ ，以及该角度 γ 的值在 0° 与 90° 之间。

15. 按照权利要求14所述的透平叶片(10、11)，其特征为：所述角度 γ 是 70° 。

16. 按照权利要求1或2所述的透平叶片(10、11)，其特征为：所述转子侧端部(9)相对于径向方向(34)倾斜一角度 δ ，以及该角度 δ 的值在 0° 与 90° 之间。

17. 按照权利要求16所述的透平叶片(10、11)，其特征为：所述角度 δ 是 75° 。

18. 一种具有按照权利要求1至17之一所述的透平叶片(10、11)的涡轮机。

19. 按照权利要求18所述的涡轮机，其特征为：导向叶片(10)在转子侧端部(9)和在中央区(8)内的出口棱边(14)，离相邻工作叶片(11)的进口棱边(15)有恒定不变的距离。

透平叶片

技术领域

本发明涉及一种透平叶片，它有叶高、转子侧端部和定子侧端部、进口棱边和出口棱边、以及负压面和压力面，以及相对于流动介质的流动方向来设计构造。本发明还涉及一种配备有这种透平叶片的涡轮机。

背景技术

例如在汽轮机结构中，尤其在产生强烈的三维流动时使用弯曲的导向叶片作为透平叶片的设计形式，这种三维流动表现为在转子侧与定子侧之间静压变化曲线沿径向有明显的差别，这是通过在导向叶片中转向引起的。汽轮机，尤其有大流出截面的低压汽轮机，叶片长度与轮毂之比较大。流动介质在大的流入截面的低压汽轮机最后级内的流动，在大的叶片长度与轮毂之比的情况下导致对汽轮机效率有不良影响的径向反动度的分布。在这里，这种反动度的分布沿径向是不同的，在轮毂处较低以及在汽缸(即机壳)处高，这被认为是有害的。

在热涡轮机内，等熵反动度 r 表示在工作叶片内的等熵焓降与一个由导向叶片环和工作叶片环组成的级整个等熵焓降的百分比分布。作为纯冲动级指的是这样一个级，即其中反动度 $r=0$ 以及产生最大焓降。对于传统的反动级其反动度 $r=0.5$ ，所以在导向叶片内的焓降与在工作叶片内的焓降正好一样大。反动度 $r=0.75$ 属于强反动度。在汽轮机结构的实践中主要采用传统的反动级以及冲动级。但后者通常有一个与零略有所不同的反动度。

在轮毂处低的或甚至负的反动度导致运行期间严重损害汽轮机和降低透平机效率。在机壳处高的反动度引起工作叶片端部区内高的流入速度。这种高的进口速度对效率有负面的影响，因为流动损失与速度成二次方的比例关系。在这里采取补救措施降低反动度。此外，在机壳处较小的反动度导致降低间隙损失，并由此附加地提高效率。

在轮毂区内高的反动度减少导向叶片环内的间隙损失并因而导致提高效率。

在这里尤其使用弯曲的导向叶片，以优化沿径向的反动度分布。

例如由 DE 3743738 已知具有仅沿周向弯曲的导向叶片的透平。在那里显示并说明了一些叶片，它们的弯曲沿叶高朝沿周向相邻的导向叶片的压力面方向进行。由此文件还已知一些叶片，它们的弯曲沿叶高朝沿周向相邻的导向叶片的负压面进行。由此以有效的方式不仅减小沿径向而且减小沿周向延伸的边界层压力梯度，并因而减少叶片的气动损失。

例如由 DE 4228879 已知具有沿流动方向和沿周向弯曲的导向叶片的透平。

也由 US-PS 6099248 已知弯曲的导向叶片。

发明内容

本发明的目的是提供一种效率得以改善的透平叶片和涡轮机。

此目的通过这样一种透平叶片达到，该叶片具有叶高、转子侧端部和定子侧端部、进口棱边和出口棱边、以及负压面和压力面，以及相对于流动介质的流动方向来设计构造，按照本发明，透平叶片沿流动方向在其转子侧端部和在其定子侧端部有负的后掠。

本发明的优点主要在于，由于改善了流动介质的流入因而改善了沿径向的反动度分布。

按照本发明的一有利设计，转子侧端部负的后掠在透平叶片中央区转变为正的后掠，以及在中央区正的后掠在定子侧端部转变为负的后掠。

按照本发明的另一有利设计，透平叶片沿一个相对于流动方向的径向方向，在其转子侧端部和在其定子侧端部朝压力面方向倾斜。

按照本发明的又一有利设计，透平叶片在透平叶片的中央区朝负压面倾斜。

按照本发明的再一有利设计，在定子侧端部处的进口棱边和出口棱边沿流动方向处于前后位置。

本发明的一优势在于，在转子侧端部处的进口棱边和出口棱边沿流动方向处于前后位置。

本发明的另一优势在于，在叶高中央区内的出口棱边相对于进口棱边沿流动方向朝压力面的方向偏移。

本发明的又一优势在于，在定子侧的端部相对于在转子侧的端部沿径

向方向朝压力面的方向偏移。

本发明的再一优势在于，所述转子侧端部和定子侧端部沿流动方向处于重叠位置。

本发明的透平叶片有利地设计为导向叶片。

本发明的透平叶片还被设计为工作叶片。

本发明的透平叶片有利地设计成转子侧端部相对于流动方向后掠一角度 α ，以及该角度 α 的值在 50° 与 80° 之间。

按照本发明透平叶片的一有利设计，定子侧端部相对于一内机壳的方向后掠一角度 β ，以及该角度 β 的值在 0° 与 90° 之间。

按照本发明透平叶片的另一有利设计，所述定子侧端部相对于径向方向倾斜一角度 γ ，以及该角度 γ 的值在 0° 与 90° 之间。

按照本发明透平叶片的又一有利设计，所述角度 γ 基本上是 70° 。

按照本发明透平叶片的再一有利设计，所述转子侧端部相对于径向方向倾斜一角度 δ ，以及该角度 δ 的值在 0° 与 90° 之间。

本发明的透平叶片更为有利的是所述角度 δ 基本上是 75° 。

此外，可以将本发明中的透平叶片应用到涡轮机中，所述涡轮机的导向叶片在转子侧端部和中央区内的出口棱边，离相邻工作叶片的进口棱边有恒定不变的距离。

附图说明

下面借助附图所示实施方式对本发明予以详细说明。在各附图中功能类似的部分用相同的附图标记表示。附图中：

图1表示涡轮机配备有透平叶片的末级的侧视图；

图2表示导向叶片沿流动介质流动方向的视图；

图3表示按先有技术和按本发明的图1所示透平叶片的反动度分布；

图4示意和透视表示图1所示透平叶片的转子侧端部；

图5示意和透视表示图1所示透平叶片的定子侧端部；

图6表示一个透平叶片的透视图。

具体实施方式

图1用侧视图示意表示的汽轮机末级中构成通流通道1边界的壁一方

面是转子侧的通道壁 3 以及另一方面是定子侧的通道壁 5。定子侧的通道壁 5 属于内机壳 6。末级由一排导向叶片和一排工作叶片组成，为了视图清晰起见，在图 1 中只表示了其中一个导向叶片 10 和一个工作叶片 11。导向叶片以图中未表示的方式固定在内机壳 6 上。

工作叶片以图中未表示的方式固定在转子 2 上。

导向叶片 10 有定子侧端部 7、中央区 8 和转子侧端部 9。流动介质可以沿流动方向 4 通过通道 1 流动。流动方向 4 基本上平行于转子 2 的旋转轴线。导向叶片 10 有沿整个叶高设计的进口棱边 13 和出口棱边 14。工作叶片 11 同样有进口棱边 15 和出口棱边 16。

如图 6 中所示，透平叶片 10 的体型通过透平叶片形状曲线 39 描述。透平叶片 10 分割在一些圆柱面 40 内。为了视图清晰起见，图 6 中只画了六个圆柱面 40。此透平叶片的形状曲线 39 描述了体型，圆柱面 40 越多，构成的体型越准确。对每个圆柱面 40 确定其质量重心 41。透平叶片形状曲线 39 通过连接从透平叶片叶根 42 到透平叶片顶部 43 的质量重心 41 形成。

由图 1 可见，透平叶片形状曲线 39 分别终止在透平叶片 10 的转子侧端部 9 和定子侧端部 7。下面涉及构成导向叶片 10 的透平叶片设计。

在其转子侧端部 9 观察透平叶片形状曲线 39，以及透平叶片形状曲线 39 的三维形状通过一条切线描述，切线可理解为透平叶片形状曲线 39 沿曲线方向数学上的导数。此切线或数学的导数在透平叶片形状曲线 39 在转子侧的端部 9 表示为辅助切线 17。换句话说：透平叶片 10 的三维形状或体型在转子侧端部 9 通过辅助切线 17 表示。

导向叶片 10 在其转子侧端部 9 成形为，它沿流动方向 4 有负的后掠。当然，辅助切线 17 相对于流动方向 4 同样有负的后掠。

导向叶片 10 定子侧端部 7 的体型通过第二辅助切线 18 表示。在这里，在其定子侧端部 7 观察透平叶片形状曲线 39，以及透平叶片形状曲线 39 的三维形状通过一条切线描述，此切线可理解为透平叶片形状曲线 39 沿曲线方向数学上的导数。

导向叶片 10 在其定子侧端部 7 成形为，它沿流动方向 4 有负的后掠。当然，辅助切线 18 相对于流动方向 4 同样有负的后掠。

导向叶片 10 的体型在中央区 8 的中心基本上通过一辅助切线 65 描述。其中，在其中央区 8 观察透平叶片形状曲线 39，以及透平叶片形状曲线 39

的三维形状通过辅助切线 65 描述, 此辅助切线 65 可理解为透平叶片形状曲线 39 沿曲线方向数学上的导数。在这里, 从导向叶片形状曲线 39 处于中央区 8 内的一个点出发, 并在此点形成一条设计为辅助切线 65 的切线或导数。

导向叶片 10 在其中央区 8 成形为, 它沿流动方向 4 有正的后掠。当然, 辅助切线 65 相对于流动方向 4 同样有正的后掠。

按另一种实施形式, 中央区 8 也可以有负的后掠或甚至垂直于流动方向 4。

负后掠和正后掠在这里定义如下:

负后掠: 流动方向 4 必须按数学上负的方向(顺时针方向)朝辅助切线 17 或朝辅助切线 18 方向旋转一个锐角, 以达到流动方向 4 与辅助切线 17 或 18 重合。

正后掠: 流动方向 4 必须按数学上正的方向(反时针方向)朝辅助切线 65 方向旋转一个锐角, 以达到流动方向 4 与辅助切线 65 重合。

导向叶片 10 在转子侧端部 9 和在中央区 8 内的出口棱边 14 离相邻工作叶片 11 进口棱边 15 的距离保持恒定不变。

按另一种实施形式, 导向叶片 10 的出口棱边 14 离相邻工作叶片 11 出口棱边 15 的距离可以是不同的。

转子侧端部 9 和定子侧端部 7 沿流动方向 4 基本上处于重叠位置。

图 2 表示沿流动方向 4 的视图。导向叶片 10 处于压力侧 21 与负压侧 22 之间。在图 2 中表示的压力侧 21 与负压侧 22 之间的中线意味着进口棱边 13。流动方向 4 基本上垂直于图纸平面延伸。在这里, 流动介质沿流动方向 4 流动, 以及首先与导向叶片 10 的进口棱边 13 相遇。

导向叶片 10 转子侧端部 9 朝压力面 21 的方向倾斜。同样, 定子侧端部 7 也朝压力面 21 方向倾斜。

在导向叶片 10 的中央区 8, 导向叶片 10 朝负压面 22 方向倾斜。

按另一种实施形式, 中央区 8 也可以朝压力面 21 方向倾斜。按再一种不同的实施形式, 中央区可以既不朝压力面 21 也不朝负压面 22 的方向倾斜。

但在透平叶片另一种可供选择的实施例中, 中央区沿径向方向 34 定向。进口棱边 13 在导向叶片 10 转子侧端部 9 处基本上定位在出口棱边 14

之前。

在导向叶片 10 定子侧端部 7 处，进口棱边 13 沿流动方向基本上定位在出口棱边 14 前面。

在中央区，出口棱边 14 相对于进口棱边 13 朝压力面 21 方向偏移。

导向叶片 10 定子侧端部 7 相对于转子侧端部 9 沿径向方向 34 朝压力面 21 方向偏移。

在图 4 中可看到示意和透视表示的透平叶片 10、11 转子侧端部 9，用于详细说明辅助切线 17 的位置以及与之相关的角度 α 和 γ 。

为了视图清晰起见，没有表示透平叶片 10 的三维形状。透平叶片 10 在转子侧端部 9 通过辅助切线 17 表示。

辅助切线 17 当它朝转子 2 的方向延长时与转子 2 在一个点 44 接触。第一条辅助轴线 20 与旋转轴线 12 垂直相交并通过点 44 延伸。

第二条辅助轴线 23 与第一条辅助轴线 20 在点 44 相交并基本上平行于流动方向 4 延伸，在本实施例中流动方向 4 平行于旋转轴线 12。

第三条辅助轴线 24 在点 44 与第一条辅助轴线 20 相交并垂直于第一条辅助轴线 20 和垂直于第二条辅助轴线 23 延伸。

通过第一辅助轴线 20 和第二辅助轴线 23 构成第一投影面 45。通过第一辅助轴线 20 和第三辅助轴线 24 构成第二投影面 46。

辅助切线 17 投影在第一投影面 45 上，为此将辅助切线 17 的每个点沿第三辅助轴线 24 的方向投影在第一投影面 45 上。

作为范例说明在辅助切线 17 上的一个点 47 的投影。点 47 按一个平行于第三辅助轴线 24 延伸的方向沿第一投影线 48 投影在处于第一投影面 45 内的第一投影点 49 上。由此在第一投影面 45 上投影出第一投影线 17'。

第一投影线 17' 相对于第二辅助轴线 23 倾斜一个角度 α 。

在这里，该角度 α 的值可以在 0° 与 90° 之间，尤其是角度 α 的值处于 50° 与 80° 之间。

辅助切线 17 还投影在第二投影面 46 上，为此将辅助切线 17 的每个点沿第二辅助轴线 23 的方向运动到第二投影面 46 上，直至与它接触。

作为范例说明在辅助切线 17 上的一个点 47 的投影。点 47 按一个平行于第二辅助轴线 23 延伸的方向沿第二投影线 51 投影在处于第二投影面 46 内的第二投影点 52 上。由此在第二投影面 46 上形成第二投影线 17''。

第二投影线 17"相对于第一辅助轴线 20 倾斜一个角度 γ 。

该角度 γ 的值可处于 0° 与 90° 之间，尤其是角度 γ 约为 70° 。

用虚线画的曲线 54 示意地表示透平叶片 10 转子侧端面。

在图 5 中可看到示意和透视表示的透平叶片 10 定子侧端部 7，用于详细说明辅助切线 18 的位置以及与之相关的角度 β 、 δ 和 ξ 。

为了视图清晰起见，没有表示透平叶片 10 的三维形状。透平叶片 10 在定子侧端部 7 通过辅助切线 18 表示。

辅助切线 18 当它朝内机壳 6 的方向延长时与内机壳 6 在一个点 55 接触。

第四条辅助轴线 26 与旋转轴线 12 垂直相交并通过点 55 延伸。第五条辅助切线 27 在点 55 与第四条辅助轴线 26 相交并在点 55 平行于内机壳表面延伸。第六条辅助轴线 28 在点 55 与第四条辅助轴线 26 垂直相交并垂直于第五条辅助轴线 27 延伸。

通过第四辅助轴线 26 和第五辅助轴线 27 构成第三投影面 56。通过第四辅助轴线 26 和第六辅助轴线 28 构成第四投影面 57。

辅助切线 18 投影在第三投影面 56 上，为此将辅助切线 18 的每个点沿第六辅助轴线 28 的方向运动到第三投影面 56 上，直至与它接触。

作为范例这通过辅助切线 18 上的一个点 58 来说明。该点 58 按一个平行于第六辅助轴线 28 延伸的方向沿第三投影线 59 投影在处于第三投影面 56 内的第三投影点 60 上。由此在第三投影面 56 上投影出第三投影切线 18'。

投影切线 18'相对于第五辅助轴线 27 倾斜一个角度 ξ 。该角度 ξ 处于 0° 和 180° 之间。

投影切线 18'还相对于旋转轴线 12 倾斜一个角度 β 。该角度 β 的值可以基本上处于 0° 与 90° 之间。

辅助切线 18 还投影在第四投影面 57 上，为此将辅助切线 18 的每个点沿第五辅助轴线 27 的方向运动到第四投影面 57 上，直至与它接触。

作为范例这通过辅助切线 18 上的点 58 来说明。该点 58 按一个平行于第五辅助轴线 27 延伸的方向沿第四投影线 62 投影在处于第四投影面 57 内第四投影点 63 上。由此在第四投影面 57 上投影出第四投影切线 18"。

第四投影切线 18"相对于第六辅助轴线 28 倾斜一个角度 δ 。该角度 δ 处于 0° 与 90° 之间。

在图3中用曲线表示反动度分布与叶高的关系。在这里，X轴35表示按任意单位的反动度分布。Y轴36表示离轮毂的距离。虚线37表示按迄今的先有技术的反动度分布曲线。实线38表示当导向叶片按这里所说明的发明设计时其反动度的分布曲线。

如已提及的那样，若反动度分布沿径向的方向34不同时是不利的。表示按迄今的先有技术的反动度分布的虚线37显示出上述认为不利的特性。据此，从轮毂到机壳的反动度分布不同。与虚线37相比，实线38显示出一种更好的反动度分布。

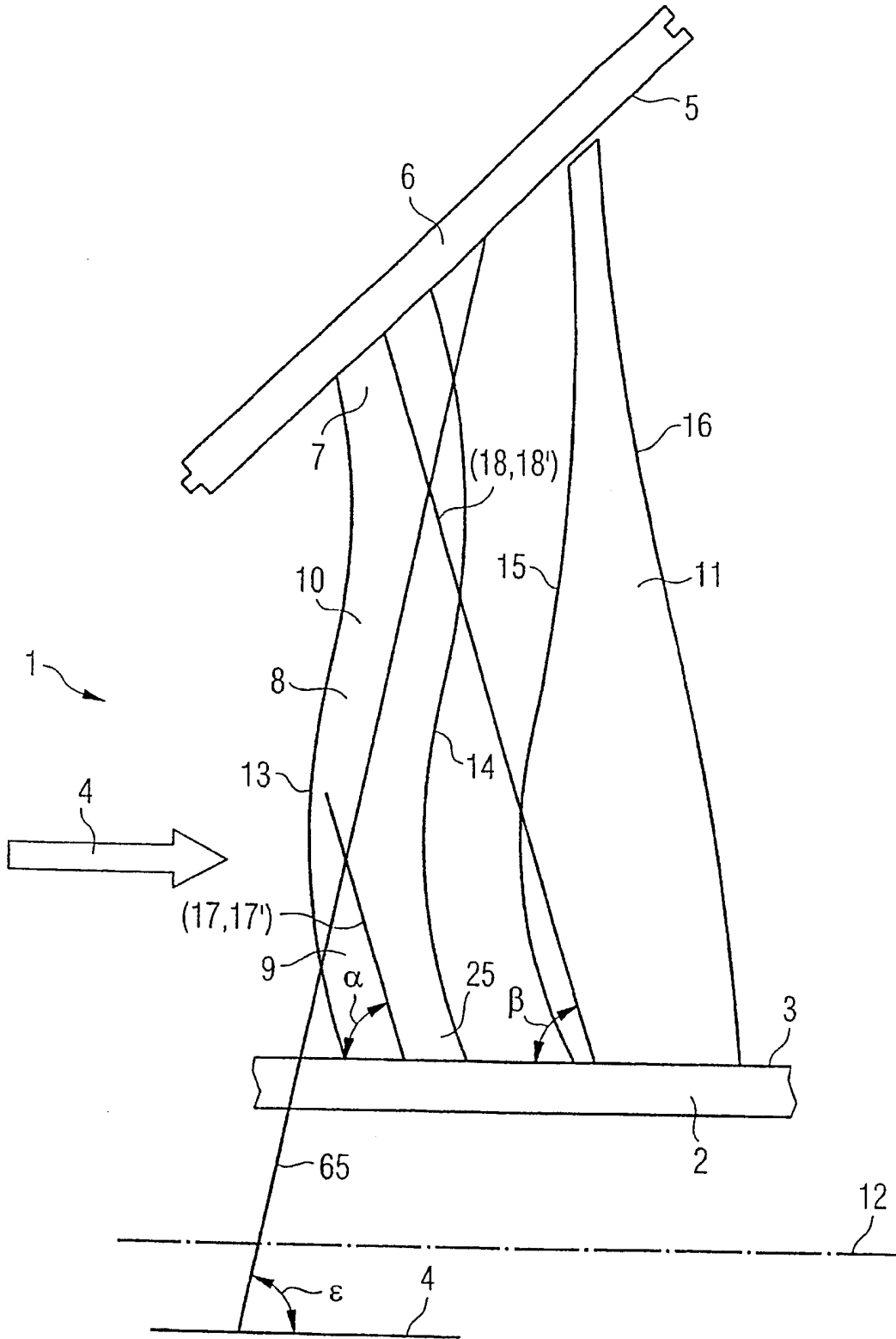


图 1

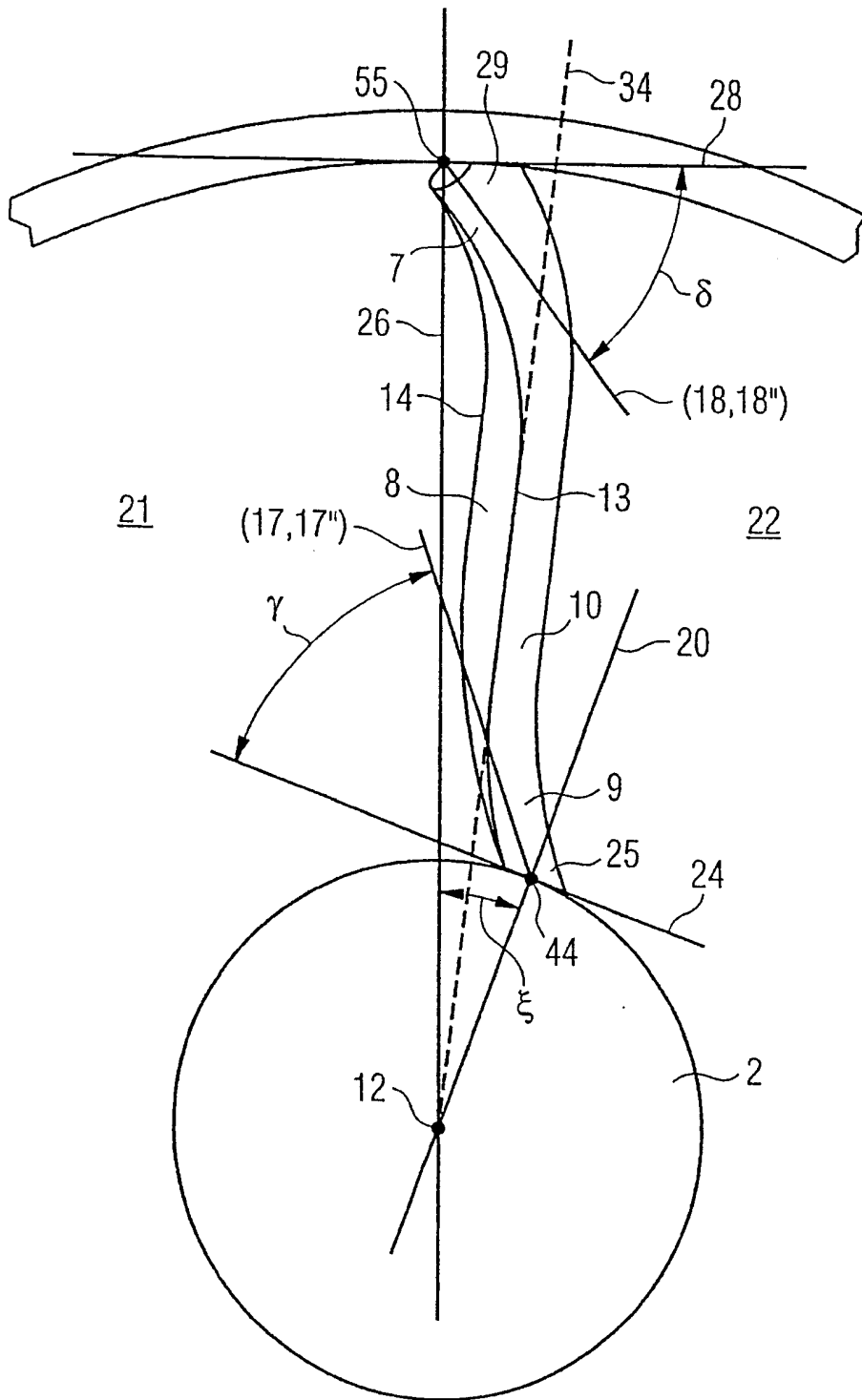


图 2

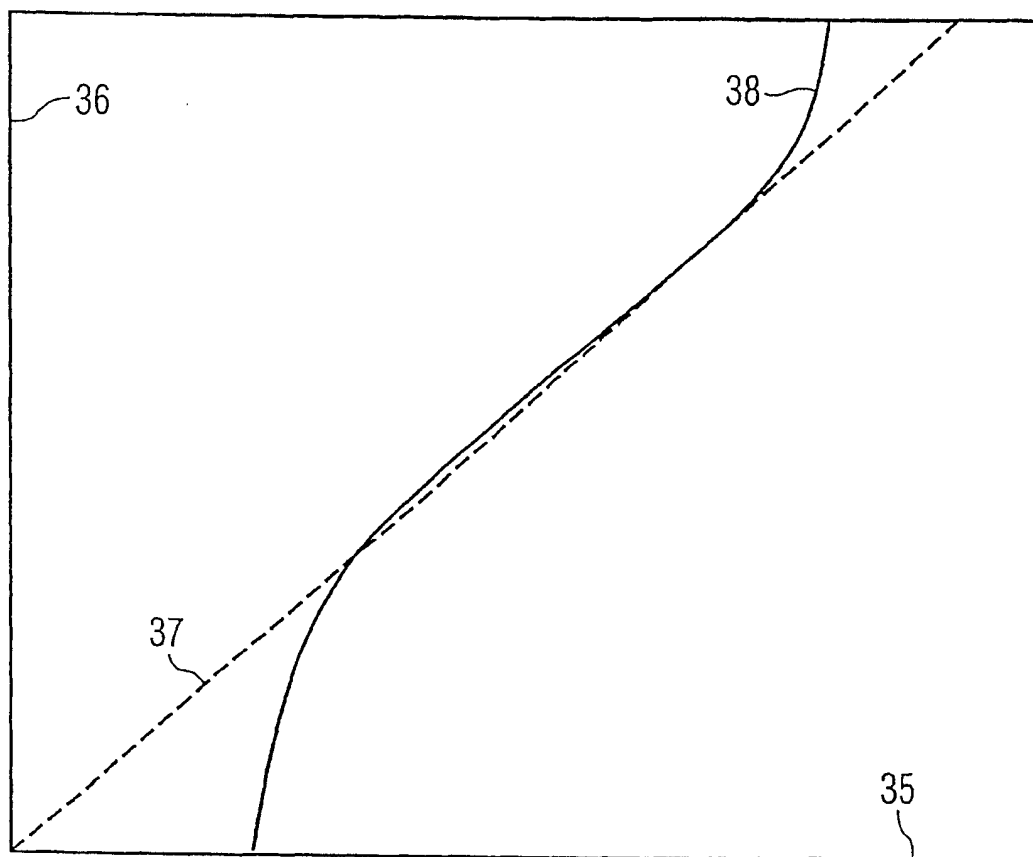


图 3

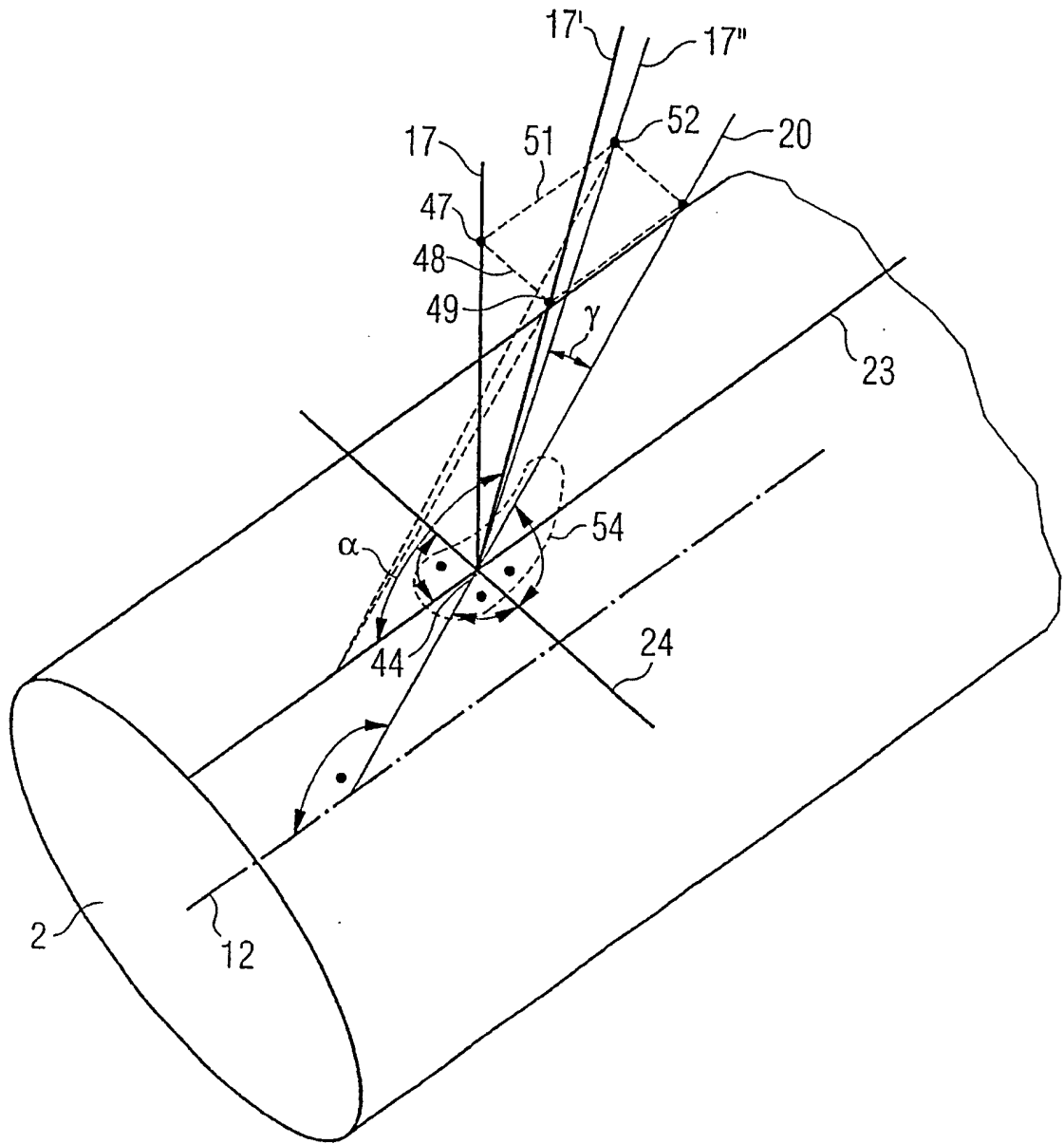


图 4

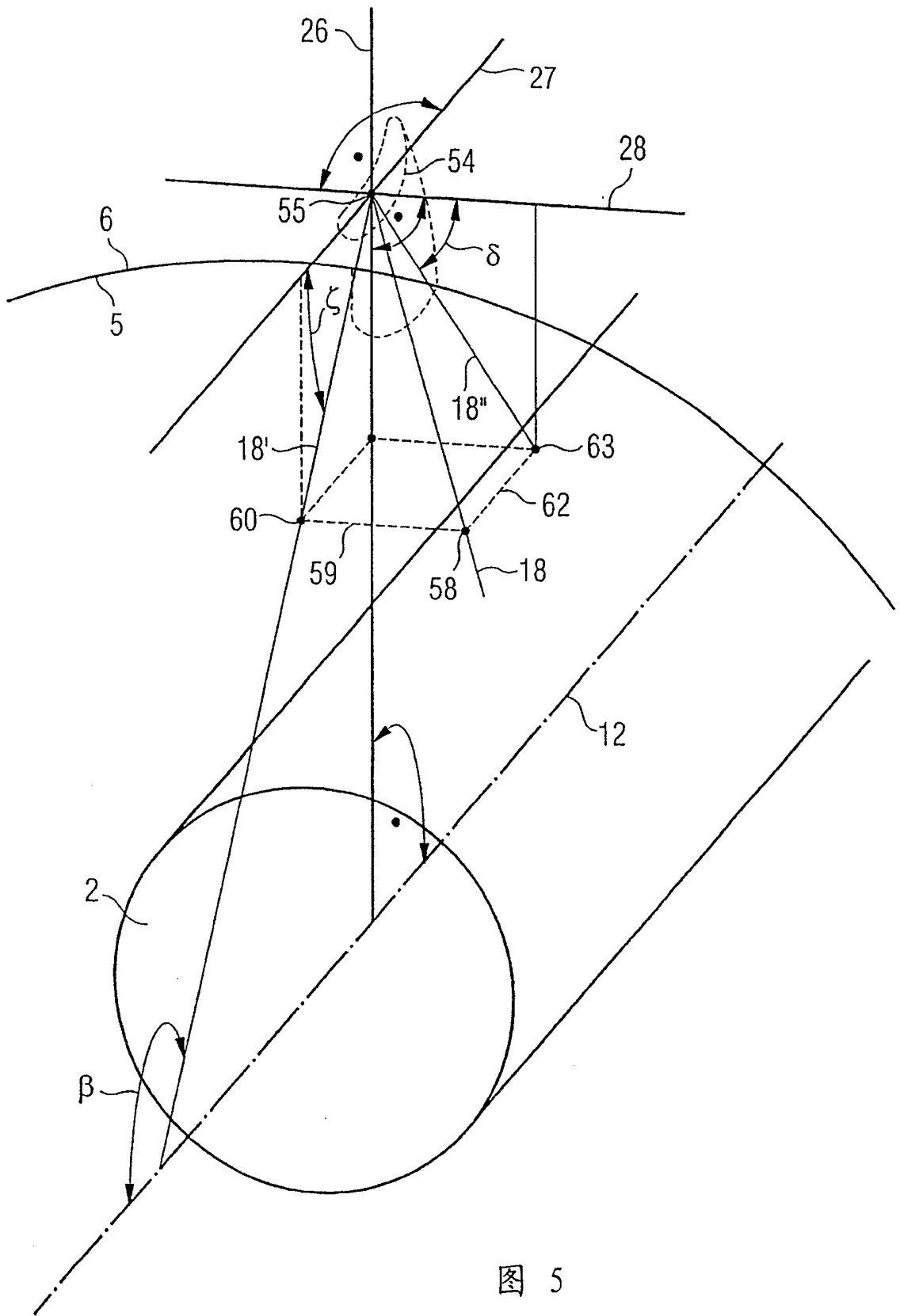


图 5

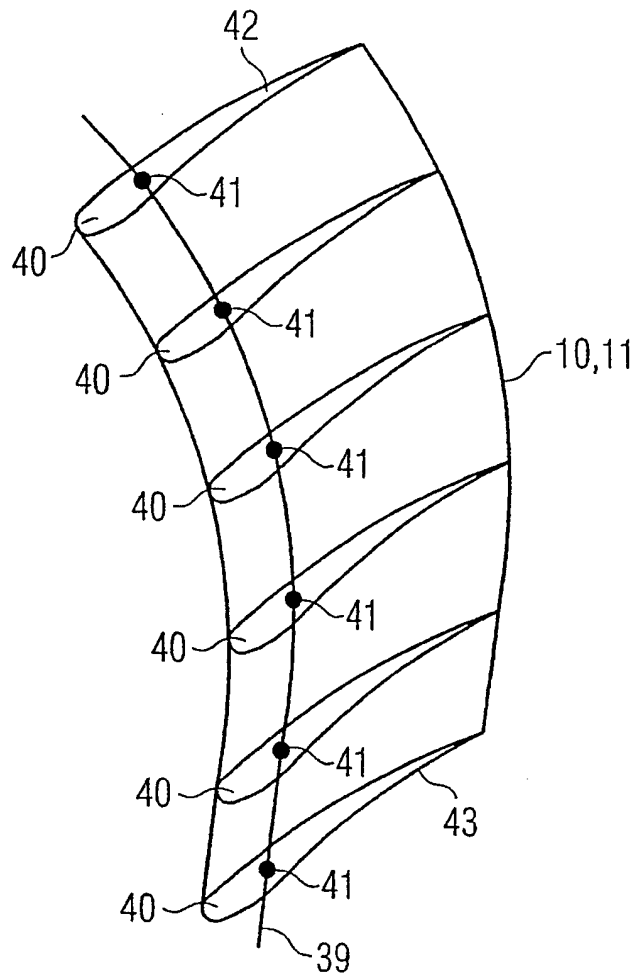


图 6