



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102587997 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201210013188. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 01. 13

F01D 5/14(2006. 01)

(30) 优先权数据

审查员 靳文强

11150847. 9 2011. 01. 13 EP

(73) 专利权人 阿尔斯通技术有限公司

地址 瑞士巴登

(72) 发明人 B·R·哈勒

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 肖日松 严志军

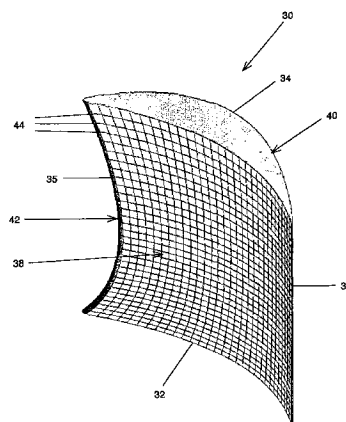
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

用于轴流式涡轮机的翼型叶片

(57) 摘要

一种翼型叶片 (30), 其用作在轴流式涡轮机中布置的一系列类似叶片中一个, 所述轴流式涡轮机具有用于工作流体的环形路径, 所述翼型叶片 (30) 具有径向内部的平台区域 (32)、径向外部的顶端区域 (34)、轴向向前的前缘 (35) 和轴向向后的后缘 (36), 所述轴向向后的后缘 (36) 在所述平台区域 (32) 和顶端区域 (34) 之间是直的并且与所述环形路径的径向上定向。所述翼型叶片 (30) 具有在所述径向内部的平台区域 (32) 和径向外部的顶端区域 (34) 之间在径向方向上凸出的压力面 (38) 与在所述径向内部的平台区域 (32) 和径向外部的顶端区域 (34) 之间在径向方向上凹入的负压面 (40)。所述翼型叶片 (30) 的轴向宽度 (W) 是所述前缘 (35) 和直的后缘 (36) 之间的轴向距离, 它在所述平台和顶端区域 (32、34) 处的最大轴向宽度 ($W_{\max}$) 与在所述平台区域 (32) 和顶端区域 (34) 之间的位置处的最小轴向宽度 ($W_{\min}$) 之间抛物线式地变化。



1. 一种翼型叶片(30),所述翼型叶片(30)具有径向内部的平台区域(32)、径向外部的顶端区域(34)、轴向向前的前缘(35)和轴向向后的后缘(36),所述轴向向后的后缘(36)在所述平台区域(32)和顶端区域(34)之间是直的并且在环形路径的径向上定向;

所述翼型叶片(30)具有在所述径向内部的平台区域(32)和径向外部的顶端区域(34)之间在径向方向上凸出的压力面(38)与在所述径向内部的平台区域(32)和径向外部的顶端区域(34)之间在径向方向上凹入的负压面(40);

其中,所述翼型叶片(30)的轴向宽度(W)是在所述前缘(35)和直的后缘(36)之间的轴向距离,它在所述平台区域(32)和顶端区域(34)处的最大轴向宽度($W_{\max}$)与在所述平台区域(32)和顶端区域(34)之间的位置处的最小轴向宽度($W_{\min}$)之间抛物线式地变化。

2. 根据权利要求1所述的翼型叶片,其特征在于,

所述翼型叶片(30)具有在所述平台区域(32)和顶端区域(34)之间可变的翼型截面(44)以提供所述翼型叶片的轴向宽度(W)的抛物线式变化。

3. 根据权利要求1或2所述的翼型叶片,其特征在于,

在所述平台区域(32)和顶端区域(34)之间的翼型截面(44)具有相同的安装角(β)。

4. 根据权利要求1或2所述的翼型叶片,其特征在于,

所述翼型叶片(30)的最小轴向宽度($W_{\min}$)出现在所述平台区域(32)和顶端区域(34)之间的一半高度位置(42)处。

5. 根据权利要求4所述的翼型叶片,其特征在于,

所述翼型叶片(30)的轴向宽度(W)的抛物线式变化是关于在所述平台区域(32)和顶端区域(34)之间的一半高度位置(42)对称的。

6. 根据权利要求1或2所述的翼型叶片,其特征在于,

K值等于喉部尺寸(t)与间距尺寸(p)的比,它在分别位于所述平台区域(32)和顶端区域(34)处的最小K值与在所述平台区域(32)和顶端区域(34)之间的位置处的最大K值之间变化。

7. 根据权利要求6所述的翼型叶片,其特征在于,

在所述平台区域处的最小K值等于在所述顶端区域处的最小K值。

8. 根据权利要求6所述的翼型叶片,其特征在于,

所述最大K值出现在所述平台区域(32)和顶端区域(34)之间的一半高度位置(42)处。

9. 根据权利要求6所述的翼型叶片,其特征在于,

所述K值的变化是抛物线式的,并且关于所述平台区域(32)和顶端区域(34)之间的一半高度位置(42)对称。

10. 根据权利要求1或2所述的翼型叶片,其特征在于,

所述翼型叶片(30)是涡轮机级的固定叶片,所述涡轮机级包括一系列所述固定叶片。

11. 根据权利要求1所述的翼型叶片,其特征在于,

所述翼型叶片(30)用作在轴流式涡轮机中布置的一系列叶片中的一个,所述轴流式涡轮机具有用于工作流体的环形路径。

12. 根据权利要求1所述的翼型叶片,其特征在于,

在所述平台区域和顶端区域处的最大轴向宽度($W_{\max}$)是相同的。

13. 根据权利要求1所述的翼型叶片,其特征在于,

所述翼型叶片是固定叶片。

14. 一种轴流式涡轮机,所述轴流式涡轮机结合了一系列根据前述权利要求中的任意一项所述的翼型叶片(30)。

15. 根据权利要求 14 所述的轴流式涡轮机,其特征在于,
所述轴流式涡轮机是包括至少一个涡轮机级的涡轮。

用于轴流式涡轮机的翼型叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于轴流式涡轮机的翼型叶片以及涉及一种结合所述翼型叶片的轴流式涡轮机。本发明的实施例尤其涉及一种用于蒸汽轮机或燃气轮机的涡轮叶片。本发明的实施例主要关于固定叶片，但不排他地限制于此。

背景技术

[0002] 涡轮效率是非常重要的，尤其是在需要减小电功率的大型设施中，效率的微小增加能够导致燃料的量的显著减少。这导致非常大的成本节约和 CO₂排放量的显著降低，并相应地减少 SO_x和 NO_x。因此，相当大量的资金和人力持续投入到翼型设计的研究上，因为这对涡轮效率具有非常大的影响。

[0003] 许多年来，常规涡轮叶片是翼型横截面的，固定叶片从内向外端部块径向延伸，并且所述叶片是等截面形状 (prismatic form)。固定的和移动叶片关于他们各自的叶片轴线的方向对于该等截面叶片设计已经被标准化，该方向由在所述涡轮轴向方向与在所述翼型叶片的压力面上同所述叶片前缘和后缘圆相切的线之间的所述叶片翼差角限定。

[0004] 通过在叶片上施加“倾斜”，即绕其根部在周缘平面中（即横向于所述涡轮轴线或垂直于所述涡轮轴线）倾翻，已经实现在涡轮中的等截面叶片的性能的已知改良。该“倾斜”产生从平台区域（在所述叶片根部）到顶端区域在叶片的出口处质量流的变化。

[0005] 由于所述叶片的周缘间隔（即间距）从所述平台区域到顶端区域逐渐增加，所述喉部线与负压面交叉的位置随着半径的增大而向上游移动。由于所述负压面的凸曲率，这导致出口角从在根部处（相对于正切方向）的大约 13° 增加到在顶端处的大约 15°。

[0006] 在 EP-B1-0704602 中已经提出一种“被控流”翼型叶片，它提供超过这些已知翼型叶片设计的性能改良。本发明目的在于提供一种被控流翼型叶片，所述被控流翼型叶片具有修改的设计，它也提供一种超过已知翼型叶片设计的性能的改良。

[0007] 下述定义将用于整个本说明书。

[0008] 翼型叶片的径向最内部的末端将称为它的“平台区域”（常称为毂区域或根部），而翼型叶片的径向最外部的末端将称为它的“顶端区域”。

[0009] “等截面”翼型叶片设计成，使得所述叶片的名义翼型截面，每个都被认为正交于来自涡轮轴线的涡轮轴线的径向线，从所述平台区域到顶端区域具有相同的形状，所述翼型截面是不歪斜的（即从所述平台区域到顶端区域具有相同的设定角度），并且一个在另一个上地叠置，从而它们的前缘和后缘在径向方向上共同形成直线。

[0010] 翼型叶片的叶片出口角 (α) 是相对于所述转子的周向方向，所述工作流体离开周缘叶列的角度，并且从下述关系式推出：

$$[0011] \quad \alpha = \sin^{-1}k$$

[0012] 其中：

[0013] $K = \text{喉部尺寸 (t)} / \text{间距尺寸 (p)}$

[0014] 所述喉部尺寸 (t) 定义为从一个翼型叶片后缘沿法向延伸到同一排中的相邻翼

型叶片的负压面的最短线,而所述间距尺寸(p)是在距离所述翼型叶片的平台区域的规定径向距离处,从一个翼型叶片后缘到同一排中的相邻翼型叶片后缘的周缘距离。

[0015] 所述安装角(β)是任何特殊的翼型截面在沿着所述翼型叶片的高度或跨度的位置处在它自己的平面中从预定的零基准移位所经过的角度。所述基准可以例如视为作为利用这种翼型叶片的已知涡轮中的已知等截面翼型叶片,在所述翼型截面具有相同“翼差角”(ψ)处。所述翼差角(ψ)是所述涡轮的轴线与接触所述翼型截面的前缘和后缘的切线之间的角度,并且指示所述翼型截面相对于所述涡轮轴线的方向。

[0016] 所述“翼弦线”是与翼型截面的前缘和后缘半径相切的最短线。所述“翼弦长”是垂直于所述翼弦线并且分别穿过所述翼弦线接触所述前缘和后缘处的点的两条线之间的距离。

[0017] 翼型叶片的“轴向宽度”(W)是它的前缘和后缘之间的轴向距离(即当沿着所述涡轮的旋转轴测量时它的前缘和后缘之间的距离)。

[0018] 所述背表面偏转角(BSD)是在所述负压面上的所述喉部点和后缘混合点之间,在翼型叶片的未覆盖表面上的角度变化。

发明内容

[0019] 根据本发明的第一方面,提出一种翼型叶片,所述翼型叶片用作布置在轴流式涡轮机中的一系列类似叶片中的一个,所述轴流式涡轮机具有用于工作流体的环形路径,所述翼型叶片具有径向内部的平台区域,径向外部的顶端区域,轴向向前的前缘和轴向向后的后缘,所述后缘在所述平台区域和顶端区域之间是直的并且在所述环形路径的径向上定向;

[0020] 所述翼型叶片具有在所述径向内部的平台区域和径向外部的顶端区域之间在径向方向上凸出的压力面与在所述径向内部的平台区域和径向外部的顶端区域之间在径向方向上凹入的负压面;

[0021] 其中,所述翼型叶片的轴向宽度(W)是在所述前缘和直的后缘之间的轴向距离,它在所述平台和顶端区域处的最大轴向宽度($W_{\max}$)与在所述平台区域和顶端区域之间的位置处的最小轴向距离($W_{\min}$)之间抛物线式地变化。

[0022] 在所述平台区域和顶端区域之间的翼型叶片的轴向宽度(W)的抛物线式变化减小叶片轮廓损失。特别地,在所述平台和顶端区域处,所述翼型叶片的减小的喉部尺寸能够使增加的喉部尺寸在所述平台和顶端区域之间的位置处适应。这能够使更大的背表面偏转角(BSD)在所述平台和顶端区域之间的位置处适应,因而提供叶片轮廓损失的减小。

[0023] 在所述平台区域处的和在所述顶端区域处的背表面偏转角可以在从 15° 到 25° 之间的范围内。在所述平台区域处的背表面偏转角可以与在所述顶端区域处的背表面偏转角大致相同。在所述平台区域处和顶端区域处的背表面偏转角可以是大约 19° 。在所述平台区域和顶端区域之间的位置处的背表面偏转角例如在一半高度位置处,可以在从 25° 到 35° 之间的范围内变化,并且典型地为大约 30° 。

[0024] 在所述平台区域和顶端区域之间的翼型叶片的轴向宽度(W)的抛物线式变化还减小叶片二次流损失。特别地,所述叶片二次流损失因在所述平台区域和顶端区域处翼型叶片的增加的轴向宽度(W)与在所述平台和顶端区域之间的位置处翼型叶片的减小的轴

向宽度而减小。

[0025] 所述压力面和 / 或负压面可以在径向方向上大致对称地弯曲。

[0026] 在所述平台区域处的翼型叶片的最大轴向宽度 ($W_{\max \text{ platform}}$) 与在所述顶端区域处的翼型叶片的最大轴向宽度 ($W_{\max \text{ tip}}$) 一般大致相同。

[0027] 在所述平台区域处的翼型叶片的最大轴向宽度 ($W_{\max \text{ platform}}$) 与在所述顶端区域处的翼型叶片的最大轴向宽度 ($W_{\max \text{ tip}}$) 可以达到等截面设计的等同翼型叶片在它的对应区域处的轴向宽度 (W) 的 1.2 倍。在某些实施例中, 在所述平台区域处的翼型叶片的最大轴向宽度 ($W_{\max \text{ platform}}$) 与在所述顶端区域处的翼型叶片的最大轴向宽度 ($W_{\max \text{ tip}}$) 可以达到等截面设计的等同翼型叶片在它的对应区域处的轴向宽度 (W) 的 1.076 倍。

[0028] 在所述平台区域和顶端区域之间的位置处的翼型叶片的最小轴向宽度 ($W_{\min}$), 并且一般在所述平台区域和顶端区域之间的一半高度位置处的翼型叶片的最小轴向宽度 ($W_{\min}$), 可以达到在所述平台区域和顶端区域之间的对应位置处等截面设计的等同翼型叶片的等同翼型叶片的轴向宽度 (W) 的 0.9 倍。在某些实施例中, 在所述平台区域和顶端区域之间的位置处的翼型叶片的最小轴向宽度 ($W_{\min}$), 并且一般在所述平台区域和顶端区域之间的一半高度位置处的翼型叶片的最小轴向宽度 ($W_{\min}$), 可以达到在所述平台区域和顶端区域之间的对应位置处等截面设计的等同翼型叶片的等同翼型叶片的轴向宽度 (W) 的 0.893 倍。

[0029] 所述翼型叶片一般具有在所述平台区域和顶端区域之间可变的翼型截面。翼型截面的这个变化提供所述翼型叶片的轴向宽度 (W) 的抛物线式变化, 而不是例如翼型截面的安装角 (β) 的变化。因此, 在所述平台区域和顶端区域之间的翼型截面正常地具有相同的安装角 (β)。

[0030] 所述翼型叶片的最小轴向宽度 ($W_{\min}$) 可以出现在所述平台区域和顶端区域之间的一半高度位置处。一般地, 所述翼型叶片的轴向宽度 (W) 的抛物线式变化是关于所述平台区域和顶端区域之间的一半高度位置对称的。

[0031] K 值在这里定义为等于所述喉部尺寸 (t) 与间距尺寸 (p) 的比, 它可以在分别位于所述平台区域和顶端区域处的最小值 ($K_{\min \text{ platform}}$) 和 ($K_{\min \text{ tip}}$) 与在所述平台区域和顶端区域之间的位置处的最大值 ($K_{\max}$) 之间变化。所述叶片出口角 (α) 因而可以在分别位于所述平台区域和顶端区域处的最小值 ($\alpha_{\min}$) 与在所述平台区域和顶端区域之间的位置处的最大值 ($\alpha_{\max}$) 之间变化。

[0032] 在某些实施例中, 在所述平台区域处的最小 K 值 ($K_{\min \text{ platform}}$) 大致等于在所述顶端区域处的最小 K 值 ($K_{\min \text{ tip}}$)。因而, 在所述平台区域处的叶片出口角 (α_{platform}) 大致等于在顶端区域处的叶片出口角 (α_{tip})。

[0033] 最大 K 值 ($K_{\max}$) 一般出现在所述平台区域和顶端区域之间一半高度位置处。所述最大叶片出口角 ($\alpha_{\max}$) 因而出现在这个一半高度位置处。叶片轮廓损失因而在所述平台区域和顶端区域之间的一半高度区域处有利地减小。

[0034] 所述 K 值的变化, 并因而所述叶片出口角 (α) 的变化是抛物线形的, 并且可以关于在所述平台区域和顶端区域之间的一半高度位置大致对称。

[0035] 在某些实施例中, $K_{\min \text{ platform}}$ 可以是大约 0.1616, 它给出在所述平台区域处的叶片出口角 (α_{platform}) 大约 9.3° (即约 9°), $K_{\min \text{ tip}}$ 可以是大约 0.1633, 它给出在所述顶端区

域处的叶片出口角 (α_{tip}) 大约 9.4° (即约 9°), 并且在所述平台区域和顶端区域之间一半高度位置处的 K_{max} 可以是大约 0.2823, 它给出在一半高度位置处的叶片出口角 (α_{max}) 大约 16.4° (即约 16°)。

[0036] 所述翼型叶片的平均喉部尺寸 (t_{mean}) 正常地大约等于等截面设计的等同翼型叶片的平均喉部尺寸。这保证所述平均反应大致等于等截面设计的等同翼型叶片的平均反应。

[0037] 所述翼型叶片一般是涡轮机级的固定叶片, 所述涡轮机级包括一系列所述固定叶片。

[0038] 根据本发明的第二方面, 提供一种轴流式涡轮机, 其包括根据本发明第一方面的一系列翼型叶片。

[0039] 所述轴流式涡轮机可以是例如蒸汽轮机或燃气轮机的涡轮。所述涡轮可以包括具有根据本发明第一方面的固定涡轮叶片的至少一个涡轮机级。

附图说明

[0040] 图 1 是蒸汽轮机的轴线上的示意性截面图, 显示包括固定叶片的组件的常规“盘和膜片 (disc and diaphragm)”高 / 中压蒸汽涡轮机级;

[0041] 图 2 是固定叶片膜片中的两个这种常规叶片的透视图;

[0042] 图 3(a) 是图 2 的叶片沿径向方向的简图;

[0043] 图 3(b) 是例示离开固定叶片的出口角 (α) 的简图;

[0044] 图 4 是根据本发明的翼型叶片的透视图;

[0045] 图 5 是显示对于常规等截面翼型叶片和对于本发明的被控流翼型叶片, K 值相对于翼型截面从所述平台区域到顶端区域的高度变化的曲线。

具体实施方式

[0046] 现在利用唯一实例和参照附图描述本发明的实施例。

[0047] 图 1 显示常规“盘和膜片”高 / 中压蒸汽涡轮机级的简图式轴向截面视图。工作流体, 蒸汽, 的流 F 的方向大致平行于涡轮转子轴线 A 。对于每一级, 转子 10 具有盘 11, 在盘 11 上紧固一组或一排在周缘上排列和间隔开的移动叶片 12, 叶片 12 具有附着到它们的径向外端部的屏蔽 (shroud) 13。在从涡轮机的前部到后部的方向 F 上流动的蒸汽中的能量转换成转子 10 中的机械能。

[0048] 对于每个涡轮机级, 固定叶片组件在移动叶片 12 的组之前并且紧固到涡轮内壳体 20 上。这个固定叶片组件包括径向内部环 21、径向外环 22 和一排在周缘上排列和间隔开的固定叶片 23, 每个叶片 23 在它的平台区域处, 在径向内端部紧固到内部环 21 上, 并且在它的顶端区域处, 在径向外端部紧固到外部环 22 上, 并且每个叶片具有面向所述流的上游的前缘 24 和径向下游的后缘 25。

[0049] 固定叶片 23 与内部和外部环 21、22 的组件已知为膜片。图 1 中所示的盘和膜片级是这样一种类型, 其中, 在内部和外部环 21、22 之间的正交于涡轮轴线 A 的区域在固定叶片后缘 25 处比在叶片前缘 24 处更大。而且, 在图 1 所示的实例中, 固定叶片 23 所紧固的环 (或端部块) 21、22 的表面, 即端壁, 具有沿从叶片 23 的前缘 24 到后缘 25 的方向 F 散开

的截头圆锥形状。

[0050] 现在参照图 2, 图 2 显示图 1 所示类型的固定叶片组件的一部分的后视图。图 2 中所示的固定叶片 23 是常规的等截面类型, 也就是说, 它们每个都是直的, 即设计成使所述叶片的名义翼型截面分别视为垂直于从涡轮轴线 A 发出的径向线, 从所述叶片平台区域到所述叶片顶端区域具有相同的形状, 从所述平台区域到顶端区域朝相反方向扭转并且用前缘 24 和后缘 25 分别叠置在直线上。每个叶片 23 具有凹压力面 26 和凸负压面 27。

[0051] 参照图 3(a), 图 3(a) 以径向平面图的方式例示相对于涡轮轴线 A 和含有固定叶片环的横向 (即相切或周缘) 平面 T 并且与涡轮轴线 A 垂直的固定叶片 23 和 29 的方向。所述叶片翼型截面基于小的后缘圆 15 和更大的前缘圆 17。这两个圆的切线 19 与涡轮轴线 A 方向成角度 ψ , 在上文中定义为翼差角。将会看到, 这些常规的固定叶片 23、29 在给定径向位置处的轴向宽度 (W) 是在给定径向位置处, 前缘和后缘 24、25 之间的距离。

[0052] 如果垂直线从叶片 23 的负压面 27 绘制到与相邻叶片 29 的压力面 26 交叉, 并且然后, 如果绘制最短的这种线, 这是喉部尺寸 t, 它出现在叶片 29 的后缘 25 的区域中。这个喉部尺寸 (t) 与固定叶片的间距尺寸 (P) 的比设为值 K, 如上文中所定义的, 它等于出口角 (α) 的正弦 (sine)。可以看到, 这个角度大约是从每个叶片相对于横平面 T 的出口角。

[0053] 图 4 显示根据本发明原理的翼型叶片 30, 并且可以结合到上述的固定叶片组件中。在平台区域 32 和顶端区域 34 之间, 如同常规的等截面叶片, 翼型叶片 30 具有直的后缘 36。翼型叶片 30 具有压力面 38 和负压面 40, 它们分别在径向方向上在平台区域 32 和顶端区域 34 之间凸出和凹入地对称弯曲。

[0054] 翼型叶片 30 的轴向宽度 (W) 沿着叶片 30 的高度或跨度变化, 更具体地, 在所述平台和顶端区域 32、34 处的最大轴向宽度 ($W_{\max}$) 与在平台区域 32 和顶端区域 34 之间的位置处的最小轴向宽度 ($W_{\min}$) 之间抛物线式地且对称地变化。因此, 应理解与后缘 36 相反, 翼型叶片 30 的前缘 35 不是直的, 而是在径向方向上弯曲的。在例示的实施例中, 前缘 35 的弯曲关于平台和顶端区域 32、34 之间的一半高度位置 42 对称, 使得在平台区域 32 处的最大轴向宽度 ($W_{\max \text{ platform}}$) 大致等于在顶端区域 34 处的最大轴向宽度 ($W_{\max \text{ tip}}$), 同时所述最小轴向宽度 ($W_{\min}$) 出现在平台区域 32 和顶端区域 34 之间的一半高度位置 42 处。

[0055] 叶片轴向宽度 (W) 的抛物线式变化是通过变化在平台区域 32 和顶端区域 34 之间的翼型叶片截面 44 同时翼型截面各具有相同的安装角 (β) 实现的。

[0056] 图 4 中所示的翼型叶片 30 的一个实施例的关键参数下面示于表 1。

[0057] [表 1]

[0058]

	平台 (即毂) 区域	一半高度位置	顶端区域
r, 后缘 (mm)	420	462	504
轴向宽度 (W) (mm)	73.42	68.20	73.42
$K (= \sin \alpha)$	0.16	0.28	0.16
喉部 (t) (mm)	8.88	17.07	10.77

间距 (P) (mm)	54.978	60.476	65.973
BSD(°)	19.44	30	19.22

[0059] 图 5 例示对于根据本发明的具有表 1 中所示参数的两个不同翼型叶片 30 与对于在所述平台区域和顶端区域之间具有恒定轴向宽度 (W) 大约 68.2mm 的常规等同等截面翼型叶片, K 值 (等于出口角 α 的正弦) 和叶片截面的径向高度之间的关系。

[0060] 对于常规等截面翼型叶片, 将看到 K 值在平台区域处的最小值和顶端区域处的最大值之间大致线性增加。这等同于叶片出口角 (α) 在平台区域处的约 13° 和顶端区域处的约 15° 之间大致线性增加。叶片出口角 (α) 的该增加简单地对应于随着半径的增加, 叶片间距 (P) 增加。

[0061] 对于根据本发明的被控流翼型叶片 30, 将会看到所述 K 值关于叶片的一半高度位置 42 在平台区域和顶端区域处的相等最小值 $K(K_{\min \text{ platform}} = K_{\min \text{ tip}})$ 和所述一半高度位置处的最大 K 值 ($K_{\max}$) 之间抛物线式地且对称地变化。所述最小 K 值等同于在平台区域处的叶片出口角 (α_{platform}) 和在顶端区域处的约 9° 的叶片出口角 (α_{tip}) 和在所述一半高度位置处的约 16° 的最大叶片出口角 ($\alpha_{\max}$)。在平台和顶端区域处 K 值的减小, 并因而出口角 α , 使所述 K 值, 并因而所述出口角 α , 在平台和顶端区域之间的一半高度位置处增加。叶片轮廓损失因而在所述一半高度区域中减小。

[0062] 虽然在前面段落中已经描述了本发明的实施例, 应理解的是, 在不偏离所附权利要求书的保护范围的条件下, 对这些实施例可以做出各种修改。

[0063] 虽然本发明已经关于“短高度”HP/IP 固定叶片在低反应盘和膜片类型的蒸汽轮机中用途进行了描述, 它还适用于其他类型的轴流式涡轮机和压缩机, 以及适用于移动的翼型叶片和固定的翼型叶片。

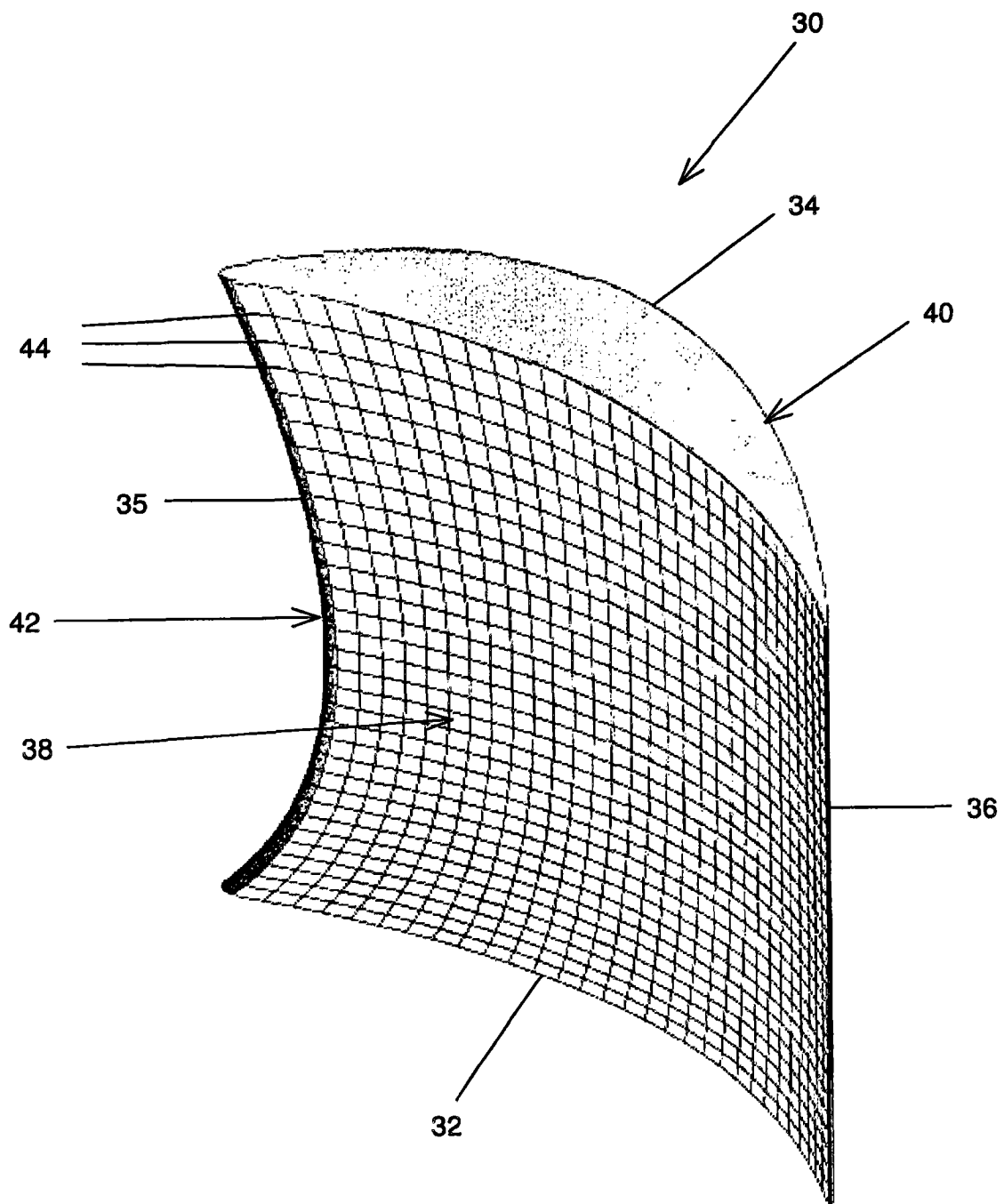


图 4

被控流（CF₂、POLY CF₂）相对等截面的K值的径向变化

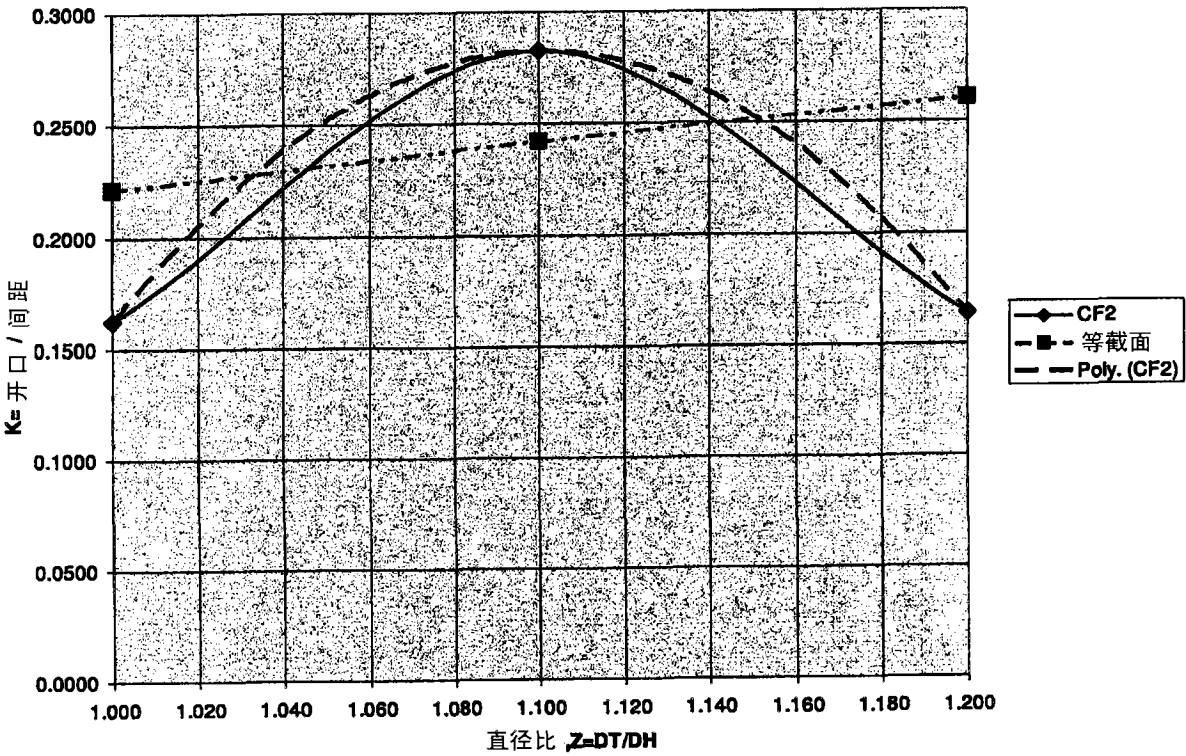


图 5