



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103354859 B

(45)授权公告日 2016.08.31

(21)申请号 201280008542.2

吉恩-弗朗索瓦·雷欧斯

(22)申请日 2012.02.06

(74)专利代理机构 中国商标专利事务所有限公司 11234

(30)优先权数据

代理人 宋义兴

1151070 2011.02.10 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.Cl.

2013.08.12

F01D 5/14(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

(56)对比文件

PCT/FR2012/050254 2012.02.06

EP 1270872 A4,2003.08.27,

(87)PCT国际申请的公布数据

CN 101960095 A,2011.01.26,

W02012/107677 FR 2012.08.16

DE 102008021053 A1,2009.10.29,

(73)专利权人 斯奈克玛

US 2003/0170124 A1,2003.09.11,

地址 法国巴黎

W0 96/00841 A1,1996.01.11,

审查员 彭小熙

(72)发明人 达米恩·塞利尔

文森特·保罗·加布里埃尔·佩罗特

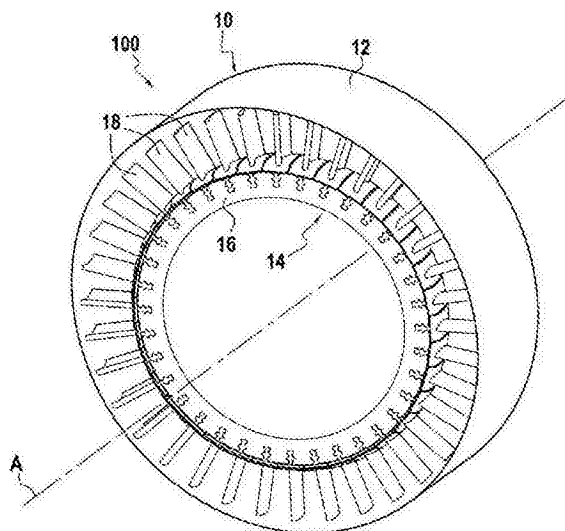
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

用于超音速流的叶型与平台组件

(57)摘要

一种组件,包括叶片(20)和其上安装叶片的平台,平台表面在叶片前缘和后缘之间带有周向凹部(40),凹部最深部分(41)位于叶片的上游一半内。术语“轮廓曲线”(46)是指叶片基角( $\alpha$ )根据沿叶轮轴线的位置变化的曲线,而术语“线性轮廓曲线”(45)是指角度根据沿叶轮轴线的位置变化的曲线,曲线为直线,将表示基角的各个点连接在一起,所述各点分别在叶片自前缘轴线范围的10%和90%处。在平台附近,轮廓曲线带有凸起部分,位于线性轮廓曲线(45)的上方。



1. 一种包括叶型(20)和平台(22)的组件(1),所述叶型(20)用于涡轮发动机叶轮,在所述平台上适合安装叶型:

多个所述叶型适合固定到所述平台上,从而形成叶轮(14),该叶轮(14)带有叶轮轴线(A)并沿该叶轮轴线构成上游和下游方向,所述叶型径向布置在平台上;

在所述叶轮中,平台(22)在叶型之间提供了一个平台表面(30),该平台表面径向构成了叶型之间形成的气体流动通道的内侧;以及

所述平台表面带有周向凹部(40),其在叶型前缘和后缘之间轴向延伸,所述周向凹部的最深截面(41)轴向位于叶型的上游一半内;

所述组件的特征在于:

其中,“轮廓曲线”(46,47)是表示叶型的基角( $\alpha$ )根据沿叶轮轴线的位置在与平台表面大体平行的截面平面上变化的曲线;

其中,线性轮廓曲线是指,根据沿叶轮轴线的位置表示角度变化的曲线,该角度在表示基角分别为距叶型前缘的叶型轴向范围的10%和90%的各点之间构成了一个直线连接,

在平台附近,轮廓曲线带有一个凸起部分(44),位于线性轮廓曲线(45)的上方。

2. 根据权利要求1所述的组件,其特征在于,轮廓曲线(46)和线性轮廓曲线(45)之间偏移( $d3$ )为最大时的第一平面(P2)与所述最深截面(41)的第二平面(P)相一致。

3. 根据权利要求1所述的组件,其特征在于,轮廓曲线(47)和线性轮廓曲线(45)之间偏移( $d3$ )为最大时的第三平面轴向位于所述最深截面(41)0.5×N%的位置和1.5×N%的位置之间,值N%是最深截面相对于叶型自其前缘轴向范围所表示的百分数。

4. 根据权利要求1所述的组件,其特征在于,所述最深截面(41)轴向位于叶型自其前缘轴向范围的15%至40%的范围内。

5. 根据权利要求1所述的组件,其特征在于,轮廓曲线带有较低部分(48),其位于线性轮廓曲线下方并轴向位于所述凸起部分(44)的下游。

6. 根据权利要求5所述的组件,其特征在于,轮廓曲线和线性轮廓曲线在叶型自其前缘轴向范围50%至75%的范围内的一个点(M)处相交。

7. 一种用于涡轮发动机的叶片(18),其包括权利要求1到6任一项所述的组件,叶片包括与至少一个叶型构成一体的平台。

8. 一种涡轮发动机叶轮(14),由根据权利要求7所述叶片构成。

9. 一种涡轮发动机叶轮(14),由至少一个根据权利要求1至6任一项所述的组件构成。

10. 一种涡轮发动机(100),包括至少一个根据权利要求8所述的涡轮发动机叶轮。

11. 一种涡轮发动机(100),包括至少一个根据权利要求9所述的涡轮发动机叶轮。

## 用于超音速流的叶型与平台组件

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种组件,其包括用于涡轮发动机叶轮的叶型以及其内安装叶型的平台,如此形成的组件采用这样一种布置,即固定到平台或多个装配在一起的平台上的多个叶型构成叶轮。术语“平台”在此处用来表示确定叶片间通道径向内侧的部分,所述通道是在叶轮两个邻近叶型之间形成的。术语“平台表面”用来表示面向叶片间通道的平台表面。平台表面也可以是指统称为叶轮平台表面的组件。

### 背景技术

[0002] 按照已知方式,叶轮的叶型可以与转子盘为一体形成,从而构成叶轮。采用这种方式制成的部件结合了叶型和其平台,称之为整体叶轮。按照另一个实施例,叶型与转子盘相互独立(即,它们构成完全不同的部分)。在这种情况下,叶型由各个叶根构成,使得叶型得以固定到转子盘上,从而构成叶片。为此,包括转子盘上叶片在内的组件构成了叶轮。

[0003] 本发明试图提出一种相对于平台表面的叶型的有利布置;这种布置采用上述不同结构形式,不论平台和叶型是否构成完全不同的部分。

[0004] 特别是,本发明试图制作上述组件,用来制作(高压或低压)压缩机的叶轮,而且,具体是,涡轮发动机或直升机涡轮轴发动机上使用的多级压缩机。本发明还可用于制作涡轮发动机涡轮(该涡轮可以是高压或低压涡轮)的叶片或叶轮。

[0005] 在涡轮发动机中,压缩机级的空气动力效率(等于理想功(理想功是指与等熵变换相关的功)和通常输送给流体的功之比,为的是获得压缩机级上游和下游端之间的给定压力增加)不仅取决于叶型的形状,而且取决于平台的形状。为了提高该效率,已知对一个或多个叶轮的的平台表面进行修改,以便局部增加或减小流过叶轮的流体流动截面积。为此,且按照已知方式,平台的改动是在与叶型表面上设置周向凹部和/或周向凸起区域。(术语“周向”此处用来相对于凹部或凸起区域,表示大体旋转面的凹部或凸起区域,当然,叶型邻近附近除外)。这种修改,称之为“外形修整”,用来提高叶轮和-更广泛地说-压缩机级的空气动力效率。术语“凹部”和“凸起区域”应该理解为是以理论表面为基准,所述理论表面径向形成了通道的内侧并从叶轮上游到下游呈线性变化。

[0006] 然而,不论采用这种方法获得的叶轮的效率是否增加,但这种修整通常会流对流体流产生一定程度的不利影响。具体是:

[0007] 引起叶轮出口处压力梯度升高;这种梯度会对叶轮运行有害,特别是,对涡轮发动机(特别是多级压缩机)整体效率不利;

[0008] 引起叶型(特别是叶型根部附近)周围速度分配不均匀;以及

[0009] 最后,会引起叶轮压缩比的改变(此处,压缩比等于叶轮上游和下游压力之比)。

[0010] 当发现这种不利影响时,通常,对位于所述叶轮下游流体通道内的叶轮形状进行修整,以期消除这些不利影响。然而,这种修整不能保留因为改动所述叶轮平台表面而获得的效率的提高;此外,这种修整也并不总是能够得以顺利进行。

## 发明内容

[0011] 本发明的目的是提出一种组件,来消除这些缺陷,所述组件包括涡轮发动机叶轮的叶型和适合安装叶型的平台:

[0012] 多个所述叶型适合固定到所述平台上或多个装配在一起的所述平台上,从而形成叶轮,该叶轮带有叶轮轴线并沿该轴线构成上游和下游方向,所述叶型径向布置在叶轮上;

[0013] 在所述叶轮中,平台或装配在一起的平台在叶型之间提供了一个表面,称之为平台表面,该表面径向构成了在叶型之间形成的气体流动通道的内侧;以及

[0014] 所述平台表面呈现周向凹部,在叶型前缘和后缘之间大体轴向延伸,所述凹部的最深截面轴向位于叶型的上游一半(upstream half)内;

[0015] 该组件提供叶轮良好的空气动力效率,确保叶轮下游压力梯度类似于平台表面无周向凹部时所观察到的梯度,以及可较均匀地分布流体速度,特别是在叶片根部附近,并从而可以使得叶片在超音速流中运行。

[0016] 为了说明本发明提供的技术方案,现定义如下部分:

[0017] 平台的“附近”涉及位于内圆角上方较近距离(例如,小于叶型高度40%)处的叶型部分,所述内圆角将叶型与平台相连接。基角(skeleton angle)是指由叶型中间纤维(neutral fiber)在垂直于叶型纵向平面上相对于叶轮轴线所形成的角度,基角的特征是以这样的方式选择的,即上游基角(叶型前缘的基角)为正。

[0018] 根据沿叶轮轴线的位置变化,轮廓曲线(skeleton curve)是指在与平台表面平行的截面平面上叶型基角变化的曲线。

[0019] 线性化轮廓曲线是指,根据沿叶轮轴线的位置表示角度变化的曲线,该角度在表示基角分别为距叶型前缘的叶型轴向范围的10%和90%的各点之间构成了一个直线连接。为此,用线性化轮廓曲线表示的线性化基角,等于在叶型距前缘轴向范围的10%和90%处的基角(叶型上游和下游端不计,因为其可能会受到具体布置的影响)。

[0020] 为了实现上述目的,根据本发明,在平台附近的上述组件中,轮廓曲线给出了一个凸起部分,该部分位于线性轮廓曲线的上方。

[0021] 为此,本发明旨在局部调整叶型形状,从而使得轮廓曲线凸起(这等于“闭合”了基角,在一定意义上,所述截面内基角会以相对于线性轮廓曲线的绝对值而增加),从而使得叶型与在平台内布置的周向凹部引导的气流变化相匹配。可以认为,当曲线的至少一个点位于线性轮廓曲线上方 $3^{\circ}$ 以上时,该轮廓曲线会以这样的方式凸起。假设对因周向凹部构成的平台表面进行修改时,改变平台附近的叶型可以优化叶轮的使用。

[0022] 叶型的轴向范围(下面写为E)表示沿叶轮轴线在叶型前缘和后缘之间自叶型根部处测量的距离。

[0023] 在本发明的组件中,在叶型的径向较低部分上且称之为“轮廓”曲线,由于基角曲线变化所呈现的凸起部分,气流会以这样的方式偏转:

[0024] 在周向凹部附近,限制在相对于叶片参照系内应用“外形修整”而引起的加速度。于是,限制流体速度的增加可以减少冲击波的损失(通过闭合基角,特别是叶型轴向范围的 $0^{\circ}$ 到40%范围内);以及

[0025] 限制因为周向凹部而引起的平台附近流速的增加,从而恢复流速梯度至其初始

值,即,如果不存在周向凹部,或者更广泛地说,如果没有进行外形修整时,可能会达到的值。

[0026] 此外,在超音速流中,装有本发明组件的叶轮具有良好的空气动力效率,叶轮下游的压力梯度类似于在无周向凹部情况下观察到的梯度,叶根附近流速分布比较均匀。

[0027] 本发明的组件具有如下改进的方面:

[0028] 轮廓曲线和线性化轮廓曲线之间偏移为最大时的平面可大体上与所述最深截面的平面相一致。

[0029] 轮廓曲线和线性轮廓曲线之间偏移为最大时的平面可轴向位于最深截面 $0.5 \times N\%$ 位置和 $1.5 \times N\%$ 位置之间,值N是相对于叶型距其前缘轴向范围所表示的百分数。

[0030] 最深截面可轴向地位于叶型距其前缘轴向范围15%至40%的范围内。

[0031] 轮廓曲线和线性轮廓曲线可在叶型距其前缘轴向范围50%至75%的一个点处相交。

[0032] 轮廓曲线呈现较低部分,该较低部分位于线性轮廓曲线的下方,并在轴向上位于所述凸起部分的下游。由于凹下部分在叶型径向内部,作用在流体上的偏转受到限制,从而可以消除叶型后缘处流体形状偏移的增加,所述偏移是因为改变周向凹部所引起的(流体形状偏移是指后缘附近流体方向和下游基角之间的偏移)。周向凹部所引起的流动通道的打开使得叶型处于工作状态(unprimed),从而得以应用这种改变。将流体形状偏移返回至其原始值,可以保留流体的出口角,并从而保留压缩比梯度,同时改善叶型的气动力学性能。

[0033] 本发明的第二个目的是提供一种涡轮发动机叶片,包括与至少一个叶型一体成型的平台,这样可通过这种叶片而赋予叶轮良好的空气动力效率,并提供叶轮下游的压力梯度,与平台表面上无周向凹部情况下观察到的梯度相似,以及,可获得较为均匀的速度分布,特别是在叶根附近。

[0034] 该目的可以通过装有上述组件的涡轮发动机叶片来实现。这种叶片的平台通常布置成这样的,即构成整个叶片间表面,该表面径向地确定了在叶型之间存在的气体流动通道的内部。

[0035] 本发明的第三个目的是提供一种涡轮发动机叶轮,该叶轮具有良好的空气动力效率,叶轮下游压力梯度类似于平台表面无周向凹部时观察到的压力梯度,速度分布相对均匀,特别是在叶根附近。

[0036] 该目的可通过采用上述叶片(或者,由上述至少一个组件)构成的叶轮来实现。例如,这种叶轮的一个例子就是整体叶轮。

[0037] 最后,有利的是,本发明可以用于包括了上述至少一个叶轮的涡轮发动机中。

## 附图说明

[0038] 通过阅读以非限定性示例给出的如下实施例详细说明,可以更好地理解本发明,本发明的优点会更好显现出来。所述说明参照附图,附图如下:

[0039] 图1为本发明涡轮发动机压缩机级的透视图;

[0040] 图2为本发明三个组件的透视图,其构成图1所示叶轮的一部分;

[0041] 图3A和3B为组件的示意图,所示组件包括与叶型相关的平台,并包括:

[0042] 沿周向看去,组件的示意图;以及

- [0043] 所示组件的叶型的轮廓曲线示意图；
- [0044] 其中,图3A所示为现有技术组件,图3B所示为构成本发明第一实施例的组件；
- [0045] 图4所示为本发明组件叶型轮廓曲线的两个不同方式,分别对应于第一实施例和第二实施例;以及
- [0046] 图5为本发明组件的叶型的截面图。

### 具体实施方式

- [0047] 在各个附图中,相似或相同部件均使用相同的附图标记。
- [0048] 图1为涡轮发动机100轴流式压缩机10的局部示意图。压缩机10包括其内安装叶轮14的机匣12。叶轮14本身包括转子盘16,径向叶片18采用传统方式固定在转子盘16上,呈轴向对称布局。叶轮布置成能够在机匣12内围绕旋转轴线A转动。
- [0049] 图2更清晰地示出了叶片18在叶轮14上的布置情况,该图为叶轮14的局部示意图。
- [0050] 在叶轮14内,每个叶片18构成了连接叶型20、平台22和叶根24的组件1。为此,叶片平台22与叶型20构成整体。当然,本发明还可以通过其它类型叶轮来实施,其中叶型和平台为完全分开的两个部分。
- [0051] 叶根24用来将叶片18固定到转子盘16上。
- [0052] 在叶轮14内相连的平台22构成了平台表面30,形成了叶片间通道的径向内侧,所述通道可使气体在叶片之间流动。该平台表面呈近似旋转面,或者至少接近旋转面。
- [0053] 叶片18以这样的方式布置,即,当它们装配在一起而构成叶轮14时,叶片的平台就构成了在叶型20之间形成的整个平台表面30。于是,无需采用附加部分来构成平台表面30的一部分或做成平台表面30的形状。为了能够使得叶片18装配在一起,沿叶轮周向,相对于周向C,在平台的其中一侧的边缘32在形状上与位于另一侧的平台的边缘34成互补形式。
- [0054] 每个叶型20带有前缘26和后缘28,叶型沿每个叶型所特有的径向B径向延伸。
- [0055] 在图2中,可以看到截面V,其构成了与平台表面30大体平行的截面,且位于叶型20根部附近。
- [0056] 图5是涡轮发动机叶片叶型120的截面图,所示平面垂直于叶型纵轴。
- [0057] 该截面示出了叶型在所述平面上的中线纤维122(neutral fiber)。中线纤维是叶型的各点系,与叶型两个侧面(其压力面和其吸力面)距离相等。例如,图中所示点M与压力面和吸力面的距离 $d$ 相等。点M处的基角 $\alpha$ (skeleton angle)为点M处中线纤维的切线124和叶轮轴线A之间的夹角。基角 $\alpha_0$ 或上游基角为叶型120前缘的基角。
- [0058] 图3A和3B分别示出了现有技术实施例和本发明实施例的组件1(其结合了平台22和叶型20)。
- [0059] 在图3A中:
- [0060] 图3Aa)所示平台表面30沿叶型20轴线(即沿轴线A)并未经受任何特别改变。为此,该平台表面为基准平台表面 $30_{ref}$ ,其大体上呈锥形。
- [0061] 在图3Ab)中,所标绘的曲线说明,随着沿叶轮14轴线轴向位置的变化,图3Aa)叶型基角沿平面A-A(该平面在图3Aa)中采用虚线表示)出现变化。轴向位置采用相对于叶型20的轴向范围E位置而变化的百分数表示。轴线范围E是指轴线A的距离,该轴线位于叶型20根部处前缘26和后缘28之间(图3Aa))。图3A所示组件叶型20是轮廓曲线和线性化骨架相一致

的一种叶型,如图3Ab)所示。

[0062] 图3B:

[0063] 图3B示出了本发明的实施例。在这个实施例中,平台表面30沿叶型20进行了改动。

[0064] 所进行的这些改动相对于基准平台表面 $30_{ref}$ 采用相对径向方式确定。该表面 $30_{ref}$ 被确定为大体锥形表面,而该锥形表面则接近于平台表面30,该基准平台表面 $30_{ref}$ 被确定的同时,忽略周向凹部和任何其它局部变化(如果存在的话,且不论是周向的还是其它方向的)时,这些局部变化可能会在沿叶型20各个轴向部位处伸出平台表面或在平台表面处后移。

[0065] 另外,平台30和叶型20的表面改动也都相对于叶型20的轴向范围E而轴向确定。

[0066] 平台表面30改动后具有周向凹部40(图3Ba)。术语“凹部”用来表示一部分平台表面,该平台表面径向位于基准平台表面 $30_{ref}$ 内部,并对应于局部扩大了的气流通道。

[0067] 周向凹部40在叶型20的前缘26和后缘28之间轴向延伸。该凹部40最深轴向截面41(位于垂直于叶轮14的轴线A的平面P上)在轴向上位于叶型20的上游一半内。在上面句子中,“最深”截面是指如下凹部40的截面,该凹部相对于基准平台表面 $30_{ref}$ 的距离 $d_2$ 为最大(见图3Ba)。在所示实施例(图3Bb)中,最深截面41轴向位于叶型自其前缘轴向范围E的15%至40%的范围内,更确切地来讲,位于该范围E的大约30%处。

[0068] 上述周向凹部40改进了叶轮14的效率。相反,与理论平台表面 $30_{ref}$ 可能形成的流动相比,该凹部扰动了平台表面附近流体的流动。

[0069] 按照本发明,为了弥补这些扰动,叶型20的形状按图3Bb)和图4所示方式进行了改动。这种改动(通常)主要适用于叶型20在其径向内端处的高度为40%。这种改动具体出现在叶型的截面平面(图2中的平面V)处,该平面大体上平行于平台的表面,而且位于平台附近。

[0070] 图4示出了这种改动,从图4中可以看到:

[0071] 图中粗线部分为轮廓曲线46,表示本发明第一实施例叶型20基角 $\alpha$ 的变化(见图3B);

[0072] 图中虚线部分为轮廓曲线47,表示本发明第二实施例叶型20基角 $\alpha$ 的变化;以及

[0073] 图中细线部分为叶型的线性轮廓曲线45,表示线性基角的变化,对于上述两个实施例,该变化相同。

[0074] 在这些不同曲线中,基角 $\alpha$ 的变化是根据沿叶型的轴向位置而绘制的,该轴向位置按相对于叶型20轴向范围E的百分数给出。

[0075] 在两个实施例中,平台表面形状相同,见图3B。

[0076] 在本发明中,应用到叶型20的改进是指基角曲线给出的凸起部分,其位于线性轮廓曲线45的周围。(术语“凸起”用来表示曲线部分位于线性基角曲线的上方:换句话说,在凸起部分,基角的绝对值较大,比线性基角更靠近。)对于第一和第二实施例,该凸起部分分别称作44和144。

[0077] 凸起部分的一个显著特征是截面 $d_3$ 的位置,该截面是轮廓曲线(46或47)和线性轮廓曲线45之间的偏移为最大时的截面,更确切地说,是指该截面 $d_3$ 相对于周向凹部40最深截面41的位置。在第一个实施例中(轮廓曲线46),截面 $d_3$ 的平面(垂直于叶轮轴线的平面)与周向凹部最深截面41的平面P(图3Bb))相一致。

[0078] 通常,截面 $d_3$ 的平面优选轴向位于最深截面41的两侧,即最深截面41的位置 $0.5 \times$

N%和 $1.5 \times N\%$ 之间,其中,值N为相对于叶型20的轴向范围E所表示的百分数。在所述实施例中,且如上所述,该平面P(周向凹部40最深截面41的平面)位于轴向范围E的大约30%处。应用上述标准,那么,最深截面一定在 $0.5 \times 30\%$ 和 $1.5 \times 30\%$ 范围内,即在轴向范围E的15%至45%的范围内。实际上,这确实适用于第一实施例,对于曲线46,截面 $d_3$ 位于轴向范围E的30%处,但同时也适用于第二实施例,对于曲线47,截面 $d_3$ 位于轴向范围E的40%处。

[0079] 此外,轮廓曲线可选择在凸起部分下游带有一个较低部分。在第一实施中,凸起部分44一直延伸到轴向范围E的大约60%处。在凸起部分44的下游,曲线46带有较低部分48。该部分从轴向范围E的大约60%轴向延伸到大约90%。于是,轮廓曲线46和线性轮廓曲线45在标记M的点处相交,该点位于叶型轴向范围E的50%至75%的范围内。在图4中,可以看出,该点M位于轴向范围E的60%处。

[0080] 在第二个实施例中,且与第一个实施例相反,轮廓曲线47在凸起部分的下游并没有较低部分。相反,轮廓曲线47始终在线性轮廓曲线45的上方,而凸起部分144几乎沿叶型的整个轴向范围(10%至90%)延伸。



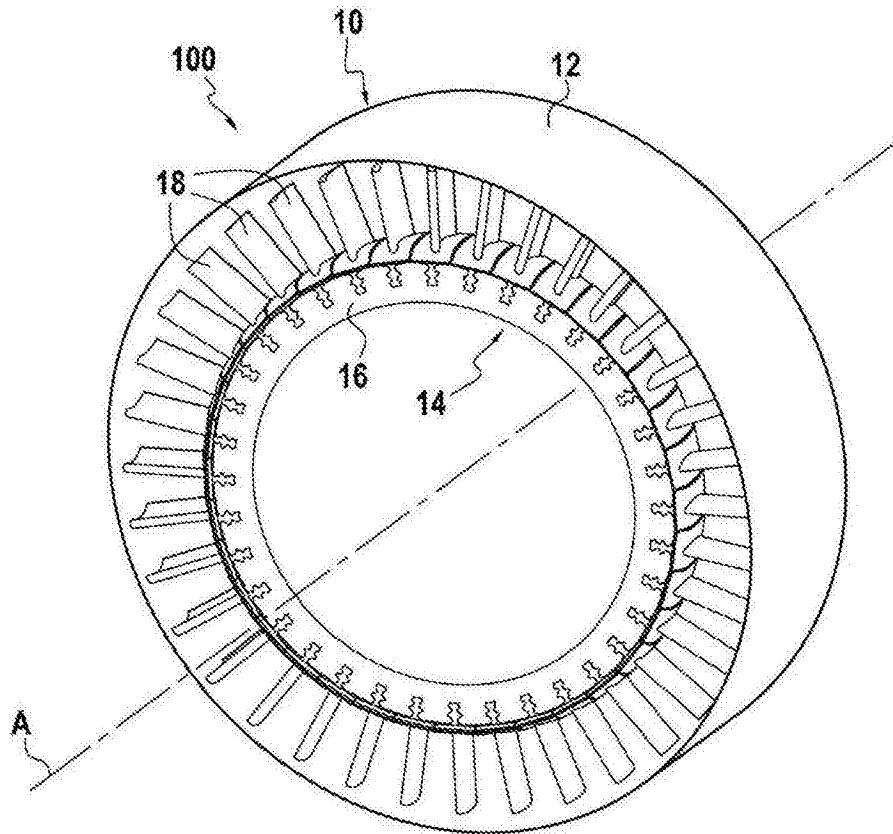


图1

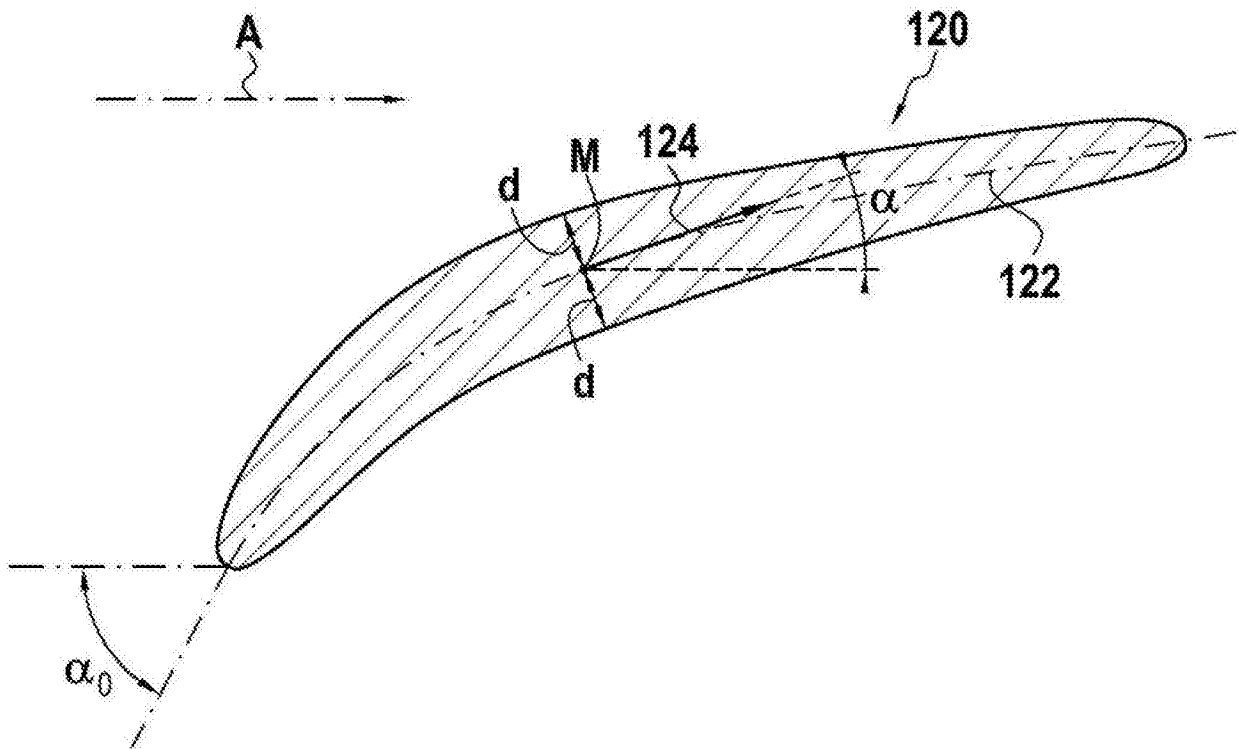


图5

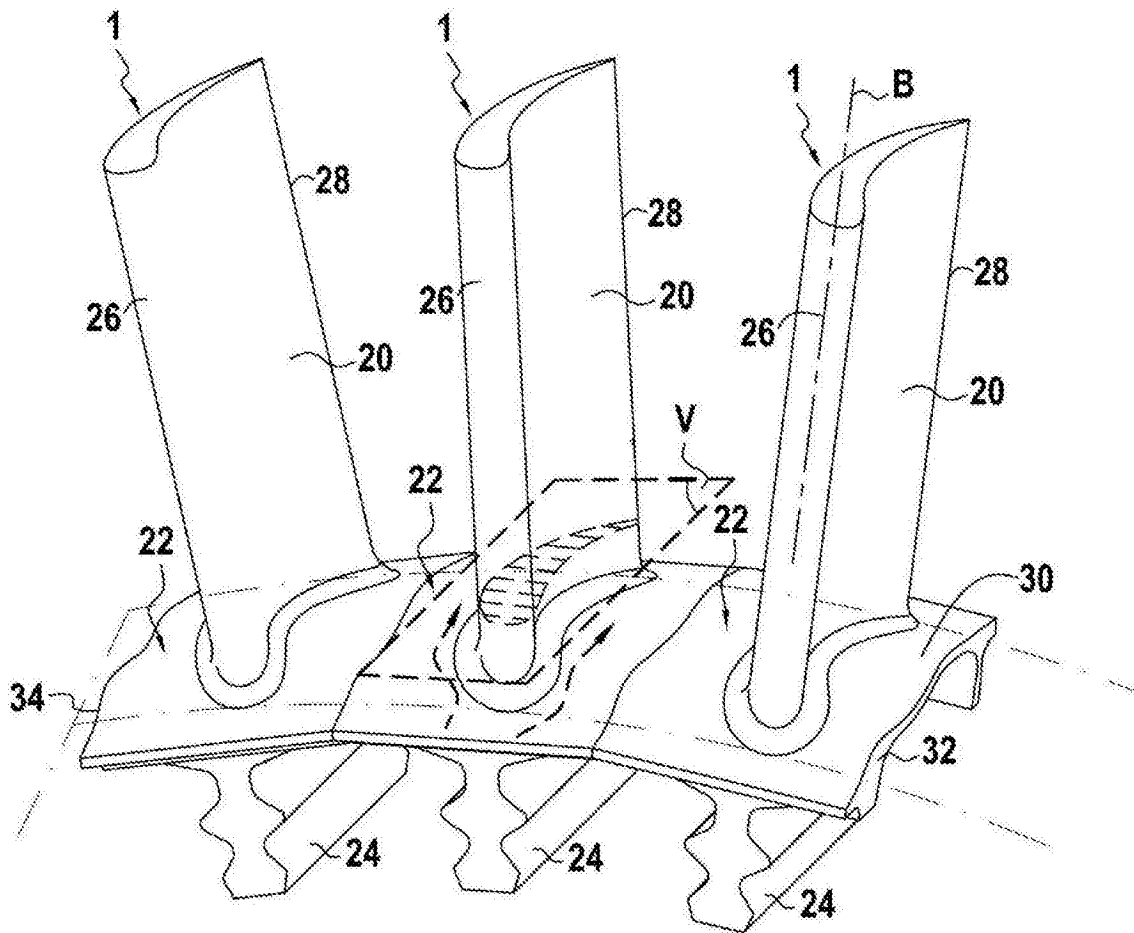


图2

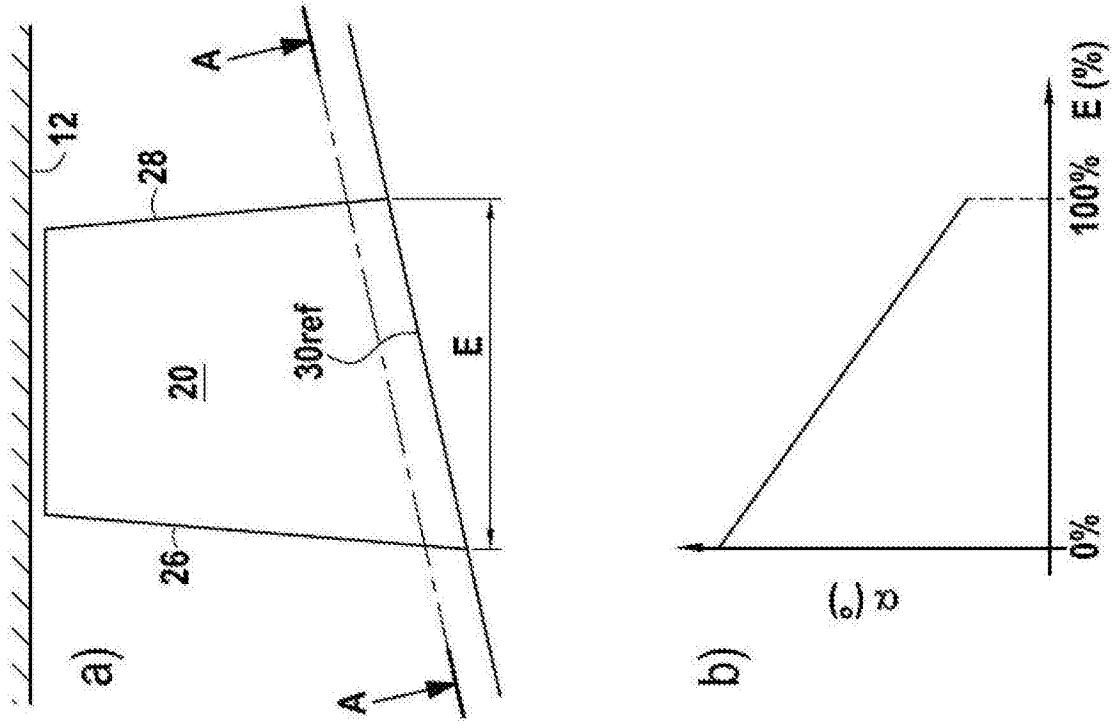


图3A

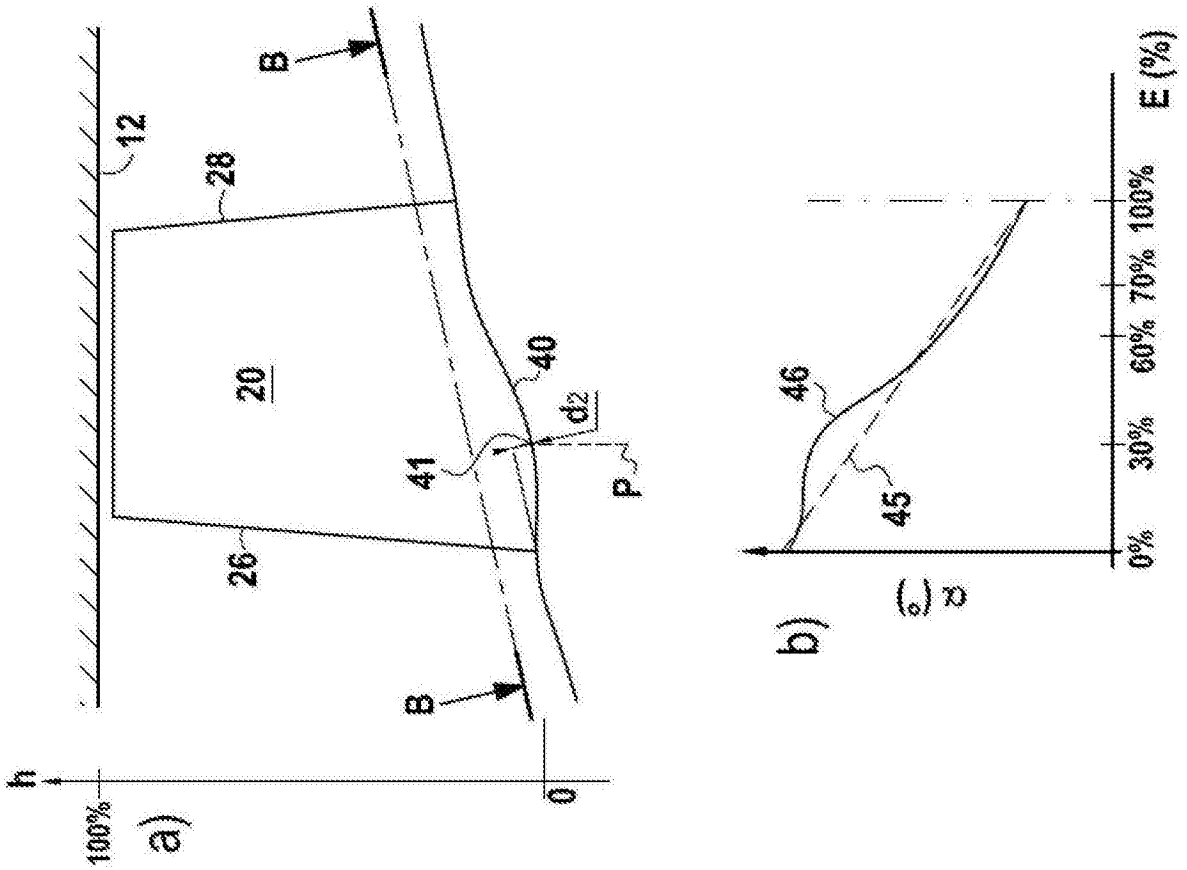


图3B

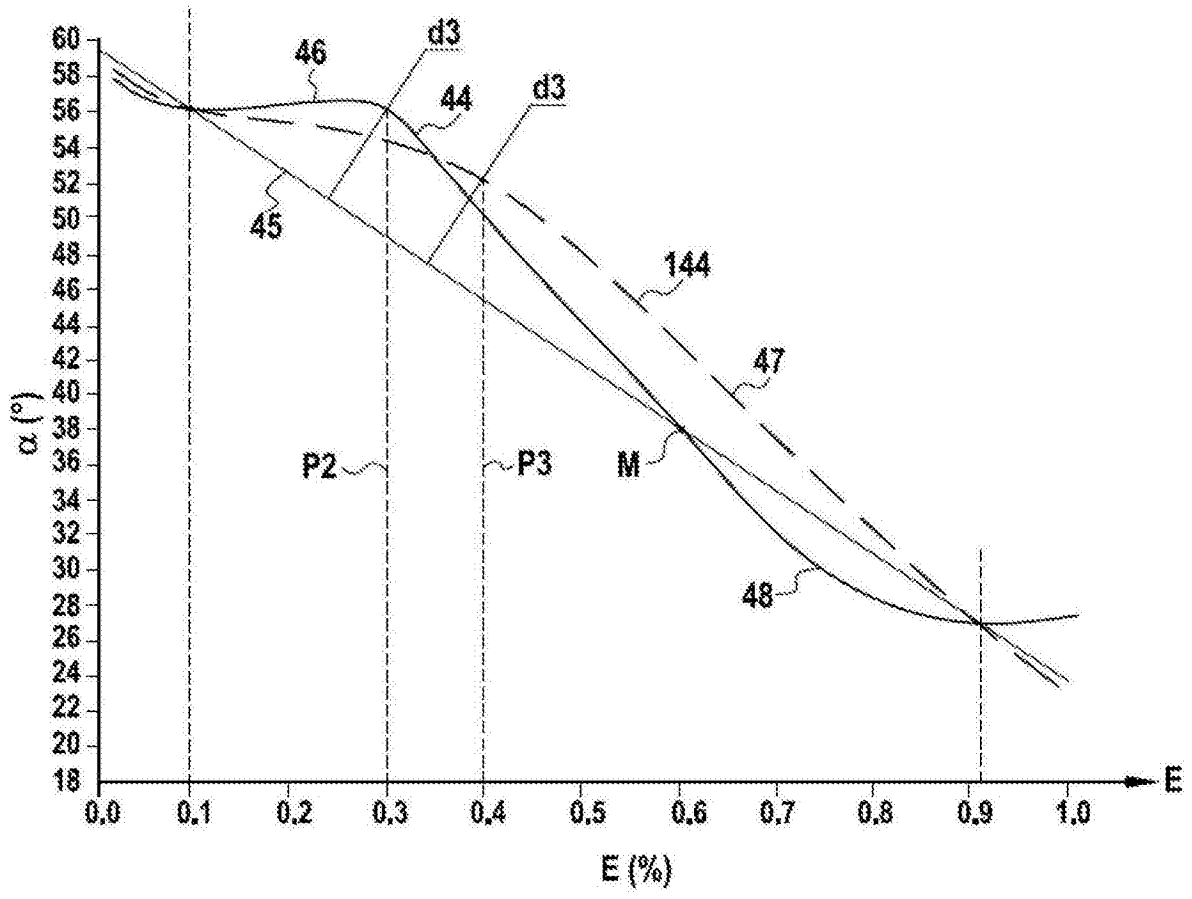


图4