

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F01D 5/14 (2006.01)

F01D 5/30 (2006.01)

F01D 21/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01122135.6

[45] 授权公告日 2008 年 4 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100379940C

[22] 申请日 2001.7.2 [21] 申请号 01122135.6

[30] 优先权

[32] 2000. 6. 30 [33] US [31] 09/607491

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 B·J·安德森 J·H·努斯鲍姆

J·M·戈梅茨

[56] 参考文献

US5853286A 1998.12.29

US5242270A 1993.9.7

EP0997612A2 2000.5.3

US5310318A 1994.5.10

US4621979A 1998.11.11

US5443365A 1995.8.22

US4541778A 1985.9.17

审查员 韩 薇

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 周备麟 黄力行

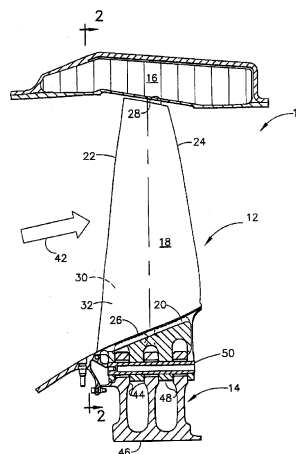
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

座形状相一致的风扇叶片

[57] 摘要

风扇叶片(12)包括具有叶根(26)和整体座(20)的叶身(18)。座前、后端(34、36)和位于其间的弧形第一、第二侧面(38、40)。叶身叶根存在着比第二侧面更靠近座第一侧面的横向偏移。当发生叶片脱落(blade-out)故障时,尾随叶片上的碰撞载荷因此而被分散,从而减小尾随叶片上的峰值载荷和损坏。



1、一种风扇叶片(12)，包括：

一个翼面，具有和座(20)整体连接的叶根(26)，自所述叶根延伸到其叶尖的前、后缘，以及在其间延伸的相反的第一和第二侧面；

所述座有前、后端(34)、(36)，以及在其间伸展的弧形第一和第二侧面(38)、(40)；

所述叶根(26)存在比所述座第二侧面(40)更靠近所述座第一侧面(38)的横向偏移；

所述座第二侧面在比靠近所述后缘更靠近的所述前缘处其轮廓与所述翼面第一侧面相一致。

2、根据权利要求1所述的叶片，其特征是：在叶根(26)和所述翼面1/2高度之间，所述座第二侧面(40)的轮廓与翼面第一侧面(30)相一致。

3、根据权利要求2所述的叶片，其特征是：所述座第二侧面在比靠近所述叶根(26)更靠近所述翼面1/2高度处，其轮廓与所述翼面第一侧面(30)相一致。

4、根据权利要求2所述的叶片，其特征是：所述翼面第一侧面在所述前、后缘(22)、(24)之间是中凹的，而所述座第二侧面(40)是与之互补的中凸形。

5、根据权利要求4所述的叶片，其特征是：所述座第二侧面的轮廓比所述翼面第一侧面的中凹轮廓浅。

6、根据权利要求2所述的叶片，其特征是：所述翼面从所述叶根(26)到叶尖(28)是扭转的，并且，在靠近所述叶根(26)和前缘(22)处，所述座第二侧面(40)的轮廓与所述翼面第一侧面(30)相一致。

7、根据权利要求2所述的叶片，其特征是：所述座第一侧面(38)的轮廓与所述座第二侧面(40)相一致。

8、根据权利要求2所述的叶片，其特征在于：还包括多个支承柄脚(48)，该柄脚从所述翼面(18)下面的所述座(20)伸展，并有穿过其间的共轴线排列的孔，以接纳一定位销(50)。

9、根据权利要求2所述的叶片，其特征是：

所述翼面自所述叶根至叶尖扭转；

所述翼面后缘在所述叶根和叶尖之间自所述座第一侧面偏离到所述座第二侧面；

所述座第二侧面在比靠近所述翼面后缘更靠近其前缘处是中凸的。

10、根据权利要求 8 所述的叶片，其特征在于：与转子盘（14）组合在一起，该转子盘具有多个从公共轮毂（46）向外伸展的环状轮辋（44），所述柄脚（48）与所述轮辋邻接，并接纳轴向穿过所述轮辋的所述定位销（50）以将所述叶片固定其上。

11、一种风扇（10），包括：

从转子盘（14）径向向外伸展的多个叶片（12）；

每一个所述叶片（12）包括：

一个翼面（18），具有从叶根（26）到叶尖（28）伸展的前、后缘（22）、（24），而相反的第一、第二侧面（30）、（32）在其间伸展；

一个在所述叶根（26）处与所述翼面（18）整体地连接的座（20），该座具有前、后端（34）、（36），和在其间延伸的弧形第一、第二侧面（38）、（40）；

所述叶根（26）存在比所述座第二侧面（40）更靠近所述座第一侧面（38）的横向偏移；

所述叶片之一的所述座第二侧面其轮廓与所述叶片的一个相邻叶片的所述翼面第一侧面相一致；

所述座第二侧面的轮廓比所述翼面的相邻第一侧面的相应轮廓浅。

12、根据权利要求 11 所述的风扇，其特征是：所述叶片之一的所述座第二侧面（40）的轮廓在比靠近所述后缘更靠近的所述前缘处，与所述叶片的一个相邻叶片的所述翼面第一侧面（30）相一致。

13、根据权利要求 12 所述的风扇，其特征是：每一个翼面从所述叶根（26）到叶尖（28）扭转；并且在靠近所述叶根（26）和前缘（22）处，所述座第二侧面（40）的轮廓与所述翼面第一侧面（30）相一致。

14、根据权利要求 13 所述风扇，其特征是：所述翼面第一侧面（30）在所述前、后缘（22）、（24）之间是中凹的，而所述座第二侧面（40）是与之互补的中凸形。

15、根据权利要求14所述的风扇，其特征是：所述一个叶片的所述座第一侧面（38）的轮廓与所述叶片相邻一个相反的所述座第二侧面（40）相一致。

16、根据权利要求15所述的风扇，其特征是：

所述转子盘（14）包括多个从一公共轮毂（46）向外伸展的环状轮辋（44）；

每一个所述叶片（12）还包括多个从所述相应翼面下方的所述座上伸展的支撑柄脚（48）；和

相应的定位销（50）沿轴向穿通所述柄脚（48）和轮辋（44），以将所述叶片固定其上。

17、一种当安装于一转子盘（14）上的一排风扇叶片之一射出时减少风扇（10）损失的方法，包括：

使所述叶片（12）的翼面（18）沿周向偏离其整体座（20）的相应后侧面（40）；和

使所述座第二侧面（40）的轮廓在比靠近所述翼面后缘更靠近的前缘处与上述翼面（18）的周向尾随翼面的相应第一侧面（30）相一致，以便在所述叶片之一在离心力作用下射出时分散其间的接触载荷。

18、根据权利要求17所述的方法，其特征在于还包括使所述座第二侧面（40）的轮廓在靠近其相应叶根（26）和前缘（22）处与所述翼面第一侧面（30）相一致。

19、根据权利要求18所述的方法，其特征在于还包括：使所述座第二侧面（40）上的凸形曲率与所述翼面第一侧面（30）的互补凹形曲率相一致。

座形状相一致的风扇叶片

发明领域

本发明总的涉及燃气涡轮发动机，尤其涉及其中的风扇。

背景技术

载客飞机一般地由涡轮风扇燃气涡轮发动机提供动力。在环形发动机舱内，转子盘上装着一排大的风扇叶片。发动机推动风扇以便提供推动飞机飞行所需要的推力。

风扇首先吸纳周围的空气但受外物损害，如飞行中由于吸入鸟类而引起的损害。风扇叶片比较大因而当它们在运行中转动时产生相当大的离心力。即使由于一片风扇叶片损坏而导致叶片从其转子盘上脱离亦将使叶片从发动机中径向地向外射出。

因此，包围着一排风扇叶片的风扇罩通常包括一个叶片安全罩，它吸收射出叶片的能量并容纳抑或从发动机中脱出的叶片。

在这种叶片脱落 (blade-out) 型故障中，叶片实际上在瞬间中射出，在此很短的瞬间内，它处于一排叶片的尾随叶片旋转运动方向中，因而射出的叶片将碰撞尾随叶片，对其造成损坏。

射出叶片的脱离造成了转子盘不平衡和相应的不平衡载荷，该载荷必定经支承构件进行相应的反作用。一个或多个尾随叶片的更多的损坏也会影响转子盘的不平衡，并导致相当大的二次损坏。

因此，希望提供一种对叶片脱落型故障具有较小危害性的燃气涡轮发动机风扇。

发明概要

本发明提供一种风扇叶片，包括：一个翼面，具有和座整体连接的叶根，自所述叶根延伸到其叶尖的前、后缘，以及在其间延伸的相反的第一和第二侧面；所述座有前、后端，以及在其间伸展的弧形第一和第二侧面；所述叶根存在比所述第二侧面更靠近所述座第一侧面的横向偏移；所述座第二侧面在比靠近所述后缘更靠近的所述前缘处其轮廓与所述翼面第一侧面相一致。

本发明还提供一种风扇，包括：从转子盘径向向外伸展的多个叶片；每一个所述叶片包括：一个翼面，具有从叶根到叶尖伸展的前、

后缘，而相反的第一、第二侧面在其间伸展；一个在所述叶根处与所述翼面整体地连接的座，该座具有前、后端，和在其间延伸的弧形第一、第二侧面；所述叶根存在比所述第二侧面更靠近所述座第一侧面的横向偏移；所述叶片之一的所述座第二侧面其轮廓与所述叶片的一个相邻叶片的所述翼面第一侧面相一致；所述座第二侧面的轮廓比所述翼面的相邻第一侧面的相应轮廓浅。

本发明提供一种当安装于一转子盘上的一排风扇叶片之一射出时减少风扇损失的方法，包括：使所述叶片的翼面沿周向偏离其整体座的相应后侧面；和使所述座第二侧面的轮廓在比靠近所述翼面后缘更靠近的前缘处与上述翼面 18 的周向尾随翼面的相应第一侧面相一致，以便在所述叶片之一在离心力作用下射出时分散其间的接触载荷。

附图简述

依据优先实施例，本发明连同其进一步的优点和宗旨，将参考附图更详细地描述如下：

图 1 是经本发明示范性实施例的燃气涡轮发动机中的一风扇的轴向剖视图。

图 2 是一个图 1 所示风扇一部分的从前到后的径向视图；此图沿线 2-2 绘制。

图 3 是一个图 2 所示风扇一部分的局部剖顶视图。此图沿线 3-3 绘制。

图 4 是一个图 3 所示通过一射出叶片一部分的前方正视图。此图沿线 4-4 绘制。

图 5 是图 4 所示通过射出叶片及其相邻尾随叶片的局部剖顶视图，此图沿线 5-5 绘制。

发明的详细描述

图 1 所示是为飞机飞行提供动力的涡轮风扇燃气涡轮发动机的风扇 10 的一部分。风扇 10 关于纵轴或中心轴线对称，并且包括多个从转子盘 14 径向向外伸展的风扇转子叶片 12。风扇配置在一个环形发动机舱中，发动机舱中配置一个风扇安全罩 16，当发生叶片脱落型故障，风扇叶片从其转子盘脱离时，该罩吸收能量和容纳叶片 12。

图 1 和图 2 所示每一个叶片 12 包括一个从整体座 20 径向向外伸展的整体或单件结构的翼面 18。

如图 2、3 所示，每一个翼面 18 包括轴向相反的前缘和后缘 22、24，前缘、后缘在翼面高的相反两端之间从叶根 26 径向伸展至叶尖 28。翼面还包括一个第一面 30（一般是中凹形第一侧面），和一个周向相反的第二面 32（一般是凸形吸力面），第一面和第二面伸展在前缘、后缘及叶根、叶尖之间。

从图 3 看得最清楚，每个座整体地与翼面在叶根 26 处连接，而且每个座都有轴向相反的前、后边或前、后端 34、36，它们在周向相反的、一般呈弧形的第一、第二边或侧面 38、40 之间伸展。

还是根据本发明，比起座第二侧面 40 来，翼面叶根 26 周向地或横向地更偏向座第一侧面 38。

如同一开始在图 2 中所示，转子盘 14 逆时针旋转以便在相邻的翼面 18 间吸入空气 42。如图 1 所示，空气 42 从前缘 22 至后缘 24 轴向向后流动，并被翼面叶面 30、32 的曲率或弯度所造成的气动叶型压缩。

如图 3 所示，当翼面如图 3 所示从右向左在转子盘上逆时针旋转时，空气 42 在相邻翼面 18 之间轴向向后流动。因此，当叶片与盘一起旋转时，在圆周方向上，翼面第一侧面 30 领先相应的吸力面 32。相应地，座第一侧面 38 确定在座第二侧面 40 之前的前缘，而座第二侧面 40 确定了相反于叶片及转子盘转动方向的后缘。

图 3 说明了一个典型的叶片脱落 (blade-out) 事件，其中风扇叶片之一从转子盘上脱落，并在离心力的作用下径向向外射出。图 4 更详细地说明了这一情况，其中离心力被用 F 表示，并在旋转中将风扇叶片径向向外射出。

虽然叶片从转子盘上脱落，但在其完全从风扇中射出并被通常地挡在图 1 所示的安全罩 16 中之前，是处于尾随叶片周向旋转的路程之内的。但是，正如图 4 开始所示在叶片脱落的时间间隔内，下一个尾随叶片将与脱落的叶片相撞，图 5 更详细地表明此种情况。

再参见图 4，翼面 18 横向地向着座前侧面 38 偏移，相应的座的后侧面 40 便更紧密地与尾随叶片的第一侧面 30 相邻。当发生叶片脱落 (blade-out) 故障时，脱落座的后侧面 40 因为相反较近将会更快地与尾随翼面的第一侧面 30 碰撞。

如图 4 所示, 这一碰撞将发生在从风扇的中心轴线量起相反较小或较低的半径 A 上, 此位置对应于与座紧密相邻的翼面身高的较低一端。在翼面的这一位置上, 翼面的横截面较厚并比沿翼面身高的外侧位置坚固得多, 因为在沿翼面身高的外侧位置上翼面带斜度, 其厚度逐渐变薄。

在这一方式中, 碰撞载荷首先由较坚固的、沿翼面身高较低的部位承受, 从而减少在叶片脱落 (blade-out) 时产生的初步碰撞损害。

如图 5 所示, 座第二侧面 40 的形状最好与翼面第一侧面 30 的轴向弧形轮廓相一致。根据这一方式, 每个叶片的座第二侧面 40 在轮廓上与下一个尾随叶片的翼面第一侧面 30 相一致。这样, 当叶片脱落故障发生时, 相应的碰撞位置沿翼面的弦向方向相反较长, 从而分散碰撞载荷并减轻碰撞损害。

据此, 当发生叶片脱落故障时, 一排风扇叶片中之一如果从其转子上径向外射出, 就可以得到显著减小风扇损害结果。单个叶片 12 的翼面 18 在旋转方向中沿圆周偏离整体座 20 的相应后侧面 40。另外, 座第二侧面 40 还在轮廓上与相应周向尾随翼面的第一侧面 30 相一致, 从而, 当任一叶片在离心力作用下射出时, 其间的接触载荷得以轴向分散。

如图 4、5 所示, 座第二侧面 40 最好在径向上和翼面在相应翼面叶根 26 及 1/2 高度之间的第一侧面 30 的轮廓相一致。相一致的轮廓最好位于更靠近翼面最厚的翼面叶根处, 而不是 1/2 高度处。

如图 5 所示, 翼面第一侧面 30 一般在前、后缘 22、24 之间是凹入的, 而叶片和叶片之间的座第二侧面 40 最好是互补的中凸面。同时, 座第二侧面 40 和翼面第一侧面 30 相一致的部位最好更靠近前缘 22, 而不是后缘 24。

如图 3 所示, 风扇叶片一般在叶根和叶尖之间包括一个相当大的角度扭转 B。此扭转角 B 定义为在叶尖与叶根截面间的相应弦长线之间, 并且从叶片圆周旋转方向看, 前缘 22 上的翼面叶尖 28 领先于后缘 24。因此, 每一个座第二侧面 40 最好在轮廓上或在轴向曲率上和靠近相应翼面叶根 26 及前缘 22 的翼面第一侧面 30 相一致。

图 4、5 显示一个脱落座第二侧面 40 与下一个尾随叶片碰撞的典型情况。如图 5 所示, 座第二侧面 40 一般来讲有一个预先选定凸曲率,

以便在预期的撞击部位上与翼面第一侧面 30 上的凹曲率大体匹配或相一致。如上所述，撞击部位比较靠近翼面叶根和主要靠近翼面前缘，从前缘向后到大约翼面的弦线中点。

图 3 更详细地说明了翼面的空气动力学扭转，这一扭转造成了翼面前缘区域首先与脱离的座碰撞，而翼面的后缘区域倾斜离开转动方向。这样，后缘区域与射出的叶片碰撞的可能性较小，因此座的后部不太必要在侧轮廓上与翼面第一侧面不断退缩的后部保持一致。

因为图 3 中所示的风扇叶片是相互间紧密相邻地安装的，而且包括扭转程度较高翼面，所以座第二侧面 40 能采用的曲率值受到将单个叶片装入相邻叶片间的能力的限制。因此，座第二侧面的轮廓形状应比毗邻第一侧面的相应凹入形状较浅，以便装配时不受毗邻翼面的妨碍或干扰。

一旦选定了需要的座第二侧面 40 的轮廓，相应的座前侧面 38 的轮廓也已决定，以便与另一个相邻座的座第二侧面 40 相一致，从而提供了一个其间较小的周向间隙以便减小运行过程中的空气泄漏。因此，座第二侧面 40 的形状应与翼面第一侧面上预期的碰撞部位相一致，而互补的座前侧面 38 应与另一个相邻的座后侧相匹配。

图 3 说明了怎样通过扭转和径向放入相邻座之间的方法将一个风扇叶片 12 装配进两个已经装配好了的风扇叶片之间。鉴于叶片座的曲率相当大，装配过程可能要求将单个叶片径向放入其安装位置而不是通常所用的轴向插入风扇叶片的安装方法。

如图 1 所示的优先实施例中，转子盘 14 包括多个从一个公共轮毂 46 向外伸展的轴向分隔环状轮辋 44。

因此，每一个风扇叶片最好也包括多个支承用的固定柄脚 48，此柄脚从座 20 径向向内伸展，并直接位于相应的翼面 18 下面。轴向分隔的柄脚 48 是相间插入相应的轮辋 44，柄脚上包括一个公共的通孔，将相应的定位销 50 轴向伸如此通孔中从而将叶片固定于支承轮辋上。

通过定位销将单个风扇叶片进行安装的方法可用任何常规的方法实施，翼面的多重轴线通过偏置的座径向向内伸展并进入相应的柄脚以便将离心载荷传递至轮辋 44。此种用销安装的方法还允许座前、后侧面 38、40 具有相当大的曲率而致妨碍将单个叶片装配到转子盘上。

在另一个替换的实施例中（未显示），风扇叶片采用常规的轴向

插入燕尾榫接合，座侧面的曲率值可能受到将燕尾不受弧形座侧面妨碍而嵌入转子盘圆周上燕尾槽的能力的限制。

带有形状相一致偏置座的改进风扇叶片已经在部件和全发动机测试中进行过叶片脱落试验。如图 2、4 所示，在相应定位销 50 上的叶片柄脚 48 内诱发一个故障裂缝 52。以运行速度射出的叶片的脱离尽管使座受到撞击，但未造成任何一片尾随叶片的物质损失。

因为改进座有效地将叶片脱落损害控制在脱落的叶片自身而没有使受碰撞的尾随叶片产生额外的物质损失，因而由此导致的转子不平衡也是有限的。相应地，由于转子载荷不平衡而导致的对其它转子和定子部件的强度要求也可减少，从而减少了整个发动机的总重和复杂性。因此改进的形状相一致偏置座除了在其直接优点之外还具备复合的优点。

在这里所述的是本发明的优先实施例，本发明的其它改进对于看过此处描述的本专业人士来讲将会是明显的。因此，我们希望在附录的权利要求书中，对所有包括在本发明实质精神和范围内的这样的改进进行保护。

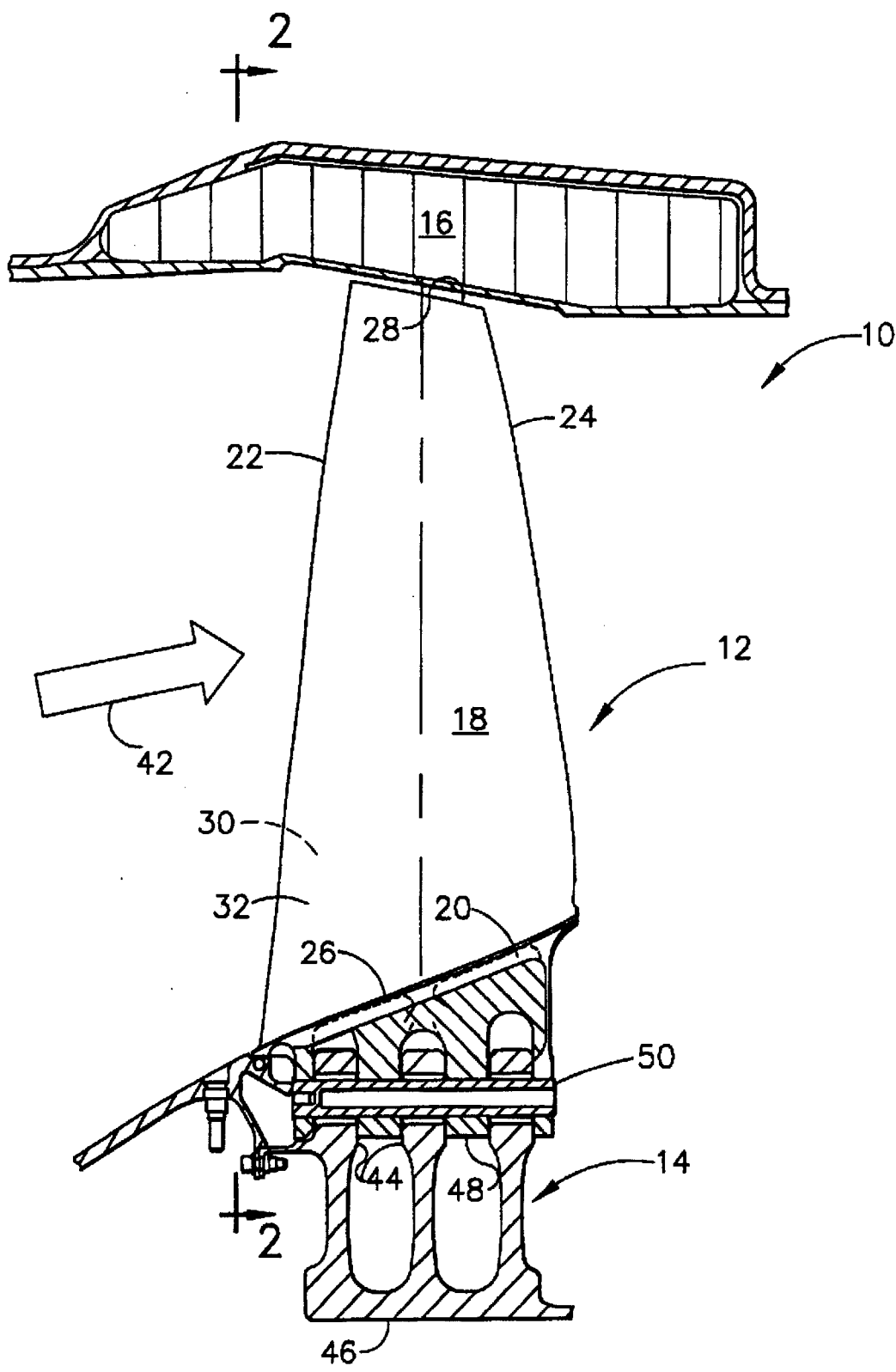


图 1

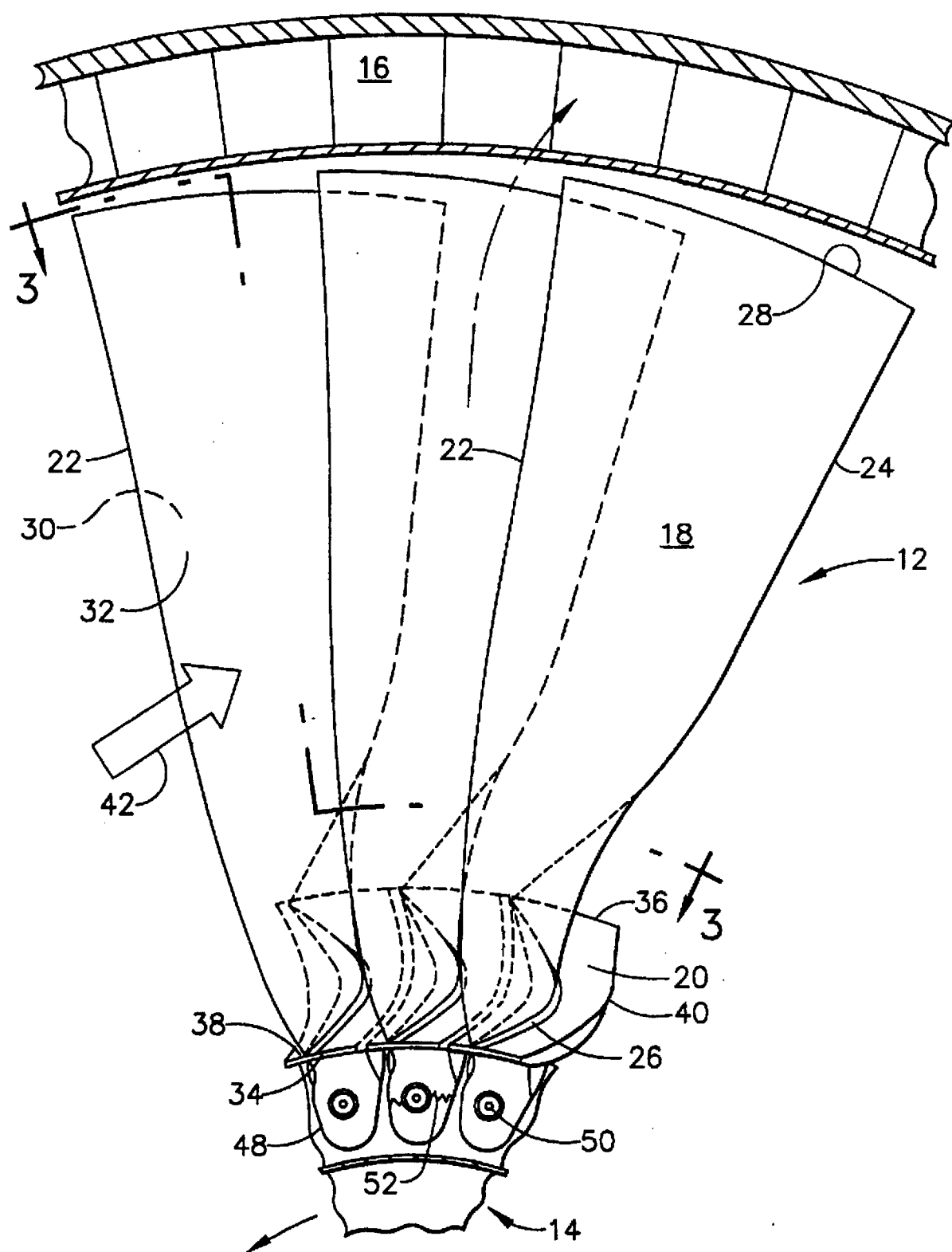


图 2

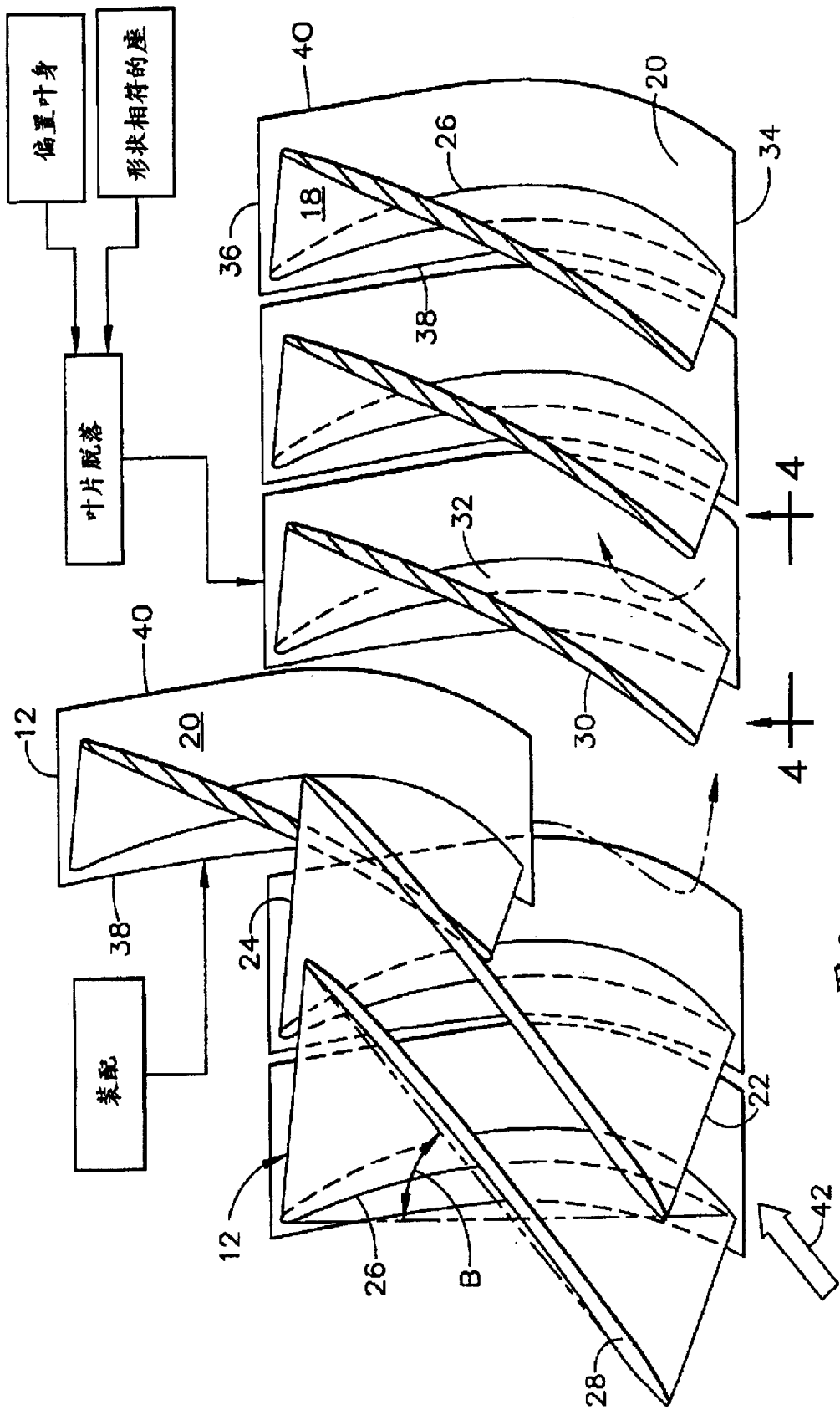


图 3

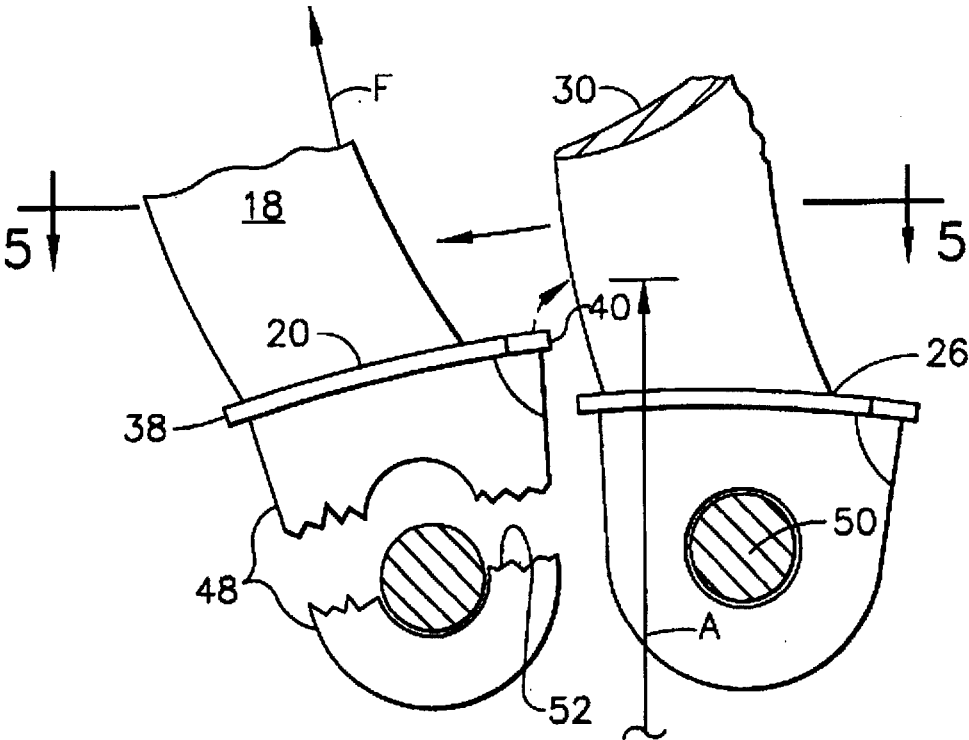


图 4

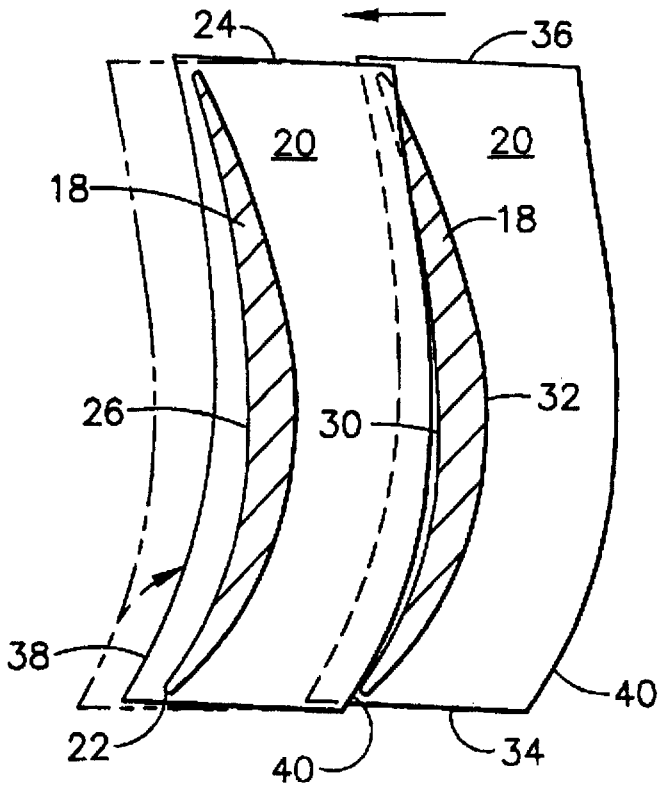


图 5