



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102575642 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 24

(21) 申请号 201080045198. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 10. 08

F03D 1/06(2006. 01)

(30) 优先权数据

09172597. 8 2009. 10. 08 EP

(56) 对比文件

CN 101405504 A, 2009. 04. 08,

WO 2009083987 A1, 2009. 07. 09,

WO 0208600 A1, 2002. 01. 31,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 04. 06

审查员 孙中勤

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/065076 2010. 10. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/042528 EN 2011. 04. 14

(73) 专利权人 LM 玻璃纤维制品有限公司

地址 丹麦科灵

(72) 发明人 P. 富格尔桑格 S. 博韦 P. 格拉鲍

V. v. 苏布拉曼亚姆 B. 伦德

L. E. 詹森 S. K. 拉达克里什南

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 张昱 杨楷

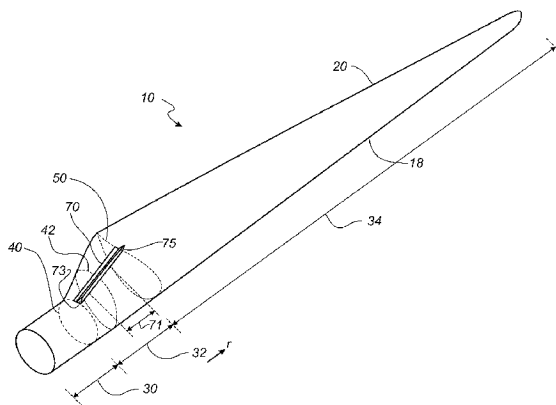
权利要求书2页 说明书15页 附图7页

(54) 发明名称

具有向前定向的流体引导装置的风力涡轮机叶片

(57) 摘要

本发明描述了一种具有流体引导装置的风力涡轮机叶片,所述流体引导装置被附连至叶片的压力侧上的成型轮廓。所述流体引导装置具有朝向迎面而来气流的前表面,并且包括至少一个第一部分,所述至少一个第一部分朝向迎面而来的气流以及风力涡轮机叶片的前缘形成角度。



1. 一种用于风力涡轮机(2)的转子的叶片(10),所述风力涡轮机(2)的转子具有基本上水平的转子轴,所述转子包括轮毂(8),所述叶片(10)在被安装到所述轮毂(8)上时从所述轮毂(8)基本上沿径向方向延伸,所述叶片具有带有末梢端(14)和根部端(16)的纵向方向(r)、以及横向方向,所述叶片还包括:

- 成型轮廓(40,42,50),所述成型轮廓(40,42,50)包括压力侧和吸力侧、以及前缘(18)和后缘(20)并带有具有在其间延伸的弦长的翼弦,所述轮廓在受到入射气流冲击时产生升力,其中,

- 所述叶片设置有流体引导装置(70),所述流体引导装置(70)被加至所述叶片(10)的压力侧(52)上的所述叶片的成型轮廓(40,42,50)上,并且从所述叶片(10)的压力侧(52)上的所述叶片的成型轮廓(40,42,50)突出,其特征在于,

- 所述流体引导装置(70)具有前表面(72),所述前表面(72)朝向迎面而来的气流且具有近端点(74)和远端点(76),所述近端点(74)位于所述成型轮廓(40,42,50)处,所述远端点(76)位于离所述叶片的成型轮廓(40,42,50)一段距离处,其中,

- 所述成型轮廓(40,42,50)具有在所述近端点(74)处的表面法线(82),并且其中

- 所述前表面(72)包括至少一个第一部分,所述至少一个第一部分朝向所述迎面而来的气流以及所述叶片的所述前缘(18)形成角度,以便所述第一部分的平均切线或中线与所述表面法线形成大于0度的第一角( $\theta$ ),从而使得所述流体引导装置(70)适于在前表面前方产生气穴,其增加了所述流体引导装置前方的局部压力,并且其中,

- 所述流体引导装置被布置在离所述后缘(20)一段距离处并且适于在所述流体引导装置(70)与所述叶片的所述后缘(20)之间产生所述流体引导装置(70)下游的气流分离。

2. 根据权利要求1所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述第一角( $\theta$ )为至少5度。

3. 根据权利要求1或2所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述前表面(72)是凹的。

4. 根据权利要求1或2所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述前表面是基本上直的。

5. 根据权利要求1或2所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述前表面的所述第一部分位于所述前表面的外部处。

6. 根据权利要求1或2所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述平均切线还相比于所述翼弦的第二法线向前形成角度,以便所述中线和所述第二法线形成至少为0度的第二角( $\alpha$ )。

7. 根据权利要求1或2所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述流体引导装置被形成成为沿纵向延伸的装置。

8. 根据权利要求1或2所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述成型轮廓被分成:

- 根部区域(30),其具有离所述轮毂最近的基本上圆形或椭圆形的轮廓,

- 翼面区域(34),其具有离所述轮毂最远的升力产生轮廓,以及

- 过渡区域(32),其在所述根部区域(30)与翼面区域(34)之间,所述过渡区域(32)具有从所述根部区域的圆形或椭圆形轮廓到所述翼面区域的升力产生轮廓沿径向方向逐渐变化的轮廓。

9. 根据权利要求8所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述流体引导装置(70)沿着所述过渡区域(32)的至少纵向部分延伸。

10. 根据权利要求9所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述流体引导装置(70)基本上沿着所述过渡区域(32)的整个纵向长度延伸。

11. 根据权利要求8所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述流体引导装置(70)延伸进所述翼面区域(34)中,并且/或者延伸进所述根部区域(34)中。

12. 根据权利要求8所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述流体引导装置(70)被形成为从所述叶片的所述成型轮廓突出的翼肋。

13. 根据权利要求8所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述流体引导装置被构造成多个单独沿纵向延伸的部分。

14. 根据权利要求8所述的风力涡轮机的转子的叶片,其中,所述流体引导装置包括纵向端,其中所述纵向端中的至少一个纵向端是封闭的。

15. 一种风力涡轮机,其包括许多根据前述权利要求中任一项所述的叶片。

## 具有向前定向的流体引导装置的风力涡轮机叶片

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于风力涡轮机转子的叶片,所述风力涡轮机转子具有基本上水平的转子轴,所述转子包括轮毂,叶片在被安装于轮毂时所述叶片从轮毂基本上沿径向方向延伸,所述叶片具有带有末梢端(tip end)和根部端(root end)的纵向方向、以及横向方向,所述叶片还包括:成型轮廓(profiled contour),其包含了压力侧和吸力侧、以及前缘和后缘并带有具有在其间延伸的弦长的翼弦(chord),所述成型轮廓在受到入射气流冲击时产生升力,其中所述叶片设置有流体引导装置,其被加至所述叶片的压力侧上的所述叶片的成型轮廓,并且从所述叶片的压力侧上的所述叶片的成型轮廓突出。

### 背景技术

[0002] 理想的是,将翼面(airfoil)类型的风力涡轮机叶片被成形为类似于飞机机翼的轮廓,其中叶片的翼弦平面宽度及其一阶导数随着离轮毂距离的减小而不断地增大。这导致叶片理想的是在轮毂附近较宽。这在必须将叶片安装至轮毂时又引发了问题,而且,这在叶片操作期间由于叶片的大表面面积而引起了极大的载荷,诸如暴风载荷。因此,多年以来,叶片的构造已朝向一定形状发展,其中叶片由离轮毂最近的根部区域、包括了离轮毂最远的升力产生轮廓的翼面区域、以及在根部区域与翼面区域之间的过渡区域构成。翼面区域具有就产生升力而言理想的或几乎理想的叶片形状,而根部区域具有基本上圆形的横截面,这减小了暴风载荷并且使得将叶片安装至轮毂变得更容易和更安全。根部区域的直径优选为沿整个根部区域是恒定的。由于圆形的横截面,所述根部区域不会有助于风力涡轮机产生能量,并且实际上由于阻力而使其降低了少许。如其名称所暗示的那样,过渡区域具有从根部区域的圆形形状逐渐地改变至翼面区域的翼面轮廓的形状。通常,过渡区域中的叶片宽度随离轮毂距离增大而基本上线性地增大。

[0003] 举例来说,用于风力涡轮机的叶片经过一定时间已变得越来越大,并且它们现在可能超过60米长,所以增加了对优化空气动力性能的需求。风力涡轮机叶片设计成具有至少20年的操作寿命。因此,对叶片总体性能甚至一些小的变化可在风力涡轮机叶片的寿命内累积到高增长的经济利益,这超过了与这些变化相关的附加制造成本。多年来,用于研究的焦点区域已指向于改善叶片的翼面区域,但在最近几年间,越来越多的焦点也已指向于改善叶片的根部区域和过渡区域的空气动力性能。

[0004] W02007/065434公开了一种叶片,其中根部区域设置有凹进(indentation)和/或凸起(projection),以便从叶片的该部分减少阻力。

[0005] W02007/045244公开了一种叶片,其中将根部区域和过渡区域设计成以便具有至少两个单独的翼面轮廓来增大这些区域的升力。

[0006] W00208600描述了一种风力涡轮机,其中通过在风力涡轮机的根部区段设置了部件来增大风力涡轮机的输出,该部件被设计成这样的方式:由该部件和根部区段组成的组件可吸收风能并增大风力涡轮机的总体效率。

[0007] W02007/118581公开了一种叶片,其中叶片的内侧部分在叶片的压力侧上设置有

流体引导装置,以便通过增加升力来提高叶片的空气动力性能。然而,由于三角形形状的横截面,所提出的设计是非常刚性的,并且因此流体引导装置在叶片弯曲时具有与叶片的表面分离的趋势。

[0008] EP1845258公开了一种叶片,其具有布置在叶片过渡部分中的格尼(Gurney)襟翼状装置。该格尼襟翼状装置具有凹曲率,并且被布置在叶片的压力侧上的后缘处。

## 发明内容

[0009] 本发明的目的在于获得一种新的叶片,并且其克服或改进了现有技术的至少一个缺点或者其提供了有用的替换方式。

[0010] 根据本发明的第一方面,叶片的流体引导装置具有前表面,前表面朝向迎面而来的气流,并且具有位于成型轮廓处的近端点以及位于离叶片成型轮廓有一段距离(即,有间隔)的远端点,其中成型轮廓在近端点处具有表面法线,并且其中流体引导装置的前表面包括至少一个第一部分,所述至少一个第一部分朝向迎面而来的气流形成角度,以便所述第一部分的平均切线或中线与表面法线形成大于0度的第一角。

[0011] 显然,表面法线与平均切线或中线形成一个以上的角,但从以下描述中清楚的是,所提到的第一角位于表面法线与叶片前缘和叶片轮廓外之间的象限中。换言之,大于0度的角形成在表面法线的前方。

[0012] 因此,从近端点看,流体引导装置的前表面朝向迎面而来的气流,并且因此还朝向叶片前缘形成角度。因此,当叶片的成型轮廓受到入射气流冲击时,流体引导装置在前表面前方产生气穴,这增大了流体引导装置前方的局部压力,并且这引导了气流围绕流体引导装置。此外,流体引导装置起到阻碍轮廓压力侧上的流体的作用。气流的分离出现在流体引导装置的下游,即,通常在流体引导装置与叶片后缘之间。由于流动分离,这种阻碍在流体引导装置之后(即,流体引导装置与风力涡轮机叶片后缘之间)导致了较高的压力。因此,压力在流体引导装置的前方和后方增大,这继而在对于该区段的控制流入角(governing inflow angle)处叶片的该区段上显著地增大了升力。相比于没有这种流体引导装置的常规风力涡轮机叶片,潜在性能改善的现实估计为年能量产出的1%至2%。

[0013] 因此,应当认识到的是,流体引导装置布置在离后缘一段距离(即有间距)处的叶片前缘与后缘之间。

[0014] 流体引导装置优选为永久性地附连至风力涡轮机叶片的表面,并且不能被主动地控制。因此,前表面的定向为非可调的。另外,还认识到流体引导装置用于增大升力和能量产出。因此,可将流体引导装置可替换地表示为高升力装置。

[0015] 入射流意思是叶片正常使用(即在风力涡轮机转子上旋转)期间在叶片区段处的入流状态。因此,如叶片局部区段所见,进入流为轴向风速和旋转分量的合成矢量所形成的入流。迎面而来的流体意为撞击流体引导装置的流体,即,接触和冲击流体引导装置的叶片压力侧上的局部流体。

[0016] 术语平均切线(average tangent)或中线(median line)在此意为前表面第一部分平均朝向迎面而来的流体形成角度。这对应于与朝向迎面而来的流体以及叶片前缘形成角度的流体引导装置的前表面第一部分的线性匹配。

[0017] 向前形成角度的第一部分还导致与轮廓相切,并且前表面第一部分的切线或中线

形成小于90度的角。

[0018] 从定义上清楚的是,前表面可包括第二部分,第二部分不朝向迎面而来的流体以及叶片前缘形成角度。

[0019] 根据有利的实施方式,第一角为至少5度、或至少10度、或至少15度。第一角甚至可以是至少20度、或至少25度、或至少30度。角越大就越高效地提供气穴,并且还可减小阻力,因为前表面不必从表面突出同样多以便提供流体引导装置前方的压力累积(build up)。另一方面,甚至更大的角使得流体引导装置的有效高度更小。

[0020] 根据另一个有利的实施方式,前表面是凹的。流体引导装置的前表面可引导气流穿过凹的表面,并且因此有助于进一步在流体引导装置前方形成再循环区。

[0021] 然而,根据另一个简单并且有利的实施方式,前表面基本上是直的。因此,前表面的第一部分沿整个前表面延伸。

[0022] 根据另一个实施方式,前表面平均朝向迎面而来的流体形成角度。换言之,近端点与远端点之间所绘制的线将朝向迎面而来的流体以及叶片前缘形成角度,并且因此与表面法线形成大于0度的角。

[0023] 根据又一个有利实施方式,前表面的第一部分位于前表面的外部处,即,离前表面远端点最近的部分。因此,前表面的外部将使流体移离叶片表面、围绕流体引导装置并且然后在流体引导装置与后缘之间的区域中离开叶片表面。这在流体引导装置之前和之后形成再循环流体区。

[0024] 根据本发明的一个实施方式,流体引导装置的至少第一部分的平均切线或中线(或线性配合线)还相比于翼弦法线的第二法线向前形成角度,以便所述线和第二法线形成至少0度的第二角。类似地,第二角可以是至少5度、或至少10度、或至少15度、或至少20度。

[0025] 作为优选,流体引导装置形成为沿纵向延伸的装置。根据一个有利的实施方式,流体引导装置沿风力涡轮机叶片纵向程度的至少5%延伸。另外,流体引导装置的纵向程度可以是叶片纵向程度或长度的至少7%、10%、15%或甚至20%。

[0026] 根据另一个实施方式,沿纵向延伸的流体引导装置沿着叶片的至少1米进行延伸,或者沿着风力涡轮机叶片的至少2米、或至少3米、或至少4米、或至少5米、或至少6米、或甚至至少8米、或10米进行延伸。

[0027] 作为优选,流体引导装置在沿纵向延伸的流体引导装置的至少中心部分中向前形成角度。中心部分可沿流体引导装置的纵向程度的至少50%、60%、70%、80%或90%进行延伸。然而,流体引导装置的纵向端可进行不同设计,例如以便将旋涡的形成减至最低。

[0028] 根据有利的实施方式,流体引导装置布置成以便当叶片受到入射气流冲击时,在流体引导装置与叶片后缘之间的位置处,从叶片的压力侧沿着流体引导装置的至少中心纵向部分产生气流的分离。因此,沿纵向延伸的流体引导装置的至少中心纵向部分适于且布置成产生气流分离,并且因此,在流体引导装置前方和后方生成增压。应当认识的是,沿纵向延伸的装置可布置在叶片的过渡区域中,并且因此整个中心纵向部分可位于叶片的过渡区域内。

[0029] 根据另一个有利的实施方式,在至少中心纵向部分中的流体引导装置被布置成使得近端点具有相对的翼弦位置,从叶片前缘看,该位置处于40%至92%之间的间隔。

[0030] 根据再一个有利的实施方式,近端点位于最大相对厚度位置与叶片后缘之间。

[0031] 通常,风力涡轮机叶片的成型轮廓被分成:根部区域,其具有离轮毂最近的基本上圆形或椭圆形的轮廓;翼面区域,其具有离轮毂最远的升力产生轮廓;以及过渡区域,其在根部区域与翼面区域之间,过渡区域具有从根部区域的圆形或椭圆形轮廓到翼面区域的升力产生轮廓沿径向方向逐渐变化的轮廓。

[0032] 根据有利的实施方式,流体引导装置至少沿过渡区域的纵向部分延伸。流体引导装置在叶片的该区域中特别有利,其中成型轮廓是次级最佳的(sub-optimal),并且已示出从叶片该部分获取的风能可通过使用这种流体引导装置而显著地增加。例如,流体引导装置可沿过渡区域的纵向程度的至少75%延伸。

[0033] 根据另一个有利的实施方式,流体引导装置基本上沿过渡区域的整个纵向长度延伸。根据另一个实施方式,流体引导装置延伸到翼面区域中。根据再一个有利的实施方式,流体引导装置延伸到根部区域中。

[0034] 在根据本发明的一个有利的实施方式中,从叶片前缘看,远端点相对翼弦位置沿叶片纵向方向减小。

[0035] 在根据本发明的另一个实施方式中,从叶片前缘看,流体引导装置内侧部分处的远端点的相对翼弦位置处于75%与92%之间的间隔中,并且流体引导装置外侧部分处的远端点的相对翼弦位置处于40%至60%之间的间隔。内侧部分为离叶片的根部端最近的部分,而外侧部分为离叶片的根部端最远的部分。

[0036] 根据特别简单的实施方式,流体引导装置包括从叶片的成型轮廓突出的翼肋(rib)或板形元件。因此,翼肋具有向前定向的前表面,并且翼肋的定向与近端点或附连点处的叶片表面法线形成第一角。然而,流体引导装置不必成形为翼肋或类似的形状,而是可包括朝向叶片后缘的后表面。后表面的角原则上可与表面法线和叶片区段的翼弦形成任何角。然而,后表面优选成形为以便在流体引导装置的后方发生压力累积,并且有助于叶片区段上较高的升力。

[0037] 根据另一个有利的实施方式,至少中心纵向部分中的流体引导装置形成为以便对于各横向的横截面来说,从远端点到成型轮廓的最小距离为成型轮廓最大厚度的至少10%。这样的高度已示出在流体引导装置前方提供了有效气穴、以及在流体引导装置后方提供了有效的气流分离。

[0038] 在又一个有利的实施方式中,从叶片前缘看,远端点的相对翼弦位置处于75%与92%之间的间隔处,并且其中中心纵向部分设计点的冲击角处于15度与25度之间、或15度与20度之间的间隔。

[0039] 有利的是,从叶片前缘看,远端点的相对翼弦位置处于40%与80%之间、或40%与70%之间、或40%与60%之间的间隔。

[0040] 在一个实施方式中,在流体引导装置的至少中心纵向部分中,从远端点至成型轮廓(或换言之是流体引导装置的高度)的最小距离沿纵向方向朝向末梢端减小。可替换地,流体引导装置的高度在流体引导装置的至少中心部分基本上是恒定的。该高度在纵向方向上可随着高度增大的交替部分和高度减小的部分进行变化。

[0041] 在一个有利的实施方式中,流体引导装置与叶片一体地形成,可替换地,流体引导装置被配合在叶片表面上。

[0042] 有利的是,叶片设置有多个沿纵向延伸的流体引导装置部分,其组合在一起以在

叶片的过渡区域中形成第一流体引导装置组合,第一流体引导装置组合至少沿过渡区域的纵向部分延伸,其中各流体引导装置部分被加至叶片压力侧上的叶片成型轮廓。

[0043] 因此,第一流体引导装置组合具体是在叶片纵向方向上可包括单独的或模块化的部分。模块构造使得构造更为灵活,并且减小了流体引导装置部分端部处的剥落力。因此,模块部分具有从叶片表面脱离的较小趋势。

[0044] 根据一个实施方式,流体引导装置部分为扰流器装置部分。另外,必须指出的是,部分优选为不可调的并被布置成增大风力涡轮机叶片的升力,且因此增加了风力涡轮机的能量产出。因此,扰流器部分不用于阻断目的。

[0045] 根据有利的实施方式,流体引导装置部分包括从轮廓突出的平面或板形元件。因此,提供了流体引导装置部分的特别简单的设计。此外,该设计比非常刚性的典型楔形设计更为灵活。因此,平面设计具有高接合载荷的趋势较小,高接合载荷在最坏的情况下,可使得流体引导装置部分从风力涡轮机叶片的表面脱离。

[0046] 根据一个有利的实施方式,独立的流体引导部分布置成沿风力涡轮机叶片的纵向方向并列。因此,独立的流体引导装置部分优选提供为单独的装置,其可独立地安装在叶片表面上。

[0047] 流体引导部分可布置成以便在纵向端处彼此毗连。因此,迎面而来的流体将不具有成为围绕独立流体引导装置部分的流体的趋势。流体引导装置部分有利地彼此基本上齐平。

[0048] 可替换地,流体引导部分布置成在流体引导装置部分之间有纵向间距。这向第一流体引导装置组合的纵向方向增加了进一步小的灵活度。有利的是,纵向间距处于5mm与50mm之间、或5mm与40mm之间、或5mm与30mm之间的间隔。间隙甚至可在5mm与20mm之间。

[0049] 根据一个有利的实施方式,相邻流体引导部分之间的间距利用挠性本体封闭,例如,挠性本体由橡胶材料制成。因此,挠性本体被设置在相邻流体引导装置部分之间的间距中,因此确保了气流不会围绕独立的流体引导装置部分流动。因此,确保了沿第一流体引导装置组合的整个纵向程度来实现压力累积,并且保持了组合的灵活性。因此,消除了由间距引起的噪音。

[0050] 根据有利的实施方式,流体引导装置部分布置在公共的、沿纵向延伸的底座上。因此,底座通常包括第一侧和第二侧,以及第一纵向端和第二纵向端。在有利的实施方式中,基本上平面的元件或翼肋从底座突出,并且基本上沿底座的整个纵向程度延伸。平面元件可从底座的第一侧或第二侧突出,并且因此被设置成类似于角材。可替换地,平面元件或翼肋可布置在第一侧与第二侧之间,例如,底座的中间部分。

[0051] 根据另一个有利的实施方式,流体引导装置部分通过凹进分离。凹进优选地从扰流器装置的顶部位置或流体引导装置延伸,并且向下至底座部分。因此,形成了流体引导装置部分之间的间距。这提供了可替换的设计来增加叶片纵向方向上进一步的灵活性。凹进可包括底部部分,即,离底座和风力涡轮机叶片最近的部分,其中键孔设计被设置在所述底部部分处,键孔具有直径,该直径大于凹进的直接宽度。这甚至将进一步减小应力集中和剥落力。

[0052] 根据又一个有利的实施方式,多个沿纵向延伸的流体引导装置部分包括独立的流体引导装置部分,其在叶片纵向方向上至少部分地重叠。因此,独立流体引导装置部分沿叶



片横向方向独立地位移。因此,第一流体引导装置的第一端延伸超过第二流体引导装置部分第二端的径向位置。

[0053] 在一个实施方式中,独立流体引导装置部分在纵向方向上基本上是直的。在另一个实施方式中,独立流体引导装置部分在纵向方向上弯曲。例如,每隔一个流体引导装置部分可以是凸的,而其它是凹的。这也可与部分重叠的设计结合。

[0054] 根据又一个有利的实施方式,第一流体引导装置组合具有纵向方向上的波形设计,有利的是至少在板形元件的远端点。例如,该设计可在纵向方向上为波状的,并且包括分别是凹的和凸的交替流体引导装置部分。可替换地,可使用梯形形状设计。这些设计的优点在于流体引导装置部分在叶片弯曲时,可在纵向方向上略微地伸展。独立流体引导装置部分也可以是波形的。

[0055] 在又一个有利的实施方式中,第一流体引导装置组合的挠性和刚性可在叶片纵向方向上例如周期性地变化。因此,第一流体引导装置组合可包括具有第一刚度的第一流体引导装置,以及具有第二刚度的第二中间流体引导装置。例如,这可通过使用叶片纵向方向上的不同层来实现,或通过改变由纤维增强的复合材料制成的这些部分的纤维方向来实现。另外,有可能通过将流体引导装置制造为具有不同夹层核心材料(例如,泡沫塑料和轻木)的夹层结构来实现变化的刚度。因此,可以看到,第一流体引导装置组合原则上可形成单个单元,并且可被安装到风力涡轮机叶片的表面。

[0056] 根据有利的实施方式,流体引导装置包括纵向端,其中至少一个纵向端被封闭。优选地是两端都被封闭。因此,例如,基本上沿叶片横向方向且平行于迎面而来的气流延伸的平面元件位于流体引导装置的纵向端处。平面元件可在流体引导装置前表面的前方延伸,即,在叶片的前表面与前缘之间,并且可从成型轮廓与到达流体引导装置远端点之间的叶片突出。封闭的纵向端确保了横向气流不会出现,并且因此防止了气流被引导围绕着流体引导装置,而不会在流体引导装置的前方和/或后方累积增压。流体引导装置还可包括第一纵向端与第二纵向端之间的一个或多个中间横向延伸平面元件。

[0057] 有利的是,流体引导装置被附连到成型轮廓,该流体引导装置包括:底座,其具有离根部端最近的第一纵向端和离末梢端最近的第二纵向端、离前缘最近的第一侧和离后缘最近的第二侧、以及第一表面和第二表面,底座的第一表面附连至成型轮廓,并且第二表面背离成型轮廓,其中沿纵向延伸的基本上板形的元件从底座的第二表面沿从一端朝向另一端的方向突出。

[0058] 相比于W02007/118581中所描述的扰流器的已知结构,该结构具有的优点在于其更为灵活,并且将减小流体引导装置部分端部处的剥落力。因此,底座具有与叶片表面脱离的较小趋势。类似于W02007/118581中所描述的扰流器装置,本装置可用作高升力装置,其用于将升力加至叶片的某些纵向区域,因此有助于年能量产出。

[0059] 流体引导装置有利地被布置成基本上平行于风力涡轮机叶片的纵轴线,例如,俯仰轴(pitch axis)。因此,流体引导装置的纵向方向和叶片的纵轴线形成小于30度、或小于20度的角。

[0060] 根据一个有利的实施方式,板形元件基本上沿底座的整个纵向程度延伸。

[0061] 根据第一个实施方式,板形元件从底座的第一侧或第二侧突出。因此,提供了简单的实施方式,其中流体引导装置同样形成为角材。根据第二实施方式,板形元件从底座第一

侧与第二侧之间的点突出,例如,中间部分。因此,板形元件可基本上从底座中部延伸。

[0062] 根据一个有利的实施方式,板形元件基本上为平面的。这提供了制造容易且便宜的简单实施方式。根据另一个有利的实施方式,板形元件为弯曲的,例如,凸的或凹的。这在某些情形中可能有利,例如,以便获得从叶片表面至板形元件的平滑过渡。板形元件可模制成弯曲的形状,或形成为平面元件,其随后被弯曲成所期望的形状。

[0063] 在根据本发明的一个实施方式中,在附连点处的板形元件与底座形成第一角,第一角为最大80度、有利的是最大70度、更有利的是最大60度。根据另一个实施方式,第一角为至少100度、或有利的是至少110度、或更有利的是至少120度。如果发现附连点在底座的第一侧或第二侧处,则该实施方式是特别相关的。这些实施方式提供了简单的方案来使板形向前或向后形成角度,这还有助于叶片压力侧上的压力累积。

[0064] 优选地,流体引导装置形成为沿纵向延伸的装置。根据有利的实施方式,流体引导装置沿风力涡轮机叶片的纵向程度的至少5%延伸。另外,流体引导装置的纵向程度可以是叶片纵向程度或长度的至少7%、10%、15%或甚至20%。

[0065] 根据另一个实施方式,沿纵向延伸的流体引导装置沿叶片的至少1米进行延伸,或者沿风力涡轮机叶片的至少2米、或至少3米、或至少4米、或至少5米、或至少6米、或甚至至少8米、或10米进行延伸。

[0066] 在一个实施方式中,在流体引导装置的至少中心纵向部分中,从远端点至成型轮廓的最小距离(或换言之是流体引导装置的高度)沿纵向方向朝向末梢端减小。可替换地,流体引导装置的高度可至少在流体引导装置的中心部分是基本上恒定的。该高度可在纵向方向上随着高度增大的交替部分和高度减小的部分进行变化。

[0067] 在一个有利的实施方式中,底座由挠性材料形成。因此,底座的抗弯刚度可减小,并且底座可弯曲来配合叶片表面,而不会在底座与板形元件之间的熔合线(bond line)中引入大的应力。例如,这可通过将底座形成为复合结构而获得,诸如利用玻璃纤维增强的聚合物基材料。聚合物基材料可例如为聚氨酯甲酸乙酯树脂(polyurethane resin)。另外,底座可由聚合材料制成,诸如ABS塑料或聚碳酸酯(polycarbonate)。

[0068] 有利地,流体引导装置的纵向程度为至少0.5米、或至少1米、或至少2米、或至少3米。另外,底座的宽度,即,底座的第一侧与第二侧之间的距离,有利地在20cm与100cm之间、或20cm与70cm之间。

[0069] 根据一个有利的实施方式,底座的第一表面为弯曲的,并且第一表面的曲率可选地在底座的纵向方向上变化。因此,该形状可基本上匹配风力涡轮机叶片的成型轮廓沿纵向变化的表面曲率。然而,根据一个有利的实施方式,底座为平面。因此,可行的是将流体引导装置制造为压出或挤出的元件。

[0070] 风力涡轮机叶片有利地可由复合结构制成,诸如由纤维材料增强的聚合物基。树脂可以是热固性树脂,诸如环氧树脂(epoxy)、乙烯基酯(vinylester)、聚酯(polyester)。树脂还可以是热塑性塑料,诸如尼龙、PVC、ABS、聚丙烯(polypropylene)或聚乙烯(polyethylene)。另外,树脂可以是热固性热塑性塑料,诸如可循环的PBT或PET。流体引导装置还可由这些复合材料制成。聚合物基材料还可以是聚氨酯甲酸乙酯树脂。另外,底座可由聚合材料制成,诸如ABS塑料或聚碳酸酯。

[0071] 流体引导装置(或流体引导装置部分)可通过将其粘合到叶片表面而附连到叶片

表面。其还可被螺接或铆接至叶片表面。其还可通过使用螺钉来安装到叶片表面上。原则上,如果流体引导装置和/或叶片包括可磁化材料,则还有可能通过使用磁铁装置将流体引导装置附连至叶片表面。

[0072] 此外,本发明认识到,根据本发明的流体引导装置还可用作格尼襟翼状装置(即,布置在叶片的后缘处),而不适于在装置与后缘之间产生分离的气流。

[0073] 根据另一方面,本发明提供了一种风力涡轮机,其包括根据任一前述实施方式的许多叶片,优选地为两个或三个。

## 附图说明

[0074] 参照图中所示出的实施方式以下详细阐述了本发明,在图中:

[0075] 图1示出了风力涡轮机;

[0076] 图2示出了根据本发明的设置有流体引导装置的风力涡轮机叶片的第一实施方式的示意图;

[0077] 图3示出了翼面轮廓的示意图;

[0078] 图4示出了根据本发明的风力涡轮机叶片的横截面;

[0079] 图5示出了根据本发明的第一流动引导装置的随着离轮毂的径向距离变化的后缘高度;

[0080] 图6a示出了根据本发明的第二流动引导装置的随着离轮毂的径向距离变化的后缘高度;

[0081] 图6b示出了根据本发明的第三流动引导装置的随着离轮毂的径向距离变化的后缘高度;

[0082] 图7图示了根据本发明的流体引导装置的空气动力效果;

[0083] 图8示出了根据本发明的流体引导装置的前表面的各种形状;

[0084] 图9示出了根据本发明的流体引导装置的实施方式的示意图;

[0085] 图10为根据本发明的流体引导装置的各种设计的横截面;

[0086] 图11图示了流体引导装置到风力涡轮机叶片的表面的附接;

[0087] 图12示出了设置有根据本发明的流体引导装置部分的风力涡轮机叶片的实施方式的示意图;

[0088] 图13示出了从侧面看到的根据本发明的流体引导装置部分的第一实施方式的示意图;

[0089] 图14示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分的第一实施方式的示意图;

[0090] 图15示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分的第二实施方式的示意图;

[0091] 图16示出了从侧面看到的根据本发明的流体引导装置部分的第三实施方式的示意图;

[0092] 图17示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分的第三实施方式的示意图;

[0093] 图18示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分的第四实施方式的示

意图；

[0094] 图19示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分的第五实施方式的示意图；

[0095] 图20示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分的第六实施方式的示意图；

[0096] 图21示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分的第七实施方式的示意图；

[0097] 图22示出了从侧面看到的根据本发明的流体引导装置部分的第八实施方式的示意图；

[0098] 图23示出了从侧面看到的根据本发明的流体引导装置部分的第九实施方式的示意图；

[0099] 图24示出了从侧面看到的根据本发明的流体引导装置部分的第十实施方式的示意图；

[0100] 图25示出了具有和没有根据本发明的流体引导装置的翼面的空气动力的升力系数对流入角；

[0101] 图26示出了具有和没有根据本发明的流体引导装置的翼面的空气动力的阻力系数对流入角；

[0102] 图27示出了设置有加强部件的流体引导装置的实施方式；以及

[0103] 图28示出了一种实施方式，其中装置或模块的端部设置有切口。

### 具体实施方式

[0104] 图1图示了根据所谓“丹麦概念(Danish concept)”的常规的现代逆风风力涡轮机，其具有塔架4、机舱6以及具有基本上水平的转子轴的转子。转子包括轮毂8和从轮毂8径向延伸的三个叶片10，每个叶片具有离轮毂8最近的叶片根部16和离轮毂8最远的叶片末梢端14。图3示出了用许多不同参数描绘的风力涡轮机的典型叶片的翼面轮廓50的示意图，这些参数通常用于限定翼面的几何形状。翼面轮廓50具有压力侧52和吸力侧54，它们在使用期间——即在转子旋转期间——通常分别朝向迎风侧和背风侧。翼面50具有翼弦60，翼弦60具有在叶片的前缘56与后缘58之间延伸的弦长 $c$ 。翼面50具有厚度 $t$ ，其被限定为压力侧52与吸力侧54之间的距离。翼面的厚度 $t$ 沿翼弦60变化。由弧线62给出了对称轮廓的偏离，弧线62为穿过翼面轮廓50的中线。通过从前缘56到后缘58画出的内切圆可找到该中线。该中线依循这些内切圆的中心，并且与翼弦60的偏离或距离被称为弧高 $f$ 。通过使用称为上弧和下弧的参数也能限定不对称，这些参数被分别地限定为从翼弦60到压力侧54及吸力侧52的距离。图2示出了根据本发明的风力涡轮机叶片10的第一实施方式的示意图。风力涡轮机叶片10具有常规的风力涡轮机叶片的形状，并且包括离轮毂最近的根部区域30、离轮毂最远的成型或翼面区域34、以及在根部区域30与翼面区域34之间的过渡区域32。叶片10包括当叶片安装在轮毂上时面向叶片10旋转方向的前缘18、以及面向前缘18相反方向的后缘20。

[0105] 翼面区域34(也称为成型区域)具有就产生升力而言理想的或几乎理想的叶片形状，而根部区域30由于结构上得考虑而具有基本上圆形或椭圆形的横截面，例如，这使得将叶片10安装到轮毂更容易且更安全。根部区域30的直径(或翼弦)沿整个根部区域30通常是

恒定的。过渡区域32具有过渡轮廓42,过渡轮廓42逐渐从根部区域30的圆形或椭圆形形状40改变成翼面区域34的翼面轮廓50。过渡区域32的宽度通常随着离轮毂的距离 $r$ 的增大而基本上线性地增大。

[0106] 翼面区域34具有翼面轮廓50,翼面轮廓50具有在叶片10的前缘18与后缘20之间延伸的翼弦。翼弦的宽度随着离轮毂的距离 $r$ 的增大而减小。

[0107] 应当注意的是,由于叶片可以被扭曲和/或弄弯(即预弯曲),叶片的不同区段的翼弦通常不位于一个公共平面中,从而为翼弦平面提供了相应的被扭曲和/或弄弯的路径,这是最通常的情况以便补偿叶片的局部速度,该叶片的局部速度取决于离轮毂的半径。

[0108] 根据本发明的风力涡轮机叶片10设置有流体引导装置70,其至少在叶片的过渡区域32中从叶片的压力侧突出。

[0109] 图4示出了过渡区域32中的风力涡轮机叶片10的横截面。在该区域中的风力涡轮机包括具有过渡轮廓42的成型轮廓,过渡轮廓42从根部区域32的圆形轮廓40到翼面区域的翼面轮廓50逐渐进行变化。从空气动力的观点来看,过渡轮廓是非理想的。可见,该轮廓具有平滑形状,流体引导装置70在叶片压力侧上从该平滑形状突出。流体引导装置70包括前表面72,前表面72具有接近轮廓42的近端点74和位于离轮廓42有一段距离(即有间距)的近端点76。如果将流体引导装置加装(retrofit)至叶片10的表面,则近端点74还可认作是流体引导装置70的附连点。流体引导装置70还包括后缘84,后缘84从近端点76延伸至叶片10的成型轮廓42。

[0110] 前表面72形成为对于在过渡区域32的至少一个中心纵向部分71中的每一个横向横截面来说,使得前表面72的至少一个第一部分朝向迎面而来的气流以及叶片轮廓前缘形成角度。在所示出的实施方式中,整个前表面朝向迎面而来的流体形成角度。因此,第一部分对应于整个前表面72。

[0111] 因此,流体引导装置70的前表面72的前表面切线80与轮廓表面的法线82形成第一角 $\theta$ ,第一角 $\theta$ 大于0度并且有利地是至少5度、或甚至更有利地是至少10度、或至少15度、或至少20度。同样地,前表面切线80穿过轮廓42的点处的轮廓42的轮廓切线78与前表面切线80之间的角应小于90度,并且有利地是小于85度、或甚至更有利地是小于80度、或小于75度、或小于70度。

[0112] 此外,可将另一个设计参数用于流体引导装置70的设计,具体是前表面72的形状,即第二角 $\alpha$ ,其为前表面切线80与成型轮廓42的翼弦44的法线88之间的角。第二角 $\alpha$ 有利地是大于0度、或甚至更有利地是大于5度、或大于10度、或大于15度。同样地,前表面切线80与翼弦44之间的角应小于90度、且有利地是小于85度、或甚至更有利地是小于80度、或小于75度。因此,可见,与轮廓42的翼弦44相比,流体引导装置70有利地是还朝向迎面而来的气流以及叶片前缘形成角度。

[0113] 一方面,流体引导装置70起到阻碍轮廓压力侧上的流体的作用。由于流体从表面分开,这种阻碍在流体引导装置70之后(即,流体引导装置70与风力涡轮机叶片后缘之间)造成了较高的压力。气流分离出现在流体引导装置70之后,即,在流体引导装置与叶片70后缘之间。这相当于本领域中本来已知的扰流器装置的效果。

[0114] 另一方面,流体引导装置与常规扰流器装置的显著差别在于前表面72朝向迎面而来的流体形成角度。图7中图示了这种设计的效果,其中可见在流体引导装置70前方(即,前

表面72与叶片前缘之间)生成了循环气流的气穴。这种气穴增大了流体引导装置前方的压力,并且引导了气流围绕着流体引导装置70。因此,压力在流体引导装置的前方和后方增大,这继而在对于该区段的控制流入角处的叶片的该区段上显著地增大了升力。

[0115] 如图2中所示出的,流体引导装置70可包括第一纵向端73和第二纵向端75,其中纵向端73、75通过使用平面元件封闭。平面元件基本上沿叶片的横向方向延伸,并且因此平行于迎面而来气流的方向。平面元件可在流体引导装置的前表面的前方延伸(即,在叶片的前表面与前缘之间),并且从成型轮廓与到达流体引导装置远端点之间的叶片突出。封闭的端部确保了横向气流不会出现在叶片的翼展(或纵向)方向,并且因此在没有对流体引导装置前方和/或后方中的增压进行累积的情况下,防止了气流被引导围绕着引导装置70。

[0116] 在第一实施方式中,流体引导装置的高度 $h$ 可如图5中所示出的沿纵向方向(或离轮毂径向距离)朝向叶片的末梢端 $r$ (至少在流体引导装置的中心纵向部分71内)减小。流体引导装置的高度如在图5中示出为随离轮毂的径向距离 $r$ 而变化。在离轮毂最近的流体引导装置70的纵向端处,流体引导装置70成圆形或锥形,以便获得到叶片成型轮廓的平滑过渡。

[0117] 在第二实施方式中,流体引导装置70的高度如在图6a中所示出的在叶片的纵向方向上(至少在中心纵向部分71内)是基本上恒定的。此外可见,流体引导装置70可在流体引导装置70的纵向端附近成圆形或锥形,以便获得到叶片成型轮廓的平滑过渡。

[0118] 在第三实施方式中,如图6b中所示出的,流体引导装置70的高度在第一纵向部分中增大,而在第二纵向部分中减小。

[0119] 图8示出了流体引导装置的前表面的各种设计,所有设计都适于在流体引导装置前方形形成气穴。在所有的图中,表面法线以虚线来描绘,并且迎面而来气流的方向以箭头来描绘。

[0120] 图8(a)中示出了第一实施方式,其中流体引导装置的前表面是直的。因此,整个前表面的切线与表面法线形成了大于0度的角。图8(b)中示出了第二实施方式,其中流体引导装置的前表面是凹的。因此,前表面仅包括第一部分,即前表面的外部,第一部分朝向迎面而来的流体形成角度,其足以在流体引导装置前方形形成气穴。因此,所述第一部分的切线(或相当于中线或线性配合线)与表面法线形成了大于0度的角。可见,前表面的近端点和远端点都位于表面法线的附近。

[0121] 图8(c)中示出了第三实施方式,其中前表面包括两个直的部分,即朝向迎面而来气流以及朝向叶片的前缘形成角度的第一外部,以及背离迎面而来气流以及叶片的前缘形成角度的第二内部。图8(d)中示出了第四实施方式,其中前表面是凹的。然而,与第二实施方式相反,前表面的远端点位于表面法线的前方,即朝向迎面而来气流以及叶片的前缘。

[0122] 图8(e)中示出了第五实施方式,其中前表面包括两个直的部分,即朝向迎面而来气流以及朝向叶片前缘形成角度的第一外部、以及依循表面法线的第二内部。

[0123] 图8(f)中示出了第六实施方式。该实施方式包括两个直的部分,即朝向迎面而来气流以及朝向叶片的前缘形成角度的第一内部,以及背离迎面而来气流以及叶片的前缘形成角度的第二外部。通过该实施方式,在流体引导装置第一内部的前方形形成了气穴,而流体引导装置的第二外部适于在流体引导装置后方(例如,在流体引导装置与叶片后缘之间)形成了有效的气流分离。

[0124] 图9示出了根据本发明的流体引导装置70'的实施方式。流体引导装置形成为具有

底座90的沿纵向延伸的装置。底座90包括第一纵向端91和第二纵向端92,第一纵向端91--当流体引导装置70'附连至风力涡轮机叶片10的成型轮廓上时--被布置成离叶片的根部端最近,第二纵向端92被布置成离叶片10的末梢端最近。底座90还包括第一侧93和第二侧94,第一侧93被布置成离叶片10的前缘18最近,第二侧94被布置成离叶片的后缘20最近。底座90还包括附连至叶片10表面的第一表面95,以及背离叶片10表面的第二表面。板形元件97从底座90的第二表面96、从第一侧93与第二侧94之间的中部突出。板形元件97沿底座90的整个纵向程度沿纵向延伸。板形元件包括前表面98和后表面99,前表面98朝向叶片10的前缘18,后表面99朝向叶片10的后缘20。在风力涡轮机的操作期间,板形元件97的前表面98因此受到迎面而来的气流冲击。板形元件97起到阻碍轮廓的压力侧上流体的作用。气流分离出现在流体引导装置之后,即,在流体引导装置与叶片后缘之间。由于分开流动,这种阻碍在流体引导装置之后(即,在流体引导装置与风力涡轮机叶片后缘之间)导致了较高的压力。这种较高压力有助于使纵向区段中有较高的升力,流动引导装置70'被布置在纵向区段中。在该实施方式中,板形元件97向前形成角度,以便板形元件97与底座90形成第一角 $\phi$ 。因此,前表面98也略微向下朝向底座90和叶片10的表面。在风力涡轮机正常操作期间,当前表面98受到迎面而来的气流冲击时,在前表面的前方形成了气穴,这增大了流体引导装置前方的压力,并且其引导了气流围绕着流体引导装置70'。因此,在流体引导装置70'的前方和后方都累积了增压。因此,升力沿大部分叶片区段增大。第一角 $\phi$ 有利地为至少20度并且大约30至45度的角,不但就增加升力而且就流体引导装置的灵活性来说都示出了优异的效果。

[0125] 板形元件不必从底座的中间部分突出。附图10示出了流体引导装置的横截面设计的变型。应当注意的是,由于这些涉及前表面没有朝向迎面而来流体形成角度的实施方式,故实施方式(b)、(d)、(e)、(g)和(h)并未落入本发明的范围之内。

[0126] 图10(a)-(e)示出了流体引导装置的不同实例,其同样成形为角材。在所有的实施方式中,假定叶片前缘布置在右,而后缘布置在左。因此,在风力涡轮机的正常操作期间,迎面而来的气流为从右向左。

[0127] 在实施方式(a)中,板形元件向前形成角度,并且从底座的第二侧突出。在实施方式(b)中,板形元件向后形成角度,并且从底座的第一侧突出。在这两个实施方式中,(a)和(b)的板形元件之间的角与底座形成了45度的角。

[0128] 在实施方式(c)中,板形元件向前形成角度,并且从底座的第二侧突出。在实施方式(d)中,板形元件向后形成角度,并且从底座的第二侧突出。在这两个实施方式中,板形元件与底座形成了大约135度的角。

[0129] 在实施方式(e)中,板形元件基本上垂直于底座而从底座的第一侧突出。

[0130] 实施方式(f)-(h)示出了板形元件从底座中间部分(即,底座的第一侧与第二侧之间)突出的实施方式。板形元件例如可如实施方式(f)中所示出的向前形成角度、如实施方式(g)中所示出的向后形成角度、或如实施方式(h)中所示出的从底座垂直地突出。

[0131] 在所有前述实施方式中,板形元件设计为平面元件。然而,前述实施方式的板形元件可略微弯曲或弄弯,例如,如实施方式(i)中所示出的凹的形状或如实施方式(j)中所示出的凸的形状。另外,板形元件可包括不同的平面部分,其相对于底座不同地形成角度,板形元件因此具有如实施方式(k)中所示出的不连续设计。

[0132] 流体引导装置通常安装在风力涡轮机叶片的弄弯的表面上。因此,底座的侧部可能如图11(a)中所示出的与叶片表面略微地分开。因此,有利地是流体引导装置的底座由挠性材料制成,以便减少沿整个底座板的应力形成。此外,通过使板形元件为挠性,可减小流体引导装置端部处的剥落力。这可通过使底座形成为相对薄的板而获得,例如,由复合材料制成的板,诸如玻璃纤维增强的聚合物基体材料。可替换地,底座可如图11(b)中所示出的略微弄弯,以便补偿风力涡轮机叶片的表面。可通过例如将底座第一表面附着到叶片表面上、或通过经由诸如螺钉或螺母和螺栓的连接装置将其连接到叶片上来使底座附连到叶片的表面。还有可能的是将流体引导装置模制到叶片表面上。另外,如果例如底座板和/或叶片壳体包括可磁化的材料,则流体引导装置可通过使用磁铁装置被附连到叶片表面上。另外,底座第一表面的曲率可沿底座的纵向方向变化,以便适应于风力涡轮机叶片变化的形状。

[0133] 图12示出了设置有流体引导装置部分170的风力涡轮机叶片的示意图,流体引导装置部分170在叶片过渡区域中在一起组合成第一流体引导装置组合177,并且从叶片的压力侧突出。第一流体引导装置组合177还略微延伸到叶片的根部区域和翼面区域中。第一流体引导装置组合177示出为基本上平行于叶片纵轴线(或俯仰轴)延伸。然而,与所述纵轴线相比,第一流体引导装置组合177可略微偏斜或弄弯进行布置。

[0134] 图13描绘了从侧面看到的流体引导装置组合177。如可看到的那样,组合177包括了通过间隙181相互分离的许多独立的流体引导装置部分170。例如,独立的部分可具有在50cm和200cm之间(例如100cm)的纵向程度。例如,相邻流体引导装置部分170之间的间隙181可在5mm和30mm之间。根据另一个实施方式(未示出),流体引导装置部分彼此毗连。所示出的模块化构造使流体引导装置组合170的构造比常规沿纵向延伸的流体引导装置更为灵活,并且减小了通常出现在流体引导装置端部处的剥落力。因此,模块部分具将具有从叶片表面脱离的较小趋势。

[0135] 图14示出了从顶部看到的流体引导装置部分170,在此其被描绘为板形元件的近端部分。在所示出的实施方式中,相邻流体引导装置部分170之间的间隙181由诸如橡胶的挠性材料制成的中间元件179封闭。在该特定实施方式中,中间元件179附连到板形元件170的前表面上。

[0136] 图15示出了根据本发明的流体引导装置部分270的第二实施方式。在该实施方式中,间隙也由诸如橡胶的挠性材料制成的中间元件279封闭。在该实施方式中,中间部分填充了流体引导装置270之间的整个间隙,并且附连至流体引导装置部分270的前表面和后表面上。

[0137] 图16示出了从侧面看到的根据本发明的流体引导装置部分370的第三实施方式的示意图。在该实施方式中,流体引导装置部分370沿纵向方向部分地重叠。因此,一个流体引导装置部分的一端延伸超过第二流体引导装置部分的第二端。端部可如附图中所示出的略微形成角度。

[0138] 图17示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分370的第三实施方式的示意图。可见,流体引导装置部分370在纵向方向上交错。一个流体引导装置部分的后表面可与第二流体引导装置部分的前表面毗连,或在叶片横向方向上存在小间隙。

[0139] 图18示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分470的第四实施方式的



示意图。在该实施方式中,流体引导装置部分交替地布置在其它流体引导装置部分的前方和后方。

[0140] 图19示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分570的第五实施方式的示意图,其类似于第四实施方式,除了流体引导装置部分570在纵向方向上交替地为凸的和凹的。在所示出的实施方式中,两个流体引导装置部分被布置在其它的后方。然而,还可能有利的是布置在其它流体引导装置部分的前方,从而获得略微不同的总体设计。

[0141] 图20示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分670的第六实施方式的示意图。在该实施方式中,第一流体引导装置组合由互相连接的交替为凸的和凹的流体引导装置部分组成。总体来说,在叶片纵向方向上获得了波形设计。

[0142] 图21示出了从顶部看到的根据本发明的流体引导装置部分的第七实施方式的示意图,其中独立的流体引导装置部分770经由中间流体引导装置部分779互相连接。总体来说,在叶片纵向方向上获得了交替的波形设计。

[0143] 图22示出了从侧面看到的根据本发明的流体引导装置部分的第八实施方式的示意图。在该实施方式中,第一流体引导装置组合包括了通过中间流体引导装置部分879互相连接的许多独立的流体引导装置部分870。流体引导装置870部分具有第一刚度,而中间流体引导装置部分879具有第二刚度。例如,这可通过使用叶片纵向方向上的不同层(ply)来实现、或通过改变由纤维增强的复合材料制成的这些部分的纤维方向来实现。另外,有可能通过将流体引导装置制造为具有不同夹层核心材料(例如,泡沫塑料和轻木)的夹层结构来实现变化的刚度。

[0144] 图23示出了从侧面看到的根据本发明的流体引导装置部分970的第九实施方式的示意图。在该实施方式中,流体引导装置部分970布置在公共的沿纵向延伸的底座上。因此,如图9中所示出的,底座通常包括第一侧和第二侧、以及第一纵向端和第二纵向端。流体引导装置970部分由凹部981或间隙分离开。

[0145] 图24示出了从侧面看到的根据本发明的流体引导装置部分1070的第十实施方式的示意图,其类似于第九实施方式。在该实施方式中,凹进1018包括底部部分(即,离底座和风力涡轮机叶片最近的部分),其中键孔设计1085被设置在所述底部部分处,键孔具有直径,该直径大于凹部1081的直接宽度。这甚至将进一步减小应力集中和剥落力。

[0146] 图25示出了随着冲击角(以度数为单位)变化的没有根据本发明的流体引导装置的叶片区段的升力系数的标准化线图(normalized plot)(虚线),其对比于具有根据本发明的流体引导装置的叶片区段的升力(完整绘制的线)。对于叶片区段的控制流入角,升力系数会显著地增大。升力系数的增大会导致具有带有根据本发明的流体引导装置的叶片的风力涡轮机所产生的能量增加。

[0147] 图26示出了随冲击角(以度数为单位)变化的没有根据本发明的流体引导装置的叶片区段的阻力系数的标准化线图(虚线),其对比于具有根据本发明的流体引导装置的叶片区段的阻力(完整绘制的线)。可见,阻力系数随图25中的升力系数增大而增大。通过将阻力的增大与升力的增大相比较,可见在从0度到20度范围的冲击角中,对于具有根据本发明的流体引导装置的叶片,升力对阻力的比率会增大。

[0148] 当将流体引导装置部成形为如图9中所示出的板形元件时,该装置可有利地设置有加强装置1190,加强装置1190如图27中所示出的被布置在板形元件的后表面上。加强装

置可有利地形成为装置后表面与底座之间的三角形板。加强装置有利地被布置在基本上沿叶片的横向方向上,即基本上平行于局部翼弦。

[0149] 如图28中所示,流体引导装置或流体引导装置组合中的独立模块可有利地在装置的一端或两端设置有切口1285、切槽等。这类似于图24中所示出的设计,甚至将进一步减小应力集中和剥落力。切口可以有用的相关形状,诸如三角形、圆角正方形等。

[0150] 已经参照优选的实施方式描述了本发明。然而,本发明的范围不限于所图示的实施方式,并且替换方式和修改可在没有脱离本发明范围的情况下执行。

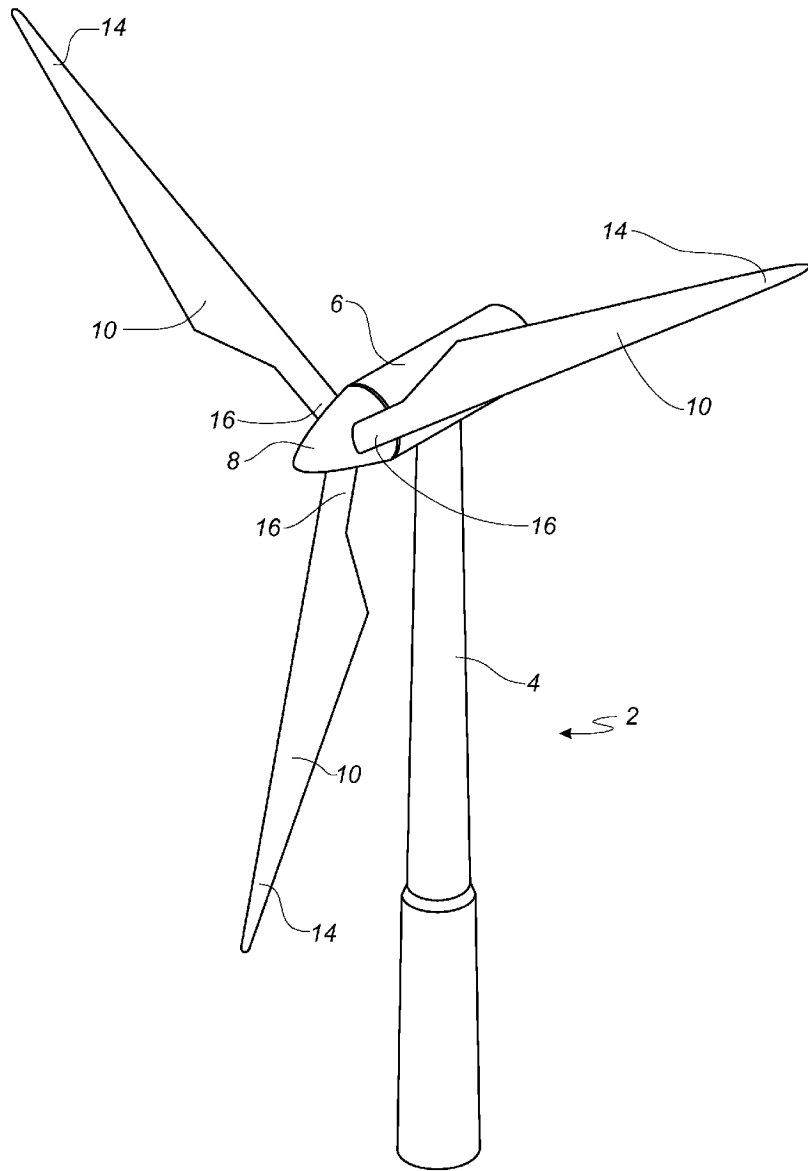


图 1



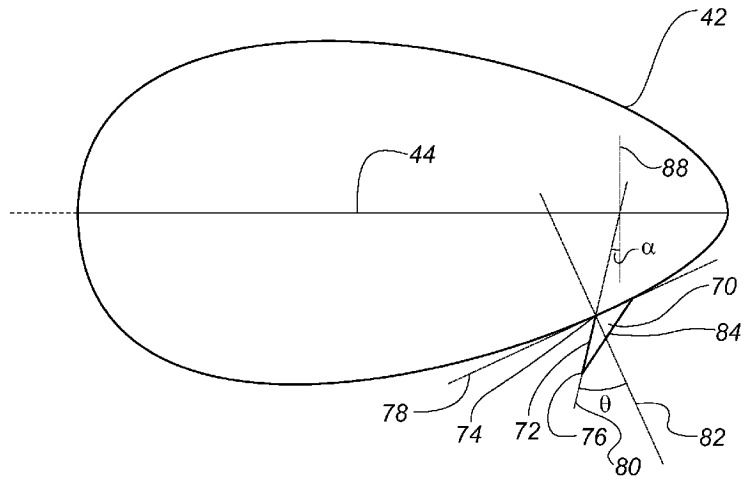


图 4

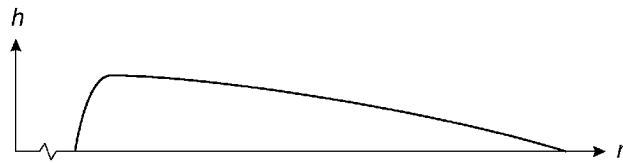


图 5

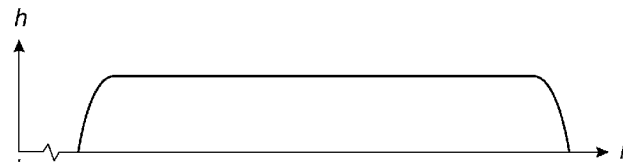


图 6a

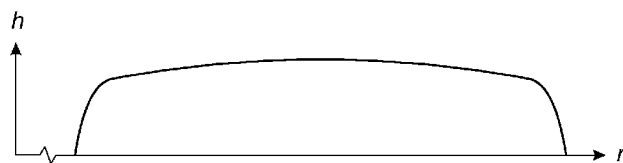


图 6b

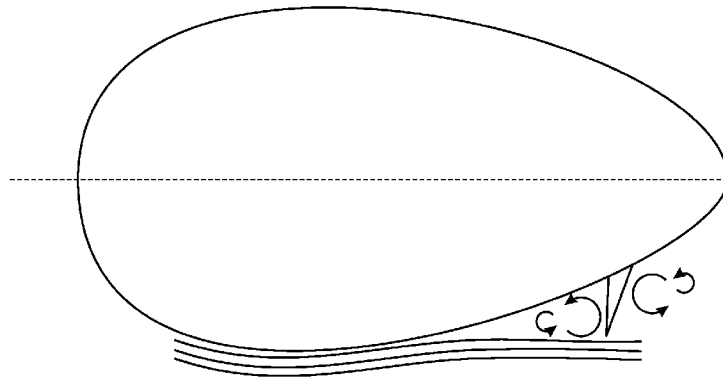


图 7

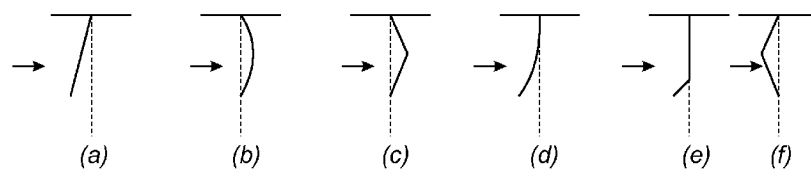


图 8

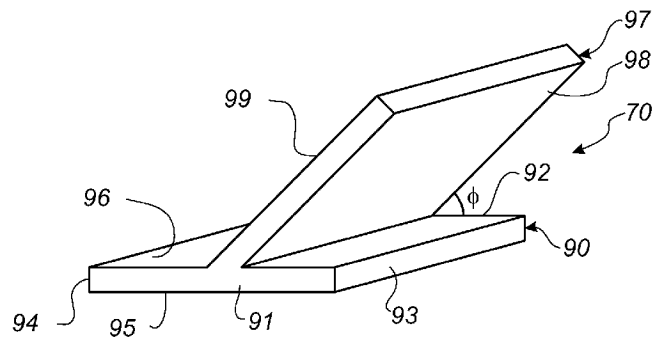


图 9

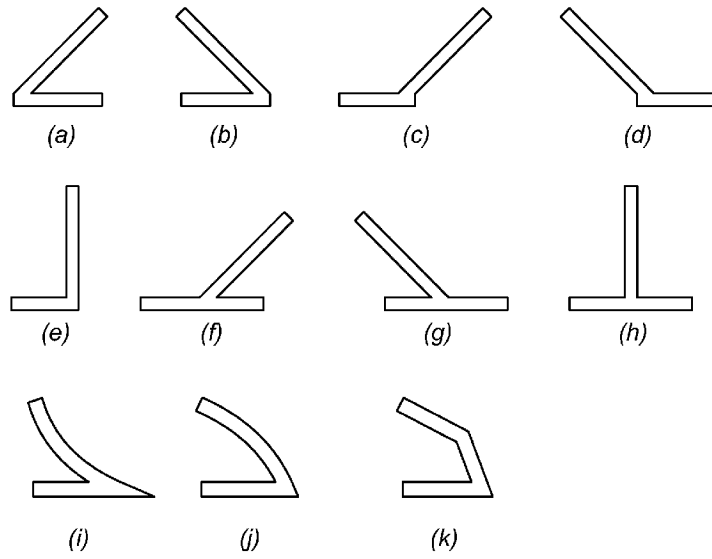


图 10

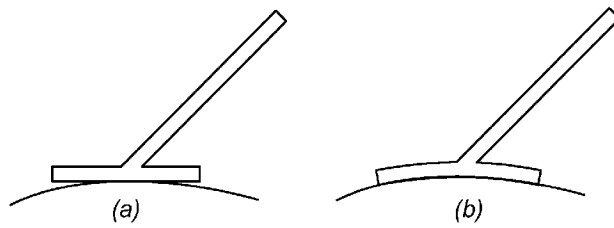


图 11

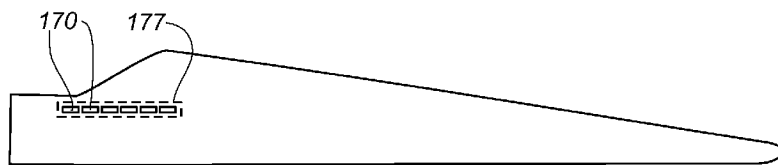


图 12

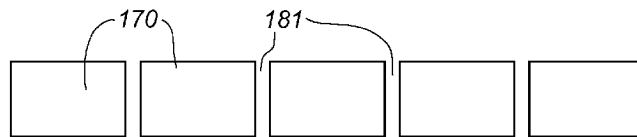


图 13

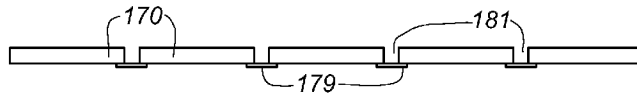


图 14

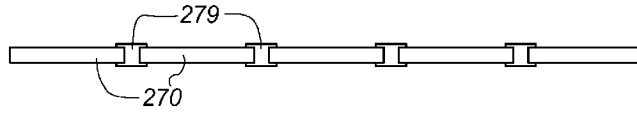


图 15

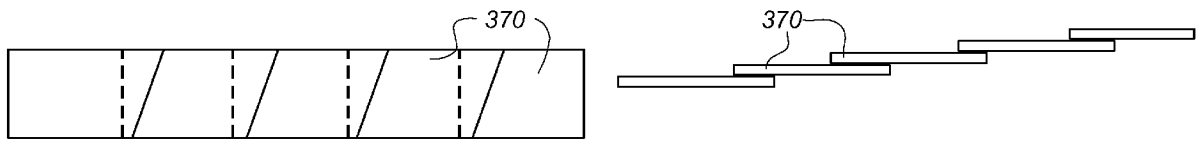


图 16

图 17

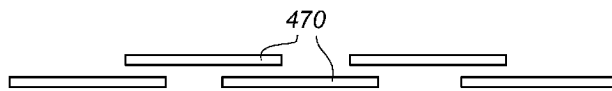


图 18



图 19



图 20



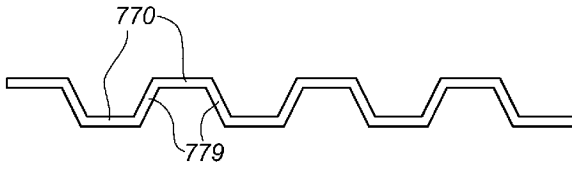


图 21

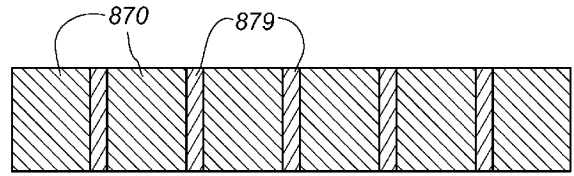


图 22

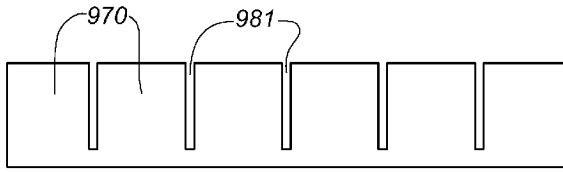


图 23

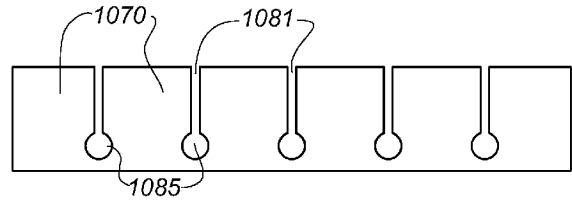


图 24

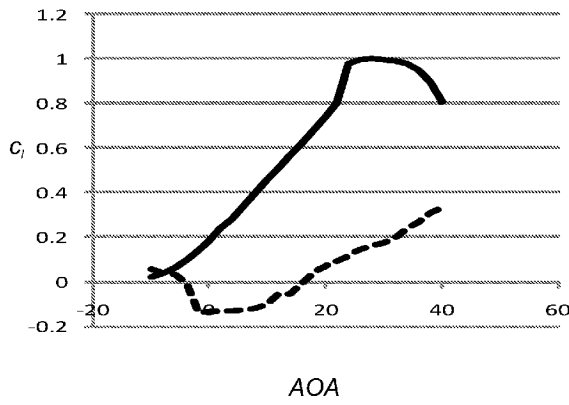


图 25

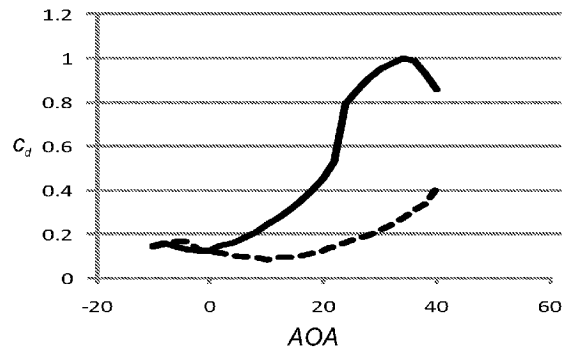


图 26

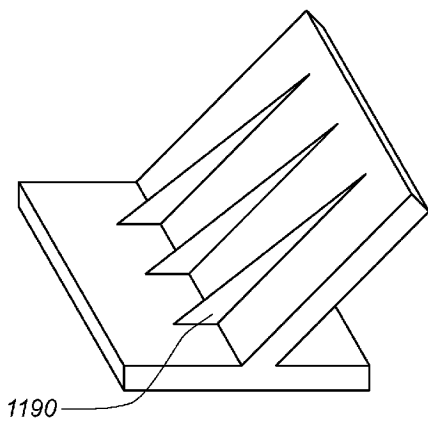


图 27

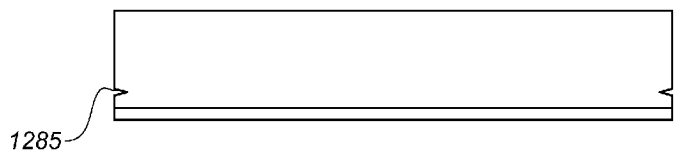


图 28