



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102859183 B

(45)授权公告日 2016.10.19

(21)申请号 201180021609.1

(72)发明人 B.伦德 J-G.耶雷米亚茨

(22)申请日 2011.04.27

L.E.詹森 M.尼尔森 M.M.安瓦尔
S.K.拉达克里什南

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 102859183 A

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(43)申请公布日 2013.01.02

代理人 李鹏松 谭祐祥

(30)优先权数据

10161196.0 2010.04.27 EP

(51)Int.Cl.

F03D 1/06(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2012.10.29

(56)对比文件

EP 2107235 A1,2009.10.07,

EP 2172648 A1,2010.04.07,

JP 昭61-167175 A,1986.07.28,

WO 2009/146810 A2,2009.12.10,

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2011/056633 2011.04.27

审查员 郭玉兵

(87)PCT国际申请的公布数据

W02011/134985 EN 2011.11.03

权利要求书2页 说明书12页 附图11页

(73)专利权人 LM 玻璃纤维制品有限公司

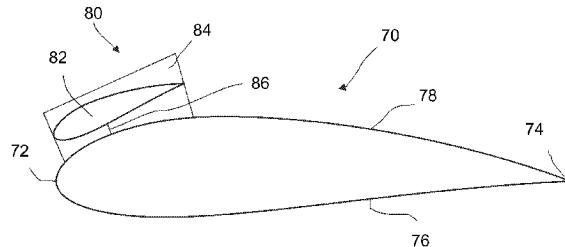
地址 丹麦科灵

(54)发明名称

设有辅助翼组件的风力涡轮机叶片

(57)摘要

本发明涉及用于具有实质上水平的转子轴的风力涡轮机的转子的风力涡轮机叶片，该转子包括桨毂，当叶片安装到桨毂上时从桨毂沿实质上径向方向延伸。风力涡轮机叶片包括成型轮廓，成型轮廓限定前缘和后缘、连接前缘和后缘的压力侧和吸入侧，成型轮廓在由进入的空气流冲击时生成升力；以及位于叶片上的辅助翼组件，辅助翼组件包括由支撑装置支撑的辅助翼装置，支撑装置将辅助翼装置定位成离叶片的表面有距离。



1. 用于具有实质上水平的转子轴的风力涡轮机的转子的风力涡轮机叶片，所述转子包括桨毂，所述叶片在安装到所述桨毂上时从所述桨毂沿实质上径向方向延伸，所述风力涡轮机叶片包括：

成型轮廓，其限定前缘和后缘，连接前缘和后缘的压力侧和吸入侧，所述成型轮廓在由进入的空气流冲击时生成升力，以及

位于所述叶片上的辅助翼组件，所述辅助翼组件包括由支撑装置支撑的辅助翼装置，所述支撑装置将所述辅助翼装置定位成离所述叶片的表面有距离，其中，

所述辅助翼组件包括延伸超过所述辅助翼装置的表面的端板或小翼，所述端板沿远离所述叶片表面的方向和/或沿朝所述叶片的方向延伸。

2. 根据权利要求1所述的风力涡轮机叶片，其中，所述支撑装置包括壁，所述壁阻挡沿实质上垂直于所述支撑件的方向流动的空气。

3. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片，其中，将所述支撑装置在所述辅助翼装置的一个端部处附接到所述辅助翼装置，和/或所述支撑装置在所述辅助翼装置的压力侧处附接到所述辅助翼装置。

4. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片，其中，所述支撑装置包括在所述支撑装置紧固到所述叶片上的区域处适合于所述叶片的支撑脚。

5. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片，其中，所述支撑装置包括连接到所述辅助翼装置上的具有第一宽度的第一部分和具有小于所述第一宽度的第二宽度的第二部分，所述第二部分将所述第一部分连接到所述叶片，其中将所述第二部分经由具有大于所述第二宽度的第三宽度的第三部分连接到所述风力涡轮机叶片的表面。

6. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片，其中，所述辅助翼组件为包括包括所述辅助翼装置的吸入侧和所述支撑装置的第一部分，及包括所述辅助翼装置的压力侧的第二部分。

7. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片，其中，所述辅助翼组件为包括包括所述辅助翼装置的压力侧和所述支撑装置的第一部分，及包括所述辅助翼装置的吸入侧的第二部分。

8. 根据权利要求6所述的风力涡轮机叶片，其中，提供多个第一部分，以及所述多个第一部分分别包括具有不同几何形状的脚，各个脚均构造成特定成型轮廓。

9. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片，其中，所述辅助翼装置和所述支撑装置由可组装的单独的装置构成，和/或所述辅助翼装置可经由适配器模块附接到所述支撑装置，将所述适配器模块可释放地连接到所述支撑装置，或将所述适配器模块与所述支撑装置整体结合。

10. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片，其中，所述辅助翼装置包括多个独立的辅助翼装置。

11. 根据权利要求10所述的风力涡轮机叶片，其中，两个相邻的辅助翼装置经由公共的支撑装置连接。

12. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片，其中，所述辅助翼装置包括腹板和/或轻木面板和/或负载承载结构。

13. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片，其中，所述辅助翼装置包括被

布置穿过所述辅助翼的两个横梁,所述横梁被构造用以承载负载,且被连接到所述辅助翼组件的支撑装置。

14. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述支撑装置包括将所述辅助翼装置与所述叶片的表面相连的条,所述条为可调整的。

15. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述支撑装置包括包含杆端部的连接件,所述杆端部经由螺栓附接到所述叶片的外壳部分。

16. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,附接所述辅助翼组件,以便将所述辅助翼装置定位和定向在相对于所述叶片的固定位置。

17. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,可分离地联接支脚到所述支撑装置。

18. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述叶片设有用于附接所述支撑装置的局部加强件。

19. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,用用于提供所述支撑装置与所述叶片的表面之间的间距的一个或多个橡胶盘和/或用于分配来自于螺母的负载的垫圈,通过使用螺母和螺栓器件将所述辅助翼组件的支撑装置附接到所述风力涡轮机叶片。

20. 根据权利要求1至2中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述支撑装置包括两个支撑腿。

21. 根据权利要求12所述的风力涡轮机叶片,其中,所述负载承载结构是主叠层。

22. 根据权利要求14所述的风力涡轮机叶片,其中,所述条为长度可调整的。

23. 根据权利要求18所述的风力涡轮机叶片,其中,所述局部加强件是附加的叠层或金属插入件。

24. 将如在前述权利要求的任一项中所述的辅助翼组件改造到风力涡轮机叶片的表面的方法。

25. 根据权利要求24所述的方法,其中,将所述辅助翼装置的位置定位和定向在相对于所述叶片的所期望的位置,且然后固定以便保持相对于所述叶片的所期望的位置。

26. 根据权利要求24所述的方法,其中,在所述叶片的表面中形成缺口或磨削的槽,以便收纳所述支撑装置的一部分。

27. 根据权利要求24所述的方法,其中,在将所述辅助翼组件改造到所述叶片之前提供所述叶片的局部加强件。

28. 根据权利要求26所述的方法,其中,所述支撑装置的一部分是支撑脚。

设有辅助翼组件的风力涡轮机叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及包括辅助翼组件的风力涡轮机叶片。此外，本发明涉及用于具有实质上水平的转子轴的风力涡轮机的转子的叶片或叶片的部分，该转子包括桨毂，叶片在安装到桨毂上时从桨毂上实质上沿径向方向延伸，叶片具有带末端和根端的纵向方向和横向方向，其中叶片还包括：成型轮廓，其包括压力侧和吸入侧，以及具有弦的前缘和后缘，弦具有在前缘与后缘之间延伸的弦长，该成型轮廓在由进入的空气流冲击时生成升力。本发明还涉及将辅助翼组件改造到风力涡轮机叶片的表面的方法。

背景技术

[0002] 理想地，翼型类型的风力涡轮机叶片形状类似于飞机机翼的外形。在风力涡轮机转子上，叶片的弦平面宽度以及其一阶导数随着离桨毂的距离减小而连续地增大。这导致叶片理想的是在桨毂附近相对宽。在必须将叶片安装到桨毂上时，这又导致了问题，且此外，由于叶片的大表面面积，故这在叶片工作期间引起大的负载，如，风暴负载。

[0003] 因此，多年来，叶片的构造已经朝一定形状发展，其中叶片由最接近桨毂的根区、包括最远离桨毂的生成升力的外形的翼型区和的在根区与翼型区之间的过渡区构成。翼型区具有相对于生成升力理想的或几乎理想的叶片形状，而根区具有实质上圆形的截面，这减小了风暴负载，且使得容易且安全地将叶片安装到桨毂。优选地，根区的直径沿整个根区恒定。由于圆形截面，故根区并未有助于风力涡轮机的能量生产，且实际上由于阻力而使其略微降低。如名称所揭示的那样，过渡区具有从根区的圆形形状逐渐地变化成翼型区的翼型外形的形状。典型地，过渡区中的叶片的宽度随离桨毂的距离增大而实质上线性地增大。

[0004] 举例来说，用于风力涡轮机的风力涡轮机叶片随着时间推移而变得越来越大，且现在它们可能超过60米长，提高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年的使用寿命。因此，风力涡轮机叶片的总体性能甚至很小的变化也可在风力涡轮机的寿命内累积成经济收益的高增长，这超过了关于此类变化的附加制造成本。多年来，研究的焦点区域已经集中于改善叶片的翼型区，但在近几年间，越来越多的焦点已经集中于还改善叶片的根区和过渡区的空气动力性能。

发明内容

[0005] 随着风力涡轮机的效用要求的提高，需要提高成型轮廓或风力涡轮机叶片的效用或性能。

[0006] 这通过本发明的一个方面实现，本发明的该方面涉及用于具有水平的转子轴的风力涡轮机的转子的风力涡轮机叶片，该转子包括桨毂，当叶片安装到桨毂上时从桨毂沿实质上径向方向延伸。风力涡轮机叶片包括成型轮廓，该成型轮廓限定期前缘和后缘，连接前缘和后缘的压力侧和吸入侧，该成型轮廓在由进入的空气流冲击时生成升力。叶片还包括位于叶片上的辅助翼组件，该辅助翼组件包括由支撑装置支撑的辅助翼装置，支撑装置将辅助翼装置定位成离叶片的表面有距离(即，具有间距)。所构想的是，辅助翼装置改善了叶片

的空气动力性能。

[0007] 优选地，辅助翼组件沿叶片纵向地或径向地延伸。在当前的上下文中，沿纵向延伸意思是辅助翼组件部分实质上沿叶片的纵向方向延伸。因此，辅助翼组件部分典型地具有第一侧和第二侧，以及第一纵向端部(最接近根端)和第二纵向端部(最接近末端)。

[0008] 有利地，将该成型轮廓分成：根区，其具有最接近桨毂的实质上圆形或椭圆形的外形；翼型区，其具有最远离桨毂的生成升力的外形；以及在根区与翼型区之间的可选的过渡区，过渡区具有从根区的圆形外形或椭圆形外形沿径向方向逐渐地变化成生成升力的翼型区外形的外形。

[0009] 有利地，辅助翼组件永久地附接到风力涡轮机叶片的表面，且不可主动地控制辅助翼组件。因此，前表面的定向是不可调整的。辅助翼组件在组装或安装时可调整；优选地，当已经执行安装时，辅助翼组件的定向为固定的。

[0010] 当由进入的空气流冲击风力涡轮机叶片时，成型轮廓生成升力。当叶片安装到风力涡轮机上时，风力涡轮机的桨毂由于升力而开始旋转。由进入的流意思表示叶片的正常使用(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，当通过叶片的局部区段看时，进来的流为由轴向风速和旋转分量合成形成的入流。

[0011] 将辅助翼有利地与具有压力侧和吸入侧以及前缘和后缘的翼型外形形成。

[0012] 在说明书各处，有时将术语成型轮廓(profiled contour)用于描述辅助翼组件所附接的主叶片区段(即，叶片自身)的外部形状。

[0013] 支撑装置可包括阻挡沿实质上垂直于支撑件的方向流动的空气的壁。将这构想成朝限制辅助翼装置周围的区域中的流分离的后缘导流。因此，有利地将壁沿叶片的横向方向或叶片的边缘方向定向。

[0014] 辅助翼组件可包括延伸超过辅助翼装置的表面的端板。将端板构想成，例如，通过延伸辅助翼装置的有效长宽比，且因此增大了由辅助翼承载的负载以改善辅助翼装置周围的空气流。此外，端板或小翼减小了辅助翼的端部处的末梢涡度。

[0015] 此外，使用的端板在没有从风力涡轮机叶片脱离或破坏的情况下改善或提高了辅助翼组件可经受的负载水平。

[0016] 在一种具体实施方式中，端板为沿远离叶片的表面的方向和/或沿朝叶片的方向延伸的小翼。在这些具体实施方式中，例如，小翼以与叶片有间距地附接到辅助翼。辅助翼装置可包括一个或多个端板，且端板可相对于叶片沿相同的方向或不同的方向延伸。一个或多个端板还可用作流屏障器件，如失速防护装置，其例如防止沿叶片的纵向方向的传播中的分离。将流屏障器件有利地实质上沿叶片的边缘方向定向。

[0017] 在一种具体实施方式中，将支撑装置在辅助翼装置的一个端部处附接到辅助翼装置和/或将支撑装置在辅助翼装置的压力侧处附接到辅助翼装置。可取决于叶片和辅助翼装置的所期望的空气动力性质来选择支撑装置与辅助翼装置的附接点。

[0018] 在一种具体实施方式中，支撑装置包括在支撑装置紧固到叶片上的区域处适合于成型轮廓的支撑脚。将支撑脚构想成改善辅助翼装置与叶片的附接力。适合于成型轮廓意思是脚实质上配合到(fit to)叶片，或换言之，脚的曲率实质上对应于叶片的曲率。

[0019] 在一种具体实施方式中，支撑装置包括连接到辅助翼装置上的具有第一宽度的第一部分和具有小于第一宽度的第二宽度的第二部分，第二部分将第一部分连接到叶片。将

宽度中的差异构想成允许辅助翼装置在被连接到叶片上时,在风力涡轮机工作期间,相比于没有第二部分的装置受到了较低的负载。将第二部分构想成分配源于辅助翼装置安装于其上的叶片中的移动的负载。还将第一部分和第二部分的组合构想成向支撑件提供更大的灵活性。

[0020] 在一种具体实施方式中,第二部分经由第三部分连接到风力涡轮机的表面,第三部分具有大于第二宽度的第三宽度。将第三部分构想成进一步改善辅助翼装置的强度,且在受到负载时减小辅助翼装置分离的风险。

[0021] 在一种具体实施方式中,支撑脚可从支撑装置分离。将可分离的支撑脚构想成在将组件安装在叶片上时允许附接支撑脚和随后附接辅助翼装置。

[0022] 在一种具体实施方式中,叶片包括用于收纳脚的缺口或磨削的槽。因而,脚的外表面可与成型轮廓齐平,因而防止脚从叶片分离且减小噪音。为了提供沿叶片的横向方向的逐渐过渡,脚还可有锥度。为了除去叶片的表面上的不连续性,还可用粘合剂或其他适合的材料密封脚。

[0023] 风力涡轮机叶片可设有用于将支撑装置附接到叶片自身的局部加强件。例如,局部加强件可包括纤维材料(例如,玻璃纤维)或木材或另一适合材料的附加层。局部加强件可布置在风力涡轮机叶片的外壳部分的外表面和/或内表面处。

[0024] 支撑装置的脚可由设有例如90度的弯的支撑装置形成,以便支撑装置的下部形成脚。

[0025] 支撑装置的脚可通过螺母和螺栓器件附接到风力涡轮机叶片。螺母和螺栓器件可设有用于提供脚与叶片表面之间的间距的橡胶盘。螺母和螺栓器件还可设有用于分配来自于螺母的负载的垫圈。

[0026] 在另一种具体实施方式中,支撑装置包括连接件,连接件包括杆端部,杆端部经由螺栓附接到叶片的外壳部分。

[0027] 在一种具体实施方式中,辅助翼组件为包括第一部分和第二部分的组件,第一部分包括支撑装置和辅助翼装置的吸入侧,而第二部分包括辅助翼装置的压力侧,要不,辅助翼组件为包括第一部分和第二部分的组件,第一部分包括辅助翼装置的吸入侧,而第二部分包括支撑装置和辅助翼装置的压力侧。在一种具体实施方式中,提供了多个第一部分,且多个第一部分分别包括具有不同几何形状的脚,各个脚均构造成特定的成型轮廓。

[0028] 在一种具体实施方式中,支撑装置包括将辅助翼装置与叶片的表面相连的条。在一种具体实施方式中,条例如在长度上可调整。在一种具体实施方式中,可调整的条包括螺纹条、具有圆柱的条和/或联锁的条。

[0029] 在一种具体实施方式中,辅助翼装置和支撑装置由可组装的单独的装置构成。

[0030] 在一种具体实施方式中,辅助翼装置可经由适配器模块附接到支撑装置,适配器模块可释放地连接到支撑装置,要不,适配器模块与支撑装置整体结合。

[0031] 在一种具体实施方式中,辅助翼装置可相对于支撑装置移动。优选地,辅助翼装置可在安装好时仅相对于支撑装置移动,且可调整辅助翼装置的相对位置。在风力涡轮机工作期间,辅助翼装置的定向相对于叶片是固定的。

[0032] 在一种具体实施方式中,辅助翼装置和/或支撑装置由钢、复合材料、铝、塑料或其他材料或它们的组合制成。特定的材料选择可取决于辅助翼装置的特定应用,例如,可选择

一种材料用于将在海上工作的风力涡轮机,而可选择另一种材料用于岸基涡轮机。

[0033] 在一种具体实施方式中,辅助翼装置包括多个独立的辅助翼装置。如果相对长的辅助翼装置将被安装在叶片,则可能优选采用若干短的辅助翼装置来替代一个长的辅助翼装置。这还可帮助减小来自于叶片的扭曲和弯曲的负载的作用,因为在一个辅助翼部分上的负载不会平移至辅助翼装置的其他部分。

[0034] 在一种具体实施方式中,两个相邻的辅助翼装置经由公共的支撑装置(如公共端板)连接。将此构想成使辅助翼装置的安装简便,且还可减少用于将辅助翼装置紧固到叶片上的支撑装置的数目。

[0035] 在一种具体实施方式中,辅助翼装置的长度为0.5米至5米,或如1米至3米,或如0.5米至1米,或如1米至2米,或如2米至3米,或如3米至4米,或如4米至5米,有利地大约2.5米。一个或多个辅助翼装置的长度的实际选择可取决于将安装辅助翼装置于其上的特定叶片。根据另一种具体实施方式,将辅助翼装置模块化地形成,以便辅助翼装置包括例如0.5米至2米的较小的辅助翼部分。辅助翼可例如包括有利地布置在彼此的纵向延伸部中的2个、3个、4个、5个或甚至更多个辅助翼部分。模块构造使辅助翼更为灵活,且减小了辅助翼的端部处的剥落力。因此,模块部分具有较小的与叶片的表面断开的趋势。

[0036] 在一种具体实施方式中,辅助翼装置包括位于辅助翼装置的外壳部分中的腹板和/或轻木面板和/或负载承载结构,如主叠层。所构想的是可以以与成型轮廓或主叶片自身的方式类似的方式构成辅助翼装置。

[0037] 在一种具体实施方式中,辅助翼装置包括由硬质材料(如塑料或纤维加强的聚合物材料)覆盖的芯料。

[0038] 在一种具体实施方式中,辅助翼的吸入侧和压力侧由外壳形成,外壳可为实质上中空的。在另一种具体实施方式中,外壳可部分地填充有重量轻的材料。在又一种具体实施方式中,重量轻的材料为PU泡沫、PVC泡沫或另一种泡沫聚合物。在又一种具体实施方式中,外壳可完全填充有重量轻的材料。

[0039] 在一种具体实施方式中,辅助翼装置包括布置成穿过辅助翼的两个横梁,横梁布置成及适于承载负载。在一种具体实施方式中,辅助翼装置的横梁连接到支撑装置。原则上,仅可使用单个横梁,但使用两个横梁限制了辅助翼的移动,因而将辅助翼固定在相对于叶片的表面固定的位置和定向。

[0040] 在一种具体实施方式中,支撑装置可包括从辅助翼装置所附接的支撑装置的区域延伸的两个腿。支撑装置可包括两个以上的腿,如,三个、四个或甚至更多。腿有可能经由连接部分(如,脚等等)连接辅助翼装置被附接到风力涡轮机叶片的表面上的区域。

[0041] 在一种具体实施方式中,支撑装置可由成一件的材料制成。可处理一件材料以便确立所期望的几何形状。所期望的几何形状包括但不限于一个或多个腿、切口区域(如三角形区域),或几何形状的组合。支撑装置可由两件或多件材料制成,且可使用这些材料件确立所期望的几何形状。

[0042] 有利地,辅助翼布置成以便其沿叶片的过渡区的至少一部分延伸。其还可延伸到叶片的根部部分中,或仅沿根部部分布置。在另一种具体实施方式中,辅助翼还沿翼型区的内侧部分延伸。因此,辅助翼可沿根区的一部分、沿整个过渡区、以及沿叶片的翼型区的内侧部分延伸。

[0043] 有利地,辅助翼布置在叶片的前缘附近。

[0044] 本发明的一个方面涉及包括根据本发明的第一方面的一定数目(有利地两个或三个)风力涡轮机叶片或成型轮廓的风力涡轮机。

[0045] 根据本发明的另一个方面,本发明提供将根据任何前述具体实施方式的辅助翼组件改造到风力涡轮机叶片的表面的方法。

附图说明

[0046] 本发明将参照附图被更为详细地阐述,在附图中:

[0047] 图1为风力涡轮机的示意图,

[0048] 图2为风力涡轮机叶片的示意图,

[0049] 图3为叶片的截面的示意图,

[0050] 图4为设有辅助翼组件的叶片的示意图,

[0051] 图5至12为辅助翼组件的示意图,

[0052] 图13为设有辅助翼组件的叶片的示意图,

[0053] 图14为辅助翼组件的一部分的示意图,

[0054] 图15为辅助翼组件的一部分的示意图,

[0055] 图16为具有两个辅助翼装置的辅助翼组件的一部分的示意图,

[0056] 图17为辅助翼组件的示意图,

[0057] 图18为辅助翼装置的截面示意图,

[0058] 图19为辅助翼装置的截面示意图,

[0059] 图20为辅助翼装置的截面示意图,

[0060] 图21为辅助翼装置的截面示意图,

[0061] 图22至25为辅助翼组件的具体实施方式的示意图,

[0062] 图26为叶片和辅助翼装置的示意图,

[0063] 图27为叶片的一部分和辅助翼组件的示意图,

[0064] 图28为支撑装置与叶片之间的连接的放大视图,

[0065] 图29为支撑装置的示意性局部视图,以及

[0066] 图30为用于使支撑件与叶片相连的连接件的示意图。

[0067] 图31为用于将连接件的杆端部安装到叶片的表面上的备选具体实施方式的示意图。

具体实施方式

[0068] 图1为根据所谓“丹麦原理”的常规现代逆风风力涡轮机2的示意图,该风力涡轮机2具有塔架4、机舱6和具有实质上水平的转子轴的转子。转子包括桨毂8和从桨毂8沿径向延伸的三个风力涡轮机叶片10,叶片10分别具有最接近桨毂的叶片根部16和最远离桨毂8的叶片末梢14。

[0069] 图3示出了绘制为具有各种参数的典型叶片或风力涡轮机叶片的翼型外形50的示意图,参数典型地用于限定翼型件的几何形状。翼型外形50具有压力侧52和吸入侧54,在使用期间(即,在转子旋转期间),压力侧52和吸入侧54一般分别面朝迎风侧和背风侧。翼型件

50具有弦60,弦60具有在叶片的前缘56与后缘58之间延伸的弦长c。翼型件50具有厚度t,其限定为压力侧52与吸入侧54之间的距离。翼型件的厚度t沿弦60变化。由拱弧线62指定从对称外形的偏离,拱弧线62为穿过翼型外形50的中线。通过从前缘56到后缘58绘制内切圆来找中线。中线沿着这些内切圆的中心,且自弦60的偏离或距离称为弧高f。还可通过使用称为上弧高和下弧高的参数来限定不对称,参数分别限定为离弦60和压力侧54及吸入侧52的距离。

[0070] 图2示出了风力涡轮机叶片10的具体实施方式的示意图。风力涡轮机叶片10具有常规风力涡轮机叶片的形状,且包括最接近桨毂的根区30、最远离桨毂的外形区或翼型区34以及根区30与翼型区34之间的过渡区32。风力涡轮机叶片10包括在风力涡轮机叶片安装到桨毂上时面对叶片10的旋转方向的前缘18、以及面对前缘18相反方向的后缘20。

[0071] 翼型区34(也称为外形区)具有相对于生成升力的理想的或几乎理想的叶片形状,而根区30由于结构考虑而具有实质上圆形或椭圆形的截面,例如,这使得容易且安全地将风力涡轮机叶片10安装至桨毂。典型地,根区30的直径(或弦)沿整个根区域30是恒定的。过渡区32具有从根区30的圆形或椭圆形40逐渐变成翼型区34的翼型外形50的过渡外形42。典型地,过渡区32的宽度随离桨毂的距离r增大而实质上线性地增大。

[0072] 翼型区34具有翼型外形50,翼型外形50具有在叶片10的前缘18与后缘20之间延伸的弦。弦的宽度随离桨毂的距离r增大而减小。

[0073] 一般而言,叶片的不同区段的弦不会处于公共平面内,因为叶片可能被扭曲和/或弯曲(即,预弯曲),因而给弦平面提供了对应的扭曲和/或弯曲路线,为补偿取决于自桨毂的半径的叶片局部速度,这是很经常的情况。

[0074] 图4为用于风力涡轮机的转子的翼型外形或叶片70的示意图。预计的风力涡轮机可为图1中所示的类型。叶片70限定前缘72和后缘74、连接前缘72和后缘74的压力侧76和吸入侧78。叶片70在由进入的空气流冲击时生成升力。叶片70包括位于叶片70上的辅助翼组件80。辅助翼组件80包括由支撑装置84支撑的辅助翼装置82,支撑装置84将辅助翼装置定位成离叶片70的表面有由线86指出的距离或间距。在图中,将辅助翼绘制为定位在叶片的翼型区处。然而,辅助翼典型地将布置在叶片的非理想区中,例如,沿叶片的过渡区和/或根区的至少一部分。然而,辅助翼还可延伸到叶片的翼型区的内侧部分中。

[0075] 所构想的辅助翼组件80的存在将改善叶片的空气动力性能。优选地,支撑装置84将辅助翼装置保持在固定位置且离叶片70的表面有距离。距离86可对于特定的叶片外形和叶片70上的辅助翼组件70的位置是独立的,即,距离86可取决于辅助翼组件80离叶片70的前缘72的距离。

[0076] 支撑装置84可构成壁,壁阻挡沿实质上垂直于支撑件84的方向流动的空气,即,沿叶片70的纵向方向的空气流。如果不允许或至少阻挡空气沿平行于叶片70的纵向方向的方向流动,则将其构想成减小流分离。因此,壁可作用为以便防止例如沿叶片的纵向方向或径向方向的传播中的分流。

[0077] 图5示意性地示出了辅助翼组件80,所述辅助翼组件80包括端板88,端板88延伸超过辅助翼装置82的表面,即,离叶片较远。在图4中,这为延伸超过辅助翼装置82的表面的支撑装置84的部分。将端板88构想成降低辅助翼装置82周围的区域中的流分离,或降低沿叶片的纵向方向的传播的分流。

[0078] 在图4中,端板或支撑件84沿远离叶片的表面的方向延伸。在其他具体实施方式中,可提供小翼,且小翼可沿朝叶片的表面的方向延伸。在一种具体实施方式中,可提供小翼,且小翼可沿远离叶片的方向延伸。这在图6、7和8中通过小翼90和92示出。在一种具体实施方式中,辅助翼组件80可包括如图6中所示沿两个方向延伸的小翼。小翼可从辅助翼装置的端部延伸,或小翼可在其他位置处从辅助翼装置的表面延伸,如由图7中的小翼92所示。

[0079] 图4示出了定位在前缘72附近的辅助翼组件80。可通过若干因素影响叶片70上的辅助翼组件80的最佳位置。一个因素可为工作期间叶片的表面的变形。如果叶片由于入流的波动而弯曲或变弯,则存在辅助翼组件80从叶片70的表面松脱的风险。为了降低这种风险,辅助翼组件80可定位在变形可能性最小的区域或变形最小的区域处,这包括但不限于主叠层(即,位于叶片自身的外壳部分中的负载承载结构)处的区域。

[0080] 前缘72至辅助翼组件80的中心的距离可从前缘72至后缘74的距离(或弦长)的1%变化至90%。可沿叶片70的表面测量该距离。在确定该距离时,辅助翼组件的中心可突出叶片70的表面。

[0081] 图5还示出了支撑装置84在辅助翼装置82的一个端部处附接到辅助翼装置82。在图6和图8中,支撑装置94在辅助翼装置82的压力侧处附接到辅助翼装置82。

[0082] 支撑装置84可在辅助翼装置82的端部处支撑或附接至辅助翼装置82。在一种具体实施方式中,支撑装置84可包括在离辅助翼装置82的端部有距离处附接到辅助翼装置82上的至少一个部分,即,一个支撑件可类似于图6中所示的支撑件94附接,而另一个支撑件可类似于图5中所述的支撑件84附接。

[0083] 图6示出了端板88延伸超过辅助翼装置82的表面的辅助翼组件80。小翼90从辅助翼装置82的端部延伸,以便在辅助翼组件80安装到叶片上时,小翼90沿朝叶片的表面的方向延伸。

[0084] 图7示出了小翼92从辅助翼装置82的表面延伸的辅助翼组件80。小翼92从辅助翼装置82延伸,以便当辅助翼组件80安装到叶片上时,一些小翼92沿朝叶片的表面的方向延伸,而另一些远离叶片的表面延伸。

[0085] 图8示出了小翼90从辅助翼装置82的端部延伸的辅助翼组件80。小翼90从辅助翼装置82延伸,以便在辅助翼组件80安装到叶片上时,小翼90沿朝叶片的表面的方向延伸。

[0086] 在图9中,支撑装置84可包括在支撑装置84紧固到叶片上的区域处适合于叶片的支撑脚96。因此,支撑脚可弯曲,以便实质上沿着叶片的表面曲率。此外,可提供支撑装置84与叶片之间的支撑材料。例如,该材料可为橡胶材料。螺栓可提供成确立支撑装置84与叶片之间的机械紧固。这可与前述支撑材料和/或其他附接选择(如,粘胶或机械连接件)组合。参照图27至图29更为详细论述了辅助翼组件的紧固。

[0087] 在构成辅助翼组件的组件或预装件中,所构想的是较为便宜地仅更换一个部分,例如,底部模块或顶部模块,而替代了构建整个新的单元,以便使辅助翼组件适合特定的叶片。此外,可提供适用于多种叶片的支撑脚。不同的支撑部分可允许组件配合到辅助翼装置相对于叶片表面的不同位置。

[0088] 由于支撑脚96可从支撑装置84分离,故所构想的是支撑脚96可适于或构造成提供与特定叶片的表面或叶片上的特定地点的良好、稳定连接。所构想的是,可提供多种脚装

置,各个特定的脚装置均适用于特定的叶片或叶片上的特定地点。然后,辅助翼装置可提供成具有一个特定的外形,且当与不同的脚组合时,该组件可配合大量不同叶片或叶片上的大量不同位置。

[0089] 图17为具有支撑装置84的辅助翼组件80的示意图。支撑装置84可为本文所述的任何类型。这里所示的辅助翼组件82不包括延伸超过辅助翼装置82的吸入侧的表面的端板或小翼。

[0090] 图10A示意性地示出了支撑装置98,所述支撑装置98包括具有第一宽度102的第一部分100。第一部分100连接到辅助翼装置82。支撑装置98还包括具有第二宽度106的第二部分104。第二宽度106小于第一宽度102。第二部分104经由第三部分108连接到叶片的表面,第三部分108具有大于第二部分104宽度的宽度110。

[0091] 图10B示意性地示出了支撑装置98,所述支撑装置98包括具有第一宽度102的第一部分100。第一部分100连接到辅助翼装置82。支撑装置98还包括具有第二宽度106的第二部分104。第二宽度106小于第一宽度102。第二部分104将第一部分100连接到叶片。

[0092] 大体上,优点在于较宽的第一部分将支撑件经由其他部分连接到辅助翼装置,例如,规定将较小的第二部分构想成确保例如变形造成的叶片表面的变化或移动引起的负载不会导致辅助翼组件从叶片分开。通过采用模块化设计,减小了辅助翼的刚度,且减轻了负载和应力。图22至图25中示出了支撑装置的其他几何形状。

[0093] 图11示意性地示出了辅助翼组件,所述辅助翼组件为包括第一部分112和第二部分114的组件,第一部分112包括支撑装置和辅助翼装置的吸入侧,而第二部分114包括辅助翼装置的压力侧。为了组装辅助翼组件,将第二部分114插入第一部分112中,且将两个部分112、114附连到彼此。该设计可设有或未设有支撑脚。

[0094] 图12示意性地示出了辅助翼组件,所述辅助翼组件为包括第一部分116和第二部分118的组件,第一部分116包括辅助翼装置的吸入侧,而第二部分118包括支撑装置和辅助翼装置的压力侧。为了组装辅助翼装置,将第一部分116插入第二部分118中,且两个部分116、118附连到彼此。

[0095] 图11和图12中所示的具体实施方式具有的共同之处在于辅助翼装置的一个部分连接到支撑装置,而辅助翼装置的第二部分附连到第一部分上以便形成辅助翼装置。

[0096] 所构想的是降低将辅助翼组件制造成两个部分的生产复杂性。将辅助翼装置与支撑装置之间的接头构想为很坚固的。在已经组装好辅助翼组件之后,可附接小翼或端板。

[0097] 有利地,可提供多个第一部分114、118,且多个第一部分114、118分别包括具有不同几何形状的脚。将这构想成在各个脚构造在特定叶片上或叶片上的特定地点上时提供多种附接可能性。通过使用不同的脚,可以以若干方式调整辅助翼组件,例如,通过将辅助翼组件定位在叶片的表面上的多种位置中的一个位置处。

[0098] 图13为具有辅助翼组件122的叶片120的示意图。辅助翼组件122包括通过支撑装置126附接到叶片120上的辅助翼装置124。支撑装置126由条构成。条将辅助翼装置124与叶片120的表面相连。

[0099] 有利地,条126可由可调整的条构成。将可调整的条构想成在将辅助翼组件已经安装在叶片上的特定位置处时,允许人将辅助翼组件安装在叶片上以获得特定距离和定向,且用以允许调整来确立叶片表面与辅助翼装置之间的特定距离。大体上,所构想的是,辅助

翼组件可定位在叶片上的多个部位处。叶片表面与辅助翼装置之间可存在各种最佳位置，这取决于辅助翼组件定位在叶片上的位置。

[0100] 有利地，可由螺纹条、具有圆柱的条和/或联锁条构成可调整的条。可使用其他形式的调整装置。

[0101] 将使用条构想成通过例如改变一个或多个条的长度来允许容易地调整辅助翼装置相对于叶片的位置。

[0102] 在一种具体实施方式中，辅助翼装置和支撑装置由可组装的单独的装置构成。所构想的是制造单独的部分比必须将整个辅助翼组件制造成一件更容易。

[0103] 图14示意性地示出了具体实施方式，其中辅助翼装置82经由适配器模块或装置129可附接到或可分离地联接到支撑装置128。适配器模块129可释放地连接到支撑装置128。将适配器模块129的使用构想成允许使用用于不同叶片的若干不同支撑装置，同时使用较少数目的辅助翼装置外形。模块129可胶合或焊接或以其他方式附连到支撑装置128。辅助翼装置82可胶合到适配器装置129。所构想的是，在粘胶变硬之后可能通过调整组装好的辅助翼装置82和模块129相对于支撑件128的角度来调整辅助翼装置。然而，典型地，不期望在施加粘胶之后使构件相对于彼此移动。

[0104] 图15示意性地示出了具体实施方式，其中辅助翼装置82类似于图14中所示那样经由适配器模块129可附接到或可分离地联接到支撑装置128。在图15中，适配器模块129通过保持部件130附接到支撑装置128。保持部件130可将模块129沿其整个外周支撑和保持或固持。保持部件130可由未示出的一定数目的独立保持部件构成。保持部件130可通过将保持部件130整体结合到支撑装置128中来紧固到支撑装置128，例如，通过增加玻璃纤维层至支撑装置，从而将保持部件130紧固到支撑装置128。

[0105] 在一种具体实施方式中，辅助翼装置可相对于支撑件移动。辅助翼装置可相对于支撑件移动的优点在于在将辅助翼组件安装到叶片上时可调整辅助翼装置。辅助翼装置相对于叶片的角度可具有对组合的系统的空气动力和辅助翼装置与叶片的表面之间形成的狭槽的尺寸的影响。在图14上的具体实施方式中，在粘胶变硬之前可调整辅助翼装置82的定向，且固定辅助翼装置82的定向。

[0106] 辅助翼装置和/或支撑装置可由钢、复合材料、铝、塑料或其他材料或各种材料的组合制成。材料的选择可取决于叶片的材料和/或预期的装置寿命。另外，一些材料可更好地适用于某些环境。离岸环境中的条件与其他环境(如，乡村)中的条件之间存在明确的差异。

[0107] 图16示意性地示出了具体实施方式，其中支撑装置132用作用于两个辅助翼装置82A和82B的公共支撑件。优点在于在安装包括两个或多个辅助翼装置82的辅助翼组件时减少了支撑装置的数目。优点在于辅助翼组件可包括很多辅助翼装置，且叶片的变形造成的任何负载都不会引起辅助翼组件从叶片松脱。

[0108] 支撑装置在整个叶片外形表面(即，截面处的叶片外形周围)或表面上的少数点处附接到叶片。通过在单个点处进行附接，辅助翼和/或支撑件处的负载将或多或少独立于叶片截面的变形。

[0109] 图18为辅助翼装置134的示意性截面视图。辅助翼装置134与用于风力涡轮机的叶片类似地构造。辅助翼装置134包括腹板136、轻木面板和主叠层138，即，位于辅助翼装置

134的外壳部分中的负载承载结构。

[0110] 图19为辅助翼装置140的示意性截面视图。芯料142由硬质材料144(如塑料或纤维增强的聚合物材料)覆盖,即,由外壳覆盖。

[0111] 图20为辅助翼装置146的示意性截面视图。吸入侧和压力侧制造成没有芯料。辅助翼装置146可部分地或完全地填充有例如PU泡沫或另一重量轻的材料148,例如,由表皮或外壳覆盖。另外,可使用泡沫块(例如,PVC)来替代填充材料。

[0112] 图21为辅助翼装置150的示意性截面视图。辅助翼装置150包括穿过辅助翼150用于承载负载的两个横梁152、154。然后,外形150仅提供空气动力形状,且可将其制造为低强度构造。横梁152、154可连接到这里看不见的支撑装置。

[0113] 图18至图21中所示的辅助翼装置的不同特征可以以任何有利的方式组合。

[0114] 图22至图25中所示的支撑装置可起到图4至图16中所示的任何支撑装置的作用。不同的支撑装置可结合到一个辅助翼组件中。

[0115] 图22为用于支撑辅助翼装置82的支撑装置的示意图。支撑装置156包括将装置连接到由虚线162指出的风力涡轮机表面上的两个腿158和160。如图10A和图10B中的支撑装置那样,支撑装置156为挠性的,且在叶片由于扭曲和弯曲而变形时减小了辅助翼装置与叶片表面162分开的风险。两个腿158和160分别包括用于将支撑装置156牢固地附接到叶片表面162上的脚部分164和166。在备选具体实施方式中,支撑装置156可包括两个以上的腿,如三个腿或四个腿。腿158和160相对细,所以脚部分164、166使得有可能确立与风力涡轮机叶片表面162加强或更强的抓持或安装。

[0116] 图23为支撑装置168的示意图。支撑装置168包括两个切口区域170和172。切口170和172减轻源于风力涡轮机叶片表面162的变形(例如,源于叶片根部变成椭圆形)的支撑装置中的负载。支撑装置可包括两个、三个、四个或更多个切口区域。如图23中所示的切口区域可具有不同尺寸。在一种具体实施方式中,两个或多个切口可具有类似或相等的尺寸和/或相同的面积。

[0117] 切口170和172示为具有直角三角形。在另一种具体实施方式中,一个或多个切口区域可具有等腰三角形、正方形、矩形或任何其他多边形或它们的组合。此外,一个或多个切口可具有圆形、椭圆形、卵形或其他平滑的形状或边缘。可使用组成支撑装置168的多个部分或多个元件来确立几何形状。

[0118] 图24为支撑装置174的示意图。支撑装置174包括两个腿176和178。腿176和178相比腿158和160相对宽。腿176和178可在不使用如图22上的具体实施方式的脚部分164和166的情况下附接或安装到风力涡轮机叶片162的表面。

[0119] 在该具体实施方式中,腿176和178位于辅助翼装置所附接的支撑装置174的部分的侧部处。

[0120] 图25示出了一种具体实施方式,其中支撑装置180也包括两个腿182和184,但不同于图24中所示的具体实施方式,腿182和184位于远离支撑装置的侧部的位置中。

[0121] 在图22至图25中所示的具体实施方式中,辅助翼装置在所有的具体实施方式中都标示为186的支撑装置的部分处附接到支撑装置。支撑装置的部分186的特定形式可不同于图22至图25中的示意性示图。此外,在特定具体实施方式中,图22至图25中的辅助翼装置的定向可不同于图中所示的。

[0122] 在图22至图25中所示的具体实施方式中,当前优选的是支撑装置具有由线187A指出的总体宽度,其范围为900mm至1200mm,优选为大约1000mm。在图22至图25中所示的具体实施方式中,辅助翼装置优选为具有由线188指出的总体宽度或弦长,其范围为600mm至900mm,优选为大约750mm。大体上,辅助翼装置的弦长为叶片的局部弦长的5%至20%。支撑件可具有例如达到比辅助翼装置的弦长宽20%的宽度。

[0123] 在图22至图25中所示的具体实施方式中,辅助翼所附接的支撑装置的部分具有由线187C指出的高度,其在200mm至400mm的范围内,优选为大约300mm。在图22至图25中所示的具体实施方式中,支撑装置优选为具有由线187B指出的总体高度,其范围为600mm至800mm,优选为大约700mm。

[0124] 图26示意性地示出了可如何描述在离叶片根部给定距离处的辅助翼装置189相对于风力涡轮机叶片区段190的定向和定位。图26示出了一些最相关的参数。一个参数为G,其为辅助翼的后缘189与风力涡轮机叶片区段190的弦之间由线191指出的间隙的量度。另一个参数为O,其为由线192指出的重叠。第三参数示为D,其为由线193指出的偏转角。取决于空气动力,将存在以上参数的最佳组合。

[0125] 对于相对于特定所期望的距离(举例来说,离叶片根部有10米)中的入流定向的风力涡轮机叶片的特定区段,将期望在14度的入流角或冲角下获得 $c_l = 1.7$ 。阻力应当尽可能小。对于此类方案,将存在给予所期望的升力的参数G、O和D的一个组合。如果若干组合产生相同的升力,则最期望的是选择给予最低阻力和/或最低最大升力的组合来减小最大负载。当考虑不同区段时,例如,离叶片根部15m,最佳组合将为不同的。此外,辅助翼的形状以及辅助翼附近的风力涡轮机叶片的外形将具有对给予最佳升力的参数的组合的影响。

[0126] 从某种观点看,通过增大离叶片190的表面的距离而减小了辅助翼的积极作用。

[0127] 图27示意性地示出了辅助翼组件194,其中一个侧部或腿安装到叶片196。辅助翼组件194包括都标示为198的两个腿。两个腿198都包括相对于腿198的部分202弯曲90度的区域或部分200,以便提供交接脚200。可利用眼下辅助翼组件194将安装于其上的叶片的形状来选择部分200相对于部分202的角。因此,角可为除90度之外的角。可选择角,以便部分200与部分202将交接于其上的叶片196的部分实质上平行。螺栓204用于将部分200附接到叶片。螺母206锁定螺栓204和区域200。橡胶盘208和209提供成用于确立部分200与叶片196的表面之间的距离,以便两者不会给予彼此破坏,且连接有些灵活。

[0128] 图28为部分200与叶片196之间的连接的放大视图。图28比图27示出了更多细节。

[0129] 在图28中,垫圈210定位在螺母206与橡胶盘208之间。在图28中,提供了标示为206、212和226的三个螺母。垫圈210分配来自于螺母206的负载。此外,垫圈210提供区域200与叶片之间的间距。在一种具体实施方式中,垫圈可为橡胶垫圈,或要不可由金属(如,钢、不锈钢)或塑料或任何其他适合的材料制成。

[0130] 橡胶盘208和209提供振动阻尼,且增大了区域200与叶片196之间的间距。在两个垫圈214和216之间设螺母212。

[0131] 在叶片196的外表面处设加强件218。加强件218设成确保叶片能够在使用风力涡轮机叶片期间固持辅助翼组件。传递至叶片与辅助翼组件之间的连接部的负载可引起叶片中的裂纹和破裂。加强件218分配来自于区域200与叶片196之间的连接部的负载和源于叶片的变形的负载。

[0132] 第二加强件222设在叶片196的内侧。第二加强件222向结构进一步提供强度。第二加强件222分配来自于区域200与叶片196之间的连接部的负载和源于叶片的变形的负载。

[0133] 图29为腿198的一部分和部分200的透视图。弯曲区段224包括从腿198到区域200的平滑过渡。区域200包括两个螺栓204和220。可使用参照图28中所示的螺栓204描述的类似布置紧固螺栓220。相比于图28,关于螺栓204和220的连接出于说明目的而简化图29。

[0134] 关于具有对应于区域200的区域的支撑件的具体实施方式,区域优选为具有70mm至90mm的范围内的宽度,优选为大约80mm,以及40mm至60mm的范围内的长度,优选为大约50mm。

[0135] 图30示出了连接件228的具体实施方式。连接件228将支撑腿或脚230连接到风力涡轮机叶片的叶片外壳248。螺栓232布置成穿过支撑腿或脚230中的孔。螺栓232将两个支撑板234和235连接到支撑腿或脚230。可提供这里未示出的一个或两个另外的螺栓以确保板234和235的定向相对于支撑腿或脚230为固定的。通过两个螺母236和238固定螺栓232。要不或与其组合,板234和235可胶合到支撑腿或脚230。

[0136] 螺栓240设在与螺栓232相对的支撑腿或脚230处。螺栓240将板234和235与杆端部242相连。螺栓240收纳在杆端部242中,以便支撑腿或脚230可枢转。优选地,支撑腿或脚230仅能够略微枢转,以便允许调整支撑装置。通过两个螺母244和246将螺栓240保持在适当位置。

[0137] 杆端部242在叶片外壳248处经由贯穿螺栓254附接到风力涡轮机叶片。加强区域250和252提供成提高叶片外壳248的强度,以便在将负载从辅助翼和/或支撑件传递至叶片外壳248时减小在叶片外壳中开裂的风险。

[0138] 有利地,连接件228可用于连接支撑装置,如图24和25中所示的那些。如果适合的话,还可使用该连接件来附接其他类型的支撑装置。

[0139] 图31示出了用于将连接件228的杆端部安装到叶片的表面上的备选具体实施方式。例如,叶片可包括夹层构造,夹层构造包括内表皮301和外表皮302(例如,包括加强纤维,如玻璃纤维),以及中间芯料303(例如,由轻木或泡沫聚合物制成)。例如,由钢制成的金属插入件308插入内加强叠层305与外加强叠层304之间的叶片中,且通过螺栓306和螺母307插入。因此,杆端部342可通过插过金属插入件308的主螺栓309连接到叶片。

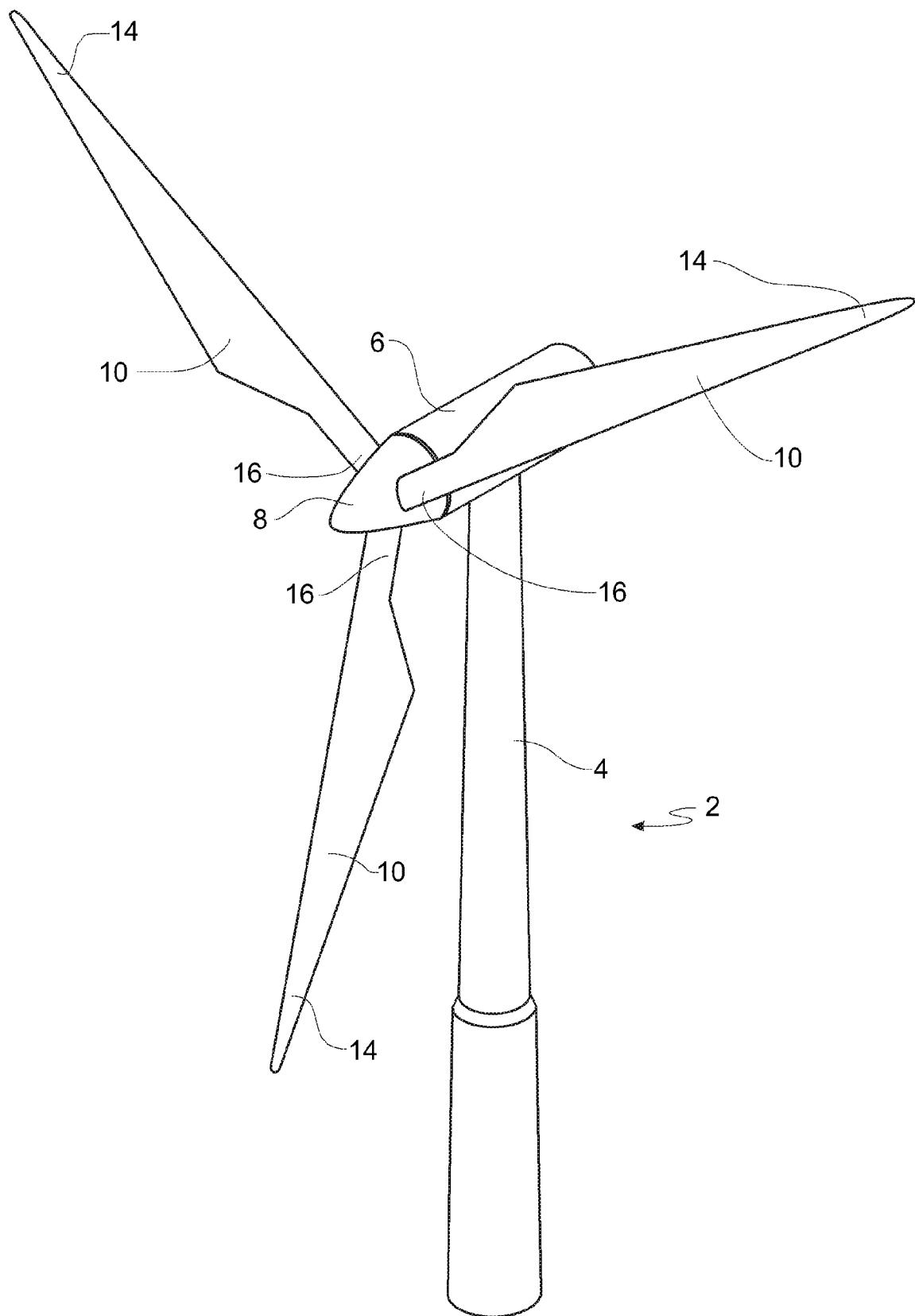


图 1

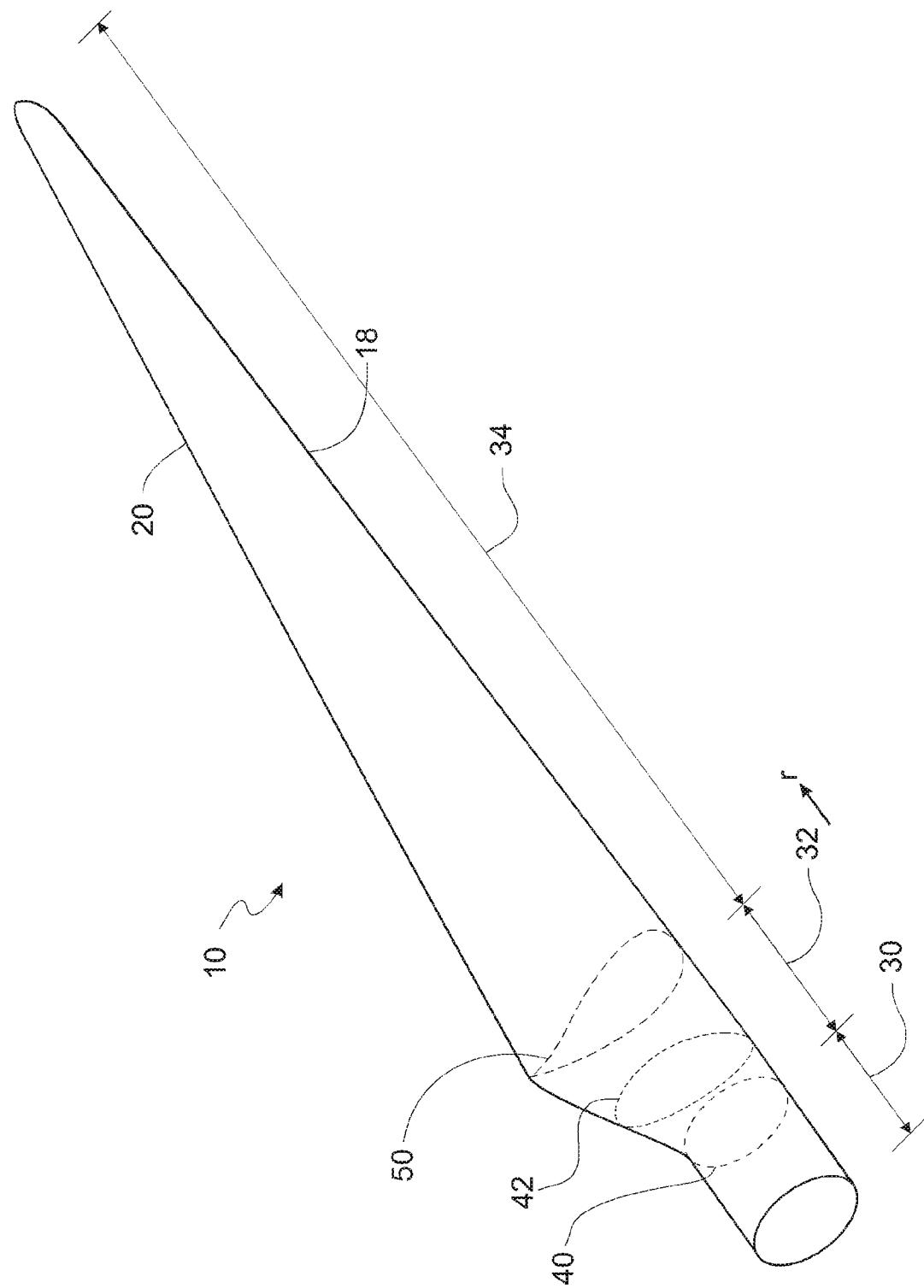


图 2

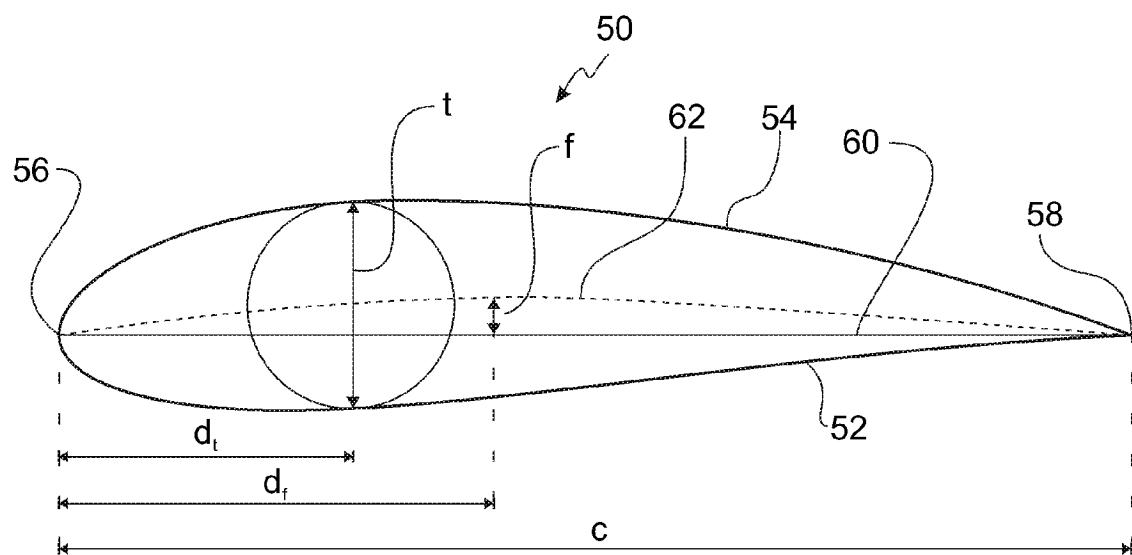


图 3

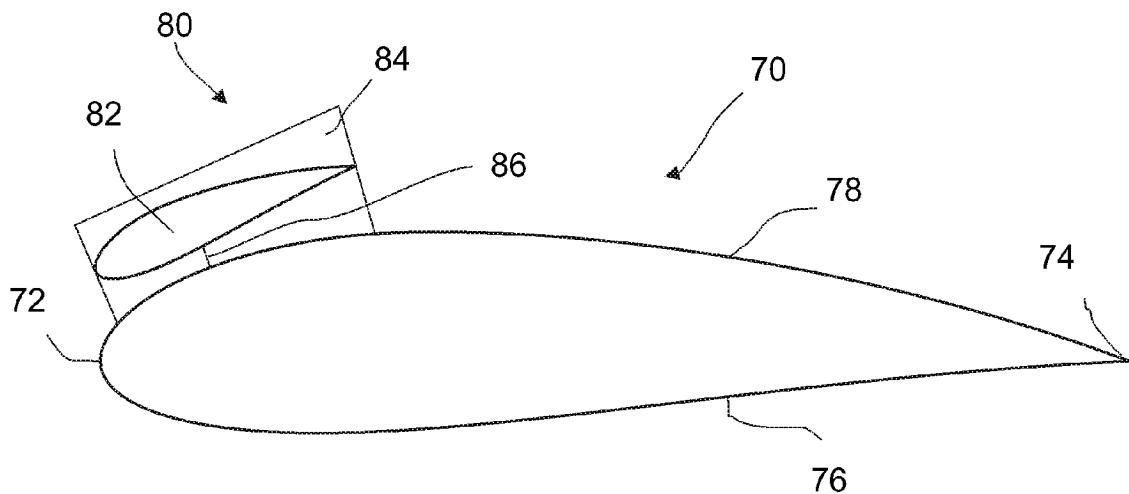


图 4

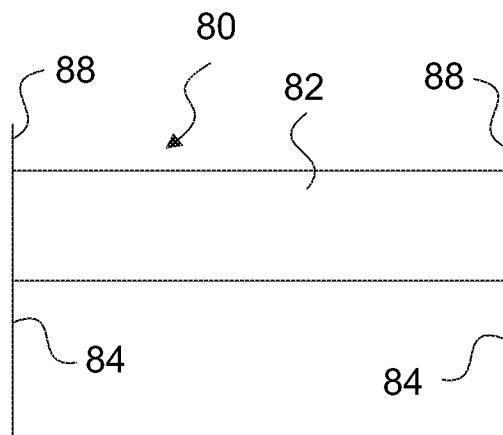


图 5

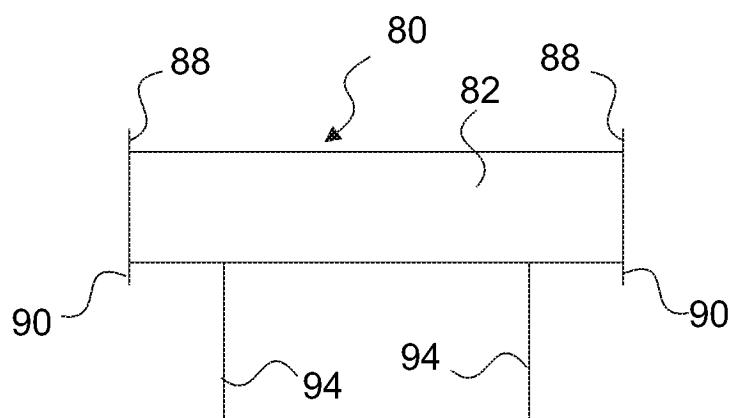


图 6

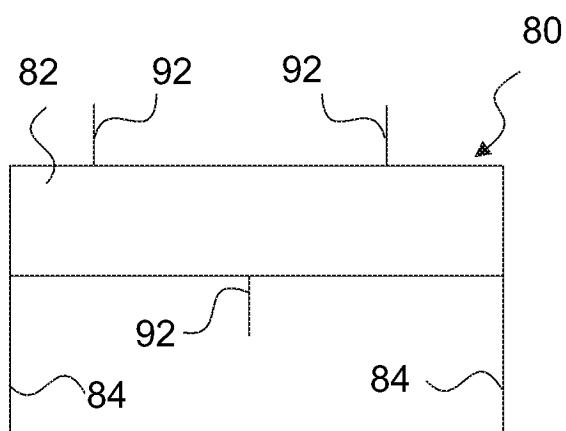


图 7

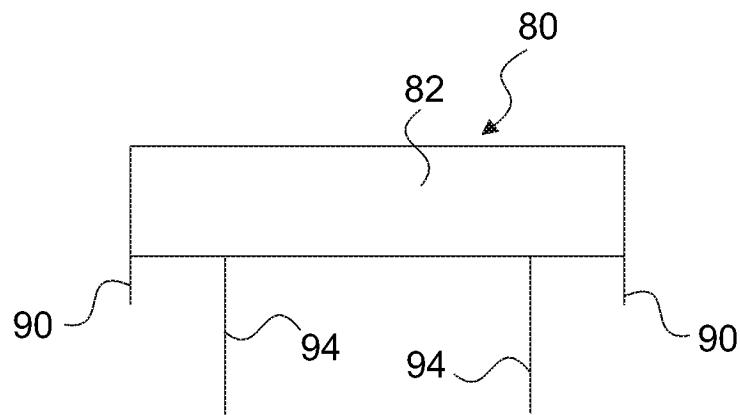


图 8

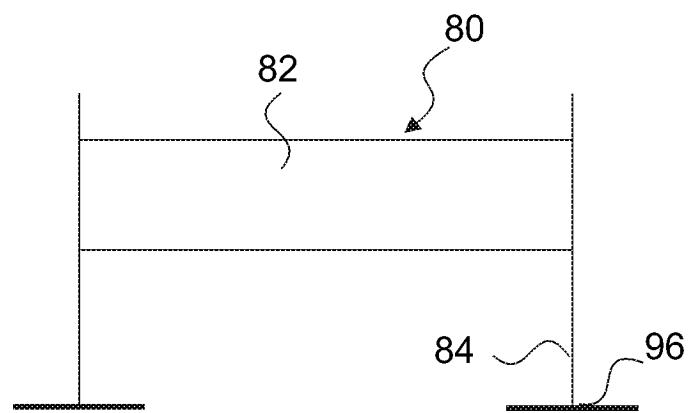


图 9

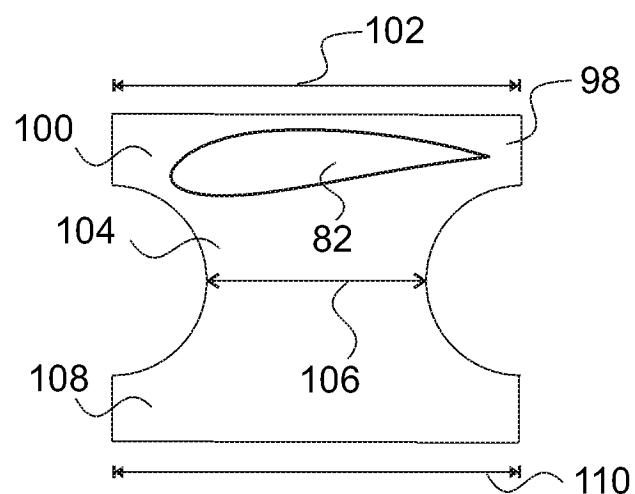


图 10A

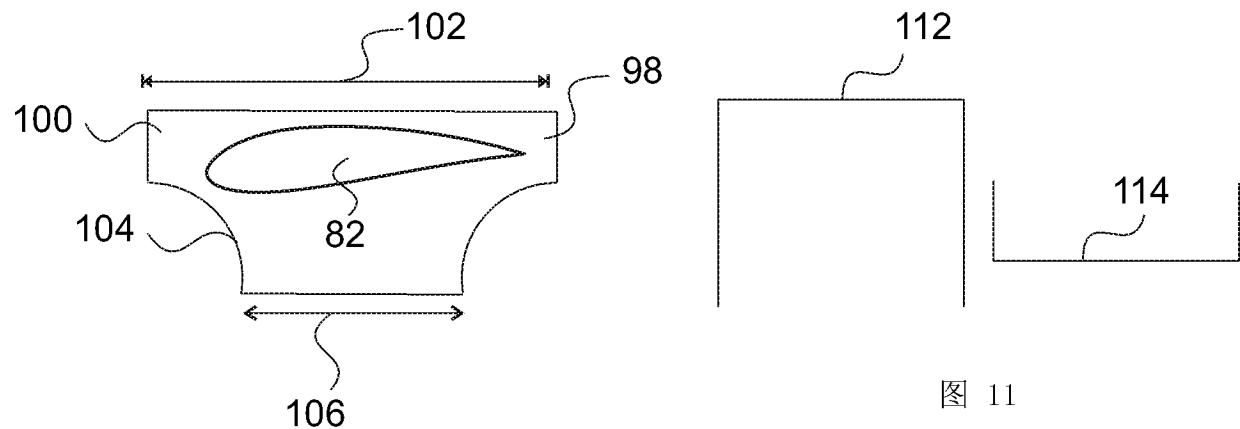


图 11

图 10B

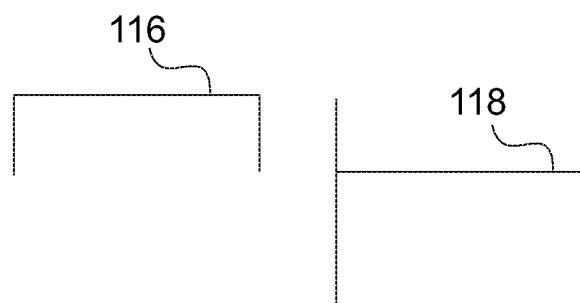


图 12

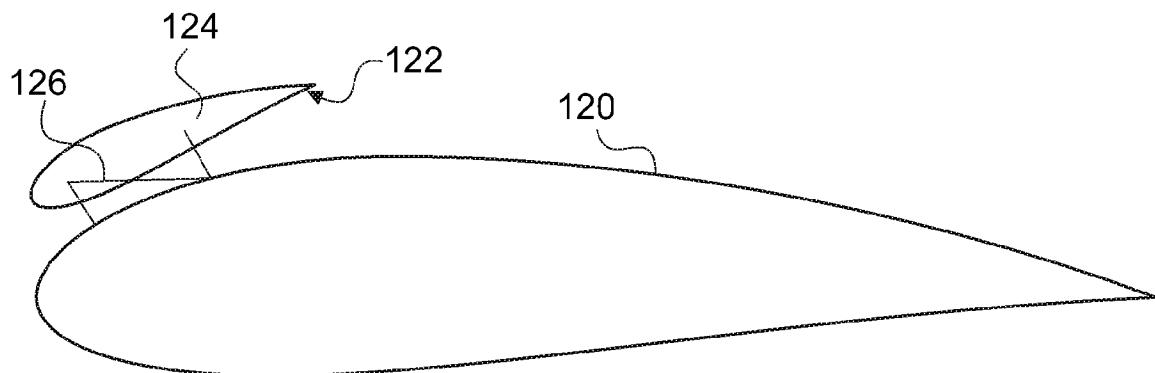


图 13

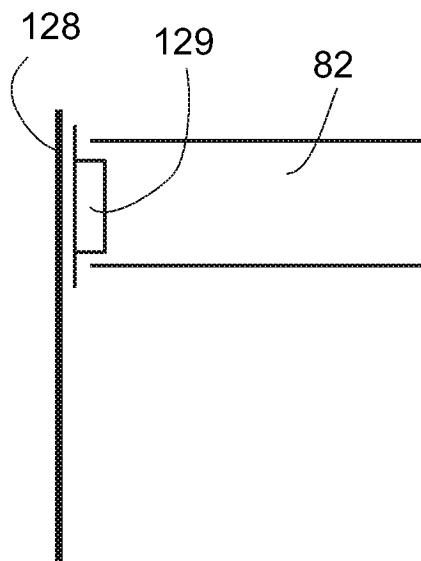


图 14

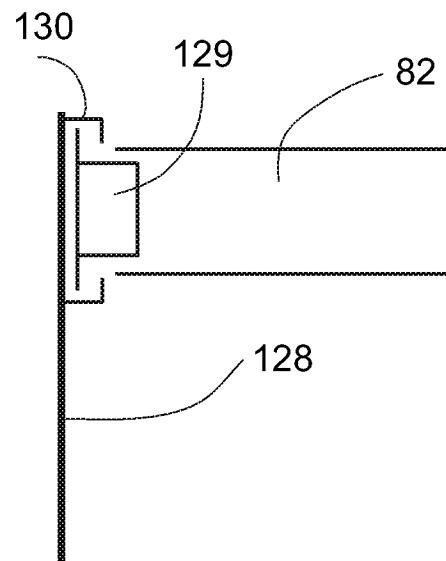


图 15

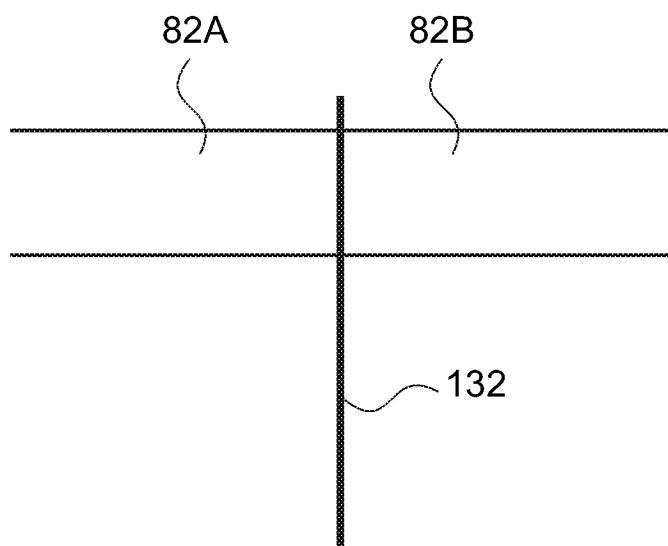


图 16

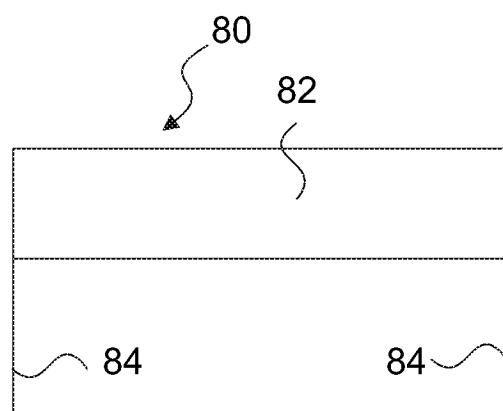


图 17

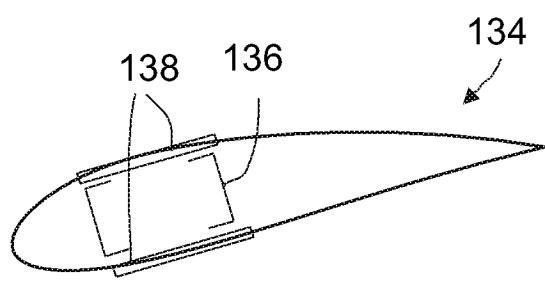


图 18

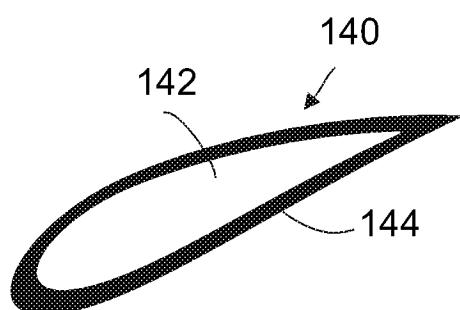


图 19

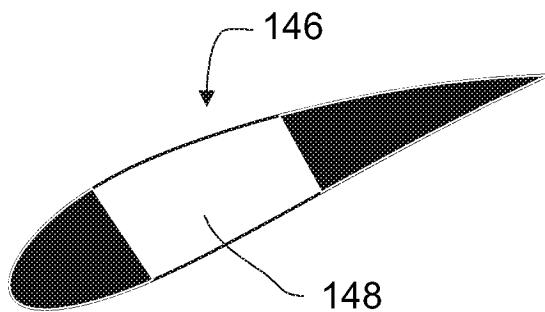


图 20

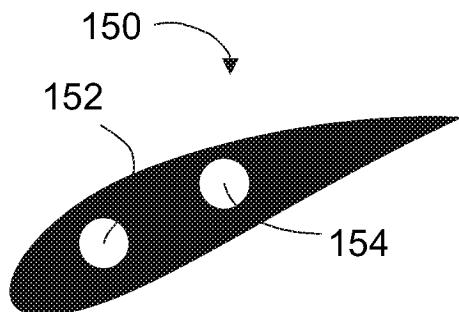


图 21

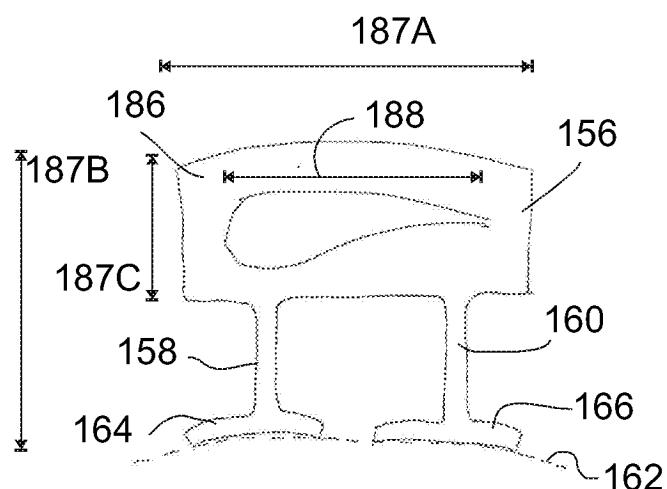


图 22

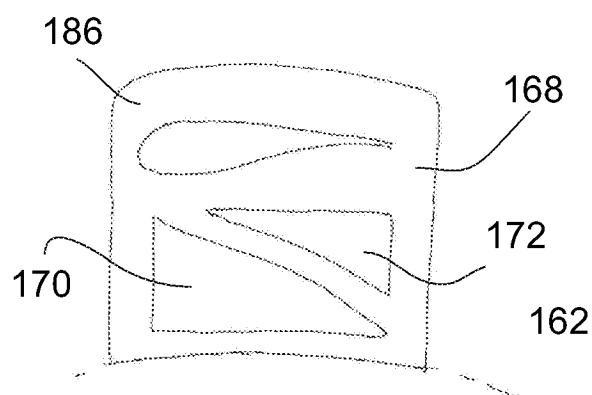


图 23

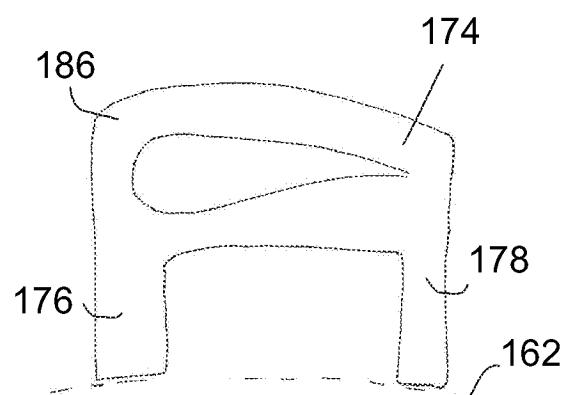


图 24

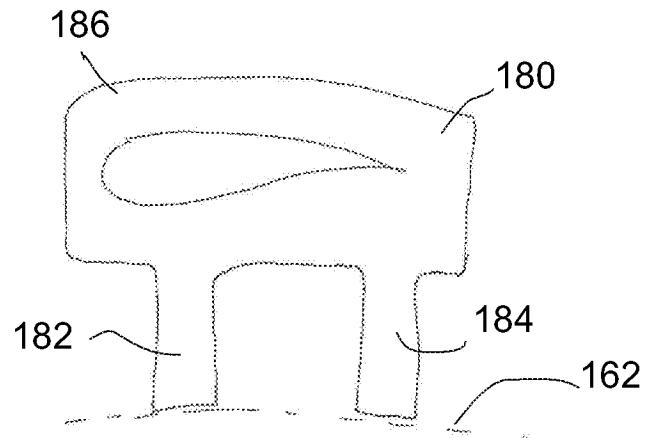


图 25

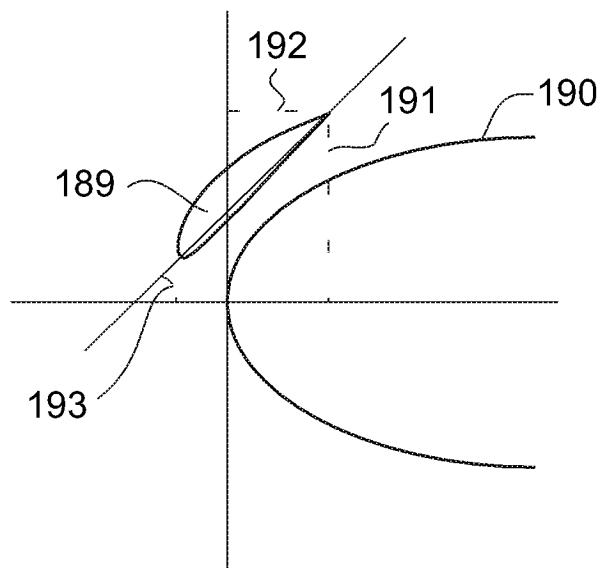


图 26

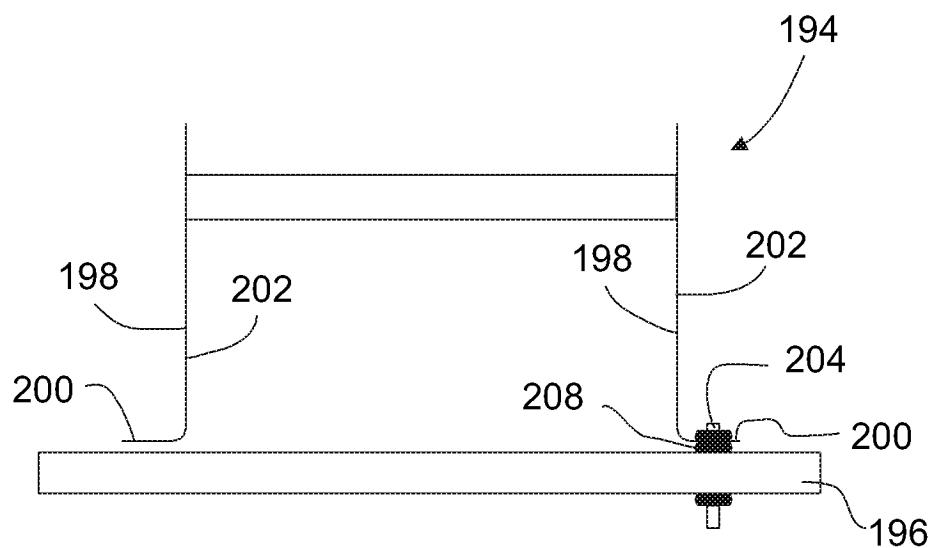


图 27

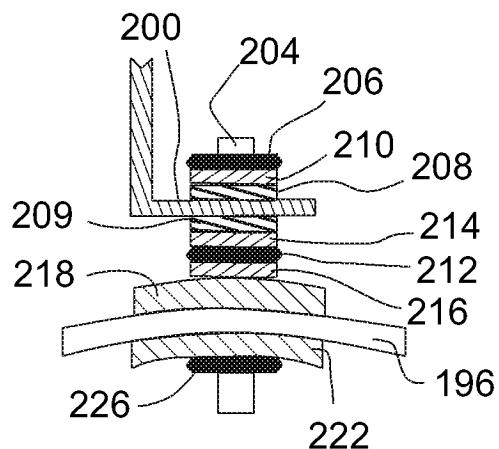


图 28

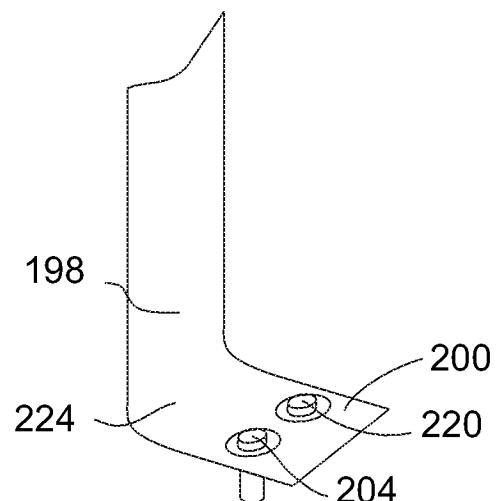


图 29

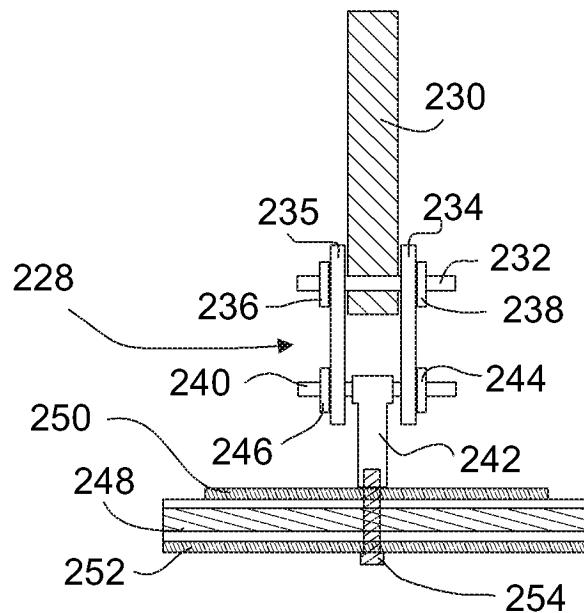


图 30

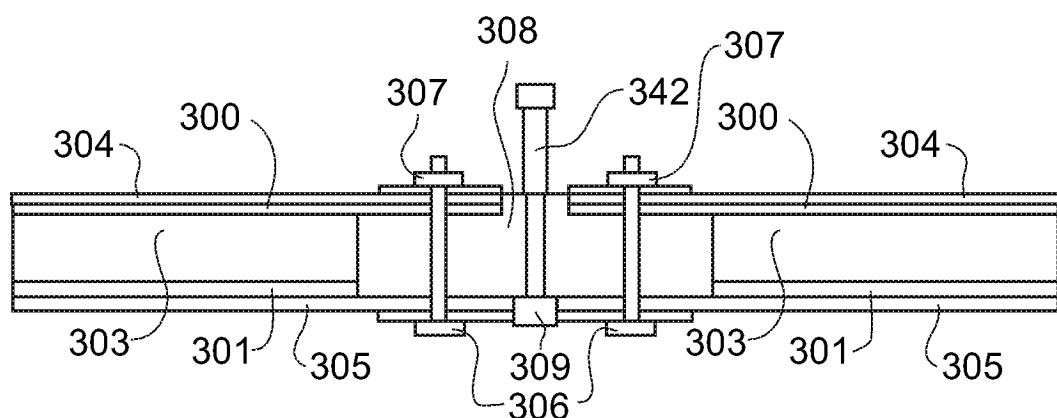


图 31