



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107110112 A

(43)申请公布日 2017.08.29

(21)申请号 201580061308.X

(22)申请日 2015.10.09

(30)优先权数据

1417924.6 2014.10.10 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.05.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/DK2015/050306 2015.10.09

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/055076 EN 2016.04.14

(71)申请人 维斯塔斯风力系统有限公司

地址 丹麦奥尔胡斯

(72)发明人 D·怀特豪斯 J·邦加尔

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 王小东

(51)Int.Cl.

F03D 1/06(2006.01)

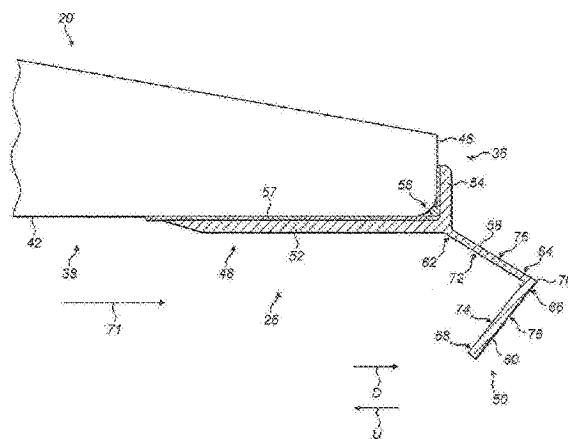
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

具有后缘襟翼的风轮机叶片

(57)摘要

一种风轮机叶片包括后缘襟翼,此后缘襟翼具有在所述叶片的压力侧上从后缘突出的襟翼部。所述襟翼部具有第一部分与第二部分,所述第一部分与所述第二部分均具有在使用中布置成面对来临的气流的上游表面。所述第一部分从所述后缘延伸并且在剖面中具有近端与远端。所述近端定位在所述后缘处或者邻近所述后缘定位,并且所述远端与所述后缘间隔开。所述第一部分取向成使得在所述第一部分的所述上游表面与平行于局部翼弦平面延伸并与所述第一部分的所述近端相交的平面之间限定钝角。所述第二部分取向成使得所述第一部分的所述上游表面与所述第二部分的所述上游表面一起限定剖面中的凹形轮廓。



1. 一种风轮机叶片,此叶片沿翼展方向在根端与梢端之间延伸并且沿翼弦方向在前缘与后缘之间延伸,所述叶片具有压力侧与吸力侧以及后缘襟翼,所述后缘襟翼包括:

襟翼部,所述襟翼部在所述叶片的所述压力侧上从所述后缘突出,所述襟翼部具有第一部分与第二部分,所述第一部分与第二部分均具有在使用中布置成面对来临的气流的上游表面;

所述第一部分从所述后缘延伸并且在剖面中具有近端与远端,所述近端定位在所述后缘处或者邻近所述后缘定位,并且所述远端与所述后缘间隔开;

其中,所述第一部分取向成使得在所述第一部分的所述上游表面与平行于局部翼弦平面延伸并与所述第一部分的所述近端相交的平面之间限定钝角;并且

所述第二部分取向成使得所述第一部分的所述上游表面与所述第二部分的所述上游表面一起限定剖面中的凹形轮廓。

2. 根据权利要求1所述的风轮机叶片,其中,所述钝角大约是140度。

3. 根据权利要求1或2所述的风轮机叶片,其中,所述第二部分从所述第一部分的所述远端延伸。

4. 根据权利要求3所述的风轮机叶片,其中,所述第二部分取向成使得在所述第二部分的所述上游表面与平行于所述局部翼弦平面延伸并与所述第一部分的所述远端相交的平面之间限定锐角。

5. 根据权利要求4所述的风轮机叶片,其中,所述锐角大约是40度。

6. 根据权利要求3至5中任一项所述的风轮机叶片,其中,在所述第一部分与所述第二部分之间的界面处限定顶点。

7. 根据权利要求6所述的风轮机叶片,其中,在所述顶点处所述第一部分的所述上游表面与所述第二部分的所述上游表面之间限定锐角。

8. 根据权利要求7所述的风轮机叶片,其中,在所述顶点处所述第一部分的所述上游表面与所述第二部分的所述上游表面之间的所述锐角大约是80度。

9. 根据权利要求3至8中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述第二部分沿向上游的方向从所述第一部分延伸。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述第一部分沿向下游的方向从所述后缘延伸。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,在使用中,所述第一部分的所述远端定位在所述第一部分的所述近端的下游。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述第二部分在剖面中具有近端与远端,所述第二部分的所述近端直接或者间接邻接所述第一部分的所述远端,并且在使用中所述第二部分的所述近端定位在所述第二部分的所述远端的下游。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述后缘襟翼进一步包括安装部,所述后缘襟翼经由此安装部附接至所述叶片,并且其中,所述襟翼部从所述安装部伸出。

14. 根据权利要求13所述的风轮机叶片,其中,所述安装部是大体L形。

15. 根据权利要求13或14所述的风轮机叶片,其中,所述风轮机叶片具有平背翼型,并且所述安装部基本封装所述平背翼型在所述叶片的所述压力侧上的拐角。

16. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述后缘襟翼利用胶带安装至所述叶片。

17. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述襟翼部包括以锯齿形形式布置的多个部分。

18. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述后缘襟翼由塑料材料模制。

19. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述后缘襟翼布置在所述叶片的位于所述叶片的所述根端与所述叶片的最大翼弦之间的过渡部分上。

20. 根据权利要求19所述的风轮机叶片,其中,所述后缘襟翼在形状上在所述叶片的所述最大翼弦附近过渡至具有基本平直的直立部的襟翼。

21. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述后缘襟翼包括沿所述叶片的所述后缘隔开的多个部分。

22. 根据权利要求21所述的风轮机叶片,其中,所述多个部分中的一个或者多个部分包括从所述后缘伸出的基本平直的直立部。

23. 根据权利要求22所述的风轮机叶片,其中,所述一个或者多个部分是塑料压制品。

24. 根据权利要求21至23中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述后缘襟翼包括邻近所述叶片的所述最大翼弦的模制的过渡部分,所述过渡部分在形状上过渡至在所述最大翼弦外侧具有基本平直的直立部的襟翼轮廓。

25. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述后缘襟翼还包括在使用中位于所述襟翼的尾流中的分离器。

26. 根据权利要求25所述的风轮机叶片,其中,所述分离器从所述襟翼部的所述第一部分与第二部分之间的顶点延伸。

27. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述后缘襟翼还包括布置在所述襟翼部下游的板,所述板与所述叶片的所述吸力侧形成基本顺畅的过渡。

28. 一种包括根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片的风轮机。

具有后缘襟翼的风轮机叶片

技术领域

[0001] 本发明总体涉及风轮机叶片,更具体地说涉及整合后缘襟翼的风轮机叶片。

背景技术

[0002] 持续期望提高风轮机叶片的性能以使来自风的能量捕获最大化。就这一点而言,公知沿叶片的后缘整合诸如襟翼之类的增升装置。1993年,Kentfield等人证明了能沿风轮机叶片的后缘顺利地施加所谓的“Gurney襟翼”,结果使升力增大而不显著增大阻力(“Gurney襟翼的流体力学,用于提高风轮机叶片性能的装置(The Flow Physics of Gurney Flaps,Devices for Improving Turbine Blade Performance)”) (航天工程文献-卷14,风能,美国机械工程师协会1993,第29页至第35页)。

[0003] 参照图1,这是风轮机叶片1的剖面图,此图示出了叶片1的局部翼型。叶片1包括安装在叶片1的后缘3处的简单的L形Gurney襟翼2。Gurney襟翼2包括结合至叶片1的压力侧5的安装凸缘4以及从压力侧5突出的襟翼部6。襟翼部6垂直于叶片的“局部翼弦”布置。局部翼弦C是在叶片1的前缘7与后缘3之间延伸的直线。局部翼弦限定“局部翼弦平面”,此局部翼弦平面是大体垂直于局部翼型并且包括局部翼弦C的平面,即,包括局部翼弦C并且垂直于附图1中的页面的平面。

[0004] 在风轮机叶片上整合Gurney襟翼以及其他后缘襟翼日益普遍。例如下面的专利申请中描述了后缘襟翼的其他实施例:DK9500009U3 (Bonus Energy)、WO 02/08600A1 (Stichting Energieonderzoek Centrum)、EP1845258A1以及EP2514961 (西门子)以及WO2011/042527 (LM Glasfiber)。

[0005] 以上提及的专利申请中描述了后缘襟翼的各种形状以及构造,并且正在持续研究以确定这些装置的最优形状与构造。

发明内容

[0006] 以此为背景,本发明提供一种风轮机叶片,此风轮机叶片沿翼展方向在根端与梢端之间延伸并且沿翼弦方向在前缘与后缘之间延伸,所述叶片具有压力侧与吸力侧以及后缘襟翼,所述后缘襟翼包括:襟翼部,所述襟翼部在所述叶片的所述压力侧上从所述后缘突出,所述襟翼部具有第一部分与第二部分,所述第一部分与所述第二部分均具有在使用中布置成面对来临的气流的上游表面;所述第一部分从所述后缘延伸并且在剖面中具有近端与远端,所述近端定位在所述后缘处或者邻近所述后缘定位,并且所述远端与所述后缘间隔开;其中,所述第一部分取向成使得在所述第一部分的所述上游表面与平行于局部翼弦平面延伸并与所述第一部分的所述近端相交的平面之间限定钝角;并且所述第二部分取向成使得所述第一部分的所述上游表面与所述第二部分的所述上游表面一起限定剖面中的凹形轮廓。

[0007] 后缘襟翼的此新颖且有创造力的构造增加了叶片的拱度,并且通过基本上阻止襟翼的下游的尾流中的气流的逆转而有益地减小了阻力(即,襟翼具有使尾流平稳的效应)。

与诸如图1中所示并且以上通过背景描述的L形Gurney襟翼之类的现有技术的襟翼相比,本发明的后缘襟翼还展现出了更大的刚性。

[0008] 在所述后缘襟翼的尤其有益的构造中,所述第一部分的所述上游表面与平行于所述局部翼弦平面的平面之间的钝角大约是140度。

[0009] 所述后缘襟翼的所述第二部分优选地从所述第一部分的所述远端延伸。另选地,所述第二部分可以从所述第一部分的与所述第一部分的所述远端间隔开的区域延伸。

[0010] 所述第二部分可以有益地取向成使得在所述第二部分的所述上游表面与平行于所述局部翼弦平面延伸并与所述第一部分的所述远端相交的平面之间限定锐角。在尤其有益的实施方式中,此锐角大约是40度。

[0011] 在优选实施方式中,在所述第一部分与第二部分之间的界面处限定顶点。优选地,在所述顶点处所述第一部分与第二部分的各自的所述上游表面之间限定锐角。在尤其有益的构造中,此锐角大约是80度。

[0012] 优选地,所述第一部分沿向下游的方向从所述后缘延伸。所述第二部分优选地沿大体向上游的方向从所述第一部分延伸。在使用中,所述第一部分的所述远端优选地定位在所述第一部分的所述近端的下游。在本文中描述的特别优选的实施方式中,所述第一部分与第二部分一起限定V形形状,并且V形的顶点指向大体向下游的方向。在某些实施方式中,所述襟翼部可以包括以锯齿形形式布置的多个部分。

[0013] 所述后缘襟翼的所述第二部分在剖面中优选地具有近端与远端。所述近端可以直接或者间接邻接所述第一部分的所述远端。优选地,在使用中所述第二部分的所述近端定位在所述第二部分的所述远端的下游。

[0014] 所述后缘襟翼可以进一步包括安装部,所述后缘襟翼经由此安装部附接至所述叶片。在此情况下,所述襟翼部可以从所述安装部伸出。所述安装部提供将所述后缘襟翼附接至所述叶片的便利手段。所述安装部可以有益地成形为遵循所述叶片的所述后缘处的形状。在优选实施方式中,所述安装部合宜地是大体L形。所述风轮机叶片可以具有平背翼型,并且所述安装部可以基本封装所述平背翼型在所述叶片的所述压力侧上的拐角。

[0015] 所述后缘襟翼可以借助任一适当手段(例如利用诸如螺母与螺栓之类的机械固定件)安装至所述叶片。但是,所述襟翼优选地利用诸如胶带之类的粘合剂安装至所述叶片。

[0016] 所述后缘襟翼可以由任一适当材料(例如金属或者塑料)制成。适当材料包括诸如铝之类的金属以及诸如聚氨酯之类的塑料。优选地,所述襟翼由塑料材料模制成。

[0017] 所述后缘襟翼可以沿所述叶片的任一部分布置,例如邻近所述梢端、邻近所述根端、沿中部翼展或者这些位置的任一组合,例如所述襟翼可以基本沿所述叶片的全长布置。在优选实施方式中,所述襟翼布置在所述叶片的位于所述叶片的所述根端与所述叶片的最大翼弦之间的过渡部分上。所述后缘襟翼可以有益地在形状上在所述叶片的所述最大翼弦附近过渡至具有不同形状的襟翼,例如具有基本平直的直立部的襟翼。

[0018] 所述后缘襟翼可以基本连续或者可以包括沿所述叶片的所述后缘隔开的多个部分。所述部分中的一者或者多者可以包括从所述后缘伸出的基本平直的直立部。所述部分中的一者或者多者优选地形成成为塑料压制品。在优选实施方式中,所述后缘襟翼包括邻近所述叶片的所述最大翼弦的模制的过渡部分,所述过渡部分在形状上过渡至在所述最大翼弦外侧具有基本平直的直立部的襟翼轮廓。优选地,所述后缘襟翼的位于所述最大翼弦外

侧的部分形成为塑料压制品。

[0019] 所述后缘襟翼还可以包括在使用中位于所述襟翼的尾流中的分离器。所述分离器有益地进一步限制所述尾流中的气流逆转其方向的能力,这使得阻力减小并且升力增加。所述分离器还有益地减轻噪声。优选地,所述分离器从所述襟翼部的所述第一部分与第二部分之间的顶点延伸。

[0020] 所述后缘襟翼还可以包括布置在所述襟翼部下游的板。优选地,所述板与所述叶片的所述吸力侧形成基本顺畅的过渡。所述板用以改善所述叶片的所述后缘的空气动力特性。

[0021] 本发明还提供一种包括如上所述的风轮机叶片的风轮机。

附图说明

[0022] 以上已经经由本发明的背景描述了图1。为了可以更容易理解本发明,现在将参照图2至图10详细描述本发明的非限制性实施例,在附图中:

[0023] 图2是根据本发明的一个实施方式的风轮机的示意性正视图;

[0024] 图3是图2的风轮机的风轮机叶片的立体图,并且示出了沿叶片的后缘安装的后缘襟翼;

[0025] 图4是图3的风轮机叶片的示意性剖面图;

[0026] 图5a是图4的一部分的放大图,更详细地示出了后缘襟翼;

[0027] 图5b是图5a的一部分的放大图;

[0028] 图6是后缘襟翼的示意性立体图;

[0029] 图7a与图7b示意性示出了与现有技术(图7a)相比本发明的后缘襟翼(图7b)如何限制襟翼的尾流中的气流逆转;

[0030] 图8根据本发明的另选实施方式的包括分离器的后缘襟翼的示意性剖面图;

[0031] 图9a与图9b示出了本发明的变更例,在这些变更例中襟翼后面的后缘阶梯被填补;以及

[0032] 图10是根据本发明的另一实施方式的后缘襟翼的示意性剖面图。

具体实施方式

[0033] 参照图2,此图示出了根据本发明的风轮机10。风轮机10包括塔架12,此塔架支撑位于塔架12的上端处的机舱14。转子16安装至机舱14。转子16包括轮毂18,并且三个风轮机叶片20安装至轮毂18。三个叶片20绕轮毂18的外周等距隔开并且沿纵向方向从安装至轮毂18的根端22朝梢端24延伸。各个叶片20均包括后缘襟翼26,稍后将进一步详细地描述此其后缘襟翼。

[0034] 参照图3,此图更详细地示出了风轮机叶片20中一者的一部分。这里可以看到叶片20的根端22大体是圆形的。沿翼展方向S从叶片20的根端22朝梢端24(图3中未示出叶片20的梢端24)移动,可以看到叶片20的宽度(即,翼弦)快速增大至最大宽度(即,最大翼弦,如由图3中的线C_{最大}标示的)。然后,叶片20的宽度趋向叶片20的梢端(未示出)稳定地减小。

[0035] 本文中,叶片20的位于叶片20的根端22与最大翼弦C_{最大}之间的部分被称作叶片20的“过渡部分”30。如对于本领域技术人员显而易见的,叶片20的过渡部分30具有从叶片20

的根端22处的圆形轮廓过渡到最大翼弦 $C_{最大}$ 处的优化的空气动力学翼型的剖面轮廓。本文中,叶片20的位于最大翼弦 $C_{最大}$ 与叶片20的梢端之间的区域被称作叶片20的“外部分”32。叶片20的此部分32具有几何结构沿其长度变化的翼型。

[0036] 叶片20沿翼弦方向C在前缘34与后缘36之间延伸。以上提及的后缘襟翼26安装在后缘36处。后缘襟翼26沿后缘36从接近叶片20的根端22的点纵向延伸至大约50%翼展处的点,包括沿叶片20的在最大翼弦 $C_{最大}$ 的内侧的过渡部分30。在本发明的其他实施方式中,后缘襟翼26可以具有不同的纵向跨度,例如,襟翼26可以基本沿叶片20的整个翼展长度延伸,即,从叶片20的根端22延展至叶片20的梢端24。在此实施例中,后缘襟翼包括标记为26、26a以及26b的多个部分;稍后将详细描述这些各个部分的进一步的细节。

[0037] 现在参照图4(在最大翼弦 $C_{最大}$ 处通过叶片20的剖面图),叶片20包括压力侧38与吸力侧40,压力侧38与吸力侧40主要由玻璃纤维加强塑料(GFRP)制成。压力侧38包括叶片20的压力表面42,并且吸力侧40包括叶片20的吸力表面44。压力表面42与吸力表面44在叶片20的具有凸曲形状的前缘34处相遇。叶片20在此实施例中是所谓的“平背”叶片,此叶片具有钝的后缘36。这里,压力表面42与吸力表面44借助叶片20的基本平坦的后缘表面46联结。此部分中的后缘表面46基本垂直于叶片20的翼弦线C,此翼弦线是联结叶片20的前缘34与后缘36的线。如现在将参照图5a和图5b进一步详细描述的,后缘襟翼26安装至后缘36。

[0038] 参照图5a,此图示出了后缘襟翼26的第一实施方式。在剖面图中,后缘襟翼26包括大体L形的安装部48以及从安装部48伸出的大体V形的襟翼部50。安装部48包括第一安装凸缘52与第二安装凸缘54。第一安装凸缘52安装至叶片20的邻近后缘36的压力表面42。第二安装凸缘54垂直于第一安装凸缘52布置,并且安装至形成翼型的平背的后缘表面46。后缘表面46与邻近后缘36的压力表面42基本相互垂直并且形成拐角56,此拐角由后缘襟翼26的L形安装部48封装。安装部48借助粘合剂57粘合至叶片。

[0039] 后缘襟翼26的大体V形的襟翼部50包括第一部分58与第二部分60。在剖面中,第一部分58包括近端62与远端64。近端62邻近叶片的后缘36定位,并且在此实施例中,近端62大体与L形安装部48的拐角整合。第一部分58在叶片20的压力侧38上从叶片20的后缘36延伸。第一部分58沿大体向下游的方向D从近端62朝远端64延伸。因此,第一部分58的远端64与后缘36间隔开并在使用中定位在近端62的下游。

[0040] 襟翼部50的第二部分60在剖面中也包括近端66与远端68。近端66邻接第一部分58的远端64,并且第二部分60沿大体向上游的方向U从第一部分58的远端64延伸。因此,在第一部分58与第二部分60之间的界面处限定顶点70。在此取向上,第二部分60的近端66在使用中定位在远端64的下游。

[0041] 来临的气流71是沿左右方向的,即,此气流邻近叶片20的前缘34进入。襟翼部50的第一部分58与第二部分60均具有:上游表面72、74,在使用中上游表面布置成面对来临的气流71;以及下游表面76、78,在使用中下游表面背对来临的气流71。第一部分58与第二部分60取向成各部分58、60的上游表面72、74一起限定剖面中的凹形轮廓。第一部分58与第二部分60的上游表面72、74大体面朝叶片20的前缘34。因此,凹形轮廓朝叶片20的前缘34开放。

[0042] 参照图5b,襟翼部50的第一部分58取向成使得在第一部分58的上游表面72与第一平面79之间限定钝角 α ,所述第一平面平行于局部翼弦平面延伸(即,垂直于图5b中的页面并且包括局部翼弦C的平面)并且与第一部分58的近端62相交。第二部分60取向成使得在第

二部分60的上游表面74与第二平面81之间限定锐角 β ,所述第二平面平行于局部翼弦平面延伸并且与第一部分58的远端64相交。因此,在第一部分58与第二部分60的各自的上游表面72、74之间限定锐角 θ ,并且在各个下游表面76、78之间限定优角 θ' 。在此实施例中, α 接近140度并且 β 接近40度。因此, θ 接近80度,并且 θ' 接近280度。换言之,V形襟翼部50的第一部分58与第二部分60布置成使得V形的顶点70指向向下游的方向D。如由图5b中的箭头h标示的,襟翼部50的高度大约相当于后缘36处的压力表面42与第二部分60的远端68之间的距离(基本垂直于局部翼弦C测量)。

[0043] 参照图6的立体图,此图清楚地示出了襟翼部50的第一部分与第二部分各自的上游表面72、74。在此实施例中,上游表面72、74基本是平坦的。由图6也明确的是,第一部分58与第二部分60的近端62、66与远端64、68分别由第一部分58与第二部分60的近缘62a、66a以及远缘64a、68a限定。

[0044] 上述后缘襟翼26由聚氨酯(低模量材料)模制成,并因此避免粘合应力集中并且抵制由施加的叶片应变引起的屈曲。其他合适的塑料材料包括丙烯腈苯乙烯丙烯酸酯(ASA)以及Luran®S 797S。

[0045] 再参照图3,叶片20包括沿叶片20的后缘36隔开的多个后缘襟翼部分26、26a、26b。上述模制的后缘襟翼26沿叶片20的过渡部分30从叶片20的根端22附近延伸至沿叶片20的正好在最大翼弦 $C_{最大}$ 内侧的翼展位置。后缘襟翼的模制的过渡部分26a安装在最大翼弦 $C_{最大}$ 处。过渡部分26a的轮廓沿其长度变更,使得过渡部分26a的邻接模制的襟翼部分26的第一端82的轮廓对应于图5与图6中所示的轮廓,而过渡部分26a的第二端84具有这样的襟翼轮廓,此襟翼轮廓包括基本垂直于局部翼弦平面布置的大体平直的直立部(类似于图1中所示的襟翼)。过渡部分26a的轮廓沿其长度从一个轮廓顺畅过渡至另一轮廓。

[0046] 第三后缘襟翼部分26b在过渡部分26a的外侧的翼展位置处安装至叶片20的后缘36。此部分26b的襟翼轮廓对应于过渡部分26a的第二端84的轮廓,即,此襟翼轮廓具有大体平直的直立部。此部分26b是塑料压制品。压制部分26b沿叶片20的后缘36延伸,直到邻近叶片20的梢端的点。要理解的是,后缘襟翼的压制部分26b相比模制部分26、26a具有明显较长的翼展跨度,并且作为压制部件生产起来比模制部分26、26a廉价。各个部分26、26a、26b借助诸如紧固件、支架、粘合剂之类的适当手段连接在一起。

[0047] 后缘襟翼26、26a、26b利用双面胶带附接至叶片10。也可以使用诸如尼龙螺钉之类的一个或者多个固定件。有益的是未采用金属固定件,由于这些金属固定件可能招引雷击,或者可能与叶片中采用的雷电防护系统产生有害作用。

[0048] 以上已经作为模制零件描述了后缘襟翼26。但是,在另一实施例中,后缘襟翼26也可以由塑料压制品形成,此塑料压制品具有允许后缘襟翼26遵循安装此后缘襟翼26的转子叶片的外形的适当的柔韧性。此外,压制零件的第一安装凸缘52可以具有槽,这些槽切入第一安装凸缘52中以允许第一安装凸缘52遵循叶片的压力表面的外形。

[0049] 现在参照图7a与图7b,这些图分别示出了现有技术的Gurney襟翼84(图7a)的尾流中的气流以及本发明的后缘襟翼26(图7b)的尾流中的气流。首先参照图7a,现有技术的Gurney襟翼84具有平直直立部86并且导致在此Gurney襟翼84的尾流中的气流方向逆转。此气流的逆转具有不稳定效应并且增大了作用在风轮机叶片20上的阻力。与之相比,图7b中所示的后缘襟翼26的襟翼部50的新颖形状减小了气流逆转其方向的能力。这是因为V形的

顶点70延伸到叶片20后面的尾流中。因此,本发明的襟翼26易于使尾流平稳,因而与在叶片20的内侧部分中具有平直直立部的襟翼相比减小阻力并且增强叶片20的内侧部分中的升力。

[0050] 现在参照图8,此图示出了根据本发明的后缘襟翼88的第二实施方式。除后缘襟翼88另外包括分离器90之外,此后缘襟翼88基本与前述后缘襟翼26相同。分离器90沿向下游的方向D从襟翼部50的第一部分58与第二部分60之间的界面70延伸,即,此分离器从V形的顶点70延伸。包括分离器90的襟翼部50因此是大体Y形。分离器90布置在大体平行于局部翼弦平面C的平面中。分离器90定位在襟翼部50的尾流中并且作用成尾流中的物理屏障,这进一步限制尾流中的气流逆转其方向的能力。因此,分离器90进一步减小阻力并进一步增强升力。分离器90还有益地减轻噪声。

[0051] 现在参照图9a与图9b,这些图示出了本发明的变更例,在这些变更例中后缘襟翼26的下游侧被填补。这通过在襟翼部50的后面安置诸如合适模制的板之类的实体92而实现。板92可以由诸如聚氨酯之类的合适的塑料材料形成。板92有益地提供叶片20的吸力表面44与后缘襟翼26之间的顺畅延续,并因此产生更加流线型的后缘襟翼26。板92可以是后缘襟翼26的整合部分或者是安置至襟翼26的单独部件。

[0052] 现在参照图10,此图示出了根据本发明的后缘襟翼94的第三实施方式。在此实施方式中,除了以上关于第一实施方式描述的第一部分58与第二部分60之外,后缘襟翼94的襟翼部95还包括第三部分96与第四部分98。襟翼部95的各个部分58、60、96、98以锯齿形的形式布置。具体地说,第三部分96沿向下游的方向D从第二部分60延伸,并且第四部分98沿向上游的方向U从第三部分96延伸。

[0053] 与第一实施方式一样,第三部分96与第四部分98均具有上游表面100、102以及下游表面104、106。第二部分60与第三部分96之间限定第二顶点108,并且第三部分96与第四部分98之间限定第三顶点110。第二部分60与第三部分96各自的上游表面74、100之间限定优角 θ'' ,并且第三部分96与第四部分98各自的压力表面100、102之间限定锐角 θ''' 。在此实施例中,优角 θ'' 大约280度并且锐角 θ''' 大约80度。

[0054] 与图6中所示的襟翼部50的高度h相比,此实施方式的襟翼部95具有更大的高度,并因此襟翼部95进一步增大了叶片的拱度。根据关于图7b中描述的相同的原理,有益地使尾流中的气流平稳。设想这样的其他实施方式,在这些实施方式中,通过使另外的部分以锯齿形布置而增大襟翼部分的高度以进一步增大叶片20的拱度。

[0055] 在不脱离本发明的如所附权利要求中限定的范围的情况下可以做出关于上述实施例的许多变型。例如,在其他实施方式中,襟翼部的部分可以以其他合适的角度布置。尽管上述襟翼附接至叶片的后缘,但是在其他实施方式中襟翼可以与叶片一体化形成。尽管在以上实施例中襟翼部的第二部分直接从第一部分延伸,但是在其他实施例中第二部分可以间接从第一部分延伸。例如,可以在第一部分与第二部分之间设置一个或者多个中间部分。尽管在以上实施例中具有本文中描述的新颖并且有创造性的轮廓的后缘襟翼仅应用至叶片的过渡部分,但是设想这样的其他实施方式,在这些实施方式中沿叶片的其他部分应用新颖并且有创造性的轮廓。例如具有新颖并且有创造性的轮廓的襟翼可以基本沿叶片的全长延伸。

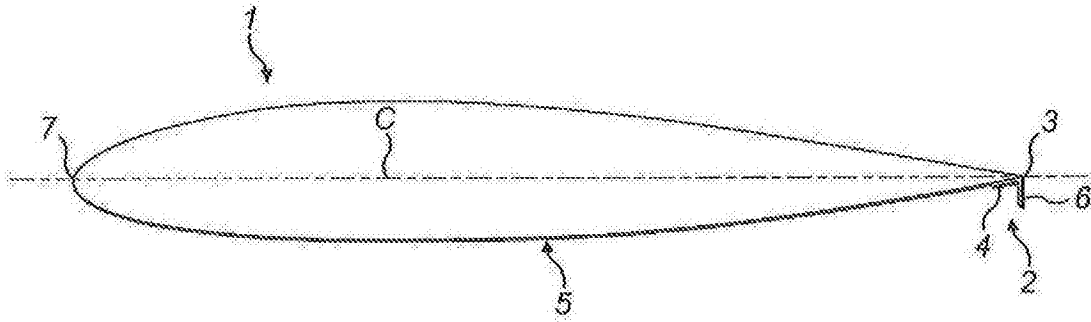


图1

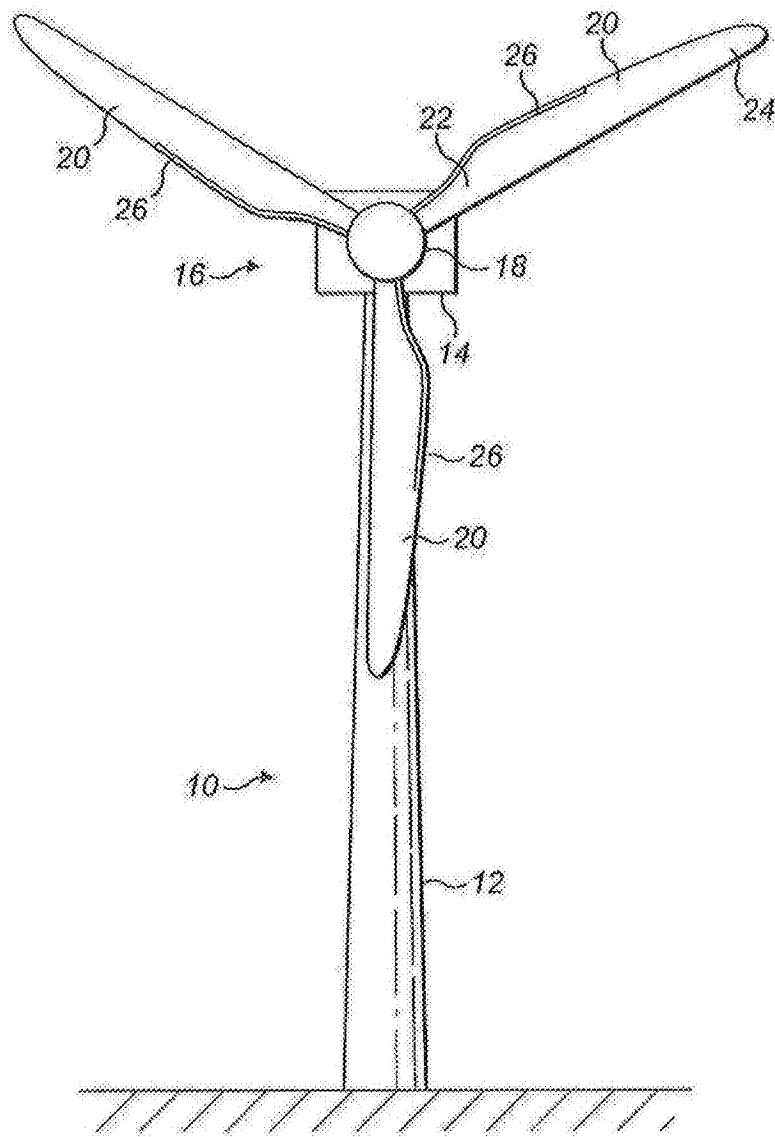


图2

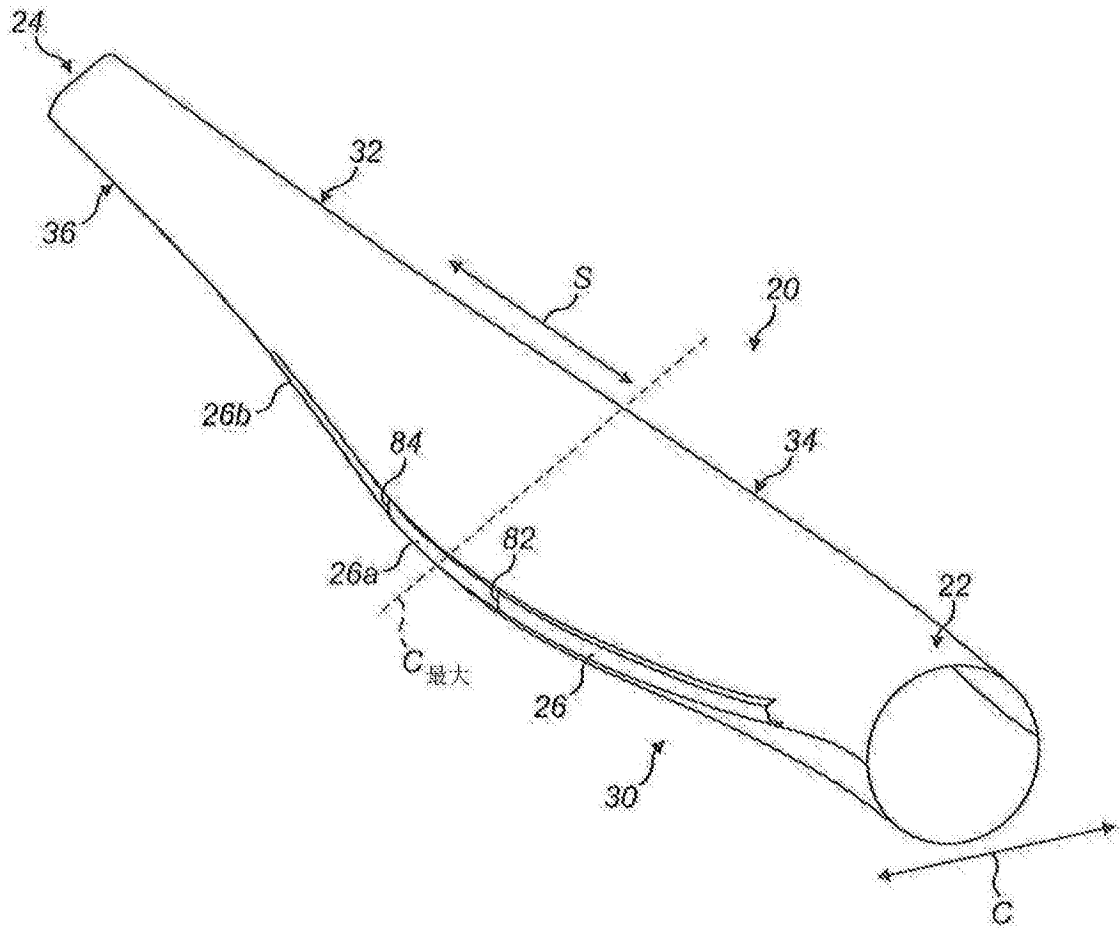


图3

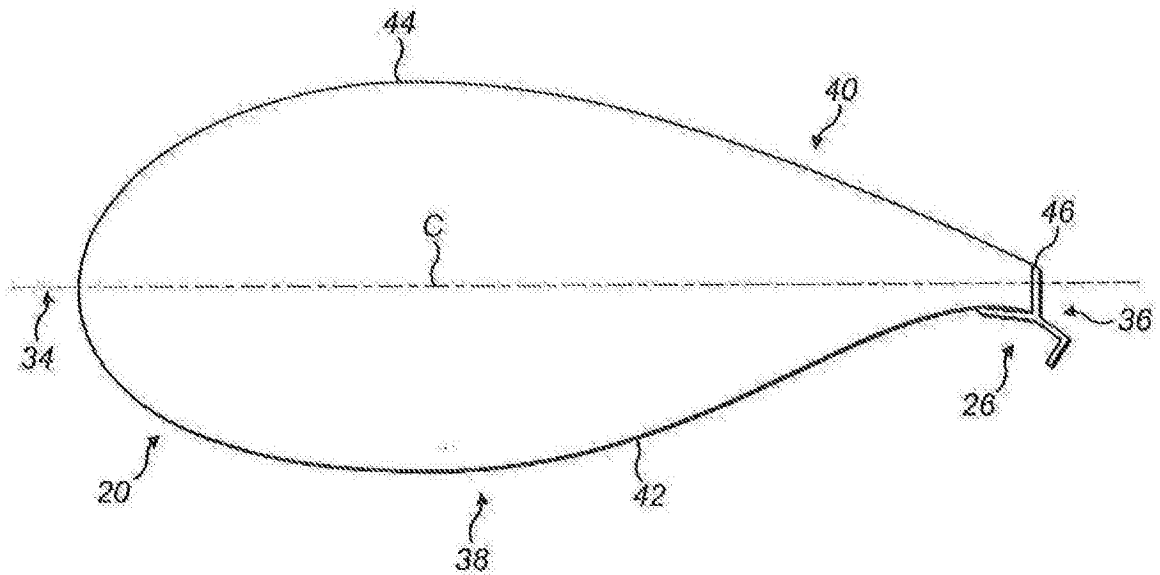


图4

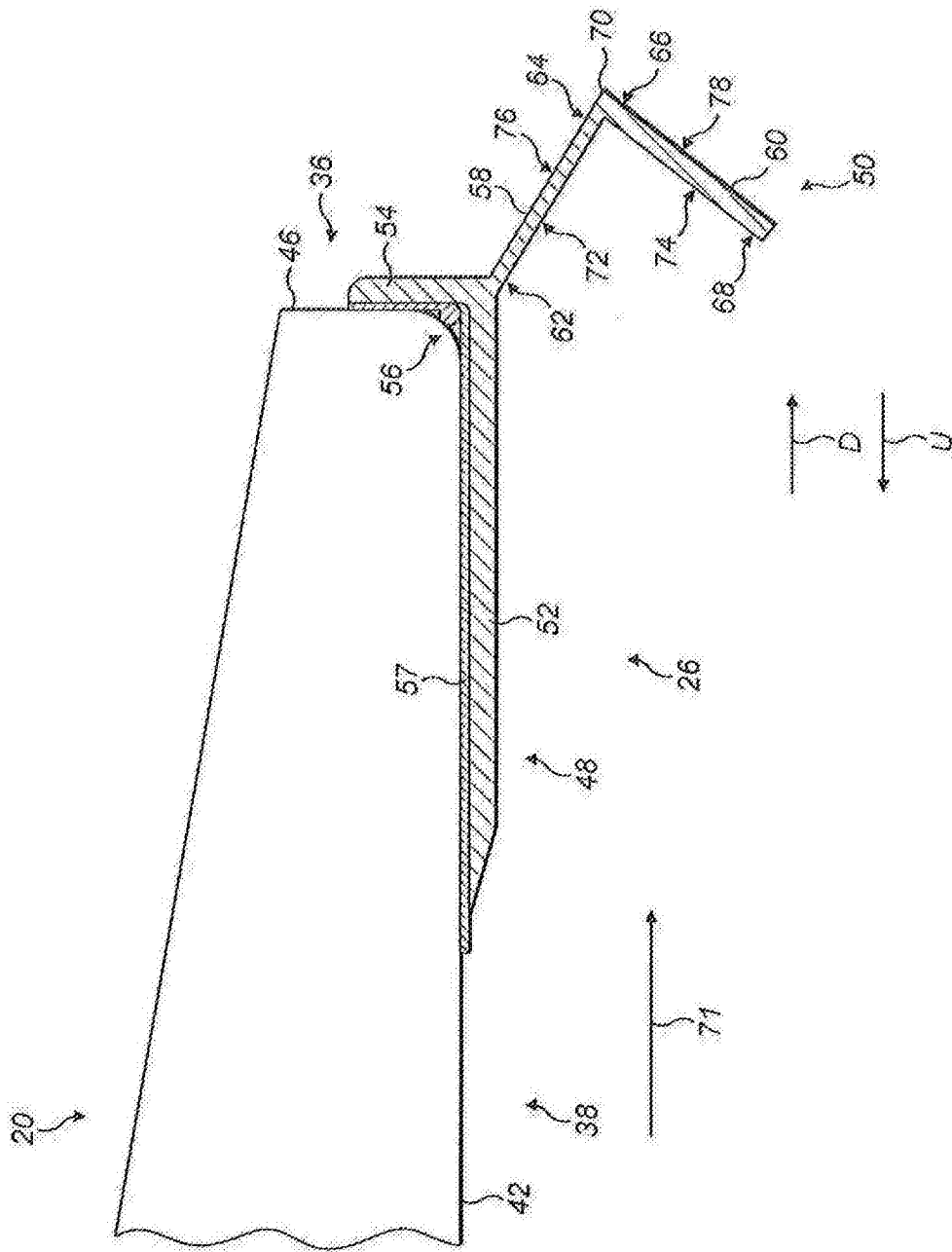


图5a

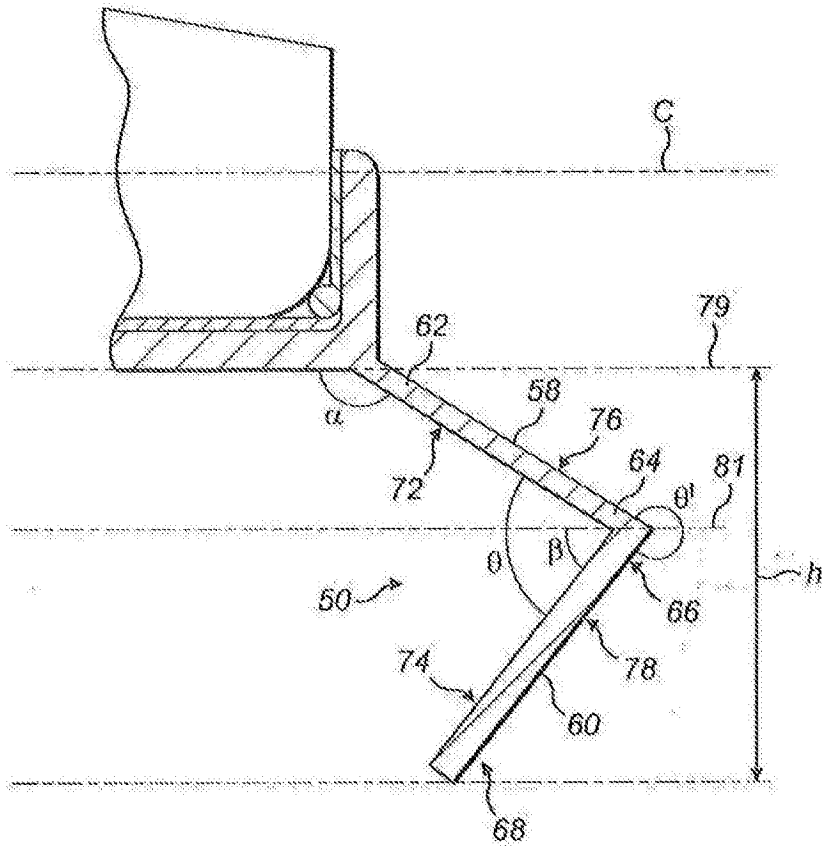


图5b

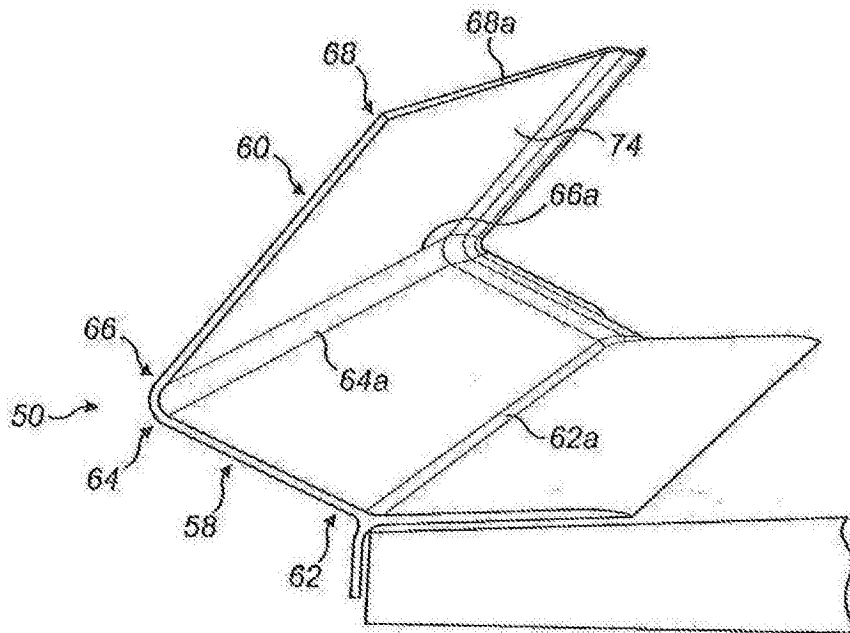


图6

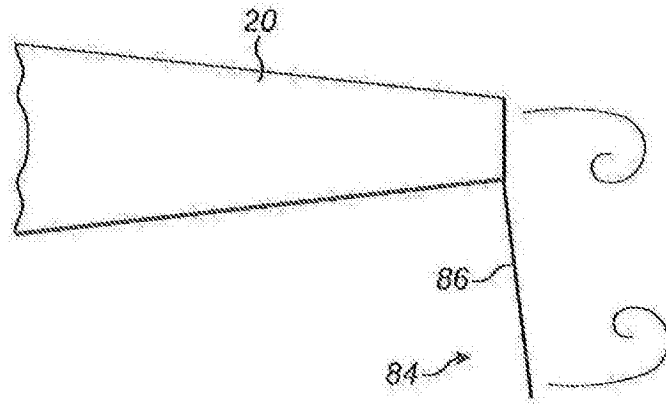


图7a

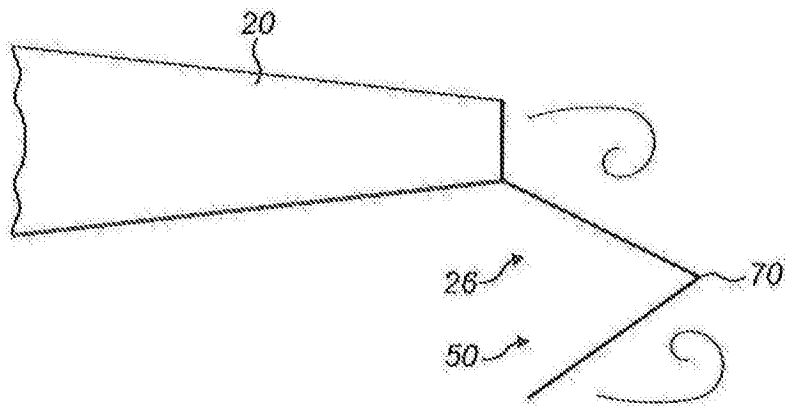


图7b

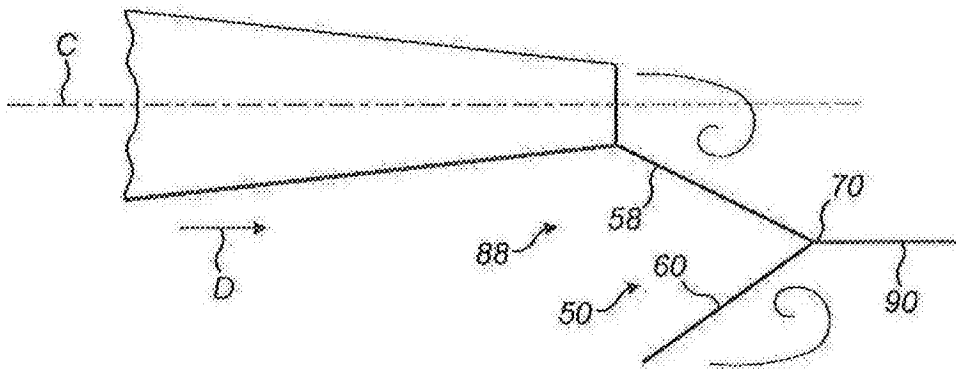


图8

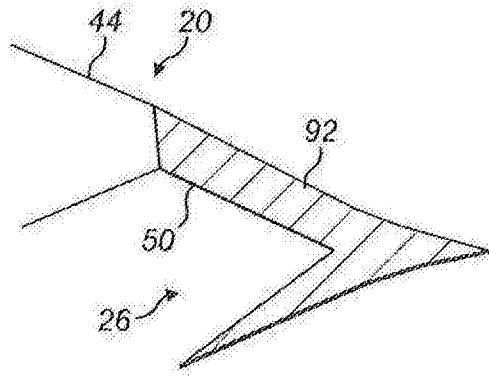


图9a

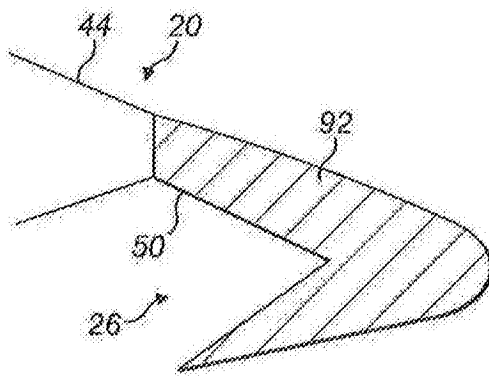


图9b

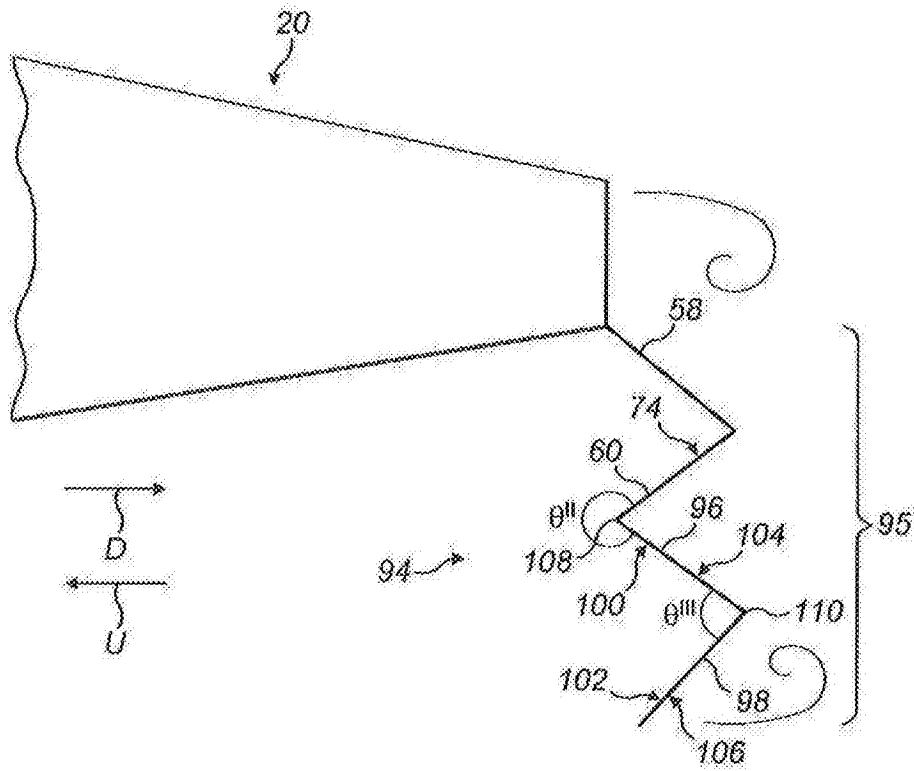


图10