(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118613647 A
(43)申请公布日 2024.09.06

(21)申请号 202280089837.0
(22)申请日 2022.12.21
(30)优先权数据
PA202170677 2021.12.29 DK
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.07.23
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/DK2022/050299 2022.12.21
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/126042 EN 2023.07.06
(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 F·H·哈恩
(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 张志华 赵鹏
(51)Int.Cl.
F03D 1/06(2006.01)

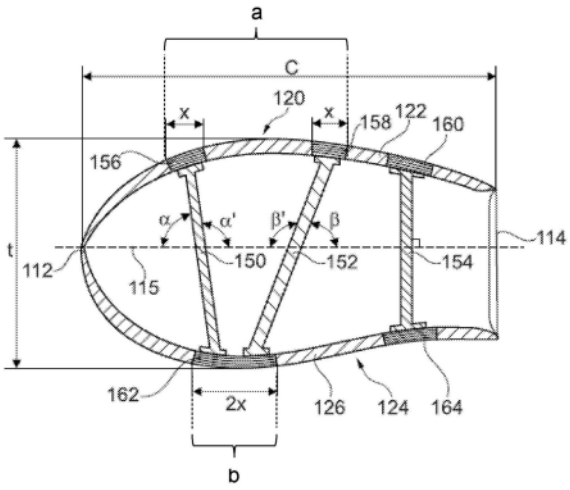
权利要求书3页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

风轮机叶片和用于制造风轮机叶片的方法

(57)摘要

提供增强的抗剪切变形性的风轮机叶片(108)包括根端(118)和尖端(116)、前缘(112)和后缘(114)以及吸力侧壳体(122)和压力侧壳体(124),在吸力侧壳体和压力侧壳体之间设置有第一和第二抗剪腹板(150,152,166,168,170,172)。第一和第二抗剪腹板(150,152,166,168,170,172)在叶片的弦向横截面中布置成V形构造,由此第一和第二抗剪腹板(150,152,166,168,170,172)中的至少一个与弦线(115)不正交,并且第一和第二抗剪腹板不平行。一种制造风轮机叶片的方法包括以下步骤:在闭合模具之前,提供用于叶片的相应的上模具半部和下模具半部(200,202),通过使第一和第二抗剪腹板(150,152,166,168,170,172)朝向彼此偏置的弹性结构(190)互连抗剪腹板。



CN 118613647 A

1.一种风轮机叶片(108),该风轮机叶片包括:

-根端(118)和尖端(116);

-前缘(112)和后缘(114),其中,所述前缘和所述后缘在所述叶片的纵向方向上从所述叶片的根端朝向所述尖端延伸;

-吸力侧壳体(122)和压力侧壳体(126);

-由所述吸力侧壳体(122)和所述压力侧壳体(126)限定的至少一个翼型,

所述翼型具有在所述叶片的弦向方向上将所述前缘(112)和所述后缘(114)互连的弦线(115);

-至少第一抗剪腹板(150)和第二抗剪腹板(152),每个抗剪腹板都将所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体互连;

其中,在所述叶片的弦向横截面中:

-所述第一抗剪腹板(150)和所述第二抗剪腹板(152)在所述叶片的弦向方向上布置成相互间隔开;

-所述第一抗剪腹板(150)和所述第二抗剪腹板(152)中的至少一个在所述弦向横截面中与所述弦线(115)不正交;

-所述第一抗剪腹板(150)和所述第二抗剪腹板(152)不平行。

2.根据权利要求1所述的风轮机叶片,其中,在所述叶片的弦向横截面中观察时,所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板布置成V形构造。

3.根据权利要求1或2所述的风轮机叶片,该风轮机叶片进一步包括在所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体处的翼梁结构;其中:

-所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板在所述翼梁结构处在相应的附接点处附接到所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体;并且

-所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板的在所述吸力侧壳体处的附接点之间的第一弦向距离不同于所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板在所述压力侧壳体处的附接点之间的第二弦向距离。

4.根据权利要求3所述的风轮机叶片,其中:

-所述翼梁结构在所述吸力侧壳体处的弦向长度大于所述翼梁结构在所述压力侧壳体处的弦向长度;或者

-所述翼梁结构在所述压力侧壳体处的弦向长度大于所述翼梁结构在所述吸力侧壳体处的弦向长度。

5.根据权利要求3或4所述的风轮机叶片,其中:

-所述翼梁结构包括在所述吸力侧壳体处的两个分开的第一翼梁帽和在所述压力侧壳体处的两个分开的第二翼梁帽;并且

-所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板在所述吸力侧壳体处附接到所述第一翼梁帽中的相应翼梁帽,并且在所述压力侧壳体处附接到所述第二翼梁帽中的相应翼梁帽。

6.根据权利要求3或4所述的风轮机叶片,其中:

-所述翼梁结构包括在所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体中的一个处的两个分开的第一翼梁帽和在所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体中的另一个处的单个第二翼梁帽;并且

-所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板在一个壳体处附接到所述第一翼梁帽中的相

应一个,并且在另一个壳体处附接到所述单个第二翼梁帽。

7.根据权利要求3至5中任一项所述的风轮机,其中,所述翼梁结构包括:

-在所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体中的一个处的两个分开的第一帽;

-在所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体中的另一个处的两个分开的第二帽;

其中,所述两个分开的第一翼梁帽和所述两个分开的第二翼梁帽中的至少一个的弦向长度大致等于所述两个分开的第一翼梁帽和所述两个分开的第二翼梁帽中的至少另一个的弦向长度的一半。

8.根据权利要求6或7所述的风轮机叶片,其中,所述两个分开的第一翼梁帽的组合弦向长度基本上等于所述单个第二翼梁帽的弦向长度。

9.根据权利要求6至8中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述单个翼梁帽位于所述压力侧壳体处。

10.根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板在所述吸力侧壳体附近相互间隔开第一相互距离并且在所述压力侧壳体附近相互间隔开第二相互距离,其中,所述第一相互距离大于所述第二相互距离。

11.根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,该风轮机叶片进一步包括第三抗剪腹板,

-当在所述叶片的弦向横截面中观察时,所述第三抗剪腹板布置在比所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板更靠近所述后缘的弦向位置处;并且

-所述第三抗剪腹板正交于所述弦线延伸。

12.根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板在如下的纵向位置处布置成V形构造,当从所述根部朝向所述尖部测量时,该纵向位置在所述叶片的长度的5%和50%之间。

13.根据权利要求12所述的风轮机叶片,其中,所述抗剪腹板中的任一个在如下的纵向位置处正交于所述弦线,当从所述根部朝向所述尖部测量时,该纵向位置大于所述叶片的长度的50%。

14.根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板在所述叶片内在如下的纵向位置处布置成V形构造,在该纵向位置处,所述翼型的厚弦比为至少30%。

15.根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,在所述叶片的所述弦向横截面中,所述后缘被截平。

16.根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片,其中,所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板中的与所述弦线不正交的所述至少一个相对于所述弦线限定50°至80°之间的角度。

17.一种用于制造根据前述权利要求中任一项所述的风轮机叶片的方法,该方法包括:

-在相应的模具半部中提供所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体;

-将所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板结合到所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体中的一个,由此所述抗剪腹板的与结合到所述壳体中的所述一个的端部相反的相应端部保持未附接到所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体中的另一个;

-将粘合剂施加到所述抗剪腹板的相反的所述端部和/或将粘合剂施加到在所述壳体

中的所述另一个的内表面处的用于所述抗剪腹板的附接区域;并且随后:

-闭合模具以使所述壳体中的所述另一个的内表面与所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板的相反的所述端部接合。

18.根据权利要求17所述的方法,该方法包括,在闭合所述模具的步骤之前进一步包括:

-通过使所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板朝向彼此偏置的弹性结构互连所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板;并且

-可选地,通过刚性间隔件互连所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板,

其中,所述弹性结构和可选的所述刚性间隔件在闭合所述模具的步骤期间保持附接到所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板。

风轮机叶片和用于制造风轮机叶片的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风轮机叶片,特别是用于水平轴风轮机的叶片,以及制造该叶片的方法。该叶片包括在叶片内部在吸力侧壳体和压力侧壳体之间延伸的抗剪腹板。本发明的目的在于减轻由摆振载荷(包括重力引起的载荷)和主要由空气动力引起的挥舞载荷的组合所带来的剪切变形。

背景技术

[0002] 风轮机叶片通常设置有内部承载结构,例如附接到叶片的吸力侧壳体和压力侧壳体的翼梁或抗剪腹板。壳体通常由纤维增强树脂制成。在叶片的制造过程中,叶片的吸力侧壳体和压力侧壳体通常铺设在相应的模具半部中,这些模具半部沿着它们的前缘和后缘粘接在一起。

[0003] 大多数现代水平轴风轮机包括三个叶片,这三个叶片形成风轮机的转子,该转子安装到转子毂处的驱动轴。在使用中,水平轴风轮机叶片受到挥舞方向的空气动力载荷,从而在毂处产生驱动力矩以驱动轴并进而驱动用于将机械能转换成电能的发电机。除了挥舞载荷之外,风轮机叶片还受到在基本垂直于挥舞载荷的方向上的摆振载荷以及受到扭转载荷。

[0004] 在操作中,挥舞载荷和摆振载荷产生横向剪切力,如图3中箭头142和144大致所示。这种横向剪切力由于叶片几何形状及其质量分布的固有不对称性而产生。横向剪切力赋予图3中所示的弦向横截面中的弯曲力矩,由此翼梁或抗剪腹板可变形。此外,在抗剪腹板和叶片壳体之间的粘结线处产生剥离应力。这又增加了强度要求并因此增加了制造成本。此外,或替代地,为了不超过叶片的应力极限,可能必须预见负载限制操作,例如通过叶片的变桨。这种负载限制操作降低了功率产出。

[0005] 为了解决上述问题,国际专利公开号WO2008/089765提出了一种连接到叶片内部的梁上的X形加强件。梁正交于叶片的弦线延伸。然而,X形加强件增加了重量和制造成本。

发明内容

[0006] 针对上述背景技术,本发明的优选实施例的目的是提供一种风轮机叶片,该风轮机叶片具有用于以节省重量和成本高效的方式减轻剪切变形影响的结构。本发明的优选实施例的另一个目的是提供一种制造风轮机叶片的廉价方法,该方法可以方便地在现有的制造设备中实施。

[0007] 第一方面,本发明提供一种风轮机叶片,该风轮机叶片包括:

[0008] -根端和尖端;

[0009] -前缘和后缘,其中,所述前缘和所述后缘在所述叶片的纵向方向上从所述叶片的根端朝向所述尖端延伸;

[0010] -吸力侧壳体和压力侧壳体;

[0011] -由所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体限定的至少一个翼型,所述翼型具有在所

述叶片的弦向方向上将所述前缘和所述后缘互连的弦线；

[0012] -至少第一抗剪腹板和第二抗剪腹板，每个抗剪腹板都将所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体互连；

[0013] 其中，在所述叶片的弦向横截面中：

[0014] -所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板在所述叶片的弦向方向上布置成相互间隔开；

[0015] -所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板中的至少一个在所述弦向横截面中与所述弦线不正交；

[0016] -所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板不平行。

[0017] 因此，当在所述叶片的弦向横截面中观察时，所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板布置成V形构造。抗剪腹板中的与弦线不正交的所述至少一个优选地相对于弦线形成在40°和85°之间，更优选地在50°和80°之间的角度。当在叶片的厚度方向上，即在与叶片的弦向横截面中的弦向方向正交的方向上观察时，第一抗剪腹板和第二抗剪腹板沿它们的整个高度布置成相互间隔开。因此，第一抗剪腹板和第二抗剪腹板在叶片的弦向横截面中不彼此相交。

[0018] 令人惊讶地，已经发现，通过以相对于弦线不正交延伸的方式提供至少一个抗剪腹板而产生的基本上三角形的构造以及抗剪腹板的不平行布置导致获得改进的抗剪切变形性的稳定设计。同时，叶片可以以低成本制造，因为可以避免对另外的X形加强件、格栅结构等的需要。因此，可采用在相应的模具半部中提供压力侧壳体和吸力侧壳体的标准制造实践，因为可在闭合模具之前将抗剪腹板附接到一个壳体。由于可以省去另外的X形加强件、格栅结构等，根据本发明的风轮机叶片提供了用于减轻剪切变形的廉价且节省重量的结构。

[0019] 在本文中，不正交和不平行的概念是指处于未加载状态的抗剪腹板的构造，即，当叶片处于静止状态并且既不承受空气动力载荷也不承受在弦向方向上引起抗剪载荷的重力时。

[0020] 每个抗剪腹板优选地沿着吸力侧壳体和压力侧壳体之间的直线延伸。换句话说，抗剪腹板本身基本上为I形。当在叶片的弦向横截面中观察时，第一和第二抗剪腹板优选地形成V形，其中，“V”形的一端附接到吸力侧壳体，而“V”形的另一端附接到压力侧壳体。因此，除了抗剪腹板之外，本发明不仅消除了对X形加强件或格栅结构等的需要；实际上，当在弦向横截面中观察时，抗剪腹板本身不形成十字形或X形构造。抗剪腹板因此形成“V”形的相应直腿。由此，降低了设计和制造的复杂性。

[0021] 为了增强剪切变形的减轻，第一和第二抗剪腹板二者都可以不正交于弦线。因此，第一和第二抗剪腹板中的每一个相对于弦线形成锐角以及钝角。当第一和第二抗剪腹板布置成V形构造时，第一抗剪腹板的锐角在与第二抗剪腹板的锐角相反的方向上延伸。换句话说，第一和第二抗剪腹板可以优选地相对于翼型的厚度方向在相反方向上倾斜，其中，第一和第二抗剪腹板中的一个朝向叶片的前缘倾斜，而第一和第二抗剪腹板中的另一个朝向后缘倾斜。

[0022] 在叶片的纵向方向上，即从叶片的根部朝向尖部的方向上，第一和第二抗剪腹板优选地在叶片的长度的至少90％上连续延伸，最优选地沿着叶片的整个长度延伸。在不关

心剪切变形的减轻的叶片截面处,当从根部朝向尖部测量时,特别是在叶片的长度的外部50%处,第一和第二抗剪腹板可以基本上正交于弦线和/或以基本上相互平行的方式延伸。当从根部朝向尖部测量时,在叶片的长度的5%和50%之间的一个或更多个纵向位置处(最优选地在10%和30%之间的纵向位置处)和/或在翼型的厚弦比为至少25%(优选地至少30%)的一个或更多个纵向位置处,第一和第二抗剪腹板优选地与弦线不正交地延伸并且相对于彼此不平行。在这样的纵向位置处,由于由叶片的厚度赋予的增加的杠杆,引起剪切变形的载荷比在其他纵向位置处更显著。此外,重力驱动的摆振载荷以及可能赋予剪切变形的挥舞载荷在叶片的根部附近比朝向尖部更高。

[0023] 在本发明的一个实施例中,第一和第二抗剪腹板优选地在如下的纵向位置处相对于弦线不正交地延伸并且相对于彼此不平行,在该纵向位置处,假定已经发现叶片载荷(包括赋予剪切变形的载荷)在最大弦长位置处(在此处,叶片通常也具有相对较高的厚弦比)相对较高,叶片具有其最大弦长。

[0024] 在叶片的易于剪切变形的纵向位置处,翼型的空气动力学轮廓可以在后缘处被截平。在叶片相对于风的相对速度相对较低的叶片位置处,即在低半径位置处,截平后缘翼型可提供结构要求和空气动力学性能之间的折衷。然而,具有截平后缘的叶片节段在结构上不如具有尖锐后缘(这可能导致剪切变形)的叶片节段稳定。因此,第一和第二抗剪腹板可以有利地在具有截平(即平背)后缘的翼型节段处提供根据本发明的V形构造,以减轻剪切变形的影响。

[0025] 为了减轻重量和节省材料的目的以及为了便于制造,当从尖部朝向根部测量时,抗剪腹板可以沿着叶片的长度的内5%至10%和/或沿着叶片的长度的外50%至70%基本上正交于弦线和/或基本上相互平行地延伸。

[0026] 除了第一和第二抗剪腹板之外,一个或更多个另外的抗剪腹板可以设置在叶片中。例如,第三抗剪腹板可以设置在比第一和第二抗剪腹板更靠近后缘的弦向位置处。第三抗剪腹板可以基本上正交于弦线延伸。这种一个或更多个另外的抗剪腹板的设置提高了叶片的稳定性。因为由于叶片的厚度分布,朝向叶片的前缘比朝向后缘更可能发生剪切变形,所以第一和第二抗剪腹板优选地布置成比第三抗剪腹板更靠近前缘。因此,出于增强朝向叶片的后缘的机械稳定性的特定目的,可以设置第三抗剪腹板。

[0027] 为了节省材料并因此节省制造成本,并且为了将叶片的重量保持在最小,第三抗剪腹板可以在叶片的纵向方向上比第一和第二抗剪腹板短。例如,第三抗剪腹板可以设置在一个或更多个纵向节段处,当从根部朝向尖部测量时,该纵向节段在叶片的长度的5%和85%之间,优选地在大约10%和大约70%之间。类似于第一和第二抗剪腹板,第三抗剪腹板优选地沿其整个长度连续地延伸。

[0028] 除了第一和第二抗剪腹板以及可选的第三抗剪腹板之外,还可以提供另外的抗剪腹板。例如,为了增强抗剪切变形性,第一和第二抗剪腹板可以由一个或更多个另外的抗剪腹板补充,这些抗剪腹板中的全部或一些与弦线不正交地延伸,并且这些抗剪腹板中的全部沿直线在叶片的吸力侧壳体和压力侧壳体之间延伸,并且这些抗剪腹板中没有一个彼此相交。例如,可以提供两个另外的抗剪腹板,使得第一和第二抗剪腹板以及两个另外的抗剪腹板在叶片的弦向横截面中形成W形构造。

[0029] 抗剪腹板可以由浸渍有树脂的纤维材料(例如玻璃纤维或碳纤维)制成。叶片的吸

力侧和压力侧壳体同样可以包括纤维增强结构,该纤维增强结构包括玻璃纤维和/或碳纤维。

[0030] 翼梁帽可以设置成在用于抗剪腹板的附接区域处嵌入或附接到吸力侧壳体和压力侧壳体。翼梁帽可以以本身已知的方式提供增强的强度。翼梁帽可以例如由布置成堆叠的多个纤维增强聚合物条带制成。优选地,纤维增强聚合物条带是拉挤成型件,优选碳纤维拉挤成型件。第一和第二抗剪腹板因此优选地在翼梁帽处附接至吸力侧壳体和压力侧壳体。

[0031] 第一和第二抗剪腹板在附接区域(这里也称为附接点)处附接到吸力侧壳体和压力侧壳体。第一和第二抗剪腹板的V形构造导致第一和第二抗剪腹板在吸力侧壳体处的附接点之间的第一弦向距离不同于第一和第二抗剪腹板在压力侧壳体处的附接点之间的第二弦向距离。

[0032] 为了增加叶片的抗屈曲性,抗剪腹板可以在叶片的吸力侧壳体和/或压力侧壳体处附接至相应的翼梁结构。替代地,第一和第二抗剪腹板两者可以在叶片的壳体中的至少一个处附接到共同的翼梁结构。翼梁结构可包括翼梁帽。提供共同的翼梁结构可以减少材料消耗、劳动力,并因此降低制造成本。然而,当翼梁帽在弦向方向上间隔开时,提供单独的翼梁结构可增加抗屈曲性。由于叶片的吸力侧在使用期间比压力侧壳体更受压,所以通过在叶片的压力侧壳体处提供用于第一和第二抗剪腹板的共用翼梁帽以及在叶片的吸力侧壳体处提供用于抗剪腹板的分开的翼梁帽,可实现抗屈曲性与制造成本降低之间的所需平衡。为了方便地容纳共用的翼梁结构(例如特别是在压力侧壳体处的共用的翼梁帽)和分开的翼梁结构(例如特别是在吸力侧壳体处的用于抗剪腹板的分开的翼梁帽),第一和第二抗剪腹板的在叶片的吸力侧壳体处的附接点之间的距离可以大于抗剪腹板的在叶片的压力侧壳体处的附接点之间的距离。

[0033] 由于在吸力侧壳体处的第一和第二抗剪腹板的附接点之间的距离优选地大于在压力侧壳体处的附接点的距离,所以在叶片的制造期间,在包括压力侧壳体的上模具零件移动到容纳吸力侧壳体(抗剪腹板附接至该吸力侧壳体)的下模具零件上之前,抗剪腹板可以作为倒V形稳定地搁置在吸力侧壳体上。

[0034] 为了平衡制造成本、强度以及几何要求和约束,在吸力侧的翼梁结构的弦向长度可以大于在压力侧的翼梁结构的弦向长度。替代地,在压力侧的翼梁结构的弦向长度可以大于在吸力侧的翼梁结构的弦向长度。例如,在抗剪腹板的V形构造,在压力侧壳体处的单个翼梁帽的弦向长度可以大于在吸力侧壳体处的两个分开的翼梁帽中的每一个的弦向长度。在抗剪腹板的W形构造中,这些壳体中的一者或两者可以包括具有不同长度的多个翼梁帽。

[0035] 在本文中,翼梁结构的弦向长度(例如特别是翼梁帽的弦向长度)应理解为平行于包括翼梁帽的壳体的切线的翼梁结构的长度。因此,如果翼梁帽设置在壳体与弦线不平行的弦向位置(经常是这种情况),翼梁帽的弦向长度可以大于翼梁帽在弦线上的投影。

[0036] 为了能够使用标准翼梁帽,例如标准宽度的拉挤成型件,可以在吸力侧壳体处设置两个分开的第一翼梁帽,并且可以在压力侧壳体处设置两个分开的第二翼梁帽,其中,第一和第二抗剪腹板在吸力侧壳体处附接至第一翼梁帽中的相应翼梁帽,并且在压力侧壳体处附接至第二翼梁帽中的相应翼梁帽。

[0037] 在替代实施例中,翼梁结构包括在吸力侧壳体和压力侧壳体中的一个处的两个分开的第一翼梁帽和在吸力侧壳体和压力侧壳体中的另一个处的单个第二翼梁帽,其中,第一和第二抗剪腹板在一个壳体处附接到第一翼梁帽中的相应一个并且在另一个壳体处附接到单个第二翼梁帽。提供单个即共用的单个第二翼梁帽可降低制造和材料成本。

[0038] 第一和第二翼梁帽可以具有基本上相等的长度,或者第一翼梁帽的弦向长度可以基本上等于第二翼梁帽的弦向长度的一半。因此,可以采用包括例如标准宽度的拉挤成型件的翼梁帽,这是通过在叶片的一个或两个壳体中在弦向方向上彼此相邻地布置两个或更多个这种拉挤成型件实现的。

[0039] 例如,在其中抗剪腹板布置成W形构造的实施例中,或者在除了第一和第二抗剪腹板之外还包括第三抗剪腹板的实施例中,翼梁结构可以包括在吸力侧壳体和压力侧壳体中的每一个处的两个分离的第一帽以及在吸力侧壳体和压力侧壳体中的另一个处的两个分离的第二帽。在这种情况下,两个分离的第一翼梁帽和第二翼梁帽中的至少一个的弦向长度可大致等于两个分开的第一翼梁帽和第二翼梁帽中的至少另一个的弦向长度的一半。

[0040] 因此,可以理解的是,在一个壳体中的两个分离的第一翼梁帽的组合弦向长度基本上等于在相同壳体或不同壳体中的单个第二翼梁帽的弦向长度。

[0041] 单个翼梁帽可以在压力侧壳体处,并且分离的翼梁帽可以在吸力侧壳体处。考虑到叶片的吸力侧在使用期间比压力侧壳体频繁地受到更大压缩的事实,因此可以实现抗翘曲性与制造成本降低之间的理想平衡。

[0042] 从上述公开可以理解,由于第一和第二抗剪腹板布置成在叶片的弦向方向上相互间隔开并且彼此不相交,并且由于第一和第二抗剪腹板中的至少一个与弦线不正交并且两个抗剪腹板不平行,所以第一和第二抗剪腹板在叶片的弦向横截面中形成V形构造。

[0043] 因此,本发明总体上提供了一种风轮机叶片,该风轮机叶片包括:

[0044] -根端和尖端;

[0045] -前缘和后缘,其中,所述前缘和所述后缘在所述叶片的纵向方向上从所述叶片的根端朝向所述尖端延伸;

[0046] -吸力侧壳体和压力侧壳体;

[0047] -由所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体限定的至少一个翼型,所述翼型具有在所述叶片的弦向方向上将所述前缘和所述后缘互连的弦线;

[0048] -至少第一抗剪腹板和第二抗剪腹板,每个抗剪腹板都将所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体互连;

[0049] 其中,在所述叶片的弦向横截面中,所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板布置成V形构造。

[0050] 第二方面,本发明提供一种用于制造根据本发明的第一方面的风轮机叶片的方法,该方法包括:

[0051] -在相应的模具半部中提供所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体;

[0052] -将所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板结合到所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体中的一个,由此所述抗剪腹板的与结合到所述壳体中的所述一个的端部相反的相应端部保持未附接到所述吸力侧壳体和所述压力侧壳体中的另一个;

[0053] -将粘合剂施加到所述抗剪腹板的相反的所述端部和/或将粘合剂施加到所述壳

体中的所述另一个的内表面处的用于所述抗剪腹板的附接区域;并且随后:

[0054] -闭合模具以使所述壳体中的所述另一个的内表面与所述第一抗剪腹板和所述第二抗剪腹板的相反的所述端部接合。

[0055] 由于抗剪腹板最初连接到其中一个壳体并且在模具闭合时与另一个壳体接合,所以它们的V形构造可以在制造期间提高模具半部的稳定性并且提高精度,因为它们有助于稳定两个模具半部。在优选实施例中,第一和第二抗剪腹板最初结合到吸力侧壳体,在制造期间,吸力侧壳体布置在下模具半部中。因此,压力侧壳体布置在上模具半部中,该上模具半部在下模具半部上方移动并移动到下模具半部上。在其中第一和第二抗剪腹板在吸力侧壳体处的附接点之间的距离大于在压力侧壳体处的附接点的距离的实施例中,在包括压力侧壳体的上模具零件移动到下模具零件上之前,抗剪腹板因此可以在制造叶片期间稳定地作为倒V形搁置在吸力侧壳体上。

[0056] 在闭合模具的步骤之前,该方法可以包括另外的步骤:

[0057] -通过使所述第一和第二抗剪腹板朝向彼此偏置的弹性结构互连所述第一和第二抗剪腹板;并且

[0058] -可选地,通过刚性间隔件互连所述第一和第二抗剪腹板。

[0059] 在闭合模具的步骤期间,弹性结构和/或可选的刚性间隔件可保持附接到第一和第二抗剪腹板。弹性结构可以例如以橡胶带的形式提供。

[0060] 当模具闭合时,弹性结构可有助于确保第一和第二抗剪腹板在重力作用下和/或在上模具半部具施加的压力作用下不会彼此远离。刚性间隔件可有助于确保第一和第二抗剪腹板保持它们的预期距离。

[0061] 弹性偏置结构优选地设置在沿着抗剪腹板的高度的如下位置处,在该位置处,抗剪腹板比在设置刚性间隔件的位置处更远离,因为由此可以更容易地控制抗剪腹板的相互位置。

[0062] 通常,在根据本发明的方法中,第一和第二抗剪腹板以及弹性偏置结构可以充当弹性结构,该弹性结构可以补偿形状变化并且有助于确保抗剪腹板与上壳体之间的均匀薄的结合线。

附图说明

[0063] 现在将参考附图进一步描述本发明的实施例,其中:

[0064] 图1大致示出了根据本发明的包括三个叶片的水平轴风轮机;

[0065] 图2大致示出了根据本发明的风轮机叶片;

[0066] 图3示出了风轮机叶片的弦向横截面的现有技术构造;

[0067] 图4示出了在穿过叶片的弦向横截面中观察到的根据本发明的风轮机叶片的第一实施例;

[0068] 图5示出了在穿过叶片的弦向横截面中观察到的根据本发明的风轮机叶片的第二实施例;

[0069] 图6示出了根据图4的实施例的叶片的制造阶段;

[0070] 图7是包括根据本发明的制造方法的步骤的流程图。

具体实施方式

[0071] 图1和图2大致示出了包括三个根据本发明的叶片108的水平轴风轮机100(图1)和叶片108(图2)。叶片108构成风轮机的转子,该转子在毂110处连接到主轴。风轮机100包括塔架102和位于塔架的上端处的机舱104。每个叶片108具有根端118、尖端116、前缘112和后缘114。叶片具有从根部118到尖部116的总长度l。在根部118和尖部116之间的任何位置,弦长c被定义为前缘112和后缘114之间的最短直线距离。如图2所示,考虑到空气动力学沿叶片的长度变化的事实,弦长可沿叶片的长度变化。同样,叶片可以沿其长度扭曲。在弦向横截面视图中的叶片的空气动力学轮廓可以沿着叶片的长度变化。在根部118处,轮廓通常是圆形的,并且在根部附近,叶片经历到空气动力学轮廓的过渡。叶片可在其根部118处安装到桨距调节装置,该桨距调节装置用于控制叶片的桨距,即叶片围绕在叶片的纵向方向上延伸的纵向轴线的旋转。

[0072] 在操作中,主要由空气动力载荷产生的挥舞载荷和主要由重力产生的摆振载荷产生横向剪切力,如图3中箭头142和144大致所示,图3示出了穿过现有技术风轮机叶片的弦向横截面视图。叶片具有分别由吸力侧壳体122和压力侧壳体126限定的吸力侧120和压力侧124。如图所示,壳体122和126在前缘112和后缘114处接合。在叶片内部,吸力侧壳体122和压力侧壳体126通过在叶片的厚度方向上(即横向于弦向方向)延伸的抗剪腹板128和130互连。在抗剪腹板128和130到壳体122和126的附接区域处,壳体设置有翼梁帽134和136。横向剪切力142和144由于叶片几何形状及其质量分布的固有不对称性而产生。横向剪切力在图3中所示的弦向横截面中赋予弯曲力矩,由此翼梁帽134和138和/或抗剪腹板128和130可变形。这些效应在本文中通常称为剪切变形。

[0073] 为了减轻剪切变形,本发明提供一种根据所附权利要求的风轮机叶片。在如图4所示的一个实施例中,在横截面图中,叶片包括布置成V形构造的第一抗剪腹板150和第二抗剪腹板152。叶片具有弦长c。前缘112和后缘114之间的最短直线距离通常称为弦长。弦线115被定义为限定弦长的直线。

[0074] 如图4所示,后缘114可以是截顶的,即翼型截面在后缘处不形成尖点,而是翼型具有平背后缘。弦长c取自平背后缘的中点。

[0075] 而在图3的现有技术示例中,抗剪腹板128和130垂直于弦线并因此平行,根据本发明,如图4的实施例中所示,第一抗剪腹板150和第二抗剪腹板152中的至少一个与弦线115不正交,从而导致抗剪腹板的V形构造。在图4的示例性实施例中,第一抗剪腹板150和第二抗剪腹板152都不正交于弦线115。第一抗剪腹板150朝向前缘112倾斜并且相对于弦线115形成锐角α以及相对的钝角α′。第二抗剪腹板152朝向后缘114倾斜并且相对于弦线115形成锐角β,该角度β因此与第一抗剪腹板150的角度α相反。第二抗剪腹板152相对于弦线115的钝角在图4中表示为β′。

[0076] 第一抗剪腹板150和第二抗剪腹板152附接到嵌入在压力侧壳体126中的共用第一翼梁帽162并附接到嵌入在吸力侧壳体122中的相应的第二翼梁帽156和158。在其他实施例中,代替第一共用翼梁帽162,设置用于第一抗剪腹板150和第二抗剪腹板152的分开的第一翼梁帽。在又一实施例中,代替第二翼梁帽156和158,可在吸力侧壳体122处设置共用翼梁帽。

[0077] 如图所示,第二翼梁帽156和158的组合弦向长度基本上等于第一共用翼梁帽162

的弦向长度。第一共用翼梁帽162可方便地包括在压力侧壳体126的弦向方向上彼此相邻布置的两个标准宽度的翼梁帽,而第二翼梁帽156和158中的每一个可包括一个这种标准宽度的翼梁帽。使用标准宽度的翼梁帽(例如拉挤成型元件)有助于将制造成本保持在最小。在本文中,翼梁帽的弦向长度的概念应理解为平行于壳体的切线的翼梁帽的长度,在该壳体中包括有翼梁帽。因此,翼梁帽的弦向长度可以大于其在图4所示弦线上的投影长度x和2x。

[0078] 第三抗剪腹板154朝向叶片的后缘114设置,其中,第三抗剪腹板154在相应的翼梁帽160和164处附接到壳体122和126。在图4所示的示例性实施例中,第三抗剪腹板154垂直于弦线115。

[0079] 如图所示,图4的实施例在吸力侧壳体122和压力侧壳体126处包括相应的翼梁结构a和b。在吸力侧壳体122处,翼梁结构a包括作为两个分开的翼梁帽的翼梁帽156和158。在压力侧壳体126处,翼梁结构b包括单个翼梁帽162。翼梁帽162可包括与包括在翼梁帽156和158中的元件相同的标准宽度的元件,例如拉挤成型元件。因此,在翼梁帽162处,两个这样的元件可以彼此相邻地布置,从而导致翼梁帽162的长度是相应翼梁帽156和158中的每一个的长度的两倍。

[0080] 图5示出了根据本发明的叶片的第二实施例,除了布置成V形构造的第一抗剪腹板166和第二抗剪腹板168之外,叶片还包括同样布置成V形构造的两个另外的抗剪腹板170和172。如图所示,抗剪腹板166,168,170和172形成W形构造并且在共用翼梁帽176和178处附接到吸力侧壳体122并且在翼梁帽182,184和186处附接到压力侧壳体126。与图4的实施例类似,除了V形和W形构造的抗剪腹板166,168,170和172之外,还提供了与弦线115正交地延伸的第三抗剪腹板174。

[0081] 在图4和图5所示的实施例中,所有的抗剪腹板150,152,166,168,170,172和174基本上是I形的,并且沿着基本上直线在吸力侧壳体126和压力侧壳体122之间延伸,而不彼此相交。

[0082] 图4和图5所示的根据本发明的叶片的实施例可以根据根据本发明的第二方面的方法来制造。以下将参考图6和图7描述方法的实施例。

[0083] 如图6所示,在根据本发明的叶片108的制造阶段,吸力侧壳体122和压力侧壳体126设置在模具的相应半部中,所述半部可在前缘112的位置处相互铰接。吸力侧壳体122和压力侧壳体可以通过本身已知的制造步骤来制造,在该制造步骤中,增强纤维被铺设,用树脂浸渍并固化。纤维和树脂可作为预浸料提供,或者替代地,非浸渍的干纤维可被铺设并用树脂灌注。

[0084] 在通过如图6中的弓形箭头所示地旋转压力侧模具半部(即,“上”模具半部)来闭合模具之前,第一抗剪腹板150和第二抗剪腹板152以及可选的第三抗剪腹板154例如通过粘合剂在相应翼梁帽156,158和160处的附接点处结合到吸力侧壳体(即,“下”壳体)。第一抗剪腹板150和第二抗剪腹板152通过诸如橡胶带的弹性结构190以及通过刚性间隔件192互连。当模具闭合时,弹性结构190有助于确保第一抗剪腹板150和第二抗剪腹板152不会在重力作用下和/或在压力侧壳体126的上模具半部所施加的压力作用下彼此远离。刚性间隔件192有助于确保第一抗剪腹板和第二抗剪腹板保持它们的预期距离。

[0085] 同样在闭合模具之前,沿着叶片的长度在前缘112和后缘114处以及在抗剪腹板150,152,154的上表面150a,152a和154a处施加粘合剂。替代在抗剪腹板的上表面150a,

152a,154a处提供粘合剂或除了在抗剪腹板的上表面150a,152a,154a处提供粘合剂之外,可以在翼梁帽162和164的附接区域处施加粘合剂。在施加用于将吸力侧壳体124和压力侧壳体126结合在一起的粘合剂之后,闭合模具以将壳体结合在一起。

[0086] 图7是包括根据本发明的制造方法的步骤的流程图。在步骤300,将用于叶片壳体的纤维铺设在两个半壳体模具中。接下来,在步骤302,注入树脂并在步骤304固化树脂以形成吸力侧壳体和压力侧壳体。如果纤维以预浸料的形式提供,则省略注入树脂的步骤。在步骤306,通过提供嵌入固化的树脂中的纤维材料来铺设抗剪腹板。步骤306可以发生在步骤308之前的任何阶段,即在步骤300,302和304中的任何一个之前,或者与步骤300,302和304中的任何一个同时。

[0087] 在步骤308,如上面参照图6的实施例所示例的,将抗剪腹板布置成倒V形构造并结合到下半壳体。在步骤310,提供弹性结构和刚性间隔件以互连抗剪腹板。替代地,步骤310可以在步骤308之前发生,以便使一旦布置在下模具半部中就对这些抗剪腹板进行的工作量最小化。在步骤312,将粘合剂沿着前缘和后缘的长度施加到前缘和后缘并将粘合剂施加到抗剪腹板的上表面。随后,闭合模具。

[0088] 一旦粘合剂固化,就打开模具,并从模具中取出叶片。

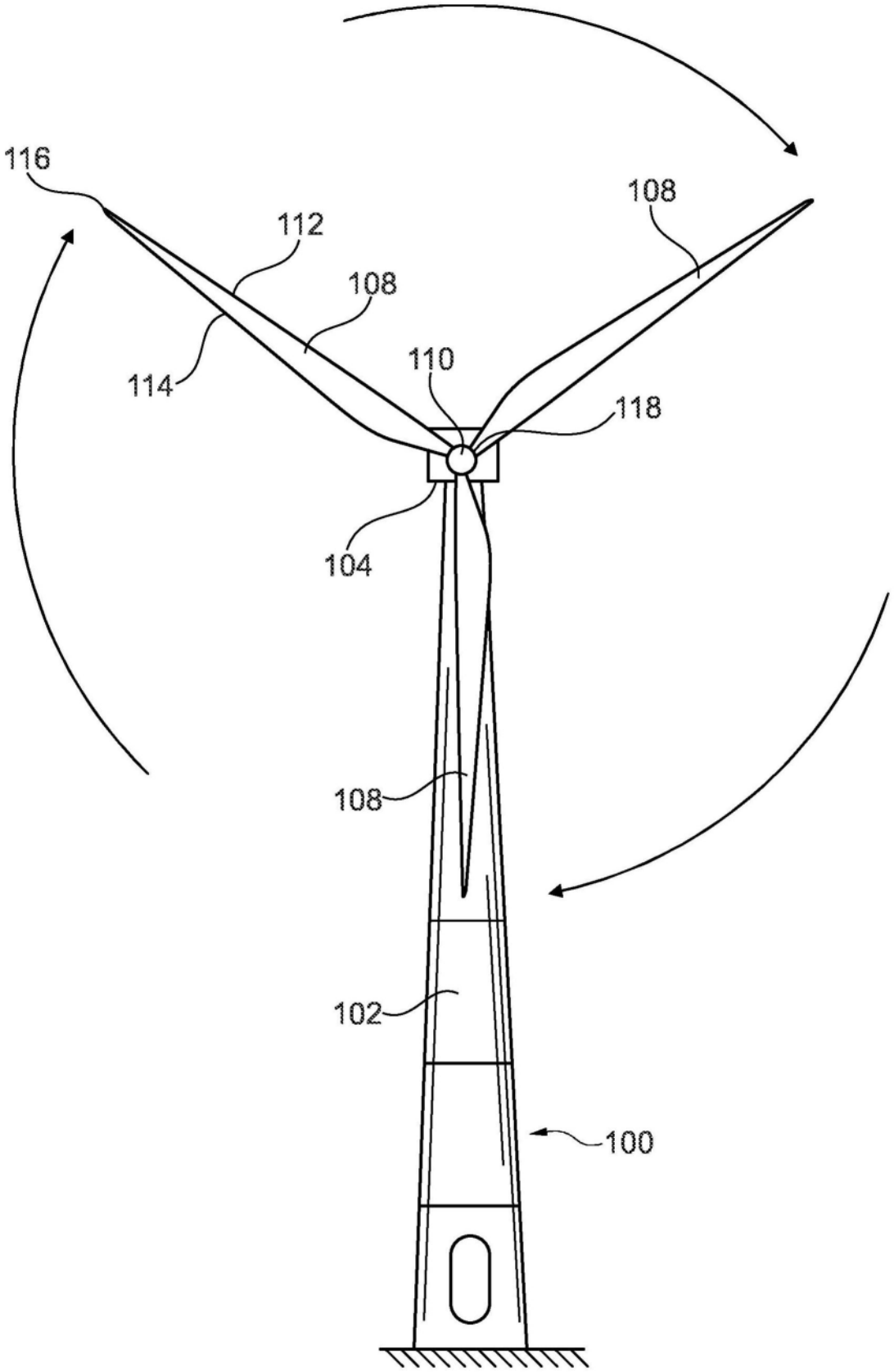


图1

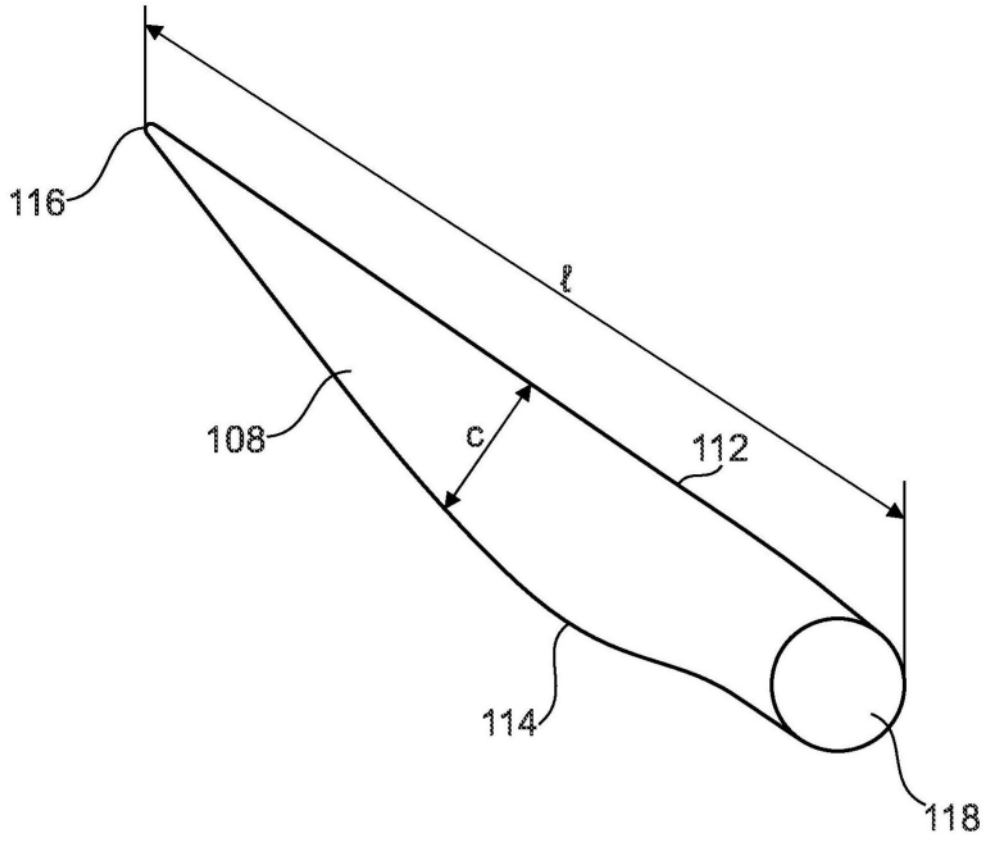


图2

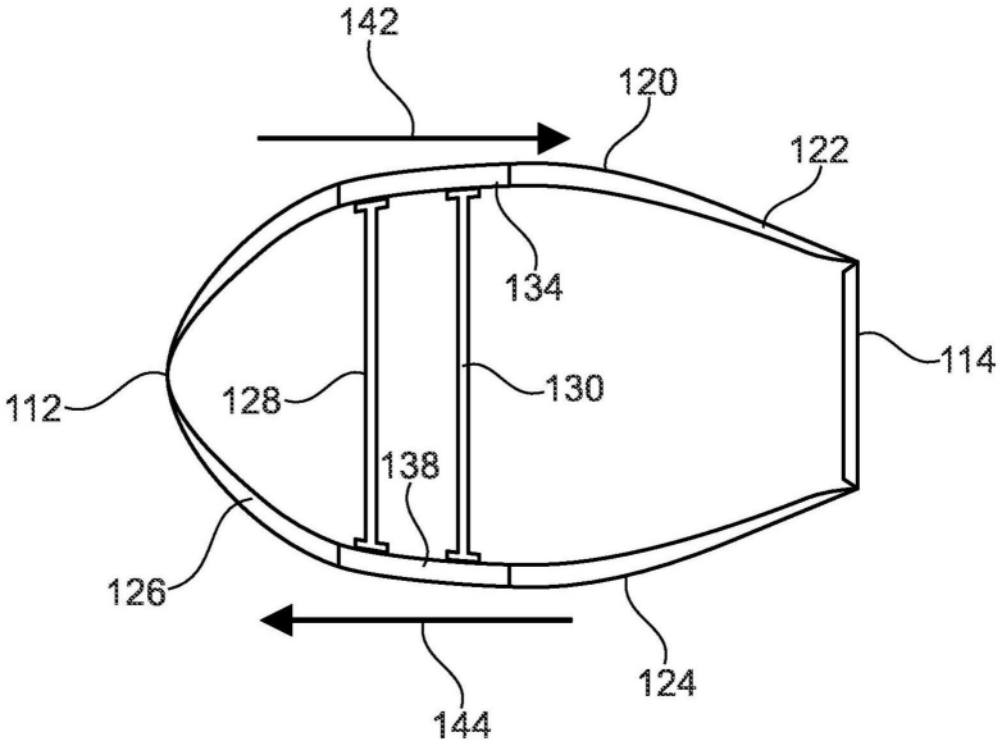


图3

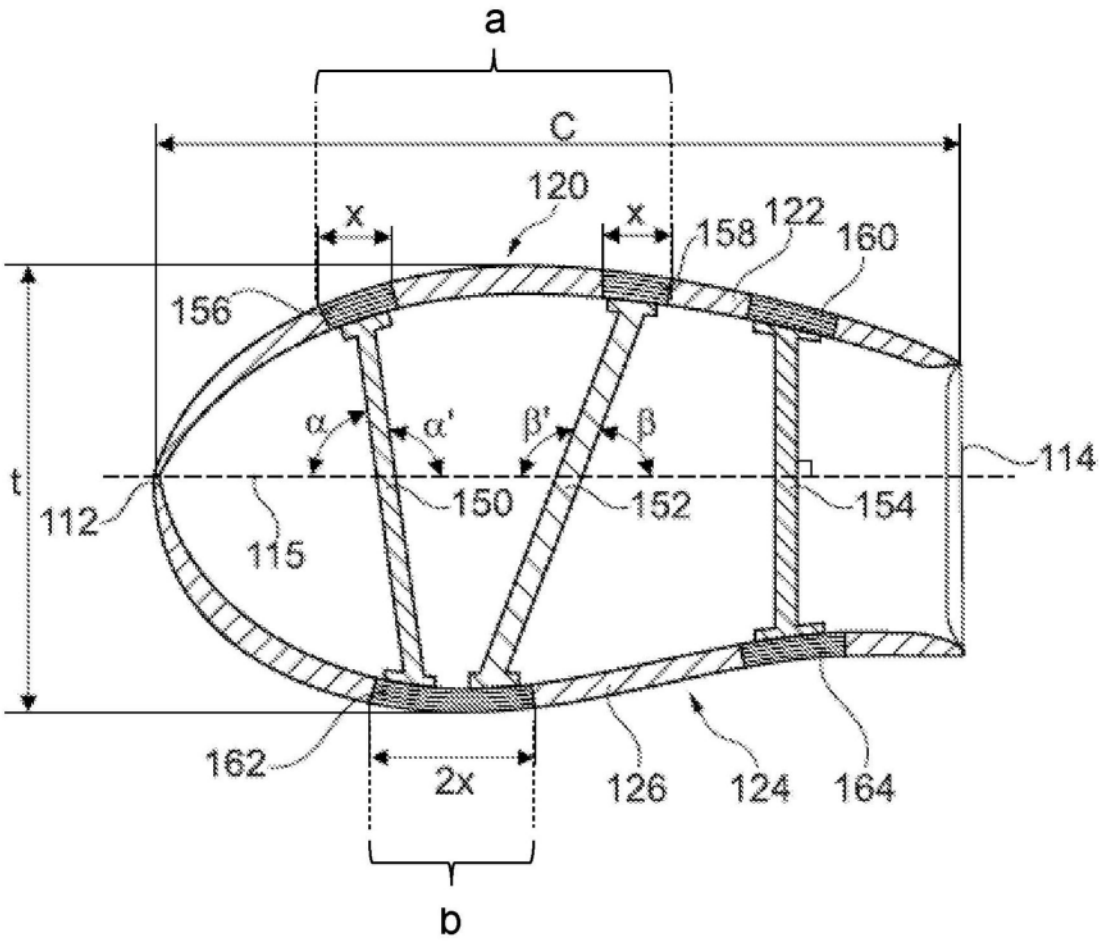

a
c
120
x
x
158
122
160
156
α
α'
β'
β
114
t
112
150
152
154
115
162
2x
126
124
164
b

图4

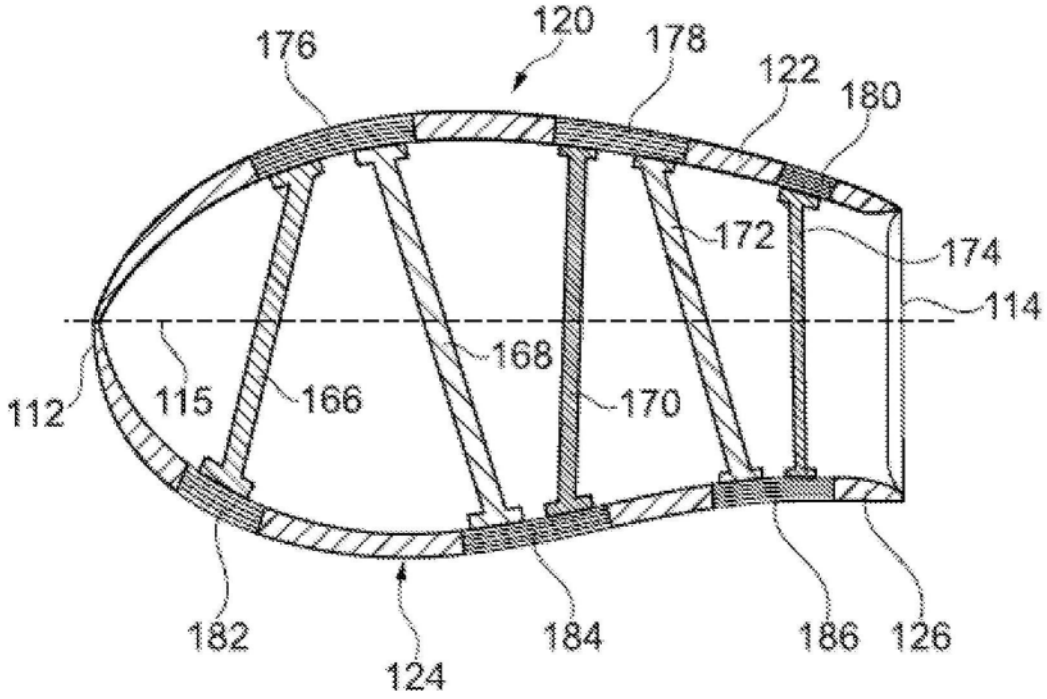

120
176
178
122
180
172
174
114
168
112
115
166
170
182
124
184
186
126

图5

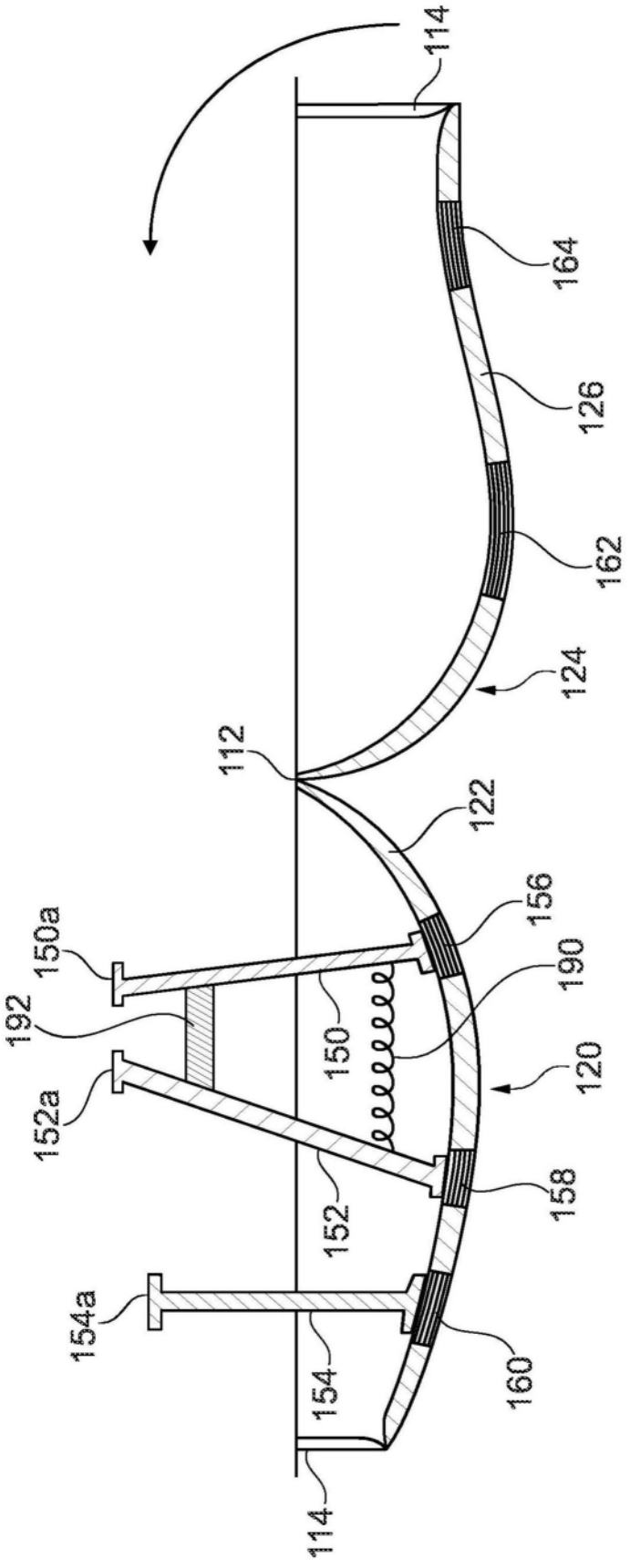

114
164
126
162
124
112
122
156
150a
190
192
150
120
152a
158
152
154a
154
160
114

图6

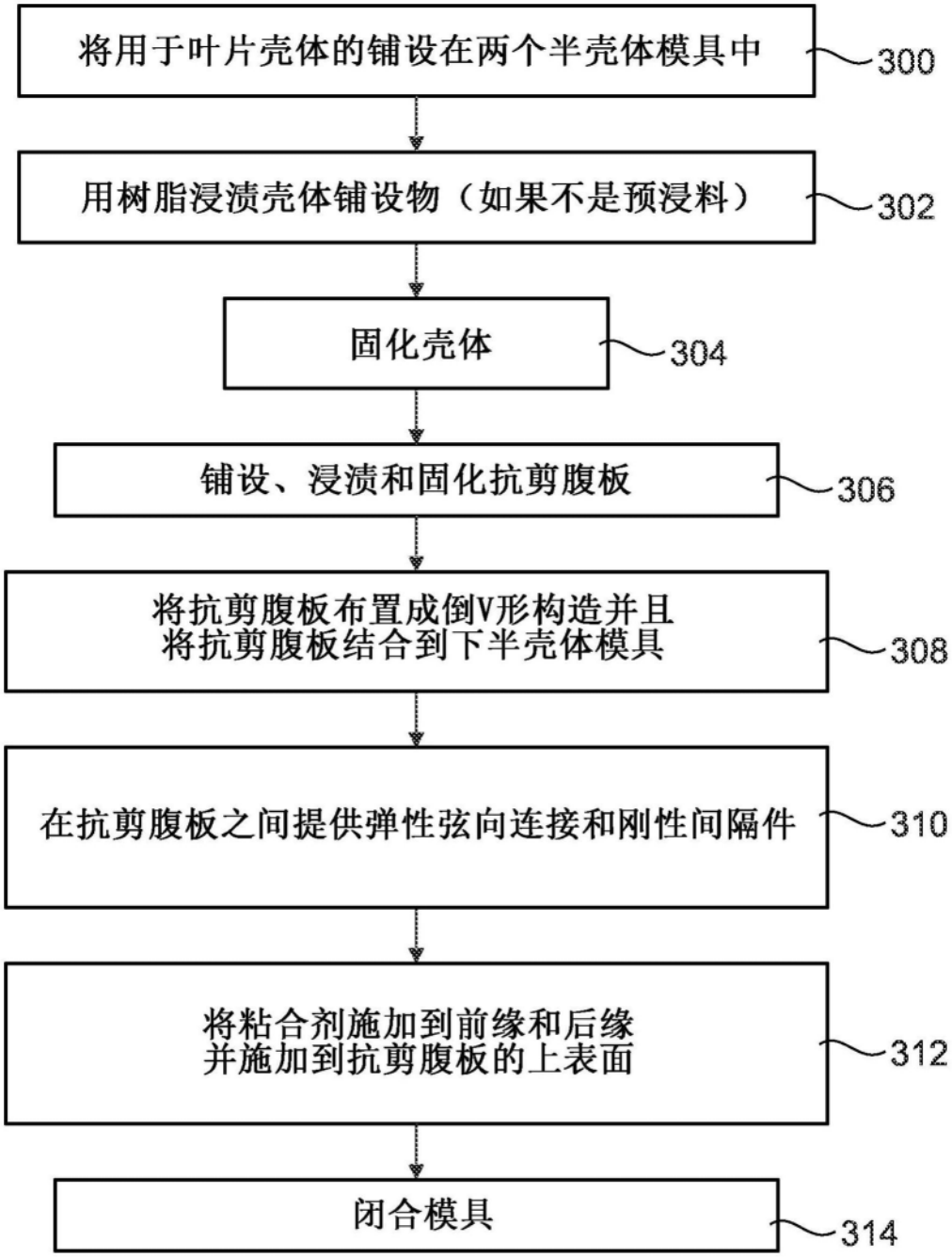

将用于叶片壳体的铺设在两个半壳体模具中
300
用树脂浸渍壳体铺设物（如果不是预浸料）
302
固化壳体
304
铺设、浸渍和固化抗剪腹板
306
将抗剪腹板布置成倒V形构造并且
将抗剪腹板结合到下半壳体模具
308
在抗剪腹板之间提供弹性弦向连接和刚性间隔件
310
将粘合剂施加到前缘和后缘
并施加到抗剪腹板的上表面
312
闭合模具
314

图7