



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116412060 B

(45) 授权公告日 2024.05.31

(21) 申请号 202111639510.X

(22) 申请日 2021.12.29

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 116412060 A

(43) 申请公布日 2023.07.11

(73) 专利权人 江苏金风科技有限公司

地址 224100 江苏省盐城市大丰区经济开发
区金海路5号

(72) 发明人 李正淦 袁渊

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限
公司 11286

专利代理师 包国菊 王兆赓

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101705922 A, 2010.05.12

CN 106438195 A, 2017.02.22

CN 106457719 A, 2017.02.22

CN 107344422 A, 2017.11.14

CN 108700028 A, 2018.10.23

CN 111927701 A, 2020.11.13

CN 1697924 A, 2005.11.16

CN 210106062 U, 2020.02.21

JP 2013194645 A, 2013.09.30

US 2018156202 A1, 2018.06.07

审查员 张磊

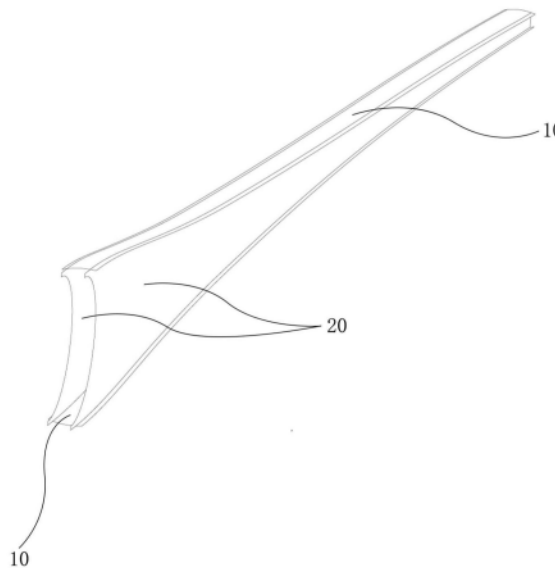
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

叶片的腹板及叶片

(57) 摘要

本发明提供一种叶片的腹板及叶片,所述腹板包括芯材以及分别设置在芯材两侧的增强部,其中,所述增强部中的至少一个包括第三纤维层和第四纤维层,所述第三纤维层和所述第四纤维层从所述腹板的根部朝向所述腹板的尖部依次设置,所述第三纤维层包括玻璃纤维,所述第四纤维层包括碳纤维,所述第四纤维层的比刚度大于所述第三纤维层的比刚度,其中,所述第三纤维层自所述腹板的根部设置到所述腹板的长度的1/2-2/3。根据本发明的腹板,可避免叶尖挠度过大与塔架干涉,降低叶片扫塔风险,使叶尖端腹板满足强度和刚度的需求,同时可减轻腹板的重量,可降低腹板的制造成本并避免叶片与塔架产生共振。



1. 一种叶片的腹板,其特征在于,所述腹板(20)包括芯材(21)以及分别设置在芯材(21)两侧的增强部(22),

其中,所述增强部(22)中的至少一个包括第三纤维层(22a)和第四纤维层(22b),所述第三纤维层(22a)和所述第四纤维层(22b)从所述腹板(20)的根部朝向所述腹板(20)的尖部依次设置,所述第三纤维层(22a)包括玻璃纤维,所述第四纤维层(22b)包括碳纤维,所述第四纤维层(22b)的比刚度大于所述第三纤维层(22a)的比刚度,

其中,所述第三纤维层(22a)自所述腹板(20)的根部朝向所述腹板(20)的尖部延伸到所述腹板(20)的长度的1/2-2/3,所述第四纤维层(22b)从所述腹板(20)的尖部朝所述腹板(20)的根部延伸并与所述腹板(20)的根部间隔开,

其中,所述第三纤维层(22a)和所述第四纤维层(22b)错层设置并且搭接在一起形成搭接区域。

2. 根据权利要求1所述的腹板,其特征在于,所述第三纤维层(22a)和所述第四纤维层(22b)的搭接长度在5cm-30cm之间。

3. 根据权利要求1所述的腹板,其特征在于,所述第三纤维层(22a)和所述第四纤维层(22b)呈阶梯型搭接。

4. 根据权利要求1所述的腹板,其特征在于,所述第三纤维层(22a)在所述搭接区域的纤维密度低于所述第三纤维层(22a)在其它区域的纤维密度,所述第四纤维层(22b)在所述搭接区域的纤维密度低于所述第四纤维层(22b)在其它区域的纤维密度。

5. 根据权利要求1所述的腹板,其特征在于,所述第三纤维层(22a)仅包括玻璃纤维,所述第四纤维层(22b)仅包括碳纤维。

6. 根据权利要求1所述的腹板,其特征在于,所述第三纤维层(22a)仅包括玻璃纤维,所述第四纤维层(22b)包括玻璃纤维和碳纤维二者。

7. 根据权利要求1所述的腹板,其特征在于,所述第三纤维层(22a)包括玻璃纤维和碳纤维二者,所述第四纤维层(22b)包括玻璃纤维和碳纤维二者,所述第四纤维层(22b)的单位体积的碳纤维的重量大于所述第三纤维层(22a)的单位体积的碳纤维的重量。

8. 根据权利要求7所述的腹板,其特征在于,在所述第三纤维层(22a)中,玻璃纤维和碳纤维按照以下方式中的任意一种方式排布:所述玻璃纤维和所述碳纤维在所述腹板(20)的厚度方向上错层排布,所述玻璃纤维设置在所述碳纤维上方,所述玻璃纤维设置在所述碳纤维下方。

9. 根据权利要求6或7所述的腹板,其特征在于,在所述第四纤维层(22b)中,玻璃纤维和碳纤维按照以下方式中的任意一种方式排布:所述玻璃纤维和所述碳纤维在所述腹板的厚度方向上错层排布,所述玻璃纤维设置在所述碳纤维上方,所述玻璃纤维设置在所述碳纤维下方。

10. 一种叶片,其特征在于,所述叶片(100)包括根据权利要求1-9中任一项所述的腹板(20)。

11. 根据权利要求10所述的叶片,其特征在于,所述叶片(100)还包括叶根预制件(30),所述叶根预制件(30)包括纤维层,所述纤维层包括玻璃纤维和碳纤维。

12. 根据权利要求11所述的叶片,其特征在于,所述叶根预制件(30)包括沿环向布置的螺栓套(31),所述纤维层包括设置在所述螺栓套(31)的径向内侧的内侧纤维层(32)和设置

在所述螺栓套(31)的径向外侧的外侧纤维层(33),

所述内侧纤维层(32)为玻璃纤维,所述外侧纤维层(33)为碳纤维,或者所述内侧纤维层(32)为碳纤维,所述外侧纤维层(33)为玻璃纤维,或者

所述内侧纤维层(32)和所述外侧纤维层(33)均包括玻璃纤维和碳纤维。

13.根据权利要求12所述的叶片,其特征在于,在所述内侧纤维层(32)和所述外侧纤维层(33)中的每个中,玻璃纤维和碳纤维错层布置。

14.根据权利要求10所述的叶片,其特征在于,所述叶片(100)还包括主梁(10)以及设置在所述主梁(10)的外侧的主梁下铺层和设置在所述主梁(10)的内侧的主梁上铺层,所述主梁下铺层和所述主梁上铺层中的每个包括从所述叶片(100)的叶根朝向所述叶片(100)的叶尖依次设置的碳纤维和玻璃纤维,所述碳纤维自所述叶片(100)的叶根设置到所述叶片(100)的长度的 $1/4-1/3$,

其中,所述玻璃纤维与所述碳纤维搭接并沿所述叶片(100)的展向设置到所述叶片(100)的叶尖。

15.根据权利要求14所述的叶片,其特征在于,在所述主梁下铺层和所述主梁上铺层中的每个中,所述碳纤维和所述玻璃纤维呈阶梯型搭接。

叶片的腹板及叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电机组技术领域,更具体地讲,本发明涉及一种叶片的腹板及叶片。

背景技术

[0002] 风力发电机组用于将风能转换成电能。目前,随着风力发电机组单机容量越来越大,需要更长的叶片来捕捉风能转化为电能。

[0003] 叶片包括胶接在一起的吸力面壳体和压力面壳体以及作为承力部件的主梁和腹板。随着叶片越来越长,主梁和腹板的长度也越来越长,主梁和腹板的材料对叶片的重量、强度、刚度和成本等都有影响,因此综合考虑以上因素来设计主梁和腹板是非常必要的。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种能够避免叶片的叶尖挠度过大与塔架干涉,降低叶片扫塔风险的腹板及叶片。

[0005] 本发明的另一目的在于提供一种轻量、高强度和高刚度的腹板及叶片。

[0006] 本发明的另一目的在于提供一种可有效地避免叶片自然频率与塔架频率间产生共振的腹板及叶片。

[0007] 根据本发明的一方面,提供一种叶片的腹板,所述腹板包括芯材以及分别设置在芯材两侧的增强部,其中,所述增强部中的至少一个包括第三纤维层和第四纤维层,所述第三纤维层和所述第四纤维层从所述腹板的根部朝向所述腹板的尖部依次设置,所述第三纤维层包括玻璃纤维,所述第四纤维层包括碳纤维,所述第四纤维层的比刚度大于所述第三纤维层的比刚度,其中,所述第三纤维层自所述腹板的根部设置到所述腹板的长度的 $1/2-2/3$ 。根据本发明的腹板,可避免叶尖挠度过大与塔架干涉,降低叶片扫塔风险,使叶尖段腹板满足强度和刚度的需求,同时可减轻腹板的重量,可降低腹板的制造成本并避免叶片与塔架产生共振。

[0008] 可选地,所述第三纤维层和所述第四纤维层错层设置并且搭接在一起形成搭接区域,从而将第三纤维层和所述第四纤维层连接为一个整体。

[0009] 可选地,所述第三纤维层和所述第四纤维层的搭接长度在 $5\text{cm}-30\text{cm}$ 之间。如果搭接长度小于 5cm ,则在搭接处腹板的强度不足,如果搭接长度大于 30cm ,则会导致腹板的重量增大。

[0010] 可选地,所述第三纤维层和所述第四纤维层呈阶梯型搭接。通过这样设置,可避免在第三纤维层和第四纤维层的搭接区域腹板的厚度过厚。

[0011] 可选地,所述第三纤维层在所述搭接区域的纤维密度低于所述第三纤维层在其它区域的纤维密度,所述第四纤维层在所述搭接区域的纤维密度低于所述第四纤维层在其它区域的纤维密度。通过这样设置,也可避免在第三纤维层和第四纤维层的搭接区域腹板的厚度过厚。

[0012] 可选地,所述第三纤维层仅包括玻璃纤维,所述第四纤维层仅包括碳纤维。通过这样设置,可进一步提高叶尖区域腹板的刚度,因此使降低叶片扫塔风险的效果最优化。

[0013] 可选地,所述第三纤维层仅包括玻璃纤维,所述第四纤维层包括玻璃纤维和碳纤维二者。通过这样设置,可在防止叶片扫塔的同时降低腹板的制造成本。

[0014] 可选地,所述第三纤维层包括玻璃纤维和碳纤维二者,所述第四纤维层包括玻璃纤维和碳纤维二者,所述第四纤维层的单位体积的碳纤维的重量大于所述第三纤维层的单位体积的碳纤维的重量。通过这样设置,可在防止叶片扫塔的同时进一步减轻叶片的重量。

[0015] 可选地,在所述第三纤维层中,玻璃纤维和碳纤维按照以下方式中的任意一种方式排布:所述玻璃纤维和所述碳纤维在所述腹板的厚度方向上错层排布,所述玻璃纤维设置在所述碳纤维上方,所述玻璃纤维设置在所述碳纤维下方。

[0016] 可选地,在所述第四纤维层中,玻璃纤维和碳纤维按照以下方式中的任意一种方式排布:所述玻璃纤维和所述碳纤维在所述腹板的厚度方向上错层排布,所述玻璃纤维设置在所述碳纤维上方,所述玻璃纤维设置在所述碳纤维下方。

[0017] 根据本发明的另一方面,提供一种叶片,所述叶片包括如上所述的腹板。

[0018] 可选地,所述叶片还包括叶根预制件,所述叶根预制件包括纤维层,所述纤维层包括玻璃纤维和碳纤维。根据本发明,通过使纤维层包括玻璃纤维和碳纤维二者,可同时实现以下技术效果:满足叶根预制件的强度要求、降低叶根预制件的断裂风险、制造成本和重量。

[0019] 可选地,所述叶根预制件包括沿环向布置的螺栓套,所述纤维层包括设置在所述螺栓套的径向内侧的内侧纤维层和设置在所述螺栓套的径向外侧的外侧纤维层,所述内侧纤维层为玻璃纤维,所述外侧纤维层为碳纤维。或者,所述内侧纤维层为碳纤维,所述外侧纤维层为玻璃纤维。或者,所述内侧纤维层和所述外侧纤维层均包括玻璃纤维和碳纤维。

[0020] 可选地,在所述内侧纤维层和所述外侧纤维层中的每个中,玻璃纤维和碳纤维错层布置。

[0021] 可选地,所述叶片还包括主梁以及设置在所述主梁的外侧的主梁下铺层和设置在所述主梁的内侧的主梁上铺层,所述主梁下铺层和所述主梁上铺层中的每个包括从所述叶片的叶根朝向所述叶片的叶尖依次设置的碳纤维和玻璃纤维,所述碳纤维自所述叶片的叶根设置到所述叶片的长度的 $1/4-1/3$ 。通过上述设置,可提高载荷集中的叶根段的结构强度,并且可降低叶片整体的重量和制造成本。

[0022] 可选地,在所述主梁下铺层和所述主梁上铺层中的每个中,所述碳纤维和所述玻璃纤维呈阶梯型搭接。

附图说明

[0023] 通过下面结合附图进行的详细描述,本发明的上述和其它目的、特点和优点将会变得更加清楚,其中:

[0024] 图1是根据本发明的实施例的主梁和腹板在叶片中的安装状态的示意图;

[0025] 图2是根据本发明的实施例的主梁和腹板的示意图;

[0026] 图3是根据本发明的一个实施例的主梁中的纤维层的布置方式的示意图;

[0027] 图4是根据本发明的另一实施例的主梁中的纤维层的布置方式的示意图;

- [0028] 图5是根据本发明的实施例的用于分段叶片的主梁的示意图；
- [0029] 图6是根据本发明的实施例的腹板的弦向截面图；
- [0030] 图7是根据本发明的实施例的腹板的展向截面图；
- [0031] 图8至图10是根据本发明的实施例的叶根预制件的示意图；
- [0032] 图11是根据本发明的一个实施例的叶片的示意图。
- [0033] 附图标记说明:10为主梁,10a为第一主梁段,10b为第二主梁段,10c为粘结层,10d为补强层,11为第一纤维层,12为第二纤维层,20为腹板,21为芯材,22为增强部,22a为第三纤维层,22b为第四纤维层,30为叶根预制件,31为螺栓套,32为内侧纤维层,33为外侧纤维层,34为阻挡件,35为斜角过渡件,100为叶片,101为压力面壳体,102为吸力面壳体。

具体实施方式

[0034] 图1是根据本发明的实施例的主梁和腹板在叶片中的安装状态的示意图。图1示出了叶片的一部分在吸力面(SS)壳体和压力面(PS)壳体打开状态下的示意图。

[0035] 如图1所示,叶片100可包括压力面壳体101和吸力面壳体102。在安装好的叶片100中,压力面壳体101和吸力面壳体102可通过例如胶结彼此结合以形成完整的壳体,提供气流通过的几何翼型。

[0036] 根据本发明的实施例,叶片100还可包括主梁10。主梁10可设置在压力面壳体101和吸力面壳体102中作为承力部件。叶片100可包括分别设置在压力面壳体101和吸力面壳体102中的两个主梁10。

[0037] 叶片100还可包括腹板20。腹板20可支撑在压力面壳体101和吸力面壳体102之间,用于承受剪力和弯曲力矩。可选地,叶片100可包括两个腹板20,两个腹板20彼此分开。然而,腹板20的数量不受具体限制。

[0038] 图2是根据本发明的实施例的主梁和腹板的示意图。如图2所示,两个主梁10在叶片100的厚度方向上彼此相对,两个腹板20在叶片100的弦向上彼此相对并支撑两个主梁10。

[0039] 根据本发明的实施例的主梁

[0040] 以下,将首先参照图3至图5描述根据本发明的实施例的叶片100的主梁10。

[0041] 图3是根据本发明的一个实施例的主梁中的纤维层的布置方式的示意图,图4是根据本发明的另一实施例的主梁中的纤维层的布置方式的示意图,图5是根据本发明的实施例的用于分段叶片的主梁的示意图。

[0042] 如图3和图4所示,根据本发明的实施例,两个主梁10中的至少一个主梁10包括第一纤维层11和第二纤维层12。第一纤维层11和第二纤维层12从主梁10的根部(主梁10的靠近叶片100的根部的一端)朝向主梁10的尖部(主梁的靠近叶片100的叶尖的一端)依次设置,第一纤维层11包括玻璃纤维,第二纤维层12包括碳纤维,第二纤维层12的比刚度大于第一纤维层11的比刚度。

[0043] 也就是说,与叶片100的叶根段(从叶片100的根部到叶片100的中间部分的区域)对应的第一纤维层11包括玻璃纤维,与叶片100的叶尖段(从叶片100的中间部分到叶片100的叶尖的区域)对应的第二纤维层12包括碳纤维,并且与叶片100的叶尖段对应的第二纤维层12的比刚度大于与叶片100的叶根段对应的第一纤维层11的比刚度。根据本发明的实施

例,通过以上结构,可实现以下四方面的技术效果。

[0044] 首先,由于第二纤维层12包括碳纤维,并且第二纤维层12的比刚度大于第一纤维层11的比刚度,因此可提高叶片100的叶尖段的刚性,从而可避免叶尖挠度过大与塔架干涉,降低叶片扫塔风险。

[0045] 第二,对于风力发电机组的叶片来讲,从叶中到叶尖翼型的相对厚度(翼型的最大高度/弦长)一般不会超过30%,即,叶片从叶中到叶尖这一区域的腔体空间较小,而主梁需要在较小空间内满足强度和刚度的要求,所以通过使与叶片100的叶尖段对应的第二纤维层12包括碳纤维可使叶尖段主梁满足强度和刚度的需求,同时可减轻主梁的重量,尤其是叶尖段主梁的重量。

[0046] 第三,现有技术中,主梁可能全部使用碳纤维制成,然而,在这种情况下,主梁的制造成本大幅度增加,根据本发明的实施例,通过在与叶片100的叶根段对应的主梁10中应用玻璃纤维,可降低主梁的制造成本。

[0047] 第四,通过在与叶片100的叶尖段对应的主梁10中应用碳纤维,可通过碳纤维自身的高频率特征提高叶片100的固有频率,避免叶片100与塔架产生共振。

[0048] 根据本发明的实施例,“两个主梁10中的至少一个主梁包括第一纤维层11和第二纤维层12”可包括以下情况:两个主梁10都包括第一纤维层11和第二纤维层12;两个主梁10中的一个主梁10包括第一纤维层11和第二纤维层12,两个主梁10中的另一个主梁10包括其它形式的纤维层。

[0049] 根据本发明的实施例,第一纤维层11包括玻璃纤维。其中,玻璃纤维的主要成分为二氧化硅、氧化铝、氧化钙、氧化硼、氧化镁、氧化钠等。根据玻璃中碱含量的多少,可分为无碱玻璃纤维(简称E玻纤,氧化钠0%~2%,属铝硼硅酸盐玻璃)、中碱玻璃纤维(氧化钠8%~12%,属含硼或不含硼的钠钙硅酸盐玻璃)和高碱玻璃纤维(氧化钠13%以上,属钠钙硅酸盐玻璃)。

[0050] 根据本发明的实施例,第二纤维层12包括碳纤维。碳纤维为包括碳元素的一种特种纤维。碳纤维具有耐高温、抗摩擦、导电、导热及耐腐蚀等特性,外形呈纤维状、柔软、可加工成各种织物,由于其石墨微晶结构沿纤维轴择优取向,因此沿纤维轴方向有很高的强度和模量。碳纤维的密度小,故比强度和比模量高。

[0051] 另外,应理解的是,第一纤维层11的比刚度和第二纤维层12的比刚度是指第一纤维层11的平均比刚度和第二纤维层12的平均比刚度。也就是说,当第一纤维层11具有多个纤维层,第二纤维层12具有多个纤维层时,第一纤维层11的比刚度是指第一纤维层11的多个纤维层的刚度的平均值,第二纤维层12的比刚度是指第二纤维层12的多个纤维层的刚度的平均值。

[0052] 根据本发明的实施例,第一纤维层11可仅包括玻璃纤维,第二纤维层12可仅包括碳纤维。通过这样设置,可进一步提高叶尖区域主梁10的刚度,因此使降低叶片扫塔风险的效果最优化。

[0053] 或者,根据本发明的实施例,第一纤维层11可仅包括玻璃纤维,第二纤维层12可包括玻璃纤维和碳纤维二者。通过这样设置,可在防止叶片扫塔的同时降低主梁的制造成本。

[0054] 或者,根据本发明的实施例,第一纤维层11包括玻璃纤维和碳纤维二者,第二纤维层12包括玻璃纤维和碳纤维二者,第二纤维层12的单位体积的碳纤维的重量大于第一纤维

层11的单位体积的碳纤维的重量。也就是说,在第一纤维层11和第二纤维层12都包括玻璃纤维和碳纤维的情况下,第二纤维层12中的碳纤维的设置密度高于第一纤维层11中的碳纤维的设置密度,以使第二纤维层的比刚度高于第一纤维层的比刚度。通过这样设置,与主梁10的叶根段相比,可进一步提高主梁10的叶尖段的刚度,从而避免出现扫塔事故。

[0055] 根据本发明的实施例,当第一纤维层11包括玻璃纤维和碳纤维二者时,玻璃纤维和碳纤维按照以下方式中的任意一种方式排布:玻璃纤维和碳纤维在叶片主梁的厚度方向上错层排布,玻璃纤维设置在碳纤维上方,玻璃纤维设置在碳纤维下方。其中,基于图3和图4来确定“上方”和“下方”,并且图3和图4中的“上方”可指靠近叶片外部的区域,“下方”可指靠近叶片内腔的区域。

[0056] 另外,根据本发明的实施例,当第二纤维层12包括玻璃纤维和碳纤维二者时,玻璃纤维和碳纤维按照以下方式中的任意一种方式排布:玻璃纤维和碳纤维在叶片主梁的厚度方向上错层排布,玻璃纤维设置在碳纤维上方,玻璃纤维设置在碳纤维下方。“上方”和“下方”按照与以上描述类似的方式来理解。

[0057] 根据本发明的实施例,当叶片100包括两个主梁10时,两个主梁10中的每个主梁10可按照以上描述的方式包括第一纤维层11和第二纤维层12。并且第一纤维层11仅包括玻璃纤维,第二纤维层12仅包括碳纤维。通过这样设置,可进一步提高叶尖段主梁的刚度。

[0058] 根据本发明的另一实施例,当叶片100包括两个主梁10时,两个主梁10中的一个主梁10包括第一纤维层11和第二纤维层12,并且第一纤维层11仅包括玻璃纤维,第二纤维层12仅包括碳纤维,两个主梁10中的另一个主梁10也包括纤维层,但其纤维层仅包括玻璃纤维,而不包括碳纤维。通过这样设置,可在提高主梁10的叶尖段的刚度的同时进一步降低主梁10的制造成本。

[0059] 根据本发明的实施例,由于主梁需要承受叶片的拉力和弯矩,因此包括碳纤维的第二纤维层12可自主梁10的尖部一直设置到超过主梁10的长度的 $1/3$ 。第一纤维层11可自主梁10的根部设置到与第二纤维层12搭接到一起的区域。

[0060] 如图3和图4所示,第一纤维层11和第二纤维层12错层设置并且搭接在一起形成搭接区域,从而将第一纤维层11和第二纤维层12连接为一个整体。

[0061] 根据本发明的实施例,由于主梁需要承受叶片的拉力和弯矩,为了保证搭接质量,第一纤维层11和第二纤维层12的搭接长度(指的是第一纤维层11中的单个层与第二纤维层12中的单个层形成的搭接长度)在10cm-50cm之间。如果搭接长度小于10cm,则在搭接处主梁10的强度不足,如果搭接长度大于50cm,则会导致主梁10的重量增大。

[0062] 根据本发明的实施例,如图4所示,第一纤维层11和第二纤维层12可呈阶梯型搭接。通过这样设置,可避免在第一纤维层11和第二纤维层12的搭接区域主梁10的厚度过厚。

[0063] 另外,还可通过减小第一纤维层11和第二纤维层12在搭接区域的纤维密度来减小搭接区域的主梁厚度。具体而言,纤维层的厚度与纤维层的密度有关,并且随着纤维层的密度增大纤维层的厚度也增大,因此,通过减小第一纤维层11和第二纤维层12在搭接区域的纤维密度,来减小第一纤维层11和第二纤维层12在搭接区域的厚度,从而避免在第一纤维层11和第二纤维层12的搭接区域主梁10的厚度过厚。因此,根据本发明的实施例,可使第一纤维层11在搭接区域的纤维密度低于第一纤维层11在其它区域的纤维密度、第二纤维层12在搭接区域的纤维密度低于第二纤维层12在其它区域的纤维密度。

[0064] 应理解的是,虽然图3和图4中示出的第一纤维层11和第二纤维层12都仅有三层,但图3和图4仅仅是示例,主梁10的第一纤维层11和第二纤维层12的具体层数不受具体限制,可根据叶片100的总体结构设计进行设计。

[0065] 根据本发明的实施例,主梁10还可包括包覆浸润第一纤维层11和第二纤维层12的树脂,以使第一纤维层11和第二纤维层12成型。因此,图3和图4中,第一纤维层11和第二纤维层12的相邻纤维层之间设置有固化树脂。

[0066] 作为示例,可通过以下方式中的任意一种方式来制造图3和图4中的主梁10:可首先在主梁模具中铺设第一纤维层11和第二纤维层12,然后向第一纤维层11和第二纤维层12灌注树脂并固化成型;或者可将第一纤维层11和第二纤维层12制造成纤维预浸料,然后主梁模具中铺设固化成型;或者可制造第一纤维层11和第二纤维层12的拉挤板,然后将其铺设成型。

[0067] 根据本发明的实施例的主梁10还可适用于分段叶片。图5是根据本发明的实施例的用于分段叶片的主梁10的示意图。如图5所示,主梁10可包括第一主梁段10a和第二主梁段10b。第一主梁段10a和第二主梁段10b可通过粘结层10c和补强层10d彼此连接。

[0068] 根据本发明的实施例,第一主梁段10a和第二主梁段10b的结合表面(即,第一主梁段10a和第二主梁段10b的端面)可以为倾斜表面,以增大第一主梁段10a与第二主梁段10b之间的粘结面积,提高粘接力。粘结层10c可利用具有粘性的材料形成,可选地,粘结层10c可包括结构胶。

[0069] 根据本发明的实施例,为了提高第一主梁段10a和第二主梁段10b的粘结强度,还可在主梁10的粘结区域的两侧设置补强层10d。作为示例,补强层10d可以是树脂浸渍纤维。

[0070] 然而,本发明不限于此,当粘结层10c的粘结强度足够时,可仅通过粘结层10c来连接第一主梁段10a和第二主梁段10b。

[0071] 另外,虽然没示出,但第一主梁段10a和第二主梁段10b也可通过机械连接件(例如,螺栓)彼此连接。

[0072] 根据本发明的实施例,第一主梁段10a可包括第一纤维层11,第二主梁段10b可包括第二纤维层12,第一纤维层11和第二纤维层12的具体材料可与以上参照图3和图4描述的材料相同,为了避免冗余,在此不做重复描述。

[0073] 根据本发明的实施例,第二主梁段10b可自主梁10的尖部一直设置到超过主梁10的长度的1/3。

[0074] 作为示例,可通过以下方式来制造图5中的主梁10:可利用第一纤维层11来制造第一主梁段10a,可利用第二纤维层12来制造第二主梁段10b,然后可将第一主梁段10a和第二主梁段10b彼此连接。在制造第一主梁段10a时,可铺设第一纤维层11然后灌注树脂并固化成型,或者可将第一纤维层11制造成纤维预浸料,然后固化成型,或者可制造第一纤维层11的拉挤板,然后将其铺设成型。可采用类似的方式来制造第二主梁段10b。

[0075] 根据本发明的实施例的主梁,可同时实现四方面的技术效果:一、可避免叶尖挠度过大与塔架干涉,降低叶片扫塔风险;二、使叶尖段主梁满足强度和刚度的需求,同时可减轻主梁的重量,尤其是叶尖区域主梁的重量;三、可降低主梁的制造成本;四、避免叶片与塔架产生共振。

[0076] 根据本发明的实施例的腹板

[0077] 以下,将参照图6和图7来描述根据本发明的实施例的腹板。图6是根据本发明的实施例的腹板的弦向截面图,图7是根据本发明的实施例的腹板的展向截面图。

[0078] 如图6和图7所示,根据本发明的实施例的腹板20可包括芯材21以及分别设置在芯材21两侧的增强部22。

[0079] 根据本发明的实施例,设置在芯材21两侧的增强部22在芯材21的两端结合到一起并朝一个方向弯曲,使腹板20整体上形成类似于C型的盒式结构,以提供叶片的强度和刚度。

[0080] 根据本发明的实施例,设置在芯材21两侧的两个增强部22中的至少一个可包括第三纤维层22a和第四纤维层22b。第三纤维层22a和第四纤维层22b从腹板20的根部(腹板20的靠近叶片100的根部的一端)朝向腹板20的尖部(腹板20的靠近叶片100的叶尖的一端)依次设置,第三纤维层22a包括玻璃纤维,第四纤维层22b包括碳纤维,第四纤维层22b的比刚度大于第三纤维层22a的比刚度。

[0081] 也就是说,与叶片100的叶根段(从叶片100的根部到叶片100的中间部分的区域)对应的第三纤维层22a包括玻璃纤维,与叶片100的叶尖段(从叶片100的中间部分到叶片100的叶尖的区域)对应的第四纤维层22b包括碳纤维,并且第四纤维层22b的比刚度大于第三纤维层22a的比刚度。根据本发明的实施例,通过以上结构,可实现以下四方面的技术效果。

[0082] 首先,由于第四纤维层22b包括碳纤维,并且第四纤维层22b的比刚度大于第三纤维层22a的比刚度,因此可提高叶片100的叶尖段的刚性,从而可避免叶尖挠度过大与塔架干涉,降低叶片扫塔风险。

[0083] 第二,对于风力发电机组的叶片来讲,腹板主要承受叶片的剪切力,尤其是从距叶尖1/3长度到叶尖这段,叶片比较薄,比较软,而腹板需要在较小空间内满足强度和刚度的要求,所以通过使与叶片100的叶尖段对应的第四纤维层22b包括碳纤维可使叶尖段腹板满足强度和刚度的需求,同时可减轻腹板的重量,尤其是叶尖段腹板的重量。

[0084] 第三,由于叶片叶根段壳体较厚,在叶根段,刚度及频率不会对腹板造成较大影响,因此,根据本发明的实施例,通过在与叶片100的叶根段对应的腹板20中应用玻璃纤维,可降低腹板的制造成本,而在叶尖段对应的腹板20中应用碳纤维,可以满足叶尖段的刚度和强度要求。

[0085] 第四,通过在与叶片100的叶尖段对应的腹板20中应用碳纤维,可通过碳纤维自身的高频率特征提高叶片100的固有频率,避免叶片100与塔架产生共振。

[0086] 根据本发明的实施例,增强部22中的每个可包括第三纤维层22a和第四纤维层22b。

[0087] 另外,应理解的是,第三纤维层22a的比刚度和第四纤维层22b的比刚度是指第三纤维层22a的平均比刚度和第四纤维层22b的平均比刚度。也就是说,当第三纤维层22a具有多个纤维层,第四纤维层22b具有多个纤维层时,第三纤维层22a的比刚度是指第三纤维层22a的多个纤维层的刚度的平均值,第四纤维层22b的比刚度是指第四纤维层22b的多个纤维层的刚度的平均值。

[0088] 根据本发明的实施例,第三纤维层22a可仅包括玻璃纤维,第四纤维层22b可仅包括碳纤维。通过这样设置,可进一步提高叶尖区域腹板20的刚度,因此使降低叶片扫塔风险

的效果最优化。

[0089] 或者,根据本发明的实施例,第三纤维层22a可仅包括玻璃纤维,第四纤维层22b可包括玻璃纤维和碳纤维二者。通过这样设置,可在防止叶片扫塔的同时降低腹板的制造成本。

[0090] 或者,根据本发明的实施例,第三纤维层22a包括玻璃纤维和碳纤维二者,第四纤维层22b包括玻璃纤维和碳纤维二者,第四纤维层22b的单位体积的碳纤维的重量大于第三纤维层22a的单位体积的碳纤维的重量。也就是说,在第三纤维层22a和第四纤维层22b都包括玻璃纤维和碳纤维的情况下,第四纤维层22b中的碳纤维的设置密度高于第三纤维层22a中的碳纤维的设置密度,以使第二纤维层的比刚度高于第一纤维层的比刚度。通过这样设置,与腹板20的叶根段相比,可进一步提高腹板20的叶尖段的刚度,从而避免出现扫塔事故。

[0091] 根据本发明的实施例,当第三纤维层22a包括玻璃纤维和碳纤维二者时,玻璃纤维和碳纤维按照以下方式中的任意一种方式排布:玻璃纤维和碳纤维在叶片腹板的厚度方向上错层排布,玻璃纤维设置在碳纤维上方,玻璃纤维设置在碳纤维下方。其中,基于图7来确定“上方”和“下方”,并且“上方”可指远离芯材21的方向,“下方”可指靠近芯材21的方向。

[0092] 另外,根据本发明的实施例,当第四纤维层22b包括玻璃纤维和碳纤维二者时,玻璃纤维和碳纤维按照以下方式中的任意一种方式排布:玻璃纤维和碳纤维在叶片腹板的厚度方向上错层排布,玻璃纤维设置在碳纤维上方,玻璃纤维设置在碳纤维下方。“上方”和“下方”按照与以上描述类似的方式来理解。

[0093] 根据本发明的实施例,当叶片100包括两个腹板20时,两个腹板20中的每个腹板20可具有图6和图7中示出的结构。

[0094] 根据本发明的实施例,第三纤维层22a可自腹板20的根部一直设置到腹板20的长度的 $1/2-2/3$ 。第四纤维层22b可自腹板20的尖部设置到与第三纤维层22a搭接到一起的区域,以在较小空间内满足强度和刚度的要求。

[0095] 如图7所示,第三纤维层22a和第四纤维层22b错层设置并且搭接在一起形成搭接区域,从而将第三纤维层22a和第四纤维层22b连接为一个整体。

[0096] 根据本发明的实施例,由于腹板主要承担叶片的剪切力,为了保证搭接质量,第三纤维层22a和第四纤维层22b的搭接长度(指的是第三纤维层22a中的单个层与第四纤维层22b中的单个层形成的搭接长度)在5cm-30cm之间。如果搭接长度小于5cm,则在搭接处腹板20的强度不足,如果搭接长度大于30cm,则会导致腹板20的重量增大。

[0097] 根据本发明的实施例,与第一纤维层11和第二纤维层12类似,第三纤维层22a和第四纤维层22b可呈阶梯型搭接。通过这样设置,可避免在第三纤维层22a和第四纤维层22b的搭接区域腹板20的厚度过厚。

[0098] 另外,还可通过减小第三纤维层22a和第四纤维层22b在搭接区域的纤维密度来减小搭接区域的腹板厚度。具体而言,纤维层的厚度与纤维层的密度有关,并且随着纤维层的密度增大纤维层的厚度也增大,因此,通过减小第三纤维层22a和第四纤维层22b在搭接区域的纤维密度,来减小第三纤维层22a和第四纤维层22b在搭接区域的厚度,从而避免在第三纤维层22a和第四纤维层22b的搭接区域腹板20的厚度过厚。因此,根据本发明的实施例,可使第三纤维层22a在搭接区域的纤维密度低于第三纤维层22a在其它区域的纤维密度、第

四纤维层22b在搭接区域的纤维密度低于第四纤维层22b在其它区域的纤维密度。

[0099] 应理解的是,虽然图7中示出的第三纤维层22a和第四纤维层22b都仅有三层,但图7仅仅是示例,腹板20的第三纤维层22a和第四纤维层22b的具体层数不受具体限制,可根据叶片100的总体结构设计进行设计。

[0100] 根据本发明的实施例,增强部22还可包括包覆浸润第三纤维层22a和第四纤维层22b的树脂,以使第三纤维层22a和第四纤维层22b成型。因此,图6和图7中,第三纤维层22a和第四纤维层22b的相邻纤维层之间设置有固化树脂。

[0101] 作为示例,可通过以下方式中的任意一种方式来制造图6和图7中的腹板20:在腹板模具中铺设一个增强部22的第三纤维层22a和第四纤维层22b;铺设芯材21;在芯材21上铺设另一增强部22的第三纤维层22a和第四纤维层22b;灌注树脂,使腹板20成型。

[0102] 根据本发明的实施例的腹板,可同时实现四方面的技术效果:一、可避免叶尖挠度过大与塔架干涉,降低叶片扫塔风险;二、使叶尖段腹板满足强度和刚度的需求,同时可减轻腹板的重量;三、可降低腹板的制造成本;四、避免叶片与塔架产生共振。

[0103] 根据本发明的实施例的叶根预制件

[0104] 以下,将参照图8至图10描述根据本发明的实施例的叶根预制件。

[0105] 图8至图10是根据本发明的实施例的叶根预制件的示意图。

[0106] 如图8至图10所示,根据本发明的实施例的叶根预制件30包括沿环向布置的螺栓套31以及覆盖螺栓套31的纤维层,纤维层包括玻璃纤维和碳纤维。

[0107] 由于叶片的叶根承受载荷较大,因此需要提高叶根预制件30的强度。然而,如果全部采用碳纤维作为叶根预制件30的铺层,一方面制造成本高,另一方面叶根预制件30的铺层厚度不足,增大断裂风险。

[0108] 根据本发明的实施例,通过使纤维层包括玻璃纤维和碳纤维二者,可同时实现以下技术效果:满足叶根预制件30的强度要求、降低叶根预制件30的断裂风险、制造成本和重量。

[0109] 根据本发明的实施例,纤维层可包括设置在螺栓套31的径向内侧的内侧纤维层32和设置在螺栓套31的径向外侧的外侧纤维层33。内侧纤维层32和外侧纤维层33的具体层数不受具体限制,可根据结构设计来确定。

[0110] 作为一个示例,如图8所示,内侧纤维层32为玻璃纤维,外侧纤维层33为碳纤维。当内侧纤维层32和外侧纤维层33都具有多个层时,内侧纤维层32的每一层都是玻璃纤维,外侧纤维层33的每一层都是碳纤维。

[0111] 作为另一示例,如图9所示,内侧纤维层32为碳纤维,外侧纤维层33为玻璃纤维。当内侧纤维层32和外侧纤维层33都具有多个层时,内侧纤维层32的每一层都是碳纤维,外侧纤维层33的每一层都是玻璃纤维。

[0112] 作为另一示例,内侧纤维层32和外侧纤维层33均包括玻璃纤维和碳纤维(如图10所示)。根据本发明的实施例,虽然没有示出,但在内侧纤维层32和外侧纤维层33中的每个中,玻璃纤维和碳纤维可错层布置。“错层布置”不仅指玻璃纤维和碳纤维一个一个交替布置的情况,还指玻璃纤维和碳纤维两(三或更多)个两(三或更多)个交替布置的情况。

[0113] 根据本发明的实施例,如图8至图10所示,叶根预制件30还可包括阻挡件34和斜角过渡件35。根据本发明的实施例,阻挡件34可设置在螺栓套31的一端,以防止灌注树脂时树

脂灌入螺栓套31内。作为示例,阻挡件34的厚度(径向尺寸)可与螺栓套31的径向尺寸(单个螺栓套31的枝晶)相等。

[0114] 斜角过渡件35可设置在阻挡件34外侧,斜角过渡件35的一端与阻挡件34接触,斜角过渡件35的另一端朝远离螺栓套31的方向延伸。从斜角过渡件35的一端到斜角过渡件35的另一端,斜角过渡件35的厚度逐渐减小。根据本发明的实施例,通过设置斜角过渡件35,可使叶根预制件30的厚度平缓过渡。

[0115] 作为示例,可通过以下方式来制造叶根预制件30:铺设外侧纤维层33,铺设螺栓套31、阻挡件34和斜角过渡件35,然后铺设内侧纤维层32,最后灌注树脂以使叶根预制件30成型。

[0116] 以上描述的是预埋螺栓套型的叶根预制件30,根据本发明的实施例的叶根预制件还可以是打孔型的叶根预制件。与预埋螺栓套型的叶根预制件30相比,打孔型的叶根预制件不需要预埋螺栓套,而是在铺设纤维层并灌注树脂后,在叶根预制件的一侧进行打孔形成环状布置的螺栓孔。

[0117] 根据本发明的实施例的叶根预制件,可提高叶片的叶根强度,并降低叶根预制件的断裂风险、制造成本和重量。

[0118] 根据本发明的实施例的叶片

[0119] 图11是根据本发明的一个实施例的叶片的示意图。

[0120] 以下,将参照图11和图1描述根据本发明的实施例的叶片。

[0121] 如图1和图11所示,根据本发明的实施例的叶片100可包括如上所述的主梁10、腹板20和叶根预制件30中的至少一个。

[0122] 优选地,根据本发明的实施例的叶片100可包括如上所述的主梁10、腹板20和叶根预制件30三者。图11中的白色区域的主梁10表示主梁10的纤维层为玻璃纤维,灰色区域的主梁10表示主梁10的纤维层为碳纤维。

[0123] 此外,根据本发明的实施例的叶片100还可包括设置在两个主梁10中的每个的内侧(靠近叶片外部的一侧)的主梁下铺层(未示出)和设置在两个主梁10中的每个的外侧(靠近叶片内腔的一侧)的主梁上铺层(未示出)。

[0124] 主梁下铺层和主梁上铺层中的每个包括自叶片100的叶根沿叶片100的展向依次设置的碳纤维和玻璃纤维。

[0125] 根据本发明的实施例,在主梁下铺层和主梁上铺层中的每个中,通过在叶片100的叶根段设置碳纤维,在叶片100的叶尖段设置玻璃纤维,可提高载荷集中的叶根段的结构强度,并且可降低叶片100整体的重量和制造成本。

[0126] 根据本发明的实施例,在主梁下铺层和主梁上铺层中的每个中,碳纤维自叶片100的叶根设置到叶片100的长度的 $1/4-1/3$,玻璃纤维与碳纤维搭接并沿叶片100的展向设置到叶尖。

[0127] 根据本发明的实施例,在叶片100的展向上,与图4中主梁10的纤维层的搭接方式类似,主梁下铺层和主梁上铺层中的碳纤维和玻璃纤维也可呈阶梯型搭接。

[0128] 作为示例,可通过以下描述的方法来制造叶片100。

[0129] 首先将叶根预制件30放到叶片壳体模具内,然后再铺放主梁下铺层、芯材、主梁10和主梁上铺层,铺设完成后使用真空灌注工艺灌注固化,制备压力面壳体101和吸力面壳体

102。叶片铺层时,在固化前,需要在主梁10的碳纤维段主梁下方(主梁10外表面)加一层避雷金属网连接到叶片接闪器上防雷,避免叶片使用碳纤维被雷击损伤。

[0130] 在压力面壳体101和吸力面壳体102制备好后,需要将压力面壳体101和吸力面壳体102这两个半壳体通过结构胶粘接起来形成一支叶片。在这之前先将腹板20粘接在压力面壳体101和吸力面壳体102中的任意一个(例如,图1中的压力面壳体101)的与主梁10对应的区域,待腹板20粘接固化后,将压力面壳体101和吸力面壳体102中的另一个的模具翻转将这两个半壳体用结构胶粘接在一起。叶片粘接在一起后需要经过固化过程形成一支结构牢固的叶片。

[0131] 根据本发明的实施例的叶片,可同时实现四方面的技术效果:一、可避免叶尖挠度过大与塔架干涉,降低叶片扫塔风险;二、使叶尖段满足强度和刚度的需求,同时可减轻叶片的重量,尤其是叶尖重量;三、可降低叶片的制造成本;四、避免叶片与塔架产生共振。

[0132] 尽管已经参照其示例性实施例具体描述了本发明的示例性实施例,但是本领域的技术人员应该理解,在不脱离权利要求所限定的本发明的精神和范围的情况下,可以对其进行形式和细节上的各种改变。

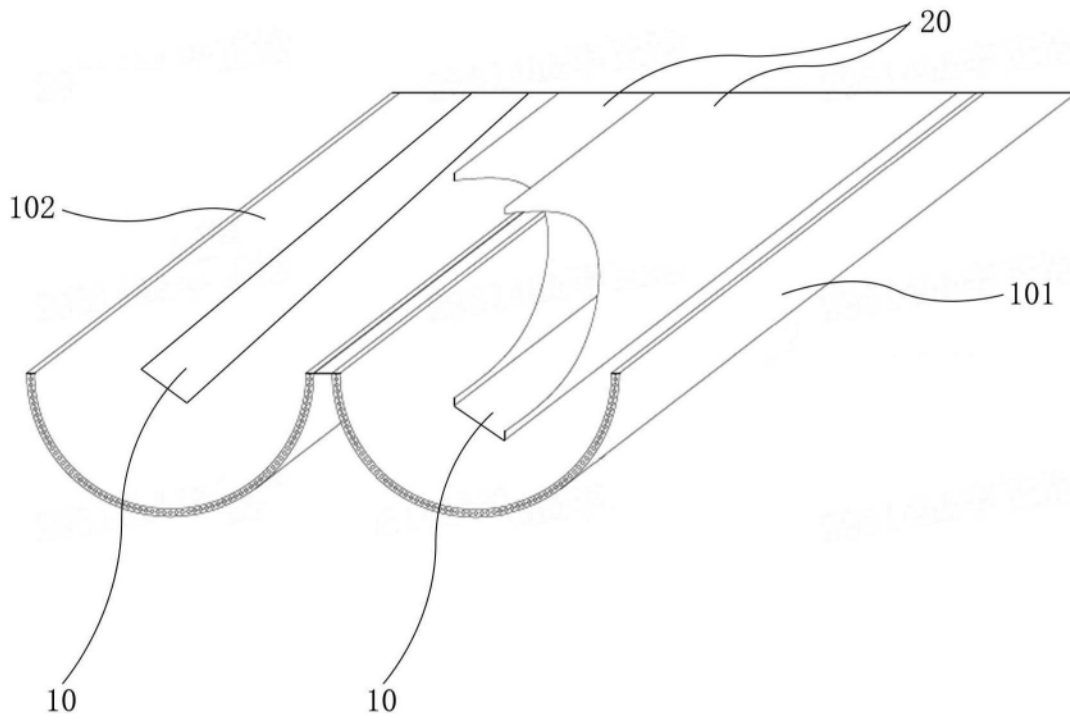


图1

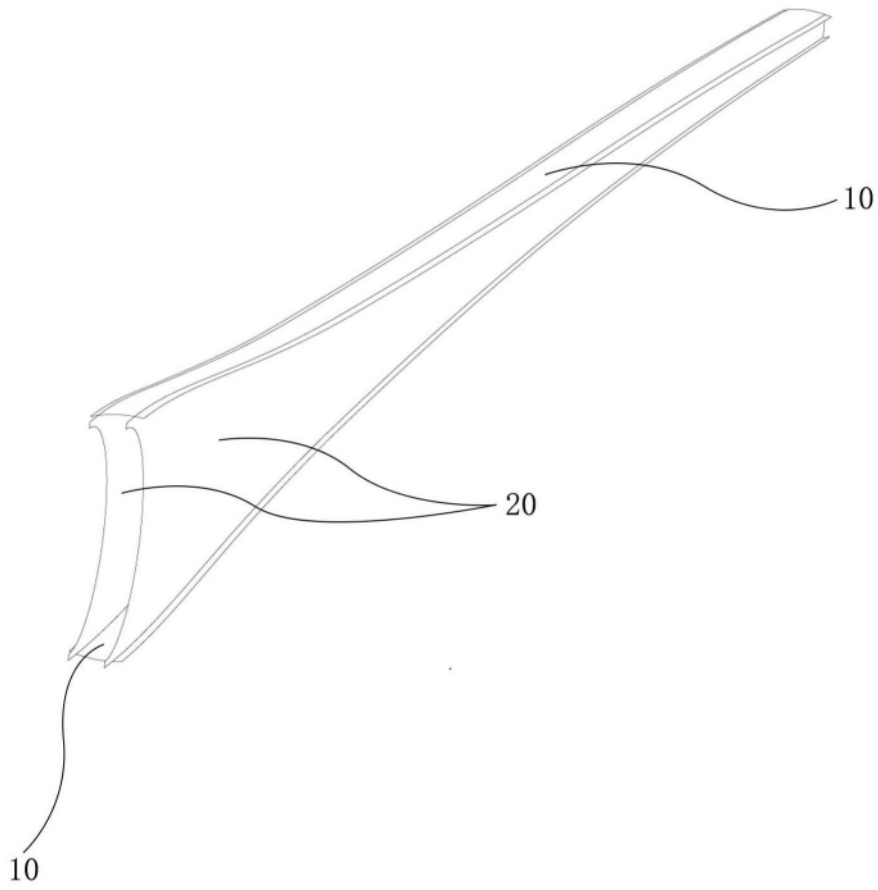


图2

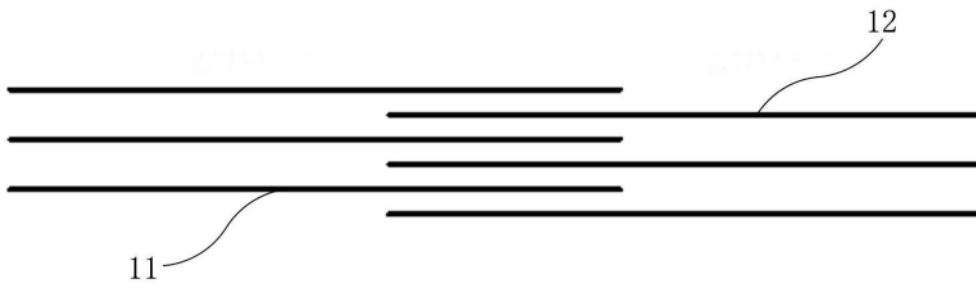


图3

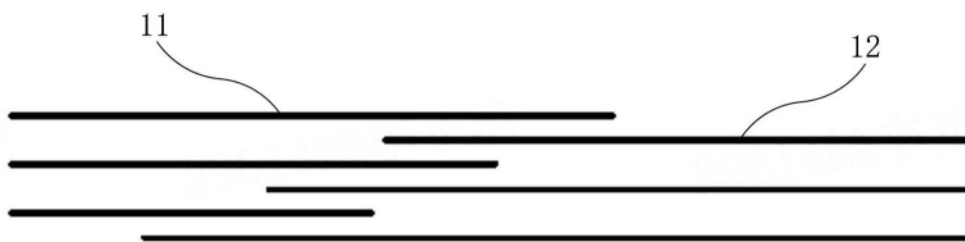


图4

10

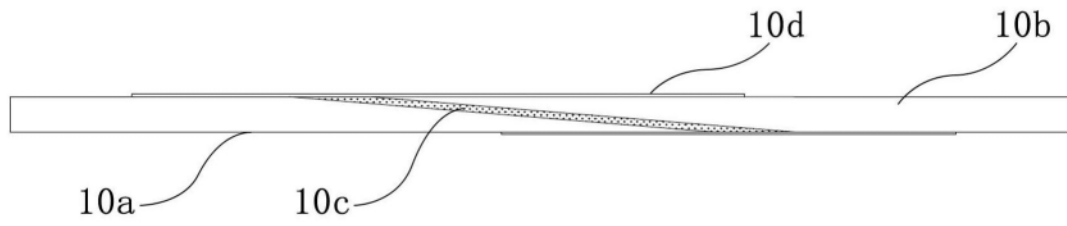


图5

20

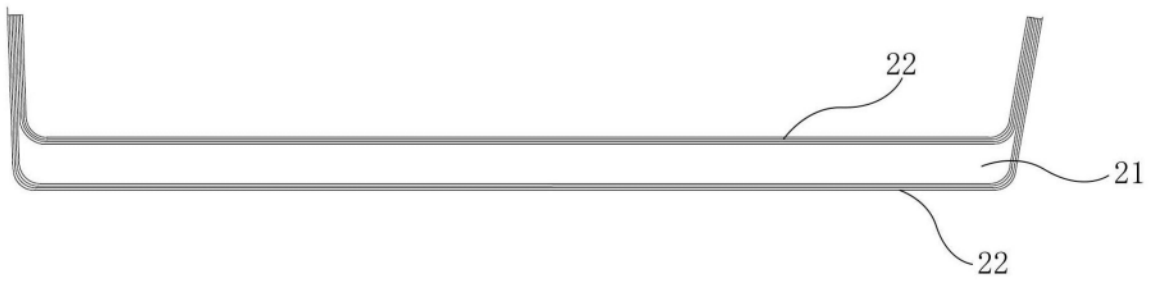


图6

20

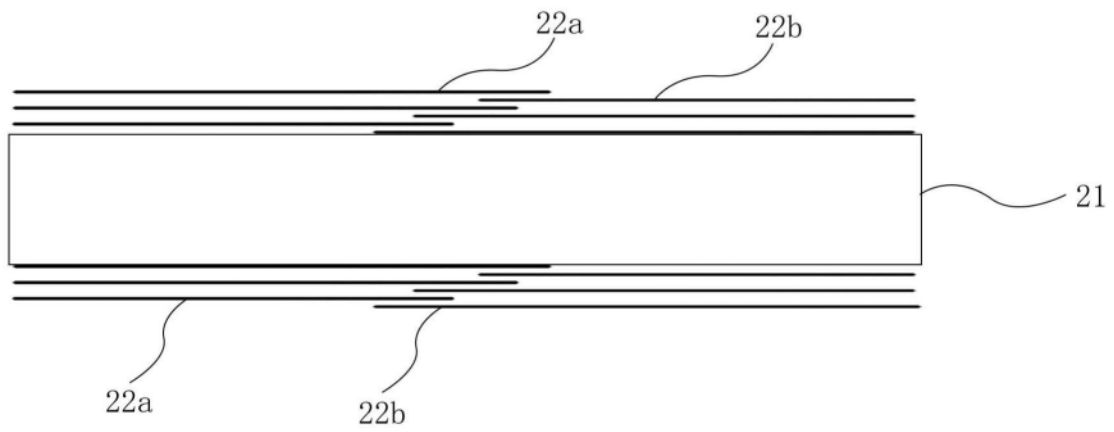


图7

30

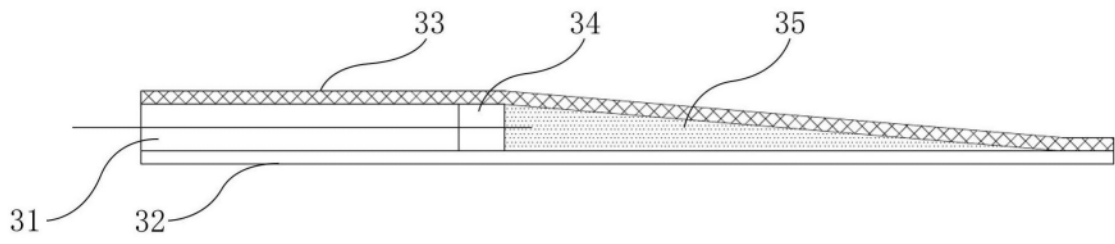


图8

30

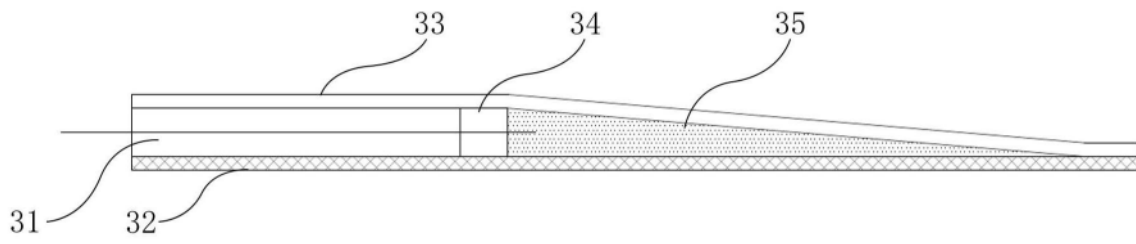


图9

30

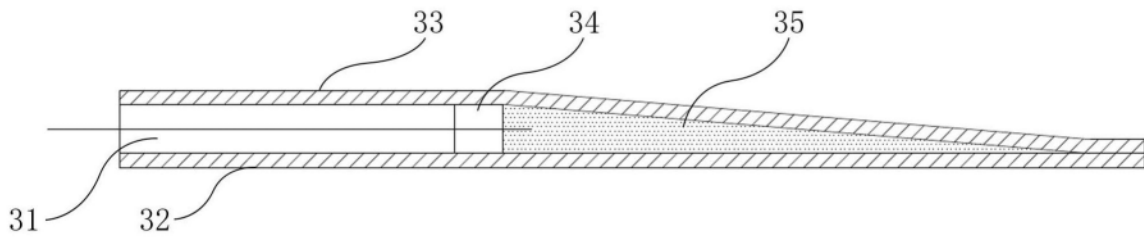


图10

100

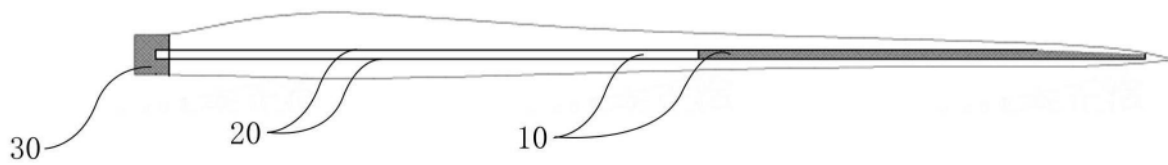


图11