



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118339378 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 12

(21) 申请号 202280079901.7

(22) 申请日 2022.11.15

(30) 优先权数据

21211701.4 2021.12.01 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.05.31

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/081915 2022.11.15

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2023/099200 EN 2023.06.08

(71) 申请人 西门子歌美飒可再生能源公司

地址 丹麦布兰德

(72) 发明人 S·R·D·亨里克森

J·G·约根森

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

72001

专利代理师 史婧 任霄

(51) Int.Cl.

F03D 1/06 (2006.01)

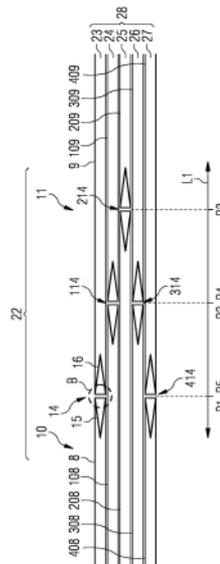
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

风力涡轮机叶片和用于制造风力涡轮机叶片的方法

(57) 摘要

一种风力涡轮机叶片(3),包括通过对接接头(14)在接合表面(12、13)处沿板(8、9)的纵向方向(L1)彼此接合的两个板(8、9),其中每个板(8、9)包括具有楔形凹部(19、21)的主要部分(18、20)和填充凹部的楔形部分(15、16),每个楔形部分(15、16)具有接合表面(12、13)中的相应一个并且沿远离其接合表面(12、13)的方向(D1、D2)从其接合表面(12、13)渐缩,并且楔形部分(15、16)的材料的刚度小于主要部分(18、20)的材料的刚度。通过具有楔形部分,载荷在更大的面积上被转移到周围的材料,这减少了应力集中。



1. 一种风力涡轮机叶片(3),包括两个板(8、9),所述两个板(8、9)通过对接接头(14)在接合表面(12、13)处沿板(8、9)的纵向方向(L1)彼此接合,其中

每个板(8、9)包括具有楔形凹部(19、21)的主要部分(18、20)和填充所述凹部(19、21)的楔形部分(15、16),

每个楔形部分(15、16)具有所述接合表面(12、13)中的相应一个,并且从其接合表面(12、13)沿远离其接合表面(12、13)的方向(D1、D2)渐缩,并且

所述楔形部分(15、16)的材料的刚度小于所述主要部分(18、20)的材料的刚度。

2. 根据权利要求1所述的风力涡轮机叶片,其中,在沿着纵向方向(L1)的横截面中看,每个楔形部分(15、16)具有等腰三角形(29)的形状,其接合表面(12、13)是等腰三角形(29)的底边(30)。

3. 根据权利要求1所述的风力涡轮机叶片,其中,在沿着纵向方向(L1)的横截面中看,每个楔形部分(8'、9'、8''、9'')具有直角三角形(34、34')的形状,其接合表面(12'、13'、12''、13'')是直角三角形(34、34')的直角边。

4. 根据权利要求3所述的风力涡轮机叶片,其中,所述两个板(8'、9')中的第一板(8')的楔形部分(15')和所述两个板(8'、9')中的第二板(9')的楔形部分(16')关于平行于所述接合表面(12'、13')的对称轴线(C1)对称地布置。

5. 根据权利要求3所述的风力涡轮机叶片,其中,所述两个板(8''、9'')中的第一板(8'')的楔形部分(15'')和所述两个板(8''、9'')中的第二板(9'')的楔形部分(16'')关于平行于接合表面(12''、13'')的轴线(C2)非对称地布置。

6. 根据权利要求1-5中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述板(8、9)的主要部分(18、20)包括碳纤维和/或玻璃纤维。

7. 根据权利要求1-6中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述板(8、9)的楔形部分(15、16)包括泡沫材料、闭孔泡沫材料、聚合物泡沫、PET泡沫、PVC泡沫、PUR泡沫、木材和/或巴沙木材。

8. 根据权利要求1-7中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,每个楔形部分(15、16)沿远离其接合表面(12、13)的方向(D1、D2)从其接合表面(12、13)渐缩,比率为1:3或更小、1:4或更小、1:10或更小和/或1:100或更小。

9. 根据权利要求1-8中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,

两个接合的板(8、9)包括第一板(8)和第二板(9),并且

所述风力涡轮机叶片(3)包括第一翼梁部段(10)和第二翼梁部段(11),所述第一翼梁部段(10)包括布置成堆叠(28)的多个第一板(8、108、208、308、408),所述第二翼梁部段(11)包括布置成堆叠(28)的多个第二板(9、109、209、309、409),所述第二翼梁部段(11)通过所述多个第一板(8、108、208、308、408)和所述多个第二板(9、109、209、309、409)之间的多个对接接头(14、114、214、314、414)接合到所述第一翼梁部段(10)。

10. 根据权利要求9所述的风力涡轮机叶片,其中,所述多个第一板和多个第二板(8、108、208、308、408、9、109、209、309、409)的多个对接接头(14、114、214、314、414)相对于所述板(8、108、208、308、408、9、109、209、309、409)的纵向方向(L1)布置在交错位置(P1、P2、P3、P4、P5)处。

11. 一种用于制造风力涡轮机叶片(3)的方法,包括以下步骤:

提供(S1)两个板(8、9),每个板包括具有楔形凹部(19、21)的主要部分(18、20)和填充所述凹部(19、21)的楔形部分(15、16),其中,每个楔形部分(15、16)具有接合表面(12、13),并且从其接合表面(12、13)沿远离其接合表面(12、13)的方向(D1、D2)渐缩,并且所述楔形部分(15、16)的材料的刚度小于所述主要部分(18、20)的材料的刚度;以及

通过对接接头(14)在所述接合表面(12、13)处沿所述板(8、9)的纵向方向(L1)将所述两个板(8、9)彼此接合(S2)。

12.根据权利要求11所述的方法,其中,所述板(8、9)的主要部分(18、20)包括纤维叠层,并且相应板(8、9)的主要部分(18、20)和楔形部分(15、16)通过用树脂灌注纤维叠层并固化树脂而彼此接合。

13.根据权利要求11或12所述的方法,其中,所述两个板(8、9)在接合区(B)中包括纤维叠层,并且通过用树脂灌注所述纤维叠层并固化所述树脂而彼此接合(S2)。

14.根据权利要求11-13中任一项所述的方法,其中,所述两个板(8、9)包括第一板(8)和第二板(9),并且所述方法包括以下步骤:

提供(S11'、S12')第一翼梁部段(10),所述第一翼梁部段包括布置成堆叠(28)的多个第一板(8、108、208、308、408),

提供(S11'、S12')第二翼梁部段(11),所述第二翼梁部段包括布置成堆叠(28)的多个第二板(9、109、209、309、409),并且

通过由多个对接接头(14、114、214、314、414)将所述多个第一板和多个第二板(8、108、208、308、408、9、109、209、309、409)彼此接合来将所述第一翼梁部段(10)与所述第二翼梁部段(11)接合(S2')。

15.根据权利要求11-14中任一项所述的方法,其中,在单个树脂灌注和固化过程中:

将所述两个板(8、9)中的第一板(8)或所述多个第一板(8、108、208、308、408)中的每一者的主要部分(18)和楔形部分(15)彼此接合(S1,S11'),

将所述两个板(8、9)中的第二板(9)或所述多个第二板(9、109、209、309、409)中的每一者的主要部分(20)和楔形部分(16)彼此接合(S1,S11'),和/或

将所述两个板(8、9)中的第一板(8)和第二板(9)彼此接合(S2),或者所述多个第一板(8、108、208、308、408)与所述多个第二板(9、109、209、309、409)接合(S2')。

风力涡轮机叶片和用于制造风力涡轮机叶片的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及风力涡轮机叶片和用于制造风力涡轮机叶片的方法。

背景技术

[0002] 在制造风力涡轮机叶片时,可能需要接合两个刚性结构,例如两个承载结构。该结构可以例如是包含碳纤维或玻璃纤维的板。特别地,对于通过接合两个或更多个长度方向的叶片部段来制造的叶片,可能需要将叶片的纵向梁部段或翼梁部段彼此接合。这种纵向梁部段或翼梁部段可以包括布置成堆叠的若干个板。

[0003] 以对接接头接合两个板允许容易地搬运和准确地放置板。通过以对接接头接合两个板,板的端面简单地彼此紧挨着放置,而无需对板的端部部分进行任何特殊成形。然而,以对接接头接合两个刚性部件可能会导致接头周围的高应变集中。

发明内容

[0004] 本发明的一个目的是提供一种改进的风力涡轮机叶片和一种用于制造风力涡轮机叶片的改进方法。

[0005] 因此,提供了一种风力涡轮机叶片。风力涡轮机叶片包括两个板,这两个板通过对接头在接合表面处沿板的纵向方向彼此接合。每个板包括具有楔形凹部的主要部分和填充凹部的楔形部分。此外,每个楔形部分具有所述接合表面中的相应一个,并且沿远离其接合表面的方向从其接合表面渐缩。此外,楔形部分的材料的刚度小于主要部分的材料的刚度。

[0006] 通过对接头接合两个板允许方便地搬运以及准确地放置和对准板。此外,通过具有在两个板之间的接头界面处具有更小刚度的材料的楔形部分,板的刚度沿远离接头界面的方向从接头界面(即相应的接合表面)缓慢降低。因此,载荷在更大的面积上转移到周围材料(特别是两个板上和下方的周围材料),这降低了应力集中。

[0007] 通过对接头沿两个板的纵向方向彼此接合的两个板可以例如是较大结构的一部分,该较大结构包含布置成堆叠(即沿垂直于板的纵向方向的方向)的多层承载板和/或元件。然后,与通过对接头接合两个板而不具有材料的刚度较小的楔形部分的情况相比,来自通过对接头彼此接合的两个板的载荷在更大的面积上转移到两个板的上方和/或下方的层。

[0008] 这两个板特别包括具有第一接合表面的第一板和具有第二接合表面的第二板。此外,第一板和第二板通过对接头在它们相应的接合表面处沿第一板和第二板的纵向方向彼此接合。此外,第一板包括第一楔形部分,该第一楔形部分具有第一接合表面并且沿远离第一接合表面的方向从第一接合表面渐缩,并且第二板包括第二楔形部分,该第二楔形部分具有第二接合表面并且沿远离第二接合表面的方向从第二接合表面渐缩。

[0009] 与主要部分的材料的刚度相比,第一和第二楔形部分的材料的较小刚度包括例如第一和第二楔形部分的材料的弹性模量小于主要部分的材料的弹性模量。优选地,第一和

第二楔形部分的材料沿纵向方向的弹性模量小于主要部分的材料沿纵向方向的弹性模量。刚度(特别是弹性模量)可以指平均或最大刚度,其中(楔形部分和/或主要部分的)材料是不同成分(诸如树脂和纤维)的组合。平均刚度可以在例如 1mm^2 或 1cm^2 的截面面积上形成。最大刚度是指在组成(相应的)材料的所有成分当中,材料中具有最高刚度(弹性模量)的成分。

[0010] 风力涡轮机叶片被设置成风力涡轮机转子的一部分。风力涡轮机是一种将风的动能转化为电能的设备。风力涡轮机包括例如转子、机舱和塔架,转子具有一个或多个叶片,每个叶片连接到毂,机舱包括发电机,塔架在其顶端处保持机舱。风力涡轮机的塔架可以连接到风力涡轮机的地基,诸如海床中的单桩。

[0011] 在风力涡轮机的安装状态下,叶片(例如叶片的根部部分)例如固定地或可旋转地连接到毂。风力涡轮机叶片例如直接用螺栓固定到毂,或者经由变桨轴承连接到毂。变桨轴承被配置成根据风速调节叶片的迎角,以控制叶片的转速。

[0012] 除了被配置成用于与毂连接的基本圆柱形根部部分之外,风力涡轮机叶片的外表面具有空气动力学形状的横截面(翼型)。风力涡轮机叶片的空气动力学形状的横截面包括例如压力侧(逆风侧)和吸力侧(顺风侧)。压力侧和吸力侧在前缘和后缘处彼此连接。

[0013] 叶片的叶片壳例如由纤维增强树脂制成。例如,叶片壳通过将树脂真空灌注到干纤维叠层中并固化树脂来制造。然而,叶片壳也可通过不同的方法制造。叶片壳特别具有外表面和内表面,其中,外表面限定叶片的空气动力学轮廓,并且内表面限定叶片的内腔。

[0014] 叶片可包括承载结构,诸如纵向延伸的梁或翼梁。这种纵向延伸的梁或翼梁可包括沿板的纵向方向(即沿叶片的纵向方向)彼此接合的两个板。

[0015] 特别地,两个板是叶片的纵向延伸的承载结构。两个板的纵向方向特别是叶片的纵向方向。特别地,两个板被叶片壳覆盖,使得叶片具有光滑的空气动力学形状的外表面。

[0016] 接合表面特别是平坦表面。例如,接合表面垂直于板的纵向方向布置。此外,第一板的第一接合表面在尺寸、取向和/或表面粗糙度方面与例如第二板的第二接合表面相匹配。

[0017] 例如,每个板的楔形部分完全填充同一个板的相应楔形凹部。换句话说,每个板在接合界面处的部分用较软的材料代替,以便改进接头处的载荷转移。

[0018] 每个楔形部分从其接合表面沿远离其接合表面的方向渐缩。特别地,每个楔形部分从其接合表面沿平行于板的纵向方向的方向渐缩。

[0019] 楔形部分的材料刚度小于主要部分的材料刚度。特别地,楔形部分的材料刚度足够小,使得载荷主要和/或仅通过主要部分承载,而不通过楔形部分承载。

[0020] 根据一个实施例,在沿着纵向方向的横截面中看,每个楔形部分具有等腰三角形的形状,其接合表面是等腰三角形的底边。

[0021] 具有等腰三角形横截面的楔形部分允许将接头界面处的载荷转移到两个板上方的层以及两个板下方的层。例如,载荷被等份地转移到两个板上方的层和两个板下方的层。该实施例中的楔形部分也可以称为双楔形部分。

[0022] 特别地,在沿着纵向方向的横截面中看,每个楔形部分包括两个渐缩表面,每个渐缩表面沿远离接合表面的方向渐缩。此外,在沿着纵向方向的横截面中看,接合表面和相应楔形部分的两个渐缩表面形成等腰三角形。根据定义,等腰三角形的腰相等。此外,等腰三

角形的腰由两个渐缩表面形成。

[0023] 根据另一实施例,在沿着纵向方向的横截面中看,每个楔形部分具有直角三角形的形状,其接合表面是直角三角形的直角边。

[0024] 通过对称或不对称地布置两个楔形部分,可以调整接头处的载荷转移。

[0025] 在沿着纵向方向的横截面中看,每个楔形部分特别包括一个沿远离接合表面的方向渐缩的单个渐缩表面。此外,该渐缩表面形成直角三角形的斜边。

[0026] 根据另一实施例,两个板中的第一板的楔形部分和两个板中的第二板的楔形部分关于平行于接合表面的对称轴线对称地布置。

[0027] 因此,楔形部分中的第一者的渐缩表面(斜边)和楔形部分中的第二者的渐缩表面(斜边)面向两个板上方的层或者两个板下方的层。

[0028] 具有直角三角形横截面并且彼此对称布置的楔形部分允许在接头界面处将载荷主要和/或仅转移到两个板上方的层或者两个板下方的层。

[0029] 根据另一实施例,两个板中的第一板的楔形部分和两个板中的第二板的楔形部分关于平行于接合表面的轴线不对称地布置。

[0030] 因此,楔形部分中的第一者的渐缩表面(斜边)面向两个板上方的层,并且楔形部分中的第二者的渐缩表面(斜边)面向两个板下方的层,或反之亦然。

[0031] 根据另一实施例,板的主要部分包括碳纤维和/或玻璃纤维。

[0032] 例如,板是拉挤成型的碳型材。

[0033] 根据另一实施例,板的楔形部分包括泡沫材料、闭孔泡沫材料、聚合物泡沫、PET泡沫、PVC泡沫、PUR泡沫、木材和/或巴沙木材(balsa wood)。

[0034] 具有闭孔泡沫避免了在树脂灌注过程期间吸收树脂。

[0035] 根据另一实施例,每个楔形部分沿远离其接合表面的方向从其接合表面渐缩,其比率为1:3或更小、1:4或更小、1:10或更小和/或1:100或更小。

[0036] 具有较小比率的渐缩形状(较浅的锥度)允许在较大的面积上将载荷转移到周围的材料。然而,具有非常小的渐缩比的楔形部分难以加工,因为它需要例如非常窄的锯片。另一方面,具有较大渐缩比(较陡的锥度)的楔形部分可以更容易制造。因此,可以通过考虑载荷转移要求和制造要求来选择渐缩比。

[0037] 渐缩比是楔形部分的厚度(即垂直于板纵向方向的楔形部分的尺寸)与楔形部分的长度(即平行于板纵向方向的楔形部分的尺寸)的比率。

[0038] 根据另一实施例,两个接合的板包括第一板和第二板,并且

[0039] 风力涡轮机叶片包括第一翼梁部段和第二翼梁部段,第一翼梁部段包括布置成堆叠的多个第一板,第二翼梁部段包括布置成堆叠的多个第二板,第二翼梁部段通过多个第一板和多个第二板之间的多个对接接头接合到第一翼梁部段。

[0040] 例如,风力涡轮机叶片包括具有第一翼梁部段的第一长度方向的叶片部段和具有第二翼梁部段的第二长度方向的叶片部段,第二叶片部段以接头接合到第一叶片部段。

[0041] 根据另一实施例,多个第一板和多个第二板的多个对接接头相对于板的纵向方向布置在交错位置处。

[0042] 通过在交错位置处具有不同层的对接接头,实现了非单调变化的结合线。因此,两个翼梁部段通过更强的接头彼此连接。

- [0043] 多个对接接头布置在例如交错的位置处,使得实现锯齿形结合线。
- [0044] 根据另一方面,提供了一种包括上述风力涡轮机叶片的风力涡轮机。
- [0045] 根据另一方面,提供了一种用于制造风力涡轮机叶片的方法。该方法包括以下步骤:
- [0046] 提供两个板,每个板包括具有楔形凹部的主要部分和填充该凹部的楔形部分,其中,每个楔形部分具有接合表面并且从其接合表面沿远离其接合表面的方向渐缩,并且楔形部分的材料的刚度小于主要部分的材料的刚度,以及
- [0047] 通过对接接头在接合表面处沿板的纵向方向将两个板彼此接合。
- [0048] 根据另一方面的实施例,板的主要部分包括纤维叠层,并且相应板的主要部分和楔形部分通过用树脂灌注纤维叠层并固化树脂而彼此接合。
- [0049] 包括主要部分和楔形部分的每个板可以是预制元件。替代地,相应板的主要部分和楔形部分可以在接合两个板的同时彼此接合。
- [0050] 包括纤维叠层的板的主要部分包括这样的情况:其中主要部分包括用树脂灌注的干或半干纤维叠层的情况;以及这样的情况,其中主要部分是预浇铸元件,干或半干纤维叠层被添加到该预浇铸元件,然后用树脂灌注该纤维叠层。
- [0051] 根据另一方面的另一实施例,两个板在接合区中包括纤维叠层,并且通过用树脂灌注纤维叠层并固化树脂而彼此接合。
- [0052] 根据另一方面的另一实施例,两个板包括第一板和第二板,并且
- [0053] 该方法包括以下步骤:
- [0054] 提供第一翼梁部段,其包括布置成堆叠的多个第一板;
- [0055] 提供第二翼梁部段,其包括布置成堆叠的多个第二板;以及
- [0056] 通过由多个对接接头将多个第一板和多个第二板彼此接合来将第一翼梁部段与第二翼梁部段接合。
- [0057] 根据另一方面的另一实施例,在单个树脂灌注和固化过程中:
- [0058] 将两个板中的第一板或多个第一板中的每一者的主要部分和楔形部分彼此接合,
- [0059] 将两个板中的第二板或多个第二板中的每一者的主要部分和楔形部分彼此接合,和/或
- [0060] 将两个板中的第一板和第二板彼此接合,或者将多个第一板与多个第二板接合。
- [0061] 将多个第一板与多个第二板接合包括将第一翼梁部段与第二翼梁部段接合。
- [0062] 单个树脂灌注和固化过程还可包括这样的步骤:将包括第一翼梁部段的第一长度方向的叶片部段与包括第二翼梁部段的第二长度方向的叶片部段接合,第一翼梁部段具有多个第一板,第二翼梁部段具有多个第二板。
- [0063] 单个树脂灌注和固化过程还可包括通过用树脂灌注第一和/或第二叶片部段的纤维叠层并固化树脂来形成第一和/或第二叶片的叶片壳的步骤。
- [0064] 本申请中描述的树脂灌注可以包括真空辅助树脂灌注。
- [0065] 参照本发明的风力涡轮机叶片描述的实施例和特征在加以必要的修正后适用于本发明的方法。
- [0066] 本发明的另外可能的实施方式或替代解决方案还涵盖上文或下文关于实施例描述的特征的组合(本文没有明确提及)。本领域的技术人员还可以在本发明的最基本形式中

增加单独或孤立的方面和特征。

附图说明

[0067] 结合随附附图,根据随后的描述和从属权利要求,本发明的另外的实施例、特征和优点将变得明显,其中:

[0068] 图1示出了根据实施例的风力涡轮机;

[0069] 图2示出了根据第一实施例的图1的风力涡轮机的叶片的两个板的横截面视图;

[0070] 图3示出了根据第二实施例的图1的风力涡轮机的叶片的两个板的横截面视图;

[0071] 图4示出了根据第三实施例的图1的风力涡轮机的叶片的两个板的横截面视图;

[0072] 图5示出了根据实施例的图1的风力涡轮机的叶片的翼梁元件的横截面视图,该翼梁元件包括图2所示的两个板;

[0073] 图6示出了流程图,该流程图图示了根据实施例的用于制造图1的风力涡轮机的叶片的方法;和

[0074] 图7示出了流程图,该流程图图示了根据另外的实施例的用于制造图1的风力涡轮机的叶片的方法。

[0075] 在附图中,除非另有指示,否则相同的附图标记表示相同或功能等同的元件。

具体实施方式

[0076] 图1示出了根据实施例的风力涡轮机1。风力涡轮机1包括转子2,转子2具有连接到毂4的一个或多个叶片3。毂4连接到布置在机舱5内的发电机(未示出)。在风力涡轮机1的操作期间,叶片3由风驱动旋转,并且风的动能由机舱5中的发电机转换成电能。机舱5布置在风力涡轮机1的塔架6的上端处。塔架6竖立在地基7上,诸如混凝土地基或打入地面或海床的单桩。

[0077] 图2示出了根据第一实施例的图1的风力涡轮机1的叶片3的两个板8和9的横截面视图。两个板8、9中的第一板8可以是叶片3的第一翼梁部段10的一部分(图5)。此外,第二板9可以是叶片3的第二翼梁部段11的一部分。

[0078] 特别地,第一板和第二板8、9是沿纵向方向L1延伸的纵向元件(图2)。板8、9的纵向方向L1例如平行于叶片3的纵向方向L2(图1)。

[0079] 两个板8、9通过对接接头14(图5)在接合表面12、13(图2)处沿板8、9的纵向方向L1彼此接合。特别地,第一板8的第一接合表面12以对接接头14与第二板9的第二接合表面13接合。图2示出了接合过程之前的两个板8、9。图5示出了以对接接头14彼此接合的两个板8、9。

[0080] 为了避免接头14周围的高应变集中,每个板8、9包括楔形部分15、16,楔形部分15、16包括例如泡沫材料17。特别地,第一板8包括具有楔形凹部19的第一主要部分18。此外,第一板8包括填充凹部19的楔形部分15。楔形部分15填充凹部19,特别是完全地填充凹部。此外,第二板9包括具有楔形凹部21的第二主要部分20。此外,第二板9包括填充凹部21、特别是完全填充凹部21的楔形部分16。

[0081] 第一楔形部分15包括第一板8的第一接合表面12。此外,第二楔形部分16包括第二板9的第二接合表面13。这意味着第一板和第二板8、9通过在接合表面12、13处以对接接头

14接合第一和第二楔形部分15、16而彼此接合(图5)。

[0082] 为了在更大的面积上将载荷转移到周围的材料,楔形部分15、16是渐缩的。特别地,第一楔形部分15沿远离其接合表面12的方向D1从其接合表面12渐缩。此外,第二楔形部分16沿远离其接合表面13的方向D2从其接合表面13渐缩。方向D1、D2平行于板8、9的纵向方向布置。

[0083] 由于楔形部分15、16在长度A1、A2上渐缩,并且由于楔形部分15、16的材料的刚度小于主要部分18、20的材料的刚度,因此来自相应主要部分18、20的载荷可以在相应楔形部分15、16的整个长度A1、A2上转移到周围材料。例如,如图2所指示的,第一和第二楔形部分15、16的材料的弹性模量 E_{1x} 小于主要部分18、20的材料的弹性模量 E_{2x} ,弹性模量 E_{1x} 和 E_{2x} 是沿纵向方向L1(即图2中的X方向)的弹性模量。

[0084] 例如,叶片3的翼梁元件22(图5)包括布置成堆叠28的若干层23、24、25、26、27。然后,载荷可以在对接接头14处、在第一楔形部分15的长度A1(图2)和第二楔形部分16的长度A2上从翼梁元件22的第一层23转移到第二层24。

[0085] 在图2所示的实施例中,在沿着纵向方向L1的横截面中看,楔形部分具有等腰三角形29的形状。特别地,第一楔形部分15的接合表面12形成等腰三角形29的底边30。此外,第一楔形部分15包括两个渐缩表面31,在沿着纵向方向L1的横截面中看,其形成等腰三角形29的两条腰32。在该实施例中,楔形部分15、16也可以被称为双楔形部分,因为它们每个包括两个渐缩表面31,每个渐缩表面31沿远离相应接合表面12、13的方向D1、D2渐缩。

[0086] 具有横截面为等腰三角形29的楔形部分15、16允许将接头界面14处的载荷例如等份地转移到两个板8、9上方的层以及两个板8、9下方的层24。例如,如图5所示,载荷可以在翼梁元件22的第二层24的接头界面114处等份地转移到上方的层23(即转移到第一层23的第二板9)和下方的层25(即转移到第三层25的第一板208)。

[0087] 为了准备板8、9的主要部分18、20(图2),每个主要部分18、20可以通过接合两个纵向元件33来制造,如图2中分隔第一主要部分18的虚线所指示的。由两个独立的纵向元件33制造主要部分18、20允许更容易地加工主要部分18、20的凹部19、21。

[0088] 图3示出了根据第二实施例的图1的风力涡轮机1的叶片3的两个板8'、9'的横截面视图。每个板8'、9'包括具有楔形凹部19'、21'的主要部分18'、20'和填充相应凹部19'、21'的楔形部分15'、16'。楔形部分15'、16'包括比主要部分18'、20'的材料具有更小刚度的材料,例如泡沫材料。

[0089] 第二实施例的板8'、9'与第一实施例的板8、9的不同之处在于凹部19'、21'和楔形部分15'、16'的形状不同。特别地,在沿着纵向方向L1的横截面中看,图3中每个楔形部分15'、16'具有直角三角形34的形状。在沿着纵向方向L1的横截面中看,楔形部分15'、16'的接合表面12'、13'每个都是相应直角三角形34的直角边。

[0090] 此外,在沿着纵向方向L1的横截面中看,每个楔形部分15'、16'包括一个沿远离相应接合表面12'、13'的方向D1、D2渐缩的单个渐缩表面35、36。渐缩表面35、36每个形成直角三角形34的斜边37、38。

[0091] 在第二实施例中(图3),第一板8'的楔形部分15'和第二板9'的楔形部分16'关于对称轴线C1彼此对称地布置。对称轴线C1平行于接合表面12'、13'布置。

[0092] 因此,第一楔形部分15'的渐缩表面35和第二楔形部分16'的渐缩表面36面向相同

的方向。在图3所示的示例中,渐缩表面35、36都面朝图3中的底部。在其他示例中,对称布置还可以包括渐缩表面35、36两者都面朝图3中的顶部。

[0093] 具有横截面为彼此对称布置的直角三角形34的楔形部分15'、16' 允许在接头界面处载荷主要和/或仅转移到或者两个板8'、9' 上方的层或者两个板8'、9' 下方的层。

[0094] 图4示出了根据第三实施例的图1的风力涡轮机1的叶片3的两个板8''、9''的横截面视图。第三实施例(图4)是第二实施例(图3)的变型,并且下面主要描述与第二实施例的不同之处。

[0095] 如在第二实施例中,每个板8''、9''包括具有楔形凹部19''、21''的主要部分18''、20''和填充相应凹部19''、21''的楔形部分15''、16''。楔形部分15''、16''包括比主要部分18''、20''的材料具有更小刚度的材料,例如泡沫材料。

[0096] 如在第二实施例中,在沿着纵向方向L1的横截面中看,每个楔形部分15''、16''具有直角三角形34'的形状。

[0097] 与第二实施例相反,楔形部分15''、16''相对于彼此不对称地布置。特别地,第一板8''的楔形部分15''和第二板9''的楔形部分16''关于平行于接合表面12''、13''的轴线C2不对称地布置。

[0098] 在图4所示的示例中,第一楔形部分15''的渐缩表面35' (斜边37') 面向图4中的底部,并且第二楔形部分16''的渐缩表面36' (斜边38') 面向图4中的顶部。在其他示例中,布置可以相反,使得渐缩表面35' 面向图4中的顶部,并且渐缩表面36' 面向图4中的底部。

[0099] 如图2中针对楔形部分15示例性地图示的,楔形部分15的渐缩比可以被定义为楔形部分15的厚度T和楔形部分15的长度A1之间的比率。每个楔形部分15、16、15'、16'、15''、16''的渐缩比可以是1:3或更小、1:4或更小、1:10或更小和/或1:100或更小。

[0100] 图5示出了叶片3(图1)的翼梁元件22,其包括第一翼梁部段10和第二翼梁部段11。第一和第二翼梁部段10、11沿叶片3的纵向方向L2分隔翼梁元件22(图1)。例如,在叶片3由两个或更多个长度方向的叶片部段(未示出)组装而成的情况下,叶片3的翼梁元件(诸如翼梁元件22)也可以由两个或更多个长度方向的翼梁部段(诸如翼梁部段10、11)组装而成。在这种情况下,第一叶片部段(未示出)可包括第一翼梁部段10,并且第二叶片部段(未示出)可包括第二翼梁部段11。

[0101] 如图5所示,第一翼梁部段10包括布置成堆叠28的多个第一板8、108、208、308、408。此外,第二翼梁部段11包括布置成堆叠28的多个第二板9、109、209、309、409。在图5的示例中,每个板8至408和9至409包括楔形部分15、16,诸如图2所示的楔形部分。在其他示例中,图5中的板8至408和9至409的一个、多个或全部楔形部分也可以具有如图3和4所示的形状和/或布置。特别,板的堆叠28的最上层23可包括板8'、9',其楔形部分15'、16' 如图3所示那样成形和布置。特别地,斜边37、38可以面向第二层24。在这种情况下,第一层23的相应对接头处的载荷将主要和/或仅转移到第二层24(图5)。类似地,板的堆叠28的最下层27可以包括具有如图3所示那样成形和布置的楔形部分的板,但是斜边37、38面向第二最下层26。

[0102] 第二翼梁部段11通过多个第一板8至408与多个第二板9至409之间的多个对接接头14、114、214、314、414与第一翼梁部段10接合。多个第一板8至408和多个第二板9至409的多个对接接头14、114、214、314、414相对于板的纵向方向L1布置在交错位置P1、P2、P3、P4、

P5处。特别地,翼梁元件22的特定层的对接接头(诸如,例如层24的对接接头114)布置成相对于纵向方向L1与紧贴在层24上方的层23的对接接头14错开并且与紧贴在层24下方的层25的对接接头214错开。通过使不同层23、24、25、26、27的对接接头14、114、214、314、414位于交错位置P1至P5处,实现了非单调变化的结合线,从而为两个翼梁部段10、11提供更强的接头。

[0103] 在下文中,参照图6和7描述了用于制造风力涡轮机1的风力涡轮机叶片3的方法。

[0104] 在该方法的第一步骤S1中,提供板8、9的主要部分18、20。特别地,每个主要部分18、20被加工成具有相应的凹部19、21。此外,提供分别装配到凹部19、21中的楔形部分15、16。主要部分18、20每个包括干或半干的纤维叠层。然后,通过用树脂灌注纤维叠层并固化树脂,将相应板8、9中的每一者的主要部分18、20和楔形部分15、16彼此接合。

[0105] 在该方法的第二步骤S2中,通过对接接头14在板8、9的接合表面12、13处沿板8、9的纵向方向L1将板8、9彼此接合。例如,两个板8、9每个在接合区B(图5)中包括纤维叠层,并且通过用树脂灌注纤维叠层并固化树脂而彼此接合。

[0106] 可以随后实施步骤S1和S2,使得在步骤S1中预制板8、9,并且在步骤S2中将预制板8、9彼此接合。

[0107] 替代地,步骤S1和S2可以在单个树脂灌注和固化过程中实施。在这种情况下,主要部分18、20和楔形部分15、16或者作为完全独立的元件提供,或者楔形部分15、16例如通过线、带、织物和/或粘合剂临时附接到相应的主要部分18、20。

[0108] 作为示例,已经针对图2中所示的板8、9描述了该方法。然而,该方法也可以实施用于图2所示的板8'、9'或图3所示的板8''、9''。

[0109] 在该方法的步骤S1中提供的第一板和第二板8、9也可以是第一和第二翼梁部段10、11的一部分(图5)。

[0110] 在这种情况下,在步骤S11'(图7)中,提供第一翼梁部段10,其包括布置成堆叠28的多个第一板8、108、208、308、408(即多个第一主要部分18和多个第一楔形部分15)。在步骤S11'中,将每个主要部分18与对应的楔形部分15接合,例如通过纤维叠层的树脂灌注和固化树脂。

[0111] 此外,在步骤S11'中,提供第二翼梁部段11,其包括布置成堆叠28的多个第二板9、109、209、309、409(即多个第二主要部分20和多个第二楔形部分16)。在步骤S11'中,每个主要部分20与对应的楔形部分16接合,例如通过纤维叠层的树脂灌注和固化树脂。

[0112] 在步骤S12'中,第一翼梁部段10的多个层23、24、25、26、27例如通过纤维叠层的树脂灌注和固化树脂而彼此接合。此外,在步骤S12'中,第二翼梁部段11的多个层23、24、25、26、27例如通过纤维叠层的树脂灌注和固化树脂而彼此接合。

[0113] 然后,在步骤S2'中,通过由多个对接接头14、114、214、314、440将多个第一板8至408分别与多个第二板9至409接合,从而将第一翼梁部段10与第二翼梁部段11接合。

[0114] 步骤S11'、S12'和S2'可以随后实施,使得在步骤S11'中预制板8至408和9至409,在步骤S12'中将第一翼梁部段10的预制板8至408彼此接合,并且将第二翼梁部段11的预制板9至409彼此接合,并且在步骤S2'中将预制的第二翼梁部段11与预制的第二翼梁部段11接合。

[0115] 替代地,步骤S11'和S12'或步骤S12'和S2'或所有步骤S11'、S12'和S2'可以在单

个树脂灌注和固化过程中实施。如果步骤S11'与步骤S12'同时实施,则主要部分18、20和楔形部分15、16可以或者作为完全独立的元件提供,或者楔形部分15、16可以例如通过线、带、织物和/或粘合剂临时附接到相应的主要部分18、20。

[0116] 此外,步骤S11'、S12'和S2'中的一个、多个或全部也可与树脂灌注和固化过程一起实施,以用于形成叶片3的叶片壳(未示出)和/或用于将叶片3的翼梁元件22与叶片壳接合。

[0117] 尽管已经根据优选实施例描述了本发明,但是对于本领域技术人员来说,显然在所有实施例中修改是可能的。

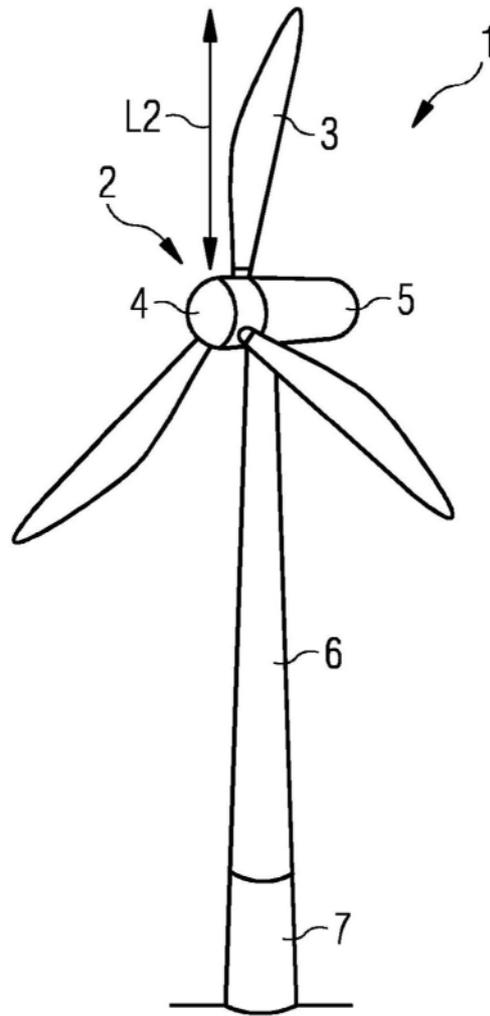


图1

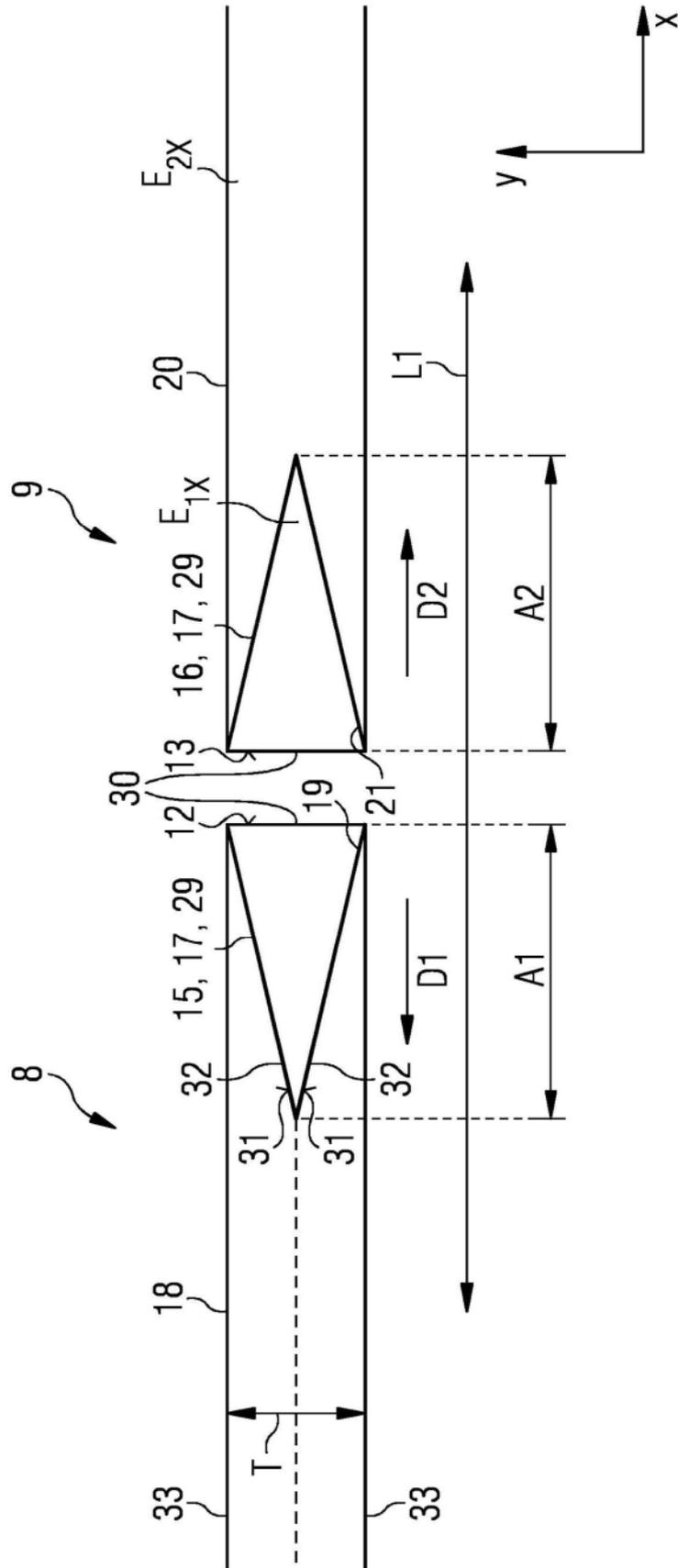


图2

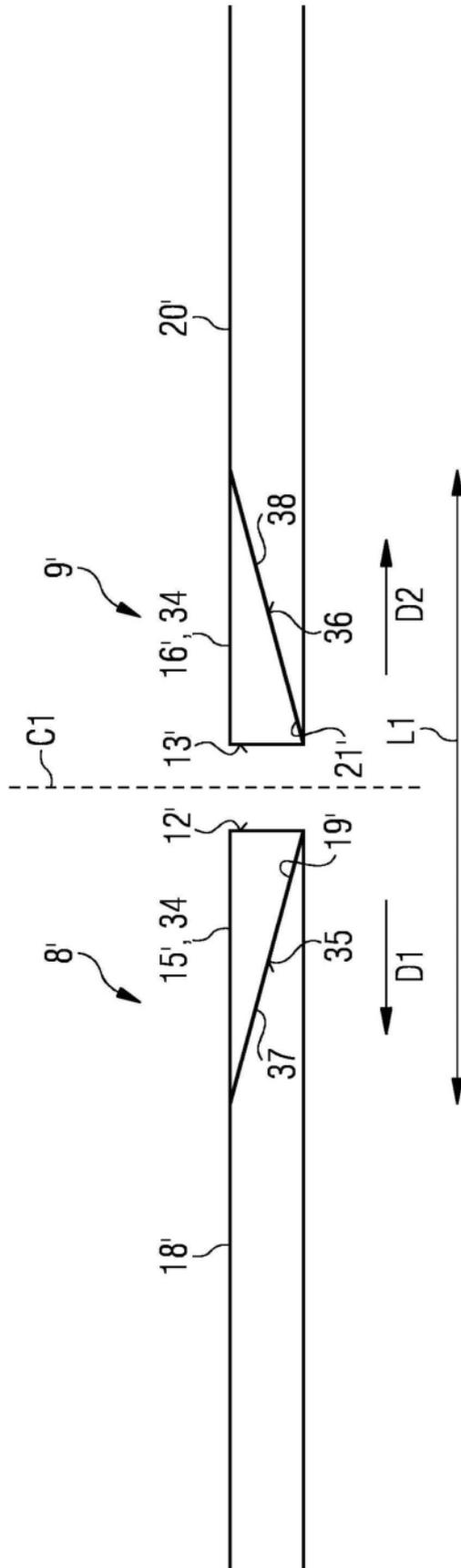


图3

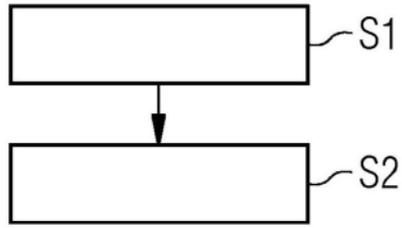


图6

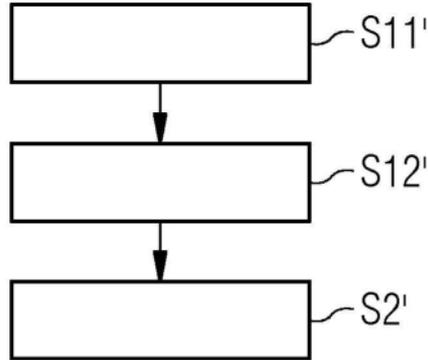


图7