



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102197214 B

(45) 授权公告日 2013.07.10

(21) 申请号 200980141848.3

(22) 申请日 2009.08.21

(30) 优先权数据

08014876.0 2008.08.21 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011.04.21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2009/060835 2009.08.21

(87) PCT申请的公布数据

W02010/020692 EN 2010.02.25

(73) 专利权人 LM 玻璃纤维制品有限公司

地址 丹麦科灵

(72) 发明人 R·拉贾马尼

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 彭武

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006.01)

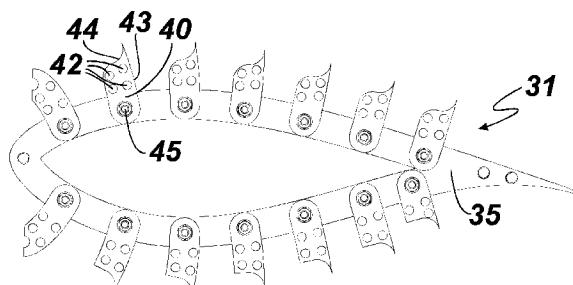
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

风轮机叶片的叶片部分

(57) 摘要

一种用于风轮机叶片的叶片部分，叶片部分沿纵向轴延伸并具有至少第一端，叶片部分包括具有有着外表面的轮廓的主叶片部分。在主叶片部分的第一端设置多个连接元件，每个连接元件回转地围绕旋转轴与主叶片部分接合。每个连接元件具有用于把每个连接元件固定到另一叶片部分的结合装置。所述多个连接元件中的每个连接元件的结合装置与旋转轴相隔一定距离。



1. 一种用于风轮机叶片的叶片部分 (31, 32), 叶片部分 (31, 32) 沿纵向轴线 (L) 延伸并具有至少第一端 (35, 36), 叶片部分 (31, 32) 包括主叶片部分 (33, 34), 主叶片部分 (33, 34) 具备一种具有外表面的轮廓, 其中在主叶片部分 (33, 34) 的第一端 (35, 36) 设置多个连接元件 (40, 50), 其特征在于, 所述多个连接元件 (40, 50) 中的每个连接元件回转地围绕旋转轴线 (55) 与主叶片部分 (33, 34) 接合, 且所述多个连接元件 (40, 50) 中的每个连接元件具有一种结合装置 (42, 46, 52) 用于把所述多个连接元件 (40, 50) 中的每个连接元件锚定到另一叶片部分 (31, 32), 其中所述多个连接元件 (40, 50) 中的每个连接元件的结合装置 (42, 46, 52) 与旋转轴线 (55) 相隔一定距离。

2. 根据权利要求 1 所述的叶片部分, 其中所述多个连接元件 (40, 50) 中的每个连接元件包括第一外表面部分 (43, 53), 第一外表面部分 (43, 53) 在处于第一回转位置时与主叶片部分 (33, 34) 的外表面的至少一部分齐平。

3. 根据权利要求 2 所述的叶片部分, 其中处于第一回转位置的所述多个连接元件 (40, 50) 中的每个连接元件的第一外表面部分 (43, 53) 邻接着主叶片部分 (33, 34) 的外表面的至少一部分。

4. 根据权利要求 1 所述的叶片部分, 其中主叶片部分 (33, 34) 包括多个并置的连接元件 (40, 40')。

5. 根据权利要求 2 所述的叶片部分, 其中处于第一回转位置的所述多个连接元件 (40, 40') 中的每个连接元件的第一外表面部分 (43, 43') 与至少一个并置的连接元件 (40, 40') 的第一外表面部分齐平。

6. 根据权利要求 2 所述的叶片部分, 其中处于第一回转位置的所述多个连接元件 (40, 50) 中的每个连接元件的第一外表面部分 (43, 43') 邻接着至少一个并置的连接元件 (40, 40') 的第一外表面部分。

7. 根据权利要求 1 所述的叶片部分, 其中借助于一种经由连接元件 (40, 50) 中的孔 (41, 51) 从主叶片部分 (33, 34) 的第一端 (35) 延伸的轴杆 (39), 所述多个连接元件 (40, 50) 中的至少一个连接元件回转地与主叶片部分 (33, 34) 接合。

8. 根据权利要求 7 所述的叶片部分, 其中至少一个连接元件借助于一种从该连接元件延伸的轴杆与位于所述主叶片部分的第一端中的孔接合。

9. 根据权利要求 1 所述的叶片部分, 其中至少一个连接元件 (40, 50) 的旋转轴线 (55) 基本上与纵向轴线 (L) 平行。

10. 一种风轮机叶片 (25), 包括根据前面权利要求中任一项所述的叶片部分 (31, 32), 风轮机叶片 (25) 的叶片部分 (31, 32) 为至少第一叶片部分 (31) 和第二叶片部分 (32), 其中第一叶片部分 (31, 32) 的所述多个连接元件 (40, 50) 中的每个连接元件的旋转轴线 (55) 和第二叶片部分 (31, 32) 的所述多个连接元件 (40, 50) 中的每个连接元件的旋转轴线 (55) 成对地对齐。

11. 根据权利要求 10 所述的风轮机叶片, 其中第一叶片部分 (31, 32) 的所述多个连接元件 (40, 50) 中的每个连接元件的结合装置 (42, 46, 52) 和第二叶片部分 (31, 32) 的所述多个连接元件中的每个连接元件的结合装置 (42, 46, 52) 成对地牢固锚定以形成多个成对地牢固锚定的连接元件。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的风轮机叶片, 其中处于第一回转位置的所述多个成对

地牢固锚定的连接元件中的每个连接元件借助于紧固装置 (60) 而牢固锚定到至少一个并置的成对地牢固锚定的连接元件。

13. 一种用于装配根据权利要求 10-12 中任一项所述的风轮机叶片 (30) 的方法, 其中该方法包括下述步骤 :

a) 沿纵向方向 (L) 对齐第一叶片部分 (31, 32) 和第二叶片部分 (31, 32), 因此第一连接元件中的至少一个第一连接元件和第二连接元件中的至少一个第二连接元件具有共同的旋转轴线 (55),

b) 经由结合装置 (42, 46, 52) 成对地把第一叶片部分 (31, 32) 的所述多个第一连接元件 (40, 50) 牢固锚定到第二叶片部分 (31, 32) 的所述多个第二连接元件 (40, 50), 以及

c) 把所述多个成对地牢固锚定的连接元件中的每个回转到第一回转位置。

14. 根据权利要求 13 所述的方法, 其中步骤 b) 中的第一连接元件 (40) 和第二连接元件 (50) 的结合装置 (42, 46, 52) 能够通过使用螺母和螺栓装置、粘接、粘合或焊接连接或锚固于彼此。

15. 根据权利要求 13 所述的方法, 其中该方法还包括下述步骤 : 其中成对地牢固锚定的连接元件通过紧固装置 (60) 固定到至少一个并置的成对地牢固锚定的连接元件。

## 风轮机叶片的叶片部分

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于风轮机叶片的叶片部分，该叶片部分沿纵向轴延伸并具有至少第一端，该叶片部分包括主叶片部分，主叶片部分具备着一种有外表面的轮廓。本发明还涉及一种至少包括第一叶片部分和第二叶片部分的风轮机叶片。本发明还涉及一种装配风轮机叶片的方法。

### 背景技术

[0002] 通常在模具中作为壳型零件制造出纤维增强聚合物的风轮机叶片，其中通过在两个模具部分中的每个模具部分中布置玻璃纤维垫而分开地制造叶片轮廓的顶侧和底侧（通常分别为压力侧和吸入侧）。然后，经常借助于内部凸缘部分而把这两半粘合在一起。在把上半叶片放在下半叶片上之前，把胶水涂覆于下半叶片的内表面。另外，在把下半叶片粘合到上半叶片之前，经常把一个或两个加强轮廓（横梁）附连到下半叶片里面。

[0003] 通常借助于 VARTM（真空辅助树脂传递模塑）作为纤维复合结构来制造风轮机叶片的壳型零件，其中液体聚合物（也称为树脂）被填充到模具腔中，在模具腔中已预先插入了纤维材料，且在模具腔中产生真空，由此在聚合物中实现拉拔 / 牵引。该聚合物可以是热固性塑料或热塑性塑料。

[0004] 真空注入或 VARTM 是用于对纤维复合模组件进行模制成型的过程，其中在模具部分之一中分层放置均匀分布的纤维，该纤维是无捻粗纱（roving）（即，纤维带束、无捻粗纱带）或垫子（该垫子是由单个纤维制成的毛毡垫、或由纤维无捻粗纱制成的编织垫）。第二模具部分经常由弹性真空袋制成，并且随后放置在纤维材料的顶上。通过在介于模具部分的内侧与真空袋之间的模具腔中产生真空（通常为完全真空的 80% 到 95%），液体聚合物能够被抽吸入并利用其中包含的纤维材料填充模具腔。在真空袋和纤维材料之间使用所谓的分布层或分布管（也称为入口通道）以便获得尽可能高效且健全可靠的聚合物的分布。在大多数情况下，所应用的聚合物是聚酯或环氧树脂，并且纤维增强最经常是基于玻璃纤维或碳纤维的。

[0005] 通常已知的是，用于制造大的制品（诸如，风轮机叶片）并由两个模具部分构成的模具围绕着一种纵向铰链线而闭合，其中铰链是被动 / 无源的，即使用起重机围绕铰链线提升起模具部分之一以闭合和打开模具。当制造风轮机叶片时，模具闭合以便把两半的叶片壳粘合在一起，所述一半的壳在分开的模具部分中生产。

[0006] 多年来，风轮机叶片已逐渐地变得越来越长，并且超过 60 米的叶片已大量生产，这意味着用于模制成型这种叶片的模具组件也已逐渐变得越来越大。这在所使用的模具组件方面导致了问题，因为在模具组件的闭合期间相对于另一模具部分发生旋转的模具部分在旋转运动期间达到非常大的高度，这可能要求制造叶片的车间的天花板的高度必须很大。这意味着建造车间变得更加昂贵、或者现有车间的天花板必须升高，这当然也导致了更高的财务成本。另外，这些大型复合结构的运输也成为问题。

[0007] 因此，已提出把风轮机叶片分成两个或更多的分开的叶片部分，并随后在风轮机

的安装地点处装配这些叶片。由此,可以在较小的模具中制造分开的叶片部分,并且运输小得多的叶片部分是问题不大的。在 WO 06/103307 中描述了这种叶片的例子。

[0008] 作为另一例子,US2003/0138290A1 披露了一种用于结合第一中空轮廓构件和第二中空轮廓构件的端接连接件,由此能够形成风轮机叶片。借助于跨过(bridge over)介于第一中空轮廓构件和第二中空轮廓构件之间的接头上的多个带子,以及通过使每个带子的一端固定到第一中空轮廓构件、并且使另一端固定到第二中空轮廓构件,从而结合起了第一中空轮廓构件和第二中空轮廓构件。

[0009] 作为另一例子,EP 1584817A1 公开了一种在横向 上细分成两个或更多的独立模块的风轮机叶片,其中每个模块包括内部纵向增强结构,其在内部纵向增强结构的末端处包括耳状柄,从而这些模块能够彼此连接。随后,在耳状柄的顶部上布置袖套以便提供空气动力学表面。

[0010] 然而,US2003/0138290A1 中公开的可分的风轮机叶片在空气动力学方面并非高效并且将会产生噪声,因为一定数目的带子布置在风轮机叶片空气动力学轮廓的外部,因此这些带子将会妨碍和干扰在可分的风轮机叶片周围的流动。EP 1584817A1 和 WO 06/103307 中公开的可分的风轮机叶片解决了这些问题。然而,通过沿可分的风轮机叶片的纵向方向引入一种内部增强结构解决了这些问题,因此对于一种没有彻底 / 完全的内部增强结构的风轮机叶片而言,问题仍未解决。另外,可分的叶片受到这样的缺点的妨害:接头布置在叶片壳内部,这意味着:人必须爬到叶片壳中以便装配叶片、或者在装配之后必须利用另外的表面盖来覆盖该叶片。此外,仅在截面的中心部分提供接头。因此,该接头可能在叶片的截面或横向方向引起不平衡或内应力。

## 发明内容

[0011] 本发明的目的在于获得一种新的用于风轮机叶片的叶片部分、以及一种新的风轮机叶片和一种新的用于装配风轮机叶片的方法,其克服或改进至少一个现有技术的缺点、或者提供有用的替换方案。本发明的优点在于:在从多个叶片部分装配之后,可分的风轮机叶片能够被重新分成所述多个叶片部分,因此装配过程可逆。这个特征是有益的,因为可分的风轮机叶片因此能够在需要时(例如,由于检查、维护和 / 或修理) 分开。

[0012] 根据本发明的第一方面,这一点通过以下方式来实现:在主叶片部分的第一端设置多个连接元件,所述多个连接元件中的每个连接元件回转地围绕旋转轴线与主叶片部分接合,所述多个连接元件中的每个连接元件具有一种用于把所述多个连接元件中的每个连接元件锚定到另一叶片部分的结合装置,且其中所述多个连接元件中的每个连接元件的结合装置与旋转轴线相隔一定距离而布置。由此,提供了一种叶片部分,其中处于结合位置的所述多个连接元件中的每个连接元件能够经由所述结合装置而结合到另一叶片部分,并且每个连接元件能够在结合到另一叶片部分的同时围绕旋转轴线回转到锚定位置。

[0013] 由于连接元件以这种方式回转地与主叶片部分接合,即结合装置与旋转轴线相隔一定距离(或等同地保持一定间隔)而布置,所以连接元件可围绕旋转轴线旋转、以使得结合装置到达使该结合装置位于主叶片部分的外表面外部的位置。因此,可容易地接触该结合装置并且该结合装置可容易地锚定到相应第二叶片部分的结合装置。

[0014] 在根据本发明的另一实施例中,所述多个连接元件中的每个连接元件包括第一外

表面部分,第一外表面部分在处于第一回转位置时与主叶片部分的外表面的至少一部分齐平。由此,所述多个连接元件在锚定到另一叶片部分的相应数量的连接元件之后可以到达这样的位置:在这个位置,它们与主叶片部分一起形成平滑的空气动力学表面。

[0015] 在根据本发明的另一实施例中,处于第一回转位置的所述多个连接元件中的每个连接元件的第一外表面部分邻接着主叶片部分的外表面的至少一部分。由此,提供了这样的叶片部分:其中从主叶片部分到连接元件的过渡平滑并且连续,由此保持叶片部分在空气动力学方面高效并且具有低噪声水平。

[0016] 在根据本发明的另一实施例中,主叶片部分包括多个并置的连接元件。由此,可以把连接元件锚定到另一叶片部分上的相应数量的连接元件,由此在整个横截面提供了结实的机械接头。

[0017] 在根据本发明的另一实施例中,处于第一回转位置的所述多个连接元件中的每个连接元件的第一外表面部分与至少一个并置的连接元件的第一外表面部分齐平。由此,连接元件在叶片部分的整个横截面或至少一部分横截面中形成平滑、连续并且几乎无缝的空气动力学外表面。

[0018] 在根据本发明的另一实施例中,处于第一回转位置的所述多个连接元件中的每个连接元件的第一外表面部分邻接着至少一个并置的连接元件的第一外表面部分。由此,提供了这样的叶片部分:其中多个连接元件之间的过渡平滑并且连续,由此保持叶片部分在空气动力学方面高效并且具有低噪声水平。另外,各个连接元件彼此支撑,由此提供甚至更结实的机械接头。

[0019] 在根据本发明的另一实施例中,通过经由连接元件中的孔从主叶片部分的第一端延伸的轴杆,所述多个连接元件中的至少一个连接元件回转地与主叶片部分相接合。由此,提供了这样的叶片部分:其中所述多个连接元件借助于标准部件(诸如,螺纹轴杆和/或螺栓和螺母装置)能够回转地与主叶片部分接合。每个连接元件能够配备有凹槽,从而使得位于安装位置的整个螺母低于没有凹槽的表面。

[0020] 在根据本发明的另一实施例中,至少一个连接元件借助于从该连接元件延伸的轴杆与位于所述主叶片部分的第一端的孔接合。由此,提供了这样的叶片部分:其中所述多个连接元件借助于标准部件(诸如,螺纹轴杆和/或螺栓和螺母装置)能够回转地与主叶片部分接合。

[0021] 在根据本发明的另一实施例中,至少一个连接元件的旋转轴线基本上与纵向轴线平行。由此,提供了这样的叶片部分:其中第一端具有基本上垂直于纵向方向的表面。叶片部分中包括的连接元件的数量为至少5、10、15、20、25、30、40、50甚至60。

[0022] 根据一个实施例,叶片部分具有介于10和60米、或介于12和50米、或介于15和40米之间的区间中的纵向长度。

[0023] 根据本发明,叶片部分还可以具有第二端,所述第二端具有另外的连接元件。因此,该叶片部分可以是经装配的叶片的中间部分,从而使得该叶片部分与另外两个叶片部分装配在一起。风轮机叶片当然可以由任何数量的叶片部分装配,诸如两个、三个、四个或五个。

[0024] 根据本发明的第二方面,该目的通过一种风轮机叶片来实现,该风轮机叶片至少包括根据前面权利要求中任一项所述的第一叶片部分和第二叶片部分,其中第一叶片部分

的所述多个连接元件中的每个连接元件的旋转轴线和第二叶片部分的所述多个连接元件中的每个连接元件的旋转轴线成对地对齐。由此，提供了这样的风轮机叶片：其中具有成对地对齐的旋转轴线的第一叶片部分的所述多个连接元件中的每个连接元件与第二叶片部分的所述多个连接元件中的每个连接元件能够围绕该同一旋转轴线而回转。

[0025] 在根据本发明的另一实施例中，第一叶片部分的所述多个连接元件中的每个连接元件的结合装置和第二叶片部分的所述多个连接元件中的每个连接元件的结合装置成对地牢固锚定以形成多个成对地牢固锚定的连接元件。由此，提供了这样一种的风轮机叶片：其中成对地牢固锚定并且具有成对地对齐的旋转轴线的第一叶片部分的所述多个连接元件中的每个连接元件与第二叶片部分的所述多个连接元件中的每个连接元件能够围绕该同一旋转轴线回转。结合装置包括焊接、粘接装置、螺母和螺栓等。

[0026] 在根据本发明的另一实施例中，处于第一回转位置的所述多个成对地牢固锚定的连接元件中的每个连接元件通过一种紧固装置而固定到至少一个并置的成对地牢固锚定的连接元件。由此，提供了这样的风轮机叶片：其中处于第一回转位置的所述多个成对地牢固锚定的连接元件中的每个连接元件通过紧固装置固定，因此不能在使用期间围绕该旋转轴线回转。因此，连接元件不会在风轮机叶片的使用期间意外旋转到这样的位置：在该位置，连接元件损害叶片的空气动力学有效性。

[0027] 根据本发明的第二方面，该目的通过一种用于装配风轮机叶片的方法来实现，其中该方法包括下述步骤：a) 沿纵向方向对齐第一叶片部分和第二叶片部分，因此第一连接元件中的至少一个与第二连接元件中的至少一个具有共同的旋转轴线，b) 经由结合装置成对地牢固把第一叶片部分的所述多个第一连接元件锚定到第二叶片部分的所述多个第二连接元件，d) 把所述多个成对地牢固锚定的连接元件中的每个连接元件回转到第一回转位置。由此，提供了这样的方法：其中能够在安装地点 / 现场由多个叶片部分装配风轮机叶片，由此使得运输更容易，因为叶片部分比装配的风轮机叶片更短。

[0028] 在根据本发明的另一实施例中，结合装置包括螺母和螺栓装置、粘接、粘合或焊接。由此，标准部件、技术和工具能够用于在安装地点 / 现场由多个叶片部分来装配风轮机叶片。因此，能够避免使用昂贵、专业和 / 或沉重的工具，从而使得装配过程更加有成本效率、并且更加通用。

[0029] 在根据本发明的另一实施例中，该方法在步骤 d) 之前还包括下述步骤：其中成对地牢固锚定的连接元件通过紧固装置固定到至少一个并置的成对地牢固锚定的连接元件。由此，提供了这样的方法：当成对地牢固锚定的连接元件紧固到并置的成对地牢固锚定的连接元件时，防止了成对地牢固锚定的连接元件回转。

## 附图说明

[0030] 以下参照附图中显示的实施例详细解释本发明，其中：

[0031] 图 1 显示现有技术风轮机，

[0032] 图 2 显示现有技术风轮机叶片，

[0033] 图 3 显示根据本发明的可分的风轮机叶片，

[0034] 图 4 显示根据本发明的连接元件的侧视图，

[0035] 图 5 显示根据本发明的连接元件的侧视图，

- [0036] 图 6 显示根据本发明的连接元件的侧视图,
- [0037] 图 7 显示根据本发明的连接元件的侧视图,
- [0038] 图 8 显示根据本发明的两个并置连接元件的横截面,
- [0039] 图 9 显示根据本发明的两个连接元件的透视图,
- [0040] 图 10 显示沿根据本发明的叶片部分的 A-A 的剖视图,
- [0041] 图 11 显示沿根据本发明的叶片部分的 B-B 的剖视图,
- [0042] 图 12 显示沿根据本发明的叶片部分的 A-A 的剖视图。

### 具体实施方式

[0043] 图 1 图示了一种根据所谓“丹麦概念”的常规现代逆风风轮机 2, 风轮机 2 具有塔台 4、发动机舱 6 和转子, 该转子具有基本上水平的转子轴。转子包括轮毂 8 和从轮毂 8 沿径向延伸的三个叶片 10, 每个叶片 10 具有与轮毂 8 相隔最近的叶根 16 和与轮毂 8 相隔最远的叶尖 14。

[0044] 图 2 图示了常规的不可分的风轮机叶片 20, 风轮机叶片 20 在常规情况下一体地制造或者按照两件制造, 其中这两件中的每一件在纵向方向上具有与由这两件装配的风轮机叶片相同的长度。

[0045] 图 3 图示了在已装配构造中的可分的风轮机叶片 30。可分的风轮机叶片 30 沿纵向方向 L 在根区域 37 和尖区域 38 之间延伸, 并包括第一叶片部分 31 和第二叶片部分 32。第一叶片部分 31 包括根区域 37、朝向远离叶片 30 的根区域 37 的第一端 35、和位于根区域 37 和第一端 35 之间的第一主叶片部分 33, 其中第一主叶片部分具有当由外来的 / 入射气流撞击时产生提升力的一种提升力产生轮廓。第一主叶片部分 33 的第一端 35 回转地与多个第一连接元件 40 接合。第二叶片部分 32 包括尖区域 38、朝向远离叶片 30 的尖区域 38 的第一端 36、和位于尖区域 38 和第一端 36 之间的第二主叶片部分 34, 其中第二主叶片部分具有一种提升力产生轮廓。第二主叶片部分 34 的第一端 36 回转地与多个第二连接元件 50 接合。

[0046] 第一叶片部分 31 和第二叶片部分 32 通过把多个第一连接元件 40 锚定到相应数量的第二连接元件 50 而在接头处彼此连接。第一连接元件 40 具有第一外表面并且第二连接元件 50 具有第二外表面。第一连接元件 40 和第二连接元件 50 显示为处于第一回转位置, 其中第一连接元件 40 的第一外表面和第二连接元件的第二外表面分别与第一主叶片部分 33 和第二主叶片部分 34 齐平、并邻接着第一主叶片部分 33 和第二主叶片部分 34。另外, 第一外表面与第二外表面齐平, 从而使得介于两个叶片部分 31、32 之间的连接提供了平滑的空气动力学表面, 该空气动力学表面几乎无缝地邻接着主叶片部分 33、34 的外表面。

[0047] 图 4 按照侧视图图示出第一连接元件 40 的例子。第一连接元件 40 具有穿过第一连接元件 40 的孔 41。孔 41 具有用于接纳螺钉头或用于接纳螺母的暗钉眼或埋头孔, 从而使得螺钉头或螺母不会延伸超出到第一连接元件 40 的示出的侧表面之外。孔 41 用于回转地接合第一连接元件 40 与第一叶片部分 31 的第一端 35, 并且孔 41 的中心限定了一种旋转轴线 55, 第一连接元件 40 能够围绕该旋转轴线 55 回转。示出的第一连接元件 40 的侧表面将会在处于第一回转位置时朝向远离第一叶片部分 31 的第一端 35 的方向, 第一连接元件

40 回转地与第一端 35 接合。

[0048] 图 5 图示出与图 4 中显示的侧视图相反的第一连接元件 40 的侧视图。第一连接元件 40 具有：第一外表面 43，设计为与第一主叶片部分 33 的表面的一部分齐平、并邻接着第一主叶片部分 33 的表面的所述一部分；以及第二表面部分 44，设计为邻接着另一并置的第一连接元件 40' 的外表面。第一连接元件 40 具有用于牢固地把第一连接元件 40 锚定到第二连接元件 50 的结合装置。该结合装置显示为穿过第一连接元件 40 的多个孔 42，这些孔中的每个孔具有用于接纳螺钉头或用于接纳螺母的暗钉眼或埋头孔，从而使得螺钉头或螺母不会延伸超出到第一连接元件 40 的示出的侧表面之外。该结合装置与孔 41 相隔一定距离，从而使得当牢固地锚定到第二连接元件 50 时所述第一连接元件 41 能够围绕旋转轴线 55 回转。示出的第一连接元件 40 的侧表面将会在处于第一回转位置时朝向第一叶片部分 31 的第一端 35，第一连接元件 40 回转地与第一端 35 接合。

[0049] 图 6 按照侧视图图示出第二连接元件 50。第二连接元件 50 具有：第一外表面 53，其被设计为与第二主叶片部分 34 的表面的一部分齐平、并邻接着第二主叶片部分 34 的表面的所述一部分；以及第二表面部分 54，其被设计为邻接着另一并置的第二连接元件的外表面。第二连接元件 50 具有用于牢固地把第二连接元件 50 锚定到第一连接元件 40 的结合装置。该结合装置显示为穿过第二连接元件 50 的多个孔 52，这些孔 52 中的每个孔具有用于接纳螺钉头或用于接纳螺母的暗钉眼 / 埋头孔，从而使得螺钉头或螺母不会延伸超出到第二连接元件 50 的所示出的侧表面之外。该结合装置设置成与孔 51 相隔一定距离，从而当牢固地锚定到第一连接元件 40 时第二连接元件 51 能够围绕旋转轴线 55 回转。示出的第二连接元件 50 的侧表面将会在处于第一回转位置时朝向第二叶片部分 32 的第一端 36，第二连接元件 50 回转地与第一端 36 接合。

[0050] 图 7 图示出与图 6 中显示的侧视图相反的第二连接元件 50 的侧视图。第二连接元件 50 具有穿过第二连接元件 50 的孔 51。孔 51 具有用于接纳螺钉头或用于接纳螺母的暗钉眼 / 埋头孔，从而使得螺钉头或螺母不会延伸超出到第二连接元件 50 的示出的侧表面之外。孔 51 用于回转地接合第二连接元件 50 与第二叶片部分 32 的第一端 36，并且孔 51 的中心限定了旋转轴线 55，第二连接元件 50 能够围绕该旋转轴线 55 回转。示出的第二连接元件 50 的侧表面将会在处于第一回转位置时朝向远离第二叶片部分 31 的第一端 36 的方向，第二连接元件 50 回转地与第一端 36 接合。

[0051] 图 8 图示出处于第一回转位置的第一连接元件 40 和另一并置的第一连接元件 40' 的截面图，其中第二表面部分 44 邻接着并置的第一连接元件 40' 的表面、并与并置的第一连接元件 40' 的所述表面齐平。第一连接元件 40 和并置的连接元件 40' 借助于螺钉 60 紧固于彼此。相应地，并置的连接元件 40' 可在外表面上具有多个螺纹孔。

[0052] 图 9 图示出：在经由结合装置（诸如，螺母和螺栓）穿过孔 52 和孔 51 把第一连接元件 40 和第二连接元件 50 牢固地锚定于彼此之前，第一连接元件 40 和第二连接元件 50 的透视图。第一连接元件 40 和第二连接元件 50 的共同旋转轴线 55 延伸穿过第二连接元件的孔 51 和第一连接元件 40 的孔 41，并且当第一连接元件 40 和第二连接元件 50 牢固地锚定于彼此时，牢固锚定结合的连接元件能够围绕旋转轴线 55 回转。

[0053] 图 10、11 和 13 图示出沿第一叶片部分 31 的线 A-A 的剖视图，第一叶片部分 31 具有从第一叶片部分 31 的第一主叶片部分的第一端 35 延伸的多个螺纹轴杆 39，如图 10 中所

示。通过如图 11 中所示把螺纹轴杆 39 连接到第一连接元件 40 的孔 41、并利用螺母 45 紧固第一连接元件 40，第一连接元件 40 连接到螺纹轴杆 39，从而使得第一连接元件 40 回转地与轴杆 39 接合。由此，第一连接元件 40 能够围绕旋转轴线 55 回转。第一连接元件 40 的旋转轴线 55 优选地平行于叶片的纵向轴线 L。

[0054] 由于结合装置 42(具有多个孔的形式)布置成与孔 41 和旋转轴线 55 相隔一定横向距离，所以第一连接元件 40 能够到达使结合装置 42 位于第一主叶片部分的外表面外部的旋转位置，如图 11 中所示。因此，可容易地触及结合装置 42，并且结合装置 42 可容易地连接到如图 12 中所示的第二叶片部分 32 的相应数量的第二连接元件 50 的结合装置 52，图 12 图示出沿图 3 中的线 B-B 的剖视图。第一连接元件 40 和第二连接元件 50 的结合装置 42、52 可通过使用螺母和螺栓装置、粘合、焊接或任何等同装置连接或锚定于彼此。

[0055] 一旦第一连接元件 40 和第二连接元件 50 锚定于彼此，它们可成对地围绕共同旋转轴线旋转到第一回转位置，在第一回转位置，第一连接元件 40 的第一外表面 43 与第二连接元件 50 的第一外表面 53 齐平，如图 13 中所示。另外，第一连接元件 40 的第一外表面 43 各自与第一主叶片部分 33 的外表面的一部分齐平，并且第二连接元件 50 的第一外表面 53 各自与第二主叶片部分 34 的外表面的一部分齐平。另外，第一连接元件 40(以及第二连接元件 50) 与并置的第一连接元件齐平并邻接着并置的第一连接元件，从而在整个横截面(或者至少在大部分横截面)获得平滑的空气动力学外表面。

[0056] 然而，当如图 13 中所示、叶片的通常称为尾部表面的区域未由连接元件 40 覆盖时，第一连接元件 40 未覆盖第一叶片部分 31 的主叶片部分 33 的整个表面，由此形成了截顶的和 / 或平端 / 钝头(blunt)的尾部表面。然而，对于一些应用而言这可能是有益的。然而，如果情况并非如此、并且会聚的尾部表面是最有益的，则通过在风轮机叶片上安装一种邻接着主叶片部分 33 的表面并与主叶片部分 33 的表面齐平的壳型元件就能够获得这种会聚的尾部表面。该壳型元件能够粘合、粘附和 / 或固定到从第一叶片部分的第一端 36 延伸的轴杆。构造会聚的尾部表面的另一方法是改变连接元件 40 回转的方向，由此在几何形状方面较容易安装好也覆盖着主叶片部分 33 的尾部表面的连接元件。

[0057] 为了确保一种耐用的接头，很重要的一点是接头足够结实，因此很重要地，连接元件在处于它们的第一回转位置时在使用期间保持固定。这能够以许多方法来获得，一种方法是对处于其第一回转位置的连接元件预加应力。通过以下方式能够实现这一点：采用楔形形状的连接元件，从而使得连接元件由于它们的楔形形状而必须被挤入到它们的第一回转位置，由此预应力被施加于接头。用以确保连接元件在使用期间保持固定的另一方法是：把连接元件嵌入到填充着连接元件之间空隙、并在连接元件回转到它们的第一回转位置之后发生硬化的物质中。然而，应用这种方案导致风轮机在装配之后不可容易地分开。用以确保耐用接头的另一方法是通过在风轮机叶片里面应用一种跨过接头的内部增强结构(诸如，横梁)来减小施加于连接元件的负荷，由此施加于风轮机叶片的负荷分布在内部增强结构和连接元件之间。

[0058] 已参照优选实施例描述了本发明。然而，本发明的范围不限于示出的实施例，在不脱离本发明的范围的情况下能够执行替换和修改。

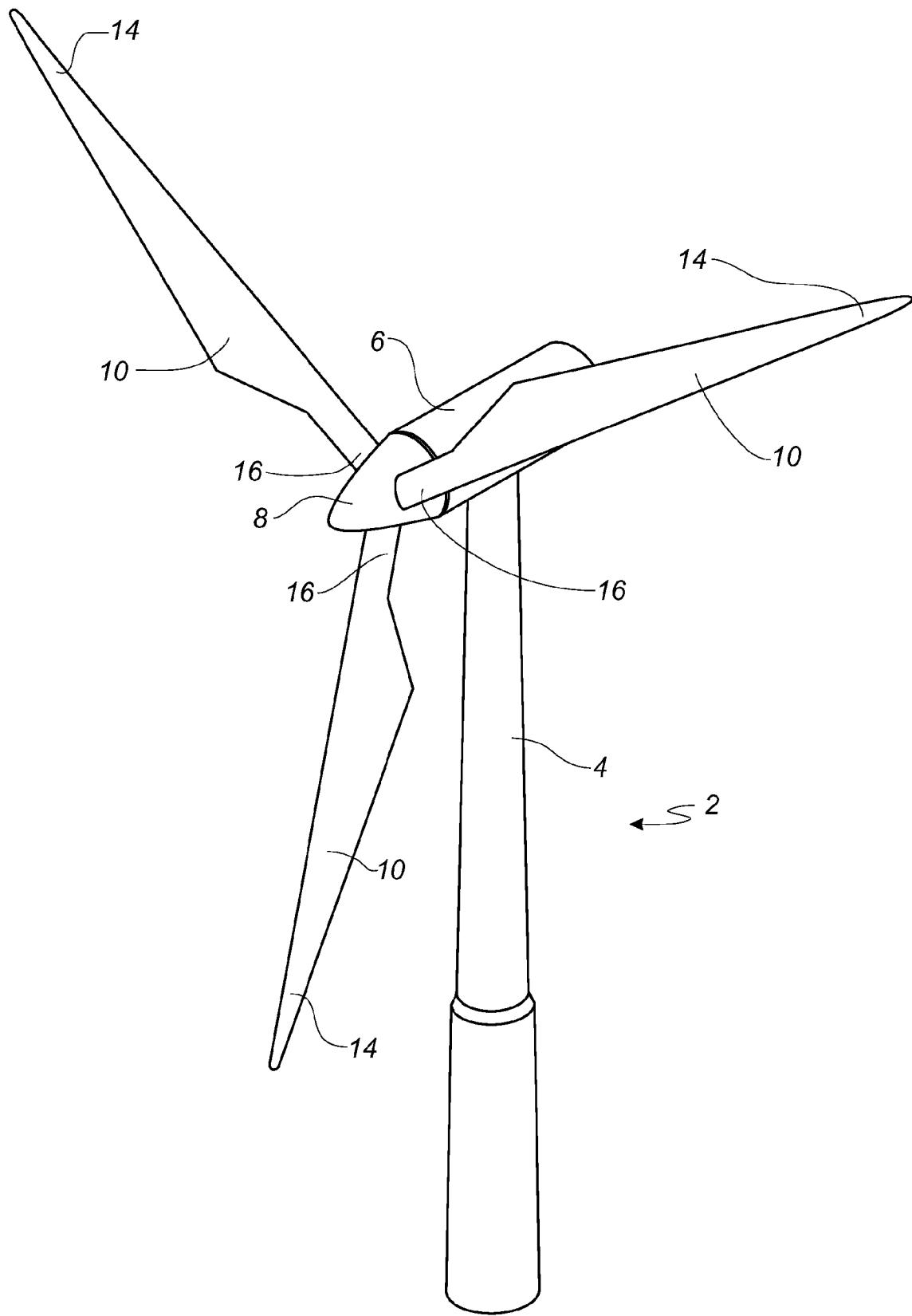


图 1 (现有技术)

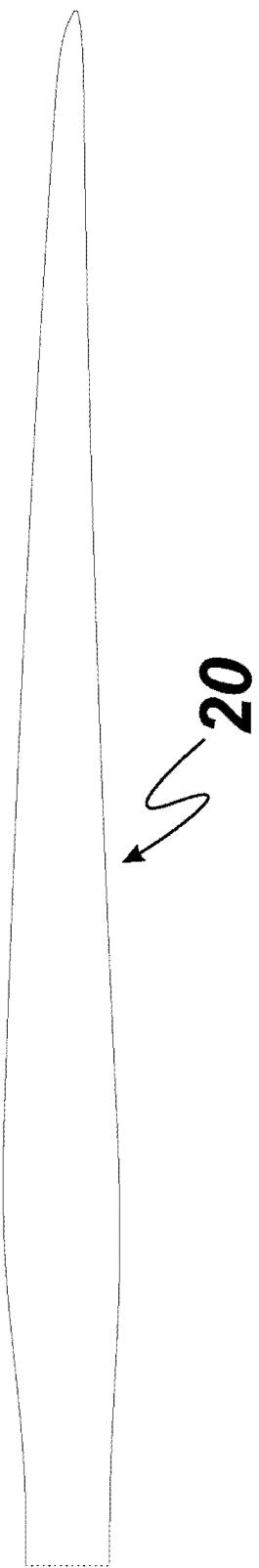


图 2 (现有技术)

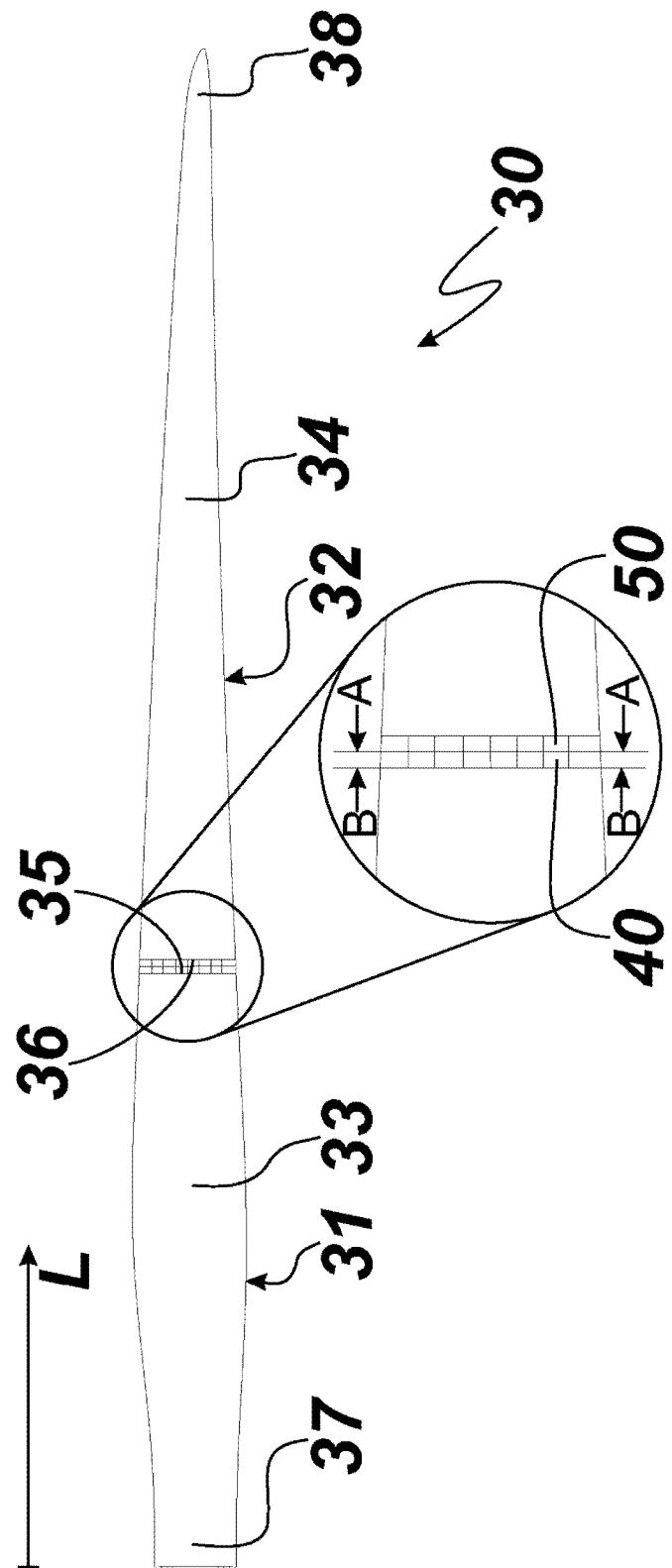


图 3

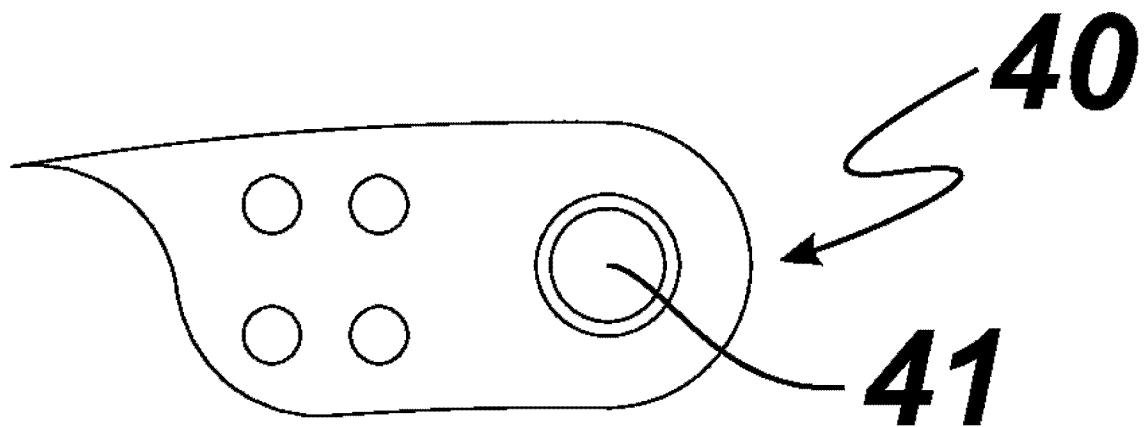


图 4

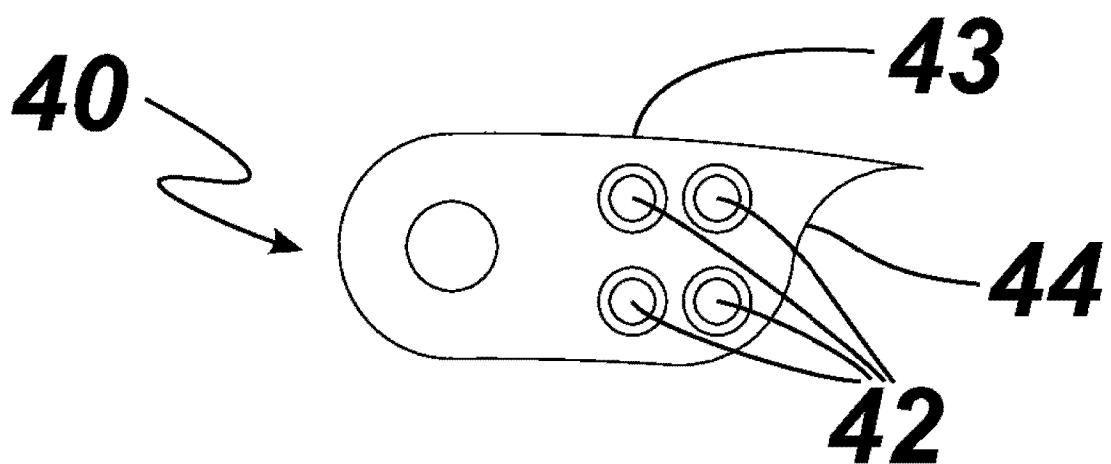


图 5

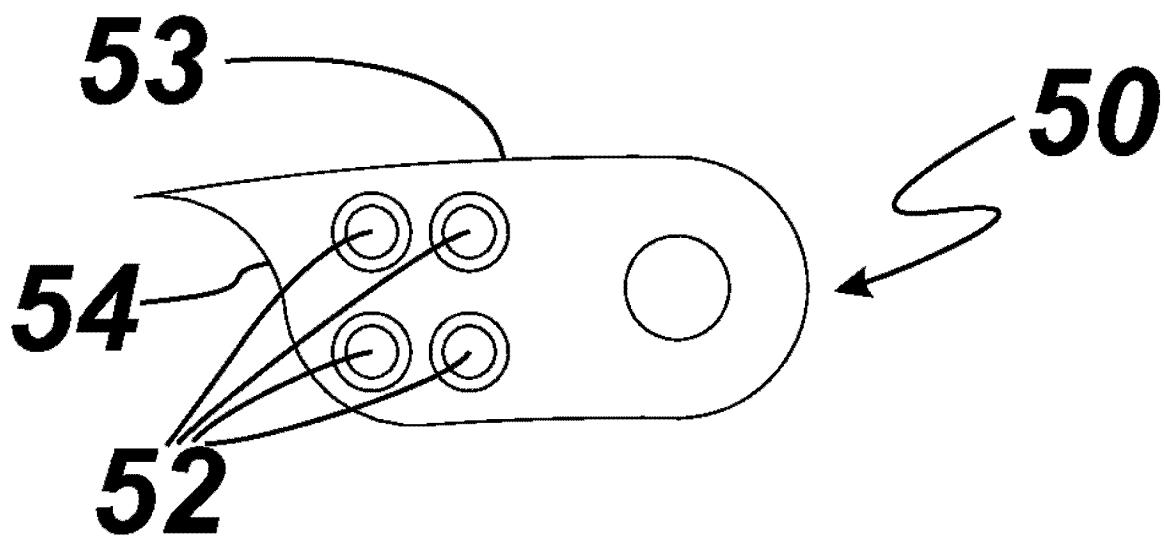


图 6

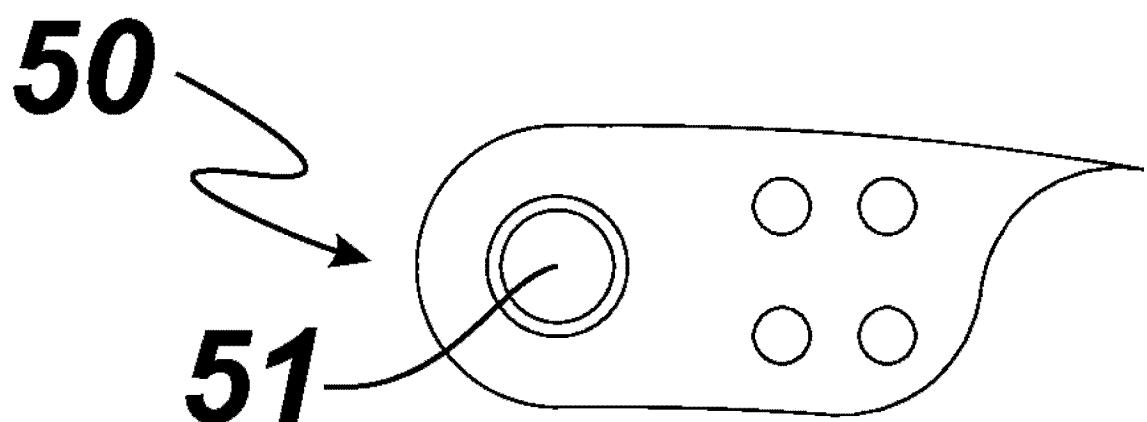


图 7

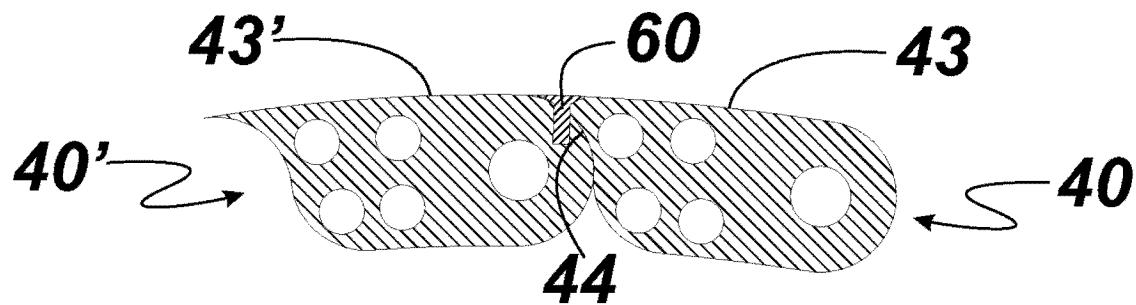


图 8

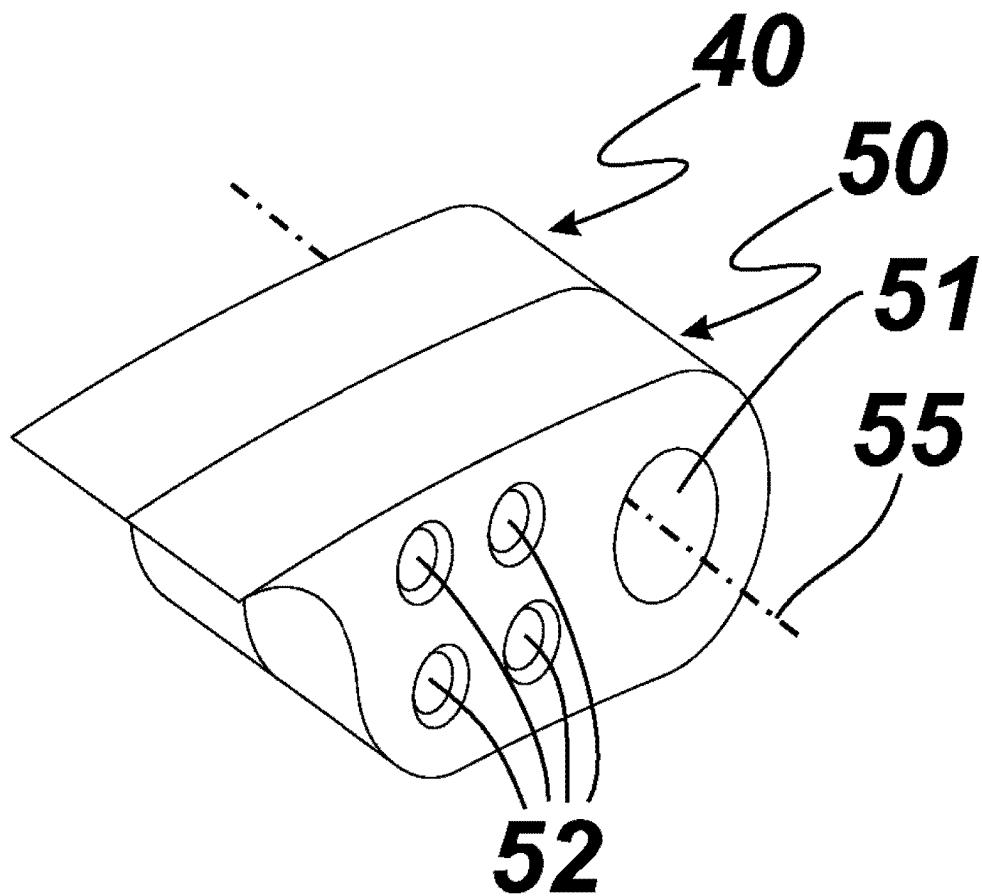


图 9

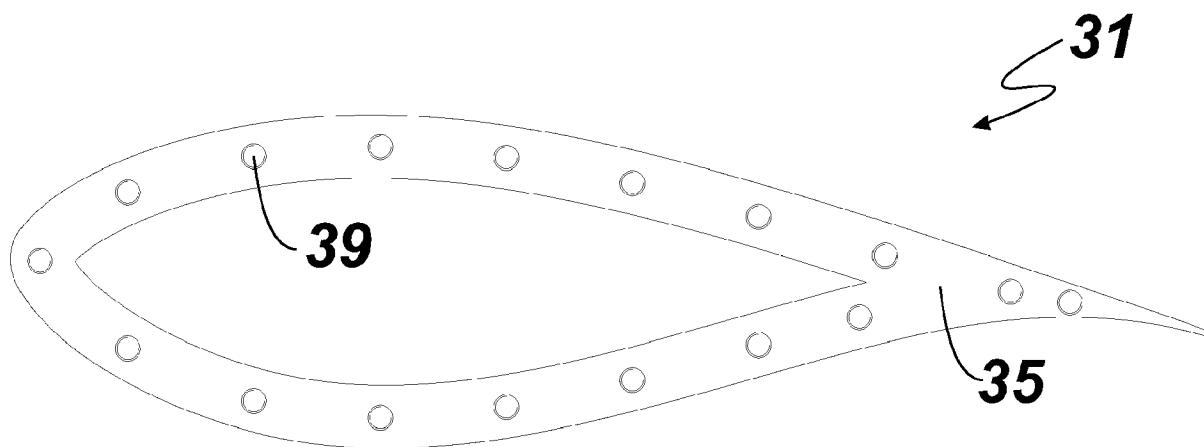


图 10

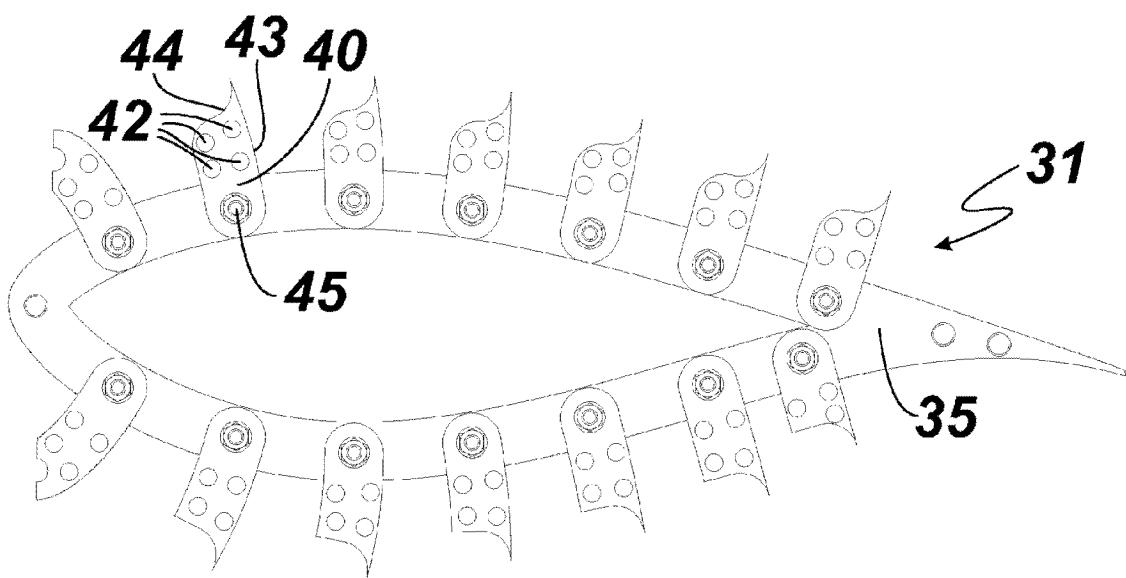


图 11

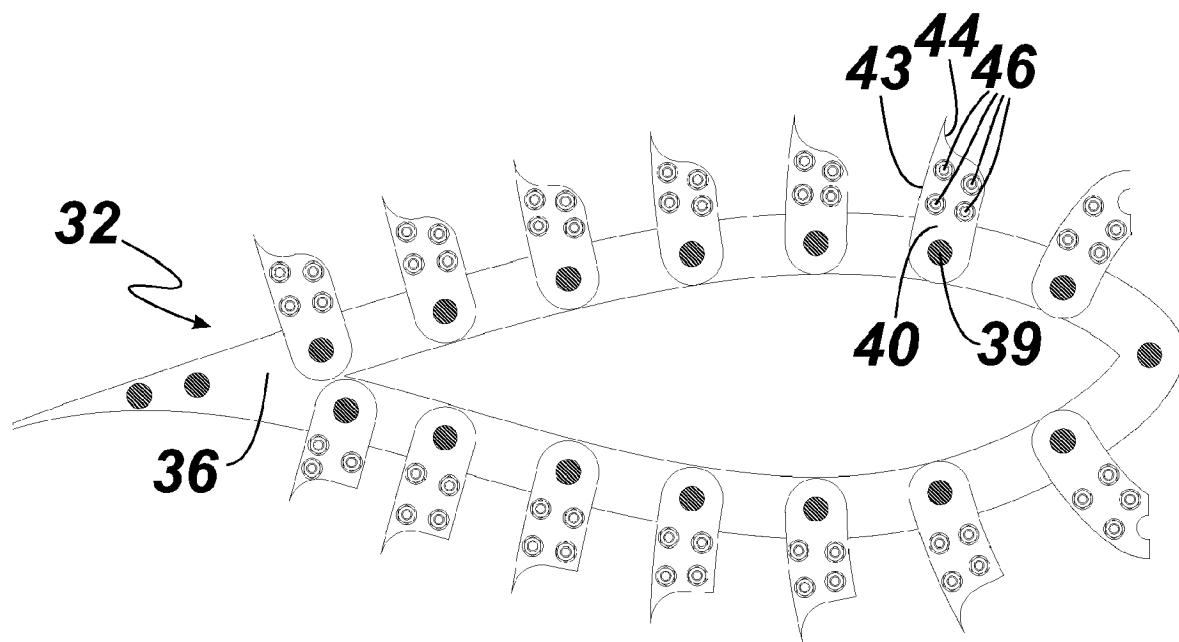


图 12

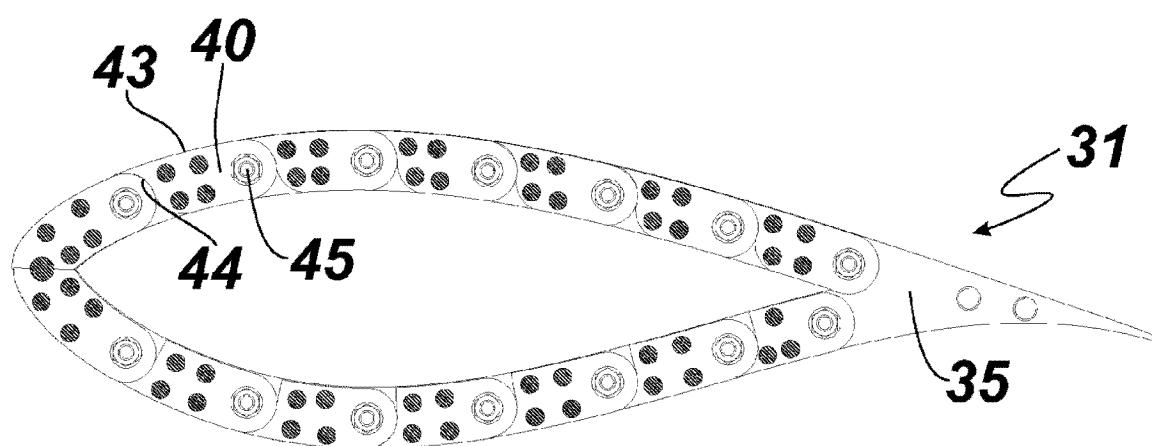


图 13