



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102278271 A

(43) 申请公布日 2011.12.14

(21) 申请号 201110165450.2

(22) 申请日 2011.06.08

(30) 优先权数据

12/796003 2010.06.08 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 S·桑巴穆尔蒂

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 朱铁宏 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006.01)

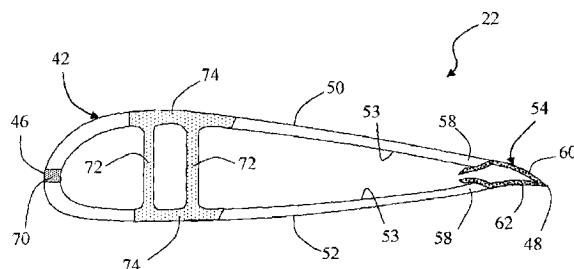
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

用于风力涡轮机转子叶片的后缘连结缘条

(57) 摘要

本发明涉及用于风力涡轮机转子叶片的后缘连结缘条。具体而言，公开了一种结合风力涡轮机转子叶片(22)使用的后缘连结缘条(54)。后缘连结缘条(54)可包括从转子叶片(22)的叶片壳体(42)向外凸出的本体(56)。本体(56)可具有第一外表面(60)和第二外表面(62)。第一外表面(60)可与第二外表面(62)相交，以便限定转子叶片(22)的后缘(48)。此外，第一外表面(60)和第二外表面(62)可具有构造成用以与叶片壳体(42)的空气动力轮廓相对应的轮廓。



1. 一种结合风力涡轮机 (10) 的转子叶片 (22) 使用的后缘连结缘条 (54), 所述后缘连结缘条 (54) 包括：

构造成用以从所述转子叶片 (22) 的叶片壳体 (42) 向外凸出的本体 (56), 所述本体 (56) 由金属基体复合材料形成, 且具有第一外表面 (60) 和第二外表面 (62), 所述第一外表面 (60) 构造成用以与所述第二外表面 (62) 相交, 以限定所述转子叶片 (22) 的后缘 (48),

其中, 所述第一外表面 (60) 和所述第二外表面 (62) 具有构造成用以与所述叶片壳体 (42) 的空气动力轮廓相对应的轮廓。

2. 根据权利要求 1 所述的后缘连结缘条 (54), 其特征在于, 所述金属基体复合材料包括由碳纤维或硼纤维补强的铝合金基体。

3. 根据权利要求 1 所述的后缘连结缘条 (54), 其特征在于, 所述金属基体复合材料包括导电金属。

4. 根据权利要求 1 所述的后缘连结缘条 (54), 其特征在于, 所述本体 (56) 包括构造成用以固定到所述叶片壳体 (42) 上的至少一个连结表面 (64, 66)。

5. 根据权利要求 4 所述的后缘连结缘条 (54), 其特征在于, 所述至少一个连结表面 (64, 66) 包括第一连结表面 (64) 和第二连结表面 (66), 所述第一连结表面 (64) 和所述第二连结表面 (66) 构造成用以在所述转子叶片 (22) 内延伸并接合所述叶片壳体 (42) 的后端 (58)。

6. 根据权利要求 5 所述的后缘连结缘条 (54), 其特征在于, 所述第一连结表面 (64) 和所述第二连结表面 (66) 为凹入式形状。

7. 根据权利要求 1 所述的后缘连结缘条 (54), 其特征在于, 所述第一外表面 (60) 的轮廓构造成用以与所述叶片壳体 (42) 的第一壳体构件 (50) 的空气动力轮廓相对应, 以及所述第二外表面 (62) 的轮廓构造成用以与所述叶片壳体 (42) 的第二壳体构件 (52) 的空气动力轮廓相对应。

8. 根据权利要求 1 所述的后缘连结缘条 (54), 其特征在于, 所述第一外表面 (60) 和所述第二外表面 (62) 的相交限定了尖锐的后缘 (48)。

9. 一种用于风力涡轮机 (10) 的转子叶片 (22), 所述转子叶片包括：

根部部分 (24)；

叶片末梢 (40)；

在所述根部部分 (24) 与所述叶片末梢 (40) 之间延伸的叶片壳体 (42), 所述叶片壳体 (42) 具有空气动力轮廓, 且包括第一壳体构件 (50) 和第二壳体构件 (52); 以及

部分地设置在所述第一壳体构件 (50) 和所述第二壳体构件 (52) 的后端 (58) 之间的后缘连结缘条 (54), 所述后缘连结缘条 (54) 由金属基体复合材料形成, 且具有第一外表面 (60) 和第二外表面 (62), 所述第一外表面 (60) 与所述第二外表面 (62) 相交, 以限定所述转子叶片 (22) 的后缘 (48),

其中, 所述第一外表面 (60) 和所述第二外表面 (62) 具有构造成用以与所述叶片壳体 (42) 的空气动力轮廓相对应的轮廓。

10. 根据权利要求 9 所述的转子叶片 (22), 其特征在于, 所述金属基体复合材料包括由碳纤维或硼纤维补强的铝合金基体。

11. 根据权利要求 9 所述的转子叶片 (22), 其特征在于, 所述金属基体复合材料包括导

电金属。

12. 根据权利要求 9 所述的转子叶片 (22), 其特征在于, 所述后缘连结缘条 (54) 包括固定到所述叶片壳体 (42) 上的至少一个连结表面 (64, 66)。

13. 根据权利要求 12 所述的转子叶片 (22), 其特征在于, 所述至少一个连结表面 (64, 66) 包括第一连结表面 (64) 和第二连结表面 (66), 所述第一连结表面 (64) 和所述第二连结表面 (66) 在所述转子叶片 (22) 内延伸, 且接合所述第一壳体构件 (50) 和所述第二壳体构件 (52) 的所述后端 (58)。

14. 根据权利要求 13 所述的转子叶片 (22), 其特征在于, 所述第一连结表面 (64) 和所述第二连结表面 (66) 为凹入式形状。

15. 根据权利要求 9 所述的转子叶片 (22), 其特征在于, 所述第一外表面 (60) 的轮廓构造成用以与所述第一壳体构件 (50) 的空气动力轮廓相对应, 以及所述第二外表面 (62) 的轮廓构造成用以与所述第二壳体构件 (52) 的空气动力轮廓相对应。

用于风力涡轮机转子叶片的后缘连结缘条

技术领域

[0001] 本主题主要涉及用于风力涡轮机的转子叶片，并且更具体地涉及用于风力涡轮机转子叶片的后缘连结缘条（cap）。

背景技术

[0002] 风力被认为是目前可用的最清洁、对环境最为友好的能源之一，故鉴于此，风力涡轮机获得了日益增加的关注。现代风力涡轮机通常包括塔架、发电机、机舱，以及一个或多个转子叶片。转子叶片使用公知的翼型原理捕获风中的动能。转子叶片将动能转变成旋转能形式，以便转动将转子叶片直接或间接地联接到发电机上的轴。发电机然后将机械能转换成可调度到公用电网上的电能。

[0003] 常规转子叶片的典型构造主要包括根部区段、叶片末梢，以及在根部区段与叶片末梢之间延伸的叶片壳体。叶片壳体大致限定转子叶片的空气动力翼型形状，且可由纤维补强的材料如玻璃纤维、碳纤维等制成。此外，叶片壳体通常为复合设计，由连结在一起的单独壳体构件制成。为了连结壳体构件，通常将厚的粘合剂层施加到壳体构件中的一个或两者上。壳体构件然后彼此接触（例如，通过将壳体构件相互叠置），以便围绕叶片壳体的边缘（即，转子叶片的前缘和后缘）形成厚的粘合剂连结线。

[0004] 使用粘合剂连结以使叶片壳体的壳体构件相结合通常导致显著的性能损失，尤其是相对于转子叶片后缘而言。例如，由于粘合剂层，故后缘本能地较厚，从而导致转子叶片空气动力效率的降低。这样增大的厚度在风力涡轮机操作期间还产生附加的纯音噪声。此外，粘合剂的露出部分通常对存在于该范围（field）的腐蚀很敏感，这会导致壳体构件之间连结的弱化。此外，通常难以按受控的量施加粘合剂，这导致转子叶片具有不良的公差、变化的后缘厚度，以及降低的效率。

[0005] 因此，需要一种结合风力涡轮机转子叶片使用的后缘连结缘条，其导致性能损失的下降。

发明内容

[0006] 本发明的方面和优点将在以下说明中部分地阐述，或可根据该说明而清楚，或可通过实施本发明而懂得。

[0007] 一方面，本主题公开了一种结合风力涡轮机转子叶片使用的后缘连结缘条。后缘连结缘条可包括本体，其构造成用以从转子叶片的叶片壳体向外凸出。该本体可由金属基体复合材料形成，且可包括第一外表面和第二外表面。第一外表面可构造成用以与第二外表面相交，以便限定转子叶片的后缘。此外，第一外表面和第二外表面可具有构造成用以与叶片壳体的空气动力轮廓相对应的轮廓。

[0008] 另一方面，本主题公开了一种用于风力涡轮机的转子叶片。转子叶片包括根部部分、叶片末梢，以及在根部部分与叶片末梢之间延伸的叶片壳体。叶片壳体通常具有空气动力轮廓，且可包括第一壳体构件和第二壳体构件。此外，转子叶片可包括部分地设置在第一

壳体构件和第二壳体构件的后端之间的后缘连结缘条。后缘连结缘条可如上文所述那样构造且在文中更为详细地描述。

[0009] 参照以下说明和所附权利要求,本发明的这些及其它特征、方面和优点将会得到更好的理解。并入本说明书中且构成其一部分的附图示出了本发明的实施例,且结合说明一起用于阐述本发明的原理。

附图说明

[0010] 在参照附图的说明书中,针对本领域的普通技术人员阐明了本发明包括其最佳模式的完整和能够实施的公开内容,在附图中:

[0011] 图 1 示出了风力涡轮机的透视图;

[0012] 图 2 示出了风力涡轮机转子叶片的透视图;

[0013] 图 3 示出了具有根据本主题的方面的所安装的后缘连结缘条的转子叶片的截面视图;以及

[0014] 图 4 示出了根据本主题的方面的后缘连结缘条的局部透视图。

[0015] 零件清单

[0016] 10 风力涡轮机

[0017] 12 塔架

[0018] 14 支承件

[0019] 16 机舱

[0020] 18 转子

[0021] 20 桨毂

[0022] 22 叶片

[0023] 24 叶片根部部分

[0024] 28 风向

[0025] 36 控制器

[0026] 38 塔架中心线

[0027] 40 末梢

[0028] 42 叶片壳体

[0029] 44 中心轴线

[0030] 46 前缘

[0031] 48 后缘

[0032] 50 第一壳体

[0033] 52 第二壳体

[0034] 53 壳体内表面

[0035] 54 后缘 (TE) 连结缘条

[0036] 56 本体

[0037] 58 后端

[0038] 60 第一外表面

[0039] 62 第二外表面

- [0040] 64 第一连结表面
- [0041] 66 第二连结表面
- [0042] 68 连结缘条端部
- [0043] 70 前缘缘条
- [0044] 72 抗剪腹板
- [0045] 74 翼梁缘条

具体实施方式

[0046] 现将详细地参照本发明的实施例，其中的一个或多个实例在附图中示出。各实例均是以阐述本发明来提供的，而并非对本发明进行限制。实际上，本领域的技术人员将清楚，在不脱离本发明的范围或精神的情况下，可在本发明中作出各种修改和变型。例如，示为或描述为一个实施例的一部分的特征可结合另一实施例来使用，以产生又一个实施例。因此，期望的是，本发明涵盖归入所附权利要求及其等同物的范围内的这些修改和变型。

[0047] 大体上而言，本主题设计一种在风力涡轮机的转子叶片内使用的后缘连结缘条。具体的是，后缘连结缘条可从转子叶片的叶片壳体向外凸出以形成转子叶片的后缘。通常，认为的是，本主题的后缘连结缘条会提供很多优点。例如，连结缘条可精确且准确地形成和/或加工，以匹配和/或对应于转子叶片的空气动力轮廓。这可确保侧部壳体与连结缘条之间的平滑过渡，以便减小作用在转子叶片后缘上的剪切力。此外，连结缘条可制造成以便形成尖锐或尖突的后缘。如通常理解的那样，尖锐的后缘（例如，厚度极小或厚度接近于零的后缘）可例如通过增大升阻比 (lift-to-drag ratio) 来提高转子叶片的空气动力效率，并且还可减少或消除纯音噪声的产生。此外，连结缘条可由刚性材料如金属基体复合材料形成，该刚性材料增强了后缘处的结构完整性和连结强度。例如，刚性材料可减小后缘处转子叶片弯折的可能性，且还可提高边缘刚度。此外，通过由具有高导电性的材料（例如，铝合金）形成连结缘条，该连结缘条可用作风力涡轮机的有效避雷装置。

[0048] 参看附图，图 1 示出了风力涡轮机 10 的透视图。如图所示，风力涡轮机 10 为水平轴线式风力涡轮机。然而，应当认识到的是，风力涡轮机 10 可为垂直轴线式风力涡轮机。在所示的实施例中，风力涡轮机 10 包括从支承表面 14 延伸的塔架 12、安装在塔架 12 上的机舱 16，以及联接到机舱 16 上的转子 18。转子 18 包括可旋转的桨毂 20，以及联接到桨毂 20 上且从桨毂 20 向外延伸的至少一个转子叶片 22。如图所示，转子 18 包括三个转子叶片 22。然而，在备选实施例中，转子 18 可包括多于或少于三个的转子叶片 22。此外，在所示的实施例中，塔架 12 由管状钢制成，以便在支承表面 14 与机舱 16 之间限定腔体（未示出）。然而，在备选实施例中，塔架 12 可为本领域中所公知的任何适合类型的塔架。

[0049] 转子叶片 22 通常可具有使风力涡轮机 10 能够起到如本文所述的作用的任何适合的长度。例如，在一个实施例中，转子叶片 22 可具有范围从大约 15 米 (m) 至大约 91m 的长度。然而，叶片长度的其它非限制性实例可包括 10m 或更短、20m、37m，或大于 91m 的长度。此外，转子叶片 22 可围绕桨毂 20 间隔开，以有助于旋转转子 18 而使风中的动能能够转化成可用的机械能，且随后转化成电能。具体而言，桨毂 20 可旋转地联接到位于机舱 16 内的发电机（未示出）上，以容许产生电能。此外，转子叶片 22 可通过将叶片根部部分 26 联接到桨毂 20 上而与桨毂 20 相配合。

[0050] 如示出的实施例中所示,风力涡轮机 10 还可包括集中在机舱 16 内的涡轮控制系统或涡轮控制器 36。然而,应当认识到的是,控制器 36 可设置在风力涡轮机 10 上或风力涡轮机 10 中的任何位置处、设置在支承表面 14 上的任何位置处或在任何其它适合位置处。通常,控制器 36 可构造成用以控制风力涡轮机 10 的各种操作模式(例如,启动或停机程序(或序列))。此外,控制器 36 可控制风力涡轮机 10 的各种构件中的多个。例如,当风向 28 变化时,控制器 36 可构造成用以围绕偏航轴线 38 控制机舱 16 的偏航方向,以便相对于风向 28 来定位转子叶片 22。具体而言,控制器 36 可控制机舱 16 的偏航驱动机构(未示出),以便使机舱 16 围绕偏航轴线 38 旋转。

[0051] 现参看图 2,示出了转子叶片 22 的透视图。如图所示,转子叶片 22 包括用于将转子叶片 22 安装到桨毂 20(图 1)上的根部部分 24。转子叶片 22 还包括设置成与根部部分 24 相对的叶片末梢 40。叶片壳体 42 沿中心轴线 44 大致在根部部分 24 与叶片末梢 40 之间延伸,且限定转子叶片 22 的前缘 46 和后缘 48。在一个实施例中,转子叶片 22 的叶片壳体 42 可制造为两件式构造,包括第一壳体构件 50 和第二壳体构件 52。应当认识到的是,各壳体构件 50,52 均可大体上限定大致的空气动力轮廓。因此,当结合时,壳体构件 50,52 便形成具有空气动力翼型形状的叶片壳体 42,该形状使转子叶片 22 能够使用公知的翼型原理从风中捕获动能。

[0052] 现在参看图 3 至图 4,示出了用于连接叶片壳体 42 的壳体构件 50,52 和形成转子叶片 22 的后缘 48 的后缘连结缘条 54 的实施例。具体而言,图 3 示出了具有根据本主题的方面的所安装的后缘连结缘条 54 的转子叶片 22 的截面视图。图 4 示出了根据本主题的方面的后缘连结缘条 54 的实施例的局部透视图。

[0053] 通常,本主题的后缘连结缘条 54 可包括刚性本体 56,该刚性本体 56 构造成用以沿远离其前缘 46 的方向从转子叶片 22 的叶片壳体 42 向外凸出。例如,如图 3 和图 4 中所示,连结缘条 54 可部分地设置在第一壳体构件 50 和第二壳体构件 52 的后端 58 之间,且从后端 58 向外凸出。连结缘条 54 还可沿转子叶片 22 的长度纵向地延伸以形成叶片 22 的后缘 48。在一个实施例中,连结缘条 54 可形成为沿叶片 22 的整个长度延伸的单个部件。作为备选,连结缘条 54 可形成为多个部件,使得连结缘条 54 沿叶片 22 长度分段。此外,后缘连结缘条 54 的横向长度或翼弦长度可大致取决于转子叶片 22 的构造而变化。然而,在一个实施例中,连结缘条翼弦长度与转子叶片翼弦长度(即,转子叶片 22 的后缘 48 与前缘 46 之间的距离)的比例可为大约 1 : 20,以便确保叶片 22 显现出抗弯稳定性和结构完整性。

[0054] 此外,在一个实施例中,后缘连结缘条 54 可具有构造成用以配合或与转子叶片 22 的空气动力轮廓相对应的轮廓。例如,连结缘条 54 的本体 56 可构造为用以设置成与叶片壳体 42 的外部轮廓大致齐平,以便连结缘条 54 用作转子叶片 22 的翼型形状的延伸部。具体而言,连结缘条 54 的第一外表面 60 可具有与第一壳体构件 50 的空气动力轮廓相对应的轮廓。因此,平滑的空气动力过渡可存在于连结缘条 54 与第一壳体构件 50 之间。类似的是,连结缘条 54 的第二外表面 62 可具有与第二壳体构件 52 的空气动力轮廓相对应的轮廓,以便在第二壳体构件 52 和后缘连结缘条 54 的界面(interface)处提供平滑的空气动力过渡。

[0055] 应当认识到的是,连结缘条 54 的第一外表面 60 和第二外表面 62 的相交可大致限定转子叶片 22 的后缘 48。在一个实施例中,后缘连结缘条 54 可构造成用以提供尖锐或尖

突的后缘 54。例如，连结缘条 54 的本体 56 可形成为以便在第一外表面 60 和第二外表面 62 的相交处存在最小厚度（例如，本体 56 的厚度在外表面 60,62 的相交处可接近为零）。因此，转子叶片 22 可例如通过具有增大的升阻比而显现出改善的空气动力效率。此外，提供尖锐的后缘 54 还可在风力涡轮机 10 的操作期间减少或消除纯音噪声的产生。

[0056] 后缘连结缘条 54 的本体 56 还可包括在转子叶片 22 内延伸的至少一个连结表面。通常，该至少一个连结表面可构造成用以将后缘连结缘条 54 固定到叶片壳体 42 上。例如，该至少一个连结表面可构造成用以附接到叶片壳体 42 上，以便在第一壳体构件 50 与第二壳体构件 52 之间形成搭接接头。如图 4 中具体示出的那样，后缘连结缘条 54 可包括第一连结表面 64 和第二连结表面 66。各连结表面 64,66 均可构造成用以接合第一壳体构件 50 和第二壳体构件 52 的后端 58，以便将连结缘条 54 固定到转子叶片 22 上，且由此围住叶片壳体 42 并形成转子叶片 22 的后缘 58。在一个实施例中，连结表面 64,66 可为凹入式形状，使得连结缘条 54 的端部 68 在叶片壳体 42 内朝第一壳体构件 50 和第二壳体构件 52 的内表面 53 向外张开，且确保连结缘条 54 适当地接合叶片壳体 42。此外，本领域的普通技术人员应当认识到的是，在壳体构件 50,52 和连结缘条 54 之间提供充分连结所需的连结表面 64,66 的最小长度和 / 或表面面积例如可大致取决于叶片结构和使用期间在转子叶片 22 上的预计负载。

[0057] 此外，应当认识到的是，连结表面 64,66 可设置在叶片壳体 42 内，且通过任何适合的方式固定到叶片壳体 42 上。在特定的实施例中，后缘连结缘条 54 在壳体构件 50,52 制造期间可安装在叶片壳体 42 内。例如，第一壳体构件和第二壳体构件可形成在对应的顶部模具和底部模具内，以便一旦固化，则壳体构件便可结合以形成转子叶片 22 的翼型形状。因此，在一个实施例中，后缘连结缘条 54 可沿形成于底部模具中的壳体构件（例如，第二壳体构件 52）的长度放置，且连结缘条 54 的对应连结表面（例如，连结表面 66）可固定到该壳体构件的后缘 58 上。例如，在一个实施例中，对应的连结表面可使用高性能胶合材料而固定到形成于底部模具中的壳体构件上。在将连结缘条 54 固定到底部壳体构件上之后，各壳体构件（例如，第一壳体构件 50 和第二壳体构件 52）均可独立地固化。在固化之后，顶部模具然后可定位于底部模具上方，以便容许顶部壳体构件（例如，第一壳体构件 50）固定到连结缘条 54 上。例如，高性能胶合材料可沿连结缘条 54 的对应连结表面（例如，连结表面 64）放置，以便在模具于连结缘条 54 上关闭时，连结缘条 54 适当地固定在转子叶片 22 的壳体构件 50,52 之间。形成的转子叶片 22 然后可后固化和经受完成叶片 22 制造所需的任何附加过程。应当认识到的是，尽管上述实施例使用了高性能胶合材料，但其它实施例也可使用任何其它粘合剂或紧固器件，例如但不限于机械紧固件，以有助于将连结缘条 54 附接到转子叶片 22 上。

[0058] 通常，后缘连结缘条 54 可由任何刚性材料形成，该刚性材料提供壳体构件 50,52 之间的刚性界面，且由此提高转子叶片 22 的结构完整性，以及降低壳体构件 50,52 在风力涡轮机 10 的操作期间于后缘 48 处弯折的可能性。在一个实施例中，本体 56 可由金属基体复合材料形成。金属基体复合材料通常可包括具有两种组成部分的材料，一种是金属，而另一种是补强材料。例如，单丝线缆、纤维或颗粒可嵌入或分散在金属基体内，以便改变金属的物理性能。这种构造容许金属基体复合材料相比于单独的金属具有很高的强度 / 重量比。因此，使用由金属基体复合材料形成的后缘连结缘条 54 可能特别有优势，因为转子叶

片 22 的结构刚性和完整性增大而无需增加重量。

[0059] 在本主题的一个实施例中,后缘连结缘条 54 的本体 56 可由利用碳纤维或硼纤维补强的铝合金基体形成。因此,后缘连结缘条 54 可能重量很轻,且具有高的强度 / 刚度,从而增强转子叶片 22 的边缘刚度、抗腐蚀性和结构完整性,而不会显著增加其重量。这种增强的结构完整性可防止转子叶片 22 的弯折,从而消除对在后缘 48 处提供辅助翼梁缘条 / 抗剪腹板的需要。此外,由于铝的高导电性,故由铝基体形成的后缘连结缘条 54 可用作用于风力涡轮机 10 的有效防雷系统。当然,应当认识到的是,各种其它适合的金属和补强材料也可在金属基体复合材料内使用,以便形成本主题的后缘连结缘条 54。

[0060] 还应当认识到的是,后缘连结缘条 54 通常可包括预先制造的构件。因此,连结缘条 54 的本体 56 可经加工以提供任何期望的空气动力轮廓。此外,适合的加工过程可用于形成具有高的维度(或尺寸)稳定性的连结缘条 54,以便对于最佳空气动力效率而提供连结缘条 54 与叶片壳体 42 的精确对准。连结缘条 54 还可经历任何适合的修整过程,以便确保沿本体 56 外表面 60,62 的光滑表面修整。此外,应当认识到的是,连结缘条 54 的本体 56 可制造成具有任何适合的截面。例如,如图 3 和图 4 中所示,连结缘条 54 可具有中空截面,或在备选实施例中,连结缘条 54 可具有实心截面。

[0061] 应当认识到的是,图 3 示出了转子叶片 22 的附加构件。例如,粘合材料或连结缘条 70 可设置在转子叶片 22 的前缘 46,如第一壳体构件 50 和第二壳体构件 52 的前缘界面处。此外,转子叶片 22 还可包括定位在顶部翼梁缘条和底部翼梁缘条 74 之间的一对抗剪腹板 72。通常,顶部翼梁缘条和底部翼梁缘条 74 可大致沿各壳体构件 50,52 的整个纵向长度延伸,且可连结到壳体构件 50,52 的内表面上。此外,内部抗剪腹板 72 可沿纵向在壳体构件 50,52 之间延展,且可附接到翼梁缘条 74 上,以便改善转子叶片 22 的结构刚度。

[0062] 本书面说明使用了包括最佳模式的实例来公开本发明,且还使本领域的普通技术人员能够实施本发明,包括制作和使用任何装置或系统以及执行任所结合的方法。本发明可取得专利的范围由权利要求限定,并且可包括本领域的普通技术人员所构思出的其它实例。如果这些其它实例包括与权利要求的字面语言并无不同的结构元件,或者如果这些其它实例包括与权利要求的字面语言无实质差别的同等结构元件,则认为它们落在权利要求的范围之内。

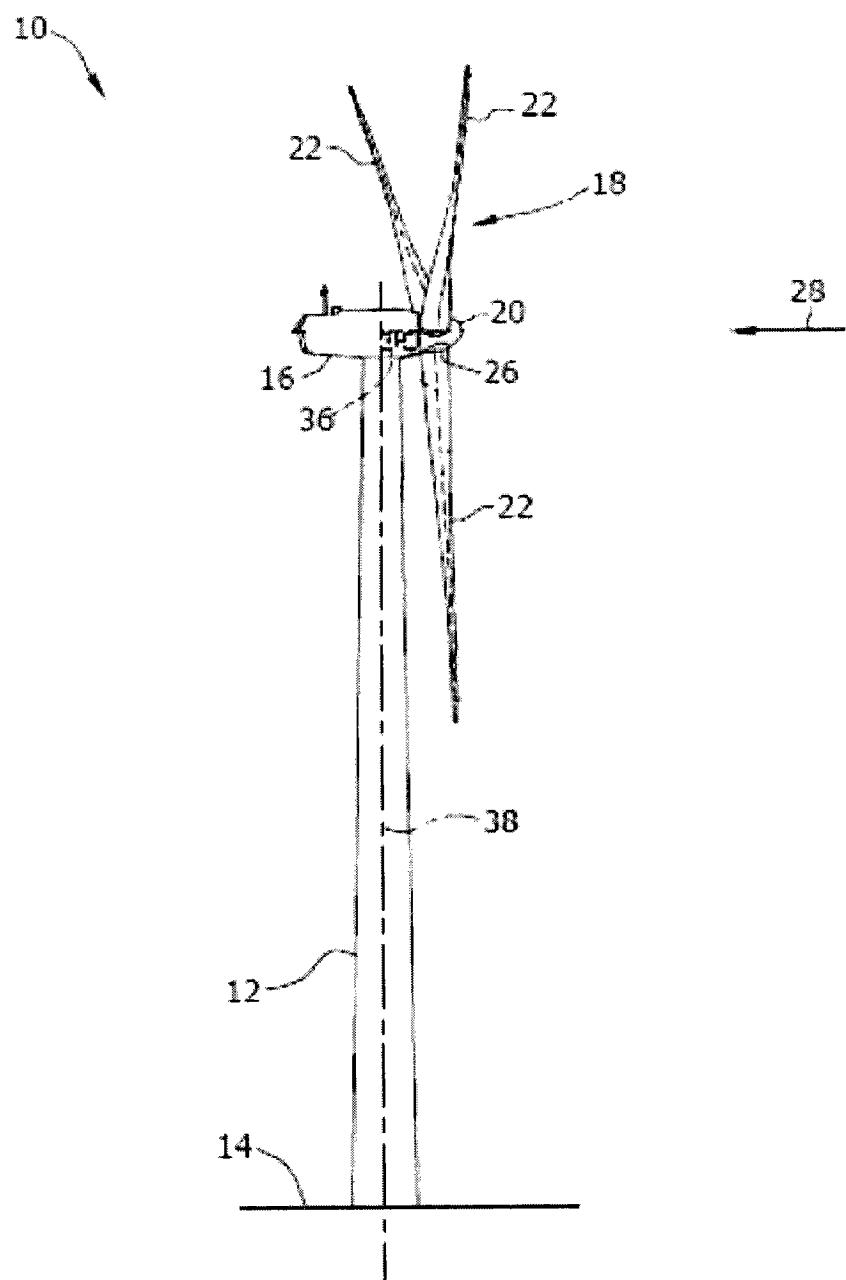


图 1

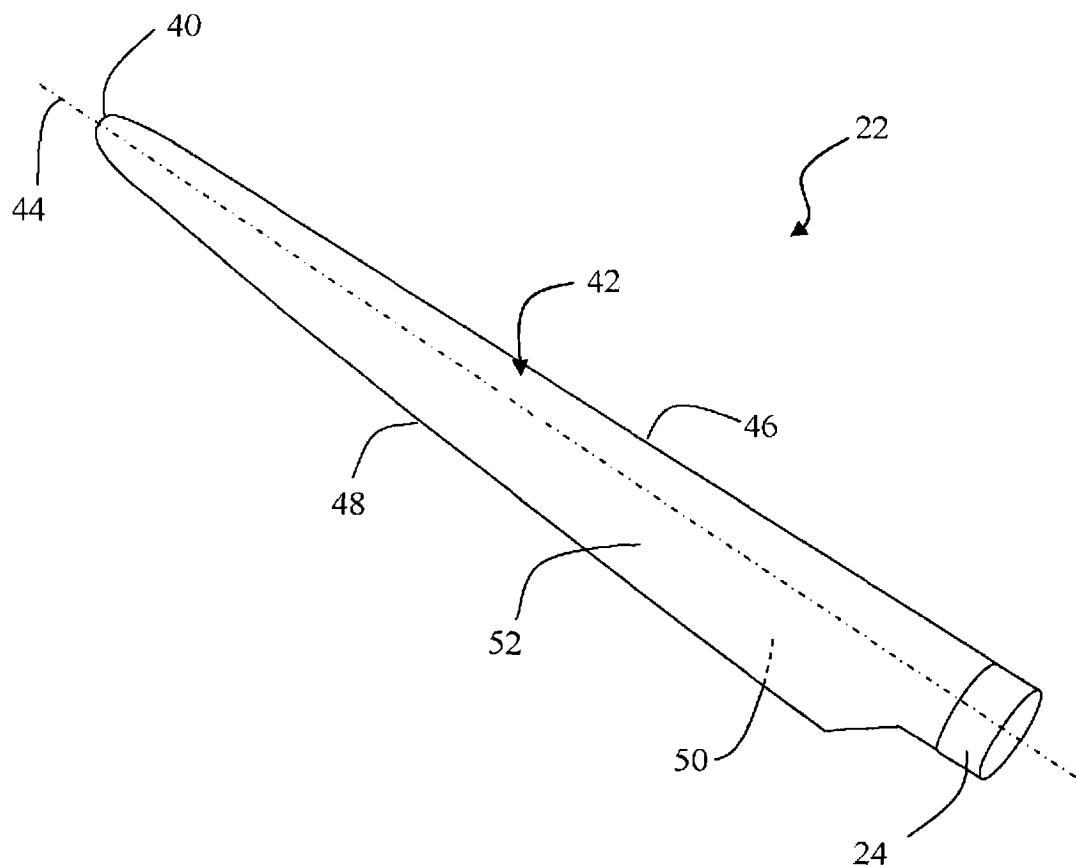


图 2

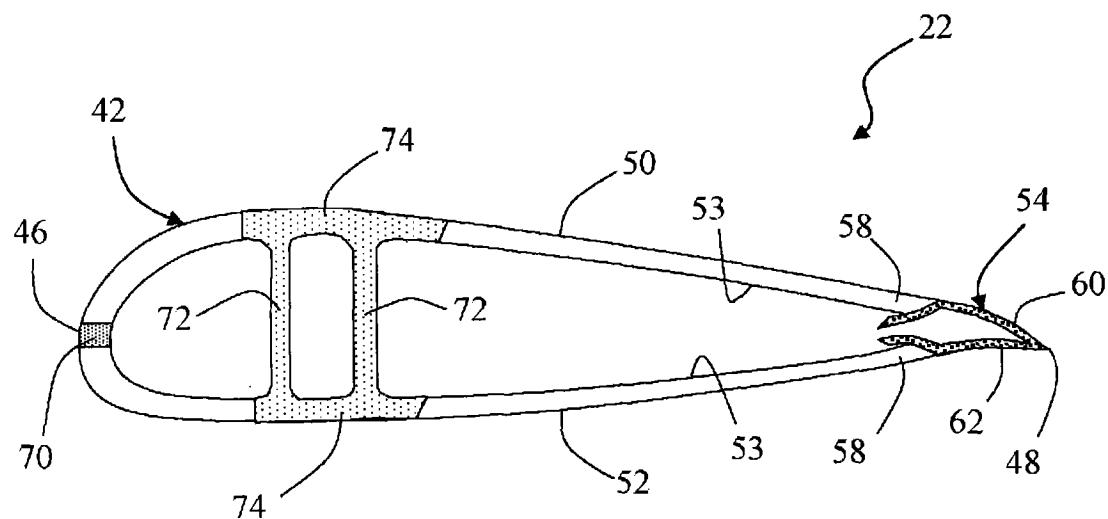


图 3

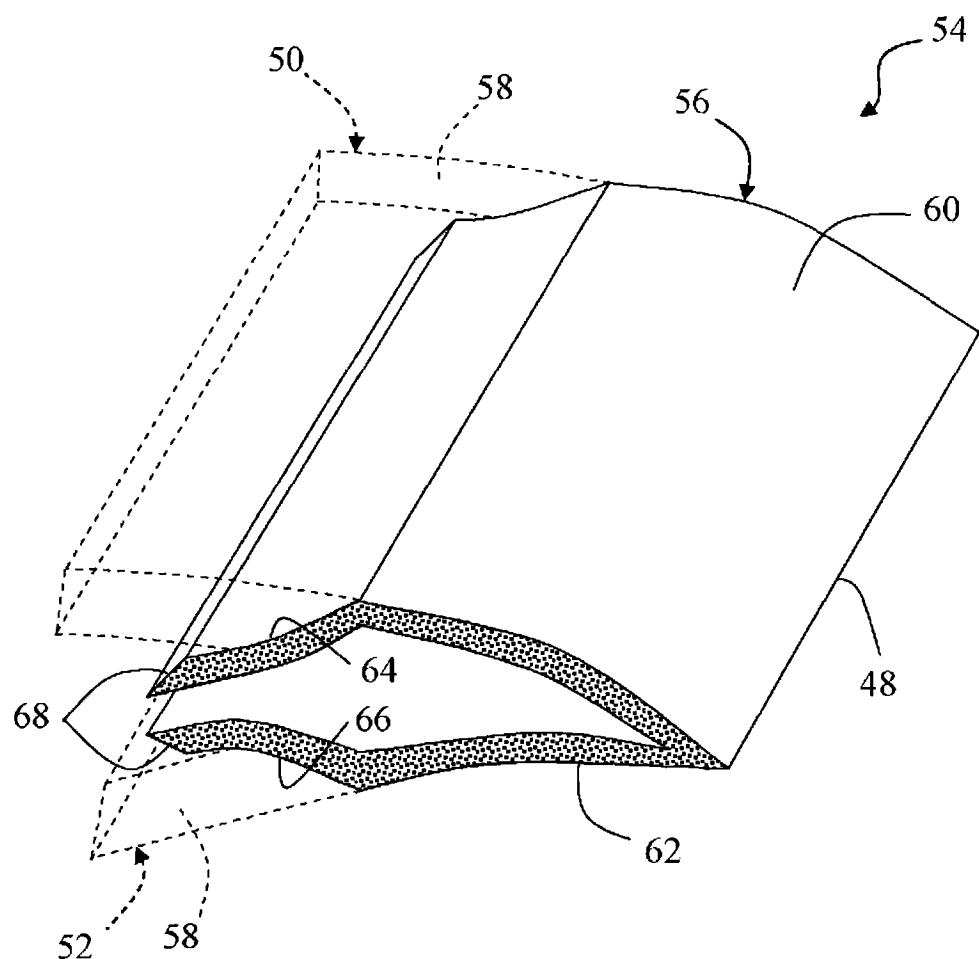


图 4