



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102052236 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 11

(21) 申请号 201010539369. 1

(22) 申请日 2010. 10. 29

(30) 优先权数据

12/609080 2009. 10. 30 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·马修斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 周心志 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F03D 1/06(2006. 01)

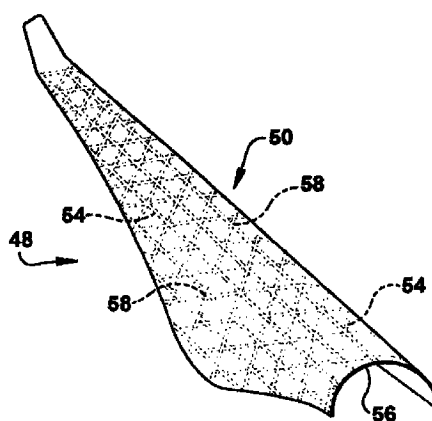
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 10 页

(54) 发明名称

风力涡轮机叶片

(57) 摘要

本申请涉及一种风力涡轮机叶片。其中,一种风力涡轮机的转子叶片包括翼面(48),该翼面(48)包括壳体(50),该壳体(50)包括安置于多个纤维肋条(54)周围的表皮(56)。该纤维肋条(54)可包括基本上为单向纤维的树脂浸渍线性肋条状结构。该纤维肋条(54)可被配置成包括多个交叉点,该交叉点(58)包括两个或两个以上纤维肋条(54)的交点。该纤维肋条(54)可被配置成沿着该表皮(56)的内表面形成重复图案。



1. 一种用于风力涡轮机的转子叶片,所述转子叶片包括:
翼面(48),其包括壳体(50),所述壳体(50)包括安置于多个纤维肋条(54)周围的表皮(56);
其中,所述纤维肋条(54)沿着所述表皮(56)的内表面形成交叉的图案,所述图案包括多个交叉点(58)。
2. 根据权利要求1所述的转子叶片,其特征在于,所述纤维肋条(54)包括单向纤维的加厚的条带,且所述交叉点(58)包括两个或两个以上的纤维肋条(54)的交点。
3. 根据权利要求1所述的转子叶片,其特征在于,所述纤维肋条(54)基本上为线性的,且被配置成使得形成重复的等网格图案和重复的正交网格图案之一。
4. 根据权利要求1所述的转子叶片,其特征在于,所述纤维肋条(54)包括加厚的连续的肋状结构,所述肋状结构被配置成向所述壳体(50)提供支承和刚度,且所述表皮(56)包括转子叶片的空气动力面。
5. 根据权利要求1所述的转子叶片,其特征在于,所述图案包括近似网格。
6. 根据权利要求1所述的转子叶片,其特征在于,所述纤维肋条(54)中的至少一些与所述翼面(48)的弦线成第一角度在接近弦向方向上线性地延伸且与所述纤维肋条(54)的其它纤维肋条相交,所述其它纤维肋条(54)与所述翼面(48)的弦线成第二角度在接近弦向方向上延伸。
7. 根据权利要求1所述的转子叶片,其特征在于,
所述壳体(50)包括对应于所述表皮(56)的近似平均厚度的表皮厚度,对应于所述纤维肋条(54)的近似平均宽度的纤维肋条(54)宽度,以及对应于所述纤维肋条(54)的近似平均厚度的纤维肋条(54)厚度;
所述壳体(50)被配置成使得所述表皮厚度与所述纤维肋条(54)宽度的比在大约0.01与0.2之间;
所述壳体(50)被配置成使得所述表皮厚度与所述纤维肋条(54)厚度的比在大约0.05与1.0之间;以及
所述壳体(50)被配置成使得所述纤维肋条(54)厚度与所述纤维肋条(54)宽度的比在大约0.1与1.0之间。
8. 根据权利要求1所述的转子叶片,其特征在于,所述纤维肋条(54)中的至少两个各包括多个纤维层。
9. 根据权利要求8所述的转子叶片,其特征在于,所述交叉点(58)中的至少一个包括两个或两个以上的相交纤维肋条(54)的纤维层的交织。
10. 根据权利要求8所述的转子叶片,其特征在于,所述纤维肋条(54)中的至少一些包括止于所述交叉点处的不连续的材料层(62);以及
包括不连续材料层(62)的纤维肋条(54)与交替的层进行配置,所述交替的层包括与不连续材料层(62)交替的纤维层。
11. 根据权利要求8所述的转子叶片,其特征在于:
多个纤维肋条(54)包括沿着所述纤维肋条的部分长度延伸的不连续纤维层;以及
所述不连续纤维层的终止以预定方式交错使得基本上所有不连续纤维层延伸穿过至少一个交叉点。

12. 根据权利要求 11 所述的转子叶片,其特征在于,所述不连续层的终止的交错被配置成使得在大部分交叉点维持所需厚度。

13. 根据权利要求 1 所述的转子叶片,其特征在于,
所述纤维肋条 (54) 包括纤维玻璃、碳粗纱、垫和预浸料中的至少一种;
所述表皮 (56) 包括纤维玻璃、碳粗纱、垫和预浸料中的至少一种;以及
所述树脂包括环氧树脂、聚酯、乙烯基酯和热固性塑料树脂中的至少一种。

14. 根据权利要求 1 所述的转子叶片,其特征在于,所述纤维肋条 (54) 和所述表皮 (56) 包括相同材料。

风力涡轮机叶片

技术领域

[0001] 本申请大体而言涉及有关于风力涡轮机转子叶片结构和构造的方法、系统和 / 或设备。更具体而言,但并没有限制意义,本申请涉及有关于改进的结构配置的方法、系统和 / 或设备和有关于风力涡轮机转子叶片的翼面 (airfoil) 的构造方法。

背景技术

[0002] 风力涡轮机是将风的动能转换成机械能的机器。如果该机械能直接由机械使用,诸如用于抽水或磨麦,那么风力涡轮机可被称作风车。同样,如果该机械能还转换成电能,那么该涡轮机可被称作风力发电机或者风力发电站。

[0003] 风力涡轮机使用以“叶片”形式的一个或多个翼面来生成升力且从给予转子的移动空气俘获动量。每个叶片通常在其“根部”固定,且然后在径向“向外”跨越到自由“顶端”。叶片的前部或“前边缘”连接首先接触空气的叶片的最前点。叶片的后部或“尾边缘”是被前边缘分开的空气流动在经过叶片的吸力表面和压力表面后再接合的位置。“弦线”在典型空气流动经过叶片的方向连接叶片的前边缘与尾边缘。弦线长度简单地为“弦”。

[0004] 风力涡轮机通常根据叶片旋转所绕的垂直轴线或水平轴线分类。一种所谓的“水平轴线风力发电机”在图 1 中示意性地示出且可购自 GE Energy of Atlanta, Georgia, USA。这种风力涡轮机的特定配置 2 包括塔架 4,塔架 4 支承具有转子 8 的传动系 6,传动系 6 由被称作“机舱”的保护性封壳覆盖。叶片 10 布置于转子 8 的一端,在机舱外部,用以驱动齿轮箱 12,齿轮箱 12 连接到在传动系 6 端部的发电机 14 以及控制系统 16。

[0005] 如在图 2 所示的叶片 10 的截面图中示出,风力涡轮机叶片通常被配置成具有在壳体 30 内在翼展方向延伸的一个或多个“翼梁”构件 20 以承载大部分重量和叶片上的气动力。翼梁或翼梁构件 20 通常被配置成 I 形梁,具有在两个凸缘 24 (被称作“帽”或“翼梁帽”) 之间延伸的腹板 22,被称作“抗剪腹板”。翼梁帽 24 通常固定到壳体 30 的内表面上,壳体 30 内表面形成叶片的吸力表面和压力表面。

[0006] 现代风力涡轮机叶片 10 变得较大使得即使具有上文所描述的常规结构特点,它们仍有结构缺陷。这些缺陷和与制造大型涡轮机叶片所需的特殊材料相关的成本考虑常常限制风力涡轮机的大小和 / 或构造新风电场的可行性。举例而言,用于大型叶片的常规壳体 30 构造需要夹在“壳体外层 38 之间的壳体核芯 34,如图 3 所示。虽然壳体外层 38 大体上由玻璃纤维制成,但使用轻木 (balsa wood) 或 pvc 材料来提供核芯 34,如本领域技术普通人员所了解的那样,这是更昂贵的建筑材料。但是,为了叶片具有所需刚度,根据常规技术,壳体核芯 34 是必需的。应了解缺少足够刚度的叶片可能会遭受若干性能不足,包括增加的故障机会、低效、造成塔架碰撞的变形以及其它性能问题。因此,需要一种改进的结构系统来增强风力涡轮机转子叶片的刚度、强度和性能,特别是考虑对更大型风力涡轮机的持续需要,同时还维持成本效益。此外,还需要制造大型风力涡轮机叶片的改进方法使得可进一步改进成本效益,同时也生产出高品质的终端产品。

发明内容

[0007] 因此,本申请描述了一种风力涡轮机的转子叶片,其包括翼面,翼面包括壳体,壳体包括置于多个纤维肋条周围的表皮。纤维肋条可沿着表皮的内表面形成交叉的(crisscrossing)图案,其包括多个交叉点。

[0008] 本申请还描述了一种风力涡轮机的转子叶片,其包括翼面,翼面包括壳体,壳体包括置于多个纤维肋条周围的表皮。纤维肋条可包括基本上单向纤维的树脂浸渍线性肋状结构(resin-infused linear rib-like structure)。纤维肋条可被配置成包括多个交叉点,交叉点包括两个或两个以上纤维肋条的交点。纤维肋条可被配置成沿着表皮的内表面形成重复图案。

[0009] 通过阅读优选实施例的下文的详细描述,当结合附图和所附权利要求来理解时,本发明的这些和其它特点将会变得显而易见。

附图说明

[0010] 通过仔细学习下文本发明的示范性实施例的更详细的描述,并结合附图理解,本发明的这些和其它特点将会被更全面地理解和了解,在附图中:

[0011] 图 1 是常规风力涡轮机的示意侧视图;

[0012] 图 2 是沿着图 1 中的弦剖面线 II-II 所截取的叶片的示意截面图;

[0013] 图 3 是常规“夹层”壳体设计的剖视图;

[0014] 图 4 是根据本申请的示范性实施例的肋条加强壳体;

[0015] 图 5 是根据本申请的替代示范性实施例的肋条加强壳体;

[0016] 图 6 是根据本申请的示范性实施例的肋条加强壳体的剖视图;

[0017] 图 7 是根据本申请的示范性实施例的肋条加强壳体的交叉点的截面图;

[0018] 图 8 是根据本申请的示范性实施例的肋条加强壳体的制造方法的相关步骤的示意图;

[0019] 图 9 是根据本申请的示范性实施例的肋条加强壳体的制造方法的相关步骤的示意图;

[0020] 图 10 是根据本申请的替代实施例的肋条加强壳体的制造方法的相关步骤的示意图;

[0021] 图 11 是根据本申请的替代实施例的肋条加强壳体的制造方法的相关步骤的示意图;

[0022] 图 12 是根据本申请的替代实施例的肋条加强壳体的制造方法的相关步骤的示意图;以及

[0023] 图 13 是根据本申请的替代实施例的肋条加强壳体的制造方法的相关步骤的示意图。

[0024] 部件列表:

[0025] 风力涡轮机 2

[0026] 塔架 4

[0027] 传动系 6

[0028] 转子 8

- [0029] 叶片 10
- [0030] 齿轮箱 12
- [0031] 发电机 14
- [0032] 传动系 6
- [0033] 控制系统 16
- [0034] 翼梁构件 20
- [0035] 壳体 30
- [0036] 腹板 22
- [0037] 凸缘或翼梁帽 24
- [0038] 壳体核芯 34
- [0039] 壳体外层 38
- [0040] 翼面 48
- [0041] 肋条加强壳体 50
- [0042] 纤维肋条 54
- [0043] 表皮 56
- [0044] 交叉点 58
- [0045] 不连续材料 62
- [0046] 凸翼面模 70
- [0047] 凹槽 74
- [0048] 模 / 纤维条带组件 76
- [0049] 模 / 纤维条带 / 表皮组件 78
- [0050] 凹翼面模 80
- [0051] 模 / 表皮组件 82
- [0052] 模 / 表皮 / 纤维条带组件 83
- [0053] 图案模 84
- [0054] 纤维条带 / 图案模组件 86
- [0055] 模 / 表皮 / 纤维条带 / 图案模组件 90

具体实施方式

[0056] 通常,如本领域普通技术人员将了解的那样,通过连接两个单独形成的半件来构造风力涡轮机的叶片,两个单独形成的半件在连接时形成翼面。翼面通常是风力转子叶片的主体,其与风相互作用以造成旋转。再次参看附图,图 4 和图 5 各示出可用于构造风力涡轮机叶片 10 的翼面 48 的半件,且提供根据本申请的实施例的肋条加强壳体 50 的实例。尽管在附图中示出为半翼面,应了解本发明可适用于其中将小于翼面一半构造为单件或者将多于翼面一半构造为单件的构造技术。如在下文中更详细地解释的那样,肋条加强壳体 50 是包括大体上由相交的单向纤维肋条或条带形成的交叉图案或网格状或晶格结构的壳体。这些单向纤维的延伸肋条或条带将在本文中被称作“纤维肋条 54”。应了解本发明的肋条加强壳体 50 大体上还包括表皮 56,表皮 56 通常在纤维肋条 54 上伸展并熔合到纤维肋条 54 以完成壳体 50。这种表皮 56 形成与风相互作用的风力涡轮机叶片的空气动力面。一般

而言,纤维肋条 54 形成加厚的连续或半连续绳索或者肋条状结构,其向壳体 50 提供刚度且支承壳体 50 的表皮 56。在图 4 和图 5 中,纤维肋条 54 以虚线示出,这是因为表皮 56 覆盖纤维肋条 54。

[0057] 如将在下文中更详细地讨论的那样,根据图 4 和图 5 的示范性实施例,纤维肋条 54 可被配置成形成表皮 56 下方的网格状或晶格图案。这种图案的配置可允许纤维肋条 54 之间频繁相交。在一些实施例中,所形成的图案可基本上在翼面 48 的壳体 30 的整个表面区域上(即,在表皮 56 下方)延伸。在本发明的肋条加强壳体 50 的其它可能实施例中,纤维肋条 54 可形成相交线的其它配置或设计,其可包括曲线和 / 或重复的形态或图案。另外,纤维肋条 54 可仅置于优先加强的壳体的某些目标区域中。在一些实施例中,壳体的目标区域可包括翼面基部和翼面的外顶端或顶端。

[0058] 如所陈述的那样,在所形成的图案内,纤维肋条 54 可包括许多交叉和相交的曲线和 / 或直线。在一些实施例中,纤维肋条 54 可与弦线成某角度在接近弦向方向上延伸且与其它纤维肋条 54 相交,其它纤维肋条 54 与弦线成不同角度在接近弦向方向上延伸。

[0059] 在根据本发明的肋条加强壳体 50 中,由纤维肋条 54 所形成的图案可呈许多不同形式。举例而言,如图 4 所示,一种优选图案可大体上描述为等网格图案(isogrid pattern)(即,重复的三角形图案)。在这种类型的实施例的一些情形中,相交的纤维肋条 54 可形成大约 60 度的角度。在另一优选实施例中,如图 5 所示,这种优选图案可大体上描述在正交网格图案(即,重复的矩形图案)。在此实施例中,纤维肋条 54 可以大约 90 度的角度交叉且形成矩形。当然,在其它实施例中,重复的三角形或矩形图案可形成为其它大小的角度且其它类型的网格或图案也是可能的,诸如重复的五边形等。

[0060] 此外,在转子叶片 10/ 翼面 48 的设计包括使用翼梁构件 20(如图 2 所示)、其它类似结构构件或其它结构元件的情况下,本领域普通技术人员应了解根据本发明的肋条加强壳体 50 可容纳并合并它们。举例而言,如上文所述,翼梁构件 22 大体上包括翼梁帽 24,其固定抗剪腹板 22 结构构件,抗剪腹板 22 结构构件穿过翼面的中空内部延伸(大体上从翼面的压力侧延伸到翼面的吸力侧)。在这些情况下,翼梁帽 24 大体上与壳体一体地形成或经由常规手段固结到壳体的内表面上,且抗剪腹板 22 与翼梁帽 24 一体地形成或者经由常规手段固结到翼梁帽 24 上。无论是什么情况,翼梁帽 24 和(经由翼梁帽 24 与抗剪腹板 22 做出的连接)抗剪腹板 22 可以若干方式结合本发明的肋条加强壳体 50 使用。首先,例如,纤维肋条 54 可被配置成使得它们止于表皮 56 内表面上翼梁帽 24 所在的位置。即,翼梁帽 24 所在的区域保持打开,且翼梁帽 24 可在此打开位置以常规方式与表皮 56 一体地形成或者粘附到外表面 56 上。其次,例如,可整合翼梁帽 24 与纤维肋条 54。能有若干整合可能性。在一种可能性中,将组合翼梁帽 24 与将在表皮 56 上相交翼梁帽 24 的位置的任何纤维肋条 54。在此情况下,例如,翼梁帽 24(其在一些情形中也可由纤维层制成)可在构造期间配置使得其与相交的纤维肋条 54 相邻或交织使得翼梁帽 24 和纤维肋条 54 在树脂浸渍过程中变得牢靠地连接。在用于整合翼梁帽 24 与纤维肋条 54 的另一替代方案中,在纤维肋条 54 已在表皮 56 上形成之后,可根据常规方法将翼梁帽 24 附装到纤维肋条 54 上(即,经由机械手段或粘合剂或类似物)。在此情况下,翼梁帽 24 也可仍附装到表皮 56 的部分上以及与一个或多个肋条 54 做出连接。用于整合翼梁帽 24 与纤维肋条 54 的又一替代方案是修改一个或多个纤维肋条 54 的适当位置的部段(例如,使纤维肋条的部段加厚或扩大)

使得纤维肋条 54 的修改的部段也可充当翼梁帽。在此情况下,也可在两个或两个以上的纤维肋条 54 的相交处进行修改。本领域普通技术人员应了解的是,存在可整合翼梁帽 24 与纤维肋条 54 的其它可能方式。因此,虽然本申请集中于纤维肋条 54 和其配置、制造和其与表皮 56 做出的连接以形成肋条加强 50 壳体,但本领域普通技术人员应了解其它常规结构元件(诸如翼梁构件 20)仍可使用且方便地合并于本发明的肋条加强壳体 50 内。

[0061] 图 6 示出根据本发明的示范性实施例的肋条加强壳体 50 的截面图,其中纤维肋条 54 熔合到表皮 56 上。如图所示,纤维肋条 54 在表皮 56 下面并支承表皮 56 以形成肋条加强壳体 50。应了解纤维肋条 54 沿着表皮 56 的内表面延伸,且因此纤维肋条 54 定位于最终构造的翼面的基本上中空内部。

[0062] 在图 6 中参考若干尺寸。这些尺寸包括:表皮厚度,其被参考为“st”;纤维肋条宽度,其被参考为“fsw”;以及,纤维肋条厚度,其被参考为“fst”。所有这些可指平均测量。尽管在所描述范围之外的实施例也是可能的,但已确定如果肋条加强壳体 50 被设计成使得在这些尺寸之间维持特定比例,那么可提高肋条加强壳体 50 的刚度和其它性能特征。因此,在某些实施例中:平均表皮厚度与平均纤维肋条宽度的比例(即, st/fsw) 的比可在大约 0.01 与 0.2 之间;平均表皮厚度与平均纤维肋条厚度的比例(即, st/fst) 可在大约 0.05 与 1.0 之间;以及,平均纤维肋条厚度与平均纤维肋条宽度的比例(即, fst/fsw) 在大约 0.1 与 1.0 之间。更优选地,在其它实施例中:平均表皮厚度与平均纤维肋条宽度的比例(即, st/fsw) 可在大约 0.05 与 0.1 之间;平均表皮厚度与平均纤维肋条厚度的比例(即, st/fst) 可在大约 0.2 与 0.5 之间;以及,平均纤维肋条厚度与平均纤维肋条宽度的比例(即, fst/fsw) 在大约 0.2 与 0.8 之间。

[0063] 应了解由纤维肋条 54 形成的网格或图案大体上包括多个交叉点 58,如在本文中所述的交叉点是指两个或两个以上的纤维肋条 54 的交点。在大多数情况下,该图案提供纤维肋条 54 规则地相交且常常在表皮 56 表面上。如在下文中更详细地描述的那样,交叉点 58 可包括若干层材料的交织,在一些优选实施例中,这些材料构成纤维肋条 54 中的每一个。因此,例如,在交叉点 58 包括两个纤维肋条 54(第一纤维肋条与第二纤维肋条)的交点的情况下,纤维肋条可被构造成使得通过交叉点 58 的部段,自第一纤维肋条的纤维层的放置与自第二纤维肋条的纤维层的放置交替。这种配置大体上提供至少一个优点:在相交的纤维肋条之间的连接增强且刚度更强。

[0064] 在一些实施例中,构成纤维肋条 54 的所有若干纤维层都可延伸穿过网格交叉点 58。即,用于相关纤维肋条 58 中每一个的纤维层不中断地延伸穿过交叉点 58。应了解,在这些实施例中,此将造成纤维在交叉点 58 处累积,导致交叉点 58 具有比交叉点 58 之间的纤维肋条 54 的厚度显著增加的纤维厚度。

[0065] 在本发明的一些实施例中,在不希望交叉点 58 处的累积的情况下,可通过减小网格交叉点 58 处一些或所有纤维肋条 54 的厚度来减小或排除增加的厚度。在另一替代实施例中,可通过交替地放置连续纤维层与不连续纤维层来减少或排除累积或增加的厚度,即,大约一半纤维肋条层 58 将延伸穿过交叉点 58 且大约一半纤维肋条层将不延伸穿过交叉点 58。当然,可操纵延伸穿过交叉点 58 的纤维肋条的百分比使得在交叉点 58 处基本上不出现增加的厚度或者在交叉点 58 处出现所需水平的增加或减小厚度。在这种类型的实施例中,不延伸穿过交叉点 58 的纤维肋条 54 可由另一材料替换,诸如泡沫,轻木、PVC、PU 泡沫

或者其它类似材料。如图 7 所示,一般而言,连续纤维层 61 将被配置成占据在纤维肋条 54 内的位置且在交叉点 58 之间延伸且穿过交叉点 58。但是,不连续材料层 62(其可由上文所列出的相同纤维或材料制成)将止于交叉点 58。以此方式,能以更具成本效益的方式构造网格且避免在交叉点 58 处不希望的材料累积。

[0066] 在替代实施例中,可避免在交叉点处的累积同时也避免使用不连续材料层 62。应了解使用不连续的材料层 62,虽然在一些方面是有利的,但大体上会不利地影响所构造的翼面刚度或性能。通过使纤维层交错使得大部分纤维层延伸穿过至少一个交叉点(或者,在一些情形中,两个交叉点),可避免在交叉点处的累积且刚度维持在基本上接近纤维层全都连续的刚度水平且交叉点累积将不会造成问题且显著地优于大量使用不连续材料层 62 的情况。

[0067] 在本发明的一个优选实施例中,纤维肋条 54 可由组合了环氧树脂、聚酯或乙烯基酯的树脂或者热固性塑性树脂的纤维玻璃的单向条带或层构成。如本文所用的单向纤维层包括其中至少大部分纤维在基本上相同方向对准的纤维材料。在其它实施例中,纤维肋条 54 可由组合了环氧树脂、聚酯或乙烯基酯的树脂或热固性塑性树脂的碳粗纱、垫或预浸料构成。表皮 56 可由与纤维肋条 54 相同材料制成且利用上文所列出的树脂材料中的任何材料粘附到纤维肋条 54 上。纤维肋条 54 也可由单种材料,诸如纤维玻璃制成。在其它实施例中,可使用不同材料的组合来形成混合结构。在这种类型的实施例中,例如,可使用纤维玻璃与低密度泡沫(如 PVC)或轻木的组合来构造纤维肋条 54。如上文所述的那样,在一些实施例中,在两个或两个以上的纤维肋条 54 相交的网格的交叉点 58,可使形成混合结构的交替材料层不连续(即,使材料层不延伸穿过交叉点 58)。以此方式,可维持所需厚度,如图 7 所示。

[0068] 纤维肋条 54 形成肋条加强壳体 30 的部分的图案或配置可呈许多不同形式。另外,如先前所示,在优选实施例中,纤维肋条 54 的配置可形成基本上重复的图案。举例而言,如图 4 和图 5 所示,优选实施例包括重复矩形的形状或三角形的形状。其它形状也是可能的。这种重复图案的大小也可是不同的。但是,已发现某些大小范围具有提高性能的能力。重复图案的大小可关于翼面长度来表达。可描述这种情况的一种方式是比较封入翼面表面上大体上重复的图案或形状所需圆的近似大小(即,需要圆刚好环绕(例如)重复的矩形或三角形)。在一些优选实施例中,封入重复图案所需近似圆的直径与翼面长度的比例(即,(圆直径)/(翼面长度))在大约 0.02 与 0.2 之间。更优选地,封入重复图案所需近似圆的直径与翼面长度的比例在大约 0.04 与 0.1 之间。

[0069] 本发明的若干实施例包括纤维肋条 54 不连续或终止的至少一些位置。举例而言,纤维肋条 54 可止于翼面边缘,或者,在一些实施例中(如上文所讨论),止于翼梁帽 24 所在的位置以及其它位置。在一些实施例中,纤维肋条 54 可随着其到达终点而逐渐缩小使得其具有锥形端部。即,纤维肋条 54 可为锥形使得其截面积逐渐减小直到其到达终点。锥形端部可为优选的,因为避免了应力集中于终点。

[0070] 本申请还包括可有效地且具成本效益地制造具有上述性质的肋条加强壳体以及其它类似结构的方法。现参看图 8 至图 13,这些方法可包括使用不同过程来共浸渍表皮 56 与纤维肋条 54,以配置表皮 56 与纤维肋条 54 从而实现所需布置。在描述这些制造方法中,虽然用于纤维肋条 54 的材料将大体上被称作“纤维”,但应了解可使用上文所述材料中的

任何材料或者任何类似材料。另外,虽然用于浸渍纤维肋条 54 和表皮 56 的树脂材料大体上被称作“树脂”,但应了解可使用上文所述材料中的任何树脂或者类似类型的材料。

[0071] 如图 8 和图 9 所示,第一方法涉及使用阳或凸翼面模 70。凸翼面模 70 大体上包括涡轮机叶片 10 的翼面 48 的形状或近似形状。更特定而言,在一些实施例中且如图所示,凸翼面模 70 可包括半翼面形状,其对应于预期建置的最终构造的涡轮机叶片的翼面。凸翼面模 70 可具有形成于其表面中的凹槽 74,凹槽 74 呈预期形成于所构造的翼面上的纤维肋条 54 的图案、网格、设计或配置(在下文中称为“图案”)的形状。

[0072] 作为本申请的方法的部分,可通过将纤维材料放置或铺设于凹槽 74 中来形成纤维肋条 54,如图 8 所示。即,凹槽 74 可被填充纤维材料。应当指出的是在这些实例中所示的图案故意较大从而更容易地观察和理解过程步骤。与前文描述中任何描述一致的图案也可由本方法以及下文所述的其它方法采用。在一些实施例中,纤维肋条 54 可成层地放置于凹槽 74 中。即,离散的纤维材料层可铺设于凹槽中直到填充了凹槽。如所陈述的那样,纤维可为单向纤维。当铺设于凹槽中时,单向纤维层的纵向轴线大体上与凹槽的纵向轴线对准。

[0073] 虽然在某些实施例中,可在不使用单独纤维层的情况下铺设纤维肋条 54,但是使用单独纤维层允许纤维肋条在交叉点 58 交织的可能性。这种层交织可增强交叉点处纤维肋条 54 之间所做的连接,由此可提高所构造的翼面的刚度特征。而且,在一些情况下,可在交叉点 58 使一定百分比的纤维层不连续从而避免在交叉点 58 处不希望的厚度累积,或者可引入另一材料使得纤维肋条 54 具有混合材料,如上文所述。也可在此进行上文所讨论的其它替代方案。如所陈述的那样,纤维肋条 54 可包括沿着凹槽的纵向轴线对准的单向纤维。定位纤维层或其它材料从而填充凹槽的过程可被称作纤维“铺设”。一旦完成了凹槽 74 内的纤维铺设且凹槽基本上根据需要填充了纤维,所得到的组件将看起来如图 8 所示。这种组件可被称作模 / 纤维肋条组件 76,大体上包括凸翼面模 70,其中凹槽 74 以所需方式填充纤维。

[0074] 现参看图 9,现可在模 / 纤维肋条组件 76 上放置或伸展表层或表皮 56。如所陈述的那样,表皮 56 可由纤维玻璃或其它类似材料制成。在一些实施例中,表皮 56 可为与纤维肋条 54 中所用纤维材料相同的材料。尽管在图 9 中仅示出一层表皮 56,但应了解也可优选地使用多层来构造表皮 56。另外,表皮 56 可以较小部段放置于模 / 纤维肋条组件 76 上,这些较小部段不能覆盖翼面 48 的整个表面积。表皮 56 可在模 / 纤维肋条组件 76 上伸展和放置使得表皮 56 与纤维肋条 54 接触。一旦将所有需要的表皮层 56 施加和 / 或装配就位,就形成可被称作模 / 纤维肋条 / 表皮组件 78 的组件。模 / 纤维肋条 / 表皮组件 78 在图 9 中以反角示出且大体上包括填充纤维且被表皮层覆盖的凸模 70。

[0075] 继续该方法,可使得所构造的模 / 纤维肋条 / 表皮组件 78 准备进行树脂浸渍。在浸渍过程中,模 / 纤维肋条 / 表皮组件 78 可根据常规方法利用树脂进行浸渍使得纤维肋条 54(和包含于其中的纤维层)和表皮 56 变成整体肋条加强壳体 50。树脂浸渍可包括标准作法,诸如:铺设通气孔(breather)、泄放孔(bleeder)、穿孔或非穿孔的释放膜、压力衬垫、流动介质、树脂入口、真空出口端口以及其它结构。实际的树脂浸渍可使用任何标准或常规树脂浸渍来进行,其可包括树脂传递模制,树脂浸渍模制,真空辅助或压力辅助树脂浸渍技术以及类似技术。

[0076] 一旦完成了浸渍过程,就允许固化新形成的壳体,从而形成肋条加强壳体。如本领域普通技术人员将了解的那样,固化时间可取决于树脂类型和叶片壳体厚度。在固化之后,肋条加强的叶片壳体可从凸模脱模且准备修整和最后组装,其可包括其它常规方法和设备,如本领域技术人员所了解的那样。

[0077] 现参看图 10 至图 13,示出了根据本申请的示范性实施例的替代制造方法。这种示范性方法涉及使用阴或凹翼面模 80。凹翼面模 80 可提供涡轮机叶片 10 的翼面 48 的整体形状。更特定而言,在一些实施例中且如图所示,凹翼面模 80 可包括对应于预期构造的涡轮机叶片的翼面形状的一半。

[0078] 如所陈述的那样,在此制造方法中,肋条加强壳体的制备使用凹模 80,如图 10 所示。作为最初步骤,将表皮 56 设于翼面模 80 内所需或预定厚度。这可成片或以更小部段进行。即,类似于上述方法,这可包括铺设构成最终构造的表皮 56 的若干独立层。一旦将实现了表皮 56 的所需厚度,就形成可被称作模 / 表皮组件 82 的组件,也如图 10 所示。这种组件 82 基本上包括凹模 80 和覆盖凹模 80 内的凹表面的表皮 56。

[0079] 一旦形成了模 / 表皮组件 82,然后纤维肋条 54 就可以所需图案定位于模 80 内的表皮 56 上,如图 11 所示。根据这个过程的示范性实施例,以所需图案定位和配置纤维肋条 54 可以下文紧接着描述的两个过程来进行。

[0080] 在第一过程中,纤维肋条 54 可用手或其它方法直接铺设于凹翼面模 80 中先前铺设的表皮 56 上。在此情况下,可使用模板或引导标记(未图示)来辅助纤维肋条 54 的铺设从而实现所需网格或图案。如本领域普通技术人员将了解的那样,预制的模板可放置于表皮 56 上,表皮 56 覆盖模 80 和以所需方式放置于模板周围或模板上的纤维层。在其它实施例中,预制模板可用于在模 / 表皮组件 82 上做出引导标记。然后可移除模板且依据引导标记放置纤维层。在另一实施例中,铺设于模 80 内的表皮 56 可具有预制标记用于此目的。

[0081] 一旦根据需要将纤维层配置于模 / 表皮组件 82 的表皮 54 上,所构造的组件就可被称作模 / 表皮 / 纤维肋条组件 83,如图 11 所示。然后模 / 表皮 / 纤维肋条组件 83 可利用树脂浸渍使得纤维肋条 54(和包含于其中的纤维层)和表皮 56 变成整体的壳体。如之前所述的那样,树脂浸渍过程可是使用标准制备作法开始,诸如:铺设通气孔、泄放孔、穿孔或非穿孔的释放膜、压力衬垫、流动介质、树脂入口、真空出口端口以及其它结构。实际的树脂浸渍可使用任何标准或常规树脂浸渍来进行,其可包括树脂传递模制,树脂浸渍模制,真空辅助或压力辅助树脂浸渍技术以及类似技术。

[0082] 一旦完成了浸渍过程,就允许固化新形成的壳体,从而形成根据本申请的实施例的肋条加强壳体 50。固化时间取决于树脂类型和叶片壳体厚度。固化之后,肋条加强的叶片壳体可从凹模脱模且准备修整和最后组装,其可包括其它常规方法和设备,如本领域普通技术人员所了解的那样。如同上文所用的凸模,可多于一次使用凹模。

[0083] 在图 12 和图 13 所示的第二过程中,使用不同的方法来铺设或定位纤维肋条 54 从而在表皮 56 上形成所需图案。这种方法包括使用第二模,第二模在本文中被称作图案模 84。图案模 84 在以下方面类似于凸翼面模 70:其是凸出的且包括凹槽 74,凹槽 74 形成所需的纤维肋条 54 图案。图案模 84 可由刚性材料制成,诸如复合或塑料材料。在其它实施例中,图案模 84 可由更柔性材料制成,诸如弹性体或硅橡胶型材料。如所陈述的那样,图案模 84 具有形成于其凸外表面内的凹槽 74,在凹槽 74 中可将纤维肋条 54 有效地配置为所需

图案。应了解图案模 84 的外表面可基本上与模 / 表皮组件 82 的内表面轮廓相匹配。如同本文所述的其它实施例,纤维肋条 54 的铺设可包括使纤维层在交叉点 58 交织。也可采用上文所讨论的其它替代方案。在图案模 84 上完成纤维肋条 54 的铺设之后,形成可被称作纤维肋条 / 图案模组件 86 的组件,如在图 12 中示出。纤维肋条 / 图案模组件 86 大体上包括以所需方式填充了纤维材料的图案模 84。

[0084] 如图 13 所示,一旦完成了纤维肋条 / 图案模组件 86,该组件 86 就可定位于模 / 表皮组件 82 内,从而形成可被称作模 / 表皮 / 纤维肋条 / 图案模组件 90 的组件,如图 13 所示。以此方式,纤维肋条 54 的构造的所需图案可被转移到其中已放置了表皮 56 的凹翼面模 80。

[0085] 然后模 / 表皮 / 纤维肋条 / 图案模组件 90 可利用树脂浸渍使得纤维肋条 54 (和包含于其中的纤维层) 和表皮 56 变成整体的壳体 30。如之前所述的那样,树脂浸渍过程可使用标准制备作法开始,诸如:铺设通气孔、泄放孔、穿孔和非穿孔的释放膜、压力衬垫、流动介质、树脂入口、真空出口端口以及其它结构。实际的树脂浸渍可使用任何标准或常规树脂浸渍来进行,其可包括树脂传递模制,树脂浸渍模制,真空辅助或压力辅助树脂浸渍技术以及类似技术。

[0086] 一旦完成了浸渍过程,就允许固化新形成的壳体,从而形成根据本发明的实施例的肋条加强壳体 50。固化时间取决于树脂类型和叶片壳体厚度。在固化之后,肋条加强的叶片壳体可从凹模 80 和 / 或图案模 84 脱模,然后准备修整和最后组装,其可包括其它常规方法和设备,如本领域普通技术人员所了解的那样。如同前面所用的凸模 70,可多于一次使用凹模 80 和图案模 84。

[0087] 在操作中,根据本发明具有肋条加强壳体 50 的风力转子叶片大体上由于交叉的肋条图案所造成的多负荷路径而展示出改进的损伤容限,特别是考虑通过省略壳体核芯 34 可能造成的材料成本降低。另外,具有根据本发明的肋条加强壳体 50 的转子叶片大体上提供关于顶端偏转刚性更强的结构(由于肋条加强壳体 50 固有地更高的面内比(in-plane specific)刚度)。因此,在操作中,转子叶片大体上提供关于偏转限度更高的安全裕度且提供更有利的声环境,这是因为网格结构的自然频率大体上高于常规“夹层”设计的自然频率。

[0088] 在一些情形下,可需要肋条加强壳体 50,尽管叶片性能保持相同(即,并不高于常规叶片)。这是因为(如所陈述的那样),具有肋条加强壳体的叶片大体上排除了对昂贵核芯材料(诸如轻木)的需要。最后,由于肋条结构化的叶片壳体刚度更强,叶片翼梁帽的厚度(即,吸收副翼向弯矩的叶片部件)可显著地减少,这大体上导致更轻的叶片和材料的进一步节省。

[0089] 如本领域普通技术人员应了解的那样,上文关于若干示范性实施例所描述的许多可变的特点和配置还可选择性地用于形成本发明的其它可能实施例。为了简要起见且考虑本领域普通技术人员的能力,并未详细地提供或讨论所有可能迭代,但所附的若干权利要求或其它等效物涵盖的所有组合和可能的实施例预期为本申请的部分。此外,从本发明的若干示范性实施例的上文描述,本领域技术人员将认识到改进、变化和修改。在本领域内的这些改进、变化和修改预期也涵盖于所附的权利要求中。另外,显然前文的描述仅关于本申请所描述的实施例且在不偏离由所附的权利要求和其等效物所限定的申请的精神和范围

的情况下可对本发明做出许多变化和修改。

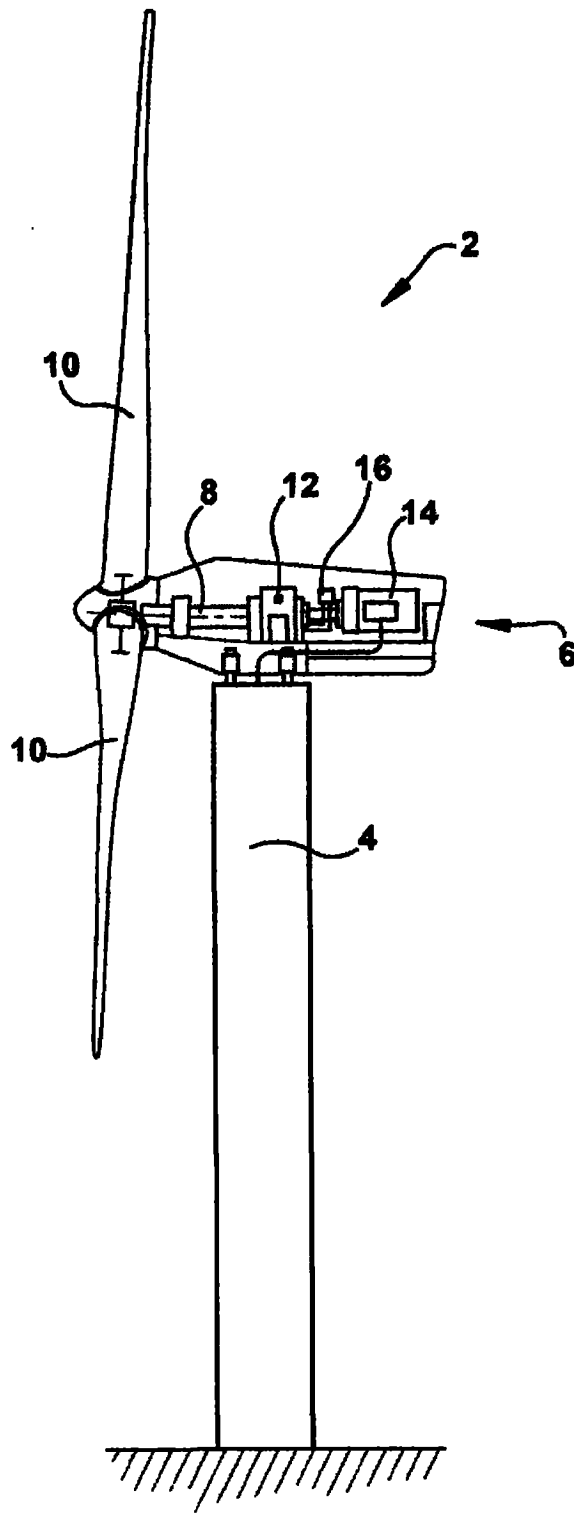


图 1 (现有技术)

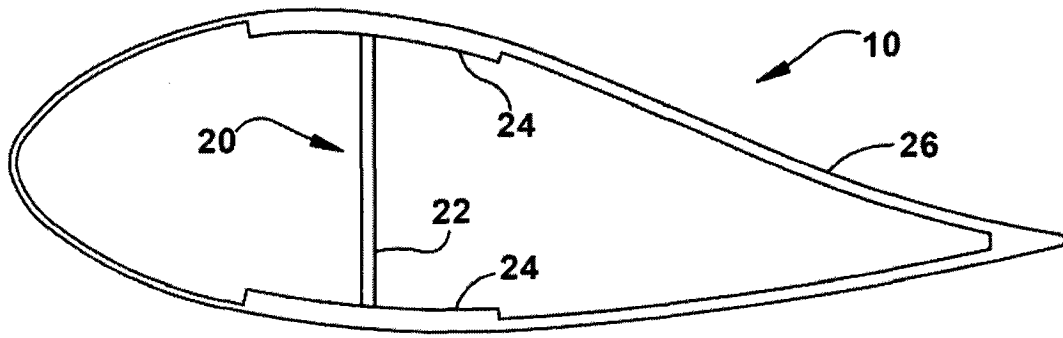


图 2 (现有技术)

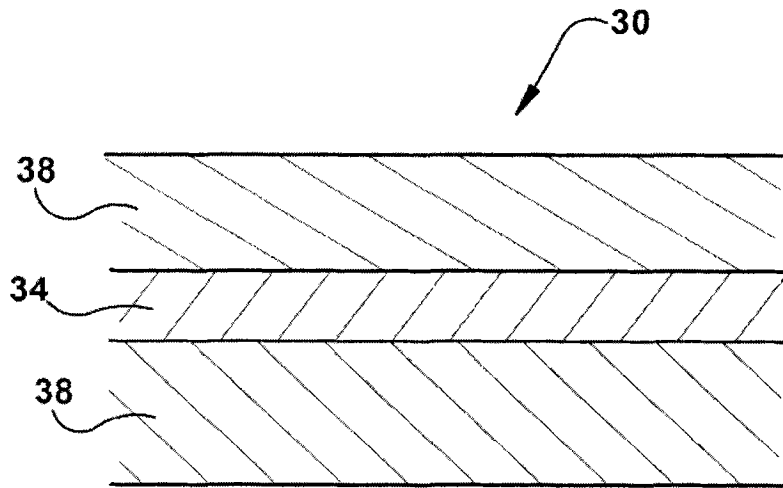


图 3 (现有技术)

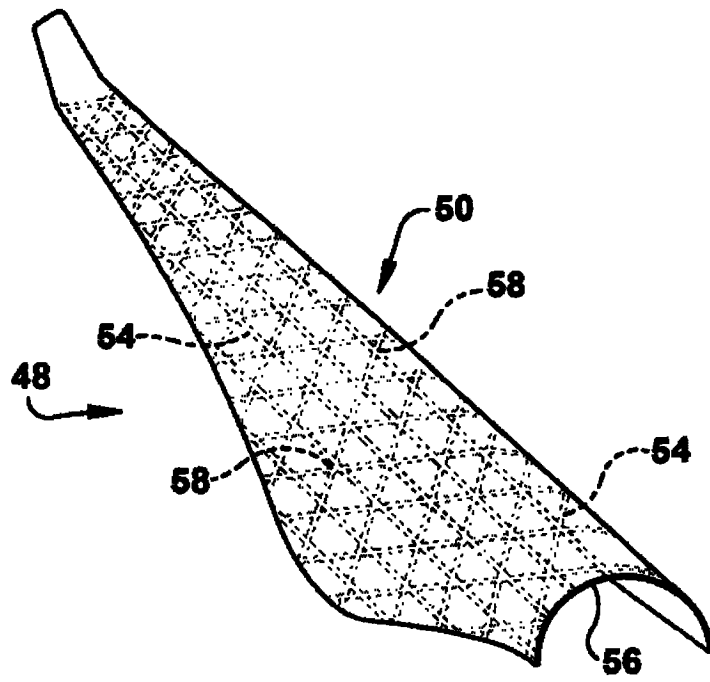


图 4

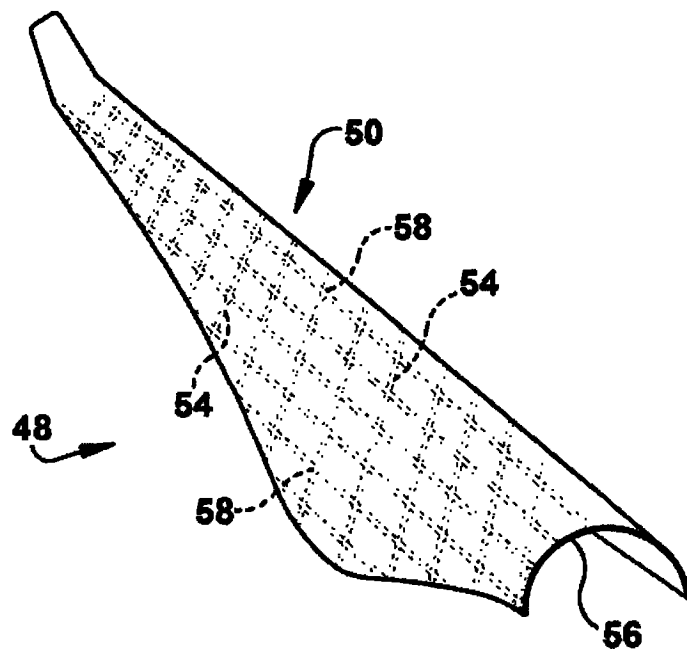


图 5

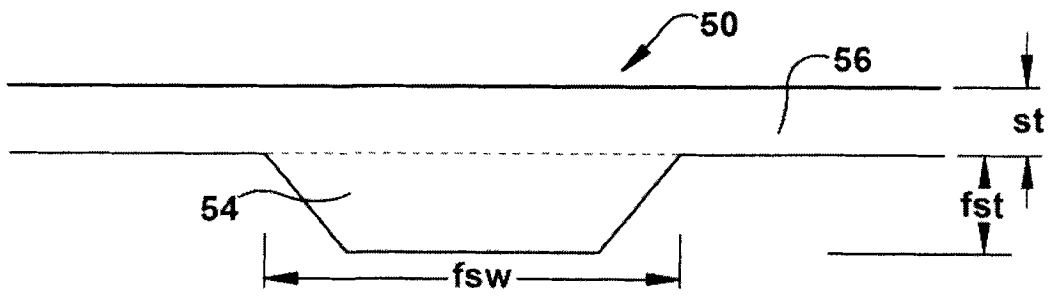


图 6

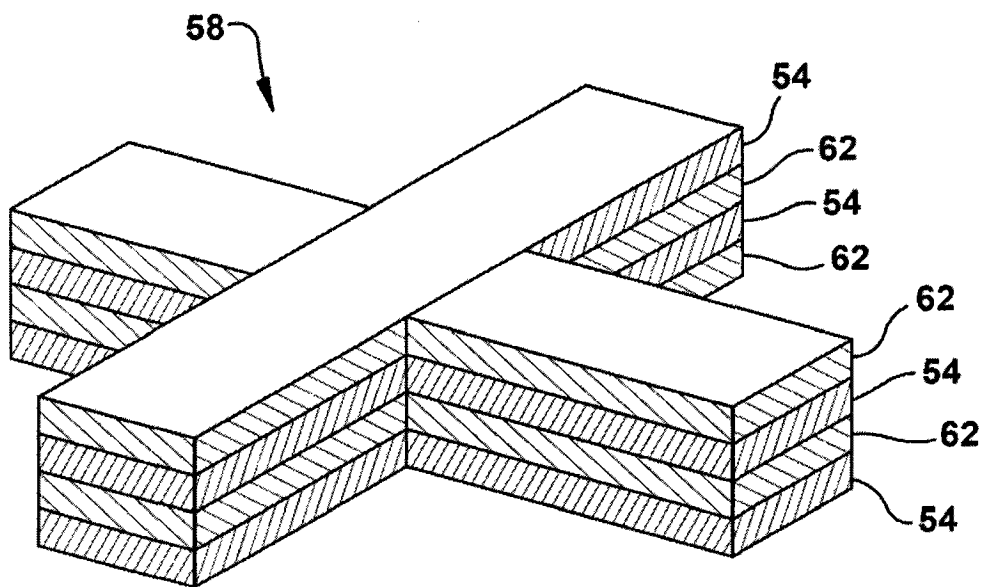


图 7

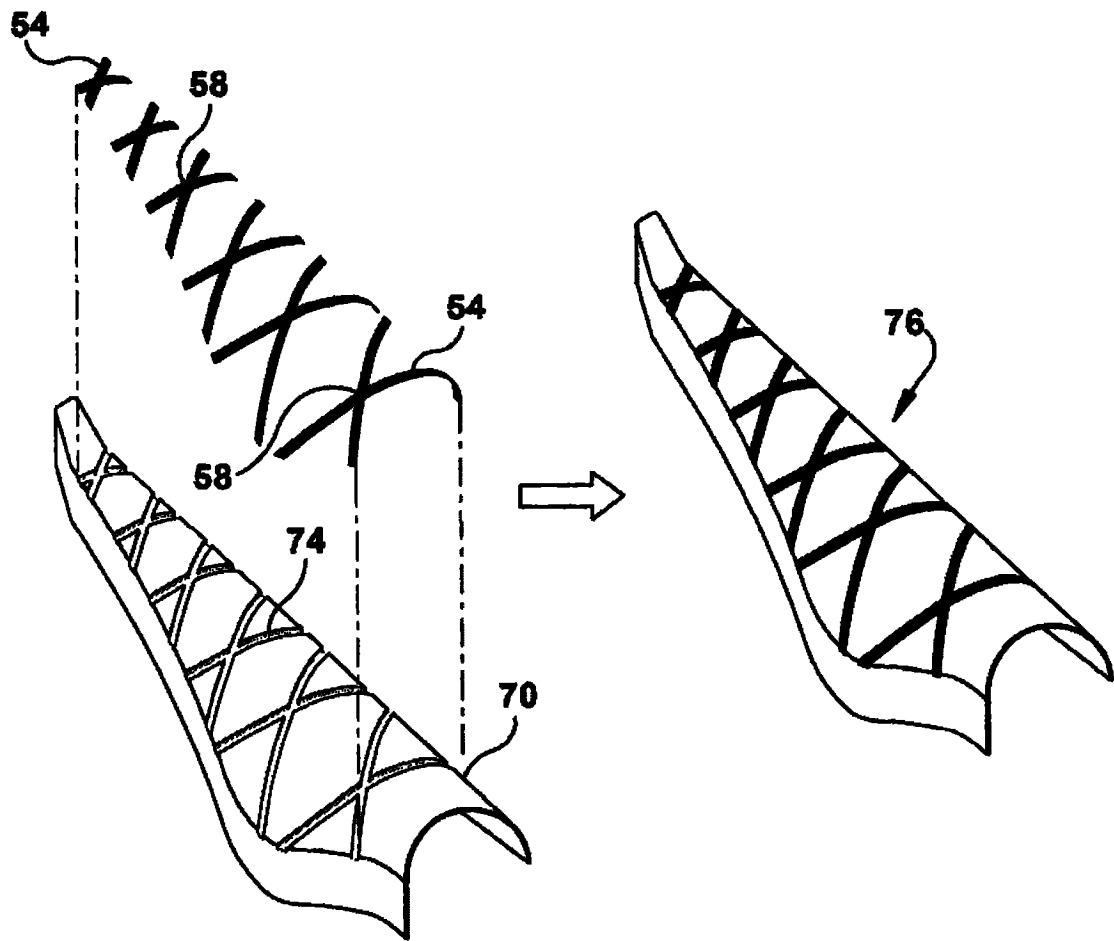


图 8

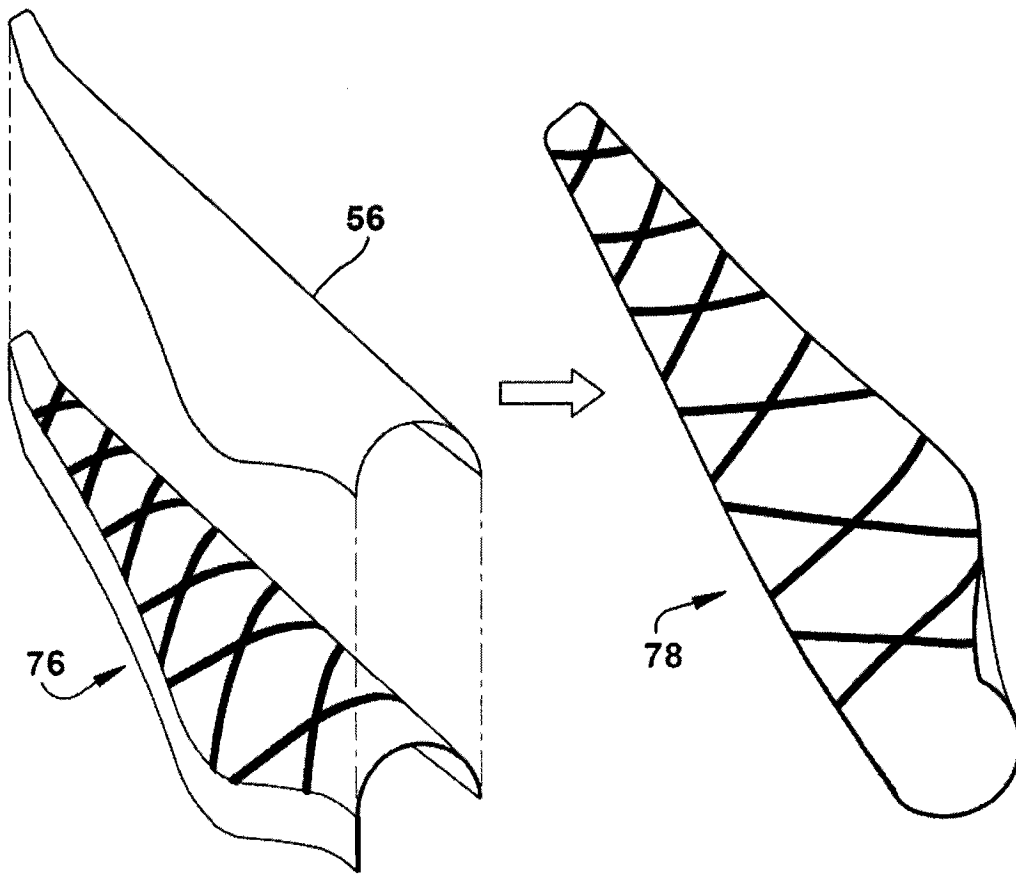


图 9

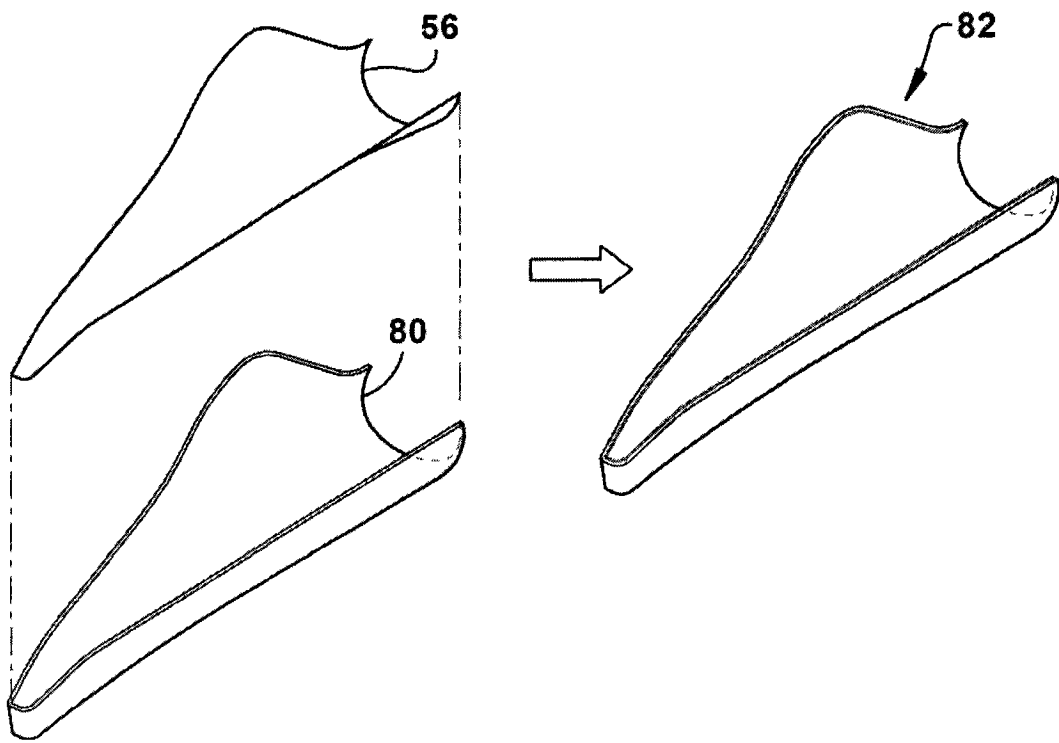


图 10

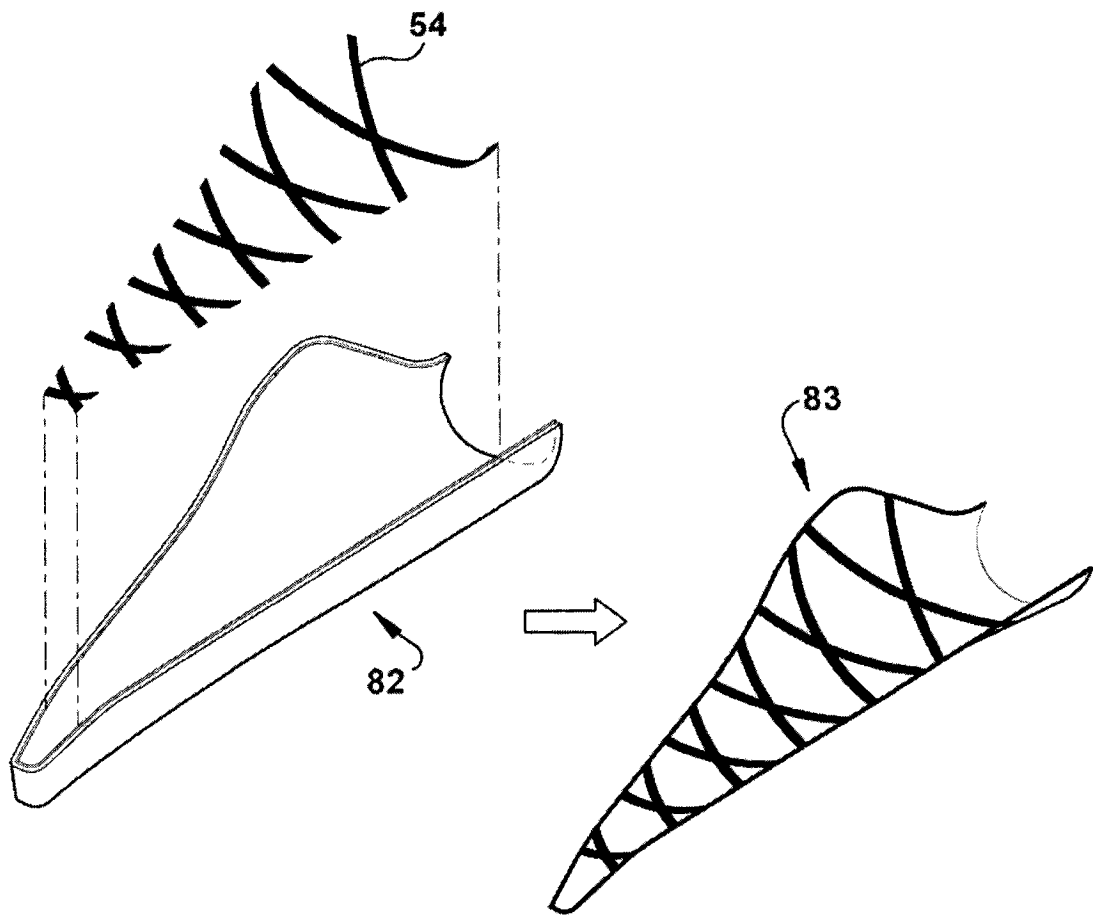


图 11

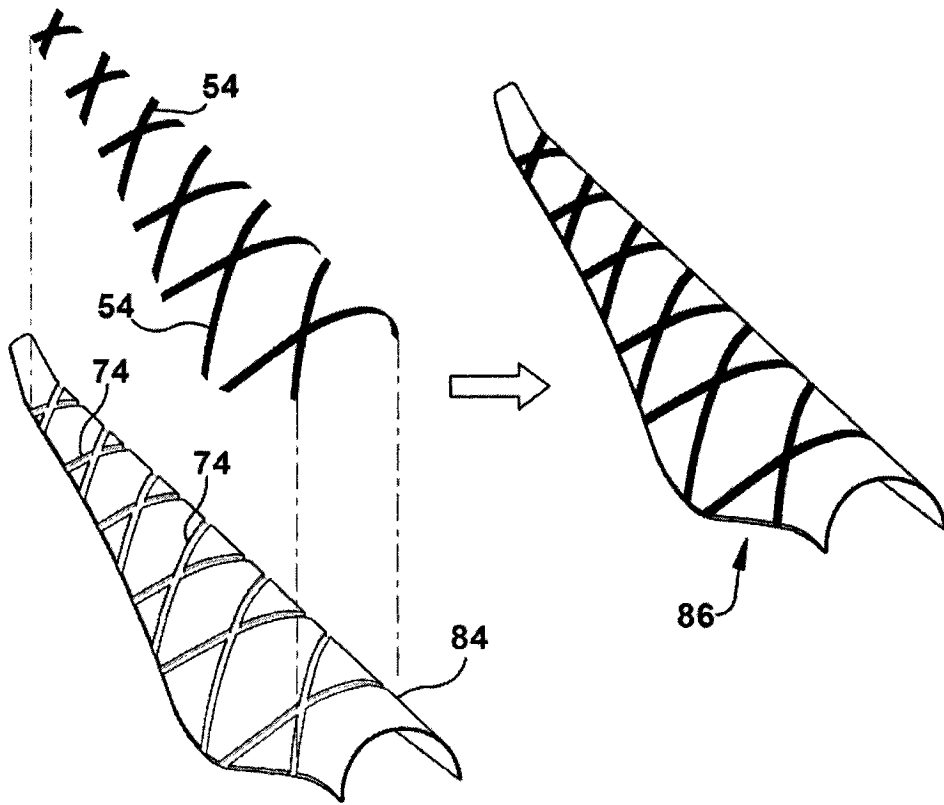


图 12

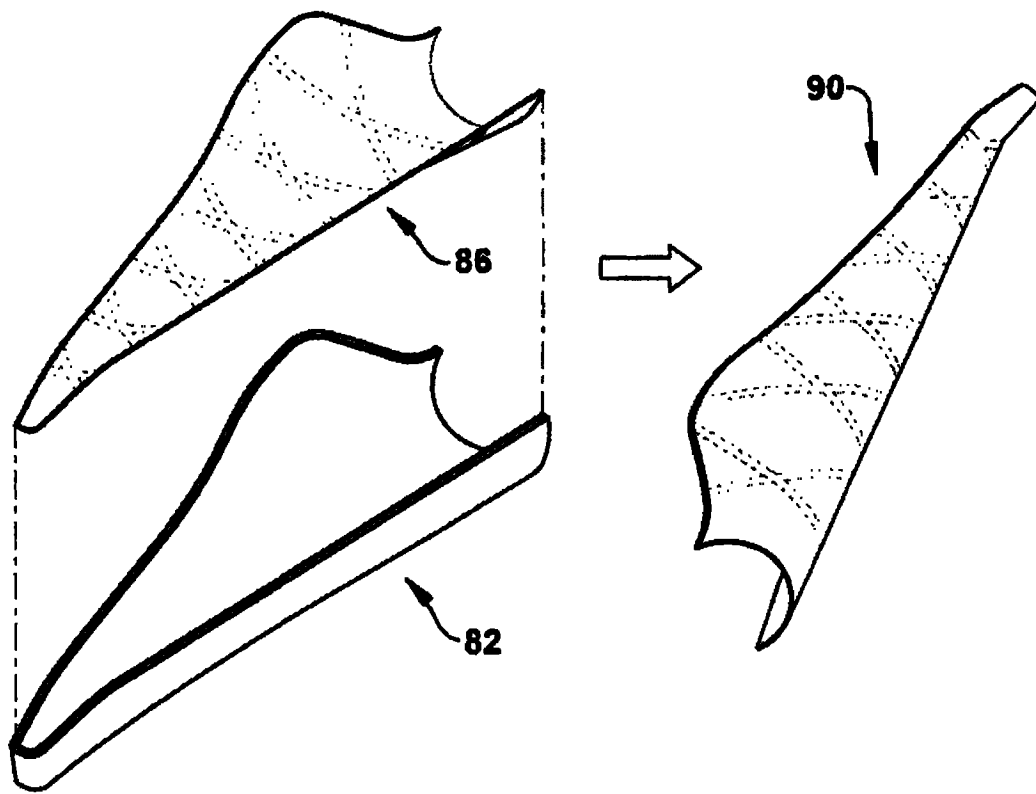


图 13