

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102996327 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 27

(21) 申请号 201210330302. 6

(22) 申请日 2012. 09. 07

(30) 优先权数据

13/228, 708 2011. 09. 09 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 E. L. 贝尔 B. S. 盖伯 A. W. 沃斯勒

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 李强 曹若

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006. 01)

B29D 99/00 (2010. 01)

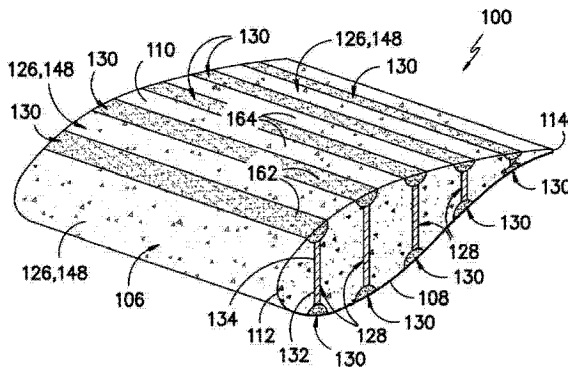
权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 10 页

(54) 发明名称

风机的转子叶片及相应制造方法

(57) 摘要

本发明涉及并揭示一种风机的转子叶片。所述转子叶片通常可包括至少部分从型芯材料形成的主体。所述主体通常可具有在前缘与后缘之间延伸的压力侧和吸入侧。所述转子叶片也可包括多个受剪构件和多个加强构件。所述受剪构件通常可在所述主体的所述压力侧与吸入侧之间延伸,且可各自包括第一端和第二端。所述加强构件可环绕所述主体的所述压力侧和吸入侧隔开,每个加强构件设在所述受剪构件中的一个受剪构件的所述第一端处或所述第二端处。此外,所述转子叶片可包括环绕所述主体的外围延伸的表层。



1. 一种风机的转子叶片,所述转子叶片包括:

至少部分从型芯材料形成的主体,所述主体具有在前缘与后缘之间延伸的压力侧和吸入侧;

在所述压力侧与吸入侧之间延伸的多个受剪构件,所述多个受剪构件中的每个受剪构件包括第一端和第二端;

环绕所述压力侧和吸入侧隔开的多个加强构件,所述多个加强构件中的每个加强构件设于所述多个受剪构件中的一个受剪构件的所述第一端处或所述第二端处;以及

环绕所述主体的外围延伸的表层。

2. 根据权利要求1所述的转子叶片,其中所述多个加强构件中的每个加强构件在邻近所述表层的位置处在翼展向上沿所述主体延伸。

3. 根据权利要求1所述的转子叶片,其进一步包括设于所述前缘处或附近的第一边缘加强构件,以及设于所述后缘处或附近的第二边缘加强构件。

4. 根据权利要求1所述的转子叶片,其进一步包括至少一个辅助加强构件,其设于所述多个受剪构件中的每个受剪构件的所述第一端与所述第二端之间。

5. 根据权利要求1所述的转子叶片,其进一步包括横向加强构件,其在所述主体内从大体邻近所述前缘处延伸到大体邻近所述后缘处。

6. 根据权利要求1所述的转子叶片,其进一步包括多个叉形构件,其在所述多个加强构件中的至少两个相邻加强构件之间延伸,所述多个叉形构件中的每个叉形构件设于所述表层附近。

7. 根据权利要求6所述的转子叶片,其中所述多个叉形构件中的每个叉形构件在所述至少两个相邻加强构件之间成对角延伸。

8. 根据权利要求1所述的转子叶片,其中所述多个受剪构件中的每个受剪构件包括多个支撑构件,其在所述多个加强构件中的相对的加强构件之间延伸。

9. 根据权利要求8所述的转子叶片,其中所述多个支撑构件中的每个支撑构件在所述相对的加强构件之间成对角延伸。

10. 根据权利要求1所述的转子叶片,其中所述型芯材料包括低密度材料。

11. 根据权利要求1所述的转子叶片,其中所述主体基本上从所述型芯材料形成。

12. 一种制造风机的转子叶片的方法,所述方法包括:

组装叶片坯体,所述叶片坯体包括在一定体积的型芯材料内隔开的多个受剪构件;

使所述叶片坯体成形以形成主体,所述主体具有在前缘与后缘之间延伸的压力侧和吸入侧,所述多个受剪构件在所述压力侧与吸入侧之间延伸;

将多个加强构件定位成环绕所述压力侧和吸入侧,以使所述多个加强构件中的至少两个加强构件与所述多个受剪构件中的每个受剪构件对准;以及

将表层定位成环绕所述主体的外围。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中将多个加强构件定位成环绕所述压力侧和吸入侧,以使所述多个加强构件中的至少两个加强构件与所述多个受剪构件中的每个受剪构件对准包括在使所述叶片坯体成形以形成所述主体后,将所述至少两个加强构件与所述多个受剪构件中的每个受剪构件对准。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中所述多个受剪构件中的每个受剪构件包括设于

所述压力侧附近的第一端,以及设于所述吸入侧附近的第二端,其中使所述叶片坯体成形以形成主体,所述主体具有在前缘与后缘之间延伸的压力侧和吸入侧,包括,使所述叶片坯体成形以在所述多个受剪构件中的每个受剪构件的所述第一端处和所述第二端处形成通道。

15. 根据权利要求 14 所述的方法,其中在使所述叶片坯体成形以形成所述主体后将至少两个加强构件与所述多个受剪构件中的每个受剪构件对准包括将加强构件定位于每个通道内。

16. 根据权利要求 12 所述的方法,其中将多个加强构件定位成环绕所述压力侧和吸入侧,以使所述多个加强构件中的至少两个加强构件与所述多个受剪构件中的每个受剪构件对准包括在使所述叶片坯体成形以形成所述主体之前,将所述至少两个加强构件与所述多个受剪构件中的每个受剪构件对准。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,其中组装叶片坯体,所述叶片坯体包括在一定体积的型芯材料内隔开的多个受剪构件,包括,将所述多个受剪构件中的每个受剪构件和所述至少两个加强构件组装在多个型芯材料段之间以形成所述叶片坯体。

18. 根据权利要求 12 所述的方法,其进一步包括:

将第一边缘加强构件定位于所述前缘处或附近;以及

将第二边缘加强构件定位于所述后缘处或附近。

19. 根据权利要求 12 所述的方法,其进一步包括将多个叉形构件定位于所述多个加强构件中的相邻加强构件之间。

20. 根据权利要求 12 所述的方法,其中将多个加强构件定位成环绕所述压力侧和吸入侧,以使所述多个加强构件中的至少两个加强构件与所述多个受剪构件中的每个受剪构件对准包括:

将加强构件定位于所述多个受剪构件中的每个受剪构件的第一端处和第二端处;以及将辅助加强构件定位于所述第一端与所述第二端之间的位置处。

风机的转子叶片及相应制造方法

技术领域

[0001] 本发明大体上涉及风机,确切地说,涉及风机转子叶片以及制造此类转子叶片的方法。

背景技术

[0002] 风能被认为是目前可用的最清洁、最环保的能源之一,在这一方面,风机已获得广泛关注。现代风机通常包括塔筒、发电机、齿轮箱、机舱以及一片或多片转子叶片。转子叶片使用已知的翼原理捕获风的动能并通过转动能传输动能,以转动将转子叶片连接到齿轮箱的轴,或者,如果未使用齿轮箱,则转动将转子叶片直接连接到发电机的轴。之后,发电机将机械能转化成电能,以输送到公用设施电网中。

[0003] 在制造转子叶片的过程中,通常必需使用一些专用工具和/或模具。例如,通常使用大型模具来形成传统转子叶片的叶片半部,这些大型模具是针对要生产的转子叶片的特定尺寸和形状而定制的。因此,必须针对要生产的每片转子叶片的尺寸和形状购买或制造新模具,这样就大大增加了转子叶片的生产成本。此外,形成转子叶片的叶片半部的传统方法通常包括使用铺叠成型工艺,在此工艺中,需要将强化材料层手工放置在定制模具中。该过程非常费力,且大大增加了生产转子叶片所需的时间。

[0004] 标题为“制造风机转子叶片的方法(Methods of Manufacturing Rotor Blades for a Wind Turbine)”的第 12/966,219 号专利申请案(于 2010 年 12 月 13 日提交并转让给通用电气公司(General Electric Company))中总体揭示了一种制造风机转子叶片的改进方法,该方法能够降低生产成本并提高叶片生产速度。具体而言,所述申请案中揭示的转子叶片可通过提供由填充材料构成的叶片坯体进行制造。所述叶片坯体可经机械加工或以其它方式成形为转子叶片的气动形状或外形。随后,可将外表层涂覆在成形的叶片坯体的外围,以形成转子叶片的外表面,并为填充材料提供保护涂层。但是,尽管该专利申请案中描述的方法提供了重要优点,但该揭示内容中并未提供组装在转子叶片内以提供叶片硬度和/或强度的重要结构部件。

[0005] 因此,一种通过提供硬度和/或强度较高的转子叶片来改进上述方法的转子叶片制造方法将在此项技术中受到欢迎。

发明内容

[0006] 以下说明书将部分阐明本发明的各方面和优点,或者,这些方面和优点可在说明书中显而易见,或者可通过实践本发明推导出。

[0007] 一方面,本发明揭示一种风机的转子叶片。所述转子叶片通常可包括至少部分从型芯材料形成的主体。所述主体通常可具有在前缘与后缘之间延伸的压力侧和吸入侧。所述转子叶片也可包括多个受剪构件和多个加强构件。所述受剪构件通常可在所述主体的所述压力侧与吸入侧之间延伸,且可各自包括第一端和第二端。所述加强构件可环绕所述主体的所述压力侧和吸入侧隔开,每个加强构件设在所述受剪构件中的一个受剪构件的第一

端处或第二端处。此外,所述转子叶片可包括环绕所述主体的外围延伸的表层。

[0008] 另一方面,本发明揭示一种制造风机的转子叶片的方法。所述方法通常可包括:组装叶片坯体,所述叶片坯体包括在一定体积的型芯材料内隔开的多个受剪构件;使所述叶片坯体成形以形成主体,所述主体具有在前缘与后缘之间延伸的压力侧和吸入侧;将多个加强构件定位成环绕所述压力侧和吸入侧,以使所述多个加强构件中的至少两个加强构件与所述多个受剪构件中的每个受剪构件对准;以及将表层定位成环绕所述主体的外围。

[0009] 参考以下具体实施方式和所附权利要求书可以更深入地理解本发明的这些和其它特征、方面和优点。附图并入本说明书中并构成本说明书的一部分,说明了本发明的各实施例,并与具体实施方式一起解释本发明的原理。

附图说明

[0010] 本说明书参考附图,针对所属领域的一般技术人员,完整且可实现地详细揭示了本发明,包括其最佳模式,其中:

[0011] 图 1 所示为风机的一项实施例的透视图;

[0012] 图 2 所示为根据本发明各方面的转子叶片的一项实施例的透视图;

[0013] 图 3 所示为沿着线 3-3 截得的图 2 所示转子叶片的截面图;

[0014] 图 4 所示为根据本发明各方面的转子叶片制造方法的一项实施例的流程图;

[0015] 图 5 所示为适用于制造图 2 和图 3 所示转子叶片的叶片坯体的一项实施例的截面图;

[0016] 图 6 所示为图 5 所示叶片坯体的一项实施例在根据本发明各方面成形后的翼展方向截面图;

[0017] 图 7 所示为沿着线 7-7 截得的图 6 所示成形叶片坯体的截面图,尤其图示了形成于转子叶片主体的压力侧和吸入侧周围的通道的一项实施例;

[0018] 图 8 所示为图 6 和图 7 所示的成形叶片坯体的局部透视图,所述成形叶片坯体具有加强构件,所述加强构件安装在形成于叶片主体的压力侧和吸入侧周围的通道中;

[0019] 图 9 所示为适用于制造图 2 和图 3 所示转子叶片的叶片坯体的另一项实施例的截面图;

[0020] 图 10 所示为根据本发明各方面的转子叶片的另一项实施例的截面图;

[0021] 图 11 所示为根据本发明各方面的转子叶片的进一步实施例的截面图;

[0022] 图 12 所示为根据本发明各方面的转子叶片的又一项实施例的局部透视图;以及

[0023] 图 13 所示为根据本发明各方面的转子叶片的更进一步实施例的局部透视图。

[0024] 元件符号列表:

[0025]

参考标号	部件	参考标号	部件
10	风机	12	塔筒
14	机舱	16	转子叶片

18	转子轮毂	100	转子叶片
102	叶根	104	叶尖
106	主体	108	压力侧
110	吸入侧	112	前缘
114	后缘	116	翼展
118	翼弦	120	表层
122	外表面	124	内表面
126	型芯材料	128	受剪构件
130	加强构件	132	第一端
134	第二端	136	坯体
138	虚线	140	翼弦
142	高度	144	宽度
146	高度	148	段
150	通道	152	叶根套
154	根端	156	高度
158	孔	160	宽度
162	外表面	164	外表面
200	方法	202	方法步骤
204	方法步骤	206	方法步骤
208	方法步骤	236	坯体
250	通道	266	凹面
300	转子叶片	370	前缘构件
372	后缘构件	374	辅助构件
400	转子叶片	476	加强构件

500	转子叶片	580	构件
600	转子叶片	682	构件

具体实施方式

[0026] 现在将详细参考本发明的各实施例,附图中图示了本发明实施例的一个或多个实例。各个实例用以解释本发明而非限定本发明。事实上,在不脱离本发明的范围或精神的前提下,所属领域的技术人员可轻易对本发明做出各种修改和变化。例如,作为一项实施例的一部分说明或描述的特征可用于另一实施例中,从而得到更进一步的实施例。因此,本发明应涵盖所有基于所附权利要求书及其等效物的范围内的修改和变化。

[0027] 一般说来,本发明涉及制造风机转子叶片的改进方法,以及根据所述改进方法制造的转子叶片。具体而言,所揭示的转子叶片可包括从型芯材料(例如,泡沫材料)形成的主体,所述型芯材料配置成经机械加工或以其它方式成形为转子叶片的气动形状或外形。此外,多个结构部件(例如,受剪构件、加强构件等)可设于主体内和/或周围,以提高转子叶片的强度和/或硬度。所述转子叶片也可包括环绕主体的外围延伸的覆盖表层,所述覆盖表层形成转子叶片的外表面并为型芯材料提供保护涂层。

[0028] 从本专利申请文件提供的说明中可轻易看出,所揭示的方法大体实现了在制造转子叶片时,无需使用专用工具和模具,且无需进行将层压板层手工铺叠于此类模具中这一费力工艺。具体而言,转子叶片可从内到外制成,方法是组装能够经机械加工或以其它方式成形为转子叶片的气动形状或外形的叶片坯体。这样,可显著减少生产转子叶片所需的制造成本和时间,从而提高新的转子叶片设计的研发效率以及向市场供应转子叶片的速度。此外,由于并入了各种结构部件,因此制成的转子叶片具有能够增强叶片强度和/或硬度的结构构造。

[0029] 此外还应了解,在若干实施例中,所揭示的方法特别有利于快速有效地制造原型转子叶片,以测试新的翼型设计等。因此,无需另外花时间制作和/或获得专用工具和/或模具,就可立即制造并测试新的翼型形状和/或其它叶片构造/特征(例如在气动弹性方面经相应修整的叶片、小翼等)。但是,所揭示的方法还可用于生产转子叶片以供所属领域使用。例如,根据所揭示方法制成的转子叶片可用作风机的主要和/或辅助转子叶片。

[0030] 参阅附图,图1所示是风机10的一项实施例的透视图。风机10包括塔筒12,塔筒12上安装有机舱14。多片转子叶片16安装在转子轮毂18上,而转子轮毂18连接到转动主转子轴的主法兰上。风机发电和控制部件安置在机舱14中。应了解,图1所示风机10仅作说明目的,以示例性地说明本发明。因此,所属领域的一般技术人员应理解,本发明不限于任何特定类型的风机配置。

[0031] 现在参阅图2和图3,其中图示了根据本发明各方面的转子叶片100的一项实施例。具体而言,图2所示为转子叶片100的透视图。此外,图3所示为沿着线3-3截得的图2所示转子叶片100的截面图。

[0032] 如图所示,转子叶片100包括配置成将转子叶片100安装到风机10(图1)的轮毂18的叶根102,以及设于叶根102相对的叶尖104。转子叶片100的主体106可在叶根102与叶尖104之间延伸,且可大体构成转子叶片100的气动形状。例如,在若干实施例中,主

体 106 可通过配置成对称或弧形翼型等而具有翼型截面。因此,如图 3 所示,主体 106 可包括在前缘 112 与后缘 114 之间延伸的压力侧 108 和吸入侧 110。此外,主体 106 通常可包括限定叶根 102 与叶尖 104 之间的总长度的翼展 116,以及限定前缘 112 与后缘 114 之间的总长度的翼弦 118。众所周知,随着主体 106 从叶根 102 向叶尖 104 延伸,翼弦 118 的长度可相对于翼展 116 变化。

[0033] 应了解,转子叶片 100 的主体 106 也可具有额外的气动特征。例如,在—项实施例中,主体 106 可在气动弹性方面经过相应修整,例如在大致翼弦方向(即,大体平行于翼弦 118 的方向)和 / 或大致翼展方向(即,大体平行于翼展 116 的方向)上弯曲和 / 或扭转。

[0034] 此外,转子叶片 100 通常可包括环绕气动型主体的覆盖表层 120。具体而言,如图 3 所示,覆盖表层 120 可大体具有构成转子叶片 100 的外表面的外表面 122,以及大体勾出主体 106 的外围的内表面 124。因此,应了解,覆盖表层 120 可大体配置成贴合气动主体 106 的外形或形状,以使覆盖表层 120 的外表面 122 大体构成转子叶片 100 的气动外形。

[0035] 如图 3 特别图示,主体 106 可至少部分从型芯材料 126 形成。在若干实施例中,主体 106 可基本上从型芯材料 126 形成。“基本上从型芯材料 126”形成意味着主体 106 体积(即,转子叶片 100 的位于覆盖表层 120 的内表面 124 内的体积)的 50% 以上填充有型芯材料 126 或以其它方式被型芯材料 126 占据,例如主体 106 体积的 60% 以上或主体 106 体积的 75% 以上或主体 106 体积的 85% 以上,以及介于两者之间的其它任何子范围。但在替代实施例中,主体 106 的 50% 以下从型芯材料 126 形成。例如,型芯材料 126 的绝大部分和 / 或全部可从转子叶片 100 内移除。

[0036] 一般说来,型芯材料 126 可包括任何合适的材料,其中所述材料能够经机械加工或以其它方式成形为主体 106 的气动形状或外形。例如,在本发明的若干实施例中,型芯材料 126 可包括相对轻质的低密度材料。因此,在特定实施例中,型芯材料 126 可包括低密度泡沫材料。合适的低密度泡沫材料可包括,但不限于,聚苯乙烯泡沫(例如膨胀性聚苯乙烯泡沫)、聚氨脂泡沫、其它泡沫橡胶 / 树脂基泡沫以及各种其它开孔和闭孔泡沫。或者,填充材料 126 可包括其它合适的低密度材料,例如轻木、软木等。

[0037] 仍参阅图 2 和图 3,转子叶片 100 也可包括多个结构部件 128、130,这些结构部件经配置以在风机 10 运行期间承受作用在转子叶片 100 上的负载。例如,如图 3 所示,转子叶片 100 包括在翼弦方向上彼此隔开的多个受剪构件 128。一般说来,每个受剪构件 128 可配置成在主体 106 内沿翼展 116 的至少一部分纵长延伸。此外,如图所示,每个受剪构件 128 可配置成在主体 106 的压力侧 108 与吸入侧 110 之间沿大体垂直于翼弦方向的方向延伸,例如,在通常设于主体 106 的压力侧 108 附近的第一端 132 与通常设于主体 106 的吸入侧 110 附近的第二端 134 之间延伸。因此,受剪构件 128 可在主体 106 的压力侧 108 与吸入侧 110 之间形成剪切路径,从而使受剪构件 128 能够承受作用于转子叶片 100 上的任何剪切负载。

[0038] 此外,如图 3 所示,每个剪切构件 128 通常可配置成连续延伸的固体结构部件,其构成矩形截面形状。但应了解,在替代实施例中,受剪构件 128 可具有其它任何合适的构造,且可具有能够使此类构件 128 具有本专利申请文件所述功能的其它任何合适的截面形状。例如,如下文参阅图 13 所述,每个受剪构件 128 可包括在主体 106 的压力侧 108 与吸入侧 110 之间延伸的多个支撑构件 682。

[0039] 除了受剪构件 128 以外,转子叶片 100 也可包括沿主体 106 的翼展 116 的至少一部分纵长延伸的多个加强构件 130。一般说来,加强构件 130 可配置成环绕主体 106 的压力侧 108 和吸入侧 110 隔开,以承受作用于叶片 100 上的翼展向负载(例如,弯曲负载)。此外,在若干实施例中,加强构件 130 可定位于转子叶片 100 内以与受剪构件 128 对准,方法是,例如,设于覆盖表层 120 与受剪构件 128 的各端 132、134 之间。加强构件 130 的这种布置方式通常可利用受剪构件 128 建立的剪切路径,从而增强加强构件 130 的承载能力。

[0040] 应了解,受剪构件 128 和加强构件 130 通常可从能够向转子叶片 100 提供硬度和/或强度的任何合适的刚性和/或耐久材料形成。例如,此类构件 128、130 可从任何合适的复合材料(例如,纤维增强复合材料)、聚合物(例如,高强度塑料)、金属(例如,铝)、木材或其它任何合适的材料或材料组合形成。此外,应了解,尽管所揭示的转子叶片 100 图示为包括五个受剪构件 128 和相应数量的加强构件 130,但转子叶片 100 通常可包括任何合适数量的受剪构件 128 和/或加强构件 130。

[0041] 现在参阅图 4,该图所示为根据本发明各方面的制造图 2 和图 3 所示转子叶片 100 的方法 200 的一项实施例的流程图。如图所示,方法 200 通常包括:步骤 202:组装叶片坯体,所述叶片坯体包括在一定体积的型芯材料内隔开的多个受剪构件;步骤 204 使叶片坯体成形以形成主体,所述主体具有在前缘与后缘之间延伸的压力侧和吸入侧;步骤 206 将多个加强构件定位成环绕所述压力侧和吸入侧,以使多个加强构件中的至少两个加强构件与多个受剪构件中的每个受剪构件对准;以及步骤 208 将表层定位成环绕主体的外围。应了解,尽管图 4 中的各方法元素 202、204、206、208 是以特定顺序图示,但这些元素通常能够以符合本专利申请文件中所揭示的任何次序和/或顺序实施。例如,如下文所述,转子叶片 100 的加强构件 130 可在使叶片坯体 136 (图 5)成形以形成主体 106 之前或之后与受剪构件 128 对准。

[0042] 如上所述,此类方法 200 通常能够减少制造转子叶片所需的生产成本和时间。因此,新的转子叶片设计可更高效地进行生产,从而促进产品研发,并提高向市场供应转子叶片的速度。此外,通过在转子叶片 100 内加入受剪构件 128 和加强构件 130 等结构部件,制成的叶片的强度和/或硬度将提高。

[0043] 现在参阅图 5,其中图示了根据本发明各方面的可根据所揭示方法 200 组装的叶片坯体 136 的一项实施例的截面图。一般说来,叶片坯体 136 可包括一定体积的型芯材料 126,型芯材料配置成经机械加工或以其它方式成形为转子叶片主体 106 的气动形状或外形(如虚线 138 所示)。因此,应了解,在若干实施例中,叶片坯体 136 通常可具有任何合适的形状,所述形状的尺寸等于或大于主体 106 的最大翼弦 140、最大高度 142 (即,主体 106 的压力侧 108 与吸入侧 110 之间的最大高度)以及翼展 116 (图 2),以使叶片坯体 136 的相应部分可移除,从而构成主体 106 的气动形状或外形。例如,在一项实施例中,叶片坯体 136 的宽度 144 通常可等于或大于主体 106 的最大翼弦 140,且坯体 136 的高度 146 通常可等于或大于主体 106 的最大高度 142。同样地,坯体 136 的长度(进入页面的维度)通常可等于或大于主体 106 的翼展 116。但在替代实施例中,叶片坯体 136 可分段成形,每段具有宽度 144、高度 146 和/或长度(未图示),它们对应于主体 106 的最大翼弦 140、最大高度 142 和/或翼展 116 的一部分。

[0044] 在若干实施例中,转子叶片 100 的受剪构件 128 也可包括在叶片坯体 136 内。具

体而言,如图 5 所示,叶片坯体 136 可具有分层结构,受剪构件 128 在多个型芯材料段 148 之间隔开,其中所述型芯材料段 148 具有各自的型芯材料 126 块或区。一般说来,叶片坯体 136 的分层结构可使用所属领域中已知的任何合适装置和 / 或方法来进行组装或以其它方式形成。在若干实施例中,型芯材料段 148 和受剪构件 128 可包括单独的预制部件,这些部件可固定或以其它方式组装在一起,以形成叶片坯体 136。例如,可使用所属领域中已知的任何合适装置和 / 或方法来将型芯材料段 148 和受剪构件 128 堆叠在一起,然后将它们彼此粘结、粘附、系、紧固或以其它方式连接在一起。或者,受剪构件 128 可直接形成在型芯材料段 148 之上或内部。例如,在一项实施例中,每个受剪构件 128 可通过将多层复合材料(例如,纤维增强复合材料)直接铺叠或以其它方式组装到型芯材料段 148 之上来形成。受剪构件 128 形成于型芯材料段 148 之上后,可将另一型芯材料段 148 组装到受剪构件 128 之上,重复该过程以形成整个叶片坯体 136。

[0045] 应了解,对于不同叶片坯体 136,每个型芯材料段 148 的宽度以及受剪构件 128 之间的间距通常可根据多种因素而有所不同,其中所述多种因素包括,但不限于,需要包括在转子叶片 100 内的受剪构件 128 的尺寸(例如,最大翼弦 140 的宽度)和数量。此外,应了解,在一项实施例中,叶片坯体 136 内的受剪构件 128 可彼此等距隔开。或者,各个受剪构件 128 之间的间距可有所不同。例如,每个型芯材料段 148 的宽度可以不同,以使受剪构件 128 之间的间距在叶片坯体 136 内有所不同,并由此而在转子叶片 100 内有所不同。此外,如图示的实施例所示,每个型芯材料段 148 包括一定实体体积的型芯材料 126。但在替代实施例中,部分或全部的型芯材料段 148 可以是非固体的和 / 或不连续的。例如,用于形成叶片坯体 136 的型芯材料段 148 内和 / 或之间可形成空隙和 / 或空间。

[0046] 应了解,在若干实施例中,转子叶片 100 的各种其它结构部件可包括在叶片坯体 136 内。例如,如下文参阅图 9 所述,可在组装叶片坯体 236 时将加强构件 130 定位于每个型芯材料段 148 之间。

[0047] 现参阅图 6 和图 7,所示为图 5 所示叶片坯体 136 的一项实施例在成形为转子叶片 100 的气动主体 106 后的截面图。具体而言,图 6 所示为成形主体 106 的翼展向截面图。此外,图 7 所示为成形主体 106 的翼弦向截面图。

[0048] 一般说来,叶片坯体 136 (图 5) 可使用所属领域中已知的任何合适的成形装置 / 方法成形为所需形状或外形,所述装置 / 方法能够将叶片坯体 136 的相应部分移除以构成主体 106 的气动形状,例如将型芯材料段 148 和受剪构件 128 的相应部分移除以形成主体 106 的压力侧 108、吸入侧 110、前缘 112 和后缘 114 的气动轮廓和外形。例如,在一项实施例中,叶片坯体 136 可使用任何合适的机械加工工艺和 / 或任何合适的机械加工设备,例如计算机数字控制(CNC)机或其它任何精确机械加工设备来进行机械加工。或者,叶片坯体 136 可使用其它合适的工具和 / 或设备,例如各种不同的人工工具和机动手工工具来成形。例如,叶片坯体 136 可使用切削工具(例如,刀、锯等)、磨削设备 / 砂磨设备(例如,电磨机、电动砂磨机、磨砂纸等)和 / 或所属领域中已知的其它任何合适的工具 / 设备来成形。

[0049] 在一项实施例中,除了使叶片坯体 136 成形以构成主体 106 的气动形状之外,叶片坯体 136 也可成形为接纳转子叶片 100 的加强构件 130。具体而言,叶片坯体 136 中可形成多个凹槽或通道 150,以将加强构件 130 定位成环绕主体 106 的压力侧 108 和吸入侧 110。例如,如图 7 所示,通道 150 可环绕压力侧 108 和吸入侧 110 形成,以与每个受剪构件 128

的各端 132、134 对准。因此,当将加强构件 130 定位于通道 150 内时,每对相对的加强构件 130 可设于每个受剪构件 128 的第一端 132 和第二端 134 处和 / 或附近。

[0050] 应了解,通道 150 可在用于将叶片坯体 136 成形为主体 106 的气动外形的同一制造步骤期间形成,或在单独的制造步骤中形成。例如,在一项实施例中,主体 106 的气动外形可初始形成为叶片坯体 136,然后作为单独的制造步骤在叶片坯体 136 中形成通道 150。

[0051] 此外,在本发明的若干实施例中,可在叶片坯体 136 已成形之后将叶根套 152 安装在转子叶片 100 的叶根 102 (图 2)处。具体而言,如图 6 所示,叶根套 152 可安装在成形主体 106 的根端 154 处。叶根套 152 通常可用作连接机构,用于将转子叶片 100 连接到风机 10 (图 1)的轮毂 18。因此,应了解,叶根套 152 通常可设计成具有能够将叶根套 152 连接到风机轮毂 18 的任何合适的尺寸、形状和 / 或构造。例如,在一项实施例中,叶根套 152 可具有大致呈圆柱形或圆形的形状,其直径或高度 156 大体对应于轮毂 18 中与经配置的转子叶片 100 连接的部件(例如,变桨轴承)的直径或高度。此外,叶根套 152 可包括多个环向隔开的孔 158,所述孔 158 具有大体对应于轮毂 18 的相应部件(例如,变桨轴承)中形成的螺栓孔图案的螺栓孔图案。因此,叶根套 152 可使用合适的螺栓、螺纹杆和 / 或类似工具连接到轮毂 18。

[0052] 一般说来,叶根套 152 通常可从任何合适的材料形成。但在若干实施例中,叶根套 152 可从相对较硬和 / 或耐久的材料形成。例如,叶根套 152 可从任何合适的复合材料(例如,纤维增强复合材料)、聚合物(例如,高强度塑料)、金属(例如,铝)、木材或其它任何合适的材料或材料组合形成,这些材料能够承受通常在风机 10 运行过程中沿轮毂 18 与转子叶片 100 的连接点产生的负载。此外,在一项实施例中,叶根套 152 可包括预制部件,所述预制部件经配置以组装到成形主体 106 的根端 154 上。或者,叶根套 152 可直接形成于成形主体 106 的根端 156 之上。例如,在本发明的特定实施例中,叶根套 152 可通过将多层复合材料(例如,纤维增强复合材料)直接铺叠或以其它方式组装在根端 154 上来形成。

[0053] 应了解,成形主体 106 的根端 154 通常可经机械加工或以其它方式成形以适应叶根套 152。例如,在一项实施例中,可在根端 154 处从叶片坯体 136 中移除额外量的型芯材料 126,所移除的材料量与叶根套 152 的宽度 160 对应,以使随后可将叶根套 152 定位、组装或形成于根端 154 上。此外,在特定实施例中,随着叶根套 152 离开叶根 102 延伸,叶根套 152 的宽度 160 通常可逐渐缩减。因此,如图 6 所示,成形主体 106 的根端 154 通常可经机械加工或以其他方式成形为包括相应的逐渐变尖外形,以适应叶根套 152 的逐渐缩减宽度 160。

[0054] 还应了解,在本发明的若干实施例中,主体 106 的整个气动外形无需进行初始机械加工或以其它方式形成为叶片坯体 136。例如,在一项实施例中,只有主体 106 的根端 154 进行初始机械加工或以其它方式形成。在此类实施例中,可先将叶根套 152 定位、组装或形成于根端 154 上,然后再在叶片坯体 136 中形成主体 106 的剩余气动外形部分。

[0055] 现在参阅图 8,所示为转子叶片 100 的成形主体 106 在已将加强构件 130 定位于通道 150 (图 7)内后的局部透视图,其中通道 150 形成于受剪构件 128 的各端 132、134 处。如上所述,加强构件 130 通常可配置成通过承受在风机 10 运行期间施加到叶片 100 的任何翼展向负载(例如,压缩和 / 或拉伸弯曲负载)来向转子叶片 100 提供强度和 / 或硬度。因此,应了解,加强构件 130 通常可具有使得此类构件 130 具有本专利申请文件所述功能的任

何合适的形状、尺寸和 / 或构造。例如, 如图示的实施例所示, 加强构件 130 通常包括沿翼展向延伸的杆, 所述杆具有半圆形截面形状。但在替代实施例中, 加强构件 130 可具有圆形、矩形、三角形和 / 或其它任何合适的截面形状, 且可为实心或中空的。

[0056] 还应了解, 在若干实施例中, 加强构件 130 可包括单独的预制部件, 所述部件可固定或以其它方式组装在通道 150 内。例如, 可使用所属领域中已知的任何合适的装置和 / 或方法来初始形成加强构件 130, 然后将其粘结、粘附、系、紧固或以其它方式固定在通道 150 内。具体而言, 在一项实施例中, 可使用拉挤成型工艺来从合适的复合材料(例如, 纤维增强复合材料) 预制加强构件 130, 然后将其安装在通道 150 内。在另一项实施例中, 可从预浸渍复合材料形成加强构件 130, 该复合材料将在安装在通道 150 内之后固化。或者, 可使加强构件 130 直接形成于通道 150 上和 / 或内。例如, 在一项实施例中, 加强构件 130 的形成方法可为将合适的增强材料(例如, 玻璃和 / 或碳纤维) 铺叠或以其它方式组装在通道 150 内, 然后环绕所述增强材料注入合适的粘结材料(例如, 合适的树脂)。

[0057] 此外, 在若干实施例中, 加强构件 130 可成形或以其它方式形成, 以使主体 106 的压力侧 108 和吸入侧 110 形成连续的气动表面。例如, 如图 8 所示, 每个加强构件 130 的外表面 162 通常可成形或以其它方式形成, 以使表面 166 形成主体 106 的气动外形的延续部分。因此, 可在每个加强构件 130 的外表面 162 与每个成型型芯材料段 148 的外表面 164 之间的界面处形成平滑过渡。

[0058] 再次参阅图 3, 如上所述, 转子叶片 100 还可包括构成转子叶片 100 的外表面的覆盖表层 120。一般来说, 覆盖表层 120 可经配置以贴合主体 106 以及, 在某些实施例中, 叶根套 152 的外围, 并环绕所述外围安置, 以使转子叶片 100 具有平滑的气动外形。此外, 作为外涂层, 覆盖表层 120 可向型芯材料 126 提供支撑以及保护(例如, 冲击保护)。

[0059] 应了解, 覆盖表层 120 通常可包括任何合适的材料, 并可使用任何合适的方法和 / 或工艺形成。例如, 在一项实施例中, 覆盖表层 120 可包括使用手工铺叠成型工艺或其他任何合适的层压成型方法环绕主体 106 的外围形成的复合材料(例如, 纤维增强复合材料)。在另一项实施例中, 覆盖表层 120 可包括喷涂表面涂层, 例如聚氨酯弹性喷涂复合物。在进一步实施例中, 覆盖表层 120 可包括使用热缩包装工艺和 / 或热缩装管工艺形成的热塑性涂层。

[0060] 现在参阅图 9, 所示为根据本发明各方面的可根据所揭示方法 200 组装的叶片坯体 236 的另一项实施例的截面图。具体而言, 与上文参阅图 5 到图 7 所述的实施例不同, 转子叶片 100 的加强构件 130 可在使坯体 236 成形之前安装在叶片坯体 236 内。因此, 如图所示, 叶片坯体 236 可具有分层结构, 其中受剪构件 128 和加强构件 130 设于型芯材料段 148 之间。

[0061] 应了解, 叶片坯体 236 的分层结构可使用所属领域中已知的任何合适的装置和 / 或方法进行组装或以其它方式形成。例如, 在若干实施例中, 型芯材料段 148 可成形为接纳受剪构件 128 和 / 或加强构件 130。具体而言, 如图 9 所示, 每个型芯材料段 148 可包括接纳每个受剪构件 128 的凹面 266, 以及接纳每个加强构件 130 的凹槽或通道 250。因此, 受剪构件 128 和加强构件 130 可在组装叶片坯体 236 时定位于型芯材料段 148 之间。

[0062] 与上述实施例相似, 在一项实施例中, 型芯材料段 148、受剪构件 138 和 / 或加强构件 130 可包括单独的预制部件, 所述部件可固定或以其它方式组装在一起, 以形成叶片坯

体 236。或者,受剪构件 128 和 / 或加强构件 130 可直接形成于型芯材料段 148 上或内,以形成叶片坯体 236。例如,在一项实施例中,受剪构件 128 和 / 或加强构件 130 可通过将多层复合材料(例如,纤维增强复合材料)直接铺叠或以其它方式组装到型芯材料段 148 上形成。受剪构件 128 和 / 或加强构件 130 已形成于型芯材料段 148 上之后,可将另一型芯材料段 148 组装到受剪构件 128 和 / 或加强构件 130 之上,重复该步骤以形成整个叶片坯体 236。

[0063] 叶片坯体 236 组装完成后,可使坯体 236 成形以形成转子叶片主体 106 的气动外形(如图 9 的虚线 138 所示)。例如,如上所述,叶片坯体 236 可进行机械加工或以其它方式处理以移除型芯材料段 148、受剪构件 128 和 / 或加强构件 130 的相应部分,从而形成主体 106 的压力侧 108、吸入侧 110、前缘 112 和后缘 114 (图 3) 的气动轮廓和外形。使叶片坯体 236 成形后,可将覆盖表层 120 (图 3) 定位成环绕主体 106 的外围,以形成转子叶片 100 的外表面。

[0064] 现在参阅图 10,所示为根据本发明各方面的转子叶片 300 的另一项实施例的截面图。具体而言,图 10 图示了可视需要包括在转子叶片 300 内的若干不同结构部件 370、372、374 的实例。

[0065] 如图示的实施例所示,除了上述受剪构件 128 和加强构件 130 以外,转子叶片 300 还包括一对边缘加强构件 370、372,其设计成承受作用于转子叶片 300 上的边缘负载,且还提高了转子叶片 300 的抗弯性(尤其是在后缘 114 处)。具体而言,转子叶片 300 包括设于前缘 112 处或附近的第一边缘加强构件 370,以及设于后缘 114 处或附近的第二边缘加强构件 372,每个边缘加强构件 370、372 沿转子叶片 300 的翼展 116 (图 2) 的至少一部分纵长延伸。

[0066] 应了解,边缘加强构件 370、372 通常可配置成与上述加强构件 130 相同或相似。因此,边缘加强构件 370、372 通常可具有使此类构件 370、372 具有本专利申请文件所述功能的任何合适的形状、尺寸和 / 或构造。例如,如图示的实施例所示,第一边缘加强构件 370 通常具有半圆形截面形状,而第二边缘加强构件 372 具有大体对应于转子叶片 300 在后缘 114 处的气动外形的截面形状。但在替代实施例中,边缘加强构件 370、372 可具有其它任何合适的截面形状,且可为实心的或中空的。

[0067] 此外,边缘加强构件 370、372 通常可从使此类构件能够向转子叶片 300 提供硬度和 / 或强度的任何合适的刚性和 / 或耐久材料形成。例如,在一项实施例中,边缘加强构件 370、372 可从任何合适的复合材料(例如,纤维增强复合材料)、聚合物(例如,高强度塑料)、金属(例如,铝)、木材或其它任何合适的材料或材料组合形成。此外,边缘加强构件 370、372 可使用任何合适的装置和 / 或方法安装在转子叶片 300 内。例如,与上文参阅图 5 到图 7 所述的实施例类似,边缘加强构件 370、372 可在叶片坯体 136 (图 5) 成形后安装,方法是,例如,在叶片坯体 136 成形期间在前缘 112 和后缘 114 处形成凹槽或通道(未图示),然后将边缘加强构件 370、372 安装在此类通道内(方法是,例如,将预制边缘加强构件安装在通道内或将边缘加强构件组装在通道内)。或者,与上文参阅图 9 所述的实施例类似,边缘加强构件 370、372 可在叶片坯体 236 成形之前安装,方法是,例如,在组装叶片坯体 236 期间将边缘加强构件 370、372 安装在型芯材料段 148 内。

[0068] 仍参阅图 10,转子叶片 300 也可包括至少一个辅助加强构件 374,其设于沿每个受

剪构件 128 的一个或多个位置处。具体而言,如图示的实施例所示,单个辅助加强构件 374 设于每个受剪构件 128 的第一端 132 与第二端 134 之间。但在替代实施例中,转子叶片 300 可包括在每个受剪构件 128 的第一端 132 与第二端 134 之间隔开的两个或两个以上辅助加强构件 374。通过将此类辅助加强构件 374 沿每个受剪构件 128 的高度定位,辅助加强构件 374 通常可通过减小沿受剪构件 128 的未支撑距离来增强转子叶片 300 承受剪切负载的能力。此外,每个辅助加强构件 374 也可向转子叶片 300 提供抗弯性。

[0069] 与边缘加强构件 370、372 类似,辅助加强构件 374 通常可配置成与上述加强构件 130 相同或类似。因此,边缘加强构件 374 通常可具有使此类构件 374 具有本专利申请文件所述功能的任何合适的形状、尺寸和 / 或构造。例如,如图示的实施例所示,辅助加强构件 374 通常具有圆形截面形状。但在替代实施例中,辅助加强构件 374 可具有半圆形、矩形、三角形和 / 或其它任何合适的截面形状,且可为实心的或中空的。此外,辅助加强构件 374 可使用所属领域中已知的任何合适装置和 / 或方法从任何合适的刚性和 / 或耐久材料(例如,任何合适的复合材料、聚合物、金属、木材等)形成,且可安装在转子叶片 300 内。例如,在一项实施例中,辅助加强构件 374 可在组装叶片坯体 136、236 后安装,方法是,例如,在型芯材料段 148 内预形成凹槽或通道以使辅助加强构件 374 在叶片坯体 136、236 组装和 / 或成形后沿受剪构件 128 安装。或者,与上文参阅图 9 所述的实施例类似,辅助加强构件 374 可在组装叶片坯体 236 期间安装,方法是,例如,将受剪构件 128、加强构件 130 和 / 或辅助加强构件 374 组装或形成于各型芯材料段 148 之间。具体而言,在一项实施例中,受剪构件 128、加强构件 130 和 / 或辅助加强构件 374 可通过将多层复合材料(例如,纤维增强复合材料)直接铺叠或以其它方式组装在各型芯材料段 148 之间而形成在一起。

[0070] 应了解,转子叶片 300 通常可包括上述结构部件 128、130、370、372、374 的任意组合,因而无需完全按照图 10 所示进行配置。例如,除了边缘加强构件 370、372 之外或者代替边缘加强构件 370、372,辅助加强构件 374 可安装在转子叶片 300 内。

[0071] 现在参阅图 11,所示为根据本发明各方面的转子叶片 400 的进一步实施例的截面图。具体而言,图 11 图示了可视需要包括在转子叶片 400 内的另一结构部件 476 的实例。

[0072] 如图所示,除了上述受剪构件 128 和加强构件 130 以外,转子叶片 400 还包括一个或多个横向加强构件 476,其大体垂直于受剪构件 128 取向。例如,在图示的实施例中,转子叶片 400 包括单个横向加强构件 476,其在翼弦方向上从大体邻近前缘 112 处延伸到大体邻近后缘 114 处。但在替代实施例中,转子叶片 400 可包括在转子叶片 400 内隔开的任何合适数量的横向加强构件 476。横向加强构件 476 可向转子叶片 400 提供边缘硬度和 / 或抗弯性,和 / 或通常可提高转子叶片 400 的结构完整性。

[0073] 应了解,与本专利申请文件所述的其它结构部件 128、130、370、372、374 类似,横向加强构件 476 通常可从使此类构件 476 能够向转子叶片 400 提供硬度和 / 或强度的任何合适的刚性和 / 或耐久材料形成。例如,横向加强构件 476 可从任何合适的复合材料(例如,纤维增强复合材料)、聚合物(例如,高强度塑料)、金属(例如,铝)、木材或其它任何合适的材料或材料组合形成。此外,横向加强构件 476 可使用所属领域中已知的任何合适的装置和 / 或方法安装在转子叶片 400 内。因此,在若干实施例中,横向加强构件 476 可在组装叶片坯体 136、236 期间安装。例如,上文参阅图 5 所述的每个型芯材料段 148 可水平分割(例如,沿图 5 所示虚线 478),以便将图示的横向加强构件 476 组装成叶片坯体 136,方法是,例如,

将横向加强构件 476 铺叠在分割型芯材料段 148 之间。

[0074] 还应了解,除了边缘加强构件 370、372 和 / 或辅助加强构件 374 以外,或者代替这些部件,横向加强构件 476 可包括在转子叶片 400 内。例如,在一项实施例中,横向加强构件 476 可配置成大体沿翼弦向在边缘加强构件 370、372 之间延伸,和 / 或在各辅助加强构件 374 之间延伸。

[0075] 现在参阅图 12,所示为根据本发明各方面的转子叶片 500 的另一项实施例的局部透视图。具体而言,图 12 图示了转子叶片 500,其中已移除了覆盖表层 120,以图示可视需要包括在转子叶片 500 内的结构部件 580 的另一实例。

[0076] 如图所示,除了上述受剪构件 128 和加强构件 130 以外,转子叶片 500 还包括多个叉形构件 580,其在主体 106 的压力侧 108 和吸入侧 110 上在相邻加强构件 130 之间延伸。叉形构件 580 通常可配置成向转子叶片 500 提供抗扭劲度。此外,通过将叉形构件 500 定位成环绕主体 106 的外圆周(即,与覆盖表层 120 (未图示)相邻和 / 或共面),叉形构件 580 可减小必须由表层 120 承受的剪切和扭转负载。

[0077] 如图 12 所示,叉形构件 580 通常在每对相邻加强构件 130 之间成对角延伸,各对叉形构件 580 彼此相交,形成叉形或“X”形图案。但在另一项实施例中,叉形构件 580 可配置成在相邻加强构件 130 之间成对角延伸而不相交,方法是,例如,在加强构件 130 之间形成 Z 形图案。或者,叉形构件 580 可在每对相邻加强构件 130 之间具有其它任何取向。例如,在一项实施例中,叉形构件 580 可在相邻加强构件 130 之间(例如,在翼弦向上)垂直延伸,且可沿加强构件 130 的长度在翼展向上彼此隔开。在另一项实施例中,叉形构件 580 可垂直且对角地取向,方法是,例如,在每对相邻加强构件 130 之间形成“Z”形图案。

[0078] 应了解,叉形构件 580 通常可配置成与上述加强构件 130 相同或相似。因此,叉形构件 580 通常可具有使此类构件 580 具有本专利申请文件所述功能的任何合适的形状、尺寸和 / 或构造。此外,叉形构件 580 可从使此类构件 580 能够向转子叶片 200 提供硬度和 / 或强度的任何合适的刚性和 / 或耐久材料形成。例如,叉形构件 580 可从任何合适的复合材料(例如,纤维增强复合材料)、聚合物(例如,高强度塑料)、金属(例如,铝)、木材或其它任何合适的材料或材料组合形成。

[0079] 还应了解,叉形构件 580 可使用所属领域中已知的任何合适的装置和 / 或方法安装在转子叶片 500 内。例如,关于上文参阅图 5 到图 7 所述的实施例,除了形成于主体 106 内以接纳加强构件 130 的通道 150 以外,还可在主体 106 的压力侧 108 和吸入侧 110 中形成合适的凹槽或通道以接纳叉形构件 580。因此,叉形构件 580 可在安装加强构件 130 之前、之后或同时安装。

[0080] 此外,应了解,叉形构件 580 可与本专利申请文件所述的任意其它结构部件 128、130、370、372、374、476 共同安装在转子叶片 500 内。例如,在一项实施例中,叉形构件 580 可与上述边缘加强构件 370、372 一起安装在转子叶片 500 内。在此类实施例中,也可将额外的叉形构件 580 安装在转子叶片内,以将各边缘加强构件 370、372 连接到设于主体 106 的压力侧 108 和吸入侧 110 上的相邻加强构件 130。

[0081] 现在参阅图 13,所示为根据本发明各方面的转子叶片 600 的进一步实施例的局部透视图。具体而言,图 13 图示了转子叶片 600,其中移除了覆盖表层 120 (图 3) 并切掉了主体 106 的一部分,以图示可用于形成上述各受剪构件 128 的结构部件 682 的变体。

[0082] 如图所示,各受剪构件 128 配置成多个支撑构件 682,其在沿主体 106 的压力侧 108 和吸入侧 110 设置的每对相对的加强构件 130 之间延伸。在图示的实施例中,支撑构件 682 在每对相对的加强构件 130 之间成对角延伸,各对支撑构件 682 彼此相交,形成叉形或“X”形图案。但在另一项实施例中,支撑构件 682 可配置成在相对的加强构件 130 之间成对角延伸而不相交,方法是,例如,在加强构件 130 之间形成 Z 形图案。或者,支撑构件 682 可在每对相对的加强构件 130 之间具有其它任何取向。例如,在一项实施例中,支撑构件 682 可在相对的加强构件 130 之间垂直延伸,且可沿加强构件 130 的长度在翼展向上彼此隔开。在另一项实施例中,支撑构件 682 可垂直且对角地取向,方法是,例如,在每对相对的加强构件 130 之间形成“Z”形图案。

[0083] 应了解,支撑构件 682 通常可配置成与上述加强构件 130 相同或相似。因此,支撑构件 682 通常可具有使此类构件 682 能够向转子叶片 600 提供硬度和 / 或强度的任何合适的形状、尺寸和 / 或构造。此外,支撑构件 682 可从任何合适的刚性和 / 或耐久材料形成。例如,支撑构件 682 可从任何合适的复合材料(例如,纤维增强复合材料)、聚合物(例如,高强度塑料)、金属(例如,铝)、木材或其它任何合适的材料或材料组合形成。

[0084] 还应了解,支撑构件 682 可使用所属领域中已知的任何合适的装置和 / 或方法安装在转子叶片 600 内。例如,与上文参阅图 9 所述的实施例类似,支撑构件 682 可在组装叶片坯体 236 期间安装,方法是,例如,将支撑构件 682 和加强构件 130 组装或形成于各型芯材料段 148 之间。具体而言,在一项实施例中,支撑构件 682 和加强构件 130 可通过将多层复合材料(例如,纤维增强复合材料)直接铺叠或以其它方式组装在各型芯材料段 148 之间来形成在一起。

[0085] 此外,应了解,支撑构件 682 可与本专利申请文件所述的任意其它结构部件 128、130、370、372、374、476、580 共同安装在转子叶片 600 内。

[0086] 本说明书使用了各种实例来揭示本发明,包括最佳模式,同时也让所属领域的任何技术人员能够实践本发明,包括制造并使用任何装置或系统,以及实施所涵盖的任何方法。本发明的保护范围由权利要求书界定,并可包括所属领域的技术人员想出的其它实例。如果其它此类实例的结构要素与权利要求书的字面意义相同,或如果此类实例包括的等效结构要素与权利要求书的字面意义无实质差别,则此类实例也在权利要求书的范围内。

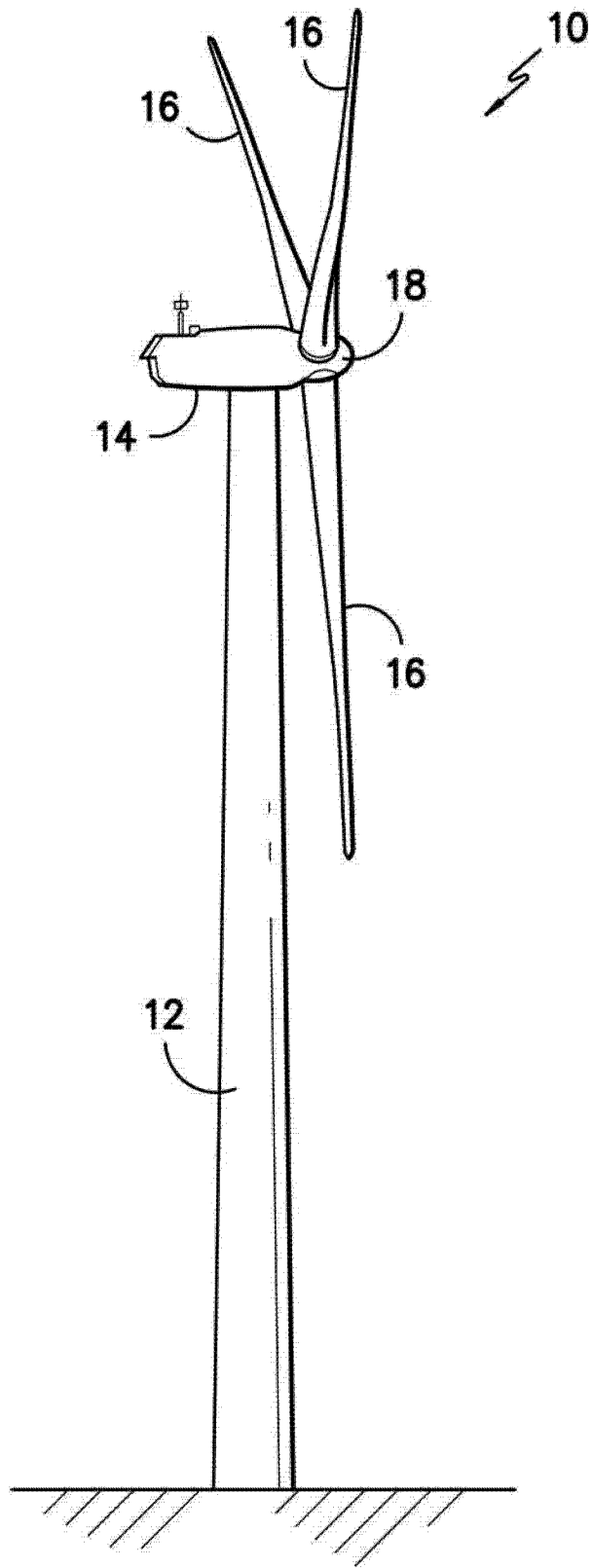


图 1

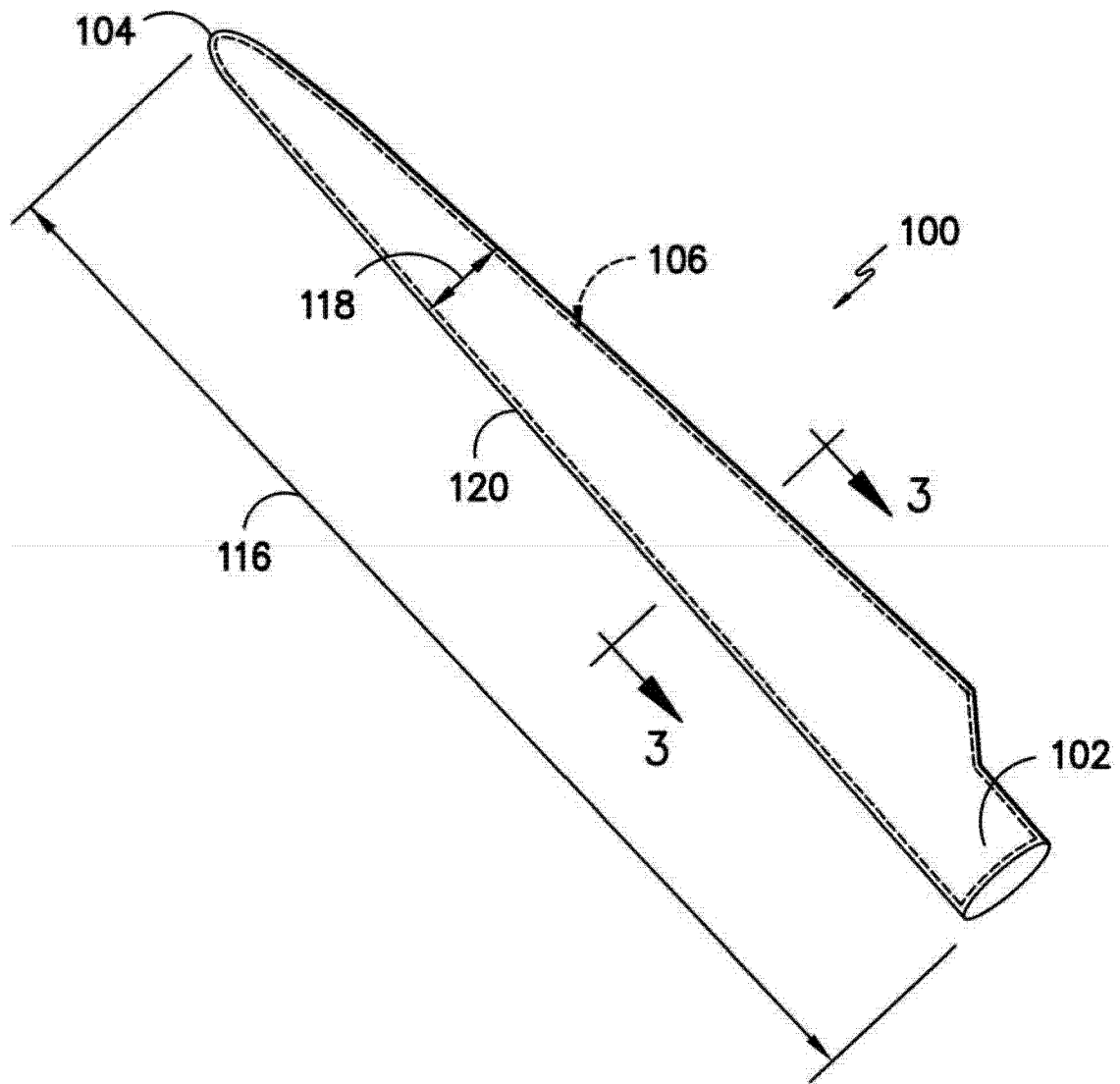


图 2

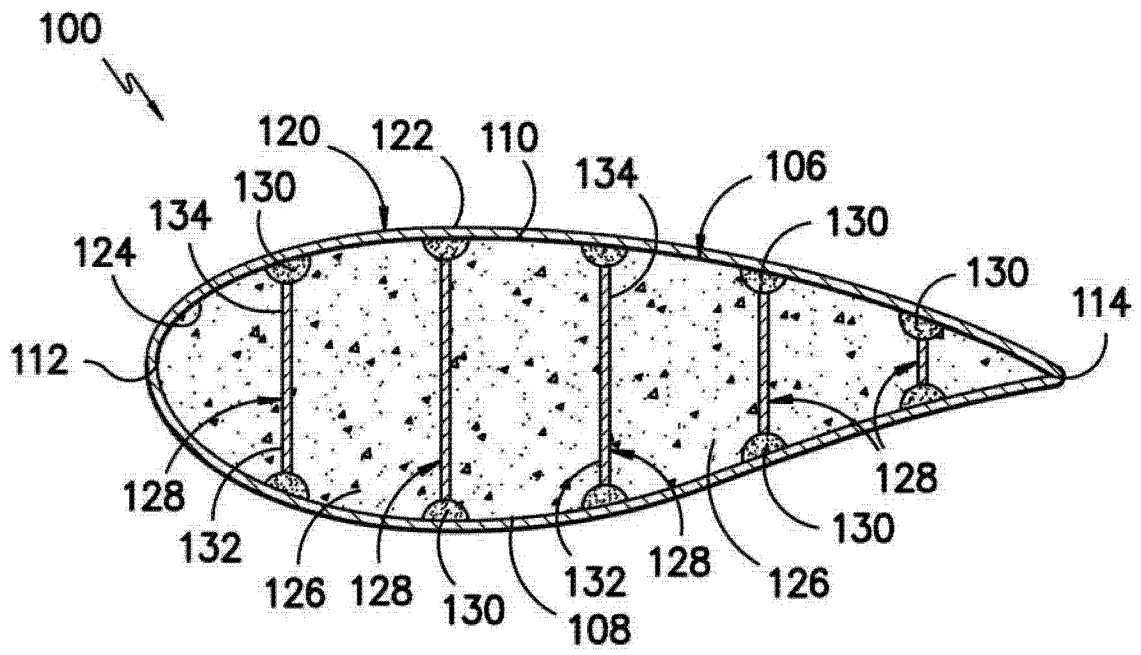


图 3

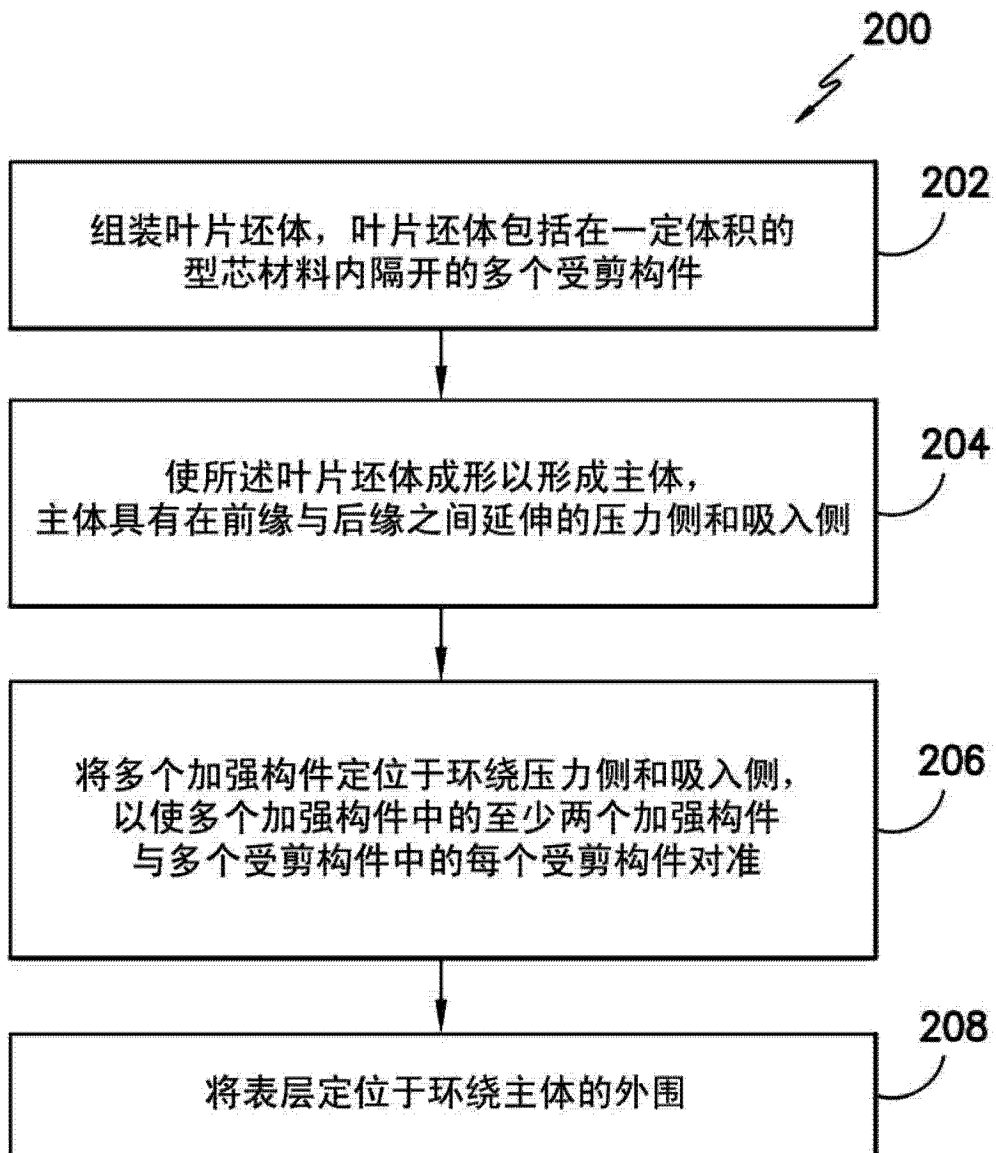


图 4

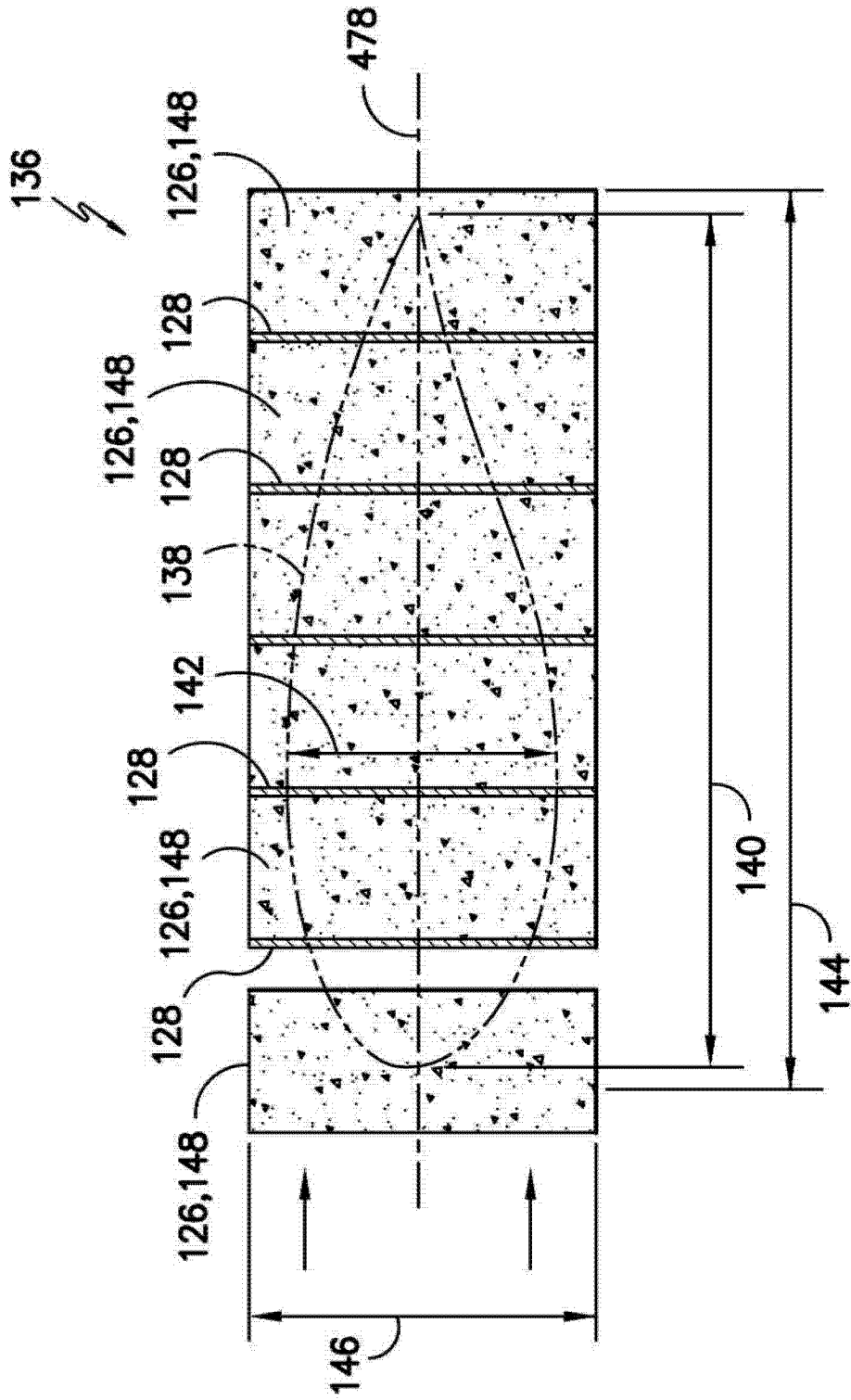


图 5

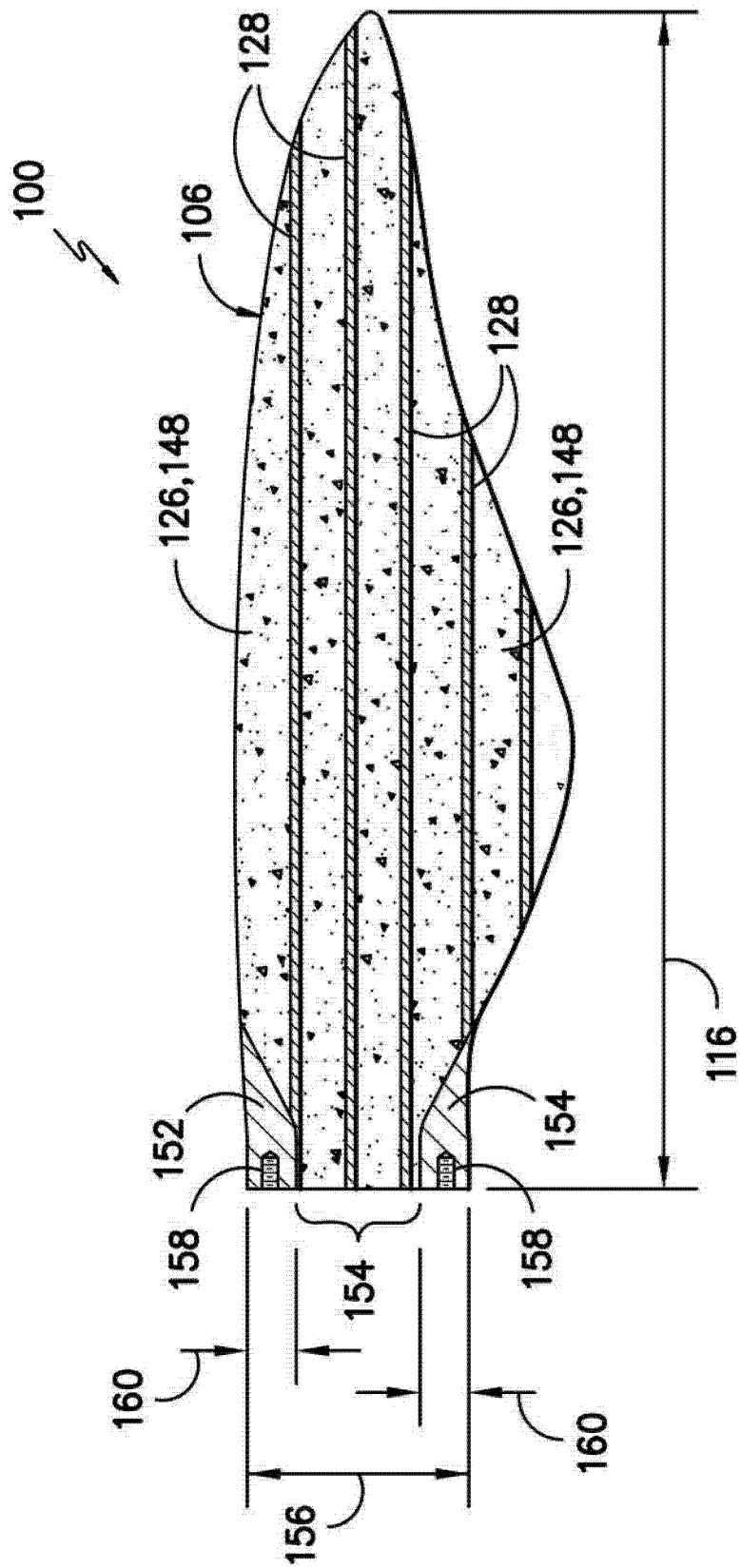


图 6

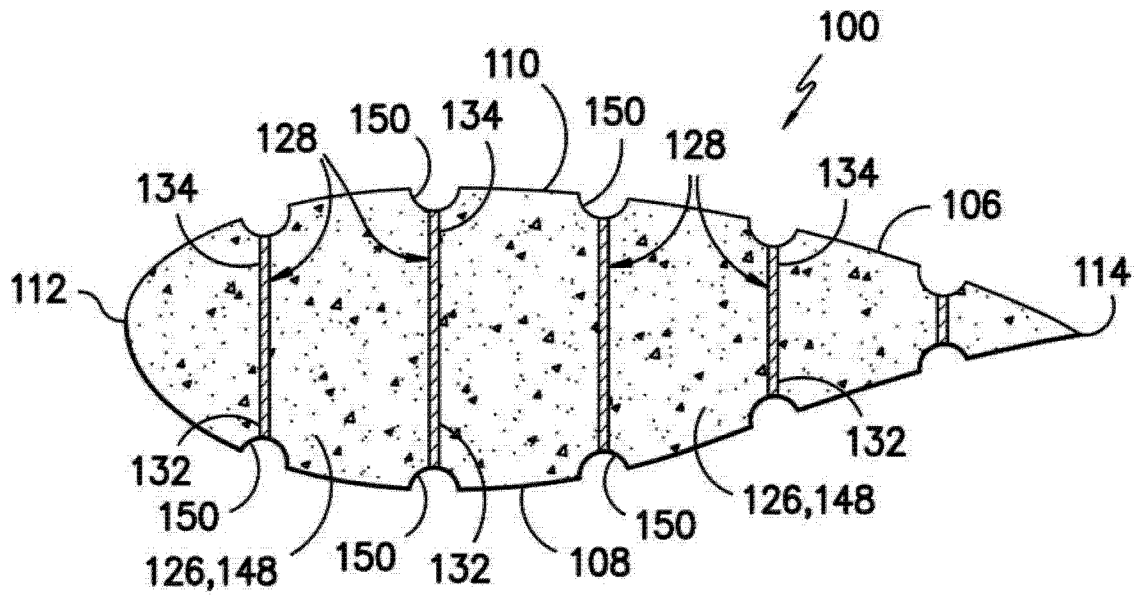


图 7

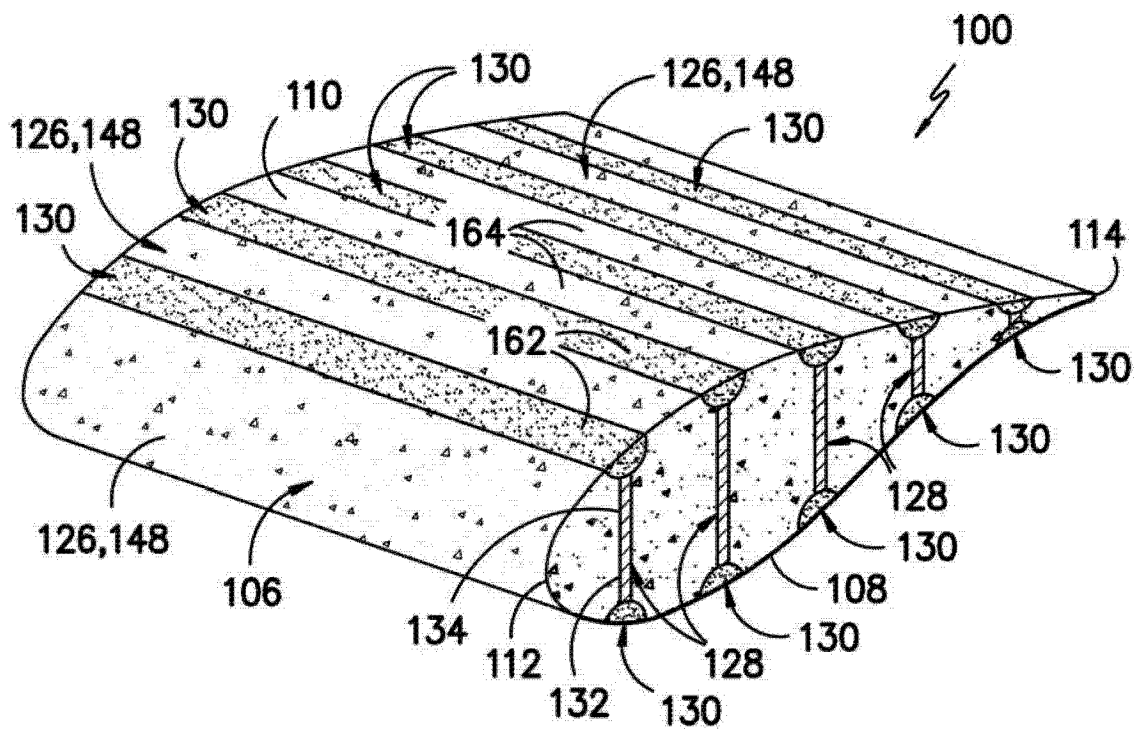


图 8

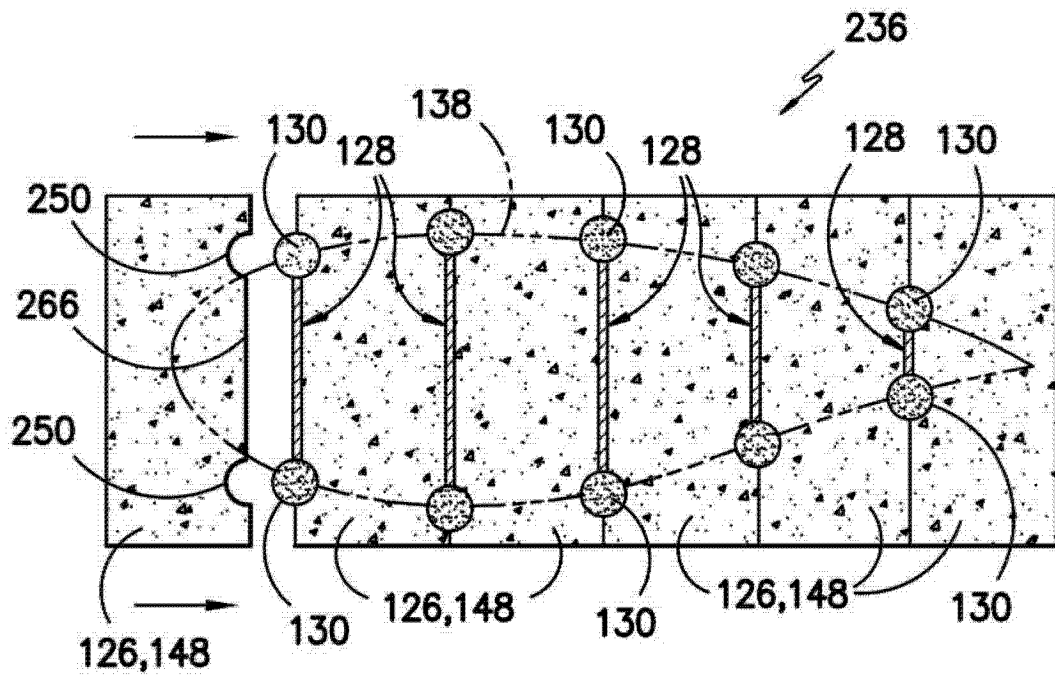


图 9

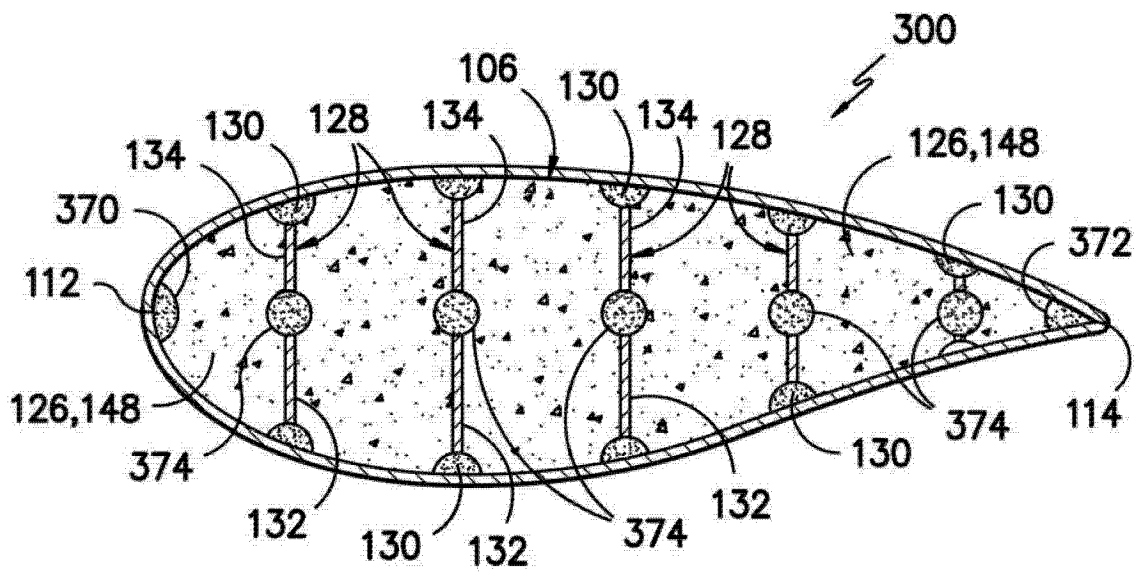


图 10

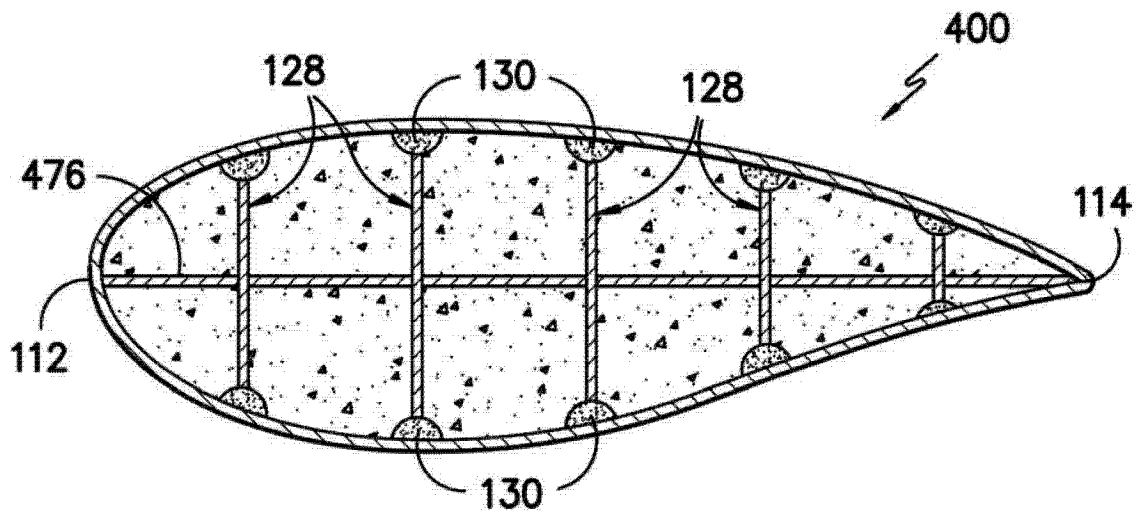


图 11

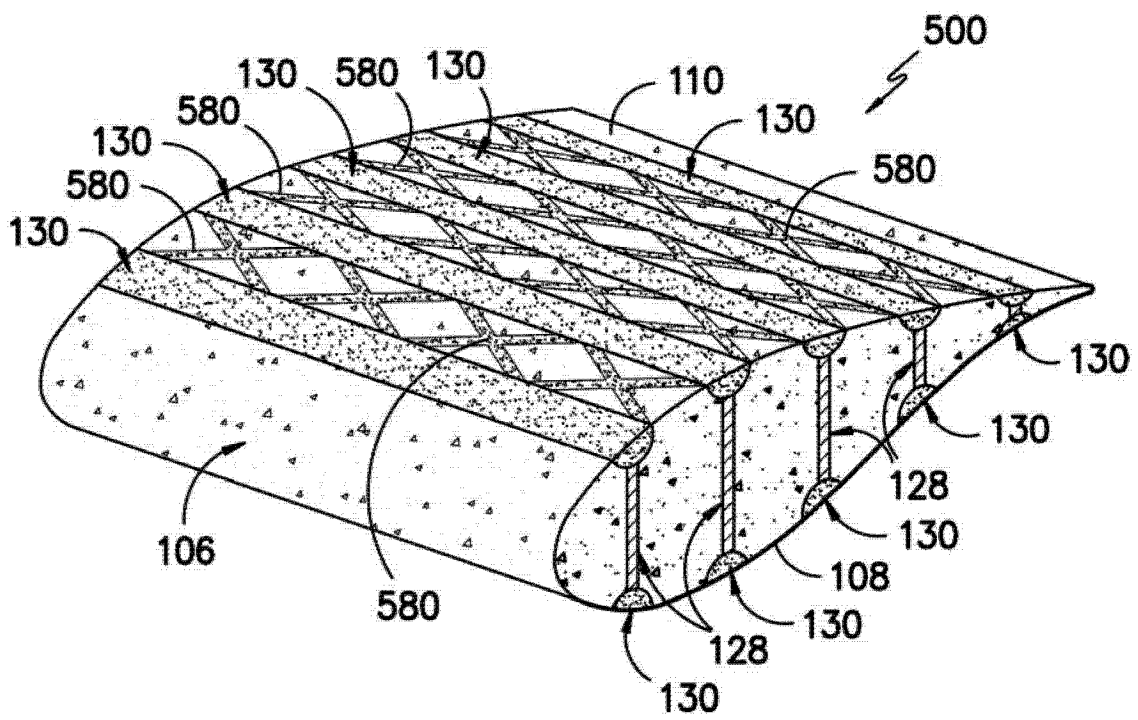


图 12

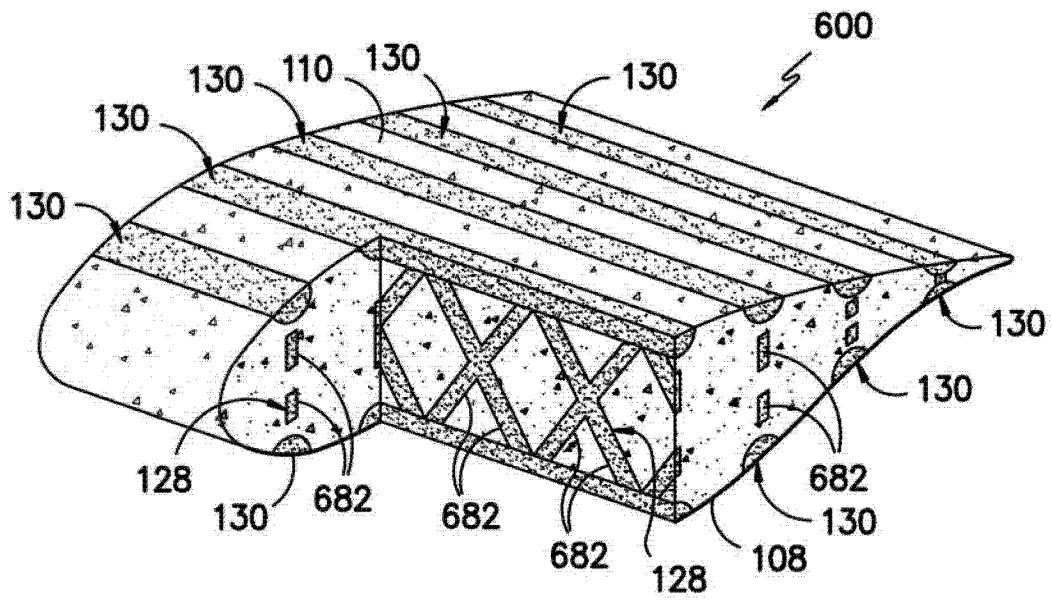


图 13