



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104093546 B

(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201380007647.0

(22)申请日 2013.01.31

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104093546 A

(43)申请公布日 2014.10.08

(30)优先权数据
12153700.5 2012.02.02 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.08.01

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2013/051898 2013.01.31

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/113815 EN 2013.08.08

(73)专利权人 LM WP 专利控股有限公司
地址 丹麦科灵

(72)发明人 B.W.德瓦亚马勒菲特

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 谭佐晞 傅永霄

(51)Int.Cl.
B29C 65/48(2006.01)
F03D 1/06(2006.01)
B29L 31/08(2006.01)

(56)对比文件
WO 2011006563 A2,2011.01.20,
WO 2009109619 A2,2009.09.11,全文.
CN 102116254 A,2011.07.06,全文.
审查员 郝晨晖

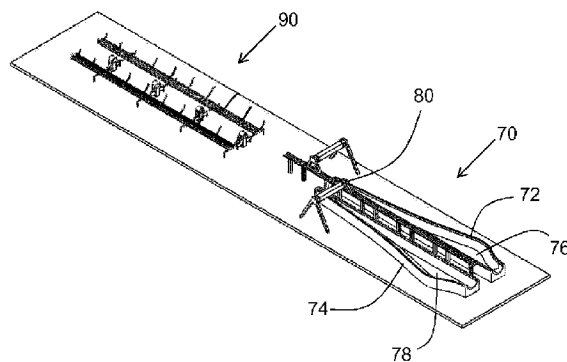
权利要求书2页 说明书21页 附图13页

(54)发明名称

用于制造风轮机叶片的系统及方法

(57)摘要

描述了一种在制造过程中使用模制后站点的风轮机叶片的制造方法。首先在叶片模具中模制用于形成风轮机叶片的一部分的叶片外壳,随后将叶片外壳转移至模制后站点,模制后站点允许远离模具而在叶片外壳上执行各种模制后操作,从而提高叶片模具在制造过程中的生产力。模制后站点可操作成执行第一叶片外壳和第二叶片外壳的闭合,以形成风轮机叶片,且可由可调整结构形成,该结构可提供至容纳的叶片外壳的相对容易的通路来用于在其上工作。因此,该制造设备可降低成本,兼而提高制造系统的总体生产力。



1. 一种制造至少40米长的风轮机叶片的方法,所述方法包括以下步骤:

在第一叶片模具中固化第一风轮机叶片外壳的至少一个区段;

在第二叶片模具中固化第二风轮机叶片外壳的至少一个区段;

将第一固化风轮机叶片外壳和第二固化风轮机叶片外壳从所述第一叶片模具和所述第二叶片模具转移至包括用以接收固化风轮机叶片外壳的至少一个叶片托架的模制后站点,其中所述转移步骤包括将所述第一固化风轮机叶片外壳转移至第一叶片托架,以及将所述第二固化风轮机叶片外壳转移至第二叶片托架;

闭合所述第一固化风轮机叶片外壳和所述第二固化风轮机叶片外壳,以形成闭合的风轮机叶片外壳,以及

连结所述闭合的风轮机叶片外壳中的所述第一固化风轮机叶片外壳和所述第二固化风轮机叶片外壳以形成风轮机叶片,

其特征在于,所述方法包括在所述模制后站点中使所述第一固化风轮机叶片外壳相对于所述第二固化风轮机叶片外壳转动以形成闭合的风轮机叶片外壳的步骤,以及其中所述连结步骤在所述闭合的风轮机叶片外壳上执行以形成风轮机叶片。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一风轮机叶片外壳或所述第二风轮机叶片外壳中的至少一者形成逆风叶片外壳或顺风叶片外壳。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述方法包括在所述模制后站点处在所述第一固化风轮机叶片外壳和所述第二固化风轮机叶片外壳中的至少一者上执行至少一个模制后操作的步骤。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述至少一个模制后操作选自以下的一个或更多:叶片外壳修理操作;叶片外壳磨削操作;叶片腹板安装操作;胶合操作;涂层操作;组装风轮机叶片外壳的至少两个单独的区段来形成单个风轮机叶片外壳的组装操作;主叠层安装操作;外叠层操作;叶片外壳中的叶片传感器系统的安装;叶片外壳中的叶片避雷系统的安装;外部构件的安装;检查叶片外壳的几何形状的几何形状检验操作;将所述叶片外壳的部分推或拉成首选位置的几何形状调整操作;二次固化操作;测试操作。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述方法包括将所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者提供为大致开放框架结构的步骤。

6. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者包括向所述第一固化风轮机叶片外壳和所述第二固化风轮机叶片外壳中的至少一者的表面提供支承的多个支承部件,以及其中所述方法包括除去至少一个所述支承部件来提供至所述第一固化风轮机叶片外壳和所述第二固化风轮机叶片外壳中的至少一者的表面通路的步骤,以便于执行模制后操作的步骤。

7. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者包括至少一个真空夹具,以及其中所述转移步骤包括将真空夹持力施加到接收在所述至少一个叶片托架内的所述第一固化风轮机叶片外壳和所述第二固化风轮机叶片外壳中的至少一者的表面上,以将所述至少一个叶片外壳固持在所述至少一个叶片托架内。

8. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述连结步骤包括使容纳所述第一固化风轮机叶片外壳的所述第一叶片托架相对于容纳所述第二固化风轮机叶片外壳的所述

第二叶片托架移动,以闭合所述第一固化风轮机叶片外壳和所述第二固化风轮机叶片外壳来形成风轮机叶片。

9.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述方法还包括使所述第一固化风轮机叶片外壳与所述第二固化风轮机叶片外壳对准的步骤,使得在所述连结步骤期间,所述第一固化风轮机叶片外壳的前缘和后缘与所述第二固化风轮机叶片外壳的相应的前缘和相应的后缘对齐。

10.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述方法还包括在使所述第一固化风轮机叶片外壳与所述第二固化风轮机叶片外壳连结来形成风轮机叶片的步骤期间,在所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者中在至少一个所述叶片外壳上执行至少一个连结期间操作的步骤。

11.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述方法还包括在所述连结步骤之后在至少一个所述托架中在至少一个所述叶片外壳上执行至少一个连结后操作的步骤。

12.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述模制后站点至少部分地提供为多个可互换站点子模块的模块化构造,所述子模块联接在一起来形成所述模制后站点,其中所述方法包括以下步骤:

基于制造的所述叶片的一组特征来选择多个子模块,以及
组装所述选择的多个子模块来形成所述模制后站点。

13.一种用于制造由连结在一起的一对固化叶片外壳形成的风轮机叶片的制造系统,所述系统包括:

生产第一逆风固化叶片外壳的至少一部分的第一逆风叶片模具;

生产第二顺风固化叶片外壳的至少一部分的第二顺风叶片模具;

接收来自所述第一逆风叶片模具和所述第二顺风叶片模具的所述第一逆风固化叶片外壳和所述第二顺风固化叶片外壳的模制后站点,所述模制后站点包括接收第一逆风固化叶片外壳的第一叶片托架和接收第二顺风固化叶片外壳的第二叶片托架,其中模制后操作可在所述模制后站点处在所述第一逆风固化叶片外壳和所述第二顺风固化叶片外壳上执行;以及

可操作成闭合所述第一逆风固化叶片外壳和所述第二顺风固化叶片外壳来形成风轮机叶片的闭合机构。

14.根据权利要求13所述的制造系统,其特征在于,所述闭合机构联接到所述模制后站点上,所述闭合机构可操作成使所述第一叶片托架相对于所述第二叶片托架移动,以闭合接收在所述托架中的第一逆风固化叶片外壳和第二顺风固化叶片外壳来形成闭合的风轮机叶片外壳。

15.一种用于在根据权利要求13或14的系统中使用的模制后站点,所述模制后站点用于在至少40米长的固化风轮机叶片外壳的至少一个区段上执行至少一个模制后操作,所述模制后站点包括:

用以接收从叶片模具转移来的固化风轮机叶片外壳的至少一个区段的至少一个托架,

其中至少一个模制后操作可在接收在所述托架中的所述固化的风轮机叶片外壳的至少一个表面上执行。

用于制造风轮机叶片的系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及使用模制后站点来制造风轮机叶片的系统及方法。

背景技术

[0002] 风轮机叶片通常使用一对相邻的叶片模具制造为第一叶片外壳和第二叶片外壳。叶片模具包括符合风轮机叶片的逆风半和顺风半(或吸力侧和压力侧)的第一模制表面和第二模制表面,第一叶片模具用于形成第一叶片外壳,且第二叶片模具用于形成第二叶片外壳,外壳随后连结在一起来形成风轮机叶片。

[0003] 纤维复合材料首先层设在第一模制表面和第二模制表面的顶部上,材料层符合模具的外形,以形成叶片外壳的外部空气动力学表面。一旦足够的纤维材料层已经施加在模具中,则树脂施加到纤维材料上以固化材料,以允许其硬化。树脂最常使用真空袋系统来灌注(infusion),且从树脂灌注开始到叶片外壳有效地固化而具有回弹性结构的时间将花费大约2到3小时。

[0004] 一旦叶片外壳充分地固化,则真空袋被除去,且进一步的操作可在硬化的外壳上执行。例如,叶片叠层和/或腹板可安装在叶片外壳中,各种修理或补片操作可在外壳上执行、外壳表面的磨削等。

[0005] 接下来,粘合胶在外壳在模具中的同时施加到外壳的边缘上。叶片模具经由铰接的转动机构联结,且包含第一叶片外壳的第一叶片模具因此关于第二模具和外壳转动,使得第一外壳定位在第二外壳上方。这允许叶片外壳沿外壳的边缘在一起闭合,以形成具有逆风侧和顺风侧的完整的风轮机叶片。为了允许将外壳稳固地连结在一起,适合的压力通过叶片模具沿叶片外壳的外表面保持通常大约3到4小时。

[0006] 一旦完全地粘合完整的风轮机叶片,第一叶片模具可铰转(hinged)回打开状态,允许接近包含的风轮机叶片。然后,叶片可从第二叶片模具脱模,且使用叶片推车支承,以执行附加的生产操作,例如,外部叶片表面的磨削、涂层等。

[0007] 高质量的叶片模具为叶片制造过程最昂贵的设备件之一,在使用之前需要大量加工和制造,以确保期望叶轮外形的准确复制,以及允许模具转动来将叶片外壳部分连结在一起。此外,甚至叶片特征如长度、弧度等中的微小差异将大体上需要全新的叶片模具来用于制造过程。

[0008] 在当前过程中使用的叶片模具可能花费大约1到3百万欧元来制造,且取决于制作模具的地点,在新模具可在制造厂中使用之前,较长的运输时间可能是个因素。这在新风轮机叶片的制造过程的实施中引入了较多的成本和前置时间。

[0009] 因此,风轮机技术的有效实施的一个限制在于叶片制造系统的初始架设所需的时间。另一个限制在于此系统内的独立叶片的制造花费的时间。

[0010] 本发明的目的在于提供一种减少这些限制的风轮机叶片的制造的系统及方法。

发明内容

[0011] 因此,提供了一种制造至少40米长的风轮机叶片的方法,该方法包括以下步骤:

[0012] 在第一叶片模具中固化第一风轮机叶片外壳的至少一个区段;

[0013] 在第二叶片模具中固化第二风轮机叶片外壳的至少一个区段;

[0014] 将所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳从所述第一叶片模具和所述第二叶片模具转移至模制后站点;

[0015] 闭合所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳,以形成闭合的风轮机叶片外壳,以及

[0016] 连接所述闭合的风轮机叶片外壳中的所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳以形成风轮机叶片。

[0017] 远离叶片模具执行闭合操作允许相对昂贵的叶片模具的更佳的使用效率,从而提供了根据该方法制造的风轮机叶片的较大产量。

[0018] 作为优选,所述闭合步骤包括在所述模制后站点中相对于所述第二固化叶片外壳转动所述第一固化叶片外壳以形成闭合的风轮机叶片外壳的步骤,且其中所述连结步骤在所述闭合的风轮机叶片外壳上执行以形成风轮机叶片。

[0019] 作为优选,该方法包括在所述模制后站点处在所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳中的至少一者上执行至少一个模制后操作的步骤。

[0020] 此外或作为备选,提供了一种制造至少40米长的风轮机叶片的方法,该方法包括以下步骤:

[0021] 在第一叶片模具中固化第一风轮机叶片外壳;

[0022] 在第二叶片模具中固化第二风轮机叶片外壳;

[0023] 将所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳从所述第一叶片模具和所述第二叶片模具转移至模制后站点;

[0024] 在所述模制后站点处在所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳中的至少一者上执行至少一个模制后操作;以及

[0025] 使所述第一固化叶片外壳与所述第二固化叶片外壳连结以形成风轮机叶片。

[0026] 提供模制后站点以在制造过程期间使用允许在固化之后远离叶片模具执行叶片外壳上的操作,这允许叶片模具相对较快地重新使用。一方面,所述连结步骤在所述至少一个模制后操作之后执行,这意味着一般在叶片模具内执行的操作(例如,腹板安装、胶施加等)可在模制后站点处执行,从而在制造过程的早期腾出叶片模具。

[0027] 用语“固化叶片外壳”在这里用于表示已经大致由固化操作固化的叶片外壳,优选为固化至叶片外壳可被处理而不会经历显著的外壳结构变形的水平。执行的固化操作的持续时间将取决于在叶片外壳的制造中使用的固化树脂的类型,而使用标准树脂时可为大约2到3小时。然而,将理解的是,在所提到的固化操作之后,叶片外壳可继续经历在叶片外壳的本体内的固化过程持续几个小时。

[0028] 尽管该方法的步骤可在风轮机叶片外壳的至少一个区段上执行,该区段可与其它外壳区段组装在一起形成完整的风轮机叶片外壳,但优选地,该方法的步骤在对应于大致整个叶片外壳的风轮机叶片外壳的区段上执行。在优选实施例中,该方法的步骤在对应于整个风轮机叶片外壳的至少50%的叶片外壳的区段上执行,进一步优选地为至少70%。在此情况下,整个风轮机叶片外壳的其余部分可由单独的专用叶片区段形成,例如,专用叶片

根部区段和/或专用叶片末梢区段。

[0029] 作为优选,所述第一风轮机叶片外壳和所述第二风轮机叶片外壳大致形成相应的逆风和顺风叶片外壳。在参照风轮机叶片外壳的至少一个区段的情况下,在优选方面中,这将理解为意味着逆风或顺风叶片外壳的纵向区段。作为优选,逆风或顺风叶片外壳在将位于完成的风轮机叶片的相应前缘和后缘处的前缘端部与后缘端部之间延伸。

[0030] 该制造方法用于在制造位置处以快速且有效的方式制造用于风轮机的叶片。在一个实施例中,所述模制后站点提供在叶片模具当地,优选在叶片模具处附近,以提供叶片模具与模制后站点之间的相对较短的转移距离。进一步优选的是,所述连结步骤在所述模制后站点当地执行,优选使用所述模制后站点。

[0031] 在备选实施例中,固化的叶片外壳可从模制位置运输到较远的组装位置,以用于使用模制后站点精修和组装。

[0032] 作为优选,所述风轮机叶片外壳为承载风轮机叶片外壳。

[0033] 将理解的是,所述固化步骤包括将所述叶片外壳固化至一定水平,即在该水平,外壳可从叶片模具处理出并转移到单独的模制后站点而没有变形。将进一步理解的是,叶片外壳的随后固化可存在于模制后站点,或叶片外壳可在与叶片模具脱模之后经历第二固化操作,例如,在专用固化炉中。

[0034] 在一个方面中,提供了一种制造至少40米长的风轮机叶片的方法,该叶片包括成形轮廓,其包括压力侧和吸力侧,以及前缘和后缘,其中,弦具有在前缘和后缘之间延伸的弦长,成形轮廓在由入射空气流冲击时,生成升力,该方法包括以下步骤:

[0035] 在第一叶片模具中固化第一风轮机叶片外壳,所述第一风轮机叶片外壳包括大致形成风轮机叶片的压力侧的自体,其具有前缘和后缘;

[0036] 在第二叶片模具中固化第二风轮机叶片外壳,所述第二风轮机叶片外壳包括大致形成风轮机叶片的吸力侧的自体,其具有前缘和后缘;

[0037] 将所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳的至少一个,优选两个所述外壳,从第一叶片模具和第二叶片模具转移至模制后站点;

[0038] 在所述模制后站点处在所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳中的至少一者上执行至少一个模制后操作;以及

[0039] 随后使所述第一固化叶片外壳与所述第二固化叶片外壳连结来形成风轮机外壳。

[0040] 作为优选,所述至少一个模制后操作选自以下的一个或更多:叶片外壳修理操作、叶片外壳磨削操作、叶片根部凸缘联接操作、叶片腹板安装操作、胶合操作、涂层操作、将风轮机叶片外壳的至少两个单独的区段组装在一起来形成单个风轮机叶片外壳的组装操作、主叠层安装操作、外叠层(overlamination)操作、叶片传感器系统的安装、叶片避雷系统的安装、几何检查操作、将叶片外壳的部分推动或拉动就位的几何调整操作、在例如炉中的二次固化操作、添加外部构件,例如,气动(aero)装置、风扇、阻流板、防失速翼刀,或任何其它适合的制造或组装操作,或任何适合的无损检测活动,例如,皱纹测量、超声波厚度测量、胶连结的相控阵测试,等等。

[0041] 作为优选,模制后站点包括接收固化叶片外壳的至少一个叶片托架,且其中所述转移步骤包括将所述第一固化叶片外壳转移到第一叶片托架,且将所述第二固化叶片外壳转移到第二叶片托架。

[0042] 作为优选,该方法包括将所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者提供为大致开放框架结构的步骤。

[0043] 将至少一个托架提供为开放框架结构允许至少一个模制后操作可在容纳在托架中的固化叶片外壳的大致任何表面上执行。这允许工人容易地在实践中接近任何的外壳部分,以便容易地且有效地执行操作,这些操作以前将延后到叶片模制过程执行且完整的风轮机叶片从叶片模具除去之后,这些操作例如为磨削操作、涂层等。此外,当托架提供成处理大致固化的外壳时,降低了对整个外壳的100%几何支承的需要。因此,托架不必为刚性和高强度的构件来提供对外壳表面的每一部分的完全支承,且因此可由刚性较小、较轻的构件形成,且可具有降低的高度,从而减小了托架的可能转动操作期间所需的高度。开放框架构造将理解为涉及提供非连续支承表面来接收风轮机叶片的外壳的一部分的结构。

[0044] 此外或作为备选,所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者包括多个支承部件以向所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳中的至少一者的表面提供支承,且其中该方法包括除去所述支承部件中的至少一者以提供至所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳中的至少一者的表面的通路的步骤,以便于执行模制后操作的所述步骤。

[0045] 可除去支承部件的使用允许增进的至外壳的表面的通路。支承部件可除去来提供至由所考虑(in question)的支承部件最初支承的表面的该区段的直接通路。在执行适当的模制后操作之后,所考虑的托架中的支承部件可被替换。将理解的是,该步骤还可对任何连结期间(intra-bonding)操作执行。将理解的是,用语“多个”可表示接收和支承叶片外壳的一部分的支承表面的任何适合的布置,且其优选为可相对于叶片托架移动。例如,可提供联接到可动促动器阵列上的柔性支承表面,促动器可操作成调整柔性表面的形状来使柔性支承表面的区段与支承叶片外壳的一部分接触和分离,以提供至所述叶片外壳的表面的通路。

[0046] 作为优选,所述转移步骤包括使所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳与所述第一叶片模具和所述第二叶片模具脱模。

[0047] 作为优选,所述转移包括将真空起吊力施加到所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳上来使所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳脱模。

[0048] 作为优选,所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者包括至少一个真空夹具,且其中所述转移步骤包括施加真空夹持力到接收在所述至少一个叶片托架内的所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳中的至少一者的表面上,以将所述至少一个叶片外壳固持在所述至少一个叶片托架内。

[0049] 使用可动真空夹具来紧固叶片外壳提供了牢固的联接机构,其可与最小的附加工人操一起来有选择地应用。

[0050] 作为优选,在所述至少一个叶片托架上,所述至少一个真空夹具首先提供成收缩位置,且其中所述转移步骤包括使所述至少一个真空夹具从所述收缩位置前移来承靠在所述至少一个叶片外壳的表面上,以将所述至少一个叶片外壳固持在所述至少一个叶片托架内的步骤。

[0051] 作为优选,该方法包括在期望从所述至少一个叶片托架除去所述至少一个叶片外壳时使所述真空夹具收缩至所述收缩位置的步骤。

[0052] 作为优选,执行至少一个模制后操作的所述步骤包括将粘合剂施加到所述第一固

化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳中的至少一者的前缘和后缘上,且其中所述连结步骤包括布置所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳来将第一叶片外壳的前缘附连到第二叶片外壳的前缘上,且将第一叶片外壳的后缘附连到第二叶片外壳的后缘上。

[0053] 将理解的是,本发明不限于外壳的相应前缘与后缘之间的直接连接,例如,尾件或插入件可定位在外壳的前缘和/或后缘之间。

[0054] 作为优选,所述连结步骤包括使容纳所述第一固化叶片外壳的所述第一叶片托架相对于容纳所述第二固化叶片外壳的所述第二叶片托架移动,以闭合所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳来形成风轮机叶片。

[0055] 作为优选,所述第一叶片托架铰接地联接到所述第二叶片托架上,且其中所述移动步骤包括将所述第一叶片托架或所述第二叶片托架铰转来闭合所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳。

[0056] 托架还可用作转动装置。作为备选,可存在单独的站点来用于转动操作,其中叶片外壳在模制后操作完成之后从模制后站点移动至转动站点。

[0057] 作为优选,该方法还包括以下步骤:使所述第一固化叶片外壳与所述第二固化叶片外壳对准,使得在所述连结步骤期间所述第一固化叶片外壳的前缘和后缘与所述第二固化叶片外壳的相应的前缘和后缘对齐。

[0058] 托架可移动来调整外壳之间的过/欠咬合。

[0059] 作为优选,所述对准步骤包括使所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者优先相对于所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的另一者平移移动,以对准容纳在所述第一叶片托架和所述第二叶片托架内的第一固化叶片外壳和第二固化叶片外壳。

[0060] 托架优选定位成使得所述第一叶片外壳的前缘侧最初就设在所述第二叶片外壳的后缘侧附近。移动(优选为铰转)的步骤执行成使得所述第一叶片外壳的后缘侧与所述第二叶片外壳的后缘侧相接触。

[0061] 作为优选,所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳具有取决于待制造的风轮机叶片的成形轮廓,其中所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者包括多个可变支承部件,以支承待接收在所述叶片托架中的叶片外壳的表面,且其中该方法包括以下步骤:

[0062] 在所述转移步骤之前,基于待接收在所述叶片托架中的叶片外壳的成形轮廓来调整所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者的可变支承部件。

[0063] 该步骤提供了支承肋条/臂的调整以适应待接收的外壳部件。这允许重复使用托架来用于不同的叶片外壳类型/大小等。

[0064] 作为优选,所述调整步骤包括改变所述支承部件来呈现大致符合待接收在所述叶片托架中的叶片外壳的成形轮廓的支承表面。

[0065] 作为优选,模制后站点至少部分地提供为多个可互换的站点的模块化构造,所述子模块联接在一起来形成所述模制后站点,其中该方法包括以下步骤:

[0066] 基于待制造的叶片的一组特征来选择多个子模块,以及

[0067] 组装选择的多个子模块来形成所述模制后站点。

[0068] 通过提供模块化模制后站点,站点的特定构造可变化来适应待制造的特定叶片。待制造的叶片的特性可包括但不限于以下任何组合:叶片长度、叶片弦、叶片弧度、叶片空

气动力学外形、叶片外壳厚度,等。

[0069] 将理解的是,子模块可包括具有不同长度、宽度等的结构。一些子模块可设计成接收风轮机叶片外壳的不同部分,例如,用于接收叶片外壳的根部区段的区段可包括用于紧固到外壳的根部端上的凸缘区段。用于接收末梢端的区段可相比于用于接收沿叶片外壳的长度朝叶片的中点的叶片的区段的一部分(即,比外壳的末梢端具有更长的弦长的部分)具有减小的宽度。

[0070] 作为优选,该方法包括将所述第一叶片模具和所述第二叶片模具中的至少一者提供为大致固定的模具的步骤。作为优选,模块具有大致刚性的基部,例如,混凝土基部。

[0071] 将叶片模具提供为固定设备意味着模具可相对容易地生产,且模具成本可保持相对较低。

[0072] 作为优选,该方法包括以下步骤:

[0073] 将基于纤维的材料铺设在叶片外壳模具的内表面上以形成未固化的风轮机叶片外壳。

[0074] 铺设操作可用于第一叶片模具和第二叶片模具两者来形成未固化的第一叶片外壳和第二叶片外壳。铺设可为手动的或手工铺设操作,或自动铺设操作,例如,喷雾铺设、带铺设、纤维拉挤成型、自动叠层铺设等。

[0075] 作为优选,所述固化步骤包括以树脂灌注所述未固化的风轮机叶片外壳来固化风轮机叶片外壳。该灌注步骤可为自动的或手动的过程。

[0076] 作为优选,该方法还包括在所述转移步骤之后,在所述第一叶片模具和所述第二叶片模具中反复地重复所述铺设和固化步骤,以提供随后的第一固化叶片外壳和第二固化叶片外壳。

[0077] 通过使用由转移步骤腾出的模具来执行下一个铺设和固化操作,模具的生产率极大地提高,因为刚完成先前叶片外壳的固化就可执行新的模制操作。因此,减少了(优选为消除了)由模制后操作引起的叶片模具的占用时间,提供了总体资源和设备的更有效的使用。

[0078] 作为优选,该方法还包括反复地重复所述转移步骤,以将所述随后的第一固化叶片外壳和第二固化叶片外壳转移到模制后站点。

[0079] 固化的外壳可转移到新的模制后站点,或可转移到用于第一对叶片外壳的模制后站点。

[0080] 作为优选,该方法还包括反复地重复在所述模制后站点处在所述随后的第一固化叶片外壳和第二固化叶片外壳的至少一者上执行至少一个模制后操作的步骤,以及连结所述所得的第一固化叶片外壳和第二固化叶片外壳来形成风轮机叶片的步骤。

[0081] 将固化外壳转移到模制后站点来用于随后的模制后操作允许叶片生产过程的流水化,因为使独立制造部分(即,叶片模具和模制后站点)的效率最大化。此系统允许使用低成本的叶片模具,如果需要,其可容易地制造和替换。

[0082] 关于连结步骤,作为优选,在连结所述第一固化叶片外壳与所述第二固化叶片外壳形成风轮机叶片的步骤期间,该方法还包括在所述第一叶片托架和所述第二叶片托架中的至少一者中的至少一个所述叶片外壳上执行至少一个连结期间操作的步骤。

[0083] 一些操作可在外壳之间的粘合剂凝固时执行。作为优选,则这通过使用开放框架

托架结构来完成。

[0084] 作为优选,所述至少一个连结期间操作选自以下的一个或更多:叶片外壳修理操作、表面磨削操作、涂层操作、叶片根部凸缘精整操作。

[0085] 关于固化步骤,作为优选,在固化所述叶片外壳的步骤期间,该方法还包括在至少一个所述模具中在至少一个所述叶片外壳上执行至少一个固化期间(intra-curing)操作的步骤。

[0086] 如果外壳需要附加时间来固化,则一些操作可在叶片在模具中固化时执行。

[0087] 作为优选,所述至少一个固化期间操作选自以下的一个或更多:磨削操作、叶片外壳修理操作。

[0088] 进一步关于连结步骤,作为优选,该方法还包括在所述连结步骤之后在至少一个所述模具中在至少一个所述叶片外壳上执行至少一个连结后操作的步骤。

[0089] 作为优选,所述至少一个连结后操作选自以下的一个或更多:前缘磨削操作,其中连结风轮机叶片的前缘表面磨削成光滑表面;后缘磨削操作,其中所述连结的风轮机叶片的后缘表面磨削成光滑表面;叶片修理操作,其中叶片表面的缺陷可例如通过施加填充材料来修复;涂层操作,其中至少一层凝胶涂层或抗蚀材料或带施加到连结的风轮机叶片的外表面上。

[0090] 本发明的另一个方面中,提供了一种制造风轮机叶片的方法,包括以下步骤:

[0091] 在模具中固化风轮机叶片外壳,

[0092] 将固化的叶片外壳从模具转移至模制后站点;

[0093] 在所述模制后站点处在固化叶片外壳上执行至少一个模制后操作;以及

[0094] 随后使所述固化叶片外壳与第二固化叶片外壳连结来形成风轮机叶片。

[0095] 还提供了用于在至少40米长的固化风轮机叶片外壳的至少一个区段上执行至少一个模制后操作的模制后站点,模制后站点在风轮机叶片的制造中优选在上述方法中使用,且模制后站点包括:

[0096] 用以接收从叶片模具转移来的固化风轮机叶片外壳的至少一个区段的至少一个托架,

[0097] 其中至少一个模制后操作可在接收在所述托架中的所述固化的风轮机叶片外壳的至少一个表面上执行。

[0098] 通过提供托架来接收从叶片模具除去的固化叶片外壳,这腾出了叶片模具来用于随后的铺设和模制操作。这提高了单个叶片模具的生产力,且意味着模制后操作可在模具外执行。作为优选,模制后站点可操作成接收整个叶片外壳,但将理解的是,模制后站点可接收待组装以形成单个叶片外壳的叶片外壳的多个区段,或作为备选,叶片外壳的独立区段可由独立的模制后区段支承,以用于组装成单个叶片外壳。

[0099] 作为优选,所述模制后站点包括接收第一固化叶片外壳的第一托架和接收第二固化叶片外壳的第二托架,所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳一起大致形成风轮机叶片。

[0100] 在模制后站点处提供两个托架以允许同时在形成风轮机叶片的外壳上执行模制后操作。作为优选,托架中的一个布置成接收风轮机叶片的压力侧外壳,而另一个托架布置成接收风轮机叶片的吸力侧外壳。

[0101] 作为优选,模制后站点还包括可操作成使具有第一固化叶片外壳的所述第一托架相对于具有第二固化叶片外壳的所述第二托架移动来形成闭合托架的闭合机构,使得在所述闭合托架内所述第一固化叶片外壳可联结到所述第二固化叶片外壳上,以形成风轮机叶片。

[0102] 将闭合机构设在模制后站点处意味着闭合操作可离开叶片模具执行。这意味着可在制造过程中使用相对简单构造的叶片模具,例如,使用混凝土基部固定到地面上的模具。将理解的是,第一托架或第二托架中的任一者(优选为所述第一托架)可为较转地移动的托架。

[0103] 作为优选,所述第一托架较转地联接到所述第二托架上,其中所述闭合机构可操作成使所述第一托架相对于所述第二托架较转。

[0104] 作为优选,在所述第一托架和所述第二托架闭合时,所述第一托架可相对于所述第二托架平移地移动,以使在所述闭合托架内的第一固化叶片外壳与第二固化叶片外壳对准以形成风轮机叶片。

[0105] 由于托架在处于闭合位置时可相对于彼此移动,这允许了容纳在托架中的固化叶片外壳的边缘之间的任何过或欠咬合失准(例如,由于制造差异和/或模制后站点对准)的修正。将理解的是,所述第一托架或所述第二托架中任一者可相对于彼此移动。

[0106] 作为优选,所述固化叶片外壳接收在所述托架中,其中所述外壳的内表面面向上方。作为优选,所述模制后站点构造成使得第一托架和第二托架定位在彼此附近。因此,一个托架相对于另一个的铰接操作提供了对于容纳的叶片外壳的有效闭合方法。

[0107] 作为优选,所述至少一个模制后操作包括将粘合剂施加到所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳中的至少一者上,且其中所述闭合机构可操作成使所述第一托架相对于所述第二托架移动,以将所述第一固化叶片外壳联结到所述第二固化叶片外壳上来形成风轮机叶片。

[0108] 由于闭合操作可在模制后站点处执行,托架提供了用于胶合操作的最佳位置,以将粘合剂施加到容纳的叶片外壳中的一者或两者上。

[0109] 作为优选,所述第一托架和所述第二托架布置成在所述第一托架和所述第二托架闭合时将连结压力施加到所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳上。

[0110] 因为外壳的连结可能需要将连结压力施加到待连结的外壳上,故模制后站点可布置成将外壳推到一起来产生外壳的有效连结。作为优选,至少一个所述托架包括大致沿所述托架的长度延伸的压力部件。作为优选,所述压力部件可操作成沿接收在所述托架内的固化叶片外壳的长度的一部分施加压力。作为优选,所述压力部件可操作成沿接收在所述托架内的固化叶片外壳的边缘施加连结压力。

[0111] 此外或作为备选,所述至少一个模制后选自以下的一个或更多:叶片外壳修理操作、叶片外壳磨削操作、叶片腹板安装操作、胶合操作、涂层操作。

[0112] 作为优选,所述至少一个托架为大致开放框架结构,其具有多个支承部件以支承接收在所述托架中的固化风轮机叶片外壳的表面。

[0113] 开放框架结构用作托架允许可在容纳在托架中的固化叶片外壳的大致任何表面上执行模制后操作。这允许工人实践上容易地接近任何部分外壳,以便容易地且有效地执行操作,这些操作(例如,磨削操作、涂层等)以前将被延后到叶片模制过程执行完且完成

的风轮机叶片从叶片模具除去之后。

[0114] 作为优选,所述多个支承部件中的至少一个可相对于接收在所述托架中的固化叶片外壳移动,优选为可除去,以提供至接收在所述托架中的固化叶片外壳的受支承表面的通路。

[0115] 支承部件可调整、移动或除去,以提供至最初由所考虑的支承部件支承的表面的该区段的直接通路。在执行适当的模制后操作之后,支承部件可被替换或回到所考虑的托架中的位置。

[0116] 作为优选,所述多个支承部件中的至少一个可调整,使得由所述多个支承部件呈现的支承表面的几何形状可变,以适应具有不同/多样的外壳外形的固化叶片外壳。

[0117] 因为支承部件可受调整,这允许了可构造的托架,其可支承不同类型的固化叶片外壳。因此,此托架可重新用于不同形状的风轮机叶片的制造过程中。

[0118] 作为优选,所述多个支承部件包括至少一个真空夹持装置,其可操作成将真空施加到接收在所述托架中的固化叶片外壳的表面的一部分上,以将所述固化叶片外壳紧固在所述托架内。

[0119] 真空夹具提供了用于将叶片外壳紧固在托架内的简单且可控的机构。将理解的是,夹具可操作成在可能的托架移动期间(例如,较转运动和/或旋转运动)将外壳固持在托架内。

[0120] 作为优选,所述至少一个真空夹具可移动地安装在所述多个支承部件上,所述至少一个真空夹具可操作成在第一收缩位置与第二前移位置之间移动,在第一收缩位置中,所述至少一个真空夹具与接收在所述托架中的固化叶片外壳的表面间隔开,而在第二前移位置中,所述至少一个真空夹具邻接接收在所述托架中的所述固化叶片外壳的表面。

[0121] 通过在位置之间移动真空夹具,有可能选择性地施加夹持力到叶片外壳上,同时在将外壳定位在托架中期间或随后的除去期间防止对夹具和/或叶片外壳的破坏。

[0122] 作为优选,所述至少一个真空夹具可操作成与接收在所述托架内的叶片外壳的表面接合,所述真空夹具可移动来将所述叶片外壳的所述表面的一部分推和/或拉至调整位置。

[0123] 将真空夹具紧固成抵靠外壳的表面允许可对外壳表面进行细微调整,例如,以修正局部几何形状中的细微误差。

[0124] 作为优选,所述固化风轮机叶片外壳包括具有前缘侧和后缘侧的成形外壳本体,且其中所述模制后站点包括布置成在成形外壳本体的前缘侧处支承固化叶片外壳的第一阵列的支承部件,以及布置在成形外壳本体的后缘侧处支承固化叶片外壳的第二阵列的支承部件。

[0125] 在前缘和后缘处提供支承部件或臂提供了固化叶片外壳在托架内的优化和有效支承。此外,支承部件的此布置可达到在闭合一对叶片外壳来形成风轮机叶片时将连结压力施加到叶片外壳的边缘上的目的。

[0126] 作为优选,所述模制后站点包括布置成在成形外壳本体的前缘侧与后缘侧之间的点处支承固化叶片外壳的第三阵列的支承部件。

[0127] 作为优选,所述第三阵列的支承部件布置成支承成形外壳本体的前缘侧与后缘侧之间的成形外壳本体的最深区段。作为优选,第三阵列的支承部件沿对应于由所述固化叶

片外壳形成的风轮机叶片的最大厚度或弧度的线的线提供。

[0128] 作为优选,所述第一和/或第二阵列的支承部件可移动,以允许接近接收在托架内的成形外壳本体的前缘侧和/或后缘侧。

[0129] 通过移动第一或第二阵列,提供了至外壳和风轮机叶片的通路,允许直接在这些边缘上执行操作,例如,磨削操作。将理解的是,第一阵列和第二阵列的独立支承部件可独立地移动,以提供至容纳的外壳本体的前缘侧和/或后缘侧的局部区段的通路。

[0130] 作为优选,所述至少一个托架包括根部凸缘夹持机构,所述根部凸缘夹持机构布置成与待接收在所述至少一个托架内的固化叶片外壳的叶片根部凸缘联接。

[0131] 托架根部凸缘夹持机构提供了用于接收在托架内的叶片外壳的安装点。由于外壳的叶片根部凸缘有效地设计成支承叶片外壳本体的重量,故其对于将外壳定位在托架中提供了有用的初始紧固点。此外,由于根部凸缘的位置限定在托架中,其可用于使接收的叶片外壳相对于托架的其它支承表面对准。

[0132] 作为优选,所述至少一个托架由多个托架子模块形成。

[0133] 托架的模块化构造允许托架的特性(其由待接收在托架中的叶片外壳的特性确定)通过选择适当的子模块来变化,例如,托架长度、根部端宽度、托架宽度等。

[0134] 作为优选,所述多个子模块基于待接收在所述至少一个托架内的固化叶片外壳的特性来选择。

[0135] 作为优选,所述多个子模块选自具有备选子模块大小的一定范围的子模块。

[0136] 作为优选,所述多个托架子模块包括布置成支承固化叶片外壳的根部端的根部端子模块、布置成支承固化叶片外壳的末梢端的末梢端子模块,以及布置成支承所述根部端与所述末梢端之间的固化叶片外壳的一部分的至少一个中间子模块。

[0137] 将理解的是,不同类型的子模块可具有不同的特性,例如,末梢端模块可具有较大或较小的高度以适应预弯曲叶片的末梢端(取决于弯曲的方向),根部端模块可设有用于联接到根部凸缘上的连接件,等。

[0138] 作为优选,所述模制后站点还包括至少一个支承轨道,其沿所述至少一个托架附近的所述模制后站点的长度的至少一部分延伸,所述支承轨道可操作成接收用于在接收于所述至少一个托架中的固化叶片外壳上执行模制后操作的工具。

[0139] 使用支承轨道允许在叶片外壳的待在其上施工的位置处安装制造设备的改善的方便性。提供牢固的安装位置可改善加工的安全方面,以及通过呈现可配置的平台便于自动操作,该平台可用作引导件来用于工具相对于相邻叶片外壳的移动。

[0140] 作为优选,所述模制后站点还包括至少一个工具,其中所述工具可沿所述轨道移动,以沿接收在所述托架中的固化叶片外壳的长度的至少一部分执行模制后操作。

[0141] 工具可包括磨削工具、胶施加装置、喷涂装置等。工具可为远程控制的。在另一个实施例中,所述轨道可操作成接收工具来在由第一叶片外壳和第二叶片外壳形成的风轮机叶片上执行连结期间操作或连结后操作。

[0142] 在另一个实施例中,至少一个托架可围绕所述托架的中心纵轴线旋转。

[0143] 通过提供可旋转托架,至容纳的叶片外壳的不同区段的通路可通过旋转托架和容纳的外壳来改善。

[0144] 此外或作为备选,所述模制后站点包括接收第一固化叶片外壳的第一托架和接收

第二固化叶片外壳的第二托架,所述第一托架和所述第二托架可操作成闭合以由所述第一外壳和第二外壳形成风轮机叶片,其中在闭合时所述第一托架和所述第二托架可围绕所述闭合的第一托架和第二托架的中心纵轴线旋转。

[0145] 单个托架可围绕其自身的纵轴线旋转。此外或作为备选,整个模制后站点和/或第一托架和第二托架在托架闭合时可围绕纵轴线旋转,以允许由第一叶片外壳和第二叶片外壳形成的风轮机叶片在外壳在闭合托架中连结在一起时旋转。

[0146] 还提供了用于由连结在一起的一对固化叶片外壳形成的风轮机叶片的制造的制造系统,该系统包括:

[0147] 生产第一逆风固化叶片外壳的至少一部分的第一逆风叶片模具;

[0148] 生产第二顺风固化叶片外壳的至少一部分的第二顺风叶片模具;

[0149] 接收来自所述第一叶片模具和所述第二叶片模具的所述第一固化叶片外壳和第二固化叶片外壳的所述至少一部分的模制后站点,其中在所述模制后站点处可在所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳上执行模制后操作;以及

[0150] 可操作成闭合第一固化叶片外壳和第二固化叶片外壳来形成风轮机叶片的闭合机构。

[0151] 此类制造系统的使用提供了风轮机叶片的相对较快且有效的制造,允许了最大效率的叶片模具使用。闭合机构可操作成将所述第一叶片外壳和所述第二叶片外壳连结在一起来形成具有逆风区段和顺风区段的风轮机叶片。在一个实施例中,所述模制后站点在所述第一叶片模具和所述第二叶片模具的当地。作为备选,所述模制后站点远离所述第一叶片模具和所述第二叶片模具。

[0152] 在本发明的优选方面中,整个叶片外壳使用单个叶片模具来模制。在备选方面中,叶片外壳可模制为独立区段,其中各个区段在单独的叶片模具中制造来用于随后组装。

[0153] 作为优选,所述模制后站点包括所述闭合机构。

[0154] 作为优选,所述模制后站点包括可操作成接收所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳的第一叶片托架和第二叶片托架。

[0155] 作为优选,该系统还包括可操作成使所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳从所述第一叶片模具和所述第二叶片模具脱模或除去的起吊装置。作为备选,所述起吊装置进一步操作成将所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳转移到所述模制后站点。

[0156] 作为优选,所述第一叶片模具和所述第二叶片模具用于纤维复合材料的铺设操作,以产生所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳。作为优选,所述制造系统还包括灌注机构,其可操作成以树脂灌注所述纤维复合材料,以固化所述纤维复合材料来形成所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳。

[0157] 作为优选,所述模制后站点包括多个支承模块以接收所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳的独立区段,以用于组装来形成所述第一固化叶片外壳和所述第二固化叶片外壳。所述支承模块可包括用于独立的叶片外壳的单独的根部区段、末梢区段和/或空气动力学区段的独立支承件。

[0158] 作为优选,所述模制后站点包括如上文所述的模制后站点。

[0159] 还提供了使用上文所述的系统和方法制造的风轮机叶片。

附图说明

- [0160] 现在将仅通过参照附图举例的方式来描述本发明的实施例,在附图中:
- [0161] 图1示出了风轮机;
- [0162] 图2示出了风轮机叶片的示意图;
- [0163] 图3示出了图2的叶片的翼型外形的示意图;
- [0164] 图4示出了根据本发明的用于风轮机叶片的制造过程的实施例;
- [0165] 图5示出了根据本发明的在风轮机叶片的制造中使用的模制后站点的实施例的顶部平面视图;
- [0166] 图6为图5中的模制后站点的透视图;
- [0167] 图7(a)为在打开状态时图5中的模制后站点的侧视图;
- [0168] 图7(b)为在闭合状态时图5中的模制后站点的侧视图;
- [0169] 图8(a)为在打开状态时图5中的模制后站点的端视图;
- [0170] 图8(b)为在闭合状态时图5中的模制后站点的端视图;
- [0171] 图9为图5中的模制后站点的根部端的放大透视图;
- [0172] 图10(a)为图5中的模制后站点的侧支承元件的前部透视图;
- [0173] 图10(b)为图5中的模制后站点的侧支承元件的后部透视图;
- [0174] 图11(a)为当真空夹持部件收缩时的图10的侧支承元件的放大透视图;
- [0175] 图11(b)为在真空夹持部件前移时的图10的侧支承元件的放大透视图;
- [0176] 图12为在支承一对固化叶片外壳时的图5中的打开的模制后站点的透视图;
- [0177] 图13为在闭合时的图12中的模制后站点的透视图;
- [0178] 图14为图12中的模制后站点的根部端的放大透视图;
- [0179] 图15(a)为图5中的模制后站点的托架本体的透视图;
- [0180] 图15(b)为在拆卸成单独的模块区段时的图15(a)中的托架本体的透视图;以及
- [0181] 图16为根据本发明的制造过程的总体视图。

具体实施方式

[0182] 图1示出了根据所谓的“丹麦构想”的常规现代逆风风轮机,其具有塔架4、机舱6和具有大致水平的转子轴的转子。转子包括毂8和从毂8沿径向延伸的三个叶片10,各个叶片10均具有最接近毂的叶片根部16和最远离毂8的叶片末梢14。转子具有表示为R的半径。尽管这里呈现了三叶片逆风风轮机设计,但将理解的是,本发明同样可适用于其它风轮机设计的叶片,例如,双叶片、顺风等。

[0183] 图2示出了根据本发明的实施例的风轮机叶片10的第一实施例的示意图。风轮机叶片10具有常规风轮机叶片形状,且包括最接近毂的根部区30、最远离毂的成形区或翼型区34,以及在根部区30与翼型区34之间的过渡区32。叶片10包括当叶片安装在毂上时面对叶片10的旋转方向的前缘18,以及面对前缘18的相反方向的后缘20。

[0184] 翼型区34(也称为成形区)具有相对于生成升力理想的或几乎理想的叶片形状,而根部区30由于结构考虑具有大致圆形或椭圆形的截面,其例如使得将叶片10更容易且更安全地安装在毂上。根部区30的直径(或弦)沿整个根部区域30通常为恒定的。过渡区32具有

从根部区30的圆形或椭圆形40逐渐地变至翼型区34的翼型外形50的过渡外形42。过渡区32的弦长通常随离毂的距离 r 增大而大致线性地增大。

[0185] 翼型区34具有翼型外形50,其中弦在叶片10的前缘18与后缘20之间延伸。弦的宽度随离毂的距离 r 增大而减小。

[0186] 应当注意的是,叶片的不同区段的弦一般不位于公共平面中,因为叶片可扭转和/或弯曲(即,预弯曲),从而提供具有对应的扭转和/或弯曲行程的弦平面,这是最常见的情况,以便补偿取决于离毂的半径的叶片的局部速度。

[0187] 图3示出了绘制有各种参数的典型的风轮机叶片的翼型外形50的示意图,这些参数通常用于限定翼型的几何形状。翼型外形50具有压力侧52和吸力侧54,在使用期间,即在转子旋转期间,一般分别面朝上风(或逆风)侧和下风(或顺风)侧。翼型50具有弦60,弦60具有在叶片的前缘56与后缘58之间延伸的弦长 c 。翼型50具有厚度 t ,其限定为压力侧52与吸力侧54之间的距离。翼型的厚度 t 沿弦60变化。与对称外形的偏离由弧线62给出,弧线62为贯穿翼型外形50的中线。中线可通过从前缘56到后缘58绘出内切圆来找到。中线沿着这些内切圆的中心,且与弦60的偏离或距离称为弧 f 。不对称性还可通过使用称为上弧和下弧的参数来限定,其分别限定为离弦60和吸力侧54和压力侧52的距离。

[0188] 翼型外形通常特征为以下参数:弦长 c 、最大弧 f 、最大弧 f 的位置 df 、最大翼型厚度 t ,其为沿中间弧线62的最大直径的内切圆,最大厚度 t 的位置 dt ,以及鼻部半径(未示出)。这些参数通常限定为与弦长 c 的比。

[0189] 风轮机叶片还可包括预弯曲叶片,其中叶片的本体设计成具有弯曲或曲线,优选沿叶片的压力侧方向。预弯曲叶片设计成在风轮机运行期间弯曲,使得叶片在风轮机处的最佳风速的效果下变直。此预弯曲叶片将在风轮机运行期间提供改善的性能,带来了许多优点,例如,塔架间隙、扫掠面积、叶片重量等。

[0190] 构建风轮机叶片10的一种方式包括将叶片10形成为两个单独的外壳件,大致形成叶片10的压力侧或逆风侧52的第一件,以及大致形成叶片10的吸力侧或顺风侧54的第二件。此类外壳件一般在符合相应侧的空气动力学形状的单独的打开叶片模具中形成,且随后通过闭合叶片模具而连结在一起以形成风轮机叶片10。

[0191] 将理解的是,本发明可应用于直叶片或预弯曲叶片的制造。

[0192] 图4中示出了根据本发明的风轮机叶片的制造系统的实施例。制造系统包括叶片模制站点(以70指出)和模制后站点(以90指出)。叶片模制站点70包括一组第一叶片外壳模具72和第二叶片外壳模具74。叶片模具包括相应的第一内表面76和第二内表面78,其布置成产生第一形状的叶片外壳和第二形状的叶片外壳,第一形状的叶片外壳和第二形状的叶片外壳具有大致对应于风轮机叶片的相应的逆风半(或压力侧)和顺风半(或吸力侧)的空气动力学外形。

[0193] 在风轮机叶片制造期间,铺设操作在叶片模具站点70处执行,其中多层优选为基于纤维的复合材料施加到叶片模具72,74的内表面76,78上。纤维层施加成符合模具形状,且可取决于待制造的风轮机叶片的要求以各种厚度或密度布置。

[0194] 在图4中所示的实施例中,叶片模制站点70设有自动纤维铺设设备80,其允许基于纤维的材料层在叶片模具72,74中的机器控制的铺设。自动纤维铺设设备包括悬置在设于叶片模具72,74上方的可动构台上的至少一个纤维施加器装置,至少一个纤维施加器装置

可操作成沿叶片模具72,74的长度移动来施加纤维层(例如,纤维带)到叶片模具72,74的内表面76,78上。

[0195] 然而,将理解的是,本发明的制造系统可使用任何适合的铺设机构例如手工铺设来实施。此外,作为基于纤维的材料层的备选或除基于纤维的材料层之外,铺设操作可包括使用叶片模具内的复合材料的拉挤元件或预浸料坯。

[0196] 一旦足够的基于纤维的材料层已经施加到模具72,74的表面上,则然后执行固化操作来将纤维层固化到相对较硬的状态。在一个实施例中,这可包括将盖或真空袋施加到纤维层上,以形成容器,且随后将真空压力施加到由真空袋和叶片模具72,74的表面限定的容器的内部。

[0197] 固化树脂然后灌注或喷射到容器的内部中,树脂通过真空压力的作用遍布纤维层。然后,允许树脂固化,且因此变硬,且将基于纤维的材料层连结成叶片外壳(未示出),叶片外壳具有对应于叶片模具72,74的表面形状的结构外形。

[0198] 用语“固化叶片外壳”在这里用于表示已经大致由固化操作固化的叶片外壳,优选地固化成叶片外壳可被处理而不会经历外壳结构的显著变形的水平。执行的固化操作的持续时间将取决于在叶片外壳的制造中使用的固化树脂的类型,而在使用标准树脂时可为大约2到3小时。然而,将理解的是,在提到的固化操作之后,叶片外壳自身可在叶片外壳的本体内继续经历几个小时的固化过程。

[0199] 因此,一旦叶片外壳大致固化,则相关联的盖或真空袋可除去,且固化的叶片外壳可从叶片模具72,74脱模。为了使叶片外壳脱模,可设在叶片模具72,74上方的任何制造设备(例如,自动纤维施加器装置80)可除去,且起吊设备(未示出)可定位在容纳于叶片模具72,74中的叶片外壳上方。起吊设备可操作成将固化叶片外壳起吊出叶片模具72,74,且将固化叶片外壳转移至模制后站点90,在该处,可执行附加的模制后操作。

[0200] 将理解的是,转移操作可使用用于转移风轮机叶片外壳的任何适合的起吊设备来执行,例如,真空起吊装置、吊车、手动起吊操作等。

[0201] 在模制后站点90处可在叶片外壳上执行的模制后操作的实例可包括但不限于:叶片外壳修理操作,其涉及修理固化的叶片外壳中的任何细微缺陷;叶片外壳切割或磨削操作,其中固化叶片外壳的表面的一部分可切除或磨削来呈现出相对光滑的外形;根据根部凸缘联接操作,其中设在第一叶片外壳和第二叶片外壳上的一对叶片根部凸缘联接在一起形成单个一体的叶片根部凸缘;胶合操作,其中粘合剂施加到叶片外壳的表面上来将构件或叶片外壳连结在一起;涂层操作,其中利用涂层涂覆叶片外壳的外表面,例如,凝胶涂层或适合的抗蚀材料;叠层安装操作,其中风轮机叶片内部的主叠层或其它元件可固定到一个叶片外壳的内表面上来定位在风轮机叶片的内部中;外叠层操作;内部叶片构件的安装,例如,负载或偏转监测传感器、避雷系统等;叶片外壳几何形状的检查;例如炉中的二次固化操作;或任何其它适合的制造或组装操作。

[0202] 由于在模制后站点90处执行这些模制后操作,故叶片模具72,74现在从与以上模制后操作相关联的生产时间释放,以上模制后操作传统上以固持在叶片模具72,74中的叶片外壳来执行。因此,使用模制后站点90来接收来自叶片模制站点的叶片外壳允许叶片模具72,74在一旦叶片外壳的固化和转移已经完成就释放来用于随后的铺设操作,且提供由单个风轮机叶片的构件占用叶片模具72,74的减少的占用时间。这用于提高单组叶片模具

72,74的生产力,且提供了制造过程中的较大灵活性。

[0203] 在图4的实施例中,模制后站点包括接收来自叶片模制站点的固化叶片外壳且在模制后操作期间支承所述固化的叶片外壳的开放肋条结构。参看图5-8,提供了根据本发明的模制后站点100的备选实施例的更详细的视图。

[0204] 图5-8中的模制后站点100包括布置成在从叶片模具72,74脱模之后接收固化叶片外壳的第一叶片外壳托架102和第二叶片外壳托架104。托架102,104包括具有相应的末梢端102a,102b和根部端102b,104b的大致开放的框架结构或托架本体105,开放的框架结构105具有设在其上来支承固化叶片外壳的外表面的多个支承部件106。

[0205] 第一叶片托架102布置成接收对应于逆风侧或压力侧叶片外壳的第一固化叶片外壳,且第二叶片托架104布置成接收对应于顺风侧或吸力侧叶片外壳的第二固化叶片外壳,其中支承部件106构造成呈现出适用于叶片外壳的特征大小的支承布置,例如,叶片长度,逆风表面和顺风表面上的叶片弧度、不同叶片区段之间的空气动力学外形中的过渡区,等等。

[0206] 第一托架102和第二托架104布置成平行纵向关系,第一托架102经由多个铰接机构108联接到第二托架104上。参看图7和8,第一托架102布置成相对于第二托架104铰转,这由图8(b)中所示的箭头X指出,使得第一托架102定位在第二托架104上方来形成如图7(b)和8(b)中所见的闭合的模制后站点100。模制后站点100还可操作成在处于闭合位置时使第一托架102相对于第二托架104平移地移动,以便修正第一托架102与第二托架104之间的对准,这由图8(b)中的箭头A和B指出。第一托架102可沿水平轴线和/或垂直轴线相对于第二托架104移动。

[0207] 参看图5,模制后站点100的平面布局相对于铰接轴线Y大致对称,轴线Y延伸穿过多个铰接机构108。第一托架102和第二托架104在对应于待接收在托架102,104内的叶片外壳的前缘的托架本体105的相对侧107处连接到铰接机构108上。此外,通过相对于第二托架104铰转第一托架102,对应于待接收在托架102,104内的叶片外壳的后缘的托架本体105的侧部109被带至紧密对准。

[0208] 参看图9中所示的模制后站点100的根部端的放大视图,第一托架102和第二托架104分别包括位于各个托架102,104的开放框架托架本体105的相应的相对前缘侧107和后缘侧109处的相对阵列的侧部支承元件106。托架102,104各自还包括设在托架本体105上在托架本体105的前缘侧107与后缘侧109之间的成阵列的支承垫110。

[0209] 侧部支承元件106的阵列和支承垫110的阵列在纵向方向上沿托架本体105的长度延伸,该长度大致对应于待接收在托架102,104中的叶片外壳的长度。

[0210] 图10中更详细地示出了独立的侧部支承元件106的实施例。侧部支承元件106各自包括支承主体112,其设在用于附接到托架本体105上的一对支承腿部114上。如上文所述,侧部支承元件106可相对于托架本体105移动,优选可从模制后站点托架102,104除去,以提供至接收在托架102,104内的叶片外壳的表面的容易通路。例如,图9中指出的侧支承元件106可从托架本体105除去,以提供至由指出的元件支承的叶片外壳的前缘或后缘的部分的通路。

[0211] 再参看图11的放大视图,支承件106包括具有面对外壳的表面116的支承件主体112,其定形成大致符合待接收在模制后站点100中的叶片外壳的外表面,使得支承元件106

的面对外壳的表面116在接收在模制后站点100中时设在叶片外壳的外表面附近。

[0212] 多个孔口118限定在主体112的面对外壳的表面116中,其中一系列真空夹持部件120接收在所述多个孔口118中。真空夹持部件120包括大致圆形本体,且可相对于支承元件106的主体112线性地平移,真空夹持部件120联接到主体112与面对外壳的表面116的相对侧的线性促动器122上,就如图10(b)中指出那样。

[0213] 真空夹持部件120可从如图11(a)中指出的第一凹入位置促动到如图11(b)中指出的第二前移位置,在第一凹入位置,真空夹具120定位在支承元件本体112的孔口118内,并且基本不突出超过主体112的面对外壳的表面116,而在第二前移位置,真空夹具120突出主体112的面对外壳的表面116。真空夹持部件120可操作成将真空夹具压力施加到接收在模制后站点100内的叶片外壳的外表面上,以将叶片外壳紧固在模制后站点100的托架102,104内。

[0214] 将理解的是,侧部支承元件106可具有任何适合的构造,例如,侧部支承元件106可不包括图10和11的实施例中的真空夹持部件120,即,侧部支承元件106可操作成仅支承接收在托架102,104中的叶片外壳。

[0215] 将理解的是,独立的侧部支承元件106可通过从一对支承腿部114拆下支承主体112来除去,以提供至接收的叶片外壳的表面的通路。此外或作为备选,整个侧部支承元件106,包括一对支承腿部114可从托架本体105除去来提供所述通路。

[0216] 此外或作为备选,将理解的是,侧部支承元件106可为高度可调整的,例如,通过支承腿部114的高度的变化,其中至支承表面的通路可通过调整所考虑的侧部支承元件106的高度来提供。此外或作为备选,还将理解的是,所述支承主体112可枢转地联接到所述支承腿部114上,使得支承主体112可相对于所述支承腿部114枢转或较转,且因此相对于接收的叶片外壳的相邻表面枢转或较转,以提供至所述表面的通路。

[0217] 在使用根据本发明的制造系统期间,当模制后站点100空闲(即,未包含叶片外壳)时,真空夹持部件120最初设在第一凹入位置,使得真空夹持部件120由支承元件106的主体112安全保护以免任何破坏。

[0218] 在本发明的另一个优选方面中,侧部支承元件106的真空夹持部件120可操作成相对于托架本体105移动,同时真空压力施加到接收在托架102,104内的叶片外壳的表面上。这允许了在真空夹持部件120可操作成推和/或拉它们所夹持的叶片外壳的表面以使叶片外壳变形成期望的外形或轮廓时,对叶片外壳的外表面形状进行细微调整。

[0219] 回到图9,模制后站点100的支承垫110可操作成布置成遵循接收在托架102,104内的叶片外壳的空气动力学外形。

[0220] 在优选实施例中,对于风轮机叶片的特定构造,支承垫110基于风轮机叶片外壳的外形布置在托架本体105上,以遵循对应于匹配从叶片外壳的外表面到由所述外壳形成的风轮机叶片的弦60的最大距离的点的叶片外壳的表面的位置的标称线。此标称线将对应于接收在托架102,104内的叶片区段的最深区段。此布置从而提供了托架102,104中的支承垫110的最有效的位置,其布置成在接收在托架102,104中沿叶片外壳的长度支承叶片外壳的表面的最低点。

[0221] 支承垫110优选为在托架本体105上在相应的托架102,104的前缘侧107与后缘侧109之间移动。例如,支承垫110可设在可锁定穿梭元件(未示出)上,其承载在至少一个框架

条上,框架条跨托架本体105在托架本体105的前缘侧107与后缘侧109之间延伸。此外,支承垫110可枢转地安装到相应的托架本体105上,以允许支承垫110的定向按需要调整。

[0222] 在另一个方面中,支承垫110可设在高度可调整的臂(未示出)上,使得支承垫110相对于相邻托架本体105表面的高度可变化。因此,支承垫110的位置、定向和/或高度可基于待接收在托架102,104内的叶片外壳的空气动力学外形来调整。将理解的是,支承垫110可包括单个支承单元,和/或支承垫可包括真空夹持机构,其类似于用于侧部支承元件106的图10和11中所示的那种。

[0223] 参看图12-14,示出了使第一叶片外壳122和第二叶片外壳144分别接收在所述第一托架102和第二托架104内时的模制后站点100。

[0224] 当叶片外壳122,124从叶片模制站点70转移到模制后站点100的托架102,104时,叶片外壳122,124的外表面可开始抵靠在沿托架本体105的纵向方向延伸的支承垫110上。叶片外壳122,124还可抵靠在选择的侧部支承元件106上。

[0225] 作为优选,当固化叶片外壳122,124形成在叶片模制站点70时,叶片根部凸缘126设在固化叶片外壳122,124的根部端处。叶片根部凸缘126包括围绕叶片外壳122,124的端部提供的大致半圆形的金属凸缘,且用作完成的风轮机叶片的安装点。凸缘126包括围绕凸缘126的圆周提供的多个螺栓孔。

[0226] 在该优选实施例中,托架102,104包括设在托架102,104的相应的根部端102b,104b处的至少一个叶片根部凸缘联接元件111。因此,参看图14,当固化叶片外壳122,124转移至适合的托架102,104时,叶片根部凸缘联接元件111紧固到叶片外壳122,124的叶片根部凸缘126上,以向托架102,104中的叶片外壳122,124提供锚定点。

[0227] 在外叶片外壳122,124设计为承载结构的风轮机叶片的情况下,由于叶片的根部设计成在正常操作期间支承整个叶片的重量,故至少在将叶片外壳122,124转移到模制后托架102,104的初始动作期间,叶片根部凸缘126向叶片外壳122,124提供了有效的锚定和支承点。此外,由于将叶片根部凸缘126联接到托架102,104的叶片根部凸缘联接元件111上呈现出了叶片外壳122,124的基本结构构件的限定位置,故叶片外壳122,124的其余表面和边缘的位置可相对容易地预计,例如,末梢端102a,102b,以及沿外壳的长度的前缘和后缘的位置。

[0228] 因此,将叶片根部凸缘126安装到托架102,104上允许了叶片外壳122,124的表面和模制后托架的支承构件(即,侧部支承元件106和支承垫110)相对容易地对准以用于固化叶片外壳122,124的表面由托架102,104的有效支承。

[0229] 将理解的是,叶片根部凸缘联接元件111可包括布置成与固化叶片外壳122,124的叶片根部凸缘16联接的夹具。此外或作为备选,叶片根部凸缘联接元件111可包括对应于限定在叶片外壳122,124的叶片根部凸缘126上的螺栓环的螺栓环,以允许叶片根部凸缘126螺接到托架102,104上。

[0230] 在优选方面中,侧部支承元件106的主体116和/或支承垫110由缓冲材料形成,缓冲材料可操作成在承靠在所述外表面上时防止对接收在托架102,104中的叶片外壳122,124的外表面的破坏。

[0231] 一旦固化叶片外壳122,124经由叶片根部凸缘126联接紧固在托架102,104内,则侧部支承元件106的真空夹持部件120和/或支承垫110被促动至承靠在叶片外壳122,124的

外表面上的所述第二前移位置,且真空施加到固化叶片外壳122,124的表面上来完全将外壳在托架102,104中紧固就位。

[0232] 将理解的是,其它紧固机构可用于将叶片外壳122,124紧固在托架102,104内,例如,机械夹具(未示出)可从托架102,104围绕托架中的外壳122,124的边缘施加,以提供进一步的紧固效果。

[0233] 在这里,如上文所述,适合的模制后操作可在叶片外壳122,124上执行,其中直接通路提供至叶片外壳122,124的内表面(128,图14),且通路通过适当除去或调整相邻侧部支承元件106和/或支承垫110来提供到叶片外壳122,124的外表面的部分上。

[0234] 在模制后站点100处可在叶片外壳122,124上的执行的模制后操作的实例可包括但不限于:叶片外壳修理操作,其涉及修理固化的叶片外壳中的任何细微缺陷;叶片外壳切割或磨削操作,其中固化叶片外壳的表面的一部分可切除或磨削来呈现出相对光滑的外形;胶合操作,其中粘合剂施加到叶片外壳的表面上来将构件或叶片外壳连结在一起;涂层操作,其中用涂层涂覆叶片外壳的外表面,例如,凝胶涂层或适合的抗蚀材料;叠层安装操作,其中风轮机叶片内部的主叠层或其它元件可固定到一个叶片外壳的内表面上来定位在风轮机叶片的内部中;外叠层操作;内部叶片构件的安装,例如,负载或偏转监测传感器、避雷系统等;叶片外壳几何形状的检查;例如在炉中的二次固化操作;或任何其它适合的制造或组装操作。

[0235] 在本发明的优选实施例中,模制后站点100还包括沿第一托架102和第二托架104中的至少一者的托架本体105的前缘侧107或后缘侧109中的至少一者提供的轨道或其它适合的滑架机构(未示出),其中轨道可操作成支承用于在接收在所述托架102,104中的固化叶片外壳122,124上执行模制后操作的自动工具。此工具的实例包括但不限于自动磨削工具,以用于磨削固化叶片外壳122,124的表面,或自动涂层工具,以用于将涂层施加到固化叶片外壳122,124的表面上。

[0236] 一旦完成适合的模制后操作,则粘合剂施加到固化叶片外壳122,124中的至少一个的前缘和后缘上。第一托架102然后使用铰接机构108相对于第二托架104较转,即,模制后站点如图8(b)所示闭合,使得容纳的第一叶片外壳122定位成与容纳在第二托架104中的第二叶片外壳124如图13中所示的那样大致对准。在这里,第一托架102和容纳的叶片的外壳122可如图8(b)中所示的那样平移地移动,以对准固化叶片外壳122,124的边缘,且修正在较转闭合操作之后外壳之间的任何可能的过/欠咬合。

[0237] 然后,可执行第一托架的最终平移移动,以使第一叶片外壳122和第二叶片外壳124闭合在一起来形成完整的风轮机叶片。托架102,104和容纳的外壳122,124保持成图13的闭合布置,直到粘合剂凝固来将第一外壳122连结到第二外壳124上。在粘合剂的连结时间期间,侧部支承元件106可操作成向容纳的叶片外壳122,124的侧部施加压力,以确保正确的粘合剂连结压力保持在外壳122,124的前缘和后缘处,以提供外壳122,124之间较强且有效的连结。

[0238] 此外,在连结时间期间,侧部支承元件和/或支承垫可除去或调整来提供至叶片外壳122,124的外表面的区段的通路,以允许在固化外壳连结在一起时在叶片外壳122,124上执行附加的模制后操作。

[0239] 提供模制后站点允许了优化风轮机叶片的制造系统,因为相对昂贵的叶片模具70

的占用时间通过一旦完成外壳的模制就将固化叶片外壳转移至模制后站点90,100来最小化。此外,甚至在连结操作期间,模制后站点90,100的柔性开放框架结构允许了许多制造操作相对容易地在固化叶片外壳上执行。

[0240] 参看图15,示出了用于模制后站点100的开放框架托架本体105,减去了侧部支承元件106、支承垫110和转动机构。如可在图15(a)中所见,托架本体105包括开放框架结构,其具有大致对应于由托架接收的固化叶片外壳的长度的长度。托架本体105具有取决于待接收在托架中的固化叶片外壳的外形而在高度和/或宽度上变化外形。图15(a)中所示的托架本体105在沿本体105的长度的本体105的中间区段具有较大高度,因此图15(a)中所示的托架本体105适用于接收预弯曲叶片外壳,特别是预弯曲风轮机叶片的压力侧外壳。将理解的是,托架本体105的大小和外形可按需要变化,以提供待由托架支承的特定叶片外壳的适当支承。

[0241] 参看图15(b),托架本体105可由组装在一起来形成托架本体105的多个模块区段130构成,优选为多个模块化钢栈桥。模块区段130可在大小上变化,例如,在区段宽度和/或高度上变化,且可互换,使得托架本体105的结构可取决于待由托架支承的叶片外壳的特性而变化,例如,叶片长度、弦宽度、弧度,等。

[0242] 此类模块构造的使用允许了整个制造系统的更大的灵活性,因为托架可容易地构造成适用于不同叶片设计,其中独立托架和模块区段被重新使用来用于不同的制造过程。

[0243] 尽管在本发明的以上实施例中,整个叶片外壳使用单个叶片模具模制,但在一些其它备选实施例中,叶片外壳122,124可在单独的叶片模具中制造为独立的叶片外壳区段,独立的叶片外壳区段提供成用于随后组装成完整的叶片外壳或风轮机叶片。

[0244] 例如,叶片外壳可形成为单独的叶片根部区段、叶片末梢区段、中间空气动力学区段等,其中各个区段在设计成形成叶片外壳的该特定区段的单独的叶片模具中制造。独立的区段然后可从不同的叶片模具转移至如上文所述的模制后站点,在模制后站点,可执行不同的区段的组装来形成完整的叶片外壳,其中随后闭合和连结完整的叶片外壳以形成风轮机叶片。

[0245] 作为备选,第一叶片外壳和第二叶片外壳的独立的叶片区段可在组装成完整的风轮机叶片之前闭合且连结,即,逆风和顺风叶片根部区段可闭合以形成完成的叶片根部部分,逆风和顺风叶片空气动力学区段可闭合以形成完整的叶片空气动力学部分等,这些部分然后可被组装来形成完整的叶片。

[0246] 这可提供制造过程的进一步优化,因为独立的区段可根据不同的要求来制造,例如,结构要求。在此系统中,本发明的模制后站点提供了用于将独立区段联接在一起的灵活且实用的组装台。

[0247] 尽管图4的实施例示出了模制后站点提供在叶片模具当地的制造系统,但将理解的是,可提供制造系统的备选布置。例如,叶片外壳可使用如上文所述的叶片模具在第一位置处制造。固化外壳然后可脱模,且运输至设在相对较远的位置的模制后站点,以用于进一步的制造操作和最终的组装。此系统允许叶片外壳部分的精确模制在集中位置处使用专用设备 and 集中的劳动力进行,而相对容易的模制后和组装任务在分散的位置处执行,例如,在建设中的风场附近。该方法提供了整体上更佳的资源分配和更有效的制造过程,兼具降低的运输成本,因为可容易堆叠的外壳相比于完成的风轮机叶片可能更好运输。

[0248] 本发明的制造过程的总体视图在图16中提供。首先,纤维铺设在叶片模具中执行(步骤200)。此铺设操作可为自动的或机器控制的铺设,或手动铺设操作。将理解的是,附加的制造操作可在此阶段执行,例如,叶片模具可在纤维铺设之前利用初始的凝胶涂层涂覆。

[0249] 一旦铺设完成,则真空袋设在叶片模具中的纤维层上(步骤210)。一旦袋形成围绕纤维层的密封,则开始树脂灌注(步骤220),且树脂灌注到模具中的纤维层中。允许树脂固化(步骤230),以连结模具中的纤维层,且形成固化叶片外壳。

[0250] 如上文所述,实际的叶片外壳可在初始固化过程之后继续在叶片外壳的本体内固化持续几个小时,但将理解的是,在本说明书的背景下固化叶片外壳是指这样的叶片外壳,其经历该初始固化步骤,且可在不经历较大的结构变形的情况下被处理。

[0251] 一旦固化,则真空袋从模具除去(步骤240),且固化的叶片外壳可从叶片模具除去或脱模(步骤250)。该脱模步骤可使用任何适合的叶片外壳起吊装置执行,例如,吊车或真空起吊装置。

[0252] 这里在制造过程中,当固化的叶片外壳已经从叶片模具除去时,叶片模具可重新使用来形成第二固化叶片外壳。因此,过程在此时分叉,且循环回初始纤维铺设步骤(200)。由于叶片模具具有相对低的占用时间,故独立模具的生产率提高,导致整个制造过程的生产时间改善。此外,当叶片模具未用于模制后操作和/或转动操作时,叶片模具可具有更简单的构造,和/或包括可固定到工厂地板上的结构,例如,具有混凝土基部,这提供了用于新制造过程的新模具的更容易和廉价的制造和实施。

[0253] 一旦固化叶片外壳已经从叶片模具脱模,则将外壳转移至根据本发明的模制后站点(步骤260)。在这里,叶片外壳可紧固到模制后站点,例如,通过将叶片外壳的叶片根部凸缘联接到托架的根部端上来接收叶片外壳,将真空夹具施加到叶片外壳的外表面上,等。

[0254] 将理解的是,该过程还可包括初始转移步骤260之前的模制后站点校准步骤(未示出)。该步骤可涉及校准模制后站点的托架来接收叶片外壳,例如,通过各种托架支承件的适当调整来确保叶片外壳牢固地接收和支承在托架中。在一个方法中,用于叶片模具的研磨的原主塞可用于校准托架支承件,即,托架可定位在主塞的表面上,且各个支承件调整成牢固地邻接主塞的表面,从而确保托架的支承件匹配所考虑的叶片模具的对应的支承外形。

[0255] 一旦外壳接收在模制后站点的托架中,则如上文所述的各种模制后操作可在紧固的叶片外壳上执行(步骤270)。这些操作可通过托架本体的开放框架结构和通过适当除去和/或调整托架的支承元件和/或支承垫来在固化叶片外壳的任何表面上执行。

[0256] 此外,可修正固化叶片外壳中的瑕疵,例如,细微形状调整可通过将真空夹具抵靠叶片外壳的表面紧固且随后使真空夹具移动来相应地推和/或拉叶片外壳表面到优选外形中来在叶片外壳的成形外形上完成。

[0257] 一旦已经完成各种模制后操作,则模制后站点可闭合(步骤280),使得第一固化叶片外壳可与第二固化叶片外壳连结来形成风轮机叶片。

[0258] 与两个叶片外壳之间的粘合剂有效连结(步骤290)所需的时间并行,各种连结期间操作可在容纳的叶片外壳上的模制后站点处执行(步骤300)。此类操作可包括可在连结动作期间施加到外壳上的任何制造操作,且可包括如上文所述的任何适合的模制后操作,例如,表面磨削、涂层等。由于有步骤270,经由托架本体的开放框架结构,以及通过适当除

去或调整托架中的支承元件和/或支承垫,可提供至叶片外壳的表面的通路。

[0259] 相比于现有技术的系统,即其中使用可转动的叶片模具的闭合操作将在粘合剂凝固以将外壳连结在一起时阻止至叶片外壳的表面的任何通路的系统,在叶片外壳上执行操作(步骤300)与连结(步骤290)并行的可能性提供了制造过程的生产力的进一步提高,提供了工人、设备等的较少停歇时间。

[0260] 一旦固化的叶片外壳已连结在一起来形成风轮机叶片,则模制后站点可打开且完整的叶片从模制后站点除去(步骤310),以用于任何完成操作,并随后从制造工厂的运输。将理解的是,任何完成操作可在完整叶片由模制后站点支承时执行。

[0261] 一旦完整叶片从模制后站点除去,则过程可循环回步骤260,以在模制后站点处接收新的固化叶片外壳。

[0262] 本发明的制造系统提供了独立制造构件的生产力和有效性的改善,且导致了叶片制造过程的更高的效率,减少了叶片模具的无效停机时间,且提供了不同制造操作可并行地执行(传统上是串接执行)的系统。

[0263] 将理解的是,可考虑各种备选布置和制造过程的实施。例如,在一个备选方案中,提供了这样的制造系统,其中第一叶片模具执行转动操作以使第一容纳的固化叶片外壳脱模到倒置的叶片托架上(即,在支承在叶片托架上时,固化叶片外壳的外表面面向上)。在此情况下,模制后操作可在倒置的外壳上执行。第二固化叶片外壳可如前文所述从第二叶片模具起吊出,其中腹板等安装在第二叶片外壳的内表面上。因此,起吊装置可操作成将倒置的第一外壳起吊以将其定位就位至第二叶片外壳的顶部上来连结。

[0264] 该方法的一些优点包括脱模操作可同时对两个叶片外壳执行,其中仅需要单个起吊装置(即,第二外壳使用起吊装置脱模,而第一外壳使用模具的铰接机构脱模)。此外,起吊装置可在将倒置的第一外壳定位在第二外壳的顶部上时重新使用,从而提高了起吊装置的生产力。

[0265] 在另一个备选方案中,叶片托架可提供为多个单独的分离的独立支承构件,其各自可操作成支承沿叶片外壳的长度的特定点。该方法的优点包括单独的构件可在连结操作之后用作例如叶片推车,以用于连结的风轮机叶片的容易的本地运输。此外,独立构件可提供模制后站点的较容易的储存,因为独立构件可在未使用时可储存在减小空间的位置。

[0266] 本发明不限于本文所述的实施例,且可在不脱离本发明的范围的情况下改变或改动。

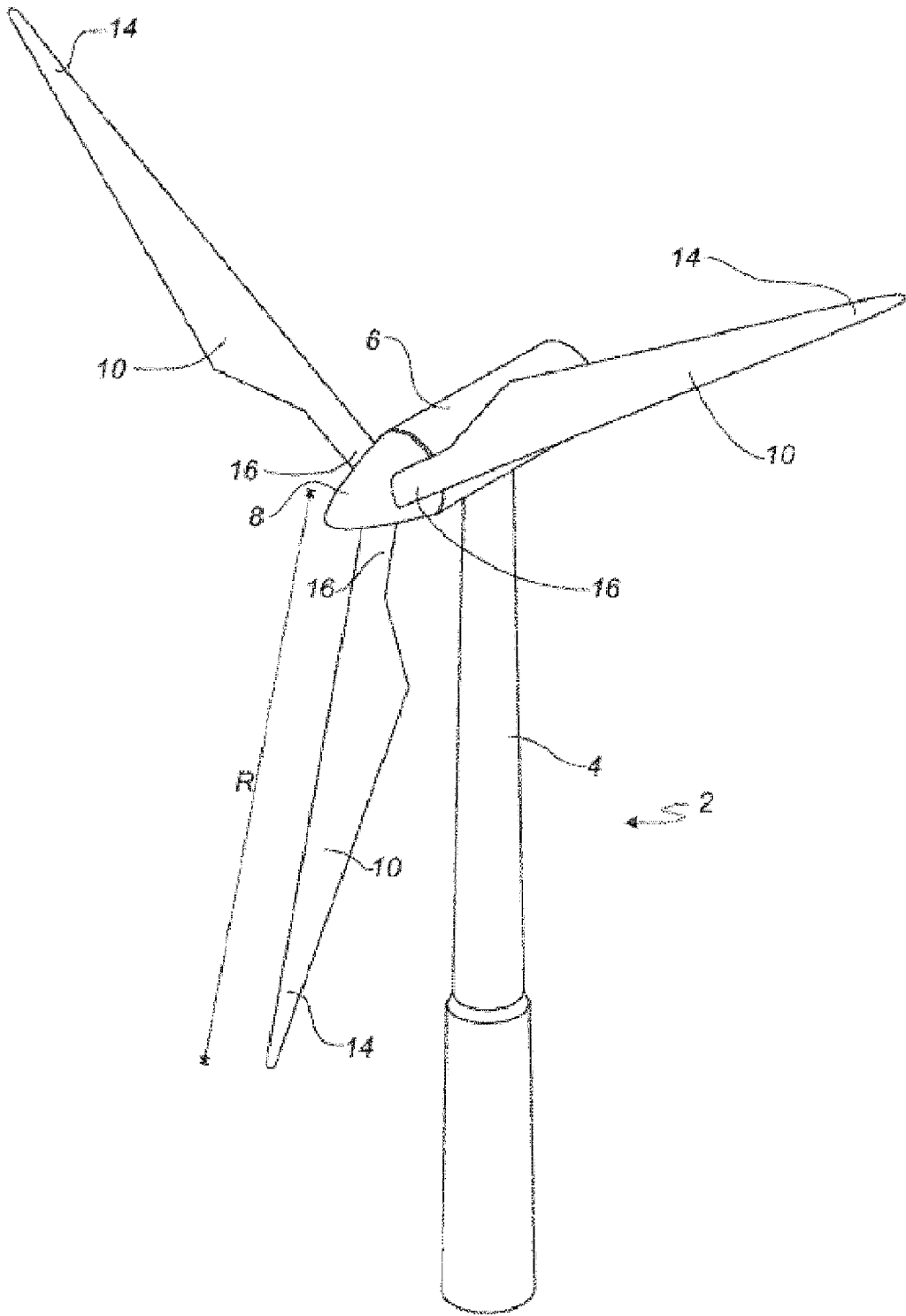


图 1

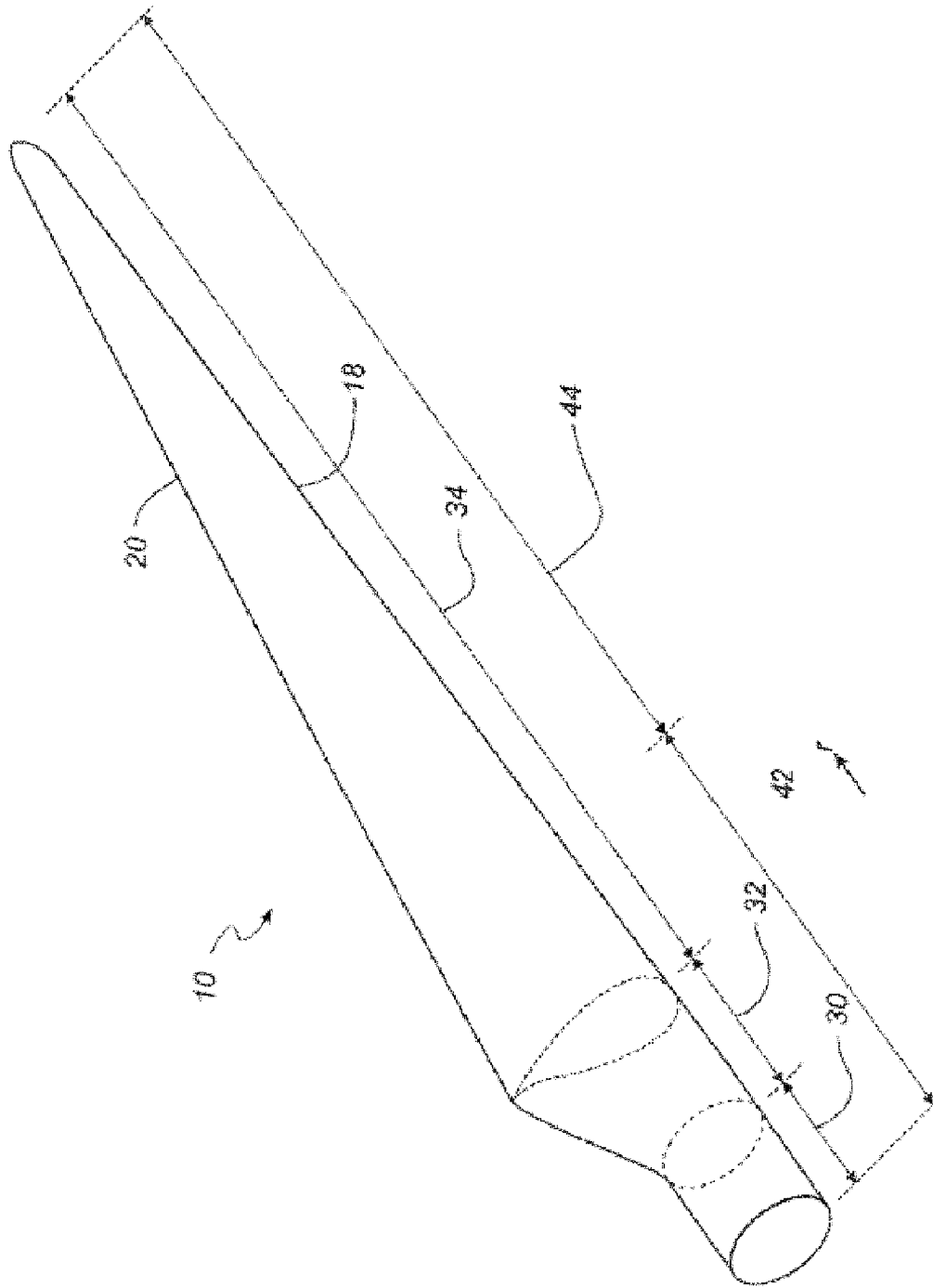


图 2

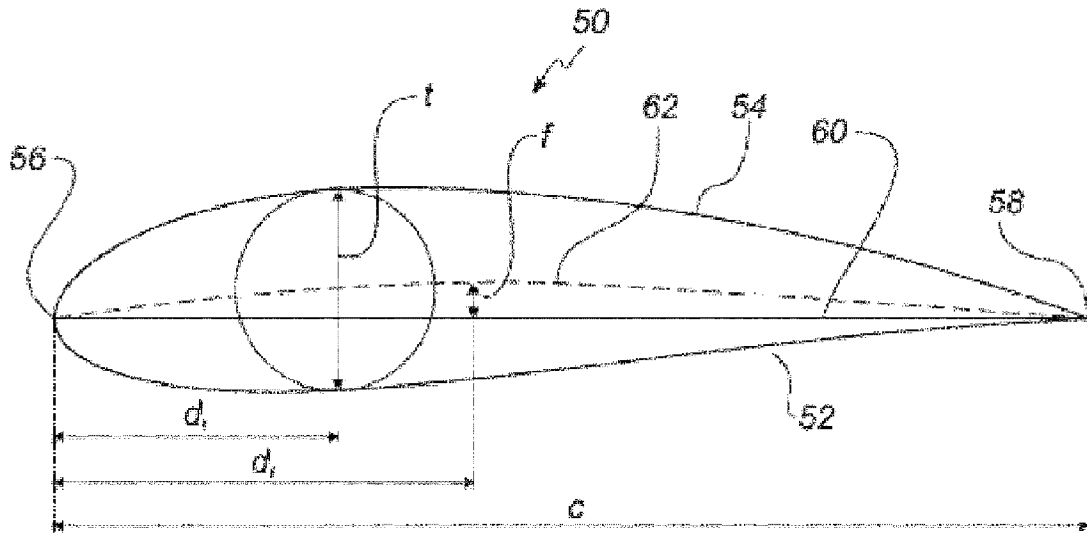


图 3

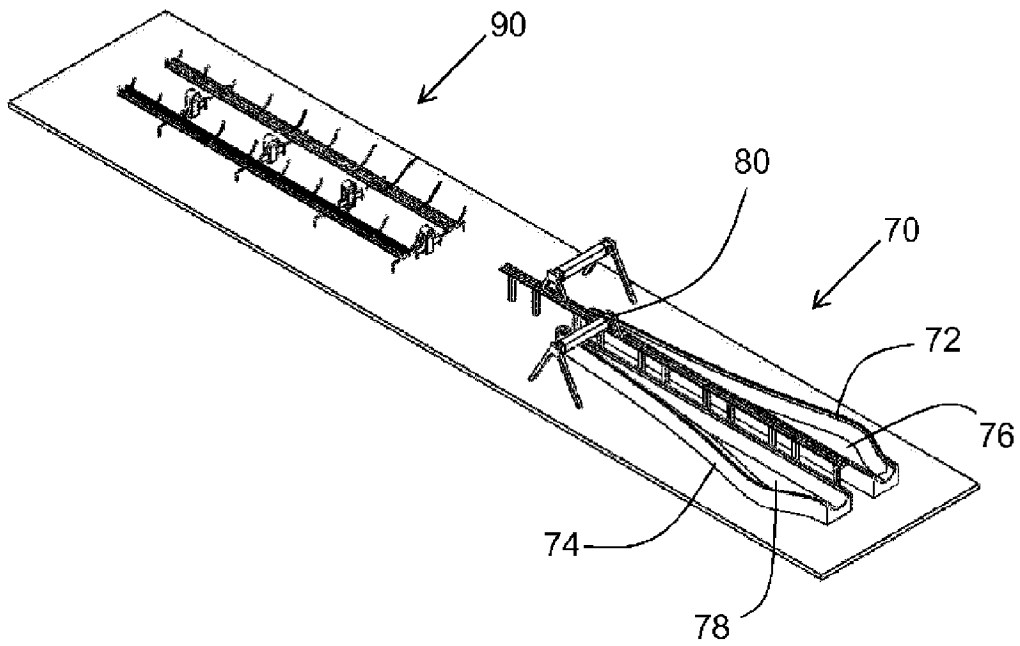


图 4

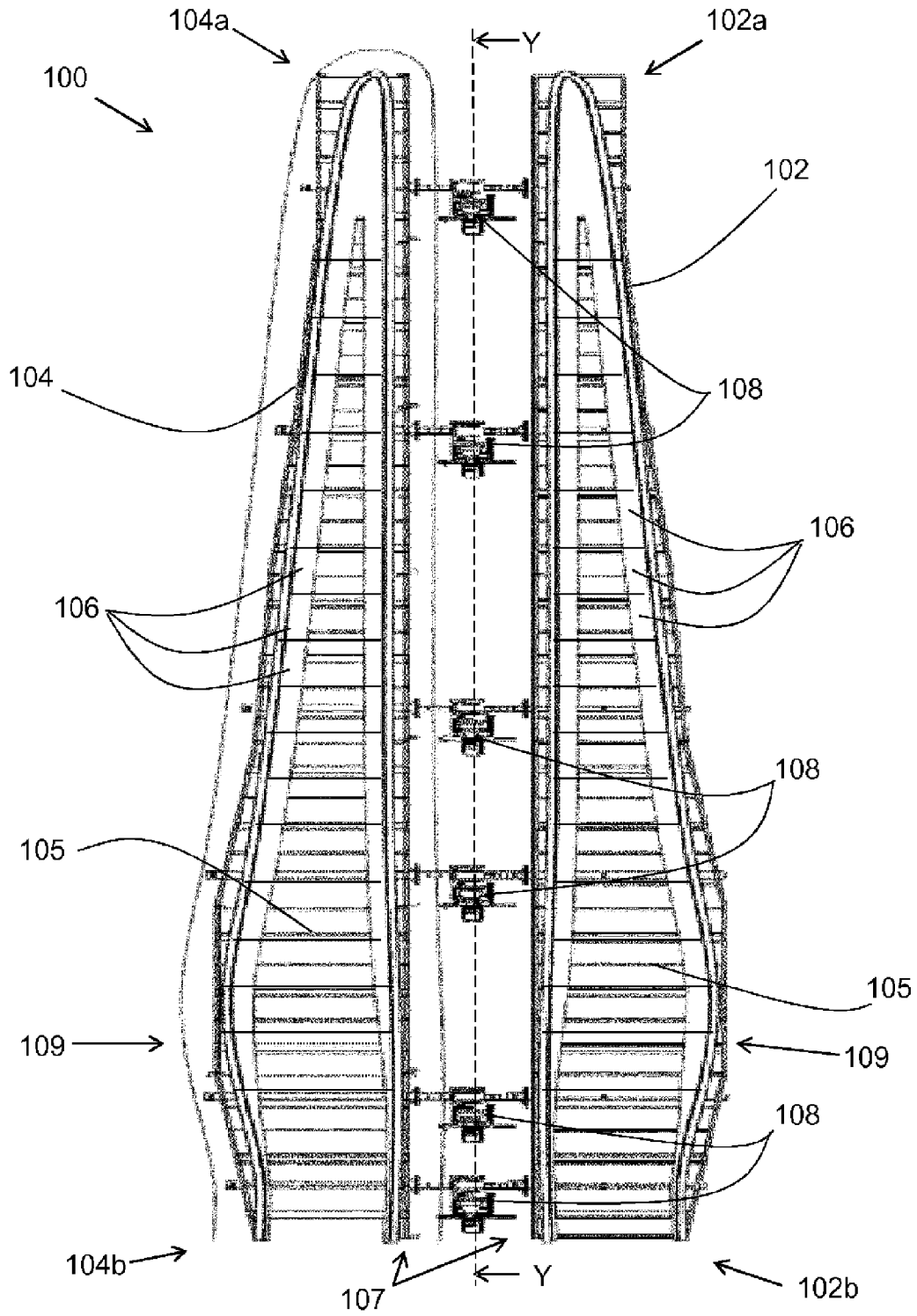


图 5

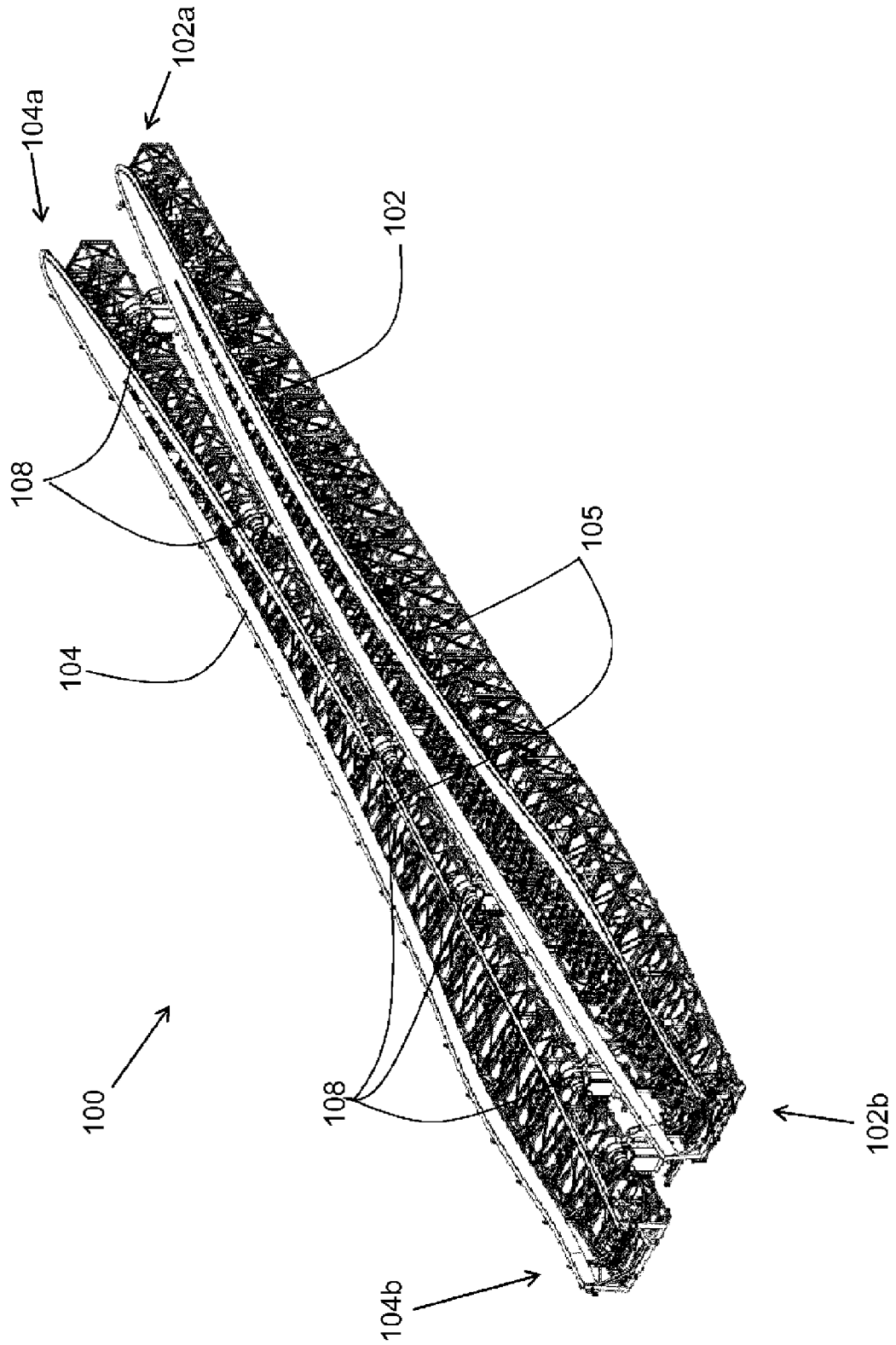


图 6

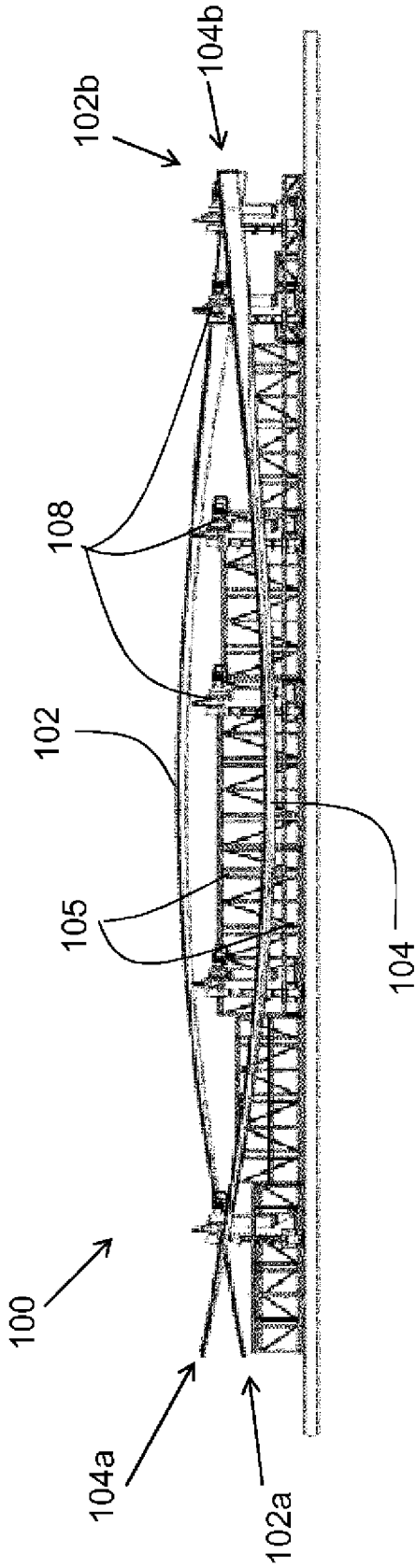


图 7(a)

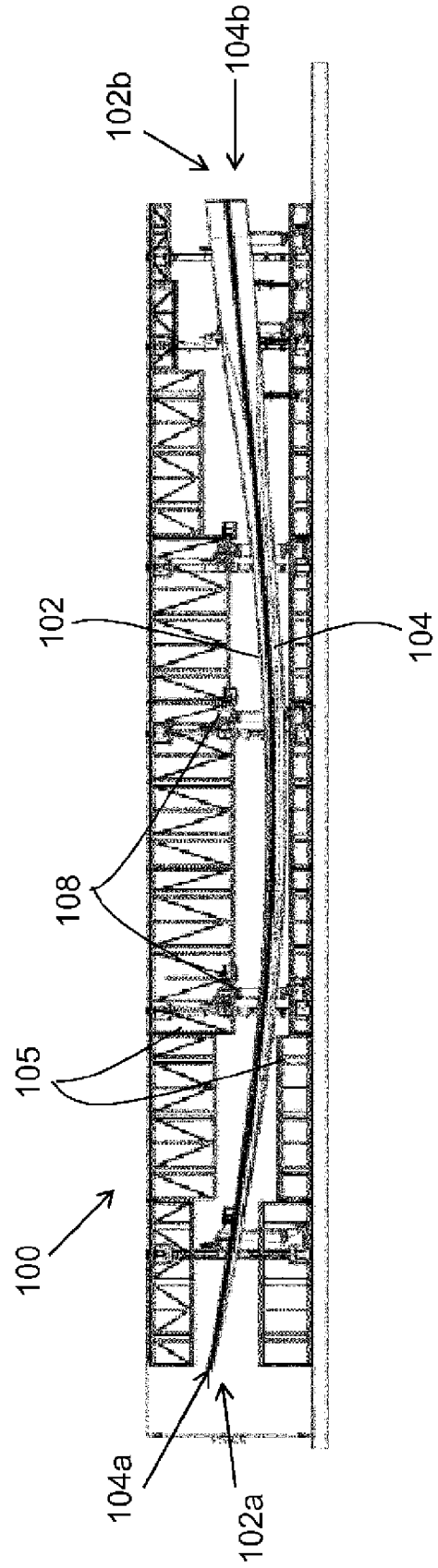


图 7(b)

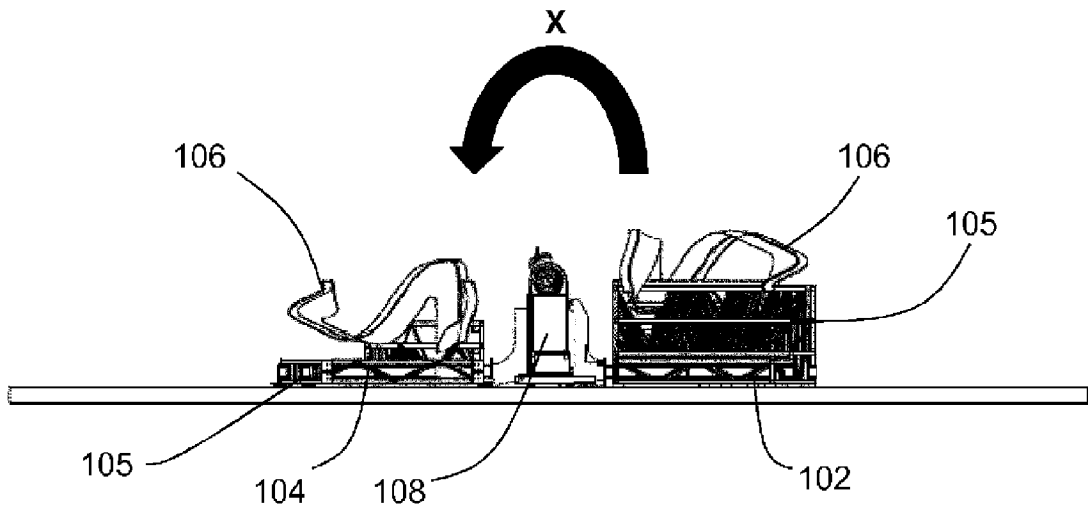


图 8(a)

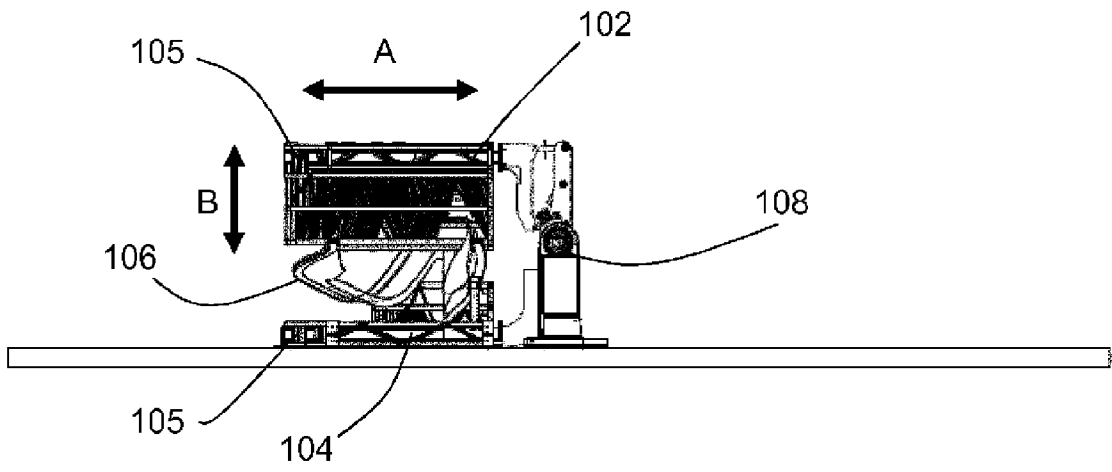


图 8(b)

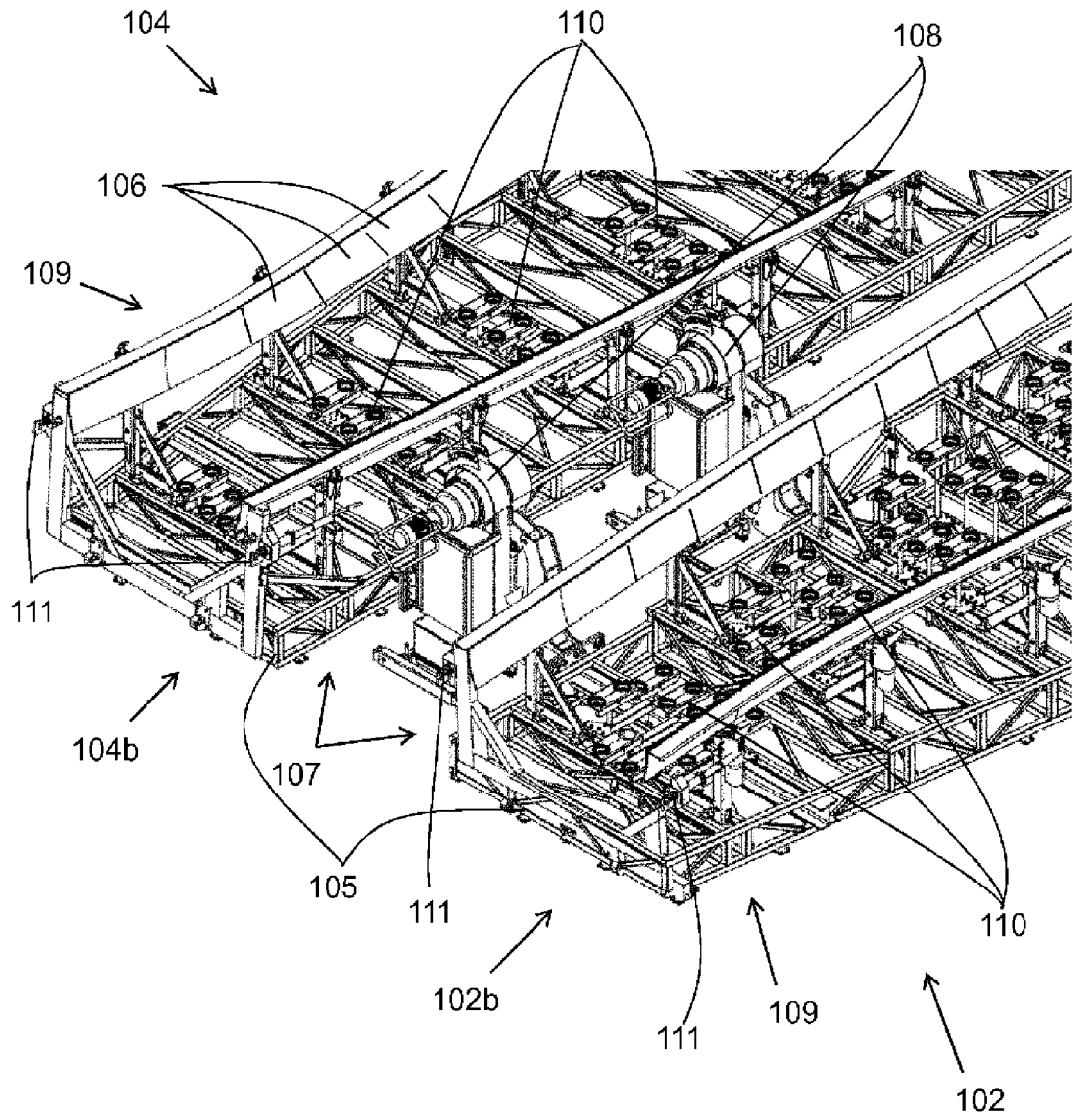


图 9

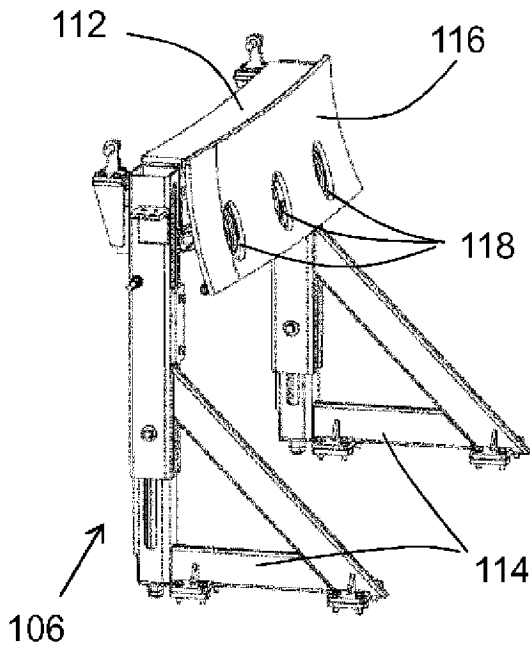


图 10(a)

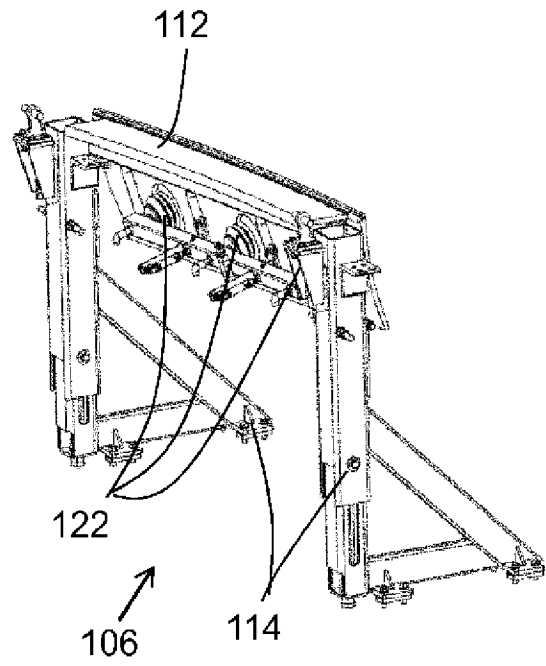


图 10(b)

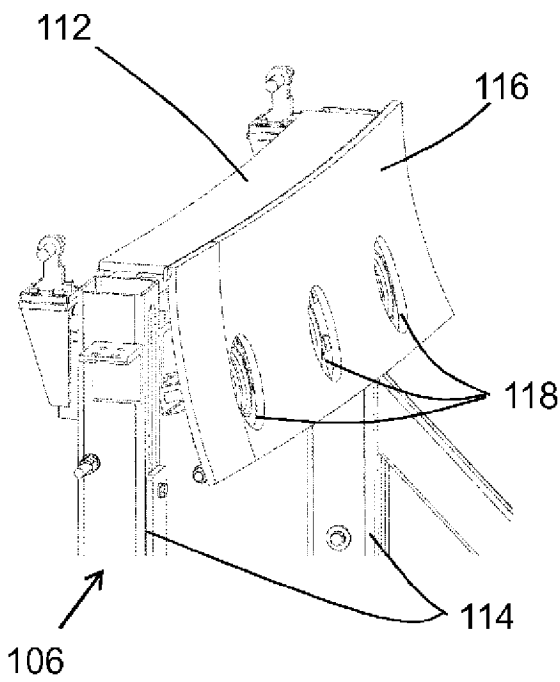


图 11(a)

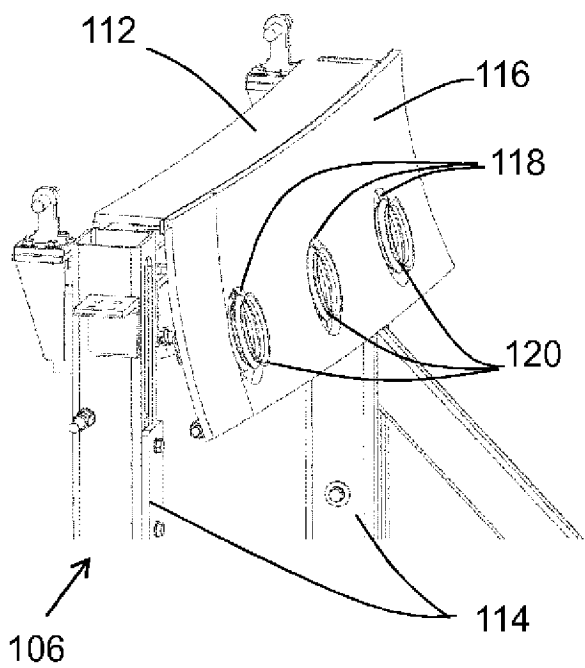


图 11(b)

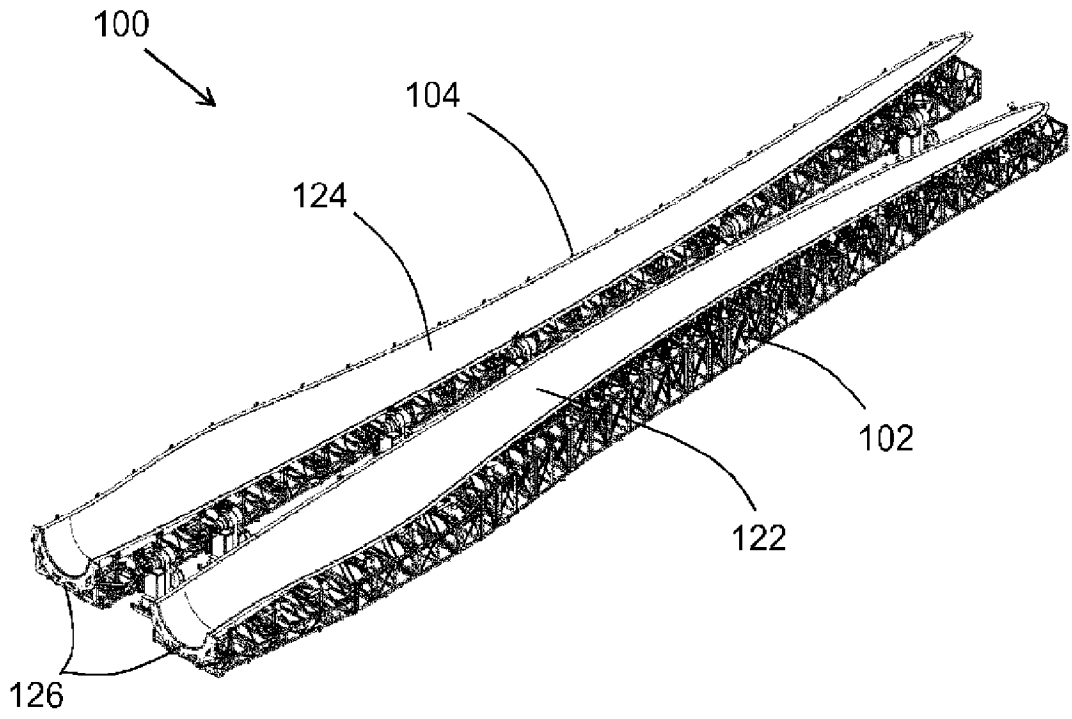


图 12

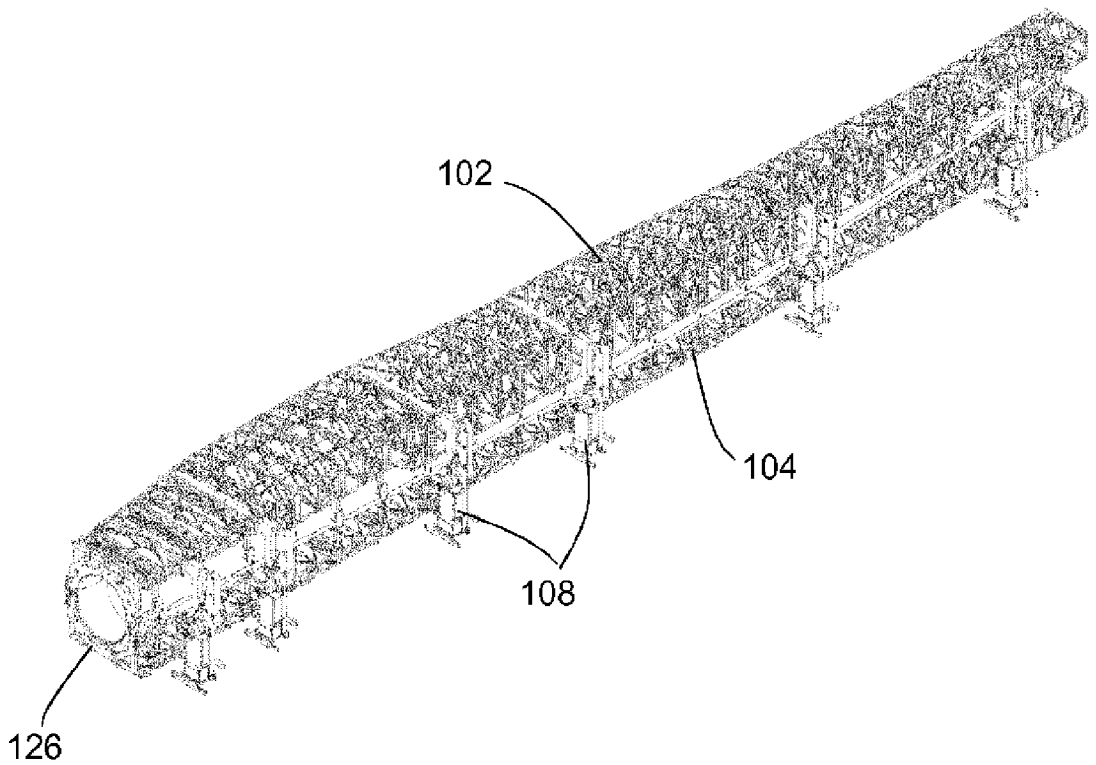


图 13

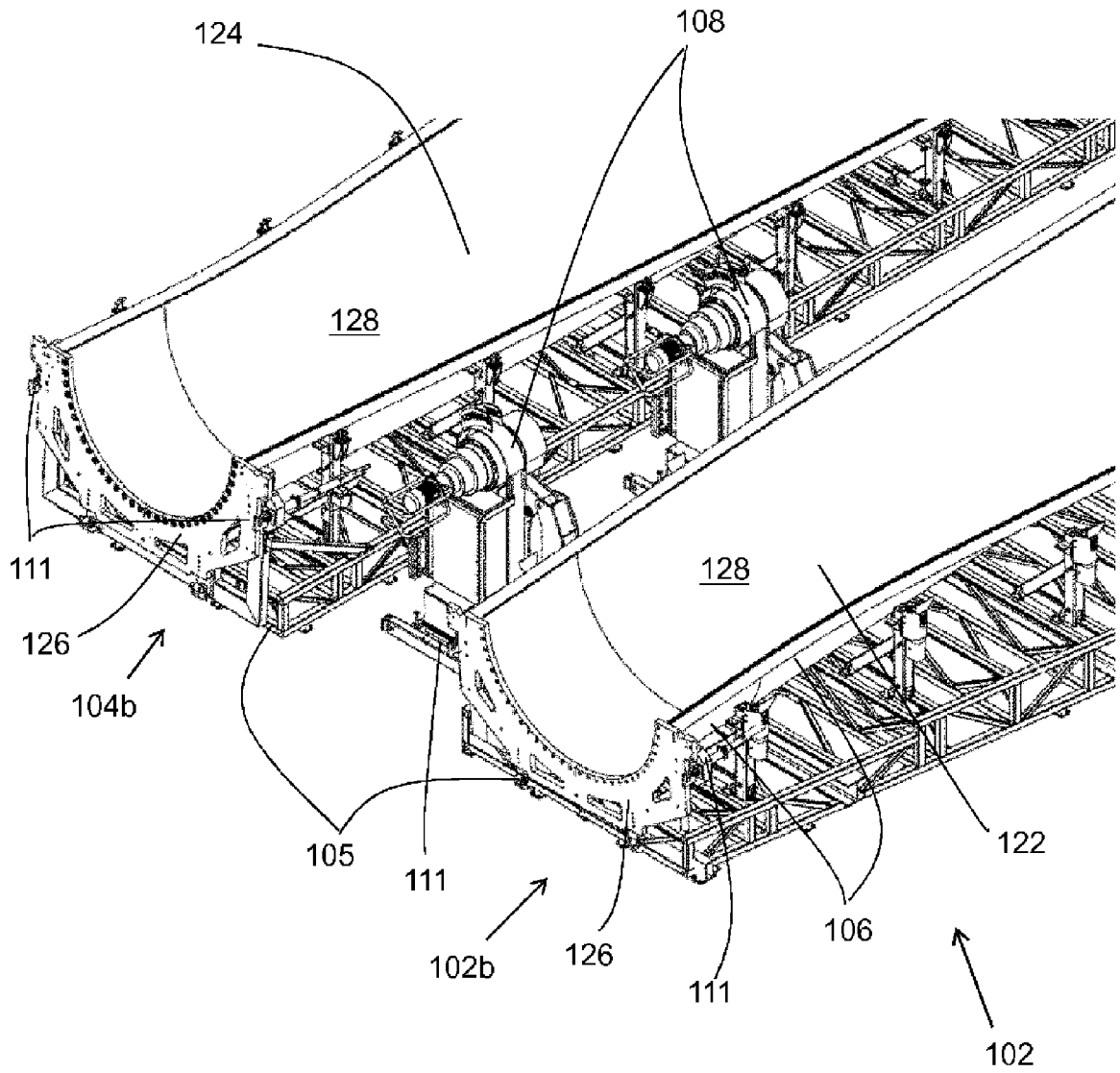


图 14

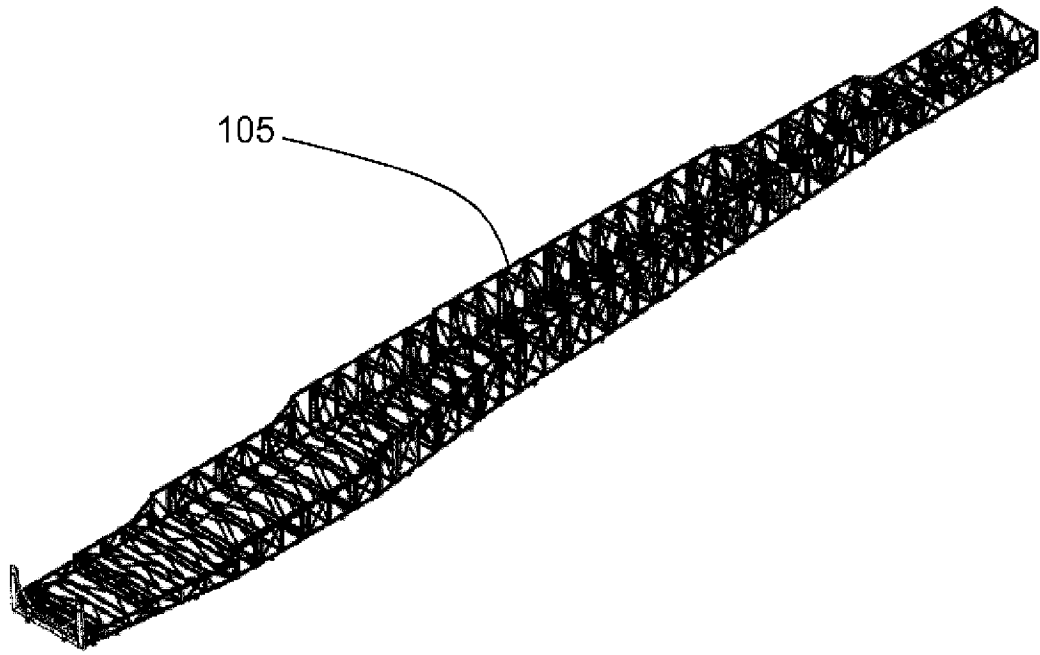


图 15(a)

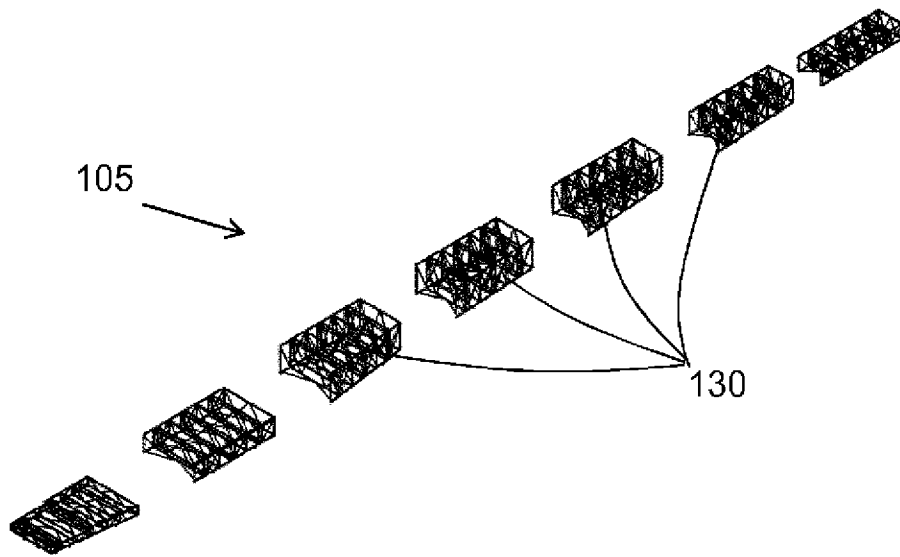


图 15(b)

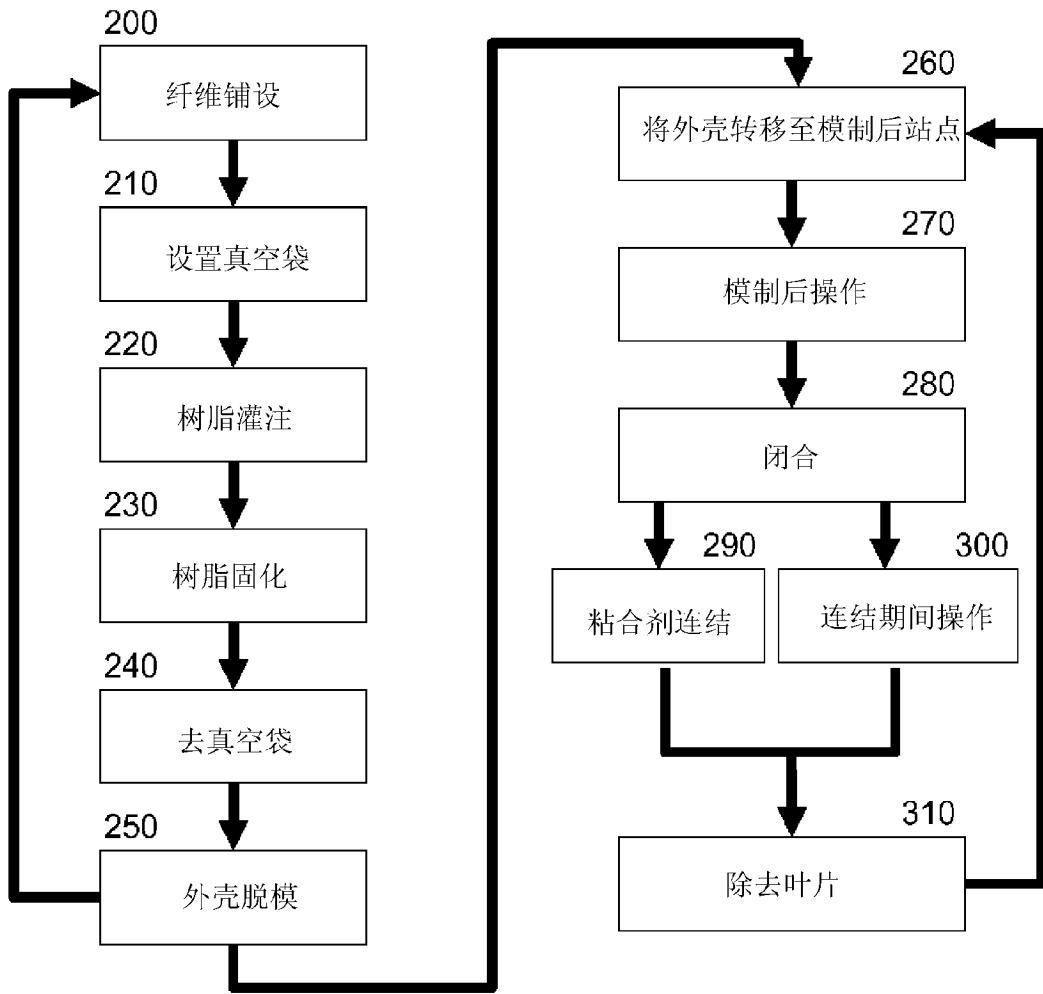


图 16