



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104632545 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201410630285. 7

(22) 申请日 2014. 11. 11

(30) 优先权数据

14/076441 2013. 11. 11 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 M. C. 布思 S. G. 里德尔

M. M. 威尔逊

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 严志军 肖日松

(51) Int. Cl.

F03D 11/00(2006. 01)

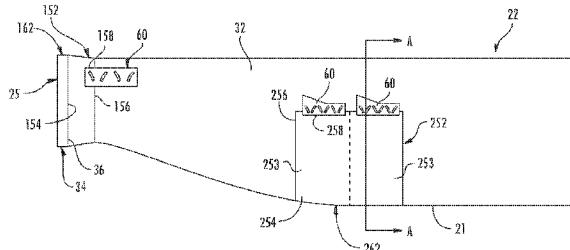
权利要求书1页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

用于在转子叶片上对准表面特征的模板

(57) 摘要

本发明公开了一种用于在转子叶片上对准表面特征的刚性模板。刚性模板定形为对应于转子叶片的表面。此外，刚性主体包括基端和与该基端相反的后端。基端构造为连接至对准结构，该对准结构相对于转子叶片固定。后端包括至少一个标记，该至少一个标记构造为在转子叶片的表面上定位至少一个表面特征。



1. 一种用于在风力涡轮的转子叶片上对准表面特征的刚性模板，所述刚性模板包括：

刚性主体，其定形为对应于所述转子叶片的表面，所述刚性主体包括基端和与所述基端相反的后端，

所述基端构造为连接至所述转子叶片的对准结构，所述对准结构相对于所述转子叶片固定，

所述后端包括至少一个标记，所述至少一个标记构造为在所述转子叶片的表面上定位至少一个表面特征。

2. 根据权利要求 1 所述的刚性模板，其特征在于，所述对准结构包括节距轴承、所述节距轴承的节距凸缘、根带、或叶根中的一者。

3. 根据权利要求 1 所述的刚性模板，其特征在于，所述刚性模板构造为当与所述对准结构对准时，沿所述转子叶片的表面从所述基端展向地延伸至所述后端。

4. 根据权利要求 1 所述的刚性模板，其特征在于，所述对准结构包括所述转子叶片的后缘，使得当与所述后缘对准时，所述刚性模板沿所述转子叶片的表面从所述后缘处的所述基端弦向地延伸至所述后端。

5. 根据权利要求 4 所述的刚性模板，其特征在于，所述基端还包括延伸部分，所述延伸部分构造为围绕转子叶片的后缘配合。

6. 根据权利要求 1 所述的刚性模板，其特征在于，还包括多个刚性模板节段。

7. 根据权利要求 1 所述的刚性模板，其特征在于，所述至少一个标记包括至少一个切口，所述至少一个切口构造为对准所述至少一个表面特征。

8. 根据权利要求 1 所述的刚性模板，其特征在于，还包括粘合剂或紧固部件中的至少一种，其中，所述粘合剂或所述紧固部件中的所述至少一者将所述表面特征固连至所述转子叶片的表面。

9. 根据权利要求 1 所述的刚性模板，其特征在于，所述表面特征包括至少一个空气流调节元件，所述至少一个空气流调节元件包括至少一个涡流发生器。

10. 根据权利要求 1 所述的刚性模板，其特征在于，所述刚性模板包括下列材料中的至少一种：塑料、热塑性塑料、复合材料、玻璃纤维、弹性体或金属。

## 用于在转子叶片上对准表面特征的模板

### 技术领域

[0001] 本发明大体涉及风力涡轮的领域，并且更具体地涉及用于在风力涡轮的转子叶片上对准表面特征的模板。

### 背景技术

[0002] 风能被认为是目前可获得的最洁净、最环境友好的能源中的一种，并且在这点上风力涡轮已获得越来越多的关注。现代风力涡轮典型地包括塔架、发电机、齿轮箱、机舱和转子。转子典型地包括可旋转毂，该可旋转毂具有附连至其的一个或更多个转子叶片。转子叶片使用已知的翼形件原理获取风的动能。例如，转子叶片典型地具有翼形件的横截面轮廓，使得在操作期间，空气流过叶片从而在侧部之间产生压差。因此，从压力侧向吸力侧引导的升力作用在叶片上。该升力在主转子轴上产生转矩，该扭矩被传动至发电机以用于产生电力。

[0003] 在本领域中已知的是，通过在叶片表面上附加凹坑、突出或其它结构来改变风力涡轮叶片的空气动力特性。这些结构通常称为“涡流发生器”并作为一种防止流动分离的手段用来在叶片表面上方产生局部区域的湍流空气流，并且因此优化绕叶片轮廓的空气动力空气流。常规的涡流发生器典型地包括具有一个或更多个隆起表面的基座，并使用粘合剂（例如胶）附连至叶片的吸力侧。

[0004] 重要的是在转子叶片的表面上适当地对准涡流发生器，以便获得所需的空气流动特性。因此，安装占用了与这些特征相关的时间和成本中的许多。一种常规安装方法包括软模板，该软模板典型地用胶布粘到转子叶片的表面，以对准涡流发生器和其它各种表面特征。但是，这些软模板与许多安装问题相关。例如，在安装和 / 或移除期间软模板可招致褶皱或破裂，从而导致未对准的涡流发生器。此外，由于环境条件（例如被风吹离叶片表面），软模板可被错放。此外，软模板难以在多重叶片上再利用。

[0005] 另一环境安装方法包括使用线绳手工地测量并对准涡流发生器。但是，这种方法与许多安装问题相关。例如，手工测量并对准涡流发生器可耗费许多时间来完成，并且可导致操作者误差和 / 或不同操作者之间的不一致性。

[0006] 因此，该产业将从用于在转子叶片的表面上对准表面特征的改良模板中受益。更具体地，至少解决前述问题并减少安装时间和成本的刚性模板将会是有利的。

### 发明内容

[0007] 本发明的方面和优点将在下列描述中部分地示出，或可从描述变得明显，或可通过本发明的实施而习得。

[0008] 根据本发明的方面，公开了用于在风力涡轮的转子叶片上对准表面特征的刚性模板。刚性模板包括刚性主体，该刚性主体定形为对应于转子叶片的表面。刚性主体包括基端和与基端相反的后端。基端构造为连接至转子叶片的对准结构，对准结构相对于转子叶片固定。后端包括至少一个标记，该至少一个标记构造为在转子叶片的表面上定位至少一

个表面特征。

[0009] 在另一方面中,公开了用于在风力涡轮的转子叶片表面上对准表面特征的方法。该方法包括:在转子叶片上定位对准结构,该对准结构相对于转子叶片固定;将刚性模板连接至对准结构,刚性模板包括至少一个标记,该至少一个标记构造为在转子叶片的表面上定位至少一个表面特征;从转子叶片的表面移除刚性模板;并且,在转子叶片的表面上与该至少一个标记对应地固连该至少一个表面特征。

[0010] 技术方案 1:一种用于在风力涡轮的转子叶片上对准表面特征的刚性模板,刚性模板包括:刚性主体,其定形为对应于转子叶片的表面,刚性主体包括基端和与基端相反的后端,基端构造为连接至转子叶片的对准结构,对准结构相对于转子叶片固定,后端包括至少一个标记,至少一个标记构造为在转子叶片的表面上定位至少一个表面特征。

[0011] 技术方案 2:根据技术方案 1 所述的刚性模板,其中,对准结构包括节距轴承、节距轴承的节距凸缘、根带、或叶根中的一者。

[0012] 技术方案 3:根据技术方案 1 所述的刚性模板,其中,刚性模板构造为当与对准结构对准时,沿转子叶片的表面从基端展向地(span-wise)延伸至后端。

[0013] 技术方案 4:根据技术方案 1 所述的刚性模板,其中,对准结构包括转子叶片的后缘,使得当与后缘对准时,刚性模板沿转子叶片的表面从后缘处的基端弦向地延伸至后端。

[0014] 技术方案 5:根据技术方案 4 所述的刚性模板,其中,基端还包括延伸部分,延伸部分构造为围绕转子叶片的后缘配合。

[0015] 技术方案 6:根据技术方案 1 所述的刚性模板,其中,还包括多个刚性模板节段。

[0016] 技术方案 7:根据技术方案 1 所述的刚性模板,其中,至少一个标记包括至少一个切口,至少一个切口构造为对准至少一个表面特征。

[0017] 技术方案 8:根据技术方案 1 所述的刚性模板,其中,还包括粘合剂或紧固部件中的至少一种,其中,粘合剂或紧固部件中的至少一者将表面特征固连至转子叶片的表面。

[0018] 技术方案 9:根据技术方案 1 所述的刚性模板,其中,表面特征包括至少一个空气流调节元件,至少一个空气流调节元件包括至少一个涡流发生器。

[0019] 技术方案 10:根据技术方案 1 所述的刚性模板,其中,刚性模板包括下列材料中的至少一种:塑料、热塑性塑料、复合材料、玻璃纤维、弹性体或金属。

[0020] 技术方案 11:一种用于在风力涡轮的转子叶片表面上对准表面特征的方法,方法包括:在转子叶片上定位对准结构,对准结构相对于转子叶片固定;将刚性模板连接至对准结构,刚性模板包括至少一个标记,至少一个标记构造为在转子叶片的表面上定位至少一个表面特征;从转子叶片的表面移除刚性模板;和在转子叶片的表面上与至少一个标记对应地固连至少一个表面特征。

[0021] 技术方案 12:根据技术方案 11 所述的方法,其中,将刚性模板连接至对准结构的步骤还包括将多个刚性模板节段连接到一起。

[0022] 技术方案 13:根据技术方案 11 所述的方法,其中,对准结构包括节距轴承、节距轴承的节距凸缘、根带、叶根、或转子叶片的后缘中的一者。

[0023] 技术方案 14:根据技术方案 13 所述的方法,其中,当与对准结构连接时,刚性模板沿转子叶片的表面从基端展向地延伸至后端。

[0024] 技术方案 15:根据技术方案 11 所述的方法,其中,对准结构包括转子叶片的后缘,

使得当与后缘连接时,刚性模板沿转子叶片的表面从基端弦向地延伸至后端。

[0025] 技术方案 16 :根据技术方案 15 所述的方法,其中,还包括围绕转子叶片的后缘安装基端的延伸部分。

[0026] 技术方案 17 :根据技术方案 11 所述的方法,其中,至少一个标记包括切口,切口构造为对准至少一个表面特征。

[0027] 技术方案 18 :根据技术方案 11 所述的方法,其中,在转子叶片的表面上与至少一个标记对应地固连至少一个表面特征还包括利用粘合剂或紧固部件中的至少一种。

[0028] 技术方案 19 :根据技术方案 11 所述的方法,其中,表面特征包括至少一个空气流调节元件,至少一个空气流调节元件包括至少一个涡流发生器。

[0029] 技术方案 20 :根据技术方案 11 所述的方法,其中,刚性模板包括下列材料中的至少一种:塑料、热塑性塑料、复合材料、玻璃纤维、弹性体或金属。

[0030] 参照下列描述和所附权利要求,本发明的这些和其他特征、方面以及优点将变得更好理解。并入本说明书中并组成其一部分的附图示出了本发明的实施例,并与说明书一起用以说明本发明的原理。

## 附图说明

[0031] 针对本领域技术人员的本发明的完整和能够实施的公开在参照附图的说明书中示出,包括其最佳模式,在附图中:

图 1 根据本公开示出了风力涡轮的透视图;

图 2 根据本公开示出了转子叶片的透视图,该转子叶片包括用于在转子叶片的表面上对准表面特征的刚性模板的一个实施例;

图 3 示出了图 2 的刚性模板的特写透视图;

图 4 根据本公开示出了转子叶片的局部透视图,该转子叶片包括用于在转子叶片的表面上对准表面特征的刚性模板的各种实施例;

图 5 示出沿 A-A 线的图 4 的转子叶片的横截面;

图 6 根据本公开示出了转子叶片的透视图,该转子叶片包括用于在转子叶片的表面上对准表面特征的刚性模板的另一实施例;

图 7 根据本公开示出了用于在转子叶片的表面上对准表面特征的方法的一个实施例。

## [0032] 构件列表

10	风力涡轮
12	塔架
13	翼弦
14	基础
15	翼展
16	机舱
17	主体壳
18	转子
19	前缘
20	可旋转毂

21	后缘
22	转子叶片
25	叶根
26	后缘
27	叶顶
28	根部凸缘
30	压力侧表面
32	吸力侧表面
34	节距轴承
36	节距凸缘
52	刚性模板
53	刚性主体
54	基端
56	后端
58	标记
60	表面特征
62	对准结构
100	方法
102	在转子叶片上定位对准结构,该对准结构相对于转子叶片固定
104	将刚性模板连接至对准结构,刚性模板包括至少一个标记,该至少一个标记构造为在转子叶片的表面上定位至少一个表面特征
106	从转子叶片的表面上移除刚性模板
108	在转子叶片的表面上与至少一个标记对应地固连至少一个表面特征
152	刚性模板
154	基端
156	后端
158	标记
162	对准结构
252	刚性模板
253	刚性模板节段
254	基端
256	后端
258	标记
262	对准结构
264	延伸部分。

### 具体实施方式

[0033] 现在将详细地参照本发明的实施例,其一个或更多个实例在附图中示出。各个实施例作为本发明的说明而非本发明的限制的形式提供。事实上,对于本领域技术人员是显

而易见的是，在不脱离本发明的范畴和精神的情况下，在本发明中可进行各种更改和变化。例如，示出或描述为一个实施例的部分的特征可与其他实施例一起使用，以产生又一实施例。因此，意图本发明包括在所附权利要求的范围内的这种更改和变化，和它们的等同物。

[0034] 由于本发明可涉及风力涡轮叶片，所以在本文中描述本发明。但是应当理解的是，根据本发明的原理的独特的系统和方法不限于用在风力涡轮叶片上，而是能够应用至可从本发明受益的任何类型的翼形件或流动表面。这种表面的实例包括飞机机翼、船体、帆等。

[0035] 大体上，本公开针对用于在风力涡轮的转子叶片的表面上对准表面特征的刚性模板。刚性模板具有刚性主体，该刚性主体包括基端和后端。该刚性主体可定形为对应于转子叶片的表面，或者可充分可挠以与转子叶片的表面一起弯曲。因此，在本文中使用的术语“刚性”意味着包含不容易弯曲和 / 或操作的模板，以及充分可挠以与叶片一起弯曲而不起褶、破裂或变得不对准的模板。由此，模板的刚性可为模板厚度和 / 或构造材料的结果。模板的基端构造为与转子叶片的对准结构（例如节距轴承的节距凸缘或转子叶片的后缘）连接。此外，刚性模板包括至少一个标记，该至少一个标记构造为在转子叶片的表面上定位至少一个表面特征。

[0036] 应当理解的是，在本文中使用的术语“表面特征”可包括可附加至转子叶片表面的任何特征。例如，在一个实施例中，表面特征可为空气流调节元件，例如叶片表面上的涡流发生器、凹坑、突出和 / 或其它特征。在另一实施例中，表面特征可包括至少一个丝线（tuft）或失速旗（stall flag）。在又一实施例中，表面特征可在该领域中已知的任何适当的表面特征。此外，在本文中描述的刚性模板可用以对准任意数量（从一个至多于一个）的表面特征。此外，在本文中描述的表面特征可具有在本发明的范围和精神内的任何适当形状构造。例如，该表面特征可具有翅片、楔型或本领域中已知的任意其它适当的形状。

[0037] 模板的刚性提供了各种优点。例如，由于该刚性，在安装和 / 或移除期间，模板可用以快速且准确地在转子叶片的表面上定位表面特征，而不起褶或破裂。因此，在本文中描述的系统和方法提供了安装时间和成本方面的显著减少。此外，刚性模板可容易地在多个叶片上再利用。此外，刚性模板可由多个刚性模板节段构造成，使得各种节段可容易地升上塔架而不使用昂贵的起重机。

[0038] 现参照附图，图1根据本公开示出了风力涡轮10的一个实施例的透视图。如所示，风力涡轮10包括从支撑表面14延伸的塔架12、安装在塔架12上的机舱16，和联接至机舱16的转子18。转子18包括可旋转毂20和联接至毂20并从其向外延伸的至少一个转子叶片22。例如，在示出的实施例中，转子18包括三个转子叶片22。但是，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。各个转子叶片可围绕毂20间隔开，以有助于使转子18旋转，以使动能能够从风转化为能够使用的机械能，且随后转化为电能。例如，毂20可以可旋转地联接至机舱16，机舱16包封了发电机（未显示）以允许产生电能。

[0039] 现参照图2，根据本公开示出了转子叶片22的透视图，该转子叶片22包括系统50的一个实施例，以用于在转子叶片22的表面上对准表面特征60。如所示，转子叶片22通常包括叶根25和与叶根25相反地布置的叶顶27，叶根25构造为安装或以其他方式固连至风力涡轮10的毂20（图1）。转子叶片22的主体壳17大体在叶根25与叶顶27之间延伸。主体壳17可大体用作转子叶片22的外部壳体 / 覆盖，并且可例如通过限定对称或拱

形的翼形件形状横截面来限定基本空气动力剖面。

[0040] 主体壳 17 还可限定在转子叶片 22 的前缘 19 与后缘 21 之间延伸的压力侧表面 30 和吸力侧表面 32。此外,转子叶片 22 还可具有翼展 15 和翼弦 13,翼展 15 限定叶根 25 与叶顶 27 之间的总长,翼弦 13 限定前缘 19 与后缘 21 之间的总长。如通常所理解的,随着转子叶片 22 从叶根 25 延伸至叶顶 27,翼弦 13 可大体相对于翼展 15 而在长度方面变化。此外,“展向”通常理解为指基本平行于转子叶片 22 的翼展 15,而“弦向”通常理解为指基本平行于转子叶片 22 的翼弦 13。

[0041] 现参照图 3,刚性模板 52 可具有刚性主体 53,刚性主体 53 具有基端 54 和与基端 54 相反的后端 56。基端构造为连接至对准结构 62,对准结构 62 相对于转子叶片 22 固定。例如,在示出的实施例中,对准结构 62 是节距轴承 34 的节距凸缘 36。因此,刚性模板 52 构造为当与对准结构 62 对准时,沿转子叶片 22 的表面从节距凸缘 36 处的基端 54 展向地延伸至后端 56。

[0042] 刚性模板 52 可还包括至少一个标记 58,该至少一个标记 58 构造为定位一个或更多个表面特征 60。例如,如图 3 所示出,标记 58 包括切口。因此,该切口可构造为用于容纳至少一个表面特征 60。备选地,该切口可用作模绘板 (stencil),使得可标记表面特征 60 的期望位置且随后进行安装。此外,该切口可用作用于油漆移除的模绘板或用于在表面特征或附件安装在叶片 22 表面上之前的预处理的掩模。

[0043] 本领域技术人员应当理解的是,在本文中描述的刚性模板不限于对准表面特征,而是也可提供各种附加功能。例如,刚性模板上的标记也可用作用于丝线位置的预切割标记。此外,刚性模板可用来提供用于叶片损坏的精确参考位置。因此,刚性模板也可包括标尺或刻度,以有助于定位叶片损坏,从而提供用于精确地定位叶片损坏和与多个转子叶片相关的编目录问题的装置。

[0044] 对准结构 62 可以是任何相对于转子叶片 22 固定的结构,不论是转子叶片 22 的一体部分还是安装在转子叶片 22 上的单独结构。例如,对准结构 62 可包括根带 (root band)、叶根 25、后缘 21 等。在本文中描述的根带是安装和固定在转子叶片 22 上以便有助于对准刚性模板 52 的任何适当的带或特征。此外,根带可以是刚性或柔性带,具有任意适当的形状且由任意适当的材料制成。例如,根带可在叶根 25 附近或叶顶 27 附近围绕转子 22 的翼弦 13 周向地安装。此外,转子叶片 22 可制造为包括隆起或凹槽形的对准结构 62。此外,对准结构 62 可定位在转子叶片 22 上的任何位置处。例如,对准结构 62 可定位在叶根 25 附近或可定位在叶顶 27 附近。使用在本文中描述的对准结构 62 的另一优点为具有用于连接刚性模板 52 的固定参考位置,由此在叶片 22 上适当地对准表面特征 60。

[0045] 现参照图 4,示出刚性模板 152、252 的附加实施例。在绘出的实施例中,刚性模板 152 与叶根 25 附近的对准结构 162 对准 (即,对应于节距轴承 34 的节距凸缘 36)。因此,刚性模板 152 构造为当与节距凸缘 36 对准时,沿转子叶片 22 的表面展向地从基端 154 延伸至后端 156。备选地,刚性模板 252 可与对准结构 262 对准,对准结构 262 对应于转子叶片 22 的后缘 21。因此,刚性模板 252 构造为当与后缘 21 对准时,沿转子叶片 22 的表面弦向地从基端 254 延伸至后端 256。

[0046] 本领域技术人员应当理解的是,刚性模板可定位于转子叶片的流动表面 30、32 中的任一者或两者上的任何位置处。例如,如图 4 所示,刚性模板 152、252 安装在转子叶片 22

的吸力侧表面 32 上。在另一实施例中，刚性模板也可提供在压力侧表面 30 上。此外，刚性模板可定形为对应于转子叶片 22 的任何表面。例如，如图 3 所示，刚性模板 52 具有大体矩形的形状和与转子叶片 22 的表面对应的剖面。备选地，刚性模板 152 可具有大体环形形状，使得其可围绕叶根 25 安装（图 4）。刚性模板 152 还包括后端 156 内的切口 158，切口 158 构造为用于容纳表面特征 160。此外，在又一实施例中，刚性模板可定形为连接到对准结构，使得刚性模板的形状将刚性模板保持至叶片表面。更具体地，刚性模板可定形为连接在节距轴承 36 的节距凸缘 36 上方（图 3）。在又一实施例中，刚性模板可利用粘合剂（例如胶带、胶或本领域中已知的任何其它适当的粘合剂）而被可选地并且临时地保持在叶片表面上的适当位置中。

[0047] 仍然参照图 4，在另一实施例中，刚性模板 252 可包括如通过点线示出的多个刚性模板节段 253。例如，如所示，刚性模板 252 包括两个刚性模板节段 253。在附加实施例中，刚性模板 252 可包括多于两个或少于两个的刚性模板节段 253。各个节段 253 可设计为使得其与另一节段 253 对准和 / 或连接。此外，各个节段 253 可编号，使得操作者可快速地且容易地以预定顺序安装各个节段 253。如所提及到的，提供分段的刚性模板 252 允许风力涡轮 10 塔架上的简单安装，而不使用昂贵的起重机。此外，与单个较大的模板相比，节段 253 对于操作者而言可更容易操作。

[0048] 现参照图 5，示出沿 A-A 线的图 4 的转子叶片 22 的空气动力截面。如所示，刚性模板 252 具有基端 254 和后端 256。在示出的实施例中，基端 254 包括延伸部分 264，延伸部分 264 构造为绕转子叶片 22 的后缘 21 固定。因此，在使用模板时，延伸部分 264 能够将刚性模板 252 临时地固连至转子叶片，由此进一步阻止模板的移动和由此导致的表面特征的未对准。当模板的使用时完成时，延伸部分 264 还提供模板从转子叶片 22 的简单移除。

[0049] 现参照图 6，示出了图 4 的转子叶片 22 的另一透视图，转子叶片 22 包括附连至其的多个表面特征 60。如所示，刚性模板 152 与对准结构 162 对准（即，对应于节距轴承 34 的节距凸缘 36）。刚性模板 152 包括切口 158，切口 158 构造为用于容纳表面特征 60。多个表面特征 60 串联地连接至第一个表面特征 60，使得表面特征 60 中的各个在转子叶片 22 的表面上适当地对准。例如，如在示出的实施例中所示，该多个表面特征 60 设计成并在尺寸方面设置为使得当使用刚性模板 152 安装时，表面特征 60 的至少一部分与转子叶片 22 的前缘 19 平行。

[0050] 应当理解的是，刚性模板可使用本领域中已知的任何适当的手段和材料来制造。例如，在一个实施例中，刚性模板可将转子叶片的表面用作模具利用注射模制来制造。此外，转子叶片自身可用作用于刚性模板的玻璃纤维模具。此外，刚性模板可由任何适当的材料构造，以便提供如在本文中描述的适当的作用。例如，刚性模板可由塑料、热塑性塑料、复合材料、玻璃纤维、弹性体、金属等和它们的任何组合构造。此外，刚性模板可具有任何适当的厚度，以便提供适当的刚性。例如，在一个实施例中，模板具有范围从大约 1 毫米 (mm) 至大约 5mm 的厚度。备选地，刚性模板的至少一部分可具有少于 1mm 的厚度，使得其能够靠着转子叶片的表面模制。在又一实施例中，模板的至少一部分可具有多于 5mm 的厚度。在这种实施例中，刚性模板可预成形，以便与转子叶片的表面一致。

[0051] 此外，刚性模板的至少一部分可包括具有格栅的半透明材料。因此，在又一实施例中，刚性模板可用以提供用于表面特征和 / 或叶片损坏的精确参考位置。此外，如所述，刚

性模板可包括标尺或刻度，以用于精确地限定表面特征和 / 或叶片损坏的位置。因此，该位置可直接定位在半透明刚性模板上。该位置可然后用于生成损伤库或目录，其中，叶片损伤问题可基于刚性模板上的标记位置（例如模板节段号、弦向位置、展向位置等）来记录。

[0052] 现参照图 7，本发明还包括用于在转子叶片 22 的表面上对准表面特征的方法 100。该方法 100 包括在转子叶片上定位对准结构的步骤 102，该对准结构相对于转子叶片固定。该方法 100 还可包括将刚性模板连接至对准结构（步骤 104），该刚性模板包括至少一个标记，该至少一个标记构造为在转子叶片的表面上定位至少一个表面特征。此外，连接刚性模板的步骤（步骤 104）还可包括将多个刚性模板节段连接到一起以形成刚性模板。在一个实施例中，刚性模板节段可标号，使得它们以预定顺序连接。方法 100 还可包括又一步骤 106：与至少一个标记对应地在转子叶片的表面上固连该至少一个表面特征。固连步骤 106 还可包括使用粘合剂、紧固部件等。方法 100 还可包括从转子叶片的表面移除刚性模板（步骤 108）。在另一实施例中，移除步骤 108 可在表面特征固连至转子叶片 22 之后完成。因此，当从转子叶片的表面移除刚性模板时，该一个或更多个表面特征在叶片的表面上保持于适当的位置。备选地，移除步骤 108 可在表面特征固连至转子叶片 22 之前完成。因此，刚性模板可使用标记，并且该方法还可包括在移除模板之前标记表面特征的位置。

[0053] 虽然已经参考具体示范实施例及其方法详细地描述了本主题，但是本领域技术人员将理解，在获得前述的理解后，可容易地作出这种实施例的替换、变型和等同物。如所提到的，应当理解，本发明能够应用于任何类型的流动表面，并且不限于风力涡轮叶片。由此，本公开的范围是作为实例而不是作为限制，并且本公开主旨不排除包含对于本领域技术人员将是显而易见的对本主旨的此种更改、变型和 / 或添加。

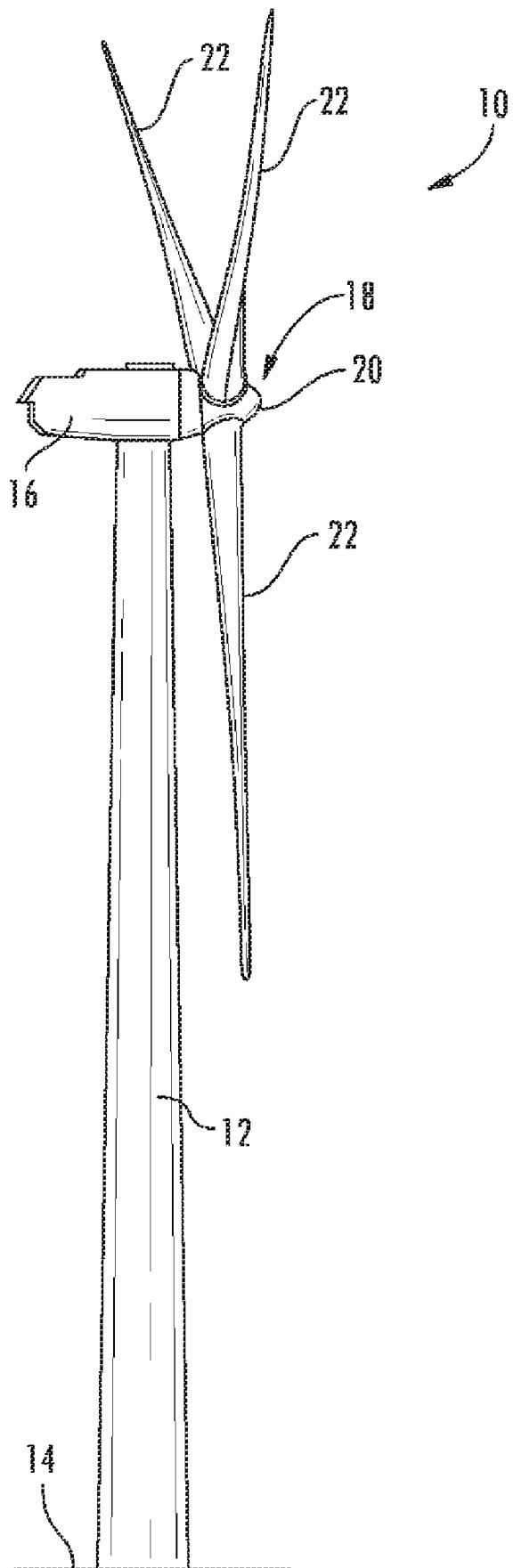


图 1

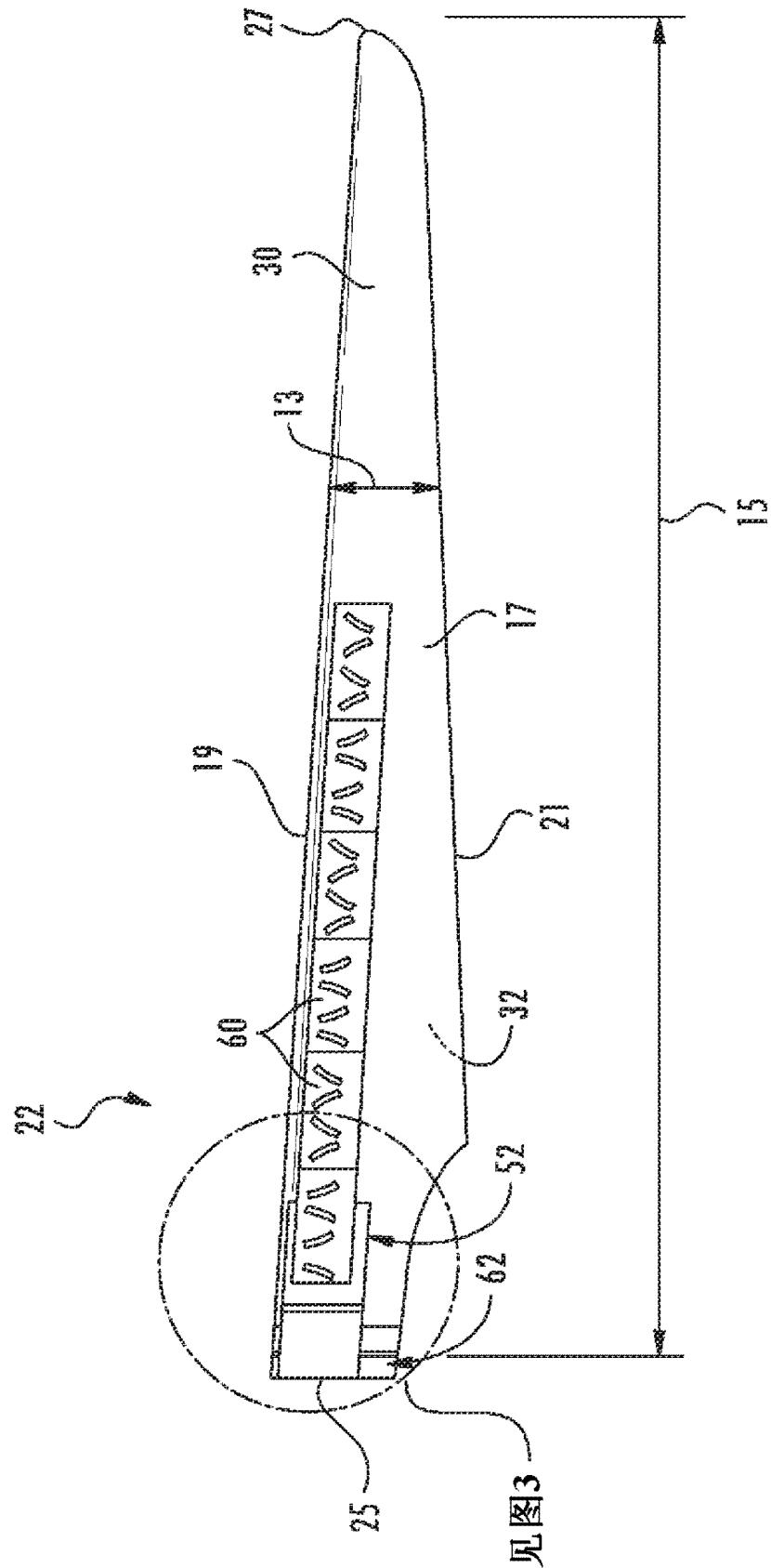


图 2

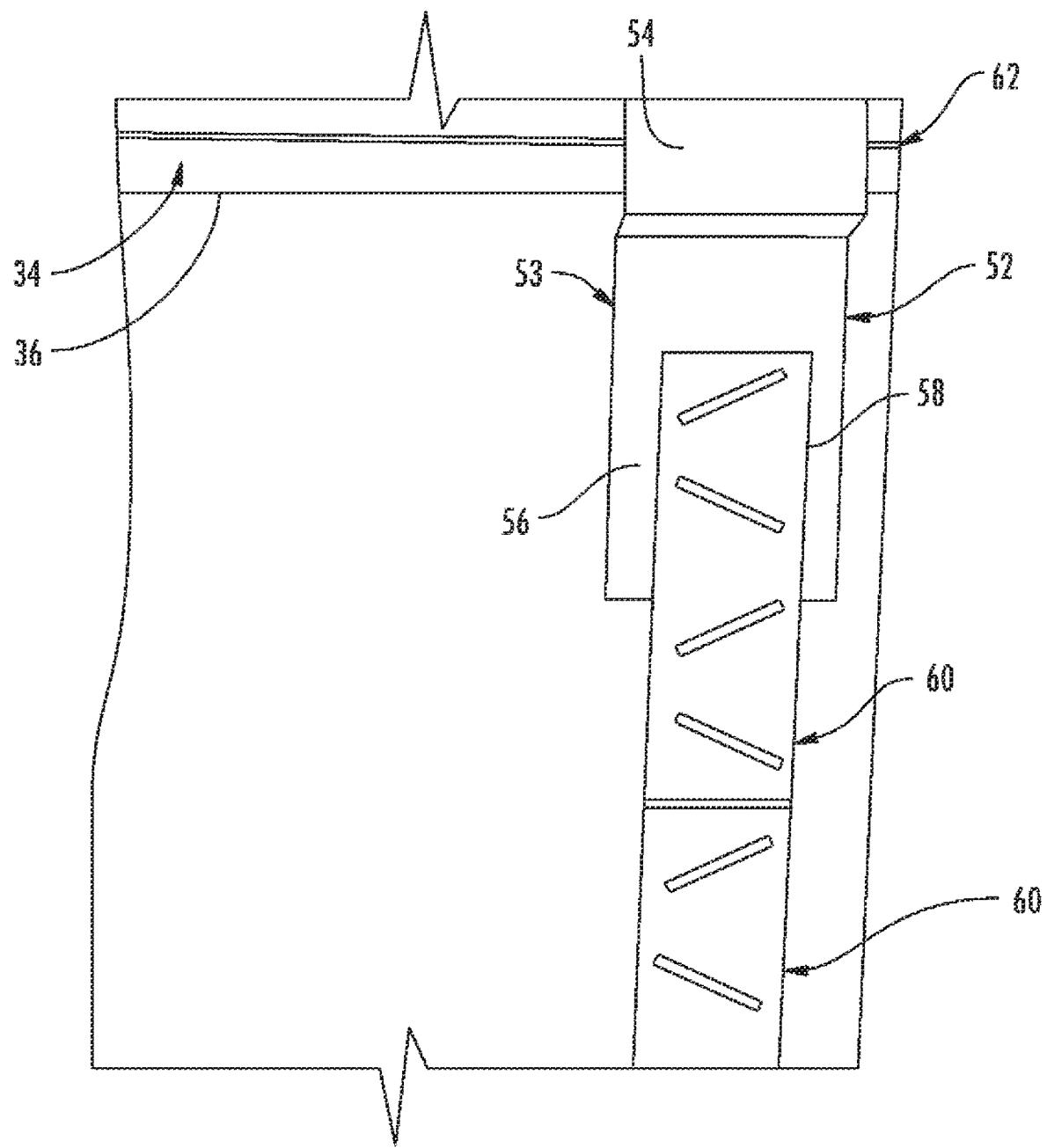


图 3

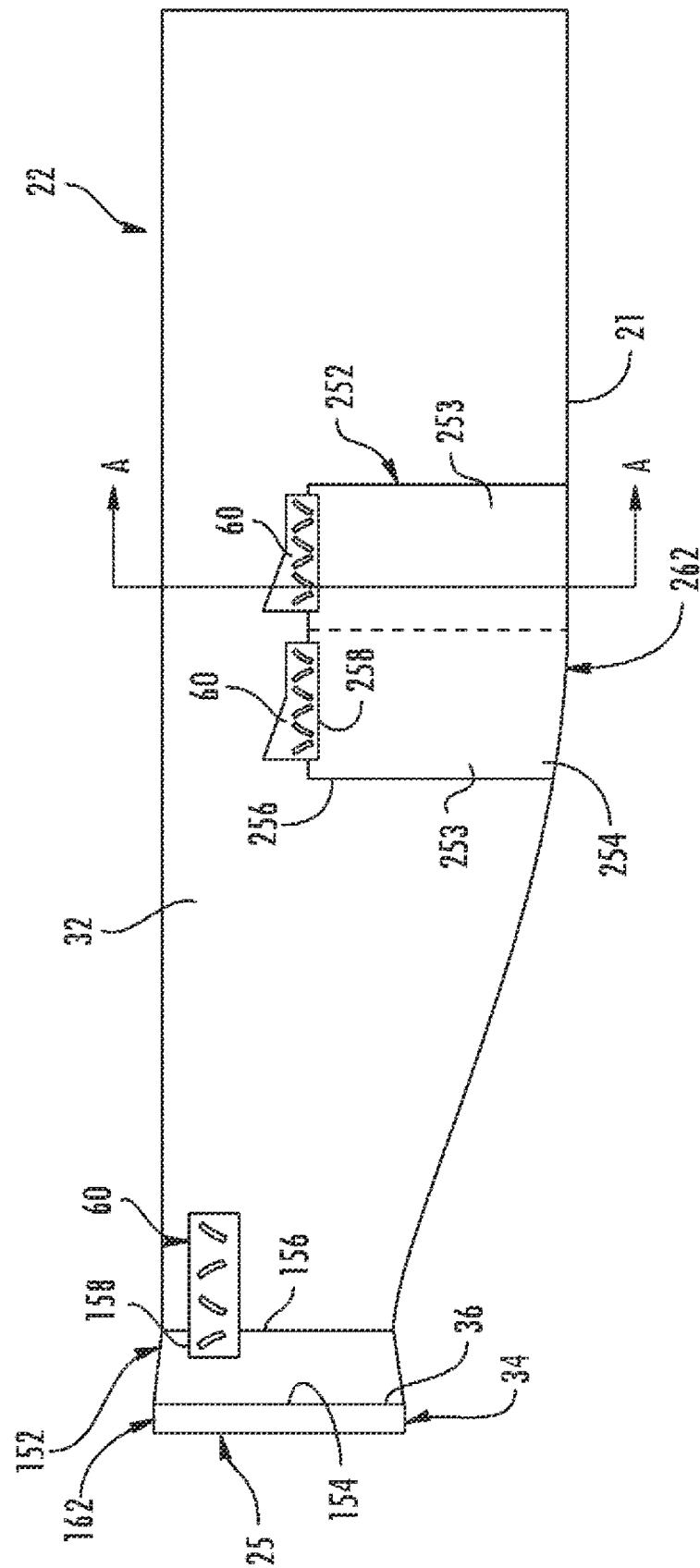


图 4

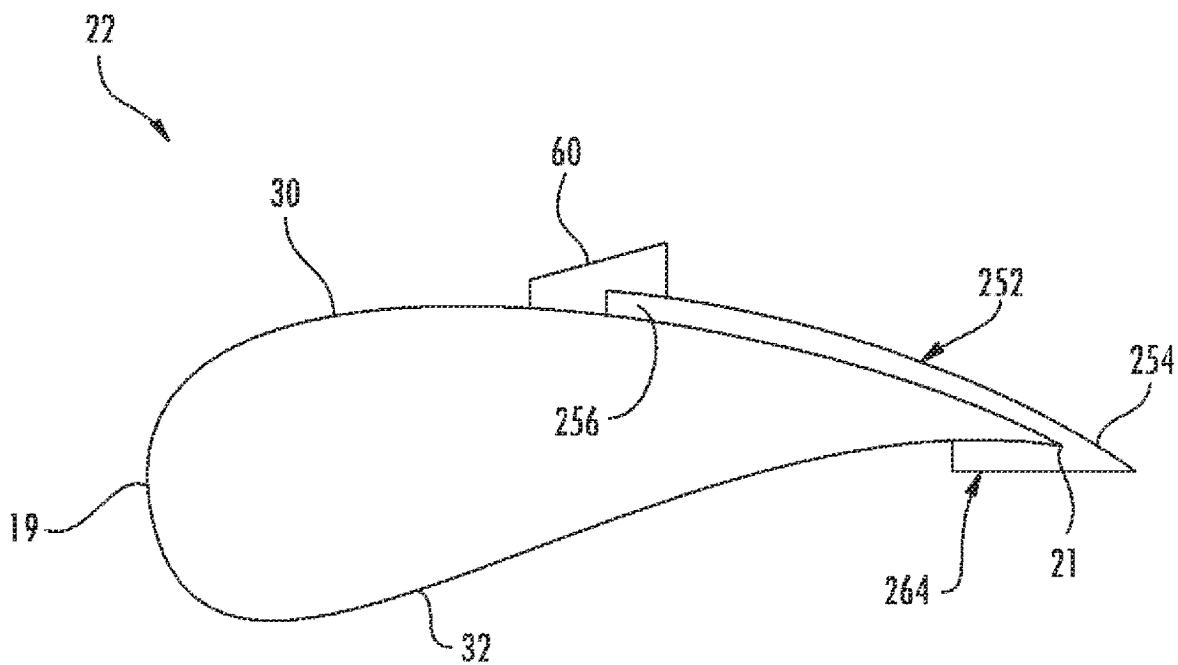


图 5

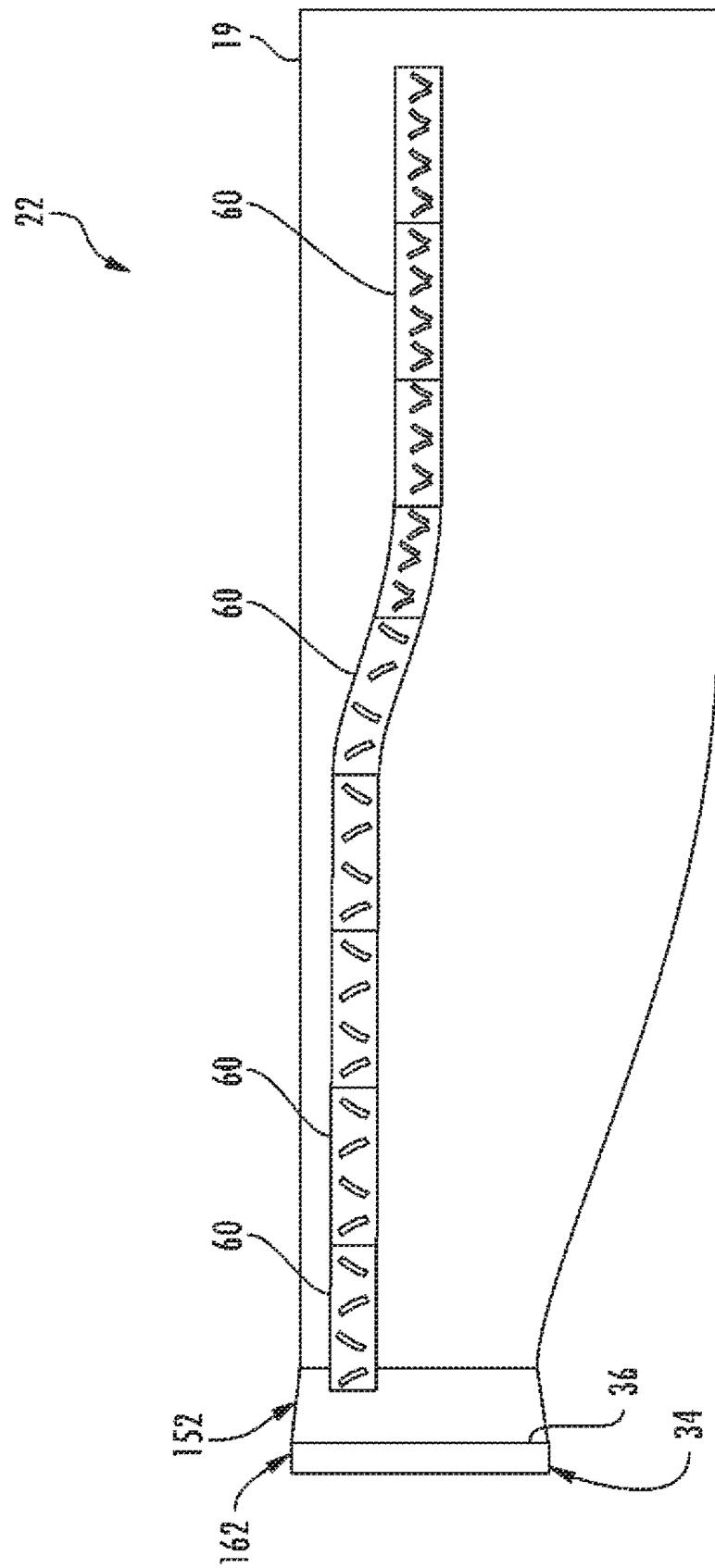


图 6

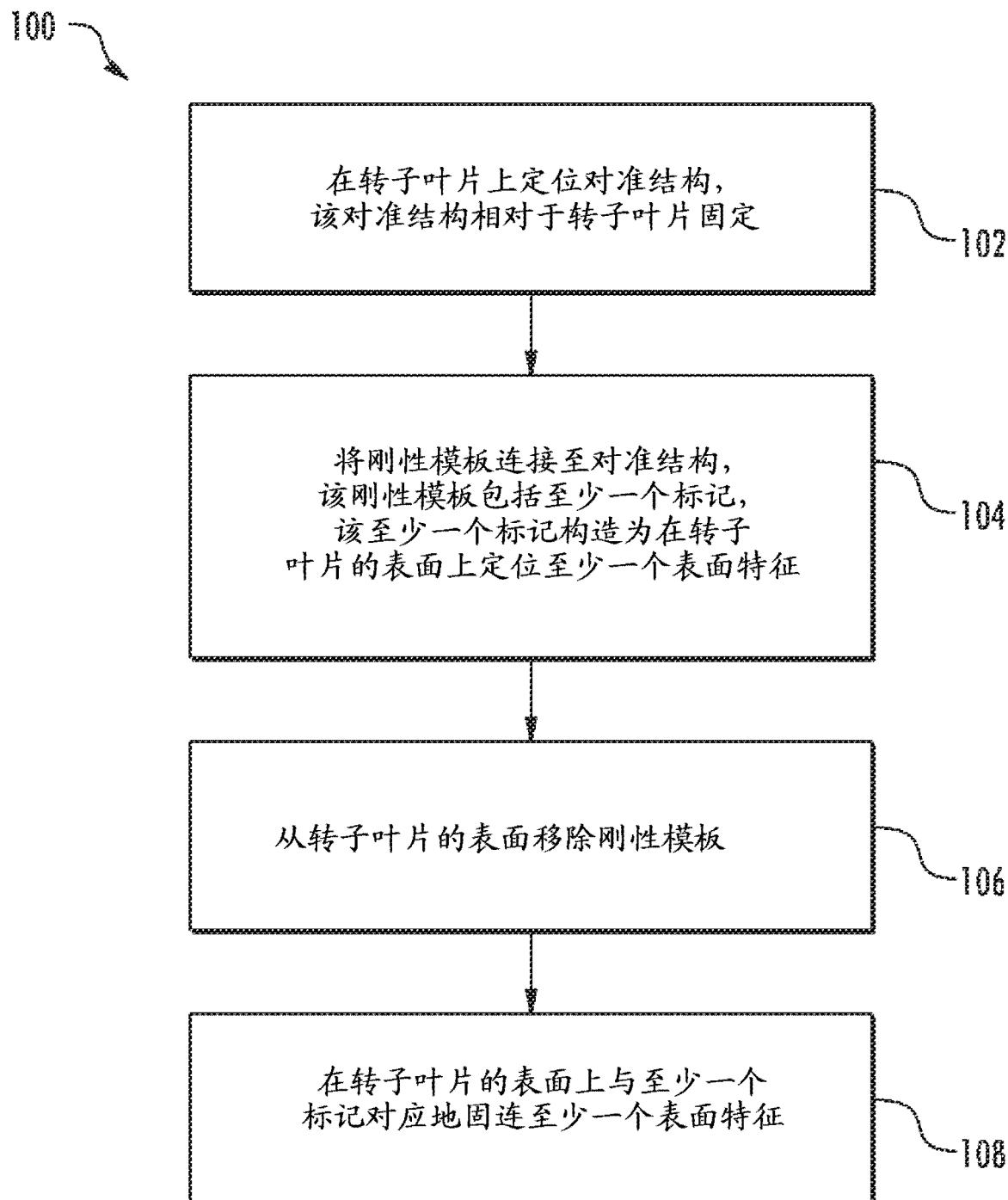


图 7