



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114765407 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 19

(21) 申请号 202111647060.9

H02K 1/20 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.30

H02K 1/16 (2006.01)

(30) 优先权数据

H02K 3/32 (2006.01)

20383176.3 2020.12.30 EP

(71) 申请人 通用电气可再生能源西班牙有限公司

地址 西班牙巴塞隆拿

(72) 发明人 A·T·克罗斯 D·托雷

M·施韦泽 B·克雷佩尔

M·波特斯 R·舒灵

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

专利代理师 郭帆扬 杨忠

(51) Int.Cl.

H02K 55/04 (2006.01)

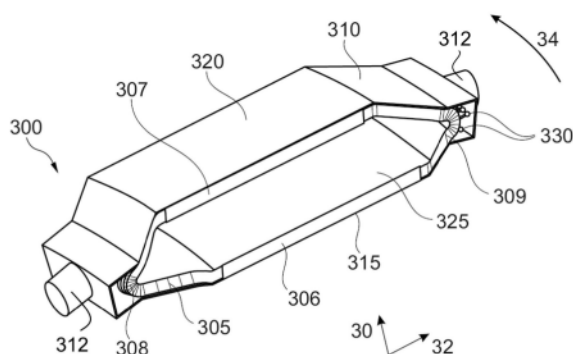
权利要求书1页 说明书13页 附图9页

(54) 发明名称

电枢节段、电枢以及用于组装它们的方法

(57) 摘要

本公开涉及一种用于电机的电枢的电枢节段。电枢节段可以包括多个线圈和向多个线圈提供结构支承的电绝缘支承结构。电枢可以包括多个电枢节段。本公开进一步涉及用于组装这样的电枢节段和电枢的方法。



1. 一种用于超导电机的电枢用的电枢节段,所述电枢节段包括:  
多个线圈,所述线圈沿着周向方向隔开;以及  
电绝缘支承结构,其向所述多个线圈提供结构支承,其中,  
所述线圈包括第一侧部部分和第二侧部部分,所述第一侧部部分和所述第二侧部部分经由端部部分连接,并且所述第一侧部部分和第二侧部部分彼此径向地和周向地移位。
2. 根据权利要求1所述的电枢节段,其中,所述电绝缘支承结构包括:  
第一电绝缘壁和第二电绝缘壁;其中,所述第二电绝缘壁放置在距所述第一电绝缘壁的径向距离处,并且所述多个线圈放置于所述第一电绝缘壁与所述第二电绝缘壁之间。
3. 根据权利要求2所述的电枢节段,所述电绝缘支承结构进一步包括:  
电绝缘线圈侧分离器,其位于所述多个线圈中的线圈的第一侧部部分与第二侧部部分之间并且沿着周向方向延伸。
4. 根据权利要求1所述的电枢节段,其中,所述电绝缘支承结构包括:  
复合材料,其包括包绕所述多个线圈的纤维和树脂。
5. 根据权利要求4所述的电枢节段,其中,所述电绝缘支承结构包括其中已布置所述多个线圈的夹具,并且所述复合材料包绕所述夹具。
6. 根据权利要求1-5中的任何所述的电枢节段,进一步包括多个冷却通道。
7. 一种用于电机的电枢,包括沿着周向方向附接到电枢支承结构的根据权利要求1-6中的任何所述的多个电枢节段。
8. 一种超导发电机,包括:  
磁场发生器;  
超导场绕组,其放置成与所述磁场发生器同中心;以及  
根据权利要求7所述的电枢。
9. 一种风力涡轮,包括:风力涡轮塔架、位于所述塔架的顶部上的机舱、包括安装到所述机舱的一个或多个风力涡轮叶片的转子以及根据权利要求8所述的所述超导发电机。
10. 一种用于组装用于超导电机的电枢的方法,所述方法包括:  
提供多个电枢节段,其中,所述电枢节段包括多个线圈和向所述多个线圈提供结构支承的电绝缘支承结构;以及  
使所述多个电枢节段附接到电枢支承结构。

## 电枢节段、电枢以及用于组装它们的方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及一种用于超导电机的电枢。更特别地，本公开涉及用于风力涡轮的超导发电机的电枢用的电枢模块或节段和用于组装这样的电枢节段和电枢的方法。

### 背景技术

[0002] 现代风力涡轮通常用于将电力供应到电力网中。这种风力涡轮大体上包括塔架和布置于塔架上的转子。典型地包括毂和多个叶片的转子设定成在风对叶片的影响下旋转。所述旋转生成一般通过转子轴直接地或通过变速箱传送到发电机的转矩。以此方式，发电机产生能够供应到电力网的电力。

[0003] 风力涡轮毂可以可旋转地联接到机舱的前部。风力涡轮毂可以连接到转子轴，并且转子轴然后可以使用布置于机舱内部的框架中的一个或多个转子轴轴承来可旋转地安装于机舱中。机舱是布置于风力涡轮塔架的顶部上的壳体，该壳体包含并且保护例如变速箱（若存在）和发电机，并且取决于风力涡轮而包含并且保护诸如功率转换器之类的另外的构件和辅助系统。

[0004] 机舱中的发电机可以是超导发电机。超导发电机可以具有磁场发生器 (magnet field generator) 和电枢，磁场发生器配置成生成磁场，并且电枢配置成支持由于通过电枢和磁场发生器的相对运动来产生的时变磁场而在其绕组中感应的电压。为此，在示例中，磁场发生器可以是固定的，并且电枢可以是例如通过轴而为可旋转的。特别地，轴可以是风力涡轮转子的转子轴。

[0005] 磁场发生器可以包括超导绕组，超导绕组包括在足够低的温度下转变成超导状态的导电材料。因而，超导绕组可以支持非常高的电流密度，而不招致任何耗散，并且因而生成非常高的磁场，例如大约7 T (特斯拉) 或更大。因此，相对于常规的非超导发电机，可以利用超导发电机来获得相同或更多的功率，超导发电机在尺寸和重量的方面比常规发电机更小。

[0006] 尽管超导发电机可以比常规的非超导发电机更小且更轻，它的构件还是仍然大且重，并且因而，大的空间和大型设备（例如起重机和吊车）对于操纵它们并且安装它们为必要的。例如，超导发电机的电枢可以在直径上为8m与10m之间，并且重量可以是数十吨。因而，组装可能很复杂并且例如在所要求的时间、劳动力、机械设备和工厂占地面积的方面是资源耗费的。

[0007] 另外，如果电枢包括一个或多个管，例如用于支承电枢的绕组和/或使电枢的绕组电绝缘的一个或多个柱形管，则组装可能在难度上增大。可以在文献WO 2020/005221 A1中看到这样的电枢的示例。这样的—个或多个管可以例如在沿着周向方向的长度上处于20m与30m之间，在沿着轴向方向的高度上为大约2m，并且具有大约1cm或2cm的厚度。因此，除了大的空间和机械设备之外，还可能当在电枢的构件的组装期间处理电枢的构件（例如前文提到的—个或多个管）时需要极其谨慎。

## 发明内容

[0008] 在本公开的第一方面,提供了用于超导电机的电枢用的电枢节段。电枢节段包括:多个线圈,线圈沿着周向方向隔开;以及电绝缘支承结构,其向多个线圈提供结构支承。

[0009] 根据该方面,电枢可以以更容易且更安全的方式组装,因为与包括单主体式构件的电枢(例如包括如上文中所提到的一个或多个柱形单件式管的电枢)相比,电枢节段的尺寸和重量可以更易于管理。另外,安装电枢所必需的多个电枢节段可以并行地制造,并且因而可以缩短电枢的组装时间。因而,也可以更高效地使用针对组装而要求的空间。此外,一个或多个电枢节段能够在将整个电枢放在一起之前被测试,这可以促进在早期阶段检测并且修复失效。一旦电枢被完全组装,这便可有助于降低风险。

[0010] 在本文中,可以理解到,电枢节段指用于电机(例如超导发电机)的电枢的部分。当例如环绕电枢支承结构地放在一起时,多个电枢节段和电枢支承结构可以形成电枢。

[0011] 在另一方面,提供了用于组装用于电机的电枢用的电枢节段的方法。该方法包括:将多个线圈布置于夹具中;以及用纤维和树脂包绕布置于中夹具的多个线圈。该方法进一步包括使树脂固化。

[0012] 又在另外的方面,提供了用于组装用于电机的电枢的方法。该方法包括:提供多个电枢节段,每个电枢节段包括沿着周向方向隔开的多个线圈和向多个线圈提供结构支承的电绝缘支承结构。该方法进一步包括使多个电枢节段附接到电枢支承结构。

[0013] 技术方案1. 一种用于超导电机的电枢用的电枢节段,所述电枢节段包括:

多个线圈,所述线圈沿着周向方向隔开;以及

电绝缘支承结构,其向所述多个线圈提供结构支承,其中,

所述线圈包括第一侧部部分和第二侧部部分,所述第一侧部部分和所述第二侧部部分经由端部部分连接,并且所述第一侧部部分和第二侧部部分彼此径向地和周向地移位。

[0014] 技术方案2. 根据技术方案1所述的电枢节段,其中,所述电绝缘支承结构包括:

第一电绝缘壁和第二电绝缘壁;其中,所述第二电绝缘壁放置在距所述第一电绝缘壁的径向距离处,并且所述多个线圈放置于所述第一电绝缘壁与所述第二电绝缘壁之间。

[0015] 技术方案3. 根据技术方案2所述的电枢节段,所述电绝缘支承结构进一步包括:

电绝缘线圈侧分离器,其位于所述多个线圈中的线圈的第一侧部部分与第二侧部部分之间并且沿着周向方向延伸。

[0016] 技术方案4. 根据技术方案1所述的电枢节段,其中,所述电绝缘支承结构包括:

复合材料,其包括包绕所述多个线圈的纤维和树脂。

[0017] 技术方案5. 根据技术方案4所述的电枢节段,其中,所述电绝缘支承结构包括其中已布置所述多个线圈的夹具,并且所述复合材料包绕所述夹具。

[0018] 技术方案6. 根据技术方案1-5中的任何所述的电枢节段,进一步包括多个冷却通道。

[0019] 技术方案7. 一种用于电机的电枢,包括沿着周向方向附接到电枢支承结构的根据技术方案1-6中的任何所述的多个电枢节段。

[0020] 技术方案8. 一种超导发电机,包括:

磁场发生器；  
超导场绕组，其放置成与所述磁场发生器同中心；以及  
根据技术方案7所述的电枢。

[0021] 技术方案9. 一种风力涡轮，包括：风力涡轮塔架、位于所述塔架的顶部上的机舱、包括安装到所述机舱的一个或多个风力涡轮叶片的转子以及根据技术方案8所述的所述超导发电机。

[0022] 技术方案10. 一种用于组装用于超导电机的电枢的方法，所述方法包括：  
提供多个电枢节段，其中，所述电枢节段包括多个线圈和向所述多个线圈提供结构支承的电绝缘支承结构；以及  
使所述多个电枢节段附接到电枢支承结构。

[0023] 技术方案11. 根据技术方案10所述的方法，其中，使多个电枢节段附接到所述电枢支承结构包括在使所述多个电枢节段附接到所述电枢支承结构之前，使多个电枢节段附接到外部电枢节段支承件。

[0024] 技术方案12. 根据技术方案10或11所述的方法，其中，使多个电枢节段附接到所述电枢支承结构包括使用多个电枢节段组装推车来使多个电枢节段移动成附接到所述电枢支承结构。

[0025] 技术方案13. 根据技术方案10-12中的任何所述的方法，其中，使多个电枢节段附接到所述电枢支承结构包括在使所述多个电枢节段附接到所述电枢支承结构之前，使屏蔽件附接到所述电枢支承结构。

[0026] 技术方案14. 根据技术方案10-13中的任何所述的方法，其中，提供多个电枢节段包括：

使多个线圈附接到第一电绝缘壁；以及  
使第二电绝缘壁附接到已经附接到所述第一绝缘壁的所述多个线圈。

[0027] 技术方案15. 根据技术方案10-13中的任何所述的方法，其中，提供多个电枢节段包括：

将多个线圈布置于夹具中；  
用纤维和树脂包绕布置于所述夹具中的所述多个线圈；以及  
使所述树脂固化。

## 附图说明

[0028] 图1图示风力涡轮的一个示例的透视图；  
图2图示图1的风力涡轮的机舱的一个示例的简化内视图；  
图3示意性地图示根据示例的超导发电机的分解视图；  
图4示意性地图示用于超导发电机的电枢节段的示例；  
图5示意性地图示用于超导发电机的电枢节段的另一示例的电枢节段和电绝缘线圈侧分离器的线圈的示例；  
图6示意性地图示用于超导发电机的电枢节段的另一示例；  
图7示意性地图示对于图6的电枢节段的示意性示例的备选方案；  
图8示意性地图示用于电枢节段的冷却通道的示例；

图9示出用于组装用于电机的电枢的方法的示例的流程图；  
图10A和图10B图示用于电机的电枢的组件的示例；  
图11示意性地图示利用套管来包裹的电枢节段；  
图12示意性地图示用于电机的电枢的组件的另一示例；  
图13示意性地图示电枢节段附接到电枢支承结构的示例；  
图14示意性地图示布置于夹具中的多个线圈的示例；以及  
图15示出用于组装用于电机的电枢节段的方法的示例的流程图。

## 具体实施方式

[0029] 现在将详细地参考本发明的实施例，其一个或多个示例在附图中图示。每个示例通过解释本发明、而非限制本发明的方式提供。实际上，对于本领域技术人员将为明显的是，在不脱离本发明的范围或精神的情况下，能够在本发明中作出各种修改和变型。例如作为一个实施例的部分图示或描述的特征能够与另一实施例一起使用以产生再一另外的实施例。因而，旨在本发明涵盖如归入所附权利要求书及其等同体的范围内的这样的修改和变型。

[0030] 尽管特别地针对用于风力涡轮的超导发电机的电枢节段和电枢而示出示例，相同的电枢节段和电枢也还是可以在其它电机中和/或在其它应用中使用。

[0031] 图1图示风力涡轮160的一个示例的透视图。如所示出的，风力涡轮160包括：塔架170，其从支承表面150延伸；机舱161，其安装于塔架170上；以及转子115，其联接到机舱161。转子115包括可旋转毂110和至少一个转子叶片120，其联接到毂110并且从毂110向外延伸。例如在所图示的实施例中，转子115包括三个转子叶片120。然而，在备选实施例中，转子115可以包括多于或少于三个转子叶片120。每个转子叶片120可以围绕毂110隔开，以促进使转子115旋转，以使动能能够从风转换成可用机械能并且随后转换成电能。例如，毂110可以可旋转地联接到定位于机舱161内的电力发电机162（图2），以容许产生电能。

[0032] 图2图示图1的风力涡轮160的机舱161的一个示例的简化内视图。如所示出的，发电机162可以设置于机舱161内。大体上，发电机162可以联接到风力涡轮160的转子115，以便从由转子115生成的旋转能生成电功率。例如，转子115可以包括主转子轴163，主转子轴163联接到毂110以便与其一起旋转。发电机162然后可以联接到转子轴163，以致于转子轴163的旋转驱动发电机162。例如，在所图示的实施例中，发电机162包括发电机轴166，发电机轴166通过变速箱164可旋转地联接到转子轴163。

[0033] 应当意识到，转子轴163、变速箱164以及发电机162可以大体上在机舱161内由定位于风力涡轮塔架170顶上的支承框架或底板165支承。

[0034] 机舱161可以以使得机舱161能够围绕偏航轴线YA旋转的方式通过偏航系统20可旋转地联接到塔架170，或可能存在将转子以相对于风的期望角度定位的其它方式。如果存在偏航系统，则这样的系统通常将包括偏航轴承，该偏航轴承具有两个轴承构件，所述两个轴承构件构造成相对于另一个旋转。塔架170联接到轴承构件中的一个，并且机舱161的底板或支承框架165联接到另一个轴承构件。偏航系统20包括：环形齿轮21；和多个偏航驱动器22，其具有马达23；变速箱24；以及小齿轮25，其用于与环形齿轮21啮合，以便使轴承构件中的一个相对于另一个旋转。

[0035] 叶片120利用位于叶片120与毂110中间的变桨轴承100来联接到毂110。变桨轴承100包括内环和外环。风力涡轮叶片可以附接于内轴承环处或于外轴承环处,而毂连接于另一个处。当变桨系统107被致动时,叶片120可以执行相对于毂110的相对旋转移动。因此,内轴承环可以执行相对于外轴承环的旋转移动。图2的变桨系统107包括小齿轮108,小齿轮108与设于内轴承环上的环形齿轮109啮合,以将风力涡轮叶片设定成环绕变桨轴线PA旋转。

[0036] 发电机162可以是超导发电机200。可以在图3中看到根据示例的超导发电机200的示意性分解视图。如上文中所指示的,超导发电机200可以包括磁场发生器202(例如固定磁场发生器202)和电枢204(例如可旋转电枢204)。磁场发生器202和电枢可以放置于壳体206中。

[0037] 固定磁场发生器202可以包括超导场绕组208。超导场绕组208可以包括使用在足够低的温度下转变成超导状态的导电材料来制作的一个或多个线圈。这样的材料可以包括铌锡合金、铌钛合金、二硼化镁合金、已表现出超导性质的许多种陶瓷材料中的任何或其组合。通常,诸如但不限于铜、铝、阳极氧化铝、银、金或其组合的导电材料可以与超导合金组合而使用,以便实现改进的机械性质。

[0038] 电枢204可以经由轴163或经由轴163和变速箱164两者联接到风力涡轮160的转子115。由于电枢204旋转,因而超导发电机200可以凭借在电枢绕组移动经过由超导场绕组208建立的磁场时在电枢绕组中感应的电压来生成电功率。

[0039] 尽管图3中所描绘的超导发电机200是径向场电机,本发明也还是适用于轴向场电机或横向场电机。

[0040] 在一些示例中,电枢204可以被固定磁场发生器202(径向地)包绕,例如如图3中所图示的那样。在一些其它示例中,固定磁场发生器202可以被电枢204(未示出)(径向地)包绕。又在一些其它示例中,固定磁场发生器202和电枢204可以并排地设置(未示出)。

[0041] 参考标号30和32分别表示超导发电机200的径向方向和轴向方向,并且因而也表示电枢204的径向方向和轴向方向。参考标号34表示超导发电机200的周向方向,并且因而也表示电枢204的周向方向。

[0042] 在本发明的方面,用于超导发电机的电枢(例如电枢204)包括两个或更多个电枢节段300。在图4中描绘了电枢节段300的示意性示例。

[0043] 图4的电枢节段300包括多个线圈305。线圈305沿着周向方向34隔开。电枢300进一步包括向多个线圈305提供结构支承的电绝缘支承结构310。

[0044] 在图4的示例中,电绝缘支承结构310包括第一电绝缘壁315和第二电绝缘壁320。第二电绝缘壁320被放置在距第一电绝缘壁315的径向距离处,并且多个线圈305放置于第一电绝缘壁315与第二电绝缘壁320之间。第一电绝缘壁315沿径向方向比第二电绝缘壁320更靠近旋转轴163、166。

[0045] 线圈可以包括第一侧部部分306、第二侧部部分307以及两个端部部分308、309。端部部分309可以是具有例如用于从线圈305运载出电流的电连接件330的一个部分。第一侧部部分306可以包括线圈的基本上平行于轴向方向的部分,其与第二电绝缘壁320相比更靠近第一电绝缘壁315。第二侧部部分307可以包括线圈的与第一电绝缘壁315相比而更靠近第二电绝缘壁320的基本上平行于轴向方向的部分。换言之,第一侧部部分306沿径向方

向比第二侧部部分306更靠近旋转轴163、166。还可以在图5中看到这样的线圈。

[0046] 在一些示例中,电绝缘支承结构310可以进一步包括电绝缘线圈侧分离器325,电绝缘线圈侧分离器325位于多个线圈305中的线圈的第一侧部部分306与第二侧部部分307之间并且沿着周向方向34延伸。

[0047] 在一些示例中,电绝缘线圈侧分离器325可以是弯曲板,例如如图5中所示出的那样。多个弯曲板325可以一起形成管状或环形结构。该示例的弯曲板325中的每个可以形成管状结构的节段。

[0048] 图5的示例示出线圈500和通过线圈500螺纹连接的电绝缘线圈侧分离器325。线圈500包括第一侧部部分306、第二侧部部分307以及两个端部部分308、309。在图5中,电绝缘线圈侧分离器325的轴向长度326部分地沿着线圈500的平行于轴向方向32的部分延伸。然而,在其它示例中,像图4的示例那样,电绝缘线圈侧分离器325的轴向长度完全地沿着线圈500的平行于轴向方向320的部分延伸并且还越过其朝向线圈500的端部308、309延伸。电绝缘线圈侧分离器325的周向长度327沿着周向方向34延伸。

[0049] 以类似方式,第一电绝缘壁315和第二电绝缘壁320可以各自具有轴向长度和周向长度。第一电绝缘壁315和第二电绝缘壁320的轴向长度可以大体上基本上平行于轴向方向32而延伸,尽管该轴向长度可能例如在线圈305的端部308、309处偏离于该方向。

[0050] 如还能够在图4和图5的示例中看到的,多个线圈305中的线圈500的第一侧部部分306和第二侧部部分307沿周向方向34偏移。特别地,在这些示例中,这些部分306、307彼此径向地和周向地移位。这些部分306、307在其间经由两个端部部分308和309连接。

[0051] 贯穿本公开,多个线圈305中的线圈可以由包括铜、铝、银以及金中的一种或多种的导电材料制作。

[0052] 贯穿本公开,第一电绝缘壁315和第二电绝缘壁320以及电绝缘线圈侧分离器325中的任何可以使用纤维增强复合材料(例如包括G-10、G-11、F-24以及FR-4中的一种或多种的纤维增强聚合物)来形成。

[0053] FR-4是对于玻璃增强环氧树脂层压材料的NEMA(“国家电气制造商协会”)级名称。FR-4是由具有阻燃的环氧树脂粘合剂的编织或非编织纤维玻璃组成的复合材料。在本文中,FR代表阻燃剂。G-10和G-11是高压纤维玻璃环氧树脂层压件。G-10略强于G-11,而G11是更好的绝缘体,并且可以更好地承受更高的温度。

[0054] 备选地,可以使用的任何其它复合材料能够承受该温度、机械负载以及电负载以使得电枢起作用。这包括但不限于基于聚酯、乙烯酯或聚酰胺的基质材料。

[0055] 贯穿本公开,电枢节段300可以包括一个或多个线圈500。在一些示例中,电枢节段300可以包括10个与30个之间的线圈。在一些示例中,多个线圈305可以包括一个或两个或任何更大数量的极。

[0056] 位于多个线圈305中的线圈之间(即,沿周向方向34)的空间可以用于使线圈305和/或电枢节段300冷却。即,在一些示例中,电枢节段300可以进一步包括位于使线圈分离的空间中的冷却通道。在示例中,诸如空气的冷却流体可以仅仅穿过这样的位于线圈之间的间隔。在一些其它示例中,电绝缘间隔物(未示出)可以被包括在某个线圈的第一侧部部分306与相邻的线圈的第一侧部部分306之间。另外或备选地,电绝缘间隔物可以被包括在某个线圈的第二侧部部分307与相邻的线圈的第二侧部部分307之间。



[0057] 这样的电绝缘间隔物中的一个或多个可以包括一个或多个冷却通道,所述冷却通道构造造成促进冷却流体流过所述冷却通道,以帮助电枢节段线圈305的冷却。电绝缘间隔物和一个或多个冷却通道可以具有至少部分地沿轴向方向32延伸的轴向长度。即,这些元件可以大体上基本上平行于轴向方向32而伸展,尽管这些元件可能例如在线圈305的端部308、309处偏离于该方向。

[0058] 在这些示例中的任何中,可以提供冷却端口312,以将流体(例如空气)导引到电枢节段300中并且从电枢节段300向外导引,以便使电枢节段300冷却。在一些示例中,电绝缘支承结构310可以包括两个冷却端口312,例如如图4中所示出的,在沿着轴向方向32的每一端处存在一个冷却端口312。在一些其它示例中,电绝缘支承结构310可以包括位于其沿着轴向方向32的端部中的每个处的两个或更多个冷却端口312。冷却端口312可以具有管状形状,如图4的示例中的那样。

[0059] 在一些示例中,电枢节段300可以包括多个冷却通道700。在一些示例中,多个冷却通道700可以包括诸如图8中所图示的冷却通道705,即,可以构造成在形状上适形于线圈500的冷却通道705。在下文中,关于图8而提供关于这样的冷却通道700的另外的信息。

[0060] 在示例中,一旦彼此连结,多个线圈305和电支承结构310便可用纤维和树脂包绕,并且该树脂随后可以被固化。在一些其它示例中,电支承结构310(例如第一电绝缘壁315和第二电绝缘壁320以及任选地电绝缘线圈侧分离器325)可以首先用纤维和树脂包绕并且被固化,并且然后连结到多个线圈305。根据这些示例中的任何的电枢节段可以布置于模具内;纤维、微纤维或纤维垫可以布置于模具内;并且树脂然后可以被引入于模具中。

[0061] 在一些其它示例中,一个或多个电枢节段构件可以用微颗粒灌注。在示例中,至少多个线圈可以布置于模具内、用微颗粒灌注并且然后以树脂覆盖。

[0062] 在一些示例中,可以使用主动灌注压力和/或真空辅助的树脂浸渍,例如如在下文中进一步指示的那样。

[0063] 在图6中图示了电枢节段300的另一示意性示例。图6的示例的电枢节段300还包括多个线圈305,线圈沿着周向方向34隔开。电枢节段300进一步包括向多个线圈305提供结构支承的电绝缘支承结构310。

[0064] 在该示例中,电绝缘支承结构310包括复合物,复合物包括包绕多个线圈305的纤维和树脂。因此在该示例中,不再需要电绝缘壁315、320以及任选地电绝缘线圈侧分离器325来向多个线圈305提供结构支承。复合物可以提供必要的支承。

[0065] 类似于包括第一侧部部分306、第二侧部部分307以及两个端部部分308、309的线圈500,多个线圈305可以包括第一中心部分606、第二中心部分607以及多个线圈端部部分中的两个线圈端部部分608、609。第一中心部分606沿径向方向比第二中心部分607更靠近旋转轴163、166。因此,在本文中,包绕可以指完全地覆盖(例如缠绕)多个线圈305的至少第一中心部分606和多个线圈305的至少第二中心部分607,如图6中所描绘的那样。在一些示例中,在添加树脂并且固化之前,可以使用纤维垫或纤维束来包绕多个线圈305并且任选地还包绕该组件中的任何其它构件,例如夹具610。

[0066] 在一些示例中,电枢节段300可以包括其中已布置有多个线圈305的夹具610。在这些示例中的一些中,例如由于夹具610可能也已被纤维垫包绕、以树脂覆盖并且被固化的事实的原因,夹具610可以是复合物的部分。例如,在图6的示例中,电枢300的复合物进一步包

绕其中已布置有多个线圈的夹具610。这可以提高电枢节段300的稳健性和各个构件在电枢节段300中的定位的准确性。

[0067] 在一些示例中,夹具610可以具有孔,电枢模块300可以通过这些孔附接到电枢支承结构1000(参见例如图11和图12)。

[0068] 在图7(其示出对于图6的电枢节段300的示意性示例的备选方案)中,多个线圈305的端部608进一步用包括纤维和树脂的复合物包绕(即,完全地覆盖或包裹)。不具有例如用于从线圈305运载出电流的电连接件330的端部608可以是进一步用包括纤维和树脂的复合物覆盖的端部。

[0069] 在图7的示例中,仅已包括电枢节段300的电绝缘支承结构310的部分,以便示出位于下面的多个线圈305。除了多个线圈305之外,还可以看到多个冷却通道700。在该示例中,冷却通道705使两个相邻线圈500分离。换言之,多个通道700可以位于周向方向34上。在该示例中,多个冷却通道700可以构造成环绕多个线圈305适应(即,在形状上适形于)多个线圈305。可以在图8中看到单个冷却通道705的示例。如能够意识到,当对图8的冷却通道705、图5的线圈500以及图7中的放在一起的这些元件进行比较时,冷却通道705可以构造成在形状上适形于线圈500。

[0070] 还可以在图4的示例的电枢节段300中使用这样的冷却通道700。

[0071] 冷却通道705可以包括第一冷却部分710和第二冷却部分715。通道705的第一冷却部分710可以具有两个第一冷却通路711、712,每个通路711、712构造成跟随(例如基本上平行于其延伸)线圈500的第一侧部部分306的侧部中的每个并且部分地跟随线圈500的两个端部部分308、309的侧部。第一冷却通路711和712可以会合于冷却通道705的第一部分710的第一单独端部713处,以致于流体可以从某个第一冷却通路传递到其它第一冷却通路。同样地,通道705的第二冷却部分715可以具有两个第二冷却通路716、717,每个通路716、717构造成跟随(例如基本上平行于其延伸)线圈500的第二侧部部分307的侧部中的每个并且部分地跟随线圈500的两个端部部分308、309的侧部。第二冷却通路716和717可以会合于冷却通道705的第二部分715的第二单独端部718处,以致于流体可以从某个第二冷却通路传递到其它第二冷却通路。

[0072] 线圈500的第一侧部部分306和第二侧部部分307的侧部可以指线圈500的如果多个线圈305中的线圈并非例如通过冷却通道沿着周向方向隔开而将与其它线圈500接触的部分。在示例中,这些侧部可以位于与由径向方向30和轴向方向32形成的平面基本上平行的平面上。

[0073] 第一冷却通路711、712和第二冷却通路716、717所会合于的第一单独端部713和第二单独端部718分别可以构造成放置为接近线圈500的具有用以例如输出线圈500上的感应电流的电连接件330的端部部分309,例如放置于其上面。第一冷却部分710和第二冷却部分715还可以会合于冷却通道705的接头端部720处。接头端部720可以在第一单独端部713和第二单独端部718对面。

[0074] 接头端部720可以包括用于可以通过冷却通道705以便使线圈500冷却的流体的入口730和出口725。入口725和出口730可以构造成连接到冷却歧管的分配器。这样的分配器可以包括第一分配管道735和第二分配管道740,流体可以通过第一分配管道735和第二分配管道740递送到多个线圈305的入口730并且从多个线圈305的出口725收集。尽管入口和

出口已分别在图7和图8中标记为730和725,值得注意的是,在其它示例中,标记725可以指入口,并且标记730可以指出口。

[0075] 冷却通道700可以是金属和/或塑料的。在示例中,冷却通道700可以包括聚四氟乙烯(PTFE),并且更特别地可以由用导热添加剂浸渍的PTFE材料形成。这可以提高冷却通道705的导热性。

[0076] 在示例中,可以例如代替将包括冷却通道的间隔物引入于线圈之间而在图4和图5的示例的电枢节段300中使用这些种类的冷却通道700。如关于图8而描述的冷却通道700可以例如通过使多个线圈305的端部308(608)、309(609)冷却来实现电枢节段300的更高效的冷却。

[0077] 不具有铁磁齿的电枢节段300(即不存在靠近电枢线圈305的铁磁材料,像图4、图6以及图7中的电枢节段那样)可以降低电枢线圈305的绝缘要求。而且,由于在电绝缘支承结构310中使用非铁磁且电绝缘的材料,因而电枢线圈305可以在由超导场绕组208产生的增强的磁场下操作。

[0078] 多个电枢节段300(诸如在上文的示例中描述的电枢节段300)可以用于组装用于电机(例如超导发电机200)的电枢204。为此,电枢节段300可以具有互补形状。在一些示例中,多个电枢节段(诸如关于图4和图5而描述的电枢节段)可以彼此附接,以便组装电枢204。在一些其它示例中,多个电枢节段(诸如关于图6和图7而描述的电枢节段)可以用于形成电枢204。因此,可以提供用于包括沿着周向方向附接到电枢支承结构1000的如贯穿本公开描述的多个节段的电机的电枢。随后将指示将多个电枢节段300组装到电枢204中的若干种可能性。

[0079] 可以使两个或更多个电枢节段300附接,以便安装电枢204。在一些示例中,电枢204可以包括20个与50个之间的电枢节段300。

[0080] 在一些示例中,电枢204可以包括屏蔽件1210(参见图13)。屏蔽件1210可以位于电枢支承结构1000与多个节段300之间。屏蔽件1210可以包括铁磁材料。例如屏蔽件1210可以包括电工钢。在一些示例中,屏蔽件1210可以被层压。这可以有助于减少与屏蔽件1210和支承结构1000中的感应电流相关联的损失。屏蔽件1210还可以促进来自超导场绕组208的磁通保持沿着径向方向30。这可以改善由场发电机202生成的磁场与由电枢线圈305生成的磁场之间的磁耦合。

[0081] 可以提供超导发电机200,超导发电机200包括场发电机202(例如固定场发电机)、放置成与场发电机202同中心的超导场绕组208以及包括如本文中所公开的多个电枢节段300的电枢204。

[0082] 此外,可以提供风力涡轮160,风力涡轮160包括风力涡轮塔架170、塔架170的顶部上的机舱161、包括安装到机舱161的一个或多个风力涡轮叶片120的转子115以及如上文中所指示的机舱161中的超导发电机200。

[0083] 图9示出用于组装用于电机的电枢的方法900的示例。例如,图3的电枢204可以利用这样的方法来组装。

[0084] 该方法包括在框910处提供多个电枢节段,诸如关于图4-8中的任何的电枢节段300。

[0085] 在这点上,每个电枢节段300包括多个线圈305和向多个线圈305提供结构支承的

电绝缘支承结构310。

[0086] 该方法进一步包括在框920处使多个电枢节段300附接到电枢支承结构1000。电枢节段300可以具有互补形状。将附接到电枢支承结构1000的电枢节段300的数量可以例如根据电枢204的尺寸(例如直径)和被包括在电枢节段300中的线圈500的数量来选择。在示例中,20个与50个之间的电枢节段300可以被附接到电枢支承结构1000。

[0087] 可以在图10B中看到电枢支承结构1000的示例。在该图中,电枢支承结构1000具有环状,以致于多个电枢节段300可以附接到电枢支承结构1000。在一些其它示例中,电枢支承结构1000可以在横截面(包括径向方向30和周向方向34的平面)上具有多边形形状。即,电枢支承结构1000可以包括多个面,并且面数可以例如等于将附接到电枢支承结构1000的电枢节段300的数量。在这些示例中的一些中,横截面上的电枢支承结构1000可以是20个与50个之间的面或侧部的多边形。

[0088] 在一些示例中,电枢支承结构1000可以包括一种或多种铁磁材料的实心件(即,单个非层压件)。在一些其它示例中,电枢支承结构1000可以包括一种或多种铁磁材料的层压物,例如单个层压件。这可以有助于减少涡电流。

[0089] 在一些示例中,使多个电枢节段300附接到电枢支承结构1000可以包括在使多个电枢节段300附接到电枢支承结构1000之前,使多个电枢节段300附接到外部电枢节段支承1100。可以在图10A和图10B中对此进行图示。

[0090] 图10A示出了在这些示例中的一些中,紧固件1105(例如两个棒、螺钉或销1105)可以如何用于穿过电绝缘支承结构310中(例如电绝缘支承结构310的接近线圈305的电连接件300的端部311中)的两个孔并且穿过外部电枢节段支承件1100中的另外的两个孔。棒、螺钉或销1105可以例如通过螺母紧固。在一些其它示例中,可以使用单个这样的紧固件或多于两个紧固件。

[0091] 在一些示例中,如图10B中所图示的,外部电枢节段支承件1100可以具有半环形状。当多个电枢节段300已附接到外部节段支承件1100时,外部节段支承件1100可以移动得靠近电枢支承结构1000(或相反),并且电枢节段300可以附接到电枢支承结构1000。粘附剂和/或紧固件(其可以例如包括螺栓和螺母以及铆钉)可以用于使电枢支承结构1000和电枢节段300连结。起重机1110可以用于使外部节段支承件1100与电枢节段300和/或电枢支承结构1000一起移动。

[0092] 为了完成电枢204组装,可以提供另一外部节段支承件1100,多个电枢节段300可以附接到外部节段支承件1100,并且多个电枢节段300然后可以附接到电枢支承结构1000。两个外部节段支承件1100和/或附接到其端部的电枢节段300可以例如利用粘附剂和/或紧固件1105来彼此连结。这可以提高电枢204的稳健性。

[0093] 在一些示例中,如图11中所示出的,得到的结构(即,被附接的多个电枢节段)可以被包裹于盖1120(例如复合套管、包裹物或条带)中。这可以提供电枢204的额外的支承和稳健性。

[0094] 外部电枢节段支承件1100可以具有其它形状,并且可以具有与半环的周向长度不同的周向长度,例如更短的周向长度。例如外部电枢节段支承件1100可以包括多个表面,例如平坦表面或弯曲表面,其中,表面的数量对应于将附接到外部电枢节段支承件1100的电枢节段300的数量。

[0095] 在一些示例中,使多个电枢节段附接到电枢支承结构包括使用多个电枢节段组装推车(cart)1200来使多个电枢节段300移动成将附接到电枢支承结构1000。

[0096] 在图12中图示使多个电枢节段300移动的多个推车1200的示例。在该示例中,多个电枢节段300可以放置于多个电枢节段组装推车1200上,并且可以预先彼此附接,以使推车1200上的多个电枢节段300附接到电枢支承结构1000,如该图的右侧部分中所示出的那样。节段组装推车1200可以例如利用机动小车来朝向电枢支承结构1000移动。

[0097] 任何数量的电枢节段300可以在靠近电枢支承结构1000之前放在一起。例如,如图12中所示出的,电枢节段300的将形成电枢204的半部可以放在一起,但使更多或更少的电枢节段300连结是可能的。

[0098] 而且,在使多个电枢节段300附接到电枢支承件100之前将多个电枢节段300放在一起可以在多于一个阶段中执行,即,电枢节段300可以分组成各种组,并且这些组然后可以分组成更大的组。该组可以包括一个或多个电枢节段300。

[0099] 另外,电枢节段300可以不是在使电枢节段300附接到电枢支承结构1000之前附接到另一电枢节段300,而是它可以附接到电枢支承结构1000,并且然后附接到另一电枢节段300。在示例中,多个电枢节段中的每个电枢节段300可以附接到电枢支承结构1000。然后,电枢节段300可以彼此附接。再者,粘附剂和紧固件1105(例如螺栓和螺母)中的一个或多个可以用于使电枢节段300附接到电枢支承结构1000。粘附剂和紧固件1105(例如螺栓和螺母)中的一个或多个可以用于使电枢节段300彼此附接。

[0100] 在这些示例中的一些中,如关于图11而指示的,得到的结构可以被包裹于套管1120(例如复合套管)中。

[0101] 在一些示例中,使多个电枢节段附接到电枢支承结构包括在使多个电枢节段300附接到电枢支承结构1000之前使屏蔽件1210附接到电枢支承结构1000。可以在图13中看到屏蔽件1210的示例。在示例中,屏蔽件1210层压物可以环绕电枢支承结构1000堆叠。

[0102] 在一些示例中,提供多个电枢节段(在框910处)可以进一步包括布置具有多个线圈305的多个冷却通道700。在图4的示例中,这可以在使多个线圈305和冷却通道700的组件附接到第一电绝缘壁315之前进行。在图6和图7的示例中,这可以在用纤维和树脂包绕多个线圈305和冷却通道700的组件之前进行。

[0103] 在一些示例中,多个冷却通道700可以包括构造成在形状上适形于(即适应)多个线圈305的冷却通道700。构造成在形状上适形于多个线圈305的多个冷却通道700可以被理解为多个冷却通道700可以分别在形状上适形于多个线圈305。即,可以提供包括诸如图8中所图示的通道的多个冷却通道700,并且每个适形的冷却通道705可以在形状上适形于对应的线圈500并且因而配合到对应的线圈500。

[0104] 在一些示例中,提供多个电枢节段(在框910处)包括:使多个线圈305附接到第一电绝缘壁315;以及使第二电绝缘壁320附接到已经附接到第一绝缘壁315的多个线圈305。以此方式,可以组装电枢节段300。更多的电枢节段300可以以相同方式组装和提供。

[0105] 在这些示例中的一些中,提供多个电枢节段进一步包括将电绝缘线圈侧分离器325沿周向方向34引入于多个线圈305中的线圈的第一侧部部分306与第二侧部部分307之间。

[0106] 在一些示例中,提供多个电枢节段(在框910处)包括:将多个线圈305布置于夹具

610中;用纤维和树脂包绕布置于夹具610中的多个线圈305;以及使树脂固化。在一些示例中,用纤维包绕多个线圈305可以包括用纤维垫或纤维束包绕所述多个线圈。在一些示例中,夹具610也可以用纤维和树脂包绕。

[0107] 在一些其它示例中,提供多个电枢节段(在框910处)包括:将多个线圈305布置于夹具610中,用微颗粒和树脂包绕布置于夹具610中的多个线圈305;以及使树脂固化。用微颗粒包绕多个线圈可以包括用微颗粒灌注线圈。

[0108] 可以在图14中看到布置于夹具610中的多个线圈305的示例。在该示例中,夹具610包括两个夹具支承件1305、1310。每个支承件1305、1310包括芯柱(也称为支腿,即leg) 1315和夹持器1320。多个线圈305可以由芯柱1315支承并且由夹持器1320保持在一起。在一些示例中,可以使用一个夹具支承件1305。在一些其它示例中,可以使用多于两个夹具支承件1305。在使用两个或更多个夹具支承件1305的情况下,支承件1305中的两个或更多个可以被连结。即,它们可以设为单个件而非两个或更多个件。而且,在一些示例中,芯柱1315和夹持器1320可以设为单个件,而在一些其它示例中,它们可以设为两个单独的件。在一些示例中,芯柱1315可以如图13中所图示的那样附接到电枢支承结构1000。在图13的示例中,紧固件1105(诸如螺栓)用于使电枢节段3000附接到电枢支承结构1000。

[0109] 在一些示例中,主动灌注压力和/或真空辅助的树脂浸渍可以用于提供多个电枢节段。为了维持真空和/或引导树脂的受压流动,电枢节段可以放置于跟随电枢节段的形状的充分地进行真空或压力密闭的工作台或模具上,而电枢节段在另一侧上用足以充分地维持真空的箔和/或利用模具的另一区段或一起实现充分地维持真空和/或引导树脂通过组件的受压流动的多个模具区段覆盖。这样的模具可以配备有入口通道和出口通道,以维持正确的压力/真空条件,以便为树脂的潜在的多余的流动提供出口和/或提供对探头或传感器的接近。在一些示例中,模具可以在将电枢节段构件定位于模具中之前被部分地组装。在一些其它示例中,模具可以在电枢节段构件的定位的同时或部分地在此之后构建。

[0110] 在一些示例中,一个或多个间隔物(例如电绝缘间隔物)可以被引入于两个线圈(例如相邻的线圈)之间。一个或多个间隔物可以另外或备选地被引入于同一线圈的两个部分之间。间隔物还可以是电枢节段300的单独的其它构件。

[0111] 一旦被组装,电枢204便可附接到一个或多个发电机162构件。如在图2中示意性地图示的,在一些示例中,电枢204可以经由轴163或经由轴163和变速箱164两者联接到风力涡轮160的转子115。电枢节段300和/或电枢204可以包括用于附接到一个或多个发电机构件的合适的配合件、附接件或连接元件。又在另外的方面,提供了用于组装用于电机(例如超导发电机202)的电枢204的电枢节段300的方法1400。在图15中图示了示出该方法的流程图。方法1400包括:在框1410处,将多个线圈305布置于夹具610中;在框1420处,用纤维和树脂包绕布置于夹具610中的多个线圈305;以及在框1430处,使树脂固化。

[0112] 在一些示例中,方法1400可以进一步包括布置具有多个线圈305的多个冷却通道700,任选地,构造成适应多个线圈305(即,在形状上适形于多个线圈305)的多个冷却通道700。

[0113] 涉及该方面并且在上文中关于组装电枢节段300、夹具610以及冷却通道700的细节而提供的解释也可以适用于该方面。

[0114] 在本文中所公开的示例中的任何中,电枢的节段可以包括填料元件,例如预固化

构件,其布置成避免在需要固化或布置成提供具体机械性质或布置成在最终产品中生成孔以节省材料和重量的复合物的体积的方面存在大的差异。

[0115] 本书面描述使用示例来公开本发明(包括优选实施例),并且还使本领域中的任何技术人员能够实践本发明(包括制作和使用任何装置或系统以及执行任何并入的方法)。本发明的可专利性范围由权利要求书定义,并且可以包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这样的其它示例具有不异于权利要求书的字面语言的结构元件,或如果它们包括与权利要求书的字面语言无实质性差异的等同结构元件,则这样的其它示例旨在处于权利要求书的范围内。来自所描述的各种实施例的方面以及对于每个这样的方面的其它已知的等同体能够由本领域普通技术人员混合并且匹配,以根据本申请的原理而构建额外的实施例和技术。如果与附图有关的参考符号置于权利要求中的圆括号中,则这些参考符号仅仅用于尝试提高权利要求的可理解性,而不应当被解释为限制该权利要求的范围。

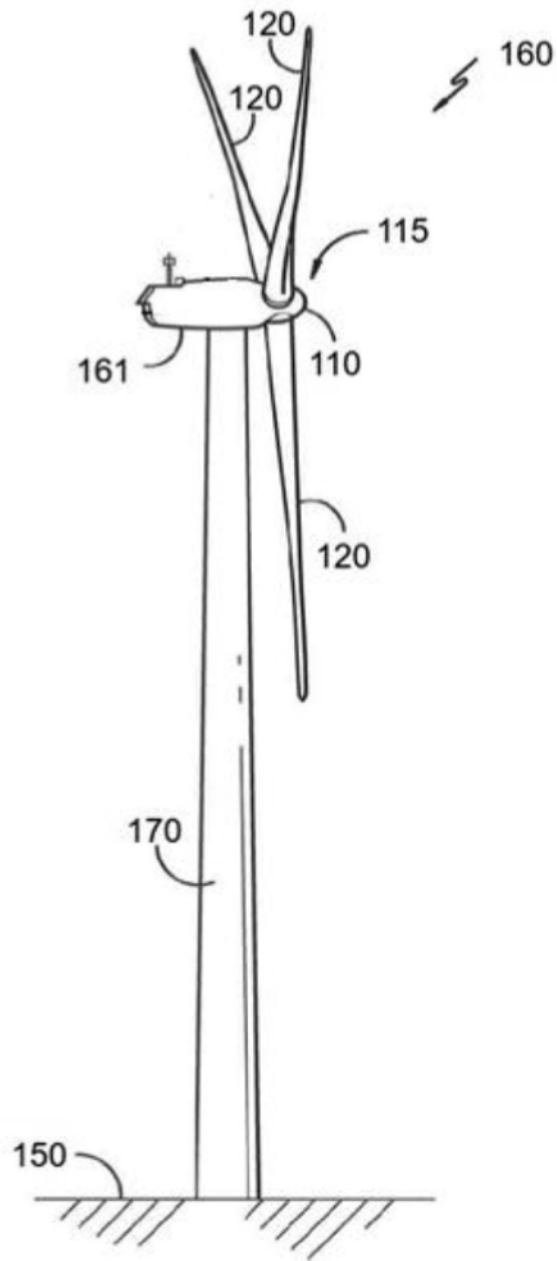


图 1



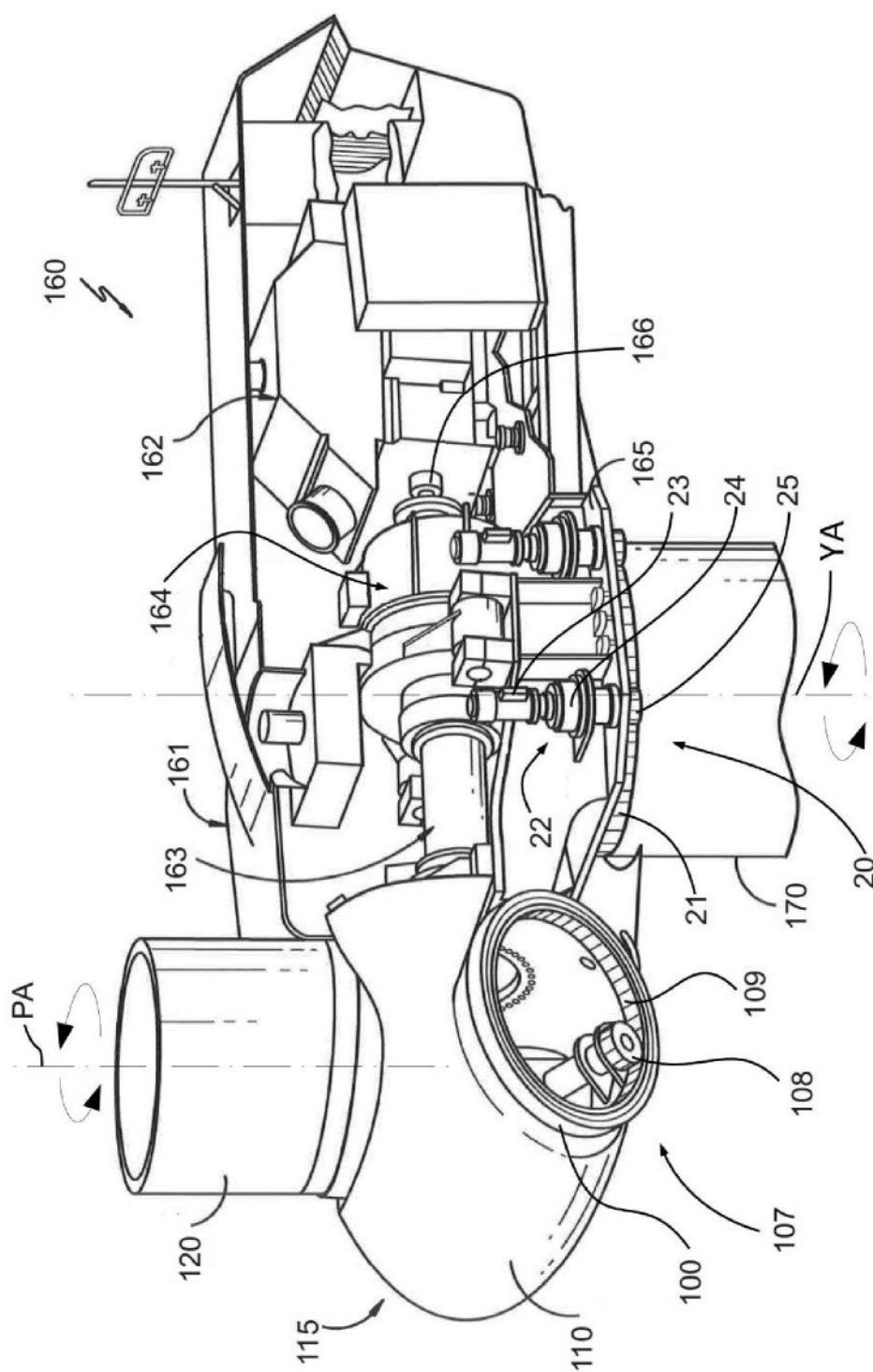


图 2

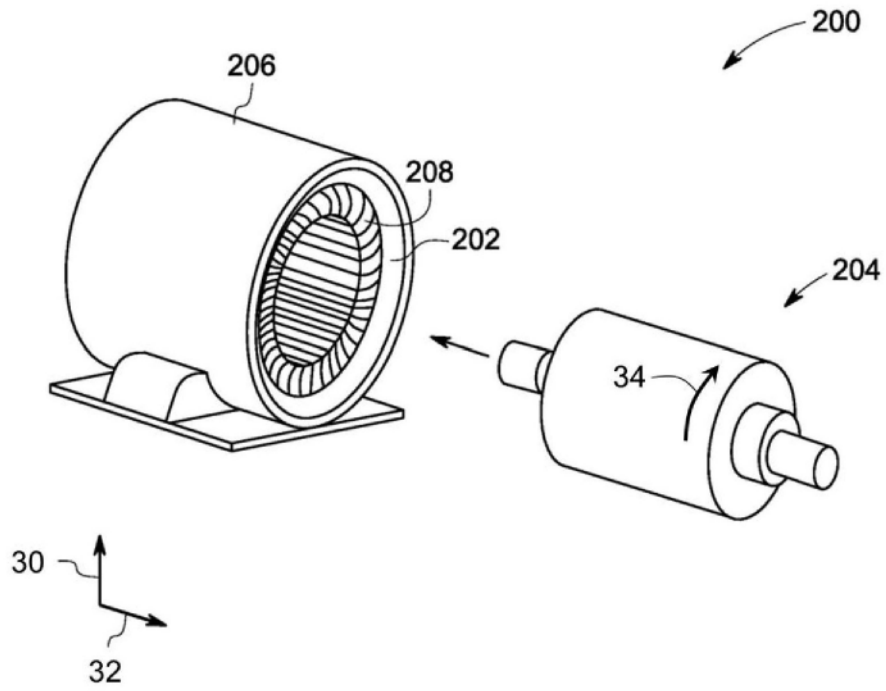


图 3

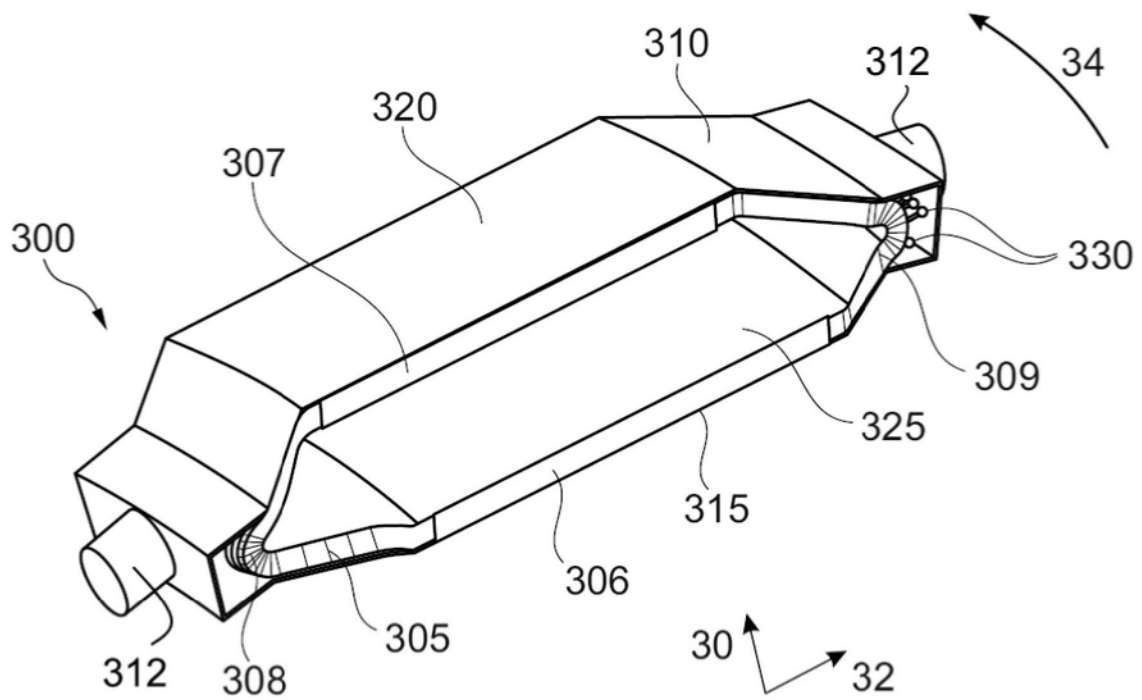


图 4

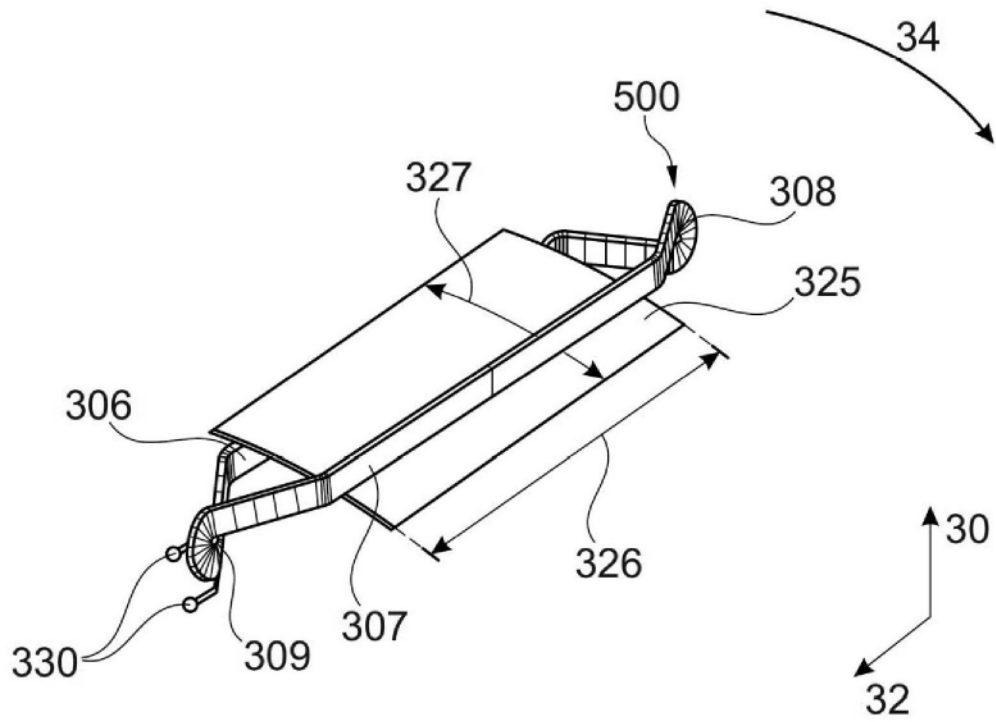


图 5

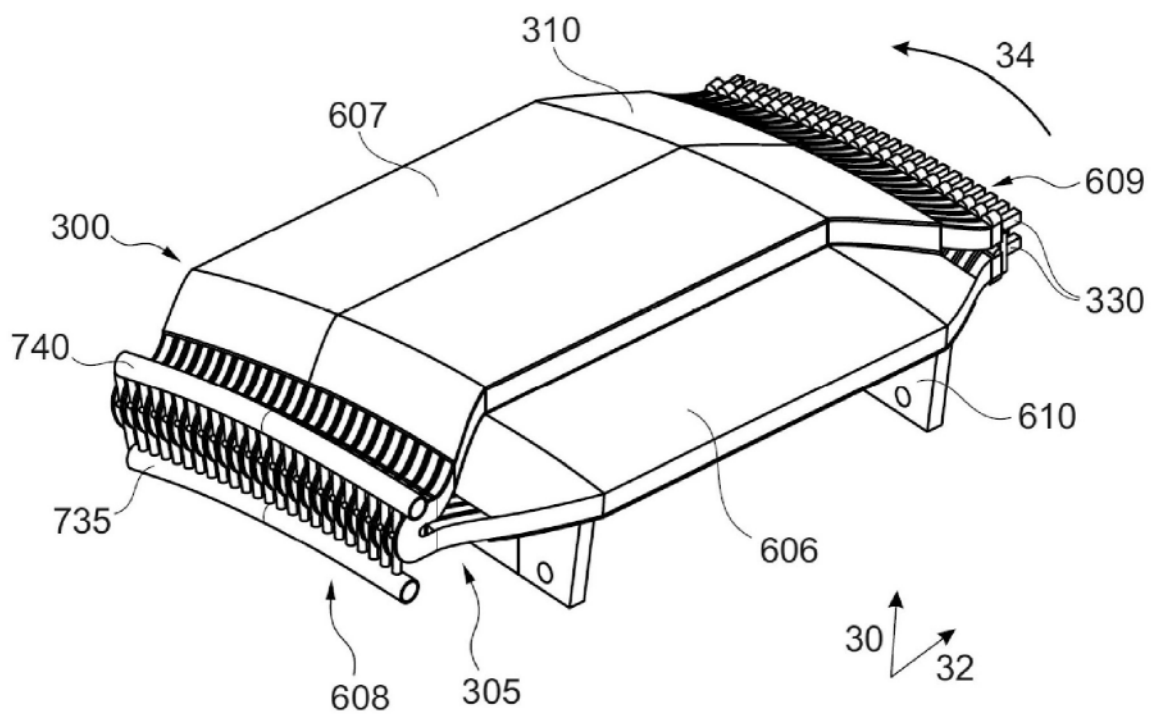


图 6

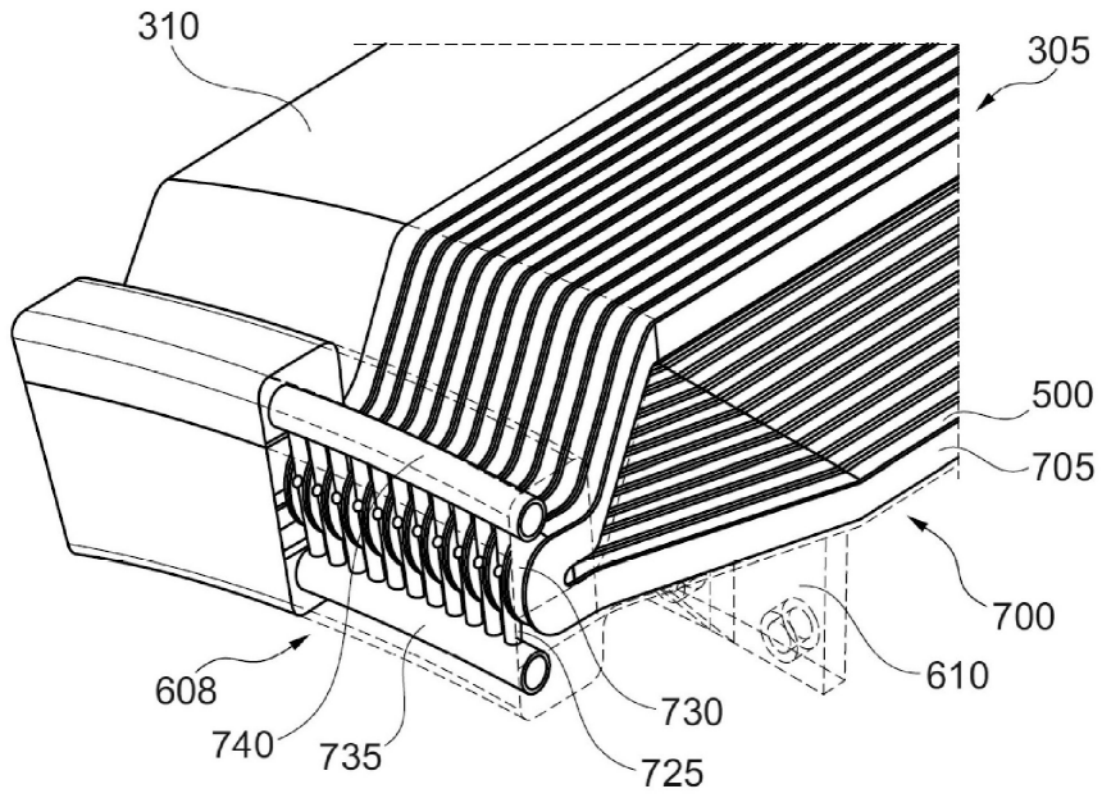


图 7

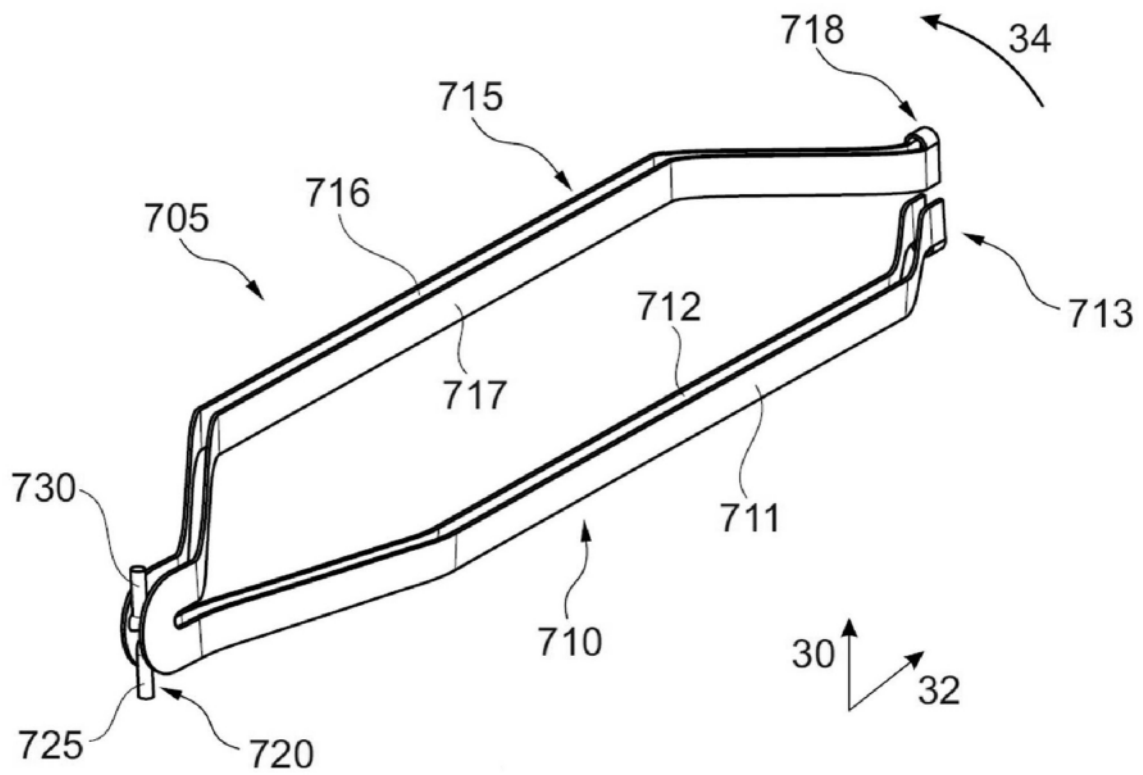


图 8

900

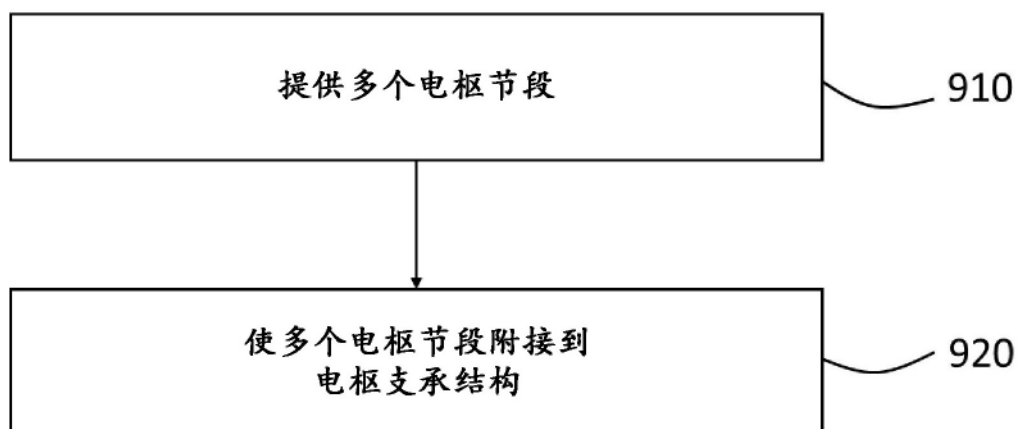


图 9

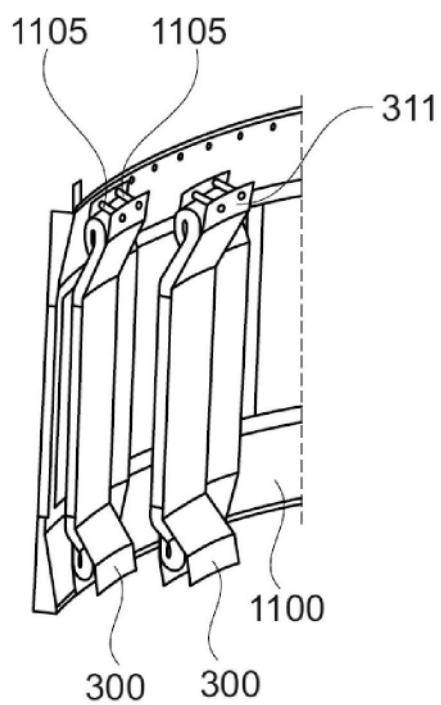


图 10A

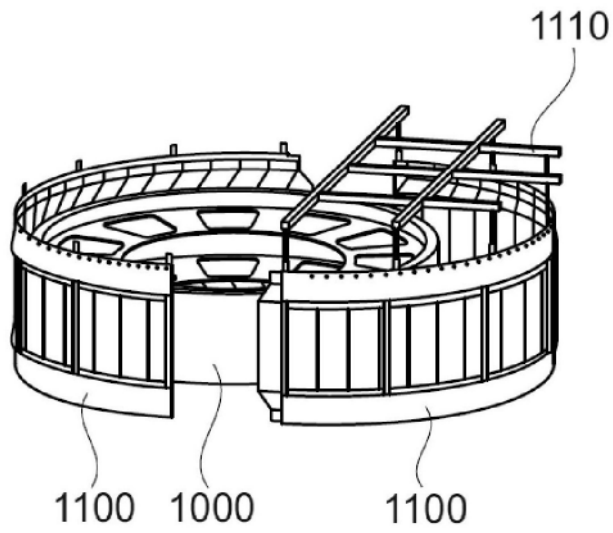


图 10B

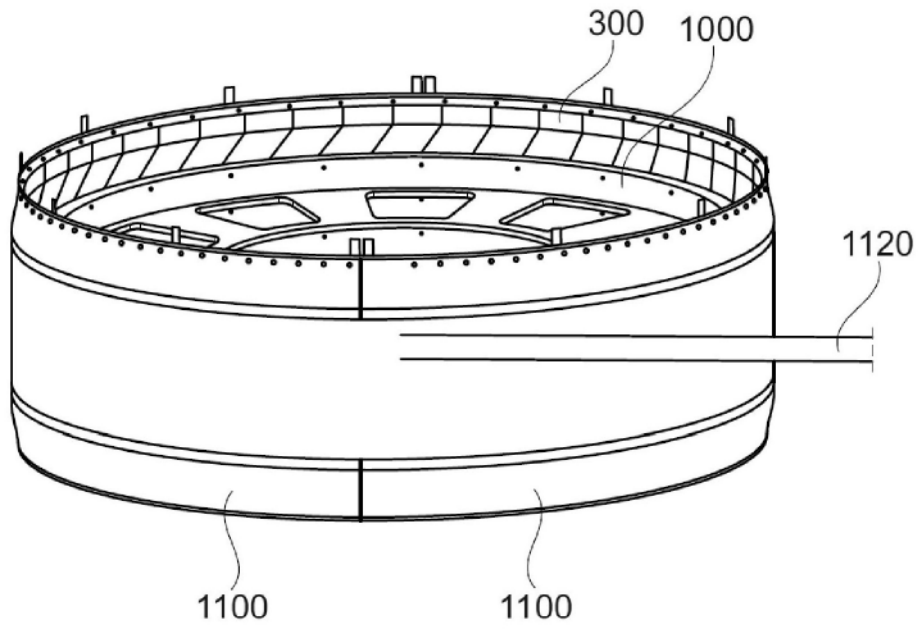


图 11

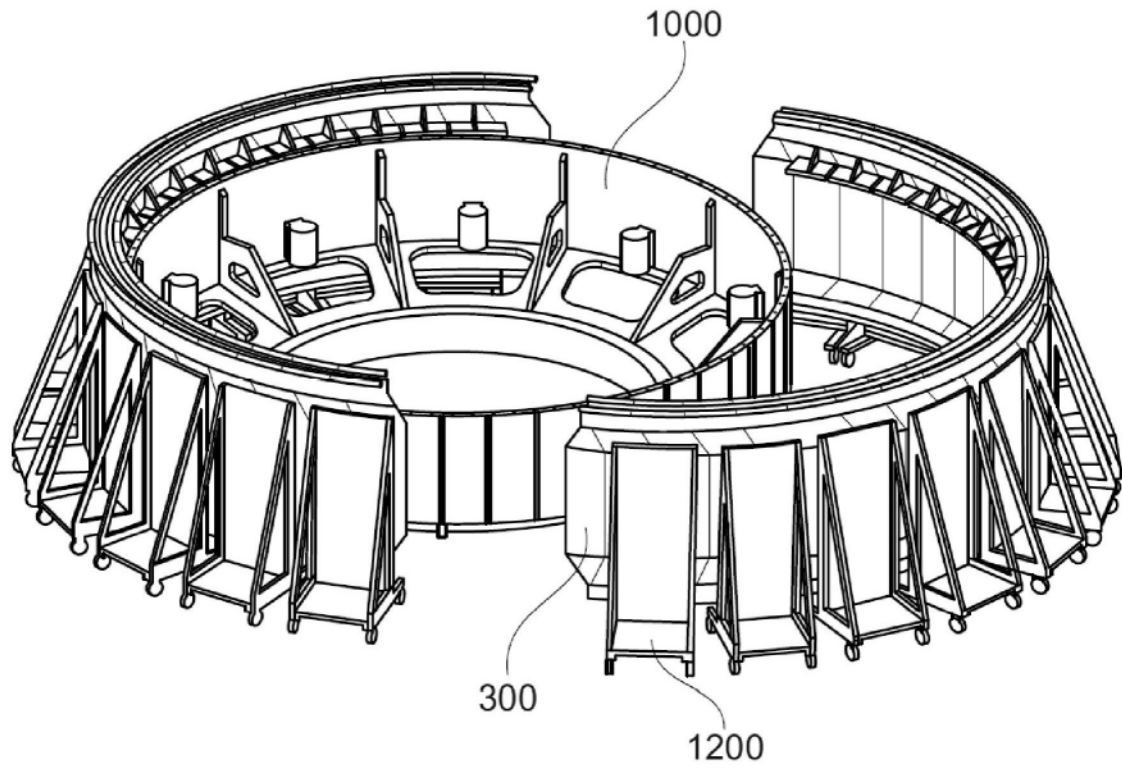


图 12

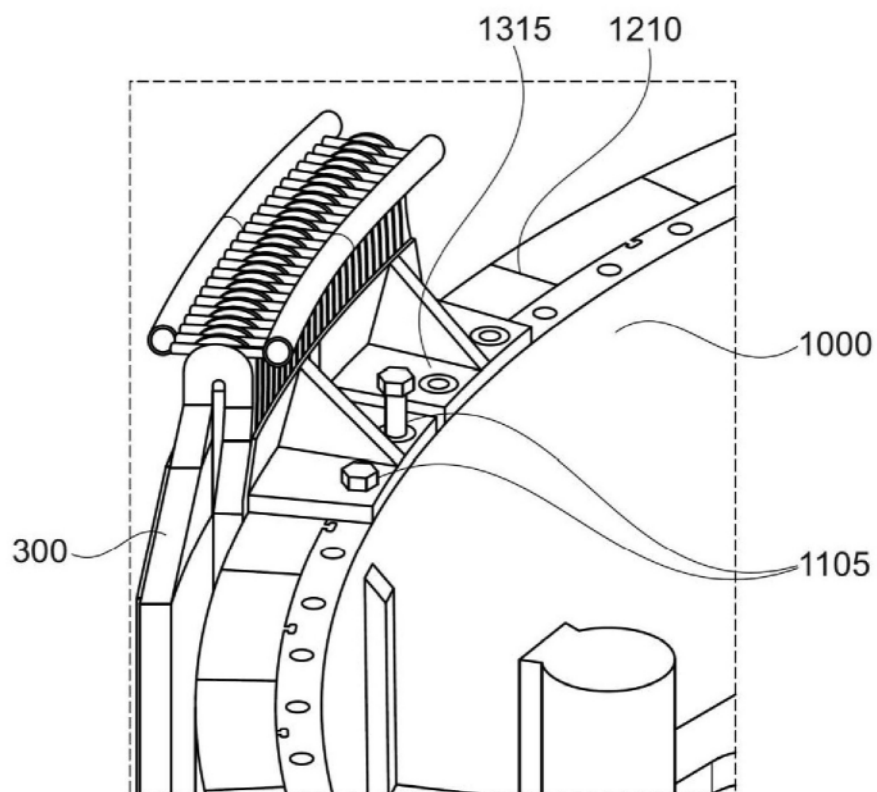


图 13

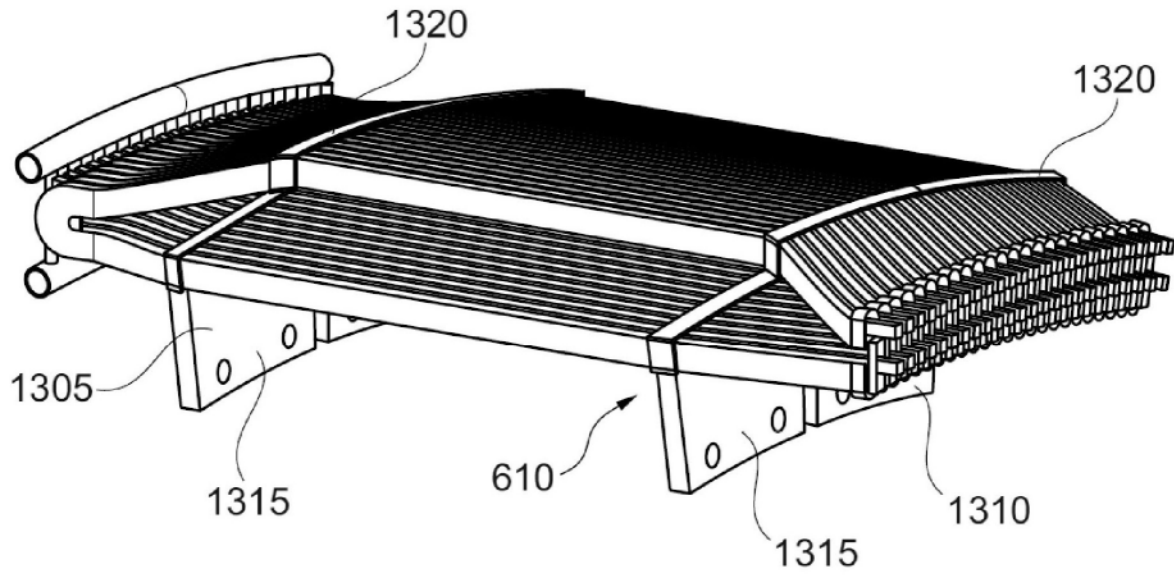


图 14

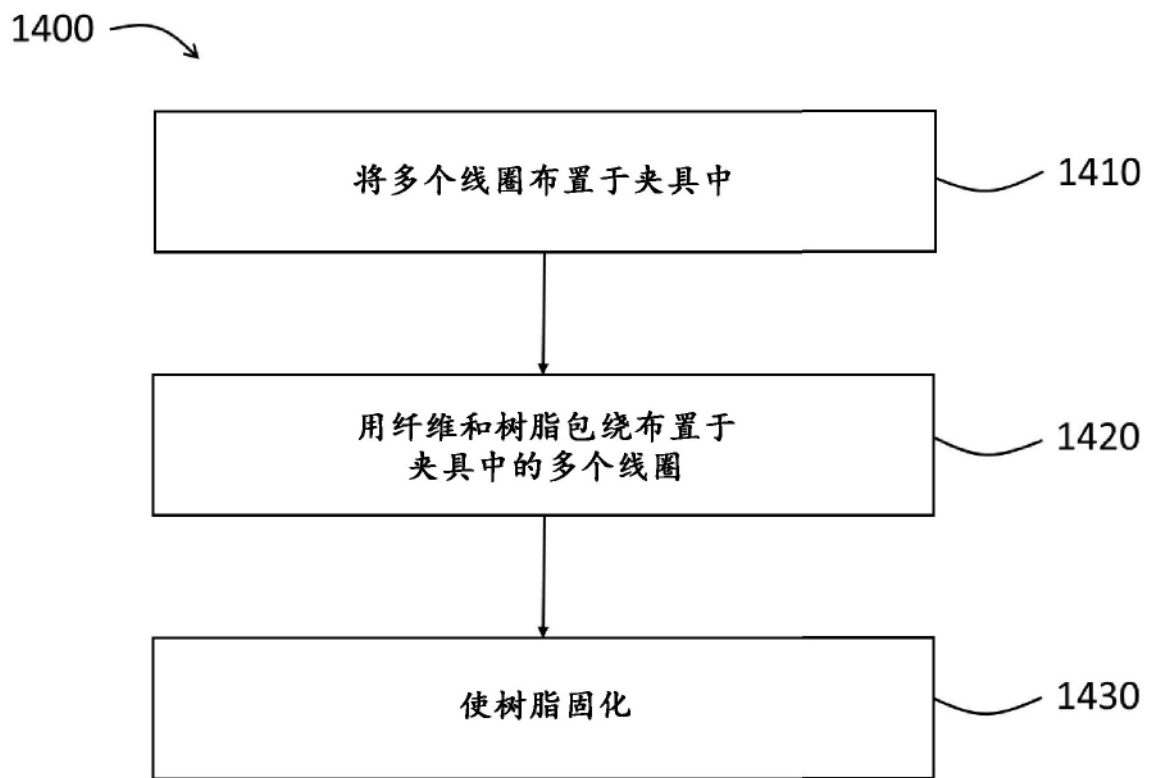


图 15