



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107344422 A

(43)申请公布日 2017. 11. 14

(21)申请号 201710682137.3

(22)申请日 2017.08.10

(71)申请人 中材科技风电叶片股份有限公司  
地址 100192 北京市海淀区西小口路66号  
中关村东升科技园·北领地B区6号楼  
C座9层

(72)发明人 高国强 王战坚 王兴伟 刘阳  
林李梅

(74)专利代理机构 北京律智知识产权代理有限  
公司 11438  
代理人 王卫忠 袁礼君

(51) Int. Cl.  
B29C 70/34(2006.01)  
F03D 80/00(2016.01)  
B29L 31/08(2006.01)

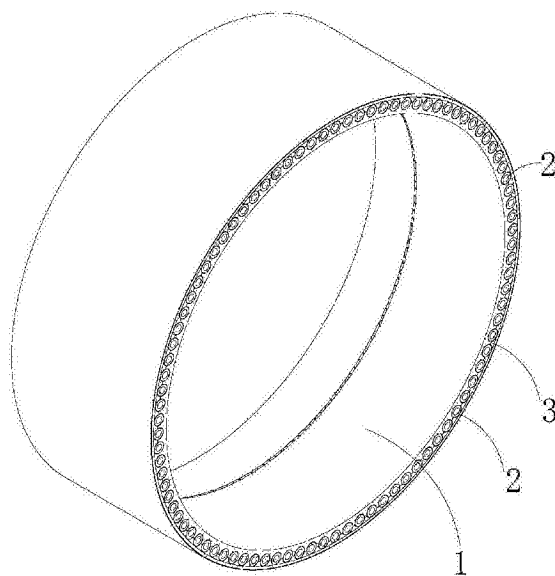
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

## (54)发明名称

风电叶片轻质叶根结构生产方法

## (57)摘要

本发明公开一种风电叶片轻质叶根结构生产方法,叶根结构包括纤维增强复合材料的本体,所述本体形成叶根结构外形,且本体包裹固定内部的多个螺栓套组件,其特征在于,所述本体内具有轻质材料内插体和轻质材料层;其中轻质叶根结构生产方法包括如下步骤:配置一个成型模具;铺设外玻璃纤维层及一轻质材料层;安装内插体;安装螺栓套;安装轻质条形件;铺设内玻璃纤维层以及灌注成型。所述内插体对应设置于各个所述螺栓套组件的外侧间隔位置,所述轻质材料层设置于所述螺栓套组件外侧与所述本体外表面之间,所述轻质材料层叶根侧端部与所述风电叶片叶根侧端面间隔一定距离。相对于现有技术中叶根结构重量更轻,且界面防护和生产效率有所提高。



1. 一种风电叶片轻质叶根结构生产方法, 叶根结构包括纤维增强复合材料的本体, 且本体包裹固定内部的多个螺栓套组件, 其特征在于, 所述本体内具有轻质材料内插体和轻质材料层; 其中轻质叶根结构生产方法包括如下步骤:

配置一个成型模具;

铺设外玻璃纤维层及一轻质材料层, 在所述模具内与所述根部结构外壁对应的位置铺设外玻璃纤维层及轻质材料层;

安装内插体, 在轻质材料层内侧分别放置多个内插体, 使所述内插体的外表面平铺在轻质材料层, 且相邻两个内插体决定螺栓套组件安装位置;

安装螺栓套, 将所述螺栓套分别置于相邻两个内插体之间, 并在所述外玻璃纤维层上并保持固定;

安装轻质条形件, 将轻质条形件插接于所述螺栓套组件靠近风电叶片顶部的一端;

铺设内玻璃纤维层, 所述内玻璃纤维层覆盖所述螺栓套组件及所述内插体;

灌注成型, 向所述模具内灌注树脂, 加热固化。

2. 如权利要求1所述的风电叶片轻质叶根结构生产方法, 其特征在于, 在所述安装螺栓套的步骤中, 所述螺栓套与内插体之间铺设有纤维层, 以留出注胶通道并防止树脂聚集。

3. 如权利要求1所述的风电叶片轻质叶根结构生产方法, 其特征在于, 所述轻质条形件径向截面面向叶尖方向呈递减。

4. 如权利要求1所述的风电叶片轻质叶根结构生产方法, 其特征在于, 所述螺栓套组件外周形成有一层纤维增强树脂层, 该纤维增强树脂层覆盖并固定所述螺栓套组件, 这一层纤维增强树脂层与所述本体一体成型。

5. 如权利要求1所述的风电叶片轻质叶根结构生产方法, 其特征在于, 所述本体面向叶尖方向一端部分的内径呈向外递增。

6. 如权利要求1所述的风电叶片轻质叶根结构生产方法, 其特征在于, 所述轻质材料层叶根侧端部与所述风电叶片叶根端面间隔一定距离, 所述轻质材料层叶根侧端部具有斜面, 一个实例是该斜面内边缘向叶根侧延伸, 该斜面外边缘向叶尖侧延伸; 所述本体的纤维增强复合材料与该斜面匹配对接。

7. 如权利要求1所述的风电叶片轻质叶根结构生产方法, 其特征在于, 所述内插体为分体式或多单元一体成型的预制件, 两个螺栓套组件间的所述内插件至少有一侧外形与所述螺栓套外形匹配。

8. 如权利要求1所述的风电叶片轻质叶根结构生产方法, 其特征在于, 所述内插体的径向高度小于或等于所述螺栓套外径的 $3/4$ 。

9. 如权利要求1至8任一项所述的风电叶片轻质叶根结构生产方法, 其特征在于, 所述内插体为拉挤成型或模压成型, 所述内插体为纤维增强树脂材质, 其中纤维为玻璃纤维或碳纤维, 树脂为热固性树脂或热塑性树脂; 所述内插体长度大于预埋螺栓套长度。

10. 如权利要求1至8任一项所述的风电叶片轻质叶根结构生产方法, 其特征在于, 所述内插体径向上外侧端面形状是平面或圆弧面, 至少一端与螺栓套外侧纤维增强树脂材料对齐。

## 风电叶片轻质叶根结构生产方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种风力发电技术领域,尤其涉及一种重量更轻的风电叶片轻质叶根结构生产方法。

### 背景技术

[0002] 随着发电功率的增大,风电叶片长度或重量同步增加,这导致轴承、塔筒等配套工程运行荷载同步增加。在不影响发电功率前提下,降低叶片总重量是风电叶片发展方向之一。

[0003] 一种现有技术,如公开号为US20110044817A1,主题为叶根连接方法的美国专利,因为能够提供更多的螺栓装配,为大功率叶片提供了承载能力。但是,其在预埋螺栓套内外侧(亦称内外蒙皮)全部为纤维增强材料,而现有纤维增强材料密度通常大于 $1000\text{Kg}/\text{m}^3$ ,如玻璃纤维增强环氧树脂密度约为 $1900\text{Kg}/\text{m}^3$ ,造成了叶根结构整体重量偏大。

[0004] 另一种现有技术,如公开号为CN1802285A,主题为叶根连接件的中国专利,在提供承载能力同时用垫板方式降低了叶根重量。同时,其在两个预埋螺栓套之间以增强材料布条层层铺放方式增加了制品厚度。但该方法仍然存在重量偏大且施工工艺繁复的问题。另外,其中的轻质材料沿叶片轴向伸出与叶根端面平齐,由于该类轻质材料处于未完全封闭条件下易于受到其他介质侵害,如在液体容易发生溶胀,在空气中容易发生氧化等等。

[0005] 在所述背景技术部分公开的上述信息仅用于加强对本发明的背景的理解,因此它可以包括不构成对本领域普通技术人员已知的现有技术的信息。

### 发明内容

[0006] 本发明的一个主要目的在于克服上述现有技术的至少一种缺陷,提供一种重量更轻且能提高生产效率的风电叶片轻质叶根结构生产方法。

[0007] 为实现上述发明目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种风电叶片轻质叶根结构生产方法,叶根结构包括纤维增强复合材料的本体,所述本体形成叶根结构外形,且本体包裹固定内部的多个螺栓套组件,所述本体内具有轻质材料内插体和轻质材料层;其中轻质叶根结构生产方法包括如下步骤:

[0009] 提供配置一个成型模具;

[0010] 铺设外玻璃纤维层及一轻质材料层,在所述模具内与所述根部结构外壁对应的位置铺设外增强纤维层及轻质材料层,包括轻质材料层到叶根之间的增强纤维层;

[0011] 安装内插体,在轻质材料层内侧分别放置多个内插体,使所述内插体的外表面平铺在轻质材料层,且相邻两个内插体决定螺栓套组件安装位置;

[0012] 安装螺栓套,将所述螺栓套分别置于相邻两个内插体之间,并在所述外玻璃纤维层上并保持固定;

[0013] 安装轻质条形件,将轻质条形件插接于所述螺栓套组件靠近风电叶片顶部的一

端；

[0014] 铺设内玻璃纤维层,所述内玻璃纤维层覆盖所述螺栓套组件及所述内插体；

[0015] 灌注成型,向所述模具内灌注树脂,加热固化。

[0016] 根据本发明的一实施方式,其中在所述安装螺栓套的步骤中,所述螺栓套与内插体之间铺设有纤维层,以留出注胶通路。

[0017] 根据本发明的一实施方式,其中所述轻质条形件径向截面面向叶尖方向呈递减。

[0018] 根据本发明的一实施方式,其中所述螺栓套组件外周形成有一层纤维增强树脂层,该纤维增强树脂层覆盖并固定所述螺栓套组件,这一层纤维增强树脂层与所述本体一体成型。

[0019] 根据本发明的一实施方式,其中所述本体面向叶尖方向一端部分的内径呈向外递增。

[0020] 根据本发明的一实施方式,其中所述轻质材料层叶根侧端部与所述风电叶片叶根侧端面间隔一定距离,所述轻质材料层叶根侧端部具有斜面,该斜面内边缘向叶根侧延伸,该斜面外边缘向叶尖侧延伸;所述本体的纤维增强复合材料与该斜面匹配对接。

[0021] 根据本发明的一实施方式,其中所述内插体为分体式或多个一体成型的预制件,两个螺栓套组件间的所述内插件至少有一侧外形与所述螺栓套外形匹配。

[0022] 根据本发明的一实施方式,其中所述内插体的径向高度小于或等于所述螺栓套直径的 $\frac{2}{3}$ 。

[0023] 根据本发明的一实施方式,其中所述内插体为拉挤成型或模压成型,所述内插体为纤维增强树脂材质,其中纤维为玻璃纤维或碳纤维,树脂为热固性树脂或热塑性树脂;所述内插体长度大于预埋螺栓套长度。

[0024] 根据本发明的一实施方式,其中所述内插体径向上外侧端面形状是平面或圆弧面,至少一端与螺栓套外侧纤维增强树脂材料对齐。

[0025] 由上述技术方案可知,本发明实施例的风电叶片轻质叶根结构生产方法的优点和积极效果在于:

[0026] 本发明实施例生产的风电叶片叶根结构相对于现有技术中叶根结构重量更轻,且界面防护和生产效率有所提高,本发明实施例以同等体积密度约为其十分之一的材料,替代外蒙皮部分位置纤维增强材料,叶片重量将显著降低。其在预埋螺栓套叶尖方向以横截面逐渐减小的方式增加绕度,该处螺栓套材料密度达到 $7800\text{Kg}/\text{m}^3$ ,以此可大幅减轻重量。通过以低于环氧树脂或不饱和聚酯玻璃钢密度的轻质材料替代叶片叶根一部分玻璃钢或金属材料,在相同发电功率情况下具有更轻的叶片重量。

[0027] 还可以通过预制成型件替代部分叶根铺层减少铺层时间,提高模具利用率。

[0028] 在结构上能够保护轻质材料不受水、油浸蚀,并更好地保护螺栓套外部界面。

[0029] 本发明实施例中的叶根结构,在螺栓套叶尖方向绕度大的区域,或者说满足拉拔力之外区域以 $60\sim 300\text{Kg}/\text{m}^3$ 轻质材料替代玻璃钢材料,使得叶片结构更加精细轻量。

## 附图说明

[0030] 通过结合附图考虑以下对本发明的优选实施例的详细说明,本发明的各种目标、特征和优点将变得更加显而易见。附图仅为本发明的示范性图解,并非一定是按比例绘制。

在附图中,同样的附图标记始终表示相同或类似的部件。其中:

[0031] 图1是根据一示例性实施方式示出的一种风电叶片叶根结构的外形结构示意图。

[0032] 图2是根据一示例性实施方式示出的一种风电叶片叶根结构的局部剖开后结构示意图。

[0033] 图3是根据一示例性实施方式示出的一种风电叶片叶根结构局部剖切的结构示意图。

[0034] 图4是图3中A处放大示意图。

[0035] 图5为根据一示例性实施方式示出的一种风电叶片叶根结构的单侧剖面结构示意图。

[0036] 图6为根据一示例性实施方式示出的一种风电叶片叶根结构的螺栓套组件分解结构示意图。

[0037] 其中,附图标记说明如下:

[0038] 1、本体;2、螺栓套组件;21、螺栓套;22、轻质条形件;3、内插体;4、轻质材料层。

### 具体实施方式

[0039] 现在将参考附图更全面地描述示例实施方式。然而,示例实施方式能够以多种形式实施,且不应被理解为限于在此阐述的实施方式;相反,提供这些实施方式使得本发明将全面和完整,并将示例实施方式的构思全面地传达给本领域的技术人员。图中相同的附图标记表示相同或类似的结构,因而将省略它们的详细描述。

[0040] 图1是根据一示例性实施方式示出的一种风电叶片叶根结构的外形结构示意图。图2是根据一示例性实施方式示出的一种风电叶片叶根结构的局部剖开后结构示意图。图3是根据一示例性实施方式示出的一种风电叶片叶根结构局部剖切的结构示意图。

[0041] 参照如图所示,本发明实施例提供一种风电叶片叶根结构,主要包括纤维增强复合材料的本体1,所述本体形成叶根结构外形,且包裹固定内部的多个螺栓套组件2。其中,所述本体内具有多个轻质材料内插体3和轻质材料层4。多个所述螺栓套组件2沿叶根周向间隔布置,螺栓套组件2的布置方式对应发电机轮毂的相应固定结构进行设置。各个螺栓套组件2分别具有螺栓套21及轻质条形件22,所述轻质条形件22插接于所述螺栓套21面向叶尖的一端;所述内插体3对应设置于各个所述螺栓套组件2的外侧间隔位置,填充各个大致呈圆筒形的螺栓套组件2之间的空间中,所述轻质材料层4配置于所述螺栓套组件2外侧与所述本体1外表面之间,所述轻质材料层4叶根侧端部与所述风电叶片叶根侧端面间隔一定距离,以便于本体1的纤维增强复合材料在间隔中成型固化,以形成较大结构强度的端面结构。

[0042] 根据本领域技术常识,所述叶根方向是,指向叶片所固定的发电机轮毂的方向,而叶尖方向通常是指相反于叶根方向,指向叶片外端尖部的方向。本说明书所述的径向上的外侧是指远离叶根部圆心的一侧,而所述的径向上的内侧是指相对更靠近叶根圆心的一侧。

[0043] 前述的轻质材料可以为轻质的发泡塑料、玻璃微珠轻质玻璃钢、木材或者竹子等轻质材料,在进行填充和固定的同时,有利于减轻重量,降低成本。轻质木材例如巴萨木;发泡塑料例如是PET、PVC等泡沫材料。本领域技术可以理解的是,轻质材料可选择各种满足密

度低于300Kg/m<sup>3</sup>,的各种易成型工业材料。

[0044] 本发明实施例结构相对于现有叶片结构重量更轻,且在界面防护和生产效率有所提高。本发明实施例结构通过以低于环氧树脂或不饱和聚酯玻璃钢密度的轻质材料替代叶片叶根一部分玻璃钢或金属材料,在相同发电功率情况下具有更轻的叶片重量。本发明实施例结构通过预制成型件替代部分叶根铺层减少铺层时间,提高模具利用率。本发明在结构上能够保护轻质材料不受水、油浸蚀,更好地保护螺栓套21外部界面。

[0045] 图4是图3中A处放大示意图。图5为根据一示例性实施方式示出的一种风电叶片叶根结构的单侧剖面结构示意图。图6为根据一示例性实施方式示出的一种风电叶片叶根结构的螺栓套组件分解结构示意图。

[0046] 如图所示,根据一实施方式,所述螺栓套21面向叶尖方向一端部分的内径选择为呈递增形状,所述螺栓套21的外径面向叶尖方向呈递增。不仅实现轻质化,且增加抗拔摩擦力。所述本体面向叶尖方向一端部分的内径呈向外递增,以实现轻量化。螺栓套组件2中的所述轻质条形件22径向截面面向叶尖方向呈递减,一侧与本体1叶尖侧内侧面的渐开口形状匹配,二侧同样可以实现轻量化。

[0047] 所述螺栓套组件2外周与相邻部件间均留有间隙,以便于形成一层纤维增强树脂层,该纤维增强树脂层适配着所述螺栓套组件2外形而完全覆盖。

[0048] 所述轻质材料层4叶根侧端部具有斜面,该斜面内边缘向叶根侧延伸,该斜面外边缘向叶尖侧延伸,也就是端部形成内大外小的锥形;所述本体1的纤维增强复合材料与该斜面匹配对接,以斜面增强二者的结合强度,而以内大外小的锥形,可使得成形后纤维增强复合材料对轻质材料层4有向内固定作用。这一层纤维增强树脂层可选择利用模压成型一次形成。

[0049] 参照图1、图2所示,所述内插体3可为分体式或多单元一体成型的预制件,所述内插件至少有一侧外形与所述螺栓套21外形匹配。本实施例中,以两侧是一段均与螺栓套21外形匹配的弧形为例说明,如此,轻质材料插件可以填充螺栓套21与外蒙皮纤维增强树脂之间的空间。所述内插体3的径向高度选择为小于或等于所述螺栓套21直径的3/4,以便于本体1的纤维增强复合材料在内侧向外包裹固定螺栓套21,同时提高铺布效率、减少布层褶皱。并且,这里内插体3的内侧端面可形成弧形,以便于能与本体1后形成的纤维增强复合材料进行牢固结合。

[0050] 更进一步地,所述内插体3选择为拉挤成型或模压成型,且事先预制成型,而分体式内插体3可利用统一形状进行大批量地快速生产,而且所使用模具比较小,大大减少模具成本。而如果内插体3选择多单元一体成型,则可以提高生产速度与装配速度。所述内插体3选择为纤维增强树脂材质,其中纤维选择为玻璃纤维或碳纤维,树脂选择为热固性树脂或热塑性树脂。所述内插体3长度选择为大于预埋螺栓套21的长度,以便于内插体3同时搭接螺栓套21与轻质条形件22。所述内插体3在径向上外侧端面形状是平面或圆弧面,至少是外端与螺栓套21外侧纤维增强树脂材料对齐,更进步的示例是,内插体3两外端恰好与两相邻螺栓套21外周相切,以此,多个内插体3外侧可组成一个整圆,以此,可均匀地传递作用力,而利用内插体3内侧的结构,可保证对螺栓套21外侧的均匀地固定压紧。

[0051] 根据上述实施例,利用本体1可将多个螺栓套组件2进行固定,同时,轻质条形件22与外层的轻质材料层4可大大减轻叶根结构整体重量,而轻质条形件22与外层的轻质材料

层4只是替换了并不影响结构强度的部位的材料,并不会影响叶根结构强度,而且,预制成型的内插体3还可以较好地保证螺栓套21外侧的成型结构强度,避免应力集中的问题。同时,由于本体1的内的多数部件均为预制成型,在生产中,可以利用模压或较简化的铺层工艺即可完成。同时,不存在较大体积的待固化区域,还具有固化快的优势。

[0052] 本发明实施例还提供一种风电叶片叶根结构施工方法,包括如下步骤:

[0053] 提供一可用于成型风电叶片的根部结构的模具;

[0054] 铺设外玻璃纤维层及轻质材料层4,在所述模具内与所述根部结构外壁对应的位置铺设外玻璃纤维层及轻质材料层4;

[0055] 安装内插体3,在轻质材料层4内侧分别放置内插体3,使所述内插体3的外表面平铺在轻质材料层4,且相邻两个内插体3决定螺栓套组件安装位置;

[0056] 安装螺栓套21,将所述螺栓套21分别置于相邻两个内插体3之间,并在所述外玻璃纤维层上并保持固定,螺栓套21与内插体3之间可选择铺设纤维层,以留出注胶通道;

[0057] 安装轻质条形件22,将轻质条形件22插接于所述螺栓套组件2靠近风电叶片顶部的一端;

[0058] 重复所述安装螺栓套组件2步骤和所述内插体3步骤,直至安装完所有的所述螺栓套组件2、所述内插体3;

[0059] 铺设内玻璃纤维层,所述内玻璃纤维层覆盖所述螺栓套组件及所述内插体3;

[0060] 灌注成型,向所述模具内灌注树脂,加热固化。

[0061] 本发明实施例中的叶根结构,相对于现有技术中叶根结构重量更轻,且界面防护和生产效率有所提高,本发明实施例以同等体积密度约为其十分之一的材料,替代外蒙皮部分位置纤维增强材料,叶片重量将显著降低。其在预埋螺栓套叶尖方向以横截面逐渐减小的方式增加绕度,该处螺栓套材料密度达到7800Kg/m<sup>3</sup>。通过以低于环氧树脂或不饱和聚酯玻璃钢密度的轻质材料替代叶片叶根一部分玻璃钢或金属材料,在相同发电功率情况下具有更轻的叶片重量。

[0062] 采用轻质条形件22、内插体3此类预制件,还可以通过预制成型件替代部分叶根铺层减少铺层时间,提高模具利用率。

[0063] 而且,轻质均包裹于蒙皮内,在结构上能够保护轻质材料不受水、油浸蚀,同时更好地保护螺栓套外部界面。

[0064] 本发明实施例中的叶根结构,在螺栓套叶尖方向扰度大区域或者说满足拉拔力之外区域以密度低于300Kg/m<sup>3</sup>轻质材料替代玻璃钢材料,使得叶片结构更加精细轻量。

[0065] 可理解的是,如有可能,各实施例中所讨论的特征是可互换的。

[0066] 尽管以上已详细说明了本发明,但清楚的是,可做出各种修改和变型而不脱离本发明的范围。

[0067] 在说明本发明或本发明优选实施例的元件时,词“一”、“一个”、“该”以及“所述”意欲指的是存在着一个或更多个元件。术语“包括”、“包含”和“具有”等意欲是开放性的且指的是除了所列出的元件之外还可存在其它元件。

[0068] 鉴于上述,可看到实现了本发明的若干目的并获得了其它有益结果。

[0069] 因为可对上述结构做出各种变化而不脱离本发明的范围,所以所有包含在上述说明中并示出在附图中的内容都应解释为说明性的而非限制性的。

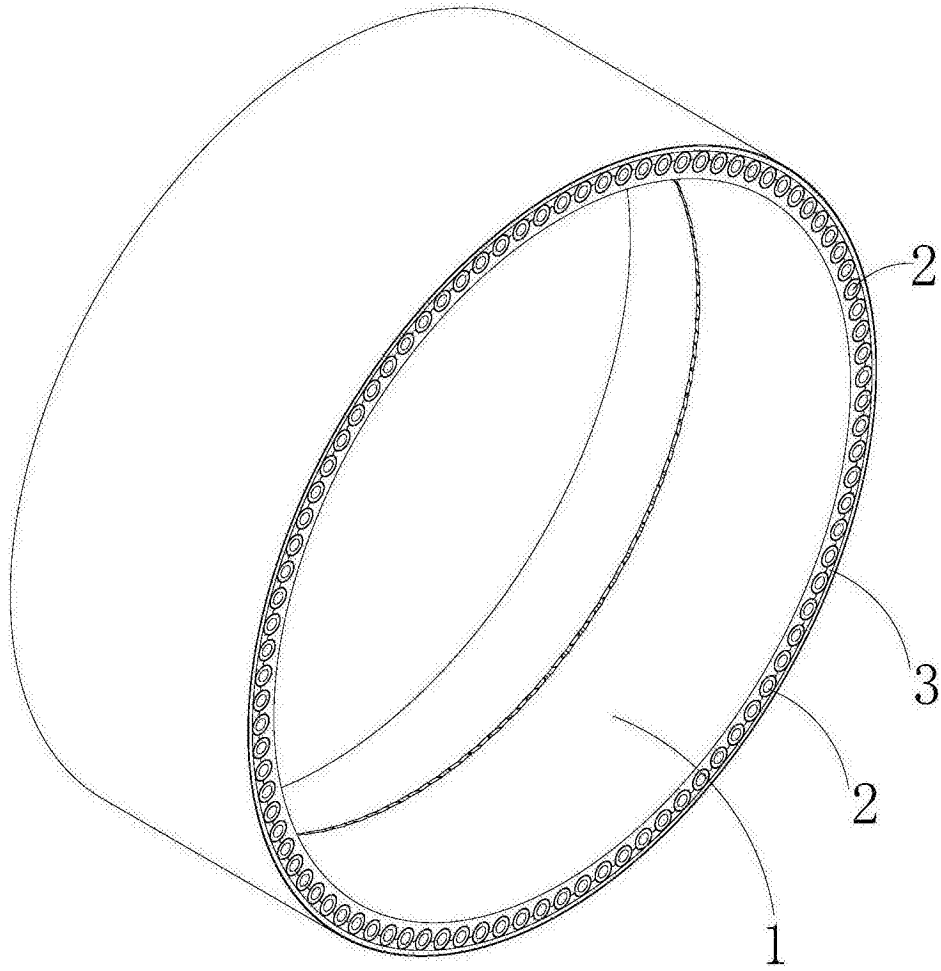


图1

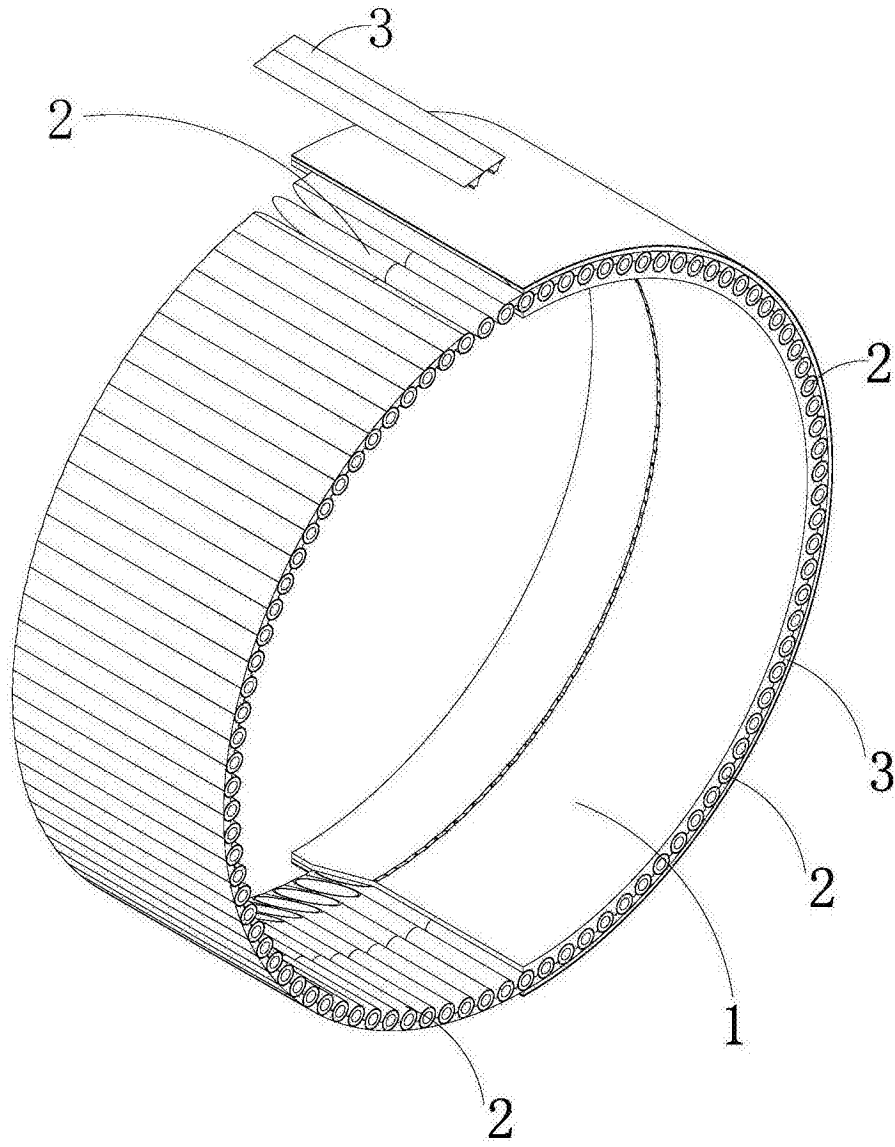


图2

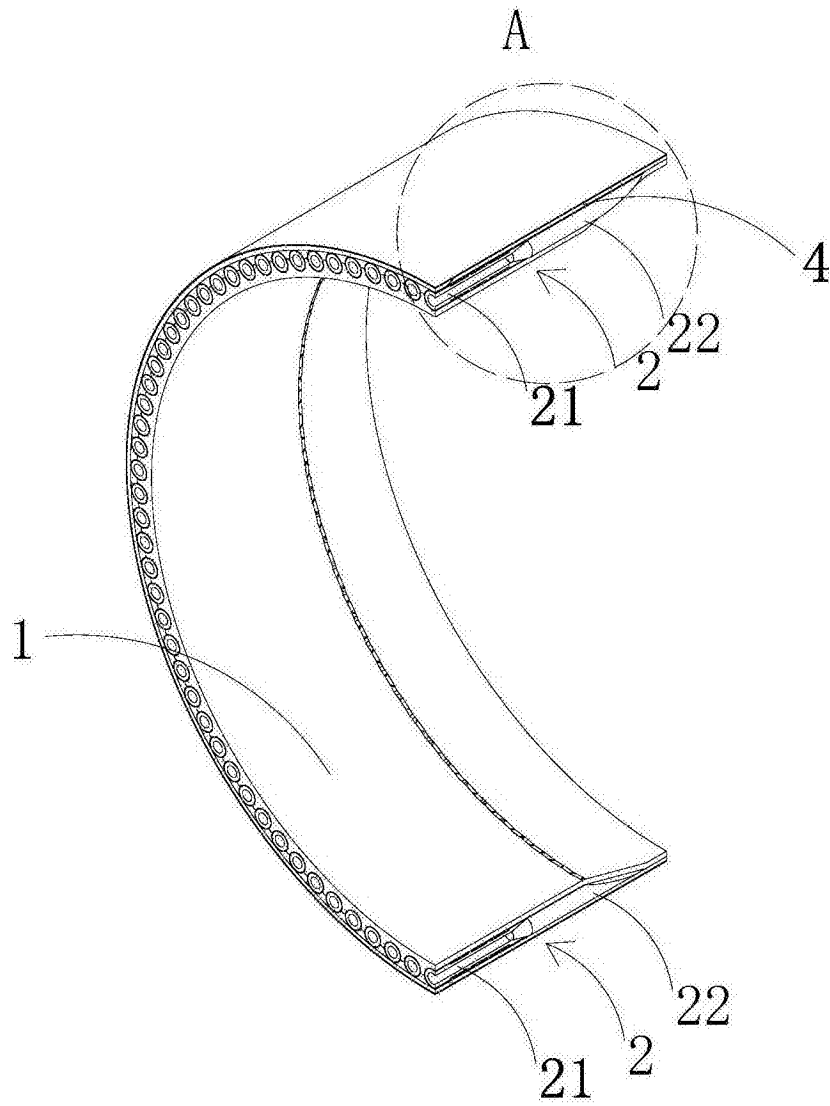


图3

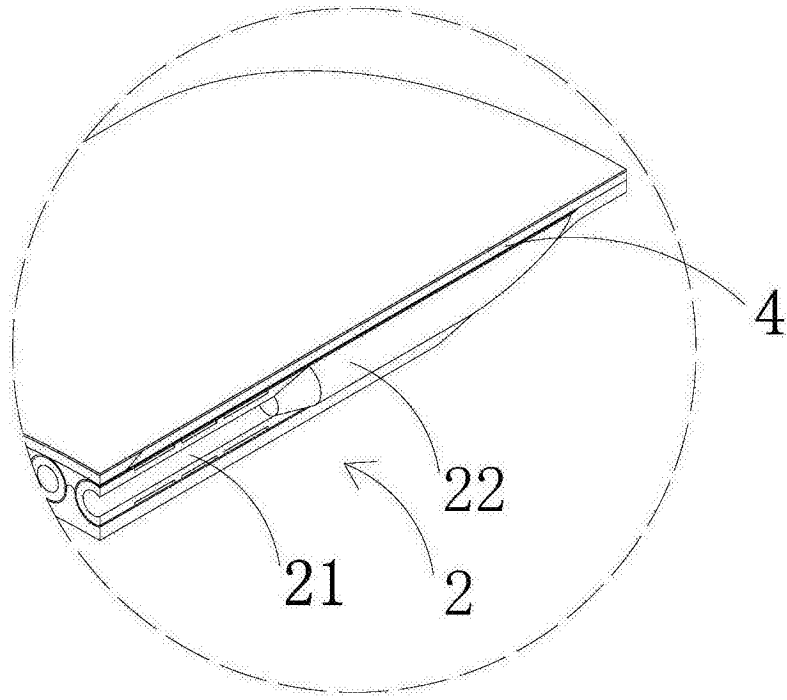


图4

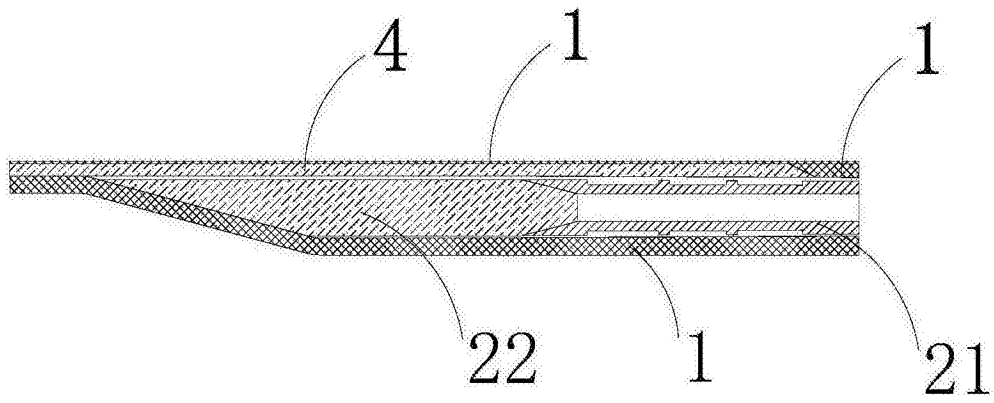


图5

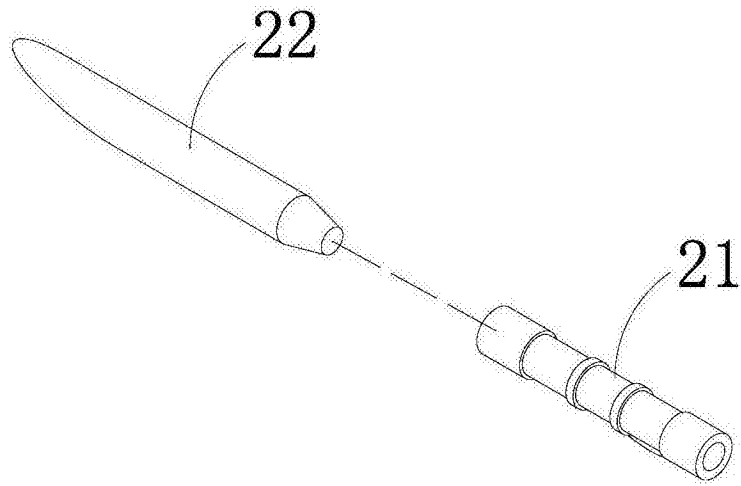


图6