



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103648754 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 19

(21) 申请号 201280028636. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 04. 11

B29C 70/86 (2006. 01)

(30) 优先权数据

F01D 5/28 (2006. 01)

11161906. 0 2011. 04. 11 EP

F03D 1/06 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 12. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/056552 2012. 04. 11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/140062 EN 2012. 10. 18

(71) 申请人 LM WP 专利控股有限公司

地址 丹麦科灵

(72) 发明人 M. 达尔 B. K. 莫坦森 B. 霍恩布劳

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 谭佐晞 严志军

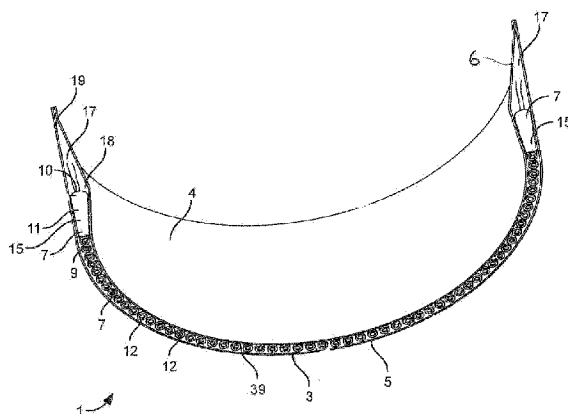
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

具有渐细的根部套管的风力涡轮机叶片

(57) 摘要

一种用于风力涡轮机的风力涡轮机叶片为纤维增强复合材料的壳体结构且包括根部区和翼型区。根部区具有环形横截面,且包括具有内螺纹(22)的多个长形套管(7),且套管(7)有空隙地嵌入纤维增强聚合物中,以便基本顺应根部区的圆周,且允许从外侧接近内螺纹(22)。套管(7)成为从其第二端朝其第一端成锥形地渐细,套管(7)的第一端布置在根部区的端面处。



1. 一种用于风力涡轮机转子的风力涡轮机叶片,所述风力涡轮机转子包括轮毂,所述风力涡轮机叶片当安装到所述轮毂上时从所述轮毂延伸,所述风力涡轮机叶片包括纤维增强复合材料的壳体结构,所述纤维增强复合材料包括嵌入聚合物基体中的纤维,所述风力涡轮机叶片沿纵向方向延伸,且具有包括压力侧和吸力侧以及前缘和后缘的成型轮廓,所述缘限定在所述缘之间的弦平面,当沿所述纵向方向看时,所述成型轮廓包括具有根部端面的根部区,翼型区以及所述根部区与所述翼型区之间的可选择的过渡区,

所述根部区具有带有外表面和内表面的环形横截面,

所述根部区包括多个长形紧固构件,所述长形紧固构件设有紧固装置且相互间隔开地嵌入所述纤维增强聚合物中以便基本顺应所述根部区的圆周,且允许从所述外侧接近用于将所述叶片安装到所述轮毂上的所述紧固装置,

所述紧固构件包括布置在所述根部端面处的第一端、与其所述第一端相对的第二端,以及包括外表面、内表面、第一侧面和相对的第二侧面的外周界,

其特征在于,至少一定数目的所述长形紧固构件形成以具有纵向上的渐细区段,在所述渐细区段中,所述外周界沿从所述紧固构件的所述第二端朝所述第一端的方向在所述紧固构件的纵向范围的至少 10% 渐细。

2. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机叶片,其中,相邻的紧固构件布置成使得相邻的紧固构件的纵向上的渐细区段面向彼此。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,在所述纵向上的渐细区段的纵向范围内,所述紧固构件的所述纵向上的渐细区段在所述紧固构件的整个圆周延伸。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述纵向上的渐细区段在所述紧固构件的纵向范围的至少 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% 延伸。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述纵向上的渐细区段的所述外周界为基本平滑的。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述长形紧固构件的任何横截面为垂直于其纵轴线的圆形。

7. 根据前述权利要求 1 至 5 中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述紧固构件的所述纵向上的渐细区段包括相对地布置的平坦表面,所述平坦表面向着彼此会聚。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述紧固构件为套管且所述紧固装置为所述套管中的开孔中的螺纹。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述根部区还包括插入件,所述插入件分开地由纤维增强聚合物形成且布置在所述紧固构件的相邻侧面之间的区中,优选地布置在所述紧固构件的相邻侧面之间的每个区中,所述插入件包括基本对应于相邻的所述紧固构件的侧面之间的区的第一插入件部分。

10. 根据权利要求 9 所述的风力涡轮机叶片,其中,所述第一插入件部分的相对的侧面基本邻接相邻的所述紧固构件的所述纵向上的渐细区段。

11. 根据前述权利要求 9 至 10 中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,面朝所述根部区的所述外表面的所述第一插入件部分的径向外表面和面朝所述根部区的所述内表面的所述第一插入件部分的径向内部面为基本平坦的。

12. 根据前述权利要求9至11中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述第一插入件部分至少在相邻的所述紧固构件的整个纵向范围延伸。

13. 根据前述权利要求9至12中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述插入件还包括第二插入件部分,所述第二插入件部分为延伸超过相邻的所述紧固构件的所述第二端的所述第一插入件部分的楔形的渐细延伸部。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述插入件包括优选地为钢纤维的金属纤维。

15. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,优选地为钢纤维的金属纤维牢固地固定到所述紧固构件上,以便从所述紧固构件延伸,所述金属纤维优选为至少固定到所述紧固构件的所述第二端上。

16. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片,其中,所述紧固构件被层叠至所述根部区的复合材料中。

具有渐细的根部套管的风力涡轮机叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于风力涡轮机转子的风力涡轮机叶片，风力涡轮机转子包括轮毂，风力涡轮机叶片当安装到轮毂上时从轮毂延伸，风力涡轮机叶片包括纤维增强复合材料的壳体结构，纤维增强复合材料包括嵌入聚合物基体 (polymer matrix) 中的纤维，风力涡轮机叶片沿纵向方向延伸，且具有包括压力侧和吸力侧以及前缘和后缘的成型轮廓，所述缘限定所述缘之间的弦平面，当沿纵向方向看时，该成型轮廓包括具有根部端面的根部区、翼型区以及根部区与翼型区之间的可选择的过渡区，该根部区具有带有外表面和内表面的环形横截面，根部区包括多个长形紧固构件，长形紧固构件设有紧固装置且相互间隔开地嵌入纤维增强聚合物中以便基本顺应根部区的圆周，且允许从外侧接近用于将叶片安装到轮毂上的紧固装置，紧固构件包括布置在根部端面处的第一端、与其第一端相对的第二端，以及包括外表面、内表面、第一侧面和相对的第二侧面的外周界。

背景技术

[0002] 风力涡轮机叶片且由此同样其根部区通常通过沿弦平面组装实质上分别对应于吸力侧和压力侧的两个叶片半 (blade halves) 制成。然而，叶片还可通过所谓的中空模制 (hollow moulding) 来以其整体模制。

[0003] 根部区包括形成外层和内层的纤维层，在外层与内层之间放置了采用套管形式的紧固构件。分开形成的插入件可放置在每对相邻的套管之间，由此套管通过插入件相互分开。已知的插入件由嵌入适合的树脂中的玻璃纤维制成。

[0004] 与风力涡轮机叶片有关的潜在问题为从根部区的纤维复合结构到风力涡轮机的轮毂的负载转移。从叶片到轮毂的连接和负载转移特别地通过由将螺栓拧入放置在根部中的套管中或借助于拧到拧入套管中的双头螺栓上的螺母将叶片安装到轮毂上来提供。在螺栓数目且由此套管数目必须增大以应对给定的负载的情况下，套管之间的纤维复合材料的剩余面积减小。这可导致根部连接未被足够地支承以承受负载，由此叶片根部与轮毂之间的连接可能失效，是因为套管未被足够地固持在复合材料中且因此从根部区的复合材料中被拉出。这在使用长的且由此重的叶片时尤其成问题。

[0005] W0 2010/018225 提供了一种制造包括钢线或钢纤维增强聚合物基体的风力涡轮机叶片的方法。然而，该文献没有解决如何将根部区设计成承受叶片根部与轮毂之间的连接中的极端负载的问题。

[0006] EP 2 138 716 描述了一种设在风力涡轮机叶片的层叠结构 (lamination) 中的叶片插入件。该插入件由两部分组成，即，头部和本体。头部设计成以便能够将插入件拧到另一个结构上。本体具有圆柱形外部且具有圆锥形的腔。由此，本体提供了到叶片层叠结构的平稳过渡。

[0007] W0 03/057457 公开了一种包括具有设在套管延伸部中的楔形件的根部端套管的风力涡轮机叶片。

[0008] GB 2 191 249 公开了一种用于 RAM 的空气涡轮机的叶片。该叶片为与金属材料的

座整体结合地形成的复合结构。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种具有根部区的风力涡轮机叶片,其克服现有技术的至少一个缺陷或至少提供一种有用的备选方案。

[0010] 根据本发明的第一方面,所描述的类型的风力涡轮机叶片的根部区设有至少一定数目的长形紧固构件,长形紧固构件形成以具有纵向区段,在该纵向区段中,外周界沿从紧固构件的第二端朝第一端的方向在紧固构件的纵向范围的至少 10% 渐细。

[0011] 紧固构件的外周界可提供纵向上的渐细区段。换言之,外周界的区段形成紧固构件的纵向上的渐细区段。在紧固构件具有局部波状 (corrugated) 表面的情况下,该渐细可由外周界的包络线 (envelope) 形成,即,顺着波状表面的顶点的线。

[0012] 在风力涡轮机的使用期间,嵌入聚合物基体中的紧固构件受到趋于将紧固构件从根部区中拉出的力。然而,由于紧固构件形成为以便成渐细的或具有外周界的包络线,该外周界的包络线设有沿从第二端朝第一端的方向渐细的纵向上的渐细区段,紧固构件的形状趋于在受到上述力时防止紧固构件被拉出。换言之,纵向上的渐细区段趋于将紧固构件固持在根部区中。

[0013] 由下文而清楚的是,外周界或换言之,紧固构件 (优选为套管) 的外部朝叶片的根部端渐细。因此,用语 "外表面"、"径向外表面"、"内表面" 和 "径向内表面" 仅限定分别面朝壳体结构的外表面和内表面的外部侧面 (exterior side)。因此,紧固构件或套管的外部渐细增大了抗拉出强度 (pull-out strength)。

[0014] 根据本发明的实施例,相邻的紧固构件可被布置使得相邻的紧固构件的纵向上的渐细区段面向彼此。

[0015] 该渐细区段可线性地渐细。然而,应注意的是,渐细区段可以以任何方式渐细,例如,阶梯式。

[0016] 根据另一个实施例,在纵向上的渐细区段的纵向范围内,紧固构件的纵向上的渐细区段可在紧固构件的整个圆周延伸。

[0017] 因此,纵向上的渐细区段在其横截面为圆形的情况下,可具有圆锥形状。

[0018] 根据本发明的另一个实施例,纵向上的渐细区段可在紧固构件的纵向范围的至少 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% 延伸。

[0019] 当渐细区段在紧固构件的整个范围延伸并且当渐细区段在紧固构件的整个圆周延伸时,获得了紧固构件的最佳固持。

[0020] 此外,纵向上的渐细区段的外表面可为基本平滑的。然而,应注意的是,纵向上的渐细区段的外表面还可为波状的或具有趋于改善根部区的纤维增强复合材料中的紧固构件的固持的别的表面结构。

[0021] 根据本发明的另一个实施例,长形紧固构件的任何横截面都可实质上为垂直其纵轴线的圆形。

[0022] 结果,紧固构件的制造由于紧固构件的整体圆形形状而相对简单。

[0023] 此外,紧固构件的渐细区段可包括相对地布置的平坦表面,平坦表面向着彼此会聚 (converging)。

- [0024] 根据又一个实施例, 紧固构件可为套管, 而紧固装置可为套管中的开孔中的螺纹。
- [0025] 可选择地, 紧固构件可为杆, 而紧固装置可为杆的外螺纹。
- [0026] 在有利的实施例中, 根部区还可包括分开的预先制成的插入件, 该插入件由纤维增强聚合物形成且布置在紧固构件的相邻侧面之间的区中, 优选为在紧固构件的相邻侧面之间的每个区中, 所述插入件包括基本对应于相邻紧固构件的侧面之间的区的第一插入件部分。
- [0027] 根据另一个实施例, 第一插入件部分的相对的侧面基本邻接相邻紧固构件的纵向上的渐细区段。
- [0028] 优选地, 紧固构件的邻接侧面和第一插入件部分形成为与彼此基本互补, 使得它们实质上在其整个范围彼此邻接。换言之, 当紧固构件的外侧面为凸面时, 第一插入件部分的外侧面为凹面。
- [0029] 根据另一个实施例, 面朝根部区的外表面的第一插入件部分的径向外表面 (outer face) 和面朝根部区的内表面的第一插入件部分的径向内部面 (inner face) 可为基本平坦的。
- [0030] 根据另外的实施例, 第一插入件部分可至少在相邻的紧固构件的整个纵向范围延伸。
- [0031] 根据另一个实施例, 插入件还可包括第二插入件部分, 第二插入件部分为延伸超过相邻紧固构件的第二端的第一插入件部分的楔形的渐细延伸部。
- [0032] 插入件可包括金属纤维, 优选为钢纤维。
- [0033] 因此, 与仅包括嵌入聚合物基体中的非金属纤维 (如, 玻璃纤维和 / 或碳纤维) 的插入件相比, 该插入件的刚性被改善。改善的刚性提供了改善的紧固构件的固持, 且由此提供了改善的紧固构件的抗拉出强度。
- [0034] 插入件可包括包括金属纤维的第一层和包括与金属纤维不同类型的纤维 (优选为玻璃纤维和 / 或碳纤维) 的中间第二层。
- [0035] 此外, 金属纤维 (优选为钢纤维) 可牢固地固定到紧固构件上, 以便从其延伸, 金属纤维优选地至少固定到紧固构件的第二端上。
- [0036] 从紧固构件延伸的金属纤维改善了根部区的纤维增强复合材料中的紧固构件的固持, 且由此改善了紧固构件的抗拉出强度。
- [0037] 纤维增强复合材料的聚合物基体可为树脂, 如, 环氧树脂、聚酯或乙烯基酯, 且如以上所提到的, 纤维增强复合材料的纤维可基于玻璃纤维和 / 或碳纤维和 / 或金属纤维。然而, 应注意的是, 可使用任何类型的纤维。此外, 应注意的是, 任何类型的聚合物可用于聚合物基体。
- [0038] 尽管优选的是, 长形紧固构件具有圆形的横截面, 但应注意的是, 它们具有任何横截面, 例如, 矩形或正方形。
- [0039] 在有利的实施例中, 根部区的纤维增强复合材料中的纤维按体积的至少 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% 或 100% 为金属纤维, 其余的纤维优选为玻璃纤维和 / 或碳纤维。
- [0040] 金属纤维可具有在 0.04mm 到 1.0mm 之间的范围内或在 0.07 到 0.75mm 之间的范围内或在 0.1 到 0.5mm 之间的范围内的横截面尺寸。

[0041] 短语“金属纤维”在这里覆盖了金属纤维本身、金属丝以及金属线。

[0042] 此外,金属纤维、金属丝或金属线可涂有另一种金属,以便改善纤维、丝或线与聚合物基体之间的粘附性。举例来说,钢纤维可涂有锌或黄铜。

[0043] 有利的是,紧固构件(或套管)被结合到根部区的复合材料中。更有利的是,紧固构件被层叠至根部区的复合材料中。

附图说明

[0044] 下文参照附图更详细地阐释了本发明,在附图中

图 1 示出了风力涡轮机,

图 2 为根据本发明的风力涡轮机叶片的示意性透视图,

图 3 为根据本发明的风力涡轮机叶片的第一实施例的根部区的一部分的透视的纵截面视图,其包括紧固构件的第一实施例,

图 4 示出了图 3 中示出的根部区的一部分,

图 5 为长形紧固构件的第二实施例的示意性视图,

图 6A 示出了长形紧固构件的第三实施例,

图 6B 示出了长形紧固构件的第四实施例,

图 7 示出了长形紧固构件的第五实施例,

图 8 示出了长形紧固构件的第六实施例,

图 9 以放大的比例示出了图 3 的细节且公开了挨着分开的预先制成的插入件布置的采用套管形式的紧固构件,

图 10a 至图 10d 示出了包括纵向上的渐细区段的长形紧固构件的四个不同实施例,以及

图 10e 至图 10g 示出了不同的纵向上的渐细区段的四个不同横截面。

具体实施方式

[0045] 图 1 示出了根据所谓的“丹麦概念(Danish concept)”的常规现代逆风型风力涡轮机 24,其具有塔架 36、机舱 25 和具有基本水平的转子轴的转子。转子包括轮毂 23 和从轮毂 23 径向延伸的三个叶片 2,各个叶片均具有最靠近轮毂的叶片根部 31 和离轮毂 23 最远的叶片末梢 32。

[0046] 如从图 2 明显地看到,叶片 2 包括具有最靠近轮毂的根部端面 29 的根部区 26、离轮毂最远的翼型区 27 以及根部区 26 与翼型区 27 之间的过渡区域 28。翼型区 27 具有理想的或几乎理想的叶片形状,而根部区 26 具有基本圆形的横截面,这减少了风暴负载且使得将叶片 2 安装到轮毂 23 上更容易且更安全。优选地,叶片根部 31 的直径沿整个根部区 26 为恒定的。过渡区 28 具有从根部区 26 的圆形形状到翼型区 27 的翼型外形逐渐变化的形状。过渡区 28 的宽度随着与轮毂 23 的距离增大而基本线性地增大。

[0047] 叶片通常由通过基本沿叶片的弦平面 35 被胶合或螺栓栓接在一起来组装的两个叶片半制成。叶片 2 包括在叶片 2 安装到轮毂 23 上时面向叶片 2 的旋转方向的前缘 34 和面向前缘 34 的相反方向的后缘 33。弦平面 35 在叶片 2 的前缘 34 与后缘 33 之间延伸。应注意的是,弦平面不必然在其整个范围笔直地延展(run),由于叶片可扭曲和/或弯曲,因

此为弦平面提供对应的扭曲和 / 或弯曲的进程(course),这是最常见的情况,以便补偿取决于距轮毂的半径的叶片的局部速度。由于圆形的横截面,根部区 26 不对风力涡轮机的产出做贡献,且事实上,由于风阻力其略微降低了产出。

[0048] 如图 3 和图 4 中所示,包括根部区 26 的叶片形成为壳体结构。根部区 26 的壳体结构为环形的,且包括外表面 3 和相对地布置的内表面 4,外表面 3 由有利地为玻璃纤维和 / 或碳纤维的纤维增强聚合物基体和树脂(如,环氧树脂、聚酯或乙烯基酯)的外层 5 形成,而内表面 4 由与外层 5 相同材料制成的内层 6 形成。具有紧固装置 22 的长形紧固构件 7 放置在层 5、6 之间。紧固构件设有纵向上的渐细区段 15。

[0049] 有利的是,长形紧固构件 7 为具有圆形横截面的套管,且包括具有内螺纹 22 作为紧固装置的中心开孔 12。套管 7 包括第一端 9 和相对地布置的第二端 10。套管 7 的第一端 9 放置在根部区的根部端面 29 处。套管 7 布置成相互间隔开的,以便基本顺应根部区的圆周,且允许从外侧接近紧固装置 22,即,用于将叶片安装到轮毂上的螺纹。如图 9 中所示,相对于根部区来看,紧固构件 7 的外周界 11 包括径向外表面 11a、相对的径向内表面 11b、第一侧面 11c,以及相对的侧面 11d。

[0050] 包括金属纤维 13 的中间固持装置布置在紧固构件 7(即,本实例中的套管)的相邻的有空隙的侧面 11c、11d 之间的每个区中。此外,在本实施例中,中间固持装置由分开制造的插入件 39 形成。如从图 9 中所呈现的那样,插入件 39 包括第一插入件部分 40 和第二插入件部分 41。第一插入件部分 40 实质上对应于相邻的套管 7 的侧面 11c、11d 之间的区,且设有与相邻的套管 7 的侧面 11c、11d 互补地形成的相对的侧面 42、43。当沿周向方向看时,插入件 39 基本延伸到挨着相邻的套管。此外,如图 9 中清楚地看到,第一插入件部分 40 从套管 7 的第一端延伸,且延伸超过其第二端。第二插入件部分 41 为第一插入件部分 40 的楔形的渐细延伸部。

[0051] 插入件 39 具有面朝根部区内表面的内表面 64 和面朝根部区外表面的外表面 65。表面 64、65 在第一插入件部分 40 中平行,而在第二插入件部分 41 中内表面 64 朝着外表面 65 渐细。

[0052] 如图 9 中所示,由分开制造且预先形成的插入件 39 形成的中间固持装置包括一定数目的包括金属纤维的第一层 16 和包括不同于金属纤维的第二纤维材料 38 的中间第二层 37。包括金属纤维 13 的第一层 16 可由包括金属纤维的垫形成。金属纤维优选为具有玻璃纤维的弹性模量的至少两倍的(优选为三倍)弹性模量的材料。用于金属纤维的优选材料为钢。钢纤维或钢丝还可形成为钢线,钢线具有在 0.04mm 到 1.0mm 之间的范围内,或在 0.07mm 到 0.75mm 之间的范围内,在 0.1mm 到 0.5mm 之间的范围内的横截面尺寸。包括与金属纤维不同的类型的纤维的第二层 37 优选为包括玻璃纤维和 / 或碳纤维。层 37 可由纤维垫形成。在插入件 39 的制造期间,包括金属纤维的层和包括不同于金属纤维的第二类型的纤维的层嵌入适合的树脂中,如,聚酯、环氧树脂或乙烯基酯。

[0053] 特别如图 3 中所示,金属纤维 13 在邻近套管 7 的第二端 10 处牢固地固定到套管 7。在图 3 中,金属纤维 13 固定到套管 7 的端面上,而图 9 中的金属纤维 13 固定到邻近套管 7 的第二端 9 的套管 7 的外表面 11 上。

[0054] 如图 9 中所示,纵向上的渐细区段 15 沿套管 7 的整个范围延伸,以便套管 7 的全部外表面 11 从套管 7 的第二端 10 到套管 7 的第二端 9 渐细。因此,图 9 中示出的套管 7 在

其整个范围具有圆锥形状和圆形横截面。然而,应注意的是,在其它实施例中,纵向上的渐细区段 15 可具有较短的范围,以便沿套管 7 的纵向范围的至少 10%、至少 25%、至少 50% 或至少 75% 延伸。就图 9 而言,还应注意的是,如沿周向方向所见,纵向上的渐细区段 15 沿周向方向在 360° 延伸。然而,应注意的是,当沿周向方向看时,纵向上的渐细区段 15 可仅在周界的一部分延伸。

[0055] 此外,在图 9 中示出的实施例中,套管 7 的外周界或表面 11 邻接插入件 39 的第一插入件部分 40 的相邻侧面 43。尽管未在图 9 中示出,但另外一个套管的外表面邻接第一插入件部分 40 的相对的侧面 43。侧面 42、43 与邻接的套管 7 的纵向上的渐细区段 15 互补地形成。因此,在本实施例中,第一插入件部分 40 的侧面 42、43 具有与套管 7 的外部圆锥形状互补的形状。如以上所提到的,套管 7 的纵向上的渐细区段 15 在套管 7 的整个范围延伸。然而,区段 15 可具有小于套管 7 的整个范围的其第一端 66 与其第二端 67 之间的范围。

[0056] 纵向上的渐细区段 15 的渐细角度可在 7° 到 45° 之间或 7° 到 30° 之间。此外,应注意的是,包括其纵向上的渐细区段 15 的套管 7 可被包裹在玻璃纤维中或金属纤维(例如,金属丝线(metal wool))中,以便增大套管 7 与根部的纤维增强复合材料的粘附性。

[0057] 如图 3 中所指出的,沿叶片的纵向方向看,楔形元件 17 可布置在套管 7 后面。该元件 17 的第一端 18 布置成与套管 7 的第二端邻接,而该元件 17 的第二端 19 是渐细的。楔形元件 17 由轻木或硬聚合物泡沫或另一种类似的材料制成。在纵截面视图中,套管 7 和邻接的楔形元件 17 具有对应于插入件 39 形状的形状,使得根部区的壁厚沿叶片的纵向方向逐渐减小。

[0058] 如之前所提到的,图 3 和图 9 公开了牢固地固定到套管 7 上的金属纤维 13。

[0059] 然而,如图 4 中更加清楚地示出,套管 7 设有金属纤维 13,该金属纤维 13 具有牢固地固定到套管 7 的第二端 10 上、尤其是固定到套管 7 的端面上的第一纤维端 201 和终止于相对的第二纤维端 202 的向外延伸的部分 203。如所提到的,金属纤维 13 可固定到套管 7 的端面上和 / 或在套管 7 的外表面 11 处靠近套管 7 的端面。

[0060] 如图 4 中所示,纤维 13 以扇形的方式从套管 7 的第二端 10 延伸,以便相邻纤维的第二纤维端 202 之间的距离超过相邻纤维的第一端 201 之间的距离。金属纤维 13 的向外延伸的部分 203 嵌入根部区的纤维增强复合材料的聚合物基体中。除金属纤维 13 外,根部区的纤维增强复合材料包括另外的纤维,其也可为金属纤维和 / 或除金属纤维外的纤维,如,碳纤维和 / 或玻璃纤维。优选地,金属纤维为钢纤维,且取决于所考虑的最适合的方法,以及还取决于纤维和套管 7 的材料,金属纤维可通过焊接、铸造、胶合、软钎焊或硬钎焊而牢固地固定到套管 7 上。然而,金属纤维还可通过机械装置牢固地固定到套管 7 上。举例来说,金属纤维 13 的第一纤维端可牢固地夹持在套管 7 的部分之间,如,夹持在套管 7 中的经压缩的开口中。

[0061] 图 5 示出了包括牢固地固定到套管 7 的外周界 11 上的金属纤维 13 的套管 7 的第二实施例的一部分。套管 7 的外周界 11 为波状的,以增大其表面面积。此外,套管 7 包括沿从套管 7 的第二端 10 朝其第一端(未示出)的方向渐细的纵向上的渐细区段 15。

[0062] 图 6A 示出了设有纵向上的渐细区段 15 和向外延伸的金属纤维 13 的套管 7 的第三实施例。金属纤维 13 布置成单向的纤维束 204。各个束 204 均牢固地固定到套管 7 的第

二端 10 上。束 204 以分开的环列 (circular row) 形式固定到第二端 10 上。第一环列放置在第二端 10 的周界附近,而第二环列放在第一列内。套管 7 和纤维束 204 嵌入根部区的纤维增强复合材料的聚合物基体中。另外的纤维,如,钢纤维或不同于金属材料的纤维,优选放置在束 204 之间的区域中。如所示的,套管 7 设有从套管 7 的第二端 10 朝其第一端 (未示出) 渐细的纵向上的渐细区段 15。

[0063] 图 6B 示出了包括纵向上的渐细区段 15 和金属纤维 13 的套管 7 的第四实施例。金属纤维 13 单向地布置,且各纤维分开地牢固地固定到套管 7 上。套管 7 设有从套管 7 的第二端 10 朝其第一端 (未示出) 渐细的纵向上的渐细区段 15。

[0064] 图 7 示出了包括纵向上的渐细区段 15 和金属纤维 13 的套管 7 的第五实施例。金属纤维 13 成束 204 地牢固地固定到第二端 10 上,且被多向地布置。如图所示,不同于金属纤维的第二纤维材料 38 的层布置在从套管 7 的第二端 10 延伸的纤维束 204 之间,使得基本形成扇形。然而,如所示的,一些金属纤维 13 可横穿且经过不同于金属纤维的第二纤维材料 38 的层。如以上所提到的,套管 7、金属纤维 13 和第二纤维材料 38 嵌入根部区的纤维增强复合材料的聚合物基体中。优选地,第二纤维材料 38 的层由玻璃纤维和 / 或碳纤维制成。

[0065] 套管 7 设有从套管 7 的第二端 10 朝其第一端 (未示出) 渐细的纵向上的渐细区段 15。

[0066] 图 8 示出了设有金属纤维 13 的长形套管 7 的第六实施例。金属纤维 13 布置在金属纤维 13 的分开的层 205 中,所述层采用纤维束、纤维垫或纤维条的形式。纤维束、纤维垫或纤维条的第一端牢固地固定到套管 7 的第二端 10 上。在金属纤维 13 的层 205 之间,布置了不同于金属的第二纤维材料的层 206。金属纤维的层 205 和第二纤维材料的层 206 嵌入根部区的纤维增强复合材料的聚合物基体中。

[0067] 套管 7 设有周向的波状外表面,该外表面设有从套管 7 的第二端 10 朝其第一端 (未示出) 渐细的纵向上的渐细区段 15。

[0068] 金属纤维、金属丝或金属线可具有在 0.04mm 到 1.0mm 之间的范围内,或在 0.07mm 到 0.75mm 之间的范围内,或在 0.1mm 到 0.5mm 之间的范围内的横截面尺寸。在纵向的紧固构件 (如,套管 7) 的一些实施例中,金属纤维可形成为纤维垫、纤维条或纤维束,其可为单向的垫、条或束,多向的垫、条或束,织造的垫或条或包括短切纤维 (chopped fibre) 的垫或条。此外,金属纤维、金属丝或金属线可被并入包括不同于金属纤维的类型的纤维 (如,碳纤维和 / 或玻璃纤维) 的垫、条或束中,即,金属纤维可被并入所谓的混合垫、条或束中。

[0069] 垫、条或束的金属纤维按体积的百分比可为 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% 或 100%,其余的纤维为不同类型的纤维,优选为玻璃纤维和 / 或碳纤维。对应地,在提供了金属纤维的根部区中的金属纤维按体积的百分比可为 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% 或 100%,其余的纤维为不同类型的纤维,优选为玻璃纤维和 / 或碳纤维。

[0070] 图 10a 至图 10c 示出了包括纵向上的渐细区段 15 的长形套管 7 的另外的不同实施例。

[0071] 在图 10a 中,纵向上的渐细区段 15 当沿套管 7 的纵向方向看时放置在套管 7 的中心部分处,且在套管 7 的纵向范围的大约 50% 延伸。套管 7 和 / 或纵向上的渐细区段 15 的横截面可具有图 10d 至图 10g 中示出的任何横截面或任何其它横截面。纵向上的渐细区段

15 沿从套管 7 的第二端 10 朝套管 7 的第一端 9 的方向渐细。纵向上的渐细区段 15 不必在其整个圆周渐细。此外且如以上提到的,纵向上的渐细区段 15 不必在套管 7 的整个范围延伸。

[0072] 在图 10b 中,纵向上的渐细区段 15 在套管 7 的纵向范围的大约 10% 到 15% 延伸。纵向上的渐细区段 15 布置在套管 7 的中心部分中且布置在邻近套管 7 的第二端 10 的套管 7 的第一部分与在套管 7 的第一端处且具有比第一部分更小的横截面尺寸的套管 7 的第二部分之间。

[0073] 在图 10c 中,纵向上的渐细区段 15 在套管 7 的纵向范围的大约 50% 延伸且布置在套管 7 的第一端 9 处。纵向上的渐细区段 15 沿从套管 7 的第二端 10 朝套管 7 的第一端 9 的方向渐细。

[0074] 图 10d 至图 10g 中示出的横截面为套管 7 的纵向上的渐细区段 15 的不同的可能的横截面。

[0075] 在图 10d 中,纵向上的渐细区段 15 具有在其整个纵向范围实质上正方形的横截面。

[0076] 在图 10e 中,纵向上的渐细区段 15 具有在其整个范围的椭圆形横截面,区段 15 的相对的侧部分具有实质上圆形的形状,以便邻接相邻的插入件 39 的互补地形成的侧面。渐细区段 15 还具有相对的平坦表面。

[0077] 在图 10f 中,纵向上的渐细区段 15 还具有包括相对的实质上圆形的面和相对的平坦面的实质上椭圆形的横截面。在该实施例中,相对的平坦面适于邻接相邻的插入件的平坦的侧面。

[0078] 在图 10g 中,纵向上的渐细区段 15 具有在其整个纵向范围的圆锥形状。

[0079] 尽管纵向上的渐细区段 15 已经示为连续地渐细的,但应注意的是,纵向上的渐细区段 15 还可沿从所公开的实施例中的示为套管 7 的长形紧固构件的第二端朝第一端的方向阶梯式地渐细。

[0080] 参考标记清单

- 2 风力涡轮机叶片
- 3 根部的外表面
- 4 根部的内表面
- 5 外层
- 6 内层
- 7 长形紧固构件(套管)
- 9 紧固构件的第一端
- 10 紧固构件的第二端
- 11 紧固构件的外周界
- 11a 径向外表面
- 11b 径向内表面
- 11c 第一侧面
- 11d 第二侧面
- 12 中心开孔

- 13 金属纤维
- 15 纵向上的渐细区段
- 16 包括金属纤维的第一层
- 17 楔形元件
- 18 元件的第一端
- 19 元件的第二端
- 22 紧固装置（内螺纹）
- 23 轮毂
- 24 风力涡轮机
- 25 机舱
- 26 根部区
- 27 翼型区
- 28 过渡区
- 29 根部端面
- 31 叶片根部
- 32 叶片末梢
- 33 后缘
- 34 前缘
- 35 弦平面
- 36 塔架
- 37 第二层
- 38 第二纤维材料
- 39 插入件
- 40 第一插入件部分
- 41 第二插入件部分
- 42 插入件的侧面
- 43 插入件的侧面
- 64 插入件的内表面
- 65 插入件的外表面
- 66 区段 15 的第一端
- 67 区段 15 的第二端
- 201 第一纤维端
- 202 第二纤维端
- 203 金属纤维的向外延伸部分
- 204 金属纤维束
- 205 金属纤维的分开的层
- 206 第二纤维材料的层

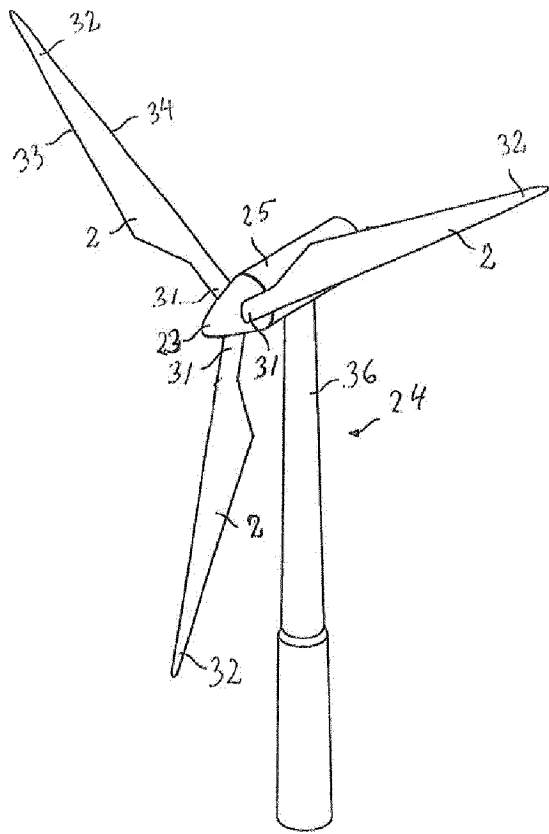


图 1

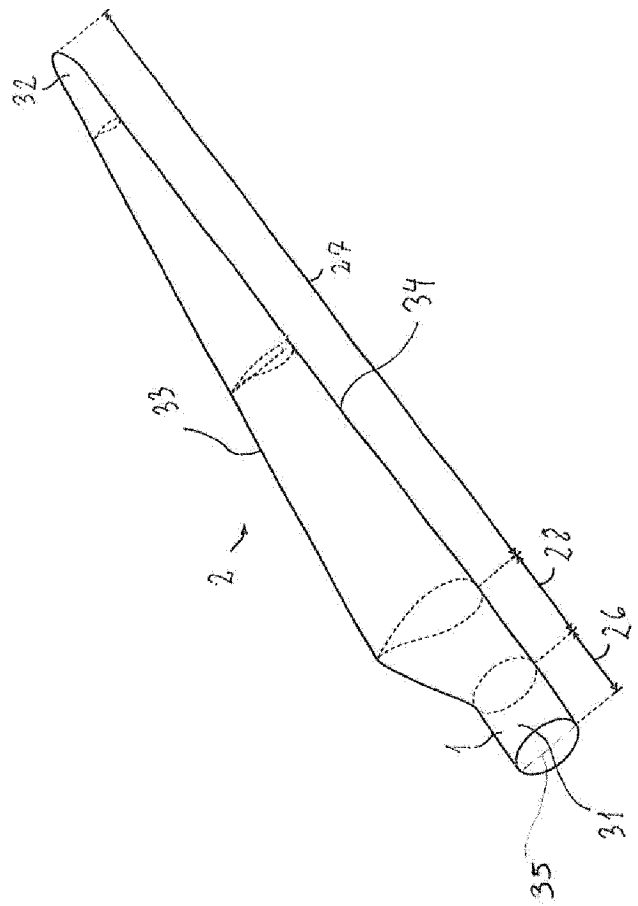


图 2

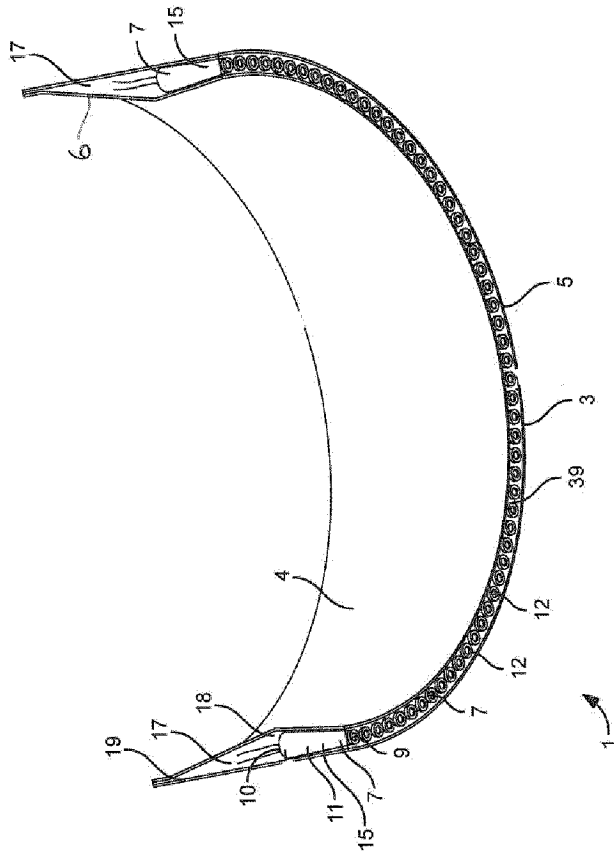


图 3

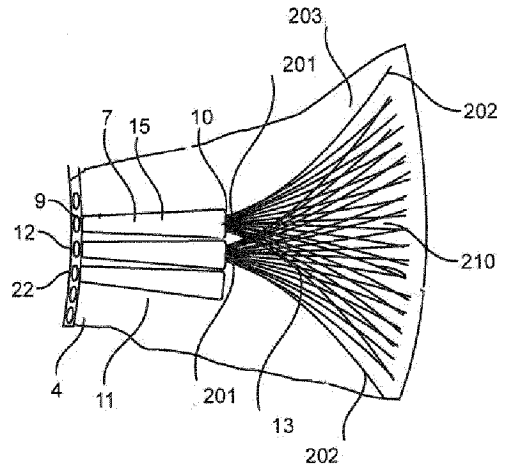


图 4

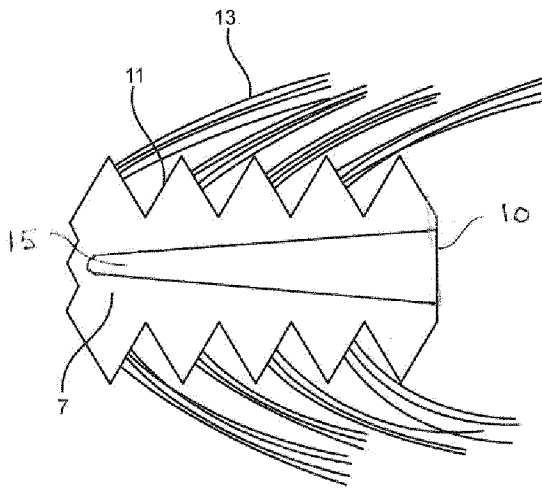


图 5

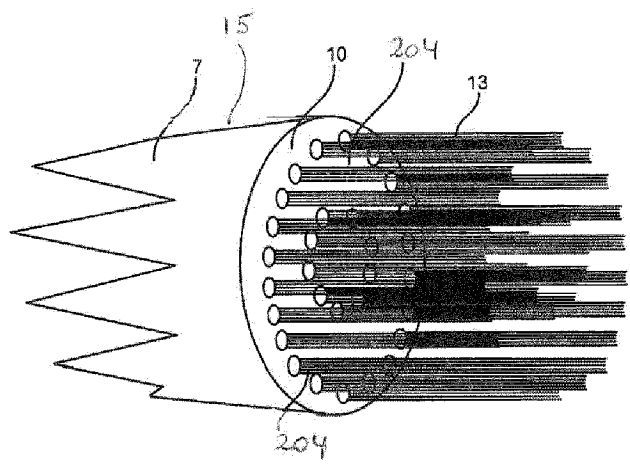


图 6A

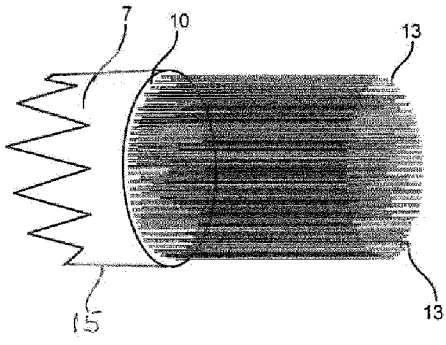


图 6B

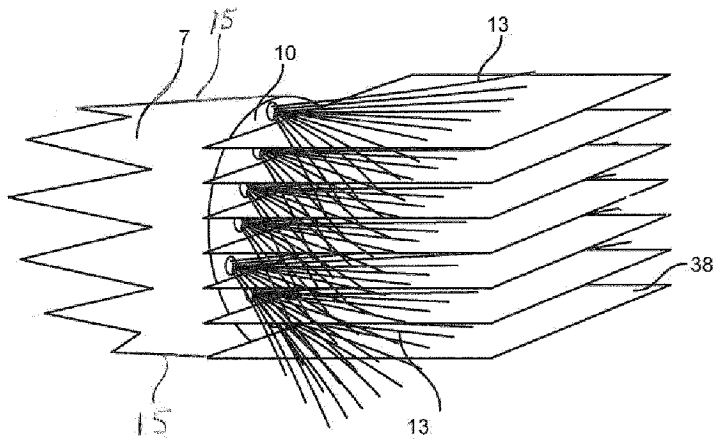


图 7

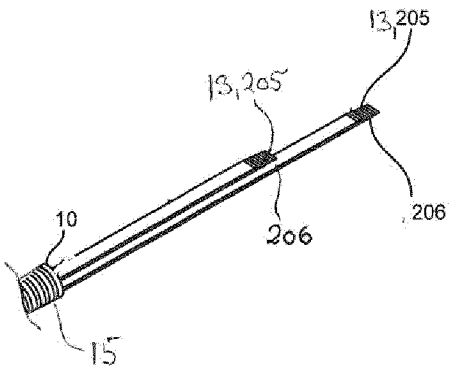


图 8

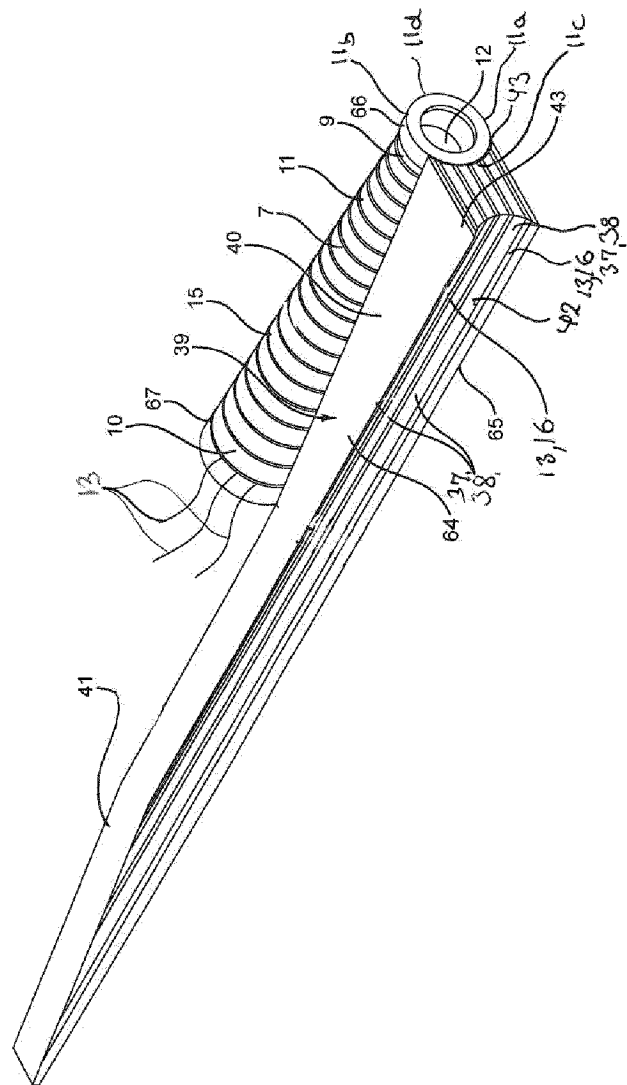


图 9

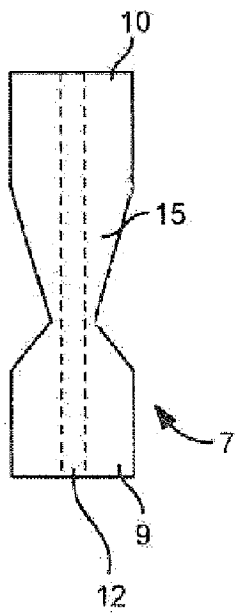


图 10a

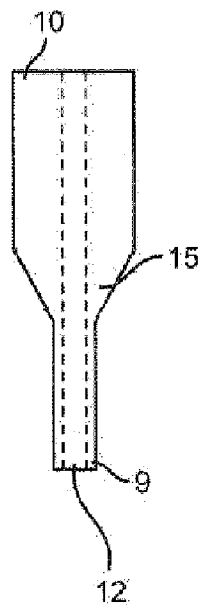


图 10b

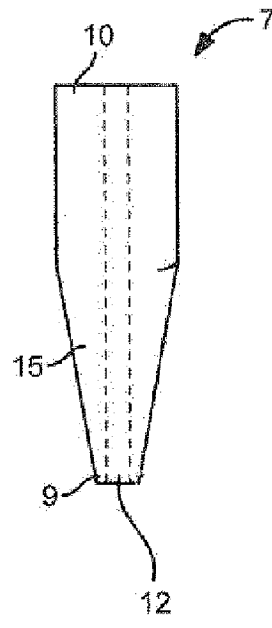


图 10c

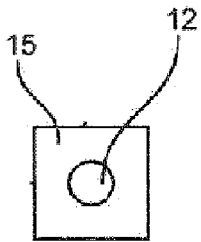


图 10d

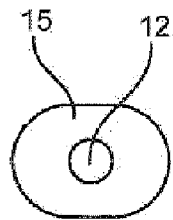


图 10e

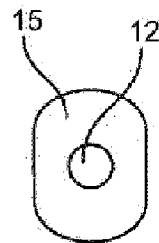


图 10f

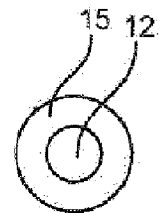


图 10g

图 10