

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102192078 A

(43) 申请公布日 2011.09.21

(21) 申请号 201110045817.7

(22) 申请日 2011.02.25

(30) 优先权数据

102010002432.5 2010.02.26 DE

(71) 申请人 瑞能系统股份公司

地址 德国汉堡

(72) 发明人 乌尔斯·本德尔 恩诺·艾布

(74) 专利代理机构 北京聿宏知识产权代理有限公司 11372

代理人 吴大建 刘华联

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 3/06 (2006.01)

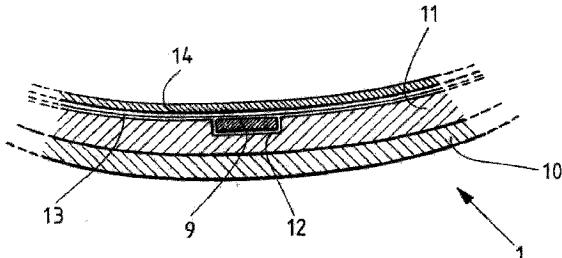
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 7 页

(54) 发明名称

风力涡轮机的转子叶片、风力涡轮机和转子叶片制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于风力涡轮机的转子叶片，其由转子叶根大致延伸至转子叶尖，包括单件或多件式的至少部分由纤维复合材料制造的外壳和至少一个带子，该至少一个带子在转子叶片中大致布置在转子叶片的纵向延伸方向上，并具有由带有沿带子的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层。本发明还涉及一种风力涡轮机和风力涡轮机的转子叶片的制造方法。本发明叶片的特征为，该至少一个带子的厚度在叶根侧截段中朝向叶根减小，其长度为带子整体长度的至少 3%；外壳具有至少一个带有沿转子叶片的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层，其在沿着转子叶片纵向伸展的至少一个截段中由转子叶片的轮廓前缘延伸至轮廓后缘。



1. 用于风力涡轮机的转子叶片(1)，其由转子叶根(2)大致延伸至转子叶尖(3)，包括单件式或多件式的至少部分地由纤维复合材料制造的外壳(10, 10', 14)和至少一个带子(9-9'')，所述至少一个带子在所述转子叶片(1)中大致布置在所述转子叶片(1)的纵向延伸方向上，其中，所述至少一个带子(9-9'')具有由带有沿所述带子(9-9'')的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料构成的层，

其特征在于，所述至少一个带子(9-9'')的厚度在叶根侧截段中朝向所述叶根(2)减小，其长度为所述带子(9-9'')的整体长度的至少3%，其中，所述外壳(10, 10', 14)具有至少一个带有沿所述转子叶片(1)的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层(13, 13')，其中，所述层(13, 13')在沿着所述转子叶片(1)的纵向伸展的至少一个截段中由所述转子叶片(1)的轮廓前缘(5, 45)延伸直至所述转子叶片(1)的轮廓后缘(6, 46)。

2. 根据权利要求1所述的转子叶片(1)，其特征在于，所述至少一个带子(9-9'')的叶根侧截段的长度为所述带子(9-9'')的整体长度的至少10%。

3. 根据权利要求1所述的转子叶片(1)，其特征在于，所述至少一个带子(9-9'')的叶根侧截段的长度为所述带子(9-9'')的整体长度的至少15%。

4. 根据权利要求1所述的转子叶片(1)，其特征在于，所述至少一个带子(9-9'')的叶根侧截段的长度为所述带子(9-9'')的整体长度的至少20%。

5. 根据权利要求1所述的转子叶片(1)，其特征在于，沿着所述转子叶片(1)的纵向伸展的至少一个截段为所述转子叶片(1)的长度的至少10%，在所述至少一个截段中，带有沿所述转子叶片(1)的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层(13, 13')由所述转子叶片(1)的轮廓前缘(5, 45)延伸直至所述转子叶片(1)的轮廓后缘(6, 46)。

6. 根据权利要求1所述的转子叶片(1)，其特征在于，沿着所述转子叶片(1)的纵向伸展的至少一个截段为所述转子叶片(1)的长度的至少30%，在所述至少一个截段中，带有沿所述转子叶片(1)的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层(13, 13')由所述转子叶片(1)的轮廓前缘(5, 45)延伸直至所述转子叶片(1)的轮廓后缘(6, 46)。

7. 根据权利要求1所述的转子叶片(1)，其特征在于，沿着所述转子叶片(1)的纵向伸展的至少一个截段占据所述转子叶片(1)的长度的至少15%至30%的范围，在所述至少一个截段中，带有沿所述转子叶片(1)的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层(13, 13')由所述转子叶片(1)的轮廓前缘(5, 45)延伸直至所述转子叶片(1)的轮廓后缘(6, 46)。

8. 根据权利要求1所述的转子叶片(1)，其特征在于，沿着所述转子叶片(1)的纵向伸展的至少一个截段占据所述转子叶片(1)的长度的至少10%至50%的范围，在所述至少一个截段中，带有沿所述转子叶片(1)的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层(13, 13')由所述转子叶片(1)的轮廓前缘(5, 45)延伸直至所述转子叶片(1)的轮廓后缘(6, 46)。

9. 根据权利要求1所述的转子叶片(1)，其特征在于，沿着所述转子叶片(1)的纵向伸展的至少一个截段占据所述转子叶片(1)的长度的至少8%至80%的范围，在所述至少一个截段中，带有沿所述转子叶片(1)的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层(13, 13')由所述转子叶片(1)的轮廓前缘(5, 45)延伸直至所述转子叶片(1)的轮廓后缘(6, 46)。

10. 根据权利要求 1 所述的转子叶片 (1), 其特征在于, 所述至少一个带子 (9-9'') 具有一个或多个由带有沿所述带子 (9-9'') 的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料构成的包裹层 (21, 21', 31, 31', 41, 41'), 其大致完全地覆盖了所述带子 (9-9'') 的顶面和 / 或底面。

11. 根据权利要求 1 所述的转子叶片 (1), 其特征在于, 所述外壳 (10, 10', 14) 或所述转子叶片的外壳部件具有芯子 (11), 所述芯子具有沿所述转子叶片的纵向延伸方向延伸的空隙 (12), 在其中布置有所述至少一个带子 (9-9'')。

12. 根据权利要求 11 所述的转子叶片 (1), 其特征在于, 所述芯子 (11) 和所述至少一个带子 (9-9'') 与所述至少一个带有沿所述转子叶片 (1) 的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层 (13, 13') 相连接, 其至少分段地由所述转子叶片 (1) 的轮廓前缘 (5, 45) 延伸直至所述转子叶片 (1) 的轮廓后缘 (6, 46)。

13. 根据权利要求 11 所述的转子叶片 (1), 其特征在于, 所述芯子 (11) 与在其空隙 (12) 中布置的至少一个带子 (9-9'') 一起在两侧嵌入到所述单件式或多件式的外壳 (10, 14) 中。

14. 根据权利要求 1 所述的转子叶片 (1), 其特征在于, 所述至少一个带子 (9-9'') 布置在所述单件或多件式的外壳 (10, 10', 14) 的内侧。

15. 根据权利要求 14 所述的转子叶片 (1), 其特征在于, 所述至少一个带子 (9-9'') 与至少一个带有沿所述转子叶片 (1) 的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层 (13, 13') 相连接, 其至少分段地由所述转子叶片 (1) 的轮廓前缘 (5, 45) 延伸直至所述转子叶片 (1) 的轮廓后缘 (6, 46)。

16. 风力涡轮机, 具有至少一个根据权利要求 1 至 15 中任一项所述的转子叶片 (1)。

17. 用于制造用于风力涡轮机的转子叶片 (1) 的方法, 所述转子叶片 (1) 由转子叶根 (2) 大致延伸至转子叶尖 (3), 其中, 单件式或多件式的外壳 (10, 10', 14) 至少部分地由纤维复合材料制造, 并且在所述转子叶片 (1) 中大致布置在转子叶片 (1) 的纵向延伸方向上的至少一个带子 (9-9'') 由带有沿所述带子 (9-9'') 的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料构成的层制造, 且与所述单件式或多件式的外壳 (10, 10', 14) 相拼合,

其特征在于, 所述至少一个带子 (9-9'') 的厚度在叶根侧截段中朝向所述叶根 (2) 减小, 其长度为所述带子 (9-9'') 的整体长度的至少 3%, 其中所述外壳 (10, 10', 14) 设有至少一个带有沿所述转子叶片 (1) 的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层 (13, 13'), 所述层 (13, 13') 在沿着所述转子叶片 (1) 的纵向伸展的至少一个截段中由所述转子叶片 (1) 的轮廓前缘 (5, 45) 延伸直至所述转子叶片 (1) 的轮廓后缘 (6, 46)。

## 风力涡轮机的转子叶片、风力涡轮机和转子叶片制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于风力涡轮机的转子叶片，其由转子叶根大致延伸至转子叶尖，包括单件式或多件式的至少部分地由纤维复合材料制造的外壳以及至少一个带子，其在转子叶片中大致布置在转子叶片的纵向延伸方向上，其中，该至少一个带子具有由纤维复合材料构成的层，该纤维复合材料具有沿带子的纵向延伸方向定向的单向纤维。本发明还涉及一种风力涡轮机，以及一种用于制造用于风力涡轮机的转子叶片的方法。

### 背景技术

[0002] 通常来说，用于风力涡轮机的转子叶片以两个外壳来构建，即用于转子叶片吸力面的外壳和用于转子叶片压力面的外壳。两个半壳随后被拼合且粘结。

[0003] 转子叶片的外壳通常至少部分地基于纤维复合材料。为此，在可能的制造方法中使用了多个薄纤维束的层。其可首先以干燥的方式置入到模具中，且随后借助于树脂注入技术来被提供树脂。备选地可使用所谓的“预浸带”（“预先浸渍的纤维”），即预先饱和的纤维。在此，其是平整的半成品，其中纤维已被嵌入到由树脂构成的层中。在构造了由预浸带构成的外壳之后，对外壳施加负压且加热，从而使预浸带层的树脂结合成牢固地相连的树脂块。

[0004] 通常来说，对于外壳而言使用不同定向的纤维束。用于构建外壳的层中的纤维定向通常相对于转子叶片的纵轴线为 $\pm 45^\circ$ ，即一部分为 $+45^\circ$ 而另一部分为 $-45^\circ$ 。这样的纤维束也称作“2AX45”层。

[0005] 当在本发明的范畴中谈到例如 $0^\circ$ 或 $45^\circ$ 的度数时，则在现有技术的描述和本发明的描述中均包括如下情况，即，特定的制造公差和在较小度数内的与精确的 $0^\circ$ 位置或 $45^\circ$ 位置的偏差。通常的制造公差局部来说直至 $2^\circ$ 至 $5^\circ$ 。

[0006] 纤维复合材料由于其中所嵌入的玻璃纤维、碳纤维或塑料纤维而在纤维定向的方向上具有较高的抗拉强度。因此，将“2AX45”层用于转子叶片的外壳会引起如下后果，即外壳就对抗冲击方向上的负载而言具有相对较小的刚性。因此，外壳例如在对抗风暴时是松软的，这使得转子叶片从转子叶片平面中偏转出去。在此，转子叶片优选地在垂直于布置在转子叶片轮廓的前缘与后缘之间的平面的方向上弯曲。在转子叶片的轮廓横截面中，该平面也被称作“弦”。

[0007] 为了承受这些力，外壳具有在转子叶片的纵向上延伸的带子（Gurt）。这些带子尤其用于转子叶片的抗弯强度，并与同样布置且固定在转子叶片内部的接片相结合地构成了转子叶片的支承结构。承受且传递这些力的带子具有纤维束，其具有在 $0^\circ$ 方向上的定向，即平行于转子叶片的纵轴线。

[0008] 带子在转子叶片中通常作为主带子而在转子叶片的吸力面处和压力面处的外壳内侧处延伸。可选地，带子经常额外地设置在转子叶片的前缘处，并且必要时设置在转子叶片的后缘处，它们同样沿转子叶片的纵向延伸。可选的带子在转子叶片的弦平面中承受朝转子叶片的弯曲力。

[0009] 风力涡轮机的转子叶片中的主带子通常以树脂注入技术或由预浸带层来构造,以便于达到转子叶片所必需的纵向刚度。该必需的纵向刚度由作用于转子叶片上的负荷以及例如塔架间隙的参数、即转子叶尖至塔架外壁的间距得出。按照转子叶片的大小来置入不同数量的层。因此,例如在 50m 长的转子叶片中可使用多达 90 层的玻璃纤维增强层。

[0010] 通常来说,在转子叶片的主带子的构建中使用纤维增强的单层,其具有增强纤维或者由相应纤维构成的束,其在由玻璃纤维粗纱构成的约  $980\text{g}/\text{m}^2$  的纤维层重量的情形中具有约 0.7mm 的层厚度。由该束构成的时效硬化的薄片在约为 50% 的纤维体积含量的情形中具有在纵向上约为  $39000\text{N}/\text{mm}^2$  的弹性模量。在此,该薄片优选由环氧树脂构成。在层厚度为 0.7mm 的情形中,作为弹性模量与单层厚度的乘积得出约为  $27300\text{N}/\text{mm}$  的纵向刚度。

[0011] 备选地,主带子同样可具有由碳纤维增强的单层构成的层,其例如在由碳纤维粗纱构成的约  $500\text{g}/\text{m}^2$  的纤维面重量且在薄片中在纵向上具有约  $128200\text{N}/\text{mm}^2$  的弹性模量的情形中具有每个单层为 0.45mm 的厚度。相应的层具有约  $57690\text{N}/\text{mm}$  的刚度。偶尔同样会使用具有直至 1.5mm 厚度的较厚的层。

[0012] 主带子且必要时处在转子叶片的前缘和后缘处的带子通常在叶根的区域中进入到转子叶片中达 3cm 至 8cm 的厚度,且宽度为 5cm 至 1m。因为由转子叶尖至转子叶根在转子叶片的长度上累积的弯曲力朝向转子轮毂导出,所以带子的厚度在朝向转子叶根的方向上是恒定的。由于变得更狭窄的位置情况和较小的累积弯曲力,带子的厚度在朝向转子叶尖的方向上逐渐减小。

[0013] 使用用于制造带子的纤维增强的单层具有如下优点,即可以确定支承结构的高的强度和抗拉强度,然而带子尤其是当其由碳纤维或碳纤维粗纱制造时非常昂贵。

## 发明内容

[0014] 因此,本发明的目的是提供一种转子叶片以及一种用于制造转子叶片的方法,其中能实现快速且低成本的制造,并且具有和已知转子叶片的结构强度至少相当或超过其的结构强度。

[0015] 该目的通过一种用于风力涡轮机的转子叶片来实现,该转子叶片由转子叶根大致延伸至转子叶尖,包括单件式或多件式的至少部分地由纤维复合材料制造的外壳以及至少一个带子,其在转子叶片中大致布置在转子叶片的纵向延伸方向上,其中,该至少一个带子具有由纤维复合材料构成的层,该纤维复合材料具有沿带子的纵向延伸方向定向的单向纤维,其进一步构成为,该至少一个带子的厚度在叶根侧截段中朝向叶根减小,其长度为带子整体长度的至少 3%,其中,外壳具有至少一个由带有沿转子叶片的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料所构成的层,其中,该层在沿着转子叶片的纵向延伸的至少一个截段中由转子叶片的轮廓前缘延伸直至轮廓后缘。

[0016] 本发明以如下基本思想为依据,即,在转子叶片的强度和抗拉强度不变或增加的情形中可以如下方式节省材料和重量并缩短转子叶片的制造时间,即该至少一个带子朝向叶根侧端部在其端部之前已明显地逐渐变细,即在其厚度上减小。由此出现的带子在叶根侧端部处的较小抗拉强度通过引入由纤维复合材料构成的层来阻止,该层具有同样在 0° 方向上定向的纤维,且在沿着转子叶片的纵向的截段中在转子叶片的整个延展上由轮廓的前缘延伸直至轮廓的后缘。

[0017] 这样的层也称作“全弦 UD”层，其中，“全弦”代表整个弦，即处于转子叶片轮廓的前缘与后缘之间的线。在此，缩写“UD”代表“单向”，即带有在一方向上彼此平行地定向的纤维的层。“全弦 UD”层给予外壳在纵向上较高的刚度，其能够满足带子在叶根侧端部处逐渐变细的情形。在这种情况下，外壳变得不是很重。在叶片长度为 40m 的情形中，在其中带子朝向叶根逐渐变细的区域为至少大约 1.20m，或者为带子长度的至少 3%。

[0018] “全弦 UD”层具有另外的技术效果，即从带子引入到外壳材料中的力大面积地分布于外壳上。因此，负载不再强烈地局部作用在较薄的外壳材料处，而是分布在较大的平面上。由此，必要时外壳可至少在带子的区域中以相比目前可能的情况来说略微更薄的尺寸来制造。

[0019] 优选地，该至少一个带子的叶根侧截段的长度为带子整体长度的至少 10%，尤其是至少 15%，更好地是至少 20%。这在长度超过 50m 的转子叶片的情形中意味着截段的长度超过 10m，在该截段内带子的厚度朝向叶根减小。这在使用碳纤维复合材料的情形中尤其意味着巨大的材料和成本节省，在“全弦 UD”层与此相对地由玻璃纤维复合材料制造时尤其如此。

[0020] 优选地，该至少一个沿着转子叶片的纵向延伸的截段（在该截段中，带有沿转子叶片的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层由转子叶片的轮廓前缘延伸直至轮廓后缘）为转子叶片长度的至少 10%，尤其为至少 30%。在此，被“全弦 UD”层覆盖的区域优选地与在其中带子的厚度减小的区域重叠。

[0021] 另外优选的是，该至少一个沿着转子叶片的纵向延伸的截段（在该截段中，带有沿转子叶片的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层由转子叶片的轮廓前缘延伸直至轮廓后缘）占据了转子叶片长度的至少 15% 至 30% 的范围，尤其是至少 10% 至 50% 的范围，更好地是至少 8% 至 80% 的范围。这有利于转子叶片的稳定性。

[0022] 本发明可被有利地改进为至少一个带子具有一个或多个由带有沿带子的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料构成的包裹层，其大致上完全覆盖了带子的顶面和 / 或底面。在此，该包裹层包围或覆盖了带子中的由纤维复合材料的斜面状分级的层所构成的部分。

[0023] 带子朝向叶尖和朝向叶根的厚度减小在层结构形式中由此产生了不同长度的层沿着转子叶片的纵轴线堆叠在分级地连续的位置处。这在带子的下表面和 / 上表面中导致了一组阶梯。这些阶梯存在着风险，即在强负载下在阶梯处的胶合会松开，从而使得层被磨损且会威胁带子的完整性。包裹层遮盖了这些阶梯并又与之牢固地连接，从而阻止单个层在其端部处的撕下或脱胶。

[0024] 本发明的一种有利实施方式在于，转子叶片的外壳或外壳部件具有芯子，其具有沿转子叶片的纵向延伸方向延伸的空隙，在该空隙中布置有至少一个带子。这样的芯子通常由轻木或泡沫材料构成。

[0025] 在根据本发明的改进方案中，根据本发明的带子嵌入到芯子材料的空隙中，因此带子本身埋入到外壳中。在该情况中有利的是，芯子和至少一个带子与带有沿转子叶片的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的至少一个层相连接，其至少部分地由转子叶片的轮廓前缘延伸直至轮廓后缘。因此，芯子被根据本发明的全弦 UD 层直接覆盖。带子所承受的负载因此被直接引入到全弦 UD 层中，且在其上分布到转子叶片上。通过该方式避

免了外壳材料中的点状负载。

[0026] 尤其优选的是，带有布置在其空隙中的至少一个带子的芯子在两侧嵌入到单件式或多件式的外壳中。在该实施方式中得到了夹层结构类型，其中在外壳的外部和内部使用了带有例如“2AX45”层的纤维复合材料，在它们之间布置了带有在其中填入了带子的芯子。

[0027] 对此额外地或备选地，在本发明的一种有利设计方案中作如下设置，即至少一个带子布置在单件式或多件式外壳的内侧处。在此，在本发明的范畴中内侧理解为外壳的这样一侧，即其在制成的转子叶片中是内侧且其通常具有凹面的拱形。该结构形式至少当在外壳的内部中不存在芯子和带子时可较简单地且较快地制造，这是因为在带子在制成状态中或逐层被安装在外壳的内侧处之前，外壳就已可被完成。

[0028] 在该情况下同样是有利的是，至少一个带子与带有沿转子叶片的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的至少一个层相连接，该层至少部分地由转子叶片的轮廓前缘延伸至轮廓后缘。同样地在该情况下，由带子施加到外壳材料上的点状负载被大面积地导入到外壳材料中，因此避免或减少了外壳中的有害的点状负载。

[0029] 本发明所基于的目的进一步通过一种带有根据本发明的上述转子叶片的风力涡轮机来实现。

[0030] 最后，本发明所基于的目的还通过一种用于制造用于风力涡轮机的转子叶片的方法来实现，该转子叶片由转子叶根大致延伸至转子叶尖，其中单件式或多件式的外壳至少部分地由纤维复合材料制造，并且在转子叶片中大致布置在转子叶片的纵向延伸方向上的至少一个带子由带有沿带子的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料构成的层制造，且与单件式或多件式的外壳相拼合，其中进一步地，该至少一个带子的厚度在叶根侧截段中朝向叶根减小，其长度为带子整体长度的至少3%，其中，该外壳设有至少一个带有沿转子叶片的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层，该层在沿着转子叶片的纵向伸展的至少一个截段中由转子叶片的轮廓前缘延伸直至轮廓后缘。借助于该根据本发明的方法可制造如上所述的根据本发明的转子叶片，其具有已提及的特征和优点。

[0031] 在此，在本发明的范畴中带子与外壳拼合的特征既包括分别地制造带子和外壳且随后在外壳中安装或者带入带子，又包括将带子装入到尚未完全完成的外壳中。

[0032] 另外的有利方法步骤可导致根据本发明的转子叶片的另外的如上所述的设计方案。这尤其地涉及额外的和 / 或备选的步骤，即制造带有芯子的外壳，在该芯子中制出纵向延伸的空隙，将带子置入到该空隙中且与芯子相连接。

[0033] 根据本发明方法的另一有利改进方案是，带子在其底面和 / 或其顶面处设有包裹层。

[0034] 优选地，带子固定在外壳或外壳部件的内侧处。同样优选地，至少一个“全弦 UD”层（即至少一个带有沿转子叶片的纵向延伸方向定向的单向纤维的纤维复合材料的层，其在沿着转子叶片的纵向伸展的至少一个截段中由转子叶片的轮廓前缘延伸直至轮廓后缘）与带子相连接。

[0035] 针对发明对象中的任一个所提及的所有特征和优点均以相同的方式同样适用于其它的发明对象，即根据本发明的转子叶片、根据本发明的风力涡轮机和根据本发明的用于制造根据本发明的转子叶片的方法。

## 附图说明

- [0036] 下面将借助实施例并参照附图来说明本发明，这并不限制本发明的通用思想，关于所有在文中未进一步说明的本发明细节可详细地参见附图。其中：
- [0037] 图 1 是转子叶片的示意性图示，  
[0038] 图 2 是穿过根据本发明的转子叶片的一部分的示意性横截面图，  
[0039] 图 3 是穿过另一根据本发明的转子叶片的一部分的示意性横截面图，  
[0040] 图 4a 是带有根据本发明的带子的根据本发明的转子叶片的示意性顶视图，  
[0041] 图 4b 是图 4a 所示带子的层的示意性图示，  
[0042] 图 4c 是图 4a 和 4b 所示带子的叶根侧端部的示意性顶视图，  
[0043] 图 5a 是带有根据本发明的带子的另一根据本发明的转子叶片的示意性顶视图，  
[0044] 图 5b 是图 5a 所示带子的层的示意性图示，  
[0045] 图 5c 是图 5a 和 5b 所示带子的叶根侧端部的示意性顶视图，  
[0046] 图 6a 是带有根据本发明的带子的另一根据本发明的转子叶片的示意性顶视图，  
[0047] 图 6b 是图 6a 所示转子叶片的轮廓的示意性横截面图，和  
[0048] 图 6c 是图 6a 所示带子的层的示意性图示。

## 具体实施方式

[0049] 在下面的图中，各相同的或同类的元件或者相应的部分用相同的附图标记来表示，从而由相应的重复标记示出。

[0050] 图 1 示意性显示了根据本发明的转子叶片 1，其具有由转子叶根 2 至转子叶尖 3 的纵向伸展。在转子叶片 1 中示出了横截面轮廓 4, 4', 4''，其在空气动力学上是高效的且具有吸力面 7 和压力面 8。此外，空气动力学横截面轮廓 4, 4', 4'' 具有轮廓前缘 5 和轮廓后缘 6。轮廓前缘 5 也称作轮廓的“凸缘”。

[0051] 此外，图 1 显示了带子 9，其沿着转子叶片 1 的纵向伸展而延伸。带子 9 在转子叶片 1 的叶尖 3 之前且在转子叶片 1 的转子叶根 2 之前截止。在图 1 中可辨认出带子匹配于转子叶片 1 的弯曲，不是完全直的。这种与直线的偏差在图 1 中为了形象化说明而未按比例地且夸大地示出。大致上，带子 9 局部相应地跟随转子叶片 1 的纵向伸展。在该顶视图中未示出围绕纵轴线的额外的扭曲。

[0052] 在图 2 中以横截面的形式示意性示出了根据本发明的转子叶片 1 的断面。它是穿过转子叶片 1 的外壳或半壳的横截面，该转子叶片 1 由带有“2AX45”层的纤维复合材料、即纤维复合材料层（其纤维布置在相对于转子叶片 1 的纵轴线为 +45° 和 -45° 的两个主方向上）所构成的外部的外壳部件 10 构成。在内侧处存在由带有“2AX45”层的相应纤维复合材料构成的另一层或另一外壳部件 14。

[0053] 外壳部件 10 和 14 包围了由轻木或泡沫材料构成的芯子 11，该芯子 11 具有空隙 12，该空隙沿着转子叶片 1 的延伸进入到叶片平面内的纵向延伸。在空隙 12 中嵌入了根据本发明的带子 9。带子 9 和空隙 12 的形状彼此匹配。

[0054] 在图 2 所示转子叶片 1 的制造中，带子 9 与芯子 11 或者与芯子 11 的空隙 12 的侧壁和底部大面积地相连接。在该实施例中，一方面在芯子 11 与带子 9 之间另一方面在芯子 11 与外壳部件 14 之间存在带有沿转子叶片 1 的纵轴线方向定向的单向纤维的层 13，即所

谓的“全弦 UD”层。该层与芯子 11、外壳部件 14 和带子 9 大面积地相连接。因为层 13 中的纤维平行于带子 9 中的纤维定向，所以由带子 9 所承受的弯曲负载同样被导入到层 13 中，且因此分布到在轮廓的前缘与后缘之间的较大平面上。因此，较少出现点状的负载，并且改善了转子叶片 1 的结构整体性。

[0055] 在图 3 中以横截面的形式示意性示出了一种备选实施方式。由纤维复合材料（由“2AX45”束的层构成）来构成的外部的外壳部件 10' 向内直接与带有沿转子叶片 1 的纵轴线方向定向的纤维的层 13 相连接。然后在一侧布置有带子 9，其与“全弦 UD”层 13 相连接。在该实施例中，设置了带有沿转子叶片 1 的纵向定向的纤维的另一“全弦 UD”层 13'，其既围住第一层 13 又围住带子 9。

[0056] 同样在图 3 所示的变型中，带子 9 所承受的力相比目前来说更均匀地分布到外壳或外壳部件 10' 的宽度上。尤其是，由此减小了不同材料之间的剪切力，否则其可能导致断裂或带子与外壳材料的分离。

[0057] 在图 4 中示意性示出了根据本发明的转子叶片 1 的不同方位。在图 4a 至 4c 中示出的例子对应于长度约为 40m 的转子叶片。

[0058] 图 4a 显示了根据本发明的转子叶片 1 的示意性顶视图，转子叶片 1 的纵轴线以附图标记 15 示出。在延伸穿过叶根 2 和叶尖 3 的纵轴线 15 上布置有带子 9，其在叶尖 3 之前且在叶根 2 之前截止。在叶尖侧端部处以横划线示出了带子 9 的各个重叠式堆叠的层的端部。在叶根侧端部处，带子 9 的厚度同样减小，然而这以层端部的较短且紧密的连续性在斜面 22 中实现，该斜面 22 因此在图 4a 中显现为黑色。斜面 22 对应于在转子叶片 1 的纵向上具有约为 1.20m 长度的截段。

[0059] 此外，转子叶片 1 具有“全弦 UD”层 13，其沿着整个转子叶片 1 由前缘 5 延伸直至后缘 6。

[0060] 在图 4b 中示意性示出了源自图 4a 所示转子叶片 1 的带子 9 的层 20 的层顺序。各个层各以关于其长度（即关于沿着转子叶片 1 的长度的开始点和末端点）的方式示出。所有的弯曲、扭曲等均未示出。因此，其是纯粹的放置技术意义上的方案。

[0061] 在图 4b 中明显可见，在叶根侧端部处层 20 被分级地连续彼此重叠地放置，从而形成了斜面 22。在叶尖侧端部处，带子 9 的厚度通过分级的层端部而又减小，然而这种厚度的减小在较大的长度截段上实现。此外示出了两个包裹层 21, 21'，其在用层 20 制造带子之后放置到带子 9 的整个长度上，以便于覆盖由分级式或阶梯式布置的层所形成的阶梯，并且防止脱胶。

[0062] 图 4b 未按比例绘制。最长的层的长度约为 37m，而带子 9 的厚度总地约为 3cm 至 5cm。

[0063] 在图 4c 中以断面的形式示出了根据图 4a 的细节。它显示了带子 9 的叶根侧端部，其在顶视图中示意性示出。明显可辨认出的是彼此连续的层端部，其由线示出且在图 4a 中融合成黑色的块。

[0064] 在其中构造出以纵轴线 15 为中心的斜面 22 的截段的长度约为 1.20m。带子 9 的宽度约为 50cm。对着斜面 22 的端部可移动地设置有 15cm 至 20cm 宽度的夹层通道 23, 23'，其由轻木或类似的轻但坚固的材料构成，并构成了由带子 9 至位于其下的外壳部件的通道。

[0065] 在图 5 中示出了带有带子 9' 的根据本发明的转子叶片 1 的另一例子。该转子叶

片 1 具有约 46m 的长度。

[0066] 如由图 5a 中可辨认出的那样, 带子 9' 在叶根 2 的区域中具有斜面 32, 其相比于图 4a 所示实施例在更大的区域上延伸。如果在根据图 4a 的实施例中使用大约 40 个层用于制造带子 9, 则在根据图 5 的实施例中存在大约 54 个层。

[0067] 斜面 32 延伸经过大约为 8m 的区域。带子 9' 的厚度朝向叶尖 3 的减小在图 5a 中可由横划线辨认出, 且在图 5b 中在侧视图中能明显地辨认出, 这种减小在转子叶片长度约为 11m 的情形中在达到最大的厚度处不久之后开始, 且延伸经过带子 9' 的剩余长度。带子 9' 具有大约为 50cm 的宽度。

[0068] 在图 5b 中同样绘出了带子 9' 的层 30。在其顶面和其底面处, 带子 9' 各设有包裹层 31, 31', 其包封了顶面或底面, 且跨过带子 9' 的整个长度。

[0069] 如在图 5c 中可辨认出的那样, 纵轴线 15 显示为处在 5mm 的公差范围内。在带子 9' 处朝向外壳地连接了夹层通道或轻木边缘 33, 33'。

[0070] 如在图 5a 中且同样已在图 4a 中可见的那样, 夹层边缘和必要时还有带子 9 在朝向叶尖 3 的方向上非常靠近地处于转子叶片轮廓的前缘 5 或后缘 6 处。在这些位置处, 带子 9, 9' 或夹层通道 23, 23' 或 33, 33' 在其长度或宽度上减小。

[0071] 在图 6 中示出了根据本发明的转子叶片 1 的第三实施例, 其中在图 6a 中又示出了转子叶片 1 的顶视图, 在图 6c 中示出了图 6a 所示转子叶片 1 的带子 9" 的层方案的侧视图。在图 6b 中示出了转子叶片轮廓的沿着图 6a 所示剖面线 A-A 的横截面。

[0072] 图 6a 中示出的转子叶片 1 是具有约 50m 长度的转子叶片。带子具有约 46m 的长度, 且带有超过 70 个单向纤维复合材料的层。带子的厚度在其最厚的位置处约为 5cm 至 8cm。根据图 6 的带子具有约 60cm 的宽度, 并且如图 6a 所示地设有轻木边缘, 其在两侧为 15cm 至 20cm 宽。

[0073] 在图 6c 中可辨认出的斜面 42 具有约为 10m 或者超过整个带子长度的 20% 的截段长度。带子 9" 被两个包裹层 41, 41' 覆盖, 它们覆盖了各个层 40 的分级式端部且可防止脱胶。包裹层 41, 41' 在最大负载区域中以双层的方式实施。

[0074] 在图 6b 中示出了图 6a 所示转子叶片 1 沿剖面线 A-A 的横截面轮廓 44。它是带有较薄外壳的横截面轮廓 44, 其在前缘 45 与后缘 46 之间延伸, 且具有吸力面 47 和压力面 48。同样地示出了在吸力面 47 处且在压力面 48 处各布置有带子 9", 其在相应位置处与外壳各自平面地相连接。

[0075] 根据本发明, 外壳在吸力面 47 处且在压力面 48 处各具有“全弦 UD”层, 其至少分段地由前缘 45 延伸直至后缘 46。这样的“全弦 UD”层 13 设置在吸力面 47 处和 / 或压力面 48 处。

[0076] 所有所提及的特征, 还有仅由附图可获悉的特征, 以及还有与其它特征相结合地被公开的单个特征, 单独的及其组合的形式都被认为是本发明的基本。根据本发明的实施形式可由单个的特征或多个特征的组合来实现。

[0077] 附图标记列表

[0078] 1 转子叶片; 2 转子叶根; 3 转子叶尖; 4, 4', 4" 横截面轮廓; 5 轮廓前缘; 6 轮廓后缘; 7 吸力面; 8 压力面; 9-9" 带子; 10, 10' 外壳部件; 11 芯子; 12 空隙; 13, 13' 单向层; 14 外壳部件; 15 纵轴线; 20 带子层; 21, 21' 包裹层; 22 斜面; 23, 23' 夹层通道; 30 带子层;

31,31'包裹层;32斜面;40带子层;41,41'包裹层;42斜面;44横截面轮廓;45前缘;46后缘;47吸力面;48压力面。

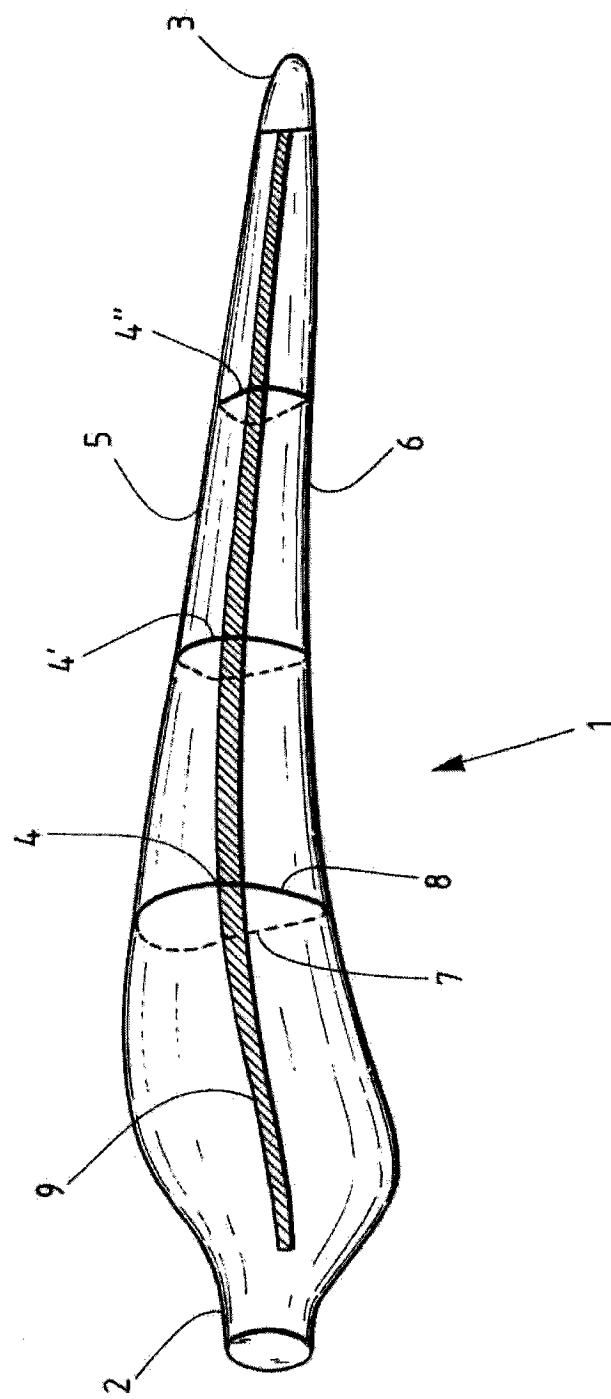


图 1

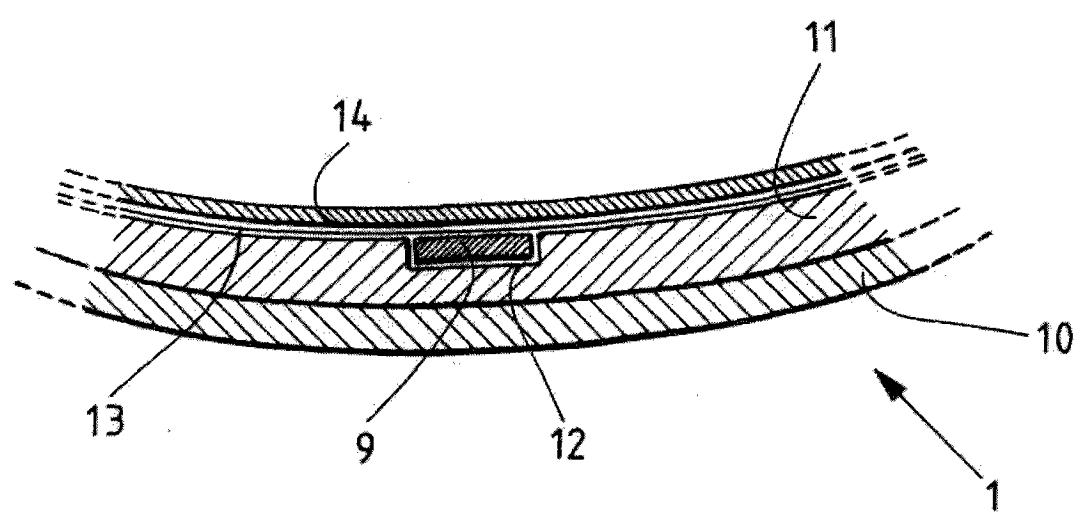


图 2

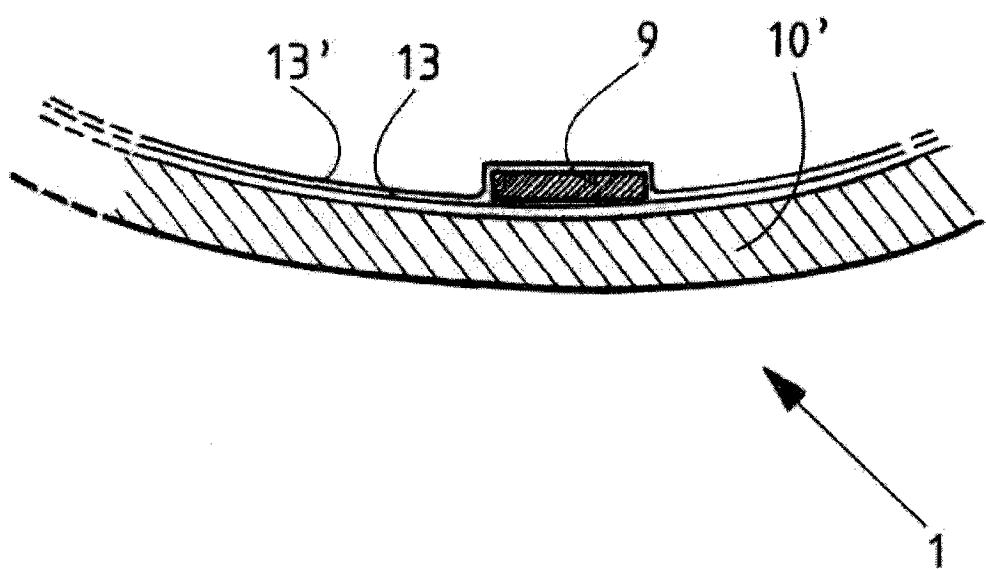


图 3

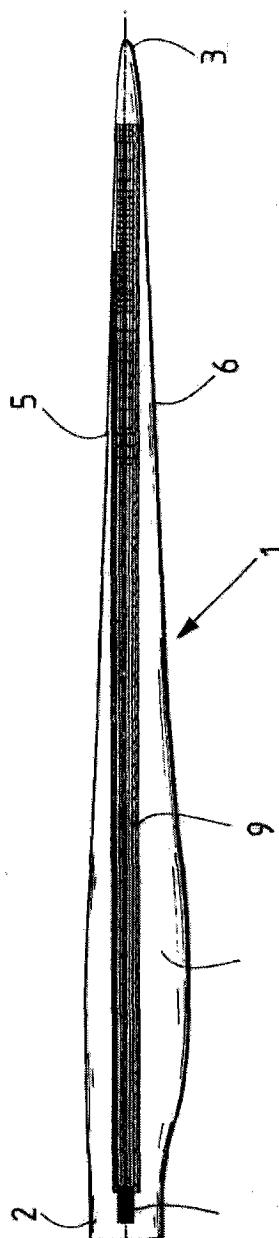


图 4a

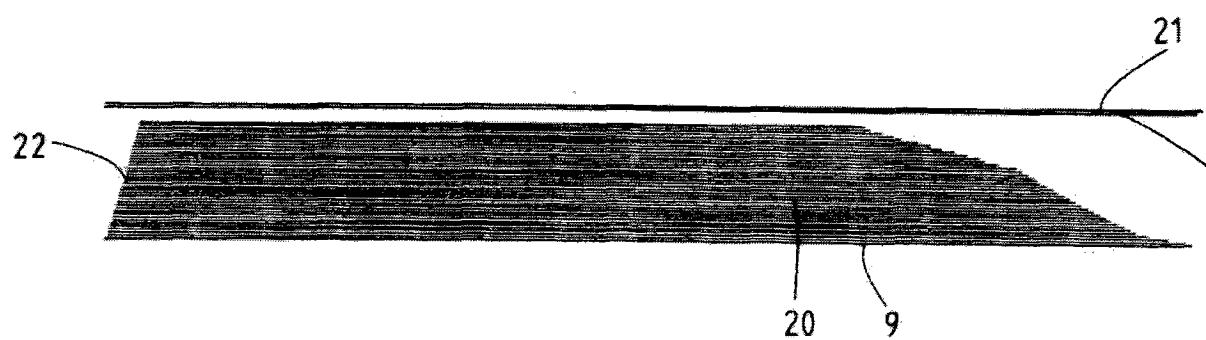


图 4b

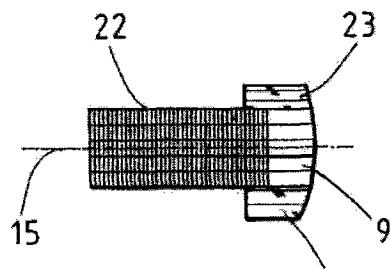


图 4c

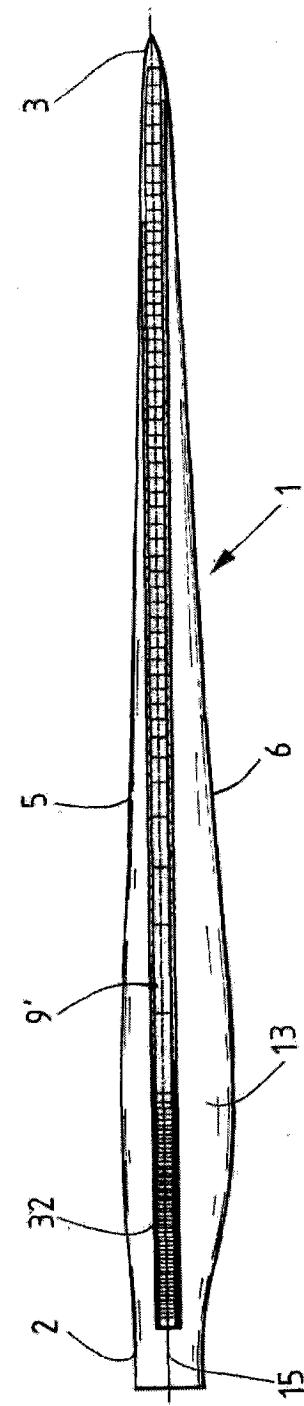


图 5a

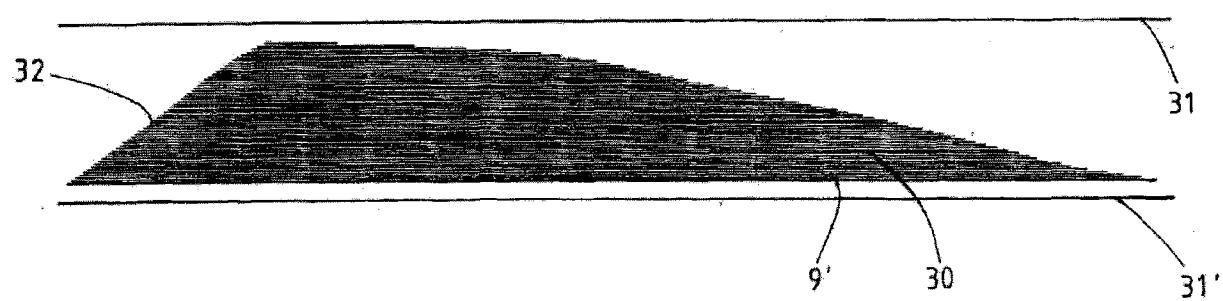


图 5b

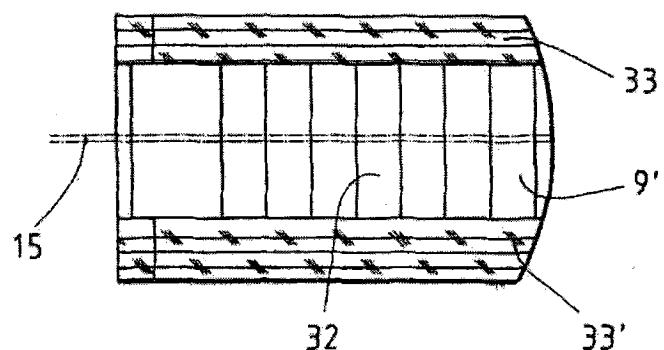


图 5c

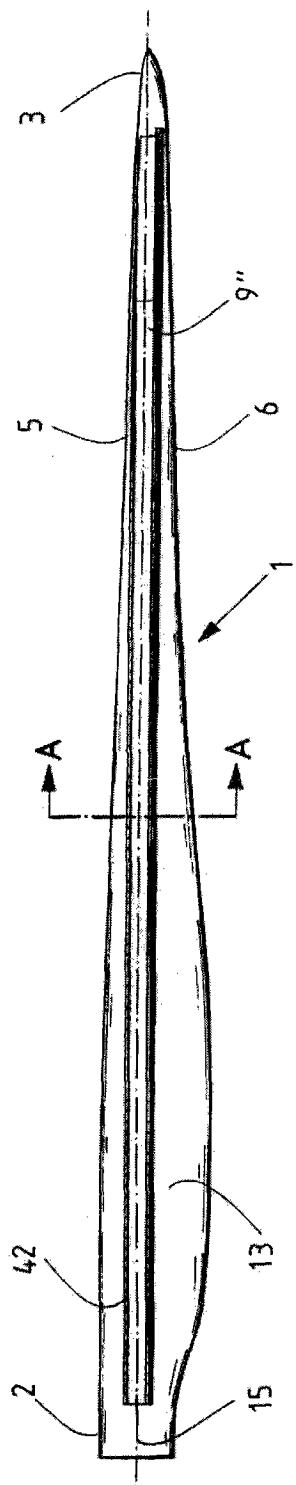


图 6a

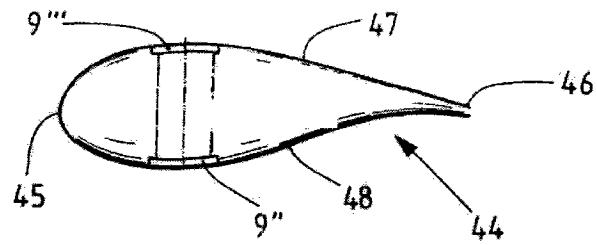


图 6b

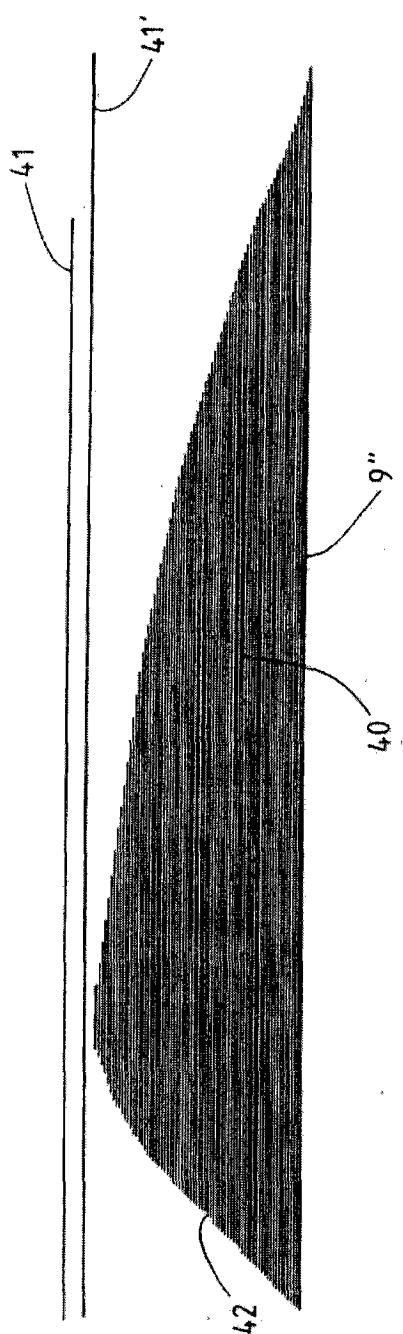


图 6c