



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103703217 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 04

(21) 申请号 201280028626. 2

F03D 1/06(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 04. 11

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

11161889. 8 2011. 04. 11 EP

CN 1643249 A, 2005. 07. 20,

EP 2153964 A1, 2010. 02. 17,

US 4000956 A, 1977. 01. 04,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 12. 11

US 4976587 A, 1990. 12. 11,

US 4077740 A, 1978. 03. 07,

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/056521 2012. 04. 11

GB 2164309 A, 1986. 03. 19,

审查员 刘京

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/140041 EN 2012. 10. 18

(73) 专利权人 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 李建新 杨炯

(51) Int. Cl.

F01D 5/28(2006. 01)

权利要求书2页 说明书8页 附图4页

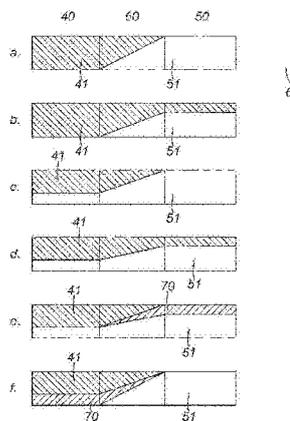
(54) 发明名称

包括金属纤维和过渡区域的风力涡轮机叶片

(57) 摘要

本发明涉及一种用于转子的风力涡轮机叶片(2),其具有从根部区域(26)向叶片区域延伸的纵向方向。风力涡轮机叶片(2)由纤维加强聚合物材料形成,该纤维加强聚合物材料包括聚合物基体以及嵌入该聚合物基体的第一加强纤维材料和第二加强纤维材料。风力涡轮机叶片还包括主要地以第一加强纤维材料加强的第一区域、主要地以第二加强纤维材料加强的第二区域以及在第一区域和第二区域之间的过渡区域。第一区域在根部区域(26)中延伸,并且第一加强纤维材料为金属。

CN 103703217 B



1. 一种风力涡轮机叶片 (2), 其用于具有基本水平的转子轴的转子, 所述转子包括轮毂 (23), 当被安装到所述轮毂上时, 所述风力涡轮机叶片 (2) 从所述轮毂基本上在径向方向上延伸, 所述风力涡轮机叶片 (2) 具有从根部区域 (26) 向叶片区域延伸的纵向方向, 当所述风力涡轮机叶片 (2) 安装到所述轮毂上时, 所述根部区域 (26) 和所述叶片区域分别最靠近所述轮毂 (23) 和最远离所述轮毂 (23), 所述根部区域 (26) 具有基本上圆形的轮廓, 所述风力涡轮机叶片 (2) 由纤维加强聚合物材料形成, 所述纤维加强聚合物材料包括聚合物基体以及被嵌入所述聚合物基体中的第一加强纤维材料和第二加强纤维材料, 所述风力涡轮机叶片还包括第一区域、第二区域以及在所述第一区域和第二区域之间的过渡区域, 所述第一区域、所述第二区域和所述过渡区域在所述纵向方向上延伸, 所述第一区域主要地以第一加强纤维材料加强, 所述第二区域主要地以第二加强纤维材料加强, 所述第一加强纤维材料和所述第二加强纤维材料互不相同, 具有不同的 E- 模量以及材料性质, 所述过渡区域在所述纵向方向上具有所述第一加强纤维材料和所述第二加强纤维材料的逐渐地改变的分布状态, 其特征在于, 所述第一区域在所述根部区域 (26) 中延伸, 并且在于, 所述第一加强纤维材料为金属。

2. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述材料性质包括硬度和断裂时的伸长率。

3. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述第一区域完全地在所述根部区域 (26) 中延伸。

4. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述过渡区域在所述根部区域 (26) 中延伸。

5. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述过渡区域完全地在所述根部区域 (26) 中延伸。

6. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述第二区域在所述根部区域 (26) 中延伸。

7. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述第一加强纤维材料为钢。

8. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述第二加强纤维材料为碳。

9. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述第二加强纤维材料为玻璃。

10. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述第一加强纤维材料的纤维主要地在所述纵向方向上延伸。

11. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述过渡区域在所述纵向方向上延伸至少半米。

12. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述聚合物基体为树脂。

13. 根据权利要求 12 所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述树脂为聚酯、环氧树脂或乙烯基酯。

14. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述纤维加

强聚合物材料还包括第三加强纤维材料。

15. 根据权利要求 14 所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述第三加强纤维材料被包含在所述过渡区域中, 并且在所述过渡区域中的所述第三加强纤维材料的量从所述第一区域向所述第二区域逐渐地改变。

16. 根据前述权利要求 1 至 3 中任一项所述的风力涡轮机叶片 (2), 其中, 所述风力涡轮机叶片 (2) 具有至少 40 米的长度。

## 包括金属纤维和过渡区域的风力涡轮机叶片

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种风力涡轮机叶片,该风力涡轮机叶片用于具有基本水平的转子轴的转子,该转子包括轮毂,当被安装到轮毂上时,风力涡轮机叶片基本上在径向方向上从轮毂延伸,风力涡轮机叶片具有从根部区域向叶片区域延伸的纵向方向,当风力涡轮机叶片被安装到轮毂上时,该根部区域和叶片区域分别地为最靠近和最远离轮毂,根部区域具有基本圆形的轮廓,风力涡轮机叶片由纤维加强聚合物材料形成,该纤维加强聚合物材料包括聚合物基体(matrix)和被嵌入该聚合物基体中的第一加强纤维材料和第二加强纤维材料,该风力涡轮机叶片还包括第一区域、第二区域以及在第一区域和第二区域之间的过渡区域,第一区域、第二区域和过渡区域在纵向方向上延伸,第一区域主要地(predominantly)以第一加强纤维材料加强,第二区域主要地以第二加强纤维材料加强,第一加强纤维材料和第二加强纤维材料互不相同,并具有不同的E-模量和材料性质,例如硬度和在断裂时的伸长率,过渡区域在纵向方向上具有逐渐改变的第一加强纤维材料和第二加强纤维材料的分布状态。

### 背景技术

[0002] 水平轴风力涡轮机包括带有若干风力涡轮机叶片(通常为两片或三片)的转子,这些风力涡轮机叶片从轮毂径向地延伸。风力涡轮机叶片具有横向于风力涡轮机叶片的纵向或径向方向的轮廓。风力涡轮机叶片包括:根部区域,其具有最靠近轮毂的基本圆形的轮廓;叶片区域,也被称为翼型区域,其具有最远离轮毂的产生提升力的轮廓;以及可选地,在根部区域和叶片区域之间的过渡区域,过渡区域的轮廓在径向方向上从根部区域的圆形轮廓向叶片区域的产生提升力的轮廓逐渐改变。产生提升力的轮廓设有吸力侧和压力侧,以及前缘和后缘。根部区域具有包括若干孔的根部端表面,这些孔排列在基本圆形轮廓的周边附近并且从根部端表面延伸进入根部区域中。这些孔各自具有内螺纹,当风力涡轮机叶片被安装到轮毂上时,这些内螺纹用于接纳例如螺栓的紧固装置。由于对更强大的风力涡轮机(如,更长的风力涡轮机叶片)的需求正在增长,并且对于更具成本效率的风力涡轮机的需求同时在增长,已证明的是,难以提供具有足够的结构强度并最佳地利用材料的风力涡轮机叶片。对于根部区域来说尤其如此,在风力涡轮机的使用期间,该根部区域对于风力涡轮机叶片至轮毂的可靠的固定是关键。

[0003] W0 2010/018225 提供了一种制造风力涡轮机叶片的方法,该风力涡轮机叶片包括钢线或钢纤维加强聚合物基体。然而,该文件没有解决根部区域如何被设计成经受住在叶片根部和轮毂之间的连接中的极端的负荷的问题。

[0004] W0 03/078832 公开了一种风力涡轮机叶片,其包括纵向延伸的过渡区域,在该过渡区域中,两种类型的纤维(如玻璃纤维和碳纤维)之间的比例逐渐改变,以便获得在叶片的纵向方向上的在硬度上的平滑过渡。

[0005] GB 2 451 192 描述了一种风力涡轮机叶片,其包括翼梁盒(spar box)和叶片壳体。翼梁盒包括加强材料,加强材料包括两种或多种不同类型的碳纤维。至少两种类型之

间的碳的比例在纵向方向上变化,使得纤维复合材料的弹性模量朝着尖部增大。进一步地,叶片壳体可包括沿着叶片的整个纵向范围延伸的其它类型的纤维。例如钢纤维的金属纤维也作为可能性被提及。

## 发明内容

[0006] 本发明的一个目的在于提供风力涡轮机叶片的一种新结构,其克服了现有技术的至少一个缺点或至少提供了有用的备选方案。

[0007] 本发明的目的被实现,因为第一区域在根部区域中延伸,以及因为第一加强纤维材料为金属。因此,通过结合位于根部区域中的为金属的第一加强纤维材料与为具有不同性质的不同材料的第二加强纤维材料来提供风力涡轮机叶片,该风力涡轮机叶片对于大型风力涡轮机是理想的。因此,如长于 40 米的长的风力涡轮机叶片可配备有根部区域,该根部区域具有相对小的直径和螺栓圆周 (bolt circle) 直径,并且同时具有足够的机械强度和挠性。通过提供更小的根部区域直径,由于该根部区域与通常将必需为更大直径的根部区域相比的改良的空气动力性能,总能量效率提高。另一种备选方案是更短的风力涡轮机叶片。因此,获得了风力涡轮机叶片的长度和根部直径之间的最佳的比例。进一步地,有利地为钢纤维的金属纤维具有与紧固装置相适应的材料性质,因为这些紧固装置典型地由金属制成,并且常由钢制成。

[0008] “主要地”是指在根部区域中,第一加强纤维材料和 / 或第二加强纤维材料按照体积或按照质量包括至少 50%、60%、70%、80%、90%、95% 或甚至 100% 的加强纤维。优选地,剩余的加强纤维(如果有的话)由玻璃纤维和 / 或碳纤维制成。优选地,第一区域从风力涡轮机叶片的根部延伸。“第一加强纤维材料和第二加强纤维材料的分布状态”的意思是第一加强纤维材料和第二加强纤维材料的定量比率。分布状态可按照体积或按照质量来度量。

[0009] 第一区域可延伸超出根部区域,并且延伸入风力涡轮机叶片的剩余部分。因此,如果第一区域从风力涡轮机叶片的根部延伸出,则第一区域可延伸贯穿该根部区域,或如果第一区域并非从风力涡轮机叶片的根部延伸出,则第一区域可仅在根部区域的一部分中延伸。因此,第一区域可构成根部区域的长度的至少 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90%、95% 或甚至 100%。

[0010] 在根据本发明的另一个实施例中,第一区域完全地在根部区域中延伸。因此,提供了风力涡轮机叶片,其中第一区域被完全地包含在根部区域内,即第一区域仅位于根部区域中。因此,第一区域不延伸超出根部区域。第一区域可构成根部区域的长度的至少 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90%、95% 或甚至 100%。

[0011] 在根据本发明的另一个实施例中,过渡区域在根部区域中延伸。因此,提供了风力涡轮机叶片,其中过渡区域的至少一部分在根部区域中延伸。过渡区域可延伸超出根部区域,并且延伸进风力涡轮机叶片的剩余部分。因此,第一区域被完全地包含在根部区域中,并且整个第一区域和过渡区域的一部分一起构成根部区域。过渡区域可构成根部区域的长度的至少 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90% 或甚至 95%。

[0012] 在根据本发明的另一个实施例中,过渡区域完全地在根部区域内延伸。因此,提供

了风力涡轮机叶片,其中过渡区域被完全地包含在根部区域内。因此,过渡区域没有延伸超出根部区域。因此,第一区域和过渡区域被完全地包含在根部区域内,并且整个第一区域和过渡区域以及第二区域的一部分组合构成了根部区域。第二区域可构成根部区域的长度的最多 50%、45%、40%、35%、30%、25%、20%、15%、10% 或甚至 5%。

[0013] 在根据本发明的另一个实施例中,第二区域在根部区域中延伸。因此,提供了风力涡轮机叶片,其中第二区域延伸超出根部区域,并且延伸进风力涡轮机叶片的剩余部分。因此,第一区域被完全地包含在根部区域中,并且整个第一区域和过渡区域以及第二区域的一部分组合构成了根部区域。第二区域可构成根部区域的长度的最多 50%、45%、40%、35%、30%、25%、20%、15%、10% 或甚至 5%。优选地,第二区域延伸超出根部区域,如,延伸进剩余的风力涡轮机叶片,甚至延伸至叶片区域。

[0014] 在根据本发明的另一个实施例中,第一加强纤维材料为钢。通过使用钢作为第一加强纤维材料,为风力涡轮机叶片在根部区域提供了高的机械强度,并且根部区域的直径可因此保持为相对地低的。优选地,作为钢的第一加强纤维材料是由单丝(monofilament)制成的钢线,该单丝具有在 0.04mm 和 1mm 之间的范围内,或在 0.07 和 0.75 之间的范围内,或在 0.1mm 和 0.5mm 之间的范围内的最大内横截面尺寸。优选地,钢线或单丝具有基本上圆形或椭圆形的横截面。因此,最大内横截面尺寸对应于线或单丝的直径或长轴,优选为单丝的直径或长轴。钢线可以以如锌或黄铜涂敷或底敷。钢线基本上互相平行地布置。典型地,钢具有大约 200GPa 的杨氏模量(Young's modulus)、在 35% 和 40% 之间的断裂时的伸长率以及 7.85g/cm<sup>3</sup> 的密度。

[0015] 在根据本发明的另一个实施例中,第二加强纤维材料为碳。因此,如典型地,风力涡轮机叶片被提供为具有与低重量相结合的机械强度,碳具有大约 245GPa 的杨氏模量、在 0.3% 和 1.4% 之间的断裂时的伸长率以及大约 1.75g/cm<sup>3</sup> 的密度。碳纤维基本上互相平行地布置。

[0016] 在根据本发明的另一个实施例中,第二加强纤维材料为玻璃。因此,如典型地,风力涡轮机叶片被提供为具有与低重量相结合的机械强度,玻璃具有大约 73GPa 的杨氏模量、大约 4.8% 的断裂时的伸长率以及大约 2.54g/cm<sup>3</sup> 的密度。玻璃纤维基本上互相平行地布置。

[0017] 在根据本发明的另一个实施例中,第一加强纤维材料的纤维主要地在纵向方向上延伸。因此,通过使第一加强纤维材料为基本上在风力涡轮机叶片的纵向方向上布置的金属纤维,为风力涡轮机叶片在纵向方向提供了最佳的硬度。优选地,使第二加强纤维材料为玻璃纤维或碳纤维也可主要地在纵向方向上延伸。

[0018] 根据本发明的另一个实施例中,过渡区域在纵向方向上延伸至少半米。过渡区域可在风力涡轮机叶片的整个长度的至少 2%、5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85% 或甚至 90% 中延伸。第一区域的长度可构成叶片的整个长度的至少 2%、5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85% 或甚至 90%。第二区域的长度可构成叶片的整个长度的至少 2%、5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85% 或甚至 90%。优选地,第一区域、第二区域和过渡区域构成风力涡轮机叶片的整个长度的至少 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90%、95% 或更优选地 100%。

[0019] 根据本发明的另一个实施例中,聚合物基体为树脂,例如聚酯或环氧树脂。聚合物基体优选地为树脂。树脂可为热固性树脂,例如环氧树脂、乙烯基酯或聚酯,或为热塑性树脂,例如尼龙、聚氯乙烯(PVC)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)、聚丙烯或聚乙烯。

[0020] 然而,树脂可包括现场(in situ)可聚合的热塑性材料。有利地,现场可聚合的热塑性材料可选自由预聚合物组成的集合:聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)、聚酰胺-6(预聚合物为己内酰胺)、聚酰胺-12(预聚合物为十二内酰胺)、聚酰胺-6和聚酰胺-12的混合物;聚氨酯(TPU)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚碳酸酯(PC)、聚醚醚酮(PEEK)、聚醚酮(PEK)、聚醚砜(PES)、聚苯硫醚(PPS)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)和聚萘二甲酸丁二醇酯(PBN)、环聚(1,4-对苯二甲酸丁二醇酯)(CBT)和/或它们的组合。

[0021] 现场可聚合的热塑性材料具有优点,在于其可在其预聚合物状态下被处理,并且可作为液体、粉末或颗粒处理。因此,材料可用于预注入加强纤维材料,即在预浸材料(pre-preg)中预注入加强纤维材料。备选地,该材料可以以粉末形态喷洒在加强纤维材料上,或作为隔离层排列在模具配件中。

[0022] 例如CBT的现场可聚合的热塑性材料具有优点:当被加热至大约150摄氏度的温度时,其不会获得类似于水的粘性。因此,有可能快速地注入待模制的非常大的复合结构的加强纤维材料,并且随后在非常短的循环时间内使树脂固化。

[0023] CTB可用作单部分(one-part)系统,此处催化剂被预混入树脂中,并且此处催化剂例如通过加热而被活化,并且CTB可用作两部分系统,此处到马上就要使用之前催化剂和树脂被分离地保存。

[0024] 在一些情形下,提取额外的现场可聚合的热塑性材料以便注入整个加强纤维材料可为有利的。在此类情形中,使用用于预供应树脂的单部分系统和用于额外树脂的两部分系统可为有利的。

[0025] 术语“可聚合的热塑性材料”意味着材料可在制造场所处聚合。

[0026] 在根据本发明的另一个实施例中,纤维加强聚合物材料还包括第三加强纤维材料。

[0027] 第三加强纤维材料可被包括在第一区域、第二区域或过渡区域中,或在它们的任何组合中。优选地,第三加强纤维材料为玻璃和/或碳。优选地,第三加强纤维材料具有在第一加强材料和第二加强材料的相应的性质之间的材料性质(如,杨氏模量或断裂时的伸长率),因此,第三加强纤维材料可用于使在材料性质中的不同平滑过渡/平齐。第三加强纤维材料在第一区域、第二区域或过渡区域或它们的任何组合中按照总纤维加强的体积或质量最多包括50%、40%、30%、20%、10%、5%或甚至0%。

[0028] 在另一个实施例中,第三加强纤维材料被包含在过渡区域中,并且在过渡区域中的第三加强纤维材料的量从第一区域向第二区域优选地逐渐地改变。

[0029] 在根据本发明的另一个实施例中,风力涡轮机叶片具有至少40米的长度。风力涡轮机叶片也可具有至少45、50、55、60或70米的长度。

[0030] 叶片有利地包括衬套,该衬套被层压(laminate)进入叶片根部的复合结构中,并且该衬套可用于将叶片根部附接到风力涡轮机的轮毂上。

附图说明

[0031] 下文参考在附图中示出的一个实施例而详细地解释本发明,在其中:

[0032] 图 1 示出了风力涡轮机,

[0033] 图 2 示出了风力涡轮机叶片的透视图,

[0034] 图 3 示出了垂直于风力涡轮机叶片的纵向方向所见的与第一区域、第二区域和过渡区域的位置相关联的不同的实施例,并且

[0035] 图 4 示出了垂直于叶片的纵向方向所见的与第一加强纤维材料、第二加强纤维材料和第三加强纤维材料的分布状态相关联的不同的实施例。

### 具体实施方式

[0036] 图 1 图示了根据所谓“丹麦概念”的常规的现代的逆风型风力涡轮机 24,其具有塔架 36、机舱 25 和转子,转子具有基本上水平的转子轴。转子包括轮毂 23 和从轮毂 23 径向延伸的三个风力涡轮机叶片 2,每个叶片具有离轮毂 23 最近的风力涡轮机叶片根部 1 和离轮毂 23 最远的风力涡轮机叶片尖部 32。

[0037] 如在图 2 中所见,风力涡轮机叶片 2 包括具有最靠近轮毂的基本圆形的轮廓的根部区域 26 和具有最远离轮毂的产生提升力的轮廓的叶片区域 27。产生提升力的轮廓设有吸力侧和压力侧以及前缘 34 和后缘 33。叶片区域 27 具有理想的或几乎理想的叶片形状,而根部区域 26 具有基本上圆形的横截面。叶片区域 27 具有带有在风力涡轮机叶片 2 的前缘 34 和后缘 33 之间延伸的弦平面(chord plane)的翼型轮廓。弦平面的宽度随着距根部区域 26 的距离 L 的增大而减小。应当注意的是,由于风力涡轮机叶片 2 可为扭曲的和/或弯曲的,所以弦平面的整个范围并非必定为直的,因此,提供了具有相应地扭曲的和/或弯曲的路线的弦平面。风力涡轮机叶片 2 以纤维加强聚合物材料形成,该纤维加强聚合物材料包括聚合物基体以及嵌入该聚合物基体中的第一加强纤维材料和第二加强纤维材料以及可选地第三加强纤维材料,其中,在根部区域 26 中的第一加强纤维材料主要地为金属,例如钢纤维。

[0038] 风力涡轮机叶片 2 通过将两个壳体部件沿着结合区域结合在一起而制造,结合区域基本上依循在风力涡轮机叶片 2 的前缘 34 和后缘 33 之间的弦平面,使得各壳体部件基本上呈现出压力侧或吸力侧。结合区域延伸贯穿根部区域 26 和叶片区域 27。然而,风力涡轮机叶片也可通过所谓中空模制(hollow moulding)来以不需要结合区域的单个壳体部件制造。

[0039] 图 3 图示了风力涡轮机叶片 2,其具有在叶片根部 1 处的根部区域 26,该根部区域 26 具有基本上圆形的轮廓,以及从叶片尖部 32 延伸的叶片区域 27。风力涡轮机叶片 2 由纤维加强聚合物材料形成,该纤维加强聚合物材料包括聚合物基体以及嵌入该聚合物基体中的第一加强纤维材料和第二加强纤维材料。风力涡轮机叶片 2 包括第一区域 40、第二区域 50 以及在该第一区域 40 和该第二区域 50 之间的过渡区域 60。第一区域 40、第二区域 50 和过渡区域 60 在风力涡轮机叶片的纵向方向上延伸。第一区域 40 主要地以第一加强纤维材料加强,并且第二区域 50 主要地以第二加强纤维材料加强。第一加强纤维材料和第二加强纤维材料是互不相同的材料,它们具有不同的 E-模量和材料性质(诸如,硬度和断裂时的伸长率等)。在所有实施例中,第一加强纤维材料都是金属或优选地包括金属,并且甚至更优选地包括钢。如在图 4 中进一步图示,过渡区域 60 在纵向方向上具有逐渐改变的第

一加强纤维材料和第二加强纤维材料的分布状态。

[0040] 图 3 分别图示了在第一区域 40、第二区域 50 和过渡区域 60 的位置方面的六个不同的实施例 :a、b、c、d、e 和 f。

[0041] 在第一实施例 a 中,第一区域 40 和过渡区域 60 完全地在根部区域 26 中延伸,同时第二区域 50 部分地在根部区域 26 中延伸,而主要地在叶片区域 27 中延伸。第一区域 40 从风力涡轮机叶片 2 的叶片根部 1 的端延伸,并且第二区域 50 从叶片尖部 32 的端延伸。

[0042] 在第二实施例 b 中,第一区域 40 和过渡区域 60 完全地在根部区域 26 中延伸,同时第二区域 50 完全地在叶片区域 27 中延伸。过渡区域 60 和第二区域 50 之间的交界面与根部区域 26 和叶片区域 27 之间的交界面重合。第一区域 40 从风力涡轮机叶片 2 的叶片根部 1 的端延伸,并且第二区域 50 从叶片尖部 32 的端延伸。

[0043] 在第三实施例 c 中,第一区域 40 完全地在根部区域 26 中延伸,同时过渡区域 60 在根部区域 26 和叶片区域 27 中部分地延伸。第二区域 50 完全地在叶片区域 27 中延伸。第一区域 40 从风力涡轮机叶片 2 的叶片根部 1 的端延伸,并且第二区域 50 从叶片尖部 32 的端延伸。

[0044] 在第四实施例 d 中,第一区域 40 完全地在根部区域 26 中延伸,同时过渡区域 60 和第二区域 50 完全地在叶片区域 27 中延伸。过渡区域 60 和第一区域 40 之间的交界面与根部区域 26 和叶片区域 27 之间的交界面重合。第一区域 40 从风力涡轮机叶片 2 的叶片根部 1 的端延伸,并且第二区域 50 从叶片尖部 32 的端延伸。

[0045] 在第五和第六实施例 e 和 f 中,第一区域 40 完全地在根部区域 26 中延伸,并且在叶片区域 27 中部分地延伸,同时过渡区域 60 和第二区域 50 完全地在叶片区域 27 中延伸。第一区域 40 从风力涡轮机叶片 2 的叶片根部 1 的端延伸,并且第二区域 50 从叶片尖部 32 的端延伸。

[0046] 尽管在所有实施例中已示出的是第一区域 40 从风力涡轮机叶片 2 的叶片根部 1 的端延伸,并且第二区域从叶片尖部 32 的端延伸,但备选实施例同样为根据本发明的可能的实施例,在这些备选实施例中,第一区域 40 并非从风力涡轮机叶片 2 的叶片根部 1 的端延伸和 / 或在这些备选实施例中,第二区域 50 并非从叶片尖部 32 的端延伸。

[0047] 图 4 为关于第一加强纤维材料 41、第二加强纤维材料 51 和第三加强纤维材料 70 在第一区域 40、第二区域 50 和过渡区域 60 中的分布状态或定量比率的六个不同实施例 a、b、c、d、e 和 f 的图解视图。这些实施例中的每一个都可与在图 3 中图示的六个实施例组合来应用,因此产生了组合的 36 个实施例。

[0048] 在第一实施例(图 4 中的 a)中,第一区域 40 只包含第一加强纤维材料 41 作为加强纤维材料,并且第二区域 50 只包含第二加强纤维材料 51 作为加强纤维材料,同时过渡区域 60 同时包含以用恒定的 / 线性的方式逐渐改变的分布状态或定量比率存在的第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51。因此,提供了从在第一区域 40 中的第一加强纤维材料 41 向在第二区域 50 中的第二加强纤维材料 51 的平滑过渡。

[0049] 在第二实施例(图 4 中的 b)中,第一区域 40 只包含第一加强纤维材料 41 作为加强纤维材料,并且第二区域 50 包含第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51 的混合物,其中第二加强纤维材料 51 的量是主要的。过渡区域 60 同时包含以用恒定的 / 线性的方式逐渐改变的分布状态或定量比率存在的第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料

51。因此,提供了从在第一区域 40 中的第一加强纤维材料 41 向在第二区域 50 中的第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51 的混合物(主要的量为第二加强纤维材料 51)的平滑过渡。

[0050] 在第三实施例(图 4 中的 c)中,第一区域 40 包含第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51 的混合物(主要的量为第一加强纤维材料 41)。第二区域 50 只包含第二加强纤维材料 51,并且过渡区域 60 同时包含以用恒定的/线性的方式逐渐改变的分布状态或定量比率存在的第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51。因此,提供了从在第一区域 40 中的第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51 的混合物(主要的量为第一加强纤维材料 41)向在第二区域 50 中的第二加强纤维材料 51 的平滑过渡。

[0051] 在第四实施例(图 4 中的 d)中,第一区域 40 和第二区域 50 均包含第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51 的混合物,但分别地它们的主要的量为第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51。过渡区域 60 包含以用恒定的/线性的方式逐渐改变的分布状态或定量比率存在的第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51。因此,提供了从在第一区域 40 中的第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51 的混合物向在第二区域 40 中的第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51 的混合物的平滑过渡。

[0052] 在第五实施例(图 4 中的 e)中,第一区域 40 包含第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51 的混合物,同时第二区域 50 包含第二加强纤维材料 51 和第三加强纤维材料 70 的混合物,但主要的量为第二加强纤维材料 41。过渡区域 60 包含以用恒定的/线性的方式逐渐改变的分布状态或定量比率存在的第一加强纤维材料 41、第二加强纤维材料 51 和第三加强纤维材料 70。因此,提供了从在第一区域 40 中的第一加强纤维材料 41 和第二加强纤维材料 51 的混合物向在第二区域 40 中的第二加强纤维材料 51 和第三第二加强纤维材料 70 的混合物的平滑过渡。优选地,第三加强纤维材料 70 为具有第一加强纤维材料 41 的 E-模量和第二加强纤维材料 51 的 E-模量之间的 E-模量的材料,使得获得了材料性质的平滑过渡。

[0053] 在第六实施例(图 4 中的 f)中,第一区域 40 包含第一加强纤维材料 41 和第三加强纤维材料 70 的混合物,但主要的量为第一加强纤维材料 41,同时第二区域 50 只包含第二加强纤维材料 51。过渡区域 60 包含以用恒定的/线性的方式逐渐改变的分布状态或定量比率存在的第一加强纤维材料 41、第二加强纤维材料 51 和第三加强纤维材料 70。因此,提供了从在第一区域 40 中的第一加强纤维材料 41 和第三加强纤维材料 70 的混合物向在第二区域 50 中的第二加强纤维材料 51 的平滑过渡。优选地,第三加强纤维材料 70 是具有第一加强纤维材料 41 的 E-模量和第二加强纤维材料 51 的 E-模量之间的 E-模量的材料,以便获得材料性质上的平滑过渡,尤其是与挠性相关的材料性质。

[0054] 在上文的实施例中,分布状态或定量比率以线性/恒定的方式逐渐地改变,但分布状态或定量比率也可步进地或以指数方式或以提供平滑过渡的任何其他方式改变。优选地,在上文的实施例中的第一加强纤维材料 41、第二加强纤维材料 51 和第三加强纤维材料 70 分别是/包括钢、玻璃和碳。因此,如在图 4 中所见,根部区域的加强纤维可由钢、钢和玻璃的混合物或钢和碳的混合物形成,同时叶片区域可由玻璃或由玻璃和碳的混合物形成。

[0055] 示例已根据优选实施例描述。然而,本发明不限于这些实施例。因此,第一加强纤维材料 41、第二加强纤维材料 51 和第三加强纤维材料也可呈现为在第一区域 40、第二区域

50 和过渡区域 60 的任何组合中的混合物。

[0056] 参考标号列表

[0057]	1	叶片根部
[0058]	2	风力涡轮机叶片
[0059]	10	第一壳体部分
[0060]	15	第二壳体部分
[0061]	23	轮毂
[0062]	24	风力涡轮机
[0063]	25	机舱
[0064]	26	根部区域
[0065]	27	叶片区域
[0066]	29	根部端表面
[0067]	32	叶片尖部
[0068]	33	后缘
[0069]	34	前缘
[0070]	36	塔架
[0071]	40	第一区域
[0072]	41	第一加强纤维材料
[0073]	50	第二区域
[0074]	51	第二加强纤维材料
[0075]	60	过渡区域
[0076]	70	第三加强纤维材料

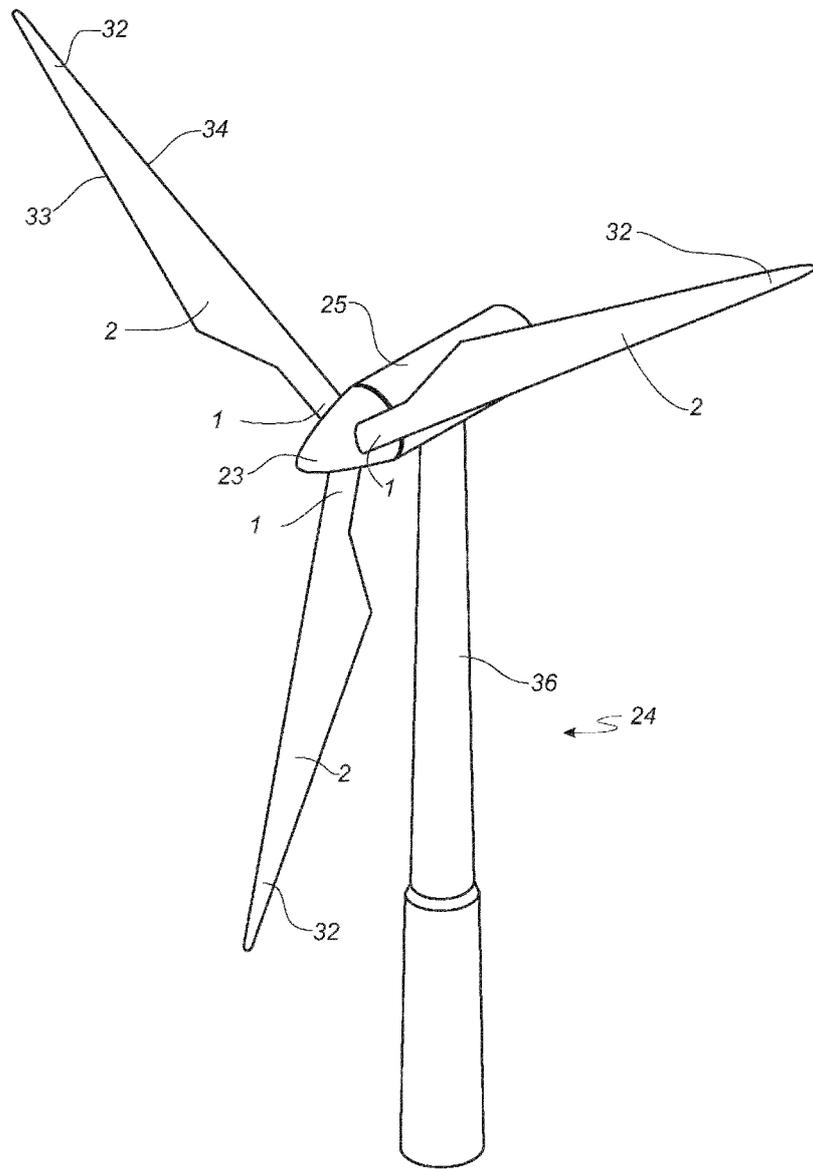


图 1

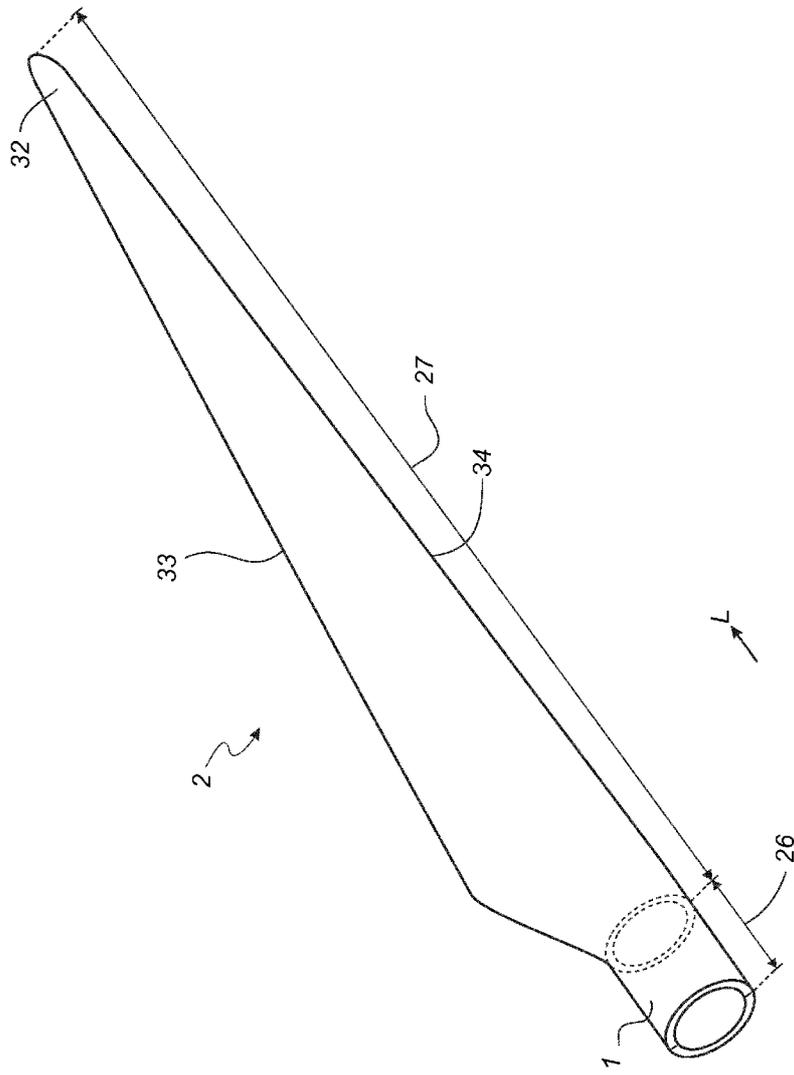


图 2

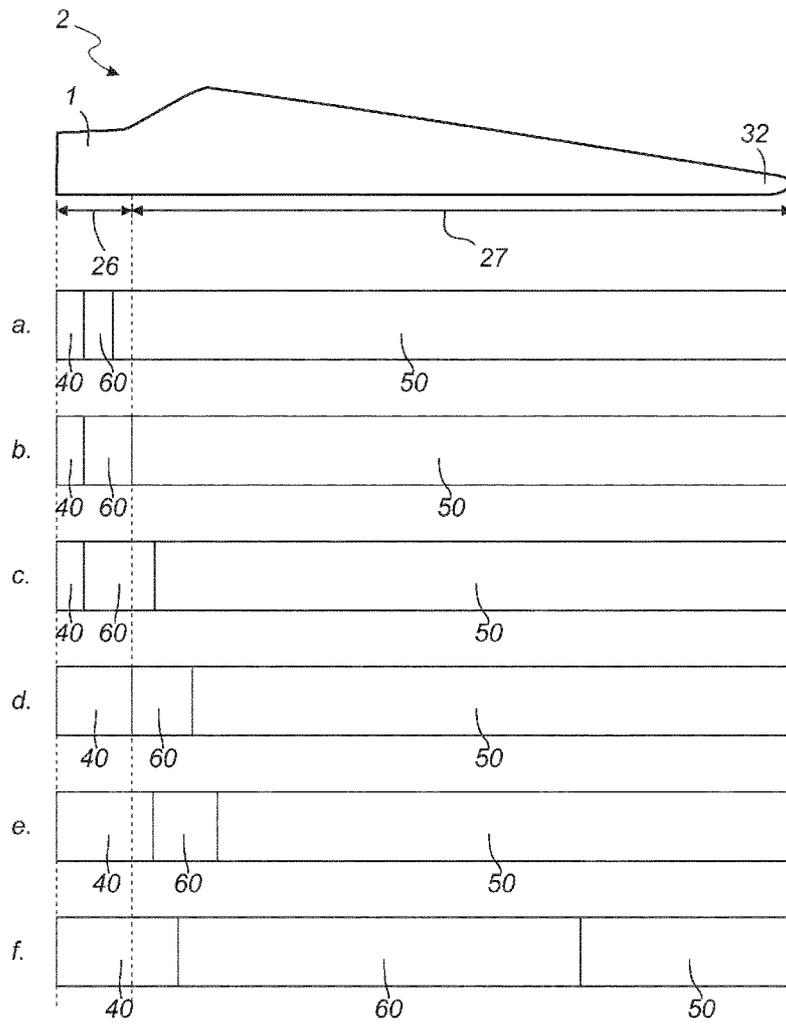


图 3

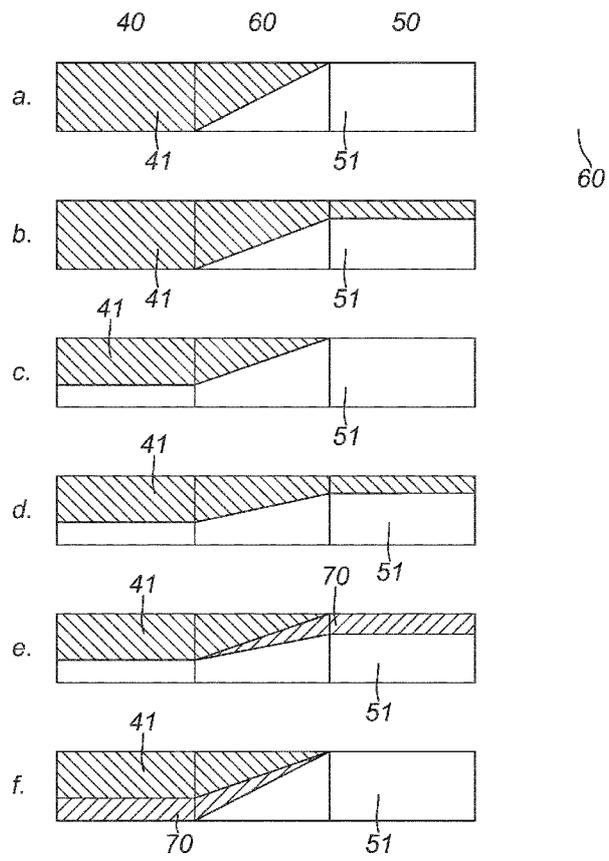


图 4