



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101559652 B

(45)授权公告日 2017.08.29

(21)申请号 200910133181.4

(22)申请日 2009.04.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 101559652 A

(43)申请公布日 2009.10.21

(30)优先权数据

08007393.5 2008.04.15 EP

(73)专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72)发明人 J·J·O·克里斯滕森 K·奥尔森

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 范晓斌 梁冰

(51)Int.Cl.

B29C 70/68(2006.01)

B29D 99/00(2010.01)

F03D 1/06(2006.01)

F03D 3/06(2006.01)

F03D 80/30(2016.01)

(56)对比文件

CN 1533476 A, 2004.09.29,

CN 1533476 A, 2004.09.29,

CN 1867772 A, 2006.11.22,

CN 1479838 A, 2004.03.03,

DE 102005017865 A1, 2006.11.02,

审查员 卜艳

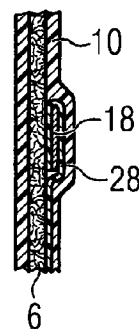
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54)发明名称

结合避雷导体的风力涡轮机叶片及其制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种结合避雷导体的风力涡轮机叶片及其制造方法。在制造风力涡轮机转子叶片(1)的方法中,叶片(1)通过以下步骤形成层状结构(10、23、29):将纤维增强材料和/或芯材的复合材料布置在限定叶片(1)形状的模具中;在布置复合材料之后对该模具抽真空;将液体聚合物引入真空模具浸湿复合材料;在复合材料浸湿之后固化液体聚合物;以及在液体聚合物固化之后去除模具。该方法的特征在于,在用液体聚合物浸湿复合材料之前将至少一个避雷导体(18、28)结合到复合材料中。此外,描述了一种由单个层状结构制成的风力涡轮机转子叶片(1)。至少一个避雷导体(18、28)结合在层状结构(10、23、29)中。



1. 一种制造风力涡轮机转子叶片(1)的方法,其中所述叶片(1)通过以下步骤形成层状结构(10、23、29):

- 将纤维增强材料和/或芯材的复合材料布置在限定所述叶片(1)形状的模具中;
- 在布置所述复合材料之后对所述模具抽真空;
- 将液体聚合物引入真空模具浸湿所述复合材料;
- 在所述复合材料浸湿之后固化所述液体聚合物;以及
- 在所述液体聚合物固化之后去除所述模具;

其特征在于:

在用所述液体聚合物浸湿所述复合材料之前将至少一个网状避雷导体(18、28)结合到所述复合材料中。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在将所述复合材料布置在外模部和/或模芯上的期间结合所述网状避雷导体(18、28)。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于:所述网状避雷导体(18、28)由玻璃纤维(10)覆盖。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于:所述网状避雷导体(18、28)是扁平的。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于:将所述网状避雷导体(18、28)放置在所述风力涡轮机叶片(1)的抗剪腹板(6)的旁边。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于:沿所述风力涡轮机叶片(1)的中心线(32)放置所述网状避雷导体(18、28)。

7. 根据权利要求1、2、5、6中任一项所述的方法,其特征在于:所述风力涡轮机叶片(1)包括顶部(2)和尾缘(11),在布置所述复合材料时靠近所述顶部(2)和/或沿着所述尾缘(11)放置至少一个金属块(20),所述网状避雷导体(18、28)连接至所述金属块(20)。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于:所述至少一个网状避雷导体(18、28)包括主避雷导体(18)和至少一个附加避雷导体(28),所述主避雷导体(18)连接至定位靠近所述顶部(2)的所述金属块(20),所述附加避雷导体(28)包括第一端部和第二端部并且通过其第一端部连接至所述主避雷导体(18),通过其第二端部连接至沿所述尾缘(11)放置的所述金属块(20)。

9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于:在所述液体聚合物固化和所述模具去除之后将至少一个外部闪电接收器(16)连接至所述金属块(20)。

10. 一种由单个层状结构制成的风力涡轮机转子叶片(1),其特征在于:在用液体聚合物浸湿层状结构(10、23、29)之前,至少一个网状避雷导体(18、28)被结合在所述层状结构(10、23、29)中,其中,所述风力涡轮机叶片(1)包括抗剪腹板(6),该抗剪腹板(6)为所述层状结构(10、23、29)的一部分,所述网状避雷导体(18、28)定位在所述抗剪腹板(6)的旁边。

11. 根据权利要求10所述的风力涡轮机转子叶片(1),其特征在于:所述网状避雷导体(18、28)是扁平的。

12. 根据权利要求10所述的风力涡轮机转子叶片(1),其特征在于:所述风力涡轮机叶片(1)包括顶部(2)和尾缘(11),至少一个金属块(20)定位靠近所述顶部(2)和/或沿着所述尾缘(11),所述网状避雷导体(18、28)连接至所述金属块(20)。

13. 根据权利要求12所述的风力涡轮机转子叶片(1),其特征在于:至少一个外部闪电

接收器(16)连接至所述金属块(20)。

14. 根据权利要求10所述的风力涡轮机转子叶片(1), 其特征在于: 所述至少一个网状避雷导体(18、28)包括主避雷导体(18)和至少一个附加避雷导体(28)。

15. 根据权利要求14所述的风力涡轮机转子叶片(1), 其特征在于: 所述风力涡轮机叶片(1)包括顶部(2)和尾缘(11), 至少一个金属块(20)靠近所述顶部(2)和/或沿着所述尾缘(11)放置, 所述网状避雷导体(18、28)连接至所述金属块(20), 而且

所述主避雷导体(18)连接至定位靠近所述顶部(2)的所述金属块(20), 所述至少一个附加避雷导体(28)包括第一端部和第二端部, 其中所述第一端部连接至所述主避雷导体(18), 所述第二端部连接至沿所述尾缘(11)定位的所述金属块(20)。

16. 根据权利要求15所述的风力涡轮机转子叶片(1), 其特征在于: 通过栓接至所述抗剪腹板(6)的方形垫片(12)将所述附加避雷导体(28)的第二端部压靠在所述主避雷导体(18)上, 或者使所述第二端部围绕所述主避雷导体(18)弯曲。

结合避雷导体的风力涡轮机叶片及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及制造结合避雷导体的风力涡轮机转子叶片的方法。本发明还涉及结合有避雷导体的风力涡轮机叶片。

背景技术

[0002] 当涡轮运转时,风力涡轮机叶片中的仅在某些点附连至叶片结构的避雷导体电缆可以在一定范围内移动。这会造成叶片结构和导体电缆它们本身的磨损。

[0003] 传统上风力涡轮机叶片的避雷导体采用附接至叶片内部结构的金属线的形式。例如,在W0 2007/062659A1中,公开了一种用于风力涡轮机叶片的避雷系统,其中,叶片是由复合材料制成的壳体,并包括根部区和顶部。该避雷系统包括至少一个闪电接收器,该至少一个闪电接收器布置在位于叶片顶部附近的壳体单元表面之中或之上,并可自由接近。该避雷系统还包括在壳体内基本沿叶片的整个纵向方向延伸的由导电材料制成的避雷导体。闪电接收器与避雷导体通过连接区电连接。避雷导体的整个纵向方向以及避雷导体与闪电接收器之间的连接区都电绝缘,以防止穿过叶片表面的雷击。

[0004] 此外,在EP 1830036A1中,公开了一种具有延伸通过叶片层状梁的风力涡轮机转子叶片。此外,公开了一种具有铜条形式的避雷导体。铜条沿梁的整个长度延伸并由玻璃纤维层覆盖,从而被结合在层状梁中。

[0005] 在DK 200600894中,提出了形成绕在叶片上并结合在玻璃纤维层或碳纤维层之间的金属网避雷导体。特别的是该避雷导体能够整个地结合在一个叶片壳中。

[0006] 在EP 1310351B1中,公开了一种制造风车叶片的方法。该方法也被称作真空辅助树脂输送模制法(Vacuum Assisted Resin Transport Moulding),其包括提供如下内容的步骤:

[0007] -具有柔性外芯部分和硬的或可处理的内芯部分的模芯,以及布置成包围该模芯的外模部分,用于在外模部分与模芯之间形成模腔,

[0008] -将复合材料和可能的插芯布置在外模部分和/或模芯上,

[0009] -使外模部分包围模芯并包围放置在模腔中的复合材料,

[0010] -凝固复合材料,

[0011] -去除外模部分,以及

[0012] -在去除外模部分之前或之后从定形的叶片上取走模芯,

[0013] -当布置复合材料时使用与增强纤维相关的一些必需的基体材料,并且在这种情况下是在关闭模具后添加附加的基体材料。

[0014] 该方法涉及复合材料的使用,诸如玻璃纤维或碳纤维增强的环氧树脂、聚酯、乙烯基酯、或热塑性塑料的使用。围绕芯材布置复合材料,以便形成夹层结构板。在这种情况下,芯材在叶片的真空形成中用于抽真空和流动,因为模腔有赖于真空,由此空气被排出,同时由于模芯的柔性外芯部分的原因使复合材料和可能的插芯压靠在外模部的内侧上,并且在通过抽真空形成模腔之后注入基体材料。

发明内容

[0015] 基于该方法,本发明的目的是提供一种制造包括避雷导体的层状风力涡轮机叶片的有利方法。本发明的另一目的是提供一种有利的层状风力涡轮机叶片。

[0016] 第一目的由根据权利要求1所述的制造风力涡轮机叶片的方法解决。第二目的由根据权利要求10所述的风力涡轮机转子叶片解决。从属权利要求限定本发明的其它改进。所有的特征有利地彼此分开和结合。

[0017] 在制造风力涡轮机转子叶片的发明的方法中,叶片通过以下步骤形成层状结构:将纤维增强材料和/或芯材的复合材料布置在限定叶片形状的模具中;在布置复合材料之后给该模具抽真空;将液体聚合物引入真空模具浸湿复合材料;在复合材料浸湿之后固化液体聚合物;以及在液体聚合物固化之后去除模具。该创造性方法的特征在于,在用液体聚合物浸湿复合材料之前,将至少一个避雷导体结合到复合材料中。在本发明的背景下,避雷导体限定为避雷系统的导电部件,尤其是金属部件。

[0018] 该发明的方法允许在叶片结构制造期间将避雷系统的较大部件加到层状叶片结构中。通过该发明的方法,避雷系统的所有金属部件能够覆盖上高质量的真空浸渍层,该层与叶片的其余部分形成一体化接合,其产生最大保护,避免被吸引至导体系统的除接收器处的预期点以外的任何点的雷击。

[0019] 真空辅助树脂输送模制法可以使用。可在将复合材料布置在外模部分和/或模芯上的期间结合避雷导体。避雷导体例如可由玻璃纤维覆盖,该玻璃纤维在真空注射期间将用树脂浸渍。由于避雷系统的这些部件(例如金属的)完全被树脂包围,因此它们不接触空气,并因此得到理想地保护以免受腐蚀。

[0020] 作为避雷系统部件的避雷导体通过施加真空能被挤压到它的最终位置中。此外,通过注入树脂并允许树脂凝固,能将该部件固定在它的最终位置中。通过这种方法使系统的所有部件牢牢地固定就位,彼此或与叶片的其它部分不会摩擦,从而不能对它们本身或叶片的其它部分造成损坏。

[0021] 有利的是,使用至少一个扁平的和/或网状避雷导体。该扁平的和/或网状导体可放置在风力涡轮机叶片的抗剪腹板的旁边。使用扁平导体具有两个优点:其减小导体的自感并且使得当树脂已凝固时更容易取出模芯。此外,扁平导体更容易结合在相对薄的层状壁中。使用网状导体允许树脂渗透到导体中,导致与层状壁形成更紧的结合。同时,网状导体比实心导体更易变形。

[0022] 由镀锡铜线制成的扁平网状导体可形成避雷系统的支柱。该主避雷导体可基本沿叶片的中心线放置并位于叶片的抗剪腹板的旁边。

[0023] 例如,扁平的和/或网状避雷导体可沿风力涡轮机叶片的中心线放置。基本沿叶片的中心线放置避雷导体(例如主避雷导体)会减小该导体上的机械应力。

[0024] 风力涡轮机叶片可包括顶部和尾缘。当布置复合材料时可靠近顶部和/或沿着尾缘放置至少一个金属块,避雷导体连接至该金属块。例如,金属块可使用铝块。此外,通过栓接至该金属块的方形垫片可将避雷导体压靠在金属块上。特别地可将金属块插到尾缘芯或顶部芯中。可在用液体聚合物浸湿复合材料之前将金属块插入并连接至避雷导体。

[0025] 可将主避雷导体连接至定位靠近顶部的金属块。此外,包括第一端部和第二端部

的至少一个附加避雷导体可通过它的第一端部连接至主避雷导体,并通过它的第二端部连接至沿尾缘放置的金属块。主避雷导体和附加避雷导体例如可由网状镀锡铜制成。例如,附加避雷导体的第二端部可借助于栓接至抗剪腹板的方形垫片压靠在主避雷导体上,或者可使第二端部围绕主避雷导体弯曲。

[0026] 在液体聚合物固化和模具去除之后可将至少一个外部闪电接收器连接至该金属块。特别地可将外部闪电接收器用螺栓或螺钉连接到(例如铝)金属块中。可通过接合密封件使接收器与叶片壳的层结构隔离。

[0027] 发明的方法例如可包括提供如下内容的步骤:

[0028] -具有柔性外芯部分和硬的或可处理的内芯部分的模芯,以及布置成包围该模芯的外模部分,用于在外模部分与模芯之间形成模腔,

[0029] -将复合材料和可能的插芯布置在外模部分上和/或模芯上,

[0030] -使外模部分包围模芯并包围放置在模腔中的复合材料,

[0031] -围绕芯材布置复合材料,使整个叶片形成夹层结构,在这种情况下,芯材在叶片的真空形成中用于抽真空和流动,因为模腔有赖于真空,由此空气被排出,同时由于模芯的柔性外芯部原因使复合材料和可能有的插芯压靠在外模部分的内侧上,并且在通过真空形成模腔之后注入基体材料,

[0032] -凝固复合材料,

[0033] -去除外模部分,

[0034] -在去除外模部分之前或之后从定形的叶片上取下模芯,

[0035] -当布置复合材料时使用与增强纤维相关的一些必需的基体材料,并且在这种情况下是在关闭模具后添加附加基体材料。

[0036] 发明的风力涡轮机转子叶片由单个层状结构制成,并在该层状结构中结合(特别是牢固地结合)至少一个避雷导体。发明的风力涡轮机转子叶片可包括作为层状结构的一部分的抗剪腹板。避雷导体可定位在抗剪腹板的旁边。层状结构中的牢固结合阻止作为避雷系统的部件的避雷导体彼此或与叶片的其它部分摩擦,从而避免对避雷导体本身或叶片的其它部分造成损坏。

[0037] 叶片可包括中心线并且避雷导体可沿中心线设置。这减小了导体上的机械应力。

[0038] 避雷导体可至少部分为扁平和/或网状导体。利用扁平导体减小导体的自感并且更容易结合在相对薄的层状壁中。此外,网状导体比实心导体更易弯曲。

[0039] 风力涡轮机叶片可包括顶部和尾缘。构成避雷系统一部分的至少一个金属块可靠近顶部和/或沿着尾缘设置。有利的是,可沿尾缘设置多个金属块。金属块例如可以是铝块。可将避雷导体连接至金属块。例如,避雷导体可借助于用螺钉连接至该金属块的方形垫片压靠在金属块上。此外,可将至少一个外部闪电接收器连接至金属块。有利的是,每个金属块例如通过螺钉可连接一个外部闪电接收器。

[0040] 此外,在主避雷导体旁边可存在至少一个附加避雷导体。主导体可连接至定位靠近顶部的金属块,而至少一个附加导体可包括第一端部和第二端部。第一端部可连接至主避雷导体,并且第二端部可连接至沿尾缘定位的金属块。附加避雷导体的第二端部可通过用螺钉连接至抗剪腹板的方形垫片压靠在主避雷导体上,或者可使第二端部围绕主避雷导体弯曲。

[0041] 避雷导体通常能够由可附加地浸渍树脂的玻璃纤维覆盖。

附图说明

[0042] 本发明的其它特征、性质、和优点通过以下结合附图的实施例的描述将会变得清楚。

[0043] 图1以位于由叶片的翼展和叶片的弦限定的平面上的平面图示意性地示出转子叶片；

[0044] 图2示意性地示出通过转子叶片的翼型剖面的弦向横截面；

[0045] 图3示意性地示出发明的风力涡轮机叶片在由图1中的III-III标示的位置处的弦向截面的一部分；

[0046] 图4示意性地示出发明的风力涡轮机叶片的抗剪腹板的截面；

[0047] 图5以放大截面图意性地示出图3中由B标示的部分；

[0048] 图6示意性地示出发明的风力涡轮机叶片在由图1中的VI-VI标示的位置处的弦向截面的一部分；

[0049] 图7以放大图示意性地示出图6中由C标示的部分；

[0050] 图8以位于由叶片的宽度和叶片的弦限定的平面上的平面图示意性示出发明的风力涡轮机转子叶片的一部分；

[0051] 图9示意性地示出图8中由D标示的部分的放大图；

[0052] 图10示意性地示出图8中由D标示的部分的分解透视图；

[0053] 图11以剖视图示意性地示出发明的风力涡轮机叶片的顶部；

[0054] 图12以剖视图示意性地示出模具中具有避雷导体的纤维增强材料和/或芯材的复合材料层的一部分；

[0055] 图13以剖视图示意性地示出模具中的被用液体聚合物浸湿的层的一部分；

[0056] 图14以剖视图示意性地示出在液体聚合物固化后再去除模具之后的层的一部分。

具体实施方式

[0057] 现在参考图1至14详细说明本发明的实施例。

[0058] 图1以在由叶片的翼展和叶片的弦限定的平面上的平面图示出转子叶片。图1示出通常用在三叶转子中的风力涡轮机叶片1。然而，本发明不局限于用于三叶转子的叶片。实际上，其还可用在具有多于或少于三个叶片的转子中，例如用在双叶转子中。叶片1的中心线由附图标记32标示。

[0059] 图1所示的转子叶片1包括具有圆柱形轮廓的根部3和顶部2。顶部形成叶片最远的部分。根部3的圆柱形轮廓用于将叶片固定到转子轮毂的轴承上。转子叶片1还包括所谓的肩部4，其被限定作为转子叶片1的最大轮廓深度的位置，即叶片的最大弦长。具有空气动力型轮廓的翼型部5在肩部4与顶部2之间延伸。过渡部7在肩部4与圆柱形根部3之间延伸，在过渡部7中出现从翼型部5的空气动力型轮廓到根部3的圆柱形轮廓的过渡。

[0060] 在图2中示出通过转子叶片的翼型剖面5的弦向横截面。图2所示的它们的空气动力型轮廓包括凸起的吸力侧13和较少凸起的压力侧15。从叶片的顶缘9延伸至叶片的尾缘11的点划线示出该轮廓的弦。尽管在图2中压力侧15包括凸部17和凹部19，但是其也可以根

本不具有凹部,只要吸力侧13比压力侧15更凸起即可。

[0061] 翼型部5中的吸力侧13和压力侧15也可分别称为转子叶片1的吸力侧和压力侧,但严格来说,叶片1的圆柱形部3没有示出压力侧或吸力侧。

[0062] 图3示意性地示出发明的风力涡轮机叶片1在由图1中的III-III标示的位置处的弦向截面的一部分。例如,示出的位置可位于自叶片根部3测量起相距27m之处。该距离对应于叶片1总长度的大约50%。在图3中示出尾缘11、吸力侧13和压力侧15。吸力侧13和压力侧15通过定位在叶片1内部的抗剪腹板6连接。转子叶片的壳和抗剪腹板6形成成为单个整体式层状结构。

[0063] 避雷电缆28形式的避雷导体连接至抗剪腹板6并沿压力侧15的内表面30延伸至尾缘11。可选择地,避雷电缆28可从抗剪腹板6开始沿吸力侧13的内表面延伸至尾缘11。避雷电缆28由层状结构10覆盖,该层状结构例如可以是玻璃纤维或碳纤维的。玻璃纤维或碳纤维还可以浸有树脂。

[0064] 图4示意性地示出图3中由A标示的部分的放大图。在图4中,可看到抗剪腹板6、主导体18、附加导体28、和层合结构10的一部分。作为扁平网状导体的主导体18沿抗剪腹板6从风力涡轮机叶片1的顶部2延伸至叶片根部3。同样作为扁平网状导体的附加导体28围绕主导体18弯曲并连接至抗剪腹板6。主导体18和附加导体28可由镀锡铜线制成。主导体18可基本沿叶片1的中心线32并靠近叶片1的抗剪腹板放置。主导体18以及附加导体28由层状结构10固定在它们的最终位置上。由于避雷系统的金属部件(例如主导体18和附加导体28)完全由层状结构10和/或树脂包围,因此它们不接触空气并因此受到理想保护以免受腐蚀。

[0065] 图5示意性地示出图3中由B标示的部分的放大图。在图5中,可看到尾缘11附近的部分。尾缘芯22定位在叶片1内并靠近尾缘11处,铝块20位于尾缘芯22的旁边并处在尾缘芯22朝向前缘9的一侧。尾缘芯22和铝块20结合在叶片(1)的层状结构中。位于吸力侧13和压力侧15处的接收器16用螺钉连接到铝块20上。在压力侧15的外表面34和吸力侧13的外表面35附近,接收器16通过接合密封件21与叶片材料隔离。

[0066] 附加导体28通过方形垫片12和螺钉14被压靠在铝块20上。总地讲,铝块20可选择地为任何其它金属块。

[0067] 在图5中,吸力侧13和压力侧15的接收器16彼此相对地定位并定位在方形垫片12与尾缘11之间。

[0068] 图6示意性地示出发明的风力涡轮机叶片1在由图1中的VI-VI标示的位置处的弦向截面的一部分。例如该位置可位于自叶片根部3测量起相距36m之处。该距离对应于叶片1总长度的大约75%。图7示意性地示出图6中由C标示的部分的放大图。在图6和7中示出的元件对应于在图3和5中示出的元件,因此不再详细说明。图3和6以及图5和7彼此主要的不同在于部件的尺寸。此外,不同于图5的是定位在叶片1的吸力侧13的接收器16在图6和7中设置成与方形垫片12相对。该差异是由铝块20尺寸的减小所引起的。

[0069] 图8以在由叶片的翼展和叶片的弦限定的平面上的平面图示意性示出发明的风力涡轮机转子叶片1的一部分。在叶片1内部,主导体18定位基本沿叶片1的中心线32。尾缘芯22沿着尾缘11安装在叶片1内。在可与图3和6所示的位置对应的两个示例性位置处,附加导体28通过铝块20连接至尾缘芯22。为此,将附加导体28连接至主导体18,正如参考图4所描述的。还有附加导体28连接的铝块20在图8中未示出但其连接到尾缘芯22上。附加导体28由

层状结构23包围。

[0070] 除可与图3和6中所示的位置(即从叶片根部3测量起距离为叶片1总长度的50%和75%)对应的两个示例性位置之外,附加导体28还可在第三位置处通过铝块20连接到尾缘芯22上,该第三位置对应于自叶片根部3测量起距离为叶片1总长度的大约87.5%之处。

[0071] 图9示意性地示出图8中由D标示的部分的放大图。图中示出至少部分地由层状结构23包围并连接至铝块20的附加导体28。铝块20连接至尾缘芯22。

[0072] 图10以分解透视图示出图9的部分。同样地,作为扁平网状铜导体的附加导体由层状结构23覆盖。附加导体28借助于方形垫片12和螺钉14压靠在铝块20上。此外,铝块20插在尾缘芯22中。

[0073] 图11以剖视图示意性地示出风力涡轮机叶片1的顶部2附近的部分。顶部芯25定位在顶部2内,在顶部芯25旁边的是铝块20,其朝向叶片根部3。风力涡轮机叶片1的基本材料具有壳的层状结构29。避雷系统的主导体18借助于方形垫片12和螺钉14压靠在铝块20上。主导体18沿内表面36朝叶片根部3延伸。主导体18由玻璃纤维覆盖并结合在层状结构29中。木制斜面体24处在铝块20的旁边并朝向叶片根部3,该木制斜面体24也结合在层状结构29中。木制斜面体24定位在主导体18与叶片1的外表面37之间。间隔材料(distance material)27处在木制斜面体24的旁边并朝向叶片根部3,该间隔材料结合在壳的层状结构29中。间隔材料27例如可由木材(例如轻木)、C-flex、改性聚苯醚泡沫或任何其它合适材料制成。间隔材料27还定位在主导体18与叶片1的外表面37之间。

[0074] 与结合有主导体18的边缘相对的间隔材料27也结合在叶片1的壳的层状结构29中。在其内结合有间隔材料27的部分与铝块20定位之处的部分之间有一小部分,该小部分中的环氧树脂26结合在壳的层状结构29中。该环氧树脂26定位在间隔材料27的旁边。

[0075] 此外,两个接收器16通过螺钉从外表面37连接至铝块20。接收器16通过接合密封件21与壳的层状结构29隔离。

[0076] 在有利的方式是通过真空辅助树脂输送模制法进行的成层(layerup)期间,至少大部分避雷系统部件包括在成层期间的预成型件中。当施加真空时,这些部件被挤压到它们的位置中,并且当注入树脂并允许树脂凝固时,这些部件顺次固定在这些位置中。在成层期间,沿着叶片1的整个长度延伸的主导体18放置在抗剪腹板6的旁边并由玻璃纤维覆盖。铝块20放置靠近叶片1的顶部2。该块20形成外部闪电接收器16的安装基座。通过螺钉连接至铝块20的方形垫片12将主导体18压靠在该块20上。所有这些元件顺次由玻璃纤维覆盖,在真空注射过程期间用树脂浸渍该玻璃纤维。

[0077] 沿叶片1的尾缘11布置多个附加铝块20,用作外部闪电接收器16的安装基座。网状镀锡铜的附加导体28将主导体18连接至这些铝块20。借助于用螺钉连接至铝块20的方形垫片12将每个铜网28的一个端部压靠在铝块20上。铜网的另一个端部可以采用两种方式固定。一种是借助于通过螺钉连接至抗剪腹板6的方形垫片将该另一端部压靠在主导体18上,或者使该另一端部围绕主导体18弯曲并由玻璃纤维覆盖。当施加真空时,纤维、铜网导体28、和主导体18被压在一起,这样就在铜条28与主导体18之间建立了良好的电接触。主导体18、附加铜网导体28、和带有方形垫片12和螺钉14的铝块20都包括在预成型件中,并因此固定在叶片1的层状结构10、29内。由于避雷系统的金属部件完全被层状结构和/或树脂包围,所以它们不接触空气并因此受到理想地保护以免受腐蚀。此外,系统的所有部件牢固地固

定就位,彼此或与叶片1的其它部分之间无法摩擦。这样就阻止这些部件或叶片1的其它部分可能的损坏。

[0078] 现在将参考图12至14描述制造风力涡轮机转子叶片1的发明的方法,其中叶片1形成层状结构。

[0079] 图12以剖视图示意性地示出模具中带有避雷导体的纤维增强材料和/或芯材的复合材料层的一部分。纤维增强材料和/或芯材的复合材料层39、40铺在限定叶片1形状的模具38中。避雷导体18、28放置在层40上并用至少一层复合材料层41覆盖该避雷导体18、28。取代所示的两层39、40,还可使用更多或更少的层。

[0080] 放置复合材料之后,对模具38抽真空。将液体聚合物42引入真空模具38并用液体聚合物42浸湿复合材料。这在图13中示意性地示出。液体聚合物渗透到层39、40、41中。在复合材料浸湿之后,液体聚合物42固化并且在液体聚合物42固化之后去除模具38。

[0081] 图14以剖视图示意性地示出在液体聚合物42固化后去除模具38之后的层39、40、41。避雷导体18、28牢固地结合在产生的层状结构中。

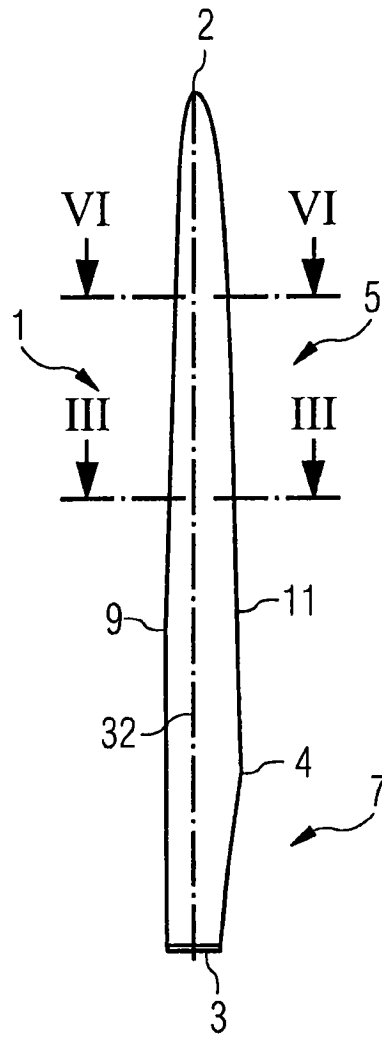


图1

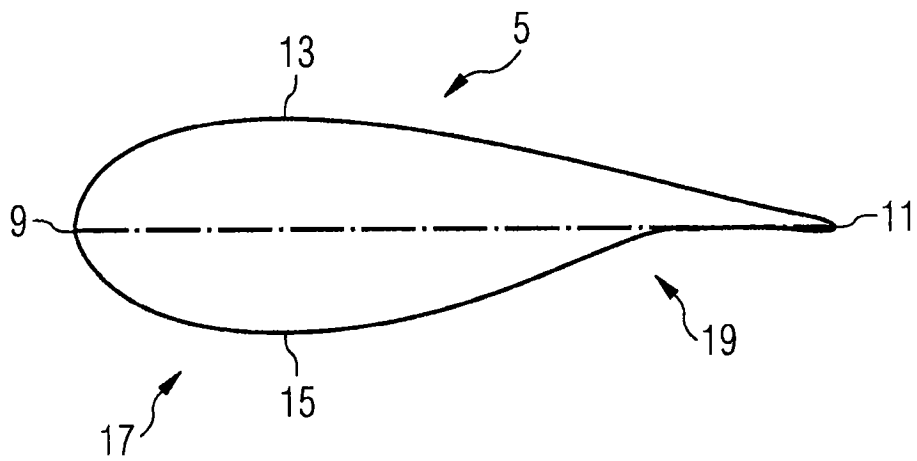


图2

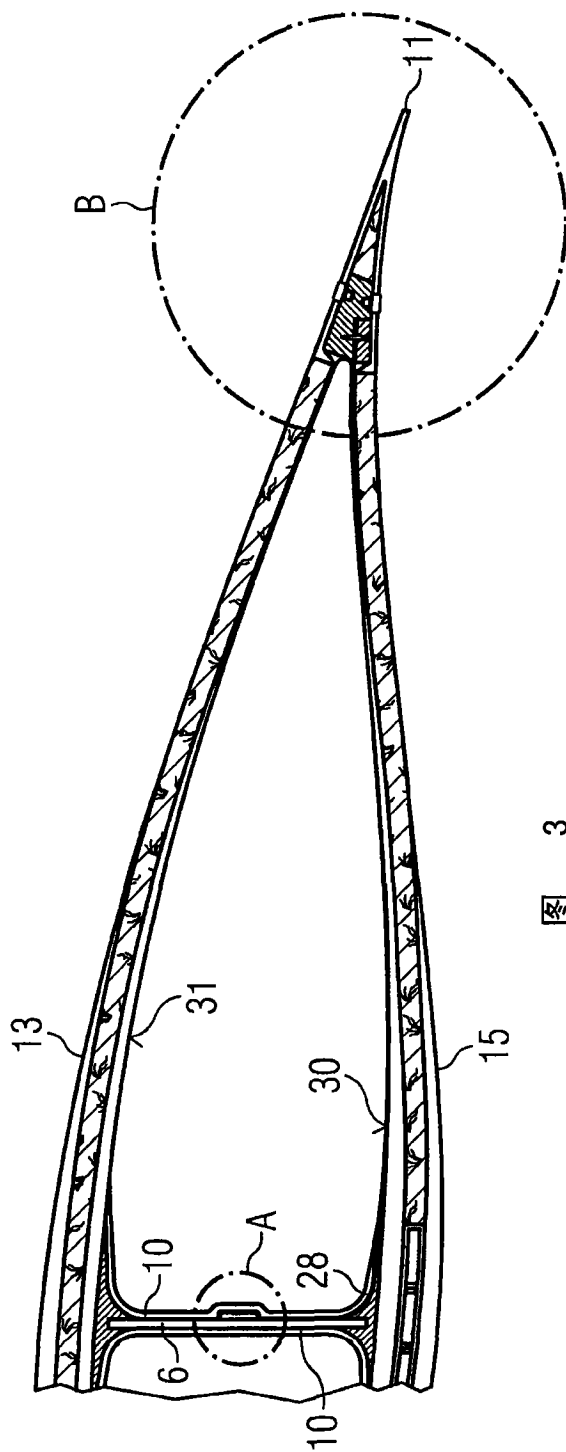


图 3

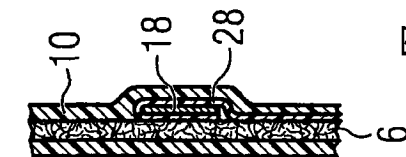


图 4

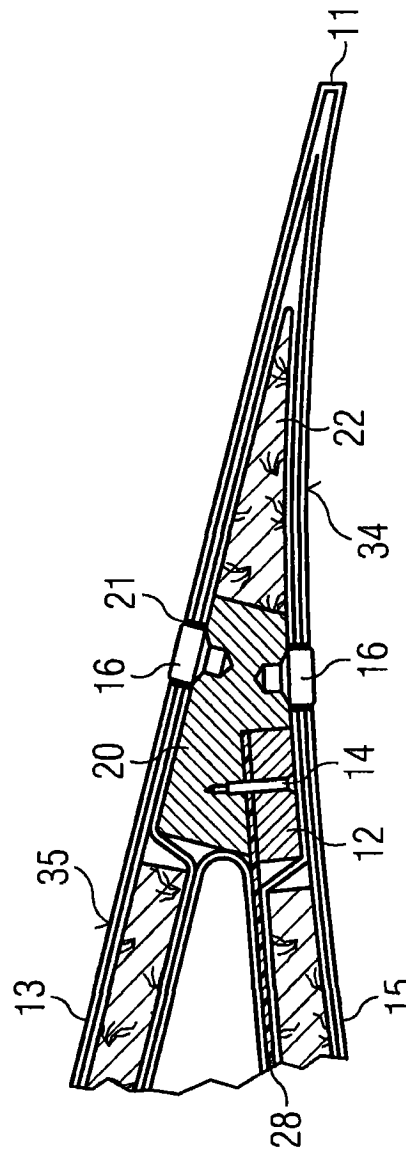


图 5

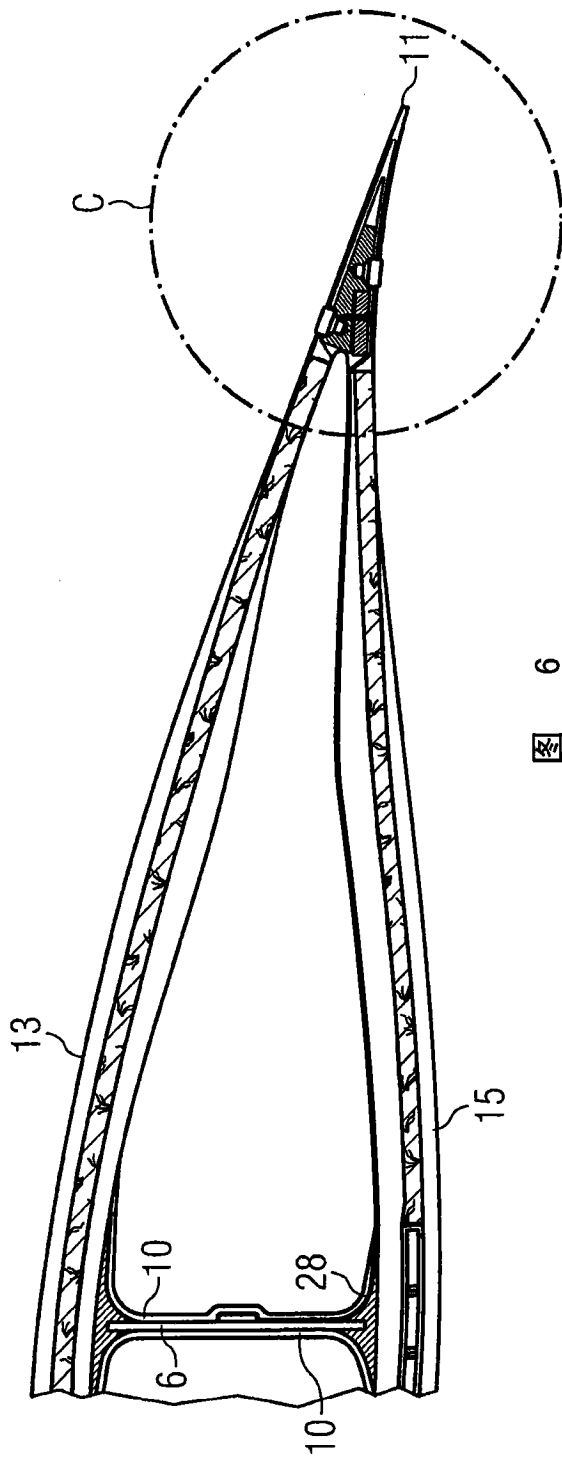


图 6

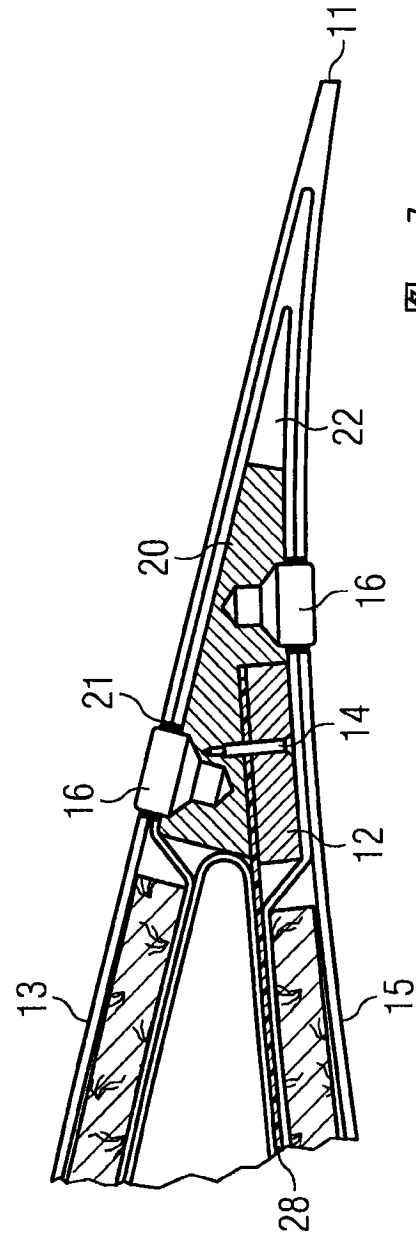
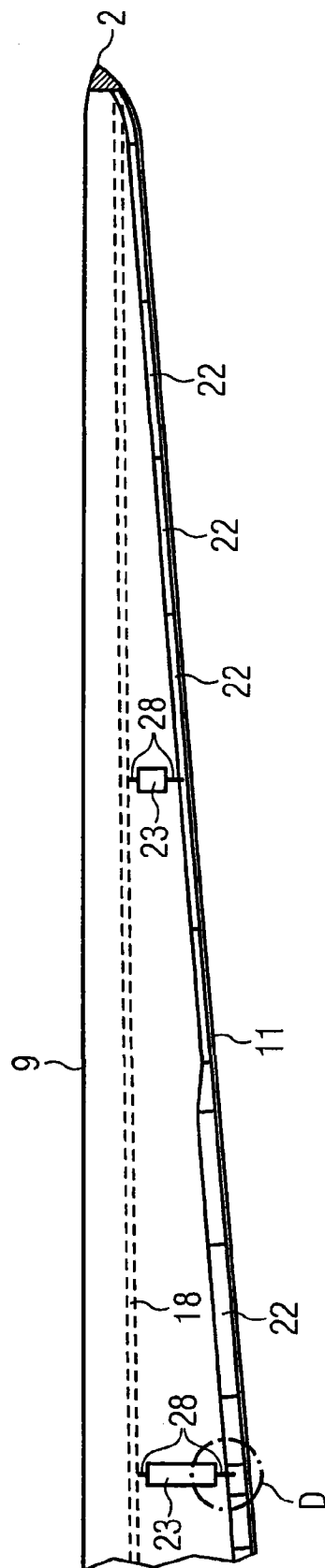


图 7



8

11

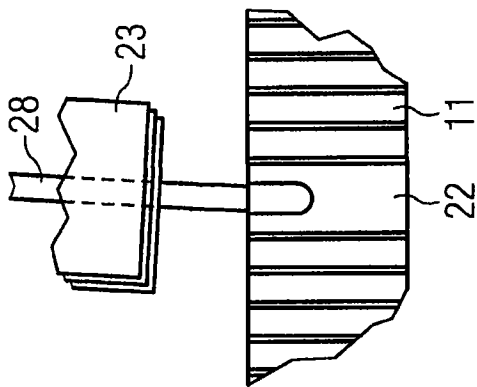


图 9

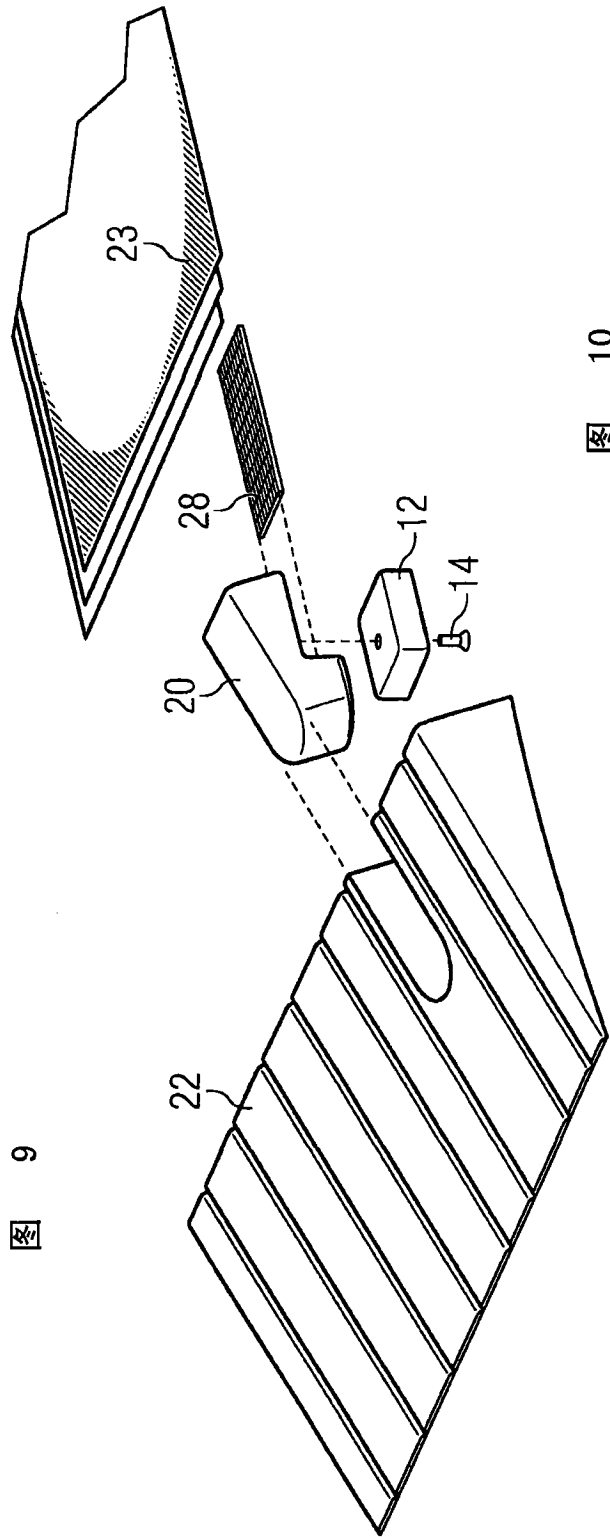


图 10

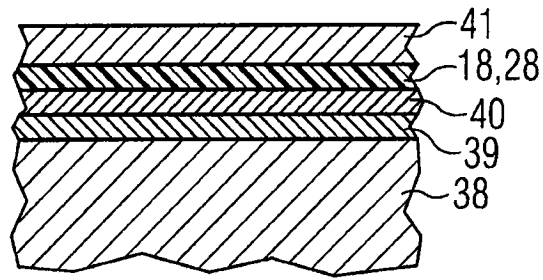


图12

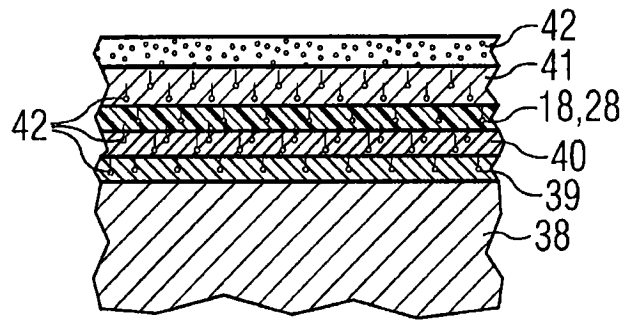


图13

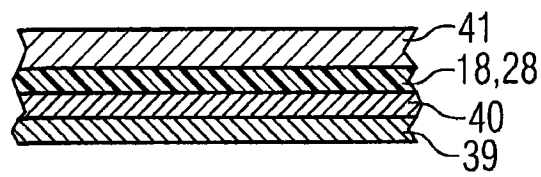


图14