

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101711308 A

(43) 申请公布日 2010. 05. 19

(21) 申请号 200780013356. 7

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(22) 申请日 2007. 03. 28

代理人 曾祥菱 梁冰

(30) 优先权数据

102006017897. 1 2006. 04. 13 DE

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 10. 13

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2007/002735 2007. 03. 28

(87) PCT申请的公布数据

W02007/118581 DE 2007. 10. 25

(71) 申请人 再生动力系统股份公司

地址 德国汉堡

(72) 发明人 M·佩特谢 U·本德尔

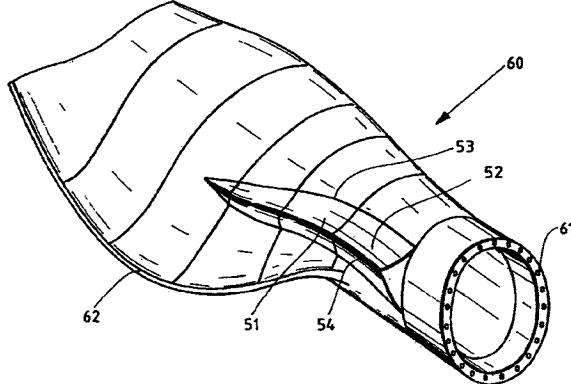
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

风能设备的转子叶片

(57) 摘要

本发明涉及一种风能设备的转子叶片(60)，它具有顶侧(吸力侧)和底侧(压力侧)，其中沿着纵轴线在转子叶片根部与转子叶片尖部之间形成在横截面中具有前缘(62)和后缘(32)的轮廓，对于每个轮廓分别预定一个设计入流方向(31, 32, 33, 34, 35)，并且轮廓在外部的、朝向转子叶片尖部的、带小于30%的相对厚度的区域中形成，并且在内部的、分配给转子叶片根部的区域中、在带大于30%的相对厚度的轮廓上、在压力侧上设置有附加装置(51)，它具有附加入流面(52)以及朝向前缘的附加入流面(52)的起始点和朝向后缘(62)的附加入流面(52)的终端点，其中附加入流面(52)的起始点设置在轮廓的前缘与后缘(62)之间，由此使在轮廓上的切线在起始点处与轮廓的设计入流方向形成在+20°至-20°、尤其是+15°至-15°之间的角度范围。本发明还涉及一种用于制造风能设备转子叶片(60)的方法。



1. 一种风能设备的转子叶片 (60), 其具有顶侧 (吸力侧) 和底侧 (压力侧), 其中沿着纵轴线在转子叶片根部与转子叶片尖部之间形成在横截面中具有前缘和后缘 (62) 的轮廓 (21, 22, 23, 24, 25), 对于每个轮廓 (21, 22, 23, 24, 25) 分别预定一个设计入流方向 (31, 32, 33, 34, 35), 并且轮廓 (21, 22, 23, 24, 25) 在外部的、朝向转子叶片尖部的区域中以小于 30% 的相对厚度形成, 其特征在于, 沿着纵轴线在内部的、分配给转子叶片根部的区域中, 在带大于 30% 的相对厚度的轮廓 (21, 22, 23, 24, 25) 上, 在压力侧上设置有附加装置 (51), 它具有附加入流面 (52) 以及朝向前缘的附加入流面 (52) 的起始点 (41, 42, 43) 和朝向后缘 (62) 的附加入流面 (52) 的终端点, 其中附加入流面 (52) 的起始点 (41, 42, 43) 设置在轮廓 (21, 22, 23, 24, 25) 的前缘与后缘之间的区域中, 由此使在轮廓 (21, 22, 23, 24, 25) 上的切线在起始点 (41, 42, 43) 处与轮廓 (21, 22, 23, 24, 25) 的设计入流方向 (31, 32, 33, 34, 35) 形成为在 +20° 至 -20° 、尤其是 +15° 至 -15° 之间的角度范围。

2. 如权利要求 1 前序部分或权利要求 1 所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 沿着纵轴线在内部的、分配给转子叶片根部的区域中, 在带大于 30% 的相对厚度的轮廓 (21, 22, 23, 24, 25) 上, 在压力侧上设置有附加装置 (51), 它具有附加入流面 (52) 以及朝向前缘的附加入流面 (52) 的起始点 (41, 42, 43) 和朝向后缘 (62) 的附加入流面 (52) 的终端点, 其中附加入流面 (52) 的起始点在流向转子叶片 (60) 的介质的分离点前面在压力侧上形成。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 在起始点 (41, 42, 43) 处的切线基本平行于设计入流方向 (31, 32, 33, 34, 35) 而形成。

4. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 所述附加入流面 (52) 的终端点终止在后缘前面。

5. 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 所述附加入流面 (52) 的起始点 (53) 从内向外连续地连接。

6. 如权利要求 1 至 5 中任一项所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 所述附加入流面 (52) 的终端点 (54) 从内向外连续地连接。

7. 如权利要求 1 至 6 中任一项所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 所述附加入流面 (52) 的终端点 (54) 与转子叶片 (60) 前缘的距离沿着纵轴线从内向外加大。

8. 如权利要求 1 至 7 中任一项所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 所述附加装置 (51) 按照扰流器的形式形成。

9. 如权利要求 1 至 8 中任一项所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 所述附加装置 (51) 粘接在转子叶片 (60) 上, 或已经如此。

10. 如权利要求 1 至 9 中任一项所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 所述附加装置 (51) 是可后装配的或者后装配的。

11. 如权利要求 1 至 10 中任一项所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 所述附加装置 (51) 从静止位置置于工作位置, 或已经如此。

12. 如权利要求 1 至 11 中任一项所述的转子叶片 (60), 其特征在于, 所述附加入流面 (52) 的终端点形成为流体分离点。

13. 一种风能设备, 其具有至少一个如权利要求 1 至 12 中任一项所述的转子叶片 (60)。

14. 一种附加装置 (51) 的用途, 该附加装置 (51) 设置在如权利要求 1 至 12 中任一项

所述的转子叶片 (6) 的内部区域中。

15. 一种用于制造风能设备转子叶片 (60) 的方法, 其中, 附加装置 (51) 设置在转子叶片 (60) 的内部区域中, 由此如权利要求 1 至 12 中任一项所述地形成转子叶片 (60)。

风能设备的转子叶片

[0001] 本发明涉及一种风能设备的转子叶片，其具有顶侧（吸力侧）和底侧（压力侧），其中沿着纵轴线在转子叶片根部与转子叶片尖部之间形成在横截面中具有前缘和后缘的轮廓，对于每个轮廓预定一个设计入流方向，并且轮廓在外部的、朝向转子叶片尖部的区域中以小于 30% 的相对厚度形成。此外本发明还涉及一种风能设备、以及一种附加装置的用途。本发明还涉及一种用于制造风能设备转子叶片的方法。

[0002] 风能设备转子叶片的效率通过入流角、即转子叶片弦与空气入流方向之间的角度确定。对于风能设备入流角尤其取决于转子叶片速度并由此取决于转子转速和风速。

[0003] 为了在转子叶片空气动力上升时可以完全展开上升力，必需使风流尽可能长地毗连在转子叶片轮廓上。在此转子叶片要总是以有利的角度入流。在此入流速度的大小和角度根据风速和在转子叶片各个点中的环绕速度变化。通过使圆周速度在转子叶片尖部最大并且向着转子轮毂减小，由此还产生入流速度相对于转子平面从叶片在轮毂方向上增加。为了保证，转子叶片在每个点上最佳地入流，转子叶片通过翘曲形成。

[0004] 在 DE-A-19815519 和 DE-A-102004007487 中描述两种风能设备的转子叶片。在 WO-A-2002/008600 中公开了风涡轮机的另一种转子叶片。

[0005] 由现有技术出发，提出本发明的目的在于，提供一种风能设备的转子叶片，并改善风能设备的运行，由此在使用这种转子叶片时优化或提高风能设备上能量收益。

[0006] 这个目的对于上述形式的转子叶片由此得以实现，即，沿着纵轴线在内部的、分配给转子叶片根部的区域中，在带大于 30% 的相对厚度的轮廓上、在压力侧上设置有附加装置，它具有附加入流面以及朝向前缘的附加入流面的起始点和朝向后缘的附加入流面的终端点，其中附加入流面的起始点设置在轮廓的前缘与后缘之间，由此使在轮廓上的切线在起始点中在 +20° 至 -20°、尤其是 +15° 至 -15° 之间的角度范围内向着轮廓的设计入流方向形成。

[0007] 本发明基于这种思想，转子叶片轮廓在内部的区域、即具有大于 30% 的较大相对厚度、尤其是大于 50% 的相对厚度的区域中，通过附加形成的入流面或附加入流面通过附加装置在转子叶片的压力侧上获得一个最佳的空气动力学结构。通过附加形成的入流面在转子叶片的优选轮廓上形成一种导致上升力增加的拱曲度增加，入流面例如在完成整个转子叶片以后，安装在转子叶片内部区域中的一个优选位置上。

[0008] 关于转子叶片轮廓的相对厚度一般理解为（最大的）轮廓厚度与轮廓弦长的比例。

[0009] 对于较厚的轮廓，其中风流一般在压力侧上在靠近转子轮毂的区域中受到分离的威胁，附加装置的起始点设置在轮廓的一个区域中，在该区域，切线在那个起始点处设置成或构造成基本平行于入流方向或（预定的）设计入流方向。由此按照本发明的附加装置在转子叶片轮廓的压力侧上、在带大于 30%、最好大于 50% 的相对轮廓厚度的内部区域中确定或表征。在此有利地或能够实现在轮廓上的起始点中的接触与设计入流方向之间约 ±20° 的误差。轮廓在内部区域中一般呈现为大于 50% 的相对厚度。

[0010] 按照本发明转子叶片轮廓（作为初级轮廓）在其结构上和制造时都是非常费事的

内部区域中通过形成或设置附加装置的附加入流面具有一种次级轮廓，由此通过附加形成的入流面考虑在靠近转子轮毂区域中增加入流角并由此提高能量收益。

[0011] 对于转子叶片的压力侧，入流面与紧接着的附加装置入流面之间的过渡仍然具有介质或风的毗邻流动。

[0012] 通过按照本发明的附加装置使转子叶片的空气动力学的轮廓特性在更好的能量收益方面（以每年的平均值）得到改善。按照本发明对于 100% 至 30% 的相对轮廓厚度有效地提高内部的轮廓部分的轮廓浮力。通过使附加装置在流体分离点前面基于轮廓前缘设置在轮廓上，使转子功率在年平均值上提高直到至 3.0%。

[0013] 所述目的的另一解决方案或转子叶片的优选实施例是，沿着纵轴线在内部的、分配给转子叶片根部的区域中，在带大于 30% 的相对厚度的轮廓上、在压力侧上设置有附加装置，它具有附加入流面以及朝向前缘的附加入流面的起始点和朝向后缘的附加入流面的终端点，其中附加入流面的起始点在入流转子叶片的介质的分离点前面在压力侧上形成。由此避免在转子叶片的靠近中心区域中在压力侧上的流动分离或至少顺流地偏移。

[0014] 按照本发明对于预定的设计高速系数呈现所谓的设计入流方向，它对于转子叶片的每个横截面轮廓不同地形成。转子叶片或风能设备的高速系数 λ 是设计风能设备的重要特征系数。它给出转子圆周速度（叶片尖部速度）与风速的比例。高速系数给出，叶片如何相对于风快速运动的关系。

[0015] 原理上在风能设备运行期间高速系数根据风速和转子转速变化。对于设计高速系数风能设备的转子达到其最大的功率系数（固定的转子特征值）。因此对于转子叶片的相应设计高速系数对于每个轮廓呈现一个相应预定的设计入流方向。

[0016] 在优选的转子叶片改进方案中建议，使转子叶片的高速系数位于 7 至 11 之间。

[0017] 此外也有利的是，使在内部区域中的轮廓具有大于 50% 的相对厚度。

[0018] 此外轮廓的特征还在于，在附加入流面的起始点中的切线基本平行于设计入流方向形成。

[0019] 还有利的是，所述附加入流面的终端点基于入流方向终止在转子后缘前面。

[0020] 此外尤其使附加入流面或附加装置的起始点从内向外、即沿着纵轴线连续地连接。此外使附加装置的终端点从内向外连续地连接，由此使附加装置由一种结构部件或基体形成。

[0021] 如果所述附加入流面（或附加装置）的终端点或分离点与转子叶片前缘的距离沿着纵轴线从内向外至少在一个纵轴线截段中加大，则得到附加装置的空间弯曲结构。由此形成一种弯曲的附加装置或者一种具有向内回缩的、即向着后缘弯曲结构的扰流器装置，其中向内向后缘形成的附加装置的弯曲通过入流方向的旋转给出。

[0022] 为此还规定，使所述附加装置按照扰流器的形式形成，它具有附加入流面形式的空气导引面，由此提高转子叶片在内部区域中的能量效率。

[0023] 此外有利的是，使所述附加装置粘接在转子叶片上。在此可以使附加装置在完成转子叶片制造后，后续地设置在内部区域中的压力侧上。相应地附加装置尤其是可后装配的或后装配的。在实践中这一点有利地使设备负荷与设计方法的负荷假设相比根本没有或没有显著的提高。

[0024] 在优选的扩展结构中还使附加装置从静止位置置于工作位置。在此例如可以相应

地调整附加装置的入流面或者在相应的风负荷时缩回,由此使附加装置的附加入流面紧密地毗邻转子叶片的其余轮廓。

[0025] 此外在一个改进方案中优选使附加入流面的终端点形成为轮廓压力侧上的流体分离点。

[0026] 此外所述目的通过一种风能设备得以实现,它配备至少一个如上所述的转子叶片。

[0027] 所述目的的另一解决方案是附加装置的用途,它设置在按照本发明的如上所述的转子叶片的内部区域中。

[0028] 此外所述目的通过一种用于制造风能设备转子叶片的方法得以实现,其中附加装置设置在转子叶片的内部区域中,由此使转子叶片在一个实施例中按照上述的方法形成。为了避免重复请参阅对上述转子叶片的详细描述。

[0029] 下面借助于实施例示例性地描述本发明,其中所有在文字中未详细解释的按照本发明的细节请参阅附图。附图中:

[0030] 图 1 示出按照本发明的转子叶片的重叠的轮廓截面,

[0031] 图 2 示出另一按照本发明的转子叶片的重叠的轮廓截面,

[0032] 图 3 以立体图示出转子叶片,在内部区域中具有按照本发明的附加装置,

[0033] 图 4a 至 4d 分别示出按照本发明的转子叶片的轮廓截面图,

[0034] 图 5 示出另一按照本发明的转子叶片的轮廓截面。

[0035] 在下面的附图中相同的或相同形式的部件或相应的部件配有相同的标记符号,因此省去相应的重复介绍。

[0036] 在图 1 中示出转子叶片 60(参见图 3)从内部区域中的转子叶片根部到外部区域的多个重叠的轮廓截面 21,22,23,24,25。最内部的轮廓 21 在这个示例中具有最大的相对厚度。轮廓 25 以 45% 的相对厚度是内部区域中最细的轮廓。重叠的轮廓截面 21,22,23,24,25 以不同的截段给出转子叶片的轮廓曲线。为了清晰由视图中省去在外部区域中相对厚度小于 30% 的轮廓。

[0037] 此外在图 1 中以标记符号 11 表示在转子叶片的预定运行位置中的转子平面。不同的轮廓截面 21,22,23,24,25 沿着展开轴从转子叶片根部向外向转子叶片尖部展开。

[0038] 由图 1 看出,轮廓截面 21 至 25 的相对厚度从内部(轮廓 21)向外(轮廓 25)减小。即,轮廓 21 在靠近转子叶片根部内部区域以衔接的轮廓截面 22 至 25 设置。

[0039] 对应于(内部的)轮廓截面 21 在图 1 中示出从属的预定设计入流方向 31。此外对于轮廓 23,25 示出相应的那个设计入流方向 33,35。此外在图 1 中对于轮廓截面 21,22,23 分别示出按照本发明的附加体 51 的起始点 41,42,43 作为在横截面中轮廓 21 至 25 的压力侧上的附加装置。

[0040] 在图 1 中示出在各个轮廓截面 21 至 25 上的附加体 51 的横截面,其中附加体 51 的横截面在轮廓横截面 21 至 25 上分别按照三角形或类似的或接近三角形的形状形成。

[0041] 附加体 51 在各轮廓 21 至 23 上的相应起始点 41 至 43 例如由此确定,在起始点 41 至 43 中的切线、即在各轮廓上的切线平行于从属的轮廓截面 21,23 以及 25 的各设计入流方向 31,33 和 35 形成或者以 $\pm 20^\circ$ 、尤其是 $\pm 15^\circ$ 的小倾斜形成。在此在轮廓 21 至 23 上的起始点 41 至 43 设置在相应的轮廓 21 至 23 的各压力侧的流体分离点前面。

[0042] 通过事后安装的或者说可后装配的附加体 51, 使转子叶片 60 的轮廓特性在内部区域、即在轮廓厚度大于 30%、尤其是 50% 的区域中得到改善, 因为通过附加体 51 在转子叶片 60 的压力侧上形成拱曲。在流体在轮廓 21 至 23 的压力侧上分离之前, 通过附加装置 51 在压力侧上形成附加装置或附加体 51 的附加入流面 (参见图 3, 附图标记 52), 由此改善转子叶片在内部区域中的轮廓上升并由此改善能量收益。在此容忍或允许由于加大的死水区引起的略微加大的轮廓阻力。

[0043] 由轮廓截面 21 至 23 还得出, 附加体 51 的位置通过其相应的起始点 41 至 43 从轮廓到轮廓是不同的或者变化的, 由此首先在内部的轮廓截面 21 到下一相邻的轮廓截面 22 起始点 41 在投影上沿着展开轴位于衔接的外部轮廓截面 22 的起始点 42 后面。

[0044] 随着转子叶片半径的增加起始点 43 和为了清晰而未示出的其它起始点越来越离开前面的轮廓边缘。即, 起始点 42, 43 与其它位于外部的起始点和相应轮廓前缘之间的距离加大。

[0045] 此外起始点 41, 42, 43 的角位置随着转子叶片半径的加大而加大, 其中角位置基于转子叶片平面围绕转子叶片纵轴线测量。

[0046] 附加装置 51 沿着展开轴或其它预定的轴的长度根据转子叶片的长度确定。根据转子叶片的粗度可以使附加装置的长度约为转子叶片长度的 15% 至 25%。这意味着, 对于功率为 1.5MW 和转子叶片长度为 37m 的风能设备, 附加装置的长度例如为 5.5m, 对于功率为 2MW 和转子叶片长度为 45m 的风能设备, 附加装置的长度例如为 7m, 而对于功率为 5MW 和转子叶片长度为 61m 以及细长的叶片几何形状的风能设备, 附加装置的长度例如为 15.5m (对于相对较厚的轮廓)。

[0047] 在此附加装置 51 的横截面形状不是重要的, 三角形尤其由于结构上的原因是特别有利的。对于已知的已经安装转子叶片的风能设备, 可后装配附加装置 51, 因为在实践中与设计方法的高负荷假设相比没有提高设备负荷。

[0048] 已经知道, 在转子叶片内部区域中实际上达不到通过简单的计算方法预言的以及理论上求得的上升系数。通过按照本发明的附加装置使转子叶片的轮廓特性这样得到改善, 使得在实践中也达到初始的假设。

[0049] 例如对于长度为 37m 的转子叶片在图 1 中示出附加装置 51 的一个有利定位的几何形状。除了半径 (从转子轮毂开始) 2.8m (轮廓 21)、4m (轮廓 22)、5m (轮廓 23)、6m (轮廓 24) 和 7m (轮廓 25) 的设计入流方向以外, 也加入转子平面 11。

[0050] 可以看出, 附加装置 51 的位置随着转子半径的增加离开叶片前缘向后移动。分离点的绝对距离 (作为附加装置 51 与各叶片前缘的基准点) 加大。仅仅半径为 2.8m 的最内部的轮廓截面 21 是个例外。

[0051] 基于转子叶片平面 11 围绕转子叶片纵轴线测量得到下面的附加装置角位置 :

[0052]

轮廓	半径 (m)	相对叶片长度 (%)	附加装置角位置
21	2.8	8	169°
22	4	11	162°
23	5	13.5	167°
24	6	16	174°
25	7	19	180°

[0053] 可以看出,对于内部的轮廓从一个预定的轮廓开始附加装置的角位置随着转子半径的加大而增加。对于从最内部的轮廓 21(半径 2.8m) 到下一轮廓 22(半径 4m) 的过渡,附加装置 51 的角位置略微减小。

[0054] 在图 2 中示出转子叶片的另一优选实施例,其中轮廓 21 至 25 非对称地设置在叶片纵轴线或展开轴上。由此使叶片自由度在风能设备塔前面相应地加大。同样分别示出相应的设计入流方向 31 至 35。

[0055] 附加装置 51 的高度在图 1 和图 2 的实施例中在转子叶片的圆柱形范围内约为圆柱体直径的 10%,在轮廓厚度为 45% 的区域中约为轮廓厚度的 8%。随着附加装置 51 高度的加大空气动力学的有效性增加,其中对于本实施例要注意,要良好地兼顾附加的附加装置 51 的结构费用和转子叶片的附加负荷以及由此要达到的收益提高。

[0056] 在图 1 和 2 的实施例中可以看出,附加装置 51 在内部的区域(轮廓 21)中向着轮廓后缘回缩。因为在内部区域中入流强烈地旋转,转子叶片的圆柱体与附加装置 51 同样逆时针旋转,由此使附加装置 51 的位置向上移动。通过这种倒旋得到附加装置 51 沿着转子叶片展开轴的总体上折弯或弯曲的形状。

[0057] 也可以选择一个优选的实施例,放弃附加装置在内部区域中的倒旋。这在能量收益方面略微变差,但是能够实现一个非常简单的、基本直线的附加装置几何形状,并由此实现简单的结构形式。

[0058] 通过附加装置 51 在转子叶片内部区域中呈现附加入流面,由此提高转子叶片在转子叶片连接附近在其能量收益方面的有效性。由此能够实现转子叶片的能量收益最佳的结构。例如可以使附加装置 51 以扰流器形状在制造转子叶片时设置,由此不必完全改变转子叶片的制造过程。

[0059] 适合于制造附加装置 51 的材料例如是玻璃纤维强化塑料(GFK)。在分离点,即在附加装置 51 的入流面或附加入流面的终端点上优选使锐边缘形成终端边缘。在内侧在附加装置 51 的终端边缘区域中的锐利终端点的区域中使拐角由于强度的原因有利地倒圆。由此在附加装置上以轻的附加装置重量得到非常高的强度。

[0060] 在此有利的是,附加装置 51 在叶片纵轴线方向上相对弹性地形成,即,由此在纵向上在误差范围内呈现非常高的延展性。

[0061] 在另一实施例中规定,将附加装置置于工作位置。在此可激活地形成附加装置,用于在风速位于额定速度以下时在接通或接入附加装置 51 时提高能量收益。在高风速时通过折叠或缩回或关掉附加入流面或附加装置 51 来减小转子叶片负荷,使附加入流面紧密地毗邻在标准的转子叶片轮廓上。

[0062] 在装置内部的风包尤其适合于接通或接入附加装置。由此使附加装置的内部体积减小或加大,使得得到附加装置 51 相对于转子叶片入流面的不同的调整角度。尤其是通过风包或其它可控的装置使附加装置 51 从静止位置置于工作位置,其中使这个过程可逆地形成。

[0063] 在图 3 中还示出转子叶片 60 内部区域的立体图。该转子叶片 60 具有圆形的转子叶片连接 61。紧接着转子叶片 60 的圆形横截面在背离前缘的区域中连接附加体 51,它按照扰流器的形式设置在转子叶片 60 的压力侧上。

[0064] 在转子叶片 60 的背面在转子叶片连接 61 的上方安置后缘 62。附加体 51 具有附

加入流面 52，其中在从转子叶片 60 的标准入流面过渡到附加入流面 52 时相应的起始点位于轮廓上。因此所示的直线 53 形成起始点的一种连接线。附加装置 51 的附加入流面 52 通过附加入流面 52 的连接线 54 限制。附加入流面 52 的终端点沿着连接线 54。

[0065] 在图 4a 至 4d 中示出附加装置 51 的有利扩展结构或图 1 中变化的轮廓。所示的轮廓 21, 22, 23, 25 对应于在图 1 中所示的轮廓截面。变化的轮廓截面 21, 22, 23, 25 在这个实施例中具有非常高的空气动力学性能，因此转子叶片的能量收益在靠近内部转子轮毂的区域中是最大的。由此在可达到的附加能量收益方面（与其它的附加装置 51 相比）得到最佳的附加装置 51（参见图 1 或图 2）。

[0066] 在图 4a 至 4d 中分别以这个视图分别清楚地看出各个轮廓截面 21, 22, 24, 25 的起始点位置以及局部的入流方向 31, 32, 33 和 35。图 4a 至 4c 非常清楚地示出，对于厚的轮廓在起始点 41, 42, 43 的区域中轮廓基本平行于入流方向。

[0067] 只有在图 4d 中完全位于外部的轮廓截面 25 示出轮廓在起始点 45 中已经更大程度地偏离入流方向（约 12°）。在那里位于附加装置 151 外部区域中的已经更薄的轮廓能够对于流动由于回缩的轮廓贡献微小的压力升高。由此紧靠在潜在的分离点前面定位附加装置 151 的起始点 45，其中轮廓通过附加装置 151 向外拉，由此使流动更远地在后面在附加装置 151 的分离点上分离。

[0068] 附加装置 151 的能量收益最佳的结构与在图 1 和 2 中所示的结构的几何形状相比分离点更强烈地偏离叶片前缘。但是这种附加装置的结构费用是高的。

[0069] 如果转子叶片同样要在制造时得到改进，则这种附加装置尤其是非常有意义的，其中不必形成完全新的转子叶片形状。所示的附加装置可以通过简单的方式装配在现有的转子叶片上。

[0070] 图 5 以轮廓上的横截面图示出具有粘接板 71, 72 的附加装置 51 结构。对于长度 37m 的转子叶片和约 5.5m 长的附加装置已经证实宽度为 50 至 80mm 的粘接板 71, 72 是有利的。附加装置 51 本身由 2 至 4mm 厚的 GFK（轧层织物或纤维喷注）制成。为了达到高的空气动力学性能使分离点由尽可能锐利的拐角形成。

[0071] 对于粘接的附加装置 51 或粘接的扰流器，不可避免的在起始点 45 上的轮廓凸起要保持尽可能地小，最多 5mm，尤其是 2 至 3mm。为了调节阻力，粘接物质（例如 Sikaflex）的修圆是有利的。

[0072] 在内部轮廓中这个拐角出于强度的原因有利地略微倒圆。对于粘接的附加装置 51 来说，通过三角形横截面以轻微的重量得到非常高的强度。

[0073] 附图标记清单

- [0074] 11 转子平面
- [0075] 21 轮廓
- [0076] 22 轮廓
- [0077] 23 轮廓
- [0078] 24 轮廓
- [0079] 25 轮廓
- [0080] 31 设计入流方向
- [0081] 32 设计入流方向

- [0082] 41 起始点
- [0083] 42 起始点
- [0084] 43 起始点
- [0085] 51 附加装置
- [0086] 52 附加入流面
- [0087] 53 线
- [0088] 54 连接线
- [0089] 60 转子叶片
- [0090] 61 转子叶片连接部
- [0091] 62 后缘
- [0092] 71 粘接板
- [0093] 72 粘接板
- [0094] 151 附加装置

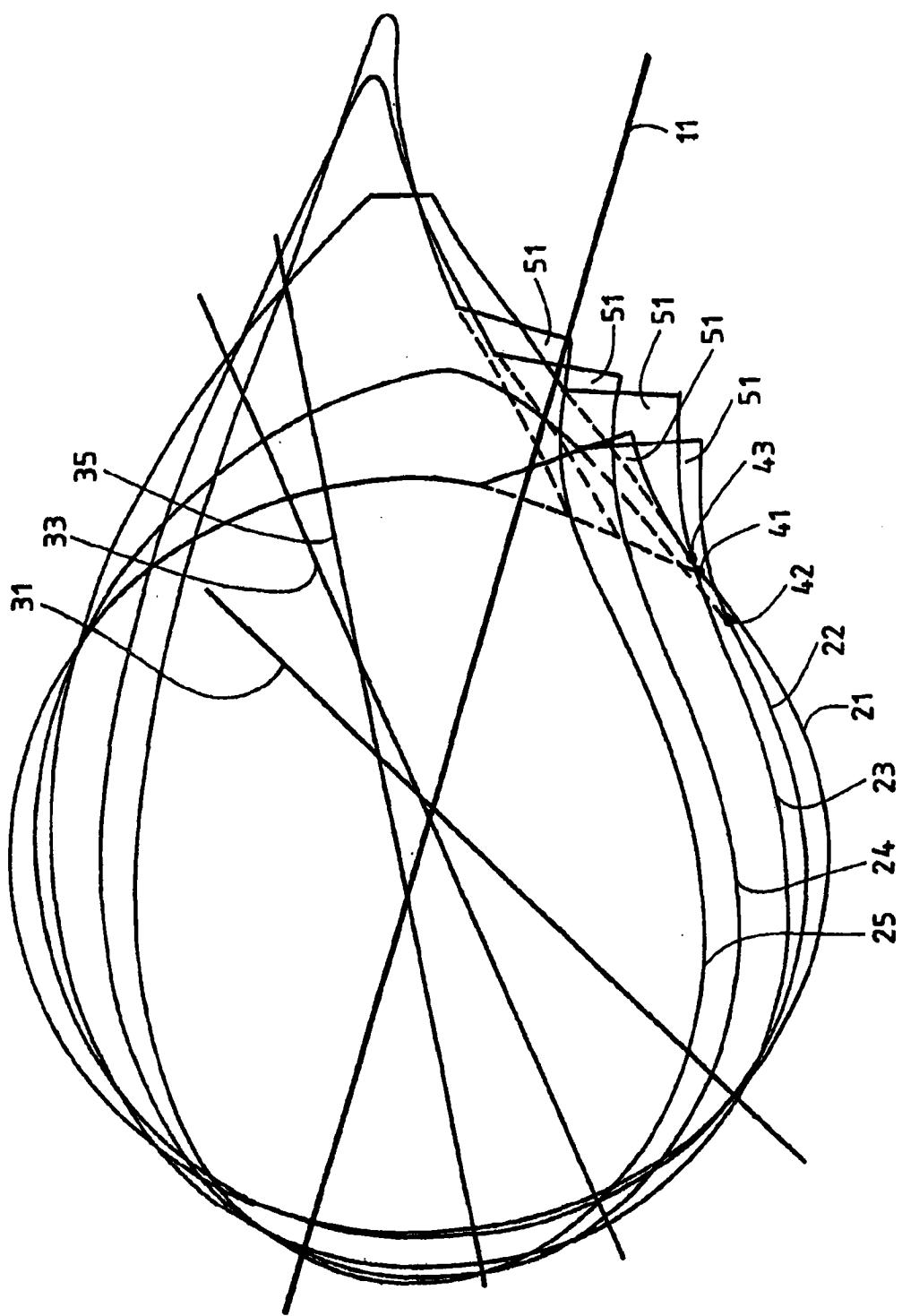


图 1

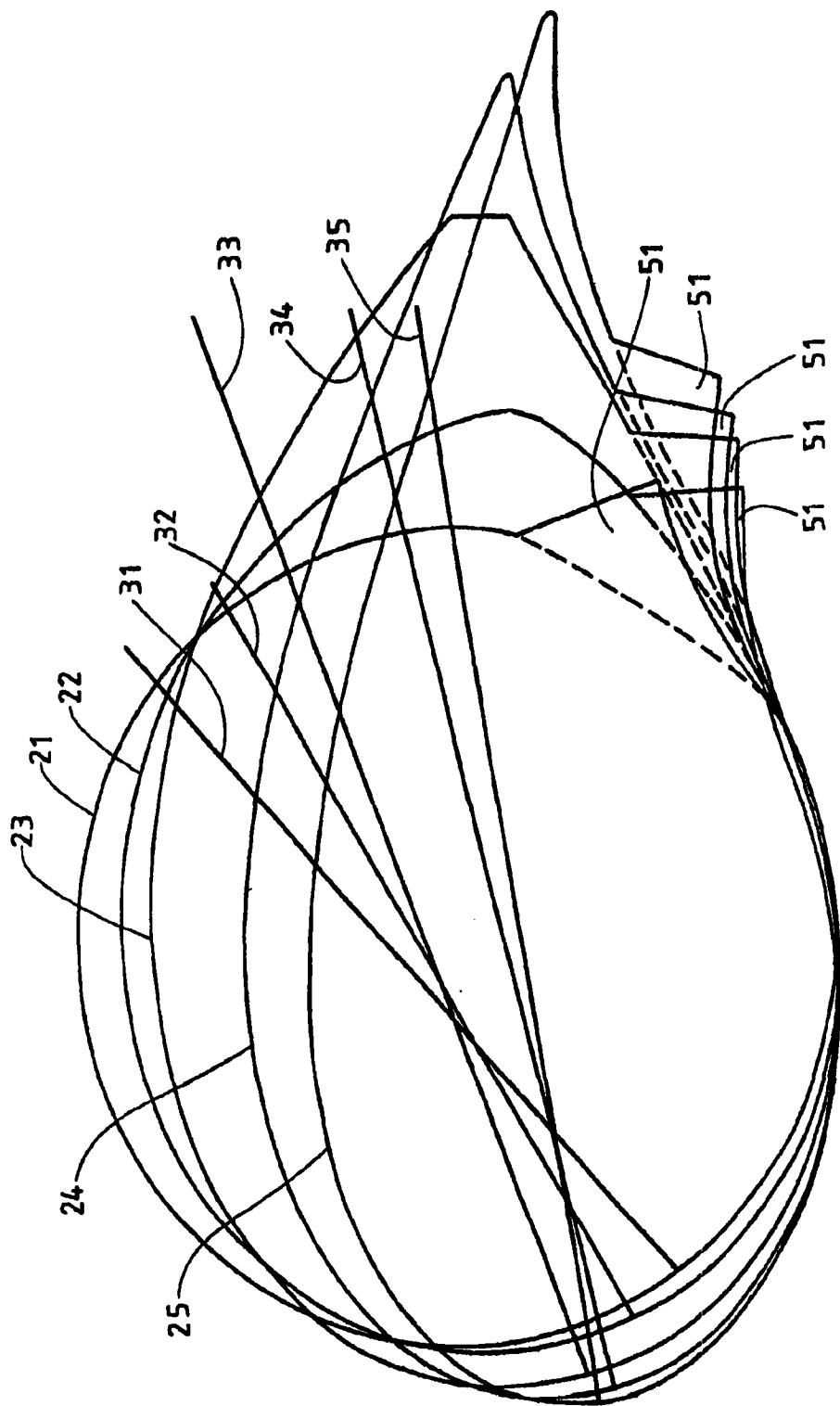


图 2

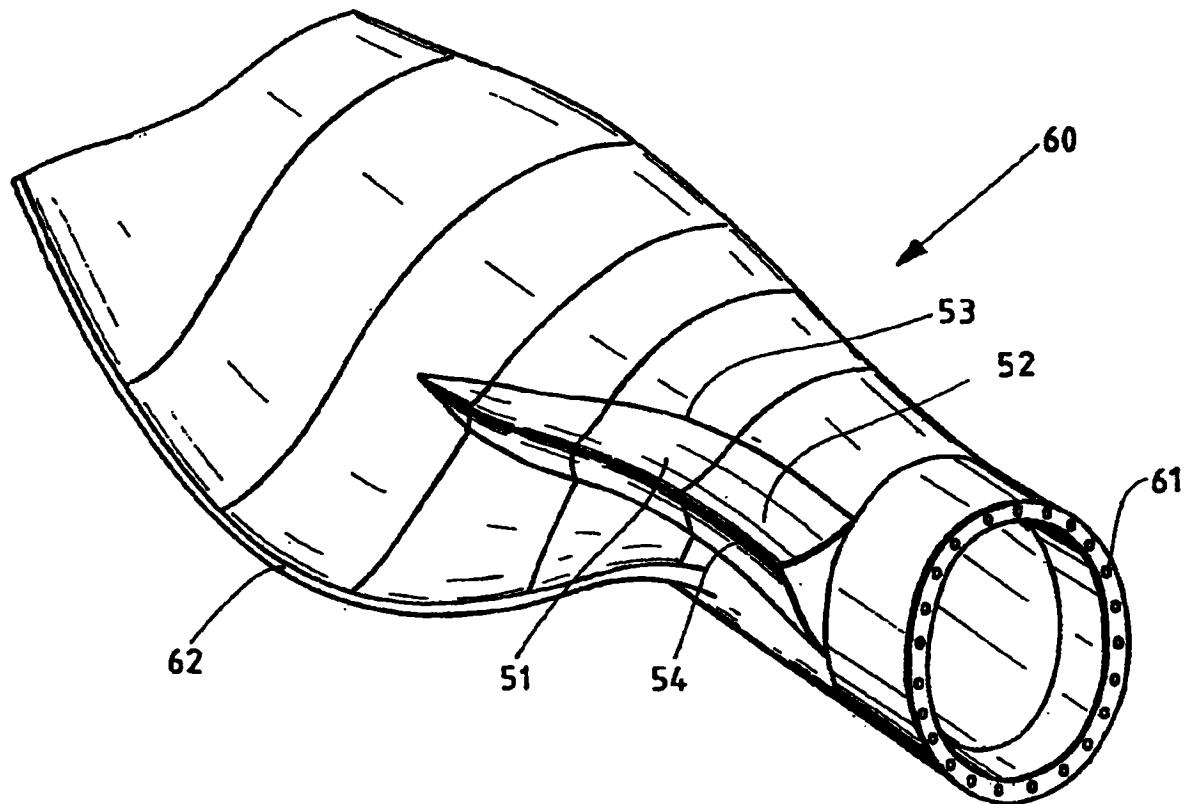


图 3

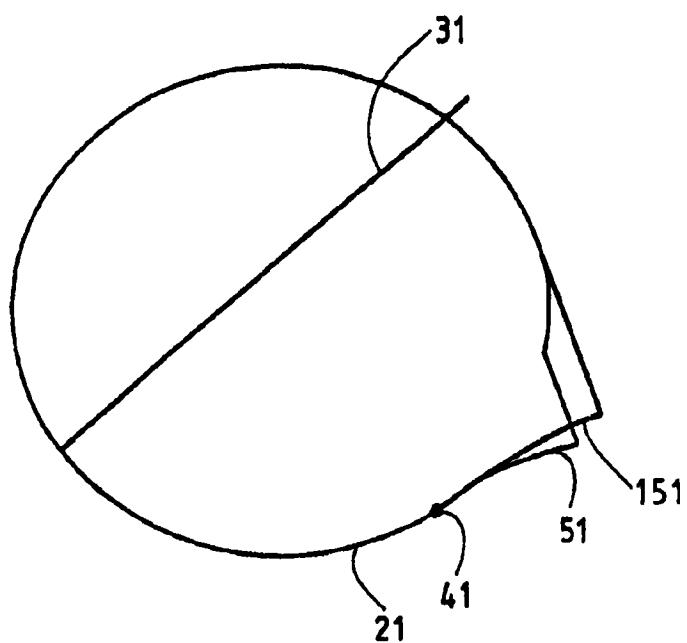


图 4a

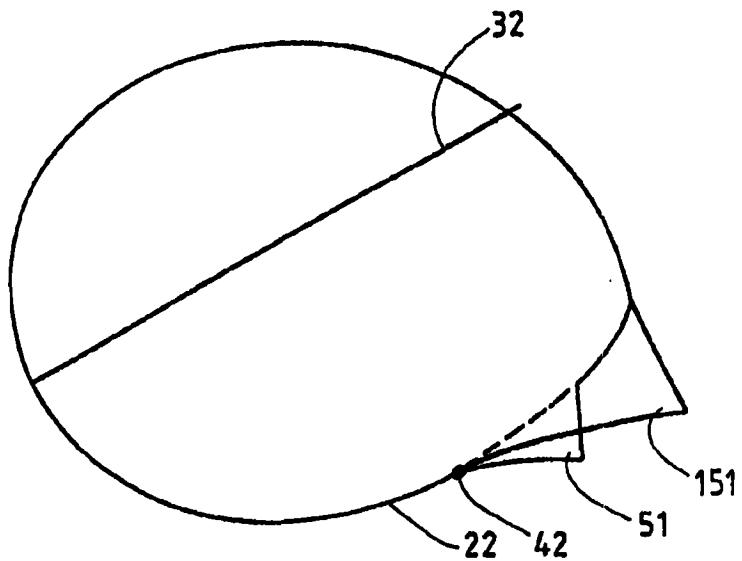


图 4b

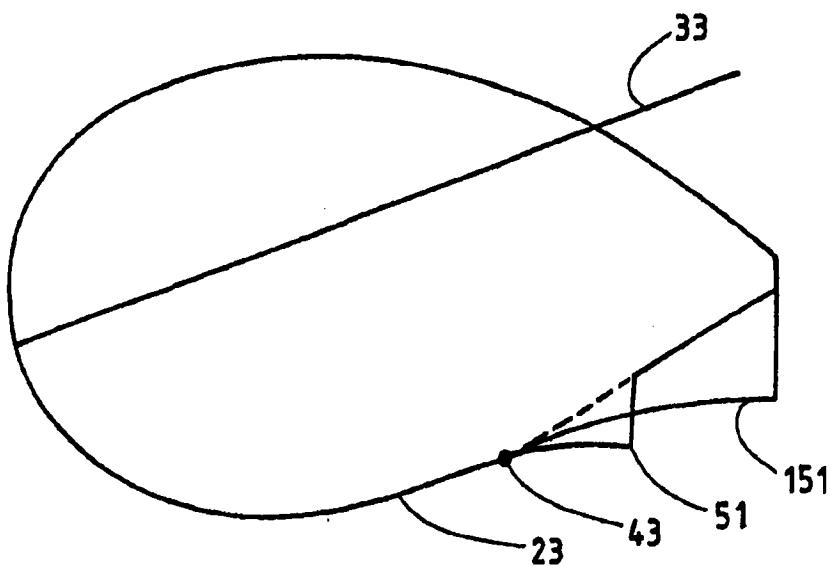


图 4c

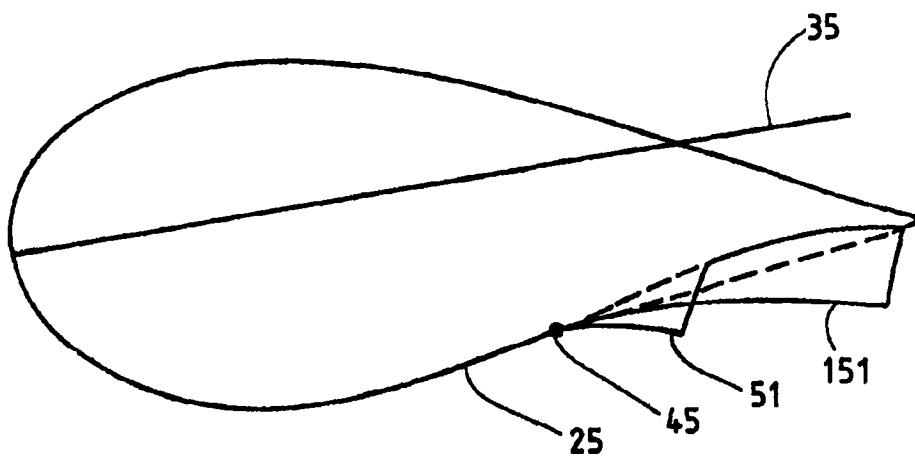


图 4d

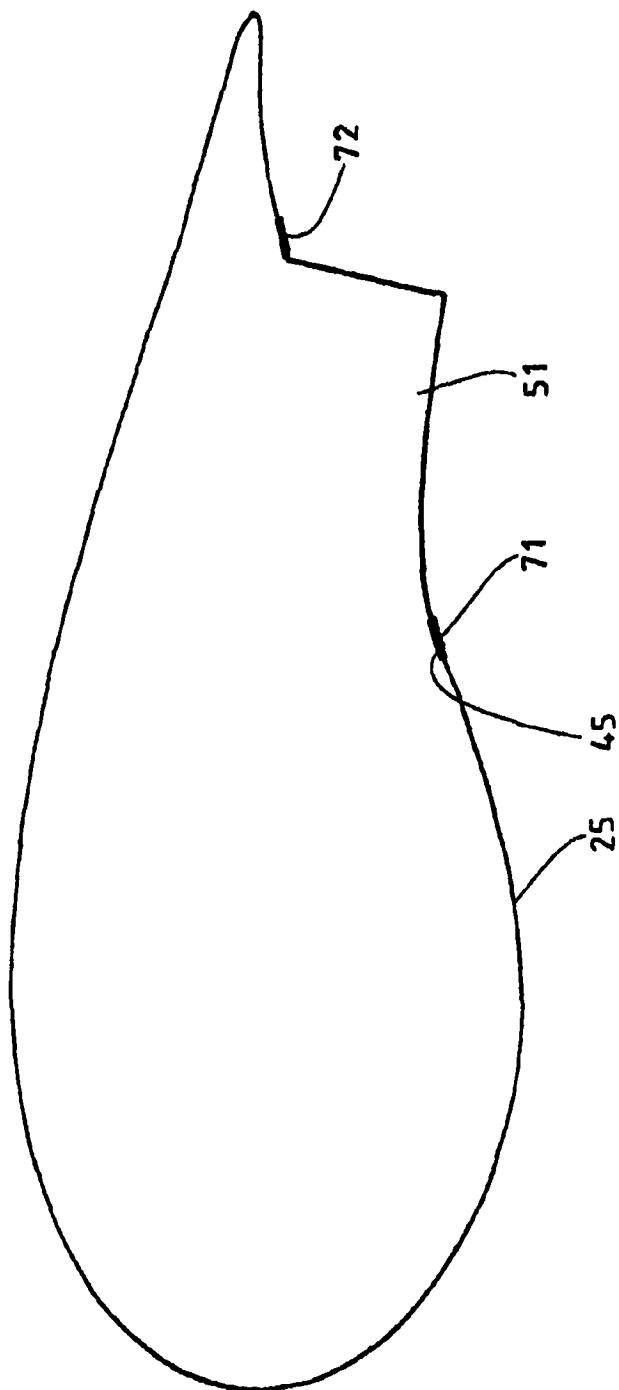


图 5