



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102414440 A

(43) 申请公布日 2012. 04. 11

(21) 申请号 201080018460. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 03. 04

F03D 1/06 (2006. 01)

(30) 优先权数据

PA200900300 2009. 03. 06 DK

61/158, 048 2009. 03. 06 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 10. 26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2010/052772 2010. 03. 04

(87) PCT申请的公布数据

W02010/100237 EN 2010. 09. 10

(71) 申请人 维斯塔斯风力系统有限公司

地址 丹麦兰德斯

(72) 发明人 约纳斯·罗姆布雷德

克里斯蒂安·巴斯施密特·戈斯克

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 党晓林 王小东

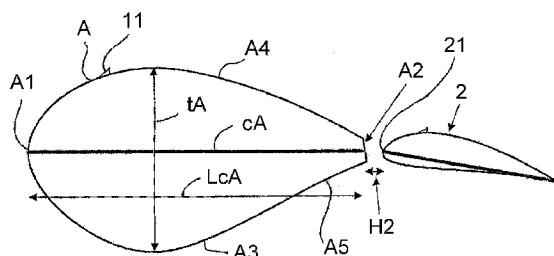
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 6 页

(54) 发明名称

功率输出增大的风轮机

(57) 摘要

本发明涉及一种风轮机，所述风轮机包括具有至少一个叶片的转子，其特征在于，襟翼(2)设置成至少部分地沿着叶片的阈值厚度区段(A)的至少一部分延伸，在所述阈值厚度区段中翼型厚度是至少36%，所述襟翼设置成使得在阈值厚度区段和襟翼之间设置有缝，襟翼弦长是阈值厚度区段弦长的至少15%。



1. 一种风轮机，所述风轮机包括具有至少一个叶片的转子，该风轮机的特征在于，襟翼(2)布置成至少部分地沿着所述叶片的阈值厚度区段(A)的至少一部分延伸，在所述阈值厚度区段中翼型厚度是至少36%，所述襟翼布置成使得在所述阈值厚度区段和所述襟翼之间设置有缝，襟翼弦长是阈值厚度区段弦长的至少15%。

2. 根据权利要求1所述的风轮机，其中，在所述阈值厚度区段的翼型厚度处于36%至45%之间的情况下，所述襟翼弦长不大于所述阈值厚度区段弦长的60%。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机，其中，在所述阈值厚度区段的翼型厚度处于45%至65%之间的情况下，所述襟翼弦长是所述阈值厚度区段弦长的20%至100%。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机，其中，在所述阈值厚度区段的翼型厚度处于65%至85%之间的情况下，所述襟翼弦长是所述阈值厚度区段弦长的25%至150%。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机，其中，所述襟翼的厚度相对于该襟翼的弦长在10%至25%之间。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机，其中，所述襟翼的翘曲在0%至25%之间。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机，其中，在所述阈值厚度区段的翼型厚度处于36%至45%之间的情况下，襟翼前缘位于阈值厚度区段弦线上或位于阈值厚度区段弦线的延长线上，或者所述襟翼前缘与所述阈值厚度区段弦线之间相距一距离，使得与所述阈值厚度区段弦线平行并且与所述襟翼前缘相交的假想线朝向所述阈值厚度区段的抽吸侧与所述阈值厚度区段弦线之间相距一距离，该距离不大于所述阈值厚度区段弦长的10%，优选不大于5%；或者使得所述假想线朝向所述阈值厚度区段的压力侧与所述阈值厚度区段弦线之间相距一距离，该距离不大于所述阈值厚度区段弦长的30%，优选不大于10%。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机，其中，在所述阈值厚度区段的翼型厚度处于45%至85%之间的情况下，襟翼前缘位于阈值厚度区段弦线上或位于阈值厚度区段弦线的延长线上，或者所述襟翼前缘与所述阈值厚度区段弦线之间相距一距离，使得与所述阈值厚度区段弦线平行并且与所述襟翼前缘相交的假想线朝向所述阈值厚度区段的抽吸侧与所述阈值厚度区段弦线之间相距一距离，该距离不大于阈值厚度区段弦长的10%，优选不大于5%；或者使得所述假想线朝向所述阈值厚度区段的压力侧与所述阈值厚度区段弦线之间相距一距离，该距离不大于所述阈值厚度区段弦长的50%，优选不大于10%。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机，其中，在所述阈值厚度区段的翼型厚度处于36%至45%之间的情况下，襟翼前缘位于下述假想线上，该假想线垂直于阈值厚度区段弦线并且与所述阈值厚度区段弦线和阈值厚度区段后缘之间的交点相交；或者所述襟翼前缘与该假想线之间相距一距离，该距离不大于阈值厚度区段弦长的20%，优选不大于10%。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机，其中，在所述阈值厚度区段的翼型厚度处于45%至85%之间的情况下，襟翼前缘位于下述假想线上，该假想线垂直于阈值厚度区段弦线并且与所述阈值厚度区段弦线和阈值厚度区段后缘之间的交点相交；或者所述襟翼前缘与该假想线之间相距一距离，该距离不大于阈值厚度区段弦长的30%，优选不大于10%。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机,其中,在所述阈值厚度区段的翼型厚度处于 36% 至 45% 之间的情况下,襟翼弦线平行于阈值厚度区段弦线,所述襟翼朝向所述阈值厚度区段的压力侧成角度,使得所述襟翼弦线和所述阈值厚度区段弦线之间的角度不大于 45 度,优选不大于 25 度;或者所述襟翼朝向所述阈值厚度区段的抽吸侧成角度,使得所述襟翼弦线和所述阈值厚度区段弦线之间的角度不大于 30 度,优选不大于 10 度。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机,其中,在所述阈值厚度区段的翼型厚度处于 45% 至 85% 之间的情况下,襟翼弦线平行于阈值厚度区段弦线,所述襟翼朝向所述阈值厚度区段的压力侧成角度,使得所述襟翼弦线和所述阈值厚度区段弦线之间的角度不大于 45 度,优选不大于 25 度;或者所述襟翼朝向所述阈值厚度区段的抽吸侧成角度,使得所述襟翼弦线与所述阈值厚度区段弦线之间的角度不大于 20 度,优选不大于 10 度。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的风轮机,其中,在所述襟翼的抽吸侧上设置有涡流产生装置。

14. 根据权利要求 13 所述的风轮机,其中,所述涡流产生装置的与所述襟翼的抽吸侧表面正交的延伸尺寸 (H) 在襟翼弦长的 0.25% 至 1% 之间。

15. 根据权利要求 13 或 14 所述的风轮机,其中,所述涡流产生装置定位成与襟翼前缘之间相距一距离,该距离对应于襟翼弦长的 20% 至 40%。

16. 一种风轮机,所述风轮机包括具有至少一个叶片的转子,该风轮机的特征在于,在襟翼的抽吸侧上设置有涡流产生装置,所述襟翼被设置成至少部分地在所述叶片的至少一部分的下游延伸,所述襟翼布置成使得在阈值厚度区段和所述襟翼之间设置有缝。

17. 根据权利要求 16 所述的风轮机,其中,所述涡流产生装置的与所述襟翼的抽吸侧表面正交的延伸尺寸 (H) 在襟翼弦长的 0.25% 至 1% 之间。

18. 根据权利要求 16 或 17 所述的风轮机,其中,所述涡流产生装置定位成与襟翼前缘之间相距一距离,该距离对应于襟翼弦长的 20% 至 40%。

## 功率输出增大的风轮机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种风轮机，所述风轮机包括具有至少一个叶片的转子。

### 背景技术

[0002] 对于给定的风速，通常期望的是风轮机转子产生尽可能多的能量。然而，风轮机转子叶片的内部分必须满足与结构、制造和运输相关的要求，这些要求与对最佳升力的要求相左。对结构的要求导致翼型区段朝向叶片的根部区段逐渐变厚。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于增大风轮机的功率输出。

[0004] 该目的是通过最初由上文所提及类型的风轮机来实现的，其中，襟翼被设置成至少部分地沿着叶片的阈值厚度区段的至少一部分延伸，在所述阈值厚度区段中翼型厚度是至少 36%，所述襟翼布置成使得在阈值厚度区段和襟翼之间设置有缝，襟翼弦长是阈值厚度区段弦长的至少 15%。

[0005] 这种阈值厚度区段通常被设置在叶片的内部分中，其中翼型厚度越接近叶片末端的区段处越大。襟翼可以被设置成至少部分地沿着阈值厚度区段后缘的至少一部分延伸，所述襟翼被布置成使得在后缘与襟翼之间设置有缝。如在叶片的侧向截面中看出的，襟翼可设置成完全位于阈值厚度区段的下游，或者与阈值厚度区段部分或完全重叠。

[0006] 位于主翼部分的后缘处的襟翼被布置成使得在主翼部分和襟翼之间设置有缝，这样的襟翼通常被称为带缝襟翼。带缝襟翼在飞行器应用中是公知的，并且也已被建议用于风轮机叶片，如在专利文献 WO92/01865、DE2908761 或 DE4132453 中。带缝襟翼的这种常规使用利用了下述优势，缝提供从机翼或叶片的压力侧至抽吸侧的空气流，藉此防止抽吸侧上的气流分离，从而增加最大升力系数。

[0007] 在此，翼型厚度被限定为绝对厚度与翼型弦长之比。发明人发现，对于厚度为 36% 的翼型以及更厚的翼型而言，在低迎角，尤其在大约零度的迎角时，将在翼型的压力侧上出现气流分离。此外，发明人发现，以下这种襟翼能防止翼型的压力侧上的上述气流分离，这种襟翼被布置在翼型的下游或被部分地布置在翼型的下游，并且在翼型和襟翼之间具有缝，其中襟翼弦长是阈值厚度区段弦长的至少 15%。因此，叶片的升力将显著增加（襟翼弦长和阈值厚度区段弦长与其在与叶片的纵向方向垂直的公共截面内的相应弦长有关）。

[0008] 襟翼可以被结合到叶片的最初设计中或者被添加到现有叶片中，以增加最大升力。除了防止压力侧上的气流分离的襟翼以外，缝还允许来自于压力侧的空气向上流动通过该缝，并使该区段的抽吸侧上的分离延迟。延迟的分离允许实现更高的最大升力。在将襟翼添加到现有叶片的情形中，还存在面积 / 弦长的增加，这有助于增加升力。通过提供根据本发明的襟翼，叶片根部可以被设计成更好地满足结构、制造和运输的要求。例如，相比于传统的根部，可实现较低扭转、较小的弦长以及更大的厚度 / 弦长比而不会损害升力性能。

[0009] 优选地，在阈值厚度区段的翼型厚度处于 36% 至 45% 之间的情况下，襟翼弦长不

大于阈值厚度区段弦长的 60%。优选地,在阈值厚度区段的翼型厚度处于 45% 和 65% 之间的情况下,襟翼弦长是阈值厚度区段弦长的 20% 至 100%。优选地,在阈值厚度区段的翼型厚度处于 65% 至 85% 之间的情况下,襟翼弦长是阈值厚度区段弦长的 25% 至 150%。

[0010] 优选地,襟翼厚度相对于襟翼弦长处于 10% 至 25% 之间。优选地,襟翼的翘曲(camber) 在 0% 至 25% 之间。

[0011] 优选地,在阈值厚度区段的翼型厚度处于 36% 至 45% 之间的情况下,襟翼前缘位于阈值厚度区段弦线上或位于阈值厚度区段弦线的延长线上,或者所述襟翼前缘与阈值厚度区段弦线之间相距一距离,使得与阈值厚度区段弦线平行并且与襟翼前缘相交的假想线朝向阈值厚度区段的抽吸侧与阈值厚度区段弦线之间相距一距离,该距离不大于阈值厚度区段弦长的 10%,优选不大于 5%;或者使得所述假想线朝向阈值厚度区段的压力侧与阈值厚度区段弦线之间相距一距离,该距离不大于阈值厚度区段弦长的 30%,优选不大于 10%。

[0012] 优选地,在阈值厚度区段的翼型厚度处于 45% 至 85% 之间的情况下,襟翼前缘位于阈值厚度区段弦线上或位于阈值厚度区段弦线的延长线上,或者所述襟翼前缘与阈值厚度区段弦线之间相距一距离,使得与阈值厚度区段弦线平行并且与襟翼前缘相交的假想线朝向阈值厚度区段的抽吸侧与阈值厚度区段弦线之间相距一距离,该距离不大于阈值厚度区段弦长的 10%,优选不大于 5%;或者使得所述假想线朝向阈值厚度区段的压力侧与阈值厚度区段弦线之间相距一距离,该距离不大于阈值厚度区段弦长的 50%,优选不大于 10%。

[0013] 优选地,在阈值厚度区段的翼型厚度处于 36% 至 45% 之间的情况下,襟翼前缘位于一假想线上,该假想线垂直于阈值厚度区段弦线并且与阈值厚度区段弦线和阈值厚度区段后缘之间的交点相交;或者所述襟翼前缘与所述假想线之间相距一距离,该距离不大于阈值厚度区段弦长的 20%,优选不大于 10%。应当注意的是,在一些实施方式中,例如,如果襟翼前缘与阈值厚度区段的压力侧位于阈值厚度区段弦线的相同侧,那么襟翼前缘和阈值厚度区段前缘之间的距离可比阈值厚度区段的前缘和后缘之间的距离短。

[0014] 优选地,在阈值厚度区段的翼型厚度处于 45% 至 85% 之间的情况下,襟翼前缘位于一假想线上,该假想线垂直于阈值厚度区段弦线并且与阈值厚度区段弦线和阈值厚度区段后缘之间的交点相交;或者所述襟翼前缘与所述假想线之间相距一距离,该距离不大于阈值厚度区段弦长的 30%,优选不大于 10%。

[0015] 优选地,在阈值厚度区段的翼型厚度处于 36% 至 45% 之间的情况下,襟翼弦线平行于阈值厚度区段弦线,所述襟翼朝向阈值厚度区段的压力侧成角度,使得襟翼弦线和阈值厚度区段弦线之间的角度不大于 45 度,优选不大于 25 度;或者所述襟翼朝向阈值厚度区段的抽吸侧成角度,使得襟翼弦线和阈值厚度区段弦线之间的角度不大于 30 度,优选不大于 10 度。

[0016] 优选地,在阈值厚度区段的翼型厚度处于 45% 至 85% 之间的情况下,襟翼弦线平行于阈值厚度区段弦线,所述襟翼朝向阈值厚度区段的压力侧成角度,使得襟翼弦线和阈值厚度区段弦线之间的角度不大于 45 度,优选不大于 25 度;或者所述襟翼朝向阈值厚度区段的抽吸侧成角度,使得襟翼弦线与阈值厚度区段弦线之间的角度不大于 20 度,优选不大于 10 度。

[0017] 优选地，在襟翼的抽吸侧上设置有涡流产生装置，所述涡流产生装置可为多个涡流发生器的形式。优选地，涡流产生装置的与襟翼的抽吸侧表面正交的延伸尺寸在襟翼弦长的 0.25% 与 1% 之间。优选地，涡流产生装置定位成与襟翼前缘之间相距一距离，该距离对应于襟翼弦长的 20% 至 40%。这将改善襟翼处的气流附着，从而将进一步改善叶片的升力。

[0018] 优选地，襟翼沿着阈值厚度区段的至少 50% 延伸。

[0019] 优选地，阈值厚度区段存在翘曲，该翘曲在阈值厚度区段弦长的 0% 至 20% 之间。

[0020] 优选地，在阈值厚度区段的翼型厚度处于 36% 至 45% 之间的情况下，阈值厚度区段的后缘厚度不大于阈值厚度区段弦长的 15%；在阈值厚度区段的翼型厚度处于 45% 至 65% 之间的情况下，阈值厚度区段的后缘厚度不大于阈值厚度区段弦长的 30%；并且在阈值厚度区段的翼型厚度处于 65% 至 85% 之间的情况下，阈值厚度区段的后缘厚度不大于阈值厚度区段弦长的 45%。

[0021] 阈值厚度区段可以任选地在阈值厚度区段的抽吸侧上设置有涡流产生装置，所述涡流产生装置可以是多个涡流发生器的形式。在阈值厚度区段的翼型厚度处于 36% 至 65% 之间的情况下，涡流产生装置的与阈值厚度区段的抽吸侧表面正交的延伸尺寸处于阈值厚度区段弦长的 0.5% 至 2% 之间，并且在阈值厚度区段的翼型厚度处于 65% 至 85% 之间的情况下，所述延伸尺寸处于阈值厚度区段弦长的 1% 至 3% 之间。在阈值厚度区段的翼型厚度处于 36% 至 65% 之间的情况下，涡流产生装置可以定位成与阈值厚度区段前缘之间相距一距离，该距离对应于阈值厚度区段弦长的 10% 至 20%。在阈值厚度区段的翼型厚度处于 65% 至 85% 之间的情况下，涡流产生装置可以定位成与阈值厚度区段前缘之间相距一距离，该距离对应于阈值厚度区段弦长的 5% 至 15%。

[0022] 本发明的其他实施方式包括布置成可从叶片拆下以便于运输的襟翼。

[0023] 上述目的还可通过这样一种风轮机来实现，这种风轮机包括具有至少一个叶片的转子，其特征在于，在襟翼的抽吸侧上设置有涡流产生装置，所述襟翼被设置成至少部分地在叶片的至少一部分的下游延伸，所述襟翼被布置成使得在阈值厚度区段和襟翼之间设置有缝。

## 附图说明

[0024] 在下文将参照附图来描述本发明的实施方式，在附图中：

[0025] 图 1 是根据本发明一个实施方式的具有襟翼的风轮机叶片的示意性平面图；

[0026] 图 2 是按如图 1 中的线 II-II 所示方向取向的示意性剖视图；

[0027] 图 3 示出了图 2 的细节；

[0028] 图 4 示出了在本发明的另选实施方式中与图 4 中的视图相类似的视图；

[0029] 图 5 至图 7 示出了被设置在图 1 至图 4 中的叶片或襟翼上的涡流发生器的相应视图；以及

[0030] 图 8 至图 15 示出了具有带缝襟翼和不具有带缝襟翼的主翼型的 CFD 仿真结果。

## 具体实施方式

[0031] 图 1 是风轮机叶片 1 的示意性平面图。叶片的翼型朝向根部加厚，并且在双向箭

头 A 所示的区段内, 翼型厚度是 36% 以上, 并且该区段在本文被称为阈值厚度区段。襟翼 2 被设置成在叶片 1 的下游延伸并且通过图 1 中示意性示出的合适装置 3 固定到叶片。襟翼 2 的一部分在阈值厚度区段 A 的一部分的下游延伸。襟翼 2 的另一部分在叶片 1 相比于阈值厚度区段 A 更远离叶片根部的区段的下游延伸。襟翼被设置成使得在叶片 1 和襟翼 2 之间设置有缝。

[0032] 参照图 2, 阈值厚度区段 A 的弦线 cA 从其前缘 A1 延伸到其后缘 A2 的中间, 所述弦线在该实施例中在截面中形成笔直的线条。阈值厚度区段的厚度被定义为绝对厚度 tA 除以阈值厚度区段弦线的长度 LcA, 所述阈值厚度区段弦线的长度在本文也被简称为阈值厚度区段弦长。阈值厚度区段提供压力侧 A3 和抽吸侧 A4。

[0033] 襟翼 2 相对于阈值厚度区段 A 定位, 使得襟翼前缘 21 位于阈值厚度区段弦线 cA 的延长线上, 并且位于阈值厚度区段后缘的下游, 即与下述假想线之间具有距离 H2, 所述假想线垂直于阈值厚度区段弦线 cA 并且与阈值厚度区段弦线 cA 和阈值厚度区段后缘 A2 之间的交点相交。

[0034] 图 3 用双向箭头 t2 示出了襟翼 2 的绝对厚度, 并用双向箭头 Lc2 示出了襟翼弦长, 即襟翼弦线 c2 从襟翼前缘 21 延伸到襟翼后缘 22 的长度。襟翼厚度被定义为绝对厚度 t2 除以襟翼弦长 Lc2。

[0035] 襟翼朝向阈值厚度区段 A 的压力侧 A3 成角度, 使得在襟翼弦线 c2 和阈值厚度区段弦线 cA 之间形成角度 aA2。

[0036] 如从图 2 可看出的, 阈值厚度区段 A 提供压力侧 A3 的从后缘 A2 延伸的凹形弯曲部 A5。通常而言, 优选地, 这种凹形弯曲部 A5 从后缘 A2 延伸, 并且其延伸率是阈值厚度区段弦长 LcA 的 5% 至 15%, 优选是大约 10%。

[0037] 图 4 示出了另选实施方式, 其与图 2 和图 3 中所示实施方式的不同之处在于, 襟翼前缘 21 定位成与阈值厚度区段弦线 cA 之间具有一距离, 使得与阈值厚度区段弦线 cA 平行并且与襟翼前缘 21 相交的假想线朝向阈值厚度区段 A 的压力侧 A3 与阈值厚度区段弦线 cA 相距距离 V2。

[0038] 如可从图 1 至图 4 看到的, 呈涡流发生器形式的涡流产生装置 11、12 被设置在叶片 1 以及襟翼 2 上。涡流发生器沿翼展方向分布。每个涡流发生器 11、12 可如图 5 至图 7 所示地设置, 这在以引用的方式结合到本文的国际申请 PCT/DK2005/000324 中进行了描述。图 5 示出了从逆风位置看的涡流发生器, 图 6 以侧视图示出了涡流发生器, 而图 7 以俯视图示出了涡流发生器, 气流方向用箭头表示。在图 6 中, 用双向箭头 H 表示襟翼涡流发生器 12 的与襟翼抽吸侧表面正交的延伸尺寸。

[0039] 图 8 和图 9 示出了本发明的重要优点。图 8 和图 9 示出了在具有或不具有带缝襟翼并且其中襟翼的弦长为主翼型弦长的 25% 的情况下迎角为零度的主翼的 CFD(计算流体力学)仿真结果。主翼型具有 36% 的厚度, 并且发明人发现气流分离出现在翼型的压力侧上, 如可从图 8 看出的。这种分离不会出现在处于该迎角的较薄翼型处。发明人还发现带缝能够移除或减少该压力侧分离, 如可从图 9 看出的。这可从升力系数 (c1) 的剧烈差异反映出来, 也就是说, 升力系数在图 8 的仿真中是 0.2, 而在图 9 的仿真中是 1.2。

[0040] 图 10 和图 11 示出了在具有和不具有带缝襟翼其中襟翼弦长是主翼型弦长的 67% 的情况下迎角为零度的主翼型的 CFD 仿真结果。图 11 中的襟翼相对于主翼型弦线向下成

10 度的角度，并且还定位在主翼型弦线的下方。主翼型具有 62% 的厚度，并且在不存在襟翼的情况下可在压力侧观测到明显的气流分离。如可从图 11 看到的，在存在襟翼的情况下可完全避免这种分离。这可从主翼型独自的升力系数从图 10 中的 0.35 急剧增加至图 11 中的 1.1 反映出来。

[0041] 图 12 至图 15 示出了迎角为 10 度时图 10 和图 11 中主翼型的 CFD 仿真结果。在图 13 至图 15 中，襟翼相对于主翼型弦线向下成 10 度的角度。在图 13 中，襟翼的前缘位于主翼型弦线的延长线上，而在图 14 和图 15 中，襟翼位于主翼型弦线下方相应距离处，图 15 中的所述距离大于图 14 中的所述距离。如可以看出的，在存在襟翼的情况下避免了主翼型压力侧的气流分离。在图 12 中的仿真中，升力系数是 -0.2，而在图 13、图 14 和图 15 中，主翼型独自的升力系数分别是 1.0、1.1 和 0.9。

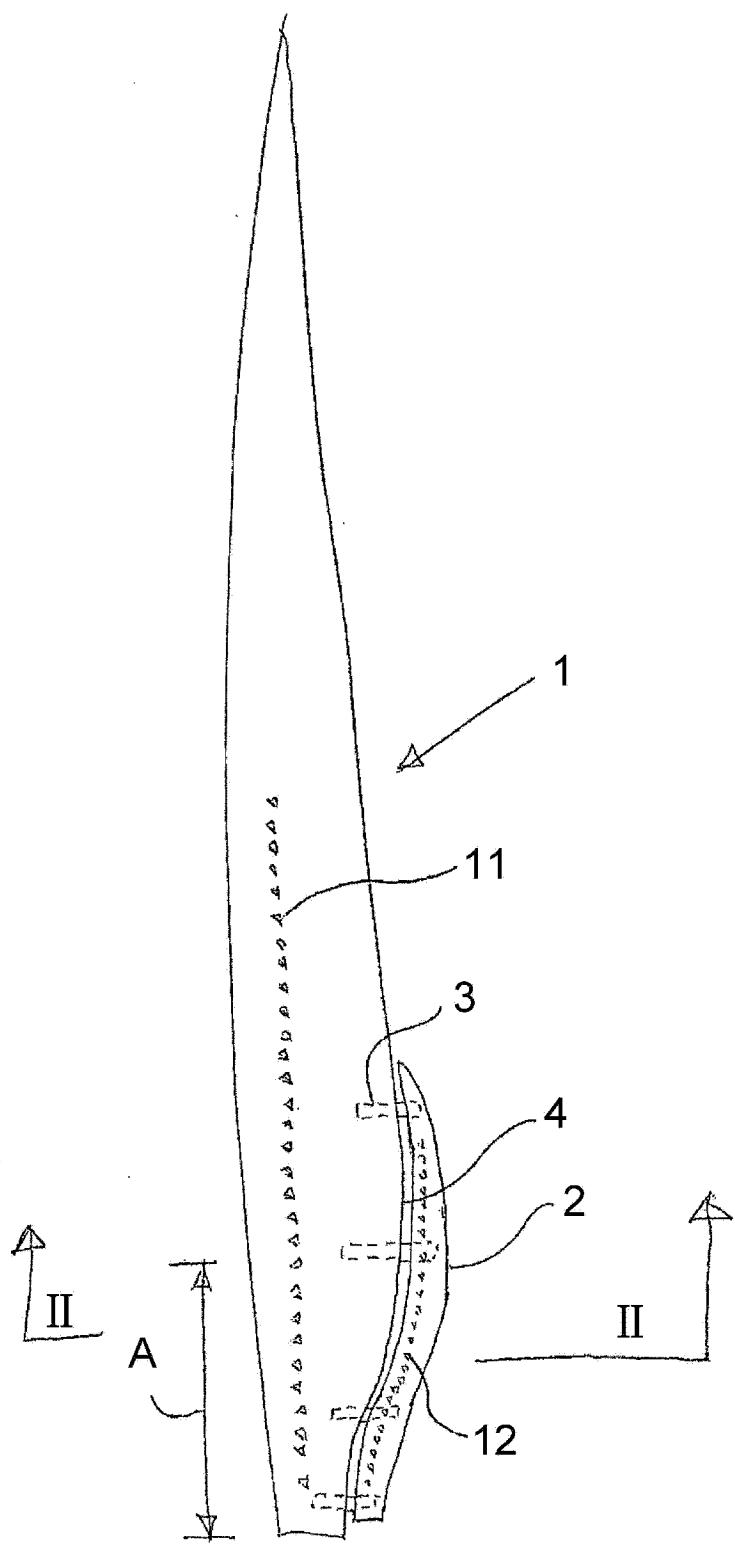


图 1

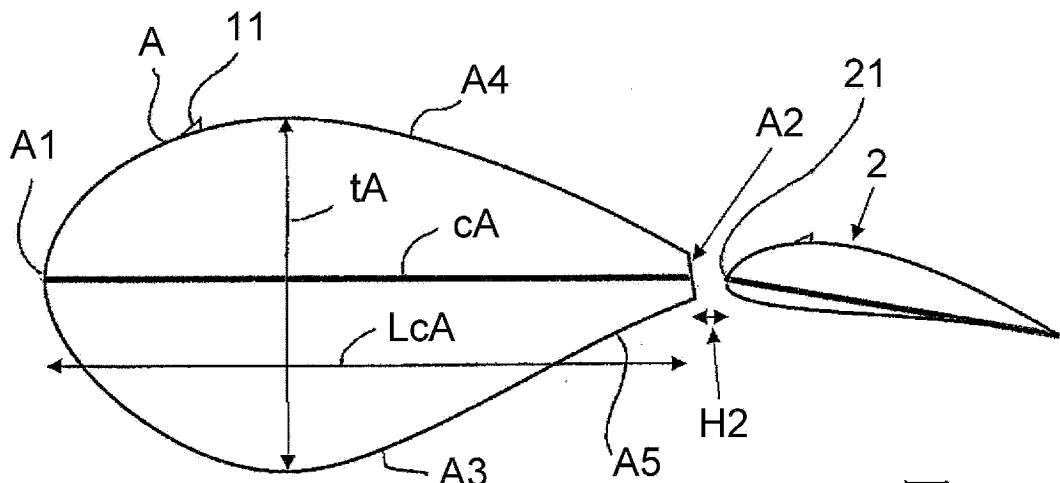


图2

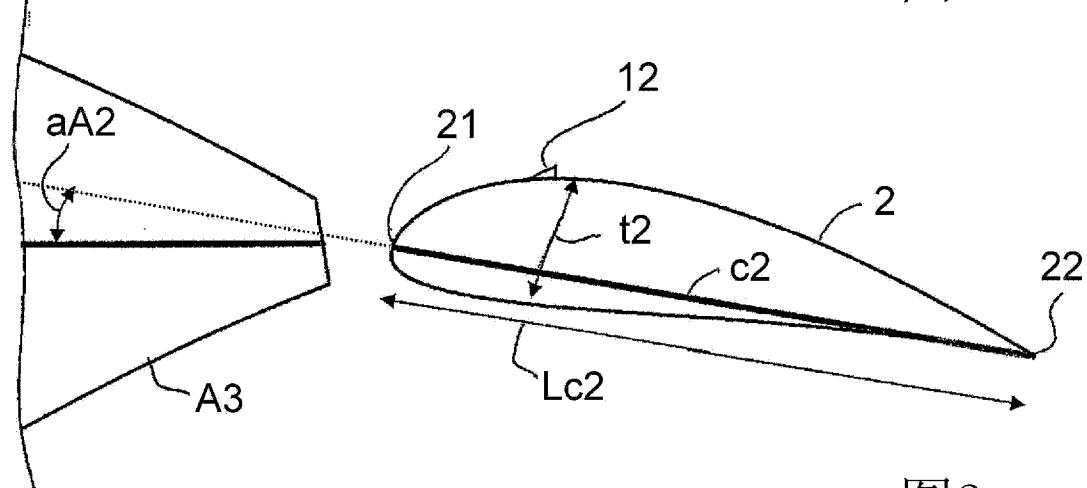


图3

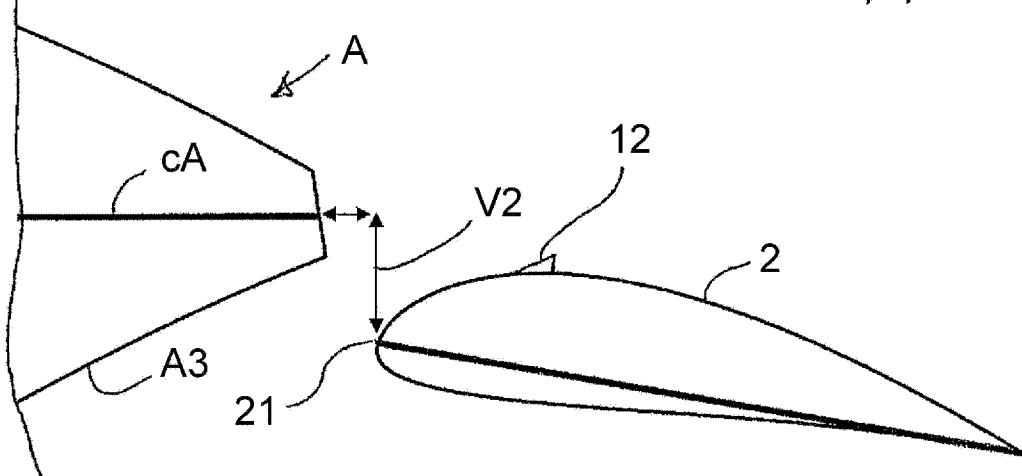


图4

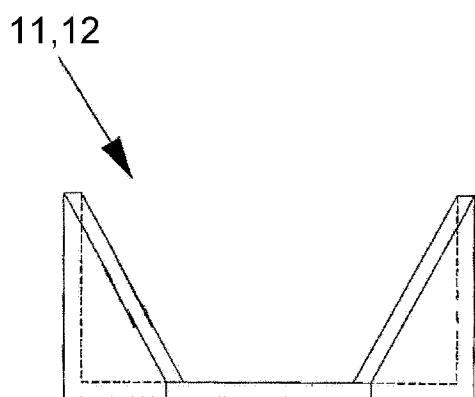


图 5

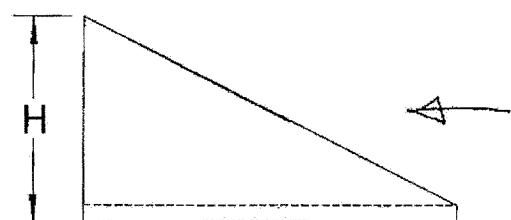


图 6

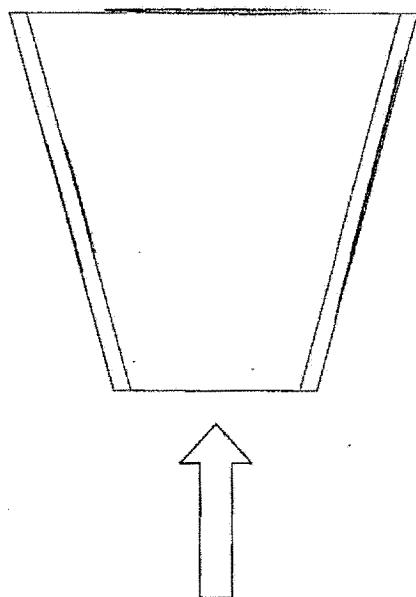


图 7

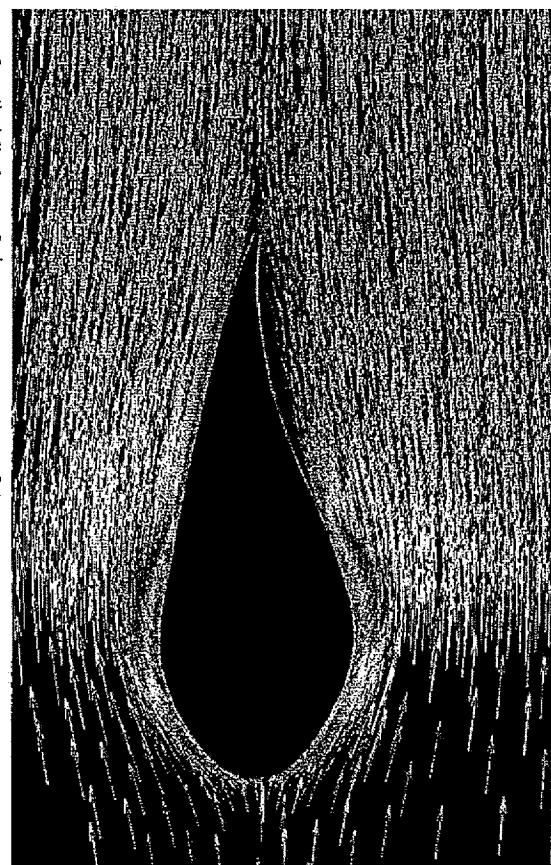


图 8

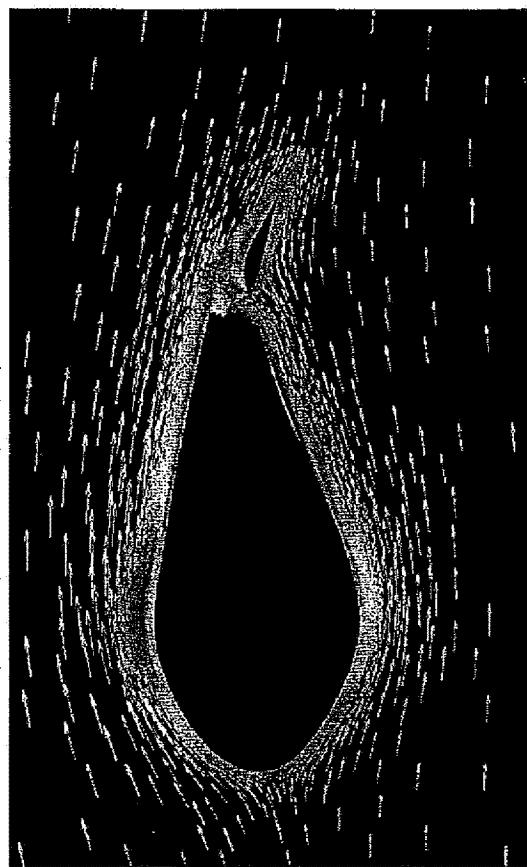


图 9

图 10

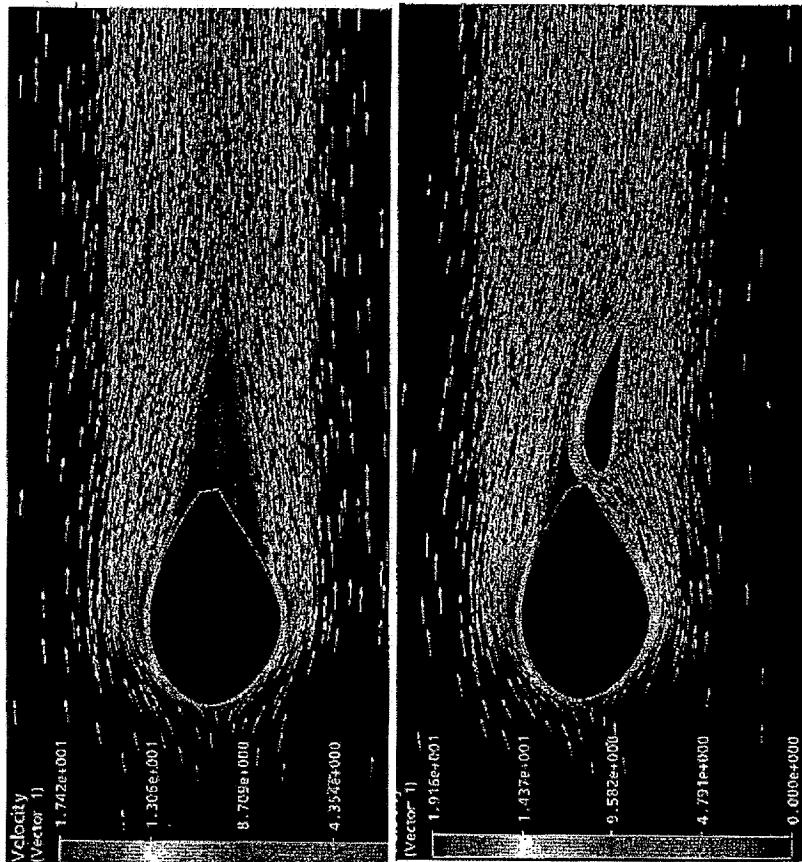


图 11

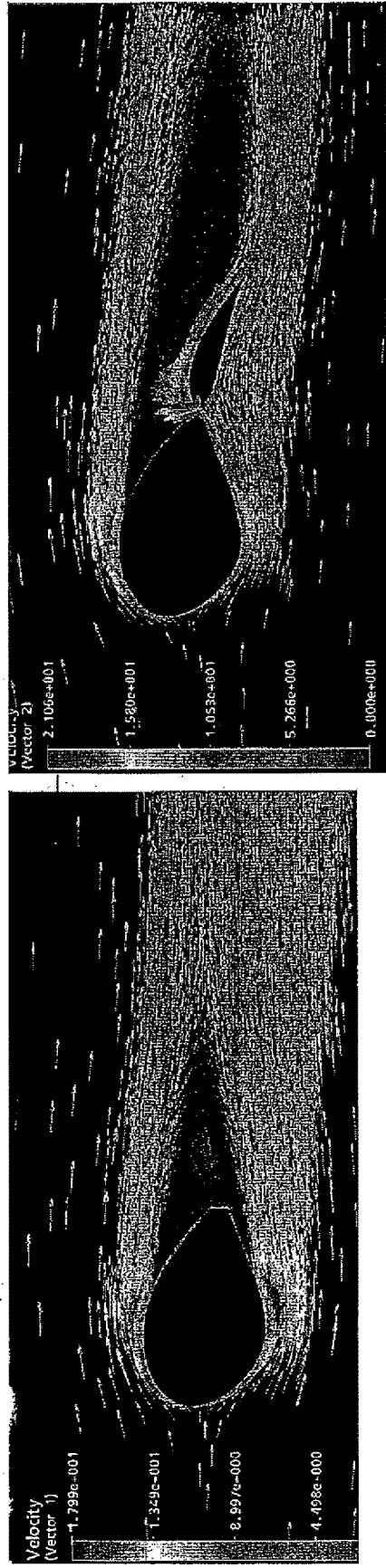


图12

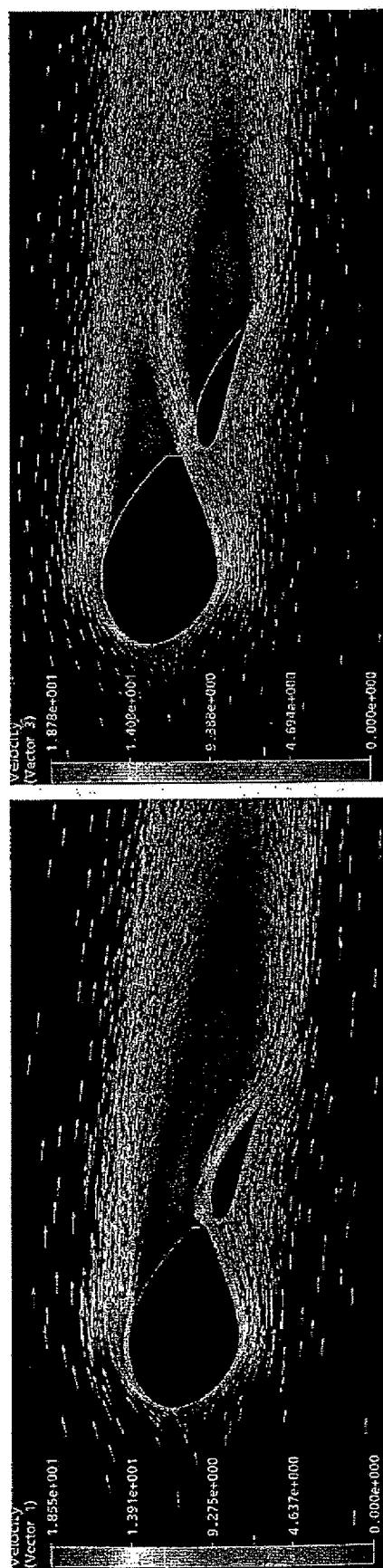


图13

图15