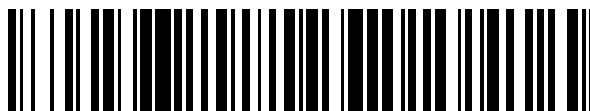


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 414 459**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2007 E 07723681 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2013 EP 2004990**

54 Título: **Pala de rotor de una planta de energía eólica**

30 Prioridad:

13.04.2006 DE 102006017897

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

19.07.2013

73 Titular/es:

**REPOWER SYSTEMS SE (100.0%)
Überseering 10 (Oval Office)
22297 Hamburg , DT**

72 Inventor/es:

**PETSCHKE, MARC y
BENDEL, URS**

74 Agente/Representante:

BOTELLA REYNA, Antonio

ES 2 414 459 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Pala de rotor de una planta de energía eólica.

- 5 La invención se refiere a una pala de rotor de una planta de energía eólica con un lado superior (lado de succión) y un lado inferior (lado de presión), en la que, configurados a lo largo de un eje longitudinal entre una raíz de pala de rotor y una punta de pala de rotor, hay perfiles con un borde delantero y un borde trasero en la sección transversal, para cada perfil está predeterminada respectivamente una dirección de incidencia de diseño y los perfiles están configurados con un espesor relativo inferior a 30% en la zona exterior dirigida hacia la punta de pala de rotor. La invención se refiere además a una planta de energía eólica, así como al uso de un dispositivo adicional. La invención se refiere también a un procedimiento para la fabricación de una pala de rotor de una planta de energía eólica.

- 10 El grado de eficiencia de las palas de rotor de una planta de energía eólica se determina mediante el ángulo de incidencia, o sea, el ángulo entre la cuerda de pala de rotor y la dirección de incidencia del aire. En las plantas de energía eólica, el ángulo de incidencia depende en particular de la velocidad de la pala de rotor y, por tanto, de la velocidad de giro del rotor y la velocidad del viento.

- A fin de poder desplegar plenamente la fuerza ascensional en caso de una sustentación aerodinámica, la corriente de aire ha de estar en contacto lo más posible con el perfil de la pala de rotor. A este respecto, la pala de rotor debería estar sometida siempre a una corriente con un ángulo favorable. El valor y el ángulo de la velocidad de incidencia varían aquí en función de la velocidad del viento y de la velocidad periférica en el punto respectivo de una pala de rotor. Dado que la velocidad periférica es máxima en la punta de la pala de rotor y disminuye hacia el buje de rotor, se obtiene un aumento del ángulo de incidencia respecto al plano de rotor desde la punta de pala en dirección al buje. Las palas de rotor se diseñan con un alabeo para garantizar que la corriente incida óptimamente en cada punto de la pala de rotor.

Las palas de rotor de una planta de energía eólica se describen en los documentos DE-A-19815519 y DE-A-102004007487. El documento WO-A-2002/008600 divulga otra pala de rotor de una turbina eólica.

- 30 En el documento WO-A-2004/097215 se da a conocer una pala de rotor de una planta de energía eólica, en la que la pala de rotor presenta un valor máximo de espesor aproximadamente en el intervalo de 15% a 40% y el espesor máximo del perfil es aproximadamente de 20% a 45%.

- En el documento DK-U-9500009 se describe un perfil aerodinámico de una pala de rotor de una planta de energía eólica, en la que está dispuesto un cuerpo de desviación en el lado de presión del perfil en el borde trasero.

- A partir de este estado de la técnica, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar una pala de rotor de una planta de energía eólica, así como de mejorar el funcionamiento de una planta de energía eólica, mediante lo que se optimice o aumente el rendimiento energético en una planta de energía eólica al usarse una pala de rotor de este tipo.

- En el caso de una pala de rotor del tipo mencionado al inicio, este objetivo se consigue al estar situado a lo largo del eje longitudinal en la zona interior, asignada a la raíz de pala de rotor, en perfiles con un espesor relativo superior a 30% en el lado de presión un dispositivo adicional que presenta una superficie de incidencia adicional, así como un punto inicial, dirigido hacia el borde delantero, de la superficie de incidencia adicional y un punto final, dirigido hacia el borde trasero, de la superficie de incidencia adicional, donde el punto inicial de la superficie de incidencia adicional está situado en una zona ubicada entre el borde delantero y el borde trasero de los perfiles, de manera que la tangente en el perfil en el punto inicial está configurada en un intervalo angular de entre +20° y -20°, en particular de entre +15° y -15°, respecto a la dirección de incidencia de diseño del perfil.

- La invención se basa en la idea de obtener un perfil de pala de rotor en la zona interior con una configuración aerodinámica optimizada, es decir, con un espesor relativo mayor, superior a 30%, en particular un espesor relativo superior a 50%, mediante una superficie de incidencia o superficie de incidencia adicional, configurada de manera complementaria, con ayuda del dispositivo adicional en el lado de presión de la pala de rotor. Por medio de la superficie de incidencia configurada de manera complementaria, que después de fabricarse una pala de rotor completa se dispone, por ejemplo, posteriormente sobre un punto preferido en la zona interior de la pala de rotor, se configura un tipo de aumento de la curvatura en los perfiles preferidos de la pala de rotor que produce un aumento de la sustentación.

Por espesor relativo de un perfil de pala de rotor se entiende en general la relación del espesor de perfil (máximo) con la cuerda del perfil.

5 En caso de perfiles más gruesos, en los que usualmente la corriente de aire trata de separarse en el lado de presión en la zona cercana al buje de rotor, los puntos iniciales del dispositivo adicional se disponen en una zona del contorno del perfil, en la que los extremos de contacto o las tangentes en el respectivo punto inicial están situados o configurados aproximadamente en paralelo a la dirección de incidencia o a la dirección de incidencia de diseño (predeterminada). De esta manera los puntos iniciales del dispositivo adicional, según la invención, están determinados o caracterizados en el lado de presión del perfil de pala de rotor en la zona interior al existir espesores
10 de perfil relativos superiores a 30%, preferentemente superiores a 50%. En este sentido es ventajosa o posible una tolerancia de aproximadamente $\pm 20\%$ entre los extremos de contacto en el punto inicial con el perfil y la dirección de incidencia de diseño. Los perfiles están presentes típicamente en la zona interior con un espesor relativo superior a 50%.

15 Según la invención, los perfiles de pala de rotor (como perfiles primarios) presentan en la zona interior, que resulta muy difícil de construir y fabricar, un tipo de perfil secundario con la superficie de incidencia adicional, configurada o dispuesta, del dispositivo adicional, por lo que el aumento del ángulo de incidencia en la zona cercana al buje de rotor se tiene en cuenta en la superficie de incidencia configurada de manera complementaria y el rendimiento energético aumenta como resultado de esto.

20 En la zona de transición entre la superficie de corriente, situada en el lado de presión, de la pala de rotor y la superficie de incidencia siguiente del dispositivo adicional sigue estando prevista una corriente incidente del medio o del aire.

25 El dispositivo adicional, según la invención, mejora las propiedades aerodinámicas del perfil de una pala de rotor en relación con un rendimiento energético mejorado (en la media anual). Según la invención, la sustentación de perfil de secciones de perfil interiores aumenta eficazmente para espesores de perfil relativos de 100% a 30%. Dado que el dispositivo adicional está situado delante del punto de separación de la corriente en el perfil respecto al borde delantero del perfil, la potencia de un rotor aumenta hasta 3,0% en la media anual.

30 Una forma de realización preferida de la pala de rotor consiste en que a lo largo del eje longitudinal en la zona interior, asignada a la raíz de pala de rotor, en perfiles con un espesor relativo superior a 30% en el lado de presión está situado un dispositivo adicional que presenta una superficie de incidencia adicional, así como un punto inicial, dirigido hacia el borde delantero, de la superficie de incidencia adicional y un punto final, dirigido hacia el borde
35 trasero, de la superficie de incidencia adicional, donde el punto inicial de la superficie de incidencia adicional está configurado delante del punto de separación de la corriente de aire en el lado de presión o delante del punto de separación del medio incidente sobre la pala de rotor en el lado de presión. De esta manera se evita una entrada en pérdida en la zona de la pala de rotor cercana al centro en el lado de presión o al menos esta se desplaza a favor de la corriente.

40 Según la invención, en caso de una velocidad específica de diseño predeterminada hay una llamada dirección de incidencia de diseño con una configuración diferente para cada perfil de sección transversal de la pala de rotor. La velocidad específica λ de una pala de rotor o de una planta de energía eólica es un valor característico importante para el diseño de plantas de energía eólica. Esta indica la relación entre la velocidad periférica del rotor (velocidad
45 de la punta de pala) y la velocidad del viento. La velocidad específica indica con qué rapidez se mueven las palas respecto al viento.

Durante el funcionamiento de una planta de energía eólica varían básicamente las velocidades específicas debido a la velocidad del viento y debido a la velocidad de giro del rotor. En el caso de la velocidad específica de diseño, el
50 rotor de una planta de energía eólica alcanza su coeficiente de potencia máximo (valor característico fijo del rotor). Por tanto, en caso de una velocidad específica de diseño correspondiente de una pala de rotor se dispone para cada perfil de una correspondiente dirección de incidencia adicional predeterminada.

En una variante preferida de la pala de rotor se propone que la velocidad específica de la pala de rotor sea de entre
55 7 y 11.

Además, es beneficioso que los perfiles en la zona interior presenten un espesor relativo superior a 50%.

Los perfiles se caracterizan también porque la tangente en el punto inicial de la superficie de incidencia adicional

está configurada esencialmente en paralelo a la dirección de incidencia de diseño.

Es favorable asimismo que el punto final de la superficie de incidencia adicional finalice delante del borde trasero de la pala de rotor respecto a la dirección de incidencia.

5

En particular los puntos iniciales de la superficie de incidencia adicional o del dispositivo adicional están unidos también de manera continua de adentro hacia afuera, es decir, a lo largo del eje longitudinal. Además, los puntos finales del dispositivo adicional están unidos continuamente de adentro hacia afuera, por lo que el dispositivo adicional está configurado como un tipo de elemento constructivo o cuerpo.

10

Una estructura espacial curvada del dispositivo adicional se obtiene cuando la distancia entre los puntos finales o los puntos de separación de la superficie de incidencia adicional (o del dispositivo adicional) y el borde delantero de la pala de rotor aumenta de adentro hacia afuera a lo largo del eje longitudinal al menos en una sección del eje longitudinal. De esta manera se configura un tipo de dispositivo adicional curvado o un tipo de alerón con una construcción que retrocede hacia el interior, es decir, una construcción doblada respecto al borde trasero, y la curvatura del dispositivo adicional, configurada hacia el interior respecto al borde trasero, se obtiene mediante la torsión de la dirección de incidencia.

15

A tal efecto se ha previsto también que el dispositivo adicional esté configurado como un tipo de alerón con una superficie guía de aire en forma de la superficie de incidencia adicional, lo que aumenta la eficiencia energética de la pala de rotor en la zona interior.

20

Es beneficioso además que el dispositivo adicional se pegue o esté pegado sobre la pala de rotor. A este respecto, el dispositivo adicional se puede situar posteriormente, después de fabricarse la pala de rotor, en la zona interior en el lado de presión. Por consiguiente, el dispositivo adicional en particular está montado o se puede montar con posterioridad. En la práctica, esto da como resultado favorable que no se produce ningún aumento o ningún aumento significativo de la carga de la instalación en comparación con las hipótesis de carga del procedimiento de diseño.

25

En una configuración preferida es posible además que el dispositivo adicional se haya cambiado o se cambie de una posición de reposo a una posición de trabajo. A este respecto, por ejemplo, la superficie de incidencia del dispositivo adicional se puede ajustar de manera correspondiente o se puede recoger en presencia de una carga de viento correspondiente, mediante lo que la superficie de incidencia adicional del dispositivo adicional queda situada junto al perfil usual de la pala de rotor.

30

En una variante se prefiere también que el punto final de la superficie de incidencia adicional esté configurado como punto de separación de la corriente en el lado de presión del perfil.

35

El objetivo se consigue, asimismo, mediante una planta de energía eólica equipada con al menos una pala de rotor como la descrita arriba.

40

Otra solución del objetivo consiste en el uso de un dispositivo adicional que se sitúa o está situado en una zona interior de una pala de rotor, según la invención, que se describe arriba.

El objetivo se consigue además mediante un procedimiento para la fabricación de una pala de rotor de una planta de energía eólica, en el que un dispositivo adicional se sitúa en la zona interior de una pala de rotor, de manera que la pala de rotor está configurada en una forma de realización según las posibilidades mencionadas arriba. Con el fin de evitar repeticiones se remite expresamente a las explicaciones precedentes sobre la pala de rotor descrita arriba.

45

La invención se describe a continuación por medio de ejemplos de realización, y se remite expresamente a los dibujos en relación con todos los detalles, según la invención, que no se explican de manera específica en el texto. Muestran:

50

Fig. 1 secciones de perfil superpuestas de una pala de rotor según la invención;

55

Fig. 2 secciones de perfil superpuestas de otra pala de rotor según la invención;

Fig. 3 una representación en perspectiva de una pala de rotor en la zona interior con un dispositivo adicional según la invención;

Fig. 4a-4d en cada caso, secciones de perfil de una pala de rotor según la invención; y

Fig. 5 una sección de perfil de otra pala de rotor según la invención.

- 5 En las figuras siguientes, los elementos iguales o del mismo tipo o las partes correspondientes están provistos respectivamente del mismo número de referencia para evitar una nueva interpretación de los mismos.

10 En la figura 1 están representadas varias secciones de perfil superpuestas 21, 22, 23, 24, 25 de una pala de rotor 60 (véase figura 3) desde la raíz de pala de rotor en la zona interior hacia la zona exterior. El perfil interior 21 presenta el espesor relativo máximo en este ejemplo. El perfil 25 con un espesor relativo de 45% es el perfil más fino en la zona interior. Las secciones de perfil superpuestas 21, 22, 23, 24, 25 reproducen un trazado de perfil de una pala de rotor en distintas secciones. Para una mejor comprensión, no se representaron perfiles con un espesor relativo inferior a 30% en la zona exterior.

15 En la figura 1 se dibujó además el plano de rotor en una posición de funcionamiento predeterminada de la pala de rotor con el número de referencia 11. Las distintas secciones de perfil 21, 22, 23, 24, 25 están interconectadas a lo largo de un eje de interconexión desde la raíz de pala de rotor hacia afuera, hacia la punta de pala de rotor.

20 En la figura 1 se puede observar que el espesor relativo de las secciones de perfil 21 a 25 disminuye desde el interior (perfil 21) hacia el exterior (perfil 25), es decir, el perfil 21 está dispuesto en la zona interior más cerca de la raíz de pala de rotor que las secciones de perfil siguientes 22 a 25.

25 En correspondencia con la sección de perfil (interior) 21, en la figura 1 está dibujada la correspondiente dirección de incidencia de diseño predeterminada 31. Asimismo, están dibujadas las respectivas direcciones de incidencia de diseño correspondientes 33, 35 para los perfiles 23, 25. En la figura 1 están representados además en corte transversal para las secciones de perfil 21, 22, 23 respectivamente los puntos iniciales 41, 42, 43 de un cuerpo adicional 51, según la invención, como dispositivo adicional en el lado de presión de los perfiles 21 a 25.

30 Las secciones transversales del cuerpo adicional 51 están dibujadas en la figura 1 en las respectivas secciones de perfil 21 a 25, donde la sección transversal del cuerpo adicional 51 está configurada en las secciones de perfil 21 a 25 respectivamente en forma de triángulo o similar o casi en forma de triángulo.

35 El punto inicial correspondiente 41 a 43 del cuerpo adicional 51 en los respectivos perfiles 21 a 23 está determinado, por ejemplo, al estar configurado el extremo de contacto en el punto inicial 41 a 43, es decir, la tangente en el respectivo perfil, en paralelo o con una pequeña inclinación de $\pm 20^\circ$, en particular $\pm 15^\circ$, en relación con la respectiva dirección de incidencia de diseño 31, 33 y 35 de la sección de perfil correspondiente 21, 23, así como 25. En este sentido, el punto inicial 41 a 43 en el perfil 21 a 23 se encuentra dispuesto delante del respectivo punto de separación de la corriente, situado en el lado de presión, del perfil correspondiente 21 a 23.

40 Por medio del cuerpo adicional 51, que se montó o se puede montar posteriormente, se mejoran las propiedades del perfil de la pala de rotor 60 en la zona interior, es decir, en la zona con un espesor de perfil superior a 30%, en particular 50%, ya que con el cuerpo adicional 51 se configura un aumento de la curvatura en el lado de presión de la pala de rotor 60. Antes de separarse la corriente en el lado de presión de los perfiles 21 a 23 se configura una superficie de incidencia adicional (véase figura 3, número de referencia 52) del dispositivo adicional o del cuerpo adicional 51 mediante el dispositivo adicional 51 en el lado de presión, lo que mejora la sustentación del perfil de la pala de rotor en la zona interior y, por tanto, el rendimiento energético. A este respecto se acepta o se tolera una resistencia del perfil algo ampliada debido al aumento de una zona de aguas muertas.

50 De las secciones de perfil 21 a 25 se infiere además que la posición del cuerpo adicional 51 con sus puntos iniciales correspondientes 41 a 43 se diferencia o varía de un perfil a otro, de manera que primero en la sección de perfil interior 21 respecto a la sección de perfil contigua próxima 22, el punto inicial 41 está situado en la proyección a lo largo del eje de interconexión detrás del punto inicial 42 de la sección de perfil exterior siguiente 22.

55 Con un radio de pala de rotor creciente, los puntos iniciales 43 y los demás puntos iniciales, no representados para una mejor comprensión, quedan situados cada vez más lejos del borde de perfil delantero. Es decir, aumenta la distancia entre los puntos iniciales 42, 43 y los puntos iniciales, situados más hacia afuera, y el borde delantero del perfil correspondiente.

Además, la distancia angular de los puntos iniciales 41, 42, 43 aumenta con un radio de rotor creciente, donde las

posiciones angulares respecto al plano de la pala de rotor se miden alrededor del eje longitudinal de la pala de rotor.

La longitud del dispositivo adicional 51 a lo largo del eje de interconexión u otro eje predeterminado se fija en función de la longitud de la pala de rotor. Según la esbeltez de la pala de rotor, la longitud del dispositivo adicional puede ser 5 aproximadamente 15% a 25% de la longitud de pala de rotor. Esto significa que en caso de una planta de energía eólica con una potencia de 1,5 MW y una longitud de pala de rotor de 37 m, la longitud del dispositivo adicional es igual, por ejemplo, a 5,5 m, y en caso de una planta de energía eólica con una potencia de 2 MW y una longitud de pala de rotor de 45 m, la longitud del dispositivo adicional es igual, por ejemplo, a 7 m, y en caso de una planta de energía eólica con una potencia de 5 MW y una longitud de pala de rotor de 61 m, así como una geometría de pala 10 delgada, la longitud del dispositivo adicional es igual, por ejemplo, a 15,5 m (con perfiles relativamente gruesos).

La forma de la sección transversal del dispositivo adicional 51 no es decisiva aquí y la forma triangular es especialmente ventajosa en particular por razones estructurales. En plantas de energía eólica conocidas con palas de rotor ya instaladas, el dispositivo adicional 51 se puede montar posteriormente, ya que en la práctica no se 15 produce un aumento de la carga de la planta en comparación con las altas hipótesis de carga del procedimiento de diseño.

Esto se basa en el conocimiento de que los coeficientes de sustentación pronosticados con procedimientos de cálculo simple, así como determinados teóricamente en la zona interior de la pala de rotor no se consiguen en 20 realidad. El dispositivo adicional, según la invención, mejora las propiedades del perfil de una pala de rotor de tal modo que las hipótesis originales se consiguen también en la práctica.

La figura 1 muestra a modo de ejemplo la geometría de un posicionamiento beneficioso del dispositivo adicional 51 para una pala de rotor con una longitud de 37 m. Además de las direcciones de incidencia de diseño para un radio (del buje de rotor) de 2.8 m (perfil 21), 4 m (perfil 22), 5 m (perfil 23), 6 m (perfil 24) y 7 m (perfil 25) aparece 25 representado también el plano de rotor 11.

Se puede observar que la posición del dispositivo adicional 51 se mueve desde el borde delantero de pala hacia atrás con un radio de rotor creciente y la distancia absoluta aumenta entre el punto de separación como punto de 30 referencia del dispositivo adicional 51 y el respectivo borde delantero de pala. La única excepción es la sección de perfil interior 21 con un radio de 2.8 m.

En relación con el plano de pala de rotor 11 se obtienen las posiciones angulares siguientes del dispositivo adicional, medidas alrededor del eje longitudinal de la pala de rotor:

35

Perfil	Radio [m]	Longitud de pala relativa [%]	Posición angular dispositivo adicional
21	2,8	8	169°
22	4	11	162°
23	5	13,5	167°
24	6	16	174°
25	7	19	180°

Se puede observar que para los perfiles interiores a partir de un valor predeterminado aumenta la posición angular del dispositivo adicional con un radio de rotor creciente. En la zona de transición del perfil interior 21 (radio 2.8 m) al 40 próximo perfil 22 (radio 4 m) disminuye ligeramente la posición angular del dispositivo adicional 51.

En la figura 2 está representada otra forma de realización preferida para una pala de rotor, en la que los perfiles 21 a 25 están dispuestos asimétricamente sobre el eje longitudinal de la pala o el eje de interconexión. La separación de pala delante de una torre de una planta de energía eólica aumenta así de manera correspondiente. Las direcciones de incidencia de diseño correspondientes 31 a 35 están dibujadas asimismo en cada caso para las secciones de 45 perfil correspondientes 21 a 25.

En los ejemplos de realización de las figuras 1 y 2, la altura del dispositivo adicional 51 en la zona del cilindro circular de la pala de rotor es igual aproximadamente a 10% del diámetro del cilindro y en la zona con un espesor de perfil de 45% es igual aproximadamente a 8% del espesor de perfil. Una altura mayor del dispositivo adicional 51 provoca un aumento de la eficacia aerodinámica y en las formas de realización se debe garantizar un buen equilibrio entre el 50 coste constructivo de un dispositivo adicional complementario 51 y la carga adicional de una pala de rotor, así como el aumento del rendimiento que se va a obtener de esta manera.

En los ejemplos de realización de las figuras 1 y 2 se puede observar que el dispositivo adicional 51 retrocede en la

zona interior (perfil 21) hacia el borde trasero del perfil. Dado que la corriente incidente gira fuertemente en la zona interior, el cilindro circular de la pala de rotor con el dispositivo adicional 51 gira asimismo en contra del sentido de las agujas del reloj y, por consiguiente, la posición del dispositivo adicional 51 se mueve hacia arriba. Este giro inverso da como resultado una forma doblada o curvada en general del dispositivo adicional 51 a lo largo del eje de interconexión de la pala de rotor.

De manera alternativa, una forma de realización preferida prevé prescindir del giro inverso del dispositivo adicional en la zona interior. Esto es un poco negativo para el rendimiento energético, pero posibilita, sin embargo, una geometría muy simple y esencialmente recta del dispositivo adicional y, por tanto, una construcción simple.

10 Cuando se dispone de una superficie de incidencia adicional en la zona interior de una pala de rotor debido al dispositivo adicional 51, la eficiencia de la pala de rotor en la zona próxima a la conexión de pala de rotor aumenta respecto a su rendimiento energético. Esto posibilita un diseño de una pala de rotor con un rendimiento energético optimizado. Así, por ejemplo, el dispositivo adicional 51 se puede instalar en forma de un alerón durante la
15 fabricación de las palas de rotor, por lo que es innecesario modificar completamente el proceso de fabricación de una pala de rotor.

El material adecuado para la fabricación de un dispositivo adicional 51 es, por ejemplo, un plástico reforzado con fibra de vidrio (GFK). En el punto de separación, es decir, en el punto final de la superficie de incidencia o de la
20 superficie de incidencia adicional del dispositivo adicional 51, se prefiere configurar un borde agudo como borde final. En el lado interior, en la zona de los puntos finales agudos del dispositivo adicional 51 en la zona del borde final, la esquina está redondeada ventajosamente por razones de resistencia. Esto proporciona una resistencia muy alta en el dispositivo adicional en caso de un dispositivo adicional con un bajo peso.

25 En este sentido es beneficioso que el dispositivo adicional 51 esté diseñado de manera comparativamente elástica en dirección del eje longitudinal de pala, es decir, que existen dilataciones muy altas en un intervalo de tolerancia en dirección longitudinal.

En otras formas de realización está previsto que el dispositivo adicional se lleve a una posición de trabajo. A este
30 respecto, el dispositivo adicional está configurado de manera activable para aumentar el rendimiento energético en caso de velocidades del viento inferiores a la velocidad nominal cuando el dispositivo adicional 51 está conectado o activado. En presencia de altas velocidades del viento se reduce la carga de la pala de rotor mediante el plegado o la introducción o la desconexión de la superficie de incidencia adicional o del dispositivo adicional 51 al encontrarse la superficie de incidencia adicional muy cerca del perfil de pala de rotor normal.

35 Para la conexión o activación del dispositivo adicional resulta adecuada en particular una bolsa de aire en el interior del dispositivo, lo que reduce o aumenta el volumen interior del dispositivo adicional, de manera que se obtienen diferentes ángulos de ajuste del dispositivo adicional 51 respecto al lado de presión de la pala de rotor. En particular mediante la bolsa de aire u otro dispositivo conectable, el dispositivo adicional 51 se lleva de una posición de reposo
40 a una posición de trabajo, y este proceso está configurado de manera reversible.

La figura 3 muestra además una vista en perspectiva de una zona interior de una pala de rotor 60 en una representación en perspectiva. La pala de rotor 60 dispone de una conexión de pala de rotor circular 61. A continuación de la sección transversal circular de la pala de rotor 60 se conecta, en la zona opuesta a los bordes
45 delanteros, el cuerpo adicional 51 que está situado en forma de un alerón sobre el lado de presión de la pala de rotor 60.

El borde trasero 62 se dispone en el lado trasero de la pala de rotor 60 por encima de la conexión de pala de rotor 61. El cuerpo adicional 51 dispone de una superficie de incidencia adicional 52, donde los puntos iniciales correspondientes de los perfiles están situados en la zona de transición de la superficie de corriente normal de la
50 pala de rotor 60 a la superficie de incidencia adicional 52. Por tanto, la línea dibujada 53 forma un tipo de línea de unión de los puntos iniciales. La superficie de incidencia adicional 52 del dispositivo adicional 51 se limita mediante la línea de unión 54 de la superficie de incidencia adicional 52. A lo largo de la línea de unión 54 se encuentran los puntos finales de la superficie de incidencia adicional 52.

55 Las figuras 4a-4d muestran formas de realización ventajosas de un dispositivo adicional 51 o perfiles modificados de la figura 1. Los perfiles dibujados 21, 22, 23, 25 corresponden aquí a las secciones de perfil mostradas en la figura 1. Las secciones de perfil modificadas 21, 22, 23, 25 presentan en este ejemplo de realización una calidad aerodinámica muy alta, de manera que se maximiza o es máximo el rendimiento energético de una pala de rotor en

la zona interior cercana al buje de rotor. Se logra así un dispositivo adicional 151 optimizado respecto al rendimiento energético adicional que se puede obtener en comparación con el otro dispositivo adicional 51 (véase figuras 1 o 2).

En esta representación de las figuras 4a-4d respectivamente se puede observar bien la posición de los puntos 5 iniciales de las secciones de perfil individuales 21, 22, 24, 25, así como la dirección de incidencia local 31, 32, 33 y 35. Las figuras 4a-4c muestran muy claramente que el contorno de perfil en caso de perfiles gruesos en la zona del punto inicial 41, 42, 43 está situado esencialmente en paralelo a la dirección de incidencia.

Sólo la sección de perfil 25, situada completamente en el exterior en la figura 4d, muestra una desviación 10 ligeramente mayor del contorno de perfil en el punto inicial 45 respecto a la dirección de incidencia (aprox. 12°). El perfil ligeramente más fino, que se encuentra situado en la zona exterior del dispositivo adicional 151, permite que la corriente soporte un pequeño aumento de la presión mediante un contorno de perfil que retrocede. De esta manera, el punto inicial 45 del dispositivo adicional 151 queda posicionado un poco antes del punto de separación potencial, donde el contorno de perfil se extiende hacia afuera debido al dispositivo adicional 151, por lo que la corriente se 15 separa esencialmente más atrás en el punto de separación del dispositivo adicional 151.

El diseño del dispositivo adicional 151 con un rendimiento energético optimizado presenta un desplazamiento del punto de separación a partir del borde delantero de pala más pronunciado que la geometría del diseño mostrado en las figuras 1 y 2. No obstante, un dispositivo adicional de este tipo tiene un coste constructivo alto.

20 Un dispositivo adicional de este tipo resulta muy útil en particular si se deben mejorar las palas de rotor directamente durante la fabricación, resultando innecesario construir una forma de pala de rotor completamente nueva. El dispositivo adicional representado se puede montar de manera simple en una pala de rotor existente.

25 La figura 5 muestra el diseño de un dispositivo adicional 51 con bandas adhesivas 71, 72 en la sección transversal en un perfil. En caso de una pala de rotor con una longitud de 37 m y un dispositivo adicional con una longitud aproximada de 5,5 m resultan ventajosas las bandas adhesivas 71, 72 con una anchura de 50 a 80 mm. El propio dispositivo adicional 51 está fabricado a partir de GFK con un espesor de 2 a 4 mm (tejido laminado o fibras pulverizadas). El punto de separación está diseñado como una esquina lo más aguda posible a fin de obtener una 30 alta calidad aerodinámica.

El salto de contorno en el punto inicial 45, que es inevitable en caso de un dispositivo adicional pegado 51 o un alerón pegado, se ha de mantener lo más pequeño posible, como máximo 5 mm, en particular 2 a 3 mm. Para regular la resistencia es ventajoso crear una forma redondeada con una masa adhesiva (por ejemplo, Sikaflex).

35 De manera provechosa, esta esquina se redondea ligeramente en el contorno interior por razones de resistencia. Mediante la sección transversal triangular se obtiene una resistencia muy alta para el dispositivo adicional pegado 51 con un bajo peso.

40 Lista de números de referencia

- 11. Plano de rotor
- 21. Perfil
- 22. Perfil
- 45 23. Perfil
- 24. Perfil
- 25. Perfil
- 31. Dirección de incidencia de diseño
- 32. Dirección de incidencia de diseño
- 50 33. Dirección de incidencia de diseño
- 41. Punto inicial
- 42. Punto inicial
- 43. Punto inicial
- 51. Dispositivo adicional
- 55 52. Superficie de incidencia adicional
- 53. Línea
- 54. Línea de unión
- 60. Pala de rotor
- 61. Conexión de pala de rotor

- 62. Borde trasero
- 71. Banda adhesiva
- 72. Banda adhesiva
- 151. Dispositivo adicional

5

REIVINDICACIONES

1. Pala de rotor (60) de una planta de energía eólica con un lado superior (lado de succión) y un lado inferior (lado de presión), en la que, configurados a lo largo de un eje longitudinal entre una raíz de pala de rotor y una punta de pala de rotor, hay perfiles (21, 22, 23, 24, 25) con un borde delantero y un borde trasero (62) en la sección transversal, para cada perfil (21, 22, 23, 24, 25) está predeterminada respectivamente una dirección de incidencia de diseño (31, 32, 33, 34, 35) y los perfiles (21, 22, 23, 24, 25) están configurados con un espesor relativo inferior a 30% en la zona exterior dirigida hacia la punta de pala de rotor, **caracterizada porque** a lo largo del eje longitudinal en la zona interior asignada a la raíz de pala de rotor en perfiles (21, 22, 23, 24, 25) con un espesor relativo superior a 30% en el lado de presión está situado un dispositivo adicional (51) que presenta una superficie de incidencia adicional (52), así como un punto inicial (41, 42, 43), dirigido hacia el borde delantero, de la superficie de incidencia adicional (52) y un punto final, dirigido hacia el borde trasero (62), de la superficie de incidencia adicional (52), donde el punto inicial (41, 42, 43) de la superficie de incidencia adicional (52) está situado en una zona ubicada entre el borde delantero y el borde trasero (62) de los perfiles (21, 22, 23, 24, 25), de manera que la tangente en el perfil (21, 22, 23, 24, 25) en el punto inicial (41, 42, 43) está configurada en un intervalo angular de entre +20° y -20°, en particular entre +15° y -15°, respecto a la dirección de incidencia de diseño (31, 32, 33, 34, 35) del perfil (21, 22, 23, 24, 25).
2. Pala de rotor (60) según la reivindicación 1, **caracterizada porque** a lo largo del eje longitudinal en la zona interior, asignada a la raíz de pala de rotor, en perfiles (21, 22, 23, 24, 25) con un espesor relativo superior a 30% en el lado de presión está situado un dispositivo adicional (51) que presenta una superficie de incidencia adicional (52), así como un punto inicial, dirigido hacia el borde delantero, de la superficie de incidencia adicional (52) y un punto final, dirigido hacia el borde trasero (62), de la superficie de incidencia adicional (52), donde el punto inicial de la superficie de incidencia adicional (52) está configurado delante del punto de separación del medio incidente sobre la pala de rotor (60) en el lado de presión.
3. Pala de rotor (60) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** la tangente en el punto inicial (41, 42, 43) está configurada esencialmente en paralelo a la dirección de incidencia de diseño (31, 32, 33, 34, 35).
4. Pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** el punto final de la superficie de incidencia adicional (52) finaliza delante del borde trasero.
5. Pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** los puntos iniciales (53) de la superficie de incidencia adicional (52) están unidos de manera continua de adentro hacia afuera.
6. Pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** los puntos finales (54) de la superficie de incidencia adicional (52) están unidos de manera continua de adentro hacia afuera.
7. Pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada porque** la distancia entre los puntos finales (54) de la superficie de incidencia adicional (52) y el borde delantero de la pala de rotor (60) aumenta de adentro hacia afuera a lo largo del eje longitudinal.
8. Pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** el dispositivo adicional (51) está configurado en forma de un alerón (51).
9. Pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada porque** el dispositivo adicional (51) se pega o está pegado sobre la pala de rotor (60).
10. Pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada porque** el dispositivo adicional (51) está montado o se puede montar posteriormente.
11. Pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada porque** el dispositivo adicional (51) se cambia o se ha cambiado de una posición de reposo a una posición de trabajo.
12. Pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizada porque** el punto final de la superficie de incidencia adicional (52) está configurado como punto de separación de la corriente.
13. Planta de energía eólica con al menos una pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 12.

14. Uso de un dispositivo adicional (51) que se sitúa o está situado en una zona interior de una pala de rotor (60) según una de las reivindicaciones 1 a 12.

15. Procedimiento para la fabricación de una pala de rotor (60) de una planta de energía eólica, en el que un dispositivo adicional (51) se sitúa en la zona interior de la pala de rotor (60), de manera que la pala de rotor (60) se configura según una de las reivindicaciones 1 a 12.

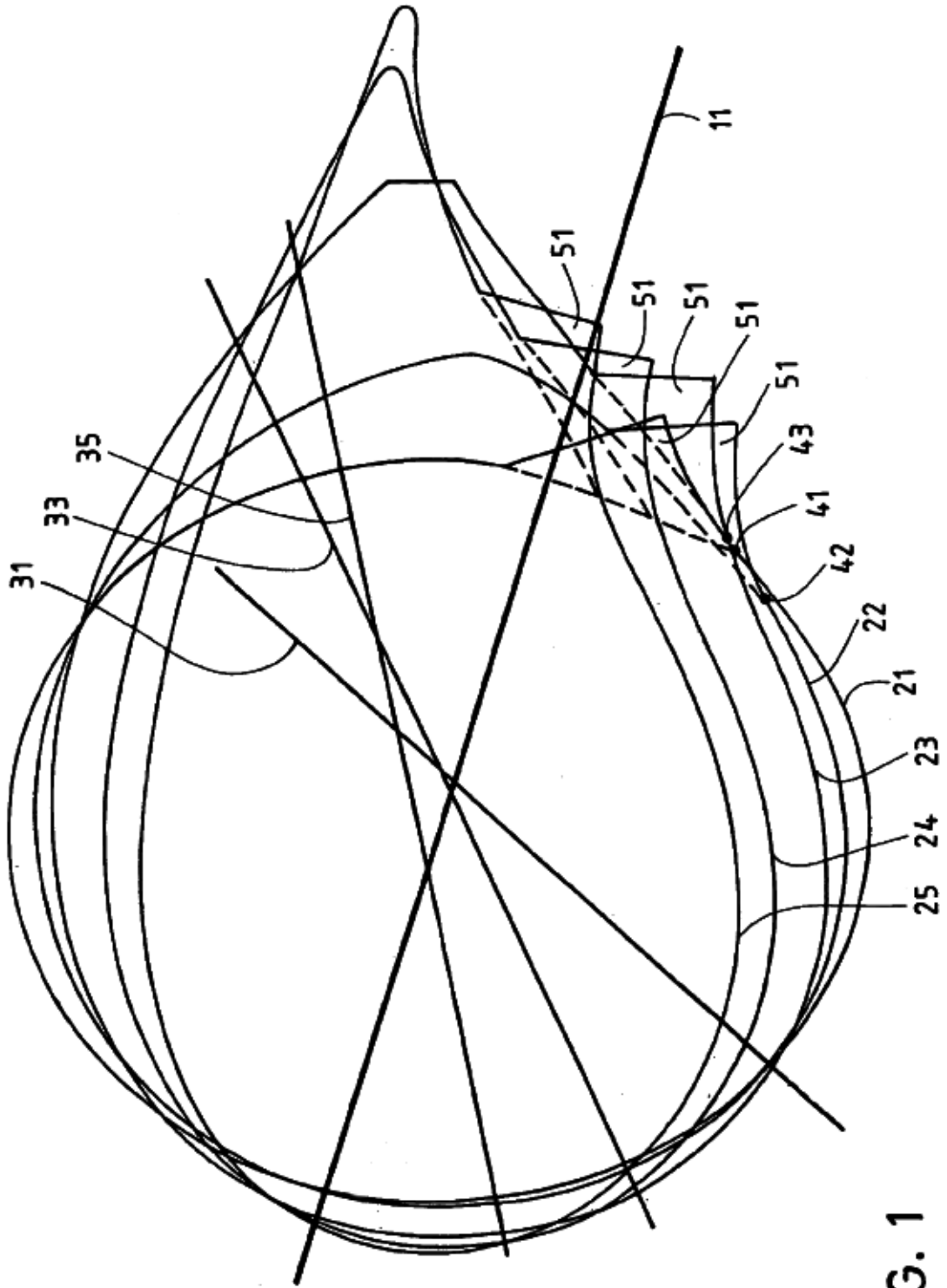


FIG. 1

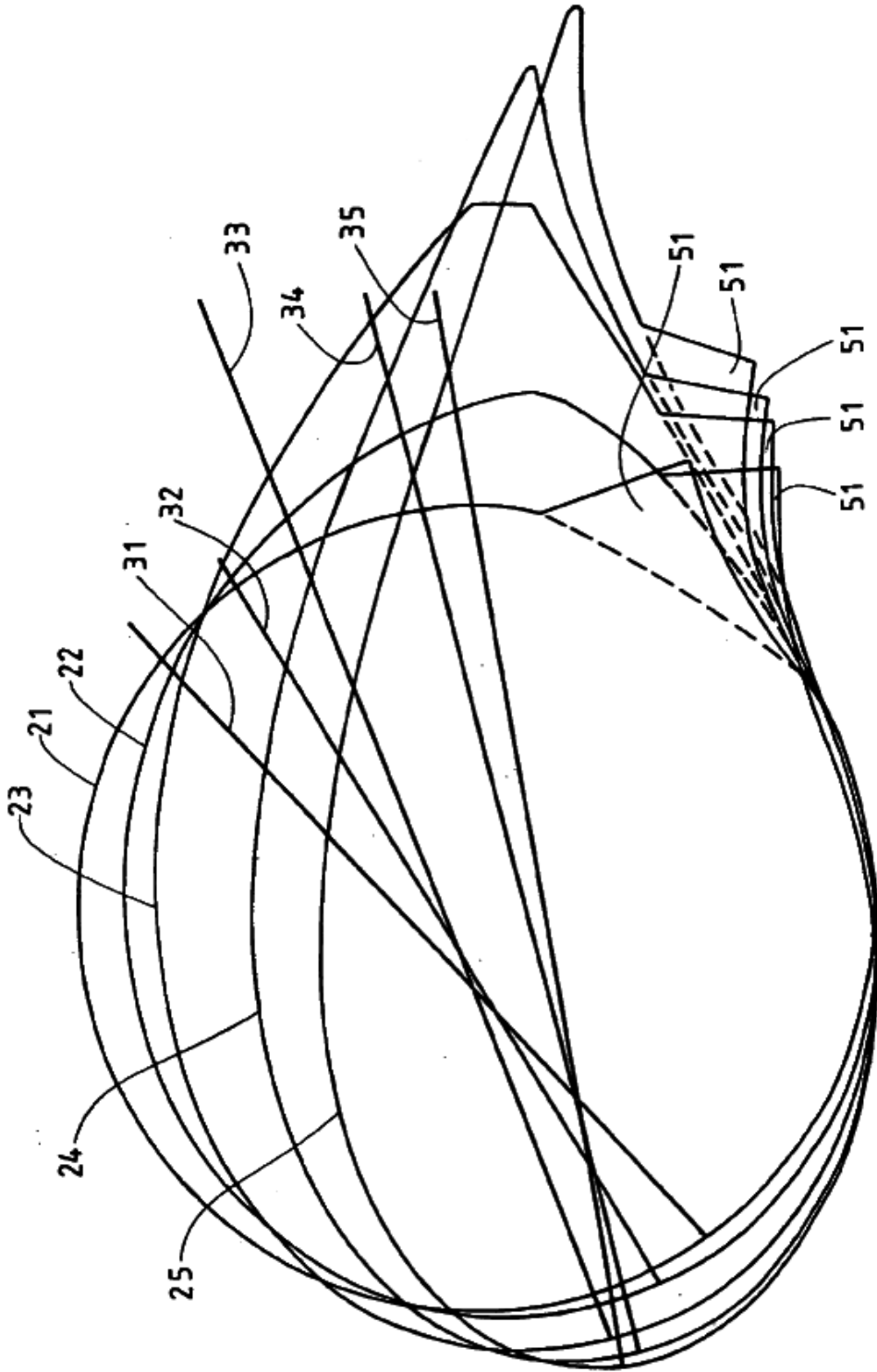


FIG. 2

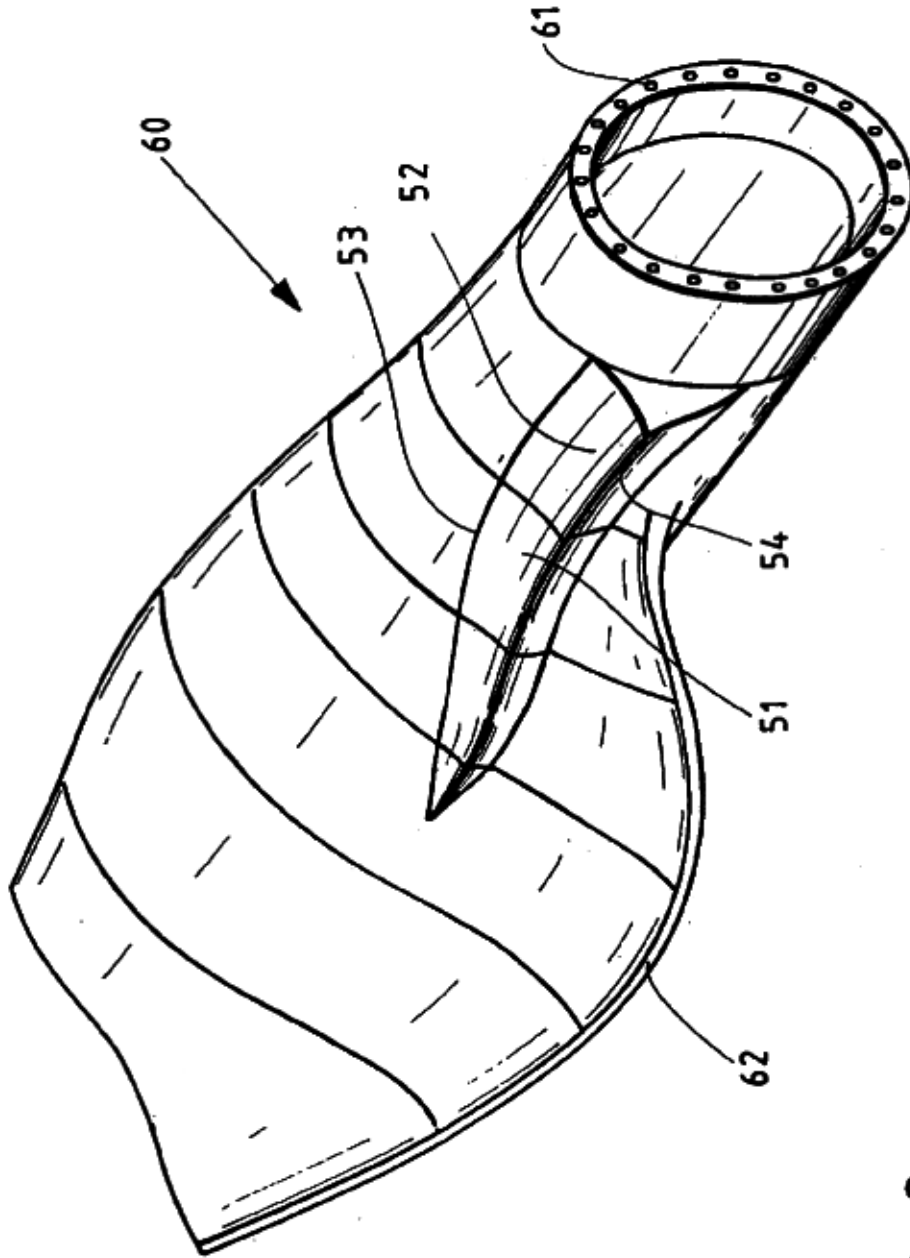


FIG. 3

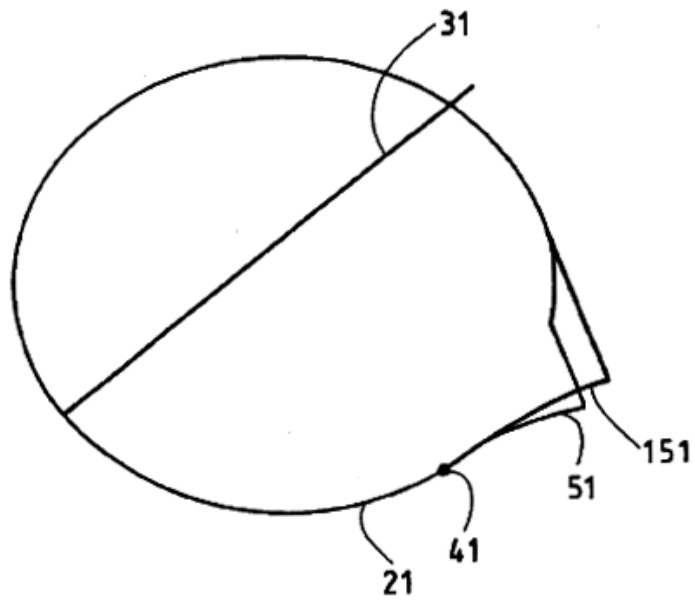


FIG. 4a

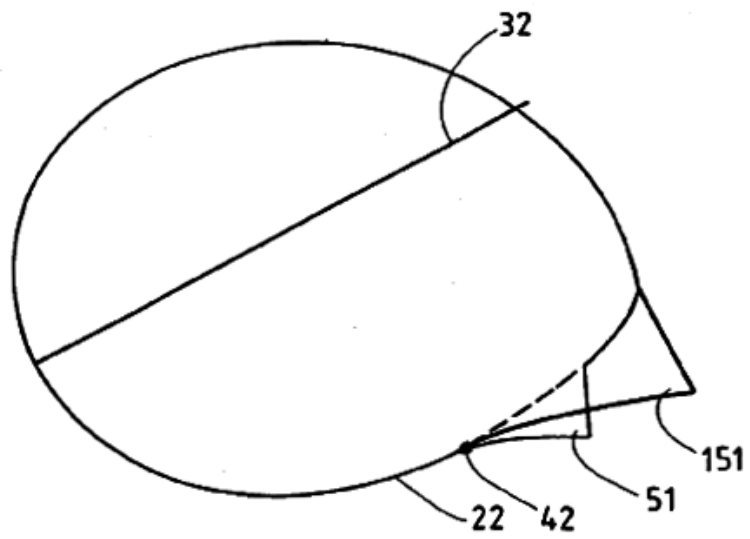


FIG. 4b

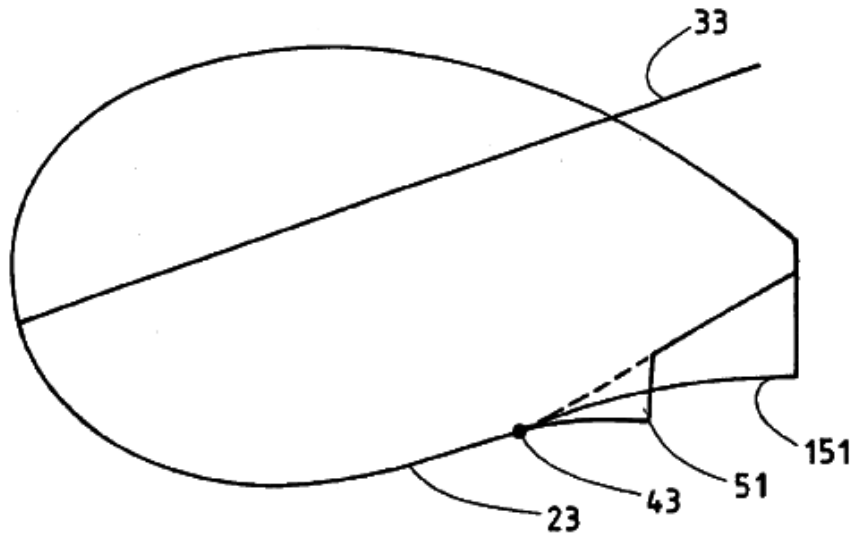


FIG. 4c

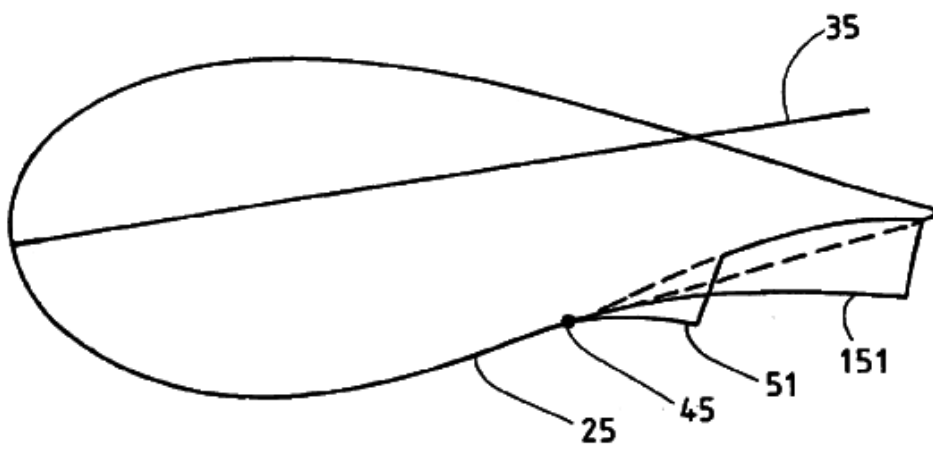


FIG. 4d

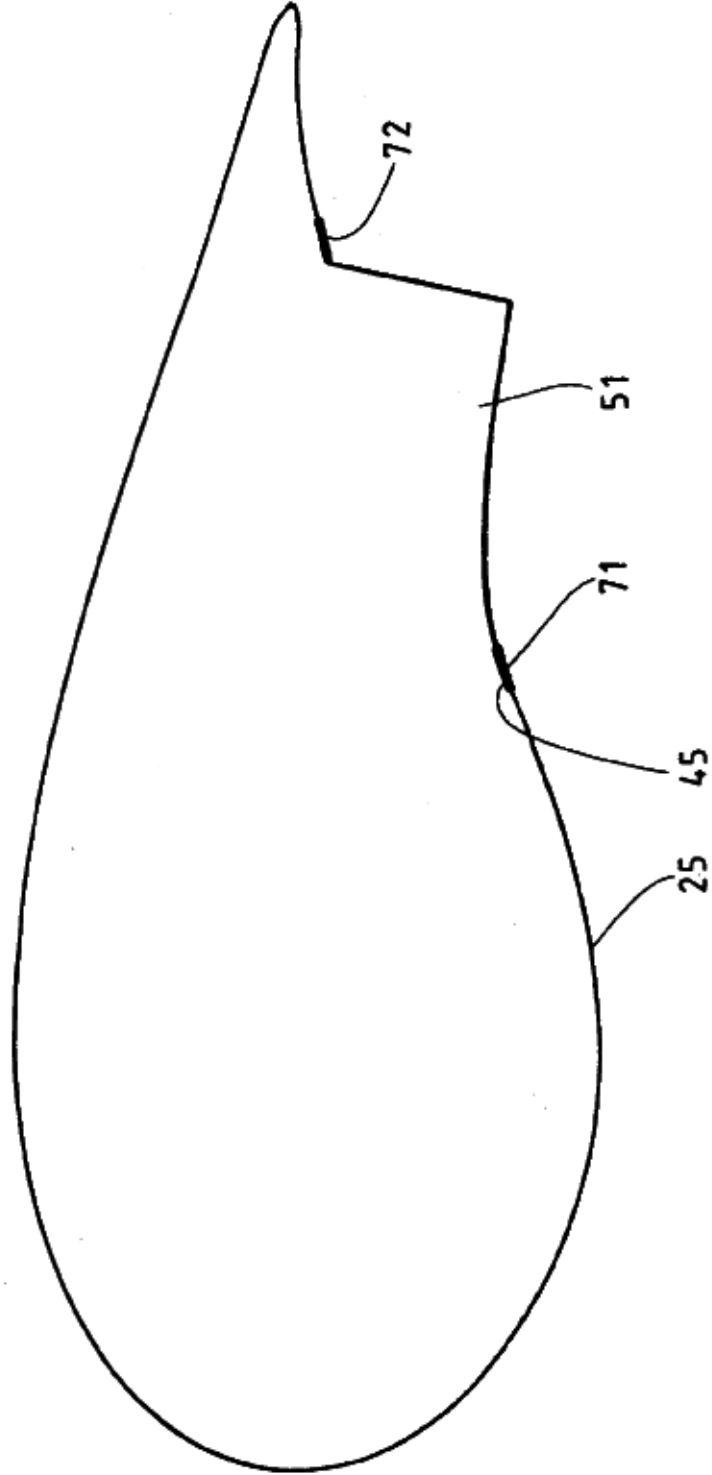


FIG. 5