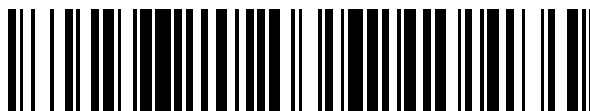


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 673**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

**B29L 31/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.07.2014 PCT/EP2014/065851**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015 WO15014692**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2014 E 14750703 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 3027893**

54 Título: **Una pala de turbina eólica que tiene una línea de unión adyacente a un panel de emparedado de la pala**

30 Prioridad:

**30.07.2013 EP 13178448**

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

**05.02.2018**

73 Titular/es:

**LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)**

**Jupitervej 6**

**6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**GARM, JESPER HASSELBALCH**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 652 673 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**

Una pala de turbina eólica que tiene una línea de unión adyacente a un panel de emparedado de la pala

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere a una pala de turbina eólica, en particular a una pala de turbina eólica que tiene una línea de unión estructural dispuesta adyacente a un panel de emparedado de la pala.

**Antecedentes de la invención**

10 Las palas de turbina eólica se construyen en general mediante la formación de una primera y segunda conchas de pala por la acumulación y posterior infusión con resina de material de fibra, por ejemplo fibra de vidrio y/o fibra de carbono, en un molde adecuadamente conformado. Las conchas de pala, que se conforman normalmente para formar los perfiles del lado de presión y el lado de succión complementarios de una pala de turbina eólica, pueden unirse juntas a lo largo de los bordes de ataque y salida de las conchas para formar una pala de turbina eólica, por medio de la aplicación de un adhesivo estructural entre los bordes de las conchas.

15 Una de las técnicas de construcción conocidas para palas de turbina eólica es el uso de construcciones de paneles de emparedado en el cuerpo de la pala. En dichas palas, la concha de la pala de turbina eólica comprende secciones en las que se sitúa un material de núcleo de peso ligero de por ejemplo madera de balsa o espuma entre las capas interior y exterior del material reforzado con fibra. El uso de una construcción de ese tipo proporciona una estructura relativamente barata y de peso ligero que tiene una rigidez y resistencia al pandeo incrementadas, en comparación con una concha formada solamente a partir de material reforzado con fibra.

20 Uno de los constantes retos en la fabricación de palas de turbina eólica es el desarrollo de palas de turbina eólica que tengan una resistencia incrementada al pandeo de la pala, en particular entre las almas de conexión de la pala y el borde de salida de la pala. Los sistemas propuestos incluyen la mejora de la colocación del adhesivo estructural en el borde de salida de la pala, para proporcionar una unión relativamente fuerte entre conchas de pala. Sin embargo, dichas soluciones pueden dar como resultado el uso en la pala de una cantidad incrementada de adhesivo estructural, lo que en consecuencia puede incrementar el coste y peso de la pala final. El documento de patente de Estados Unidos 8.047.800 describe una solución en la que se aplica un exceso de adhesivo estructural entre los bordes de salida de un par de conchas de pala, pero que requiere el uso de una herramienta especial para extraer el exceso de adhesivo a través del hueco del borde de salida entre las conchas de la pala previamente al curado.

30 El documento WO 2010/023140 A divulga una pala de turbina eólica formada a partir de una concha de pala del lado de presión y una concha del lado de succión unidas para formar un cuerpo de pala que tiene un perfil aerodinámico con un borde de ataque y un borde de salida. En una realización se forma una unión estructural entre las dos conchas en una posición, que está separada del borde de ataque y del borde de salida de la pala de turbina eólica.

El documento US 2012/141282 A1 divulga una pala de turbina eólica en la que se añade un elemento de refuerzo ahusado entre una concha del lado de succión y una concha de lado de presión de la pala de turbina eólica.

35 Es un objeto de la invención proporcionar una pala de turbina eólica con una unión estructural mejorada, y un método asociado de fabricación.

**Sumario de la invención**

En consecuencia, se proporciona una pala de turbina eólica formada a partir de una concha de pala del lado de presión y una concha de pala del lado de succión unidas para formar un cuerpo de pala que tenga un perfil aerodinámico con un borde de ataque y un borde de salida,

40 comprendiendo dicha pala al menos una construcción de panel de emparedado en dichas conchas de pala, en el que se dispone un núcleo entre un revestimiento interior y un revestimiento exterior de dichas conchas de pala, en el que se dispone una línea de unión estructural adyacente a dicha al menos una construcción de panel de emparedado para unir una parte de dicha concha de pala del lado de presión y una parte de dicha concha de pala del lado de succión, en el que dicha línea de unión estructural está separada del borde de ataque y del borde de salida de la pala de turbina eólica.

50 Mediante la disposición de la línea de unión estructural adyacente al panel de emparedado de la pala, se incrementa la resistencia al pandeo de la estructura de la pala, dado que las fuerzas experimentadas por la línea de unión se transfieren directamente al interior del panel de emparedado relativamente rígido, lo que reduce la posibilidad de inicio de rotura en las uniones adhesivas de la línea de unión entre las conchas de pala. Además, dado que el adhesivo se proporciona directamente adyacente al panel de emparedado, se incrementa la efectividad de la unión

entre las conchas, lo que significa que se requiere menos adhesivo en la construcción de la pala. Preferentemente, no se proporciona ningún adhesivo estructural en los bordes de ataque y/o salida de la pala, dado que las líneas de unión estructural entre las conchas de pala se mueven a localizaciones más efectivas, adyacentes a o entre las construcciones del panel de emparedado.

- 5 Se entenderá que la dicha al menos una construcción de panel de emparedado comprende un núcleo dispuesto entre capas de material de revestimiento de una concha de pala de turbina eólica. Por ejemplo, la construcción del panel de emparedado no compromete un elemento estructural del alma de conexión o cajón de larguero. Preferentemente, la línea de unión estructural comprende una línea de unión adhesiva. Se entenderá que la línea de unión estructural comprende preferentemente únicamente un adhesivo dispuesto entre las conchas de pala, y no  
10 comprende una inserción estructural adicional.

- Preferentemente, dicha línea de unión estructural se dispone entre un par de construcciones de panel de emparedado para unir dicha concha de pala del lado de presión a dicha concha de pala del lado de succión. Preferentemente, se proporciona una pala de turbina eólica formada a partir de una concha de pala del lado de presión y una concha de pala del lado de succión unidas para formar un cuerpo de pala que tenga un perfil aerodinámico con un borde de ataque y un borde de salida,  
15

- comprendiendo dicha pala al menos una construcción de panel de emparedado del borde de salida en dichas conchas de pala, en el que se dispone un núcleo entre un revestimiento interior y un revestimiento exterior de dichas conchas de pala, situada dicha construcción de panel de emparedado del borde de salida en el lado del borde de salida de la pala de turbina eólica,  
20 en el que se dispone una línea de unión del borde de salida estructural adyacente a dicha al menos una construcción de panel de emparedado del borde de salida para unir dicha concha de pala del lado de presión y dicha concha de pala del lado de succión, separada dicha línea de unión del borde de salida estructural del borde de salida real de la pala de turbina eólica.

- Mediante la colocación de la línea de unión estructural para el borde de salida de la pala adyacente al panel de emparedado de la pala, se absorben más fácilmente las fuerzas de flexión en la al menos una estructura de emparedado de la concha de pala. Como resultado, El panel de emparedado del borde de salida de la pala de turbina eólica tiene un soporte de borde más rígido en la zona del borde de salida. Esto puede dar como resultado ahorros en el material del núcleo usado, dado que se requieren paneles de emparedado más delgados para proporcionar la misma estabilidad frente a pandeo, proporcionando unas palas de turbina eólica que son más ligeras y menos costosas de fabricar. Los ensayos han mostrado que es posible una reducción del 25 % en la cantidad de material del núcleo con la configuración anterior.  
25  
30

Además, mediante el desplazamiento de la línea de unión estructural separándola del borde de salida de la pala, es posible una reducción en la cantidad de adhesivo usado, dado que no se desperdicia adhesivo adicional en la zona del borde de salida en donde la eficacia estructural de la línea de unión es comparativamente peor.

- 35 Preferentemente, dicha concha de pala del lado de presión comprende una construcción de panel de emparedado del borde de salida del lado de presión y dicha concha de pala del lado de succión comprende una construcción de panel de emparedado del borde de salida del lado de succión, y en el que dicha línea de unión del borde de salida estructural se dispone entre al menos una parte de dichas construcciones de panel de emparedado del borde de salida del lado de presión y del lado de succión.

- 40 Al proporcionar la línea de uniones estructurales entre ambas construcciones de emparedado del lado de presión y de succión, las fuerzas de unión en el borde de salida de la pala se distribuyen fácilmente en el interior de los elementos estructurales de las conchas tanto del lado de presión como de succión.

- Dicha al menos una construcción de panel de emparedado se dispone para proporcionar superficies de unión paralelas entre dicha concha de pala del lado de presión y dicha concha de pala del lado de succión, en el que dicha línea de unión del borde de salida estructural se dispone entre dichas superficies de unión paralelas.  
45

- Al proporcionar la línea de unión estructural en un área que tiene superficies de unión paralelas, la unión estructural entre las conchas de pala es de una mejor calidad que una unión comparable entre superficies de unión no paralelas. Los ensayos han mostrado que la Tasa de Liberación de Energía (ERR, del inglés "Energy Release Rate") de una línea de unión dispuesta entre superficies paralelas es el 20 % menor que la ERR para una unión similar entre superficies no paralelas en el borde de salida de la pala. Dicha reducción en la ERR da como resultado una unión que tiene una posibilidad reducida de fallo o rotura en la interfaz de unión.  
50

Dicha al menos una construcción de panel de emparedado comprende un núcleo que tiene una parte extrema en pendiente, preferentemente dispuesta en el lado del borde de salida de dicho núcleo, en el que dicha línea de unión estructural se dispone adyacente a dicha parte extrema en pendiente de dicho núcleo.

Preferentemente, la pala de turbina eólica comprende adicionalmente un sellador no estructural proporcionado en el borde de salida real de la pala, entre extremos del borde de salida opuestos de las conchas del lado de presión y de succión.

Preferentemente, puede usarse un sellador simple, por ejemplo una capa de un material sellador Sikaflex.

- 5 Preferentemente, dicho sellador no estructural comprende una delgada capa de adhesivo.

En una realización adicional, la pala de turbina eólica comprende un elemento reflector o marcador proporcionado adyacente a dicha línea de unión del borde de salida estructural, de modo que dicho elemento reflector o marcador se dispone para medir el grosor de dicha línea de unión del borde de salida estructural usando un procedimiento de ensayo no destructivo, por ejemplo una técnica de escaneado con base magnética.

- 10 Se proporciona adicionalmente una turbina eólica que tiene al menos una pala de turbina eólica tal como se ha descrito anteriormente.

Se proporciona adicionalmente un método de fabricación de una parte de pala de turbina eólica, que comprende:

- 15 proporcionar un primer componente de pala que tiene una construcción de panel de emparedado en dicho primer componente de pala, en el que se dispone un núcleo entre un revestimiento interior y un revestimiento exterior de dicho primer componente de pala,  
proporcionar un segundo componente de pala,  
aplicando un adhesivo estructural a al menos uno de dichos primer y segundo componentes de pala;  
20 unir dichos primer y segundo componentes de pala de modo que dicho adhesivo estructural se disponga adyacente a al menos una parte de la construcción de panel de emparedado de dicho primer componente de pala; y  
curar dicho adhesivo estructural para formar una parte de una pala de turbina eólica, en la que el adhesivo curado forma una línea de unión estructural que se dispone adyacente a dicha al menos una construcción de panel de emparedado para unir dicho primer componente de pala y dicho segundo componente de pala, en el  
25 que dicha línea de unión estructural está separada del borde de ataque y del borde de salida de la pala de turbina eólica.

- Preferentemente, el método comprende la etapa de proporcionar un segundo componente de pala que tiene una construcción de panel de emparedado en dicho segundo componente de pala, en el que se dispone un núcleo entre un revestimiento interior y un revestimiento exterior de dicho segundo componente de pala, y en el que dicho adhesivo estructural se aplica a al menos uno de dichos primer y segundo componentes de pala adyacente a al  
30 menos una parte de la construcción de panel de emparedado.

Preferentemente, dicha etapa de unión comprende la unión de dichos primer y segundo componentes de pala de modo que dicho adhesivo estructural se dispone entre al menos una parte de las construcciones de panel de emparedado de dichos primer y segundo componentes de pala.

Preferentemente, dicho primer y segundo componentes de pala comprenden conchas de pala de turbina eólica.

### 35 **Descripción de la invención**

Se describirán ahora realizaciones de la invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 40 la Fig. 1 muestra una turbina eólica;  
la Fig. 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención;  
la Fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico de la pala de la Fig. 2;  
la Fig. 4 muestra una vista esquemática de la pala de turbina eólica de la Fig. 2, vista desde arriba y desde el lateral;  
la Fig. 5 ilustra una vista en sección transversal de una pala de turbina eólica que tiene una construcción de panel de emparedado;  
45 la Fig. 6 ilustra una vista ampliada de una unión estructural del borde de salida de la técnica anterior de una pala de turbina eólica; y  
la Fig. 7 ilustra una vista ampliada de una unión estructural del borde de salida de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención.

- 50 Se entenderá que elementos comunes a las diferentes realizaciones de la invención se han provisto con los mismos números de referencia en los dibujos.

La Fig. 1 ilustra una turbina eólica 2 frente al viento moderna de acuerdo con el denominado "Concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un árbol de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, cada una teniendo una raíz de pala 16 próxima al buje y una punta de pala 14 la más alejada desde el buje 8. El rotor tiene un radio indicado por R.

- 5 La Fig. 2 muestra una vista esquemática de una pala 10 de turbina eólica. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una zona de raíz 30 más cercana al buje, una zona perfilada o aerodinámica 34 la más alejada del buje y una zona de transición 32 entre la zona de raíz 30 y la zona aerodinámica 34. La pala 10 comprende un borde de ataque 18 que mira en la dirección de giro de la pala 10, cuando la pala se monta sobre el buje, y un borde de salida 20 que mira en la dirección opuesta al borde de ataque 18.

15 La zona aerodinámica 34 (también llamada la zona perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de empuje, mientras que la zona de raíz 30 debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que por ejemplo hace más fácil y más seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la zona de raíz 30 es típicamente constante a lo largo de toda el área de raíz 30. La zona de transición 32 tiene un perfil de transición que cambia gradualmente desde la forma circular o elíptica 40 de la zona de raíz 30 al perfil aerodinámico 50 de la zona aerodinámica 34. La longitud de cuerda de la zona de transición 32 se incrementa típicamente de modo sustancialmente lineal con el incremento de la distancia  $r$  desde el buje.

20 La zona aerodinámica 34 tiene un perfil aerodinámico 50 con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20 de la pala 10. El ancho de la cuerda disminuye con el incremento de la distancia  $r$  desde el buje.

25 Debería observarse que las cuerdas de diferentes secciones de la pala no reposan normalmente en un plano común, dado que la pala puede retorcerse y/o curvase (es decir doblado previo), proporcionando así al plano de la cuerda con una trayectoria retorcida y/o curvada, siendo este el caso más frecuente para compensar que la velocidad local de la pala dependa del radio desde el buje.

30 La Fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico 50 de una pala típica de una turbina eólica representada con varios parámetros, que se usan típicamente para definir la forma geométrica de un perfil aerodinámico. El perfil aerodinámico 50 tiene un lado de presión 52 y un lado de succión 54, que durante el uso —es decir durante la rotación del rotor— miran normalmente hacia el lado de barlovento (o frente al viento) y al lado de sotavento (o a favor de viento), respectivamente. El perfil aerodinámico 50 tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda  $c$  que se extiende entre un borde de ataque 56 y un borde de salida 58 de la pala. El perfil aerodinámico 50 tiene un grosor  $t$ , que se define como la distancia entre el lado de presión 52 y el lado de succión 54. El grosor  $t$  del perfil aerodinámico varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación respecto a un perfil simétrico viene dada por una línea de combadura 62, que es una línea media a través del perfil aerodinámico 50. La línea media puede hallarse mediante el dibujo de círculos inscritos desde el borde de ataque 56 al borde de salida 58. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia desde la cuerda 60 se llama combadura  $f$ . La asimetría también puede definirse mediante el uso de parámetros llamados combadura superior (o combadura del lado de succión) y combadura inferior (o combadura del lado de presión), que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado de succión 54 y el lado de presión 52, respectivamente.

40 Los perfiles aerodinámicos se caracterizan frecuentemente por los siguientes parámetros: la longitud de cuerda  $c$ , la combadura máxima  $f$ , la posición  $d_f$  de la combadura máxima  $f$ , el grosor de perfil aerodinámico máximo  $t$ , que es el diámetro mayor de los círculos inscritos a lo largo de la línea de combadura media 62, la posición  $d_t$  del grosor máximo  $t$ , y un radio de punta (no mostrado). Estos parámetros se definen típicamente como relaciones respecto a la longitud de cuerda  $c$ . Por ello, un grosor de pala relativo local  $t/c$  viene dado como la relación entre el grosor máximo local  $t$  y la longitud de cuerda local  $c$ . Adicionalmente, la posición  $d_b$  de la combadura máxima en el lado de presión puede usarse como un parámetro de diseño, y naturalmente también la posición de la combadura máxima en el lado de succión.

50 La Fig. 4 muestra algunos otros parámetros geométricos de la pala. La pala tiene una longitud de pala total  $L$ . Tal como se muestra en la Fig. 2, el extremo de raíz se localiza en la posición  $r = 0$ , y el extremo de punta se localiza en  $r = L$ . El apoyo 40 de la pala se localiza en una posición  $r = L_w$ , y tiene un ancho de apoyo  $W$ , que es igual a la longitud de cuerda en el apoyo 40. El diámetro de la raíz se define como  $D$ . Adicionalmente, La pala se proporciona con un curvado previo, que se define como  $\Delta y$ , que se corresponde a la flexión fuera del plano desde un eje de cambio de paso 22 de la pala.

55 Las palas de turbina eólica moderna pueden frecuentemente superar los 30 o 40 m de longitud, teniendo diámetros de raíz de pala de varios metros. Las palas de turbina eólica se diseñan en general para relativamente largas vidas útiles y para soportar considerable carga estructural y dinámica.

Con referencia a las Figs. 2 y 5, la pala de turbina eólica 10 comprende generalmente una concha fabricada de polímero reforzado con fibra, y se fabrica típicamente como una parte de concha del lado de presión 24 o frente al viento y una parte de concha del lado de succión 26 o hacia el viento que se encolan juntas a lo largo de líneas de unión 28 que se extienden a lo largo del borde de salida 20 y del borde de ataque 18 de la pala 10. Las palas de  
 5 turbina eólica se forman en general a partir de un material plástico reforzado con fibra, por ejemplo fibras de vidrio y o fibras de carbono que se disponen en un molde y se curan con una resina para formar una estructura sólida.

La pala 10 de la Fig. 5 comprende un par de almas de conexión 42 longitudinales centrales que se extienden entre los laminados estructurales primarios 44 de la pala 10. Las almas de conexión 42 proporcionan la resistencia de conexión de la pala 10. Fuera de la localización de los laminados principales 44, las conchas de pala 24, 26 son de  
 10 una construcción de panel de emparedado, en la que se proporciona un material del núcleo 46 entre las capas de fibra del cuerpo de la concha de pala. El material del núcleo 46 actúa para proporcionar rigidez estructural a las paredes de la concha de la pala relativamente delgadas, y proporciona resistencia al pandeo de la pala. Ejemplos de material del núcleo adecuado incluyen madera de balsa, espuma, por ejemplo espuma de poliuretano, espuma reforzada con fibra, bambú, etc.

15 En la realización de la Fig. 5, la pala comprende una construcción de panel de emparedado 48 del borde de salida en cada una de las conchas de pala 24, 26 en el lado del borde de salida 20 de las almas de conexión 42, y una construcción de panel de emparedado 49 del borde de ataque en las conchas de pala 24, 26 en el lado del borde de salida 20 de las almas de conexión 42.

20 Un ejemplo de una unión de borde de salida estructural de la técnica anterior se muestra en la Fig. 6, en el que se proporciona una cierta cantidad de adhesivo 70 entre las conchas de pala del lado de presión y del lado de succión 24, 26 en el borde de salida 20 de dichas conchas 24, 26.

Con referencia a la Fig. 7, se ilustra una vista en sección transversal ampliada de una unión del borde de salida estructural de una pala de acuerdo con la invención. En la FIG. 7, se proporciona un adhesivo estructural 80 como una línea de unión del borde de salida estructural entre partes de las construcciones de panel de emparedado 48 del  
 25 borde de salida de la pala 10, y está separada del borde de salida real 20 de la pala 10. Se entenderá que puede usarse cualquier adhesivo adecuado, por ejemplo, vinil éster, MMA, etc.

Mediante la disposición de la unión adhesiva estructural 80 adyacente y entre las construcciones de panel de emparedado 48 de la pala 10, se incrementa la resistencia al pandeo de la pala 10, dado que el panel queda más rígidamente soportado por el panel adyacente. Adicionalmente las fuerzas experimentadas por la línea de unión se transfieren directamente a los paneles de emparedado 48 relativamente rígidos, lo que reduce la posibilidad de inicio de rotura en las uniones adhesivas de la línea de unión entre las conchas de pala 24, 26.  
 30

Además, dado que se proporciona el adhesivo 80 como una línea de unión del borde de salida estructural directamente adyacente a los paneles de emparedado 48, se incrementa la efectividad de la unión entre las conchas 24, 26, lo que significa que se requiere menos adhesivo en la construcción de la pala 10, para proporcionar la misma resistencia de unión. Adicional o alternativamente, dado que las fuerzas de flexión se transfieren directamente a las construcciones de panel de emparedado 48, puede reducirse la cantidad de material del núcleo 46 usado en la construcción de la pala. Ensayos de dicha construcción de pala han mostrado que es posible una reducción del 25 % en la cantidad de material del núcleo, a través de la recolocación apropiada de la línea de unión estructural 80 del borde de salida de la pala.  
 35

40 Preferentemente, no se proporciona ningún adhesivo estructural 80 en el borde de salida 20 de la pala 10, dado que las líneas de unión estructural entre las conchas de pala 24, 26 se mueven a localizaciones más efectivas, adyacentes a o entre las construcciones de panel de emparedado 48. En la FIG. 7, se localiza un sellador simple o adhesivo no estructural 82 en el borde de salida real 20 de la pala 10, entre los extremos de las conchas de pala del lado de presión y del lado de succión 24, 26. El uso de dicho sellador simple 82 actúa para impedir la entrada de suciedad y humedad en la cavidad 84 formada entre la línea de unión estructural 80 del borde de salida y las conchas del lado de presión y del lado de succión 24, 26, e impide adicionalmente la generación de cualquier ruido operativo debido a la presencia de dicha cavidad en el borde de salida 20 de la pala. El sellador puede ser cualquier material de bajo coste, peso ligero, por ejemplo, SikaFlex ® proporcionado por Sika AG.  
 45

En la realización de la Fig. 7, el material del núcleo 46 usado en las construcciones de panel de emparedado 48 comprende un extremo en pendiente 86, en ese lado del material del núcleo 46 que mira al borde de salida 20 de la pala 10. Los extremos en pendiente 86 del material del núcleo 46 se disponen de modo que la superficie del extremo en pendiente 86 del material del núcleo 46 de la concha del lado de succión 26 mira a una parte de la superficie superior del material del núcleo 46 de la concha del lado de presión 24, que presenta un par de superficies sustancialmente paralelas en oposición de las construcciones de panel de emparedado 46. En consecuencia, la línea de unión 80 del borde de salida estructural se proporciona entre superficies paralelas opuestas de las construcciones de panel de emparedado 46, dando como resultado una línea de unión paralela. Dicha línea de unión paralela presenta una unión considerablemente más fuerte que la técnica anterior, con una resistencia mejorada al  
 50  
 55

fallo de la interfaz o rotura entre la línea de unión 80 y las conchas de pala 24, 26.

5 Ensayos de componentes han mostrado que una línea de unión estructural 80 entre un par de superficies paralelas de acuerdo con una realización de la invención, tal como se ilustra en la sección X destacada de la Fig. 7, tiene una Tasa de Liberación de Energía (ERR) reducida en comparación con una línea de unión 70 localizada entre superficies en ángulo en un borde de salida de la pala, tal como se muestra en la sección Y destacada de la Fig. 6. Las investigaciones han mostrado que dicha disposición paralela de superficies de unión presentan una ERR que es el 20 % menor que la ERR para las superficies no paralelas ensayadas en el borde de salida de la pala.

10 Mientras que la línea de unión estructural se posiciona preferentemente entre construcciones de panel de emparedado 48, 49 opuestas, que actúan para unir partes de las construcciones de panel de emparedado 48, 49 juntas, se entenderá que la línea de unión estructural puede localizarse adyacente a solamente una construcción de panel de emparedado 48, 49 y una parte de las capas de fibra opuestas del cuerpo de la concha de pala. La unión de una construcción de panel de emparedado 48, 49 de una concha 24, 26 a las capas de fibra simples de la concha 24, 26 opuesta proporciona una mejora moderada en la resistencia de unión y rigidez de flexión de la línea de unión, cuando se compara con el planteamiento de la técnica anterior y unión de capas de fibra opuestas de la pala 10, fuera del área de las construcciones de panel de emparedado 46, 48.

20 Se entenderá que la nueva configuración de una línea de unión estructural entre zonas de emparedado de una pala de turbina eólica proporciona una estabilidad de junta y una resistencia al pandeo incrementadas, y reduce el riesgo de inicio de roturas en la junta adhesiva. En consecuencia, puede reducirse considerablemente la cantidad de adhesivo estructural y/o de material de núcleo usado en la fabricación de la pala, dando como resultado una pala de turbina eólica que tiene un peso y coste reducidos en comparación con la técnica anterior.

La invención no está limitada a las realizaciones descritas en el presente documento, y puede modificarse o adaptarse sin apartarse del alcance de la presente invención, que se define por las reivindicaciones que siguen.

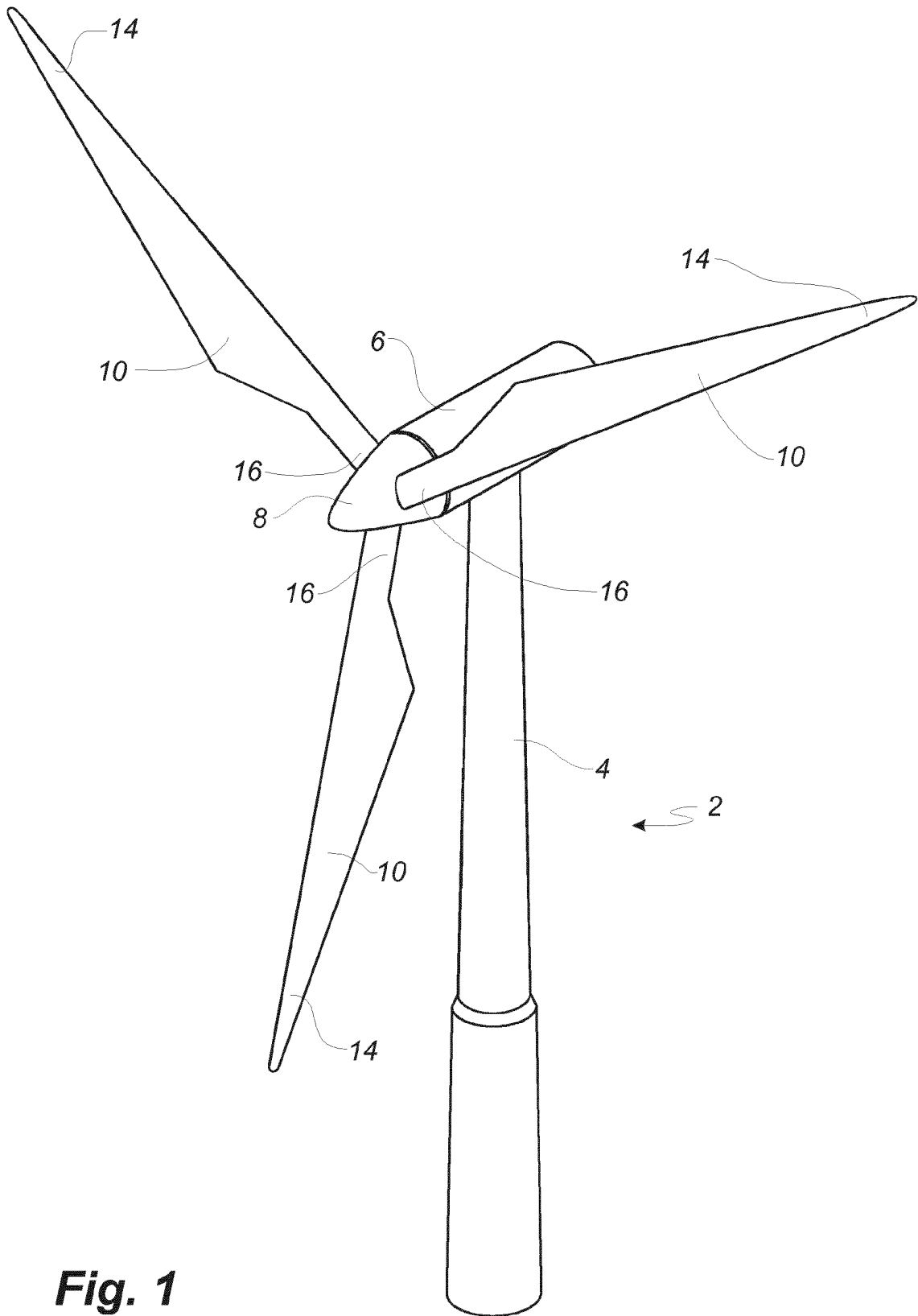
**REIVINDICACIONES**

1. Una pala de turbina eólica (10) formada a partir de una concha de pala del lado de presión (24) y una concha de pala del lado de succión (26) unidas para formar un cuerpo de pala que tenga un perfil aerodinámico con un borde de ataque (18) y un borde de salida (20),
  - 5 comprendiendo dicha pala (10) al menos una construcción de panel de emparedado en dichas conchas de pala (24; 26), en el que se dispone un núcleo (46) entre un revestimiento interior y un revestimiento exterior de dichas conchas de pala (24; 26), en el que dicha al menos una construcción de panel de emparedado comprende un núcleo (46) que tiene una parte extrema en pendiente (86), preferentemente dispuesta en el lado del borde de salida de dicho núcleo (46),
  - 10 en el que se dispone una línea de unión estructural (80) adyacente a dicha al menos una construcción de panel de emparedado para unir una parte de dicha concha de pala del lado de presión (24) y una parte de dicha concha de pala del lado de succión (26), en el que dicha línea de unión estructural (80) está separada del borde de ataque (18) y del borde de salida (20) de la pala (10) de turbina eólica,
  - 15 en el que dicha al menos una construcción de panel de emparedado se dispone para proporcionar superficies de unión paralelas entre dicha concha de pala del lado de presión (24) y dicha concha de pala del lado de succión (26), en el que dicha línea de unión estructural (80) se dispone entre dichas superficies de unión paralelas (80), y en el que dicha línea de unión estructural (80) se dispone adyacente a dicha parte extrema en pendiente (86) de dicho núcleo (46) de dicho al menos un panel de emparedado.
2. La pala de turbina eólica de la reivindicación 1, en la que dicha línea de unión estructural (80) se dispone entre un par de construcciones de panel de emparedado para unir dicha concha de pala del lado de presión (24) a dicha concha de pala del lado de succión (26).
3. La pala de turbina eólica de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que dicha pala (10) comprende al menos una construcción de panel de emparedado del borde de salida en dichas conchas de pala (24; 26), en el que se dispone un núcleo (46) entre un revestimiento interior y un revestimiento exterior de dichas conchas de pala (24; 26),
  - 25 situada dicha construcción de panel de emparedado del borde de salida en el lado del borde de salida de la pala (10) de turbina eólica,
  - en el que se dispone una línea de unión del borde de salida estructural adyacente a dicha al menos una construcción de panel de emparedado del borde de salida para unir dicha concha de pala del lado de presión (24) y dicha concha de pala del lado de succión (26), separada dicha línea de unión del borde de salida estructural del borde de salida real de la pala de turbina eólica.
  - 30
4. La pala de turbina eólica de la reivindicación 3, en la que dicha concha de pala del lado de presión (24) comprende una construcción de panel de emparedado del borde de salida del lado de presión y dicha concha de pala del lado de succión (26) comprende una construcción de panel de emparedado del borde de salida del lado de succión, y en el que dicha línea de unión del borde de salida estructural se dispone entre al menos una parte de dichas construcciones de panel de emparedado del borde de salida del lado de presión y del lado de succión.
  - 35
5. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en la que la pala de turbina eólica comprende adicionalmente un sellador no estructural proporcionado en el borde de salida real de la pala, entre extremos del borde de salida opuestos de las conchas del lado de presión y de succión (24; 26).
6. La pala de turbina eólica de la reivindicación 5, en la que dicho sellador no estructural comprende un adhesivo basado en poliuretano.
  - 40
7. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en la que la pala de turbina eólica comprende un elemento reflector o marcador proporcionado adyacente a dicha línea de unión estructural (80), de modo que dicho elemento reflector o marcador se dispone para medir el grosor de dicha línea de unión (80) estructural usando un procedimiento de ensayo no destructivo, por ejemplo una técnica de escaneado con base magnética.
8. Una turbina eólica que tiene al menos una pala de turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7.
  - 45
9. Un método de fabricación de una parte de pala (10) de turbina eólica, que comprende:
  - proporcionar un primer componente (24) de pala que tiene una construcción de panel de emparedado en dicho primer componente de pala (24), en el que se dispone un núcleo (46) entre un revestimiento interior y un revestimiento exterior de dicho primer componente (24) de pala, teniendo dicho núcleo una parte extrema (86) en pendiente,
  - 50 proporcionar un segundo componente de pala (26),

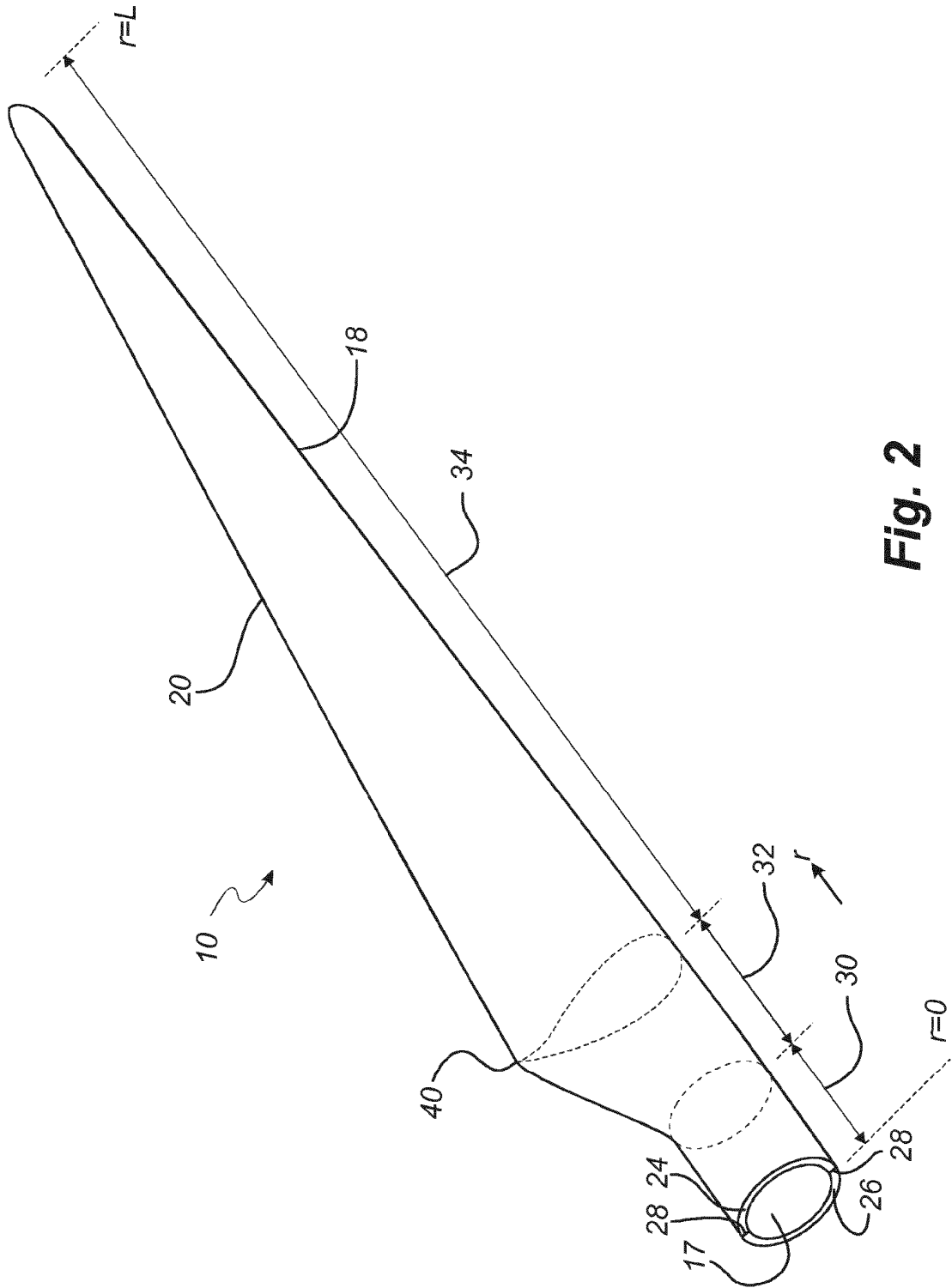


- aplicando un adhesivo estructural (80) a al menos uno de dichos primer y segundo componentes de pala (24; 26);  
uniendo dicho primer y segundo componentes de pala (24; 26) de modo que dicho adhesivo estructural (80) se disponga adyacente a al menos una parte de la construcción de panel de emparedado de dicho primer componente de pala (24), dispuesto dicho adhesivo estructural (80) adyacente a dicha parte extrema en pendiente (86) de dicho núcleo (46) de dicha al menos una construcción de panel de emparedado; y  
5 curar dicho adhesivo estructural (80) para formar una parte de una pala (10) de turbina eólica, en la que el adhesivo curado forma una línea de unión estructural (80) dispuesta adyacente a dicha al menos una construcción de panel de emparedado para unir dicho primer componente de pala (24) y dicho segundo  
10 componente de pala (26), en el que dicha línea de unión estructural (80) está separada del borde de ataque (18) y del borde de salida (20) de la pala (10) de turbina eólica y en el que dicha al menos una construcción de panel de emparedado se dispone para proporcionar superficies de unión paralelas entre dicho primer componente de pala (24) y dicho segundo componente de pala (26), en el que dicha línea de unión estructural (80) se dispone entre dichas superficies de unión paralelas.
- 15 10. El método de la reivindicación 9, en el que el método comprende la etapa de proporcionar un segundo componente de pala que tiene una construcción de panel de emparedado en dicho segundo componente de pala, en el que se dispone un núcleo (46) entre un revestimiento interior y un revestimiento exterior de dicho segundo componente de pala, y en el que dicho adhesivo estructural se aplica a al menos uno de dichos primer y segundo componentes de pala adyacentes a al menos una parte de la construcción de panel de emparedado.
- 20 11. El método de la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el que dicha etapa de unión comprende la unión de dichos primer y segundo componentes de pala de modo que dicho adhesivo estructural se dispone entre al menos una parte de las construcciones de panel de emparedado de dichos primer y segundo componentes de pala.
12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que dicho primer y segundo componentes de pala comprenden conchas de pala de turbina eólica (24; 26).

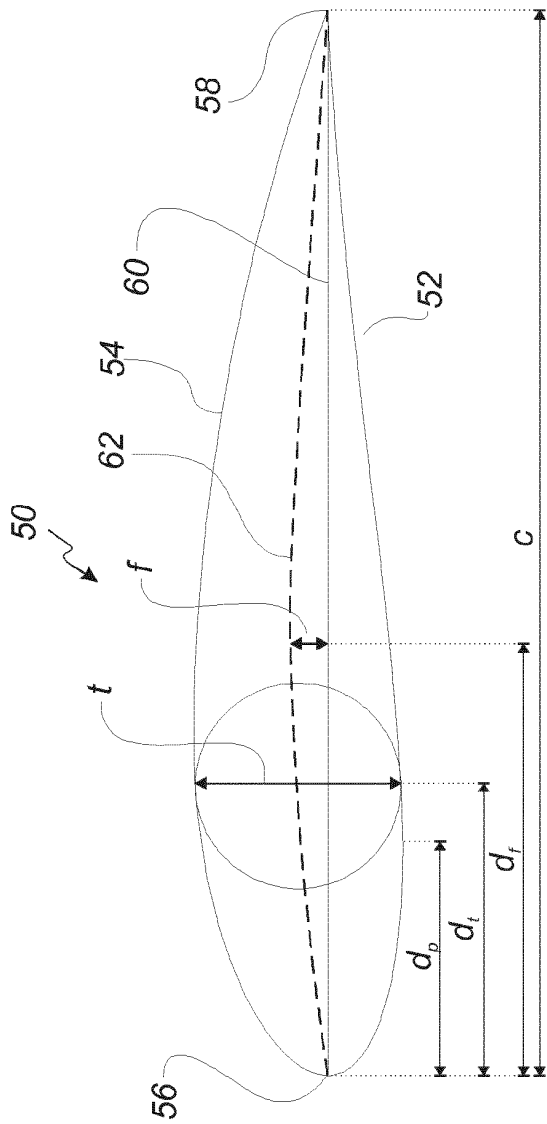
25



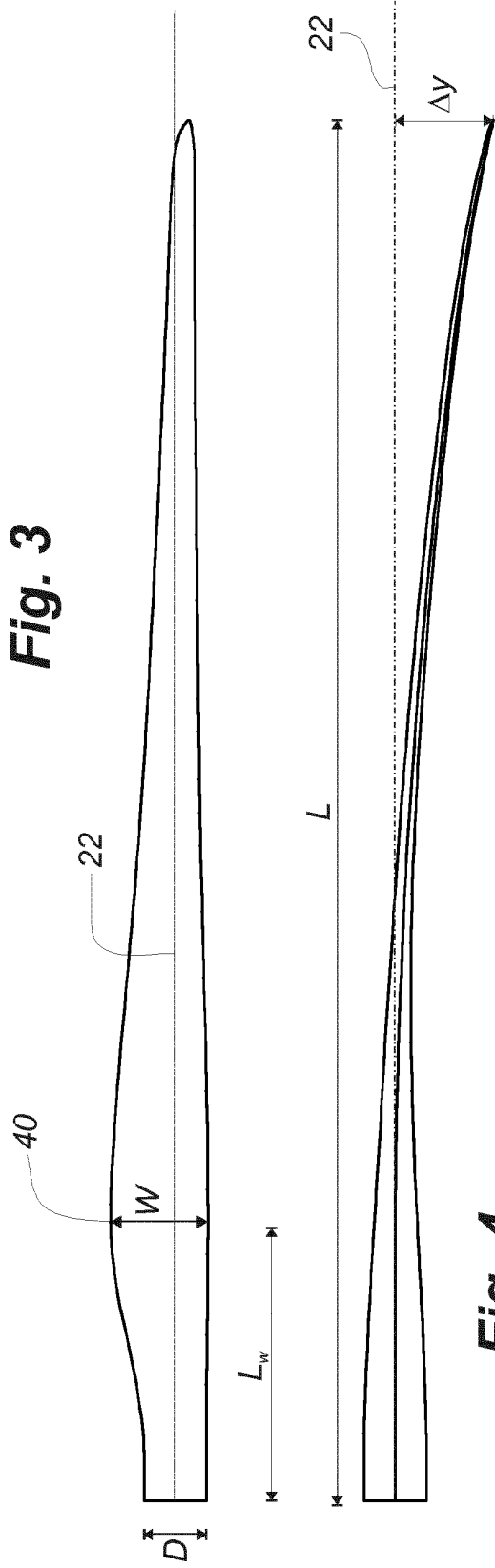
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

