

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 344**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

**B29D 99/00** (2010.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2021** **PCT/DK2021/050219**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.01.2022** **WO22002337**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2021** **E 21742040 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2024** **EP 4176173**

54 Título: **Pala de aerogenerador**

30 Prioridad:

**03.07.2020 DK PA202070459**

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

**22.01.2025**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.00%)**

**Hedeager 42**

**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**KJELDSEN, PREBEN y**

**SCHMIDT, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 994 344 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 aerogenerador

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere de manera general a aerogeneradores y, más específicamente, a una pala de aerogenerador y a un método para fabricar una pala de aerogenerador.

**Antecedentes**

10 Las palas de aerogeneradores modernos típicamente comprenden una carcasa que define el contorno aerodinámico de la pala y uno o más largueros que se extienden longitudinalmente y que actúan como las principales estructuras de soporte de carga de la pala. Un larguero típicamente comprende un alma de corte conectada entre tapas de larguero opuestas proporcionadas respectivamente en los lados de barlovento y de sotavento de la pala. Las tapas de larguero están configuradas para absorber las cargas de flexión experimentadas por la pala en uso y, por lo tanto, típicamente comprenden un material con una alta resistencia a la tracción, tal como plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP). En algunas palas de aerogenerador, las tapas de larguero están formadas por una pluralidad de tiras de material de refuerzo dispuestas en una pluralidad de pilas unas al lado de otras para permitir que las tapas de larguero se ajusten a la curvatura en el sentido de la cuerda de la pala.

15 El perfil aerodinámico de una pala de aerogenerador moderno típicamente se retuerce a lo largo de la longitud de la pala para capturar la energía del viento de manera más efectiva. Por lo tanto, un molde configurado para formar la carcasa de la pala comprende típicamente una superficie de molde con una inclinación que varía a lo largo de su longitud. No obstante, la inclinación variable de la superficie de molde introduce desafíos cuando se fabrica una pala que tiene una tapa de larguero formada por tiras apiladas. En particular, las tiras apiladas tienen tendencia a moverse o deslizarse en secciones muy inclinadas del molde debido a la gravedad, y mantener las tiras en sus posiciones previstas puede ser difícil. El documento US2018/223797A1 describe un método conocido para fabricar una pala que tiene una tapa de larguero formada por tiras apiladas.

Es en este contexto en el que se ha desarrollado la presente invención.

25 **Compendio de la invención**

En un primer aspecto de la invención, se proporciona una pala de aerogenerador que comprende una carcasa de pala que se extiende en una dirección en el sentido de la envergadura desde un extremo de raíz hasta un extremo de punta, y en una dirección en el sentido de la cuerda desde un borde de ataque hasta un borde de salida. La carcasa de la pala comprende una tapa de larguero formada a partir de una pluralidad de tiras sustancialmente planas de material de refuerzo, las tiras que están dispuestas en una pluralidad de pilas que se extienden longitudinalmente en la dirección en el sentido de la envergadura y que están dispuestas unas al lado de otras en la dirección en el sentido de la cuerda. En cada pila, la tira más superior define la superficie superior de la pila, la tira más inferior define la superficie inferior de la pila y los bordes longitudinales de las tiras apiladas definen las superficies laterales de la pila. La pala comprende además un clip de retención que comprende una pluralidad de secciones sustancialmente en forma de U, unas al lado de otras. Las secciones en forma de U comprenden, cada una, un par de partes laterales mutuamente separadas que definen una región de recepción de pilas entre las mismas, y las partes laterales están unidas por una parte de puente. Al menos algunas de las pilas están situadas en las regiones de recepción de pilas del clip de retención, de manera que las partes laterales de las secciones en forma de U se apoyen en las superficies laterales de las pilas. Cada sección en forma de U del clip de retención está invertida con respecto a su sección o secciones en forma de U vecinas de manera que las partes de puente de las respectivas secciones en forma de U se extiendan alternativamente a través de las superficies superior e inferior de las pilas en la dirección en el sentido de la cuerda.

Durante la fabricación de la pala, el clip de retención mantiene las posiciones de las tiras en sus respectivas pilas y evita que las tiras se deslicen o se muevan de otro modo unas con respecto a otras.

45 La disposición invertida de secciones en forma de U vecinas significa que una sección en forma de U del clip de retención que tiene una parte de puente que se extiende a través de la superficie superior de una pila será inmediatamente adyacente a al menos una sección en forma de U que tiene una parte de puente que se extiende a lo largo de la superficie inferior de una pila. De manera similar, una sección en forma de U con una parte de puente que se extiende a través de la superficie inferior de una pila será inmediatamente adyacente a al menos una sección en forma de U que tiene una parte de puente que se extiende a través de la superficie superior de una pila. El clip de retención puede parecerse a una forma de onda cuadrada.

55 Las tiras 'más superiores' y 'más inferiores' de la pila se refieren a las tiras más superiores y más inferiores en la ubicación en el sentido de la envergadura del clip de retención. Se apreciará que el número de tiras en la pila puede variar en diferentes ubicaciones en el sentido de la envergadura de la pala, por ejemplo, el número de tiras puede caer hacia los extremos de las pilas de manera que la tapa del larguero se estreche en altura hacia sus extremos.

- El clip de retención puede tener una primera sección en forma de U en un primer extremo y una segunda sección en forma de U en un segundo extremo. También se hace referencia a estas secciones en forma de U como secciones en forma de U “más extremas”. El clip de retención puede tener cualquier número de secciones en forma de U intermedias entre las secciones más extremas. El número de secciones en forma de U en total corresponde preferiblemente al número de pilas unas al lado de otras. En tales casos, cada sección en forma de U del clip de retención puede acomodar una única pila. En otros ejemplos, cada sección en forma de U puede acomodar múltiples pilas.
- Al menos una sección en forma de U del clip de retención, preferiblemente una sección más extrema, puede comprender una pestaña de retorno que se extiende desde una parte lateral de la sección en forma de U. La pestaña de retorno se puede extender sustancialmente paralela y separada de la parte de puente de esa sección en forma de U. Se puede situar una pila entre la parte de puente y la pestaña de retorno de manera que la parte de puente se extienda a través de una de las superficies superior o inferior de una pila y la pestaña de retorno se extienda, al menos parcialmente, a través de la otra de las superficies superior o inferior de la pila. Durante la fabricación de la pala, la pila se puede agarrar entre la pestaña de retorno y la parte de puente.
- Un extremo del clip de retención puede comprender una pestaña de localización. La pestaña de localización se puede extender en la dirección en el sentido de la cuerda debajo de un componente de carcasa de pala situado adyacente a la tapa del larguero. El componente de carcasa de pala es preferiblemente un panel de material de núcleo. El material de núcleo puede comprender un material tal como, por ejemplo, espuma estructural, poliestireno o madera de balsa.
- La pestaña de localización se puede extender desde una parte lateral de una sección en forma de U más extrema. La pestaña de localización puede ser sustancialmente coplanar con la pestaña de retorno. Las dos pestañas se pueden extender en el sentido de la cuerda en direcciones opuestas desde la parte lateral de una sección en forma de U más extrema.
- Las pilas unas al lado de otras pueden estar ligeramente separadas en la dirección en el sentido de la cuerda por las partes laterales de las secciones en forma de U del clip de retención.
- La pala de aerogenerador puede comprender uno o más pares de clips de retención dispuestos unos al lado de otros en la dirección en el sentido de la envergadura. Las secciones en forma de U de uno de los clips de retención en cada par pueden estar invertidas con relación a las secciones en forma de U del otro clip de retención en el par.
- Preferiblemente, cada pila se sitúa en una sección en forma de U de uno de los clips de retención en el par y en una sección en forma de U correspondiente del otro clip de retención en el par. Por consiguiente, una parte de puente de una sección en forma de U de uno de los clips de retención en el par se puede extender a través de una de las superficies superior o inferior de una pila, mientras que una parte de puente de una sección en forma de U del otro clip de retención en el par se puede extender a través de la otra de las superficies superior e inferior de la pila.
- La pala de aerogenerador puede comprender una pluralidad de clips de retención, o una pluralidad de pares de clips de retención. La pluralidad de clips de retención, o la pluralidad de pares de clips de retención, puede estar separada entre sí en la dirección en el sentido de la envergadura.
- Una o más de las pilas pueden comprender una región de extremo cónica. El clip o cada clip de retención se puede colocar en el exterior de la región de extremo cónica.
- Un perfil en sección transversal en el sentido de la cuerda de las regiones de recepción de pilas del clip de retención corresponde preferiblemente sustancialmente en forma a un perfil en sección transversal en el sentido de la cuerda de las pilas. Preferiblemente, las pilas y las regiones de recepción de pilas del clip de retención son sustancialmente rectangulares en sección transversal en el sentido de la cuerda.
- Las partes laterales de las secciones en forma de U pueden tener una altura que corresponde sustancialmente a la altura de las pilas. Las pilas comprenden una pluralidad de tiras planas de material de refuerzo que están dispuestas en capas. Las pilas también pueden comprender capas de material (tal como tejido de vidrio o carbono) intercaladas entre las tiras planas. La altura de las pilas es la distancia entre la capa más superior de la pila y la capa más inferior de la pila.
- Las partes de puente de las secciones en forma de U pueden tener una longitud que corresponde sustancialmente a la anchura en el sentido de la cuerda de las pilas.
- El clip o cada clip de retención puede estar formado por un material polimérico reforzado con fibras. El clip o cada clip de retención puede ser un componente curado previamente. Por lo tanto, el clip de retención puede comprender resina que ya esté curada antes de que la tira se coloque en relación con las pilas. El clip de retención también se podría formar a partir de una moldura de plástico de alta resistencia.
- En un segundo aspecto de la invención se proporciona un método de fabricación de una pala de aerogenerador. El método comprende proporcionar un molde de carcasa de pala que se extiende en una dirección en el sentido de la

envergadura desde un extremo de raíz hasta un extremo de punta y en una dirección en el sentido de la cuerda desde un borde de ataque hasta un borde de salida, y proporcionar una pluralidad de tiras sustancialmente planas de material de refuerzo. El método comprende además disponer las tiras en el molde en una pluralidad de pilas para formar al menos parte de una tapa de larguero, las pilas que se extienden en la dirección en el sentido de la envergadura y que están dispuestas unas al lado de otras en la dirección en el sentido de la cuerda. En cada pila, la tira más superior define una superficie superior de la pila, la tira más inferior define una superficie inferior de la pila, y los bordes longitudinales de las tiras apiladas definen superficies laterales de la pila. El método comprende además proporcionar un clip de retención que comprende una pluralidad de secciones en forma de U sustancialmente unas al lado de otras. Cada sección en forma de U comprende un par de partes laterales mutuamente separadas que definen una región de recepción de pilas entre las mismas, las partes laterales que están unidas por una parte de puente. El método comprende además disponer al menos algunas de las pilas en las regiones de recepción de pilas del clip de retención, de manera que las partes laterales de las secciones en forma de U se apoyen en las superficies laterales de las pilas. Cada sección en forma de U del clip de retención está invertida con respecto a su sección o secciones en forma de U vecinas de manera que las partes de puente de las respectivas secciones en forma de U se extienden alternativamente a través de las superficies superior e inferior de las pilas en la dirección en el sentido de la cuerda.

En un aspecto adicional de la invención se proporciona un clip de retención para una tapa de larguero de pala de aerogenerador configurada para retener tiras de material de refuerzo en una formación apilada y restringir el movimiento de una pluralidad de pilas de tiras unas con relación a otras. El clip comprende una serie de secciones sustancialmente en forma de U, cada una que tiene un par de partes laterales mutuamente separadas unidas por una parte de puente. Cada sección en forma de U está invertida con respecto a su sección o secciones en forma de U vecinas.

Las características opcionales descritas en relación con el primer aspecto de la invención son igualmente aplicables a cualquier otro aspecto de la invención, se evita la repetición de estas características puramente por razones de concisión.

### Breve descripción de las figuras

Ahora se describirán realizaciones de la presente invención, a modo de ejemplo no limitante solamente, con referencia a las figuras que se acompañan, en las que:

la Figura 1 es una vista esquemática de despiece de una pala de aerogenerador que comprende una carcasa formada por dos medias carcasas, cada una que comprende una tapa de larguero formada por pilas de tiras de material de refuerzo;

la Figura 2 es una vista en sección transversal de un molde de pala durante la fabricación de una media carcasa que muestra una serie de dificultades que surgen a partir del uso de tiras de material de refuerzo;

la Figura 3a es una vista esquemática en perspectiva de un clip de retención usado para mantener la posición de tiras y pilas unas con relación a otras durante la fabricación de una media carcasa;

la Figura 3b es una vista esquemática en sección transversal de una pluralidad de pilas de tiras dispuestas en secciones en forma de U del clip de retención;

la Figura 4 es una vista esquemática en perspectiva de una parte en el sentido de la envergadura de una tapa de larguero en la que las pilas de tiras están dispuestas con un par de clips de retención; y

las Figuras 5a y 5b son vistas esquemáticas en sección transversal de clips de retención en otros ejemplos.

### Descripción detallada

La Figura 1 muestra una vista esquemática de despiece de una pala de aerogenerador 10. La pala 10 comprende una primera mitad de carcasa 12a y una segunda mitad de carcasa 12b, cada una que se extiende en una dirección en el sentido de la envergadura (S) desde un extremo de raíz 14 de la pala 10 hasta un extremo de punta 16, y en una dirección en el sentido de la cuerda (C) entre un borde de ataque 18 y un borde de salida 20. La primera y segunda mitades de carcasa 12a, 12b se unen entre sí para formar una carcasa de pala 22. La carcasa de pala 22 define un contorno aerodinámico y está configurada para capturar energía del viento incidente sobre la pala 10. La carcasa de pala 22 se puede retorcer a lo largo de su longitud en el sentido de la envergadura para capturar energía eólica de la manera más efectiva.

La pala 10 comprende además tapas de larguero 24 que se extienden longitudinalmente para soportar las cargas de flexión experimentadas por la pala 10 en uso. Las medias carcasas 12 comprenden tapas de larguero 24 que pueden estar incrustadas en capas laminadas de la media carcasa 12, formando la denominada carcasa estructural. Las tapas de larguero 24 están formadas por una pluralidad de tiras sustancialmente planas de material de refuerzo 26 dispuestas unas al lado de otras en pilas 28 que se extienden longitudinalmente en la dirección en el sentido de la envergadura (S). La pala 10 puede comprender además almas de corte 30 unidas entre las tapas de larguero 24

mutuamente opuestas de la primera y segunda mitades de carcasa 12a, 12b para formar estructuras de larguero que proporcionan soporte estructural para la pala 10 en uso.

Como se ha descrito anteriormente a modo de antecedentes, las tiras de material de refuerzo 26 pueden comprender un material relativamente rígido tal como plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP). Como tal, las tiras 26 pueden comprender una resiliencia elástica inherente, debido a la naturaleza extensible del material de refuerzo, que hace que las tiras 26 sean algo resistentes a la torsión a lo largo de su longitud longitudinal. Esto puede presentar problemas durante la fabricación de la pala 10, como se describirá ahora con referencia a la Figura 2.

La Figura 2 muestra una pluralidad de tiras de material de refuerzo 26 dispuestas sobre una superficie de molde 32 de un molde de carcasa de pala 34 en una pluralidad de pilas 28 para formar una tapa de larguero 24. Los bordes longitudinales 36 de las tiras 26 en una pila 28 definen superficies laterales 38 de esa pila, y una tira más superior 40 y una tira más inferior 42 en cada pila 28 definen las superficies superior e inferior 44, 46 de esa pila. Las pilas 28 mostradas en la Figura 2 deberían ser sustancialmente rectangulares en la sección transversal en el sentido de la cuerda. No obstante, las tiras 26 en las pilas 28 no están restringidas y, por lo tanto, pueden moverse unas con relación a otras en el molde 34.

Para formar una carcasa de pala 22 que se retuerza a lo largo de su longitud en el sentido de la envergadura, el molde 34 puede comprender una superficie de molde 32 que tiene una inclinación que varía entre un extremo de raíz del molde 34 y un extremo de punta del molde 34. En algunos casos, la resiliencia elástica del material de refuerzo puede restringir la torsión de las tiras 26 de manera que las tiras 26 no se ajusten a las variaciones en la inclinación de la superficie de molde 32 sin ayuda. La transición entre una parte exterior relativamente plana de la superficie de molde 32 y una superficie inclinada 32 de manera relativamente pronunciada en una parte de raíz puede ser particularmente problemática.

Las tensiones internas resultantes de la torsión de las tiras 26 actúan para retirar las tiras 26 a su estado plano y neutro. Estas tensiones de torsión hacen que un primer borde longitudinal 36a de cada tira 26 sea presionado hacia la superficie de molde 32 mientras que un segundo borde longitudinal 36b de cada tira 26 se levante de la superficie de molde 32 a medida que la tira 26 intenta enderezarse por sí misma. Como se muestra en la Figura 2, esto puede dar como resultado la formación de un escalón entre pilas 28 adyacentes donde las superficies superiores 44 de las pilas 28 vecinas no están al ras, es decir, no son coplanares.

Los escalones entre pilas 28 adyacentes pueden hacer que el material que está dispuesto en la parte superior de las pilas 28 en el molde 34, tal como esteras de fibra de vidrio, llegue a ser arrugado. Tales arrugas pueden causar concentraciones de tensión en la estructura laminada de la carcasa 22, y también presentan una superficie irregular para que se unan las almas de corte 30, disminuyendo la resistencia de la conexión entre las almas 30 y las medias carcasas 12.

Una parte de la superficie de molde 32 configurada para formar una parte de raíz de la carcasa de pala 22 con un perfil en sección transversal sustancialmente circular puede estar inclinada de manera relativamente pronunciada. La inclinación pronunciada de la superficie de molde 32 en esta región puede hacer que las tiras 26 en las pilas 28 se deslicen unas con relación a otras. Este deslizamiento no deseado puede dar como resultado el llamado "efecto libro", por el cual la pila 28 se asemeja a un libro con el lomo ladeado. Esto puede dar como resultado una desalineación de las tiras 26, y también puede dar como resultado que otros componentes de la carcasa dispuestos adyacentes a las pilas 28 se coloquen incorrectamente en el molde 34.

Con el fin de superar al menos algunas de las dificultades descritas anteriormente implicadas en la fabricación de una pala de aerogenerador 10, las tiras 26 se pueden mantener en su lugar mediante un clip de retención 48 tal como los mostrados en las figuras restantes.

Con referencia ahora a las Figuras 3a y 3b, un clip de retención 48 según un ejemplo de la presente invención comprende una pluralidad de secciones sustancialmente en forma de U 50 que están configuradas para recibir las pilas 28 de las tiras 26 que forman una tapa de larguero 24. El clip de retención 48 mostrado en las Figuras 3a y 3b comprende tres secciones en forma de U 50 unas al lado de otras. Las secciones en forma de U 50 están formadas por partes laterales 52 mutuamente separadas que se unen por partes de puente 54 que se extienden transversalmente entre las partes laterales 52. Cada sección en forma de U 50 está invertida con respecto a su sección o secciones en forma de U vecinas. Como tal, las partes de puente 54 de las secciones en forma de U 50 adyacentes se extienden entre los extremos opuestos de las partes laterales 52.

Una primera sección en forma de U 50a define un primer extremo 56 del clip de retención 48, y una segunda sección en forma de U 50b define un segundo extremo 58 del clip de retención 48. Por lo tanto, se puede hacer referencia a la primera y segunda secciones en forma de U 50a, 50b como secciones en forma de U más extremas. El clip de retención 48 en las Figuras 3a y 3b comprende además una sección en forma de U intermedia 50c entre las secciones en forma de U más extremas 50a, 50b. El clip de retención 48 puede comprender cualquier número de secciones en forma de U intermedias 50c entre las secciones en forma de U más extremas 50a, 50b, sin incluir ninguna sección en forma de U intermedia 50c. Por ejemplo, los clips de retención 48 mostrados en las Figuras 5a y

5b comprenden una primera y segunda secciones en forma de U 50a, 50b y ninguna sección en forma de U intermedia 50c.

Las secciones en forma de U 50 definen regiones de recepción de pilas 60 en las que las pilas 28 de las tiras 26 están dispuestas como se muestra en la Figura 3b. Cada región de recepción de pilas 60 se puede configurar para recibir una única pila 28 de tiras 26. Cuando se ve en sección transversal en el sentido de la cuerda, la forma de las regiones de recepción de pilas 60 corresponde preferiblemente a un perfil en sección transversal de las pilas 28 como se muestra en la Figura 3b. Por ejemplo, cuando las pilas 28 de las tiras 26 son sustancialmente rectangulares en sección transversal, las correspondientes regiones de recepción de pilas 60 en las que están dispuestas las pilas 28 también son preferiblemente sustancialmente rectangulares en forma de sección transversal.

El clip de retención 48 está configurado para formar un ajuste perfecto alrededor de las pilas 28. Como tal, las partes laterales 52 de las secciones en forma de U 50 tienen preferiblemente una altura que corresponde sustancialmente a la altura de la pila 28 dispuesta en una región de recepción 60 dada. De manera similar, la longitud de cada parte de puente 54 corresponde preferiblemente a la anchura en el sentido de la cuerda de la pila 28 dispuesta en la región de recepción 60 respectiva. La parte de puente 54 fija la distancia entre las partes laterales 52. Hacer coincidir sustancialmente la longitud de la parte de puente 54 con la anchura de una pila 28 supone, por lo tanto, que la pila 28 se agarre en la región de recepción de pilas 60 entre las partes laterales 52 por un ajuste de interferencia.

Cuando las pilas 28 están dispuestas en regiones de recepción 60 del clip de retención 48, las superficies laterales 38 de las pilas 28 se apoyan en las partes laterales 52 de las secciones en forma de U 50. Las partes laterales 52, que se apoyan en las superficies laterales 38 de las pilas 28, evitan que las tiras 26 se deslicen, evitando por ello el "efecto libro" descrito anteriormente, y manteniendo la posición de las tiras 26 unas con relación a otras en la dirección en el sentido de la cuerda (C).

Las pilas 28 unas al lado de otras están separadas ligeramente en la dirección en el sentido de la cuerda (C) por las partes laterales 52 de las secciones en forma de U 50 del clip de retención 48. Como tal, el clip de retención 48 asegura que se mantenga un hueco entre pilas 28 adyacentes. Durante la fabricación de la media carcasa 12, el hueco entre las pilas 28 puede ayudar a promover una infusión minuciosa de la resina a través de todos los materiales dispuestos en el molde 34.

Con las pilas 28 dispuestas en las regiones de recepción de pilas 60 del clip de retención 48, la orientación invertida de las secciones en forma de U 50 vecinas unas con relación a otras da como resultado que las partes de puente 54 de las secciones en forma de U 50 se extiendan alternativamente a través de las superficies superior e inferior 44, 46 de las pilas 28 en la dirección en el sentido de la cuerda (C). Como se muestra en la Figura 3b, alternar la superficie 44, 46 de las partes de puente 54 que se extiende a través significa que, por ejemplo, la parte de puente 54a de la primera sección en forma de U 50a se extiende a través de la superficie superior 44 de una pila 28, la parte de puente 54c de la sección en forma de U intermedia 50c vecina se extiende a través de la superficie inferior 46 de una pila 28, y la parte de puente 54b de la segunda sección en forma de U 50b vecina se extiende de nuevo a través de la superficie superior 44 de una pila 28. Cuando se ve en la sección transversal en el sentido de la cuerda, el clip de retención 48 puede parecerse, por lo tanto, sustancialmente a una onda cuadrada. El clip de retención 48 se puede considerar entretejido entre las pilas 28 unas al lado de otras en la dirección en el sentido de la cuerda (C).

Una pila 28 dispuesta en una sección en forma de U 50 que tiene una parte de puente 54 que se extiende a través de la superficie inferior 46 de la pila 28, ejerce una presión hacia abajo sobre esa parte de puente 54 del clip de retención 48. El clip de retención 48 utiliza esta presión hacia abajo para contrarrestar una presión hacia arriba, causada por las tensiones de torsión internas descritas anteriormente, ejercidas por una pila 28 vecina sobre una parte de puente 48 que se extiende a través de la superficie superior 44 de esa pila. Las partes de puente 54 alternas aseguran por lo tanto que las tiras 26 de una pila 28 no se puedan enderezar porque la parte de puente 54 se soporta contra la superficie superior 44 y presiona la pila 28 contra la superficie de molde 32.

El clip de retención 48 puede comprender además una pestaña de retorno 62 para asegurar aún más las tiras 26 en sus respectivas pilas 28, y asegurar una pila 28 en posición con relación a la otra pila o pilas 28. La pestaña de retorno 62 se puede extender en la dirección en el sentido de la cuerda (C) desde una parte lateral 52 de una sección en forma de U 50, preferiblemente una sección en forma de U más extrema 50a, 50b, y al menos parcialmente a través de una superficie superior o inferior 44, 46 de una pila 28 dispuesta en una región de recepción 60 como se muestra en la Figura 3a. Como se muestra en las Figuras 3a y 3b, el clip de retención 48 puede comprender dos pestañas de retorno 62, es decir, cada una de las secciones en forma de U más extremas 50a, 50b del clip de retención 48 puede comprender una pestaña de retorno 62 que se extiende desde una parte lateral 52 respectiva.

Las pestañas de retorno 62 se extienden desde el extremo opuesto de una parte lateral 52 respectiva a aquel desde el cual se extiende la parte de puente 54. Por lo tanto, las pestañas de retorno 62 están separadas de la parte de puente 54 de una sección en forma de U 50 dada. Una o más de las pestañas de retorno 62 pueden ser sustancialmente paralelas a la parte de puente 54 de una sección en forma de U 50 dada. En la Figura 3b, las partes de puente 54a, 54b de la primera y segunda secciones en forma de U 50a, 50b se extienden a través de las superficies superiores 44 de sus respectivas pilas 28, y las pestañas de retorno 62 se extienden, por lo tanto,

parcialmente a través de las superficies inferiores 46 de las pilas 28. Las pilas 28 de las tiras 26 situadas entre una parte de puente 54 y una pestaña de retorno 62 se pueden agarrar entre dicha pestaña 62 y la parte de puente 54 para restringir el movimiento de las tiras 26 en la pila 28 unas con relación a otras. Las pestañas de retorno 62 ayudan además a fijar el clip de retención 48 en su posición con relación a las pilas 28. Enganchando alrededor de una o más de las pilas 28 más extremas, el clip de retención 48 está mejor equipado para resistir las fuerzas elásticas en las tiras 26 que actúan para separar las tiras 26 en las pilas 28.

El clip de retención 48 también puede comprender una pestaña de localización 64 que se extiende en la dirección en el sentido de la cuerda (C) desde una parte lateral 52 de una sección en forma de U más extrema 50a, 50b. Tal pestaña de localización 64 se puede configurar para disposición debajo de los componentes de carcasa de pala 66 dispuestos adyacentes a las pilas 28 durante la fabricación de la carcasa de pala 22, como se describirá más adelante con más detalle. La pestaña de localización 66 se extiende en la dirección en el sentido de la cuerda (C) en la dirección opuesta a la pestaña de retorno 62, es decir, lejos de la región de recepción de pilas 60. Cuando la pestaña de retorno 62 está configurada para interconectar contra una superficie inferior 46 de una pila 28, la pestaña de localización 64 puede ser sustancialmente coplanar con la pestaña de retorno 62 de modo que el clip de retención 48 se asiente al ras contra la superficie de molde 32.

Con referencia todavía a las Figuras 3a y 3b, las tiras 26 se pueden disponer individualmente en pilas 28 y con el clip de retención 48 en el molde 34 durante la fabricación de la carcasa de pala 22. Alternativamente, las tiras de material de refuerzo 26 se pueden disponer en pilas 28 unas al lado de otras fuera de línea (es decir, fuera del molde de carcasa de pala 34) como un subconjunto para reducir el tiempo de moldeo durante la fabricación de la carcasa de pala 22. Independientemente de dónde estén dispuestas las tiras 26, el proceso para disponer las tiras 26 junto con un clip de retención 48 para formar una tapa de larguero 24 es el mismo.

Las tiras de material de refuerzo 26 están dispuestas en pilas 28 que, cuando se disponen en el molde 34, se extienden longitudinalmente en la dirección en el sentido de la envergadura (S). Las pilas 28 están dispuestas en las regiones de recepción de pilas 60 de un clip de retención 48 configurado con secciones en forma de U 50 que son unas adyacentes a otras en la dirección en el sentido de la cuerda (C). Por lo tanto, las pilas 28 dispuestas en las secciones en forma de U 50 están dispuestas unas al lado de otras en la dirección en el sentido de la cuerda (C). Cuando el clip de retención 48 comprende una pestaña de retorno 62, la pila 28 se engancha en la región de recepción 60 y se mantiene en su lugar por la parte de puente 54 de esa sección en forma de U 50 y la pestaña de retorno 62 que interconecta contra las superficies 44, 46 opuestas de la pila 28.

La fabricación de la carcasa de pala 22 también puede incluir la disposición de otros componentes de carcasa de pala 66, tales como paneles de material de núcleo de espuma estructural, adyacentes a las pilas 28 en el molde 34. Si el clip de retención 48 comprende una pestaña de localización 64 que se extiende en el sentido de la cuerda desde una parte lateral 52 de una sección en forma de U 50, el método también puede incluir disponer el clip de retención 48 y/o las pilas 28 en el molde 34 de manera que la pestaña de localización 64 esté colocada entre los componentes de carcasa de pala 66 y la superficie de molde 32. Por ejemplo, esto puede incluir deslizar el clip de retención 48 y/o las pilas 28 en la dirección en el sentido de la cuerda (C) para disponer la pestaña de localización 64 debajo de los componentes de carcasa 66. Alternativamente, el clip de retención 48 y/o las pilas 28 se pueden disponer primero en el molde 34, con los componentes de carcasa 66 que se disponen entonces en la parte superior de la pestaña de localización 64 y adyacentes a las pilas 28 en el molde 34.

El clip de retención 48 mantiene la posición de cada tira 26 en su respectiva pila 28 durante la fabricación de la carcasa de pala 22. Las partes laterales 52 del clip de retención 48 evitan que las tiras 26 se deslicen o se muevan de otro modo unas con respecto a otras, y las partes de puente 54 que se extienden sobre las superficies superiores 44 de las pilas 28 evitan que las tiras 26 se enderecen o se separen de la superficie de molde 32. Por lo tanto, el clip de retención 48 asegura que las tiras de material de refuerzo 26 se alineen con precisión en el molde de carcasa de pala 34, y que otros componentes de carcasa de pala 66 dispuestos adyacentes a las pilas 28 se coloquen con precisión.

Los materiales de la pala dispuestos en el molde 34 pueden ser infundidos con resina para formar la media carcasa 12. En otro ejemplo, los materiales de pala pueden comprender fibras impregnadas previamente. El clip de retención 48 sujeta las tiras 26 en las pilas 28 a lo largo del proceso de fabricación de la pala 10 y permanece incrustado en la carcasa de pala 22 incluso después de que se complete la fabricación de la pala 10, por ejemplo, después de que la resina se cure. El clip de retención 48 tiene preferiblemente una anchura en el sentido de la envergadura que es muy pequeña en comparación con la longitud total de la tapa de larguero 24. Por lo tanto, la inclusión del clip 48 en la estructura laminada de una media carcasa 12 no tiene ningún efecto perjudicial sobre la capacidad de soporte de carga de la tapa de larguero 24. Además, el clip de retención 48 es preferiblemente ligero para no aumentar indebidamente la masa de la pala 10. El clip de retención 48 preferiblemente tiene un espesor que es lo más pequeño posible (tal como 1 mm de espesor o menos) con el fin de evitar desviaciones en las capas de tejido que posteriormente se colocan sobre los clips.

La Figura 4 muestra un par de clips de retención 48 dispuestos con las pilas 28 de la tapa de larguero 24. Los clips de retención 48 están dispuestos unos al lado de otros en la dirección en el sentido de la envergadura (S), y las pilas 28 de las tiras 26 están dispuestas en secciones en forma de U 50 de ambos clips de retención 48. Los clips de

retención 48 se pueden disponer de manera que las secciones en forma de U 50 de un primer clip 48a del par estén invertidas con relación a las correspondientes secciones en forma de U 50 de un segundo clip de retención 48b en el par. Los clips de retención 48a y 48b pueden estar configurados sustancialmente de la misma manera, con cada clip 48 que está simplemente invertido en orientación con relación al otro. La superficie superior 44 de cada pila 28 interconecta con una parte de puente 54 de un clip de retención 48, asegurando que cada una de las pilas 28 se presiona hacia abajo sobre la superficie de molde 32.

Una parte de puente 54 del primer o segundo clip de retención 48a, 48b se extiende a través de cada una de las superficies superior e inferior 44, 46 de una pila 28. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4, una parte de puente 54a del primer clip de retención 48a se extiende a través de la superficie superior 44 de la primera pila 28, y una parte de puente (no mostrada) del segundo clip de retención 48b se extiende a través de la superficie inferior 46 de esa pila 28. Un par de clips de retención 48 dispuestos de esta manera sirven efectivamente para bloquear las tiras 26 en posición en cada pila 28 intercalando la pila 28 entre las respectivas partes de puente 54 de los clips 48. Cuando tanto el primer como el segundo clips de retención 48a, 48b comprenden una pestaña de localización 64, las pestañas de localización 64 pueden extenderse por encima y por debajo de una parte de los componentes de carcasa de pala 66 adyacentes, bloqueando también por ello tales componentes de carcasa de pala adyacentes en su lugar.

La pala de aerogenerador 10 puede comprender una pluralidad de clips de retención 48 dispuestos a lo largo de la longitud en el sentido de la envergadura de la tapa de larguero 24. De manera similar, la pala 10 puede comprender una pluralidad de pares de clips de retención 48 dispuestos a lo largo de la longitud de la tapa de larguero 24. Los clips de retención 48, o los pares de clips 48, pueden estar separados mutuamente en la dirección en el sentido de la envergadura (S) de la pala 10. Por ejemplo, los clips 48, o los pares de clips 48, pueden estar separados a intervalos de entre 3 m a 5 m a lo largo de la longitud de la tapa de larguero 24. Separar los clips 48, o los pares de clips 48, en la dirección en el sentido de la envergadura (S) minimiza cualquier efecto adverso de incluir una parte de puente 54 de un clip 48 en la línea de unión entre un alma de corte 30 y la tapa de larguero 24.

Los clips de retención 48 están dispuestos preferiblemente a lo largo de la tapa de larguero 24 en regiones en el sentido de la envergadura donde la inclinación de la superficie de molde 32 cambia y por ello introduce torsión en las tiras de material de refuerzo 26. Como se ha explicado anteriormente, los clips de retención 48 se soportan contra las superficies superiores 44 de las pilas 28 para asegurar que las tiras 26 y las pilas 28 se mantengan en posición a pesar de la inclinación variable de la superficie de molde 32.

Las tapas de larguero 24 en algunas palas de aerogenerador 10 pueden comprender una o más pilas 28 que tienen una región de extremo cónica 68 en un extremo de punta o extremo de raíz de la tapa de larguero 24 (como se muestra en la Figura 1). La región de extremo cónica 68 de una pila 28 se puede formar variando el número de tiras 26 apiladas unas en la parte superior de otras en diferentes regiones en el sentido de la envergadura a lo largo de la tapa de larguero 24. Por ejemplo, el número de tiras 26 en una pila 28 puede disminuir cerca de un extremo de raíz y/o cerca de un extremo de punta de la pila 28 de manera que la tapa de larguero 24 se estreche en altura cerca de su extremo de raíz y/o extremo de punta. La región de extremo cónica 68 se puede proporcionar para transferir carga desde la tapa de larguero 24 hasta el laminado de la carcasa de pala en los extremos de raíz y de punta de la pala 10.

Cuando una pala 10 comprende pilas 28 con una o más regiones de extremo cónicas 68, el clip o clips de retención 48 se colocan preferiblemente en el exterior de la región de extremo cónica 68 para evitar interferir con la transferencia de carga de corte desde la tapa de larguero 24 hasta el laminado de la carcasa. Por ejemplo, las tiras 26 pueden estar formadas por fibra de carbono y el laminado de carcasa de pala a partir de fibra de vidrio y, colocando los clips 48 en el exterior de las regiones cónicas, no interferirán con la transferencia de carga de corte del carbono al vidrio.

Las Figuras 5a y 5b se proporcionan meramente para ilustrar otros ejemplos de clips de retención 48 de acuerdo con la invención. Por ejemplo, como se ha señalado anteriormente, un clip de retención 48 puede comprender una primera y segunda sección en forma de U 50a, 50b, y sin ninguna sección intermedia 50c entre las mismas, como se muestra en las Figuras 5a y 5b. La Figura 5a muestra un clip de retención 48 que comprende secciones en forma de U invertida 50a, 50b, y la Figura 5b muestra un clip de retención 48 que comprende además pestañas de retorno 62 como se describió anteriormente. Se apreciará que la descripción proporcionada anteriormente con respecto a características tales como las secciones en forma de U 50 vecinas invertidas, sus partes laterales 52 y partes de puente 54, y las pestañas de retorno y localización 62, 64, por ejemplo, también es aplicable a los clips de retención 48 mostrados en las Figuras 5a y 5b. Como tal, no se repetirá aquí una descripción adicional de tales características en interés de la concisión.

Un clip de retención 48, como se describe con referencia a cualquiera de las figuras que se acompañan, puede estar formado por cualquier material adecuado. Preferiblemente, el clip de retención 48 puede estar formado por material compuesto reforzado con fibra, tal como plástico reforzado con fibra de vidrio (GFRP). Por ejemplo, el clip de retención 48 puede estar formado por una o más capas de chapas de fibra de vidrio biaxial laminadas con una resina polimérica. La resina se cura preferiblemente, es decir, se fija antes de que las pilas 28 de las tiras 26 se dispongan con el clip de retención 48. Como tal, el clip de retención 48 puede ser un componente curado



previamente, es decir, curado antes de la disposición en el molde 34. El material del clip de retención 48 tiene preferiblemente una alta resistencia a la tracción para resistir las fuerzas elásticas ejercidas por las tiras retorcidas de material de refuerzo 26.

- 5 Preferiblemente, la superficie del clip de retención 48 se activa (tal como a través de abrasión o extracción de una capa de chapa despegable) de modo que el clip se adhiera correctamente a los materiales circundantes de la pala durante la fabricación de la pala 10.

- 10 Un clip de retención 48 puede estar configurado de manera que se puedan disponer múltiples pilas 28 en una única región de recepción 60 definida por una sección en forma de U 50 del clip 48. Alternativamente o además, un clip de retención 48 puede estar configurado para retener las tiras 26 solamente en algunas de las pilas 28 que forman una tapa de larguero 24. Por ejemplo, una tapa de larguero 24 puede tener tres pilas 28 unas al lado de otras y un clip de retención 48, como se describe en la presente memoria, puede tener solamente dos secciones en forma de U 50 una al lado de otra, que están configuradas cada una para recibir una única pila 28. Como tal, la invención no se limita al número de secciones en forma de U 50 que coincide con el número de pilas 28 unas al lado de otras que forman la tapa de larguero 24 de la pala de aerogenerador 10.

- 15 Se apreciará que términos tales como “interconectar”, “apoyar” y “soportar contra” incluyen “interconexión”, “apoyo” y “soporte contra” tanto directos como indirectos. Es decir, tales términos se pretende que cubran ejemplos en donde uno o más componentes intermedios, tales como un separador, se puedan disponer entre superficies de apoyo de interconexión.

- 20 Se pueden hacer muchas modificaciones a los ejemplos descritos anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones que se acompañan. Se apreciará que las características descritas en relación con cada uno de los ejemplos anteriores se pueden combinar fácilmente con características descritas con referencia a otros ejemplos sin apartarse del alcance de la invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Una pala de aerogenerador (10) que comprende:

una carcasa de pala (12) que se extiende en una dirección en el sentido de la envergadura desde un extremo de raíz (14) hasta un extremo de punta (16), y en una dirección en el sentido de la cuerda desde un borde de ataque (18) hasta un borde de salida (20), la carcasa de pala que comprende una tapa de larguero (24) formada a partir de una pluralidad de tiras sustancialmente planas de material de refuerzo (26), las tiras que están dispuestas en una pluralidad de pilas (28) que se extienden longitudinalmente en la dirección en el sentido de la envergadura y dispuestas unas al lado de otras en la dirección del sentido de la cuerda, por lo que en cada pila una tira más superior (40) define una superficie superior de la pila, una tira más inferior (42) define una superficie inferior de la pila, y los bordes longitudinales (36) de las tiras apiladas definen superficies laterales (38) de la pila;

un clip de retención (48) que comprende una pluralidad de secciones sustancialmente en forma de U (50) unas al lado de otras, cada una que comprende un par de partes laterales (52) mutuamente separadas que definen una región de recepción de pilas (60) entre las mismas, las partes laterales que se unen por una parte de puente (54);

en donde al menos algunas de las pilas (28) están situadas en las regiones de recepción de pilas (60) del clip de retención (48), de manera que las partes laterales de las secciones en forma de U (50) se apoyen en las superficies laterales (38) de las pilas, y cada sección en forma de U del clip de retención esté invertida con respecto a su sección o secciones en forma de U vecinas de manera que las partes de puente (54) de las respectivas secciones en forma de U se extienden alternativamente a través de las superficies superior e inferior de las pilas en la dirección en el sentido de la cuerda.

2. La pala de aerogenerador de la reivindicación 1, en donde al menos una sección en forma de U del clip de retención, preferiblemente una sección más extrema, comprende una pestaña de retorno que se extiende desde una parte lateral de la sección en forma de U sustancialmente paralela a y separada de la parte de puente de esa sección en forma de U, en donde una pila está situada entre la parte de puente y la pestaña de retorno de manera que la parte de puente se extienda a través de una de las superficies superior o inferior de una pila y la pestaña de retorno se extienda, al menos parcialmente, a través de la otra de las superficies superior o inferior de la pila.

3. La pala de aerogenerador de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde un extremo del clip de retención comprende una pestaña de localización, y la pestaña de localización se extiende en la dirección en el sentido de la cuerda debajo de un componente de carcasa de pala situado adyacente a la tapa de larguero.

4. La pala de aerogenerador de la reivindicación 3, en donde la pestaña de localización se extiende desde una parte lateral de una sección en forma de U más extrema.

5. La pala de aerogenerador de la reivindicación 4, cuando depende de la reivindicación 2, en donde la pestaña de localización es sustancialmente coplanar con la pestaña de retorno y las dos pestañas se extienden en el sentido de la cuerda en direcciones opuestas desde la parte lateral de una sección en forma de U más extrema.

6. La pala de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde las pilas, unas al lado de otras, están separadas en la dirección en el sentido de la cuerda por las partes laterales de las secciones en forma de U del clip de retención.

7. La pala de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, que comprende uno o más pares de clips de retención dispuestos unos al lado de otros en la dirección en el sentido de la envergadura, en donde las secciones en forma de U de uno de los clips de retención en cada par están invertidas con relación a las secciones en forma de U del otro clip de retención en el par.

8. La pala de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, que comprende una pluralidad de clips de retención, o una pluralidad de pares de clips de retención, separados mutuamente en la dirección en el sentido de la envergadura.

9. La pala de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde una o más de las pilas comprenden una región de extremo cónica y el clip o cada clip de retención está colocado en el exterior de la región de extremo cónica.

10. La pala de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde un perfil en sección transversal en el sentido de la cuerda de las regiones de recepción de pilas del clip de retención corresponde sustancialmente en forma a un perfil en sección transversal en el sentido de la cuerda de las pilas.

11. La pala de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde las partes laterales de las secciones en forma de U tienen una altura que corresponde sustancialmente con la altura de las pilas y las partes de puente de las secciones en forma de U tienen una longitud que corresponde sustancialmente con la anchura en el sentido de la cuerda de las pilas.

12. La pala de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde el clip o cada clip de retención está formado por un material polimérico reforzado con fibra.

13. La pala de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde el clip de retención es un componente curado previamente.

5 14. Un método de fabricación de una pala de aerogenerador (10), el método que comprende:

proporcionar un molde de carcasa de pala (34) que se extiende en una dirección en el sentido de la envergadura desde un extremo de raíz hasta un extremo de punta, y en una dirección en el sentido de la cuerda desde un borde de ataque hasta un borde de salida;

proporcionar una pluralidad de tiras sustancialmente planas de material de refuerzo (26);

10 disponer las tiras en el molde (34) en una pluralidad de pilas (28) para formar al menos parte de una tapa de larguero (24), las pilas que se extienden en la dirección en el sentido de la envergadura y que están dispuestas unas al lado de otras en la dirección en el sentido de la cuerda, por lo que en cada pila una tira más superior (40) define una superficie superior de la pila, una tira más inferior (42) define una superficie inferior de la pila, y los bordes longitudinales (36) de las tiras apiladas definen superficies laterales (38) de la pila;

15 proporcionar un clip de retención (48) que comprende una pluralidad de secciones sustancialmente en forma de U (50) unas al lado de otras, cada una que comprende un par de partes laterales (52) mutuamente separadas que definen una región de recepción de pilas (60) entre las mismas, las partes laterales que están unidas por una parte de puente (54); y

20 disponer al menos algunas de las pilas (28) en las regiones de recepción de pilas (60) del clip de retención (48), de manera que las partes laterales de las secciones en forma de U se apoyen en las superficies laterales de las pilas,

en donde cada sección en forma de U (50) del clip de retención (48) está invertida con respecto a su sección o secciones en forma de U vecinas de manera que las partes de puente (54) de las respectivas secciones en forma de U se extiendan alternativamente a través de las superficies superior e inferior de las pilas en la dirección en el sentido de la cuerda.

25 15. Un clip de retención para una tapa de larguero de pala de aerogenerador configurado para retener tiras de material de refuerzo en una formación apilada y restringir el movimiento de una pluralidad de pilas de tiras unas con relación a otras, el clip que comprende una serie de secciones sustancialmente en forma de U, cada una que tiene un par de partes laterales mutuamente separadas unidas por una parte de puente, por lo que cada sección en forma de U está invertida con respecto a su sección o secciones en forma de U vecinas.

30

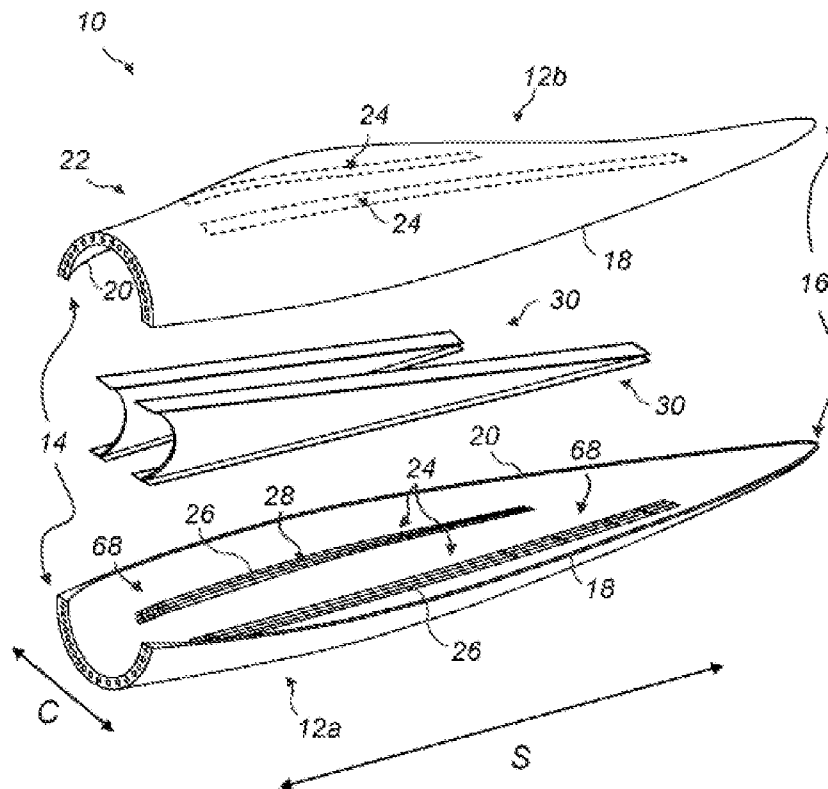


FIG. 1

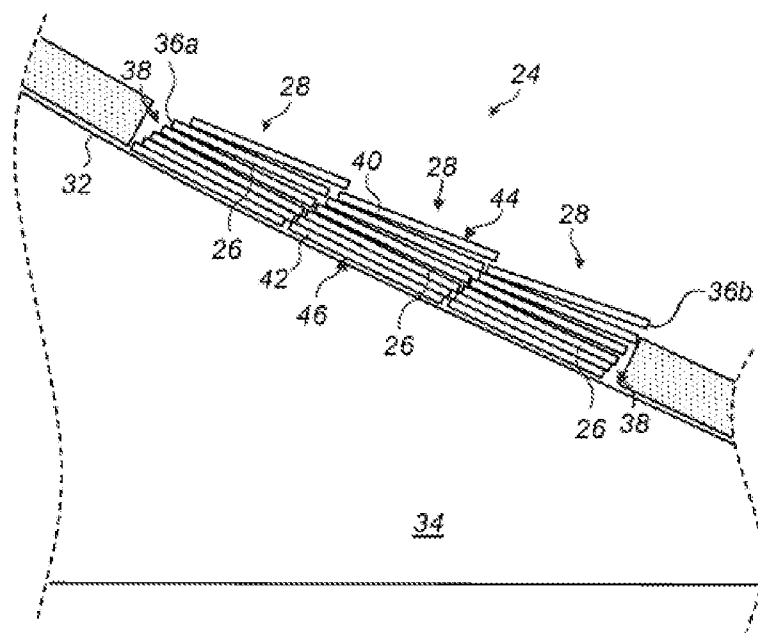
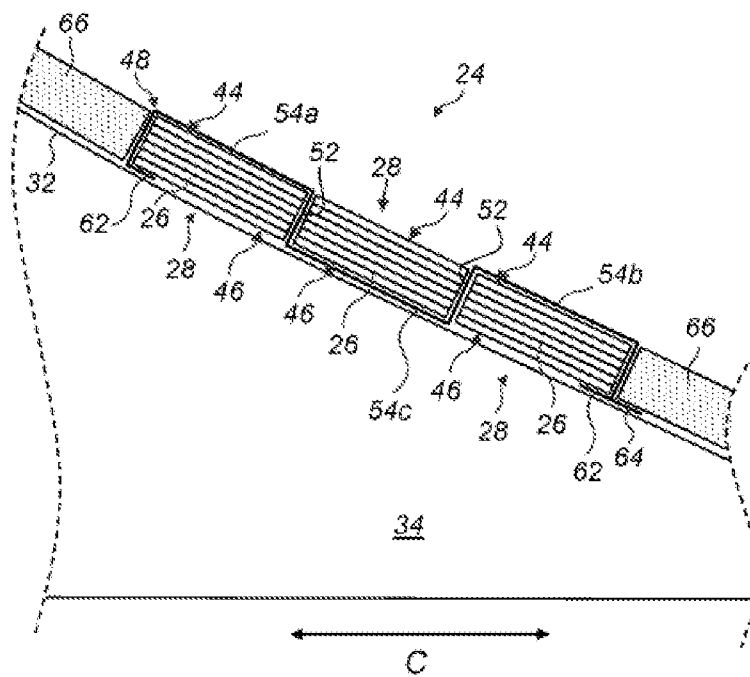
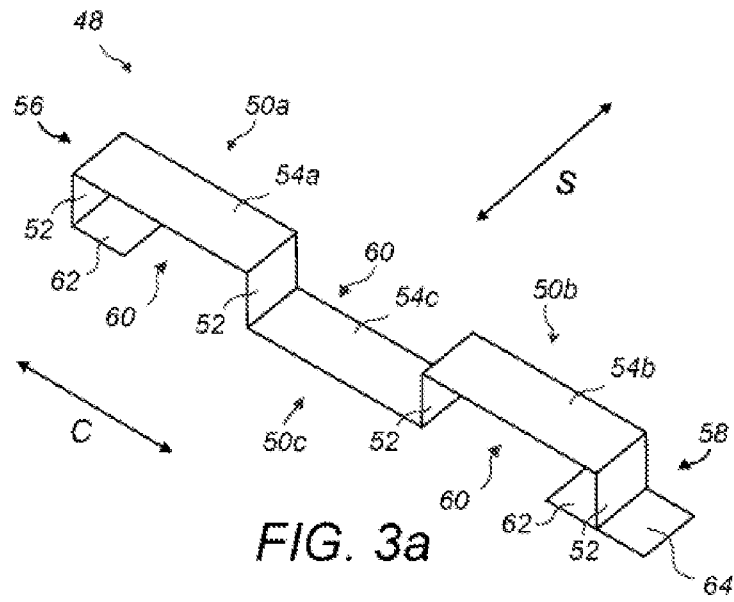


FIG. 2



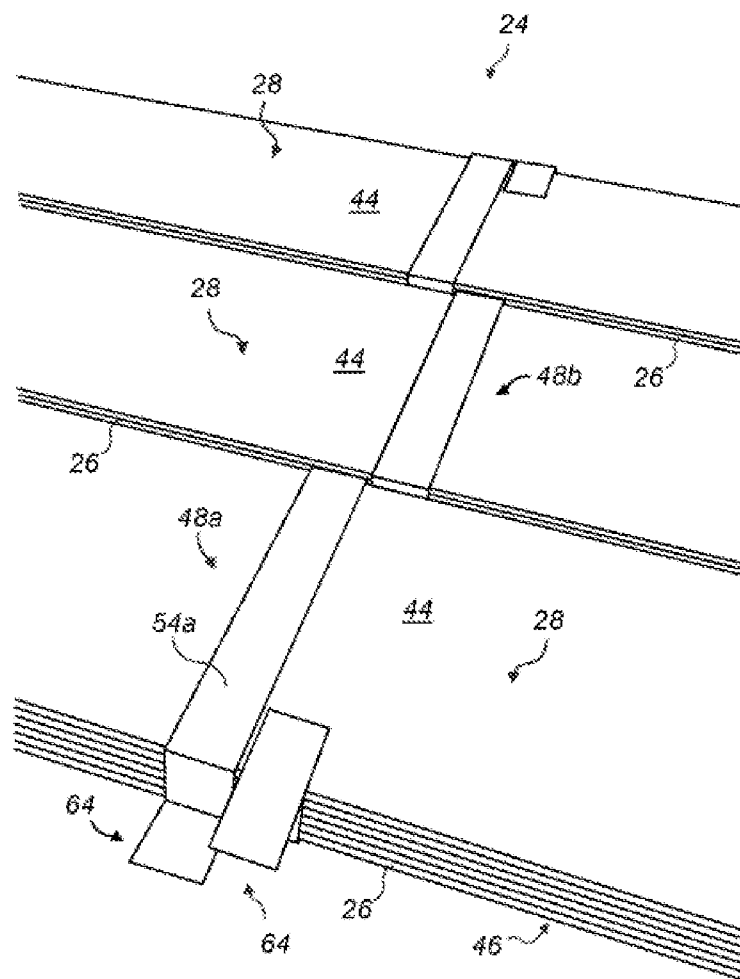
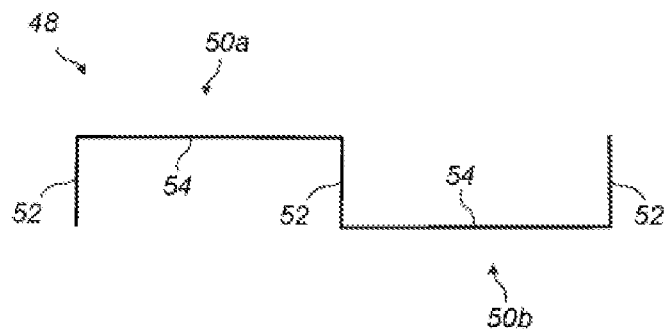
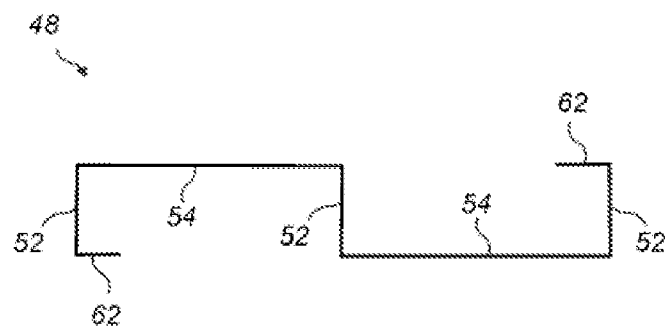


FIG. 4



*FIG. 5a*



*FIG. 5b*