

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 964 402**

51 Int. Cl.:

B29D 99/00 (2010.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.12.2019 PCT/DK2019/050375**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2020 WO20114564**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.12.2019 E 19816525 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2023 EP 3890954**

54 Título: **Mejoras con relación a la fabricación de palas de aerogenerador**

30 Prioridad:

03.12.2018 DK PA201870792

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

05.04.2024

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

BECH, ANTON

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 964 402 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

Mejoras con relación a la fabricación de palas de aerogenerador

Campo técnico

5 La presente invención se refiere en general a la fabricación de palas de aerogenerador y, más específicamente, a un método y aparato asociado para colocar almas de cizallamiento durante la fabricación de palas.

Antecedentes

10 Las palas de aerogenerador, tales como las palas largas empleadas en los modernos aerogeneradores a escala de empresa de servicios públicos, generalmente comprenden una carcasa de pala hueca hecha principalmente de materiales compuestos, tales como plástico reforzado con fibra de vidrio. La carcasa de pala se compone típicamente de dos mitades de carcasa, una carcasa de barlovento y una carcasa de sotavento, de construcción laminada. Las mitades de carcasa están unidas entre sí a lo largo de pestañas en los bordes de ataque y de salida de la pala. Para proporcionar soporte estructural, típicamente se unen una o más almas de cizallamiento en el interior de la pala entre superficies internas opuestas de las mitades de carcasas de barlovento y sotavento.

15 La pala se forma en un conjunto de molde de pala que consiste en dos mitades de molde hembra (un molde de barlovento y un molde de sotavento), que son movibles entre una configuración abierta y una cerrada. En la configuración abierta, las mitades de molde se pueden disponer una al lado de la otra, mientras que en la configuración cerrada una de las mitades de molde se puede disponer boca abajo en la parte superior de la otra mitad de molde. Las carcasas de barlovento y sotavento se forman inicialmente en las respectivas mitades de moldes de barlovento y sotavento con el conjunto de molde en la configuración abierta. A partir de entonces, las almas de cizallamiento se colocan en el interior de una de las mitades de carcasa. Se aplica adhesivo a las interfaces de unión de las carcasas y las almas de cizallamiento y se cierra el conjunto de molde para unir las mitades de carcasas entre sí y para unir las almas de cizallamiento entre las mitades de carcasas.

20 Surgen desafíos significativos durante el proceso de fabricación de palas. En particular, es un desafío asegurar la colocación precisa de las almas de cizallamiento con relación a las mitades de carcasa. También es difícil asegurar líneas de unión adhesivas consistentes en ambos lados del alma de cizallamiento entre las respectivas mitades de carcasas. Surgen desafíos particulares cuando las almas de cizallamiento se han de unir a las superficies inclinadas de las carcasas de pala, tal como en el caso de un alma de borde de salida, que se une entre superficies abruptamente inclinadas cerca del borde de salida de la pala. En este caso, las fuerzas de reacción resultantes de la compresión del adhesivo en las líneas de unión de alma de cizallamiento pueden hacer que el alma se mueva fuera de posición en una dirección a lo largo de la cuerda hacia el borde de ataque de la pala cuando el molde se cierra. La colocación del alma a lo largo de la cuerda con relación a las partes de carcasa inclinadas puede afectar significativamente a los espesores de la línea de unión entre el alma de cizallamiento y las carcasas de palas. En particular, las imprecisiones en la posición de alma pueden dar como resultado líneas de unión inconsistentes. Por ejemplo, las líneas de unión pueden variar en grosor a través de su anchura, y/o las líneas de unión pueden tener diferentes espesores en cada lado del alma de cizallamiento. El documento WO 2015/197076 describe un método bien conocido de fabricación de una pala de aerogenerador ensamblando mitades de carcasas.

35 En este contexto, es un objeto de la presente invención proporcionar un proceso mejorado y un aparato asociado para fabricar palas de aerogenerador que asegure consistencia en las líneas de unión entre las almas de cizallamiento y las carcasas de pala.

40 Compendio de la invención

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de una pala de aerogenerador, la pala de aerogenerador que se extiende longitudinalmente en la dirección a lo largo de la envergadura y que se extiende transversalmente en la dirección a lo largo de la cuerda entre un borde de ataque y un borde de salida, el método que comprende:

45 a. proporcionar una primera mitad de carcasa y una segunda mitad de carcasa a ser unidas entre sí, cada mitad de carcasa que comprende una superficie interna que tiene una curvatura cóncava en la dirección a lo largo de la cuerda, de manera que partes de la superficie interna estén inclinadas con relación a una cuerda local de la pala;

b. definir una región de montaje de alma de cizallamiento en una parte inclinada de la superficie interna de una mitad de carcasa;

50 c. proporcionar un localizador de alma que tiene una parte fija y una parte de resorte que se extiende desde la parte fija, la parte de resorte que es movable con relación a la parte fija entre estados comprimido y relajado, y la parte de resorte que se desvía hacia el estado relajado,

d. unir la parte fija del localizador de alma a una superficie interna de una mitad de carcasa próxima a la región de montaje de manera que al menos parte de la parte de resorte se extienda en frente de la región de montaje;

e. proporcionar un alma de cizallamiento que tiene una pestaña de montaje para unirse a la región de montaje;

f. proporcionar adhesivo en la pestaña de montaje y/o en la región de montaje;

5 g. juntar la primera y la segunda mitades de carcasas con el alma de cizallamiento dispuesta entre las mismas, de manera que la pestaña de montaje sea guiada por una superficie de la parte de resorte del localizador de alma hacia la región de montaje y la parte de resorte se comprima; y

h. comprimir y curar el adhesivo.

10 La parte de resorte del localizador de alma en un estado comprimido ejerce una primera fuerza a lo largo de la cuerda sobre el alma de cizallamiento que contrarresta una segunda fuerza a lo largo de la cuerda sobre el alma de cizallamiento ejercida por el adhesivo, y la primera y segunda fuerzas a lo largo de la cuerda causan el movimiento a lo largo de la cuerda del alma de cizallamiento hasta que la pestaña de montaje alcanza una posición de equilibrio dentro de la región de montaje donde la primera y segunda fuerzas a lo largo de la cuerda son iguales.

15 El alma de cizallamiento puede ser un alma de borde de salida para su ubicación cerca del borde de salida de la pala. En este caso, el método puede comprender unir el localizador de alma en un lado del borde de ataque de la región de montaje de alma de cizallamiento. El localizador de alma empuja el alma de cizallamiento hacia el borde de salida cuando se juntan las mitades de carcasa.

20 Antes de unir el localizador de alma a la superficie interna de la mitad de carcasa, el método puede comprender colocar con precisión el localizador de alma en la superficie interna usando una herramienta de colocación unida a una ubicación predeterminada de un molde de pala en el que se soporta la mitad de carcasa. La herramienta de colocación puede comprender un brazo que está conectado de manera pivotante al molde de pala. La herramienta de colocación se une preferiblemente a un borde de salida del molde de pala, o a algún otro punto de referencia en el molde o en cualquier otro lugar.

25 El método puede comprender unir un par de localizadores de alma, respectivamente, en un lado del borde de ataque y un lado del borde de salida de la región de montaje de alma de cizallamiento. Los localizadores de alma se pueden configurar para engancharse con la pestaña de montaje o con una lengüeta unida a la pestaña de montaje de manera que el alma de cizallamiento se establezca por los localizadores de alma y eviten que se ladeen.

El localizador de alma puede comprender una parte fija para unión a una superficie interna de una mitad de carcasa de pala de aerogenerador; y una parte de resorte para guiar un alma de cizallamiento hacia una región de montaje en la superficie interna de la mitad de carcasa, la parte de resorte que es movable con respecto a la parte fija entre los estados comprimido y relajado, y la parte de resorte que se desvía hacia el estado relajado.

30 La parte de resorte se puede configurar preferiblemente para ejercer una fuerza a lo largo de la cuerda sobre el alma de cizallamiento en uso cuando está en un estado comprimido.

El localizador de alma puede comprender una parte configurada para permitir que la parte de resorte se mueva con relación a la parte fija. La parte es preferiblemente una parte flexible. La parte puede comprender una bisagra.

35 En un ejemplo particular descrito en la presente memoria, la parte de resorte tiene forma de V. En otro ejemplo, el localizador de alma tiene un perfil de cisne en el que la parte de resorte comprende un cuello curvado. La parte fija del localizador de alma comprende preferiblemente una base, por ejemplo, una base plana.

La parte de resorte de un localizador de alma puede comprender un surco para recibir una parte de borde de la pestaña de montaje de alma de cizallamiento o una parte de borde de una lengüeta unida a la pestaña de montaje.

40 El localizador de alma es preferiblemente un componente pultrusionado. O bien, el localizador de alma podría ser una pieza moldeada.

45 Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona una pala de aerogenerador que comprende una primera y segunda mitades de carcasas unidas entre sí, y un alma de cizallamiento unida en el interior de la pala entre las respectivas superficies internas de la mitad de carcasa, en donde la pala de aerogenerador comprende además uno o más localizadores de alma, como se describió anteriormente, unidos a la superficie interna de la primera y/o la segunda mitades de carcasa. El o cada localizador de alma está preferiblemente en un estado comprimido en la pala.

Las características opcionales descritas anteriormente en relación con un aspecto de la invención se aplican igualmente a los otros aspectos. Se evita la repetición de características por razones de concisión.

Breve descripción de los dibujos

50 Ahora se describirán ejemplos no limitativos de la presente invención con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la Figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de una pala de aerogenerador;

la Figura 2 es una vista en sección transversal esquemática de la pala de aerogenerador;

la Figura 3 muestra un conjunto de molde de pala en una configuración abierta y que soporta una primera y segunda mitades de carcassas de la pala;

5 la Figura 4 muestra almas de cizallamiento unidas a la primera mitad de carcassas;

la Figura 5 muestra el conjunto de molde de pala en una configuración cerrada;

la Figura 6a es una vista esquemática en perspectiva de un localizador de alma según un primer ejemplo de la presente invención en un estado relajado;

la Figura 6b es una vista en perspectiva esquemática del localizador de alma en un estado comprimido;

10 las Figuras 7a y 7b ilustran el localizador de alma en uso durante el montaje de una pala de aerogenerador;

las Figuras 8a y 8b muestran un localizador de alma según un segundo ejemplo de la presente invención que se usa en un proceso de ensamblaje de palas de una sola etapa; y

la Figura 9 muestra una herramienta para colocar localizadores de alma en la superficie de una mitad de carcassas.

Descripción detallada

15 La Figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de una pala de aerogenerador 10. La pala 10 se extiende longitudinalmente en una dirección a lo largo de la envergadura S entre un extremo de raíz 11 y un extremo de punta 12, y transversalmente en una dirección a lo largo de la cuerda C entre un borde de ataque 13 y un borde de salida 14. En este ejemplo, el perfil de la sección transversal de la pala 10 es sustancialmente circular en el extremo de raíz 11 y desarrolla un perfil aerodinámico 15 que se mueve en la dirección a lo largo de la envergadura S hacia la punta de pala 12.

La Figura 2 es una vista en sección transversal esquemática de una parte aerodinámica de la pala de aerogenerador. La pala 10 comprende una carcassas externa formada a partir de una primera y segunda mitades de carcassas: una mitad de carcassas de barlovento 16 y una mitad de carcassas de sotavento 18. Se indica una cuerda local C_L de la pala 10, que es una línea recta que se extiende entre los bordes de ataque y de salida 13, 14. Las mitades de carcassas 16, 18 se forman típicamente a partir de materiales compuestos, por ejemplo, plástico reforzado con fibra de vidrio (GFRP) y tienen una estructura laminada. Las mitades de carcassas 16, 18 se unen entre sí a lo largo de sus bordes de ataque y de salida 13, 14.

Una pluralidad de almas de cizallamiento 20, 22 se dispone en el interior de la pala 10 para proporcionar un soporte estructural a la carcassas de pala. En este ejemplo, la pala 10 incluye un alma principal 20 que proporciona el soporte de cizallamiento principal y un alma de borde de salida 22 que proporciona soporte de cizallamiento adicional cerca del borde de salida 14 de la pala 10. Las almas de cizallamiento 20, 22 se extienden longitudinalmente en la dirección a lo largo de la envergadura y se unen entre las respectivas superficies internas 24 de la primera y segunda mitades de carcassas 16, 18. En este ejemplo, las almas de cizallamiento 20, 22 son generalmente en forma de I en sección transversal, y comprenden un panel de alma 26 dispuesto entre la primera y segunda pestañas de montaje 28a, 28b. En otros ejemplos, las almas de cizallamiento 20, 22 pueden tener una forma diferente, por ejemplo, pueden tener una forma de C en sección transversal.

Las primeras pestañas de montaje 28a de las almas de cizallamiento 20, 22 se unen con adhesivo a la superficie interna 24 de la primera mitad de carcassas 16 y las segundas pestañas de montaje 28b se unen con adhesivo a la superficie interna 24 de la segunda mitad de carcassas 18. Por consiguiente, la primera y segunda líneas de unión de alma de cizallamiento 30a, 30b se muestran en la Figura 2.

Las superficies internas 24 de la primera y segunda mitades de carcassas 16, 18 están curvadas de manera cóncava moviéndose en la dirección a lo largo de la cuerda entre los bordes de ataque y de salida 13, 14 de la pala 10. Las almas de cizallamiento 20, 22 están diseñadas para acomodar este perfil, por ejemplo, a través de una selección adecuada del ángulo de las pestañas de montaje 28a, 28b con relación al panel de alma 26. En este ejemplo, el alma principal 20 está dispuesta generalmente donde la distancia perpendicular entre la primera y segunda mitades de carcassas 16, 18 es mayor. En esta región, las superficies internas 24 de las mitades de carcassas 16, 18 son relativamente planas, por ejemplo, sustancialmente horizontales como se muestra en la Figura 2. Las pestañas de montaje 28a, 28b del alma principal 20 son, por lo tanto, generalmente perpendiculares al panel de alma 26.

El alma de borde de salida 22 está dispuesta cerca del borde de salida 14 de la pala 10, donde las superficies internas 24 de la primera y segunda mitades de carcassas 16, 18 están abruptamente inclinadas con relación a la cuerda local C_L y definen una forma de V entre las mismas. Por consiguiente, las pestañas de montaje 28a, 28b del alma del borde de salida 22 están inclinadas correspondientemente con relación al panel de alma 26 de manera que

sean sustancialmente paralelas a las superficies internas 24 inclinadas de las mitades de carcasas 16, 18 en esta ubicación.

Ahora se discutirá brevemente un método de fabricación de la pala de aerogenerador 10 con referencia a las Figuras 3 a 5.

5 Haciendo referencia a la Figura 3, esta muestra un conjunto de molde de pala que comprende una primera y segunda mitades de moldes 32a, 32b hembras conformados respectivamente para formar la primera y segunda mitades de carcasas 16, 18 de la pala 10. El conjunto de molde se muestra en una configuración abierta en la que la primera y segunda mitades de moldes 32a, 32b están dispuestas una al lado de otra. La primera y segunda mitades de carcasas 16, 18 se forman en sus respectivos moldes 32a, 32b usando técnicas conocidas por los expertos, tales como infusión de resina, moldeado por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM), etc.

10 Haciendo referencia a la Figura 4, esta muestra las almas de cizallamiento 20, 22 unidas a la superficie interna 24 de la primera mitad de carcasa 16 con el conjunto de molde en su configuración abierta. Para unir las almas de cizallamiento 20, 22 a la primera mitad de carcasa 16, se depositan inicialmente dos líneas de adhesivo en la superficie interna 24 de la primera mitad de carcasa 16. Las almas de cizallamiento 20, 22 se levantan luego dentro de la primera mitad de carcasa 16 y sus primeras pestañas de montaje 28a se colocan en la parte superior de una línea de adhesivo respectiva. Las almas de cizallamiento 20, 22 se presionan contra la primera mitad de carcasa 16 para comprimir el adhesivo y formar las primeras líneas de unión 30a. Se pueden usar plantillas (no mostradas) para soportar las almas de cizallamiento durante este proceso.

15 Una vez que se ha curado el adhesivo en las primeras líneas de unión 30a (típicamente después de varias horas), las plantillas se pueden quitar en la medida que las almas de cizallamiento 20, 22 ahora son autoportantes. Se puede aplicar adhesivo 34 adicional a las segundas pestañas de montaje 28b de las almas de cizallamiento 20, 22 y a lo largo de los bordes de ataque y de salida 13, 14 de la primera mitad de carcasa 16.

20 Como se muestra en la Figura 5, el conjunto de molde se cierra luego levantando y girando la segunda mitad de molde 32b y colocándola en la parte superior de la primera mitad de molde 32a. El peso de la segunda mitad de carcasa 18 y la segunda mitad de molde 32b se ejerce sobre la primera mitad de carcasa 16, haciendo que el adhesivo 34 adicional (indicado en la Figura 4) se comprima y forme las segundas líneas de unión 30b entre las almas de cizallamiento 20, 22 y la segunda mitad de carcasa 18 y para formar líneas de unión 36 adicionales entre los bordes de ataque 13 opuestos y los bordes de salida 14 opuestos de las mitades de carcasa 16, 18. Una vez que el adhesivo 34 adicional se ha curado, el conjunto de molde se puede abrir y la pala ensamblada 10 se puede retirar.

25 Durante la fabricación de una pala, es difícil asegurar la colocación precisa de las almas de cizallamiento 20, 22 y es difícil asegurar la consistencia de las líneas de unión 30a, 30b entre las almas de cizallamiento 20, 22 y las carcasas de palas 16, 18. La unión de las almas de cizallamiento a las superficies inclinadas presenta desafíos particulares debido a que un ligero desplazamiento en la posición a lo largo de la cuerda de un alma puede causar un cambio significativo en los espesores de la línea de unión del alma de cizallamiento y puede hacer que el adhesivo en las líneas de unión del alma de cizallamiento se compriman inadecuadamente. Esto puede dar como resultado que el área de contacto de unión entre la carcasa y las almas de cizallamiento sea demasiado pequeña, lo que puede presentar un problema de calidad. Las líneas de unión a menudo no son accesibles y, por lo tanto, puede que no sea posible volver a trabajar o reparar.

30 Durante el cierre del molde, las almas que se han de unir a las partes de carcasa inclinadas experimentarán una fuerza a lo largo de la cuerda a partir de la presión hidráulica del adhesivo cuando se comprime el adhesivo. En el caso del alma de borde de salida 22 mostrada en la Figura 5, la parte superior del alma 22 cerca de la segunda pestaña de montaje 28b se forzará en la dirección de la flecha 38, es decir, hacia el borde de ataque 13 de la pala 10. Como el alma 22 no es particularmente rígida en la dirección a lo largo de la cuerda, no puede resistir estas fuerzas a lo largo de la cuerda sin desviarse ligeramente en la dirección a lo largo de la cuerda. El resultado es que el alma 22 puede llegar a ser retorcida o desplazada de otro modo en la dirección a lo largo de la cuerda, conduciendo a una compresión insuficiente del adhesivo y un área de unión inadecuada.

35 Una técnica existente para colocar almas de cizallamiento se describe en la solicitud PCT del solicitante WO2015197076 A1, e implica el uso de bloques de guía rígidos asegurados a las superficies internas de las mitades de carcasa. Los bloques de guía sirven para dirigir las almas de cizallamiento hacia regiones de montaje predeterminadas de las mitades de carcasas cuando el molde se cierra. Los bloques de guía también sirven como topes duros y mantienen la parte superior de las almas en posición durante el cierre del molde. No obstante, puede ser difícil asegurar la colocación correcta de los bloques de guía en sí mismos debido a imprecisiones de medición y, así, incluso esta técnica puede dar como resultado una colocación subóptima de las almas de cizallamiento, y la formación de líneas de unión subóptimas. Como la posición del alma está restringida por los bloques de guía, las almas pueden retorcerse o pandearse durante el cierre del molde si los bloques de guía están fuera de posición. Incluso con los bloques de guía colocados correctamente, las tolerancias de las piezas, tales como la altura del alma, el grosor de la carcasa, la distorsión del molde, etc., pueden contribuir todos a las variaciones en las líneas de unión, dando como resultado líneas de unión que pueden ser más gruesas o más delgadas de lo deseado.

La presente invención supera estos problemas a través del uso de novedosos localizadores de alma, como se discutirá ahora con más detalle y a modo de ejemplo no limitativo con referencia a las figuras restantes.

La Figura 6a es una vista esquemática en perspectiva de un localizador de alma 40 según un primer ejemplo. El localizador de alma 40 comprende una parte fija 42 y una parte de resorte 44 que se extiende desde la parte fija 42. En este ejemplo, la parte fija 42 comprende una base para asegurarse a una superficie interna de una mitad de carcasa. La parte de resorte 44 tiene forma de V y comprende una primera y segunda patas 46, 48. La parte de resorte 44 es movable con relación a la parte fija 42. En este ejemplo, la parte de resorte 44 es movable principalmente alrededor de una parte 50, que se define en el vértice de la parte de resorte 44 en forma de V. La segunda pata 48 de la parte de resorte 44 define una superficie de guía 49. En este ejemplo, la parte 50 es una parte flexible. En otros ejemplos, la parte 50 puede incluir una bisagra u otros medios para permitir el movimiento de la parte de resorte 44.

En este ejemplo, el localizador de alma 40 está formado como una sola pieza de sección transversal constante. La parte fija 42 y la parte de resorte 44 son contiguas. El localizador de alma 40 puede estar formado por cualquier material adecuado, no obstante, es preferiblemente un componente de compuesto de fibra de vidrio. El localizador de alma 40 se puede fabricar mediante cualquier proceso adecuado, por ejemplo, se puede moldear o se puede formar doblando una tira plana. No obstante, es preferiblemente un componente pultrusionado. El proceso de pultrusión se usa preferiblemente para formar el localizador de alma 40 porque puede producir una pieza continua de sección transversal constante, que posteriormente se puede dividir transversalmente en una pluralidad de localizadores de alma 40 similares a un coste relativamente bajo.

La parte flexible 50 dota al localizador de alma 40 con una flexibilidad intrínseca. Cuando una fuerza es incidente sobre la parte de resorte 44 en la dirección de la flecha F, la parte flexible 50 permite que la parte de resorte 44 se comprima. En la Figura 6a se muestra el localizador de alma 40 con la parte de resorte 44 en un estado relajado, mientras que en la Figura 6b se muestra el localizador de alma 40 con la parte de resorte 44 en un estado comprimido. Cuando se mueve del estado relajado hacia un estado comprimido, la segunda pata 48 de la parte de resorte 44 se mueve hacia la primera pata 46 causando una reducción en un ángulo interno A entre las patas 46, 48 en la parte flexible 50. La parte de resorte 44 se desvía hacia el estado relajado.

La función del localizador de alma 40 durante la fabricación de una pala de aerogenerador 10 se describirá ahora con referencia a las Figuras 7a y 7b.

Las Figuras 7a y 7b son vistas esquemáticas en sección transversal de una parte del borde de salida de una pala 10 durante la fabricación de la pala. La Figura 7a muestra la segunda mitad de carcasa 18 colocada directamente encima de la primera mitad de carcasa 16 antes del cierre del conjunto de molde de pala (no mostrado). Se muestra un alma de borde de salida 22 unida a la primera mitad de carcasa 16 y un adhesivo 34 no curado se ha aplicado a la segunda pestaña de montaje 28b del alma 22, de acuerdo con el método descrito anteriormente con referencia a la Figura 4. En otros ejemplos, el adhesivo 34 se podría aplicar adicional o alternativamente directamente a la superficie interna 24 de la segunda mitad de carcasa 18.

Una región de montaje de alma de cizallamiento 52 se define en una parte inclinada de la superficie interna 24 de la segunda mitad de carcasa 18, cerca del borde de salida. La región de montaje de alma de cizallamiento 52 en la Figura 7a es la región de la superficie interna 24 entre las dos líneas discontinuas 54 perpendiculares a la superficie 24. Un localizador de alma 40 en su estado relajado se une a la superficie interna 24 de la segunda mitad de carcasa 18. En particular, la base 42 del localizador de alma 40 se une mediante adhesivo 56 a la superficie interna 24. El localizador de alma 40 se coloca próximo a la región de montaje de alma de cizallamiento 52 de manera que al menos parte de la parte de resorte 44 se extiende en frente de la región de montaje 52. En otras palabras, la al menos parte de la parte de resorte 44 se extiende en una zona Z definida por una proyección de la región de montaje 52 perpendicular a la superficie interna 24 de la mitad de carcasa 18. En la Figura 7a, la zona Z es la región en el interior de la mitad de carcasa 18 entre las dos líneas discontinuas 54. En este ejemplo, la segunda pata 48 de la parte de resorte 44 se extiende en frente de la región de montaje 52, mientras que la primera pata 46 está fuera de la región de montaje 52. El localizador de alma 40 se monta en el lado más "abierto" del alma, que en este ejemplo está en un lado de borde de ataque de la región de montaje 52.

Durante el cierre del molde, la primera y segunda mitades de carcasa 16, 18 se juntan con el alma de cizallamiento 22 dispuesta entre las mismas. En este ejemplo, la segunda mitad de carcasa 18 se baja hacia la primera mitad de carcasa 16 en la dirección de la flecha 60. A medida que la segunda mitad de carcasa 18 se baja, un borde 62 de la segunda pestaña de montaje 28b del alma de cizallamiento 22 entrará inicialmente en contacto con la superficie de guía 49 de la parte de resorte 44 cerca de la parte flexible 50. Durante el cierre posterior del molde, la pestaña de montaje 28b se guía a lo largo de la superficie de guía 49 de la parte de resorte 44 hacia la región de montaje 52. Durante este proceso, el alma de cizallamiento 22 comprime la parte de resorte 44.

La Figura 7b muestra la etapa final del cierre del molde cuando la segunda mitad de carcasa 18 se baja completamente sobre la primera mitad de carcasa 16. El adhesivo 34 se ha comprimido y el localizador de alma 40 se muestra en un estado comprimido. Como se explicó anteriormente, durante el cierre del molde, el adhesivo 34 tenderá a resistir la compresión y ejercerá una fuerza a lo largo de la cuerda sobre el alma de cizallamiento 22

generalmente en la dirección de la flecha 64. Esta fuerza empuja al alma de cizallamiento 22 en una dirección a lo largo de la cuerda hacia el borde de ataque de la pala 10. El alma 22 se empuja por lo tanto contra la parte de resorte 44 del localizador de alma 40 haciendo que la parte de resorte 44 se comprima. No obstante, a medida que la parte de resorte 44 se desvía hacia su estado relajado, ejercerá una fuerza a lo largo de la cuerda sobre el alma 22 a medida que intenta recuperar su estado relajado. Esta fuerza actúa generalmente en la dirección de la flecha 66, es decir, en la dirección del borde de salida (es decir, de izquierda a derecha en la Figura 7b). La fuerza ejercida sobre el alma 22 por el localizador de alma 40, por lo tanto, contrarresta la fuerza ejercida sobre el alma 22 por el adhesivo 34 en la dirección 64. El localizador de alma 40, por lo tanto, empuja el alma 22 hacia el borde de salida en la forma de V definido entre las superficies internas 24 inclinadas de las mitades de carcasa 16, 18 durante el cierre del molde.

Las fuerzas a lo largo de la cuerda que se contrarrestan del adhesivo 34 y el localizador de alma 40 respectivamente harán que el alma 22 se mueva ligeramente en una dirección generalmente a lo largo de la cuerda durante el cierre del molde hasta que se alcance una posición de equilibrio final donde las fuerzas son iguales. En la posición final del alma 22, el localizador de alma 40 está al menos parcialmente comprimido, como se muestra en la Figura 7b.

El localizador de alma 40 por lo tanto sirve para guiar el alma 22 a su posición y contrarresta la fuerza ejercida por el adhesivo 34 para asegurar que el adhesivo 34 llegue a ser comprimido suficientemente en la línea de unión 30b y que el alma 22 se coloque adecuadamente.

La posición de equilibrio final del alma de cizallamiento 22 variará dependiendo de una serie de factores, incluyendo las tolerancias de las piezas discutidas anteriormente. No obstante, el localizador de alma 40 permite que la posición final se establezca dentro de una cierta tolerancia o 'ancho de banda', que se rige por el desplazamiento máximo de la parte de resorte 44 entre los estados completamente relajado y completamente comprimido.

Los localizadores de alma 40 flexibles descritos en la presente memoria permiten por lo tanto una pequeña cantidad de desplazamiento a lo largo de la cuerda del alma de cizallamiento 22 durante el cierre del molde, lo que da como resultado que se produzcan líneas de unión de alma de cizallamiento consistentes. Se evitan, por lo tanto, las desventajas asociadas con el uso de bloques de guía rígidos, y las tolerancias de las piezas se pueden acomodar sin comprometer las líneas de unión.

Una pluralidad de localizadores de alma 40 se une preferiblemente a la superficie interna 24 de la segunda mitad de carcasa 18. Los localizadores de alma 40 están separados preferiblemente a intervalos a lo largo de la longitud de la región de montaje del alma 52. Se puede usar un diseño común de localizador de alma 40 o se pueden usar localizadores de alma que tengan una geometría diferente en diferentes ubicaciones a lo largo de la envergadura para acomodarse a una geometría a lo largo de la envergadura variable del alma de cizallamiento 22. Por ejemplo, haciendo referencia de nuevo a la Figura 7a, el ángulo α de las pestañas de montaje de alma de cizallamiento 28b con respecto al panel de alma 26 puede variar a lo largo de la longitud del alma 22 para acomodar el perfil cambiante de la pala 10. El localizador de alma 40 se puede diseñar ventajosamente de manera que un ángulo β entre la base 42 y la parte de resorte 44 sea igual o similar al ángulo α , por ejemplo dentro de ± 15 grados. En la práctica, se pueden usar dos o tres variantes del localizador de alma 40, cada una que tiene un ángulo β diferente, a lo largo del alma 22 para acomodar una geometría variable.

El proceso de ensamblaje de pala que se describió anteriormente es un proceso de dos etapas. En la primera etapa, el alma de cizallamiento 22 se une a una mitad de carcasa 16 y el adhesivo se cura. En la segunda etapa, el molde se cierra y el alma de cizallamiento 22 se une luego a la segunda mitad de carcasa 18. El proceso de dos etapas es ventajoso porque el molde está abierto durante la primera etapa, por lo que el alma de cizallamiento 22 es completamente accesible y se puede soportar con plantillas para asegurar la colocación precisa del alma 22 y una línea de unión 30a controlada con precisión (véase la Figura 2) con la primera mitad de carcasa 16. El alma de cizallamiento 22 entonces es ventajosamente autoportante durante el cierre del molde. No obstante, el proceso de dos etapas requiere mucho tiempo porque se deben permitir varias horas para que el adhesivo en la primera línea de unión de alma de cizallamiento 30a se cure antes de que pueda comenzar la segunda etapa.

Alternativamente, se puede usar un proceso de ensamblaje de una sola etapa en el que el adhesivo en ambos lados del alma de cizallamiento 22 no se cura durante el cierre del molde. El adhesivo en la primera y segunda líneas de unión 30a, 30b (véase la Figura 2) se comprime por lo tanto simultáneamente durante el cierre del molde. Un proceso de una sola etapa se puede realizar más rápidamente que el proceso de dos etapas dado que evita la necesidad de esperar a que el adhesivo cure antes del cierre del molde. No obstante, presenta desafíos adicionales porque el alma 22 no se puede soportar por plantillas durante el cierre del molde y, por lo tanto, existe un mayor potencial para que el alma 22 se mueva fuera de posición porque ningún lado del alma 22 está fijo. El problema está presente particularmente cuando se unen almas a superficies inclinadas de la carcasa, tal como en el caso de un alma de borde de salida 22. Como se discutió anteriormente, si las almas se alejan de su posición designada, entonces esto puede comprometer las líneas de unión 30a, 30b, por ejemplo, conduciendo a una compresión insuficiente del adhesivo.

El uso de localizadores de alma flexibles durante un proceso de ensamblaje de una sola etapa se describirá ahora a modo de ejemplo con referencia a las Figuras 8a y 8b.

La Figura 8a muestra un alma de borde de salida 22 soportada contra una primera mitad de carcasa 16 por un par de localizadores de alma 70 según un segundo ejemplo. Una línea de adhesivo sin curar 72 se deposita en una región de montaje de alma de cizallamiento 52 en una parte inclinada de la superficie interna 24 de la primera carcasa de pala 16. El alma del borde de salida 22 está dispuesta con su primera pestaña de montaje 28a en la parte superior de este adhesivo sin curar 72.

Se deposita adhesivo sin curar 34 adicional sobre la segunda pestaña de montaje 28b. Uno de los localizadores de alma 70 está montado en un lado del borde de ataque de la región de montaje 52 y el otro localizador de alma 70 está montado en el lado del borde de salida de la región de montaje 52. Como se describirá a continuación, los localizadores de alma 70 en este ejemplo sirven para soportar y estabilizar el alma 22 durante la unión de una sola etapa, además de equilibrar las fuerzas a lo largo de la cuerda sobre el alma 22 ejercidas por el adhesivo 72.

En este ejemplo, los localizadores de alma 70 generalmente tienen un perfil de cisne y pueden ser de sección transversal constante. El perfil de cisne comprende una parte fija 42 en forma de base aplanada y una parte de resorte 44 en forma de cuello curvo que se extiende desde la base 42. La base 42 se une con adhesivo a la superficie interna 24 de la primera mitad de carcasa 16. La parte de resorte 44 es flexible en virtud de su forma curva. Se proporciona un surco 74 en un extremo libre 76 del cuello 44. El surco 74 es alargado y se extiende perpendicular a la página, es decir, en una dirección a lo largo de la envergadura cuando el localizador de alma 70 está montado como se muestra en la Figura 8a.

En común con el ejemplo anterior, el localizador de alma 70 es preferiblemente un componente pultruido de fibra de vidrio, pero se puede formar a partir de otros materiales adecuados y/o usando otras técnicas adecuadas como se describió anteriormente.

La primera y segunda lengüetas 78 están unidas a una superficie interna 79 de la primera pestaña de montaje 28a del alma de cizallamiento 22, respectivamente a cada lado del panel de alma 26. Una parte de borde de las lengüetas 78 se extiende más allá de los bordes de la primera pestaña de montaje 28a y se recibe en el surco 74 de un localizador de alma 70. Las lengüetas 78 se unen preferiblemente con adhesivo a la primera pestaña de montaje 28a, por ejemplo, durante la fabricación del alma 22. Se puede usar una plantilla para asegurar una colocación precisa de las lengüetas 78.

Cuando el alma de cizallamiento 22 se coloca en la parte superior del adhesivo sin curar 72, las lengüetas 78 se guían sobre la superficie de los cuellos de cisne 44 hasta que las lengüetas 78 encajan en los respectivos surcos 74. La pestaña de montaje 28a se guía por ello hacia la región de montaje 52. En virtud del enganche entre las lengüetas 78 y los surcos 44, los localizadores de alma 70 sirven para estabilizar el alma de cizallamiento 22 y evitar que se incline o ladee sobre la superficie de carcasa 24 inclinada.

Haciendo referencia ahora a la Figura 8b, esta muestra la situación durante el cierre del molde en el proceso de ensamblaje de una sola etapa. Cuando se cierra el molde, el alma de cizallamiento 22 se fuerza hacia abajo, hacia la primera mitad de carcasa 16, causando la compresión del adhesivo sin curar 72 en la primera línea de enlace. Los cuellos de cisne 44 de los localizadores de alma 70 se flexionan hacia abajo hacia la superficie interna 24 de la mitad de carcasa 16 para acomodar este movimiento. Los extremos libres 76 de los cuellos de cisne 44 tienen una 'mordida inferior', que evita que las lengüetas 78 se salgan de los surcos 74 durante este proceso. Como las lengüetas 78 están montadas en las superficies internas 79 de la primera pestaña de montaje 28a (es decir, por encima del grosor de la pestaña), los extremos libres 76 de los cuellos de cisne 44 no alcanzarán la superficie interna 24 de la carcasa de pala 16 y, así, no obstruirán el adhesivo 72 a medida que se comprime y se extiende por debajo de la pestaña de alma 28a.

En común con el ejemplo anterior, los localizadores de alma 70 del segundo ejemplo tienen estados relajado y comprimido. El localizador de alma 70 se desvía de manera resiliente hacia su estado relajado. Los localizadores de alma 70 se sitúan de manera que al menos parte del cuello de cisne 44 se extienda hacia la región de montaje de alma de cizallamiento 52 cuando los localizadores de alma 70 están en su estado relajado. El enganche del alma de cizallamiento 22 con los localizadores de alma 70 hace que el cuello de cisne 44 se flexione de manera que los localizadores de alma 70 adopten un estado comprimido.

Además de estabilizar el alma 22 durante el cierre del molde, los localizadores de alma 70 funcionan de una forma similar a los localizadores de alma 40 del primer ejemplo para contrarrestar las fuerzas a lo largo de la cuerda en el alma 22 durante la compresión del adhesivo. En particular, el cuello de cisne curvo 44 puede flexionarse hacia delante y hacia atrás en la dirección de la flecha 80, así como hacia arriba y hacia abajo en la dirección de la flecha 82. Cuando se comprime el adhesivo 72 en la primera línea de unión, tenderá a forzar al alma de cizallamiento 22 en una dirección a lo largo de la cuerda hacia el borde de ataque de la pala en vista de la forma en V entre la primera y segunda mitades de carcasas en el borde de salida. Por lo tanto, el alma 22 se empuja hacia el localizador de alma 70 en el lado del borde de ataque del alma 22. Esto hace que el cuello de cisne 44 se comprima y ejerza una fuerza reactiva sobre el alma de cizallamiento 22 en la dirección opuesta. Como con el ejemplo anterior, el alma 22 se moverá en la dirección a lo largo de la cuerda durante el cierre del molde hasta que alcance naturalmente una posición de equilibrio final cuando estas fuerzas opuestas estén equilibradas. Los localizadores de alma 70, por lo

tanto, permiten cierto movimiento a lo largo de la cuerda del alma de cizallamiento 22 y aseguran que se produzcan líneas de unión consistentes.

Los localizadores de alma 70 preferiblemente están separados a intervalos a lo largo de la longitud de la región de montaje de alma de cizallamiento. Las lengüetas 78 permiten que un diseño único de perfil de cisne se use a lo largo de la longitud del alma 22. El ajuste en las plantillas de las lengüetas y el espesor de unión entre las lengüetas 78 y la pestaña de alma 28a se pueden usar para ajustar la altura y el ángulo del alma 22, proporcionando un control adicional de las líneas de unión 30a, 30b (véase la Figura 2) entre el alma 22 y las carcassas 16, 18.

Si bien no se muestra en la Figura 8b, los localizadores de alma 40, 70 según el primer y/o segundo ejemplo también se montan preferiblemente en la superficie interna de la segunda mitad de carcassas sustancialmente de la misma forma que se describió anteriormente en relación con el primer ejemplo. Los perfiles de cisne no limitan el movimiento a lo largo de la cuerda del extremo superior del alma de cizallamiento, que se describió anteriormente en conexión con el primer ejemplo.

Por lo tanto, se verá que los localizadores de alma 40, 70 flexibles proporcionan ventajas en un proceso de unión tanto de dos etapas como de una etapa. En la unión de una etapa, los localizadores de alma permiten ventajosamente un proceso de ensamblaje sin plantilla. Los localizadores de alma del segundo ejemplo se podrían usar igualmente en un proceso de unión de dos etapas para eliminar el uso de plantillas.

Preferiblemente, los localizadores de alma no se quitan de la pala después de que se ensamble la pala. En otras palabras, los localizadores de alma preferiblemente permanecen permanentemente unidos a la pala. Los localizadores de alma son componentes relativamente pequeños, livianos y económicos y, por lo tanto, no se añaden significativamente al coste o al peso de la pala.

La Figura 9 muestra una herramienta de colocación 90 para colocar con precisión los localizadores de alma contra la superficie 24 de una mitad de carcassas 16. La herramienta comprende un brazo 92 que está conectado de manera pivotante en un extremo a una ubicación fija de la mitad de molde 32a. En este ejemplo, la herramienta 90 está conectada al borde de salida de la mitad de molde 32a. El otro extremo del brazo incluye un par de patas 94 que se extienden transversalmente desde el brazo 92. Las patas 94 incluyen pies 95 que se abren hacia fuera desde los extremos de las patas 94. Un pie de alma 96 simulado se extiende desde el brazo 92 entre las patas 94. El pie de alma 96 en este ejemplo tiene forma de T, y la forma del pie de alma 96 se selecciona para corresponder con la forma del alma de cizallamiento 22 a ser colocada en la ubicación particular de la herramienta 90. Las patas 94 y los pies 95 de la herramienta 90 están conformados para superponerse a la base 42 y la parte de resorte 44 de los localizadores de alma 40.

El borde de salida del molde proporciona un punto de ubicación preciso para la herramienta 90. Con el fin de unir los localizadores de alma 40 a la carcassas 16, el brazo 92 se gira a la posición mostrada en la Figura 9, y los localizadores de alma 40 están dispuestos en su lugar entre las patas 94 y el pie de alma 96 simulado. Un adhesivo 56 se aplica entre las bases 42 de los localizadores de alma 40 y la carcassas 16 y el peso de la herramienta 90 ejerce suficiente fuerza sobre los localizadores de alma 40 para comprimir el adhesivo 56. Se puede usar una herramienta similar para situar los localizadores de alma contra la segunda mitad de carcassas 18.

También se puede usar una herramienta similar para colocar los localizadores de alma 70 del segundo ejemplo, en cuyo caso la forma de las patas se puede adaptar para que corresponda con el perfil externo de los cuellos de cisne 44.

La herramienta 90 también se puede usar para colocar los localizadores de alma 40, 70 individualmente, así como en pares, como se muestra en la Figura 9. Una pluralidad de herramientas 90 se puede separar a lo largo de los moldes 32a, 32b, con la geometría de las herramientas 90 respectivas correspondiente a la geometría del alma 22 y los localizadores de alma 40, 70 en esas ubicaciones.

Si bien los localizadores de alma 40, 70 se han descrito en el contexto del alma de borde de salida 22, los localizadores de alma 40, 70 también son adecuados para usar en conexión con un alma de borde de ataque o un alma principal, que también se puede montar en una superficie de carcassas inclinada. En este caso, un localizador de alma se colocaría al menos en un lado del borde de salida del alma de manera que el alma se presione hacia el borde de ataque durante el cierre del molde. Además, los localizadores de alma 40, 70 también se pueden usar en superficies no inclinadas y, por lo tanto, se pueden usar para soportar y/o guiar un alma de cizallamiento principal 20 en un proceso de ensamblaje de una etapa o dos etapas.

En un ejemplo, el localizador de alma 40, 70 tiene una longitud (en la dirección a lo largo de la envergadura S de la pala 10) de 100 mm. Puede haber uno o dos localizadores de alma 40, 70 por metro de tramo de alma de cizallamiento 20, 22. Cuando la parte de resorte 44 del localizador de alma 40, 70 se comprime, del estado relajado al estado comprimido, puede moverse hasta 30 mm, o incluso hasta 50 mm (en la dirección a lo largo de la cuerda C). Tal compresión puede proporcionar una fuerza de resorte de aproximadamente 0,5 a 1,5 kN.

Si bien los localizadores de alma 40, 70 descritos en los ejemplos anteriores tienen una flexibilidad intrínseca, en otros ejemplos la parte de resorte del localizador de alma puede incorporar un resorte mecánico separado u otros

medios de empuje tales. Los localizadores de alma de ejemplos adicionales pueden incluir una bisagra mecánica entre la parte fija y la parte de resorte.

5 En otros ejemplos, los localizadores de alma 70 de perfil de cisne descritos en el segundo ejemplo se pueden sustituir por localizadores de alma 40 con forma de V, tales como los descritos en el primer ejemplo. Del mismo modo, los localizadores de alma 70 con perfil de cisne se pueden usar en lugar de los localizadores de alma 40 con forma de V del primer ejemplo. En todos los ejemplos, los localizadores de alma 40, 70 se pueden usar con o sin las lengüetas 78 y las ranuras 74 descritas anteriormente.

Se pueden hacer muchas otras modificaciones a los ejemplos anteriores sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones que se acompañan.

10

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de una pala de aerogenerador (10), la pala de aerogenerador que se extiende longitudinalmente en una dirección a lo largo de la envergadura y que se extiende transversalmente en la dirección a lo largo de la cuerda entre un borde de ataque (13) y un borde de salida (14), el método que comprende:
 - 5 a. proporcionar una primera mitad de carcasa (16) y una segunda mitad de carcasa (18) para ser unidas entre sí, cada mitad de carcasa que comprende una superficie interna (24) que tiene una curvatura cóncava en la dirección a lo largo de la cuerda, de manera que partes de la superficie interna estén inclinadas con relación a una cuerda local de la pala;
 - 10 b. definir una región de montaje de alma de cizallamiento (52) en una parte inclinada de la superficie interna de una mitad de carcasa;
 - c. proporcionar un localizador de alma (40) que tiene una parte fija (42) y una parte de resorte (44) que se extiende desde la parte fija, la parte de resorte que es movable con relación a la parte fija entre los estados comprimido y relajado, y la parte de resorte que se desvía hacia el estado relajado,
 - 15 d. unir la parte fija del localizador de alma (40) a una superficie interna (24) de una mitad de carcasa próxima a la región de montaje (52) de manera que al menos parte de la parte de resorte (44) se extienda en frente de la región de montaje;
 - e. proporcionar un alma de cizallamiento (22) que tiene una pestaña de montaje (28a, 28b) para unirse a la región de montaje;
 - f. proporcionar adhesivo (34) en la pestaña de montaje y/o en la región de montaje;
 - 20 g. juntar la primera y segunda mitades de carcasas (16, 18) con el alma de cizallamiento (22) dispuesta entre las mismas, de manera que la pestaña de montaje (28a, 28b) sea guiada por una superficie (49) de la parte de resorte (44) del localizador de alma (40) hacia la región de montaje (52) y la parte de resorte se comprima; y
 - h. comprimir y curar el adhesivo (34).
- 25 2. El método de la reivindicación 1, en donde la parte de resorte del localizador de alma en un estado comprimido ejerce una primera fuerza a lo largo de la cuerda sobre el alma de cizallamiento que contrarresta una segunda fuerza a lo largo de la cuerda sobre el alma de cizallamiento ejercida por el adhesivo, y en donde la primera y segunda fuerzas a lo largo de la cuerda causan un movimiento a lo largo de la cuerda del alma de cizallamiento hasta que la pestaña de montaje alcanza una posición de equilibrio dentro de la región de montaje donde la primera y segunda fuerza a lo largo de la cuerda son iguales.
- 30 3. El método de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el alma de cizallamiento es un alma de borde de salida para su ubicación cerca del borde de salida de la pala, y el método comprende unir el localizador de alma en un lado del borde de ataque de la región de montaje de alma de cizallamiento, en donde el localizador de alma empuja el alma de cizallamiento hacia el borde de salida cuando se juntan las mitades de carcasa.
- 35 4. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde antes de unir el localizador de alma a la superficie interna de la mitad de carcasa, el método comprende colocar con precisión el localizador de alma en la superficie interna usando una herramienta de colocación unida a una ubicación predeterminada de un molde de pala en el que se soporta la mitad de carcasa.
5. El método de la reivindicación 4, en donde la herramienta de colocación comprende un brazo que está conectado de manera pivotante al molde de pala.
- 40 6. El método de cualquier reivindicación anterior, que comprende unir un par de localizadores de alma respectivamente en un lado del borde de ataque y un lado del borde de salida de la región de montaje de alma de cizallamiento, en donde los localizadores de alma están configurados para engancharse con la pestaña de montaje o con una lengüeta unida a la pestaña de montaje de manera que el alma de cizallamiento se estabilice por los localizadores de alma y se evite que se ladee.
- 45 7. Una pala de aerogenerador (10) que comprende la primera y segunda mitades de carcasas (16, 18) unidas entre sí, y un alma de cizallamiento (22) unida en el interior de la pala entre las superficies internas (24) respectivas de las mitades de carcasas, en donde la pala de aerogenerador comprende además uno o más localizadores de alma (40) unidos a la superficie interna de la primera y/o segunda mitades de carcasas, en donde el uno o más localizadores de alma comprenden:
 - 50 una parte fija (42) para unir a una superficie interna de una mitad de carcasa de pala de aerogenerador; y

una parte de resorte (44) para guiar un alma de cizallamiento hacia una región de montaje (52) en la superficie interna (24) de la mitad de carcasa, la parte de resorte que es movable con relación a la parte fija entre los estados comprimido y relajado, y la parte de resorte que se desvía hacia el estado relajado.

- 5 8. La pala de aerogenerador de la reivindicación 7, en donde la parte de resorte del localizador de alma está configurada para ejercer una fuerza a lo largo de la cuerda sobre el alma de cizallamiento en uso cuando está en un estado comprimido.
9. La pala de aerogenerador de la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en donde el uno o los localizadores de alma comprenden además una parte tal como una parte flexible o una bisagra configurada para permitir que la parte de resorte se mueva con relación a la parte fija.
- 10 10. La pala de aerogenerador de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en donde la parte de resorte del localizador de alma tiene forma de V.
11. La pala de aerogenerador de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en donde el localizador de alma tiene un perfil de cisne en el que la parte fija comprende una base y la parte de resorte comprende un cuello curvo que se extiende desde la base.
- 15 12. La pala de aerogenerador de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en donde la parte de resorte de cada localizador de alma comprende un surco para recibir una parte de borde de la pestaña de montaje de alma de cizallamiento o una parte de borde de una lengüeta unida a la pestaña de montaje.
13. La pala de aerogenerador de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en donde el localizador de alma es un componente pultrusionado.
- 20 14. La pala de aerogenerador de la reivindicación 7, en donde el o cada localizador de alma está en un estado comprimido.

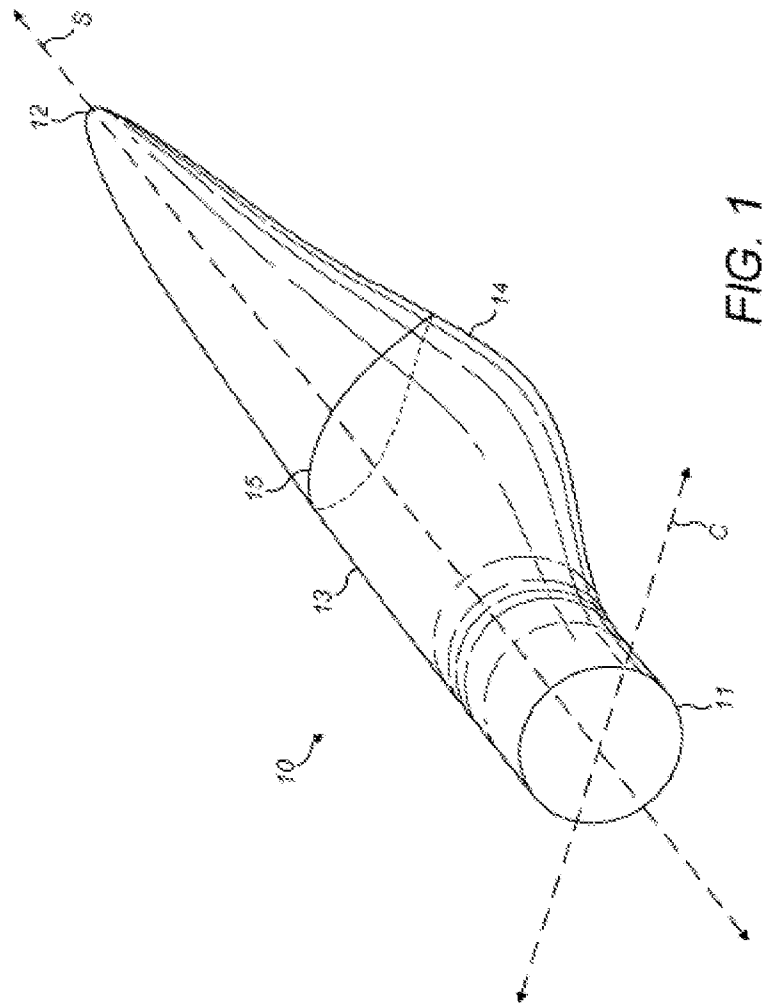


FIG. 1

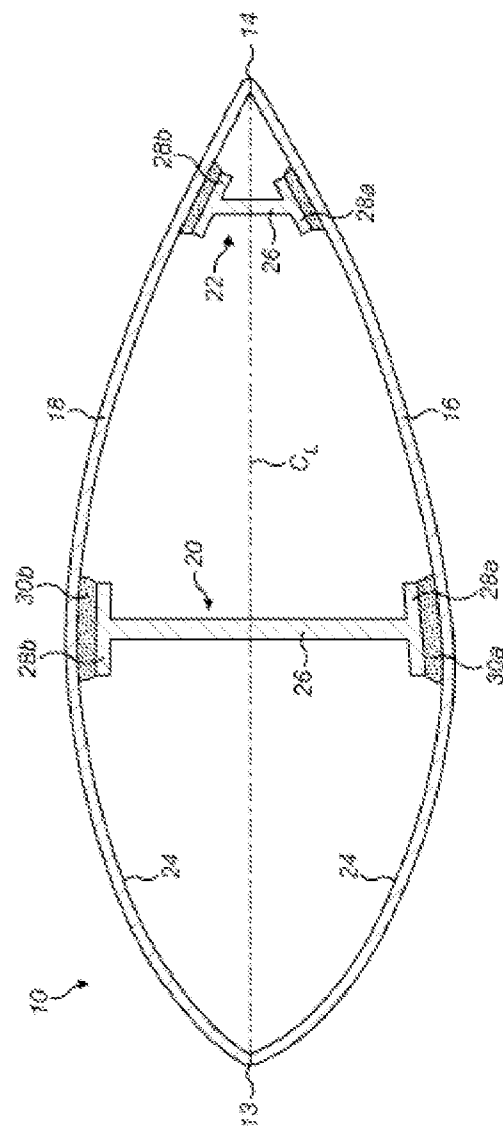


FIG. 2

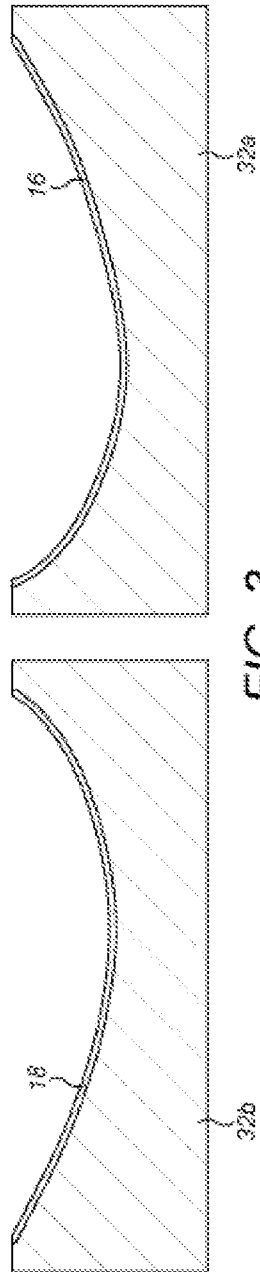


FIG. 3

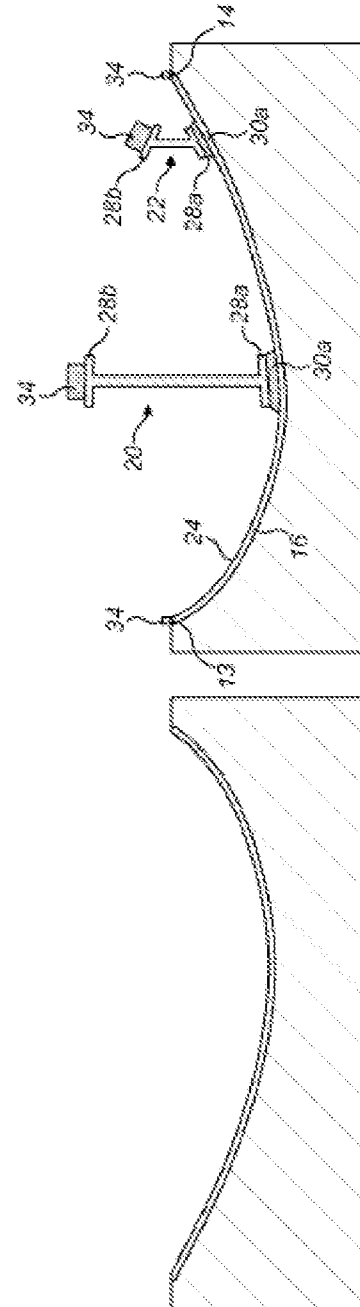
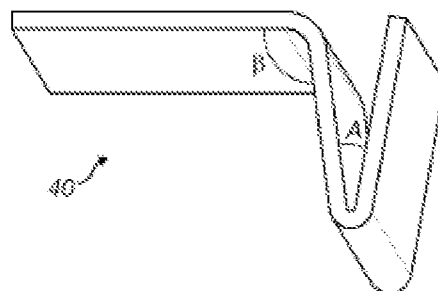
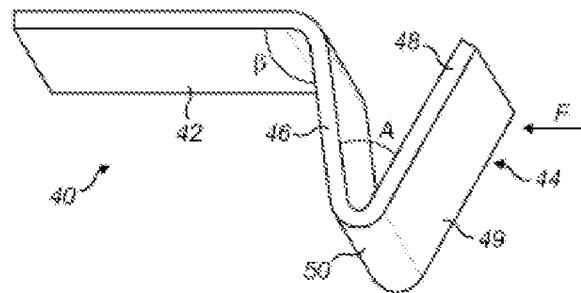
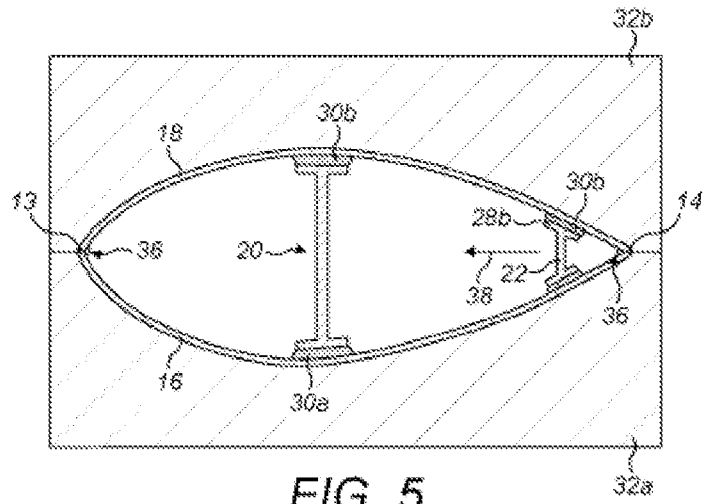


FIG. 4



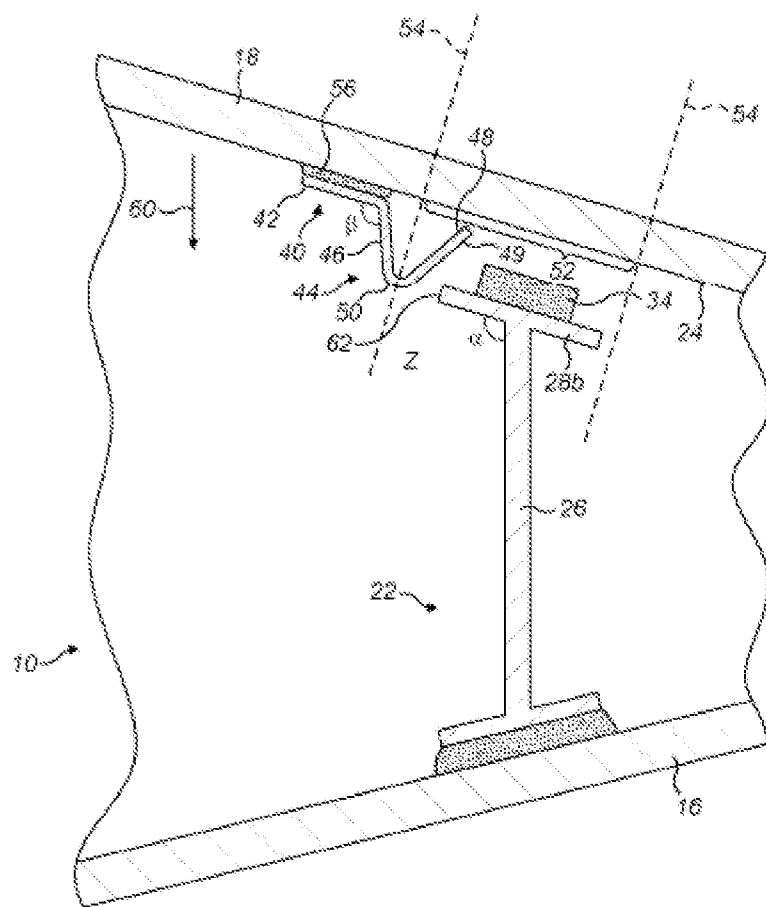


FIG. 7a

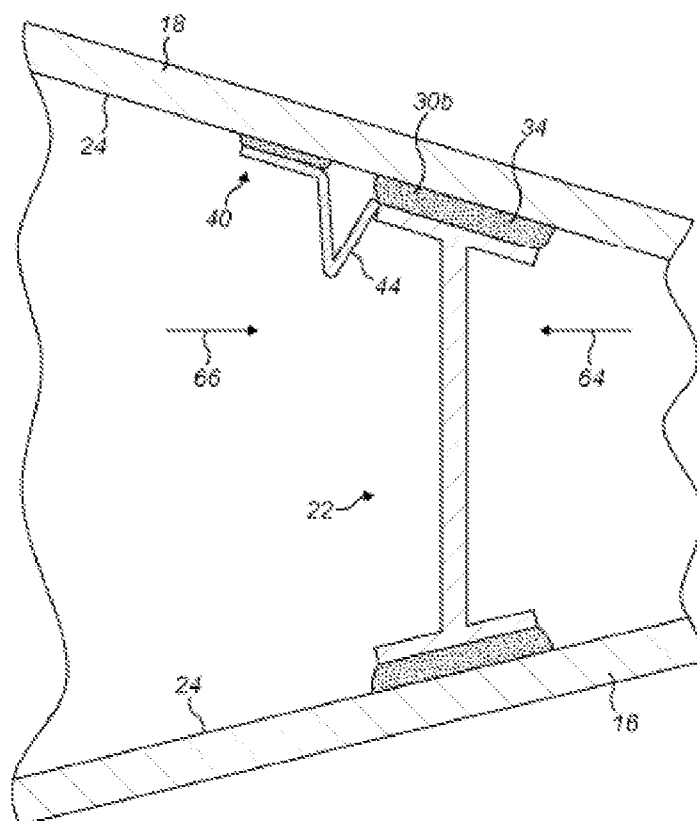
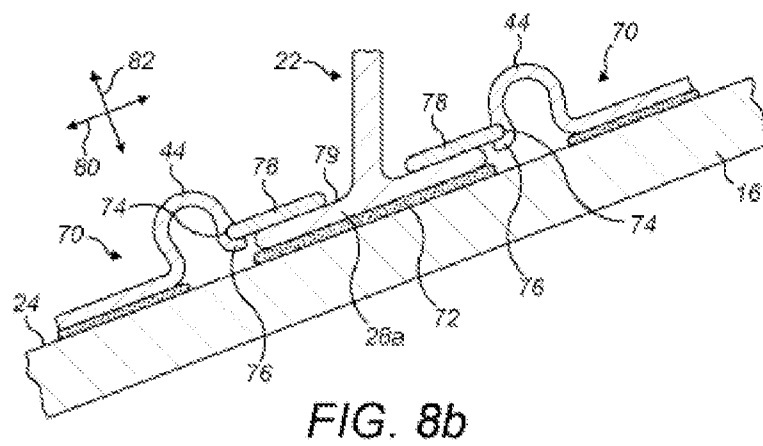
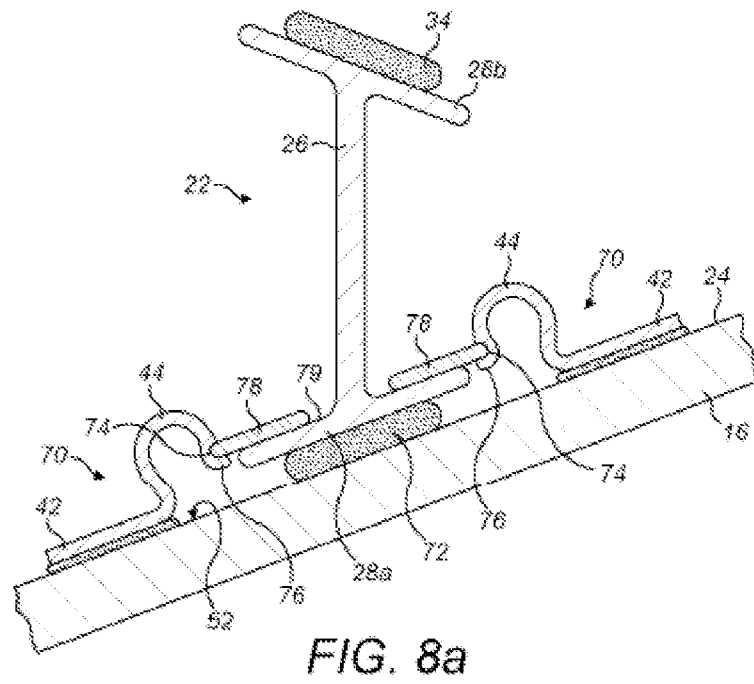


FIG. 7b



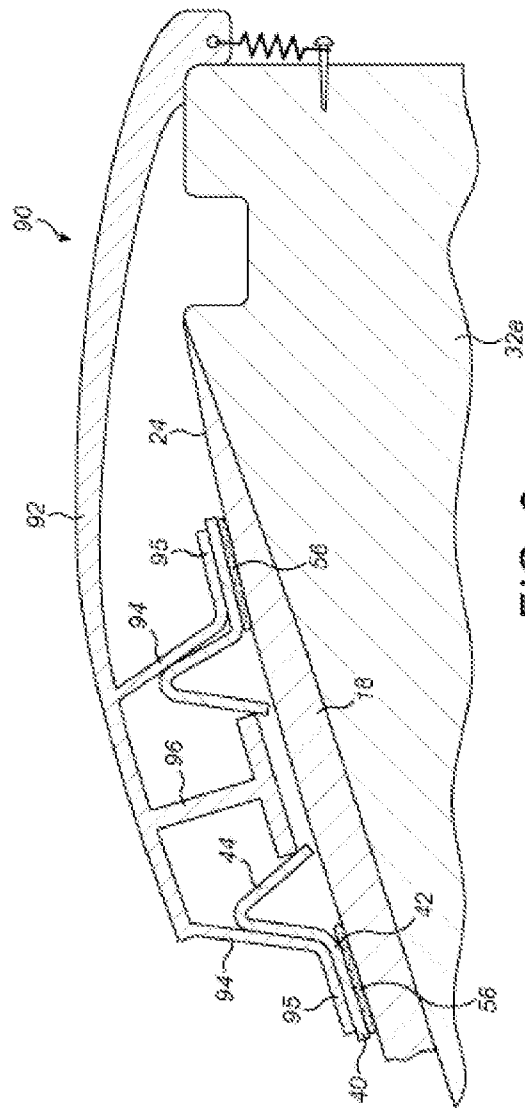


FIG. 9