

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 199**

51 Int. Cl.:

B29C 70/38 (2006.01) **B29K 105/08** (2006.01)
B29C 70/86 (2006.01)
B29C 33/12 (2006.01)
B29D 99/00 (2010.01)
F03D 1/06 (2006.01)
B29C 70/54 (2006.01)
B29C 70/56 (2006.01)
B32B 38/00 (2006.01)
B32B 38/18 (2006.01)
B29L 31/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2013** **E 16158301 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019** **EP 3045296**

54 Título: **Sistema y método de asistencia en la fabricación de una carcasa de pala de turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.05.2020

73 Titular/es:

LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding , DK

72 Inventor/es:

BØRSTING, DENNIS, ANDRÉ;
KJÆR, CHRISTIANSEN, PER;
ENGMARK, MORTENSEN, IVAN y
FUGLSANG, LARS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 758 199 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

Sistema y método de asistencia en la fabricación de una carcasa de pala de turbina eólica

Campo técnico

5 La presente divulgación se relaciona con un sistema para la colocación automática de esteras de fibra y con un método de colocación de esteras de fibra para la fabricación de piezas para una pala de turbina eólica, en particular la parte de carcasa aerodinámica de una pala de turbina eólica. La presente invención se relaciona además con un método para fabricar una pieza de carcasa de pala de turbina eólica hecha de una estructura compuesta que comprende un material de refuerzo de fibra incrustado en una matriz polimérica. La presente invención se relaciona adicionalmente con un conjunto de extremo de raíz para usar en el método para fabricar la carcasa de pala de turbina eólica. Finalmente, la divulgación también se relaciona con un molde para fabricar una pieza de carcasa de pala de turbina eólica.

Antecedentes

15 Las palas de turbina eólica de polímero reforzado con fibra y, en particular, las carcasas aerodinámicas de las palas de turbina eólica se fabrican en general en moldes, donde el lado de presión y el lado de succión de la pala se fabrican por separado mediante la disposición de esteras de fibra de vidrio en cada una de las dos piezas de molde. Luego, las dos mitades se pegan, a menudo a través de piezas de brida internas. Se aplica pegamento a la cara interna de la mitad inferior de la pala antes de que se baje la mitad superior de la pala. Además, uno o dos perfiles de refuerzo (vigas) a menudo se unen al interior de la mitad inferior de la pala antes de pegarse a la mitad superior de la pala.

20 Las piezas de la carcasa aerodinámica se hacen típicamente mediante el uso de Moldeo por Transferencia de Resina Asistida por Vacío (VARTM), donde una pluralidad de esteras de fibra están dispuestas en la parte superior de un molde rígido y posiblemente también un material de núcleo para proporcionar piezas que tienen una estructura tipo sándwich. Cuando las esteras de fibra se han apilado y superpuesto de manera que formen la forma final de la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica. Luego, se coloca una bolsa de vacío flexible en la parte superior de las esteras de fibra y se sella contra la parte rígida del molde, formando así una cavidad de molde que contiene las esteras de fibra. Las entradas de resina y las salidas de vacío están conectadas a la cavidad de molde. Primero, la cavidad de molde se evacua a través de las salidas de vacío de manera que formen una depresión en la cavidad de molde, después de lo cual se suministra un suministro de resina líquida a través de las entradas de resina. La resina es forzada dentro de la cavidad de molde debido a la diferencia de presión e impregna el material de fibra de las esteras de fibra. Cuando el material de fibra se ha impregnado completamente, la resina se cura con el fin de formar la estructura compuesta final, es decir, la parte de la carcasa de la turbina eólica.

Diversos de los procesos anteriores, que incluyen la disposición de las esteras de fibra, se llevan a cabo habitualmente de forma manual.

35 Las palas de turbina eólica se han vuelto cada vez más largas a través de los años y las palas que tienen una longitud de más de 70 metros están ahora disponibles comercialmente en el mercado. Esto también significa que deben usarse moldes más grandes. Debido al gran tamaño, se ha vuelto cada vez más complicado colocar las esteras de fibra y obtener una humectación adecuada del material de fibra. Sin embargo, diversos de los diferentes procesos todavía se llevan a cabo manualmente, lo cual aumenta el riesgo de que ocurran errores, tales como la formación de arrugas en el material de fibra o áreas de humectación insuficiente del material de fibra, lo cual a su vez puede ser perjudicial para la resistencia mecánica de la estructura compuesta y puede requerir que la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica fabricada tenga que ser desechada. Además, aumenta todo el tiempo de ciclo para cada proceso, es decir, la colocación de material de fibra, la impregnación del material de fibra y el curado de la resina para formar el producto final.

45 Los documentos WO 2006/070171 A1 y ES 2 382 245 A1 divulgan métodos para la fabricación de una carcasa de pala de turbina eólica hecha de un material compuesto reforzado con fibra con miembros de fijación incrustados en un extremo de raíz de la carcasa de pala de turbina eólica. Los miembros de fijación están dispuestos en una placa de posicionamiento que mantiene los miembros de fijación en posición durante el moldeo de la carcasa de la pala de turbina eólica. La placa de posicionamiento se puede quitar después.

Divulgación de la invención

50 Por consiguiente, existe la necesidad de sistemas y métodos que mejoren la calidad de las partes de la carcasa de la pala de turbina eólica (o al menos disminuyan el riesgo de que ocurran errores) y que puedan reducir el tiempo de ciclo de los diversos procesos.

55 De acuerdo con un primer aspecto, la divulgación proporciona un sistema de colocación de esteras de fibra para colocar y cortar esteras de fibra en un molde para la fabricación de una parte compuesta reforzada con fibra, en particular una parte para una pala de turbina eólica, tal como una parte de carcasa aerodinámica, en donde el sistema está adaptado para colocar la estera de fibra a medida que se mueve en una dirección longitudinal a lo largo del molde, y en donde el sistema comprende: un primer rodillo impulsor para avanzar la estera de fibra, un dispositivo de corte

- 5 para cortar la estera de fibra, un primer dispositivo de sujeción para sujetar la estera de fibra, a la vez que la estera de fibra está siendo cortada por el dispositivo de corte, un rodillo amortiguador que proporciona una longitud de amortiguación para la estera de fibra y está dispuesto con la corriente del primer rodillo impulsor, el primer dispositivo de sujeción y el dispositivo de corte, el rodillo amortiguador es móvil para variar la longitud de amortiguación de la estera de fibra, y un segundo rodillo impulsor para avanzar la estera de fibra y colocarse con la corriente del rodillo amortiguador.
- 10 Esto proporciona un sistema, donde la estera de fibra puede continuar siendo colocada, a la vez que se corta la estera de fibra. Esto puede llevarse a cabo mediante el primer dispositivo de sujeción que inmoviliza una primera parte de la estera de fibra, a la vez que se corta la estera de fibra. El sistema continúa propagándose a lo largo del molde y colocando la estera de fibra. Esto puede llevarse a cabo, ya que el segundo rodillo impulsor continúa avanzando la estera de fibra y la posición del rodillo amortiguador varía para disminuir la longitud de amortiguación. De este modo, el tiempo del ciclo de colocación no se verá afectado por el tiempo del proceso de corte. El sistema de colocación de la estera de fibra coloca la estera de fibra moviéndose a lo largo del molde en oposición a los sistemas que utilizan una pinza que tira de la estera de fibra a lo largo del molde.
- 15 Por consiguiente, los rodillos impulsores del sistema de colocación de estera de fibra también hacen avanzar la estera de fibra con aproximadamente la misma velocidad a medida que el sistema de colocación se mueve a lo largo del molde. Por el contrario, la estera de fibra se arrastraría a lo largo del molde o tendería a arrugarse durante el diseño.
- La posición de corte, por supuesto, determina la longitud total de la estera de fibra que se está colocando.
- 20 Los rodillos impulsores se definen como dispositivos que pueden hacer avanzar las esteras de fibra internamente en el sistema de colocación de esteras de fibra. El rodillo impulsor puede estar formado por un solo rodillo o dos o más rodillos que se acoplan en la estera de fibra. El rodillo impulsor también puede comprender una correa, una correa y una pluralidad de rodillos que giran la correa.
- 25 De acuerdo con una realización ventajosa, la estera de fibra se suministra a partir de un rollo de estera de fibra. El rollo de estera de fibra se mueve preferiblemente a lo largo del molde junto con el sistema de colocación de estera de fibra. Sin embargo, en principio, el rollo de estera de fibra también puede ser estacionario.
- 30 De acuerdo con otra realización ventajosa, el sistema comprende además un dispositivo de drapeado dispuesto con la corriente del segundo rodillo impulsor. El dispositivo de drapeado asegura que las arrugas en las esteras de fibra colocadas se reducen y alinea las fibras en la orientación correcta. Esto es particularmente relevante, si la velocidad de avance de los rodillos impulsores no está exactamente alineada con la velocidad de movimiento del sistema de colocación de esteras de fibra a lo largo del molde. En una realización, el dispositivo de drapeado comprende uno o más rodillos, tal como un rodillo de compresión. Alternativamente o además de esto, el dispositivo de drapeado puede comprender un número de cepillos o almohadillas. Los cepillos pueden ser, por ejemplo, almohadillas de goma flexibles que se arrastran junto con el sistema de colocación de esteras de fibra, arrastrando así las fibras a medida que se mueven a lo largo de las capas de fibra.
- 35 De acuerdo con una realización ventajosa, el dispositivo de corte es una cuchilla ultrasónica. El dispositivo de corte también puede ser un cortador giratorio. En principio, se puede usar cualquier dispositivo de corte adecuado para cortar esteras de fibra.
- 40 En otra realización ventajosa, el sistema está adaptado para colocar esteras de fibra que tienen un ancho de al menos 20 cm. En otras palabras, la estera de fibra tiene un ancho de al menos 20 cm. Alternativamente, la estera de fibra tiene un ancho de al menos 30 cm, o al menos 40 cm, o al menos 50 cm. El sistema también puede adaptarse para colocar esteras de fibra que tienen un ancho de entre 20 cm y 80 cm. Por lo tanto, las esteras de fibra pueden tener un ancho máximo de 80 cm.
- 45 Las esteras de fibra pueden comprender cualquier tipo de fibras de refuerzo adecuadas para reforzar estructuras compuestas grandes, tales como fibras de vidrio, fibras de carbono o fibras de aramida. Las esteras de fibra pueden comprender fibras unidireccionales, fibras biaxiales, fibras triaxiales o fibras orientadas aleatoriamente.
- En aún otra realización ventajosa, el sistema está adaptado para colocar esteras de fibra con una velocidad de entre 25 m/minuto y 100 m/minuto. Alternativamente, el sistema está adaptado para colocar esteras de fibra con una velocidad de entre 50 m/minuto y 100 m/minuto, por ejemplo, alrededor de 72 m/minutos (o, en otras palabras, 1.2 m/s).
- 50 De acuerdo con una realización, el sistema está adaptado para disminuir su velocidad de movimiento a lo largo del movimiento durante el corte de la estera de fibra.
- 55 En una realización ventajosa, el primer rodillo impulsor está dispuesto sustancialmente vertical sobre el segundo rodillo impulsor, y preferiblemente también sustancialmente vertical sobre el primer dispositivo de sujeción. Esto proporciona una solución simple de hacer avanzar la estera de fibra a partir del primer rodillo impulsor al segundo rodillo impulsor, después de que la estera de fibra se haya cortado. El rodillo amortiguador puede estar dispuesto ventajosamente de modo que sea móvil en una dirección sustancialmente transversal a la dirección entre el primer rodillo impulsor y el

- segundo rodillo impulsor. Por lo tanto, el rodillo amortiguador puede ser móvil, por ejemplo, en una dirección sustancialmente horizontal. Esto proporciona una solución simple de proporcionar y variar la longitud de amortiguación de la estera de fibra. De acuerdo con una realización ventajosa particular, el rodillo amortiguador está polarizado elásticamente. Por lo tanto, el amortiguador puede estar polarizado con una fuerza de polarización que excede la fuerza de tracción de la estera de fibra, cuando el primer dispositivo de sujeción está desactivado. Una vez que se acopla el primer dispositivo de sujeción, el segundo medio impulsor continuará haciendo avanzar la estera de fibra, la cual a su vez aplicará una fuerza de tracción al rodillo amortiguador. Como la fuerza de tracción excede la de la fuerza de polarización, el rodillo amortiguador se moverá y a su vez disminuirá la longitud de amortiguación. El rodillo amortiguador puede, por ejemplo, estar polarizado mediante el uso de presión de gas o mediante el uso de un resorte.
- 5
- 10 En una realización, el rodillo amortiguador puede bloquearse en una posición desacoplada, donde se minimiza la longitud de amortiguación. La longitud de amortiguación puede ser, por ejemplo, cero, cuando el rodillo amortiguador está bloqueado en la posición desacoplada. El rodillo amortiguador puede bloquearse en una posición, donde el extremo de fibra cortada puede avanzar pasando el rodillo amortiguador para avanzar hasta un grado en donde la estera de fibra se acopla nuevamente con el segundo rodillo impulsor. Esto puede llevarse a cabo teniendo medios adecuados para guiar la estera de fibra más allá del rodillo amortiguador, o por ejemplo, teniendo el primer medio impulsor y el segundo medio impulsor dispuestos sustancialmente uno encima del otro. Posteriormente, el rodillo amortiguador puede moverse nuevamente a la posición de polarización para proporcionar una nueva longitud de amortiguación.
- 15
- 20 El primer dispositivo de sujeción puede comprender rodillos de sujeción. En una realización, el sistema de colocación de estera de fibra está provisto de sensores que se utilizan para monitorizar la tensión de la estera de fibra. Esto a su vez puede usarse para controlar la fuerza de polarización aplicada al rodillo amortiguador.
- De acuerdo con un primer aspecto adicional, la divulgación también proporciona un método para fabricar una parte compuesta, en particular una parte para una pala de turbina eólica, tal como una parte de carcasa aerodinámica, en donde las esteras de fibra se colocan en una parte del molde en un procedimiento de colocación mediante el uso de un sistema automatizado de colocación de esteras de fibra, en donde el procedimiento de colocación comprende las etapas de: a) entregar un suministro de una o más esteras de fibra al sistema de colocación de esteras de fibra, b) colocar una primera longitud de una estera de fibra sobre una superficie del molde a lo largo de una primera parte longitudinal del molde moviendo el sistema de colocación de estera de fibra en una dirección longitudinal del molde, c) sujetar una primera parte de la estera de fibra, d) cortar la estera de fibra en una posición de corte, y a la vez que se lleva a cabo la etapa d), e) se coloca una segunda longitud de la estera de fibra al continuar moviendo el sistema de colocación de estera de fibra a lo largo del molde, a la vez que se reduce una longitud de amortiguación dispuesta con la corriente de la primera parte de la estera de fibra, y f) repetir las etapas a) -e) para definir una pluralidad de esteras de fibra dispuestas que definen la parte compuesta.
- 25
- 30
- 35 Por lo tanto, el método implica las etapas continuas de colocación y corte de esteras de fibra, las cuales están dispuestas y superpuestas de forma que cubran la parte propuesta del molde y apiladas hasta que se obtenga un espesor de laminado deseado. El método permite que la estera de fibra continúe siendo colocada durante la etapa de corte, sin afectar negativamente el tiempo del ciclo de colocación. El sistema de colocación de estera de fibra se puede mover a una nueva posición de inicio para colocar la siguiente longitud de estera de fibra, a la vez que la siguiente pieza de estera de fibra se entrega al sistema de colocación de estera de fibra.
- 40
- En una realización ventajosa, la longitud de amortiguación en la etapa f) se reduce variando la posición de un rodillo amortiguador, proporcionando el rodillo amortiguador una longitud de amortiguación para la estera de fibra.
- En otra realización ventajosa, la entrega de una o más esteras de fibra en la etapa a) implica avanzar una o más esteras de fibra a una posición, donde se extienden a partir de un primer rodillo impulsor hasta el rodillo amortiguador dispuesto con la corriente del primer rodillo impulsor y más además sobre un segundo rodillo impulsor dispuesto con la corriente del rodillo amortiguador. Esto asegura que la estera de fibra aún pueda avanzar, una vez que se haya cortado en la etapa d).
- 45
- En aún otra realización ventajosa, la entrega se lleva a cabo a la vez que el rodillo amortiguador está en una posición retraída, y en donde el primer rodillo impulsor hace avanzar la estera de fibra hasta que se aplica al segundo rodillo impulsor. Por lo tanto, la estera de fibra puede avanzar pasando el rodillo. El rodillo amortiguador puede moverse posteriormente a una posición acoplada, en donde el rodillo impulsor proporciona la longitud de protección de la estera de fibra.
- 50
- De acuerdo con una realización ventajosa, el sistema de colocación de esteras de fibra después de la etapa e) se mueve a una nueva posición de inicio para colocar una estera de fibra, a la vez que se lleva a cabo una entrega posterior de un suministro de una o más esteras de fibra al sistema de colocación de estera de fibra.
- 55
- En una realización, el sistema de colocación de estera de fibra durante la etapa b) se mueve a lo largo del molde a una primera velocidad, y el sistema de colocación de estera de fibra en la etapa e) se mueve a lo largo del molde a una segunda velocidad que es inferior a la primera velocidad.

En una realización, los sensores se usan para monitorizar la tensión de la estera de fibra. Esto a su vez puede usarse para controlar la fuerza de polarización aplicada al rodillo amortiguador.

5 En una realización, el sistema de colocación de estera de fibra se gira entre colocar una estera de fibra y una segunda estera de fibra. Por lo tanto, la primera estera de fibra se coloca en la dirección longitudinal del molde, a la vez que la siguiente se coloca en la dirección opuesta. Alternativamente, el sistema de colocación de la estera de fibra se mueve hacia atrás para comenzar la colocación de la siguiente estera de fibra y se coloca en la misma dirección.

10 De acuerdo con un segundo aspecto, la invención proporciona un método para fabricar una parte de carcasa de pala de turbina eólica hecha de una estructura compuesta que comprende un material de refuerzo de fibra incrustado en una matriz de polímero, en donde el método comprende las etapas de: a) organizar una o más capas de fibra externas en una superficie del molde, la una o más capas de fibra externas que definen una superficie externa de la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica, b) montar una pluralidad de dispositivos de sujeción en una placa de montaje de manera que forme un conjunto de extremo de raíz, c) colocar el conjunto de extremo de raíz en la parte superior de una o más capas de fibra externas en una sección de extremo de raíz del molde, d) organizar una o más capas de fibra internas en la parte superior del conjunto de extremo de raíz, e) suministrar un polímero a las capas de fibra externa e interna, f) permitir que el polímero cure de manera que forme la estructura compuesta, y retirar la placa de montaje. El alcance de la invención se define en la reivindicación 1.

20 Esto proporciona un método, en donde la pluralidad de dispositivos de sujeción se puede colocar en el molde en una sola etapa en lugar del método de la técnica anterior, donde los dispositivos de sujeción se colocan por separado. El método de la técnica anterior de colocar por separado los bujes en el molde es un procedimiento tedioso y está predispuesto al error. Mediante el uso del método de acuerdo con la invención, los dispositivos de sujeción o bujes pueden estar dispuestos en la placa de montaje, y todos los bujes pueden estar dispuestos correctamente en las capas de fibra en el molde. Esto también acelera el proceso de fabricación, ya que todos los miembros de fijación pueden estar dispuestos sobre el material de fibra en una sola etapa, y dado que la colocación de fibra en el molde y la preparación del conjunto de extremo de raíz pueden prepararse en paralelo.

25 Los miembros de fijación están en la estructura compuesta final de la parte de carcasa incrustada entre la(s) capa(s) de fibra externa y la(s) capa(s) de fibra interna. Se puede acceder a los miembros de fijación a partir del extremo de raíz de la parte de la carcasa, de modo que la pala de turbina eólica se pueda montar en el repartidor de una turbina eólica.

30 La placa de montaje puede permanecer en el extremo de raíz de la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica después de la fabricación de la parte de la carcasa y solo puede retirarse antes de la instalación en el repartidor de la turbina eólica. De este modo, la placa de montaje rígida asegura que el extremo de raíz de la pala no se deforme durante el almacenamiento. En los métodos de fabricación, donde la carcasa de la pala se fabrica a través de dos o más partes de la carcasa de la pala, tal como la parte de la carcasa del lado de succión y la parte de la carcasa del lado de presión, la placa de montaje también puede permanecer unida a las partes de la carcasa de la pala durante la etapa, donde las partes de la carcasa de la pala están pegadas entre sí.

35 Cuando la placa de montaje del conjunto de extremo de raíz ha sido retirada, la parte restante constituye un inserto de extremo de raíz.

40 De acuerdo con una realización preferida, los miembros de fijación son bujes. Los bujes están dispuestos de modo que la abertura de los bujes sea accesible a partir del extremo de raíz de la carcasa de la pala de manera que la pala de turbina eólica final pueda montarse en el repartidor de una turbina eólica mediante el uso de pernos de sujeción insertados en las aberturas de los bujes.

45 De acuerdo con una realización ventajosa, los bujes se montan en la placa de montaje mediante el uso de pernos de sujeción. La placa de montaje puede estar provista de aberturas para insertar el perno de retención, de modo que los bujes se monten en un primer lado de la placa de montaje, y los pernos de retención se inserten a través de dichas aberturas y se unan al buje a partir de un segundo, lado opuesto de la placa de montaje. La placa de montaje se puede quitar del extremo de raíz desmontando primero los pernos de sujeción y luego retirando la placa de montaje de extremo de raíz de la parte de la carcasa de la pala.

50 De acuerdo con otra forma de realización ventajosa, la placa de montaje está provista de concavidades de guía para la inserción de un extremo de los miembros de fijación. Esto asegura la correcta alineación y orientación de los miembros de fijación.

55 De acuerdo con la invención, la preparación del conjunto de extremo de raíz comprende además la etapa de montar insertos entre los miembros de fijación. Los insertos son insertos de retención, tales como cuñas de mariposa, las cuales retienen los miembros de fijación y además aseguran que los miembros de fijación estén dispuestos con la separación mutua correcta. En la práctica, los miembros de fijación y los insertos pueden estar dispuestos en el conjunto de extremo de raíz al organizar alternativamente el miembro de sujeción y los insertos, preferiblemente a lo largo de una trayectoria circular o semicircular en la placa de montaje.

Los insertos pueden estar hechos ventajosamente de una estructura compuesta reforzada con fibras, por ejemplo, una pultrusión de fibras que comprende fibras de vidrio pultruidas o fibras de carbono.

En una realización, el material de fibra se envuelve alrededor de los miembros de fijación. El material de fibra puede ser ventajosamente material de fibra no tejida, tal como lana de vidrio.

- 5 Los miembros de fijación están hechos típicamente de un metal, tal como hierro fundido o acero inoxidable, y envolviendo material de fibra, por ejemplo, fibras de vidrio, alrededor de los miembros de fijación, se aseguran de que los miembros de fijación estén unidos adecuadamente a las capas de fibra interna y externa.

10 En una realización ventajosa, una cuña está dispuesta en extensión longitudinal del miembro de fijación. La cuña puede estar hecha, por ejemplo, de polímero espumado o madera de balsa. La cuña está dispuesta de modo que tenga la parte más gruesa proximal al extremo del miembro de sujeción, y la parte delgada distal al extremo del miembro de sujeción. Esto asegura que el conjunto de extremo de raíz tenga una transición gradual a las capas de fibra externa e interna, asegurando a su vez que la raíz de la pala no tenga una transición de rigidez empinada o discontinua.

15 La cuña puede estar envuelta en el material de fibra junto con el miembro de fijación de modo que las dos partes puedan estar dispuestas juntas en la placa de montaje. La cuña también puede estar formada, en principio, integralmente con el miembro de fijación.

20 En otra realización ventajosa, los insertos comprenden una parte cónica o una parte de cuña. La parte cónica del inserto puede alinearse preferiblemente con la cuña dispuesta en extensión longitudinal del miembro de fijación. De este modo, las dos partes juntas aseguran una transición de rigidez gradual en la estructura compuesta de la parte de la carcasa.

Se puede tejer ventajosamente un material de fibra entre las cuñas de los miembros de fijación y la parte de cuña de los insertos. Esto se puede hacer tejiendo el material de fibra debajo de las cuñas de mariposa y sobre las cuñas de los miembros de fijación o viceversa. El material de fibra puede ser, por ejemplo, esteras de fibra de vidrio triaxiales.

25 De acuerdo con la invención, una capa de fibra, tal como una estera de fibra, se envuelve alrededor de la pluralidad de los miembros de fijación y los insertos de retención antes de que el conjunto de extremo de raíz esté dispuesto en el molde. La capa de fibra puede ser, por ejemplo, una estera de fibra triaxial que comprende fibras de vidrio.

Además, se pueden colocar diversas bandas de fibra en la parte superior de las cuñas para una alineación adecuada de las partes de extremo de los bordes y un drapeado adecuado del material de fibra, asegurando así una transición adecuada hacia las capas de fibra internas y externas sin arrugas que se forman en el laminado.

30 La(s) capa(s) de fibra externa(s) puede(n) comprender ventajosamente esteras de fibra biaxial. La(s) capa(s) de fibra interna(s) pueden comprender ventajosamente esteras de fibra triaxial.

35 De acuerdo con el segundo aspecto, la invención también proporciona un conjunto de extremo de raíz que comprende una placa de montaje que comprende un primer lado y un segundo lado, y una pluralidad de miembros de fijación, tales como buje, montados en el primer lado de la placa de montaje de modo que los miembros de fijación se extiendan sustancialmente normal al primer lado de la placa de montaje, en donde la placa de montaje está adaptada para ser retirada, cuando el conjunto de extremo de raíz se ha montado en una parte de la carcasa de la pala de turbina eólica. El alcance de la protección se define en la reivindicación 8.

Por lo tanto, se ve que el conjunto de extremo de raíz corresponde al producto intermedio obtenible por la etapa b) del método de acuerdo con la invención.

40 De acuerdo con la invención, el conjunto comprende además una serie de insertos de retención dispuestos entre los miembros de fijación. De este modo, los miembros de fijación y los insertos forman juntos un inserto de extremo de raíz que está incrustado en toda la sección transversal, formando así un inserto circular en la carcasa de la pala de turbina eólica terminada. Los insertos y los miembros de fijación comprenden preferiblemente lados laterales que se apoyan entre sí.

45 Los miembros de fijación pueden estar ventajosamente hechos de metal, tal como hierro fundido o acero inoxidable.

50 De acuerdo con una realización ventajosa, el conjunto comprende además cuñas dispuestas en extensión longitudinal de los miembros de fijación, alternativamente las cuñas están provistas de una parte cónica próxima a la placa de montaje. De manera similar, los insertos pueden comprender una parte cónica próxima a la placa de montaje. Las cuñas o partes cónicas pueden proporcionar así una transición de rigidez gradual en la dirección longitudinal de la carcasa de la pala de turbina eólica terminada.

De acuerdo con otra realización ventajosa, la placa de montaje en el primer lado comprende concavidades o muescas, y un extremo proximal de los miembros de fijación están dispuestos en dichas concavidades o muescas. Las concavidades pueden ayudar a garantizar que los miembros de fijación estén dispuestos correctamente en la placa de montaje, por ejemplo, asegurando que los miembros de fijación se extiendan a lo largo de un plano normal de la

placa de montaje. Las concavidades están dispuestas preferiblemente a lo largo de una trayectoria circular o semicircular en la placa de montaje de modo que los miembros de fijación estén dispuestos a lo largo de una sección transversal circular de la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica.

5 De acuerdo con aún otra realización ventajosa, la placa de montaje comprende además una serie de agujeros, en donde los miembros de fijación están unidos a la placa de montaje mediante pernos de sujeción que se han insertado a partir del segundo lado de la placa de montaje y a través de los agujeros. Por lo tanto, los agujeros también están dispuestos preferiblemente a lo largo de una trayectoria circular. Preferiblemente, los agujeros están alineados con las concavidades en el primer lado de la placa de montaje.

10 En una realización, la placa de montaje está provista de dispositivos de fijación para unir la placa de montaje al dispositivo de descenso. Los dispositivos de fijación pueden ser, por ejemplo, pasadores que pueden acoplarse o descansar en los ganchos provistos en el dispositivo de descenso.

15 De acuerdo con un tercer aspecto, la presente divulgación proporciona un molde para fabricar una parte de carcasa de pala de turbina eólica, estando provisto el molde con una superficie de moldeo que define la forma exterior de la parte de la carcasa de la turbina eólica, en donde el molde tiene una dirección longitudinal y comprende una parte del molde de extremo de raíz en un extremo longitudinal del mismo, y en donde el molde está provisto de un mecanismo de descenso, el cual está adaptado para transportar y bajar un inserto de extremo de raíz sobre la superficie de moldeo del molde.

20 Esto asegura que un inserto de extremo de raíz que se ha preparado por separado, puede bajarse y colocarse con mucha precisión sobre la superficie de moldeo. Además, el proceso de descenso puede llevarse a cabo en gran medida sin la participación humana. Hasta ahora, los insertos de extremo de raíz se han montado manualmente y, por lo tanto, la calidad del proceso dependía en gran medida de las habilidades del operador. Mediante el uso de un mecanismo de descenso automático, se garantiza que el inserto de extremo de raíz se baja al molde cada vez que se monta un inserto de extremo de raíz. La seguridad también aumenta, ya que no hay una operación manual para fijar la placa de raíz, a la vez que el inserto de extremo de raíz es transportado por un dispositivo de transporte, tal como una grúa.

25 En la práctica, el inserto de extremo de raíz puede estar dispuesto en una placa de montaje, la placa de montaje y el inserto de extremo de raíz forman juntos un conjunto de extremo de raíz. El inserto de extremo de raíz se coloca en el molde proporcionando el conjunto de extremo de raíz en el dispositivo de descenso y bajándolo al molde. La placa de montaje puede entonces luego, por ejemplo, después del moldeo, eliminarse.

30 El mecanismo de descenso puede estar unido ventajosamente al molde, preferiblemente a los lados del molde. Esto asegura que el mecanismo de descenso esté siempre alineado de la misma manera en relación con el molde, asegurando a su vez que el inserto de extremo de raíz se baje cada vez sobre la superficie de moldeo de la misma manera.

35 De acuerdo con una realización ventajosa, el mecanismo de descenso está adaptado para bajar el inserto de extremo de raíz en un movimiento de dos etapas, donde el inserto de extremo de raíz en una primera etapa de movimiento se baja sobre la superficie de moldeo a la vez que el inserto de extremo de raíz está en ángulo hacia arriba en la dirección longitudinal hasta que un primer extremo del inserto de extremo de raíz entre en contacto con una parte de la superficie de moldeo en el extremo de raíz, y donde el inserto de extremo de raíz en una segunda etapa de movimiento se incline hasta que el inserto de extremo de raíz descanse sobre la superficie de moldeo. De este modo, el mecanismo de descenso puede bajar el inserto de extremo de raíz sobre la superficie de moldeo sin arrugar o distorsionar el material de fibra, tal como las esteras de fibra, que se han colocado en la superficie de moldeo antes de colocar el inserto de extremo de raíz en el molde.

40 El inserto de extremo de raíz está en la segunda etapa de movimiento girado sustancialmente alrededor del primer extremo del inserto de extremo de raíz o la parte que después de la primera etapa de movimiento contacta la parte de la superficie de moldeo en el extremo de raíz.

45 De acuerdo con una realización ventajosa, el mecanismo de descenso comprende un marco para transportar el inserto de extremo de raíz y un medio impulsor para bajar el marco junto con el inserto de extremo de raíz. Esto proporciona una solución simple, donde el inserto de extremo de raíz o el conjunto de extremo de raíz pueden estar dispuestos en el marco, y donde el medio impulsor facilita el movimiento de descenso, donde el inserto de extremo de raíz está dispuesto en la superficie de moldeo.

50 De acuerdo con otra realización ventajosa, el mecanismo de descenso comprende al menos un par de pasadores o rodillos de guía y ranuras de guía de acoplamiento proporcionadas en el marco. La conexión de acoplamiento entre los pasadores de guía y las ranuras de guía puede garantizar que el inserto de extremo de raíz siga el movimiento correcto, cuando se baja sobre la superficie de moldeo.

55 Las ranuras de guía pueden comprender ventajosamente una ranura de guía delantera y una ranura de guía posterior, en donde las ranuras están conformadas de manera que la guía posterior en el primer movimiento baja una parte posterior del marco más rápido que una ranura de guía delantera baja una parte delantera del marco. De este modo,

el marco se bajará e inclinará durante la primera etapa de movimiento, inclinando así el inserto de extremo de raíz hacia arriba como se ve en la dirección longitudinal del molde.

5 En una realización ventajosa, las ranuras están conformadas de modo que la guía delantera en el segundo movimiento baja la parte delantera del marco más rápido que la ranura de guía posterior baja la parte posterior del marco. Por lo tanto, las ranuras de guía están conformadas para proporcionar el movimiento giratorio de la segunda etapa de movimiento.

10 En otra realización ventajosa, el medio impulsor comprende un cilindro de pistón telescópico, tal como un pistón hidráulico o neumático. Esto proporciona una solución simple particular para mover el marco y así bajar el inserto de extremo de raíz sobre la superficie de moldeo. En aún otra realización ventajosa, el marco está provisto de medios de transporte para transportar el inserto de extremo de raíz. Esto proporciona una solución simple para organizar y transportar el inserto de extremo de raíz en el marco del dispositivo de descenso. Los medios de transporte pueden ser, por ejemplo, ganchos que están adaptados para recibir pasadores o varillas a partir del inserto de extremo de raíz. El inserto de extremo de raíz o, más precisamente, la placa de montaje del conjunto de extremo de raíz puede descansar sobre los ganchos.

15 De acuerdo con el tercer aspecto, la divulgación también proporciona un método para fabricar una parte de carcasa de pala de turbina eólica, en donde la parte de carcasa de pala de turbina eólica se fabrica como una estructura compuesta que comprende un material de refuerzo de fibra incrustado en una matriz de polímero, y en donde la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica está provista de un inserto de extremo de raíz que, cuando se fabrica, es accesible a partir de un extremo de raíz de la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica y en donde la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica está fabricada en un molde provisto de una superficie de moldeo que define una forma externa de la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica, en donde el método comprende las etapas de: a) colocar el inserto de extremo de raíz en un dispositivo de descenso del molde, y b) bajar el inserto de extremo de raíz sobre la superficie de moldeo del molde a través del dispositivo de descenso.

20 Esto asegura que un inserto de extremo de raíz que se ha preparado por separado puede bajarse y colocarse con mucha precisión sobre la superficie de moldeo. Además, el proceso de descenso puede llevarse a cabo en gran medida sin la participación humana. Mediante el uso de un mecanismo de descenso automático, se garantiza que el inserto de extremo de raíz se baja al molde cada vez que se monta un inserto de extremo de raíz. La seguridad también aumenta, ya que no hay una operación manual para fijar la placa de raíz, a la vez que el inserto de extremo de raíz es transportado por un dispositivo de transporte, tal como una grúa.

30 El mecanismo de descenso está dispuesto ventajosamente en el molde, por ejemplo, a los lados del molde.

35 En una realización ventajosa, la etapa b) se lleva a cabo en dos etapas de movimientos, en donde b1) el inserto de extremo de raíz en una primera etapa de movimiento se baja sobre la superficie de moldeo a la vez que el inserto de extremo de raíz se inclina hacia arriba en la dirección longitudinal hasta un primer extremo del inserto de extremo de raíz contacta con una parte de la superficie de moldeo en el extremo de raíz, y b2) el inserto de extremo de raíz en una segunda etapa de movimiento se inclina hasta que el inserto de extremo de raíz descansa sobre la superficie de moldeo. De este modo, el inserto de extremo de raíz puede bajarse sobre la superficie de moldeo sin arrugarse o distorsionar el material de fibra, tal como las esteras de fibra, que se han colocado en la superficie de moldeo antes de colocar el inserto de extremo de raíz en el molde. El inserto de extremo de raíz está en la segunda etapa de movimiento girado sustancialmente sobre el primer extremo del inserto de extremo de raíz o la parte que después de que la primera etapa de movimiento contacta la parte de la superficie de moldeo en el extremo de raíz.

De acuerdo con una realización ventajosa particular, el inserto de extremo de raíz antes de la etapa a) está dispuesto en una placa de montaje, y el inserto de extremo de raíz está dispuesto en el mecanismo de descenso a través de la placa de montaje.

La placa de montaje junto con el inserto de extremo de raíz forman un conjunto de extremo de raíz.

45 El inserto de extremo de raíz puede comprender una pluralidad de miembros de fijación, tales como bujes. Los miembros de fijación son accesibles a partir del extremo de la carcasa de la pala de turbina eólica, de modo que los miembros de fijación en la pala final de la turbina eólica pueden usarse para montar el extremo de raíz de la pala de turbina eólica en el repartidor de una turbina eólica. El inserto de extremo de raíz comprende además una serie de insertos dispuestos entre miembros de fijación.

50 Como se mencionó anteriormente, el mecanismo de descenso comprende un marco para transportar el inserto de extremo de raíz y un dispositivo impulsor para bajar el marco junto con el inserto de extremo de raíz.

El marco y el inserto de extremo de raíz se pueden bajar sobre la superficie de moldeo del molde a través de ranuras de guía y pasadores o rodillos de guía.

55 De acuerdo con una realización ventajosa, el método anterior a la etapa a) comprende la etapa de colocar una o más capas de fibra externas en la superficie de moldeo, definiendo una o más capas de fibras externas una superficie externa de la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica. De acuerdo con otra realización ventajosa, el método

comprende adicionalmente la etapa de colocar una o más capas de fibra internas en la parte superior del inserto de extremo de raíz. De este modo, el inserto de extremo de raíz se intercala entre la(s) capa(s) interna(s) de fibra y la(s) capa(s) externa(s) de fibra.

- 5 De acuerdo con aún otra realización ventajosa, el método después de la etapa b) comprende las etapas de suministrar un polímero a las capas de fibra externa e interna, y permitir que el polímero cure de manera que forme la estructura compuesta. El inserto de extremo de raíz está incrustado en la estructura compuesta, proporcionando así una parte de fijación fuerte para montar la pala final de la turbina eólica en el repartidor de una turbina eólica.

En los métodos en donde el inserto de extremo de raíz está dispuesto en la superficie de moldeo mediante el uso de una placa de montaje, la placa de montaje puede retirarse después de que el polímero haya curado.

- 10 Las diversas realizaciones de los tres aspectos se pueden combinar de cualquier manera. Por ejemplo, el conjunto de extremo de raíz del segundo aspecto puede estar dispuesto en el mecanismo de descenso del tercer aspecto. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo, colocando el inserto de extremo de raíz en una placa de montaje, el inserto de extremo de raíz y la placa de montaje forman juntos el conjunto de extremo de raíz.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La invención se explica en detalles a continuación con referencia a una realización que se muestra en los dibujos, en la cual

La Figura 1 muestra una vista esquemática de una turbina eólica provista de tres palas de turbina eólica, produciéndose al menos una de estas palas una mitad de carcasa de pala de acuerdo con el método de acuerdo con la invención.

- 20 La Figura 2 muestra una vista esquemática de un molde utilizado para fabricar una parte de carcasa de pala de turbina eólica.

La Figura 3 muestra una vista en sección transversal del molde de un sistema de acuerdo con la invención para la colocación automática de esteras de fibra.

- 25 Las Figuras 4-10 muestran vistas laterales del sistema de acuerdo con la invención durante la colocación de esteras de fibra en el molde,

La Figura 11 muestra una vista superior de una superficie de molde del molde con capas de fibra externas dispuestas en la superficie del molde.

Las Figuras 12 y 13 muestran vistas esquemáticas de una placa de montaje de acuerdo con la invención para montar un inserto de extremo de raíz,

- 30 La Figura 14 muestra una vista de perfil de un buje y una cuña del inserto de extremo de raíz.

La Figura 15 muestra una vista superior de cuñas e insertos del inserto de extremo de raíz.

La Figura 16 muestra una sección transversal del inserto de extremo de raíz,

Las Figuras 17-19 muestran vistas laterales esquemáticas del molde provisto de un mecanismo de descenso,

- 35 La Figura 20 muestra una vista superior de una superficie de molde del molde con capas de fibra internas dispuestas en la parte superior del inserto de extremo de raíz, y

La Figura 21 muestra una sección transversal de la disposición en una sección de raíz del molde.

Descripción detallada de la invención

- 40 La Figura 1 ilustra una turbina 2 eólica moderna convencional a favor del viento de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un árbol de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un repartidor 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente a partir del repartidor 8, cada una con una raíz 16 de pala más cercana al repartidor y una punta 14 de pala más alejada del repartidor 8. El rotor tiene un radio denotado R.

- 45 Las palas 10 de turbina eólica se fabrican como estructuras compuestas reforzadas con fibras que comprenden un material de refuerzo de fibras incrustado en una matriz polimérica. Las palas 10 individuales comprenden una carcasa aerodinámica, y el lado de succión y el lado de presión de la carcasa aerodinámica a menudo se fabrican como partes separadas en los moldes 20 como se muestra en la Figura 2. Las partes 11 de la carcasa de la pala se fabrican por separado mediante la disposición del material de refuerzo de fibra y típicamente también material de núcleo sándwich, tal como polímero espumado o madera de balsa, sobre una superficie 22 de molde del molde. El material de refuerzo de fibra se coloca como esteras 24 de fibra separadas que se apilan superpuestas en la superficie 22 del molde. La estructura de soporte de carga de la pala 10 puede fabricarse como una tapa de larguero integrada en la carcasa de
- 50

la pala, también llamada laminado principal, con bandas de corte dispuestas entre las tapas de larguero de la parte de la carcasa del lado de presión y la parte de la carcasa del lado de succión. Alternativamente, la estructura de soporte de carga puede formarse como un larguero o una viga, y la carcasa aerodinámica está adherida a la estructura de soporte de carga. Las dos partes de la carcasa de la pala también están pegadas entre sí, por ejemplo, mediante el uso de piezas de brida internas. Las esteras 24 de fibra pueden colocarse manualmente sobre la superficie 22 del molde o mediante el uso de un sistema de colocación de esteras de fibra, en cuyo caso las esteras 24 de fibra pueden colocarse automática o semiautomáticamente.

La Figura 3 muestra una sección transversal del molde 20 en una configuración de fabricación, donde se utiliza un sistema 30 de colocación de estera de fibra para colocar las esteras 24 de fibra. El sistema 30 de colocación de estera de fibra se transporta sobre un marco 63 y las esteras 24 de fibra se colocan mediante el sistema 30 de colocación de estera de fibra que se mueve a lo largo del molde 20 mediante el uso de un carrito o portal 60. El material de estera de fibra se entrega al sistema 30 de colocación de estera de fibra a partir de un rollo 50 de estera de fibra que también se transporta en el marco y, por lo tanto, se mueve junto con el sistema 30 de colocación de estera de fibra a lo largo del molde. El portal 60 comprende una primera porción 61 telescópica y una segunda porción 62 telescópica, de modo que pueden variar la posición transversal y la altura del marco 63 y, por lo tanto, también el sistema 30 de colocación de estera de fibra. Además, el marco puede girarse alrededor de un pivote de 64m, por lo que el ángulo de colocación de las esteras 24 de fibra puede variar. De este modo, la posición y el ángulo del sistema 30 de colocación de esteras de fibra se pueden variar para colocar las esteras de fibra en la posición deseada y para acomodar la forma de la superficie 22 del molde. La posición y el ángulo del sistema 30 de colocación de esteras de fibra puede programarse previamente para que las esteras 24 de fibra puedan cortarse y colocarse en un proceso automatizado o semiautomatizado. El portal puede, por ejemplo, moverse a través del piso 66 de la fábrica mediante el uso de rieles o ruedas 65.

Las Figuras 4-10 muestran vistas laterales del sistema 30 de colocación de estera de fibra durante un procedimiento de colocación y corte. Como se muestra en la Figura 4, la estera 24 de fibra se suministra al sistema 30 de colocación de estera de fibra a partir del rodillo 50 de estera de fibra. El sistema 30 de colocación de estera de fibra comprende un primer rodillo 32 impulsor que hace avanzar la estera 24 de fibra dentro del sistema 30 de colocación de estera de fibra. Un dispositivo 34 de corte para cortar la estera 24 de fibra está dispuesto con la corriente del primer rodillo 32 impulsor. El dispositivo 34 de corte puede ser, por ejemplo, una cuchilla sónica o un cortador giratorio. Un rodillo 38 amortiguador está dispuesto con la corriente del dispositivo 34 de corte y proporciona una longitud 39 de amortiguación de la estera de fibra. El rodillo 38 amortiguador está dispuesto en ranuras 44 de modo que el rodillo 38 amortiguador puede moverse en una dirección sustancialmente horizontal de modo que la longitud 39 de amortiguación pueda variarse, y el rodillo amortiguador está polarizado elásticamente, por ejemplo, por presión de aire para proporcionar la longitud 39 de amortiguación. Un primer dispositivo 36 de sujeción está dispuesto entre el dispositivo 34 de corte y el rodillo 38 amortiguador.

Un segundo rodillo 40 impulsor para hacer avanzar la estera 24 de fibra dentro del sistema 30 de colocación de estera de fibra está dispuesto con la corriente del rodillo 38 amortiguador y la longitud de amortiguación. El primer rodillo 32 impulsor y el segundo rodillo 40 impulsor están dispuestos sustancialmente verticalmente uno encima del otro. Por lo tanto, la posición del rodillo amortiguador es variable en una posición sustancialmente transversal a la dirección general del avance de la estera de fibra, la cual a su vez proporciona una solución simple para variar la longitud 39 de amortiguación.

La velocidad del primer y segundo rodillos 32, 40 impulsores está en general alineada con la velocidad de propagación del sistema 30 de colocación de estera de fibra a lo largo del molde. Esto asegura que las esteras 24 de fibra se puedan colocar en la superficie 22 del molde sin ser arrastradas a lo largo de la superficie del molde y sin que las esteras de fibra se arruguen. El sistema 30 de colocación de estera de fibra comprende además una bandeja 42 para colocar las esteras 24 de fibra en la parte superior de la superficie 22 del molde. La bandeja puede estar en ángulo de forma que la tensión de la estera de fibra se libere a medida que está dispuesta en la parte superior de la superficie 22 del molde. El sistema 30 de colocación de estera de fibra comprende además un dispositivo 48 de drapeado. El dispositivo 48 de drapeado puede comprender, por ejemplo, uno o más rodillos de compresión. Alternativamente o además de esto, el dispositivo de drapeado puede comprender un número de cepillos o almohadillas. Los cepillos pueden ser, por ejemplo, almohadillas de goma flexibles que se arrastran junto con el sistema de colocación de esteras de fibra, arrastrando así las fibras a medida que se mueven a lo largo de las capas de fibra.

La estera 24 de fibra necesita cortarse con el fin de proporcionar la longitud correcta de estera de fibra. El diseño y el método de corte de acuerdo con la invención se llevan a cabo en dos etapas de colocación. En la primera etapa de colocación, el sistema 30 de colocación de estera de fibra coloca una primera longitud de la estera de fibra sobre la superficie, en una secuencia, donde el sistema 30 de colocación de estera de fibra continúa avanzando la estera 24 de fibra dentro del sistema y se propaga a lo largo del molde. Durante la colocación de la primera longitud, el primer rodillo impulsor y el segundo rodillo impulsor 32, 40 continúan avanzando la longitud de la fibra, y las fuerzas de tracción en consecuencia aplicadas al rodillo 38 amortiguador son menores que la polarización del rodillo. De este modo, el rodillo 38 amortiguador se mantiene estacionario para proporcionar la longitud 39 de amortiguación.

Una vez que la estera de fibra se ha colocado hasta la primera longitud, comienza la segunda etapa de colocación. El primer dispositivo 36 de sujeción sujeta la estera de fibra, inmovilizando así una parte de la estera de fibra, y el

dispositivo 34 de corte se activa y corta la estera de fibra como se muestra en la Figura 5. El primer medio 32 impulsor también puede adaptarse para sujetar la estera de fibra con el fin de mantener la estera de fibra tensa durante el procedimiento de corte. De manera similar, el primer dispositivo 36 de sujeción también puede adaptarse para funcionar como un rodillo impulsor, cuando la estera de fibra se hace avanzar internamente en el sistema 30 de colocación de estera de fibra.

El sistema de colocación de estera de fibra continúa colocando una segunda longitud de la estera 24 de fibra durante el procedimiento de corte. La segunda longitud corresponde a la longitud de la estera de fibra dentro del sistema 30 a partir del dispositivo 34 de corte hasta el punto de colocación en la bandeja 42 en el momento del corte. Por lo tanto, la longitud total de la estera de fibra colocada corresponde a la primera longitud más la segunda longitud. Durante el procedimiento de corte, el segundo rodillo 40 impulsor continúa avanzando la estera de fibra. Dado que el dispositivo 36 de sujeción todavía sujeta el extremo de la estera de fibra cortada, la estera de fibra comenzará a aplicar una fuerza de tracción al rodillo 38 amortiguador la cual es más grande que la polarización. De acuerdo con esto, el rodillo amortiguador comienza a moverse a lo largo de las ranuras 44, reduciendo así la longitud 39 de amortiguación. Esto continúa hasta que el rodillo 38 amortiguador se retrae a una posición 46 de almacenamiento o retraída, en la cual la longitud 39 de amortiguación se minimiza como se muestra en la Figura 6.

Luego, el dispositivo 36 de sujeción desacopla la estera de fibra de manera que el extremo de la estera de fibra pasa por el rodillo amortiguador como se muestra en la Figura 7, a la vez que el sistema 30 de colocación de estera de fibra continúa moviéndose a lo largo del molde y colocando la estera de fibra en la superficie 22 del molde como se muestra en la Figura 9. El primer rodillo 32 impulsor comienza entonces a avanzar nuevo material de estera de fibra a partir del rollo 50 de estera de fibra. El nuevo material de estera de fibra es guiado a partir del primer rodillo 32 impulsor al segundo rodillo 40 impulsor. Dado que el rodillo 38 amortiguador está almacenado en la posición 46 retraída, el material de estera de fibra puede avanzar más allá del rodillo amortiguador como se muestra en la Figura 9. Cuando el nuevo material de estera de fibra se aplica al segundo rodillo 40 impulsor, el rodillo amortiguador puede volver a acoplarse de modo que la longitud 39 de amortiguación pueda proporcionarse nuevamente al sistema mediante una fuerza de polarización que mueva el rodillo amortiguador a lo largo de las ranuras 44 como se muestra en la Figura 10. El avance de la estera de fibra y el reacople del rodillo 38 amortiguador pueden llevarse a cabo a la vez que el sistema de colocación de la estera de fibra se mueve a la posición inicial para colocar la siguiente estera 24 de fibra.

En general, el sistema 30 de colocación de estera de fibra y el procedimiento de colocación de acuerdo con la presente divulgación proporcionan un sistema y método, donde el tiempo del ciclo de colocación se ve afectado mínimamente por el tiempo del proceso de corte.

El sistema es particularmente adecuado para la colocación de esteras de fibra que tienen un ancho de 20-80 cm. Las esteras de fibra pueden comprender fibras unidireccionales, biaxiales, triaxiales u orientadas aleatorias. Las fibras de refuerzo son preferiblemente fibras de vidrio o fibras de carbono. La colocación de la primera longitud de esteras de fibra se puede llevar a cabo a una primera velocidad de movimiento, por ejemplo, alrededor de 72 m/min. La colocación de la segunda longitud de esteras de fibra, es decir, la colocación durante el procedimiento de corte, puede llevarse a cabo a una velocidad menor. La velocidad también puede reducirse gradualmente durante la colocación de la segunda longitud de la estera de fibra.

A continuación, se describirá la preparación y colocación de la parte raíz de la carcasa de la pala de turbina eólica. Como se muestra en la Figura 11, el procedimiento de colocación comienza colocando una o más capas 68 de fibra externas en la superficie 22 de molde del molde. Las capas 68 de fibra externas comprenden ventajosamente capas de fibra biaxiales, por ejemplo, con las fibras orientadas -45 y 45 grados en comparación con la dirección longitudinal del molde. Las capas de fibra biaxial proporcionan una fuerte unión mecánica a los miembros de fijación provistos en el extremo de raíz. Los miembros de fijación están en el producto final, es decir, la pala de turbina eólica, utilizada para montar el extremo de raíz de la pala en un repartidor de turbina eólica. Las fibras biaxiales proporcionan resistencia tanto en la dirección longitudinal como en la dirección transversal de la pala y, por lo tanto, ayudan a garantizar que los elementos de fijación no se extraigan de la raíz de la pala de turbina eólica. Las Figuras 12 y 13 muestran una placa 70 de montaje que se usa para preparar un inserto de extremo de raíz que comprende diversos miembros de fijación en forma de bujes 74 e insertos de retención en forma de cuñas 76 de mariposa dispuestas entre los bujes 74. La placa 70 de montaje junto con la inserción de extremo de raíz forman un conjunto de extremo de raíz. La placa 70 de montaje puede usarse para colocar el inserto de extremo de raíz en la superficie 22 de molde del molde 20 y puede retirarse después y al menos antes de la instalación de la pala en un repartidor de turbina eólica.

La placa 70 de montaje comprende un primer lado 77 y un segundo lado 79. La placa 70 de montaje está provista de una pluralidad de concavidades 71 provistas en el primer lado 77 de la placa 70 de montaje y una pluralidad de orificios 72 pasantes o agujeros. Los orificios 72 están alineados centralmente con las concavidades 71. En las Figuras 12 y 13 solo se muestran algunas concavidades 71 y agujeros 72. Sin embargo, en la práctica están dispuestas equidistantemente a lo largo de un semicírculo completo de la placa 70 de montaje.

Los bujes 74 están montados en las concavidades 71 de la placa 70 de montaje insertando los extremos de los bujes 74 en las concavidades. Los bujes 74 están provistos de orificios centrales que tienen roscas 75 internas. Los bujes 74 pueden ser retenidos en las concavidades insertando pernos 78 de retención a partir del segundo lado de la placa

70 de montaje y a través de los orificios 72 de la placa 70 de montaje. Los bujes se extenderán entonces a partir del primer lado 77 de la placa de montaje y se orientarán sustancialmente normal a un plano de la placa 70 de montaje.

En la práctica, el inserto de extremo de raíz puede prepararse montando primero un primer buje 74 en la plataforma de montaje y luego colocando un primer inserto 76 al lado y que colinda con el primer buje. Posteriormente, un segundo buje 74 está dispuesto al lado del primer inserto 76 y un segundo inserto 76 al lado del segundo buje 74. Este procedimiento continúa entonces hasta que los bujes 74 y los insertos 76 estén dispuestos a lo largo de todo el semicírculo en la placa de montaje, por ejemplo, disponiendo los bujes 74 e insertos 76 de izquierda a derecha como se ilustra en la Figura 12. Los insertos 76 no necesitan estar dispuestos en concavidades en el primer lado 77 de la placa de montaje, sino que pueden retenerse entre los bujes 74 debido a la forma de mariposa de los insertos 76.

La placa 70 de montaje está provista de diversas protuberancias 73, tales como pasadores o varillas, las cuales se extienden a partir del lado de la placa 70 de montaje. Estas protuberancias 73 pueden usarse como partes de conexión para proporcionar una conexión de acoplamiento a las partes correspondientes en un marco de un mecanismo de descenso para colocar el inserto de extremo de raíz en la superficie 22 del molde 20.

Como se muestra en la Figura 14, las cuñas 80 están dispuestas en una extensión longitudinal de los bujes 74. Las cuñas pueden estar hechas, por ejemplo, de polímero espumado o madera de balsa, a la vez que los bujes están hechos, por ejemplo, de hierro fundido o acero inoxidable. Las cuñas 80 están dispuestas de modo que la parte gruesa de la cuña 80 está dispuesta proximal al buje 74, y la parte delgada y cónica está dispuesta proximal al buje. Esto asegura que el miembro de fijación tenga una transición gradual a las capas de fibra circundantes de la parte final de la carcasa de la pala, asegurando de este modo que la raíz de la pala no tenga una transición de rigidez empinada o discontinua.

Una capa 81 de fibra se envuelve alrededor de un buje 74 y una cuña 80. Ventajosamente, la capa de fibra es una banda relativamente delgada que se envuelve en forma de hélice alrededor de las dos partes. De este modo, la capa 81 de fibra, el buje 74 y la cuña se pueden montar juntos en la placa 70 de montaje. La capa 81 de fibra puede comprender ventajosamente fibras no tejidas o fibras orientadas aleatoriamente, como por ejemplo lana de vidrio. Esto facilita una unión relativamente fuerte en la matriz polimérica después de la posterior infusión y curado del polímero.

Los insertos 76 preferiblemente también tienen un perfil que corresponde al perfil de los bujes 74 y las cuñas 80. En otras palabras, los insertos 76 comprenden preferiblemente una parte cónica o una parte de cuña en un extremo proximal de los mismos. La parte cónica se forma ventajosamente de manera integral con el inserto 76. Los insertos 76 pueden hacerse ventajosamente de una estructura compuesta reforzada con fibra, por ejemplo, una pultrusión de fibras que comprende fibras de vidrio pultruidas o fibras de carbono.

Como se muestra en la Figura 15, la parte cónica o la parte de cuña de los insertos 76 se puede alinear con las cuñas 81 dispuestas en la extensión longitudinal de los bujes 74. Esto se puede llevar a cabo tejiendo una banda de fibra debajo de la parte cónica de los insertos y sobre las cuñas 81 de los miembros de fijación o viceversa.

Posteriormente, una capa 83 de fibra adicional puede envolverse de manera apretada y colocarse alrededor de los bujes 74, las cuñas 80 y los insertos 76 de modo tal que el inserto de extremo de raíz tenga una sección transversal como se muestra en la Figura 16. La capa 83 de fibra adicional puede por ejemplo, ser una capa de fibra triaxial que comprende fibras de refuerzo orientadas a -45 grados, 0 grados y 45 grados en comparación con la dirección longitudinal de la carcasa y el molde de la pala. Esto proporciona resistencia tanto en la dirección longitudinal como en la dirección transversal de la carcasa de la pala y aumenta la resistencia a la extracción de los bujes 74. Además, las bandas de fibra (no se muestran) pueden enrollarse alrededor de las capas 83 de fibra adicionales cerca de las partes cónicas de las cuñas 81 e insertos 76 de manera que asegure una transición suave a las capas de fibra circundantes en la colocación.

El inserto de extremo de raíz ahora se ha preparado y está listo para ser colocado en la parte superior de las capas 68 de fibra externas. Esto puede llevarse a cabo como se muestra en las Figuras 17-19 colocando la placa 70 de montaje con el inserto de extremo de raíz montado (no se muestra) en un mecanismo 85 de descenso que puede bajar y colocar el inserto de extremo de raíz en la superficie 22 del molde 20.

El mecanismo 85 de descenso puede estar unido ventajosamente a los lados del molde 20. El mecanismo 85 de descenso comprende un marco 86, el cual está provisto de medios de transporte en forma de ganchos 92 que pueden acoplarse de manera coincidente con las protuberancias 73 de la placa 70 de montaje de modo que la placa de montaje esté conectada a o apoyada en el marco 86.

El marco 86 comprende una ranura 89 de guía delantera y una ranura 90 de guía posterior, las cuales acoplan un rodillo 87 de guía delantero y un rodillo 88 de guía posterior, respectivamente. El mecanismo de descenso comprende además un medio impulsor en forma de un cilindro 91 de pistón telescópico que está conectado entre una parte estacionaria del mecanismo 85 de descenso y el marco 86. El cilindro 91 de pistón telescópico puede estar conectado ventajosamente de manera articulada a la parte estacionaria y al marco 86. Las ranuras 89, 90 de guía están conformadas de manera que el marco 86 y, por lo tanto, también la placa 70 de montaje con el inserto de extremo de raíz se mueven de acuerdo con un movimiento deseado.

La Figura 17 muestra el mecanismo 85 de descenso en la posición de montaje, donde la placa 70 de montaje junto con el inserto de extremo de raíz están dispuestos en el marco 86 del mecanismo 85 de descenso. La placa 70 de montaje está montada en el marco 86 en una orientación sustancialmente vertical.

5 Cuando el cilindro 91 de pistón telescópico comienza a retraer el pistón, el marco 86 se mueve sobre los rodillos 87, 88 de guía a través de las ranuras 89, 90 de guía. Como se ve, las ranuras de guía comprenden cada una, una parte de ranura horizontal y una parte de ranura en ángulo. La parte de ranura horizontal de la ranura 89 de guía delantera es más larga que la parte de ranura horizontal de la ranura 90 de guía posterior, y la parte en ángulo de la ranura 89 de guía delantera está más en ángulo en comparación con un plano horizontal que la parte en ángulo de la ranura 90 de guía posterior. De este modo, el marco 86 se bajará en un primer movimiento (de la Figura 17 a la Figura 18) hacia la superficie 22 de moldeo del molde, a la vez que el marco 86 y la placa 70 de montaje se inclinan de manera que el inserto de extremo de raíz esté inclinado hacia arriba en la dirección longitudinal del molde.

10 El descenso de un movimiento de inclinación continúa hasta que el inserto de extremo de raíz contacta sustancialmente con la superficie 22 de moldeo del molde 20, después de lo cual se lleva a cabo una segunda etapa de movimiento (de la Figura 18 a la Figura 19). En la segunda etapa de movimiento, el marco 86 con la placa 70 de montaje y el inserto de extremo de raíz se pivotan hasta que la placa 86 de montaje esté orientada dispuesta sustancialmente verticalmente y el inserto de extremo de raíz descansa sobre la superficie 22 de molde del molde 20. Este movimiento asegura que el material 68 de fibra que ya se ha dispuesto sobre la superficie 22 del molde no esté distorsionado ni arrugado de otra manera.

15 Después, una serie de capas 95 de fibra internas son como se muestra en la Figura 20 colocadas en la parte superior del inserto de extremo de raíz. Las capas 95 de fibra internas pueden ser, por ejemplo, capas de fibra triaxiales que comprenden fibras de refuerzo orientadas a -45 grados, 0 grados y 45 grados en comparación con la dirección longitudinal de la carcasa y el molde de la pala. Esto proporciona resistencia tanto en la dirección longitudinal como en la dirección transversal de la carcasa de la pala y aumenta la resistencia a la extracción de los bujes 74.

20 La Figura 21 muestra una sección transversal de la colocación final en la parte de raíz del molde. Como se ve, la disposición comprende bujes 74 e insertos 76 envueltos en una capa 83 de fibra y en sándwich entre las capas 68 de fibra externas y las capas 95 de fibra internas.

25 Finalmente, una bolsa de vacío se sella contra el molde 20, y la cavidad de molde formada entre la bolsa de vacío y el molde 20 se evacúa, después de lo cual se extrae una resina líquida en la cavidad de molde e impregna el material de fibra. Finalmente, la resina se cura para formar la parte de la carcasa. Esta parte de la carcasa puede adherirse a otra parte de la carcasa, por ejemplo, a lo largo del borde delantero y posterior del mismo, para formar la carcasa aerodinámica de la pala de turbina eólica. Las placas de montaje se pueden quitar antes de este proceso. Alternativamente, las placas de montaje pueden dejarse encendidas y primero retirarse antes de montar la pala de turbina eólica en un repartidor de turbina eólica.

Lista de numerales de referencia

- 35 2 turbina eólica
- 4 torre
 - 6 góndola
 - 8 repartidor
 - 10 pala
- 40 11 carcasa de palas
- 14 punta de pala
 - 16 raíz de palas
 - 20 molde
 - 22 superficie del molde
- 45 23 carcasa de pala
- 24 esteras de fibra
 - 30 sistema de colocación de estera de fibra
 - 32 primer rodillo impulsor
 - 34 dispositivo de corte

- 36 primer dispositivo de sujeción
- 38 rodillo amortiguador
- 39 longitud de amortiguación
- 40 segundo rodillo impulsor
- 5 42 bandeja
- 44 ranuras
- 46 posición de almacenamiento / posición retraída
- 48 dispositivo de drapeado
- 50 rollo de estera de fibra
- 10 60 carrito / portal
- 61 porción telescópica
- 62 porción telescópica
- 63 marco
- 64 pivote
- 15 65 rueda / pista
- 66 piso
- 68 capa(s) externa(s) de fibra
- 70 placa de montaje
- 71 concavidad
- 20 72 orificios/ agujeros
- 73 protuberancias / pasadores / varillas
- 74 bujes / medios de fijación
- 75 orificio central con rosca interior
- 76 inserto / cuña de mariposa
- 25 77 primer lado de la placa de montaje
- 78 perno de retención
- 79 segundo lado de la placa de montaje
- 80 cuña
- 81 capa de fibra con fibras no tejidas o fibras orientadas aleatoriamente
- 30 82 banda de fibra
- 83 capa de fibra envuelta alrededor de bujes e insertos
- 85 mecanismo de descenso / dispositivo de descenso
- 86 marco
- 87 rodillo guía delantero
- 35 88 rodillo guía posterior
- 89 ranura de guía delantera
- 90 ranura de guía posterior

91 medio impulsor / cilindro de pistón telescópico

95 capa(s) interna(s) de fibra

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una parte de carcasa de pala de turbina eólica hecha de una estructura compuesta que comprende un material de refuerzo de fibra incrustado en una matriz de polímero, en donde el método comprende las etapas de:
- 5 a) colocar una o más capas (68) de fibra externas en una superficie (22) del molde, definiendo una o más capas (68) de fibra externas una superficie externa de la parte de la carcasa de la pala de turbina eólica,
- b) montar una pluralidad de miembros (74) de fijación en una placa (70) de montaje e insertos de (76) retención entre los miembros (74) de fijación y envolver además una capa (83) de fibra alrededor de la pluralidad de miembros (74) de fijación y los insertos (76) de retención para formar un conjunto de extremo de raíz,
- 10 c) colocar el conjunto de extremo de raíz en la parte superior de una o más capas (68) de fibra externas en una sección de extremo de raíz del molde (20),
- d) colocar una o más capas (95) de fibra internas en la parte superior del conjunto de extremo de raíz,
- e) suministrar un polímero a las capas (68; 95) de fibra externa e interna,
- f) permitir que el polímero se cure para formar la estructura compuesta, y
- 15 g) retirar la placa (70) de montaje.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los miembros (74) de fijación son bujes, por ejemplo, en donde los bujes se montan en la placa (70) de montaje mediante el uso de pernos (78) de retención.
3. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde la placa (70) de montaje está provista de concavidades (71) de guía para la inserción de un extremo de los miembros (74) de fijación.
- 20 4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el material de fibra, ventajosamente material de fibra no tejida, tal como lana de vidrio, se envuelve alrededor de los miembros (74) de fijación.
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde una cuña (80) está dispuesta en extensión longitudinal del miembro (74) de fijación, y/o en donde los insertos (76) comprenden una parte cónica o parte de cuña.
- 25 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde un material (82) de fibra se teje entre las cuñas (80) de los miembros (74) de fijación y la parte de cuña de los insertos (76).
7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde una estera de fibra se envuelve alrededor de la pluralidad de miembros (74) de fijación y los insertos (76) opcionales antes de que el conjunto de extremo de raíz esté dispuesto en el molde.
- 30 8. Un conjunto de extremo de raíz para colocarse en una sección de extremo de raíz de un molde, comprendiendo el conjunto de extremo de raíz:
- una placa (70) de montaje que comprende un primer lado (77) y un segundo lado (79), y
- una pluralidad de miembros (74) de fijación, tales como un buje, montados en el primer lado (77) de la placa (70) de montaje de modo que los miembros (74) de fijación se extiendan de manera sustancialmente normal al primer lado (77) de la placa de montaje, e
- 35 - insertos (76) de retención entre los miembros (74) de fijación, en donde
- la placa (70) de montaje está adaptada para ser retirada, cuando el conjunto de extremo de raíz se ha montado en una parte de la carcasa de la pala de turbina eólica, caracterizada porque el conjunto de extremo de raíz comprende además:
- 40 - una capa (83) de fibra envuelta alrededor de la pluralidad de miembros (74) de fijación y los insertos (76) de retención.
9. Un conjunto de extremo de raíz de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el conjunto comprende además una serie de insertos (76) dispuestos entre los miembros (74) de fijación, por ejemplo, en donde la placa (70) de montaje en el primer lado (77) comprende concavidades (71) o muescas, y en donde un extremo proximal de los miembros (74) de fijación están dispuestos en dichas concavidades (71) o muescas.
- 45 10. Un conjunto de extremo de raíz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-9, en donde el conjunto comprende además cuñas (80) dispuestas en extensión longitudinal de los miembros (74) de fijación, alternativamente las cuñas (80) están provistas de una parte cónica proximal a la placa (70) de montaje.

11. Un conjunto de extremo de raíz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en donde los insertos (76) comprenden una parte cónica proximal a la placa (70) de montaje.
- 5 12. Un conjunto de extremo de raíz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en donde la placa de montaje en el primer lado (77) comprende concavidades (71) o muescas, y en donde un extremo proximal de los miembros (74) de fijación está dispuesto en dichas concavidades (71) o muescas, y/o
- en donde la placa (70) de montaje comprende además una serie de agujeros, y en donde los miembros (74) de fijación están unidos a la placa (70) de montaje mediante pernos (78) de retención que han sido insertados a partir del segundo lado (79) de la placa (70) de montaje y a través de los agujeros.
- 10 13. Un conjunto de extremo de raíz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en donde la placa (70) de montaje está provista de dispositivos de fijación para unir la placa (70) de montaje a un dispositivo de descenso para bajar el conjunto de extremo de raíz en un molde.
14. Un conjunto de extremo de raíz de acuerdo con la reivindicación 13, en donde los dispositivos de fijación son pasadores o varillas que pueden acoplarse o descansar sobre ganchos provistos en el dispositivo de descenso.

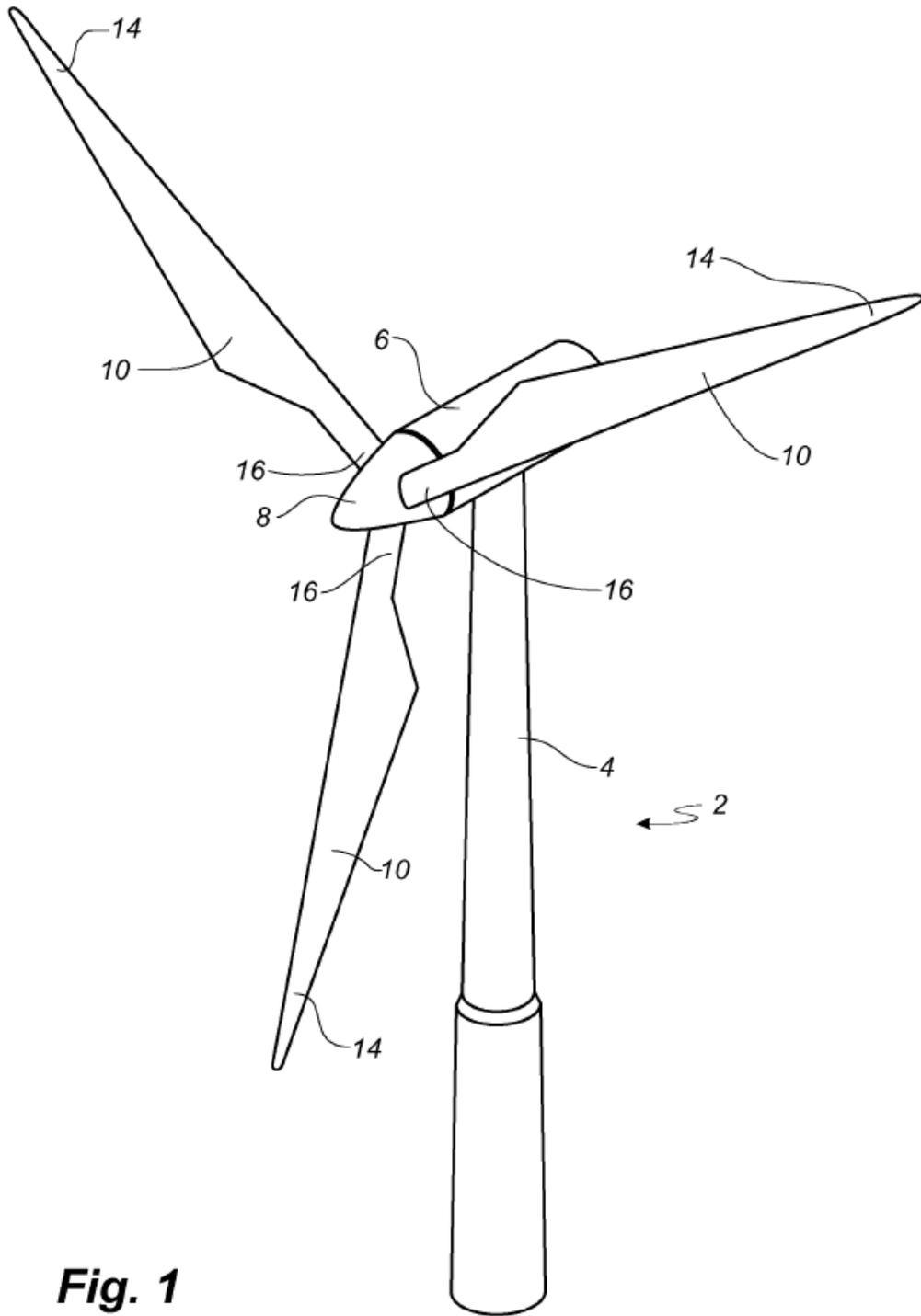


Fig. 1

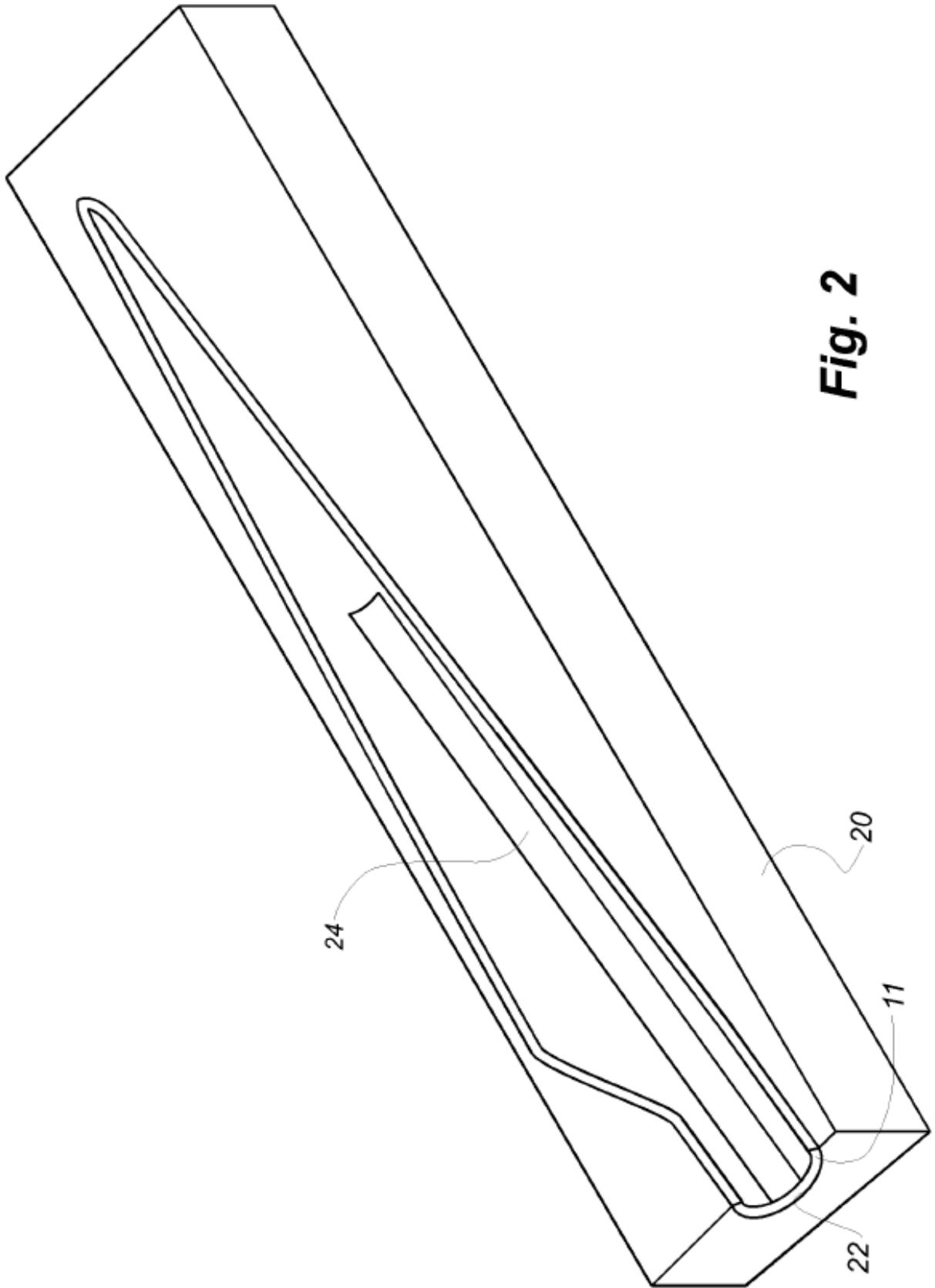


Fig. 2

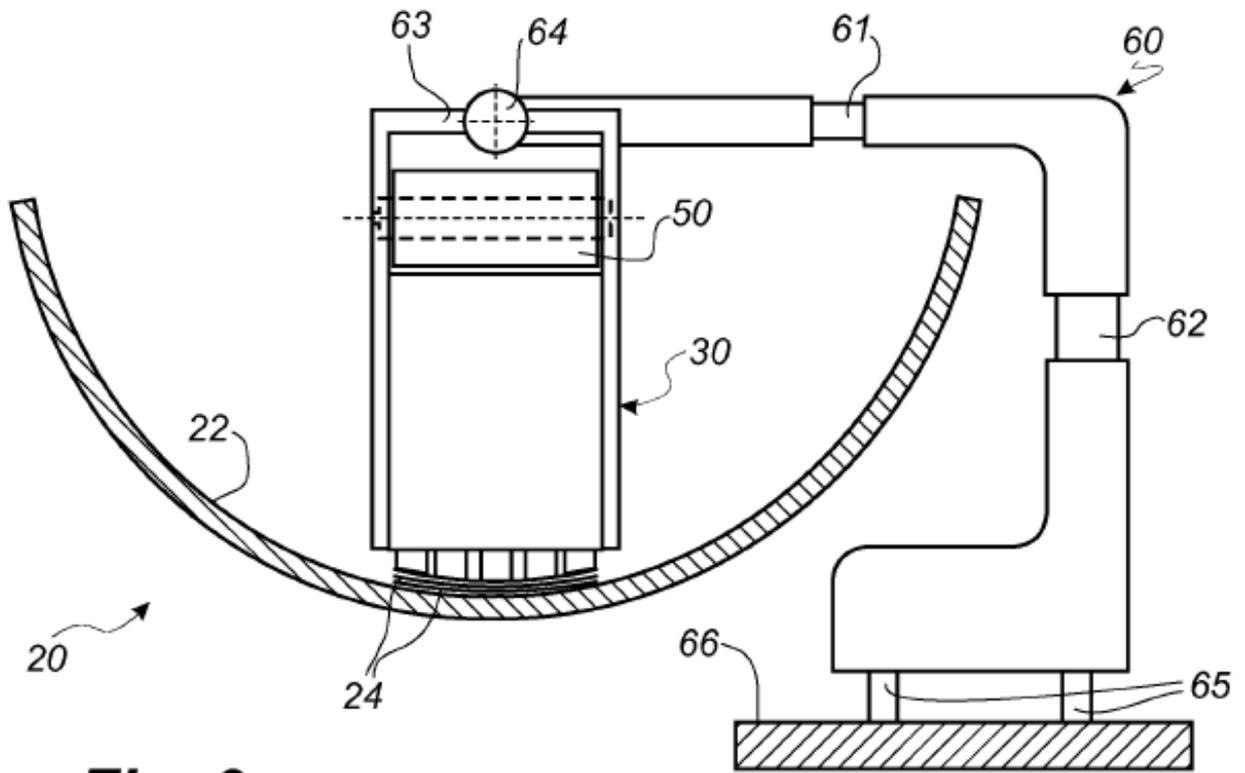


Fig. 3

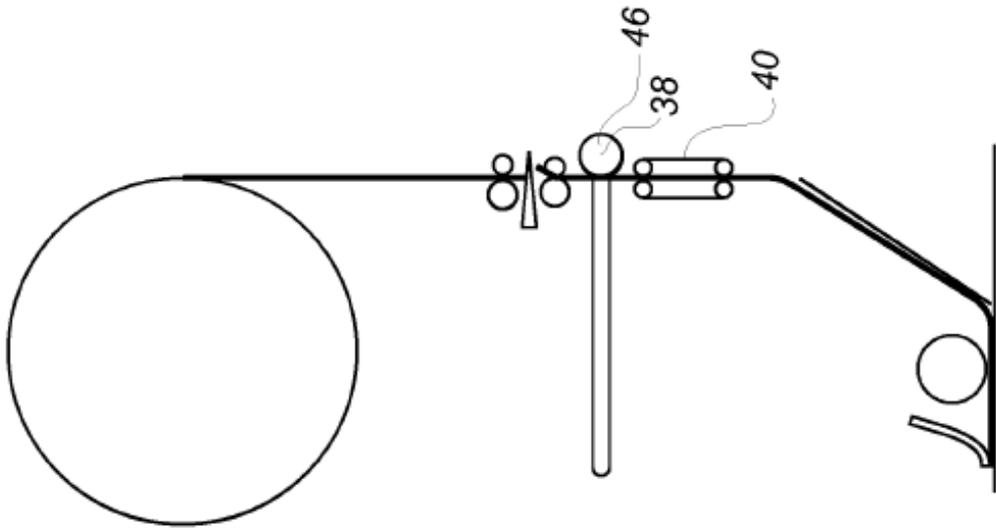


Fig. 6

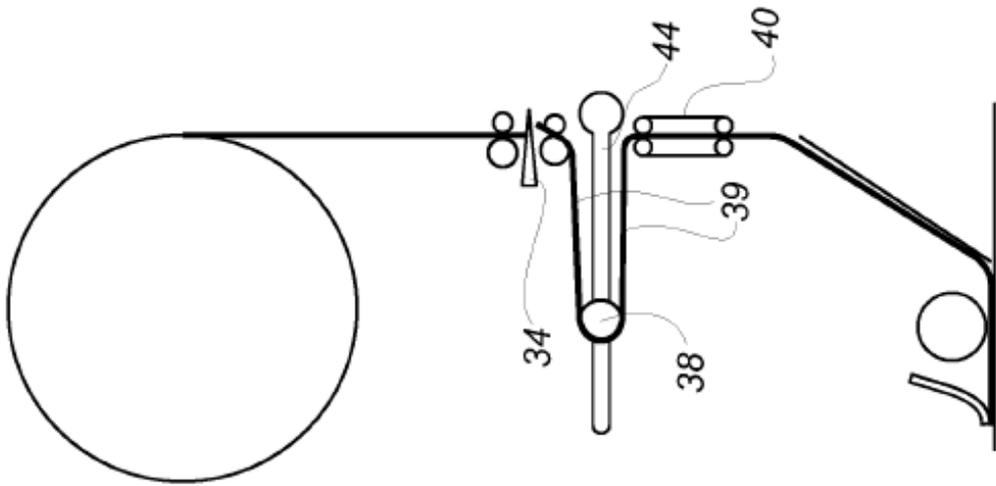


Fig. 5

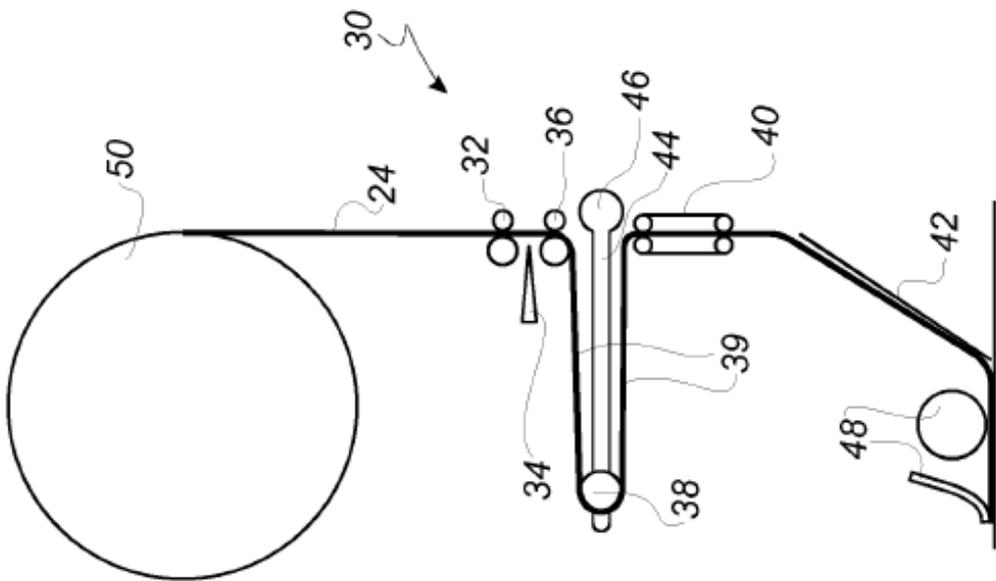


Fig. 4

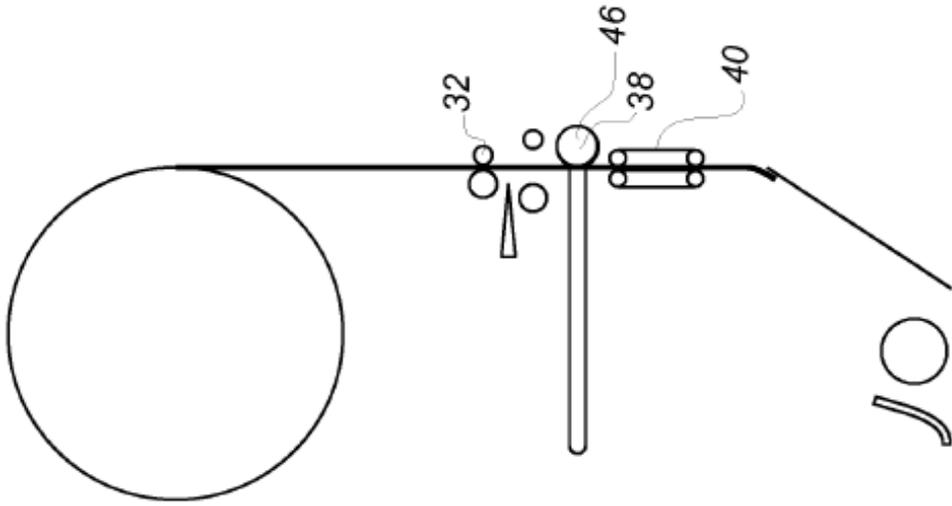


Fig. 9

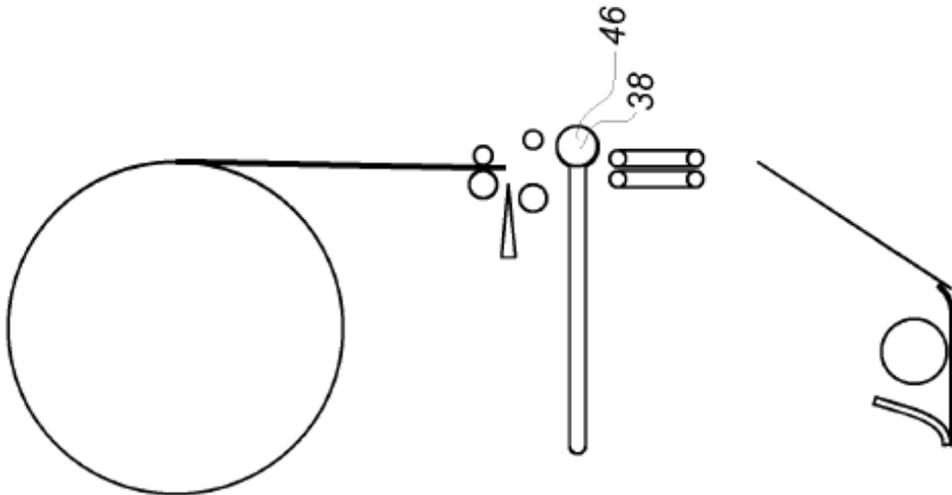


Fig. 8

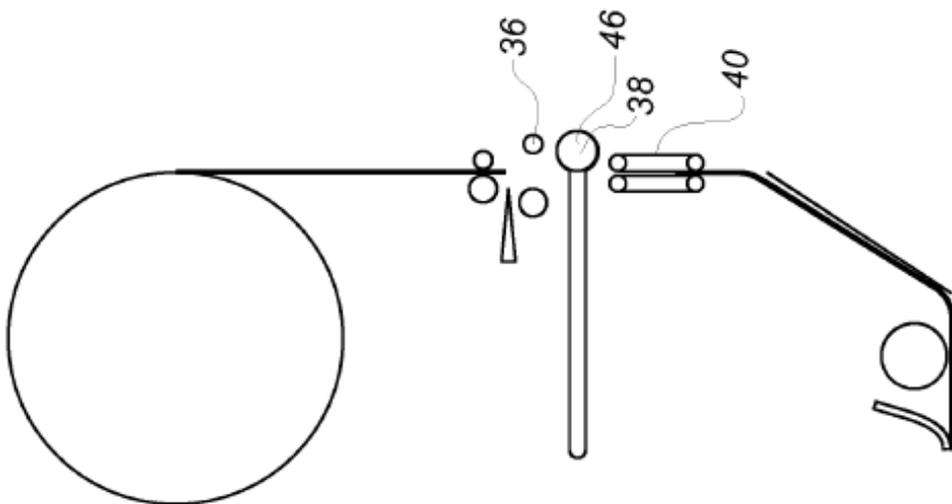
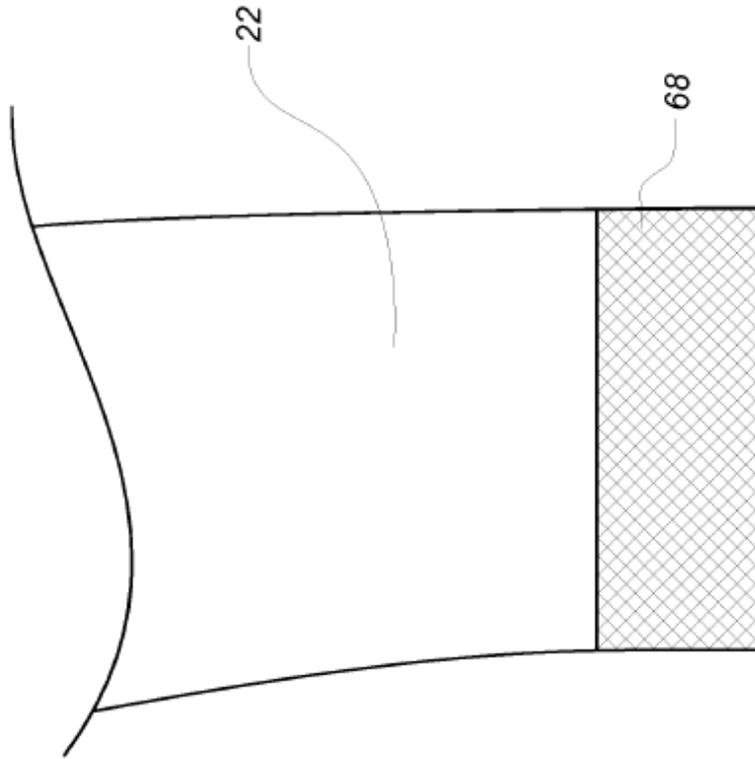
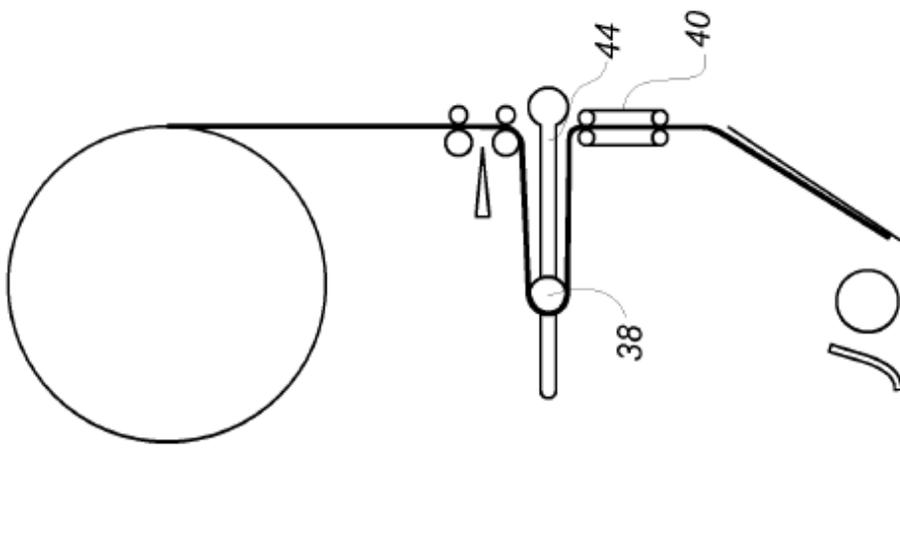


Fig. 7



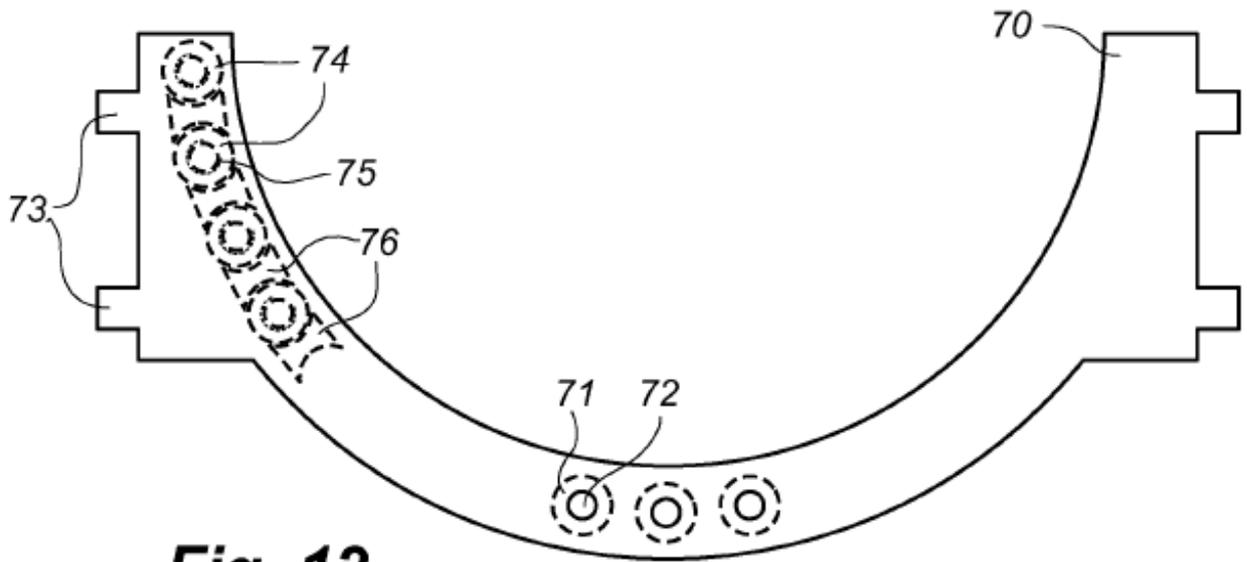


Fig. 12

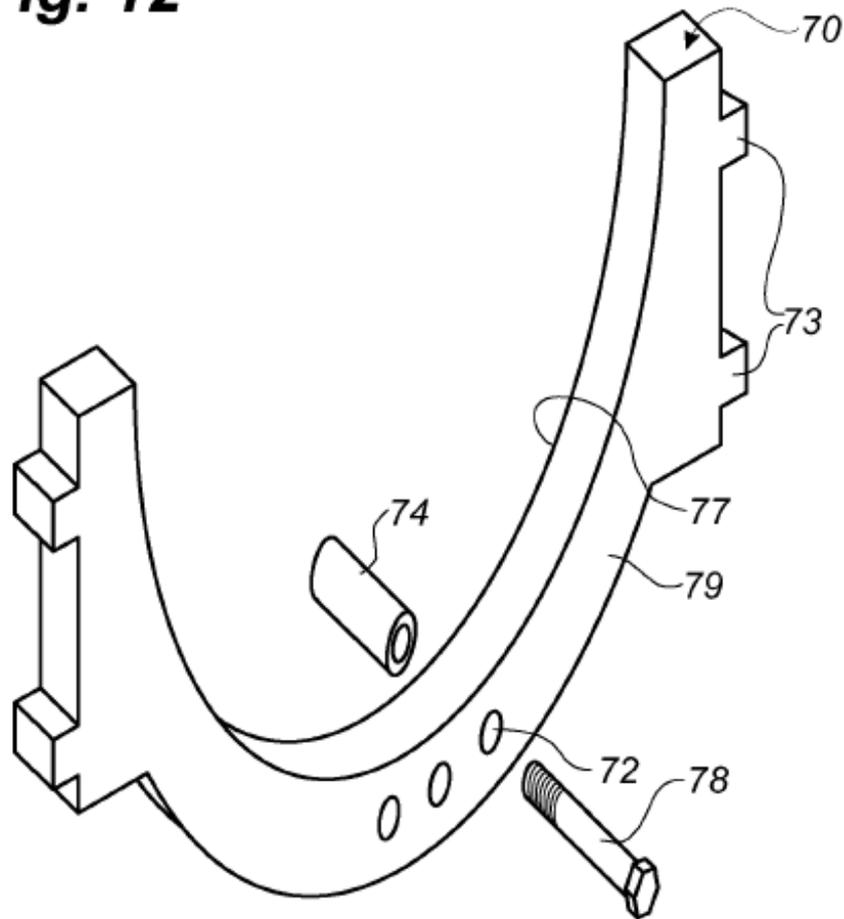


Fig. 13

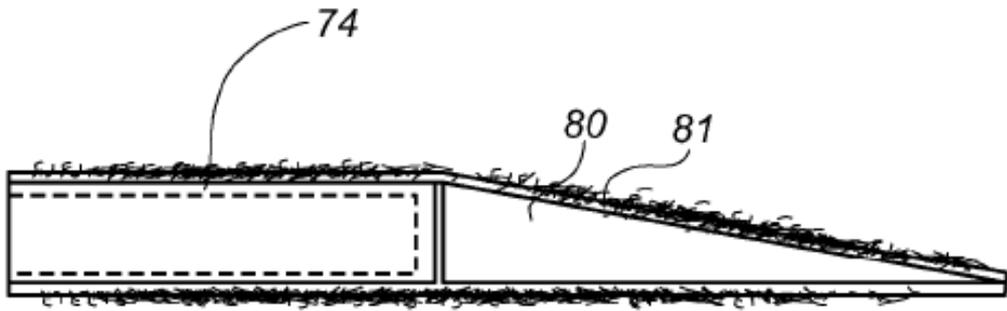


Fig. 14

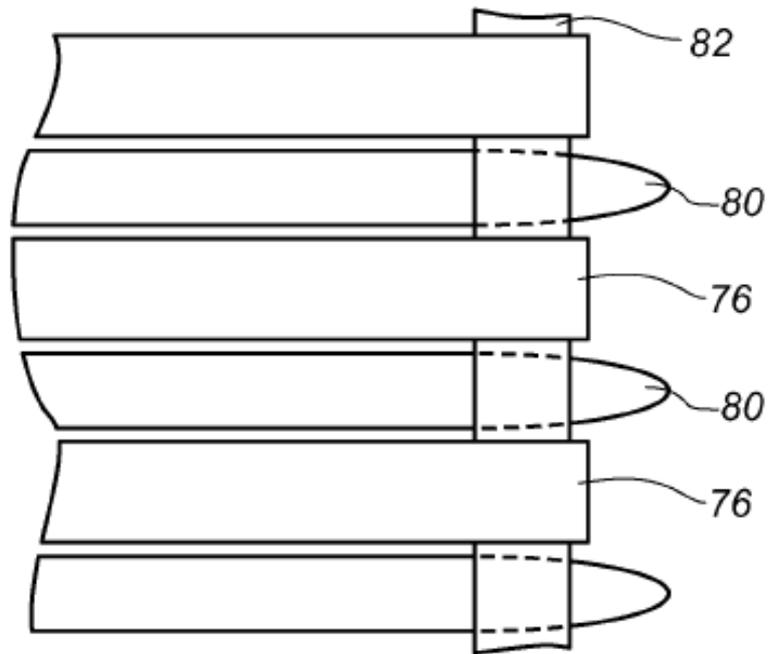


Fig. 15

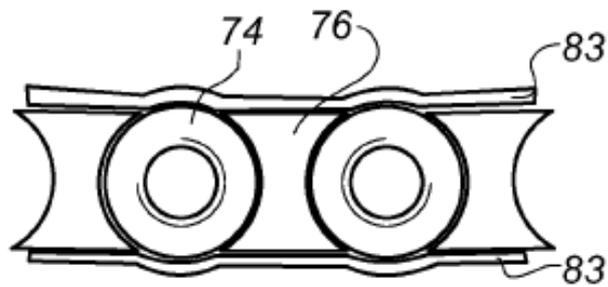


Fig. 16

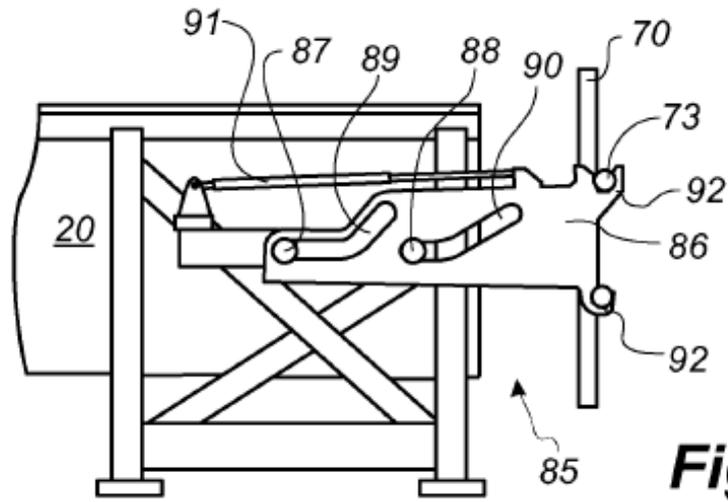


Fig. 17

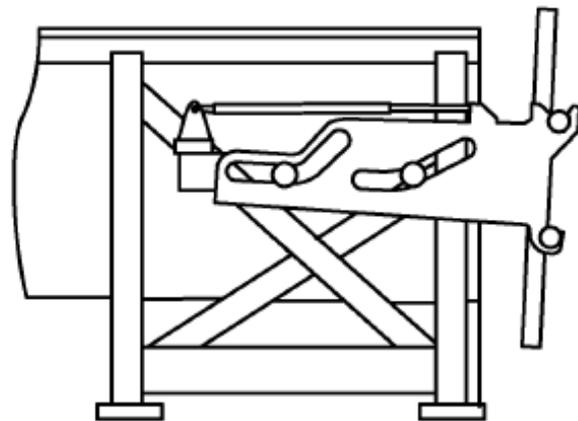


Fig. 18

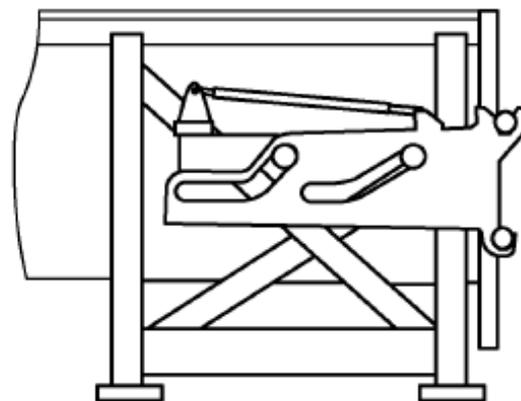


Fig. 19

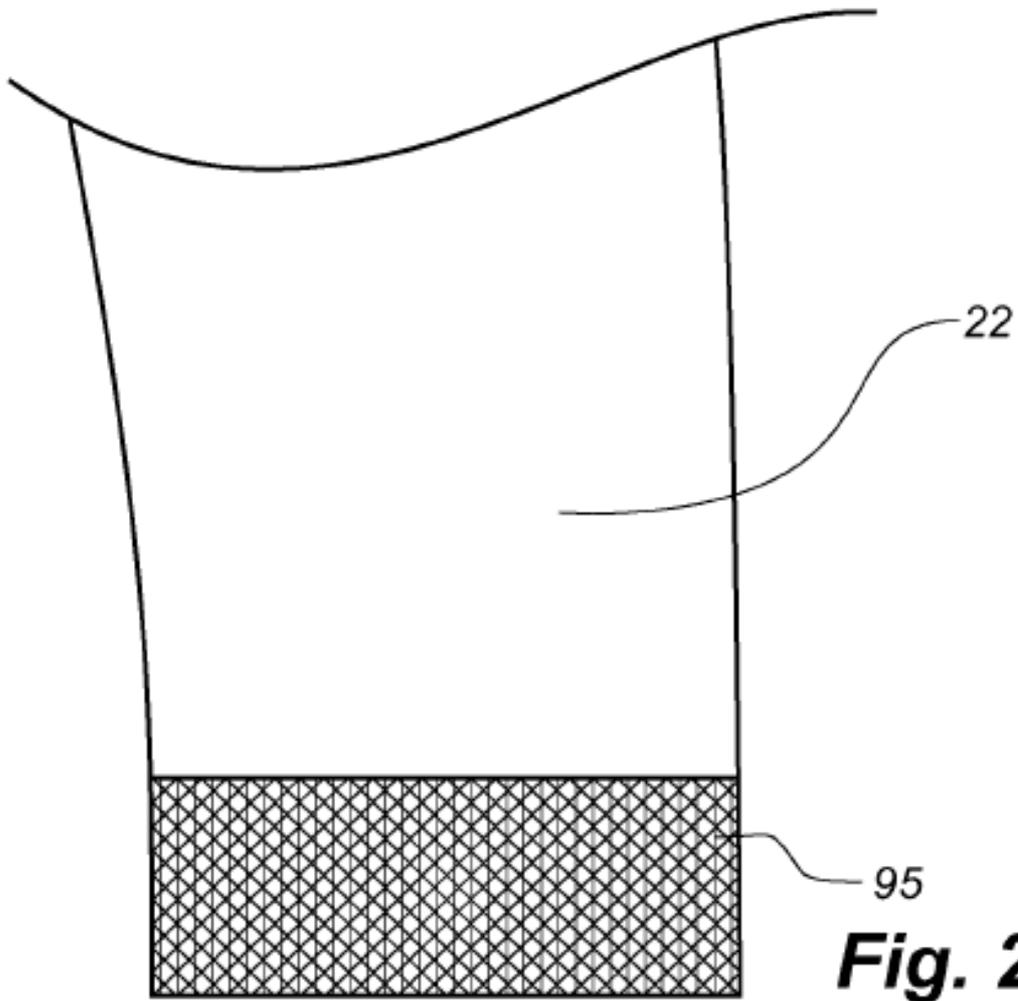


Fig. 20

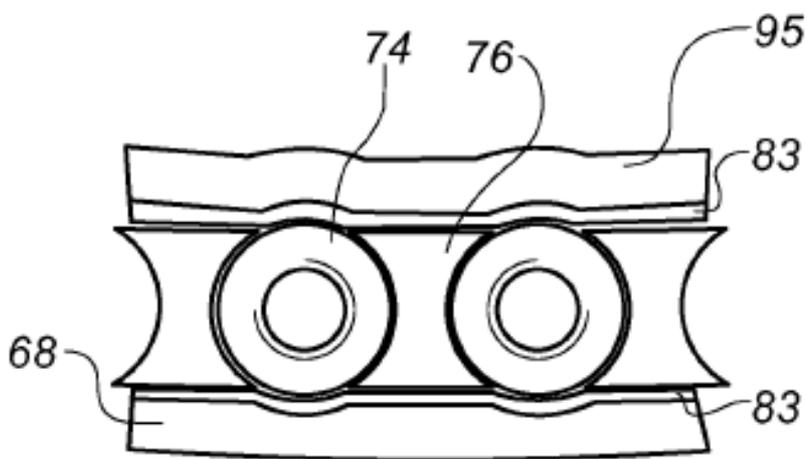


Fig. 21