

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 273**

51 Int. Cl.:

**B29C 33/30** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

**B29C 70/34** (2006.01)

**B29L 31/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.07.2014 PCT/EP2014/064859**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.01.2015 WO15004257**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2014 E 14738505 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018 EP 3019316**

54 Título: **Método y herramientas para fabricar una pala de aerogenerador**

30 Prioridad:

**12.07.2013 EP 13176339**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.09.2018**

73 Titular/es:

**LM WIND POWER INTERNATIONAL  
TECHNOLOGY II APS (100.0%)  
Jupitervej 6  
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**QUIRING, PETER y  
SCHÄFER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 683 273 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

Método y herramientas para fabricar una pala de aerogenerador

5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de al menos una sección de raíz de una pala de aerogenerador mediante el uso de una incrustación de molde. La invención además se refiere a una parte de molde para fabricar al menos una sección de raíz de una pala de aerogenerador y adaptada para utilizar a través de incrustaciones de molde. La invención, adicionalmente, se refiere a un kit de partes que comprende una parte de molde para fabricar al menos una sección de raíz de una pala de aerogenerador e incrustaciones de molde adaptadas para la inserción en el molde. Finalmente, la invención también se refiere a palas de aerogeneradores fabricados a través del molde e incrustaciones de molde así como series de palas que comprenden palas fabricadas con y sin incrustaciones de molde.

10 A lo largo de los años, la construcción de palas de aerogeneradores se ha desarrollado hacia una forma, en la que la pala (cuando se monta en el aerogenerador) consiste en un área de raíz lo más cercana al buje del aerogenerador, un área perfilada o un área de superficie de sustentación lo más alejada del buje y un área de transición entre el área de raíz y el área de la superficie de sustentación/perfilado. El área de la superficie de sustentación tiene una forma de pala ideal o casi ideal, mientras que el área de raíz tiene una sección transversal sustancialmente circular, que reduce las cargas para las ráfagas de aire y hace más fácil y más seguro de montar la pala al buje. El diámetro del área de raíz es a menudo sustancialmente constante a lo largo de toda el área de la raíz. Tal y como se sugiere por el nombre, el área de transición tiene una forma gradualmente cambiante desde la forma circular del área de raíz hasta el perfil de la superficie de sustentación del área de la superficie de sustentación. Típicamente, la anchura del área de transición aumenta con el aumento de la distancia desde el buje.

15 Los clientes de los aerogeneradores tienen diferentes demandas para el tamaño y funcionalidad del aerogenerador dependiendo del uso previsto y del lugar de funcionamiento previsto. Por lo tanto, las demandas para el tamaño, tales como la longitud y la solidez, así como la funcionalidad, tales como los coeficientes de elevación y de arrastre, de las palas de aerogenerador también varían de forma importante. Por consiguiente, los fabricantes de palas de aerogeneradores necesitan tener un gran número de moldes diferentes para producir las palas de aerogenerador, que son típicamente fabricadas como miembros de concha de polímero reforzado por fibra. Sin embargo, se puede utilizar un diseño aerodinámico para un número de diferentes tipos de aerogenerador. Sin embargo, los diferentes fabricantes de aerogeneradores pueden tener aun así demandas diferentes para el montaje de las palas de aerogenerador al buje del aerogenerador incluyendo demandas en el diámetro de la pala y el adaptador de la pala. Por consiguiente, cada pala incluye las necesidades de personalizar la raíz de pala fabricada para el fabricante de aerogenerador particular.

20 La infusión por vacío o VARTM (Moldeo de transferencia de resina asistido mediante vacío) es un método, que se emplea típicamente para fabricar estructuras compuestas, tales como palas de aerogeneradores que comprenden un material de matriz reforzada por fibra. Durante el proceso de fabricación, el polímero líquido, también denominado resina, es llenado en una cavidad de molde, en la cual se ha insertado un previamente el material de fibra, y donde se genera un vacío en la cavidad de molde por lo tanto introduciéndose en el polímero. El polímero puede ser de plástico termoestable o termoplástico. Típicamente, las fibras distribuidas de forma uniforme son dispuestas en capas en una primera parte de molde rígida, siendo las fibras mechas, es decir, paquetes de bandas de fibra, bandas de mechas o esterillas, que o bien son esterillas de fieltro hechas de fibras individuales o esterillas tejidas hechas de mechas de fibra. Una segunda parte de molde, que a menudo está hecha de una bolsa de vacío elástica, es colocada posteriormente en la parte superior del material de fibra y sellada contra la primera parte de molde con el fin de generar una cavidad de molde. Generando un vacío, típicamente de un 80 a un 95% del vacío total, en la cavidad de molde entre la primera parte de molde y la bolsa de vacío, el polímero líquido puede introducirse y rellenar la cavidad de molde con el material de fibra contenido en el mismo. Las denominadas capas de distribución o tubos de distribución, también denominados canales de entrada, son utilizados entre la bolsa de vacío y el material de fibra con el fin de obtener una distribución tan consistente y eficiente de polímero como sea posible. En la mayoría de los casos, el polímero aplicado es poliéster o epoxi, y el refuerzo de fibra se basa a menudo en fibras de vidrio o fibras de carbono.

25 Durante el proceso de llenado del molde, se genera un vacío, dicho vacío en esta conexión entendiéndose como una subpresión o presión negativa, a través de salidas de vacío en la cavidad de molde, por lo que el polímero líquido es introducido en la cavidad de molde a través de los canales de entrada con el fin de llenar dicha cavidad de molde. Desde los canales de entrada, el polímero se dispersa en todas las direcciones de la cavidad de molde debido a la presión negativa ya que un frente de flujo se mueve hacia los canales de vacío. Por tanto, es importante colocar los canales de entrada y los canales de vacío de forma óptima con el fin de obtener un llenado completo de la cavidad de molde. Asegurando una distribución completa del polímero en toda la cavidad de molde es, sin embargo, a menudo difícil, y por consiguiente esto resulta a menudo en los denominados puntos secos, es decir, áreas con material de fibra que no están siendo lo suficientemente impregnadas con resina. Por tanto los puntos secos son áreas en las que el material de fibra no es impregnado, y en los que puede haber burbujas de aire, que son difíciles o imposibles de evitar controlando la presión de vacío y una posible sobrepresión en el lado de entrada. En las técnicas de infusión de vacío que emplean una parte de molde rígido y una parte de molde elástico en forma de una bolsa de vacío, los puntos secos se pueden reparar después del proceso de llenado del molde perforando la bolsa en las respectivas ubicaciones y extrayendo el aire por ejemplo por medio de una aguja de jeringa. El polímero líquido puede ser inyectado de forma opcional en la ubicación respectiva, y esto puede por ejemplo realizarse por medio de una aguja de jeringa también.

Este es un proceso que consume tiempo y tedioso. En el caso de partes de molde grandes, el personal tiene que permanecer sobre la bolsa de vacío. Esto no es deseable, especialmente cuando el polímero no se ha endurecido, ya que puede resultar en deformaciones en el material de fibra insertado y por tanto en un debilitamiento local de la estructura, lo cual puede provocar por ejemplo efectos de pandeo.

5 A menudo las estructuras compuestas comprenden un material de núcleo cubierto con un material reforzado por fibra, tal como una o más capas de polímero reforzado por fibra. El material de núcleo puede utilizarse como un separador entre dichas capas para formar una estructura de sándwich y se hace típicamente de un material rígido, ligero con el fin de reducir el peso de la estructura compuesta. Con el fin de asegurar una distribución eficiente de la resina líquida durante el proceso de impregnación, el material de núcleo puede estar provisto de una red de distribución de resina, por ejemplo proporcionando canales o ranuras en la superficie del material de núcleo.

10 El moldeo por transferencia de resina (RTM) es un método de fabricación, que es similar al VARTM. En el RTM la resina líquida no es introducida en la cavidad de molde debido a un vacío generado en la cavidad de molde. En su lugar la resina líquida se empuja en la cavidad de molde a través de una sobrepresión en el lado de entrada.

15 El moldeo con impregnado previo es un método en el cual las fibras de refuerzos son impregnadas previamente con una resina pre-catalizada. La resina es típicamente sólida o casi sólida a temperatura ambiente. Los preimpregnados son dispuestos a mano o a máquina sobre una superficie de molde, embolsados al vacío y después calentados a una temperatura, en la que la resina se permite volver a fluir y de forma eventual curar. Este método tiene la ventaja principal de que el contenido de resina en el material de fibra se establece de forma precisa de antemano. Es fácil y limpio trabajar con preimpregnados y hace factible la automatización y el ahorro de mano de obra. La desventaja con los preimpregnados es que el coste de materiales más alto que con las fibras no impregnadas. Además, el material de núcleo necesita estar hecho de un material, que sea capaz de soportar las temperaturas de procesos necesarias para llevar a la resina a volver a fluir. El moldeo con impregnado previo se puede utilizar tanto en conexión con un proceso RTM como con un VARTM.

25 Como por ejemplo las palas para aerogeneradores se han hecho más y más grandes en el transcurso del tiempo y puede ser en la actualidad de más de 70 metros de largas, el tiempo de impregnación en conexión con la fabricación de dichas palas ha aumentado, ya que se tiene que impregnar más material con el polímero. Además, el proceso de infusión se ha convertido en más complicado, ya que la impregnación de miembros de concha grandes, tales como palas, requiere el control de los frentes de flujo para evitar puntos secos, dicho control puede, por ejemplo, incluir un control relacionado con el tiempo de los canales de entrada y de los canales de vacío. Esto aumenta el tiempo requerido para introducir o inyectar el polímero. Como resultado el polímero tiene que permanecer líquido durante un tiempo más largo, normalmente también resultando en un aumento en el tiempo de curado. Adicionalmente, la industria de los aerogeneradores ha crecido con una velocidad casi exponencial a lo largo de las pasadas décadas, por lo tanto aumentando las demandas para el rendimiento de las palas de aerogeneradores fabricadas. Esta demanda aumentada no se puede satisfacer construyendo nuevas fábricas únicamente, sino que también requiere que los métodos de fabricación se optimicen.

35 Típicamente, una pala de aerogeneradores se fabrica mediante el uso de dos partes de concha fabricadas de forma separada, por ejemplo, el lado de presión y el lado de succión de la pala de aerogenerador, que son posteriormente pegadas entre sí, por ejemplo a través del uso de pestañas de plegado. Sin embargo, este proceso conlleva la necesidad de procesamiento posterior de la superficie exterior de la pala. Puede ser por ejemplo necesario tratar las palas de aerogenerador alrededor de las líneas de unión entre las dos partes de concha, por ejemplo, lijando, puliendo y limpiando la pala cerca del borde de ataque y/o del borde de fuga de la pala de aerogenerador. Puede ser incluso necesario proporcionar material de fibra y resina adicionales a la pala de aerogenerador.

40 Es también posible fabricar la parte de concha en una sola pieza a través de un molde hueco cerrado. Dichos sistemas de fabricación son descritos en por ejemplo los documentos EP 1 310 351 y EP 1 880 833. Mediante el uso de este método de fabricación puede ser posible reducir las etapas de procesamiento posterior necesarias de la pala de aerogenerador.

45 El documento EP 2 316 629 da a conocer un sistema de molde modular para la fabricación de una parte de concha para una pala de aerogenerador. El sistema de moldeo modular puede comprender moldes de sección de raíz intercambiables, tales que la sección de raíz de la pala puede personalizarse de acuerdo a las necesidades de un fabricante de aerogeneradores.

50 El documento EP 2 153 964 da a conocer un sistema de molde para fabricación de una concha de pala de aerogenerador en una pieza a través de un sistema de molde hueco cerrado.

55 El documento WO 97/31771 da a conocer un método para fabricar partes moldeadas, en donde se disponen partes de molde intercambiables en un bastidor común. Varias combinaciones de las partes de molde se pueden montar para producir partes diferentes múltiples en el bastidor de molde común. En este sistema partes de molde completas necesitan intercambiarse con el fin de moldear las partes diferentes.

El documento WP 2008/020158 da a conocer una herramienta de moldeo con rebajes de mandril formados en la superficie de un molde para la inserción de un mandril. Eligiendo diferentes mandriles, es posible formar diferentes tipos de partes. En este sistema todo el mandril necesita ser intercambiado con el fin de formar partes diferentes.

5 El documento FR 2 953 754 da a conocer un equipo de herramienta para fabricar un panel en un material compuesto. El equipo de herramienta comprende una parte de molde macho que incluye una parte fija y un número de módulos desmontables. La herramienta es utilizada para draprear una piel de un material compuesto.

El documento WO 2012/122262 da a conocer una pala de aerogenerador con una sección de raíz cónica.

10 Es un objeto de la invención proporcionar un nuevo método de fabricación y al menos una sección de raíz de una pala de aerogenerador, y que supere mejor al menos una de las desventajas de la técnica anterior o que proporcione una alternativa útil.

15 Esto es de acuerdo con un primer aspecto de la invención logrado mediante un método de fabricación al menos una sección de raíz de una pala de aerogenerador, la sección de raíz que comprende una estructura compuesta con un material de polímero reforzado por fibra que incluye una matriz de polímero y un material reforzado por fibra. El método comprende las etapas de: a) proporcionar al menos una primera parte de molde para la fabricación de al menos una primera parte de sección de raíz de dicha sección de raíz, la primera parte de molde que tiene una dirección longitudinal y que comprende una primera superficie de molde, la primera superficie de molde que define al menos una parte de una superficie exterior de dicha primera parte de sección de raíz fabricada en la primera parte de molde, la primera superficie de molde que tiene una parte extrema con un primer radio de curvatura, b) proporcionar una incrustación de molde que tiene una superficie exterior y una superficie interior de la parte superior de la primera superficie de molde que se extiende al menos desde la parte extrema a lo largo de una sección longitudinal de la primera superficie de molde, la incrustación de molde que tiene una superficie exterior que al menos en la parte extrema tiene un radio de curvatura que se corresponde al primer radio de curvatura y la superficie interior tiene un segundo radio de curvatura que es más pequeño que el primer radio de curvatura, y en donde las incrustaciones de molde comprenden un extremo proximal y un extremo distal, y las incrustaciones de molde que están dispuesta de manera que el extremo proximal está dispuesto lo más cercano a la parte extrema y el extremo distal está dispuesto lo más alejado de la parte extrema, y en donde el extremo distal de la incrustación de molde es cónica, c) proporcionar un material de refuerzo por fibra y medios de sujeción para sujetar la sección de raíz a un buje del aerogenerador en la parte superior de la incrustación de molde y la primera superficie de moldeo, y opcionalmente también intercalar un material de núcleo, d) proporcionar resina al material de refuerzo por fibra, y e) curar la resina con el fin de formar la estructura compuesta.

20 Por consiguiente, se aprecia que el método se refiere al uso de incrustaciones de molde con el fin de cambiar el diámetro de la parte de conexión de la sección de raíz moldeada. Esto significa que el mismo molde se puede utilizar para fabricar palas con diferentes diámetros de raíz. Por lo tanto, es posible personalizar las palas a la necesidad del fabricante de aerogeneradores particular con respecto al diámetro del círculo de perno deseado o similar. El diámetro puede variar sin tener que variar el espesor de la concha de pala. Debido al uso de una sección cónica, el diámetro exterior de la pala fabricada a través del método y/o el espesor de pared de la raíz de pala también pueden cambiar gradualmente de acuerdo con el ángulo cónico.

25 Está claro que las incrustaciones de molde no forman parte de la estructura o pala compuesta final. Las incrustaciones de molde se pueden proporcionar en secciones o módulos. Por tanto, una incrustación de molde se puede dividir en una pluralidad de partes de incrustación de molde en la dirección trasversal y/o la dirección longitudinal. La sección cónica puede ser proporcionada por ejemplo como una sola pieza, y una sección no cónica de la incrustación de molde puede ser proporcionada mediante una sola o una pluralidad de piezas longitudinales. Por lo tanto, la longitud total de la incrustación de molde puede personalizarse de acuerdo con las necesidades.

30 Está claro que la primera parte de molde es una parte de molde hembra y la primera superficie de molde define al menos una parte de la superficie exterior de la primera parte de sección de raíz.

35 La parte de sección de raíz (o una primera parte de sección de raíz) puede por ejemplo ser la parte de sección de raíz del lado de presión. En este caso, se puede fabricar una segunda parte de sección de raíz correspondiente, por ejemplo, a través de una segunda parte de molde, de manera que se proporciona la parte de sección de raíz del lado de succión. Las dos partes son conectadas posteriormente, por ejemplo, a través de una unión por adhesivo, con el fin de formar la sección de raíz de la pala de aerogenerador.

40 Típicamente, la primera parte de sección de raíz se fabrica unto con la parte de concha de pala restante. Sin embargo, también es posible fabricar la pala en secciones, de manera que la parte de sección de raíz o la sección de raíz se conecta posteriormente a la concha de pala restante.

45 La resina proporcionada (en la etapa d)) puede proporcionarse de forma simultánea con el material de refuerzo por fibra (en la etapa c)), si se utilizan preimpregnados. De forma alternativa, o adicionalmente a ello, la resina se puede inyectar en el molde de manera que humedece el material reforzado por fibra. La estructura compuesta puede por ejemplo ser fabricada mediante un proceso de moldeo de transferencia de resina asistido mediante vacío (VARTM). Se dispone de forma preferible una bolsa de vacío en la parte superior del material reforzado por fibra y se sella contra

la primera parte de molde con el fin de formar una cavidad de molde que comprende el material de refuerzo por fibra y los miembros de sujeción. Una fuente de vacío y una fuente de resina están conectadas de forma preferible a la cavidad de molde, y la fuente de vacío se utiliza primero para evacuar la cavidad de molde después de que se haya alimentado con resina a través de la fuente de resina e introducido en la cavidad de molde.

- 5 La concha de pala se hace típicamente de un material polímero reforzado por fibra. Las fibras de refuerzo pueden por ejemplo ser fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de aramida, fibras metálicas, tales como fibras de acero, o fibras de plantas, mientras que el polímero por ejemplo puede ser epoxi, poliéster o viniléster.

- 10 En un modo de realización ventajoso, la etapa c) comprende las etapas de: c1) proporcionar un número de capas de refuerzo por fibra exteriores para formar una piel exterior, c2) proporcionar un número de miembros de sujeción en la parte superior de las capas de refuerzo exteriores y opcionalmente un número de insertos intermedios, y c3) proporcionar un número de capas de refuerzo de fibra interiores para formar una piel interior. Por consiguiente, se aprecia que los medios de sujeción, por ejemplo, en forma de casquillos, están dispuestos alrededor de una sección transversal circular, opcionalmente con incrustaciones intermedias. Las incrustaciones se pueden formar como cuñas de retención para retener los medios de sujeción en la posición correcta.

- 15 El ángulo de conicidad de la parte cónica de la incrustación de molde está de forma ventajosa entre 1 y 20 grados, o entre 1 y 10 grados.

- 20 De acuerdo con otro modo de realización ventajoso, la incrustación de molde tiene una longitud de 50-200 centímetros, o de 60-175 centímetros, o de 70-150 centímetros. En un modo de realización ventajoso, las incrustaciones de molde tienen una longitud de aproximadamente 100-110 centímetros. La parte cónica de forma ventajosa tiene una longitud de 20-40 centímetros. La longitud real de la parte cónica por supuesto dependerá del espesor de la incrustación de molde (o de cuanto debería cambiar el diámetro de pala) así como del ángulo de conicidad.

- 25 De acuerdo con otra variación más del método de acuerdo con la invención, una primera pala de aerogeneradores es fabricada de acuerdo con uno de los modos de realización mencionados anteriormente, y una segunda pala de aerogenerador es fabricada sin el uso de incrustaciones de molde. En otras palabras, una segunda pala de aerogenerador o al menos una parte de sección de raíz es fabricada omitiendo la etapa b) mencionada anteriormente. Por consiguiente, la segunda pala de aerogenerador tendrá una sección de raíz con un diámetro exterior que es más grande que el de la primera pala de aerogenerador. Por lo tanto, se fabrican dos palas que tienen diferentes diámetros de sección de raíz.

- 30 Por consiguiente, la segunda pala de aerogenerador (o al menos la segunda parte de sección de raíz de una segunda sección de raíz) es fabricada de acuerdo con las siguientes etapas: f) proporcionar al menos dicha primera parte de molde, g) proporcionar un material de refuerzo por fibra y medios de sujeción para sujetar la sección de raíz a un buje de un aerogenerador a la parte superior de la primera superficie (40, 140) de moldeo únicamente, y opcionalmente también intercalar un material de núcleo, h) proporcionar resina al material de refuerzo por fibra y curarla resina con el fin de formar la estructura compuesta. Por lo tanto, se aprecia que toda la primera superficie de molde de la primera parte de molde define la superficie exterior de la segunda parte de sección de raíz fabricada en la primera parte de molde.

- 40 De acuerdo con un segundo aspecto, la invención también proporciona una parte de molde para fabricar al menos una parte de sección de raíz. La parte de molde tiene una dirección longitudinal y comprende una primera superficie de molde, la primera superficie de molde que define al menos una parte de una superficie exterior de dicha primera sección de raíz. La parte de molde comprende un rebaje formado en la primera superficie de molde en una parte extrema de la primera superficie de molde y que tiene un primer radio de curvatura. En otras palabras, la parte de molde comprende un rebaje, en la que un radio de curvatura es mayor que un radio de curvatura de la superficie de moldeo justo fuera del rebaje. Dicha parte de molde es particularmente adecuada para variar el diámetro de la raíz de pala de una parte de sección de raíz fabricada en el molde. El rebaje se adapta para recibir una incrustación de molde que cambia la superficie de molde de la parte de molde desde el primer radio de curvatura a un segundo radio de curvatura, por ejemplo, el radio de curvatura de la superficie de molde justo fuera del rebaje. Si se fabrica una pala de aerogenerador a través de la parte de molde sin las incrustaciones de molde, la pala tendrá una sección extrema de raíz proximal y una sección que tiene un diámetro de raíz más grande que la parte de raíz distal.

- 50 El rebaje comprende un extremo distal lo más alejado de la parte extrema y un extremo proximal lo más cercano a la parte extrema, en donde el rebaje comprende una parte cónica en el extremo distal, donde el radio de curvatura cambia gradualmente desde un primer radio de curvatura hasta un segundo radio de curvatura que es más pequeño que el primer radio de curvatura. Las secciones extremas de las partes cónicas pueden o bien tener transiciones pronunciadas o pueden estar ligeramente redondeadas.

- 55 De forma similar a las incrustaciones de molde mencionadas anteriormente, el rebaje puede extenderse a lo largo de una extensión longitudinal de la parte de molde, la extensión longitudinal que tiene una longitud de 50-200 centímetros, o de 60-175 centímetros, o de 70-150 centímetros.

De acuerdo con un tercer aspecto, la invención también proporciona una combinación de parte de molde y de incrustación de molde. La combinación comprende una parte de molde para fabricar al menos una parte de sección

de raíz, la parte de molde que tiene una dirección longitudinal y que comprende una primera superficie de molde, la primera superficie de molde que define al menos una parte de una superficie exterior de dicha parte de sección de raíz, la parte de molde que comprende una parte extrema con una superficie del molde que tiene un primer radio de curvatura. La combinación además comprende una incrustación de molde que comprende una superficie exterior y una superficie interior, la incrustación de molde que está adaptada para está dispuesta la parte superior de la superficie de molde en la parte extrema de la parte de molde de manera que cambia un radio de curvatura de la superficie de molde, la superficie exterior que tiene un radio de curvatura correspondiente al primer radio de curvatura y la superficie interior que tiene un segundo radio de curvatura que es más pequeño que el primer radio de curvatura, y en donde las incrustaciones de molde comprenden un extremo proximal y un extremo distal, las incrustaciones de molde que están adaptadas para estar dispuestas de manera que el extremo proximal está dispuesto lo más cercano a la parte extrema y el extremo distal está dispuesto lo más lejano a la parte extrema, y en donde el extremo distal de la incrustación de molde es cónico.

La parte de molde de la combinación puede en principio ser un molde convencional en combinación con las incrustaciones de molde de acuerdo con la invención. En este caso, la combinación de la parte de molde y la incrustación de molde se utilizan juntas para fabricar palas, donde la sección de raíz y el extremo de raíz tienen un diámetro más pequeño que la parte de raíz distal de la pala de aerogenerador. Sin embargo, la parte de molde es preferiblemente una parte de molde formada con un rebaje en la superficie de molde tal como las partes de molde mencionadas anteriormente de acuerdo con la invención.

La incrustación de molde es sustancialmente semicircular haciendo la incrustación de molde particularmente adecuada para ser dispuesta en la parte de molde para fabricar una mitad de concha de pala, como el lado de succión o el lado de presión de la pala. La incrustación de molde también puede ser circular o tubular, si se utiliza para una configuración de moldeo cerrada, por ejemplo, utilizando partes de molde exteriores y un núcleo de molde interior con el fin de moldear la concha como una parte integral.

La incrustación de molde puede por ejemplo estar hecha de un polímero espumado o de un polímero reforzado por fibra, pero la incrustación puede en principio estar hecha de cualquier material adecuado, tal como un metal. En un modo de realización, la incrustación de molde está cubierta con una cera de liberación de manera que el objeto moldeado se puede desmoldear de la parte de molde.

En un modo de realización, una primera parte es utilizada para fabricar un lado de presión de la sección de raíz. La incrustación de molde correspondiente puede por tanto ser una incrustación de molde del lado de presión. Una segunda parte de molde puede ser utilizada para fabricar un lado de succión de la sección de raíz. De forma similar, una incrustación de molde correspondiente puede ser por tanto una incrustación de molde del lado de succión.

De acuerdo con un cuarto aspecto, la invención también proporciona una pala de aerogenerador que comprende una sección de raíz en un extremo de raíz de la pala y que tiene una superficie exterior, la sección de raíz que comprende una parte extrema de raíz proximal al extremo de raíz de la pala y una parte distal, distal al extremo de raíz de la pala, la parte extrema distal que tiene un primer diámetro exterior, y la parte distal que tiene un segundo diámetro exterior, el segundo diámetro es más pequeño que el primer diámetro. Dicha pala puede por ejemplo ser fabricada mediante el uso de la parte de molde mencionada anteriormente que tiene un rebaje en la parte extrema de raíz del molde, en donde la pala de aerogenerador además comprende una sección cónica o una sección de transición, en donde el diámetro exterior es gradualmente cambiado desde el primer diámetro exterior hasta el segundo diámetro exterior.

La longitud de la pala es preferiblemente de al menos 30 metros, o al menos 35, 40, 45 o 50 metros. Dado que la parte extrema de raíz proximal tal y como se mencionó previamente tiene una longitud de aproximadamente 1 metro, se aprecia que la parte extrema de raíz proximal se extiende a lo largo de menos de un 5% de la longitud total de la pala.

De acuerdo con un primer modo de realización ventajoso, la pala tiene una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección trasversal, la pala además comprende: un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque y un borde de fuga con una cuerda que tiene una longitud de por la que se extiende entre los mismos, el contorno perfilado, cuando es impactado por un flujo de aire incidente, que genera una elevación, en donde el contorno perfilado es dividido en: la sección de raíz que tiene un perfil sustancialmente cilíndrico o elíptico más cercano al extremo de raíz, una sección de superficie de sustentación que tiene un perfil de generación de elevación más lejano del extremo de raíz, y opcionalmente una sección de transición entre la sección de raíz y la sección de superficie de sustentación, la sección de transición que tiene un perfil que cambia gradualmente en la dirección radial desde el perfil circular o elíptico de la sección de raíz al perfil de generación de elevación de la sección de superficie de sustentación. Por tanto, la sección de raíz comprende la parte extrema de raíz con el primer diámetro exterior así como una segunda parte de sección de raíz que tiene el segundo diámetro exterior. Típicamente, la pala además comprende un resalte que tiene una anchura de resalte y ubicada en el límite entre la sección de transición y la sección de superficie de sustentación.

De acuerdo con un quinto aspecto, la invención también proporciona una serie de palas que comprende al menos una primera pala y una segunda pala. La primera pala comprende una primera sección extrema de raíz con una primera parte extrema de raíz que tiene un primer diámetro exterior, y una primera parte de pala en el exterior. La segunda pala comprende una segunda sección extrema de raíz con una segunda parte extrema de raíz que tiene un segundo

- diámetro exterior, y una segunda parte de pala en el exterior. La primera parte de pala en el exterior es idéntica a la segunda parte de pala en el exterior, y el segundo diámetro exterior es más pequeño que el primer diámetro exterior. En otras palabras, las series de palas comprenden diferentes tipos de palas que tienen idénticas partes en el exterior pero con partes extremas de raíz que tienen diferentes diámetros exteriores y por consiguiente también miembros de sujeción dispuestos a lo largo de diferentes diámetros. La primera pala se corresponde a una pala fabricada en un molde sin la(s) incrustación(es) de molde, y la segunda pala se corresponde a una pala fabricada en un molde con la(s) incrustación(es) de molde.
- De acuerdo con un modo de realización ventajoso, la primera pala tiene una primera longitud y la segunda pala una segunda longitud, siendo la primera longitud sustancialmente idéntica a la segunda longitud de pala. De forma preferible, la primera y segunda palas tienen secciones de superficie de sustentación idénticas. Si las palas están provistas con secciones de transición entre las secciones de raíz y las secciones de superficie de sustentación, las secciones de transición son preferiblemente también idénticas.
- De acuerdo con otro modo de realización ventajoso, la primera parte en el exterior y la segunda parte en el exterior se extienden a lo largo de al menos un 80% de una primera longitud de pala de la primera pala y una segunda longitud de pala de la segunda longitud de pala, respectivamente. La parte en el exterior también puede extenderse a lo largo de al menos un 85%, o al menos un 90% de la primera longitud de pala y de la segunda longitud de pala, respectivamente.
- La invención se explica en detalle más abajo con referencia a un modo de realización mostrado en los dibujos, en los cuales
- La figura 1 muestra un aerogenerador,
- La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de aerogenerador,
- La figura 3 muestra una vista en perspectiva de una parte de molde para el uso de la invención,
- La figura 4 muestra una vista en perspectiva de una parte de molde, de acuerdo con la invención,
- La figura 5 muestra una vista lateral de una configuración en una parte de molde, de acuerdo con la invención con un primer modo de realización de una incrustación de molde dispuesta en la superficie del molde de la parte de molde,
- La figura 6 muestra una vista lateral de una configuración en una parte de molde, de acuerdo con la invención con un segundo modo de realización de una incrustación de molde dispuesta en la superficie de molde de la parte de molde,
- La figura 7 muestra una vista lateral de una configuración en una parte de molde, de acuerdo con la invención sin una incrustación de molde dispuesta en la superficie de molde de la parte de molde,
- La figura 8 muestra la vista lateral de una configuración en una parte de molde conocida por sí misma con una incrustación dispuesta en la superficie de molde de la parte de molde,
- La figura 9 muestra una vista superior de una sección de raíz fabricada de acuerdo con la configuración de la figura 5,
- La figura 10 muestra una vista superior de una sección de raíz fabricada de acuerdo con la configuración de las figuras 6 o 7,
- La figura 11 muestra una vista superior de una sección de raíz fabricada de acuerdo con la configuración de la figura 8, y
- La figura 12 muestra una vista extrema de una parte de sección de raíz fabricada de acuerdo con la invención.
- La figura 1 ilustra un aerogenerador 2 en contra del viento convencional de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un árbol de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, cada una que tiene una raíz 16 de pala lo más cercana al buje y una punta 14 de pala lo más lejana al buje 8.
- La figura 2 muestra una vista esquemática de un primer modo de realización de una pala 10 de aerogenerador. La pala 10 de aerogenerador tiene la forma de una pala de aerogenerador convencional y comprende una sección 30 de raíz lo más cercana al buje, una sección 34 perfilada o de superficie de sustentación lo más alejada del buje y una sección 32 de transición entre la sección 30 de raíz y la sección 34 de superficie de sustentación. La pala 10 comprende un borde 18 de ataque dirigido en la dirección de la rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde 20 de fuga dirigido hacia la dirección opuesta del borde 18 de ataque.
- La sección 34 de superficie de sustentación (también denominada la sección perfilada) tiene una forma de pala y diámetro casi ideal con respecto a la elevación generada, mientras que la sección 30 de raíz debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, la cual por ejemplo hace más fácil y más seguro montar la pala 10 al buje. El diámetro (o la cuerda) de la sección 30 de raíz puede ser constante a lo largo de

toda el área 30 de raíz. La sección 32 de transición tiene un perfil de transición que cambia gradualmente desde la forma circular o elíptica de la sección 30 de raíz al perfil de superficie de sustentación de la sección 34 de superficie de sustentación. La longitud de cuerda de la sección 32 de transición típicamente aumenta con el aumento de la distancia  $r$  desde el buje. La sección 34 de superficie de sustentación tiene un perfil de superficie de sustentación con una cuerda que se extiende entre el borde 18 de ataque y el borde 20 de fuga de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye con la disminución de la distancia  $r$  desde el buje.

Un resalte 40 de la pala 10 es definido como la posición, en la que la pala 10 tiene su longitud de cuerda más grande. El resalte 40 es típicamente previsto en el límite entre la sección 32 de transición y la sección 34 de superficie de sustentación.

Debería señalarse que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se disponen en un plano común, dado que la pala puede retorcerse y/o curvarse (es decir, doblarse previamente), por lo tanto proporcionando un plano de cuerda con un trayecto correspondientemente retorcido y/o curvado, siendo éste a menudo el caso con el fin de compensar la velocidad local de la pala que es dependiente del radio desde el buje.

La pala 10 comprende una estructura de concha que define la estructura aerodinámica de la pala 10. La concha aerodinámica puede estar formada de forma integral, pero a menudo el lado de presión y el lado de succión de las conchas aerodinámica son fabricados de forma separada y después adheridos entre sí a lo largo del borde de ataque y del borde de fuga de las partes de concha. Por consiguiente, la sección 30 de raíz puede también ser fabricada fabricando primero una primera parte 31 de sección de raíz y una segunda parte de sección de raíz. La sección de raíz o parte de sección de raíz se puede fabricar de forma separada, pero típicamente la sección de raíz o parte de sección de raíz se fabricará integralmente con el resto de la concha de pala o de la parte de concha de pala.

La figura 3 muestra una vista en perspectiva de la primera parte 40 de molde para la fabricación de al menos una primera parte 31 de sección de raíz de acuerdo con la invención. La primera parte 40 de molde está diseñada como una parte de molde convencional conocida por sí misma y comprende una superficie 42 de molde, que define la superficie exterior de la parte 31 de sección de raíz. La superficie 42 de molde (y por lo tanto también la superficie exterior de la parte 31 de sección de raíz) tiene un primer radio  $R_1$  de curvatura en una parte 44 extrema de la primera parte 40 de molde. La primera parte 40 de molde es rígida, y la parte de sección de raíz se fabrica mediante el uso de un proceso de moldeo de transferencia de resina asistido mediante vacío (VARTM) disponiendo el material de fibra y sujetando elementos en una cavidad de molde formada entre la primera parte 40 de molde rígida y una bolsa de vacío flexible (no mostrada), que está sellada contra la primera parte de molde rígida, después de lo cual se introduce una resina en la cavidad de molde. Finalmente, la resina es curada con el fin de formar una estructura compuesta que comprende la primera parte 31 de sección de raíz.

La figura 4 muestra una vista en perspectiva de una primera parte 140 de molde de acuerdo con la invención para fabricar al menos una parte de sección de raíz de acuerdo con la invención. La primera parte 140 de molde comprende una primera superficie 142 de molde, que define la superficie exterior de la parte de sección de raíz. La primera parte 140 de molde comprende un rebaje 143 formado en la primera superficie 142 de molde en una parte 144 extrema de la primera superficie 142 de molde. La superficie 142 de molde está formada de manera que tiene un primer radio  $R_1'$  de curvatura en una parte proximal de la parte 144 extrema de la primera superficie 142 de molde. La superficie 142 de molde tiene un segundo radio  $R_2'$  de curvatura en una parte distal para la fabricación de la parte distal de la parte de sección de raíz, el segundo radio  $R_2'$  de curvatura que es más pequeño que el primer radio  $R_1'$  de curvatura. El rebaje 143 comprende una parte cónica distal a la parte 144 extrema de la primera superficie de molde, en la que el radio de curvatura cambia gradualmente desde el primer radio  $R_1'$  de curvatura hasta el segundo radio  $R_2'$  de curvatura. La primera parte 140 de molde es rígida, y la parte de sección de raíz se fabrica mediante el uso de un proceso de moldeo de transferencia de resina asistido mediante vacío (VARTM) disponiendo un material de fibra y elementos de sujeción, tales como casquillos, y posiblemente un material de núcleo e insertos en una cavidad de molde formada entre la primera parte 140 de molde rígida y la bolsa de vacío flexible (no mostrada) que es sellada contra la primera parte de molde rígida, después de lo cual la resina es introducida en la cavidad de molde. Finalmente, la resina es curada con el fin de formar una estructura compuesta que comprende la primera parte de sección de raíz. Si el material de fibra está dispuesto directamente sobre la superficie de formación, la sección de raíz de pala fabricada a través de la primera parte 140 de molde tendrá una parte proximal que tiene un diámetro más grande que una parte distal de la sección de raíz.

La figura 5 muestra una vista lateral de una configuración en la parte 140 de molde de acuerdo con la invención con un primer modo de realización de una incrustación 50 de molde dispuesta en la superficie 142 de molde de la parte 140 de molde. Se aprecia que la incrustación 50 de molde está dispuesta en el rebaje 143 de la superficie 142 de molde. La incrustación de molde tiene una superficie 52 exterior dirigida hacia la superficie 142 de molde de la parte 140 de molde y una superficie 54 interior dirigida en contra de la superficie 142 de molde de la parte 140 de molde. En el modo de realización ilustrado, la superficie 52 exterior de la incrustación 50 de molde tiene un radio  $R_1$  de curvatura que se corresponde con el radio de curvatura en el rebaje 143 de la parte 142 de molde. La superficie 54 interior de la incrustación 50 de molde tiene un segundo radio  $R_2$  de curvatura que se corresponde al radio  $R_2'$  de curvatura en la parte distal para la fabricación de la parte de sección de raíz. La incrustación 50 de molde comprende una parte 58 en cuña cónica en una parte distal de la incrustación 50 de molde y que sigue la parte cónica del rebaje 143 de la superficie 142 de molde. Por consiguiente, el radio de curvatura con la incrustación 50 de molde dispuesta en la parte superior



de la superficie 142 de molde es sustancialmente constante a lo largo de la parte completa para la fabricación de la parte de sección de raíz. La incrustación 50 de molde por ejemplo puede ser semi circular de manera que sigue toda la superficie de molde. Sin embargo, también es posible utilizar una pluralidad de incrustaciones de molde individuales.

5 Una piel 60 de fibra exterior que comprende un número de capas de fibra está dispuesta en la parte superior de la incrustación 50 de molde y de la superficie 142 de molde. Miembros 64 de sujeción en forma de casquillos para sujetar la pala al buje del aerogenerador así como posibles insertos 66 intermedios están dispuestos en la parte superior de la piel 60 de fibra exterior. Además una cuña 65 puede estar dispuesta en una extensión longitudinal del miembro de sujeción. De forma alternativa, la cuña puede estar formada integralmente con el miembro de sujeción. Finalmente,  
10 una piel 62 de fibra interior que comprende un número de capas de fibra está dispuesta en la parte superior de los casquillos 64 y los posibles insertos 66 intermedios.

Después de que se haya dispuesto la configuración de la parte superior de la incrustación 50 de molde y de la superficie 142 de molde, se sella una bolsa de vacío flexible (no mostrada) contra la parte 142 de molde, después de lo cual la resina es introducida en la cavidad de molde formada entre la parte 142 de molde y la bolsa de vacío. Finalmente, la resina es curada con el fin de formar una estructura compuesta que comprende la primera parte de sección de raíz.

15 La figura 6 muestra una vista lateral de una configuración en una parte 140 de molde de acuerdo con la invención con un segundo modo de realización de la incrustación 150 de molde dispuesta sobre la superficie de molde de la parte de molde, y en donde partes similares son marcadas con números similares del modo de realización mostrado en la figura 5. Por lo tanto, sólo las diferencias entre los dos modos de realización son descritas. Este modo de realización difiere del modo de realización de la figura 5 en que la incrustación 150 de molde es más delgada y tiene un segundo  
20 radio de curvatura más grande de manera que la incrustación 150 de molde no llena todo el rebaje 143 de la superficie 142 de molde. Por consiguiente, una parte de sección de raíz fabricada a través de la combinación de parte de molde y de incrustación de molde tendrá una parte de sección de raíz proximal que tiene un diámetro más grande que la parte de sección de raíz distal. Sin embargo, la parte extrema de raíz y por consiguiente también el diámetro del círculo a lo largo del cual se disponen los miembros de sujeción se cambia en comparación a una parte de sección de raíz  
25 fabricada a través de una configuración dispuesta directamente sobre la superficie 142 de molde.

La figura 7 muestra una vista lateral de una configuración en la parte 140 de molde de acuerdo con la invención sin una incrustación de molde dispuesta en la superficie 142 de molde de la parte 140 de molde, y en la que partes similares son marcadas con números similares del modo de realización mostrada en la figura 5. Este modo de realización difiere del de la figura 5 en que la piel 260 de fibra exterior, el miembro 264 de sujeción y la piel 262 de  
30 fibra interior están dispuestos directamente en la parte superior de la superficie 142 de molde.

La figura 8 muestra una vista lateral de una configuración en la parte 40 del molde conocida por sí misma con una incrustación 350 de molde dispuesta en la superficie 42 de molde de la parte 40 de molde. La parte 40 de molde y la incrustación 350 de molde juntas forman una combinación de parte de molde y de incrustación de molde de acuerdo con la invención. La incrustación 350 de molde está dispuesta de manera que una superficie 352 exterior de la  
35 incrustación 350 de molde se dirige hacia la superficie 42 de molde de la parte 30 de molde, y una superficie 354 interior de la incrustación 350 de molde se dirige en contra de la superficie 42 de molde de la parte 42 de molde. La superficie 352 exterior de la incrustación 350 de molde tiene un radio  $R_1$  de curvatura que se corresponde a la del radio de curvatura de la superficie 142 de molde. La superficie 54 interior de la incrustación 50 de molde tiene un segundo radio  $R_2$  de curvatura que es más pequeño que el primer radio  $R_1$  de curvatura. Como con los otros modos de realización, la incrustación 350 de molde comprende una parte de cuña cónica en un extremo distal de la  
40 incrustación 350 de molde.

Una piel 360 de fibra exterior que comprende un número de capas de fibra está dispuesta en la parte superior de la incrustación 350 de molde y de la superficie 42 de molde. Miembros 364 de sujeción en forma de casquillos para sujetar la pala al buje de un aerogenerador así como posibles insertos intermedios están dispuestos en la parte superior de la piel 360 de fibra exterior. Finalmente, una piel 364 de fibra interior que comprende un número de capas de fibra está dispuesta en la parte superior de los casquillos 364 y de los posibles insertos intermedios.  
45

Después de que se haya dispuesto la configuración sobre la parte superior de la incrustación 350 de molde y de la superficie 42 de molde, se sella una bolsa de vacío flexible (no mostrada) contra la parte 42 de molde, después de lo cual se introduce una resina en la cavidad de molde formada entre la parte 42 de molde y la bolsa de vacío. Finalmente,  
50 la resina es curada con el fin de formar una estructura compuesta que comprende la primera parte de sección de raíz.

Una sección de raíz de pala fabricada mediante el uso de la combinación de la parte de molde y de la incrustación de molde mostrada en la figura 8, comprende una parte de sección de raíz proximal que tiene un diámetro que es más grande que el diámetro de la parte de sección de raíz distal.

55 Las incrustaciones de molde y los rebajes como los mostrados en las figuras 5-8, de forma ventajosa, tienen una longitud de 50-200 centímetros, o de 60-175 centímetros, o de 70-150 centímetros. En un modo de realización preferido, las incrustaciones de molde tienen una longitud de aproximadamente 100-110 centímetros.

La figura 9 muestra una vista superior de una pala 10 que tiene una sección de raíz fabricada de acuerdo con la configuración de la figura 5. Se aprecia que dicha pala tiene una forma convencional y se corresponde a una pala que

podría haber sido fabricada con una parte de molde sin un rebaje en la superficie de molde, por ejemplo, a través de la parte de molde mostrada en la figura 3.

5 La figura 10 muestra una vista superior de una sección de raíz fabricada de acuerdo con la configuración de las figuras 6 o 7. En dicho modo de realización, la pala comprende una sección de raíz que tiene una parte proximal con un primer diámetro  $D_1$  y una parte distal que tiene un segundo diámetro  $D_2$ , en donde el primer diámetro  $D_1$  es más grande que el segundo diámetro  $D_2$ .

10 La figura 11 muestra una vista superior de una sección de raíz fabricada de acuerdo con la configuración de la figura 8. En dicho modo de realización, la pala comprende una sección de raíz que tiene una parte proximal con un primer diámetro  $D_1$  y una parte distal que tiene un segundo diámetro  $D_2$ , en donde el primer diámetro  $D_1$  es más pequeño que el segundo diámetro  $D_2$ .

Por consiguiente, la invención también proporciona una serie de palas de aerogenerador de acuerdo con las figuras 9-11 que tienen partes en el exterior idénticas pero con diferentes diámetros en una parte proximal al extremo de raíz. La parte proximal, de forma preferible, se extiende a lo largo de menos de un 5% de la longitud total de la pala. En otras palabras, al menos un 95% de la longitud de la pala de las palas en las series es idéntica.

15 Aunque las palas como las mostradas en las figuras 10 y 11 pueden parecer estéticamente desagradables, la transición en el diámetro de raíz no se apreciará necesariamente, cuando la pala se instala en un aerogenerador, dado que la parte interior de la pala puede estar ubicada dentro de un casco exterior del buje o rotor del aerogenerador.

20 La figura 12 muestra una vista extrema de una parte de sección de raíz fabricada de acuerdo con la invención. Se apreciará que la parte de sección de raíz que comprende una pluralidad de miembros 64 de sujeción y una pluralidad de insertos 66 intermedios intercalados entre una piel 60 de fibra exterior y una piel 62 de fibra interior. Los miembros 64 de sujeción son preferiblemente casquillos y son accesibles desde un extremo de raíz de la pala de manera que la pala puede ser montada en el buje de un aerogenerador, por ejemplo, mediante el uso de pernos de sujeción.

25 Los insertos 66 intermedios pueden estar hechos de un compuesto reforzado por fibra, por ejemplo, en forma de una pultrusión de fibra. La cuña 65 dispuesta en extensión longitudinal de los casquillos 64 puede estar hecha de madera o de polímero espumado.

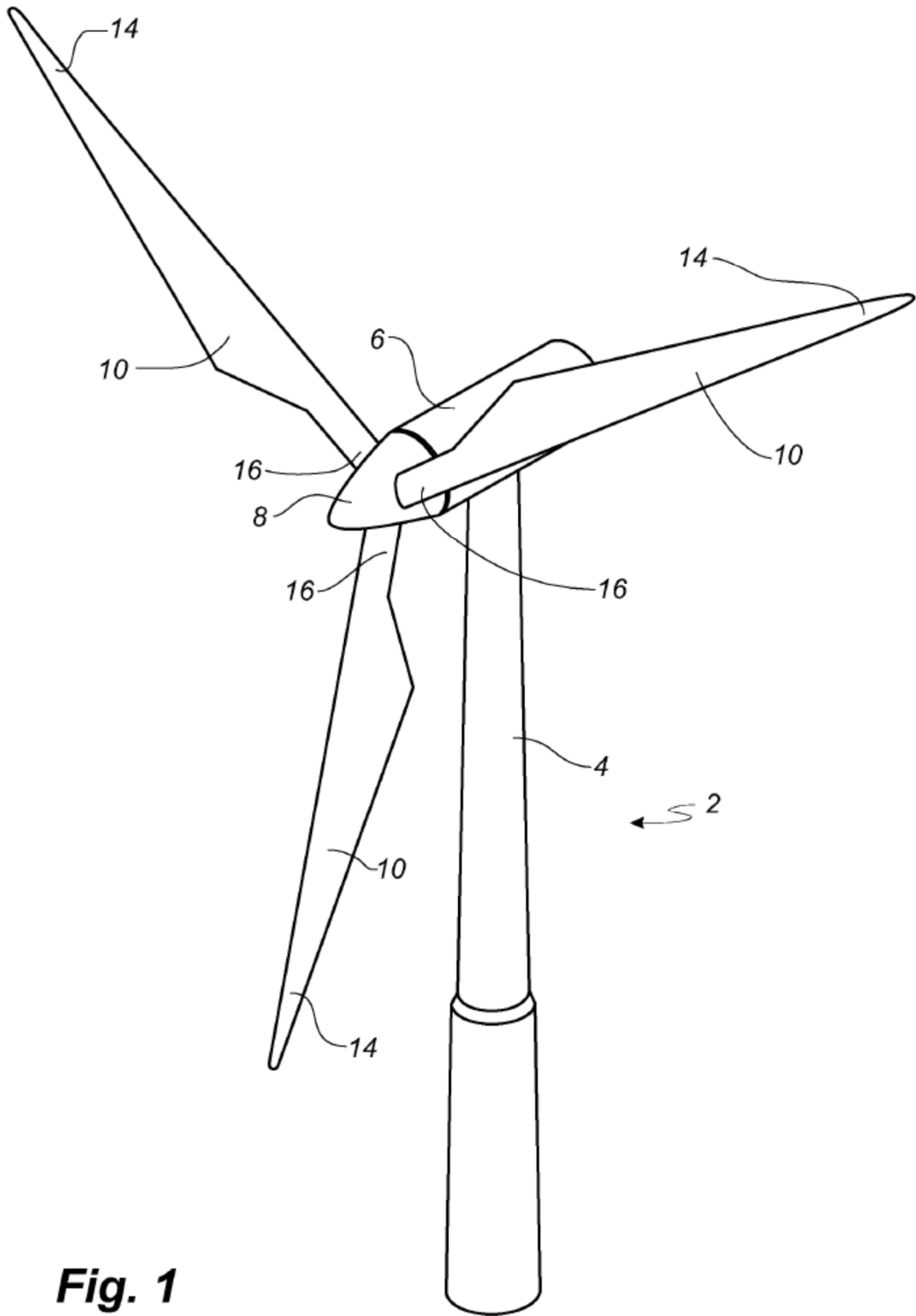
Lista de referencias numéricas

	2	aerogenerador
	4	torre
	6	góndola
30	8	buje
	10, 110, 310	pala
	14	punta de pala
	16	raíz de pala
35	18	borde de ataque
	20	borde de fuga
	22	eje de cabeceo
	30	sección de raíz
	32	sección de transición
	34	sección de superficie de sustentación
40	40, 140	primera parte de molde
	42, 142	primera superficie de molde
	143	rebaje
	44, 144	parte extrema
45	50, 150	incrustación de molde
	52, 152, 252	superficie exterior de incrustación de molde
	54, 154, 254	superficie interior de incrustación de molde
	56, 156, 256	extremo proximal de incrustación de molde
	58, 158, 258	extremo distal de incrustación de molde
50	60, 160, 260, 360	piel de fibra exterior
	62, 162, 262, 362	piel de fibra interior
	64, 164, 264, 364	miembro de sujeción/casquillo
	65, 165, 265, 365	cuña
	66	inserto intermedio
55	r	radio local, distancia radial desde raíz de pala
	L	longitud de pala
	$L_i$	longitud de inserto de molde
	$R_1$	primer radio de curvatura
	$R_2$	segundo radio de curvatura

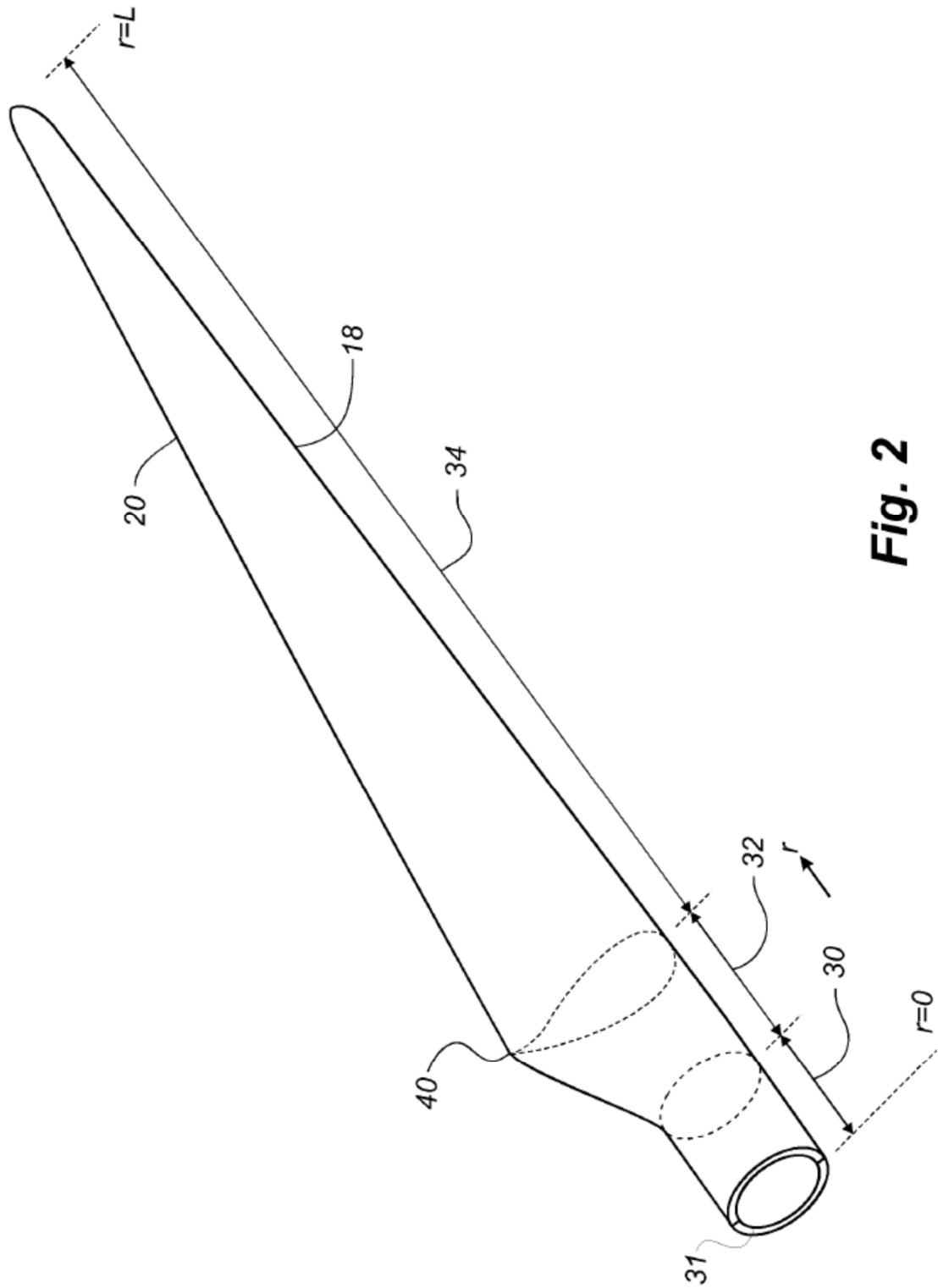
**REIVINDICACIONES**

1. Un método de fabricación de al menos una sección (30) de raíz de una pala (10, 110, 310) de aerogenerador, la sección (30) de raíz que comprende una estructura compuesta con un material polímero reforzado por fibra que incluye una matriz de polímero y un material de refuerzo por fibra, el método que comprende las etapas de:
- 5 a) proporcionar al menos una primera parte (40, 140) de molde para fabricar al menos una primera parte (31) de sección de raíz de dicha sección de raíz, la primera parte (40, 140) de molde que tiene una dirección longitudinal y que comprende una primera superficie (42, 142) de molde, la primera superficie (42, 142) de molde que define al menos una parte de una superficie exterior de dicha primera parte (31) de sección de raíz fabricada en la primera parte (42, 142 de molde), la primera superficie (42, 142) de molde que tiene una parte (44, 144) extrema con un primer radio (R<sub>1</sub>) de curvatura,
- 10 b) proporcionar una incrustación (50, 150) de molde que tiene una superficie (52, 152, 252) exterior y una superficie (54, 154, 254) interior en la parte superior de la primera superficie (42, 142) de molde con la superficie (52, 152, 252) exterior dirigida hacia la primera superficie (42, 142) de molde de manera que la incrustación (50, 150) de molde se extiende al menos desde la parte (44, 144) extrema lo largo de una sección longitudinal de la primera superficie (42, 142) de molde, la incrustación (50, 150) de molde que tiene una superficie (52, 152, 154) exterior con al menos una parte (44, 144) extrema que tiene un radio de curvatura correspondiente con el primer radio (R<sub>1</sub>) de curvatura y la superficie (54, 154, 254) tiene un segundo radio (R<sub>2</sub>) de curvatura que es más pequeño que el primer radio (R<sub>1</sub>) de curvatura, y en donde las incrustaciones de molde comprenden un extremo proximal y un extremo distal, las incrustaciones de molde que están dispuestas de manera que el extremo proximal está dispuesto lo más cercano a la parte extrema y el extremo distal está dispuesto lo más lejano a la parte extrema, y en donde el extremo distal de la incrustación de molde es cónico,
- 15 c) proporcionar un material (60 ,62; 160, 162; 360, 362) de refuerzo por fibra y medios (64, 164, 264, 364,) de sujeción para sujetar la sección (30) de raíz en un buje del aerogenerador (2) en la parte superior de la incrustación (50, 150) de molde y la primera superficie (40, 140) de moldeo y opcionalmente también intercalar un material de núcleo,
- 20 d) proporcionar resina al material (60 ,62; 160, 162; 360, 362) de refuerzo por fibra, y
- 25 e) curar la resina con el fin de formar la estructura compuesta.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la etapa c) comprende las etapas de:
- c1) proporcionar un número de capas de refuerzo por fibra exteriores para formar una piel exterior,
- 30 c2) proporcionar un número de miembros de sujeción en la parte superior de las capas de refuerzo exteriores y opcionalmente un número de insertos intermedios, y
- c3) proporcionar un número de capas de refuerzo por fibra interiores para formar una piel interior.
3. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la incrustación de molde tiene una longitud de 50-200 centímetros, o de 60-175 centímetros, o de 70-150 centímetros.
4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el extremo distal cónico tiene una longitud de 20-40 centímetros.
- 35 5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una primera pala de aerogeneradores fabricada de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, y en donde una segunda pala de aerogenerador es fabricada de acuerdo con las siguientes etapas:
- f) proporcionar al menos una primera parte (40, 140) de molde,
- 40 g) proporcionar un material (60, 62; 160, 162; 360, 362) de refuerzo por fibra y medios (64, 164, 264, 364,) de sujeción para sujetar la sección (30) de raíz en un buje del aerogenerador (2) en la parte superior de la primera superficie (40, 140) de moldeo únicamente, y opcionalmente también intercalar un material de núcleo,
- h) proporcionar resina al material (60 ,62; 160, 162; 360, 362) de refuerzo por fibra, y
- i) curar la resina con el fin de formar la estructura compuesta.
- 45 6. Una combinación de parte de molde y de incrustación de molde que comprende
- una parte (40, 140) de molde para fabricar al menos una parte de sección de raíz, la parte (40, 140) de molde que tiene una dirección longitudinal y que comprende una primera superficie (42, 142) de molde, la primera superficie (42, 142) de molde que define al menos una parte de una superficie exterior de dicha parte de sección de raíz, la parte (40, 140) de molde que comprende una parte (44, 144) extrema con una superficie (42, 142) de molde que tiene un primer radio (R<sub>1</sub>, R<sub>1</sub>') de curvatura, y
- 50

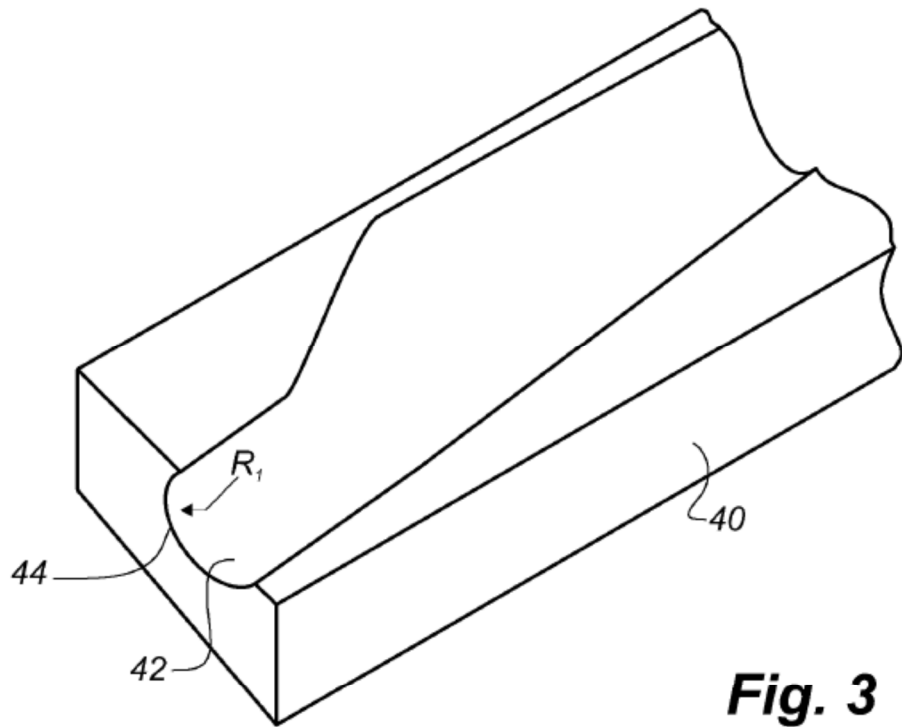
- 5 - una incrustación (50, 150, 350) de molde que comprende una superficie (52, 152, 252, 352) exterior y una superficie (54, 154, 254, 354) interior, la incrustación (50, 150, 350) de molde que está adaptada para estar dispuesta en la parte superior de la superficie (42, 142) de molde, en la parte (44, 144) extrema de la parte (40, 140) de molde de manera que cambia un radio de curvatura de la superficie (42, 142) de molde, la superficie (52, 152, 252, 352) exterior que define un radio de curvatura correspondiente con el primer radio ( $R_1$ ,  $R_1'$ ) de curvatura y la superficie (54, 154, 254, 354) exterior que tiene un segundo radio ( $R_2$ ,  $R_2'$ ) de curvatura que es más pequeño que el primer radio ( $R_1$ ,  $R_1'$ ) de curvatura y en donde las incrustaciones de molde comprenden un extremo proximal y un extremo distal, las incrustaciones de molde que están adaptadas para estar dispuestas de manera que el extremo proximal está dispuesto lo más cercano a la parte extrema y el extremo distal está dispuesto más lejano a la parte extrema, y en donde el extremo distal del inserto de molde es cónico.
- 10 7. Una combinación de parte de molde y de incrustación de molde de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la incrustación de molde es sustancialmente semicircular.
8. Una combinación de parte de molde y de incrustación de molde de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en donde la incrustación de molde está hecha de un polímero espumado o de un polímero reforzado por fibra.
- 15



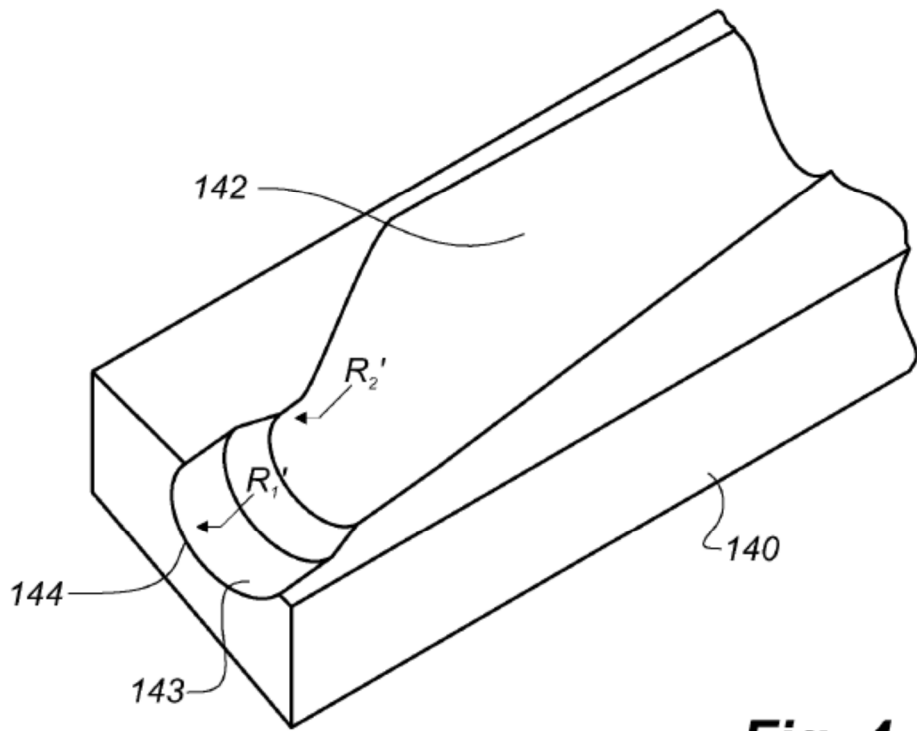
**Fig. 1**



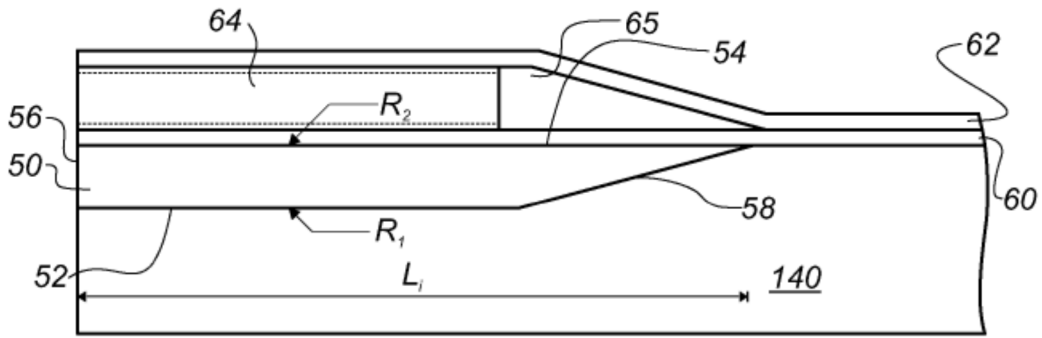
**Fig. 2**



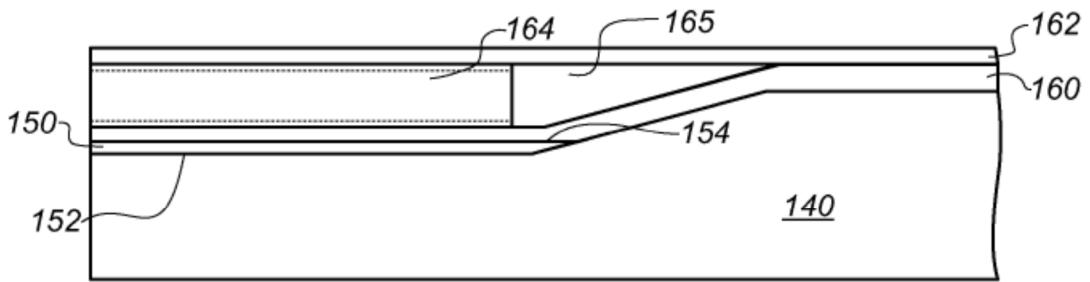
**Fig. 3**



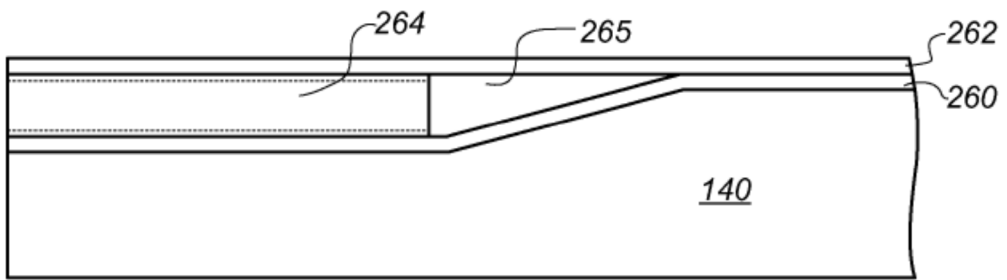
**Fig. 4**



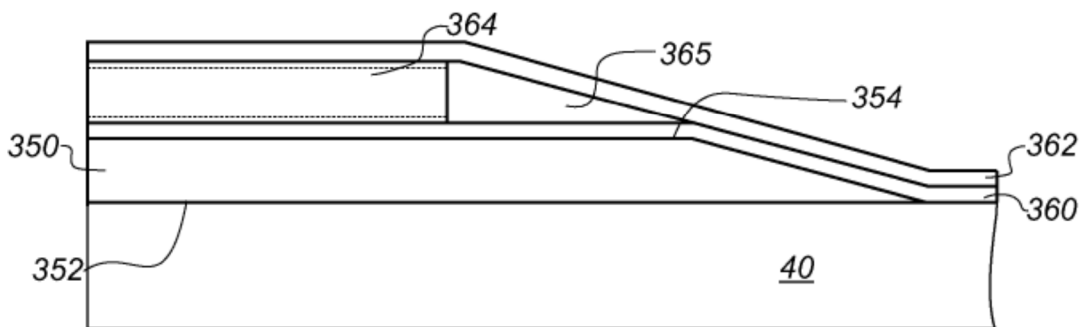
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**

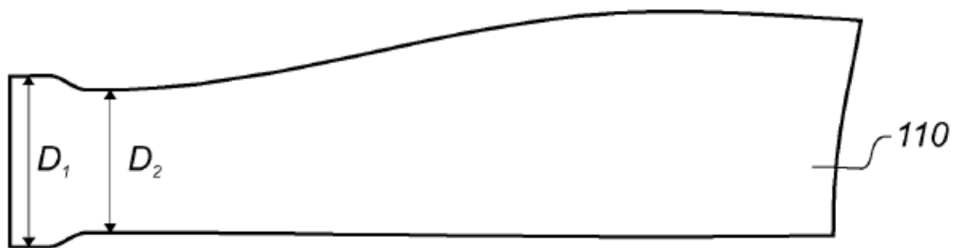


**Fig. 8**





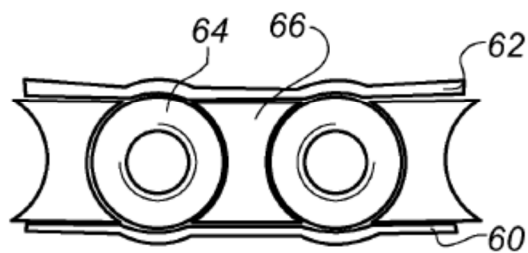
**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**