(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **3 023 346**

(51) Int. Cl.:

B29C 53/82 (2006.01)
B29D 99/00 (2010.01)
B29C 70/56 (2006.01)
B29C 70/46 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2022 E 22161665 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2025 EP 4241963**

(54) Título: **Mandril para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica y procedimiento que usa el mandril**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.05.2025

(73) Titular/es:

LM WIND POWER A/S (100.00%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK

(72) Inventor/es:

RONDEAU, LOUIS;
CHEN, XU;
SHILLIG, SCOTT IVERSON y
COLLIER, ANDREW R

(74) Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

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

Mandril para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica y procedimiento que usa el mandril

[0001] La presente divulgación se refiere, en general, a un mandril para producir un componente de material compuesto ("*composite*") hueco de una pala de rotor de turbina eólica, un procedimiento para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica que usa un mandril y un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica fabricado usando un mandril.

Antecedentes

[0002] En general, una turbina eólica incluye una turbina que tiene un rotor que incluye un conjunto de buje rotatorio que tiene múltiples palas. Las palas transforman la energía eólica en un par de torsión de rotación mecánico que acciona uno o más generadores por medio del rotor. Los generadores algunas veces, pero no siempre, están acoplados de forma rotatoria al rotor a través de una caja de engranajes. La caja de engranajes eleva la velocidad de rotación inherentemente baja del rotor para que el generador convierta eficazmente la energía mecánica de rotación en energía eléctrica, que se alimenta en una red de suministro por medio de al menos una conexión eléctrica. También existen turbinas eólicas de accionamiento directo sin engranajes. El rotor, el generador, la caja de engranajes y otros componentes típicamente están montados dentro de una carcasa, o góndola, que está situada encima de una base que puede ser una torre de celosía o tubular.

[0003] En una turbina eólica, las palas de rotor son estructuras híbridas solidarias a gran escala. En su mayor parte están fabricadas de materiales compuestos, con conexiones pala-buje unidas con perno y protección contra rayos integrada, e incluyen diversos tipos de elementos y materiales estructurales de material compuesto. Cada pala de rotor puede incluir una serie de componentes de material compuesto huecos, por ejemplo, un larguero hueco, tal como un larguero de cajón o un larguero en D.

[0004] Con los procedimientos convencionales de fabricación de estructuras de material compuesto huecas, se usa un mandril para definir el espacio hueco. Las láminas o material de fibra, tal como, por ejemplo, material de fibra de vidrio con preimpregnado, se estratifican en el mandril dentro de una primera parte de molde, en las que la posición y forma del material de fibra en el mandril definen esencialmente la pieza de material compuesto. Una segunda parte de molde completa el molde y el material de fibra se puede curar en un procedimiento de curado de resina a vacío convencional. Este procedimiento se puede usar en la producción de estructuras de material compuesto resistentes y ligeras de palas de rotor de turbina eólica.

[0005] El documento EP3894194A1 describe un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 para producir una estructura de material compuesto hueca, tal como una viga de larguero para su uso en una pala de turbina eólica, que incluye colocar material de refuerzo de fibra alrededor de un mandril dentro de un molde y curar el material de refuerzo de fibra. El mandril está formado a partir de un material compresible que tiene un estado neutro rígido con una rigidez para mantener una forma definida del mandril durante el estratificado ("*lay up*") y curado del material de refuerzo de fibra. Posteriormente al curado, se crea un vacío en el mandril para comprimir el material compresible de modo que el mandril comprimido se pueda extraer a través de una abertura en la estructura de material compuesto, teniendo la abertura un tamaño de modo que el mandril no se pueda sacar a través de la abertura en el estado neutro rígido del mandril.

[0006] Por tanto, existe la necesidad de obtener un mandril mejorado para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica.

Breve descripción

[0007] La presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

[0008] Se expondrán, en parte, aspectos y ventajas de la invención en la siguiente descripción, o pueden ser obvios a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

[0009] De acuerdo con un aspecto, se proporciona un mandril para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica, incluyendo el mandril un núcleo de un primer material, una capa exterior de un segundo material dispuesta radialmente hacia afuera del núcleo, siendo el segundo material más compresible que el primer material, y un primer miembro intensificador para intensificar una presión en una primera área interior de un laminado ("*lay-up*"), estando dispuesto el primer miembro intensificador al menos parcialmente radialmente hacia afuera del núcleo, en el que una primera superficie exterior del primer miembro intensificador y una segunda superficie exterior de la capa exterior, conjuntamente, forman una forma definida que corresponde a una forma interior deseada de al menos una parte del componente de material compuesto hueco.

[0010] De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un procedimiento para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica que usa un mandril como se describe en el presente documento, incluyendo el procedimiento colocar el laminado alrededor del mandril dentro de un molde y realizar un procedimiento de curado en molde.

[0011] De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica fabricado usando un mandril como se describe en el presente documento.

[0012] Estos y otros aspectos, modos de realización, ejemplos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

[0013] Una divulgación completa y habilitante, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida al experto en la técnica, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la fig. 1 es una sección transversal esquemática de un mandril de acuerdo con un aspecto descrito en el presente documento;

la fig. 2A es una sección transversal esquemática de un primer miembro intensificador en un estado no expandido de acuerdo con modos de realización descritos en el presente documento;

la fig. 2B es una sección transversal esquemática de un primer miembro intensificador en un estado expandido de acuerdo con modos de realización descritos en el presente documento;

la fig. 3 es una sección transversal esquemática de una parte hueca de acuerdo con modos de realización descritos en el presente documento;

la fig. 4 es una sección transversal esquemática de un núcleo de acuerdo con modos de realización descritos en el presente documento;

la fig. 5 es una sección transversal esquemática de un núcleo y miembros intensificadores de acuerdo con modos de realización descritos en el presente documento;

la fig. 6 es una sección transversal esquemática de un núcleo, miembros intensificadores y capas exteriores de acuerdo con modos de realización descritos en el presente documento;

la fig. 7 es una sección transversal esquemática de un mandril de acuerdo con modos de realización descritos en el presente documento;

la fig. 8 es un diagrama de un procedimiento para producir un componente de material compuesto hueco de acuerdo con un aspecto descrito en el presente documento;

la fig. 9 es un diagrama de un procedimiento para producir un componente de material compuesto hueco de acuerdo con modos de realización descritos en el presente documento;

la fig. 10 es una sección transversal esquemática de una pala de rotor de turbina eólica; y

la fig. 11 es una sección transversal esquemática de un componente de material compuesto hueco.

Descripción detallada

[0014] Ahora se hará referencia en detalle a los modos de realización, ilustrándose uno o más de sus ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona para explicar la presente divulgación. Las características ilustradas o descritas como parte de un ejemplo o modo de realización se pueden usar con otro ejemplo o modo de realización.

[0015] Como se analiza anteriormente, la presente invención está dirigida a un mandril mejorado para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica, tal como una viga de larguero.

[0016] Los materiales compuestos, en general, comprenden un material de refuerzo fibroso incorporado en un material de matriz, tal como un polímero o material cerámico. El material de refuerzo típicamente sirve de constituyente portador de carga del material compuesto, mientras que el material de matriz protege el material de refuerzo, mantiene la orientación de sus fibras y sirve para disipar cargas con respecto al material de refuerzo. Los materiales compuestos de matriz de polímero (PMC) típicamente se fabrican impregnando un tejido con una resina, seguido de curado. Antes de la impregnación, el tejido se puede denominar tejido "seco" y típicamente comprende una pila de dos o más capas de fibra (capas o láminas). Dependiendo de la aplicación pretendida y del material de

matriz usado, las capas de fibra se pueden formar de una variedad de materiales, por ejemplo, fibras de carbono (por ejemplo, grafito), vidrio (por ejemplo, fibra de vidrio), polímero (por ejemplo, Kevlar®) y cerámica (por ejemplo, Nextel®).

[0017] Es beneficioso, en la fabricación de materiales compuestos, producir un laminado bien compactado que tenga una proporción resina con respecto a fibra prescrita y que esté libre de huecos o defectos. Los retos comunes incluyen porosidad superficial, huecos, áreas ricas en resina y formación de puentes.

[0018] Los mandriles que comprenden material compresible son susceptibles a la formación de puentes. La formación de puentes se produce cuando la capa de tejido inicial, o primera, se separa de una característica definida, por ejemplo, una esquina, y se extiende su través, en lugar de permanecer firmemente adherida a la misma. La formación de puentes puede dar como resultado una riqueza en resina, que es una aglomeración no deseada de resina en exceso por debajo de la primera capa de tejido que puede debilitar localmente el laminado.

[0019] En consecuencia, en una producción de un componente de material compuesto hueco, la formación de puentes puede ser un problema. El tamaño del radio es importante, por ejemplo, en las esquinas internas. Por ejemplo, puede ser más difícil con una esquina interna con un radio más pequeño.

[0020] El problema de la formación de puentes, tal como en una esquina interior, da como resultado la acumulación de resina y que el vidrio se desprenda. Esto da como resultado un peso adicional, ya que la resina es pesada, y un riesgo incrementado de agrietamiento, ya que la acumulación de resina da como resultado un calor exotérmico incrementado. Puesto que las palas de rotor de turbina eólica son sensibles al peso, un peso adicional es indeseable. Adicionalmente, los componentes subestándar, por ejemplo debidos a resina agrietada o curado subestándar, típicamente son no reparables y dan como resultado piezas desguazadas. Como mínimo, la acumulación de resina puede degradar térmicamente la pieza y, además, afectar negativamente a los límites de temperatura seguros, por ejemplo, elevación, ciclado.

[0021] En consecuencia, es deseable proporcionar un mandril que comprenda material compresible, el mandril para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica, donde el mandril se mejora con respecto a una forma deseada del componente de material compuesto hueco que tenga una característica definida, por ejemplo, una esquina.

[0022] De acuerdo con un aspecto, se proporciona un mandril para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica, incluyendo el mandril un núcleo de un primer material, una capa exterior de un segundo material dispuesta radialmente hacia afuera del núcleo, siendo el segundo material más compresible que el primer material, y un primer miembro intensificador para intensificar una presión en una primera área interior de un laminado, estando dispuesto el primer miembro intensificador al menos parcialmente radialmente hacia afuera del núcleo, en el que una primera superficie exterior del primer miembro intensificador y una segunda superficie exterior de la capa exterior, conjuntamente, forman una forma definida que corresponde a una forma interior deseada de al menos una parte del componente de material compuesto hueco.

[0023] Lo siguiente proporciona otra descripción, que se puede entender con referencia a la fig. 1.

[0024] El mandril incluye un núcleo 110 de un primer material y una capa exterior 120 de un segundo material. El primer material y el segundo material son materiales compresibles. El segundo material es más compresible que el primer material. Un material compresible se puede entender como un material que tenga un estado no comprimido y un estado comprimido.

[0025] Un material compresible se puede entender como un material que pueda estar en un estado no comprimido, en el que el material compresible forme una forma definida. Un material compresible se puede entender como un material que pueda estar en un estado no comprimido, en el que el material compresible tenga suficiente rigidez para mantener una forma definida durante el estratificado y curado del material de refuerzo de fibra colocado alrededor del mandril.

[0026] Un material compresible se puede entender como un material que se pueda transformar en un estado comprimido tras la aplicación de un vacío al mismo. Un material compresible se puede entender como un material que tenga suficiente elasticidad para volver a un estado no comprimido tras la liberación del vacío aplicado al mismo.

[0027] La primera superficie exterior 135 del primer miembro intensificador 130 y la segunda superficie exterior 125 de la capa exterior 120, conjuntamente, forman una forma definida correspondiente a una forma interior deseada de al menos una parte del componente de material compuesto hueco.

[0028] La presión en la primera área interior del laminado se puede entender como una fuerza compresiva en la capa. Se puede entender que un molde o una parte del molde, alrededor del mandril y del laminado, en

combinación con un vacío aplicado al laminado posibilita la presión o fuerza compresiva en la primera área interior del laminado. Se puede entender que la depresión o la abertura del núcleo 110 actúe como paredes del cilindro.

[0029] "Laminado" se puede entender como material(es) que formen o para formar al menos una parte del componente de material compuesto hueco. En particular, "laminado" se puede entender como materiales compuestos y/o tejido de fibra. En un ejemplo, el componente de material compuesto hueco es una pieza de un componente de viga de larguero, un componente de viga de larguero, una pieza de una viga de larguero o una viga de larguero. Un componente de material compuesto hueco, en particular, una viga de larguero como se describe en el presente documento, se puede entender como que se fabrica para convertirse en una parte interior de una pala de rotor de turbina eólica.

[0030] "Laminado" se puede entender para que comprenda o contenga material en un estado antes del curado final o completo, por ejemplo, que comprenda o contenga material no curado, material precurado y/o material parcialmente curado.

[0031] "Laminado" se puede entender como "capas de material". En particular, se puede entender que el "laminado" incluya capas, por ejemplo, capas de mineral, capas de polímero, capas de vidrio, capas metálicas, capas de carbono. Se puede entender que el término "laminado" incluya fibras, por ejemplo, fibras de mineral, fibras de polímero, fibras de vidrio, fibras metálicas y fibras de carbono.

[0032] Se puede entender que la fibra de polímero pueda incluir poliamidas aromáticas, polietileno, poliuretano y/o fibras de aramida. Se puede entender que las fibras puedan estar en forma de fibras unidireccionales o multidireccionales, preimpregnados, tableros de fibras o esteras de fibras.

[0033] En un ejemplo, un "laminado" incluye tejidos de vidrio/carbono secos y/o preimpregnados.

[0034] En un ejemplo, un "laminado" incluye (un) material(es) prefabricado(s).

[0035] La descripción "un primer miembro intensificador para intensificar una presión" se puede entender como un primer miembro intensificador 130 para proporcionar una mayor presión o una mayor fuerza que una presión o una fuerza proporcionada si el primer miembro intensificador se reemplaza por un miembro del segundo material.

[0036] Por ejemplo, en un caso en el que la capa exterior 120 también está dispuesta en la posición en la que de otro modo está dispuesto el primer miembro intensificador 130, la presión o la fuerza proporcionada por la capa exterior extendida en la posición en la que de otro modo está dispuesto el primer miembro intensificador 130, es menor que la presión o la fuerza proporcionada por el primer miembro intensificador 130 en dicha posición.

[0037] La primera superficie exterior 135 del primer miembro intensificador 130 y la segunda superficie exterior 125 de la capa exterior 120, conjuntamente, forman una forma definida correspondiente a una forma interior deseada de al menos una parte del componente de material compuesto hueco.

[0038] En un ejemplo, la primera superficie exterior 135 del primer miembro intensificador 130 es una superficie configurada para estar próxima a la primera área interior del laminado. En un ejemplo, la primera superficie exterior 135 del primer miembro intensificador 130 está dispuesta (más) distalmente del núcleo.

[0039] En un ejemplo, la segunda superficie exterior 125 de la capa exterior 120 es una superficie configurada para estar próxima a una segunda área interior del laminado. Se puede entender que la segunda área interior del laminado esté próxima a la primera área interior del laminado.

[0040] Se puede entender que la primera superficie exterior 135 del primer miembro intensificador 130 y la segunda superficie exterior 125 de la capa exterior 120 compartan un borde común.

[0041] Se puede entender que el primer miembro intensificador 130 que tiene la parte hueca 210 en un estado expandido y la capa exterior 120 en un estado no comprimido, conjuntamente, formen la forma definida correspondiente a la forma interior deseada de la al menos una parte del componente de material compuesto hueco.

[0042] Se puede entender que la forma definida (formada por la primera superficie exterior 135 del primer miembro intensificador 130 y la segunda superficie exterior 125 de la capa exterior 120, conjuntamente), y la forma deseada (de la al menos una parte del componente de material compuesto hueco) se produzcan cuando el laminado se estratifica en el mandril, en particular, durante el procedimiento de curado (en molde).

[0043] En un ejemplo, la forma definida (del mandril) y la forma deseada (del componente de material compuesto hueco) son las del mandril y componente de material compuesto hueco, respectivamente, durante el procedimiento de curado (en molde).

[0044] Se puede entender que la segunda área interior del laminado y la primera área interior del laminado compartan un borde común.

[0045] Se puede entender que el laminado, estratificado en el mandril, incluyendo la primera superficie exterior 135 del primer miembro intensificador 130 y la segunda superficie exterior 125 de la capa exterior 120, se cure para formar al menos una parte del componente de material compuesto hueco, en el que la al menos una parte del componente de material compuesto hueco tiene la forma interior deseada correspondiente a la forma definida formada por la primera superficie exterior 135 del primer miembro intensificador 130 y la segunda superficie exterior 125 de la capa exterior 120.

[0046] En consecuencia, se mejora el rendimiento del mandril con respecto a una forma deseada del componente de material compuesto hueco, que tiene una característica definida, por ejemplo, una esquina. En consecuencia, se puede lograr mejor una forma deseada del componente de material compuesto hueco. En consecuencia, se pueden evitar mejor los efectos indeseables, tales como la formación de puentes.

[0047] Lo siguiente proporciona otra descripción, que se puede entender con referencia a la fig. 2A y la fig. 2B.

[0048] De acuerdo con un modo de realización, el primer miembro intensificador 130 comprende una parte hueca 210 expandible por un fluido presurizante.

[0049] En un ejemplo, la parte hueca 210 es inflable. En un ejemplo, la parte hueca 210 se puede entender como una parte inflable. En un ejemplo, un fluido presurizante es un gas (por ejemplo, aire, nitrógeno) o un líquido (por ejemplo, agua).

[0050] De acuerdo con un modo de realización, la parte hueca 210 está dispuesta próxima al núcleo 110, y/o en la que la parte hueca 210 está al menos parcialmente rodeada por el núcleo 110.

[0051] En un ejemplo, la parte hueca está dispuesta en un primer extremo del primer miembro intensificador 130 próxima al núcleo 110.

[0052] En un ejemplo, el núcleo 110 comprende una depresión o una abertura, por ejemplo, un rebajo, una cavidad, una ranura, una hendidura o un canal.

[0053] En un ejemplo, la depresión del núcleo 110 o la abertura del núcleo 110 está configurada para sujetar el primer miembro intensificador 130.

[0054] En un ejemplo, la depresión o abertura del núcleo 110 tiene una forma interior que complementa una forma de una parte del primer miembro intensificador 130.

[0055] En un ejemplo, la depresión o la abertura está orientada en una dirección en la que se debe aplicar la presión intensificada a la primera área interior del laminado.

[0056] En un ejemplo, la depresión o la abertura está orientada en una dirección de la primera área interior del laminado.

[0057] En un ejemplo, un eje de la depresión o la abertura del núcleo 110 está orientado en una dirección de la primera área interior del laminado, estando el eje en un plano en sección transversal del núcleo 110, siendo preferentemente el eje un eje de simetría de la depresión o la abertura.

[0058] De acuerdo con un modo de realización, la parte hueca 210 está aislada de forma fluídica del núcleo 110 y del resto del primer miembro intensificador 130. En un ejemplo, la parte hueca 210 está aislada de forma fluídica del resto del primer miembro intensificador 130 y/o del núcleo 110 y/o de la capa exterior 120.

[0059] En un ejemplo, la parte hueca forma un volumen sellado de forma fluídica, aparte de un orificio.

[0060] Se puede entender que el orificio pueda estar en un estado abierto, por ejemplo, para permitir que el fluido presurizante pase a través del orificio, y en un estado cerrado, por ejemplo, para bloquear que el fluido presurizante pase a través del orificio.

[0061] En un ejemplo, el primer miembro intensificador 130 es menos compresible o más rígido en relación con la capa exterior 120. En un ejemplo, el primer miembro intensificador comprende un material menos compresible que el segundo material de la capa exterior 120.

[0062] En consecuencia, una presión que actúa sobre la primera área interior del laminado próxima al primer miembro intensificador 130 se intensifica en relación con (o es mayor que) una presión que actúa sobre la segunda

área interior del laminado próxima a la capa exterior 120, durante el procedimiento de curado, por ejemplo, curado en una autoclave.

[0063] En consecuencia, se mejora el rendimiento del mandril con respecto a una forma deseada del componente de material compuesto hueco, que tiene una característica definida, por ejemplo, una esquina. En consecuencia, se puede lograr mejor una forma deseada del componente de material compuesto hueco. En consecuencia, se pueden evitar mejor los efectos indeseables, tales como la formación de puentes.

[0064] Como ejemplo ilustrativo, la parte hueca 210 es un tubo flexible de descarga de 2 pulgadas de espesor que proporciona una expansión radial de 1,25 pulgadas.

[0065] Lo siguiente proporciona otra descripción, que se puede entender con referencia a la fig. 3.

[0066] De acuerdo con un modo de realización, la parte hueca 210 comprende al menos uno del siguiente grupo: puntos de vainica ("*drop stitches*") 410; 420, fibras continuas y refuerzo, para definir una forma de la parte hueca 210 en un estado expandido 320.

[0067] En un ejemplo, la parte hueca 210, en un estado expandido 320, tiene una forma definida para intensificar la presión en la primera área interior del laminado. En un ejemplo, la primera área interior del laminado comprende una característica definida, por ejemplo, una esquina.

[0068] En un ejemplo, la parte hueca 210 tiene una forma, por ejemplo, en sección transversal, circular o triangular, y/o está dispuesta de modo que, cuando esté en un estado expandido 320, intensifique la presión en la primera área interior del laminado, en el punto de radio más pequeño, o a lo largo del eje de, de la característica definida, por ejemplo, en el vértice de la esquina.

[0069] Lo siguiente proporciona otra descripción, que se puede entender con referencia a la fig. 4.

[0070] El primer material del núcleo 110 puede ser un material de espuma, por ejemplo, espuma de celda cerrada.

[0071] En general, el primer material del núcleo 110 puede ser (que comprende además) un material no compresible, tal como un núcleo de plástico o madera. Por ejemplo, el núcleo 110 puede ser rígido. En otro ejemplo, el núcleo 110 puede ser hueco, por ejemplo, que tenga una estructura exterior (rígida), con una parte interior vacía, o con una parte interior que esté llena con un fluido, en particular, aire. Por ejemplo, la parte interior vacía puede formar más de un 50 % en volumen del núcleo 110.

[0072] El primer material puede ser al menos uno de los siguientes: polimérico, goma, polietileno (EPE, XLPE), EVA, polipropileno, poliestireno, goma espuma de EPDM de celda cerrada, preferentemente polietileno reticulado; densidad de al menos 1 libra por pie cúbico, preferentemente de al menos 2 libras por pie cúbico; densidad de, como máximo, 4 libras por pie cúbico, preferentemente de, como máximo, 3 libras por pie cúbico; como ejemplo particular: Minicell® L200 o polietileno reticulado.

[0073] Lo siguiente proporciona otra descripción, que se puede entender con referencia a la fig. 5.

[0074] De acuerdo con un modo de realización, el primer miembro intensificador 130 comprende una primera parte intermedia 220 de un tercer material menos compresible que el segundo material de la capa exterior 120, preferentemente en el que la primera parte intermedia 220 comprende espuma de celda cerrada.

[0075] Se puede entender que la primera parte intermedia 220 sea menos compresible o más rígida, en relación con la capa exterior 120, y/o en relación con el núcleo 110.

[0076] En consecuencia, la primera parte intermedia 220 posibilita la transmisión de la intensificación de presión en la primera área interior del laminado.

[0077] De acuerdo con un modo de realización, el primer miembro intensificador 130 comprende una segunda parte intermedia 230 menos compresible que la primera parte intermedia 220, estando dispuesta la segunda parte intermedia 230 próxima a la primera superficie exterior 135 o teniendo una superficie que forma la primera superficie exterior 135.

[0078] En un ejemplo, la segunda parte intermedia 230 es incompresible o rígida. Se puede entender que la segunda parte intermedia 230 sea menos compresible o más rígida, en relación con la primera parte intermedia, en relación con el núcleo 110 y/o en relación con la capa exterior 120.

[0079] En un ejemplo, la segunda parte intermedia 230 tiene una superficie exterior de una forma definida correspondiente a la forma interior deseada de al menos una parte del componente de material compuesto hueco.

[0080] En consecuencia, la segunda parte intermedia 230 posibilita la intensificación de presión en la primera área interior del laminado.

[0081] En un ejemplo, puede existir una pluralidad de primeros miembros intensificadores 130. En un ejemplo, un primer miembro intensificador 130 y al menos otro miembro intensificador, dispuestos en posiciones respectivas. En un ejemplo, el al menos otro miembro intensificador puede estar de acuerdo con modos de realización y ejemplos del primer miembro intensificador 130 como se describe en el presente documento.

[0082] Lo siguiente proporciona otra descripción, que se puede entender con referencia a la fig. 6.

[0083] De acuerdo con un modo de realización, el núcleo 110 comprende espuma de celda cerrada, y/o en el que la capa exterior 120 comprende espuma de celda abierta.

[0084] El segundo material de la capa exterior 120 puede ser un material de espuma, por ejemplo, espuma de celda abierta. El segundo material es más compresible que el primer material.

[0085] El segundo material puede tener una menor densidad que el primer material. El segundo material puede ser menos rígido que el primer material.

[0086] El segundo material puede ser al menos uno de los siguientes: polimérico, goma, poliuretano, poliuretano reticulado, PVC, nitrilo, EPDM; densidad de al menos 1 libra por pie cúbico, preferentemente de al menos 2 libras por pie cúbico; densidad de, como máximo, 4 libras por pie cúbico, preferentemente de, como máximo, 3 libras por pie cúbico; como ejemplo particular: espuma Lux-HQ® o Lux®.

[0087] En un ejemplo, puede existir una pluralidad de capas exteriores 120. En un ejemplo, una capa exterior 120 y al menos otra capa exterior, dispuestas en posiciones respectivas. En un ejemplo, la al menos otra capa exterior puede estar de acuerdo con modos de realización y ejemplos de la capa exterior 120 como se describe en el presente documento.

[0088] El núcleo 110 se puede entender que sea un soporte (o una base) para la capa exterior 120 y/o el primer miembro intensificador 130. En un ejemplo, la capa exterior 120 y/o el primer miembro intensificador 130 se dispone(n) radialmente hacia afuera del núcleo 110. En un ejemplo, la capa exterior 120 y/o el primer miembro intensificador 130 se dispone(n) en el núcleo 110.

[0089] En un ejemplo, la capa exterior 120 y/o el primer miembro intensificador 130 se une(n) al núcleo 110, por ejemplo, usando cola de goma. En un ejemplo, la capa exterior 120 y el primer miembro intensificador 130 están unidos entre sí, por ejemplo, usando cola de goma.

[0090] Lo siguiente proporciona otra descripción, que se puede entender con referencia a la fig. 7.

[0091] Se puede entender que el primer miembro intensificador 130 esté configurado para intensificar una presión en una primera área interior de un laminado.

[0092] Por ejemplo, el primer miembro intensificador 130 está dispuesto al menos parcialmente radialmente hacia afuera del núcleo. Por ejemplo, el primer miembro intensificador 130 tiene una posición radial interior dentro de una extensión radial del núcleo.

[0093] En un ejemplo, el primer miembro intensificador 130 está dispuesto extendiéndose desde una posición radial dentro de una extensión radial del núcleo, o desde una superficie exterior del núcleo 110.

[0094] En consecuencia, el núcleo actúa como una restricción para controlar la dirección de la fuerza efectuada por el primer miembro intensificador 130 en el laminado (en la primera área interior del laminado).

[0095] De acuerdo con un modo de realización, una parte de forro ("*skin*") exterior 260 del primer miembro intensificador 130 que forma la primera superficie exterior 135 es más rígida que la primera parte intermedia 220 del primer miembro intensificador 130.

[0096] De acuerdo con un modo de realización, una parte de forro exterior 260 del primer miembro intensificador 130 que forma la primera superficie exterior 135 es más rígida que una parte de la capa exterior 120 que forma la segunda superficie exterior 125 de la capa exterior 120.

[0097] En un ejemplo, la parte de forro exterior 260 tiene un módulo de rigidez al menos un orden de magnitud mayor que un módulo de rigidez de la primera parte intermedia 220, el núcleo 110 y/o la capa exterior 120.

[0098] En un ejemplo, la parte de forro exterior 260 es de un material rígido, por ejemplo, plástico reforzado con fibra. En un ejemplo, la parte de forro exterior 260 es incompresible o rígida.

[0099] En un ejemplo, la parte de forro exterior 260 tiene una superficie exterior de una forma definida correspondiente a la forma interior deseada de al menos una parte del componente de material compuesto hueco.

[0100] En consecuencia, la parte de forro exterior 260 posibilita la intensificación de presión en la primera área interior del laminado.

[0101] De acuerdo con un modo de realización, la primera superficie exterior 135 del primer miembro intensificador 130 comprende una característica con un radio más pequeño que un radio de cualquier característica de la segunda superficie exterior 125 de la capa exterior 120.

[0102] En un ejemplo, la primera superficie exterior 135 del primer miembro intensificador 130 es una superficie discontinua o una superficie no plana.

[0103] En consecuencia, se mejora el rendimiento del mandril con respecto a una forma deseada del componente de material compuesto hueco, que tiene una característica definida, por ejemplo, una característica con un radio pequeño, por ejemplo, una esquina. En consecuencia, se puede lograr mejor una forma deseada del componente de material compuesto hueco. En consecuencia, se pueden evitar mejor los efectos indeseables, tales como la formación de puentes.

[0104] En un ejemplo, una primera parte de superficie rígida 240 está dispuesta en un lado radialmente proximal de la parte hueca 210. En un ejemplo, una segunda parte de superficie rígida 250 está dispuesta en un lado radialmente distal de la parte hueca 210.

[0105] En consecuencia, la primera parte de superficie rígida 240 y la segunda parte de superficie rígida 250 posibilitan la transmisión dirigida de la intensificación de presión en la primera área interior del laminado.

[0106] El término "radialmente proximal" se puede entender como próximo al centro (del núcleo 110), en una dirección radial, o próximo al núcleo 110, en una dirección radial. El término "radialmente distal" se puede entender como distante del centro (del núcleo 110), en una dirección radial, o distante del núcleo 110, en una dirección radial.

[0107] El término "dirección radial" se puede entender como una dirección que se extienda hacia afuera desde un centro del núcleo 110 o desde un centro del mandril, en un plano en sección transversal del núcleo 110 o en un plano en sección transversal del mandril.

[0108] El término "radial" se puede entender que sea a lo largo de una dirección que se extienda hacia afuera desde un centro del núcleo 110 o desde un centro del mandril, en un plano en sección transversal del núcleo 110 o en un plano en sección transversal del mandril.

[0109] De acuerdo con un modo de realización, una dimensión de espesor de la capa exterior 120 está configurada para posibilitar la extracción del mandril del componente de material compuesto hueco, y/o en la que una dimensión de espesor de la capa exterior 120 está configurada en base a una compresibilidad del segundo material de la capa exterior 120 y una geometría del componente de material compuesto hueco.

[0110] En consecuencia, el mandril comprimido, que tiene un tamaño en sección transversal reducido, en particular, debido a la compresión de la capa exterior 120, se puede sacar de la estructura de material compuesto hueca en el poscurado. Se puede entender que el mandril no se pueda sacar de la estructura de material compuesto hueca, en el poscurado, cuando el mandril no está comprimido, es decir, cuando el mandril está en un estado no comprimido.

[0111] En consecuencia, se puede entender que un mandril compresible, como se describe en el presente documento, posibilite la extracción del mandril del componente de material compuesto hueco en el poscurado. Puesto que un mandril compresible está en un riesgo particular de sufrir efectos indeseables, tales como la formación de puentes, debido a su compresibilidad, un mandril compresible, provisto de un miembro intensificador de presión, como se describe en el presente documento, posibilita que un mandril compresible logre una definición de forma similar a un mandril rígido, pero que todavía tenga los beneficios de un mandril compresible.

[0112] De acuerdo con un aspecto, se proporciona un procedimiento para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica que usa un mandril como se describe en el presente documento, incluyendo el procedimiento colocar el laminado alrededor del mandril dentro de un molde y realizar un procedimiento de curado en molde.

[0113] Lo siguiente proporciona otra descripción, que se puede entender con referencia a la fig. 8.

[0114] La colocación del laminado alrededor del mandril dentro de un molde 1110 se puede entender como un procedimiento de estratificado de material de fibra. En un ejemplo, el laminado se estratifica en un molde o en una

parte de un molde. En un ejemplo, un mandril está dispuesto en el laminado estratificado. En un ejemplo, el laminado estratificado con el mandril dispuesto encima está dispuesto alrededor del mandril.

[0115] La realización de un procedimiento de curado en molde 1120 se puede entender como seguir un procedimiento de infusión de resina. Se puede entender que un procedimiento de infusión de resina se realice después de crear un vacío en el molde.

[0116] Lo siguiente proporciona otra descripción, que se puede entender con referencia a la fig. 9.

[0117] De acuerdo con un modo de realización, el procedimiento para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica comprende activar el primer miembro intensificador 1210, al menos durante el procedimiento de curado en molde, preferentemente antes del procedimiento de curado en molde.

[0118] De acuerdo con un modo de realización, activar el primer miembro intensificador 1210 comprende presurizar de forma fluídica una parte hueca del primer miembro intensificador.

[0119] En un ejemplo, una bomba de gas o líquido se puede conectar de forma fluídica a la parte hueca 210. En un ejemplo, la parte hueca se puede presurizar usando la bomba de gas o líquido.

[0120] En un ejemplo, presurizar de forma fluídica una parte hueca del primer miembro intensificador comprende bombear un gas o líquido en la parte hueca del primer miembro intensificador. En un ejemplo, la parte hueca está en un estado presurizado de forma fluídica o estado expandido cuando la presión del fluido en la parte hueca alcanza un límite de presión superior de la parte hueca.

[0121] De acuerdo con un modo de realización, el procedimiento para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica comprende extraer el mandril 1240 del componente de material compuesto.

[0122] De acuerdo con un modo de realización, extraer el mandril 1240 comprende desactivar el primer miembro intensificador 1220 y crear un vacío en el mandril 1230.

[0123] De acuerdo con un modo de realización, desactivar el primer miembro intensificador 1220 comprende liberar la presión del fluido con respecto al primer miembro intensificador después del procedimiento de curado en molde.

[0124] De acuerdo con un modo de realización, activar el primer miembro intensificador 1210 comprende efectuar una primera presión, por el primer miembro intensificador, en la primera área interior del laminado, que sea mayor que una segunda presión, por la capa exterior, en una segunda área interior del laminado que esté próxima a la primera área interior.

[0125] En consecuencia, la presión se intensifica al menos durante el curado del laminado. En consecuencia, se puede lograr mejor una forma deseada del componente de material compuesto hueco.

[0126] De acuerdo con un aspecto, se proporciona un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica fabricado usando un mandril como se describe en el presente documento.

[0127] Lo siguiente proporciona otra descripción, que se puede entender con referencia a la fig. 10 y la fig. 11.

[0128] En un ejemplo, un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica como se describe en el presente documento, es (por ejemplo, una parte de) un componente de viga de larguero, por ejemplo, el primer miembro de larguero 510 o el tercer miembro de larguero 610.

[0129] En un ejemplo, el primer miembro de larguero 510 es un miembro de larguero hueco, integrado en la estructura de la pala de rotor de turbina eólica 530. En otro ejemplo, el primer miembro de larguero 510 está compuesto por una pluralidad de componentes, incluyendo al menos un componente de material compuesto hueco.

[0130] En un ejemplo, el tercer miembro de larguero 610 es un miembro de larguero hueco dispuesto dentro de una sección de recepción, por ejemplo, el primer miembro de larguero 510, de una pala de rotor de turbina eólica 530.

[0131] En un ejemplo, el segundo miembro de larguero 520 puede incluir un componente de material compuesto hueco, por ejemplo, un alma de larguero hueca que se puede disponer entre tapas de larguero.

[0132] En un ejemplo, una pala de rotor de turbina eólica 530 puede ser como se representa en la fig. 10.

[0133] Como ejemplo ilustrativo, un núcleo está formado de una espuma más dura y menos compresible. Como ejemplo ilustrativo, el mandril se corta de acuerdo con respecto al perfil de la línea de molde interior del componente de material compuesto hueco, menos la compensación para el laminado abultado. Como ejemplo ilustrativo, el mandril también está compensado para permitir que una capa de celda abierta más compresible forme la capa exterior.

[0134] Como ejemplo ilustrativo, este espesor de capa exterior se define por la cantidad de compresión necesaria para extraer el mandril del componente de material compuesto hueco. Como ejemplo ilustrativo, el espesor de esta capa exterior está de acuerdo con o es en base a la geometría del componente de material compuesto hueco.

[0135] Como ejemplo ilustrativo, en las áreas del laminado que necesitan mayor compresión, se proporciona un miembro presurizable. Como ejemplo ilustrativo, este miembro presurizable puede tener una forma restringida al presionarse o pudiéndose restringir su movimiento con respecto a una dirección específica, es decir, se proporciona un vector de fuerza.

[0136] Como ejemplo ilustrativo, el núcleo se usa para controlar el vector de fuerza y orientar el vector de fuerza en la ubicación deseada del laminado.

[0137] Como ejemplo ilustrativo, la capa exterior es compresible. Como ejemplo ilustrativo, al aspirar el aire en el interior del mandril, se comprime la espuma y se reduce el tamaño de mandril, lo que permite que se extraiga el mandril del componente de material compuesto hueco en el que de otro modo el mandril estaría bloqueado en boquilla.

[0138] Como ejemplo ilustrativo, un componente menos compresivo constituye el núcleo del mandril. Como ejemplo ilustrativo, el núcleo actúa como soporte para las capas compresibles, así como una restricción que controla la dirección en la que se aplica la fuerza compresiva al laminado.

[0139] Como ejemplo ilustrativo, la ranura en el núcleo está orientada en la dirección en la que se aplica la presión al laminado. Como ejemplo ilustrativo, la ranura en el núcleo actúa como paredes del cilindro.

[0140] A modo de ejemplo ilustrativo, la ranura en el núcleo se rellena con un elemento expandible que proporciona movimiento direccional y/o presión. Como ejemplo ilustrativo, el elemento expandible se cubre por espuma más dura y/o menos compresible, o incluso componentes rígidos sólidos si es necesario, para señalar el área que se necesita comprimir.

[0141] Como ejemplo ilustrativo, una capa exterior está fabricada de material de celda abierta compresible que se pueda reducir considerablemente en tamaño bajo compresión o vacío, lo que permite la extracción del mandril de una forma de otro modo bloqueada en boquilla.

[0142] Como ejemplo ilustrativo, el mandril incluye espumas de diferente firmeza. Como ejemplo ilustrativo, se proporciona una primera espuma para la cubierta circundante y una segunda espuma más firme que la primera espuma para las esquinas.

[0143] Como ejemplo ilustrativo, se proporciona una combinación de espuma de celda abierta y espuma de celda cerrada para las esquinas.

[0144] Es beneficioso proporcionar un diseño de mandril que permita la fabricación de una pieza de material compuesto hueca con bloqueo en boquilla. Un mandril estrechable facilita de forma beneficiosa la extracción. Es beneficioso un mandril que incorpore intensificadores que se puedan activar neumáticamente y que puedan proporcionar un movimiento lineal controlado para intensificar la presión en áreas específicas, tales como esquinas u otra geometría, que necesiten muy buena definición.

[0145] Es beneficioso el uso de espuma de celda cerrada de diversas densidades y compresibilidad, espuma de celda abierta de diversas densidades y compresibilidad, componentes rígidos de material compuesto, así como componentes inflables/expandibles restringidos para controlar la dirección del movimiento que proporciona la presión.

[0146] Es beneficioso proporcionar una forma de mandril presurizada restringida y controlada de manera que defina la forma final del mismo. Se puede usar refuerzo interno y externo, tal como puntos de vainica, fibras continuas y tejidos, para lograr una forma final de este tipo.

[0147] Es beneficioso un movimiento altamente direccional que garantice que el área crítica de la pieza esté bien definida, mientras que todavía permita suficiente capacidad de estrechamiento o compresión para permitir la extracción de una pieza con bloqueo en boquilla.

[0148] Por tanto, es beneficioso combinar la capacidad de aplicar presión en un área específica de una pieza mientras todavía sea lo suficientemente compresible para permitir la extracción de una estructura de material compuesto hueca con bloqueo en boquilla. En general, en los mandriles compresibles, la expansión es uniforme.

[0149] Es beneficioso controlar dónde se aplica la presión para evitar la formación de puentes del tejido de vidrio. En general, los inflables no restringen la expansión. Por tanto, se proporciona un mandril con control preciso donde se aplica presión, mientras todavía se puede estrechar lo suficiente para compensar el bloqueo en boquilla y permitir la extracción.

[0150] Por tanto, se describe un mandril que permite un control preciso del eje de la fuerza aplicada, restringiendo la expansión en una dirección específica, a través del uso de diferentes componentes de compresibilidad o restricciones internas a la estructura en expansión, tales como puntos de vainica u otros refuerzos.

[0151] Se ha descubierto que en una viga de larguero moldeada para una junta de pasador para una turbina eólica, los radios en el interior son críticos para reducir la resistencia a la fatiga de la pieza. Se ha descubierto que estos radios están controlados de forma crítica por la manera en que se estratifica el vidrio. Se ha descubierto que esto es extremadamente dependiente del operario.

[0152] Se ha descubierto que es una de las causas más importantes de las piezas de desguace y que, en realidad, en general, es imposible reparar el interior de una pieza hueca de este tipo.

[0153] En consecuencia, se describe un mandril que controla la dirección de la fuerza por intensificadores. Es beneficioso usar conformaciones huecas que se puedan presurizar con un gas o líquido, pero que se restrinjan a una forma final al presurizarse. Esto se puede lograr de forma beneficiosa por refuerzo interno, tejido o puntos de vainica que definan la forma presurizada final y prevengan la expansión en direcciones donde no se desea o necesita ninguna compresión.

[0154] Se ha descubierto que un mandril de este tipo es mucho más eficaz a nivel de recursos que un aparato mecánico. Se ha descubierto que un mandril de este tipo es mucho más flexible, ya que existen muy pocos componentes sólidos/rígidos. Se ha descubierto que un mandril de este tipo requiere mucha menos precisión, siendo mucho más permisivo al no restringir los ejes.

[0155] Un mandril sólido que tiene activadores (mecánicos) para aplicar presión en áreas específicas es, en general, muy complejo, menos flexible y mucho menos eficaz a nivel de recursos.

[0156] La presente descripción escrita usa modos de realización y ejemplos para proporcionar una divulgación habilitante. El alcance de la presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un mandril para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica, comprendiendo el mandril:

un núcleo (110) de un primer material;

una capa exterior (120) de un segundo material dispuesta radialmente hacia afuera del núcleo (110), siendo el segundo material más compresible que el primer material; y **caracterizado por**

un primer miembro intensificador (130) para intensificar una presión en una primera área interior de un laminado, estando dispuesto el primer miembro intensificador (130) al menos parcialmente radialmente hacia afuera del núcleo (110),

en el que una primera superficie exterior (135) del primer miembro intensificador (130) y una segunda superficie exterior (125) de la capa exterior (120), conjuntamente, forman una forma definida correspondiente a una forma interior deseada de al menos una parte del componente de material compuesto hueco.

2. El mandril de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer miembro intensificador (130) comprende una parte hueca (210) expandible por un fluido presurizante.

3. El mandril de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la parte hueca (210) está dispuesta próxima al núcleo (110), y/o en el que la parte hueca (210) está al menos parcialmente rodeada por el núcleo (110).

4. El mandril de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3, en el que la parte hueca (210) está aislada de forma fluídica del núcleo (110) y del resto del primer miembro intensificador (130).

5. El mandril de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que la parte hueca (210) comprende al menos uno del siguiente grupo: puntos de vainica (410; 420), fibras continuas y refuerzo, para definir una forma de la parte hueca (210) en un estado expandido (320).

6. El mandril de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el primer miembro intensificador (130) comprende una primera parte intermedia (220) de un tercer material menos compresible que el segundo material de la capa exterior (120), preferentemente en el que la primera parte intermedia (220) comprende espuma de celda cerrada.

7. El mandril de acuerdo con la reivindicación 6, en el que una parte de forro exterior (260) del primer miembro intensificador (130) que forma la primera superficie exterior (135) es más rígida que la parte intermedia (220) del primer miembro intensificador (130); y/o

el mandril de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que una parte de forro exterior (260) del primer miembro intensificador (130) que forma la primera superficie exterior (135) es más rígida que una parte de la capa exterior (120) que forma la segunda superficie exterior (125) de la capa exterior (120); y/o

el mandril de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el primer miembro intensificador (130) comprende una segunda parte intermedia (230) menos compresible que la primera parte intermedia (220), estando dispuesta la segunda parte intermedia (230) próxima a la primera superficie exterior (135) o teniendo una superficie que forma la primera superficie exterior (135).

8. El mandril de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la primera superficie exterior (135) del primer miembro intensificador (130) comprende una característica con un radio más pequeño que un radio de cualquier característica de la segunda superficie exterior (125) de la capa exterior (120).

9. El mandril de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el núcleo (110) comprende espuma de celda cerrada, y/o en el que la capa exterior (120) comprende espuma de celda abierta.

10. El mandril de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que una dimensión de espesor de la capa exterior (120) está configurada para posibilitar la extracción del mandril del componente de material compuesto hueco, y/o en el que una dimensión de espesor de la capa exterior (120) está configurada en base a una compresibilidad del segundo material de la capa exterior (120) y una geometría del componente de material compuesto hueco.

11. Un procedimiento para producir un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica que usa un mandril de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, comprendiendo el procedimiento:

colocar el laminado alrededor del mandril dentro de un molde (1110); y

realizar un procedimiento de curado en molde (1120).

12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende además:

activar el primer miembro intensificador (1210), al menos durante el procedimiento de curado en molde, preferentemente antes del procedimiento de curado en molde,

en el que activar el primer miembro intensificador (1210) comprende preferentemente presurizar de forma fluídica una parte hueca del primer miembro intensificador.

13. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 12, que comprende además:

extraer el mandril (1240) del componente de material compuesto,

en el que extraer el mandril (1240) comprende desactivar el primer miembro intensificador (1220) y crear un vacío en el mandril (1230),

en el que desactivar el primer miembro intensificador (1220) comprende preferentemente liberar la presión del fluido con respecto al primer miembro intensificador después del procedimiento de curado en molde.

14. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que activar el primer miembro intensificador (1210) comprende efectuar una primera presión, por el primer miembro intensificador, en la primera área interior del laminado, que sea mayor que una segunda presión, por la capa exterior, en una segunda área interior del laminado que esté próxima a la primera área interior.

15. Un componente de material compuesto hueco de una pala de rotor de turbina eólica fabricado usando un mandril de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

Fig. 1

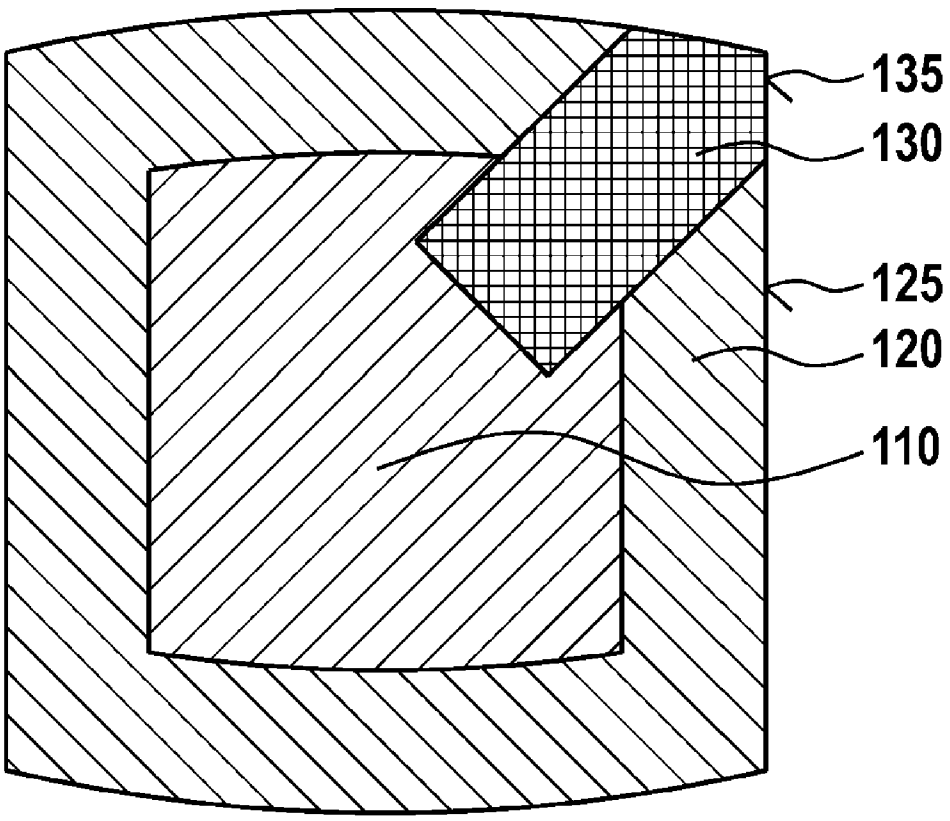


Fig. 2A

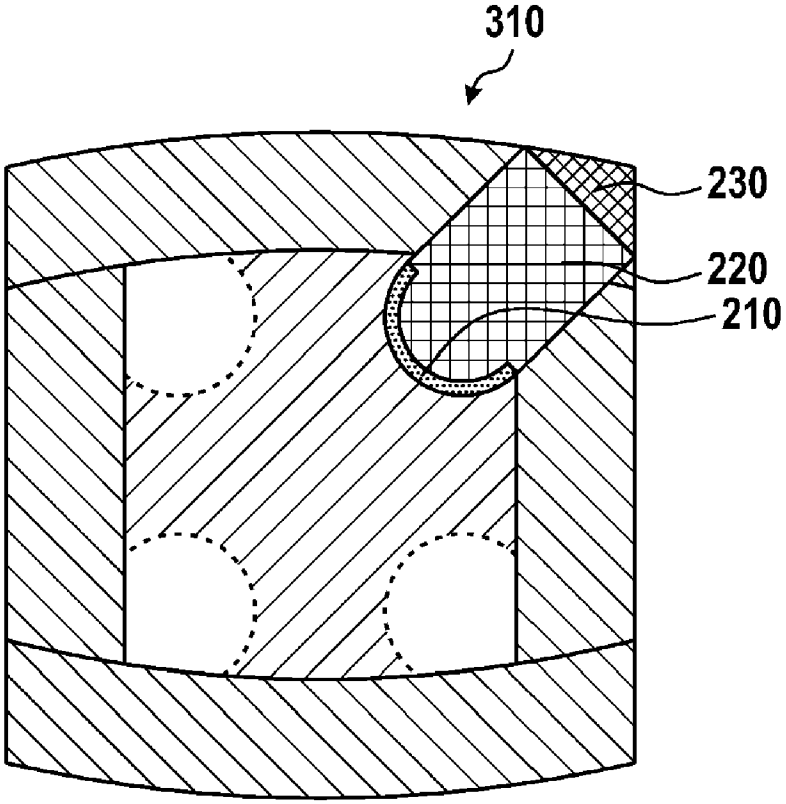


Fig. 2B

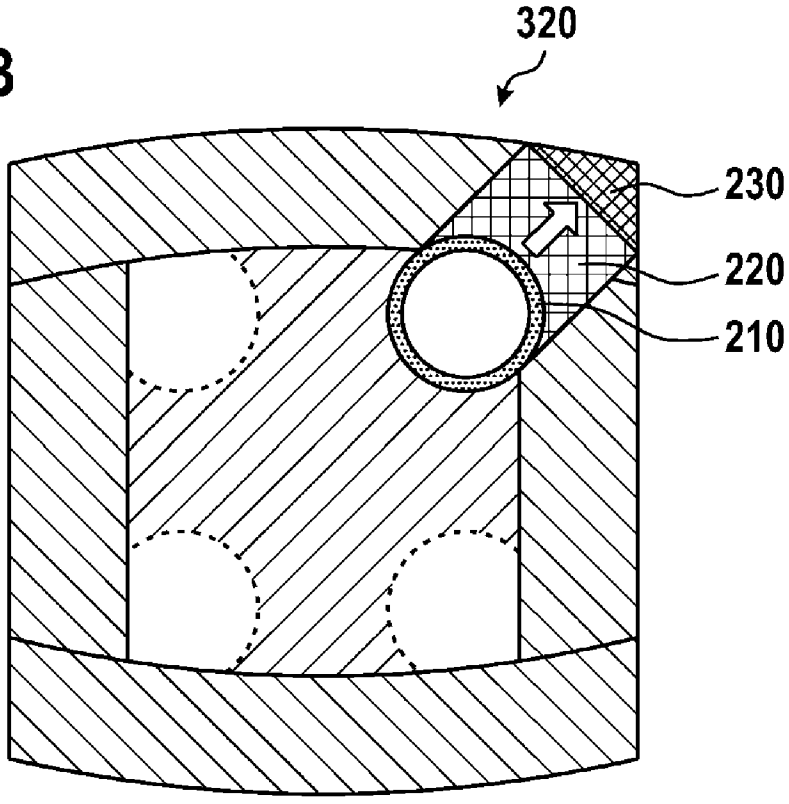


Fig. 3

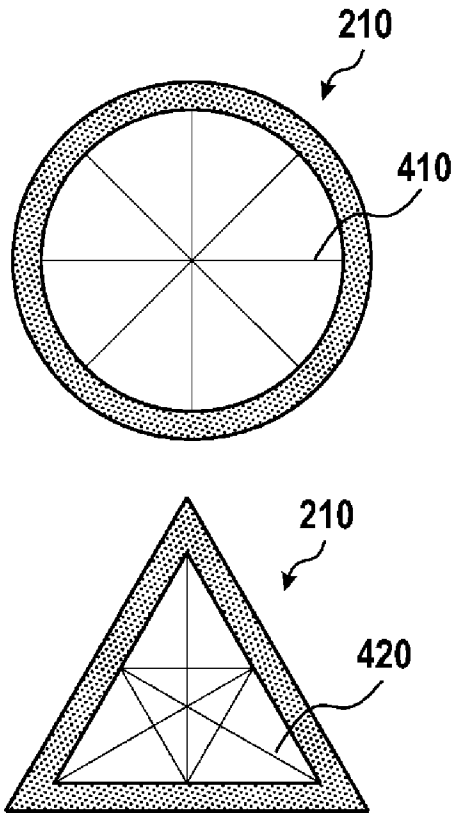


Fig. 4

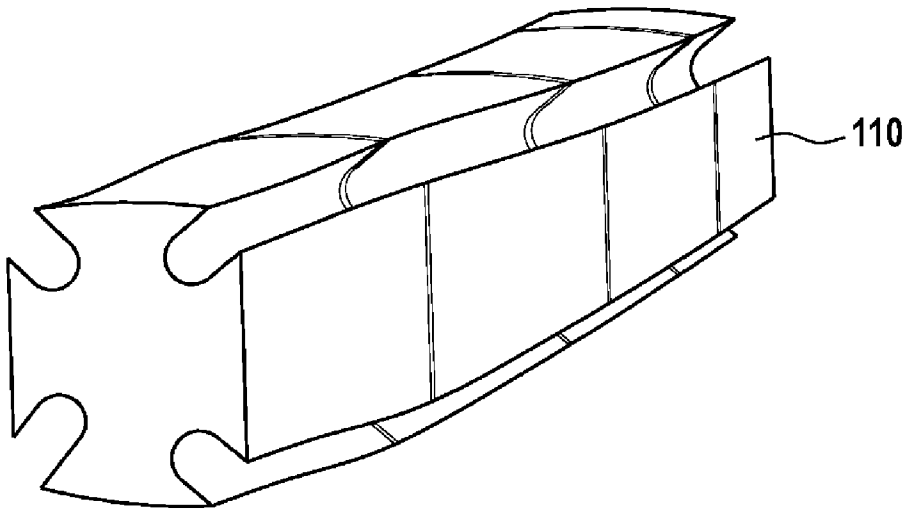


Fig. 5

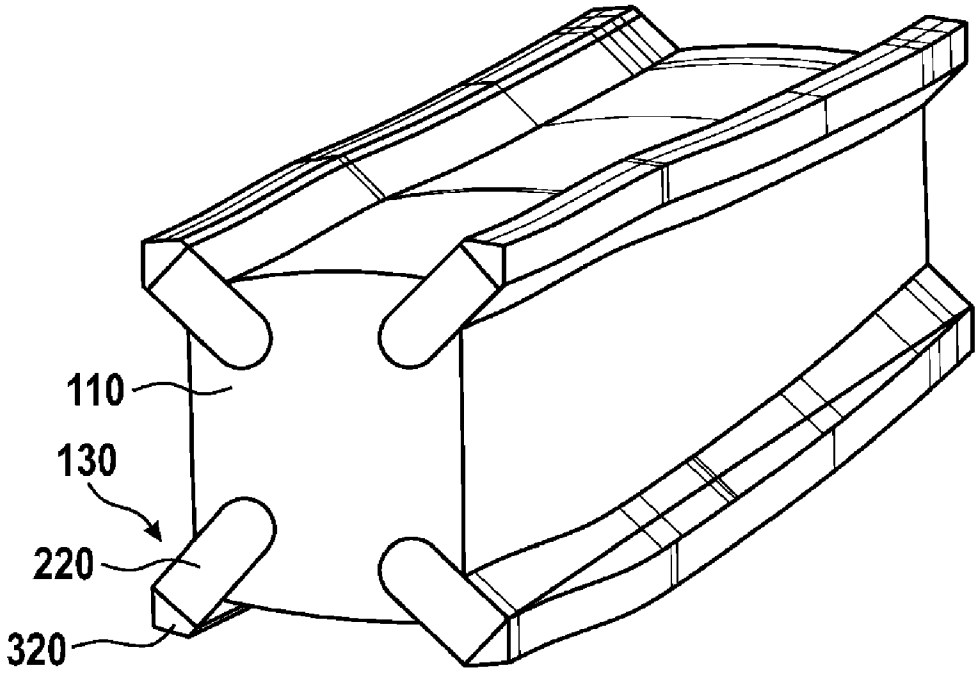


Fig. 6

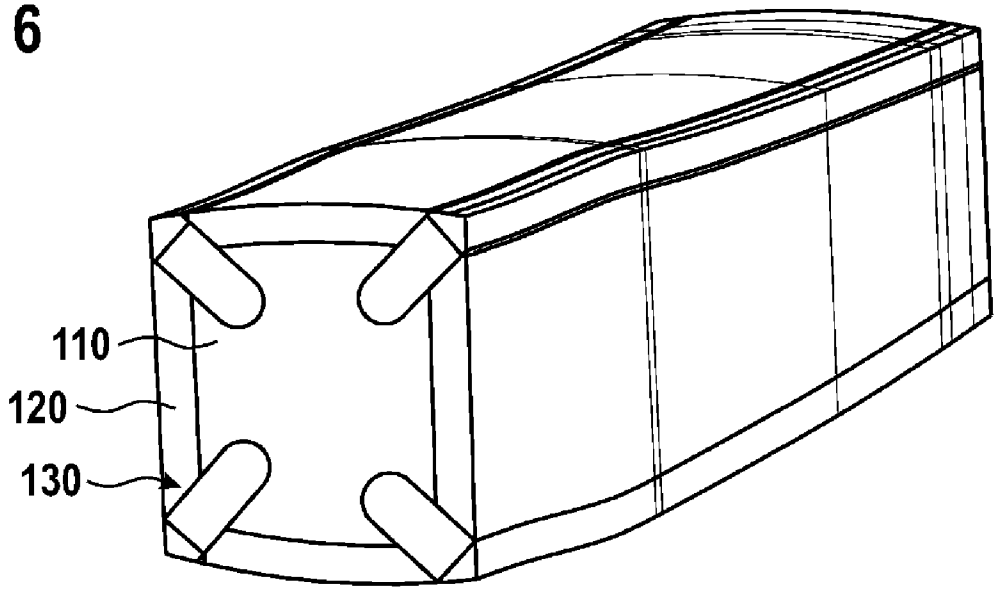


Fig. 7

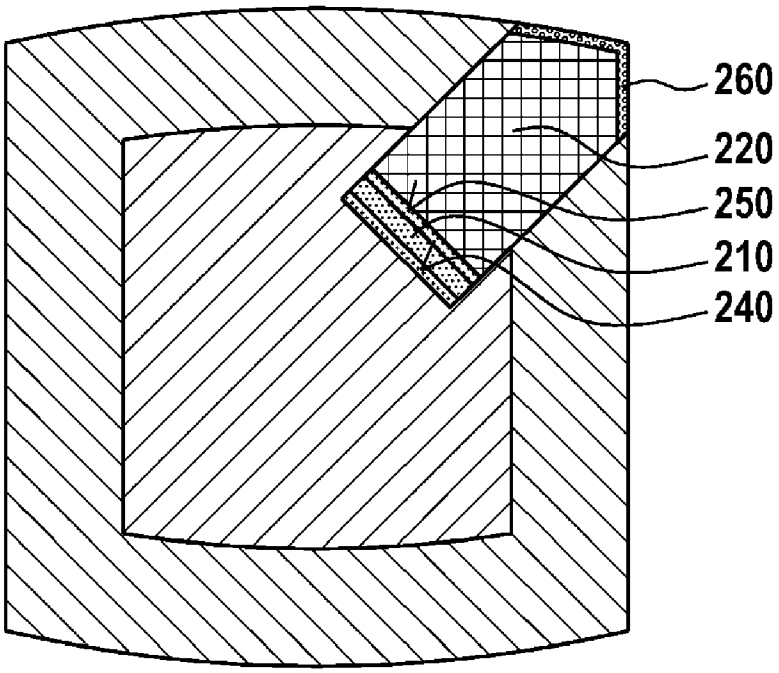


Fig. 8

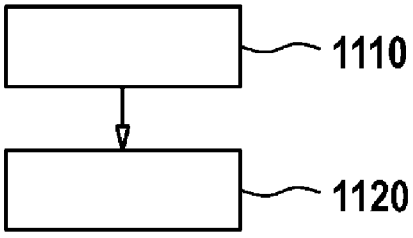


Fig. 9

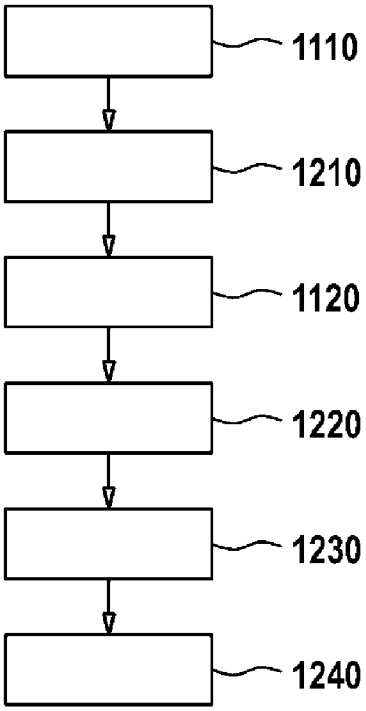


Fig. 10

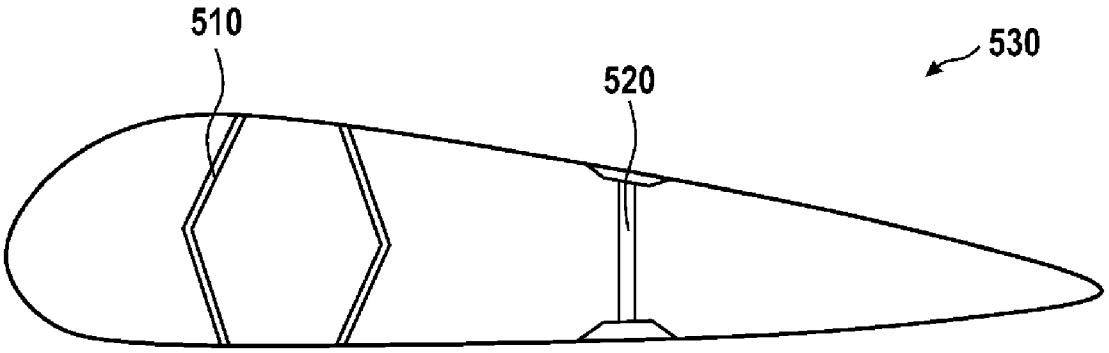


Fig. 11

