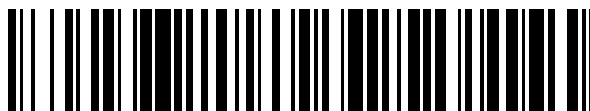


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 544**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/44** (2006.01)

**B29C 70/54** (2006.01)

**B29L 31/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.07.2013 PCT/EP2013/064122**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.01.2014 WO14006131**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2013 E 13733002 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017 EP 2877337**

54 Título: **Método y sistema de moldeo para fabricar un objeto de polímero reforzado con fibra a través de un sistema de retroalimentación para controlar el índice de fluidez de la resina**

30 Prioridad:

**05.07.2012 EP 12175080**

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

**23.10.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HANSEN, POUL ERIK y  
TUMMALA, HARSHA**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 638 544 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 sistema de moldeo para fabricar un objeto de polímero reforzado con fibra a través de un sistema de retroalimentación para controlar el índice de fluidez de la resina.

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método para fabricar un objeto de polímero reforzado con fibra por medio de moldeo de transferencia de resina asistida por vacío (VARTM), en el que el material de fibra se impregna con resina líquida en una cavidad de molde que comprende una parte de molde rígida que tiene una superficie de molde que define una superficie externa del objeto. La invención se refiere adicionalmente con un sistema de moldeo que comprende: una parte de molde rígida que tiene una superficie de molde que define una superficie externa de un  
10 objeto de polímero reforzado con fibra moldeado en dicho sistema, una bolsa de vacío para sellar contra la parte de molde rígida con el fin de formar una cavidad de molde, una fuente de vacío se conecta a la cavidad de molde con el fin de evacuar la cavidad del molde, una de la mayoría de entradas de resina se conecta a la cavidad de molde, y una unidad de suministro de polímero se conecta a las entradas de resina y se adapta para suministrar resina a las entradas de resina.

15 Técnica antecedente

La invención se refiere en particular a un método y sistema de moldeo para fabricar partes de cubiertas de pala de una pala de turbina eólica, ventajosamente las palas tienen una curvatura predoblada. Dichas palas se ensamblan normalmente a partir de mitades de cubiertas de pala. Una de las mitades de la cubierta forma el lado de presión de la pala y la otra mitad de la cubierta forma el lado de succión. El lado de presión de la pala también se denomina el  
20 lado de barlovento, ya que enfrenta al viento durante la operación de la turbina eólica. El lado de succión de la pala también se denomina el lado de sotavento, ya que se orienta lejos del viento durante la operación de la turbina eólica.

Por pala predoblada se entiende una pala que cuando se observa desde la región de raíz hacia la región de punta en una distancia desde la región de raíz se extiende hacia adelante hacia el viento en una forma curva hacia delante de tal manera que la punta de la pala se posiciona en el frente de la línea central de la región de raíz. Un ejemplo de una  
25 pala de turbina eólica predoblada se divulga en el documento EP 1019631B1.

Las palas de turbina eólicas fabricadas de un material compuesto, tal como resina reforzada con fibra, son flexibles y cuando se someten a una ráfaga se puede doblar hasta aproximadamente 6-8 m o más en la punta dependiendo de la longitud de la misma.

30 Las palas predobladas pueden tener dicha curvatura que la punta está dispuesta 0.5-4 m o más desde la línea central de la raíz dependiendo de la longitud de la pala.

Como las palas de las turbinas eólicas han llegado a ser progresivamente más grandes con en el curso del tiempo y hoy pueden tener más de 70 m de largo, ha llegado a ser crecientemente atractivo utilizar palas predobladas para turbinas eólicas, ya que permiten colocar el rotor de la turbina eólica cerca de la torre de la turbina eólica, aunque evita de esta manera que la pala colisione con la torre cuando se somete a una ráfaga.

35 Cuando se fabrican las mitades de cubierta de pala el molde se dispone en general se tal manera que la línea que correspondiente a la línea central de la región de raíz de la pala esté substancialmente horizontal. Frecuentemente la línea central corresponde a un eje de paso de la pala.

40 Sin embargo, cuando se fabrican las mitades de cubierta para palas predobladas, especialmente palas predobladas que disponen la punta aproximadamente 1 m o más en frente de la línea central de la región de raíz, la relación de fibra/resina tiende a ser mayor en las áreas posicionadas más altas de la superficie del molde que en las áreas posicionadas más bajas de la superficie del molde como se ve en la dirección longitudinal del molde. Este es especialmente el caso en una zona que se extiende longitudinalmente ubicada en el área más baja del molde como se observa en la dirección transversal del mismo. En una zona por encima de una pluralidad de capas de fibra se coloca frecuentemente en la parte superior de cada una con el fin de formar una estructura que soporta carga de la  
45 mitad de la cubierta de la pala que comprende un número sustancialmente mayor de capas de fibra que las áreas lateralmente adyacentes de tendido de fibra.

De esta manera, debido a la gravedad que actúa sobre la resina, también se tiende a formar una alta relación de fibra/resina en las zonas más altas posicionadas del molde y se tiende a formar una muy baja relación de fibra/resina en las áreas posicionadas más bajas del molde como se observa en la dirección longitudinal del mismo.

50 Una muy alta relación de fibra/resina tiene una influencia negativa sobre la resistencia a la fatiga de un material compuesto que comprende resina reforzada con fibra. Esto es especialmente un problema cuando se moldea la mitad

de la cubierta de barlovento, ya que el área posicionada más alta de la superficie del molde está en la porción media de la cubierta de mitad cuando se observa en la dirección longitudinal y la parte media de la pala se somete a altas cargas durante la operación de la turbina eólica.

5 El documento EP 2 404 743 del presente solicitante divulga un método para aliviar el problema anterior al dividir la infusión de resina en áreas separadas con el fin de minimizar el efecto de la gravedad que actúa sobre la resina con el efecto que la relación de fibra/resina de pueda controlar en forma más precisa de la cubierta de pala de turbina eólica terminada en áreas separadas. Sin embargo, incluso en esta configuración de fabricación, se ha probado que es difícil controlar la relación de fibra/resina de las áreas separadas de la cubierta de pala de turbina eólica en un alto grado.

10 El documento GB 2 403 927 A divulga un método y aparato para moldear artículos de material compuesto. El método y el aparato comprenden el uso de una capa, que define una cavidad del molde. Se conecta un sensor de presión a la capa con el fin de generar una señal indicadora de presión en la cavidad. Una unidad de control controla la inyección de resina en la cavidad y puede cortar el suministro de resina, si la presión detectada llega a ser muy alta.

15 El documento US 2007/145622 A1 describe un sistema y método para infusión mejorada de una preforma que contiene fibra utilizando infusión. El sistema comprende una parte base de molde adaptada para soportar la preforma y una parte de presión de molde adaptada para superponerse a la parte base del molde en relación sellable para definir una cámara de molde que contiene la preforma. Se une uno o más sensores a la parte base del molde y/o a la parte de cierre del molde para monitorizar las características de flujo de la resina dentro de la cámara de molde. Se conectan operativamente unos medios de control sensibles a los medios de detección a una bomba de resina y a una bomba de vacío para variar cualquiera o ambos del índice de fluidez volumétrico de la resina y el nivel de vacío dentro de la cámara de molde para controlar la infusión de la preforma.

20

#### Descripción de la invención

Por lo tanto, es un objeto de la invención obtener un nuevo método de fabricación y sistema de moldeo, que supere o alivie por lo menos una de las desventajas de la técnica anterior o que proporcione una alternativa útil.

25 De acuerdo con un primer aspecto, el objeto se obtiene mediante un método del tipo mencionado anteriormente que comprende las siguientes etapas

a) disponer un tendido de fibras que incluye una serie de capas de fibra sobre la superficie del molde,

b) disponer por lo menos una entrada de resina por encima del tendido de fibra,

c) unir uno o más sensores de presión a o cerca de por lo menos una entrada de resina,

30 d) disponer una bolsa de vacío en la parte superior de la parte del molde rígido y sellar la bolsa de vacío en la parte de molde para definir una cavidad de molde,

e) evacuar la cavidad del molde,

f) suministrar resina líquida a la cavidad del molde con el fin de impregnar el tendido de fibra,

35 g) monitorizar continuamente una señal desde uno o más sensor de presión, es decir, monitorizar la presión y generar una señal indicadora de dicha presión medida,

h) alimentar dicha señal de nuevo a una unidad de control que controla un índice de fluidez de resina suministrado a las entradas de resina,

40 i) aumentar el índice de fluidez de resina, si la presión medida por los sensores de presión en la entrada de resina cae por debajo de un nivel umbral inferior, y reducir el índice de fluidez de resina, si la presión medida por los sensores de presión en la entrada de resina está por encima de un mayor umbral de presión, y

j) permitir que la resina cure con el fin de formar el objeto de polímero reforzado con fibra.

45 De acuerdo con lo anterior, se observa que la presión se monitoriza continuamente en las entradas de resina. De esta manera, si la presión en la entrada de la resina cae por debajo del umbral de presión más bajo, que normalmente conduciría a un laminado delgado, una muy alta relación de fibra/resina y posiblemente vidrio seco o bolsillos de aire, se incrementa el índice de fluidez de la resina. Por el contrario, se reduce el índice de fluidez de la resina, si la presión en la entrada de la resina está por encima del mayor umbral de presión, que normalmente conduciría a arrugas o

- 5 grupos de resina y a una muy baja relación de fibra/resina para liberar la pretensión de las capas de fibra. De esta manera, es posible controlar en un alto grado la relación de fibra/resina del objeto de polímero reforzado con fibra y reducir la formación de arrugas y bolsillos de aire en el objeto para evitar su entrada. Adicionalmente, la monitorización continua y el control de la presión de resina hacen posible acomodarse por el hecho de que la presión en las entradas de resina puede cambiar con el tiempo ya que la resina se inyecta y propaga a través de la cavidad del molde. Al disponer de sensores de presión en o cercanos a las entradas de la resina, se asegura que la presión se monitorice continuamente cerca al frente de flujo, asegurando por lo tanto que el frente de la resina no distorsiona las fibras. Por lo tanto, se obtiene una alta calidad de infusión y a su vez una alta calidad de estructura de material compuesto.
- 10 La entrada de resina puede comprender un canal de entrada de resina o canal de carga y opcionalmente un puerto o caja de entrada. De acuerdo con lo anterior, el sensor de presión puede por ejemplo ser conectado directamente al canal de entrada de resina o al puerto o caja de entrada.
- 15 La resina se puede suministrar opcionalmente al tendido de fibras a través de capas de distribución dispuestas entre el tendido de fibras y las entradas de resina. Las entradas de resina pueden comprender canales de resina, que a menudo se extienden frecuentemente en la dirección longitudinal del molde y opcionalmente en la caja de entrada. Los canales de resina se denominan, a continuación, en ocasiones como canales de carga. Los dos términos se pueden utilizar intercambiamente. El sensor de presión se puede unir a los canales de resina de la caja de entrada.
- 20 De acuerdo con una realización ventajosa, la cavidad del molde se divide en segmentos separados, en el que se llevan a cabo las etapas f)-i) por separado para cada segmento y en el que la presión de entrada de resina se monitoriza para cada segmento. Por lo tanto, se puede monitorizar por separado la presión para cada segmento, que es particularmente ventajoso, si el molde, fibra tendida, y las entradas de resina comprenden variaciones locales en altura. Tanto las capas de distribución como las entradas de resina pueden ser segmentadas.
- 25 De acuerdo con otra realización ventajosa, la cavidad del molde se divide en segmentos separados, en el que se controla el índice de fluidez por separado para cada segmento. Por lo tanto, se puede controlar la relación de fibra/resina en un mayor grado para cada segmento asegurando por lo tanto en forma más precisa que la relación fibra/resina para todas las partes se mantiene dentro de las tolerancias deseadas. Esto es particularmente importante, cuando se fabrican objetos curvos y cuando el molde tiene una diferencia significativa en altura entre las diversas partes del molde.
- 30 De acuerdo aún con otra realización ventajosa, se conecta un único sensor de presión a una primera entrada de resina de un primer segmento y una segunda entrada de resina de un segundo segmento, y en el que en la etapa g) se monitoriza una presión máxima de la primera entrada de resina y la segunda entrada y la retroalimentación al controlador en la etapa h). Por lo tanto, Se pueden monitorizar dos o más segmentos y controlar a través del uso de un único sensor de presión, simplificando por lo tanto la configuración de retroalimentación y reduciendo costes generales. Por lo menos un sensor se puede disponer ventajosamente en un punto más bajo con el fin de medir la presión máxima del segmento particular.
- 35 En la práctica, la etapa h) se puede llevar a cabo al controlar el índice de fluidez de la resina mezclada en las entradas de resina. Esto se puede controlar mediante una máquina de infusión, y la resina mezclada puede comprender una resina y un agente de endurecimiento.
- 40 De acuerdo con una primera realización ventajosa, la resina se suministra directamente en un segmento, es decir, directamente en una entrada de resina del segmento particular. De acuerdo con una segunda realización ventajosa, la resina se suministra a un segmento indirectamente a través de otro segmento. Esto puede por ejemplo ser llevado a cabo mediante segmentación de las entradas de resina y opcionalmente las capas de distribución y la conexión de la entrada segmentada a través de circuitos, por ejemplo, controlado a través de medios de válvula.
- 45 Adicionalmente, se puede utilizar el sensor de presión para medir el nivel de vacío en la cavidad del molde durante la evacuación. De acuerdo con lo anterior, la invención también contempla una realización, en la que después de etapa e) se mide un nivel de presión dentro de la cavidad del molde durante un periodo predeterminado de tiempo antes de llevar a cabo la etapa f). Al monitorizar el nivel de presión para el periodo de tiempo predeterminado, se puede asegurar que no existe escape en la cavidad del molde. El nivel de presión se puede medir a través de los mismos transductores de presión, en razón a que no existe comunicación con la cavidad del molde. Por lo tanto, también es posible monitorizar cada segmento por separado, por lo tanto, son capaces de ubicar más rápidamente una fuga potencial.
- 50 Adicionalmente, el nivel de presión medida debe ser igual en todos los segmentos después de evacuación. De acuerdo con lo anterior, monitorizar los niveles de presión antes de inyectar la resina en la cavidad del molde se puede utilizar para identificar un sensor de presión que falla o se conecta erróneamente, si un sensor proporciona una salida diferente de las otras.

- De acuerdo aún con otra realización ventajosa, el objeto de polímero reforzado con fibra es una parte de cubierta de pala y la parte forma u tendido de fibra de una estructura que soporta carga integrada en la parte de cubierta de pala. De esta manera, se observa que el tendido de fibra puede formar el laminado principal de la parte de cubierta de pala. La parte de cubierta de pala puede por ejemplo formar el lado de presión o el lado de succión de la pala. La parte de cubierta de pala puede formar una mitad de cubierta de pala de una pala de turbina eólica predoblada que comprende dos mitades de cubierta de pala que se interconectan junto con un borde de ataque y un borde de salida, dicha pala tiene una región de raíz, una región aerodinámica con una región de punta, opcionalmente una región de transición entre la región de raíz y la región aerodinámica. El sensor de presión se puede disponer por encima de la inserción de fibra formando el laminado principal con el fin de detectar la presión suministrada a la inserción de fibra.
- 5
- 10 Como se mencionó anteriormente, el método puede incluir la etapa de colocar una capa de distribución sobre el tendido de fibra, por ejemplo, entre las etapas a) y b). El término capa de distribución se tiene que entender como una capa que permite una mayor velocidad de flujo de resina de lo permitido por la capa de fibras.
- La posible segmentación se puede llevar a cabo al proporcionar por lo menos un área de segmentación en la capa de distribución al dividir la capa de distribución en por lo menos dos segmentos de capa de distribución como se observa en una dirección longitudinal de la parte de molde rígido al proporcionar por lo menos una barrera de flujo que se extiende transversalmente en la capa de distribución que evita o restringe el flujo de resina longitudinal a través de la capa de distribución como se explica en el documento EP 2 404 743. La etapa b) puede incluir colocar por lo menos un canal de carga que se extiende longitudinalmente por encima de la capa de distribución, dicho primer canal de carga se abre hacia la capa de distribución con el fin de proporcionar comunicación de resina entre ellos, dicho primer canal de carga se extiende preferiblemente sustancialmente desde la región raíz hasta la región de punta y se divide en por lo menos dos secciones de canal de carga separados, una sección de canal de carga se dispone en cada segmento de capa de distribución.
- 15
- 20
- El tendido de fibra puede comprender capas de fibra en forma de esterillas unidireccionales, esterillas tejidas, esterillas no tejidas, etcétera, y una combinación de las mismas, y las esterillas de fibra pueden contener fibra de vidrio, fibra de carbono, fibra de aramida, fibras de acero, fibras naturales, etcétera, y una combinación de las mismas. La resina puede ser una resina de poliéster, una resina de viniléster, una resina epoxi o cualquier otra resina de termoendurecido o polímero o puede ser una resina o polímero termoplástico.
- 25
- El área de segmentación que proporciona por lo menos una barrera de flujo que se extiende transversalmente en la capa de distribución evita un flujo de resina muy rápido a través de la capa de distribución en la dirección longitudinal del molde, y evita especialmente o restringe el flujo de resina longitudinal entre dos segmentos de capa de distribución formados por la barrera de flujo, con lo cual se obtiene una relación de fibra/resina deseada en el tendido de fibra por debajo de las dos capas de distribución.
- 30
- Adicionalmente, al dividir el primer canal de carga en secciones de canal de carga que corresponden sustancialmente a los segmentos de capa de distribución es posible controlar el suministro de resina a los segmentos de capa de distribución y por lo tanto al tendido por debajo del mismo con el fin de obtener la relación de fibra/resina deseada en el tendido de fibra.
- 35
- Un medio de liberación y posteriormente un recubrimiento de gel se pueden aplicar a la superficie del molde de la etapa a).
- 40
- El recubrimiento de gel permite el desmoldeo fácil de la mitad de la cubierta después de curado de la resina y el recubrimiento de gel define la superficie externa de la mitad de cubierta de la pala terminada.
- Adicionalmente, una capa de rasgado, preferiblemente en la forma de una capa de película de polímero perforada, se puede colocar sobre la fibra tendida, es decir entre la fibra tendida y la capa de distribución o entre la fibra tendida y las entradas de resina. En razón a que la resina curada que permanece en el primer canal de carga, en cualquier canal de carga adicional, y en la capa de distribución no contribuye esencialmente a la resistencia de la mitad de cubierta de pala, se prefiere retirar los canales de carga y la capa de distribución que incluyen la resina curada allí desde la mitad de cubierta de la pala moldeada. El uso de una capa de rasgado facilita el retiro del primer canal de carga, cualesquier canales de carga adicionales, la capa de distribución y el resto de la resina en estas partes. Adicionalmente, el retiro de los canales de carga y la capa de distribución reduce el peso de la mitad de cubierta de pala sin reducir esencialmente la resistencia de la misma.
- 45
- 50 El primer canal de carga y cualesquiera canales de carga adicionales se pueden formar de un tubo con un perfil omega. Esta cavidad de molde se puede evacuar por medio de uno o más canales de vacío, proporcionados ventajosamente junto con el aro del molde.
- De acuerdo con una realización de la invención, se puede dividir el primer canal de carga en tres secciones de canal de carga y la capa de distribución se divide en tres segmentos de capa de distribución.

- 5 Las realizaciones de segmentación han probado ser particularmente ventajosas cuando se moldean mitades de cubierta de pala de barlovento, en el que la diferencia de altura entre el punto más alto y el más bajo de la superficie del molde excede 1 m. Sin embargo, cabe anotar que el primer canal de carga se puede dividir en más de tres secciones de canal de carga y la capa de distribución se puede dividir en más de tres segmentos de capa de distribución.
- De acuerdo con una realización adicional de la invención, la barrera de flujo que se extiende transversalmente se puede proporcionar al omitir la capa de distribución en una parte que se extiende transversalmente de la misma. La parte que se extiende transversalmente en la que se omite la capa de distribución puede tener un ancho de 5-100 cm, opcionalmente de 15-80 cm y opcionalmente de 25-50 cm.
- 10 De acuerdo con una realización adicional de la invención, transversalmente se puede proporcionar una barrera de flujo que se extiende al aplicar una sustancia formable, tal como una denominada cinta pegajosa, a la capa de distribución en una parte de la misma que se extiende transversalmente. En la práctica, se han obtenido excelentes resultados por medio de esta realización.
- 15 De acuerdo con una realización de la invención se puede dividir el primer canal de carga en secciones adyacentes a o en el área de segmentación en la que se divide la capa de distribución en segmentos de capa de distribución. De acuerdo con la invención, el primer canal de carga se puede dividir en secciones de canal de carga y la capa de distribución se puede dividir en segmentos de capa de distribución de tal manera que la diferencia de altura entre el nivel más alto y el más bajo de la superficie del molde es casi 1.6 m, opcionalmente 1.4 m, opcionalmente de 1.2 m, opcionalmente 1.0 m y opcionalmente 0.8 m.
- 20 Las pruebas han mostrado que con el fin de obtener la relación de fibra/resina deseada especialmente en el área más alta de posición de secciones adyacentes, es ventajoso proporcionar una segmentación del primer canal de carga y la capa de distribución de tal manera que la anterior diferencia en altura no es muy grande, es decir, por debajo de 1.2 m. Sin embargo, en determinados casos se puede aplicar una diferencia de altura de más de 1.2 m.
- 25 La resina puede ser suministrada a la entrada de las secciones de canal de carga respectivas a través de conductos de suministro desde fuentes de resinas separadas, cada uno de dichos conductos de suministro está provisto con medios de válvula para detener el flujo de resina. Opcionalmente, la resina se puede suministrar a la entrada de las secciones de canal de carga respectivas a través de conductos de suministro desde una fuente de resina común, cada uno de los conductos de suministro se proporciona con unos medios de la válvula para detener el flujo de resina.
- 30 Adicionalmente, de acuerdo con las secciones adyacentes longitudinales de la invención del primer canal de carga se puede interconectar mediante un conducto de conexión proporcionado con unos medios de válvula entre extremos adyacentes de las secciones de canal de carga adyacente para permitir una interrupción del flujo de resina entre dichas secciones de canal de carga adyacentes, el canal de carga se proporciona preferiblemente con una única entrada. Como resultado, se proporciona una única disposición para cargar resina a las diversas secciones de canal de carga permitiendo controlar el suministro de resina a las secciones de canal de carga en las cantidades deseadas y en el punto de tiempo deseado al abrir y cerrar los medios de válvula.
- 35 De acuerdo con una realización adicional de la invención, por lo menos un canal adicional de carga que se extiende esencialmente longitudinalmente se puede disponer por encima de la capa de distribución de fibra en cualquier lado de y separado lateralmente del primer canal de carga que se extiende longitudinalmente, dichos canales de carga adicionales son preferiblemente canales de carga continua, es decir, no se dividen en secciones, y preferiblemente no se proporciona la barrera de flujo que se extiende transversalmente en la capa de distribución por debajo de dicho canal de carga adicional. Al proporcionar los canales de carga adicionales, se obtiene una impregnación de resina más rápida y más confiable de las áreas de tendido de fibra separadas lateralmente del área de tendido de fibra por debajo del primer canal de carga en comparación con la situación, en el que no se proporcionan dichos canales de carga adicionales.
- 40 De acuerdo con una realización de la invención, se coloca una pluralidad de capas de fibra en la parte superior de cada una en una zona que se extiende longitudinalmente del molde, dicha pluralidad de capas de fibra forman una estructura que soporta carga de la mitad de cubierta de pala, dicha estructura comprende un número sustancialmente alto de capas de fibra que son áreas lateralmente adyacentes de la fibra tendida y en el que se dispone por lo menos un primer canal de carga en dicha zona que forma la estructura que soporta carga. Como resultado, se forma una mitad de cubierta de pala proporcionada con una estructura que soporta carga que se extiende en la dirección longitudinal de la mitad de cubierta de pala y como se observa en la dirección transversal que se extiende en un área de la porción posicionada más baja del molde. De esta manera, la zona por encima se extiende en el área posicionada más baja de la mitad de cubierta de pala. Dicha mitad de cubierta de pala se utiliza frecuentemente en la producción de las palas de turbinas eólicas.
- 45
- 50

- Preferiblemente, la barrera de flujo que se extiende transversalmente solo se proporciona en la zona anterior que forma la estructura que soporta carga y se puede extender sobre una parte de o sobre el ancho completo de dicha zona. Sin embargo, se prefiere que la barrera de flujo se extienda sobre esencialmente el ancho completo de dicha zona. La zona que forma la estructura que soporta carga puede tener un espesor de 10-100 mm, opcionalmente de 20-80 mm, opcionalmente de 30-50 mm, y un ancho de 30-200 cm, opcionalmente de 40-150 cm y opcionalmente de 50-120 cm. El ancho de la zona que forma la estructura que soporta carga se puede reducir desde la región raíz hasta la región de punta. El espesor de la zona que forma la estructura que soporta carga se puede reducir desde la región raíz hacia la región de punta. La zona que forma la estructura que soporta carga se puede extender desde la región raíz hasta la región de punta.
- 5 De acuerdo con una realización adicional de la invención, el suministro de resina a secciones adyacentes del primer canal de carga se puede controlar de tal manera que el suministro de resina a la sección tenga el punto de posicionamiento más bajo se detenga antes de detener el suministro de resina a la sección que tiene el punto de posicionado más alto.
- 10 Preferiblemente, se suministra resina a diferentes secciones de canales del primer canal de carga simultáneamente con o después que se suministra la resina a la sección de canal de carga que tiene un mayor punto posicionado que una sección de canal adyacente. Después que se ha detenido el suministro de resina a las secciones de canal adicionales, se suministra resina al tendido de fibra dispuesto en el área posicionada más alta, con lo cual se obtiene la relación de fibra/resina deseada en el área posicionada más alta del tendido de fibra. Se debe tener en cuenta a este respecto que la barrera de flujo que se extiende transversalmente entre dos segmentos de capa de distribución adyacente evita o restringe el flujo de resina entre ellos desde el segmento de capa de distribución posicionado más alto hasta el segmento de capa de distribución más bajo.
- 15 20 De acuerdo con una realización de la invención, el suministro de resina a las secciones de canal de carga que tienen el punto posicionado más alto del primer canal de carga pueden continuar después que el suministro de resina a cualquiera otra de las primeras secciones de canal de carga se ha detenido y preferiblemente también después que el suministro de resina se ha detenido a cualesquiera canales de carga adicionales, el suministro de resina a la sección de canal de carga tiene el punto posicionado más alto que se continua hasta que se completa el suministro de resina a la cavidad del molde.
- 25 De acuerdo con una realización de la invención, la entrada de resina al primer canal de carga se puede disponer entre 25-60% de la longitud de la mitad de la cubierta de pala desde el extremo de la región de raíz, opcionalmente en 25-55% de la misma y opcionalmente en 30-50% de la misma. Tanto cuando se moldea la mitad de la cubierta de barlovento como la mitad de la cubierta de sotavento, se ha probado ser ventajoso proporcionar la entrada al primer canal de carga en el área por encima de la mitad de la cubierta de pala, es decir el molde. Sin embargo, una disposición de la entrada de resina al primer canal de carga en el área por encima de la mitad de la cubierta de pala ha probado ser particularmente ventajosa cuando se moldea la mitad de la cubierta de pala de barlovento.
- 30 De acuerdo con una realización adicional de la invención, la entrada de la resina en el primer canal de carga se puede disponer en o adyacente al punto más alto de la misma. Esta realización ha probado ser particularmente ventajosa cuando se moldea la mitad de la cubierta de pala de barlovento. Adicionalmente, ha probado ser ventajoso proporcionar la entrada de la resina a cualesquiera canales de carga adicionales separados lateralmente desde el primer canal de carga en o adyacente al punto más alto de la misma. De acuerdo con una realización de la invención, el primer canal de carga se puede disponer en un área de la parte más baja del tendido de fibra como se observa en la dirección transversal del molde.
- 35 40 Preferiblemente, la parte de molde para moldear la mitad de la cubierta de barlovento se puede disponer de tal manera que una línea de la parte de molde que corresponde a la línea central de la región raíz de la pala se dispone para inclinarse ligeramente hacia arriba con relación a la horizontal desde la región raíz hacia la región de punta, reduciendo por lo tanto la diferencia de altura entre la porción más baja de la superficie del molde y la región de raíz y la región de punta. A este respecto la parte más baja de la superficie del molde en la región de raíz y la región de punta se puede disponer desde aproximadamente el mismo nivel. Dicha disposición es particularmente ventajosa cuando se moldea la mitad de cubierta de barlovento, ya que la diferencia de altura entre la parte más baja de la superficie de molde y la parte más alta de la superficie molde se minimizan.
- 45 Adicionalmente, la parte de molde para moldear mitad de cubierta de sotavento se puede disponer de tal manera que una línea de la parte de molde que corresponde a la línea central de la región de raíz de la pala se dispone para inclinarse ligeramente hacia abajo con relación a la horizontal desde una región de raíz hacia la región de punta, reduciendo por lo tanto la diferencia de altura entre la porción más baja de la superficie del molde en la región de raíz y en la región de punta. Adicionalmente, la parte de molde para moldear la mitad de cubierta de barlovento y sotavento, respectivamente, se puede disponer de tal manera que la línea que corresponde a la línea central de la región de raíz de la pala se inclina hacia arriba y hacia abajo en el mismo grado. Por lo tanto, se facilita una posterior etapa de cierre, en el que las mitades de cubierta se unen mientras se retienen sus partes del molde respectivas.
- 50 55

5 La pala de la turbina eólica predoblada y por lo tanto la mitad de la cubierta de pala tienen una longitud de más de 30 m, opcionalmente de más de 40 m, opcionalmente de más de 50 m y opcionalmente de más de 60 m. La pala y por lo tanto la mitad de la cubierta se pueden predoblar en tal medida que la punta de la pala y por lo tanto la punta de la mitad de la cubierta se disponen más de 0.5 m, alternativamente más de 1 m, alternativamente más de 2 m, alternativamente más de 3 m y alternativamente más de 4 m desde la línea central de la raíz.

10 De acuerdo con segundo aspecto, el objeto se obtiene mediante un sistema de moldeo del tipo mencionado anteriormente, en el que el sistema comprende adicionalmente: uno o más sensores de presión conectados a las entradas de resina, los sensores de presión se adaptan para medir una presión en las entradas de resina y generan una señal indicadora de la presión medida, y una unidad de control para controlar la unidad de suministro de polímero, en dicha señal y se adaptada para ajustar un índice de fluidez de resina, si la presión medida por los sensores de presión está por debajo de un nivel umbral inferior o por encima de un umbral superior.

15 De acuerdo con lo anterior, se observa que la invención proporciona un VARTM en función del sistema de moldeo que es particularmente adecuado para llevar a cabo el método de fabricación de acuerdo con la invención. Los sensores de presión detectan la presión de la resina en las entradas de resina y retroalimentan una señal a una unidad de control que controla la unidad de suministro de polímero o la máquina de infusión, asegurando por lo tanto que la presión de resina se mantiene dentro de las tolerancias deseadas, evitando por lo tanto una relación de fibra/resina muy alta, laminado delgado, y posiblemente un vidrio seco o bolsillos de aire debido a una presión de resina muy baja, y evitando arrugas o grupos de resina y una relación de fibra/resina muy baja debido a la liberación de la pretensión de las capas de fibra, cuando la presión de la resina se hace muy alta.

20 De acuerdo con una primera realización ventajosa, la entrada de resina comprende un canal de entrada de resina o canal de carga y opcionalmente una caja de entrada o puerto.

25 Se puede conectar una parte de conexión a o integrar en el canal de entrada de resina o la caja de entrada, de tal manera que se puede conectar el sensor de presión a la parte de conexión. Esto por ejemplo se puede llevar a cabo a través de una conexión roscada. Sin embargo, también puede ser suficiente conectar el sensor de presión a la vía de entrada a través de una manguera o tubo que suministra resina al sensor de presión desde la entrada de resina, monitorizando por lo tanto el nivel de presión en la entrada de resina directamente.

30 El sensor de presión se puede conectar ventajosamente a la parte de conexión a través de un buje sellado que tiene una junta tórica que evita que la resina fluya dentro de las roscas de la conexión roscada. El sensor de presión puede ser ventajosamente un transductor de presión de diafragma, ventajosamente un transductor de presión diferencial. El sensor de presión puede tener un extremo abierto, que evitará que la resina se endurezca en el sensor de presión, en el cual el sensor de otra forma solo se puede utilizar una sola vez.

También es posible utilizar un sensor de presión que mide la presión absoluta. En la práctica, sin embargo, esto frecuentemente necesitará utilizar dos sensores separados.

35 Como se indicó anteriormente, el sensor de presión comprende un tubo que se puede conectar directamente en una cavidad del molde o la entrada de resina. El sensor de presión puede comprender un tubo que se puede conectar a la cavidad del molde a través de una manguera.

En una realización, se forma una cámara o espacio pequeño en la parte frontal de un diafragma del sensor de presión. De nuevo, esta configuración favorece el uso de un sensor de presión de extremo abierto con el fin de evitar que la resina se endurezca.

40 El diafragma del sensor de presión se puede ubicar ventajosamente con un agente de liberación con el fin de asegurar que la resina se retire del diafragma o la manguera.

45 Como se explicó anteriormente para las reivindicaciones del método, el sistema puede comprender una pluralidad de sensores. Los sensores se pueden disponer con el fin de detectar la presión de la resina de diferentes segmentos de la cavidad de molde. Adicionalmente, la unidad de suministro de resina puede comprender canales de carga separados con el fin de suministrar resina a entradas de resina separadas. Cada entrada de resina o segmento de entrada de resina se puede proporcionar con uno o más sensores de presión. Cada entrada de resina o segmento de entrada de resina se le puede asignar a un segmento individual de la cavidad del molde.

Breve descripción de los dibujos

La invención se explica en detalles adelante con referencia a una realización mostrada en los dibujos en los que



La figura 1 es una vista esquemática de una turbina eólica proporcionada con tres palas predobladas, por lo menos una de estas palas tiene una mitad de cubierta de pala que se produce de acuerdo con el método de acuerdo con la invención;

La figura 2 es una vista esquemática lateral de una de las palas mostradas en la figura 1;

- 5 La figura 3 es una vista seccional, longitudinal, esquemática de una parte de molde rígido para formar el lado de presión, es decir el lado de barlovento de la mitad de la cubierta de pala;

La figura 4 es una vista superior esquemática de la parte de molde mostrada en la figura 3, el ancho de dicha parte de molde es alargada para de ilustración;

La figura 5 es una vista superior esquemática del área del círculo A en la figura 4;

- 10 La figura 6 es una vista superior esquemática del área del círculo B en la figura 4;

La figura 7 es una vista de sección transversal esquemática a lo largo de las líneas VII en la figura 4,

Las figuras 8a y 8b ilustran niveles de resina en una cavidad de molde segmentada y no segmentada, respectivamente,

La figura 9 muestra una primera realización del circuito de retroalimentación de acuerdo con la invención,

La figura 10 muestra una segunda realización de acuerdo con la invención,

- 15 La figura 11 muestra una caja de entrada de resina y un sensor de presión conectado a la caja de entrada de resina,

La figura 12 muestra una realización, en el que la resina se suministra directamente en cada segmento,

La figura 13 muestra una realización, en el que la resina se suministra en segmentos a través de segmentos intermedios,

- 20 La figura 14 muestra una realización, en el que el sensor de presión individual detecta la presión de resina en una pluralidad de segmentos separados, y

La figura 15a y 15b muestra una sección transversal de una parte de un sensor de presión y una vista en despiece del sensor de presión, respectivamente.

#### Descripción detallada de la invención

- 25 La turbina eólica de barlovento mostrada esquemáticamente en la figura 1 comprende una torre 1, una góndola 2 dispuesta en forma giratoria en la parte superior de la torre 1, un eje 3 principal que se extiende esencialmente horizontalmente desde la góndola 2 y que se proporciona con un cubo 4 que tiene tres palas 5 que se extienden radialmente. Cada pala comprende una región 6 de raíz, una región 7 aerodinámica con una región 8 de punta, una región 9 de transición entre la región 6 de raíz y la región 7 aerodinámica y una línea de centro P que se define por la línea central de la región de raíz con forma normalmente cilíndrica. Este eje frecuentemente corresponde a un eje de paso de la pala. La región 8 de punta de la región 7 aerodinámica termina en una punta 10. Las diferentes regiones de las palas también se muestran en la figura 2.
- 30

- La pala 5 es una pala predoblada que se extiende hacia adelante contra el viento en una forma curva hacia adelante, con el fin de colocar la punta 10 a una distancia  $a$  en frente del centro P como se observa en la dirección del viento W. La pala 5 comprende dos mitades 11, 12 de cubierta de pala que se conectan a lo largo de un borde de ataque y un borde de salida de la pala. La mitad 11 de la cubierta de pala forma un lado de presión, también denominado lado de barlovento, de la pala, ya que enfrenta al viento durante el funcionamiento de la turbina eólica. La mitad 12 de cubierta de pala forma el lado de succión, también denominado lado de sotavento, de la pala, ya que está lejos del viento durante la operación de la turbina eólica.
- 35

- La figura 8a muestra el problema de infundir resina en cavidades de molde con diferencias de altura y en el que el material de fibra se ha dispuesto previamente. El suministro de resina forma un depósito y debido a las diferencias de altura en las cavidades del molde, el nivel de la resina tendrá una primera altura  $h_1$  en una primera parte del molde, y una segunda altura  $h_2$  en una segunda parte del molde. El nivel de resina o presión se establece por lo tanto como una compensación para acomodar las diferencias de altura. De esta manera, debido a la gravedad que actúa sobre la resina, una alta relación de fibra/resina se tiende a formar en las áreas posicionadas más altas del molde, y una relación de fibra/resina muy baja tiende a formarse en las áreas posicionadas más bajas del molde como se observa
- 40
- 45

en la dirección longitudinal de la misma. Al segmentar la cavidad del molde en cavidades separadas como se muestra en la figura 8b, es posible controlar individualmente el nivel de resina o presión de resina en cavidades separadas de tal manera que el nivel de resina en la primera parte del molde se puede establecer en  $h_1'$ , y el nivel de la resina en la segunda parte del molde se puede establecer como  $h_2'$ , asegurando por lo tanto que la fibra/resina se mantenga cerca a lo óptimo para la estructura terminada completa.

En lo siguiente y con referencia a las figuras 3-7, se describirá cómo la segmentación de las áreas de infusión y la cavidad del molde se pueden utilizar para minimizar el efecto de la gravedad que actúa sobre la resina cuando se moldean mitades de cubierta de pala de turbina eólica curvadas hacia adelante. La realización descrita se refiere a la producción de una mitad 11 de cubierta de pala que forma un lado de barlovento de la pala 5.

Para fabricar la mitad 11 de cubierta de pala, se proporciona una parte 13 de molde rígido, dicha parte 13 de molde tiene una superficie 14 de molde que forma la superficie externa de mitad de cubierta, es decir, el lado de presión de la pala. La parte 13 de molde se proporciona con un aro 15 superior, claramente observado en la figura 7. Como aparece más claramente de la figura 3, el molde para moldear la mitad 11 de cubierta de barlovento se dispone con el fin de que la línea de la parte de molde que corresponde a la línea P central de la región de raíz de la pala se dispone para inclinarse ligeramente hacia arriba con relación a la horizontal desde la región de raíz hacia la región de punta. En la presente realización la porción más baja de la superficie de molde en la región de raíz y en la región de punta se dispone al mismo nivel, como se muestra en la figura 3. Como resultado, se minimiza la diferencia de altura entre el punto más alto y el más bajo de la parte más baja de la superficie del molde cuando se observa en la dirección longitudinal.

Un tendido 16 que comprende una serie de capas de fibra se coloca sobre la superficie 14 del molde. En la realización mostrada el tendido 16 de fibra comprende las primeras capas 17 de fibra dispuestas directamente sobre la superficie del molde. Sobre las primeras capas de fibra se coloca un gran número de capas de fibra en una zona que se extiende longitudinalmente del molde con el fin de proporcionar una estructura 18 que soporta carga de la mitad de cubierta de pala.

Como se observa en la dirección transversal del molde la zona que forma la estructura 18 que soporta carga se proporciona en el área más baja de la superficie de molde. En la dirección longitudinal la zona que comprende un gran número de capas de fibra se extiende esencialmente desde la región de raíz hasta la región de punta, como se muestra en líneas punteadas en la figura 4. Adicionalmente se dispone una pluralidad de capas de fibra sobre las primeras capas 17 de fibras inferiores en una región que corresponde a la región del borde de ataque y el borde de salida, respectivamente, de la mitad de cubierta de pala para proporcionar un refuerzo 20 de fibra de borde de ataque y un refuerzo 19 de fibra de borde de salida. Un primer material 21 de núcleo se dispone entre la estructura 18 que soporta carga y el refuerzo 19 de fibra de borde de salida y un segundo material 22 de núcleo se dispone entre la estructura 18 que soporta carga y el refuerzo 20 de fibra de borde de salida. El material núcleo puede ser una espuma de polímero dura o madera de balso. El tendido 16 de fibra se completa al disponer las segundas capas 23 de fibra en la parte superior de la estructura 18 que soporta carga, el refuerzo 19 de fibra de borde de ataque, el refuerzo 20 de fibra de borde de salida, el primer material 21 de núcleo y el segundo material 22 de núcleo.

A continuación, se dispone una capa 24 de distribución sobre las segundas capas 23 de fibra. La capa de distribución se divide en tres segmentos 24A, 24B, 24C de capa de distribución al proporcionar dos barreras 25, 26 de flujo en la capa 24 de distribución en áreas de la misma mismos por encima de la estructura 18 que soporta carga. Las barreras 25, 26 de flujo tienen un alcance transversal de tal manera que se proporcionan sólo en el área de la capa de distribución por encima de la estructura 18 que soporta carga y no en el área adyacente del tendido 16. En la actual realización las barreras 25, 26 de flujo se forman mediante una sustancia formable, tal como una denominada cinta pegajosa, y restringe el flujo de resina longitudinal entre los segmentos de capa de distribución.

Como se mostró especialmente en la figura 3, las barreras 25, 26 de flujo se disponen en donde la diferencia de altura entre el punto más alto y el punto más bajo de la superficie 14 de molde está dentro de un rango determinado, tal como por debajo de 1 m. Un primer canal de carga que se extiende longitudinalmente (o entrada de resina) 27 se dispone sobre la parte superior de la distribución 24. El canal 27 de carga se forma como un tubo con un perfil omega que se abre hacia la capa 24 de distribución, como se muestra en la figura 7.

El primer canal 27 de carga se extiende desde la región raíz hasta la región de punta, como se muestra en la figura 4. Se divide en tres secciones 28, 29, 30 de canal de carga que se disponen en segmentos de capa de distribución respectivos. Las secciones longitudinalmente adyacentes del primer canal 27 de carga se interconectan por medio de una línea 31, 32, de conexión para proporcionar comunicación de resina entre secciones de canal de carga adyacentes. Una válvula 33, 34 se dispone en cada línea 31, 32 de conexión para permitir una interrupción del flujo de resina entre las secciones dl canal de carga adyacentes. Las líneas 31, 32 de conexión proporcionadas con la válvula 33, 34, respectivamente, aparecen más claramente en las figuras 4-6.

Finalmente, se debe entender que una caja 35 de entrada para el primer canal de carga se proporciona en la sección de canal de carga y preferiblemente en o en el área más alta de la misma que también es el área más alta de la superficie de molde como se observa en la dirección longitudinal de la misma.

5 Adicionalmente, los canales 36-42 de carga que se extienden substancialmente longitudinalmente adicionales se disponen por encima de la capa 24 de distribución de fibra en cualquier lado de y separados lateralmente del primer canal 27 de carga que se extiende longitudinalmente. Como se observa en la figura 4, los canales de carga adicionales son canales de carga continuo, es decir, no se dividen en secciones, y las barreras 25, 26 de flujo que se extienden transversalmente no se proporcionan en la capa de distribución por debajo de los canales de carga adicionales. Adicionalmente, los canales 36-42 de carga adicionales se colocan lateralmente por fuera de la estructura 18 que  
10 soporta carga. Las cajas 46-52 de entrada a los canales de carga adicionales se disponen en línea con la caja 35 de entrada para el primer canal de carga como se observa en la dirección transversal del molde.

Una bolsa 43 de vacío se dispone en la parte superior de la capa 24 de distribución y los canales de carga y se sella al aro 15 de la parte de molde para formar una cavidad 44 de molde entre la bolsa 43 de vacío y la superficie 14 de molde de la parte 13 de molde. La cavidad de molde se evacúa luego y se suministra la resina a la cavidad del molde.

15 Se suministra resina a la cavidad del molde a través de las cajas 35 de entrada hasta la sección 29 media del primer canal 27 de carga y a través de las cajas 46-52 de entrada hasta los canales 36-42 de carga adicionales. Primero, se suministra resina al primer canal 27 de carga, las válvulas 33, 34 en las líneas 31, 32 de conexión se abren de tal manera que todas las tres secciones 28, 29, 30 del primer canal 27 de carga se suministran con resina.

20 Cuando el frente de flujo de resina hacia el borde de ataque ha pasado el canal 38 de carga, se suministra resina hacia el canal 38 de carga a través de la caja 48 de entrada. De manera correspondiente, se suministra resina al canal 39 de carga a través de la caja 49 de entrada cuando el flujo de resina delantero hacia el borde de ataque ha pasado el canal 39 de carga.

Luego, la válvula 33, 34 se cierra para detener el suministro de resina hacia las secciones 28, 30 del primer canal 27 de carga. La resina suministrada a la sección 29 posicionada más alta de la del primer canal 27 de carga se continúa.  
25 La resina se suministra luego en secuencia al canal 40 de carga, el canal 37 de carga, el canal 41 de carga, el canal 36 de carga, y el canal 42 de carga a través de las cajas 50, 47, 51, 46, 52 de entrada respectivas. Durante el suministro de resina secuencial para los anteriores canales de carga, se detiene el suministro de resina a los canales 39, 38, 40, 37, 41, 36, 42 de carga en unos puntos predeterminados en el momento con el fin de obtener la impregnación deseada del tendido. Después que se ha detenido el suministro de resina a todos los canales de carga adicionales el suministro de resina a la entrada 35 al primer canal 27 de carga continúa hasta que se ha obtenido la relación de fibra/resina deseada en el tendido de fibra, especialmente en la zona de tendido de fibra que forma la estructura 18 que soporta  
30 carga.

La disposición de las barreras 25, 26 de flujo restringe o evita el flujo de resina a través de la capa de distribución desde el segmento 24B de capa de distribución hasta los segmentos 24A y 24C de capa de distribución que se  
35 posicionan en un nivel más bajo que el segmento 24B de capa de distribución durante el suministro continuo de resina a la sección 27 de canal que se posiciona por encima del segmento 24B de capa de distribución. Como resultado, se evita un exceso de resina en el tendido por debajo de los segmentos 24A y 24B de capa de distribución.

Un exceso de resina en dichos segmentos 24A y 24B de capa de distribución se evita adicionalmente al desconectar el suministro de resina a las secciones 27, 29 de canal de carga dispuestos por encima de estos segmentos 24A y  
40 24B de capa de distribución.

Cuando el suministro de resina se completa, se permite curar la resina y la mitad de cubierta de pala terminada que forma el lado de barlovento de la pala se conecta a una mitad de cubierta de pala terminada que forma el lado de sotavento de la pala, formando por lo tanto una pala de turbina eólica.

45 Sin embargo, incluso en la configuración de fabricación descrita con referencia a las figuras 3-7, se ha probado la dificultad de controlar la relación de fibra/resina de las áreas separadas de la cubierta de pala de turbina eólica en un alto grado. Por lo tanto, de acuerdo con la invención, el nivel de presión de cada segmento se controla a través de un circuito de retroalimentación, que se describe en lo siguiente.

La figura 9 muestra una primera realización que utiliza el circuito de retroalimentación de acuerdo con la invención. Se  
50 suministra resina desde una unidad 64 de suministro de resina o polímero a través de una línea 65 de suministro de resina hasta la caja 35 de entrada, que a su vez distribuye la resina a primeras entradas 27, 27' de entrada de resina. Un sensor 60 de presión conectado a la caja 35 de entrada y detecta la presión de la resina suministrada a las primeras entradas 27, 27' de resina. El sensor 60 de presión genera una señal indicadora de la presión de resina y envía esta señal a una unidad 62 de control, que se adapta para controlar la unidad 64 de suministro de polímero basado en la señal recibida del sensor de presión y para aumentar o reducir el índice de fluidez, si la presión medida por los sensores

de presión está por debajo o es inferior al nivel umbral o por arriba o superior al nivel umbral, respectivamente. Por supuesto el sistema también comprende una fuente de vacío (no mostrada) conectada a la cavidad de molde y adaptada para evacuar y extraer la resina en la cavidad del molde.

5 La figura 10 muestra una parte de una segunda realización que utiliza un circuito de retroalimentación de acuerdo con la invención. La segunda realización difiere de la primera realización en que el sensor 60 de presión se conecta directamente a la primera entrada 27 de resina, opcionalmente a través de una manguera (no mostrada).

La figura 11 muestra un corte de la caja 35 de entrada con un sensor de presión conectado directamente a la caja 35 de entrada, que proporciona una forma simple de implementar el sensor de presión.

10 La resina se puede cargar en cada segmento a través de líneas de suministro separadas como se ilustra en la figura 12. En dicha una realización cada segmento se proporciona con un sensor de presión y un circuito de retroalimentación para controlar la presión de la resina suministrada a los segmentos. En una realización alterna mostrada en la figura 13, se suministra resina a por lo menos algunos de los segmentos a través de segmentos intermedios. Se conecta una línea de suministro de resina al segmento intermedio y luego se suministra la resina a otros segmentos al abrir una válvula 34. Por el contrario, el suministro de resina al segmento final también se puede cortar al cerrar la válvula, de manera similar a las realizaciones descritas con referencia a las figuras 3-7.

20 En una configuración ventajosa mostrada en la figura 14, es posible utilizar un único sensor 60 de presión solo para medir la presión de una pluralidad de segmentos. De esta manera, diversos segmentos comprenden cada una salidas 67, 68, 69 que conduce la resina a un sensor 60 de presión. De esta manera, el sensor 60 de presión mide la presión máxima de los diversos segmentos. Esta configuración es ventajosamente particular para la configuración que utiliza suministro de resina indirecto como se muestra en la figura 13. La configuración hace posible utilizar un número reducido de sensores de presión y aún ser capaz de controlar la presión de la resina en cada segmento mediante el circuito de retroalimentación de acuerdo con la invención.

25 Las figuras 15a y 15b muestran una sección transversal de una parte del sensor 60 de presión y una vista en despiece del sensor de presión, respectivamente. El sensor 60 de presión es un transductor de presión de diafragma diferencial. Se conecta un tubo o tapa 80 a un cuerpo 90 de sensor de presión a través de una conexión 86 roscada. La tapa 80 se sella contra el cuerpo 90 de sensor de presión mediante el uso de una junta tórica 82 y forma una cámara 88 en la parte frontal de un diafragma 88 del sensor de presión. La tapa 80 tiene una abertura por la cual se puede cargar la cámara 88, y se puede medir por lo tanto la presión en el diafragma 84, por ejemplo, al probar la deflexión del diafragma.

30 Finalmente, se debe tener en cuenta que la invención también se refiere a una pala de turbina eólica que tiene por lo menos una pala con por lo menos una mitad de cubierta que se produce de acuerdo con el método de acuerdo con la invención y una turbina eólica que se proporciona con dicha pala.

35 La invención se ha descrito con referencia a realizaciones ventajosas. Sin embargo, el alcance de la invención no se limita a la realización descrita y se pueden llevar a cabo las alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de la invención. El circuito de retroalimentación puede por ejemplo también ser utilizado para cavidades de molde no segmentadas.

Lista de numerales de referencia

- 1: torre
- 2: góndola
- 40 3: eje principal
- 4: cubo
- 5: palas
- 6: región de raíz
- 7: región aerodinámica
- 45 8: región de punta
- 9: región de transición

- 10: punta
- 11,12: mitades de cubierta de pala
- 13: parte del molde
- 14: superficie de molde
- 5 15: aro superior
- 16: tendido de fibra
- 17: primeras capas de fibra
- 18: estructura que soporta carga
- 19: refuerzo de fibra de borde de ataque
- 10 20: refuerzo de fibra de borde de salida
- 21: primer material de núcleo
- 22: segundo material de núcleo
- 23: segundas capas de fibras
- 24: capa de distribución
- 15 24A: segmento de capa de distribución
- 24B: segmento de capa de distribución
- 24C: segmento de capa de distribución
- 25,26: barreras de flujo
- 27, 27': primer canal de carga/primer entrada de resina
- 20 28-30: sección de canal de carga/sección de entrada de resina
- 31, 32: conducto de conexión
- 33, 34: válvula
- 35: caja de entrada
- 36-42: canal de carga adicional
- 25 43: bolsa de vacío
- 44: cavidad de molde
- 45: borde de ataque
- 46-52: caja de entrada
- 53: borde de salida
- 30 60: transductor de presión
- 62: unidad de control

64: unidad de carga de suministro de resina/polímero

65: conducto de suministro de resina

66: conector/boquilla de suministro de resina/polímero

67-69: salidas

5 80: tubo/tapa

82: junta tórica

84: diafragma

86: conexión roscada

88: cámara

10 90: cuerpo del sensor de presión

a: distancia

P: conducto central

W: dirección del viento

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método para fabricar un objeto de polímero reforzado con fibra por medio de un moldeo de transferencia de resina asistida por vacío (VARTM), en el que el material de fibra se impregna con resina líquida en una cavidad de molde que comprende una parte (13) de molde rígida que tiene una superficie (14) de molde que define una superficie externa del objeto, dicho método comprende las siguientes etapas:
- a) disponer un tendido (16) de fibra que incluye una serie de capas de fibra de la superficie de molde,
  - b) disponer por lo menos una entrada (27; 27') de resina por encima del tendido (16) de fibra,
  - c) unir uno o más sensores (60) de presión a o cerca de por lo menos una entrada (27, 27') de resina,
  - 10 d) disponer una bolsa (43) de vacío en la parte superior de la parte (13) de molde rígida y sellar la bolsa (43) de vacío a la parte (13) de molde para definir la cavidad del molde,
  - e) evacuar la cavidad del molde,
  - f) suministrar resina líquida a la cavidad de molde de tal manera que impregne el tendido (16) de fibra,
  - g) monitorizar la presión y generar un indicador de señal de dicha presión,
  - 15 h) cargar dicha señal de nuevo a una unidad (62) de control que controla el índice de fluidez de resina suministrada a las entradas (27; 27') de resina,
  - i) aumentar un índice de fluidez de resina, si la presión medida por los sensores (60) de presión en la entrada (27; 27') de resina cae por debajo de un nivel umbral inferior y reducir el índice de fluidez de resina, si la presión medida por los sensores (60) de presión en la entrada (27; 27') de resina está por encima de un umbral de presión mayor, y
  - j) permitir que la resina cure con el fin de formar el objeto de polímero reforzado con fibra.
- 20 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la cavidad del molde se divide en segmentos separados, en el que las etapas f)-i) se llevan a cabo por separado para cada segmento y en el que la presión de entrada de resina se monitoriza para cada segmento.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la cavidad del molde se divide en segmentos separados, en el que el índice de fluidez de resina se controla por separado para cada segmento.
- 25 4. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, en el que se conecta un único sensor de presión a una primera entrada de resina de un primer segmento y una segunda entrada de resina de un segundo segmento resina y en el que en la etapa g) una presión máxima de la primera entrada de resina y la segunda entrada se monitoriza y se retroalimenta al controlador en la etapa h).
- 30 5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que la resina se suministra directamente dentro de un segmento, alternativamente la resina se suministra a un segmento indirectamente a través de otro segmento.
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el objeto de polímero reforzado con fibra es una parte de cubierta de pala y el tendido de fibra hace parte de una estructura que lleva carga integrado en la parte de cubierta de pala.
- 35 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la parte de cubierta de pala forma una mitad de cubierta de pala de una pala de turbina eólica predoblada que comprende dos mitades de cubierta de pala que se interconectan junto a un borde de ataque y un borde de salida, dicha pala tiene una región de la raíz, una región aerodinámica con una región de punta, opcionalmente una región de transición entre la región de raíz y la región aerodinámica.
8. Un sistema de moldeo que comprende:
- 40 -una parte (13) de molde rígida que tiene una superficie (14) de molde que define una superficie externa de un objeto de polímero reforzado con fibra moldeado en dicho sistema,
  - una bolsa (43) de vacío para sellar contra la parte (13) de molde rígida con el fin de formar una cavidad de molde,

-una fuente de vacío conectada a la cavidad de molde con el fin de evacuar la cavidad de molde,

-una o más entradas (27, 27', 36-42, 46-52) de resina conectadas a la cavidad de molde, y

-una unidad (64) de suministro de polímero conectada a las entradas de resina y adaptadas para suministrar resina a las entradas de resina, en el que el sistema comprende adicionalmente:

5 -uno o más sensores (60) de presión conectados a las entradas de resina, los sensores (60) de presión se adaptan para medir una presión en las entradas de resina y generar una señal indicadora de la presión medida, y

10 -una unidad (62) de control para controlar la unidad (64) de suministro de polímero basada en dicha señal y adaptada para aumentar un índice de fluidez de resina, si la presión medida por los sensores (60) de presión en la entrada de resina cae por debajo de un nivel umbral inferior, y reducir el índice de fluidez de resina, si la presión medida por los sensores (60) de presión en la entrada de resina está por encima de un umbral de presión mayor.

9. Un sistema de moldeo de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la entrada de resina comprende un canal (27, 27', 36-42) de entrada de resina y opcionalmente una caja de entrada o puerto (46-52).

15 10. Un sistema de moldeo de acuerdo con la reivindicación 9, en el que se conecta una parte de conexión o se integra en el canal de entrada de resina o la caja de entrada, y en el que el sensor de presión se conecta a la parte de conexión, ventajosamente a través de una conexión roscada.

11. Un sistema de moldeo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que el sensor de presión se conecta a una parte (80) de conexión a través de un buje sellado que tiene una junta tórica que evita que la resina (82) fluya dentro de las roscas de la conexión roscada.

20 12. Un sistema de moldeo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en el que el sensor de presión es un transductor de presión de diafragma, ventajosamente un transductor de presión diferencial.

13. Un sistema de moldeo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en el que el sensor de presión comprende un tubo o tapa (80) que se puede conectar directamente en la cavidad del molde o la entrada de la resina.

25 14. Un sistema de moldeo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-13, en el que el sensor (60) de presión comprende un tubo o tapa (80) que se puede conectar a la cavidad del molde o a la entrada de resina a través de una manguera.

15. Un sistema de moldeo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-14, en el que un diafragma (84) del sensor (60) de presión está recubierto con un agente de liberación.



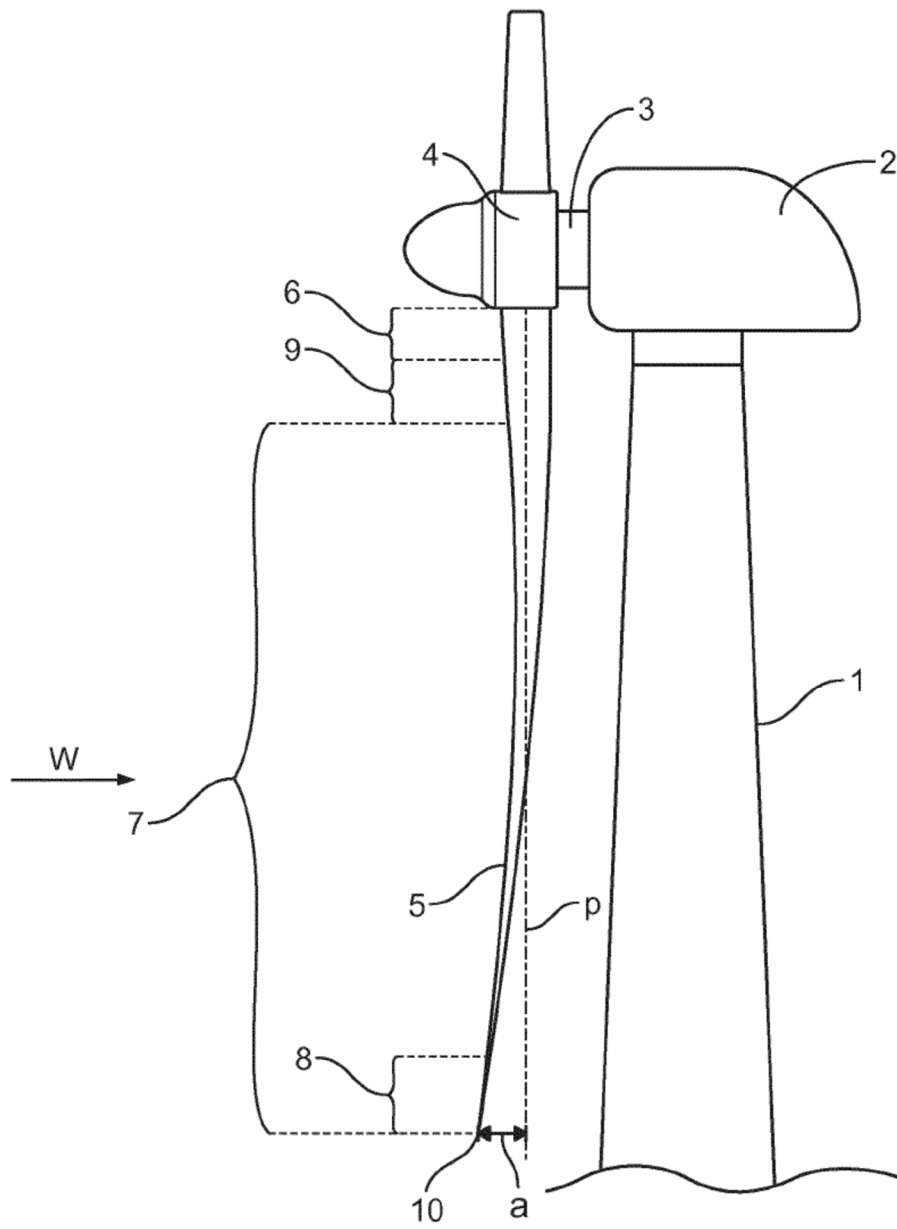


FIG. 1

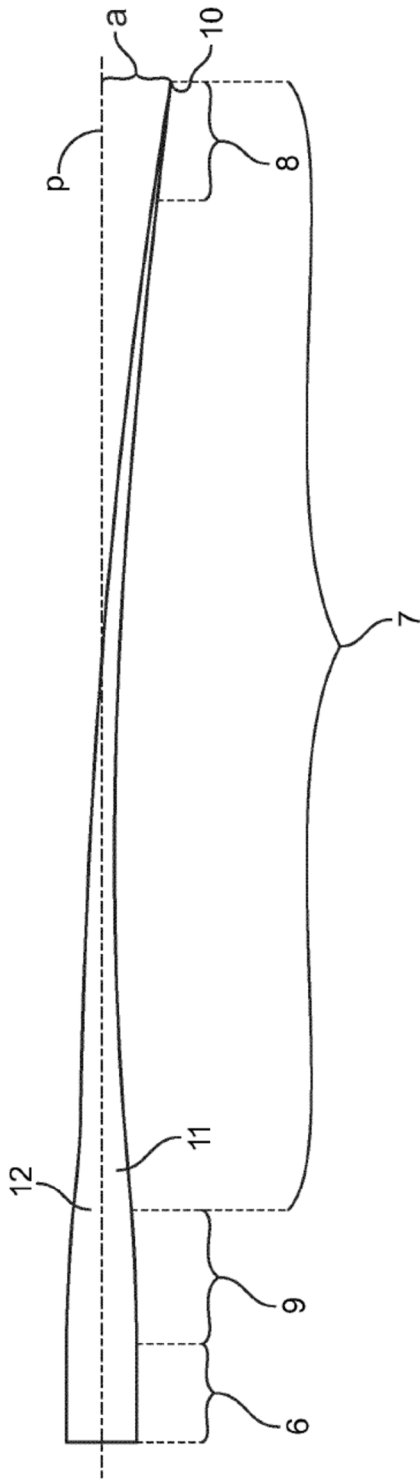


FIG. 2

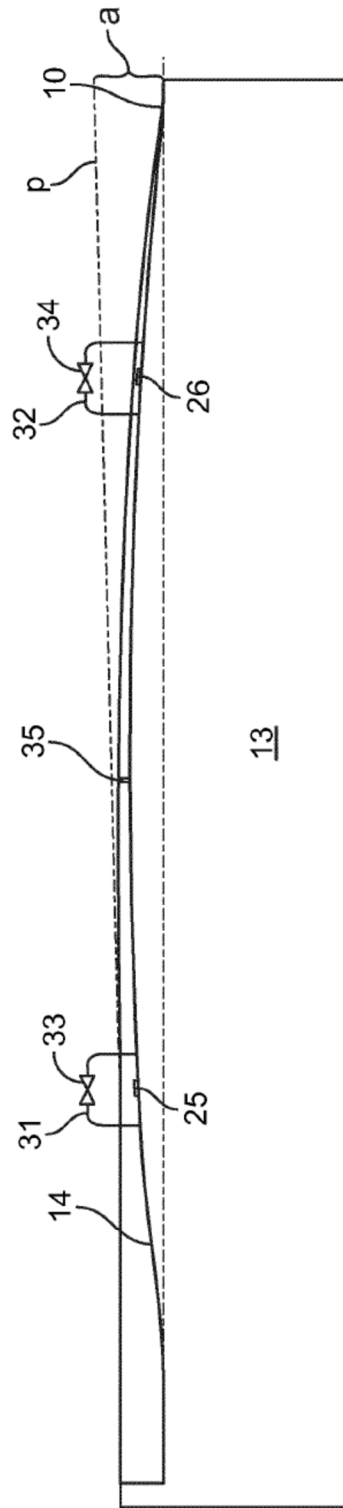


FIG. 3

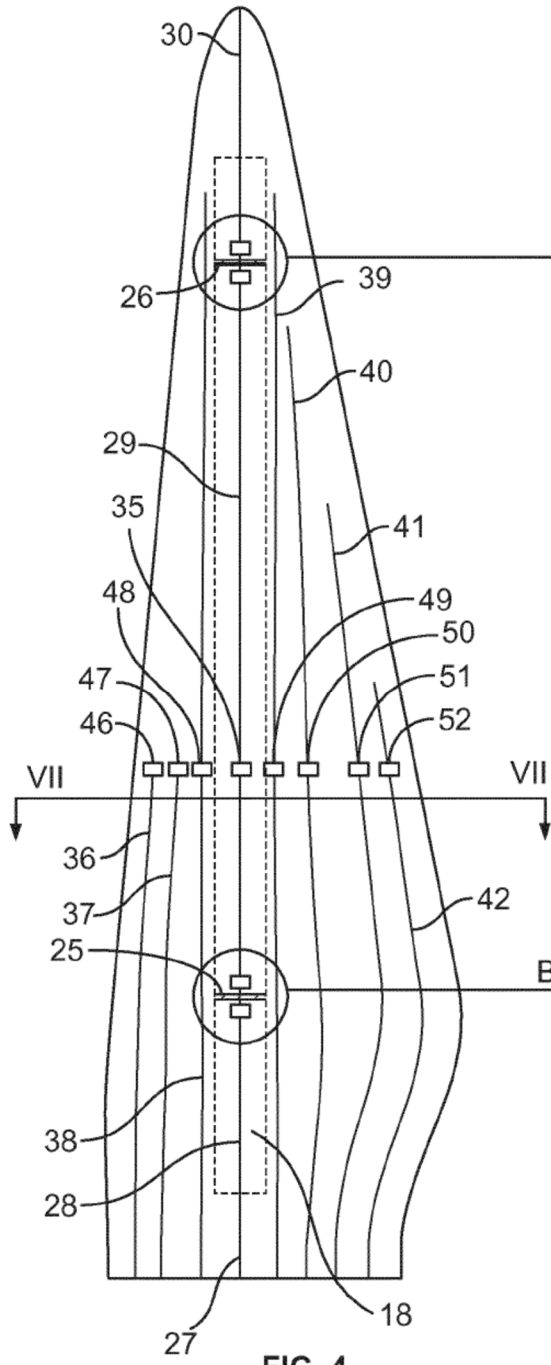


FIG. 4

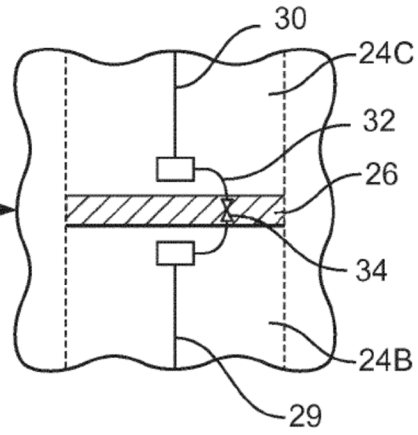


FIG. 5

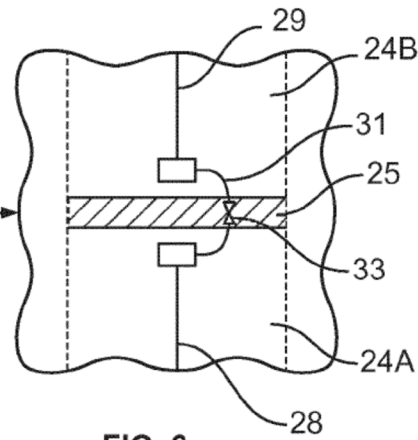
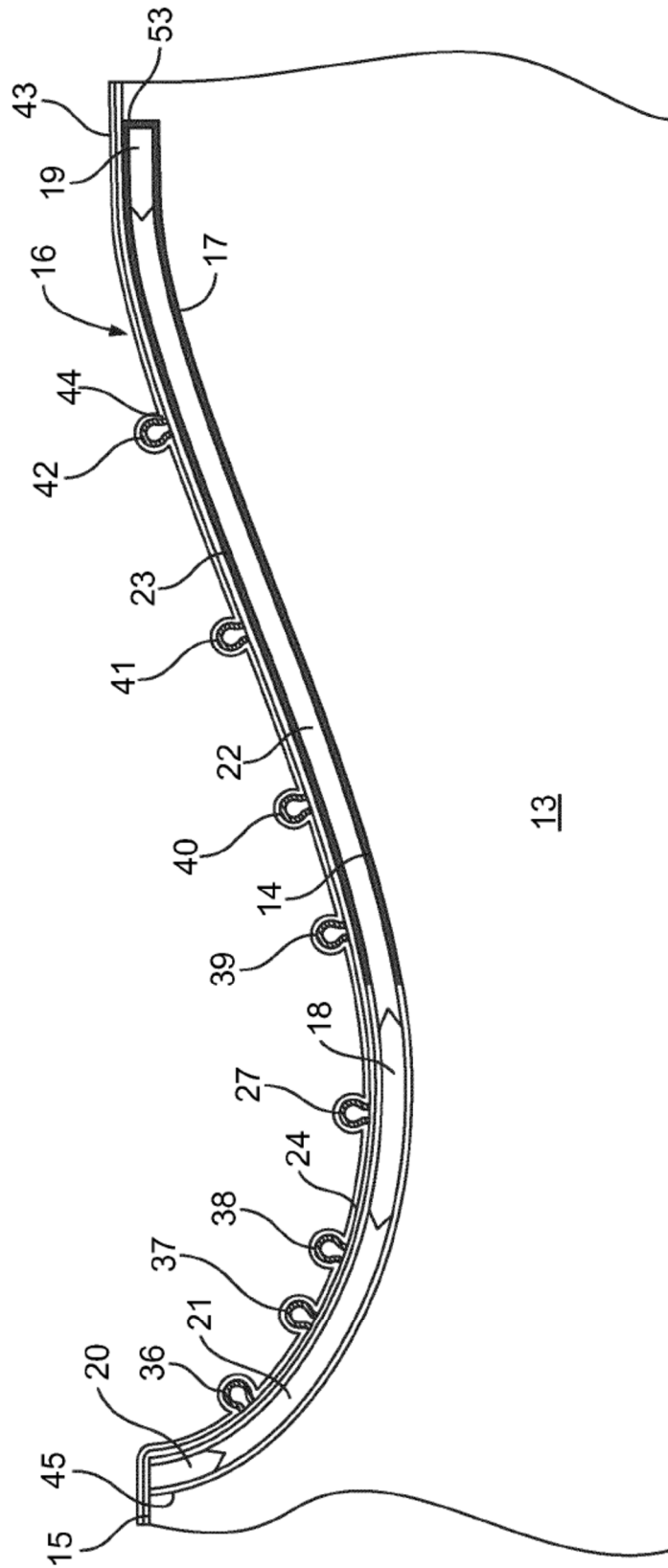
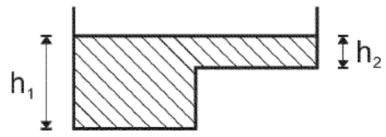


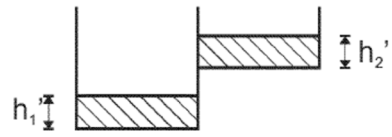
FIG. 6



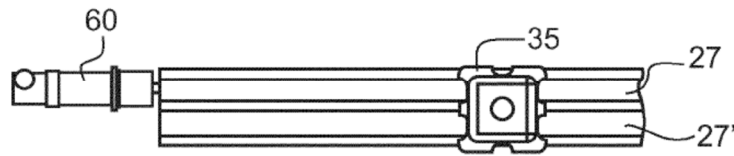
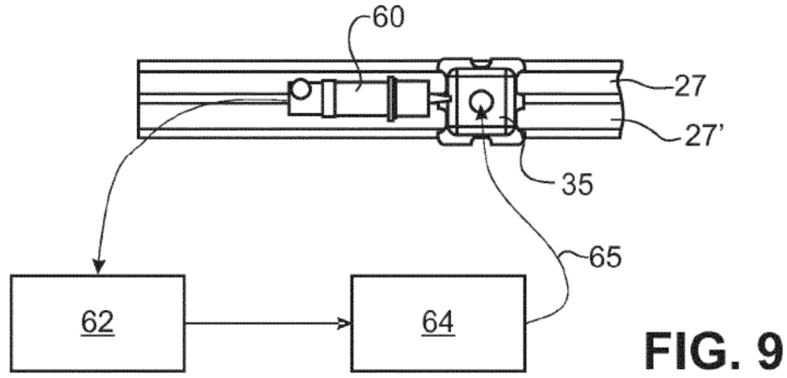
**FIG. 7**



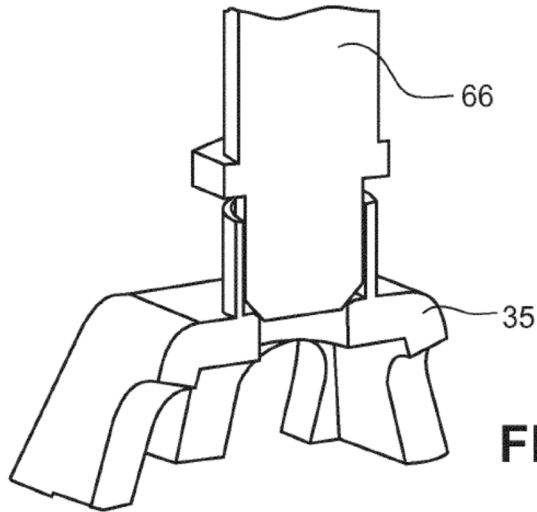
**FIG. 8a**



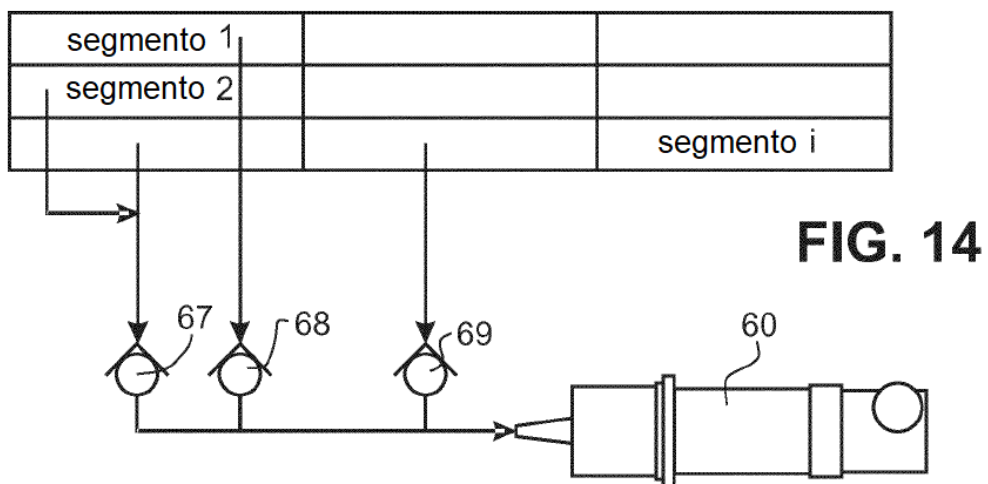
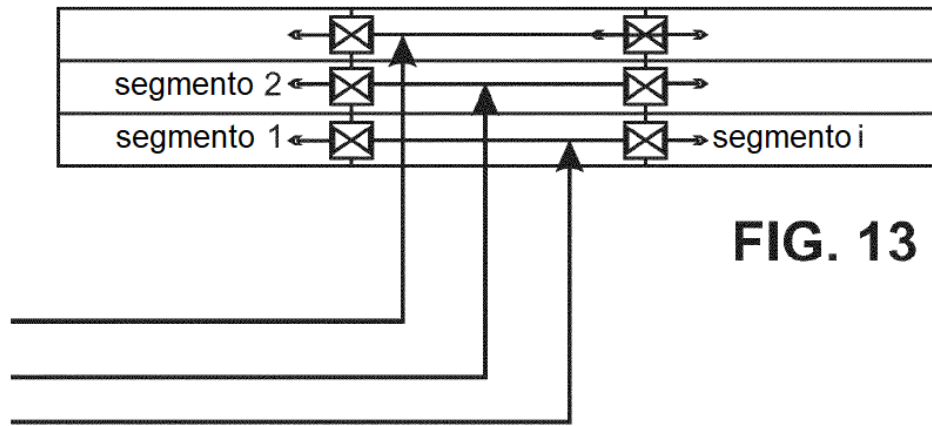
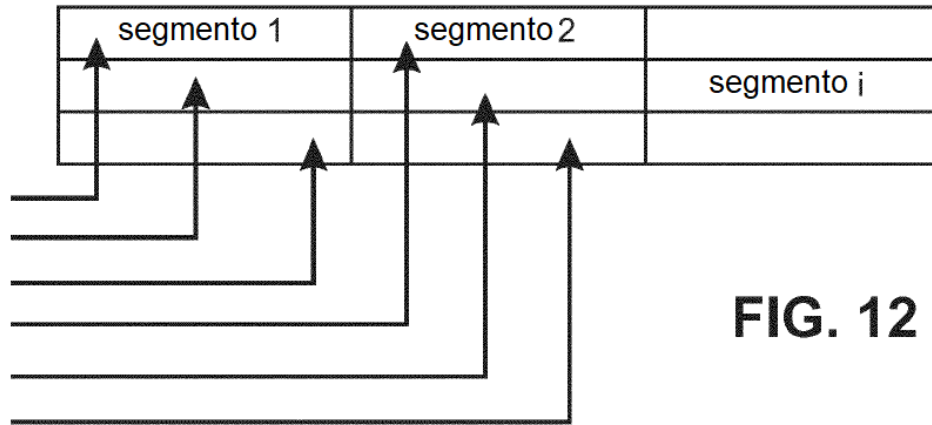
**FIG. 8b**

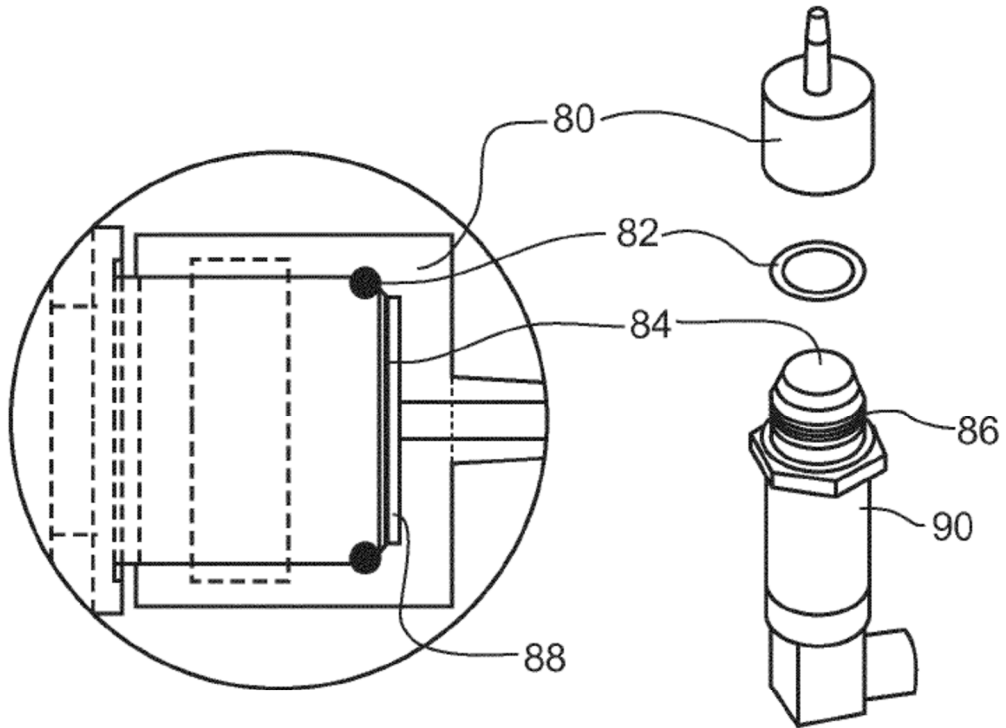


**FIG. 10**



**FIG. 11**





**FIG. 15a**

**FIG. 15b**