

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 872 401**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/34** (2006.01)

**B29C 33/00** (2006.01)

**B29C 33/76** (2006.01)

**B29D 99/00** (2010.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

**B29C 70/46** (2006.01)

**B29L 31/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2014** **E 14158529 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.04.2021** **EP 2918399**

54 Título: **Un método para fabricar una pala de rotor para una turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.11.2021**

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S**  
**(100.0%)**  
**Borupvej 16**  
**7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**KIRKEBY, KLAUS y**  
**OVERGAARD, ANDERS**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 872 401 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**

Un método para fabricar una pala de rotor para una turbina eólica

5 La presente invención se refiere a un método para fabricar una pala de rotor para una turbina eólica.

Las palas de rotor de las turbinas eólicas modernas están construidas a partir de compuestos reforzados con fibra combinados con miembros de núcleo, tales como madera de balsa o espuma plástica.

10 Por ejemplo, el documento EP 2 123 431 A1 describe un método para fabricar una pala de rotor utilizando un proceso de moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM, por las siglas en inglés de *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding*). En una primera etapa del proceso de fabricación, el material de fibra se sitúa sobre una pieza inferior y una pieza superior de un molde, respectivamente. El material de fibra se fija en su lugar mediante la aplicación de vacío desde abajo. Entonces, los núcleos de molde se cubren en bolsas de vacío y se ubican en la pieza inferior  
15 del molde junto con una red (también conocida como red de cizalla). A continuación, la pieza superior del molde, junto con el material de fibra, se gira 180 grados en torno a su eje longitudinal y se coloca en su lugar de modo que el molde quede cerrado. En una etapa adicional, se aplica vacío al espacio entre los núcleos de molde y el molde. Entonces, se inyecta resina. Cuando la resina se haya fraguado, se retiran los núcleos de molde, se abre el molde y se retira la pala curada del molde.

20 Las redes normalmente empleadas en el proceso se fabrican en un proceso separado. De acuerdo con dicho proceso separado, las placas de madera contrachapada se cubren con un material de fibra. El material de fibra se inyecta con una resina. Una vez que la resina se haya fraguado, la red curada que comprende una resina reforzada con fibra y un núcleo de madera contrachapada se puede extraer de un molde correspondiente.

25 Para algunas aplicaciones, se requiere que las redes tengan un rebaje en un extremo. El rebaje está configurado para garantizar una transferencia suave de cargas hacia el interior y el exterior de la pala de rotor, es decir, el rebaje evita las concentraciones de tensiones debidas a cambios bruscos en la geometría. El rebaje se mecaniza en dicho extremo de la red. En este proceso, es necesario eliminar aproximadamente 60 - 100 kg de material de red, lo cual requiere  
30 una mano de obra considerable y provoca desperdicio.

El documento EP 2 441 951 A1 describe un método para fabricar una pala de rotor de turbina eólica, en donde las redes se unen a capas de fibra compuestas que se ubican en mitades de molde.

35 El documento EP 2 261 501 A2 describe un método y un dispositivo para fabricar una pala de rotor de turbina eólica. Se utiliza un dispositivo de sujeción de red para colocar una red con respecto a unas semi-carcasas de una pala de rotor.

40 El documento EP 2 675 030 A1 describe una red de cizalla para una pala de rotor de turbina eólica, en donde la red de cizalla tiene un pararrayos y en donde el pararrayos tiene una espuma eléctricamente conductora. La red de cizalla también tiene un rebaje semicircular en un extremo.

45 El documento EP 2 570 254 A1 describe un método para fabricar una pala de rotor de turbina eólica con una red de cizalla. El método comprende un procedimiento para colocar y empaquetar la red de cizalla, lo cual permite utilizar una red de cizalla con un peso reducido y una estabilidad reducida. La red de cizalla tiene un rebaje en un extremo.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método mejorado para fabricar una pala de rotor para una turbina eólica.

50 Por consiguiente, se proporciona un método para fabricar una pala de rotor para una turbina eólica de acuerdo con la invención. El método comprende: disponer un primer conjunto de capas de material de fibra dentro de un molde, correspondiendo el primer conjunto de capas a un perfil aerodinámico de la pala de rotor, b) disponer un segundo conjunto de capas de material de fibra sobre un miembro de núcleo antes y/o después de disponer el miembro de núcleo en el molde, incluyendo el segundo conjunto de capas el miembro de núcleo que corresponde a una red de la  
55 pala de rotor, comprendiendo el miembro de núcleo un rebaje de forma parabólica o semicircular, en donde la forma del rebaje da como resultado que las puntas de red se ahúsen hacia una raíz de la pala para garantizar una transferencia suave de cargas hacia el interior y el exterior de la red, y cubrir las secciones de punta del miembro de núcleo que definen el rebaje al menos parcialmente por capas de material de fibra que se extiende más allá de una sección de punta respectiva, y c) curar una resina que impregna el material de fibra del primer y segundo conjuntos de capas para formar la pala de rotor.

60 El método resulta ventajoso porque ya no es necesario mecanizar el rebaje en la red curada, ahorrando, por tanto, mano de obra y evitando el desperdicio. Más bien, el rebaje está provisto en el miembro de núcleo, y el segundo conjunto de capas de fibra seco o humedecido (es decir, impregnado con resina) y, por lo tanto, flexible está provisto  
65 de modo que siga la geometría del rebaje. Por ejemplo, el miembro de núcleo puede estar compuesto de madera o espuma plástica, por ejemplo, cloruro de polivinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET), tereftalato de polibutileno

(PBT) o poliuretano (PU). Ambos materiales pueden estar provistos fácilmente del rebaje. Por ejemplo, el miembro de núcleo se puede mecanizar, en particular aserrar, para que tenga la forma requerida. O, en el caso de la espuma en particular, el miembro de núcleo se puede colar en la forma deseada que tenga el rebaje. Además, el miembro de núcleo puede comprender una pluralidad de elementos de núcleo que se pueden conectar de manera que formen la forma deseada. El material de fibra utilizado para el primer y segundo conjuntos de capas puede comprender un material de fibra de diferentes formas y composición. Por ejemplo, el material de fibra puede comprender un conjunto de capas de fibras, mechas, una estera de fibra, un tejido de fibra, fibras tejidas o un fieltro de fibra. Las fibras pueden estar dispuestas unidireccionalmente, en una configuración biaxial o en cualquier otra configuración. Las fibras pueden comprender fibras de vidrio, fibras de carbono y/o fibras de aramida, por ejemplo. El material de fibra se puede suministrar en un estado pre-impregnado (denominado material pre-impregnado) o en un estado sin impregnar. En el último caso, el material de fibra se impregna con una resina antes de la etapa (c). Por ejemplo, la resina se puede inyectar en el material de fibra en un proceso de moldeo por transferencia de resina (RTM, por las siglas en inglés de *Resin Transfer Molding*) o moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM). En un proceso de VARTM, por ejemplo, el primer y segundo conjuntos de capas que comprenden el material de fibra, así como el miembro de núcleo, se cubren en una bolsa de vacío. En una etapa adicional, se aplica vacío a la región entre la bolsa de vacío y el molde. Entonces, se inyecta resina en dicha región. Después de que la resina se haya fraguado o se haya curado, generalmente mediante la adición de calor externo, se retira la bolsa de vacío y/o el molde y se obtiene la pala de rotor final. Evidentemente, cuando se utiliza un material pre-impregnado, no es necesario inyectar el material de fibra con resina.

En términos generales, el molde puede ser un molde abierto o cerrado. Por ejemplo, el molde puede comprender una o más piezas, en particular una pieza inferior y una pieza superior.

"Sin curar" en el presente documento se refiere a que la resina no está endurecida y/o reticulada en absoluto o no en un grado sustancial. "Curada" o "fraguada" se refiere a la resina que se endurece y/o reticula hasta un punto en el que la forma de la resina reforzada con fibra no cambiará o ya no cambiará significativamente.

Los ejemplos de una resina que se puede utilizar para impregnar el material de fibra son epoxi, poliéster, viniléster o cualquier otro material termoplástico o duroplástico adecuado.

Por la etapa de disponer el segundo conjunto de capas de material de fibra sobre el miembro de núcleo antes "y" después disponer el miembro de núcleo en el molde, se quiere decir que las primeras porciones del segundo conjunto de capas se colocan sobre el miembro de núcleo antes de disponer el miembro de núcleo en el molde y las segundas porciones del segundo conjunto de capas se colocan sobre el miembro de núcleo después de disponer el miembro de núcleo en el molde. Disponer el segundo conjunto de capas sobre el miembro de núcleo antes de disponer el miembro de núcleo en el molde puede facilitar el proceso de conjunto de capas debido a una accesibilidad mejorada.

De acuerdo con una realización adicional, el miembro de núcleo que tiene el rebaje puede comprender ya un material plástico reforzado con fibra curado antes de la etapa b). En este caso, el segundo conjunto de capas forma una capa adicional de material de fibra sobre el miembro de núcleo.

El material de fibra de la primera y/o segunda capas en la etapa a) o b) puede estar seco o húmedo.

"Conjunto de capas" en el presente documento se define como una o más capas de material de fibra.

"a)", "b)" y "c)" no implican un orden fijo de las etapas del método. Más bien, las etapas a) a c) se pueden llevar a cabo en un orden diferente cuando sea apropiado en la mente del experto en la materia.

El rebaje tiene una forma parabólica o semicircular.

Estas formas dan como resultado que las puntas de red se ahúsen hacia la raíz de la pala. Esto mejora la transferencia de carga hacia el interior y el exterior de la red.

De acuerdo con una realización adicional, el miembro de núcleo comprende al menos dos elementos enclavados.

El enclavamiento se logra preferentemente mediante los al menos dos elementos que se acoplan entre sí o al proporcionar un tercer elemento que se acopla con ambos elementos simultáneamente. Se puede utilizar materia prima convencional, por ejemplo, placas de madera. En particular, cada uno de los elementos enclavados puede estar hecho de una única placa de madera contrachapada. Además, el miembro de núcleo se puede montar en el sitio, es decir, en o dentro del molde.

De acuerdo con una realización adicional, los dos elementos enclavados comprenden una unión lengüeta-ranura y/o se acoplan simultáneamente mediante un elemento de bloqueo.

De acuerdo con una realización adicional, el miembro de núcleo comprende una sección de base y dos secciones de punta, definiendo la sección de base y las dos secciones de punta al menos parcialmente el rebaje, en donde las dos

secciones de punta se enclavan con la sección de base.

Por tanto, el rebaje se puede obtener de manera sencilla. Además, esto permite que las dos secciones de punta se monten en la sección de base en diferentes fases del proceso de fabricación, por ejemplo.

5 De acuerdo con una realización adicional, el miembro de núcleo y/o los al menos dos elementos enclavados están hechos de madera y/o espuma.

Por ejemplo, se puede utilizar madera contrachapada, PET o PU.

10 De acuerdo con una realización adicional, el miembro de núcleo y/o los al menos dos elementos enclavados están hechos de un material plano.

Esto se corresponde bien con la forma plana de la red.

15 De acuerdo con una realización adicional, la etapa b) comprende sujetar las capas de material de fibra del segundo conjunto de capas al miembro de núcleo mediante el uso de grapas.

20 Por tanto, se puede evitar el movimiento o la dislocación de las capas con respecto al miembro de núcleo o al elemento de núcleo. Además, el miembro de núcleo o los elementos de núcleo se pueden empaquetar previamente con material de fibra y transportarse fácilmente al sitio del molde.

La etapa b) comprende cubrir las secciones de punta del miembro de núcleo que define el rebaje al menos parcialmente con capas de material de fibra que se extienden más allá de una sección de punta respectiva.

25 Las capas se pueden extender más allá de la sección de punta en una dirección lateral y/o longitudinal de la sección de punta. Esto reduce el riesgo de delaminación en las puntas respectivas de la red desde la superficie interior del perfil aerodinámico. De acuerdo con una realización adicional, uno de los al menos dos elementos enclavados se cubre con el material de fibra fuera del molde y el otro de los al menos dos elementos enclavados se cubre con el material de fibra dentro del molde.

Esto ofrece un proceso con una alta flexibilidad.

35 De acuerdo con una realización adicional, en donde el uno de los al menos dos elementos enclavados cubierto con capas del segundo conjunto de capas fuera del molde es una sección de punta del miembro de núcleo.

Puede resultar ventajoso montar la sección de punta superior únicamente después de haber dispuesto la sección de base y la sección de punta inferior, así como un miembro de núcleo que soporta las mismas dentro del molde.

40 De acuerdo con una realización adicional, en donde la etapa b) comprende disponer al menos un elemento de soporte entre el miembro de núcleo y el primer y/o segundo conjuntos de capas.

El elemento de soporte puede brindar apoyo al miembro de núcleo y/o al material de fibra.

45 De acuerdo con una realización adicional, el al menos un elemento de soporte tiene una ranura que recibe un borde correspondiente del miembro de núcleo.

El al menos un elemento de soporte puede tener una sección transversal triangular con la ranura formada hacia el interior de su porción de punta.

50 De acuerdo con una realización adicional, unos miembros de núcleo adicionales están dispuestos dentro del molde a cada lado del miembro de núcleo para soportar el mismo.

55 De acuerdo con una realización adicional, la sección de punta y/o un elemento de soporte correspondiente únicamente se enclavan con la sección de base después de que los miembros de núcleo adicionales estén dispuestos dentro del molde.

"Turbina eólica" se refiere, en el presente documento, a un aparato que convierte la energía cinética del viento en energía rotacional, que puede ser convertida de nuevo en energía eléctrica por el aparato.

60 Otros objetos, características y ventajas de la presente divulgación resultarán evidentes a partir de la descripción posterior y las reivindicaciones dependientes, tomadas junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica de acuerdo con una realización;

65 la figura 2 muestra una vista en perspectiva de un extremo de raíz de una pala de rotor de acuerdo con una

realización;

la figura 3 muestra una vista en perspectiva de un miembro de núcleo utilizado para fabricar una red de la pala de rotor de la figura 2;

5

la figura 4 es una vista en perspectiva de una sección de punta del miembro de núcleo de la figura 3;

la figura 5 muestra una vista en sección de un proceso de VARTM de acuerdo con una realización de un método para fabricar la pala de rotor de la figura 2;

10

la figura 6 es una vista ampliada VI de la figura 3, en donde la vista VI también corresponde a una sección a lo largo de la línea de sección VI-VI de la figura 3 cuando el miembro de núcleo está dispuesto dentro del molde; y

15

la figura 7 muestra un diagrama de flujo de conformidad con una realización de un método para fabricar un componente para una turbina eólica.

En las figuras, los números de referencia similares indican elementos similares o funcionalmente equivalentes, a menos que se indique lo contrario.

20

La figura 1 muestra una turbina eólica 1 de acuerdo con una realización.

La turbina eólica 1 comprende un rotor 2 conectado a un generador (que no se muestra) dispuesto dentro de una góndola 3. La góndola 3 está dispuesta en el extremo superior de una torre 4 de la turbina eólica 1.

25

El rotor 2 comprende tres palas 5. Los rotores 2 de este tipo pueden tener diámetros que oscilan desde, por ejemplo, 30 a 160 metros. Las palas 5 están sometidas a fuertes cargas de viento. Al mismo tiempo, es necesario que las palas 5 sean ligeras. Por estos motivos, las palas 5 de las turbinas eólicas 1 modernas están fabricadas a partir de materiales compuestos reforzados con fibra. Para los mismos, son preferentes las fibras de vidrio generalmente a diferencia de las fibras de carbono por razones de coste. De manera adicional, las palas 5 comprenden cada una uno o más miembros de núcleo hechos de un material ligero para reducir el peso de las palas 5. Los miembros de núcleo también brindan soporte a un conjunto de capas de fibra durante la fabricación de las palas 5, así como durante el funcionamiento de la turbina eólica 1.

30

La figura 2 muestra una vista en perspectiva de un extremo de raíz 6 de una de las palas 5 de la figura 1.

35

La pala 5 comprende una carcasa o perfil aerodinámico 7 que encierra un espacio 8. Una red 9 dentro del espacio 8 se extiende en la dirección longitudinal de la pala 5. La red 9 está conectada a lo largo de unos bordes opuestos 10, 11 a la superficie interior 12 del perfil aerodinámico 7.

40

La red 9 tiene un rebaje 13 formado en su extremo orientado hacia la raíz de pala. El rebaje 13 tiene una forma parabólica definida por una sección de base 14 y unas secciones de punta 15, 16 que se ahúsan hacia abajo desde la sección de base 14 hacia la superficie interior 12.

45

Mientras que el perfil aerodinámico 7 está hecho preferentemente de un material plástico reforzado con fibra y, en función de cuál sea el caso, diversos revestimientos, la red 9 comprende un material plástico reforzado con fibra y un miembro de núcleo dispuesto dentro del material plástico reforzado con fibra.

La figura 3 ilustra un miembro de núcleo 17 que se puede utilizar en un proceso de VARTM para producir la red 9.

50

El miembro de núcleo 17 comprende una serie de elementos enclavados de manera liberable, por ejemplo, una sección de base 18, unas secciones de punta 19, 20 y una sección de base adicional 21. Las secciones 18, 19, 20 y 21 están hechas de placas de madera contrachapada, es decir, placas que comprenden varias capas de madera pegadas entre sí, mediante corte u otras operaciones de eliminación de material. Tener elementos o secciones separados 18, 19, 20 y 21 permite que las placas en bruto sean de un tamaño convencional, lo cual simplifica el almacenamiento y la fabricación. También, tener elementos o secciones separados 18, 19, 20 y 21 puede simplificar el montaje del miembro de núcleo 17 dentro o fuera de un molde utilizado en el proceso de VARTM.

55

Las secciones 18, 19 y 20 tienen una forma que define un rebaje parabólico 22, ahusándose las secciones de punta 19, 20 hacia abajo desde la sección de base 18. Las secciones de punta 18, 19 pueden formar una unión lengüeta-ranura 23 con la sección de base 18, respectivamente. En particular, la lengüeta y la ranura pueden tener respectivamente una forma curva, como se indica en la figura 3.

60

La sección de base 18 se puede conectar a la sección de base adicional 21 mediante elementos de bloqueo 24. Los elementos de bloqueo 24 pueden tener una forma de U, estando cada elemento de bloqueo 24 acoplado con ambas secciones 18, 21.

65

En su lugar, se pueden utilizar otras maneras de conectar los diversos elementos o secciones 18, 19, 20 y 21. Por

ejemplo, se pueden utilizar tornillos o pegamento.

En otra realización, la totalidad del miembro de núcleo 17 (o algunos de sus elementos o secciones) está hecho de espuma plástica, por ejemplo, PET o PU.

5 Además, la figura 3 ilustra, en líneas discontinuas, unos elementos de soporte 25, 26 y 27, que están asociados con las secciones 20, 18 y 21, respectivamente, y que se extienden a lo largo de unos bordes superior e inferior 28, 29 respectivos del miembro de núcleo 17. Los elementos de soporte asociados con el borde superior 28 no se muestran en la figura 3 por razones de claridad.

10 Cada elemento de soporte 25, 26 y 27 tiene una sección transversal sustancialmente triangular 30 que comprende una ranura superior 31, en la que se acopla un borde respectivo (que corresponde al borde 29) de las secciones 20, 18 y 21. Los lados curvos 32, 33 de los elementos de soporte 25, 26 y 27 brindan soporte a un conjunto de capas de fibra, como se explicará más adelante en el presente documento.

15 La figura 4 ilustra la sección de punta 20 y el elemento de soporte 25 de la figura 3, así como un conjunto de capas 34 de material de fibra.

20 Por ejemplo, el conjunto de capas 34 puede comprender una pluralidad de esteras de fibra 35, superponiéndose las esteras de fibra 35 entre sí al menos parcialmente. Cada estera de fibra 35 puede comprender unas mechas en una disposición entrelazada. Las esteras de fibra 35 se extienden más allá de la sección de punta 20 en una dirección lateral Y una dirección longitudinal X con el fin de reducir el riesgo de delaminación desde la superficie interior 12 del perfil aerodinámico 7, en comparación con la figura 2.

25 Las esteras de fibra 35 se unen a la sección de punta 20 mediante grapas 36 utilizando una pistola de grapas (que no se muestra). No obstante, también son posibles otras maneras de sujetar las esteras de fibra 35 a la sección de punta 20. Las grapas 36 se introducen tan profundamente hacia el interior de la madera de la sección de punta 20 que no dañan una bolsa de vacío empleada en el proceso de VARTM descrito más adelante en el presente documento.

30 La sección de punta 20 que incluye el conjunto de capas (seco) 34 y, en función de cuál sea el caso, el elemento de soporte 25, se puede empaquetar previamente y suministrarse a un molde 40 que se muestra en la figura 5. De hecho, la totalidad del núcleo 17 puede, como un todo o cada sección 18, 19, 20, 21 por separado, pre-ensvasarse con un conjunto de capas (seco) 34 y suministrarse al molde 40.

35 La figura 5 muestra el molde 40 en una sección transversal y la figura 6 ilustra una región ampliada VI de la figura 5. También, se hace referencia a la figura 7, que ilustra un diagrama de flujo del proceso de VARTM ahora descrito.

40 El molde 40 puede ser un molde cerrado que comprende una mitad inferior y una superior 37, 38. En el comienzo, la mitad superior 38 se coloca junto a la mitad inferior 37 y se gira 180 grados en comparación con la figura 5. Un conjunto de capas 39 de material de fibra, que comprende, por ejemplo, esteras de fibra como se muestra en la figura 4, se crea en las mitades inferior y superior 37, 38 respectivamente. Entonces, se aplica vacío debajo de un conjunto de capas 39 respectivo. Con este fin, una bomba de succión 41 (figura 6) puede crear un vacío entre una capa más exterior 42 del conjunto de capas 39 y una superficie de molde interior 43. La capa más exterior 42 puede tener una permeabilidad al aire más baja que las capas 44 debajo de la capa 42. Esta etapa de crear un conjunto de capas 39 en el molde 40 se ilustra mediante la etapa S2 en la figura 7. El conjunto de capas 39 comprende fibras secas. De acuerdo con otra realización, se pueden utilizar fibras previamente impregnadas.

45 En la etapa S3, el miembro de núcleo 17 está, como un todo o cada sección 18, 19, 20, 21 por separado, dispuesto dentro de la mitad inferior 37 del molde 40 sobre la parte superior del conjunto de capas 39. Si las secciones 18, 19, 20, 21 se introducen en el molde 40 por separado, estas se conectan entre sí por medio de las uniones lengüeta-ranura 23 y/o los elementos de bloqueo 24 dentro del molde 40, y, de lo contrario, se conectan fuera del molde 40.

50 El miembro de núcleo 17, como un todo o cada sección 18, 19, 20, 21 por separado, puede, en el punto de disponerlas sobre el conjunto de capas 39, estar cubierto por el conjunto de capas 34. O, el miembro de núcleo "desnudo" 17 se dispone dentro del molde 40 y luego el conjunto de capas 34 se dispone sobre el miembro de núcleo 17. Las porciones del conjunto de capas 34 que cubren la sección de base 18, así como las partes del rebaje 22, se muestran con líneas discontinuas en la figura 6. La etapa S1 indica proporcionar el conjunto de capas 39 sobre el miembro de núcleo 17 antes de disponer el miembro de núcleo 17 dentro del molde 40. La etapa S4 indica una realización en la que el conjunto de capas 39 se proporciona sobre el miembro de núcleo 17 después de disponer el mismo dentro del molde 40.

55 De acuerdo con una realización adicional, las secciones 18, 20 y 21 están cubiertas con el conjunto de capas 39 dentro del molde 40 y la sección de punta 22 está previamente empaquetada, como se describe en conexión con la figura 4. La etapa de empaquetado previo se indica mediante la etapa S1' en la figura 7.

60 Sin embargo, antes de disponer el miembro de núcleo 17 o las secciones 18, 20 y 21, los elementos de soporte 25,

## ES 2 872 401 T3

26 y 27 se deberían colocar en el conjunto de capas 39. A continuación, el borde 29 del miembro de núcleo 17 se acopla con la ranura 31 en cada uno de los elementos de soporte 25, 26 y 27.

5 A continuación, los miembros de núcleo 45 se envuelven en una bolsa de vacío 46, respectivamente. Entonces, los miembros de núcleo 45 se disponen en los espacios huecos a la izquierda y a la derecha del miembro de núcleo 17, como se muestra en la figura 6. Esto corresponde a la etapa S5 de la figura 7.

10 En el caso de tener únicamente una sección de punta superior previamente empaquetada 19, esta sección de punta 19 se conecta ahora a la sección de base 18 por medio de la unión lengüeta-ranura 23 en la etapa S6. En cualquier caso, los elementos de soporte 25' (otros elementos de soporte que no se muestran) se ubican ahora en la parte superior, y la ranura 31' se acopla con el borde 28 del miembro de núcleo 17.

15 En una etapa adicional, el molde 40 se cierra girando 180 grados la mitad superior 38 y ubicándola sobre la parte superior de la mitad inferior 37. De esta manera, el conjunto de capas 39 se apoya contra los elementos de soporte 25', así como el conjunto de capas 34.

20 Entonces, se aplica vacío a un espacio 47 entre las bolsas de vacío 46 y las superficies de molde 43 respectivas. En la etapa S7 (figura 7), la resina se inyecta hacia el interior del espacio 47 y el molde 40 se calienta con el fin de curar la resina. Si se utiliza un material pre-impregnado, no se requiere la etapa de inyectar la resina.

Ahora, se abre el molde 40 y se retiran los núcleos de molde 45. La pala de rotor 5 curada se puede extraer entonces de la mitad inferior 37 del molde 40. La resina reforzada por el conjunto de capas 39 corresponde al perfil aerodinámico 7, la resina reforzada por el conjunto de capas 34 y que incluye el miembro de núcleo 17 corresponde a la red 9.

25 Se observará que la red 9 producida de esta manera tiene el rebaje parabólico 13 que se muestra en la figura 2 y no se requiere una eliminación de material.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para fabricar una pala de rotor (5) para una turbina eólica (1), que comprende las etapas de
  - 5 a) disponer (S2) un primer conjunto de capas (39) de material de fibra dentro de un molde (40), correspondiendo el primer conjunto de capas (39) a un perfil aerodinámico (7) de la pala de rotor (5),
  - b) disponer (S1, S1', S4) un segundo conjunto de capas (34) de material de fibra sobre un miembro de núcleo (17) antes y/o después de disponer el miembro de núcleo (17) en el molde (40), incluyendo el segundo conjunto de capas (34) el miembro de núcleo (17) que corresponde a una red (9) de la pala de rotor (5), comprendiendo el
    - 10 miembro de núcleo (17) un rebaje de forma parabólica o semicircular (22), en donde la forma del rebaje (22) da como resultado que las puntas de red se ahúsen hacia una raíz (6) de la pala (5) para garantizar una transferencia suave de cargas hacia el interior y el exterior de la red (9), y cubrir las secciones de punta (19, 20) del miembro de núcleo (17) que define el rebaje (22) al menos parcialmente por capas (35) de material de fibra que se extienden más allá de una sección de punta (19, 20) respectiva, y
    - 15 c) curar (S7) una resina que impregna el material de fibra del primer y segundo conjuntos de capas (39, 34) para formar la pala de rotor (5).
2. El método de la reivindicación 1, en donde el miembro de núcleo (17) comprende al menos dos elementos enclavados (18, 19, 20, 21).
  - 20 3. El método de la reivindicación 2, en donde los dos elementos enclavados (18, 19, 20, 21) comprenden una unión lengüeta-ranura (23) o se acoplan simultáneamente mediante un elemento de bloqueo (24).
  4. El método de la reivindicación 2 o 3, en donde el miembro de núcleo (17) comprende una sección de base (18) y dos secciones de punta (19, 20), definiendo la sección de base (18) y las dos secciones de punta (19, 20) al menos parcialmente el rebaje (22), en donde las dos secciones de punta (19, 20) están enclavadas con la sección de base (18).
  - 25 5. El método de la reivindicación 4, en donde el miembro de núcleo (17) y/o los al menos dos elementos enclavados (18, 19, 20, 21) están hechos de madera y/o espuma.
  - 30 6. El método de una de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la etapa b) comprende sujetar las capas (35) de material de fibra del segundo conjunto de capas (34) al miembro de núcleo (17) mediante el uso de grapas (36).
  - 35 7. El método de una de las reivindicaciones 2 a 6, en donde, en la etapa b), uno de los al menos dos elementos enclavados (18, 19, 20, 21) se cubre con capas del segundo conjunto de capas (34) fuera del molde (40) y el otro de los al menos dos elementos enclavados (18, 19, 20, 21) se cubre con capas del segundo conjunto de capas (34) dentro del molde.
  - 40 8. El método de la reivindicación 7, en donde uno de los dos elementos enclavados (18, 19, 20, 21) cubierto con capas (35) del segundo conjunto de capas (34) fuera del molde (40) es una sección de punta (19, 20) del miembro de núcleo (17).
  - 45 9. El método de una de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la etapa b) comprende disponer al menos un elemento de soporte (25, 25', 26, 27) entre el miembro de núcleo (17) y el primer y/o segundo conjuntos de capas (39, 34).
  10. El método de la reivindicación 9, en donde el al menos un elemento de soporte (25, 25', 26, 27) tiene una ranura (31, 31') que recibe un borde (28, 29) correspondiente del miembro de núcleo (17).
  - 50 11. El método de una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde unos miembros de núcleo (45) adicionales están dispuestos dentro del molde (40) a cada lado del miembro de núcleo (17) para soportar el mismo.
  - 55 12. El método de la reivindicación 11, en donde la sección de punta (19) y/o un elemento de soporte (25') correspondiente están enclavados únicamente con la sección de base (18) después de que los miembros de núcleo (45) adicionales se hayan dispuesto dentro del molde (4).

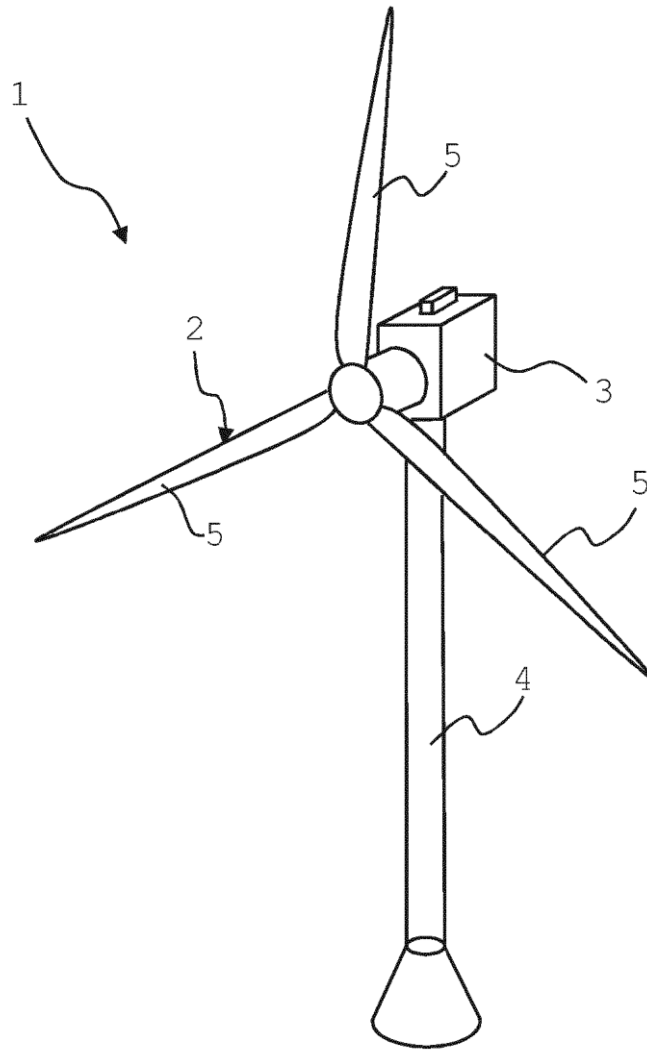


Fig. 1

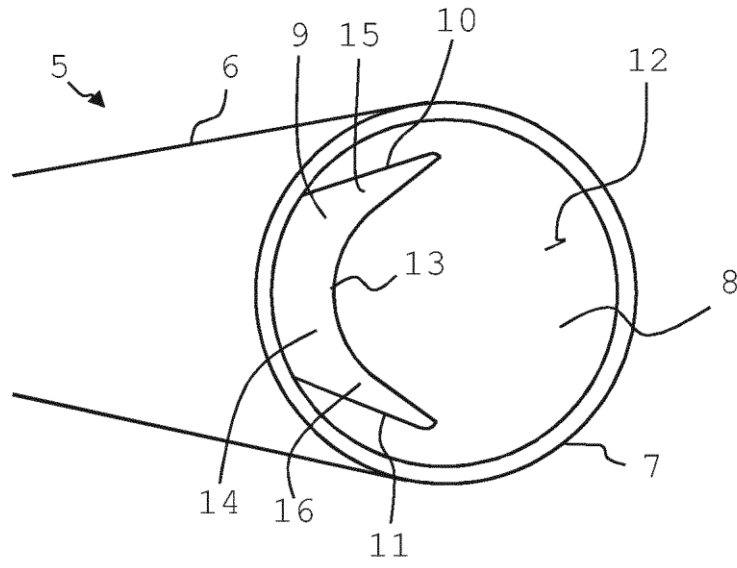


Fig. 2

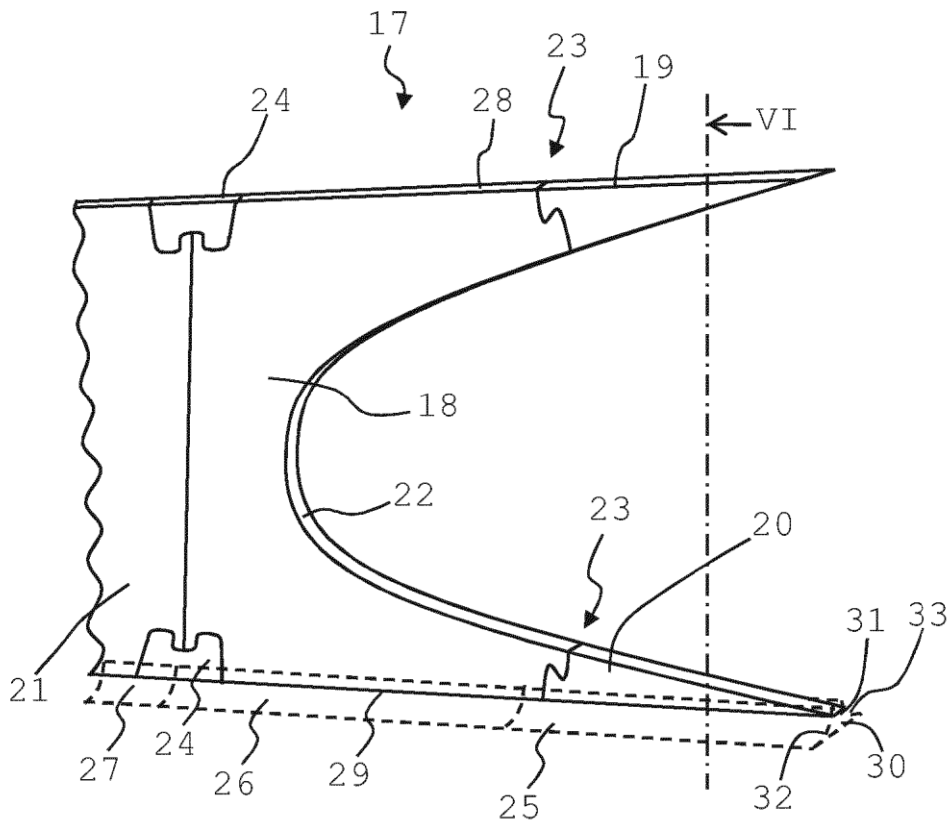


Fig. 3

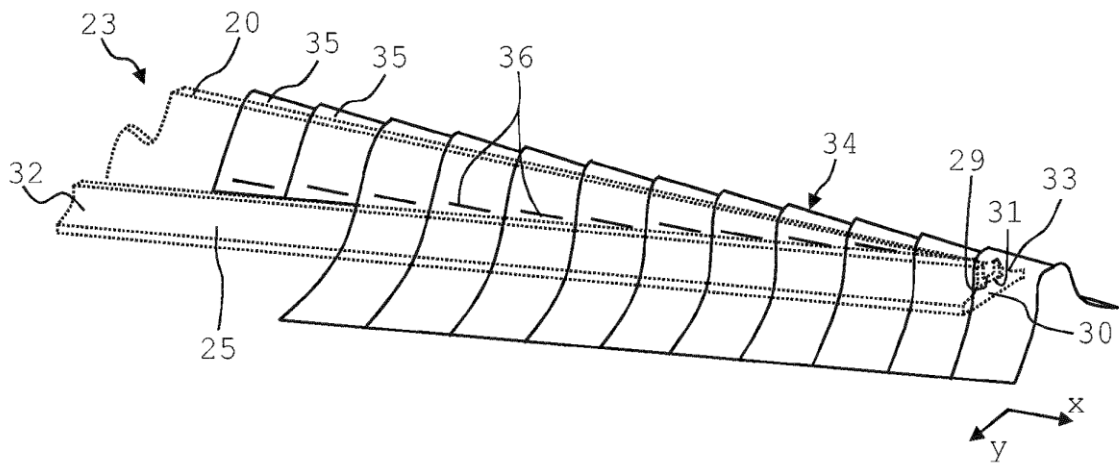


Fig. 4

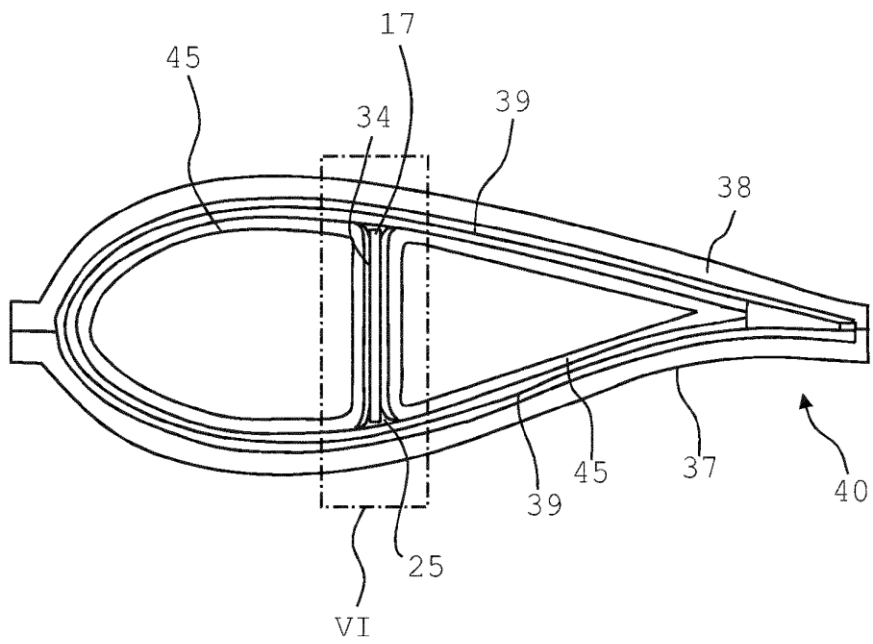


Fig. 5

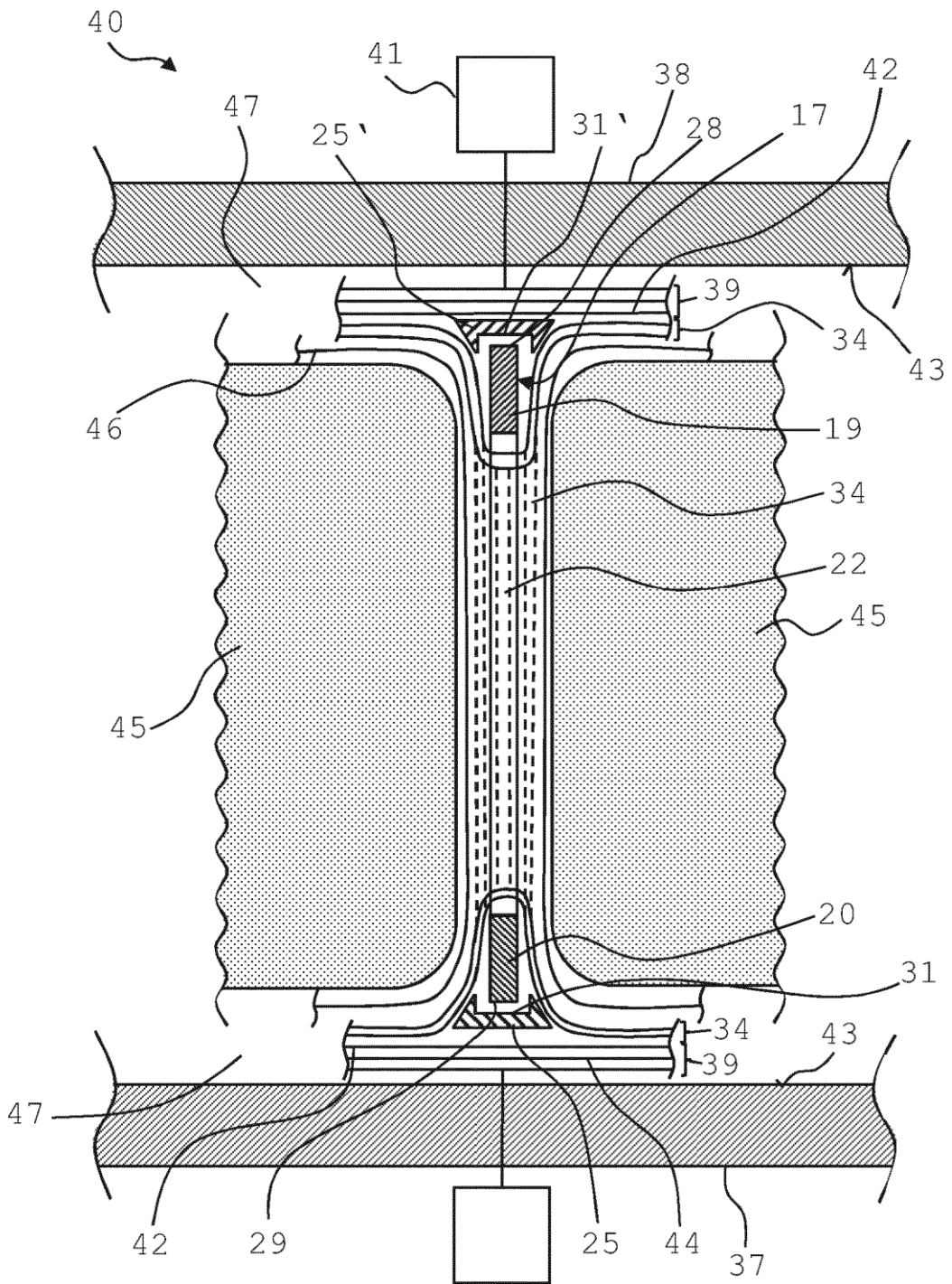


Fig. 6

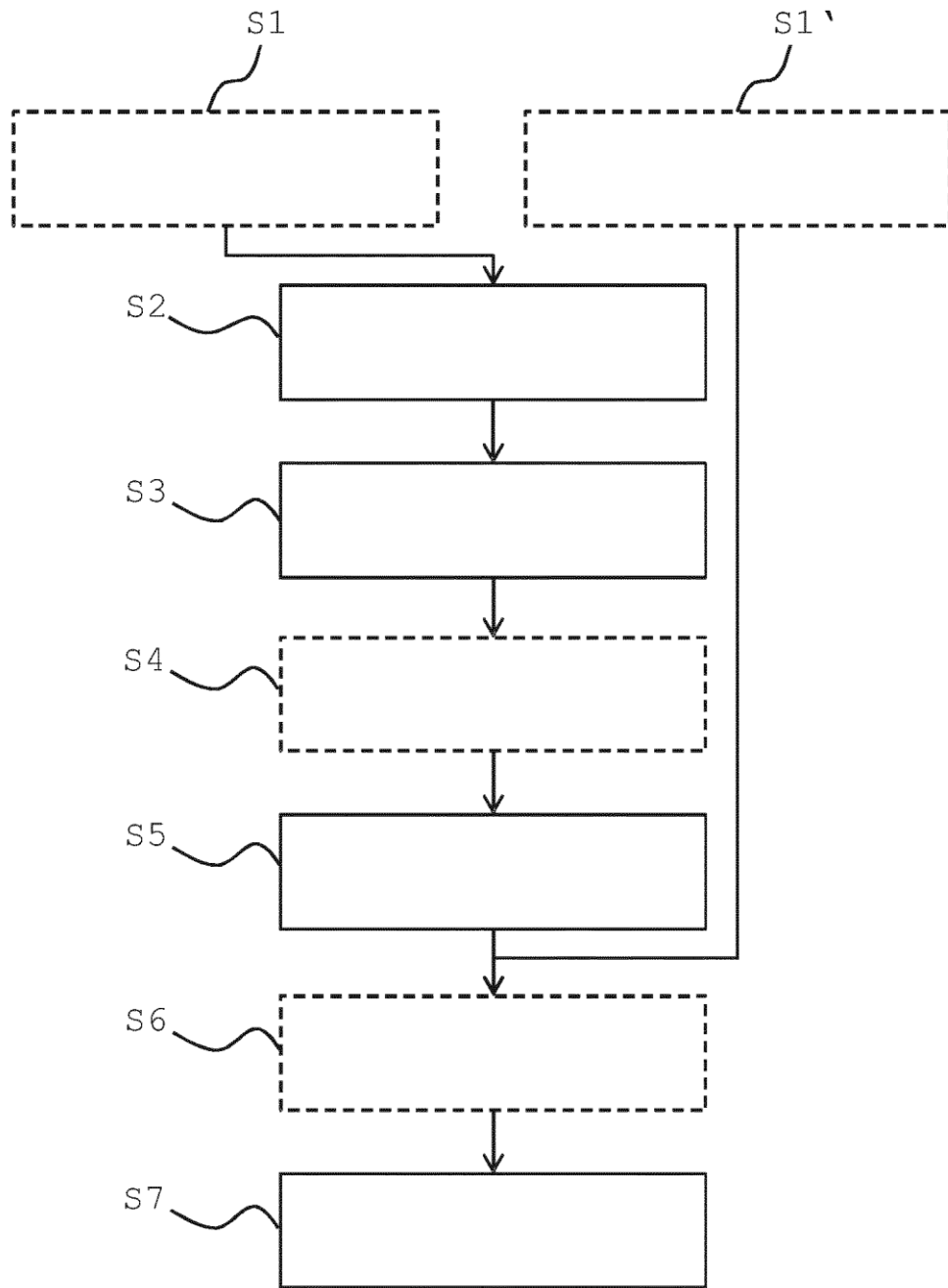


Fig. 7