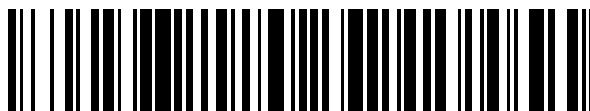


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 485 303**

51 Int. Cl.:

B29C 70/44 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2011** **E 11006906 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014** **EP 2561977**

54 Título: **Procedimiento para fabricar una parte de pala de rotor de turbina eólica con un larguero principal reforzado con fibra de carbono**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.08.2014

73 Titular/es:

NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE

72 Inventor/es:

FRANKOWSKI, MARCO y
AUSTINAT, DIRK

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 485 303 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

Procedimiento para fabricar una parte de pala de rotor de turbina eólica con un larguero principal reforzado con fibra de carbono.

5

La invención se refiere a un procedimiento para fabricar una parte de pala de rotor de turbina eólica con un larguero principal reforzado con fibra de carbono. Las palas de rotor de las turbinas eólicas o partes de las mismas, por ejemplo, las semiconchas, se fabrican normalmente a partir de materiales de plástico reforzados con fibra. A menudo se utiliza una combinación de fibras de vidrio con resinas de poliéster o resinas epoxi.

10

Del documento EP0525263A1 es conocido un procedimiento de infusión al vacío para la fabricación de partes de plástico reforzadas con fibra. En el caso del procedimiento conocido se colocan varias capas de un material de fibra en un molde. Por debajo y por encima de las capas del material de fibra se encuentran respectivamente medios de distribución que están separados de las capas del material de fibra mediante otras capas hechas de tejidos pelables.

15

En el lado inferior del molde, por debajo del medio de distribución inferior, se encuentra un canal de alimentación y por encima del medio de distribución superior se encuentra un canal de aspiración. Mediante el canal de aspiración se evacua el molde cerrado de manera hermética al aire, aspirándose un material de plástico líquido a través del canal de alimentación. El mismo se distribuye con ayuda del medio de distribución inferior por toda la superficie del molde y penetra completamente en las capas del material de fibra. Después de endurecerse el material de plástico,

20

los medios de distribución y los tejidos pelables se eliminan del plástico reforzado con fibra.

Por el documento WO2007/038930A1 es conocido otro procedimiento para la fabricación de partes de plástico reforzadas con fibra. En el caso de este procedimiento conocido se utiliza un material poroso como medio de distribución que se puede unir al material de plástico infundido. Después de endurecerse el plástico, el medio de

25

distribución permanece en el componente fabricado y puede formar en particular una superficie del componente.

Por el documento EP2153964A1 es conocido un procedimiento para fabricar una semiconcha de una pala de rotor de turbina eólica. En este caso se trata asimismo de un procedimiento de infusión al vacío. Una particularidad del mismo radica en que el material de fibra utilizado presenta un porcentaje en volumen de al menos 20% de alambres de metal. Los alambres de metal presentan un diámetro mayor que las fibras de vidrio o carbono utilizadas

30

adicionalmente, lo que debe acelerar la impregnación del material de fibra con el material de plástico líquido.

En todos los procedimientos conocidos es importante, en relación con una resistencia óptima del componente reforzado con fibra, que el material de fibra se sature completamente del material de plástico líquido y que no se produzcan burbujas de aire. Al utilizarse en particular fibras de carbono que presentan a menudo diámetros esencialmente menores, por ejemplo, que las fibras de vidrio, esto provoca en la práctica dificultades considerables y requiere a menudo la utilización de materiales de plástico de baja viscosidad como material de matriz. Esto es válido en particular cuando en un único componente están combinados diferentes materiales de fibra, como ocurre, por ejemplo, en las partes de pala de rotor de turbina eólica con un larguero principal reforzado con fibra de carbono,

35

presentando las mismas además dimensiones muy grandes.

40

Por tanto, es conocido fabricar largueros principales reforzados con fibras de vidrio para tales palas de rotor de turbina eólica en un primer procedimiento de infusión al vacío y unirlos a continuación con las respectivas semiconchas de pala de rotor compuestas, por ejemplo, de materiales de plástico reforzados con fibra de vidrio. De esta manera se puede controlar mejor la impregnación completa del material de fibra de carbono. Sin embargo, el procedimiento resulta costoso y durante la unión del larguero de carbono con las semiconchas se pueden originar otras dificultades.

45

Partiendo de esto, la invención tiene el objetivo de poner a disposición un procedimiento para fabricar una parte de pala de rotor de turbina eólica con un larguero principal reforzado con fibra de carbono, que se pueda realizar con mayor facilidad y posibilite de manera fiable una impregnación completa del material de fibra de carbono y una unión correcta con los demás componentes de la parte de pala de rotor de turbina eólica.

50

La patente US5,403,537 describe la fabricación de un componente compuesto de fibra en un procedimiento de infusión al vacío. El componente fabricado presenta un único tipo de fibra. La impregnación con el material de plástico líquido se lleva a cabo mediante canales de alimentación. Por debajo del laminado fabricado a partir del material de fibra se encuentra un medio de distribución.

55

El documento EP1990178A1 describe un procedimiento para la fabricación de una estructura con un material

compuesto de fibra. En el caso del procedimiento conocido, varias capas del mismo material de fibra de refuerzo se impregnan con un material de plástico líquido en un procedimiento de infusión al vacío. Un medio de distribución se dispone entre las capas del material de fibra de refuerzo.

5 Este objetivo se consigue mediante el procedimiento con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones secundarias siguientes aparecen configuraciones ventajosas.

El procedimiento se utiliza para fabricar una parte de pala de rotor de turbina eólica con un larguero principal reforzado con fibra de carbono y presenta los siguientes pasos, cuya secuencia se puede variar al menos
10 parcialmente:

- preparar un molde,
- colocar al menos una capa de un primer material de fibra en el molde, extendiéndose el primer material de fibra por
15 una primera anchura,
- colocar un primer medio de distribución en el molde,
- colocar una pluralidad de capas de un material de fibra de carbono en el molde por encima del primer medio de
20 distribución, extendiéndose las capas del material de fibra de carbono por una segunda anchura menor que la primera anchura, de modo que secciones de conexión del primer material de fibra sobresalen del material de fibra de carbono en ambos lados del material de fibra de carbono,
- colocar un segundo medio de distribución y disponer al menos un canal de aspiración por encima del material de
25 fibra de carbono,
- disponer canales de alimentación en la zona de las secciones de conexión,
- cerrar el molde,
30
- aspirar el aire del molde a través del al menos un canal de aspiración y
- alimentar un material de plástico líquido, que se endurece, a través de los canales de alimentación.

35 El molde preparado puede presentar una superficie interior que define una superficie exterior de la parte de pala de rotor de turbina eólica. El molde presenta una longitud y una anchura que corresponden esencialmente a la longitud o a la anchura de la parte de pala de rotor de turbina eólica o son ligeramente mayores. La longitud del molde puede ser, por ejemplo, de 20 m y la anchura puede ser, por ejemplo, de 50 cm o más.

40 El primer material de fibra, colocado en el molde, puede ser, por ejemplo, un material de fibra de vidrio. El primer material de fibra se diferencia del material de fibra de carbono, específicamente con respecto al material de las fibras y/o con respecto a los diámetros y/o las longitudes de las fibras y/o con respecto a la orientación de las fibras. El mismo se extiende por una primera anchura que puede corresponder esencialmente a la anchura del molde. La al
45 menos una capa del primer material de fibra puede formar una superficie exterior de la parte de pala de rotor de turbina eólica, en particular una parte de una concha exterior de la pala de rotor de turbina eólica. Entre el primer material de fibra y el molde pueden estar dispuestos otros materiales. En particular, el molde puede estar encerado o puede presentar otro medio de separación que posibilite la extracción de la parte de pala de rotor de turbina eólica después de endurecerse el material de plástico. Se puede utilizar además gelcoat u otro material que recubre el primer material de fibra y/o influya de la manera deseada sobre las propiedades superficiales de la parte de pala de
50 rotor de turbina eólica.

De manera adicional a la al menos una capa del primer material de fibra se coloca un primer medio de distribución en el molde. El medio de distribución puede presentar una estructura porosa y/o de poros abiertos y/o una estructura que configure cavidades o canales, en particular una estructura uniaxial o multiaxial que favorezca una distribución
55 rápida y uniforme del material de plástico líquido en la capa formada por el medio de distribución. El primer medio de distribución puede permanecer en la parte de pala de rotor de turbina eólica después de endurecerse el material de plástico. El material de plástico líquido puede penetrar en el mismo y humedecerlo y crear así una unión entre ambos, de modo que las capas de material, contiguas al medio de distribución, quedan unidas fijamente una a otra

después de endurecerse el material de plástico.

- Por encima del primer medio de distribución se coloca una pluralidad de capas de un material de fibra de carbono en el molde. Éstas se pueden colocar directamente por encima del primer medio de distribución. Asimismo, se pueden
- 5 disponer otras capas de material, en particular la al menos una capa del primer material de fibra, directamente por debajo de las capas del material de fibra de carbono y, por tanto, entre el primer medio de distribución y la pluralidad de capas del material de fibra de carbono. La totalidad de las capas del material de fibra de carbono puede formar un larguero principal de la parte de pala de rotor de turbina eólica después de endurecerse el material de plástico. Las capas del material de fibra de carbono se extienden por una segunda anchura menor que la primera anchura.
- 10 Con otras palabras, el larguero principal formado por el material de fibra de carbono presenta una anchura menor que las capas del primer material de fibra dispuestas debajo. Los materiales mencionados se disponen aquí de modo que por ambos lados del material de fibra de carbono o del larguero principal formado a partir del mismo sobresalen secciones de conexión del primer material de fibra. Estas secciones de conexión sirven para unir la parte de pala de rotor de turbina eólica a otros componentes de una pala de rotor, en particular a otras secciones de una
- 15 concha exterior que están dispuestas en el lateral del larguero principal.

- Por encima del material de fibra de carbono se coloca un segundo medio de distribución y se dispone al menos un canal de aspiración. A diferencia del primer medio de distribución, este medio de distribución se puede eliminar opcionalmente de la parte de pala de rotor de turbina eólica después de endurecerse el material de plástico. A tal
- 20 efecto, se puede disponer, por ejemplo, un tejido pelable entre el material de fibras de carbono y el segundo medio de distribución. De manera alternativa, el segundo medio de distribución se puede integrar en una membrana semipermeable (lámina VAP). La membrana semipermeable se separa automáticamente, de modo que el segundo medio distribuidor se puede eliminar junto con la lámina después del endurecimiento.
- 25 En la zona de las secciones de conexión se disponen canales de alimentación, en particular en paralelo a un eje longitudinal del molde. A través de estos canales se infunde el material de plástico líquido en la zona de las secciones de conexión, en particular en ambos lados del material de fibra de carbono.

- El molde se cierra de manera hermética al aire, por ejemplo, con una lámina de vacío. A tal efecto, toda la
- 30 disposición se puede cubrir con la lámina y los bordes del molde se pueden unir de manera hermética al aire con la lámina de vacío. A continuación se aspira el aire del molde a través del al menos un canal de aspiración, de modo que dentro del molde se genera un vacío o una presión negativa fuerte. Al mismo tiempo o a continuación se alimenta un material de plástico líquido, que se endurece, a través de los canales de alimentación, de modo que éste se infunde en el molde evacuado en la zona de las secciones de conexión. El material de plástico líquido puede
- 35 presentar, por ejemplo, una resina de poliéster y/o una resina epoxi. La alimentación se puede llevar a cabo, por ejemplo, al unirse los canales de alimentación a un depósito que contiene el material de plástico líquido, por ejemplo, mediante un tubo flexible. Como resultado de la unión y de la presión negativa existente dentro del molde, el material de plástico se aspira a través de los canales de alimentación y llega al interior del molde.

- En el caso de la disposición, según la invención, de las capas de material individuales, en particular del primer medio de distribución dispuesto por debajo de las capas del material de fibra de carbono, el material de plástico líquido se distribuye de manera relativamente rápida por debajo del material de fibra de carbono. Desde aquí impregna el
- 40 material de fibra de carbono con una dirección de flujo de abajo hacia arriba, hasta llegar al segundo medio de distribución. Esto favorece una impregnación completa del material de fibra de carbono y el desplazamiento de las burbujas de aire atrapadas en el material de fibra de carbono en determinadas circunstancias. Se consigue la configuración de un frente de flujo de gran superficie dentro del material de fibra de carbono y la trayectoria de flujo, que se va a recorrer dentro del material de fibra de carbono, se realiza en dirección de la altura del material de fibra de carbono, en correspondencia con el espesor del larguero principal reforzado con fibra de carbono. En este tipo de
- 45 largueros principales, este espesor es por lo general esencialmente menor que la anchura del larguero principal que puede ser, por ejemplo, igual a 40 cm o mayor. El tiempo necesario para impregnar completamente el material de fibra de carbono resulta lo más corto posible debido a esta dirección de flujo. Las trayectorias de flujo cortas y la resistencia menor al flujo resultante de manera correspondiente permiten eliminar con efectividad las burbujas.
- 50

- En el caso del procedimiento, según la invención, se produce forzosamente al mismo tiempo una unión óptima entre
- 55 el larguero principal y las capas del primer material de fibra situadas debajo, porque ambos se impregnan con el material de plástico en una única etapa del procedimiento. Dado que las partes de la concha exterior de la pala de rotor y del larguero principal, formadas por las capas del primer material de fibra, se pueden fabricar de esta manera en un único procedimiento de infusión, se reduce además el tiempo de fabricación.

Se entiende que la secuencia de las etapas del procedimiento indicadas se puede variar al menos parcialmente y que entre las etapas individuales se pueden ejecutar otras etapas del procedimiento. Por ejemplo, es posible colocar otras capas de material en el molde. El hecho de que la pluralidad de capas del material de fibra de carbono se coloque por encima del primer medio de distribución en el molde, no significa necesariamente que el material de fibra de carbono descansa directamente sobre el primer material de distribución. Más bien, entre las capas mencionadas pueden estar dispuestas otras capas. Lo mismo se cumple para la disposición del segundo medio de distribución y del canal de aspiración por encima del material de fibra de carbono.

En una configuración, el primer medio de distribución colocado en el molde se extiende al menos por la segunda anchura. En particular puede finalizar a ras con el material de fibra de carbono por sus dos lados o puede sobresalir del material de fibra de carbono por uno o ambos lados. Se consigue así que el material de plástico líquido se distribuya de manera rápida y uniforme por toda la anchura del material de fibra de carbono.

En el caso de la invención, el primer medio de distribución se coloca en el molde por encima de la al menos una capa del primer material de fibra. Por tanto, queda situado relativamente cerca de las capas del material de fibra de carbono.

En una configuración, el primer medio de distribución se coloca en el molde por debajo de la al menos una capa del primer material de fibra. El mismo se puede colocar en el molde en particular como capa inferior, dado el caso, por encima de un gelcoat, un tejido pelable y/u otro medio de separación. Esto posibilita un mecanizado superficial de la parte endurecida de pala de rotor de turbina eólica, sin afectar capas importantes desde el punto de vista estructural. Así, por ejemplo, se pueden eliminar mediante lijado irregularidades en la superficie, sin tocar una de las capas del primer material de fibra.

En una configuración, la resistencia al flujo, que oponen el primer material de fibra y el primer medio de distribución con respecto al material de plástico líquido, se selecciona y se ajusta a la resistencia al flujo del material de fibra de carbono de manera que dentro del material de fibra de carbono se configura un frente de flujo esencialmente plano que se extiende en horizontal por la segunda anchura. La resistencia al flujo es decisiva para la velocidad de propagación del material de plástico, es decir, en particular el frente de flujo configurado por el material de plástico que se propaga. La misma es determinada por la estructura del primer material de fibra, en particular por el diámetro de las fibras utilizadas y su disposición o por la estructura del primer medio de distribución. El espesor del medio de distribución influye también sobre la velocidad de flujo resultante. El primer medio de distribución sirve precisamente para distribuir el material de plástico líquido y presenta, por tanto, según la definición una resistencia al flujo relativamente pequeña. El primer material de fibra puede presentar asimismo una resistencia al flujo relativamente pequeña, por ejemplo, en caso de utilizarse fibras de vidrio con diámetros relativamente grandes y/o una disposición bidireccional o multidireccional, por ejemplo, tejida o trenzada. Los factores de influencia mencionados se seleccionan de manera que en las capas dispuestas por debajo del material de fibra de carbono se genera una resistencia al flujo relativamente pequeña y, por tanto, estas capas se impregnan con el material de plástico en un período de tiempo relativamente corto. Debido a los diámetros menores de las fibras de carbono que se utilizan normalmente y/o a la orientación esencialmente unidireccional de estas fibras en dirección longitudinal del larguero principal, la resistencia al flujo del material de fibra de carbono es por lo general esencialmente mayor que la resistencia al flujo en la zona de las capas de material restantes. Por consiguiente, el frente de flujo se configura evidentemente con mayor lentitud dentro del material de fibra de carbono. Al ajustarse entre sí las resistencias al flujo, como se reivindica, se logra que la impregnación del material de fibra de carbono comience esencialmente en el mismo momento a partir de todo el lado inferior del material de fibra de carbono. Dentro del material de fibra de carbono se configura entonces esencialmente un frente de flujo plano que se extiende en horizontal por la segunda anchura. Esto favorece una impregnación uniforme y completa del material de fibra de carbono.

En una configuración, la resistencia al flujo, que oponen el primer material de fibra y el primer medio de distribución con respecto al material de plástico líquido, y la viscosidad del material de plástico líquido están ajustadas entre sí de manera que la al menos una capa del primer material de fibra y el primer medio de distribución quedan impregnados completamente con el material de plástico líquido en 60 segundos o menos después de salir por primera vez el material de plástico líquido a través de los canales de alimentación. La impregnación de las capas de material mencionadas se puede realizar preferentemente con mayor rapidez, por ejemplo, en 30 segundos, 20 segundos, 10 segundos o menos. A diferencia de estos períodos de tiempo cortos, la impregnación del material de fibra de carbono dura esencialmente más, por ejemplo, más que 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos, 20 minutos, 30 minutos o más. Por tanto, la impregnación relativamente lenta del material de fibra de carbono se inicia en el centro del lado inferior del material de fibra de carbono, en el que comienza como muy tarde sólo poco después de iniciarse la impregnación en los bordes del lado inferior del material de fibra de carbono. Dentro de este período de tiempo

corto, el frente de flujo se propaga sólo ligeramente dentro del material de fibra de carbono hacia arriba, por ejemplo, en menos de 5 mm, menos de 2 mm o menos de 1 mm. Por consiguiente, en esta configuración se crea también un frente de flujo dentro del material de fibra de carbono, que es esencialmente plano y se extiende en horizontal por la segunda anchura. Esto favorece a su vez una impregnación uniforme del material de fibra de carbono.

5

En una configuración, el material de fibra de carbono no sobresale lateralmente del primer medio de distribución. Con este fin, el primer medio de distribución presenta al menos la segunda anchura. El mismo puede estar dispuesto, por ejemplo, en el centro, por debajo del material de fibra de carbono. Esta disposición del primer medio de distribución contribuye a que el material de plástico líquido pueda configurar un frente de flujo que parte esencialmente en el mismo momento de todo el lado inferior del material de fibra de carbono.

10

En una configuración se configuran orificios de salida de los canales de alimentación por encima o por el lateral de las secciones de conexión al disponerse los canales de alimentación en la zona de las secciones de conexión. Los orificios de salida se pueden disponer a distancia del material de fibra de carbono. De esta manera se consigue que el material de plástico líquido, partiendo de las secciones de conexión, llegue al material de fibra de carbono. Se impide así una configuración anticipada de un frente de flujo, en particular en una zona lateral del material de fibra de carbono.

15

En una configuración se dispone por encima de las secciones de conexión un tercer medio de distribución que se extiende hasta el primer medio de distribución y, al disponerse los canales de alimentación en la zona de las secciones de conexión, se disponen orificios de salida de los canales de alimentación de manera que colindan directamente con el tercer medio de distribución. Por debajo del tercer medio de distribución se puede disponer un tejido pelable, de modo que el tercer medio de distribución se puede eliminar nuevamente del componente de turbina eólica después de endurecerse el material de plástico líquido. Mediante el tercer medio de distribución se consigue una distribución uniforme del material de plástico líquido por una gran superficie en la zona de las secciones de conexión. Esto favorece asimismo una impregnación rápida y uniforme de la parte de pala de rotor de turbina eólica con el material de plástico líquido, en particular del primer medio de distribución y de la al menos una capa del primer material de fibra.

20

25

En una configuración, la pluralidad de capas del material de fibra de carbono presenta un espesor de 20 mm o más. Esto es válido al menos en una sección longitudinal de la parte de pala de rotor de turbina eólica y corresponde al espesor del larguero principal que puede variar a lo largo del larguero principal. En otras secciones longitudinales, el espesor puede ser, por ejemplo, menor que 1 mm o de hasta 40 mm o más. El procedimiento es particularmente adecuado para fabricar componentes de turbina eólica con largueros principales relativamente gruesos. El espesor puede ser también de 45 mm o más o de 50 mm o más.

30

35

En una configuración se coloca una placa de presión en el molde por encima del segundo medio de distribución. La placa de presión puede presentar en su lado inferior una superficie lisa que es con preferencia esencialmente plana. La misma se presiona de manera uniforme sobre la disposición de los diferentes materiales de fibra y medios de distribución debido al vacío generado en el molde. La placa de presión puede formar parte de una pieza de presión, en la que están integrados el al menos un canal de aspiración y/o el segundo medio de distribución. Esta pieza de presión o la placa de presión puede presentar en particular la segunda anchura de la pluralidad de capas del material de fibra de plástico o puede ser más estrecha. La placa de presión o la pieza de presión se puede eliminar del componente de turbina eólica después de endurecerse el material de plástico líquido, por ejemplo, mediante la utilización de un tejido pelable, que se encuentra dispuesto entre la placa de presión o la pieza de presión y la pluralidad de capas del material de fibra de carbono, o de una membrana semipermeable (lámina VAT). Mediante la utilización de una placa de presión se consigue una superficie lisa en el lado superior del larguero principal y se impide una configuración de ondas o pliegues en el material de fibra de carbono. Esto es importante para la resistencia del larguero principal y en particular para una unión sin problemas del larguero principal con un alma que está dispuesta por encima del larguero principal y se extiende en dirección longitudinal de la pala de rotor.

40

45

50

En una configuración se colocan varias capas del primer material de fibra al colocarse la al menos una capa del primer material de fibra, presentando al menos una de las capas la primera anchura y presentando al menos otra capa, dispuesta por encima de esta capa, una tercera anchura menor que la primera anchura y mayor que la segunda anchura, de modo que al menos una de las secciones de conexión presenta un escalón. En particular, ambas secciones de conexión pueden presentar un escalón configurado de esta manera. La configuración escalonada de las secciones de conexión permite simplificar en la zona de las secciones de conexión la unión entre la parte de pala de rotor de turbina eólica y secciones de concha exterior que están dispuestas en el lateral con respecto a la misma. Las secciones de concha exterior adjuntas se pueden construir asimismo a partir de una

55

pluralidad de capas de material que solapan de manera complementaria las secciones de conexión escalonadas.

En una configuración, el primer medio de distribución presenta un medio de distribución textil. Por un medio de distribución textil se entiende un material flexible formado a partir de un conjunto de una pluralidad de fibras, en particular fibras de vidrio. En particular puede ser un tejido, un género de punto o un mat de fibras aleatorias. Los mats de fibras aleatorias, hechos de fibras de vidrio, se identifican también como mats CSM (chopped stranded fibreglass mat). Debido a la orientación desordenada de las fibras que pueden presentar además una longitud relativamente pequeña, este tipo de mats presentan cavidades relativamente grandes entre las fibras, de modo que se pueden impregnar fácilmente en direcciones de flujo diferentes y provocan una distribución óptima del material de plástico líquido. Al mismo tiempo, este tipo de mats de fibras aleatorias se unen óptimamente con el material de plástico líquido, en particular al utilizarse fibras de vidrio, por lo que se consigue una unión resistente entre las capas de material contiguas.

En una configuración, el primer medio de distribución presenta un material conductor de electricidad. En el caso del material conductor de electricidad se puede tratar en particular de un metal, por ejemplo, un material trenzado de alambres de acero y/o cobre, o de una rejilla de cobre. El primer medio de distribución puede combinar también varios materiales, por ejemplo, un mat de fibras aleatorias, hecho de fibras de vidrio, con alambres de metal incorporados o con una rejilla de metal dispuesta de manera contigua, en particular de cobre. El primer medio de distribución puede estar compuesto también exclusivamente del material conductor de electricidad, ya que, por ejemplo, una rejilla de cobre o un material trenzado de fibras de metal o de alambres de metal puede aportar debido a su estructura un efecto de distribución suficiente para el material de plástico líquido, en particular al usarse alambres de diámetro relativamente grande. Mediante el material conductor de electricidad se integra un sistema de protección activa contra rayos en la parte de pala de rotor de turbina eólica. Esto se lleva a cabo directamente al fabricarse la parte de pala de rotor de turbina eólica, por lo que no se requiere una etapa de trabajo separada. Además, la resistencia de la parte no se ve afectada por el sistema de protección contra rayos y este sistema de protección contra rayos se une de manera inseparable a la parte de pala de rotor de turbina eólica.

En una configuración, al menos una capa de un material de fibra no conductor de electricidad se dispone entre el material conductor de electricidad y el material de fibra de carbono. En este caso se puede tratar, por ejemplo, de otra capa del primer material de fibra, en particular una capa de fibras de vidrio. Se obtiene un aislamiento eléctrico efectivo entre el material conductor de electricidad y el larguero de carbono que es también conductor de electricidad. De esta manera se evitan daños en el larguero de carbono debido a los rayos.

En una configuración se aplica el procedimiento, explicado antes, para fabricar una semiconcha de una pala de rotor de turbina eólica. El procedimiento configurado de esta manera comprende las siguientes etapas:

- fabricar una parte de pala de rotor de turbina eólica con un larguero principal reforzado con fibra de carbono de acuerdo con el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13,
- extraer la parte de pala de rotor de turbina eólica del molde,
- colocar la parte de pala de rotor de turbina eólica en un molde de semiconcha,
- colocar una pluralidad de capas de un material de fibra en el molde de semiconcha en ambos lados de la parte de pala de rotor de turbina eólica y al menos parcialmente sobre las secciones de conexión,
- cerrar el molde de semiconcha con una lámina de vacío, e
- fundir un material de plástico líquido, que se endurece, en un procedimiento de infusión al vacío.

En la primera etapa del procedimiento se fabrica una parte de pala de rotor de turbina eólica en correspondencia con el procedimiento explicado arriba. A este respecto se remite a las explicaciones precedentes.

La parte de pala de rotor de turbina eólica, fabricada de esta manera, se extrae a continuación del molde y se coloca en un molde de semiconcha. En el caso del molde de semiconcha se puede tratar de un molde convencional, en el que se fabrica una semiconcha para una pala de rotor de turbina eólica. Este tipo de moldes de semiconcha se utiliza para fabricar las conchas inferiores del lado de presión y las conchas superiores del lado de succión de palas de rotor de turbina eólica. Una sección alargada de la superficie interior del molde de semiconcha puede estar moldeada de manera idéntica al molde utilizado para fabricar la parte de pala de rotor de turbina eólica, de modo

que la parte de pala de rotor de turbina eólica prefabricada con el larguero principal se puede colocar exactamente en el molde de semiconcha. La al menos una primera capa de la parte de pala de rotor de turbina eólica forma entonces una parte de la superficie exterior de la semiconcha que se va a fabricar y colinda esencialmente con el lado interior del molde de semiconcha.

5

En otras etapas del procedimiento, una pluralidad de capas de un material de fibra se coloca en el molde de semiconcha en ambos lados de la parte de pala de rotor de turbina eólica y al menos parcialmente sobre las secciones de conexión. A este respecto se puede utilizar preferentemente el primer material de fibra, en particular fibras de vidrio, de modo que se crea una conexión de material unificada con las secciones de conexión o las partes de la concha exterior formadas por la parte de pala de rotor de turbina eólica. La pluralidad de capas de material de fibra, colocada en el molde de semiconcha, forma otras secciones de la semiconcha que se va a fabricar y que discurren esencialmente en dirección longitudinal de la pala de rotor o del molde de semiconcha.

10

El molde de semiconcha se cierra a continuación, en particular con una lámina de vacío. La lámina se puede unir de manera hermética al aire con bordes del molde de semiconcha y también con bordes superiores/laterales de la parte de pala de rotor de turbina eólica prefabricada. La parte de pala de rotor de turbina eólica completa se puede cubrir alternativamente con una lámina de vacío.

15

En una última etapa del procedimiento, un material de plástico líquido, que se endurece, se infunde en un procedimiento de infusión al vacío. En principio resultan adecuados básicamente, por ejemplo, los procedimientos de infusión al vacío mencionados al inicio. El material de plástico líquido, que se endurece y que es idéntico preferentemente al material de plástico utilizado para fabricar la parte de pala de rotor de turbina eólica, se distribuye así de manera uniforme en el molde e impregna de manera uniforme las capas de material de fibra colocadas en el molde de semiconcha. Éste llega en particular directamente hasta las secciones de conexión de la parte de pala de rotor de turbina eólica, por lo que las capas de material de fibra colocadas en el molde de semiconcha se unen firme y permanentemente a la parte de pala de rotor de turbina eólica.

20

25

Las semiconchas para palas de rotor de turbina eólica se pueden fabricar de la manera descrita con especial seguridad y fiabilidad. El proceso se puede controlar bien y las técnicas y los dispositivos de producción convencionales se pueden utilizar hasta la completa fabricación de la semiconcha y también después.

30

La invención se explica detalladamente a continuación por medio de un ejemplo de realización representado en dos figuras. Muestran:

35

Fig. 1 una representación esquemática muy simplificada de una parte de pala de rotor de turbina eólica, fabricada con el procedimiento según la invención, al colocarse en un molde de semiconcha; y

Fig. 2 una representación esquemática simplificada de la sección transversal de una parte de pala de rotor de turbina eólica en un molde.

40

En la figura 1 se observa un molde de semiconcha 10 con un extremo 12 del lado de la punta de pala y un extremo 14 del lado de la raíz de pala. El extremo 14 del lado de la raíz de pala del molde de semiconcha 10 forma un semicírculo en la sección transversal. La longitud completa del molde de semiconcha 10 es, por ejemplo, de 40 m o más, 50 m o incluso 60 m o más. En el caso de palas de rotor de turbina eólica de tales dimensiones resulta adecuado a menudo utilizar largueros principales reforzados con fibra de carbono por razones de resistencia y peso.

45

La figura muestra cómo se coloca en el molde de semiconcha 10 una parte de pala de rotor de turbina eólica 16 que se fabricó en correspondencia con el procedimiento según la invención. La parte de pala de rotor de turbina eólica 16 se extiende aproximadamente a todo lo largo del molde de semiconcha 10, pero presenta una anchura menor, medida en dirección de la profundidad del perfil. A lo largo de sus cantos delanteros y traseros que discurren en dirección longitudinal, la parte de pala de rotor de turbina eólica 16 presenta secciones de conexión planas que no aparecen representadas en la figura 1. Las secciones de conexión de este tipo pueden estar configuradas también en el extremo de la parte de pala de rotor de turbina eólica 16 que está dirigido hacia el extremo 12 del lado de la punta de pala, o sea, a lo largo del canto curvado que se muestra en la figura 1 arriba a la derecha, así como en el extremo de la parte de pala de rotor de turbina eólica 16 que es curvo también y está dirigido hacia el extremo 14 del lado de la raíz de pala del molde de semiconcha 10, formado por el canto dirigido hacia el observador.

50

55

En la figura 2 se pueden observar mejor otros detalles de la parte de pala de rotor de turbina eólica 16. Esta figura muestra en la sección transversal la fabricación de la parte de pala de rotor de turbina eólica 16 en un molde 18

utilizado con este fin. Este molde 18 está representado de manera plana en la figura 2, pero en realidad está curvado en correspondencia con el contorno exterior de la parte de pala de rotor de turbina eólica 16 que se va a fabricar. La figura muestra el estado de la parte de pala de rotor de turbina eólica 16 después de colocarse las distintas capas de material en el molde, cubrirse el molde con una lámina de vacío 20 y evacuarse el molde a través de un canal de aspiración 52, antes de alimentarse un material de plástico líquido. En este estado se encuentran detalladamente los siguientes elementos en el molde 18.

En el lado exterior de la pala en el molde 18 se encuentran en total cuatro capas de un primer material de fibra, en el presente ejemplo tejidos de fibras de vidrio bidireccionales que están representados como líneas continuas. Antes de colocarse estas capas del primer material de fibra, el molde 18 se provveyó de un medio de separación que posibilita una extracción fácil de la parte de pala de rotor de turbina eólica terminada del molde 18 después de endurecerse el material de plástico.

La capa inferior 24 del primer material de fibra presenta una primera anchura 26 que es de 60 cm en el ejemplo. La segunda capa 28, dispuesta encima, del primer material de fibra es un poco más estrecha. Por encima de la misma están dispuestas una tercera capa 30 y una cuarta capa 32 del primer material de fibra. La tercera y la cuarta capa 30, 32 presentan respectivamente una tercera anchura 34 menor que la primera anchura 26 y la anchura, no provista de número de referencia, de la segunda capa 28. Por tanto, entre la tercera/cuarta capa 32, 34 y la segunda capa 28, así como entre la segunda capa 28 y la primera capa 24 está configurado respectivamente un escalón.

Por encima de la cuarta capa 32 del primer material de fibra está dispuesto un primer medio de distribución 36. El primer medio de distribución 36 comprende un medio de distribución textil en forma de un mat de fibras aleatorias 38 que está hecho de fibras de vidrio y se extiende por toda la anchura del primer medio de distribución 36, específicamente por la tercera anchura 34. El primer medio de distribución 36 presenta además un material conductor de electricidad en forma de una rejilla de cobre 40 en el ejemplo, que está dispuesto por encima del mat de fibras aleatorias 38. La rejilla de cobre 40 presenta una segunda anchura 42 que es menor que la tercera anchura 34 y es igual a 40 cm aproximadamente en el ejemplo.

Otras dos capas 44 del primer material de fibra, dispuestas por encima de la rejilla de cobre 40, pueden presentar también esta segunda anchura 42. Estas capas 44 forman una capa de aislamiento entre la rejilla de cobre 40 y la pluralidad de capas de un material de fibra de carbono 46 dispuesta por encima de las dos capas 44 del primer material de fibra. El material de fibra de carbono 46 presenta asimismo la segunda anchura 42 y está compuesto de fibras de carbono con un diámetro pequeño respecto a las fibras de vidrio del primer material de fibra y con una orientación unidireccional de las fibras esencialmente en dirección longitudinal de la parte de pala de rotor de turbina eólica 16. El espesor del material de fibra de carbono 46 es en total de 50 mm aproximadamente.

Por encima del material de fibra de carbono 46 se encuentra una pieza de presión 48 que presenta una placa de presión 50 con una superficie inferior esencialmente plana. La anchura de la placa de presión 50 y de la pieza de presión 48 es ligeramente menor que la segunda anchura 42. La pieza de presión 48 comprende además un canal de aspiración dispuesto por encima de la placa de presión 50. La placa de presión 50 presenta por debajo del canal de aspiración 52 orificios no representados que unen el canal de aspiración 52 a un segundo medio de distribución 54 dispuesto por debajo de la placa de presión 50. El segundo medio de distribución 54 pertenece asimismo a la pieza de presión 48 y descansa esencialmente sobre el material de fibra de carbono 46, estando dispuesto un medio de separación adecuado, por ejemplo, un tejido pelable y/o una membrana semipermeable, entre el segundo medio de distribución 54 y el material de fibra de carbono 46. Esto no aparece representado en la figura. La pieza de presión puede estar rodeada completamente por la membrana semipermeable. Como segunda variante no representada, la membrana puede cubrir también toda la estructura. En este caso, la membrana es más estrecha que la lámina de vacío 20.

Las secciones del primer material de fibra de la capa inferior 24, de la segunda capa 28, de la tercera capa 32 y de la cuarta capa 34, que sobresalen lateralmente de la segunda anchura 42 del material de fibra de carbono 46, forman secciones de conexión 56. Las secciones de conexión 56 están dispuestas a ambos lados del larguero principal formado por el material de fibra de carbono 46, presentan en cada caso una anchura de 10 cm aproximadamente y se extienden en dirección longitudinal de la parte de pala de rotor de turbina eólica 16 esencialmente por toda su longitud.

Las secciones de conexión 56 se cubren parcialmente con un tercer medio de distribución 58 que está representando con una línea de puntos y rayas en la figura y dispuesto por encima de las secciones de conexión 56 y lateralmente respecto a las mismas. Éste se extiende hasta el primer medio de distribución 36 y solapa

parcialmente el mat de fibras aleatorias 38 del primer medio de distribución 36. Además, se extiende por los escalones de las secciones de conexión 56 que están configurados por las distintas capas 24, 28, 30, 32 del primer material de fibra y se extiende lateralmente más allá de la primera anchura 26 de la capa inferior 24 del primer material de fibra, donde descansa esencialmente de manera directa sobre el molde 18. Por debajo del tercer medio 5 de distribución 58 puede estar dispuesto un medio de separación adecuado, en particular un tejido pelable. Esto no aparece representado en la figura. Este medio de separación permite eliminar el tercer medio de distribución después de endurecerse el material de plástico líquido.

Para fundir el material de plástico líquido están configurados por encima del tercer medio de distribución 58, a 10 ambos lados del molde 18, canales de alimentación 60 que presentan orificios de salida 62. Los orificios de salida 62 están orientados hacia abajo en la figura, de modo que el material de plástico líquido, que sale de estos orificios de salida 62, llega directamente al tercer medio de distribución 58 y se distribuye aquí.

La lámina de vacío 20, ya mencionada, cubre toda la disposición, incluida la pieza de presión 48 y los canales de 15 alimentación 60 y está unida en ambos lados al molde 18 de manera hermética al aire por medio de una junta 64 respectivamente.

Dentro del molde 18, cerrado con la lámina de vacío 20 se genera un vacío o una presión negativa fuerte que se 20 origina al aspirarse el aire a través del canal de aspiración 52. La aspiración se produce además en una superficie relativamente grande por distribución a través del segundo medio de distribución 54 dentro de la pieza de presión 48.

La infusión del material de plástico líquido se lleva a cabo a través de los canales de alimentación 60. El material 25 plástico líquido llega desde aquí a través de los orificios de salida 62 al tercer medio de distribución 58 y se distribuye dentro de las distintas capas 24, 28, 30, 32 del primer material de fibra y dentro del mat de fibras aleatorias 38 y de la rejilla de cobre 40 del primer medio de distribución 36. Este proceso de distribución transcurre con mucha rapidez, por ejemplo, en 20 segundos o menos, debido a la resistencia al flujo relativamente pequeña de estas capas de material. Las dos capas 44 del primer material de plástico, que están dispuestas por encima del primer medio de distribución 36, se impregnan también muy rápidamente. Por tanto, se configura un frente de flujo 30 esencialmente plano que está dispuesto en horizontal y que impregna el material de fibra de carbono 46 de manera uniforme y con una dirección de flujo de abajo hacia arriba. Este proceso de impregnación tiene una duración esencialmente más larga, por ejemplo, 15 minutos o más.

Lista de los números de referencia utilizados

- 35 10. Molde de semiconcha
12. Extremo del lado de la punta de pala
- 40 14. Extremo del lado de la raíz de pala
16. Parte de pala de rotor de turbina eólica
18. Molde
- 45 20. Lámina de vacío
24. Capa inferior del primer material de fibra
- 50 26. Primera anchura
28. Segunda capa del primer material de fibra
30. Tercera capa del primer material de fibra
- 55 32. Cuarta capa del primer material de fibra
34. Tercera anchura

- 36. Primer medio de distribución
- 38. Mat de fibras aleatorias
- 5 40. Rejilla de cobre
- 42. Segunda anchura
- 44. Otras capas del primer material de fibra
- 10 46. Material de fibra de carbono
- 48. Pieza de presión
- 15 50. Placa de presión
- 52. Canal de aspiración
- 54. Segundo medio de distribución
- 20 56. Sección de conexión
- 58. Tercer medio de distribución
- 25 60. Canal de alimentación
- 62. Orificio de salida
- 64. Junta
- 30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar una parte de pala de rotor de turbina eólica (16) con un larguero principal reforzado con fibra de carbono que comprende las siguientes etapas:
- 5
- preparar un molde (18),
 - colocar al menos una capa (24) de un primer material de fibra en el molde (18), en el que el primer material de fibra se extiende por una primera anchura (26),
- 10
- colocar un primer medio de distribución (36) en el molde (18) por encima de la al menos una capa (24) del primer material de fibra,
 - colocar una pluralidad de capas de un material de fibra de carbono (46) en el molde (18) por encima del primer
- 15 medio de distribución (36), extendiéndose las capas del material de fibra de carbono (46) por una segunda anchura (42) menor que la primera anchura (26), de modo que secciones de conexión (56) del primer material de fibra sobresalen del material de fibra de carbono (46) en ambos lados del material de fibra de carbono (46), diferenciándose el material de fibra de carbono (46) del primer material de fibra,
- 20
- colocar un segundo medio de distribución (54) y disponer al menos un canal de aspiración (52) por encima del material de fibra de carbono (46),
 - disponer canales de alimentación (60) en la zona de las secciones de conexión (56),
- 25
- cerrar el molde (18),
 - aspirar el aire del molde (18) a través del al menos un canal de aspiración (52) y
 - alimentar un material de plástico líquido, que se endurece, a través de los canales de alimentación (60).
- 30
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el primer medio de distribución (36), colocado en el molde (18), se extiende al menos por la segunda anchura (42).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado porque** la resistencia al flujo, que oponen el primer material de fibra y el primer medio de distribución (36) con respecto al material de plástico líquido, se selecciona y se ajusta a la resistencia al flujo del material de fibra de carbono (46) de manera que dentro del material de fibra de carbono (46) se configura un frente de flujo esencialmente plano que se extiende en horizontal por la segunda anchura (42).
- 35
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la resistencia al flujo, que oponen el primer material de fibra y el primer medio de distribución (36) con respecto al material de plástico líquido, y la viscosidad del material de plástico líquido están ajustadas entre sí de manera que la al menos una capa (24) del primer material de fibra y el primer medio de distribución (36) quedan impregnados completamente con el material de plástico líquido en 60 segundos o menos después de salir por primera vez el material de plástico líquido
- 40
- 45 a través de los canales de alimentación (60).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el material de fibra de carbono (46) no sobresale lateralmente del primer medio de distribución (36).
- 50
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** se configuran orificios de salida (62) de los canales de alimentación (60) por encima o por el lateral de las secciones de conexión (56) al disponerse los canales de alimentación (60) en la zona de las secciones de conexión (56).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** por encima de las
- 55 secciones de conexión (56) se dispone un tercer medio de distribución (58) que se extiende hasta el primer medio de distribución (36) y al disponerse los canales de alimentación (60) en la zona de las secciones de conexión (56) se disponen orificios de salida (62) de los canales de alimentación (60) de manera que colindan directamente con el tercer medio de distribución (58).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la pluralidad de capas del material de fibra de carbono (46) presenta un espesor de 20 mm o más.
- 5 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** por encima del segundo medio de distribución (54) se coloca una placa de presión (50) en el molde (18).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** al colocarse la al menos una capa (24) del primer material de fibra se colocan varias capas (24, 28, 30, 32) del primer material de fibra, presentando al menos una de las capas la primera anchura (26) y presentando al menos otra capa (30, 32), dispuesta por encima de esta capa, una tercera anchura (34) menor que la primera anchura (26) y mayor que la segunda anchura (42), de modo que al menos una de las secciones de conexión (56) presenta un escalón.
- 10 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** el primer medio de 15 distribución (36) presenta un medio de distribución textil (38).
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** el primer medio de distribución (36) presenta un material conductor de electricidad.
- 20 13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** al menos una capa (44) de un material de fibra no conductor de electricidad se dispone entre el material conductor de electricidad y el material de fibra de carbono (46).
14. Procedimiento para fabricar una semiconcha de una pala de rotor de turbina eólica con las siguientes 25 etapas:
- fabricar una parte de pala de rotor de turbina eólica (16) con un larguero principal reforzado con fibra de carbono de acuerdo con el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13,
- 30 • extraer la parte de pala de rotor de turbina eólica (16) del molde (18),
- colocar la parte de pala de rotor de turbina eólica (16) en un molde de semiconcha (10),
 - colocar una pluralidad de capas de un material de fibra en el molde de semiconcha (10) en ambos lados de la parte 35 de pala de rotor de turbina eólica (16) y al menos parcialmente sobre las secciones de conexión (56),
 - cerrar el molde de semiconcha (10), e
 - infundir un material de plástico líquido, que se endurece, en un procedimiento de infusión al vacío.

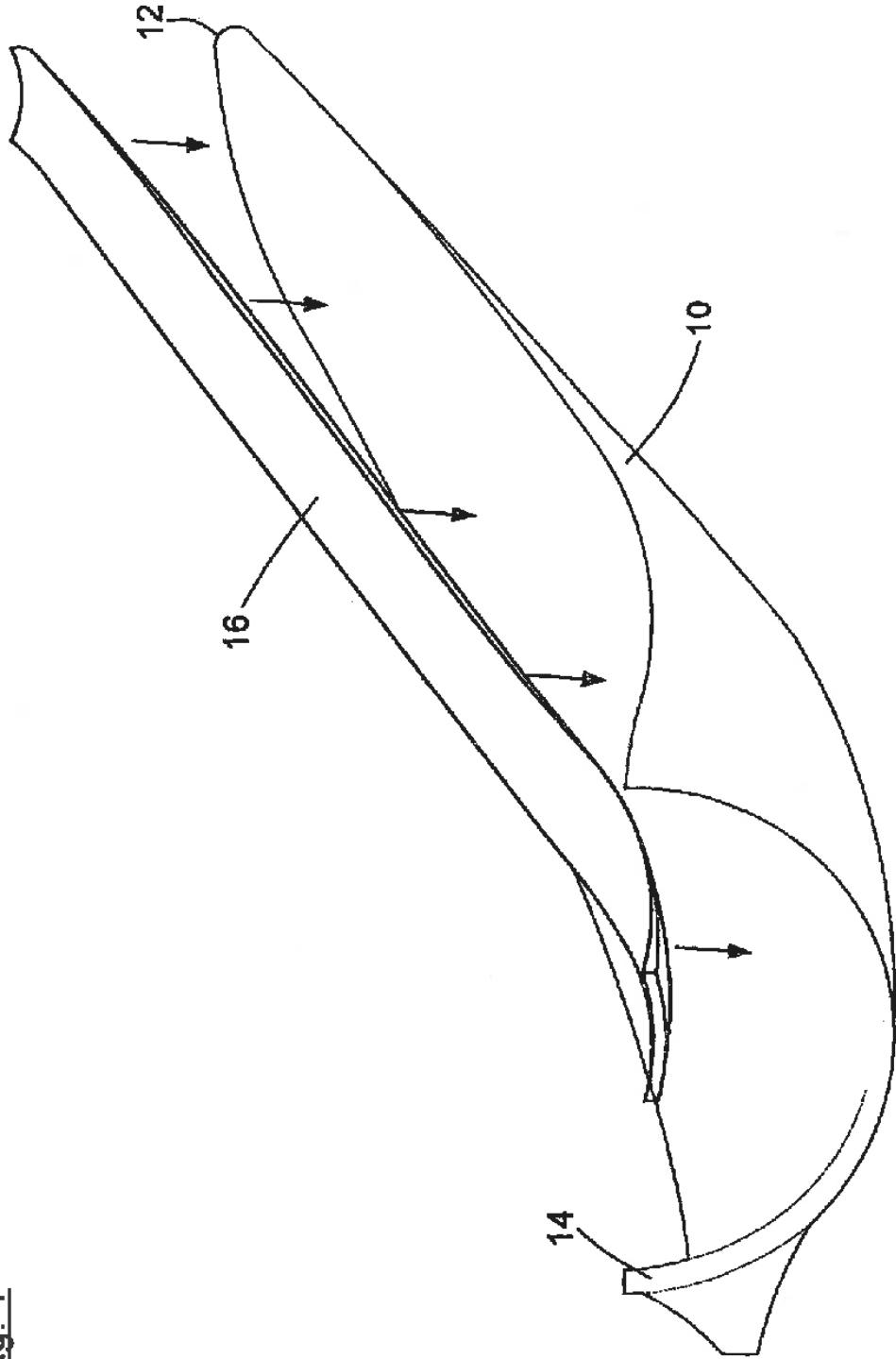


Fig. 1

Fig. 2

