

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 030 137**

51 Int. Cl.:

B29D 99/00 (2010.01)

B29C 70/52 (2006.01)

B29C 70/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.02.2022** E **22156266 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2025** EP **4227075**

54 Título: **Placas de pultrusión híbridas para una tapa de larguero conductora de una pala de turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.06.2025

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

72 Inventor/es:
JESPERSEN, KLAVS;
BAVILOLIAIE, MAHDÍ y
LILLEHEDEN, LARS

74 Agente/Representante:
DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 3 030 137 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

Placas de pultrusión híbridas para una tapa de larguero conductora de una pala de turbina eólica

5 **Campo de la invención**

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un componente de concha de pala de turbina eólica y a una estructura de refuerzo, tal como una tapa de larguero, para una pala de turbina eólica, comprendiendo la estructura de refuerzo una pluralidad de placas de pultrusión.

10

Antecedentes de la invención

[0002] El cambio climático ha creado una necesidad urgente de energía sostenible, poniendo de relieve la energía eólica como una fuente de energía limpia y rentable. Las turbinas eólicas comprenden típicamente una torre, un generador, una caja de engranajes, una góndola y una o más palas de rotor, que capturan la energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos. Con la creciente demanda de energía, las turbinas eólicas modernas pueden tener potencias nominales superiores a 10 MW y pueden tener palas de rotor que superan los 100 metros de longitud.

15

[0003] Las palas de turbina eólica están hechas típicamente de un material polimérico reforzado con fibra y comprenden una mitad de concha del lado de presión y una mitad de concha del lado de succión. El perfil en sección transversal de una pala típica incluye un perfil alar para crear un flujo de aire que da lugar a una diferencia de presión entre ambos lados. La fuerza de sustentación resultante genera un par de torsión para producir electricidad. Las palas de turbina eólica se fabrican normalmente formando dos partes de concha o mitades de concha a partir de capas de tejido o fibra y resina. Las tapas de larguero o laminados principales se colocan o integran en las mitades de concha y se pueden combinar con almas a cortante ("shear webs") o vigas de larguero para formar miembros de soporte estructural. Las tapas de larguero o los laminados principales se pueden unir a, o integrar dentro de, el interior de las mitades de succión y de presión de la concha.

20

25

[0004] A medida que se incrementa el tamaño de las palas de turbina eólica, surgen diversos desafíos debido a que las palas están sujetas a fuerzas incrementadas durante la operación, lo que requiere estructuras de refuerzo mejoradas. En algunas soluciones conocidas, se usan tiras fibrosas pultruidas de material para diseñar tapas de larguero. La pultrusión es un proceso continuo en el que se arrastran fibras a través de un suministro de resina líquida y, a continuación, se calientan en una cámara donde se cura la resina. Dichas tiras pultruidas se pueden cortar con cualquier longitud deseada. Como tal, el proceso de pultrusión se caracteriza, típicamente, por un proceso continuo que produce piezas compuestas que tienen una sección transversal constante. Por tanto, una pluralidad de pultrusiones se pueden infundir al vacío conjuntamente en un molde para formar las tapas de larguero.

30

35

[0005] Típicamente, una tapa de larguero de una pala de turbina eólica está hecha de pultrusiones de carbono o de pultrusiones de vidrio. Las fibras de carbono son típicamente más ligeras que las fibras de vidrio en volumen y tienen una resistencia mejorada a la tracción y a la compresión. Uno de los desafíos de la fabricación de palas de turbina eólica es que un sistema de protección contra rayos de la pala a menudo requiere que al menos algunos componentes de pala tengan una conductividad eléctrica suficientemente alta a través del grosor de los componentes, tales como secciones de refuerzo, como las tapas de larguero. Por tanto, sigue habiendo la necesidad de una tapa de larguero pultruida mejorada y de un procedimiento para incorporar dicha tapa de larguero en una pala de turbina eólica.

40

45

[0006] El documento CN 113738571 A divulga una placa de pultrusión mixta de carbono y vidrio para una viga principal que comprende una pluralidad de placas de pultrusión mixtas de carbono y vidrio y una pluralidad de primeros tejidos conductores. La pluralidad de placas de pultrusión mixtas de carbono y vidrio se apilan a lo largo de la dirección de anchura y la dirección de grosor y un primer tejido conductor se coloca entre dos capas contiguas de placas de pultrusión mixtas de carbono y vidrio. Los primeros tejidos conductores sobresalen de las capas correspondientes de placas de pultrusión mixtas de carbono y vidrio y se adhieren hacia abajo o hacia arriba a las superficies laterales de las placas de pultrusión mixtas de carbono y vidrio, de modo que dos capas contiguas de primeros tejidos conductores se superponen.

50

55

[0007] Además, un desafío existente de los procesos de pultrusión conocidos es obtener una colocación correcta y coherente del material de fibra. Algunas de las técnicas conocidas dificultan el control de la localización de las fibras y el mantenimiento de su correcta distribución dentro del artículo pultruido.

60

[0008] Por tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar una pala de turbina eólica con una estructura de refuerzo mejorada, tal como una tapa de larguero, y proporcionar un procedimiento para fabricar dicha estructura de refuerzo que permita un control mejorado de la arquitectura de los artículos pultruidos.

65

[0009] Otro objetivo de la presente invención es proporcionar una disposición optimizada de los materiales usados en la fabricación de una tapa de larguero.

[0010] Otro objetivo de la presente invención es proporcionar una estructura de refuerzo para una pala de turbina eólica que sea una estructura rentable y tenga características de material optimizadas para su uso en un sistema de protección contra rayos de la pala.

[0011] Otro objetivo de la presente invención es proporcionar una estructura de refuerzo adecuada para una pala de turbina eólica que se pueda fabricar de manera eficiente.

Breve explicación de la invención

[0012] Se ha descubierto que uno o más de los objetivos antes mencionados se pueden obtener proporcionando un procedimiento de fabricación de un componente de concha de pala de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de

proporcionar una pluralidad de placas de pultrusión, en las que cada placa de pultrusión comprende una superficie superior, una superficie inferior opuesta y dos superficies laterales,

disponer las placas de pultrusión sobre un material de concha de pala en un molde para el componente de concha de pala, y

unir las placas de pultrusión con el material de concha de pala para formar el componente de concha de pala,

en las que cada placa de pultrusión está formada por un material de fibra de pultrusión que comprende un material de fibra de vidrio y un material de fibra de carbono, en las que el material de fibra de carbono se proporciona a lo largo de todas las superficies laterales de la placa de pultrusión, y en las que el material de fibra de vidrio se selecciona de

un tejido de fibra de vidrio,

una preforma de fibra de vidrio que comprende una disposición consolidada de fibras de vidrio y un agente aglutinante, y

una pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina ("foil"),

o combinaciones de los mismos.

[0013] Se ha descubierto que este procedimiento permite un control significativamente mejorado de la arquitectura de la placa de pultrusión, en particular con respecto al correcto posicionamiento del material de fibra de carbono y del material de fibra de vidrio. Dado que el material de fibra de vidrio se mantiene unido o consolidado, preferiblemente en el centro de la placa de pultrusión, se puede garantizar que el material de fibra de carbono contiguo o circundante se distribuya y mantenga en la localización correcta. El uso de uno o más de los enfoques sugeridos para consolidar o mantener unido el material de fibra de vidrio, es decir, proporcionar (i) un tejido de fibra de vidrio, (ii) una preforma de fibra de vidrio que comprende una disposición consolidada de fibras de vidrio y un agente aglutinante, o (iii) una pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina, proporciona una distribución uniforme y bien definida del material de fibra de carbono en el proceso de pultrusión híbrida. Esto, a su vez, es fundamental para el uso previsto de las placas de pultrusión, es decir, como parte de un sistema de protección contra rayos de la pala de turbina eólica.

[0014] Adicionalmente, se ha descubierto que este procedimiento y estructura de la placa de pultrusión mejoran las propiedades de protección contra rayos y el rendimiento estructural de la pala. En particular, se ha descubierto que la presente solución reduce el riesgo de que la viga de larguero de pultrusión se abocine. Por tanto, se pueden mejorar las prestaciones estructurales y de protección contra rayos con un coste mínimo de material. Las fibras de carbono tienen normalmente una alta conductividad eléctrica y una alta rigidez por peso. Estas propiedades son deseables en la tapa de larguero de una pala de turbina eólica. Sin embargo, las desventajas de las fibras de carbono incluyen una deformación hasta el fallo relativamente baja y un precio comparativamente elevado por kilo. Las fibras de vidrio son típicamente más baratas y tienen una mayor deformación hasta el fallo. Sin embargo, la conductividad eléctrica de las fibras de vidrio es mínima y la rigidez por peso es significativamente menor.

[0015] En particular, se prefiere que el material de fibra de vidrio de la placa de pultrusión esté rodeado por el material de fibra de carbono. Preferiblemente, el material de fibra de vidrio de la placa de pultrusión está rodeado por el material de fibra de carbono a lo largo de las superficies laterales y a lo largo de las superficies superior e inferior de la placa de pultrusión. En un modo de realización preferido de la placa de pultrusión, el tejido de fibra de vidrio, la preforma de fibra de vidrio o la pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina, se encapsulan con fibras de carbono.

5 [0016] En un modo de realización preferido, el material de fibra de vidrio es un tejido de fibra de vidrio. En un modo de realización preferido, el tejido de fibra de vidrio es un tejido cosido, un tejido trenzado, un tejido de punto, un material no tejido o una estera de filamento continuo. En algunos modos de realización, el tejido de fibra de vidrio es un tejido UD que está trenzado o cosido.

10 [0017] En un modo de realización preferido, el material de fibra de vidrio es una preforma de fibra de vidrio que comprende una disposición consolidada de fibras de vidrio y un agente aglutinante. La preforma de fibra de vidrio comprende, preferiblemente, un material de fibra de vidrio que está unido entre sí, al menos parcialmente, por medio del agente aglutinante, en el que el agente aglutinante está presente, preferiblemente, en una cantidad de 0,1-15 % en peso con respecto al peso del material de fibra de la preforma. En algunos modos de realización, el material de fibra de vidrio comprende, o consiste en, hebras de fibra de vidrio. En un modo de realización preferido, el agente aglutinante está presente en una cantidad de 0,1-15 % en peso con respecto al peso del material de fibra. En algunos modos de realización, el agente aglutinante es un agente aglutinante termoplástico. Típicamente, para formar la preforma, el material de fibra se une entre sí, al menos parcialmente, por medio del agente aglutinante mediante unión térmica. El agente aglutinante para preparar la preforma puede ser un aglutinante en polvo, tal como un aglutinante en polvo termoplástico.

20 [0018] En un modo de realización preferido, el agente aglutinante de la preforma está presente en una cantidad de 0,5-10 % en peso, preferiblemente 0,5-5 % en peso, más preferiblemente 0,5-3,5 % en peso, con respecto al peso del material de fibra en la preforma. El agente aglutinante también puede comprender dos o más sustancias diferentes. De acuerdo con otro modo de realización, el punto de fusión del agente aglutinante se sitúa entre 40 °C y 220 °C, preferiblemente entre 40 °C y 180 °C, tal como entre 40 °C y 170 °C, o entre 40 °C y 160 °C. De acuerdo con un modo de realización preferido, el agente aglutinante comprende un poliéster, preferiblemente un poliéster bisfenólico. Un ejemplo de dicho agente aglutinante es un poliéster comercializado bajo el nombre NEOXIL 940. Algunos ejemplos incluyen NEOXIL 940 PMX, NEOXIL 940 KS 1 y NEOXIL 940 HF 2B, todos fabricados por DSM Composite Resins AG. Preferiblemente, el agente aglutinante es un poliéster, preferiblemente un poliéster bisfenólico. En otros modos de realización, el agente aglutinante es un adhesivo termofusible o está basado en una resina preimpregnada.

30 [0019] En un modo de realización preferido, la preforma de fibra de vidrio comprende múltiples capas de fibra de vidrio apiladas una encima de otra. Las múltiples capas de fibra de vidrio, tales como tres o más capas de fibra de vidrio, se pueden consolidar o unir entre sí mediante, por ejemplo, un agente aglutinante o un adhesivo, o mediante una costura. En un modo de realización preferido, la preforma de fibra de vidrio comprende hebras de fibra de vidrio.

35 [0020] En otro modo de realización preferido, el material de fibra de vidrio de la placa de pultrusión comprende una pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina o combinaciones de los mismos.

40 [0021] Se prefiere que el tejido de fibra de vidrio, la preforma de fibra de vidrio o la pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina, tengan una forma sustancialmente de losa. En un modo de realización preferido, el tejido de fibra de vidrio, la preforma de fibra de vidrio o la pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina tiene una forma de cuboide rectangular. Típicamente, el tejido de fibra de vidrio, la preforma de fibra de vidrio o la pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina, tendrán una sección transversal rectangular.

45 [0022] También se prefiere que el tejido de fibra de vidrio, la preforma de fibra de vidrio y/o la pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina, se formen antes del proceso de pultrusión.

50 [0023] Por tanto, el tejido de fibra de vidrio, la preforma de fibra de vidrio y/o la pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina, se usan en el proceso de pultrusión, preferiblemente como material de refuerzo central o de núcleo, preferiblemente en combinación con una pluralidad de haces ("tows") de fibra de carbono.

55 [0024] En un modo de realización preferido, el material de fibra de carbono de la placa de pultrusión comprende una pluralidad de haces de material de fibra de carbono, y en el que se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de todas las superficies laterales de la placa de pultrusión.

60 [0025] En un modo de realización preferido, la proporción de material de fibra de carbono con respecto al material de fibra de vidrio en la placa de pultrusión está entre 1/5 y 1/1, preferiblemente entre 1/4 y 1/1. Se ha descubierto que esto proporciona propiedades optimizadas de la placa de pultrusión en términos de conductividad eléctrica y rigidez general. En algunos modos de realización, un material conductor, tal como una capa biaxial de carbono, un velo de carbono o un tejido híbrido de vidrio/carbono o un velo híbrido de vidrio/carbono, se usa para conectar eléctricamente las placas de pultrusión transversalmente dentro de un apilamiento de placas de pultrusión contiguas. Esto se puede implementar como una capa intermedia entre placas de pultrusión o solo como la primera y/o última capa en el apilamiento de placas de pultrusión.

- 5 [0026] La etapa de disponer las placas de pultrusión sobre el material de concha de pala en un molde para el componente de concha de pala comprende preferiblemente disponer las placas de pultrusión en apilamientos contiguos de placas de pultrusión, donde el término "contiguo" se refiere a una dirección sustancialmente de cuerda. Estos apilamientos se extienden normalmente en una dirección sustancialmente de envergadura de la mitad de concha. La etapa de unir las placas de pultrusión con el material de concha de pala para formar el componente de concha de pala comprende normalmente una etapa de infusión de resina en la que las placas de pultrusión y el material de concha de pala se infunden con una resina, por ejemplo en un proceso VARTM.
- 10 [0027] En el presente documento, los términos haces y hebras se usan de manera intercambiable. En algunos modos de realización, cada haz comprende una pluralidad de filamentos de carbono, en el que cada filamento comprende una capa exterior de apresto ("sizing"). Además, cada placa de pultrusión comprende preferiblemente una resina o agente aglutinante que se usa en el proceso de pultrusión para unir el material de fibra de carbono y el material de fibra de vidrio en una única cadena de pultrusión. Preferiblemente, cada placa de pultrusión
- 15 comprende una matriz de haces de fibra dispuestos en columnas y filas, como se ve en una sección transversal vertical de la placa. Por tanto, el material de fibra de pultrusión puede comprender fibras de vidrio, fibras de carbono, una resina o agente aglutinante y, opcionalmente, material de refuerzo adicional. Típicamente, la placa de pultrusión tiene una sección transversal constante a lo largo de su longitud.
- 20 [0028] Se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de todas las superficies laterales de la placa de pultrusión, es decir, desde la superficie superior hasta la superficie inferior. Por tanto, se prefiere, en particular, que las superficies laterales de la placa de pultrusión no contengan material de fibra de vidrio.
- 25 [0029] Cada apilamiento de placas de pultrusión puede comprender entre 2 y 30, tal como entre 5 y 20, placas de pultrusión dispuestas sucesivamente una encima de otra. Por tanto, cada apilamiento se extenderá normalmente en una dirección de envergadura de la pala. En una sección central entre un extremo de raíz y un extremo de punta, cada apilamiento puede comprender entre 8 y 15 capas de placas de pultrusión, mientras que hacia el extremo de raíz y hacia el extremo de punta, el número de placas de pultrusión en capas puede disminuir
- 30 a 1-3. Por tanto, el apilamiento de placas de pultrusión se estrecha preferiblemente tanto hacia el extremo de raíz como hacia el extremo distal. Dicha configuración permite, de forma ventajosa, obtener un perfil coherente con el perfil de grosor de la concha. Típicamente, dos o más, o tres o más apilamientos de placas de pultrusión están dispuestos uno al lado del otro, contiguos entre sí, en una dirección sustancialmente de cuerda. Típicamente, una resina se infundirá en el apilamiento de placas de pultrusión. Esto se puede hacer, por ejemplo, mediante moldeo
- 35 por transferencia de resina asistido por vacío.
- [0030] El componente de concha de pala es normalmente una mitad de concha, tal como una mitad de concha con una estructura de refuerzo, tal como una tapa de larguero. El material de concha de pala puede incluir una o más capas de fibra y/o un revestimiento de gel. La pluralidad de placas de pultrusión se extenderán típicamente
- 40 en una dirección de envergadura de la mitad de concha o de la pala. Por tanto, al menos algunas de las placas de pultrusión tienen, preferiblemente, una longitud correspondiente al 60-95 % de la longitud de pala. Típicamente, una resina polimérica se infunde en las placas de pultrusión tras su colocación en la mitad de concha.
- [0031] En un modo de realización preferido, el material de fibra de pultrusión comprende una pluralidad de haces de material de fibra de carbono. En un modo de realización preferido, cada haz comprende de 10.000 a 100.000 filamentos, preferiblemente de 20.000 a 60.000 filamentos, de fibra de carbono.
- 45 [0032] En un modo de realización preferido, los haces de material de fibra de carbono se extienden sustancialmente paralelos entre sí dentro de la placa de pultrusión. En un modo de realización preferido, los haces de material de fibra de carbono están dispuestos en una matriz, preferiblemente una matriz regular, de filas y columnas de haces, como se ve en una sección transversal vertical de la placa de pultrusión. Las filas se extenderán típicamente en una dirección sustancialmente horizontal o de cuerda, mientras que las columnas se extenderán típicamente en una dirección sustancialmente vertical o en el sentido perpendicular al eje entre el borde de ataque y salida. La matriz de filas y columnas de haces será típicamente constante a lo largo de la placa de
- 50 pultrusión.
- [0033] En un modo de realización preferido, los haces de material de fibra de carbono están dispuestos en una pluralidad de filas de haces y, opcionalmente, una pluralidad de columnas de haces, como se ve en una sección transversal vertical de la placa de pultrusión.
- 55 [0034] En un modo de realización preferido, las superficies laterales de cada placa de pultrusión no contienen fibras de vidrio, proporcionando preferiblemente una ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de los bordes laterales de la placa de pultrusión, extendiéndose la ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono desde la superficie superior hasta la superficie inferior opuesta de la placa de pultrusión. En algunos modos de realización, los haces adyacentes de material de fibra de carbono se extienden desde cada superficie lateral hacia el interior a lo largo de una distancia horizontal o de cuerda de 2-25
- 60
- 65

mm, preferiblemente de 2-12 mm. En algunos modos de realización, dicha distancia horizontal o de cuerda es más larga, por ejemplo, de 8-12 mm en las superficies superior e inferior de la placa de pultrusión, y más corta hacia el punto central de cada superficie lateral, tal como de 1-4 mm.

5 [0035] En un modo de realización preferido, el material de fibra de vidrio y la pluralidad de haces de material de fibra de carbono forman un patrón no aleatorio, preferiblemente un patrón simétrico, como se ve en una sección transversal vertical de la placa de pultrusión. Típicamente, el patrón es constante a lo largo de la placa de pultrusión. En otro modo de realización preferido, el patrón comprende una o más columnas verticales de haces de fibra de carbono que se extienden desde la superficie superior hasta la superficie inferior de la placa de pultrusión, como se ve en una sección transversal vertical de la placa de pultrusión. Se prefiere que el patrón tenga simetría reflexiva o simetría bilateral como la que aparece en la sección transversal vertical de la placa de pultrusión, de modo que los lados izquierdo y derecho sean imágenes especulares entre sí.

15 [0036] En un modo de realización preferido, las placas de pultrusión están dispuestas en apilamientos contiguos de placas de pultrusión, y en las que una ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono se extiende desde la superficie superior de la placa de pultrusión dispuesta más arriba hasta la superficie inferior de la placa de pultrusión dispuesta más abajo de cada apilamiento de placas de pultrusión. Dicha ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono dentro del apilamiento es, preferiblemente, una ruta eléctricamente conductora. Por tanto, todo el apilamiento puede conducir la corriente de un rayo desde la superficie superior del apilamiento hasta la superficie inferior del apilamiento, preferiblemente en una dirección sustancialmente vertical o en el sentido perpendicular al eje entre el borde de ataque y salida.

25 [0037] Se prefiere, en particular, que las placas de pultrusión y la estructura de refuerzo que comprende las placas de pultrusión no comprendan haces aislados de material de fibra de carbono, tales como haces de material de fibra de carbono que no estén acoplados eléctricamente a otro haz de material de fibra de carbono. Por tanto, en un modo de realización preferido en particular, todos los haces de material de fibra de carbono dentro de la placa de pultrusión están acoplados eléctricamente, es decir, proporcionan una ruta de conducción para la energía eléctrica, tal como la corriente de un rayo, entre los haces de material de fibra de carbono. Se ha descubierto que esto evita de manera eficaz las descargas eléctricas dentro de la tapa de larguero cuando la pala es alcanzada por un rayo, evitando por tanto daños en la placa de pultrusión y a la estructura de refuerzo, tal como la tapa de larguero.

35 [0038] En algunos modos de realización, las placas de pultrusión apiladas se unen previamente entre sí antes de unirse a la concha de pala. De forma alternativa, las placas de pultrusión apiladas se unen a los materiales de concha de pala. En un modo de realización preferido, las placas de pultrusión apiladas se unen al material de concha de pala mediante un adhesivo o en un proceso de moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM).

40 [0039] Normalmente, las superficies superior e inferior están orientadas en direcciones opuestas en el sentido perpendicular al eje entre el borde de ataque y salida, mientras que la superficie lateral está orientada típicamente hacia el borde de salida y hacia el borde de ataque de la mitad de pala, respectivamente. Los autores de la presente invención han descubierto que un sistema de protección contra rayos eficiente se beneficia de que los materiales de fibra de carbono conductores se conecten eléctricamente y/o físicamente por toda la estructura de refuerzo, en particular en dirección vertical o en el sentido perpendicular al eje entre el borde de ataque y salida, a lo largo de los bordes laterales de las placas de pultrusión apiladas, para garantizar que no se produzcan descargas eléctricas dentro de la tapa de larguero cuando la pala es alcanzada por un rayo. Por tanto, resulta ventajoso que la conductividad eléctrica a través del grosor de las placas de pultrusión sea relativamente alta. Por tanto, la ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono que se extienden desde la superficie superior hasta la superficie inferior opuesta de la placa de pultrusión puede proporcionar de forma ventajosa una ruta eléctricamente conductora, en particular para la caída de rayos, por toda la dirección vertical de la placa de pultrusión. En un modo de realización preferido, la ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono se extiende sustancialmente de manera vertical dentro de la placa de pultrusión.

55 [0040] En un modo de realización preferido, haces adyacentes de material de fibra de carbono se refieren a haces adyacentes de material de fibra de carbono que están separados en una distancia no mayor a 100 μm , tal como no más de 50 μm , preferiblemente no más de 30 μm , tal como no más de 20 μm , preferiblemente no más de 10 μm . Se ha descubierto que dichas distancias máximas proporcionan una ruta que conduce electricidad de manera suficiente entre haces adyacentes de material de fibra de carbono.

60 [0041] En un modo de realización particularmente preferido, la distancia entre haces adyacentes de material de fibra de carbono es menor que 100 μm , preferiblemente menor que 50 μm , más preferiblemente menor que 20 μm , lo más preferiblemente menor que 10 μm . En algunos modos de realización, la distancia entre haces adyacentes de material de fibra de carbono es cero.

65 [0042] En un modo de realización preferido, se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de la superficie superior de cada placa de pultrusión. En otro modo de realización preferido, se

proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de la superficie inferior de cada placa de pultrusión. Los haces adyacentes de material de fibra de carbono se pueden extender desde la superficie superior y desde la superficie inferior, respectivamente, hacia adentro a lo largo de una distancia vertical de 1-3 mm, tal como 1,5-2,0 mm.

5

[0043] En un modo de realización preferido, se proporcionan varias columnas contiguas de haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de todas las superficies laterales de la placa de pultrusión.

10

[0044] En un modo de realización preferido, una fila continua, preferiblemente horizontal de manera sustancial, de haces adyacentes de material de fibra de carbono se extiende entre las superficies laterales, estando dicha fila continua separada de la superficie superior y de la superficie inferior de la placa de pultrusión.

15

[0045] En otro aspecto, la presente invención se refiere a una placa de pultrusión que comprende una superficie superior, una superficie inferior opuesta y dos superficies laterales, en la que la placa de pultrusión está formada por un material de fibra de pultrusión que comprende un material de fibra de vidrio y un material de fibra de carbono, en la que el material de fibra de carbono se proporciona a lo largo de todas las superficies laterales de la placa de pultrusión, y en la que el material de fibra de vidrio se selecciona de

20

un tejido de fibra de vidrio,

una preforma de fibra de vidrio que comprende una disposición consolidada de fibras de vidrio y un agente aglutinante, y

25

una pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina.

30

[0046] En un modo de realización preferido de la placa de pultrusión, la preforma de fibra de vidrio comprende múltiples capas de fibra de vidrio apiladas una encima de otra. En un modo de realización preferido de la placa de pultrusión, el tejido de fibra de vidrio es un tejido cosido, un tejido trenzado, un tejido de punto, un material no tejido o una estera de filamento continuo. En un modo de realización preferido, la preforma de fibra de vidrio comprende hebras de fibra de vidrio.

35

[0047] Preferiblemente, el material de fibra de carbono comprende una pluralidad de haces de material de fibra de carbono, y en el que se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de todas las superficies laterales de la placa de pultrusión. En un modo de realización preferido, los haces de material de fibra de carbono están dispuestos en una pluralidad de filas de haces y, opcionalmente, una pluralidad de columnas de haces, como se ve en una sección transversal vertical de la placa de pultrusión.

40

[0048] En un modo de realización preferido, las superficies laterales de la placa de pultrusión no contienen fibras de vidrio, proporcionando preferiblemente una ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de los bordes laterales de la placa de pultrusión, extendiéndose la ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono desde la superficie superior hasta la superficie inferior opuesta de la placa de pultrusión.

45

[0049] En un modo de realización preferido, el material de fibra de vidrio y el material de fibra de carbono forman un patrón no aleatorio, preferiblemente un patrón simétrico, como se ve en una sección transversal vertical de la placa de pultrusión.

50

[0050] En otro aspecto, la presente invención se refiere a una estructura de refuerzo para una pala de turbina eólica, comprendiendo la estructura de refuerzo una pluralidad de placas de pultrusión de acuerdo con la presente invención.

55

[0051] En otro aspecto, la presente invención se refiere a una placa de pultrusión que comprende una superficie superior, una superficie inferior opuesta y dos superficies laterales, en la que la placa de pultrusión está formada por un material de fibra de pultrusión que comprende un material de fibra de vidrio y una pluralidad de haces de material de fibra de carbono, y en la que se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de toda la superficie superior y a lo largo de toda la superficie inferior de la placa de pultrusión. La presente invención también se refiere a un procedimiento de fabricación de un componente de concha de pala de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de proporcionar una pluralidad de placas de pultrusión, en las que cada placa de pultrusión comprende una superficie superior, una superficie inferior opuesta y dos superficies laterales, disponer las placas de pultrusión sobre un material de concha de pala en un molde para el componente de concha de pala, y unir las placas de pultrusión con el material de concha de pala para formar el componente de concha de pala, en las que cada placa de pultrusión está formada por un material de fibra de pultrusión que comprende un material de fibra de vidrio, tal como un tejido de fibra de vidrio o una preforma de fibra de vidrio, y una pluralidad de haces de material de fibra de carbono, y en las que se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de toda la superficie superior y a lo largo de toda la superficie inferior de la placa de pultrusión.

65

[0052] Las superficies superior e inferior de la placa de pultrusión pueden estar cubiertas con un tejido pelable. En un modo de realización preferido, las placas de pultrusión tienen una longitud que corresponde a la longitud total de una tapa de larguero para una concha de pala de turbina eólica. En un modo de realización preferido, las placas de pultrusión se unen al material de concha de pala en un proceso de infusión de resina.

[0053] En un aspecto, la presente invención se refiere a un componente de concha de pala de turbina eólica, tal como una mitad de concha, que se puede obtener mediante el procedimiento de la presente invención. La presente invención también se refiere a una pala de turbina eólica que tiene una concha del lado de presión y una concha del lado de succión, en las que las conchas del lado de succión y del lado de presión están unidas a lo largo de un borde de ataque y un borde de salida de la pala. Uno o ambos componentes de concha del lado de succión y del lado de presión incluyen además una estructura de refuerzo, tal como una tapa de larguero unida a una superficie interior de la concha, en la que la tapa de larguero incluye una pluralidad de placas de pultrusión de acuerdo con la presente invención. Las placas de pultrusión tienen preferiblemente una longitud continua e ininterrumpida a lo largo de toda la longitud de la tapa de larguero.

[0054] En un modo de realización preferido, la placa de pultrusión tiene una sección transversal rectangular. En un modo de realización preferido, la placa de pultrusión tiene la forma de un cuboide rectangular. La placa de pultrusión tiene una longitud que se extiende típicamente en una dirección sustancialmente de envergadura cuando la placa de pultrusión está dispuesta en la concha de pala. La placa de pultrusión también tiene una anchura que se extiende típicamente en una dirección sustancialmente de cuerda cuando la placa de pultrusión está dispuesta en la concha de pala. La placa de pultrusión también tiene una altura o grosor que se extiende típicamente en una dirección sustancialmente en el sentido perpendicular al eje entre el borde de ataque y salida cuando la placa de pultrusión está dispuesta en la concha de pala. El grosor de la placa de pultrusión está comprendido preferiblemente entre 3 y 10 mm, más preferiblemente entre 4 y 7 mm. La longitud de la placa es típicamente su mayor dimensión. La longitud de la placa se extiende en la misma dirección que su eje longitudinal.

[0055] La longitud de la placa de pultrusión está comprendida típicamente entre 50 y 150 metros, preferiblemente entre 50 y 100 metros, más preferiblemente entre 70 y 100 metros. La altura/grosor de la placa de pultrusión está comprendida preferiblemente entre 2 y 10 milímetros, preferiblemente entre 3 y 7 milímetros, más preferiblemente entre 4 y 6 milímetros. La anchura de la placa está comprendida preferiblemente entre 20 y 300 milímetros, más preferiblemente entre 80 y 150 milímetros. En un modo de realización preferido, la estructura de refuerzo, tal como la tapa de larguero, comprende entre 1 y 15 apilamientos de placas de pultrusión dispuestas una al lado de la otra, más preferiblemente entre 3 y 9 apilamientos. Cada apilamiento puede comprender hasta 20 placas de pultrusión dispuestas una encima de otra, tales como 2-20 placas de pultrusión o 2-10 placas de pultrusión. Por tanto, cada sección de refuerzo, tal como cada tapa de larguero, puede comprender entre 10 y 200 placas de pultrusión.

[0056] El material de fibra de pultrusión comprende preferiblemente una pluralidad de haces o hebras de material de fibra de carbono. Por tanto, cada placa de pultrusión puede comprender 20-200 hebras de material de fibra de carbono en total. Los haces se extenderán normalmente en la dirección de longitud de la placa de pultrusión, es decir, sustancialmente paralelos a su eje longitudinal, o paralelos a la dirección de envergadura cuando están dispuestos en la concha de pala. En un modo de realización preferido, los haces de material de fibra de carbono están dispuestos en una matriz regular o cuadrícula regular de filas y columnas de haces, como se ve en una sección transversal vertical de la placa de pultrusión. La placa de pultrusión comprende preferiblemente al menos 10 filas y al menos 10 columnas de haces.

[0057] Todas las características y modos de realización analizados anteriormente con respecto al procedimiento de fabricación de un componente de concha de pala de turbina eólica se aplican igualmente a la placa de pultrusión o a la estructura de refuerzo de la presente invención y viceversa.

[0058] En otro aspecto, la presente invención se refiere a una estructura de refuerzo para una pala de turbina eólica, comprendiendo la estructura de refuerzo una pluralidad de placas de pultrusión de acuerdo con la presente invención. La estructura de refuerzo será típicamente una tapa de larguero o un laminado principal. En algunos modos de realización, la estructura de refuerzo comprende un larguero de caja. En otros modos de realización, la estructura de refuerzo comprende una viga de larguero. En un modo de realización preferido, la estructura de refuerzo alargada es una estructura de larguero, tal como una tapa de larguero, una viga de larguero o un larguero de caja. Se prefiere que la estructura de refuerzo se extienda a lo largo de la pala en una dirección de envergadura. Típicamente, la estructura de refuerzo se extenderá entre el 60 y el 95 % de la longitud de pala. Una pala de turbina eólica se fabrica normalmente a partir de dos mitades de concha: una mitad de concha del lado de presión y una mitad de concha del lado de succión. Preferiblemente, ambas mitades de concha comprenden una estructura de refuerzo alargada, tal como una tapa de larguero o un laminado principal, de acuerdo con la presente invención.

[0059] En otro aspecto, la presente invención se refiere a una pala de turbina eólica o a un componente de pala de turbina eólica que comprende una estructura de refuerzo de acuerdo con la presente invención, o a un componente de concha de pala de turbina eólica que se puede obtener mediante el procedimiento mencionado anteriormente de fabricación de un componente de concha de pala de turbina eólica. En otro aspecto, la presente

invención se refiere a un componente de concha de pala de turbina eólica que comprende una pluralidad de placas de pultrusión de acuerdo con la presente invención.

5 [0060] La presente invención también se refiere a un sistema de protección contra rayos para una pala de turbina eólica, comprendiendo el sistema de protección contra rayos un conductor de rayos, tal como un cable, por ejemplo un cable de cobre, dispuesto al menos parcialmente en el interior de la pala, uno o más receptores de rayos eléctricamente conductores dispuestos en una o más de las superficies de la pala, en los que los uno o más receptores de rayos eléctricamente conductores están conectados eléctricamente a una pluralidad de placas de pultrusión de acuerdo con la presente invención, o a una estructura de refuerzo, tal como una tapa de larguero, de la presente invención. En otro aspecto, la presente invención se refiere a una pala de turbina eólica que comprende un sistema de protección contra rayos como se describe anteriormente, es decir, comprendiendo el sistema de protección contra rayos un conductor de rayos, tal como un cable, por ejemplo un cable de cobre, dispuesto al menos parcialmente en el interior de la pala, uno o más receptores de rayos eléctricamente conductores dispuestos en una o más de las superficies de la pala, en los que los uno o más receptores de rayos eléctricamente conductores están conectados eléctricamente a una pluralidad de placas de pultrusión de acuerdo con la presente invención, o a una estructura de refuerzo, tal como una tapa de larguero, de la presente invención.

20 [0061] Las mitades de concha se producirán típicamente impregnando una capa de fibra de material de fibra con una resina tal como epoxi, poliéster o éster vinílico. Normalmente, la mitad de concha del lado de presión y la mitad de concha del lado de succión se fabrican usando un molde de palas. Cada una de las mitades de concha puede comprender tapas de larguero o laminados principales proporcionados a lo largo de los respectivos miembros de concha del lado de presión y del lado de succión como estructuras de refuerzo. Las tapas de larguero o laminados principales se pueden fijar a las caras internas de las mitades de concha.

25 [0062] La estructura de larguero es preferiblemente una estructura de soporte de carga que se extiende longitudinalmente, que comprende preferiblemente una caja de viga o larguero para conectar y estabilizar las mitades de concha. La estructura de larguero se puede adaptar para sostener una parte sustancial de la carga sobre la pala. En algunos modos de realización, la estructura de refuerzo está dispuesta dentro de la mitad de concha del lado de presión. En otros modos de realización, la estructura de refuerzo está dispuesta dentro de la mitad de concha del lado de succión.

35 [0063] En un modo de realización preferido, la mitad de concha del lado de presión y la mitad de concha del lado de succión de la pala se fabrican en mitades de molde respectivas, preferiblemente mediante moldeo por transferencia de resina asistido por vacío. De acuerdo con algunos modos de realización, tanto la mitad de concha del lado de presión como la mitad de concha del lado de succión tienen una extensión longitudinal L de 50-110 m, preferiblemente de 60-90 m.

40 [0064] De acuerdo con algunos modos de realización, el procedimiento comprende además una etapa de disposición de una o más almas a cortante en al menos una de las mitades de concha, normalmente en la localización de la estructura de refuerzo. Cada alma a cortante puede comprender un cuerpo de alma, un primer reborde de base de alma en un primer extremo del cuerpo de alma y un segundo reborde de base de alma en un segundo extremo del cuerpo de alma. En algunos modos de realización, las almas a cortante tienen sustancialmente una forma en I. De forma alternativa, las almas a cortante pueden tener sustancialmente una forma en C.

45 [0065] En otro aspecto, la presente invención se refiere a un proceso de pultrusión para fabricar la placa de pultrusión de la presente invención, y a una placa de pultrusión que se puede obtener mediante dicho proceso de pultrusión. Dicho proceso de pultrusión comprende preferiblemente la provisión de una pluralidad de bobinas que llevan respectivos haces de material de fibra de carbono. Se proporciona un material de refuerzo central en forma de un tejido de fibra de vidrio, una preforma de fibra de vidrio que comprende un material de fibra o un material de fibra de vidrio encapsulado por un velo o lámina, como se explicó anteriormente. Mediante un mecanismo de tracción, los haces de material de fibra de carbono y el material de refuerzo central se hacen pasar preferiblemente a través de placas guía, un baño de resina y un troquel calentado. La cadena de pultrusión continua se puede cortar en placas de pultrusión individuales con una longitud de entre 30 y 200 metros, preferiblemente entre 50 y 100 metros, mediante un cortador. A continuación, las placas impregnadas conformadas se curan de forma ventajosa. Las placas guía y/o el troquel pueden adoptar la forma de un esparcidor o entrada que comprende múltiples aberturas, algunas de las cuales reciben un haz de fibra de carbono respectivo y otras aberturas reciben el material de fibra de vidrio, preferiblemente un tejido o preforma de fibra de vidrio. Las aberturas se pueden espaciar y localizar para guiar la fibra para formar un patrón deseado de material de fibra de vidrio y material de fibra de carbono en las placas de pultrusión.

60 [0066] Como se usa en el presente documento, el término "sección transversal vertical de la placa de pultrusión" se refiere a una sección transversal de la placa de pultrusión en un plano perpendicular a su eje longitudinal, es decir, el eje a lo largo de la dirección longitudinal de la placa de pultrusión, que normalmente es la dirección en la que la placa de pultrusión tiene su mayor extensión. Cuando se dispone en la concha de pala, el eje longitudinal o

la extensión de longitud de la placa de pultrusión normalmente coincidirá sustancialmente con la dirección de envergadura de la pala.

5 [0067] Como se usa en el presente documento, el término "dirección de envergadura" se usa para describir la orientación de una medida o elemento a lo largo de la pala desde su extremo de raíz hasta su extremo de punta. En algunos modos de realización, la dirección de envergadura es la dirección a lo largo del eje longitudinal y la extensión longitudinal de la pala de turbina eólica.

10 [0068] Como se usa en el presente documento, el término "horizontal" se refiere a una dirección que es sustancialmente paralela a la cuerda de la pala cuando las placas de pultrusión están dispuestas en la concha de pala. La dirección vertical es sustancialmente perpendicular a la dirección horizontal y se extiende en una dirección sustancialmente en el sentido perpendicular al eje entre el borde de ataque y salida de la pala.

15 [0069] Como se usa en el presente documento, el término "tejido" significa un material que comprende una red de fibras que incluye, pero sin limitarse a, materiales tejidos o de punto, materiales con mechones o similares, telas no tejidas, etc.

Descripción de la invención

20 [0070] La invención se expone en detalle a continuación con referencia a un modo de realización mostrado en los dibujos, en los que

la fig. 1 muestra una turbina eólica,

25 la fig. 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica,

la fig. 3 muestra una vista esquemática de una sección transversal de una pala de turbina eólica,

30 la fig. 4 es una vista superior esquemática de una mitad de concha de una pala de turbina eólica de acuerdo con la presente invención,

la fig. 5 es una sección transversal vertical esquemática a través de parte de una mitad de concha con una estructura de refuerzo de la presente invención,

35 la fig. 6 ilustra un proceso de pultrusión para la fabricación de las placas de pultrusión de la presente invención,

40 las figs. 7a-7f son una vista esquemática en sección transversal vertical de diferentes modos de realización de una placa de pultrusión híbrida,

la fig. 8 es una vista en sección transversal vertical de una estructura de refuerzo que comprende las placas de pultrusión híbridas,

45 la fig. 9 es una vista esquemática en sección transversal vertical de una placa de pultrusión híbrida,

la fig. 10 es una vista esquemática en sección transversal vertical de modos de realización adicionales de una placa de pultrusión híbrida,

50 la fig. 11 es una ilustración esquemática de un sistema de protección contra rayos de la presente invención,

la fig. 12 es una vista esquemática en perspectiva de una placa de pultrusión de acuerdo con la presente invención,

55 la fig. 13 es una vista esquemática en sección transversal vertical de un modo de realización de una placa de pultrusión de acuerdo con la presente invención,

la fig. 14 es una vista esquemática en sección transversal vertical de otro modo de realización de una placa de pultrusión de acuerdo con la presente invención, y

60 la fig. 15 es una vista esquemática en sección transversal vertical de otro modo de realización de una placa de pultrusión de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de las figuras

65 [0071] La fig. 1 ilustra una turbina eólica a barlovento moderna convencional de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje de rotor sustancialmente horizontal. El rotor

incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, teniendo, cada una, una raíz de pala 16 más cercana al buje y una punta de pala 14 más alejada del buje 8. El rotor tiene un radio, indicado como R.

5 [0072] La fig. 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica 10. La pala de turbina eólica 10 tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región de raíz 30 más cercana al buje, una región perfilada o de perfil alar 34 más alejada del buje y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y la región de perfil alar 34. La pala 10 comprende un borde de ataque 18 que está orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde de salida 20 que está orientado hacia la dirección opuesta del borde de ataque 18.

15 [0073] La región de perfil alar 34 (también denominada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a generar sustentación, mientras que la región de raíz 30, debido a consideraciones estructurales, tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo que, por ejemplo, hace más fácil y más seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de raíz 30 puede ser constante a lo largo de toda el área de raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición que cambia gradualmente desde la forma circular o elíptica de la región de raíz 30 hasta el perfil alar de la región de perfil alar 34. La longitud de cuerda de la región de transición 32 se incrementa típicamente con el incremento de la distancia r desde el buje. La región de perfil alar 34 tiene un perfil alar con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20 de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye con el incremento de la distancia r desde el buje.

25 [0074] Un hombro 40 de la pala 10 se define como la posición donde la pala 10 tiene su mayor longitud de cuerda. El hombro 40 se proporciona típicamente en el límite entre la región de transición 32 y la región de perfil alar 34. La fig. 2 también ilustra la extensión longitudinal L, longitud o eje longitudinal de la pala.

30 [0075] Cabe destacar que las cuerdas de diferentes secciones de la pala no se encuentran habitualmente en un plano común, ya que la pala puede estar torsionada y/o curvada (es decir, precurvada), lo que, por tanto, proporciona al plano de cuerda una trayectoria correspondientemente torsionada y/o curvada, siendo este el caso más frecuente para compensar que la velocidad local de la pala dependa del radio del buje.

[0076] La pala está hecha típicamente de una parte de concha de lado de presión 36 y una parte de concha de lado de succión 38 que están pegadas entre sí a lo largo de líneas de unión en el borde de ataque 18 y el borde de salida de la pala 20.

35 [0077] La fig. 3 muestra una vista esquemática de una sección transversal de la pala a lo largo de la línea I-I mostrada en la fig. 2. Como se menciona previamente, la pala 10 comprende una parte de concha de lado de presión 36 y una parte de concha de lado de succión 38. La parte de concha de lado de presión 36 comprende una tapa de larguero 41, también denominada laminado principal, que constituye una parte de soporte de carga de la parte de concha de lado de presión 36. La tapa de larguero 41 comprende una pluralidad de capas de fibra 42, que comprenden principalmente fibras unidireccionales alineadas a lo largo de la dirección longitudinal de la pala para proporcionar rigidez a la pala. La parte de concha de lado de succión 38 también comprende una tapa de larguero 45 que comprende una pluralidad de capas de fibra 46. La parte de concha de lado de presión 36 también puede comprender un material de núcleo tipo sándwich 43 hecho típicamente de madera de balsa o espuma de polímero e intercalado entre una pluralidad de capas de revestimiento ("skin layers") reforzadas con fibra. El material de núcleo tipo sándwich 43 se usa para proporcionar rigidez a la concha para garantizar que la concha mantenga sustancialmente su perfil aerodinámico durante la rotación de la pala. De forma similar, la parte de concha de lado de succión 38 también puede comprender un material de núcleo tipo sándwich 47.

50 [0078] La tapa de larguero 41 de la parte de concha de lado de presión 36 y la tapa de larguero 45 de la parte de concha de lado de succión 38 están conectadas por medio de una primera alma a cortante 50 y una segunda alma a cortante 55. En el modo de realización mostrado, las almas a cortante 50, 55 están conformadas sustancialmente como almas con una forma en I. La primera alma a cortante 50 comprende un cuerpo de alma a cortante y dos rebordes de base de alma. El cuerpo de alma a cortante comprende un material de núcleo tipo sándwich 51, tal como madera de balsa o espuma de polímero, cubierto por una pluralidad de capas de revestimiento 52 hechas de una pluralidad de capas de fibra. Las conchas de pala 36, 38 pueden comprender además un refuerzo de fibra en el borde de ataque y el borde de salida. Típicamente, las partes de concha 36, 38 están unidas entre sí por medio de rebordes adhesivos.

60 [0079] La fig. 4 es una vista superior esquemática de una mitad de concha 38 de una pala de turbina eólica de acuerdo con la presente invención, que ilustra la localización de una estructura de refuerzo 62 que tiene una extensión de envergadura Se. En el modo de realización ilustrado, la estructura de refuerzo 62 comprende tres apilamientos contiguos 66a, 66b, 66c de placas de pultrusión. Como se ve en la fig. 4, la estructura de refuerzo alargada 62 se extiende en una dirección sustancialmente de envergadura de la pala, con apilamientos contiguos 66a, 66b, 66c de placas de pultrusión. La estructura de refuerzo alargada 62 tiene un extremo de punta 74, más cercano al extremo de punta de la pala, y un extremo de raíz 76, más cercano al extremo de raíz de la pala. La estructura de refuerzo alargada también comprende un borde frontal 78 que se extiende en la dirección de

envergadura, que es el más cercano al borde de ataque 18 de la pala, y un borde trasero 80 que se extiende en la dirección de envergadura, que es el más cercano al borde de salida 20 de la pala.

5 [0080] La fig. 5 es una sección transversal vertical esquemática a través de parte de una mitad de concha con una estructura de refuerzo 62 de la presente invención, como se ve desde el extremo de raíz de la pala. La estructura de refuerzo 62, tal como una tapa de larguero, comprende una pluralidad de placas de pultrusión 64 de acuerdo con la presente invención, dispuestas en apilamientos contiguos 66a-e, que están dispuestas sobre el material de concha de pala 89 en el molde 77 para el componente de concha de pala, tal como una mitad de concha. A continuación, las placas de pultrusión apiladas 64 se unen al material de concha de pala 89 para formar el componente de concha de pala, tal como la mitad de concha con la tapa de larguero. El material de núcleo 85 está dispuesto a cada lado en dirección de cuerda de la estructura de refuerzo 62. Una primera alma a cortante 50 y una segunda alma a cortante 55 se colocan sobre la tapa de larguero 62 por medio de respectivas líneas de unión 88. Los apilamientos 66a-e se pueden cubrir con una capa biaxial de carbono 86 o un velo de carbono o un tejido híbrido de vidrio/carbono o un velo híbrido de vidrio/carbono que se extiende hacia el terminal de conexión de corriente 87 de un sistema de protección contra rayos.

20 [0081] La fig. 6 ilustra un proceso de pultrusión para la fabricación de las placas de pultrusión 64 de la presente invención. El proceso de pultrusión hace uso de un sistema de pultrusión 90 que comprende una parte para recibir una pluralidad de bobinas 93, cada una de las cuales suministra un haz de material de fibra de carbono 68 desde una bobinadora ("creel") 91. Se proporciona un material de refuerzo central 94 en forma de un tejido de fibra de vidrio, una preforma de fibra de vidrio que comprende un material de fibra o un material de fibra de vidrio encapsulado por un velo o lámina, como se explica adicionalmente a continuación.

25 [0082] Mediante un mecanismo de tracción 98, los haces 68 y el tejido de fibra de vidrio 94 se hacen pasar a través de placas guía 95, un baño de resina 96 y un troquel calentado 97. La cadena de pultrusión 100 se corta en placas de pultrusión individuales 64 mediante un cortador 99. Las fibras impregnadas conformadas se curan y, opcionalmente, se pueden enrollar en un rollo. Las placas guía y/o el troquel pueden adoptar la forma de un esparcidor o entrada que comprende múltiples aberturas, recibiendo cada abertura un haz de fibra de carbono o haz de fibra de vidrio respectivo. Las aberturas se pueden espaciar y localizar para guiar los haces de fibra y la parte de tejido/preforma/fibra de vidrio encapsulada para formar un patrón deseado de material de fibra de vidrio y material de fibra de carbono en las placas de pultrusión 64. La vista ampliada de la placa de pultrusión 64 en la fig. 6 también ilustra su eje longitudinal La y su longitud l. La altura/grosor h y la anchura w de la placa de pultrusión se ilustran en la fig. 8, véase la placa 64f.

35 [0083] En la fig. 7 se ilustran varios de los patrones de una placa de pultrusión híbrida. Cada placa de pultrusión 64 en los diversos modos de realización ilustrados en las figs. 7a-f comprende una pluralidad de haces de material de fibra de vidrio 70, indicados como conformaciones elípticas de color blanco, y una pluralidad de haces de material de fibra de carbono 68, indicados como conformaciones elípticas de color negro. Como se ilustra en la fig. 7a, los haces de material de fibra de vidrio 70 y los haces de material de fibra de carbono 68 están dispuestos en una matriz de filas 71 y columnas 72 de haces, como se ve en una sección transversal vertical de la placa de pultrusión.

45 [0084] Como se ilustra en la fig. 7a, cada placa de pultrusión comprende una superficie superior 81, una superficie inferior opuesta 82 y dos superficies laterales 83, 84, en las que se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de las superficies laterales 83, 84. Esto proporciona rutas continuas respectivas 67a, 67b de haces adyacentes de material de fibra de carbono que se extienden desde la superficie superior 81 hasta la superficie inferior opuesta 82 de la placa de pultrusión 64 a lo largo de las superficies laterales.

50 [0085] Como se observa en los diversos modos de realización de la fig. 7, la pluralidad de haces de material de fibra de vidrio 70 y la pluralidad de haces de material de fibra de carbono 68 forman un patrón no aleatorio, preferiblemente un patrón simétrico, como se ve en una sección transversal vertical de la placa de pultrusión 64. La fig. 7a muestra un modo de realización donde solo se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de las superficies laterales 83, 84. En la fig. 7b, los haces de carbono se extienden adicionalmente a lo largo de parte de las superficies superior e inferior 81, 82, y en cierta medida desde las superficies laterales 83, 84, hacia el centro. En el modo de realización de la fig. 7c, los haces de carbono se extienden adicionalmente a lo largo de las superficies superior e inferior 81, 82 a lo largo de toda la anchura de la placa de pultrusión. El modo de realización ilustrado en la fig. 7d comprende varias filas de haces de carbono adyacentes 68 a lo largo de las superficies laterales, así como una línea continua de haces de carbono que se extiende entre los bordes laterales dentro de la placa de pultrusión. Una configuración similar se muestra en la fig. 7e, en la que la línea central está algo más dispersa. Finalmente, la fig. 7f ilustra un modo de realización en el que se proporcionan varias filas de haces de carbono adyacentes 68 a lo largo de las superficies laterales, y además se proporciona un patrón de tablero de ajedrez en una región central de la placa de pultrusión 64.

65 [0086] La fig. 8 es una vista esquemática en sección transversal vertical de una estructura de refuerzo 62, tal como una tapa de larguero, que comprende tres apilamientos contiguos en dirección de cuerda 66a-c de cuatro placas de pultrusión 64 por apilamiento. Varias rutas continuas de haces adyacentes de material de fibra de

carbono se extienden desde la superficie superior de la estructura de refuerzo 62 hasta su superficie inferior, como se ilustra en 67a, por medio de los haces de carbono adyacentes proporcionados en los bordes laterales de las placas individuales 64.

5 [0087] La fig. 9 es una vista en sección transversal de otro modo de realización de una placa de pultrusión 64. Aquí, se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono 68 a lo largo de la superficie superior 81 y la superficie inferior 82 de la placa de pultrusión, mientras que los bordes laterales 83, 84 comprenden tanto haces de fibra de carbono como haces de fibra de vidrio. Por tanto, se proporciona una ruta conductora de haces de fibra de carbono adyacentes en dirección horizontal.

10 [0088] La fig. 10 es una vista esquemática en sección transversal vertical de aún modos de realización adicionales de una placa de pultrusión. De nuevo, la pluralidad de haces de material de fibra de vidrio 70 y la pluralidad de haces de material de fibra de carbono 68 forman un patrón no aleatorio, como se ve en una sección transversal vertical de la placa de pultrusión 64. En cada una de las figs. 10a-d, se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de las superficies laterales 83, 84. Además, una línea continua de haces de carbono se extiende a través del centro, entre los bordes laterales de la placa de pultrusión.

15 [0089] Además, una o más columnas que se extienden verticalmente de haces adyacentes de material de fibra de carbono se proporcionan más cerca del centro de la placa de pultrusión, algunas de las cuales se extienden desde la superficie superior hasta la superficie inferior, véanse las figs. 10a, d, y algunas de las cuales se extienden solo hasta la superficie superior, pero no hasta la superficie inferior, véase la fig. 10c. La fig. 10b muestra un modo de realización en el que una columna vertical se extiende en el centro de la placa, aunque no se extiende hasta la superficie superior o hasta la superficie inferior.

20 [0090] La fig. 11 es una ilustración esquemática de un sistema de protección contra rayos de la presente invención. El sistema de protección contra rayos 102 comprende un conductor de rayos 104, preferiblemente un conductor de bajada, dispuesto al menos parcialmente en el interior de la pala 10. Un receptor de rayos 106 dispuesto en la punta y dos receptores de rayos laterales 107, 108 están dispuestos sobre o en una o más de las superficies externas de la pala 10, en los que los receptores de rayos eléctricamente conductores 106, 107, 108 están conectados eléctricamente a una tapa de larguero 62 de la presente invención. La tapa de larguero 62 puede comprender de forma ventajosa una pluralidad de placas de pultrusión de acuerdo con la invención, por ejemplo, como se ilustra en las figs. 12-15.

25 [0091] La fig. 12 es una vista en perspectiva de una placa de pultrusión 64 de acuerdo con la presente invención. En el modo de realización ilustrado se proporciona un material de fibra de carbono 68 a lo largo de todas las superficies laterales 83, 84 de la placa de pultrusión, y también a lo largo de la superficie superior 81 y a lo largo de la superficie inferior 82. El material de fibra de vidrio está presente como un tejido de fibra de vidrio 110, por ejemplo un tejido de fibra de vidrio cosido. Un modo de realización similar de una placa de pultrusión de acuerdo con la presente invención se muestra en la fig. 13, que es una vista esquemática en sección transversal vertical tomada a lo largo de la línea a-a' en la fig. 6. Aquí, el material de fibra de carbono se proporciona como haces 68 de material de fibra de carbono que se extienden a lo largo de las superficies laterales 83, 84 y a lo largo de las superficies superior/inferior.

30 [0092] Otro modo de realización de una placa de pultrusión 64 de la presente invención se ilustra en la fig. 14, que es una vista esquemática en sección transversal vertical tomada a lo largo de la línea a-a' en la fig. 6. Aquí, el material de fibra de vidrio en el centro de la placa es una preforma de fibra de vidrio 112 que puede estar compuesta por una disposición consolidada de fibras de vidrio, tales como capas de fibra de vidrio 114a-d, que están consolidadas mediante un agente aglutinante. La fig. 15 ilustra un tercer modo de realización de una placa de pultrusión de acuerdo con la presente invención, que comprende una pluralidad de fibras de vidrio, tales como haces 70 de material de fibra de vidrio, encapsuladas por un velo o una lámina 116. De nuevo, esta disposición de fibras de vidrio está rodeada por una pluralidad de haces 68 de material de fibra de carbono.

35 [0093] De forma ventajosa, el tejido de fibra de vidrio 110, la preforma de fibra de vidrio 112 o la pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo 116 o una lámina se unen con el material de fibra de carbono, tal como una pluralidad de haces de material de fibra de carbono en el proceso de pultrusión como se ilustra en la fig. 6, en la que el número de referencia 94 indica el tejido de fibra de vidrio, la preforma de fibra de vidrio o la pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina.

40 [0094] La invención no se limita a los modos de realización descritos en el presente documento y se puede modificar o adaptar sin apartarse del alcance de las presentes reivindicaciones adjuntas.

Lista de números de referencia

45 [0095]
65 4 torre

ES 3 030 137 T3

	6	góndola
	8	buje
5	10	palas
	14	punta de pala
10	16	raíz de pala
	18	borde de ataque
	20	borde de salida
15	30	región de raíz
	32	región de transición
20	34	región de perfil alar
	36	parte de concha de lado de presión
	38	parte de concha de lado de succión
25	40	hombro
	41	tapa de larguero
30	42	capas de fibra
	43	material de núcleo tipo sándwich
	45	tapa de larguero
35	46	capas de fibra
	47	material de núcleo tipo sándwich
40	50	primera alma a cortante
	51	miembro de núcleo
	52	capas de revestimiento
45	55	segunda alma a cortante
	56	material de núcleo tipo sándwich de segunda alma a cortante
50	57	capas de revestimiento de segunda alma a cortante
	60	cordeles de relleno
	62	estructura de refuerzo
55	64	placa de pultrusión
	66	apilamiento de placas de pultrusión
60	67	ruta
	68	haz de material de fibra de carbono
	70	haz de material de fibra de vidrio
65	71	fila de haces

ES 3 030 137 T3

	72	columna de haces
5	74	extremo de punta de estructura de refuerzo
	76	extremo de raíz de estructura de refuerzo
	77	molde
10	78	borde frontal de estructura de refuerzo
	80	borde trasero de estructura de refuerzo
15	81	superficie superior de placa de pultrusión
	82	superficie inferior de placa de pultrusión
	83	primera superficie lateral de placa de pultrusión
20	84	segunda superficie lateral de placa de pultrusión
	85	material de núcleo
25	86	capa biaxial de carbono
	87	terminal de conexión de corriente
	88	línea de unión
30	89	material de concha
	90	sistema de pultrusión
35	91	bobinadora
	93	bobina con haz de material de fibra de carbono
	94	material de refuerzo central / tejido / preforma / fibras dentro de velo/lámina
40	95	placa guía
	96	baño de resina
45	97	troquel calentado
	98	mecanismo de tracción
	99	cortador
50	100	cadena de pultrusión
	102	sistema de protección contra rayos
55	104	conductor de bajada
	106	receptor de punta
	107	receptor lateral
60	108	receptor lateral
	110	tejido de fibra de vidrio
65	112	preforma de fibra de vidrio
	114	capas de preforma de fibra de vidrio

116	velo/lámina
5	L longitud
	l longitud de placa de pultrusión
	w anchura de placa de pultrusión
10	h altura de placa de pultrusión
	La eje longitudinal de placa de pultrusión
15	r distancia desde el buje
	R radio del rotor
	Se extensión en dirección de envergadura de la estructura de refuerzo
20	Ce extensión en dirección de cuerda de la estructura de refuerzo

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un componente de concha de pala de turbina eólica (38), comprendiendo el procedimiento las etapas de
 - 5 proporcionar una pluralidad de placas de pultrusión (64), en las que cada placa de pultrusión (64) comprende una superficie superior (81), una superficie inferior opuesta (82) y dos superficies laterales (83, 84),
 - 10 disponer las placas de pultrusión (64) sobre un material de concha de pala (89) en un molde (77) para el componente de concha de pala, y
 - 15 unir las placas de pultrusión (64) con el material de concha de pala para formar el componente de concha de pala,
 - 20 en el que cada placa de pultrusión (64) está formada por un material de fibra de pultrusión que comprende un material de fibra de vidrio (70) y un material de fibra de carbono (68), **caracterizado por que** se proporciona material de fibra de carbono a lo largo de todas las superficies laterales (83, 84) de la placa de pultrusión, y en el que el material de fibra de vidrio se selecciona de
 - un tejido de fibra de vidrio (110),
 - una preforma de fibra de vidrio (112) que comprende una disposición consolidada de fibras de vidrio (114) y un agente aglutinante, y
 - 25 una pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina (116).
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la preforma de fibra de vidrio comprende múltiples capas de fibra de vidrio apiladas una encima de otra.
3. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el tejido de fibra de vidrio es un tejido cosido, un tejido trenzado, un tejido de punto, un material no tejido o una estera de filamento continuo.
4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la preforma de fibra de vidrio comprende hebras de fibra de vidrio.
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material de fibra de carbono comprende una pluralidad de haces de material de fibra de carbono (68), y en el que se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de todas las superficies laterales (83, 84) de la placa de pultrusión.
6. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las superficies laterales de cada placa de pultrusión no contienen fibras de vidrio, preferiblemente proporcionando una ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de los bordes laterales de la placa de pultrusión, extendiéndose la ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono desde la superficie superior hasta la superficie inferior opuesta de la placa de pultrusión, y en el que la ruta continua de haces adyacentes de material de fibra de carbono proporciona una ruta eléctricamente conductora por toda la dirección vertical de la placa de pultrusión.
7. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las placas de pultrusión están dispuestas en apilamientos contiguos de placas de pultrusión, y en el que una ruta continua (67) de haces adyacentes de material de fibra de carbono se extiende desde la superficie superior de la placa de pultrusión dispuesta más arriba hasta la superficie inferior de la placa de pultrusión dispuesta más abajo de cada apilamiento de placas de pultrusión.
8. Una placa de pultrusión (64) que comprende una superficie superior (81), una superficie inferior opuesta (82) y dos superficies laterales (83, 84), en la que la placa de pultrusión está formada por un material de fibra de pultrusión que comprende un material de fibra de vidrio (70) y un material de fibra de carbono (68), **caracterizada por que** se proporciona material de fibra de carbono a lo largo de todas las superficies laterales (83, 84) de la placa de pultrusión, y en la que el material de fibra de vidrio se selecciona de
 - un tejido de fibra de vidrio,
 - una preforma de fibra de vidrio que comprende una disposición consolidada de fibras de vidrio y un agente aglutinante, y

una pluralidad de fibras de vidrio encapsuladas por un velo o una lámina.

- 5
9. Una placa de pultrusión de acuerdo con la reivindicación 8, en la que la preforma de fibra de vidrio comprende múltiples capas de fibra de vidrio apiladas una encima de otra.
- 10
10. Una placa de pultrusión de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9, en la que el tejido de fibra de vidrio es un tejido cosido, un tejido trenzado, un tejido de punto, un material no tejido o una estera de filamento continuo.
- 10
11. Una placa de pultrusión de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en la que la preforma de fibra de vidrio comprende hebras de fibra de vidrio.
- 15
12. Una placa de pultrusión de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en la que el material de fibra de carbono comprende una pluralidad de haces de material de fibra de carbono (68), y en la que se proporcionan haces adyacentes de material de fibra de carbono a lo largo de todas las superficies laterales (83, 84) de la placa de pultrusión.
- 20
13. Una estructura de refuerzo para una pala de turbina eólica, comprendiendo la estructura de refuerzo una pluralidad de placas de pultrusión (64) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-12.
- 20
14. Un componente de concha de pala de turbina eólica, que comprende una pluralidad de placas de pultrusión (64) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-12.
- 25
15. Un sistema de protección contra rayos (102) para una pala de turbina eólica, comprendiendo el sistema de protección contra rayos un conductor de rayos (104) dispuesto al menos parcialmente en el interior de la pala, uno o más receptores de rayos eléctricamente conductores (106, 107, 108) dispuestos en una o más de las superficies de la pala, en el que los uno o más receptores de rayos eléctricamente conductores están conectados eléctricamente a una tapa de larguero, en el que la tapa de larguero comprende una pluralidad de placas de pultrusión (64) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-12.

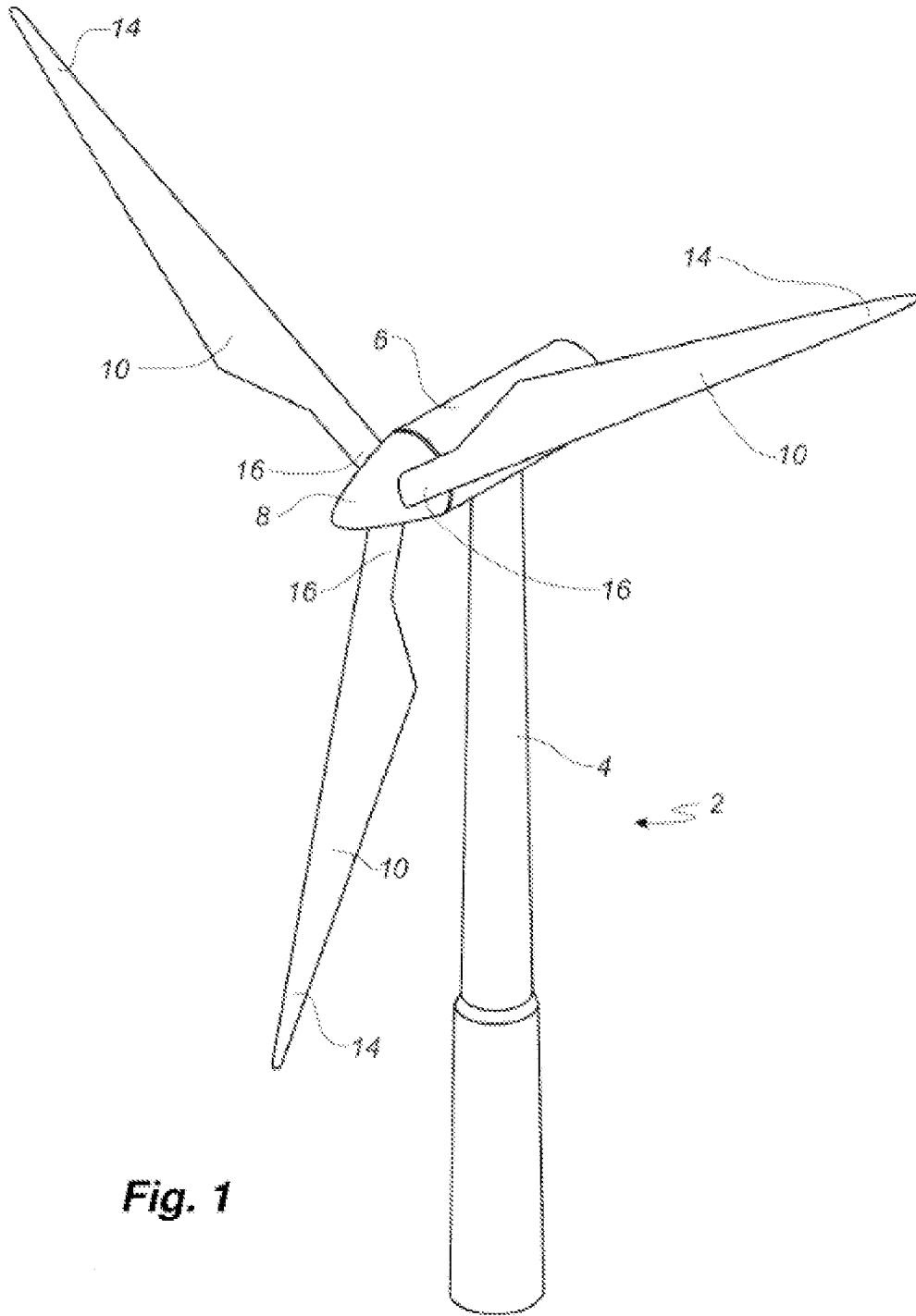


Fig. 1

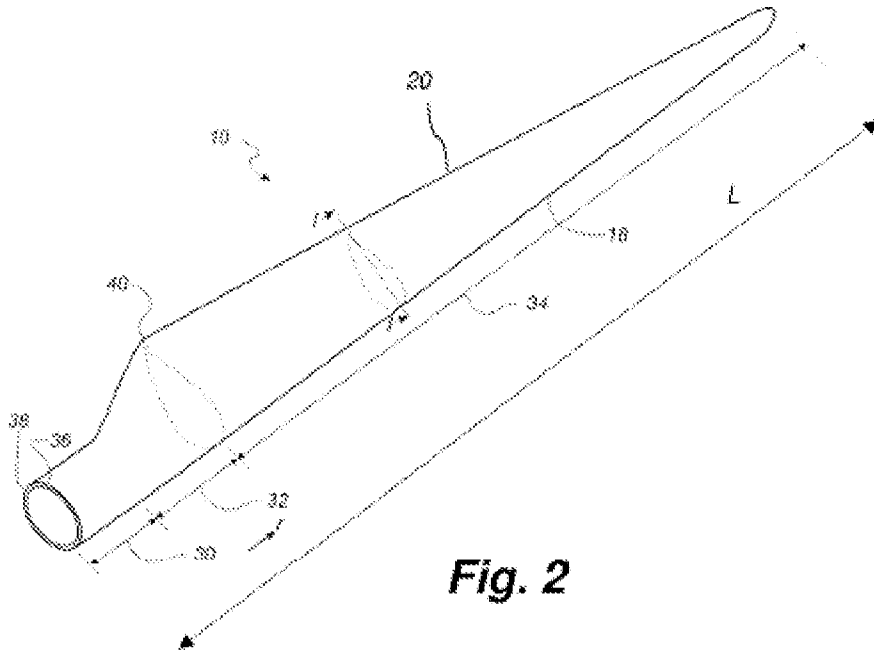


Fig. 2

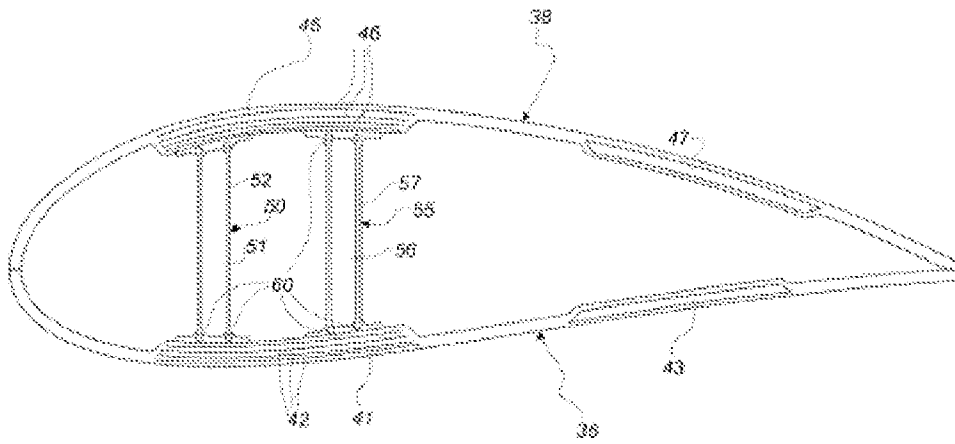


Fig. 3

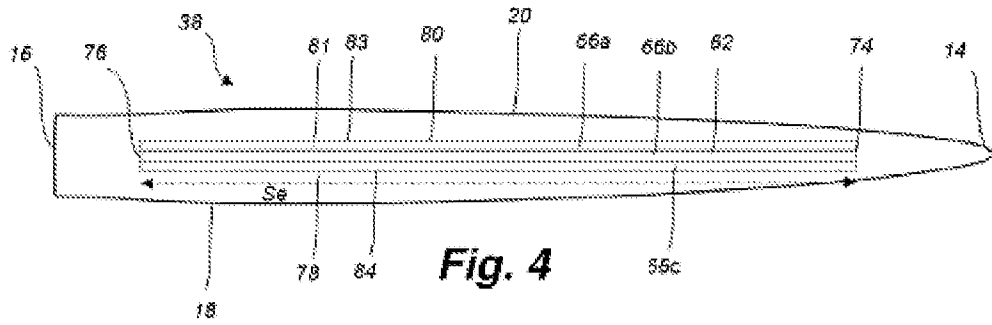


Fig. 4

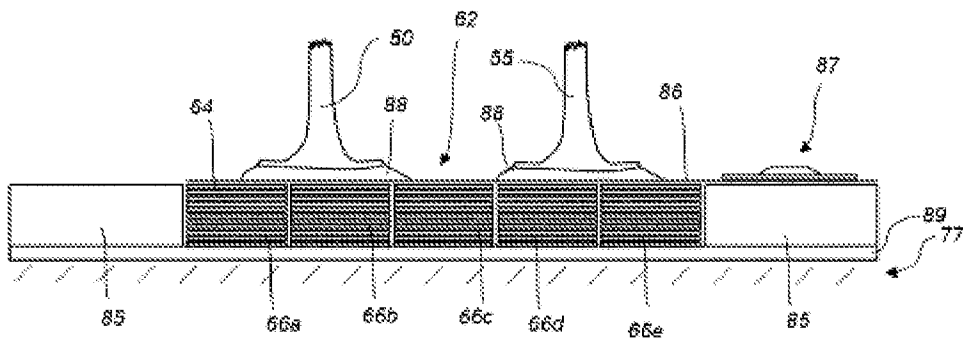


Fig. 5

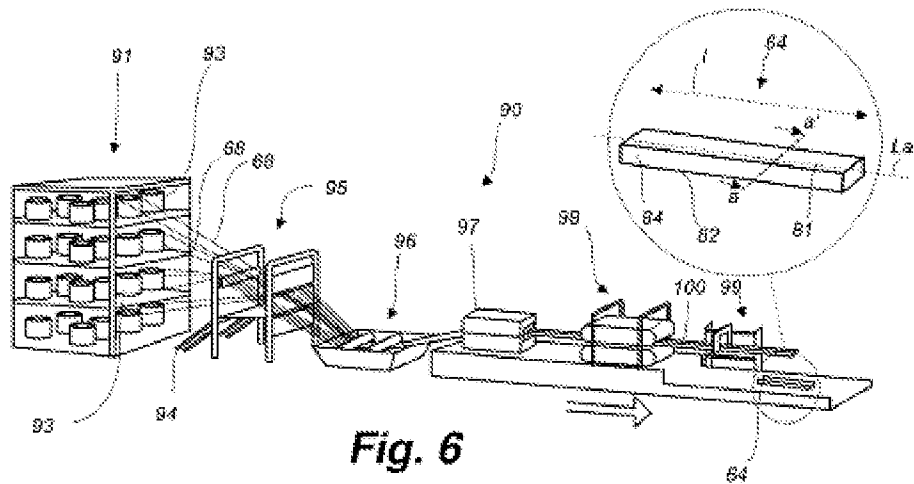


Fig. 6

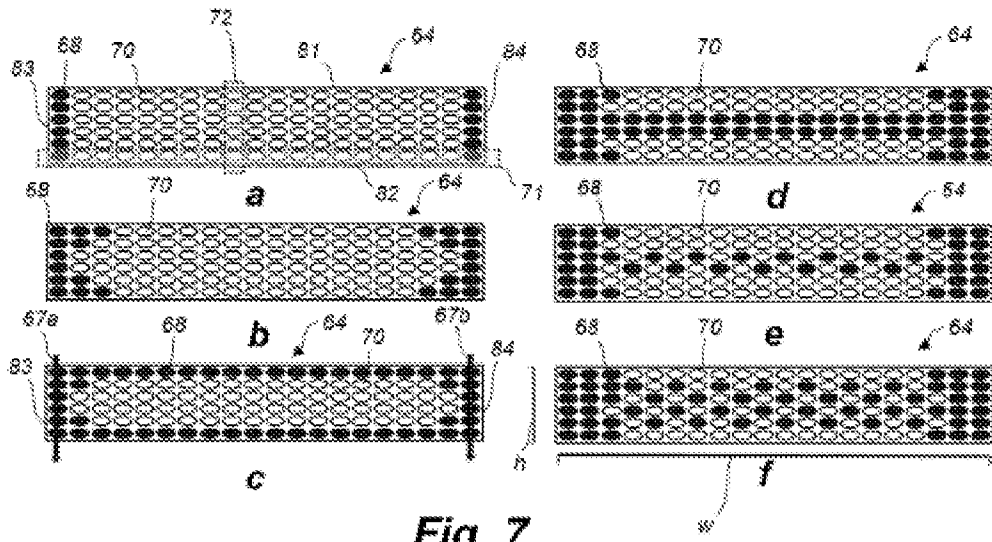


Fig. 7

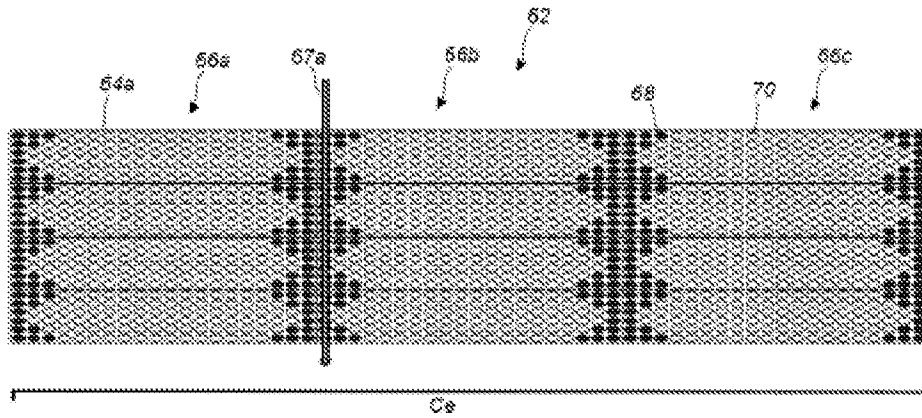


Fig. 8

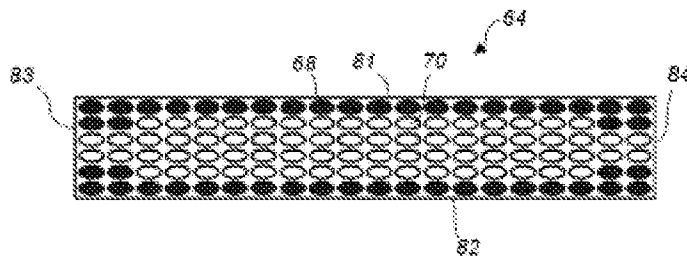


Fig. 9

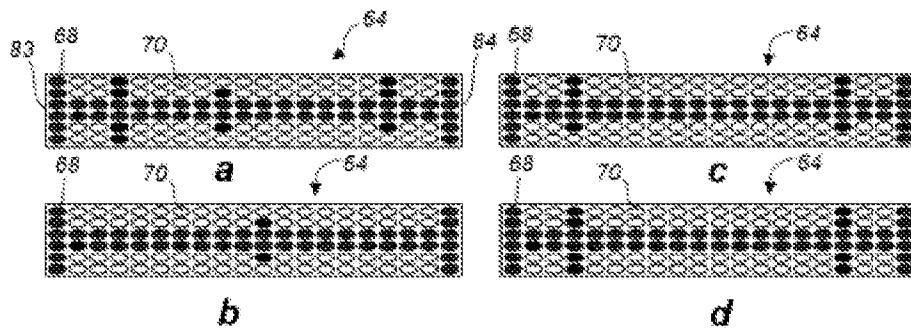


Fig. 10

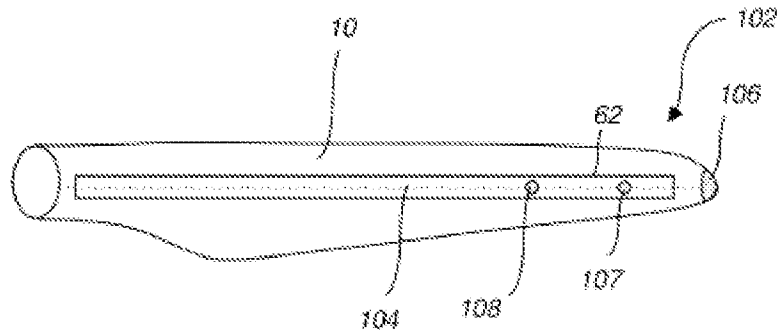


Fig. 11

