

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 093**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

B29C 65/00 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2018** **E 18185016 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2024** **EP 3599374**

54 Título: **Pala de turbina eólica que comprende un material compuesto y un método para producir una pala de turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.06.2024

73 Titular/es:
SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)
Borupvej 16
7330 Brande, DK

72 Inventor/es:
WERNLUND, THOMAS BRO

74 Agente/Representante:
DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 974 093 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

Pala de turbina eólica que comprende un material compuesto y un método para producir una pala de turbina eólica

5 La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica que comprende un material compuesto, una turbina eólica que comprende dicha pala de turbina eólica, y un método para producir una pala de turbina eólica.

10 Las palas de rotor de turbina eólica modernas se construyen a partir de plásticos reforzados con fibra. Una pala de rotor comprende típicamente un perfil aerodinámico que tiene un borde anterior redondeado y un borde posterior afilado. La pala de rotor está conectada con su raíz de pala a un buje de la turbina eólica. Actualmente, existe la necesidad de palas de turbina eólica largas que requieren materiales más fuertes de núcleo de tipo sándwich.

15 Las palas de rotor de este tipo pueden comprender madera, en particular madera de balsa. La madera de *Ochroma pyramidale*, comúnmente conocida como árbol de balsa, es muy suave y ligera, con un grano abierto grueso. La densidad de la madera de balsa seca varía de 40-340 kg/m³, con una densidad típica de aproximadamente 160 kg/m³. Dado que la madera de balsa tiene estas propiedades destacadas, a menudo se utiliza en la tecnología de la aeronáutica y las turbinas eólicas, para producir componentes ligeros.

20 Hacer un panel flexible de madera de balsa para que pueda seguir las geometrías curvas de las palas de turbina eólica, se logra proporcionando una malla o red de fibra de vidrio, en particular en forma de una denominada tela de malla, sobre el panel de madera de balsa. La malla de fibra de vidrio se puede aplicar añadiendo un pegamento húmedo a la malla de fibra de vidrio, y luego laminándola sobre el panel de madera de balsa, curando seguidamente el pegamento o por laminación sobre una malla de fibra de vidrio con un pegamento termoplástico previamente aplicado sobre el panel de madera de balsa mediante la aplicación de temperatura elevada. Después de aplicar la malla de fibra de vidrio y curar el pegamento, el panel de madera de balsa se corta en módulos que están conectados entre sí únicamente por medio de la malla de fibra de vidrio. El panel de madera de balsa es ahora flexible y puede adaptarse a una superficie curva.

30 El documento US-2018/058422 A1 describe un componente de pala de rotor para una turbina eólica. El componente de pala de rotor incluye una pluralidad de elementos previamente curados dispuestos en una o más capas. Cada uno de los elementos previamente curados se construye de una pluralidad de materiales de fibra curados juntos mediante un material de resina con una primera rigidez, y al menos material adicional con una segunda rigidez. Además, la segunda rigidez es menor que la primera rigidez. Como tal, el material adicional de baja rigidez se cura dentro del material de resina para así aumentar la flexibilidad de los elementos previamente curados.

35 Es un objeto de la presente invención proporcionar una pala de turbina eólica que comprenda un material compuesto mejorado

40 El material compuesto comprende una pluralidad de elementos rígidos y una pluralidad de elementos flexibles, en donde cada elemento flexible está dispuesto entre dos elementos rígidos, y está conectado al mismo de manera que los elementos rígidos estén conectados de manera flexible entre sí por medio de los elementos flexibles.

45 Esto tiene la ventaja de que la flexibilidad del material compuesto puede lograrse mediante el uso de los espacios intermedios entre los elementos rígidos. Por lo tanto, cuando el material compuesto se coloca sobre una superficie curva y, por lo tanto, doblada, se pueden reducir o evitar los espacios huecos entre los elementos rígidos. Esto es particularmente relevante cuando se utilizan elementos rígidos gruesos. El uso de un material flexible entre los elementos rígidos tiene la ventaja de que se puede evitar la rotura del material compuesto. Por lo tanto, la eficiencia puede aumentarse cuando se produzcan los elementos rígidos, en particular, cortados. Además, se puede aumentar la eficiencia en el proceso de fabricación de palas.

50 El elemento rígido y el elemento flexible están hechos de diferentes materiales. Preferiblemente, el material compuesto es un material de núcleo tipo sándwich de dos materiales. En particular, el material compuesto es un panel. “Elemento rígido” y “elemento flexible” significan que el elemento rígido tiene una mayor rigidez que el elemento flexible. Preferiblemente, cada elemento flexible está conectado a una cara lateral de un elemento rígido y a una cara lateral adicional de un elemento rígido adicional, en donde la cara lateral y la cara lateral adicional están enfrentadas entre sí cuando el material compuesto está extendido uniformemente, es decir, no está doblado. En particular, todos los elementos rígidos son idénticos. Por ejemplo, todos los elementos flexibles se proporcionan idénticos.

60 Según una realización, el material compuesto forma un material plano y/o adaptable configurado para adaptarse a una superficie curva cuando se monte.

65 Por lo tanto, el material compuesto puede adaptarse a la superficie curva sin romperse. Preferiblemente, se proporciona una concha de pala que tiene la superficie curva y el material compuesto montado sobre la superficie curva.

ES 2 974 093 T3

Según una realización adicional, los elementos flexibles llenan completamente huecos entre los elementos rígidos, de manera que una superficie formada por los elementos rígidos y los elementos flexibles quede uniforme.

5 En particular, los elementos flexibles se proporcionan como material de relleno entre los elementos rígidos. Esto tiene la ventaja de que, después de montar el material compuesto, se pueden evitar espacios huecos indeseables en el material compuesto. Por lo tanto, se puede evitar un material de relleno adicional, en particular resina de pala, en dichos espacios huecos. Dado que el material flexible, por ejemplo, es más rígido que la resina de pala, puede aumentarse la rigidez de la concha de pala.

10 Los elementos rígidos y los elementos flexibles tienen forma de barra.

Esto significa que una longitud del elemento rígido es varias veces, en particular al menos 10 veces, más grande que una altura y anchura del elemento rígido.

15 Según una realización adicional, los elementos rígidos están hechos de madera de balsa o espuma celular rígida.

20 Esto tiene la ventaja de que la madera de balsa tiene excelentes características mecánicas y de peso. Además, la madera de balsa es un recurso renovable. Preferiblemente, el material compuesto es un panel flexible de madera. Por ejemplo, la espuma celular rígida puede comprender o estar hecha de un metal, en particular aluminio, o de material plástico.

Según una realización adicional, cada elemento rígido tiene forma de sección transversal rectangular, siendo en particular constante a lo largo de un eje longitudinal del elemento rígido.

25 Esto tiene la ventaja de que los elementos rígidos pueden producirse de manera simple, en particular por medio de corte y/o aserrado. Preferiblemente, también los elementos flexibles pueden tener forma de sección transversal rectangular cuando el material compuesto se distribuye uniformemente.

30 Los elementos flexibles son plásticamente o elásticamente deformables. "Elásticamente deformable" significa que el elemento flexible vuelve a deformarse a un estado inicial. "Plásticamente deformable" significa que el elemento flexible puede deformarse irreversiblemente debido a su ductilidad. Preferiblemente, los elementos flexibles tienen una mayor ductilidad que los elementos rígidos. La ductilidad de los elementos flexibles se elige de tal manera que, por ejemplo, la contorneabilidad se induzca al material compuesto simplemente por gravedad, o al forzar manualmente a la forma de la geometría de la pala, de manera que el material compuesto se mantenga bajo esta forma debido a la deformación plástica.

35 Los elementos flexibles están conectados a los elementos rígidos por medio de un adhesivo o de una soldadura por placa caliente.

40 Por lo tanto, se puede lograr una resistencia suficiente del material compuesto. Además, se puede evitar que los elementos rígidos se desprendan del material compuesto.

45 Según una realización adicional, los elementos rígidos tienen un primer módulo de elasticidad, y los elementos flexibles tienen un segundo módulo de elasticidad, en donde el primer módulo de elasticidad es mayor que el segundo módulo de elasticidad.

Preferiblemente, el primer módulo de elasticidad es al menos 1,5, 2, 3 o 4 veces mayor que el segundo módulo de elasticidad. Por lo tanto, el elemento rígido es significativamente más rígido que el elemento flexible.

50 Según una realización adicional, entre 3 y 20, 4 y 15, o 4 y 10, en particular 4, 5, 6 o 7, elementos rígidos están conectados para formar un único módulo que puede manipularse como una sola pieza.

55 Por lo tanto, se pueden proporcionar módulos que puedan manipularse mediante la fuerza manual de un operario de montaje. Preferiblemente, el módulo se produce por medio del corte a través de dos elementos flexibles. Según una realización adicional, los elementos flexibles comprenden material plástico, en particular material termoplástico, material elastomérico y/o material termoendurecible. Según una realización adicional, los elementos flexibles comprenden un material de celda altamente cerrada.

60 En particular, el material de celda altamente cerrada comprende un metal o una espuma metálica.

La pala de turbina eólica comprende una parte curva, en particular una superficie curva, en donde el material compuesto está en contacto superficial con la parte curva y/o unido a la superficie curva.

65 Además, se proporciona una turbina eólica. La turbina eólica comprende una pala de turbina eólica de este tipo.

Preferiblemente, la turbina eólica tiene una pluralidad de palas de turbina eólica. “Turbina eólica” se refiere actualmente a un aparato que transforma la energía cinética del viento en energía giratoria, que puede transformarse nuevamente en energía eléctrica por el aparato.

5 Además, se proporciona un método para producir una pala de turbina eólica.

Las realizaciones y características descritas con referencia al material compuesto se aplican *mutatis mutandis* al método de la presente invención.

10 Otras realizaciones, características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de las siguientes descripción y reivindicaciones dependientes, en combinación con los dibujos adjuntos, en donde:

la Figura 1 muestra una vista en perspectiva de una turbina eólica según una realización;

15 la Figura 2 muestra una vista en perspectiva de una pala de turbina eólica según una realización;

la Figura 3 muestra una vista en perspectiva de un material compuesto según una realización;

20 la Figura 4 muestra una vista lateral del material compuesto según una realización adicional;

la Figura 5 muestra una vista lateral del material compuesto según una realización adicional;

la Figura 6 muestra una vista en detalle VI de la Figura 5; y

25 la Figura 7 muestra un diagrama de bloques de una realización de un método para producir el material compuesto según la Figura 3.

En las figuras, los números de referencia similares designan elementos similares o funcionalmente equivalentes, salvo que se indique lo contrario.

30 La Figura 1 muestra una turbina eólica 1 según una realización.

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

35 El rotor 2 comprende tres palas 5 de turbina eólica. Las palas 5 de turbina eólica están conectadas a un buje 6 de la turbina eólica 1. Los rotores 2 de este tipo pueden tener diámetros que oscilan, por ejemplo, de 30 a 160 metros, o incluso más. Las palas 5 de las palas de turbina eólica están sujetas a elevadas cargas de viento. Al mismo tiempo, las palas 5 de turbina eólica deben ser ligeras. Por estas razones, las palas 5 de turbina eólica en las turbinas eólicas 1 modernas se fabrican a partir de materiales compuestos reforzados con fibra. En las mismas, las fibras de vidrio generalmente se prefieren sobre fibras de carbono por razones de coste. A menudo, se usan fibras de vidrio en forma de esteras de fibra unidireccional.

45 La Figura 2 muestra una pala 5 de turbina eólica según una realización.

La pala 5 de turbina eólica comprende una parte 7 diseñada aerodinámicamente que está conformada para una explotación óptima de la energía eólica, y una raíz 8 de pala para conectar la pala 5 de rotor al buje 6. Además, se proporciona un material compuesto 9 (mostrado esquemáticamente) que refuerza una concha 10 de pala de la pala 5 de turbina eólica.

50 La Figura 3 muestra una vista en perspectiva de un material compuesto 9 según una realización.

El material compuesto 9 comprende una pluralidad de elementos rígidos 11 y una pluralidad de elementos flexibles 12, en donde cada elemento flexible 12 está dispuesto entre dos elementos rígidos 11 y está conectado al mismo de manera que los elementos rígidos 12 están conectados de manera flexible entre sí por medio de los elementos flexibles 12.

60 Preferiblemente, los elementos rígidos 11 tienen un módulo E1 de elasticidad (también denominado primer módulo de elasticidad), y los elementos flexibles 12 tienen un módulo E2 de elasticidad (también denominado segundo módulo de elasticidad), en donde el módulo E1 de elasticidad es mayor que el módulo E2 de elasticidad. Preferiblemente, el módulo E1 de elasticidad es al menos 1,5, 2, 3 o 4 veces mayor que el módulo E2 de elasticidad. Por lo tanto, los elementos rígidos 11 son significativamente más rígidos que los elementos flexibles 12.

65 Los elementos flexibles 12 están simplemente conectados indirectamente entre sí por medio de los elementos rígidos 11. Por lo tanto, los elementos flexibles 12 no están unidos entre sí cuando el material compuesto 9 está extendido uniformemente, es decir, no está doblado, como se muestra en la Figura 3. Los elementos rígidos 11 y el elemento

flexible 12 están hechos de diferentes materiales. En particular, todos los elementos rígidos 11 se proporcionan idénticos. Por ejemplo, también todos los elementos flexibles 12 se proporcionan idénticos. Preferiblemente, cada elemento flexible 12 está conectado a una cara lateral 13 de un elemento rígido 11' y a una cara lateral 14 adicional de un elemento rígido 11'' adicional. La cara lateral 13 y la cara lateral 14 adicional están enfrentadas entre sí. Se proporciona un hueco G entre la cara lateral 13 y la cara lateral 14.

Los elementos flexibles 12 llenan completamente todos los huecos G entre los elementos rígidos 11, de manera que una superficie 15 formada por los elementos rígidos 11 y los elementos flexibles 12 sea uniforme. "Completamente" significa hasta una altura completa H de los elementos rígidos 11. Por lo tanto, los elementos flexibles 12 se proporcionan como material de relleno entre los elementos rígidos 11.

Esto tiene la ventaja de que después de montar el material compuesto 9 se pueden evitar espacios huecos indeseables en el material compuesto 9 (véase también la Figura 4). Por lo tanto, se puede evitar un material de relleno adicional, en particular resina de pala, en los huecos G. Se observa que la resina en los huecos G puede conducir a una estructura débil, ya que la resina, por ejemplo, tiene una rigidez más baja que el material flexible 12.

Los elementos rígidos 12 y los elementos flexibles 11 tienen forma de barra. Esto significa que una longitud L de los elementos rígidos 11 es varias veces, en particular, al menos 10 veces, más grande que la altura H y una anchura W de los elementos rígidos 11.

Por lo tanto, el material compuesto 9 es flexible en una dirección V de flexión, es decir, alrededor de un eje longitudinal A de los elementos rígidos 11.

Preferiblemente, los elementos rígidos 11 están hechos de madera de balsa. En particular, el material compuesto 9, en este caso, es un panel flexible de madera. Alternativamente, los elementos rígidos 11 están hechos de espuma celular rígida. Por ejemplo, la espuma celular rígida puede comprender o estar hecha de un metal, en particular aluminio y/o un material plástico.

Cada elemento rígido 11 tiene forma de sección transversal rectangular, siendo en particular constante a lo largo del eje longitudinal A de los elementos rígidos 11. Por lo tanto, el elemento rígido 11 puede producirse de manera simple, en particular por medio de corte y/o aserrado. Los elementos flexibles 12 también tienen forma de sección transversal rectangular cuando el material compuesto 9 se distribuye uniformemente y/o los elementos flexibles 12 no se deforman.

En particular, los elementos flexibles 12 comprenden un material de celda altamente cerrada. Preferiblemente, el material de celda altamente cerrada comprende un metal o una espuma metálica, en particular una espuma de aluminio. Adicional o alternativamente, los elementos flexibles 12 pueden comprender material plástico, en particular material termoplástico, material elastomérico y/o material termoendurecible.

El material compuesto 9 se proporciona como un módulo 16. Esto significa que los elementos rígidos 11 están conectados a un módulo 16 que se puede manipular por separado como un componente compuesto. Por lo tanto, pueden proporcionarse módulos 16 que se pueden manipular mediante la fuerza manual de un operario de montaje. El módulo 16 comprende 6 elementos rígidos 11, y 5 elementos flexibles 12. Sin embargo, estos números pueden variar dependiendo de la aplicación.

Preferiblemente, el módulo 16 comprende entre 3 y 20, 4 y 15, o 4 y 10, en particular 6, elementos rígidos 11. Preferiblemente, el módulo 16 se produce por medio de corte a través de dos elementos flexibles 12. Los elementos rígidos 11 y los elementos flexibles 11 se alternan en una dirección B que discurre perpendicular al eje A.

La Figura 4 muestra una vista lateral del material compuesto 9 según una realización adicional.

El material compuesto 9 forma un material plano y adaptable que descansa sobre, y está adaptado en forma a, una superficie curva 17 de la concha 10 de la pala. En este estado, el material compuesto 9 refuerza la concha 10 de la pala. Como se muestra en la Figura 4, los elementos flexibles 12 se deforman de manera que los elementos rígidos 11 puedan adaptarse a la superficie curva 17. Los elementos rígidos 11 no se deforman. Por lo tanto, el material compuesto 9 puede adaptarse a la superficie curva 15 sin romperse. El material compuesto 9 puede estar en contacto superficial con la superficie 17 a través de toda su superficie 15 (o superficie 23 en otra realización, no mostrada). Por ejemplo, el material compuesto 9 puede unirse a la superficie 17 utilizando un adhesivo.

Preferiblemente, los elementos flexibles 12 son plásticamente o elásticamente deformables. En particular, los elementos flexibles 12 tienen una mayor ductilidad que el elemento rígido 11. La ductilidad de los elementos flexibles se elige de tal manera que, por ejemplo, la contorneabilidad se induzca al material compuesto simplemente por gravedad o al forzarlo manualmente a la geometría de la superficie curva 17, de manera que el material compuesto 9 mantenga esta forma debido a la deformación plástica.

Como se muestra en la Figura 4, el material compuesto 9 se dobla alrededor de la dirección V. La ventaja de dichos elementos flexibles 12 es que se evitan los espacios huecos entre los elementos rígidos 11. Esto es, en particular, relevante cuando se utilicen elementos rígidos 11 gruesos (es decir, se aumente la altura H).

5 La Figura 5 muestra una vista lateral del material compuesto 9 antes de proporcionarse como módulo montable 16, como se muestra en la Figura 3.

10 El material compuesto 9 se proporciona como bloque semiacabado 18. En contraste con el módulo 16, el bloque 18 tiene la altura H1 que es varias veces, en particular al menos 3, 5, 7 o 10 veces, más grande que la altura H. Cada elemento rígido 21 y/o elemento flexible 22 tiene la altura H1.

Al cortar el bloque 18 en partes que tengan la altura H, se pueden producir varios módulos 16. Preferiblemente, el bloque 18 se produce por medio del corte a través de dos elementos flexibles 22.

15 La Figura 6 muestra una vista en detalle VI de la Figura 5.

20 Los elementos flexibles 22, por ejemplo, están conectados a los elementos rígidos 21 por medio de un adhesivo, en particular una capa adhesiva 19, dispuesta entre la cara 13 y el elemento flexible 22, y un adhesivo, en particular la capa adhesiva 20, dispuesta entre la cara 14 y el elemento flexible 22.

Alternativamente, los elementos rígidos 21 pueden conectarse al elemento flexible 22 por medio de soldadura por placa caliente. En este caso, las capas 19, 20 pueden proporcionarse como zonas fundidas y luego solidificadas.

25 Por lo tanto, se puede lograr una resistencia suficiente del material compuesto 9. Por lo tanto, se puede evitar que los elementos rígidos 11 se desprendan del elemento flexible 12.

La Figura 7 muestra un diagrama de bloques de una realización de un método para producir el material compuesto 9 según la Figura 3, o la pala 5 de turbina eólica según la Figura 2.

30 En una primera etapa S1, se proporcionan una pluralidad de elementos rígidos 21, cada uno con la altura H1, la anchura W y la longitud L. Los elementos rígidos 21 pueden proporcionarse de madera de balsa, en particular por medio de aserrado. Alternativamente, los elementos rígidos 21 se proporcionan a partir de espuma celular rígida.

35 Además, en una etapa S2 se proporcionan una pluralidad de elementos flexibles 22 que tienen la altura H1 y la longitud L.

En una etapa S3, cada elemento flexible 22 está dispuesto entre dos elementos rígidos 21.

40 En una etapa S4, cada elemento flexible 22 está conectado a dos elementos rígidos 21, de manera que los elementos rígidos 21 estén conectados de manera flexible entre sí por medio de los elementos flexibles 22. Esta etapa S4 de conexión se puede realizar por medio de pegado o de soldadura por placa caliente. En particular, las etapas S3 y S4 se ejecutan como una etapa. En esta etapa se crea el material compuesto 9.

45 En una etapa S5, el material compuesto 9 se puede cortar de manera que se proporcione un bloque 18 que tenga la anchura W1 (véase la Figura 6). Alternativamente, las etapas S3, S4 se realizan de manera que el bloque 18 que tenga la anchura W1 se cree inmediatamente después de las etapas S3 y S4. En una etapa S6, el bloque 18 se corta en módulos 16 que tienen la altura H. En una etapa S7, el módulo 16 está conectado a la superficie 17 de la concha 10 de pala para producir la pala 5 de turbina eólica.

50 Aunque la presente invención se ha descrito según realizaciones preferidas, resulta obvio para el experto en la técnica que las modificaciones son posibles en todas las realizaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una pala (5) de turbina eólica para una turbina eólica (1), que comprende un material compuesto (9), comprendiendo el material compuesto (9) una pluralidad de elementos rígidos (11) y una pluralidad de elementos flexibles (12), en donde cada elemento flexible (12) está dispuesto entre dos elementos rígidos (11), y está conectado a los mismos de tal manera que los elementos rígidos (11) estén conectados de manera flexible entre sí por medio de los elementos flexibles (12), los elementos flexibles (12) están conectados a los elementos rígidos (11) por medio de un adhesivo (19, 20) o por soldadura por placa caliente, los elementos flexibles (12) son plásticamente o elásticamente deformables, el material compuesto (9) está configurado para reforzar una concha (10) de pala de la pala (5), los elementos rígidos (11) y los elementos flexibles (12) tienen forma de barra, de manera que una longitud de cada elemento rígido y flexible (11, 12) sea al menos varias veces mayor que una altura y una anchura del elemento respectivo (11, 12), cada elemento rígido (11) comprende un eje longitudinal (A), y el material compuesto (9) es flexible en una dirección (V) de flexión alrededor del eje longitudinal (A) de uno de los elementos rígidos (11).
2. La pala de turbina eólica según la reivindicación 1, en donde el material compuesto (9) forma un material plano y/o adaptable, configurado para adaptarse a una superficie curva (17) cuando se monta.
3. La pala de turbina eólica según las reivindicaciones 1 o 2, en donde los elementos flexibles (12) llenan completamente huecos (G) entre los elementos rígidos (11), de manera que una superficie (15) formada por los elementos rígidos (11) y los elementos flexibles (12) sea uniforme.
4. La pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-3, en donde los elementos rígidos (11) están hechos de madera de balsa o espuma celular rígida.
5. La pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-4, en donde cada elemento rígido (11) tiene forma de sección transversal rectangular, siendo en particular constante a lo largo de un eje longitudinal (A) del elemento rígido (11).
6. La pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-5, en donde los elementos rígidos (11) tienen un primer módulo (E1) de elasticidad, y los elementos flexibles (12) tienen un segundo módulo (E2) de elasticidad, y en donde el primer módulo (E1) de elasticidad es mayor que el segundo módulo (E2) de elasticidad.
7. La pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-6, en donde entre 3 y 20, 4 y 15, o 4 y 10, en particular 3, 4, 5, 6 o 7, elementos rígidos (11) están conectados para formar un único módulo (16) que puede manipularse como una única pieza.
8. La pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-7, en donde los elementos flexibles (12) comprenden material plástico, en particular material termoplástico, material elastomérico y/o material termoendurecible.
9. La pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-8, en donde los elementos flexibles (12) comprenden un material de celda altamente cerrada.
10. Una turbina eólica (1) que comprende una pala (5) de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-9.
11. Un método para producir una pala (5) de turbina eólica, en particular según una de las reivindicaciones 1-9, en donde la pala (5) comprende un material compuesto (9) para reforzar una concha (10) de pala, y el procedimiento comprende producir el material compuesto (9) según las etapas de:
 - a) proporcionar (S1) una pluralidad de elementos rígidos (21),
 - b) proporcionar (S2) una pluralidad de elementos flexibles (22), siendo los elementos flexibles (12) plásticamente o elásticamente deformables
 - c) disponer (S3) cada elemento flexible (22) entre dos elementos rígidos (21), y
 - d) conectar (S4) cada elemento flexible (22) a dos elementos rígidos (21) por medio de un adhesivo (19, 20) o soldadura por placa caliente, de manera que los elementos rígidos (21) estén conectados de manera flexible entre sí por medio de los elementos flexibles (22), en donde los elementos rígidos (11) y los elementos flexibles (12) tienen forma de barra, de manera que una longitud de cada elemento rígido y flexible (11, 12) sea al menos varias veces mayor que una altura y anchura del elemento respectivo (11, 12), cada elemento rígido (11) comprende un eje longitudinal (A), y el material compuesto (9) es flexible en una dirección (V) de flexión alrededor del eje longitudinal (A) de uno de los elementos rígidos (11).

Figura 1

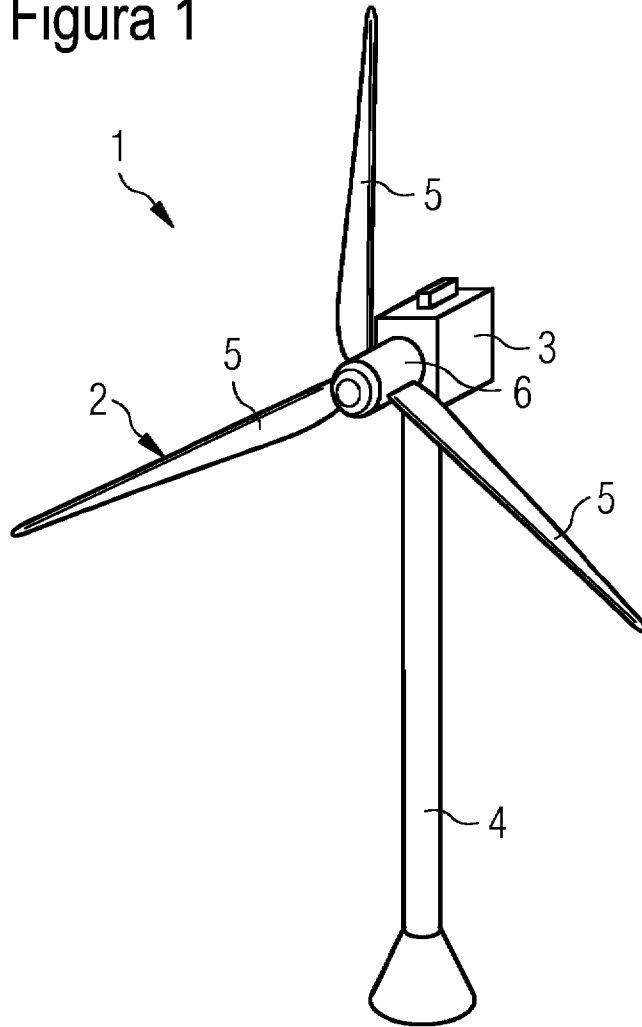
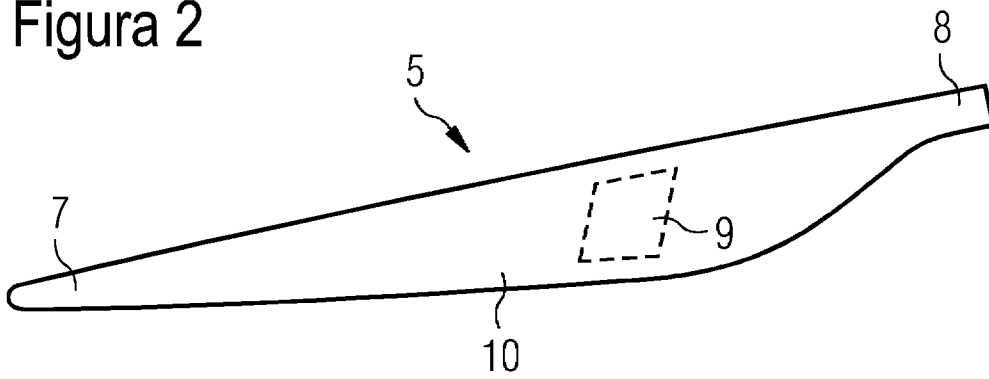


Figura 2



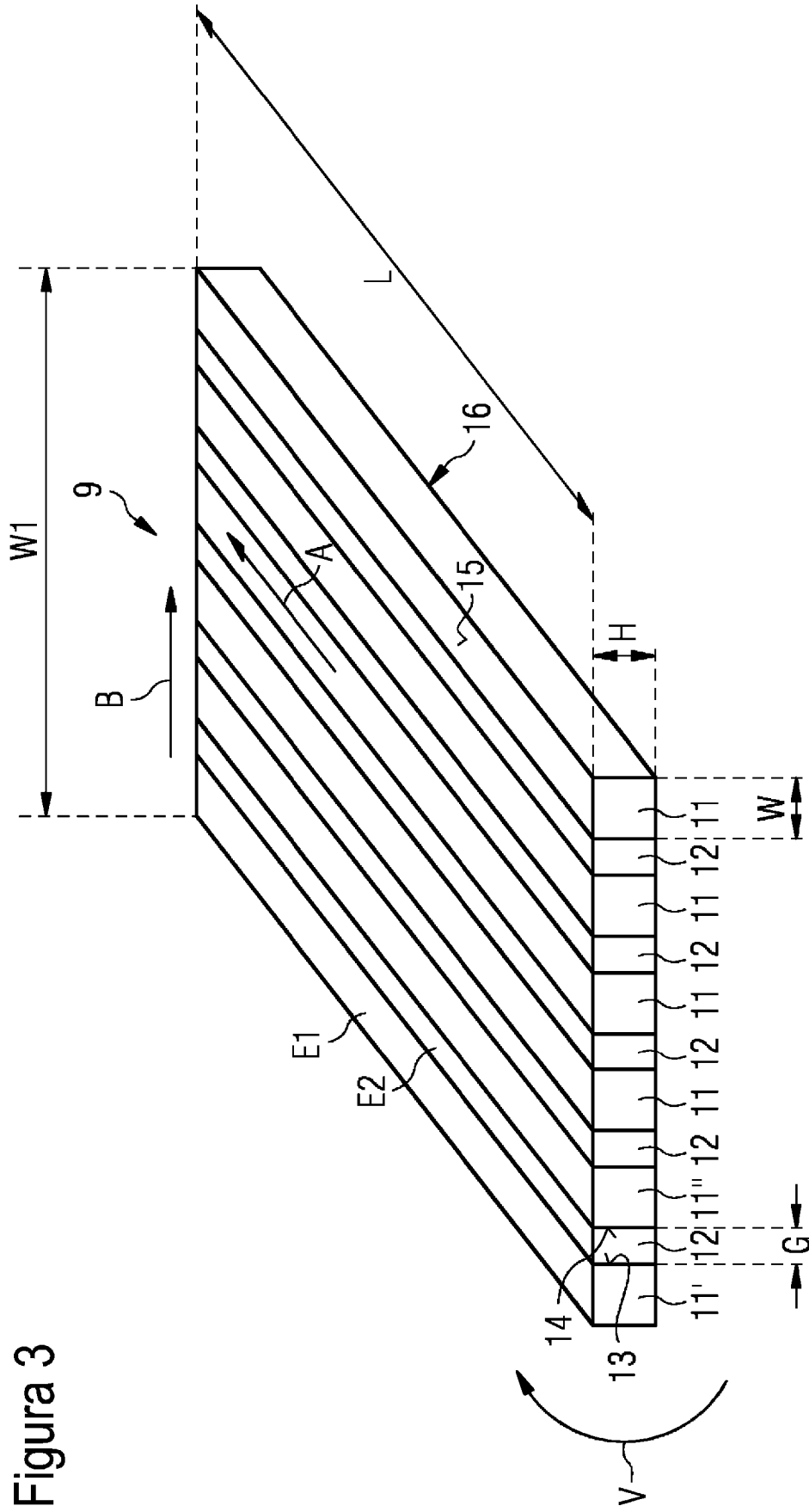


Figura 3

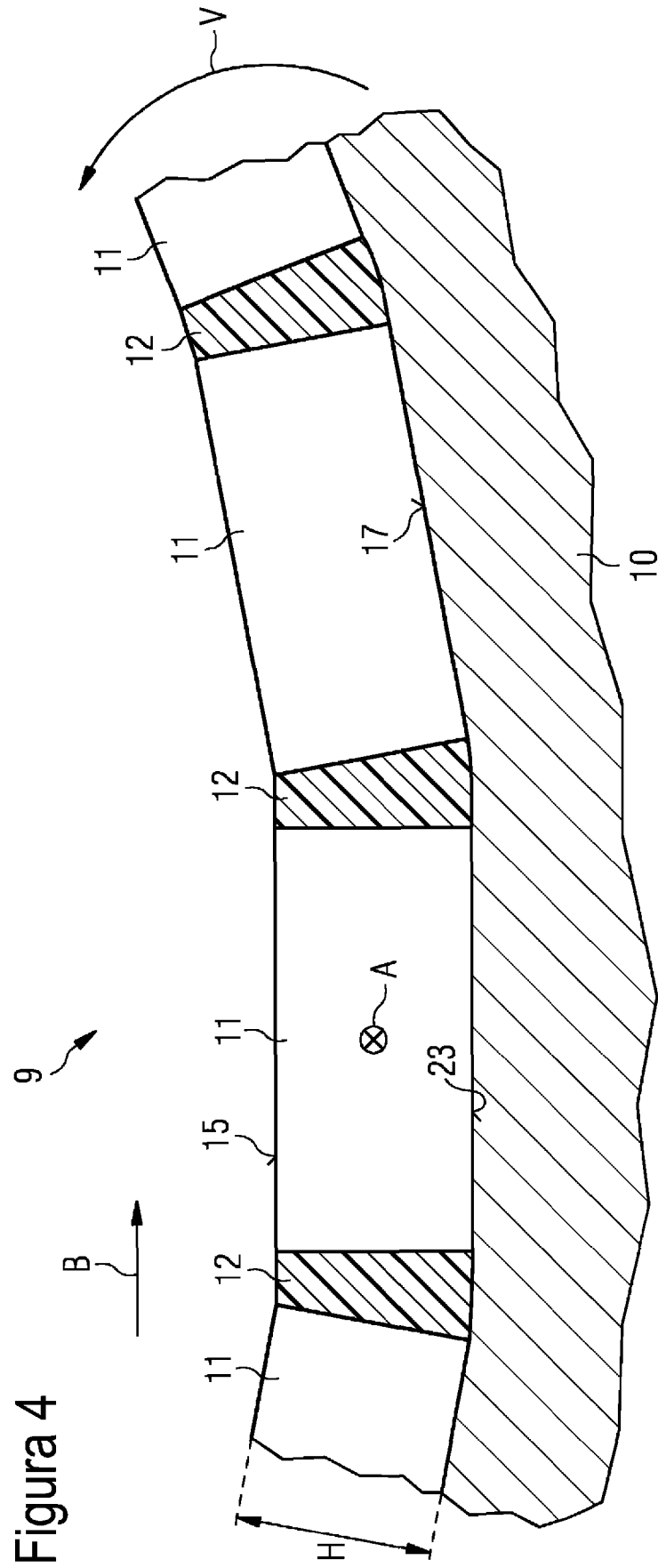


Figure 4

Figura 5

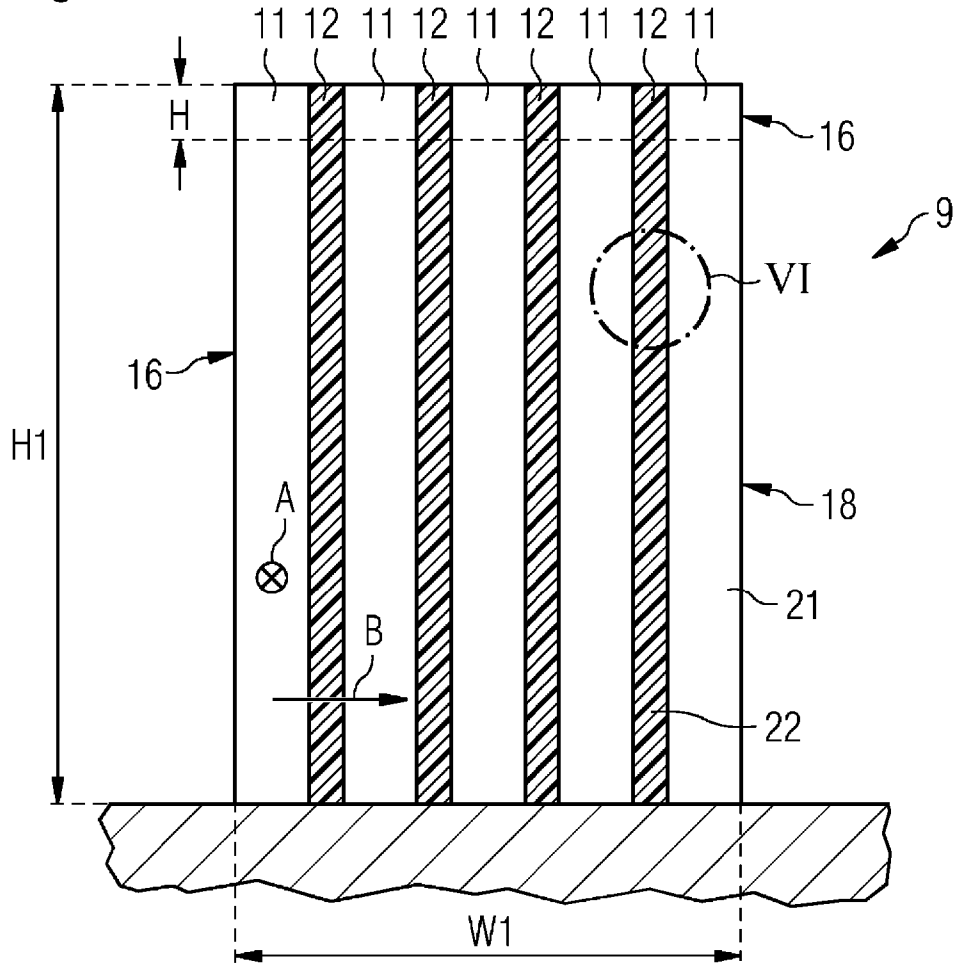


Figura 6

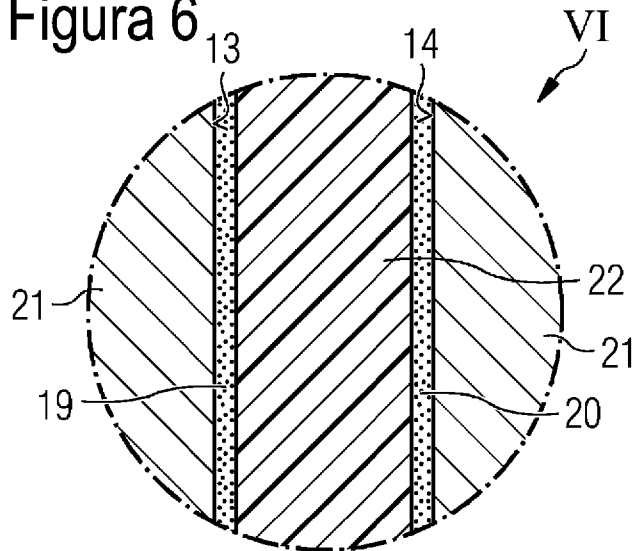


Figura 7

