

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 967 265**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)

B29C 33/42 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2019 PCT/CN2019/121431**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.06.2021 WO21102767**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2019 E 19954612 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2023 EP 4065841**

54 Título: **Núcleo de material para pala de turbina eólica y método para fabricar el mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.04.2024

73 Titular/es:

**ENVISION ENERGY CO., LTD. (100.0%)
No. 3 Shenzhuang Road, Shengang Street,
Jiangyin, Wuxi
Jiangsu 214443, CN**

72 Inventor/es:

**GLUD, JENS;
GIROLOMINI, GIANCARLO y
OVERGAARD, LARS CHRISTIAN TERNDROP**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 967 265 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

Núcleo de material para pala de turbina eólica y método para fabricar el mismo

5 **CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se refiere generalmente al campo de las turbinas eólicas. Más en particular, la invención se refiere a un núcleo de material para una pala de turbina eólica y un método de fabricación de dicho núcleo de material. Además, la presente invención se refiere a una pala de turbina eólica y una turbina eólica.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

En los últimos años, el campo de la energía limpia ha mostrado una tendencia de desarrollo rápido. Como un nuevo tipo de energía, la energía limpia tiene las ventajas de una amplia distribución, alta renovabilidad y una baja contaminación ambiental en comparación con los combustibles fósiles tradicionales. Como representante de la energía limpia, el uso de turbinas eólicas sigue creciendo.

15

Las palas de las turbinas eólicas son componentes importantes de las turbinas eólicas para capturar energía eólica, y su calidad está relacionada directamente con la seguridad de los equipos y la eficacia de generación de energía. Un factor importante para determinar la calidad de la pala es la calidad del componente básico que forma la pala. Un panel de sándwich, a su vez, es el componente principal de la pala componente básico. El panel de sándwich consiste en un material ligero llamado "material de núcleo" (o simplemente "núcleo") que se intercala entre laminados poliméricos reforzados con fibra de vidrio/carbono más pesados pero delgados. En circunstancias normales, el núcleo debe tener una buena capacidad para amoldarse a una superficie de molde de pala (denominada "amoldabilidad"), por ejemplo, una superficie doblemente curvada (convexa o cóncava), para formar la forma de la hoja de la pala de turbina eólica. Una buena amoldabilidad puede contribuir a una superficie de la pala de alta calidad y, por lo tanto, a un mejor rendimiento neumático y una mayor eficacia de generación de energía, así como un mayor factor de seguridad operativa.

20

25

Para mejorar la amoldabilidad del material de núcleo, se corta una rejilla de surcos (o puntajes) en el material de núcleo. En la técnica anterior, se han propuesto los siguientes tipos de surcos:

30

- Surco poco profundo, cortado en uno o ambos lados, longitudinalmente y/o transversalmente, que puede combinarse con perforaciones de rejilla cuadradas de 1-3 mm.
- 35 - Patrón de corte de sierra (véase la Figura 1A), cortado en un lado del núcleo, longitudinal y transversal. Los pequeños bloques se mantienen unidos, por ejemplo, por una malla de fibra de vidrio ligera. Los cortes pueden ser de cuchilla (sin eliminación de material) para minimizar la absorción de resina.
- El llamado "Flexi-cut" (véase la Figura 1B), un patrón de corte en el que ambos lados del núcleo se cortan en ambas direcciones a una profundidad superior al 50 % del espesor del núcleo, creando así una hoja de núcleo "flexible". Los cortes pueden ser de cuchilla (sin eliminación de material) para minimizar la absorción de resina. Los cortes en ambos lados siempre son equidistantes entre sí.
- 40 - Corte solo en una dirección, para doblar en una sola curvatura. Los cortes pueden ser de cuchilla (sin eliminación de material) para minimizar la absorción de resina.

35

40

El documento de Patente CN 207879526 U desvela un material de núcleo de pala de turbina eólica que comprende un cuerpo de núcleo, en donde una superficie superior de dicho cuerpo de núcleo está provista de al menos una primera ranura transversal y al menos una primera ranura longitudinal, y una superficie inferior de dicho cuerpo de núcleo está provista de al menos una segunda ranura transversal y al menos una segunda ranura longitudinal.

45

Sin embargo, las soluciones existentes para los surcos son sensibles a variaciones y tolerancias de fabricación, es decir, las propiedades de los núcleos fabricados pueden verse influidas en gran medida por las variaciones y tolerancias de fabricación, lo que impone muy altas exigencias sobre el proceso de fabricación, elevando así los costes de fabricación totales de la pala.

50

55 **BREVE RESUMEN**

Partiendo de la técnica anterior, es un objeto de la presente invención, según se reivindica en las reivindicaciones adjuntas, proporcionar un núcleo de material para pala de turbina eólica y un método de fabricación de dicho núcleo de material, con el cual pueda potenciarse la amoldabilidad del núcleo reduciendo al mismo tiempo la sensibilidad de las propiedades de los núcleos fabricados a las variaciones de fabricación, mientras que pueden conseguirse beneficios adicionales, tales como una fuerza y resistencia óptimas del panel infundido.

60

En un primer aspecto de la invención, este objetivo se resuelve mediante un núcleo de material para pala de turbina eólica, comprendiendo el núcleo de material:

65

un cuerpo de núcleo;

un primer surco que se extiende desde un primer lado del cuerpo de núcleo, en una primera dirección, a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo; y
 un segundo surco que se extiende desde un segundo lado del cuerpo de núcleo orientado en dirección opuesta al primer lado, en una dirección opuesta a la primera dirección, a una profundidad d_2 en el cuerpo de núcleo, en donde el segundo surco es paralelo al primer surco, y
 en donde:

$$d_2 = t - d_1 + x,$$

$$1\text{mm} \leq x < d_1,$$

$$r = t - d_1,$$

en donde t es un grosor del cuerpo de núcleo, y en donde una distancia entre el primer y el segundo surco es o , y r es una distancia entre un extremo del primer surco y el segundo lado del cuerpo de núcleo; en donde:

$$1\text{mm} \leq o \leq 5\text{mm},$$

en donde, disponiendo el segundo surco lo suficientemente cerca al primer surco y determinando la profundidad d_2 del segundo surco con relación al parámetro r , se minimiza o incluso se elimina la influencia de la variación del parámetro r sobre una propiedad del núcleo, de modo que se reduce sustancialmente o incluso se elimina la sensibilidad de la propiedad del núcleo a variaciones y tolerancias, mientras que se potencia la fuerza y la rigidez del cuerpo de núcleo.

Cabe destacar que, en la presente invención, el término "surco" puede abarcar diversas formas de muescas y ranuras sin mencionar su anchura, es decir, el surco utilizado en el presente documento puede tener una anchura grande o pequeña o ninguna anchura en absoluto (como se utiliza en el presente documento, la frase "ninguna anchura" significa que la anchura es tan pequeña que puede ser insignificante en comparación con sus otras dimensiones). Por ejemplo, en el caso de un surco con una anchura, el material en el surco puede haber sido eliminado, mientras que en el caso de un surco sin ninguna anchura, el surco puede ser una hendidura (o puntaje) sin que se elimine ningún material o sustancialmente ninguno.

También cabe destacar que, la primera dirección y la segunda dirección pueden interpretarse en relación con cada lado del núcleo. Por ejemplo, la primera dirección y la segunda dirección pueden estar orientadas desde la superficie superior a la superficie inferior del núcleo, o al contrario. Y, la primera dirección y la segunda dirección pueden ser perpendiculares o no a la superficie del núcleo. En una realización preferida, la primera dirección y la segunda dirección son perpendiculares a la superficie superior e inferior del núcleo.

En una realización de la invención, el cuerpo de núcleo comprende una pluralidad de los primeros surcos y una pluralidad de los segundos surcos, en donde la distancia o entre la primera y la segunda ranuras es más pequeña que la distancia entre dos de los primeros surcos adyacentes. De esta manera, la amoldabilidad del núcleo de material puede mejorarse aún más disponiendo el número deseado de la primera y la segunda ranuras. Los números de la primera y la segunda ranuras pueden variar según los casos de uso específicos. En una realización preferida, la distancia o entre la primera y la segunda ranuras es 1/5, 1/10, 1/20 o 1/100 de la distancia entre dos de los primeros surcos adyacentes si estos primeros surcos adyacentes son paralelos entre sí.

En otra realización de la invención, el núcleo de material comprende una pluralidad de pares de la primera y la segunda ranuras, en donde la pluralidad de pares de la primera y la segunda ranuras forman un patrón en uno o más lados del cuerpo del núcleo. Por ejemplo, el patrón puede comprender uno o más rectángulos, cuadrados, triángulos o hexágonos. Los triángulos pueden ser triángulos equiláteros u otros triángulos, y los hexágonos pueden ser hexágonos regulares u otros hexágonos. El patrón puede formarse en el lado superior, el lado inferior o el lado lateral del cuerpo de núcleo.

En otra realización de la invención, el cuerpo de núcleo comprende además:

un tercer surco que se extiende desde el primer lado, en una segunda dirección, en un primer ángulo α a la primera dirección, a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo, en donde el tercer surco está en un segundo ángulo β con respecto al primer surco; y
 un cuarto surco que se extiende desde el segundo lado, en una dirección opuesta a la segunda dirección, en la profundidad d_2 en el cuerpo de núcleo, en donde el cuarto surco es paralelo al tercer surco, en donde una distancia entre el tercer y el cuarto surcos es o .

Al hacer esto, la amoldabilidad del núcleo de material puede mejorarse aún más, mejorando la amoldabilidad del núcleo de material en otra dirección. En una realización preferida, el primer ángulo α es 0° y el segundo ángulo β es 90° , de modo que las ranuras pueden formar una rejilla cuadrada o rectangular en uno o más lados del núcleo. En otras

realizaciones, la segunda dirección puede ser diferente de la primera dirección, es decir, el primer ángulo α es distinto de cero, y el tercer y el cuarto surcos no son perpendiculares, sino que están inclinados hacia o en un ángulo oblicuo a la primera y la segunda ranuras. De esta manera, puede conseguirse una mejor amoldabilidad en una dirección deseada.

5 En otra realización más, el cuerpo de núcleo comprende una pluralidad de los terceros surcos y una pluralidad de los cuartos surcos, en donde la distancia o entre el tercer y el cuarto surcos es más pequeña que la distancia entre dos de los primeros surcos adyacentes. Al hacer esto, la amoldabilidad del núcleo de material puede mejorarse aún más disponiendo número deseado del tercer y el cuarto surcos. Los números del tercer y el cuarto surcos pueden variar según los casos de uso específicos. En una realización preferida, la distancia o entre el tercer y el cuarto surcos es $1/5$, $1/10$, $1/20$ o $1/100$ de la distancia entre dos de los terceros surcos adyacentes si estos terceros surcos adyacentes son paralelos entre sí.

15 En una realización de la invención, el primer surco y/o el segundo surco tiene una anchura tal que el surco es de guiar el flujo de resina. De esta manera, puede facilitarse la infusión entre el núcleo y los laminados, por ejemplo, humedeciendo mejor el núcleo con el material de infusión, es decir, la resina.

20 En otra realización de la invención, el cuerpo de núcleo tiene forma de cuboide. Cabe destacar que, en otras realizaciones, a la luz de las enseñanzas de la presente invención, puede ser concebible un núcleo con otra forma, tal como una forma cúbica, forma redonda, etc.

25 En otra realización más de la invención, el cuerpo de núcleo está hecho de un material seleccionado entre un grupo que comprende: Madera de balsa, madera de paulonia, espuma de PET, espuma de PVC, espuma de SAN, espuma de PMI, espuma de PEI, espuma de PS y espuma de PU. En otras realizaciones, a la luz de las enseñanzas de la presente invención, pueden ser concebibles núcleos hechos de otros materiales, tales como otros materiales sintéticos de espuma.

30 En un segundo aspecto de la invención, el objetivo mencionado anteriormente se resuelve mediante un panel de sándwich para pala de turbina eólica, que comprende:

un primer laminado y un segundo laminado; y
el núcleo de material según la invención dispuesto entre el primer y el segundo laminados.

35 En una realización de la invención, el primer y/o el segundo laminados comprenden polímero reforzado con fibra de vidrio de o de carbono. En otras realizaciones, a la luz de las enseñanzas de la presente invención, pueden ser concebibles laminados hechos de otro material, tales como laminados que contienen otros materiales de refuerzo, tales como fibra de polímero.

40 En un tercer aspecto de la invención, el objetivo mencionado anteriormente se resuelve mediante un método de fabricación de un núcleo de material para pala de turbina eólica, que comprende

45 cortar un cuerpo de núcleo del núcleo de material para formar un primer surco que se extiende desde un primer lado del cuerpo de núcleo, en una primera dirección, a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo; y
cortar el cuerpo de núcleo para formar un segundo surco que se extiende desde un segundo lado del cuerpo de núcleo orientado en dirección opuesta al primer lado, en una dirección opuesta a la primera dirección, a una profundidad d_2 en el cuerpo de núcleo, en donde el segundo surco es paralelo al primer surco, y en donde:

$$d_2 = t - d_1 + x,$$

$$1\text{mm} \leq x < d_1,$$

$$r = t - d_1,$$

50 en donde t es un grosor del cuerpo de núcleo, y r es una distancia entre un extremo del primer surco y el segundo lado del cuerpo de núcleo; y en donde una distancia entre el primer y el segundo surco es o , en donde:

$$1\text{mm} \leq o \leq 5\text{mm},$$

55 en donde, disponiendo el segundo surco lo suficientemente cerca al primer surco y determinando la profundidad d_2 del segundo surco con relación al parámetro r , se minimiza o incluso se elimina la influencia de la variación del parámetro r sobre una propiedad del núcleo, de modo que se reduce sustancialmente o incluso se elimina la sensibilidad de la propiedad del núcleo a variaciones y tolerancias, mientras que se potencia la fuerza y la rigidez del cuerpo de núcleo.

60 Cabe destacar que, en la presente invención, el término "corte" o "cortar" puede abarcar diversos tipos de corte, tales como corte por láser, corte mecánico, corte por calor, etc. También puede entenderse que el corte puede realizarse en

diversas direcciones y de diversas maneras, siempre y cuando el núcleo fabricado tenga los surcos deseados. Por ejemplo, el corte puede realizarse en el lado superior o inferior en una dirección vertical, o el corte puede realizarse en el lado lateral en una dirección horizontal.

5 En una realización de la invención, el método comprende además:

10 cortar el cuerpo de núcleo para formar un tercer surco que se extiende desde el primer lado, en la primera dirección, a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo, en donde el tercer surco es perpendicular al primer surco; y cortar el cuerpo de núcleo para formar un cuarto surco que se extiende desde el segundo lado, en una dirección opuesta a la primera dirección, a una profundidad d_2 en el cuerpo de núcleo, en donde el segundo surco es paralelo al tercer surco, en donde una distancia entre el tercer y el cuarto surcos es o .

15 Al hacer esto, puede formarse una rejilla cuadrada o rectangular de surcos en uno o más lados del núcleo, de modo que puede mejorarse la amoldabilidad.

20 En otra realización de la invención, cortar el cuerpo de núcleo comprende además: eliminar o no eliminar material del cuerpo de núcleo. En caso de eliminar material, los surcos pueden tener un ancho más grande, por lo que puede facilitarse la infusión, mientras en caso de no eliminar material, el corte puede ser un corte a cuchilla, y los surcos pueden ser ranuras, por lo que puede minimizarse la absorción de resina por el núcleo y el corte puede ser más simple o más barato.

Además, la presente invención también se refiere a una pala de turbina eólica y una turbina eólica que adopta el núcleo de material según la presente invención.

25 La presente invención posee al menos los siguientes efectos beneficiosos: al rediseñar los surcos, la presente invención puede reducir sustancialmente la sensibilidad de las propiedades de los núcleos fabricados a las variaciones de fabricación y las tolerancias a la vez que consigue la misma amoldabilidad o incluso mejor, mientras que pueden conseguirse los beneficios adicionales, tales como alcanzar una fuerza y resistencia óptimas del panel infundido. Específicamente, al disponer un segundo surco que se inicia desde el otro lado del primer surco, el núcleo tendrá una mayor amoldabilidad a las superficies curvadas dobles, es decir, el núcleo puede curvarse en ambas direcciones; al acortar la profundidad del segundo surco y disponer el segundo surco más cerca del primer surco, la sensibilidad de las propiedades de los núcleos fabricados a las variaciones de fabricación y las tolerancias pueden reducirse en gran medida o incluso eliminarse, de modo que puede conseguirse una mayor calidad de los núcleos fabricados, y también puede mejorarse la resistencia y la rigidez del panel infundido. Esto se basa en el conocimiento del inventor de que: la razón principal de la influencia de las variaciones y las tolerancias en las propiedades del núcleo radica en que, el parámetro r , es decir, la distancia entre un extremo del primer surco y el lado inferior del cuerpo de núcleo, es difícil de controlar con precisión durante el proceso de fabricación (o necesita costes mucho más altos para controlar r), lo que conduce a rendimientos variables de los núcleos producidos. Al mismo tiempo, a través de investigaciones, el inventor ha descubierto sorprendentemente que, disponiendo el segundo surco lo suficientemente cerca al primer surco ($2 \text{ mm} \leq o \leq 5 \text{ mm}$, donde o es la distancia entre la primera y la segunda ranuras) y determinando adecuadamente la profundidad d_2 del segundo surco en relación a r ($1 \text{ mm} + r \leq d_2 < t$, donde t es un espesor vertical del cuerpo de núcleo), la influencia de la variación del parámetro r sobre la propiedad del núcleo puede minimizarse o incluso eliminarse, de modo que la sensibilidad de las propiedades del núcleo a las variaciones y tolerancias puede reducirse sustancialmente o incluso eliminarse, mientras la resistencia y la rigidez del panel infundido también se mejoran inesperadamente.

50 Debe entenderse que tanto el breve resumen anterior como la siguiente descripción detallada describen diversas realizaciones y pretenden proporcionar una visión general o detalles para comprender la naturaleza y el carácter de la materia objeto reivindicada. Los dibujos adjuntos se incluyen para proporcionar una mayor comprensión de las diversas realizaciones, y se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva. Los dibujos ilustran las diversas realizaciones descritas en el presente documento, y junto con la descripción sirven para explicar los principios y operaciones de la materia objeto reivindicada.

55 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos adjuntos, que se incorporan en el presente documento y forman una parte de la memoria descriptiva, ilustran realizaciones de la presente divulgación y, junto con la descripción, sirven además para explicar los principios de la presente divulgación y permiten a los expertos en la técnica realizar y utilizar la presente divulgación.

60 La Figura 1 es una vista esquemática que muestran las soluciones técnicas para núcleos de material de palas según la técnica anterior.

Las Figuras 2A-2B ilustran una vista en perspectiva y una vista seccionar de una primera realización ejemplar del núcleo de material según la presente invención.

65 Las Figuras 3A-3B ilustran una vista en perspectiva y una vista seccionar de una segunda realización ejemplar del núcleo de material según la presente invención.

Las Figuras 4-5 ilustran vistas superiores de los núcleos de material que tienen patrones de surco ejemplares

según la presente invención.

La Figura 6 ilustra un diagrama de flujo del método para fabricar el núcleo de material según la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 En la siguiente descripción, con fines de explicación, se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión profunda de las realizaciones de la invención descrita más adelante. Será evidente, sin embargo, para los expertos en la técnica que las realizaciones de la invención pueden ponerse en práctica sin algunos de estos detalles específicos. En otros casos, se muestran estructuras y dispositivos bien conocidos en forma de diagrama de bloques para evitar oscurecer los principios subyacentes de las realizaciones de la invención.

10 Aunque las realizaciones desveladas en el presente documento se han expuesto con el propósito de ilustración, la descripción anterior no debe considerarse una limitación sobre el alcance de la divulgación o las reivindicaciones adjuntas.

15 Cabe destacar que los diversos componentes en los dibujos pueden mostrarse exagerados con fines de ilustración y no están necesariamente a escala. En los dibujos, los mismos componentes o de funcionalidad idéntica están provistos de los mismos números de referencia.

20 En la presente invención, los términos "establecido/dispuesto anteriormente", "establecido/dispuesto en" y "establecido/dispuesto sobre" no excluyen la existencia de un componente intermedio entre dos componentes, a menos que se especifique lo contrario. Además, "establecido/dispuesto en, sobre o por encima" únicamente significa la relación posicional relativa entre los dos componentes y, en ciertas circunstancias, tales como después de invertir la dirección del producto, también puede convertirse en "disponerse bajo, debajo o por debajo", y viceversa.

25 En la presente invención, las realizaciones están destinadas meramente a ilustrar la solución de la presente invención y no deben interpretarse como limitantes.

30 En la presente invención, los artículos "un" y "una" utilizados antes de un componente no pretenden excluir una pluralidad de tales componentes.

35 También cabe destacar que en las realizaciones de la presente invención, solo puede mostrarse una parte del componente o componentes por motivos de claridad y simplicidad. Sin embargo, los expertos en la materia apreciarán que el componente o componentes requeridos pueden añadirse según sea necesario a la luz de las enseñanzas de la presente invención.

40 También cabe destacar que dentro del alcance de la presente invención, los términos "lo mismo que", "igual a" y similares no pretenden que los valores sean absolutamente iguales, sino que permiten una cierta variación o tolerancia razonable, es decir, los términos también abarcan "sustancialmente lo mismo que", "sustancialmente igual a", etc. De un modo similar, en la presente invención, los términos "perpendicular a", "paralelo a" y similares denotan direcciones que también abarcan el significado de "sustancialmente perpendicular a", "sustancialmente paralelo a", etc.

45 Adicionalmente, la enumeración de las etapas de los diversos métodos de la presente invención no limitan el orden de ejecución de las etapas del método. Las etapas del método pueden ser realizadas en un orden diferente a menos que se indique lo contrario.

50 La presente invención se basa en el conocimiento del inventor de que las soluciones técnicas existentes para el núcleo de material de pala tienen al menos dos limitaciones principales. En primer lugar, algunos núcleos de material de pala (o simplemente "núcleo de material" o "núcleo") en la técnica anterior tienen surcos solo en un lado, por lo tanto, en los puntos de asiento (cóncavos en una dirección y convexos en la otra dirección) de la superficie del molde, el núcleo o el panel pueden romperse en dirección longitudinal o transversal con el fin de cubrir el material de núcleo a la superficie del molde, lo que conduce a un panel o núcleo dañado. En segundo lugar, las soluciones técnicas existentes para el núcleo de material son sensibles a variaciones y tolerancias de fabricación. El inventor ha descubierto sorprendentemente que la razón principal de la influencia de las variaciones y las tolerancias sobre las propiedades del núcleo radica en el parámetro r , es decir, la distancia entre un extremo del primer surco y el lado inferior del cuerpo de núcleo, es difícil de controlar con precisión durante el proceso de fabricación (o necesita costes mucho más altos para controlar r), lo que conduce a rendimientos variables de los núcleos producidos. Por ejemplo, en el caso de un parámetro r muy variable, las propiedades del núcleo de material, tal como la amoldabilidad, durabilidad, rigidez, etc. también varían en gran medida, aumentando así la posibilidad de una calidad menor o una tasa de rendimiento menor de los núcleos de material. Al mismo tiempo, a través de investigaciones, el inventor ha descubierto que, disponiendo el segundo surco lo suficientemente cerca al primer surco ($1\text{ mm} \leq o \leq 5\text{ mm}$, donde o es la distancia entre la primera y la segunda ranuras) y determinando adecuadamente la profundidad d_2 del segundo surco en relación a r ($1\text{ mm} + r \leq d_2 < t$, donde t es un espesor vertical del cuerpo de núcleo), la influencia de la variación del parámetro r sobre la propiedad del núcleo puede minimizarse o incluso eliminarse, por lo que la sensibilidad de las propiedades del núcleo a las variaciones y tolerancias puede reducirse sustancialmente o incluso eliminarse, mientras la resistencia y la rigidez del panel infundido también se mejora inesperadamente.

En lo sucesivo, la invención se expondrá adicionalmente con referencia a los dibujos junto con las realizaciones.

Las Figuras 2A-2B ilustran una vista en perspectiva y una vista seccionar (a lo largo de la dirección AA) de una primera realización ejemplar del núcleo de material según la presente invención.

5 Como se muestra en las Figuras 2A-2B, en la primera realización, el núcleo de material 100 para pala de turbina eólica según la presente invención comprende los siguientes componentes:

- 10 - un cuerpo de núcleo 101, que puede estar hecho de una madera de balsa o una espuma sintética, tal como espuma de PET, espuma de PVC y espuma de PU. En esta realización, el cuerpo de núcleo 101 se muestra como una forma cuboide, pero en otras realizaciones, a la luz de las enseñanzas de la invención, puede ser concebible un núcleo de otra forma, tal como una forma cuboide, una forma de disco plano, etc. El cuerpo de núcleo 101 tiene un primer lado 104 (o una "cara superior") y un segundo lado 105 (o una "cara inferior") orientado en dirección opuesta al primer lado 104.
- 15 - primeros surcos 102 que se extienden desde el primer lado 104, es decir, la cara superior, del cuerpo de núcleo 101, en una primera dirección 106, a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo 101. Es decir, los primeros surcos 102 comienzan desde el primer lado 104 y terminan a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo 101. En este ejemplo, tres primeros surcos 102 se disponen en el cuerpo de núcleo 101, pero en otros ejemplos, pueden disponerse otros números (tales como uno, cuatro, cinco o veinte) de los primeros surcos 102 en cada núcleo. Los primeros surcos 102 adyacentes pueden estar separados entre sí por una misma distancia o diferentes distancias. Los primeros surcos 102 tienen una longitud l_1 y una anchura w_1 , que pueden ser iguales o diferentes entre todos los primeros surcos 102. En una realización preferida, la longitud l_1 y la anchura w_1 son iguales entre todos los primeros surcos 102 en el núcleo de material 100. La expresión "profundidad de un surco" se refiere a la distancia entre el punto de partida y el punto final del surco en la dirección de extensión del surco. La expresión "longitud de un surco" se refiere a la dimensión mayor de las dos dimensiones del surco perpendicular a la profundidad del surco. La longitud l_1 de los primeros surcos 102 puede extenderse por toda la anchura del cuerpo de núcleo 101, es decir, extenderse a través del cuerpo de núcleo 101, o puede extenderse simplemente parcialmente por la anchura del cuerpo de núcleo 101. La expresión "anchura de un surco" se refiere a la dimensión más pequeña de las dos dimensiones del surco perpendicular a la profundidad del surco, o la dimensión perpendicular al plano definido por la línea recta a lo largo de la profundidad del surco y la línea recta a lo largo de la longitud del surco. La anchura w_1 de los primeros surcos 102 puede ser un ancho más grande o un ancho muy pequeño (la anchura puede ser tan pequeña que puede ser insignificante en comparación con sus otras dimensiones). Por ejemplo, en el caso de un surco con un ancho más grande, el material en el surco puede haber sido eliminado, por lo que se facilitará la infusión guiando el flujo de infusión, es decir, el flujo de resina en los surcos, mientras que en el caso de un surco con una anchura muy pequeña, el surco puede ser una hendidura (o puntaje o un corte a cuchilla) sin que se elimine ningún material o sustancialmente ninguno, por lo la absorción del material de infusión, es decir, la resina (por ejemplo, resina epoxi) por el núcleo puede minimizarse.
- 20 - segundos surcos 103 que se extiende desde el segundo lado 105, es decir, la cara inferior, del cuerpo de núcleo 101 orientado en dirección opuesta al primer lado 104, en una dirección opuesta a la primera dirección 106, a una profundidad d_2 en el cuerpo de núcleo 101. Es decir, los segundos surcos 103 comienzan desde el segundo lado 105 y terminan a una profundidad d_2 en el cuerpo de núcleo 101. Los segundos surcos 103 son paralelos a los primeros surcos 102. En esta realización, esto significa que, la dirección a lo largo de la longitud l_2 (no mostrada) de los segundos surcos 103 es paralelo a la dirección a lo largo de la longitud l_1 de los primeros surcos 102. La longitud l_2 de los segundos surcos 103 puede extenderse por toda la anchura del cuerpo de núcleo 101, es decir, extenderse a través del cuerpo de núcleo 101, o puede extenderse simplemente parcialmente por la anchura del cuerpo de núcleo 101. La anchura w_2 de los segundos surcos 103 puede ser un ancho más grande o un ancho muy pequeño (la anchura puede ser tan pequeña que puede ser insignificante en comparación con sus otras dimensiones). En este ejemplo, se disponen tres segundos surcos 103 en el cuerpo de núcleo 101, pero en otros ejemplos, pueden disponerse otros números (tales como uno, cuatro, cinco o veinte) de los segundos surcos 103 en cada cuerpo de núcleo. Los segundos surcos 103 adyacentes pueden estar separados entre sí por una misma distancia o diferentes distancias. Los segundos surcos 103 tienen una longitud l_2 (no mostrada) y una anchura w_2 , que pueden ser iguales o diferentes entre todos los segundos surcos 103, y la longitud l_2 y la anchura w_2 de los segundos surcos 103 pueden ser iguales o diferentes que las de los primeros surcos 102. En una realización preferida, la longitud l_2 y la anchura w_2 de los segundos surcos 103 son iguales entre todos los segundos surcos 103 en el núcleo de material 100, e iguales a las de los primeros surcos 102. La profundidad d_2 de los segundos surcos 103 y la distancia o entre la primera y la segunda ranuras 102 y 130 satisfacen la siguiente fórmula:

$$d_2 = r + x, \quad (1)$$

$$r = t - d_1, \quad (2)$$

$$1mm \leq x < d_1, \quad (3)$$

en donde r es la distancia entre un extremo del primer surco y el lado inferior del cuerpo de núcleo, y d_1 es la profundidad de los primeros surcos, y t es el grosor del cuerpo de núcleo 101.

$$1\text{mm} \leq o \leq 5\text{mm}. \quad (4)$$

5 En la presente invención, disponiendo el segundo surco lo suficientemente cerca al primer surco ($1\text{mm} \leq o \leq 5\text{mm}$) y determinando adecuadamente la profundidad d_2 del segundo surco en relación a $r(1\text{mm} + r \leq d_2 < t)$, la influencia de la variación del parámetro r sobre la propiedad del núcleo puede minimizarse o incluso eliminarse, de modo que la sensibilidad de las propiedades del núcleo a las variaciones y tolerancias puede reducirse sustancialmente o incluso eliminarse, mientras la resistencia y la rigidez del panel infundido también se mejoran inesperadamente. En
10 comparación con el diseño de surco de la técnica anterior "flexi-cut", la disposición asimétrica de surcos 102 y 103 según la presente invención puede aumentar la rigidez en aproximadamente el 20 % a un mismo contenido de resina de infusión. En comparación con los diseños de surco de la técnica anterior, la disposición asimétrica de surcos 102 y 103 según la presente invención puede aumentar la resistencia aproximadamente un 40 %. La disposición asimétrica según la presente invención asegura una variación reducida en las propiedades de rigidez obtenidas, ya que se reduce
15 la rigidez de la sensibilidad a la fabricación y las tolerancias. La disposición asimétrica según la presente invención asegura una variación reducida en las propiedades de rigidez cuando el grosor del núcleo se varía en comparación con los diseños de surco de la técnica anterior.

20 Las Figuras 3A-3B ilustran una vista en perspectiva y una vista seccionar (a lo largo de la dirección AA) de una segunda realización ejemplar del núcleo de material según la presente invención.

La diferencia entre la primera y la segunda realizaciones radica principalmente en que, en la segunda realización, un tercer surco 107 y un cuarto surco 108 se disponen en el cuerpo de núcleo 101.

25 El tercer surco 107 se extiende desde el primer lado 104, en una segunda dirección 106' en un primer ángulo α a la primera dirección 106, a una profundidad d_3 en el cuerpo de núcleo 101, en donde el tercer surco 107 está en un segundo ángulo β con respecto al primer surco 102. En esta realización, el primer ángulo α es 0° , y el segundo ángulo es 90° . En otras realizaciones, el tercer surco 107 puede extenderse en una segunda dirección 106' en un primer ángulo α distinto de cero a la primera dirección y el tercer surco 107 puede estar en un ángulo oblicuo con respecto al
30 primer surco 102. Además, en esta realización, solo se dispone un tercer surco 107 en el cuerpo de núcleo 101, pero en otras realizaciones, otros números (por ejemplo, dos, tres, cinco o diez) de tercer surco 107 pueden disponerse en el cuerpo de núcleo 101. El tercer surco 107 tiene una longitud l_3 (no mostrada) y una anchura w_3 , que puede ser igual que o diferente de la del primer surco 102.

35 En esta realización, el cuarto surco 108 se extiende desde el segundo lado, en una dirección opuesta a la primera dirección 106, a una profundidad d_4 en el cuerpo de núcleo 101, en donde el cuarto surco 108 es paralelo al tercer surco 107, en donde una distancia entre el tercer y el cuarto surcos 107 y 108 es o' . El cuarto surco 108 tiene una longitud l_4 (no mostrada) y una anchura w_4 , que puede ser igual que o diferente de la del segundo surco 103.

40 La profundidad d_3 del tercer surco 107 puede ser igual o diferente de la profundidad d_1 del primer surco 102. La profundidad d_4 del cuarto surco 108 puede ser igual o diferente de la profundidad d_2 del segundo surco 103. Y, la distancia o' entre el tercer y el cuarto surcos 107 y 108 puede ser igual o diferente de la distancia o entre la primera y la segunda ranuras 102 y 103. En cualquier caso, la profundidad d_3 y d_4 del tercer y el cuarto surcos 107 y 108 y la distancia o' entre el tercer y el cuarto surcos 107 y 108 satisfacen preferiblemente la fórmula (1) a (4).
45

Al disponer el tercer y el cuarto surcos 107 y 108, la amoldabilidad del núcleo de material 100 puede mejorarse aún más, mejorando la amoldabilidad del núcleo de material en otra dirección, en esta realización, en la dirección transversal del núcleo de material 100 (la disposición de la primera y la segunda ranuras 102 y 103 mejoran la amoldabilidad del núcleo de material 100 en la dirección longitudinal).
50

Las Figuras 4-5 ilustran vistas superiores de los núcleos de material que tienen patrones de surco triangulares y hexagonales ejemplares según la presente invención. En las Figuras 4 y 5, los patrones se muestran en la cara superior 104 del cuerpo de núcleo, pero en otras realizaciones, los patrones pueden formarse en las otras caras del cuerpo de núcleo, tal como la cara inferior o la cara lateral. En las Figuras 4 y 5, los primeros surcos 102 se muestran como una línea sólida y los segundos surcos 103 se muestran como una línea discontinua.
55

En la Figura 4, se muestra un patrón de triángulos, en donde cada triángulo está formado por múltiples pares de la primera y la segunda ranuras 102 y 103. En esta realización, los triángulos son equiláteros, pero en otras realizaciones, pueden formarse otros triángulos, tales como triángulos rectos. Utilizando el patrón de surcos que tiene formas específicas, puede obtenerse una amoldabilidad deseada para una superficie de molde curvada específica.
60

En la Figura 5, se muestra un patrón de hexágonos, en donde cada hexágono está formado por múltiples pares de la primera y la segunda ranuras 102 y 103. En esta realización, los hexágonos son hexágonos regulares, pero en otras realizaciones, pueden formarse otros hexágonos. Utilizando el patrón de surcos que tiene formas específicas, puede

obtenerse una amoldabilidad deseada para una superficie de molde curvada específica.

La Figura 6 ilustra un diagrama de flujo del método para fabricar el núcleo de material según la presente invención. Las etapas mostradas en bloques de línea discontinua son etapas opcionales.

5 El método 300 empieza en la etapa 302, en la que se corta un cuerpo de núcleo del núcleo de material, utilizando, por ejemplo, una sierra circular para formar un primer surco que se extiende desde un primer lado del cuerpo de núcleo, en una primera dirección, a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo. Para formar el primer surco, pueden utilizarse diversos métodos de corte, tales como corte por láser, corte mecánico, corte por calor, etc. También puede entenderse que el corte puede realizarse en diversas direcciones y de diversas maneras, siempre y cuando el núcleo fabricado
10 tenga los surcos deseados. Por ejemplo, el corte puede realizarse en el lado superior o inferior en una dirección vertical, o el corte puede realizarse en el lado lateral en una dirección horizontal. En ambos casos, puede formarse la misma estructura de los primeros surcos.

15 En la etapa 304, el cuerpo de núcleo se corta, utilizando, por ejemplo, una sierra circular para formar un segundo surco que se extiende desde un segundo lado del cuerpo de núcleo orientado en dirección opuesta al primer lado, en una dirección opuesta a la primera dirección, a una profundidad d_2 en el cuerpo de núcleo, en donde el segundo surco es paralelo al primer surco y en donde la profundidad d_1 y d_2 de la primera y la segunda ranuras y la distancia o entre el primer y el segundo satisfacen la fórmula (1) a (4). Para formar el segundo surco, pueden utilizarse diversos métodos
20 de corte, tales como corte por láser, corte mecánico, corte por calor, etc. También puede entenderse que el corte puede realizarse en diversas direcciones y de diversas maneras, siempre y cuando el núcleo fabricado tenga los surcos deseados. Por ejemplo, el corte puede realizarse en el lado superior o inferior en una dirección vertical, o el corte puede realizarse en el lado lateral en una dirección horizontal. En ambos casos, puede formarse la misma estructura de los segundos surcos.

25 En la etapa opcional 306, el cuerpo de núcleo se corta para formar un tercer surco que se extiende desde el primer lado, en la primera dirección, a una profundidad d_3 en el cuerpo de núcleo, en donde el tercer surco es perpendicular al primer surco. El método de corte para el primer surco puede ser igual o diferente que el de la primera y la segunda ranuras.

30 En la etapa opcional 308, el cuerpo de núcleo se corta para formar un cuarto surco que se extiende desde el segundo lado, en una dirección opuesta a la primera dirección, a una profundidad d_4 en el cuerpo de núcleo, en donde el segundo surco es paralelo al tercer surco, en donde una distancia entre el tercer y el cuarto surcos es o' , en donde la profundidad d_3 y d_4 del tercer y el cuarto surcos 107 y 108 y la distancia o' entre el tercer y el cuarto surcos 107 y 108
35 satisfacen preferiblemente la fórmula (1) a (4).

El alcance de la invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un núcleo de material (100) para una pala de turbina eólica, que comprende:

- 5 un cuerpo de núcleo (101);
 un primer surco (102) que se extiende desde un primer lado (104) del cuerpo de núcleo (101), en una primera dirección (106), a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo (101); y
 un segundo surco (103) que se extiende desde un segundo lado (105) del cuerpo de núcleo (101) orientado en dirección opuesta al primer lado (104), en una dirección opuesta a la primera dirección (106), a una profundidad d_2
 10 en el cuerpo de núcleo (101), en donde el segundo surco (103) es paralelo al primer surco (102), y en donde:

$$d_2 = t - d_1 + x,$$

$$1\text{mm} \leq x < d_1,$$

$$r = t - d_1,$$

- 15 en donde t es un grosor del cuerpo de núcleo (101), y r es una distancia entre un extremo del primer surco (102) y el segundo lado (103) del cuerpo de núcleo (101); y en donde una distancia entre el primer surco (102) y el segundo surco (103) es o , **caracterizado por que:**

$$1\text{mm} \leq o \leq 5\text{mm};$$

- 20 en donde, disponiendo el segundo surco (103) lo suficientemente cerca al primer surco (102) y determinando la profundidad d_2 del segundo surco (103) con relación al parámetro r , se minimiza o incluso se elimina la influencia de variar el parámetro r sobre una propiedad del núcleo, de modo que se reduce sustancialmente o incluso se elimina la sensibilidad de la propiedad del núcleo a las variaciones y tolerancias, mientras que se potencia la fuerza y la rigidez del cuerpo de núcleo (101).

25 2. El núcleo de material (100), según la reivindicación 1, en donde el cuerpo de núcleo (101) comprende una pluralidad de los primeros surcos (102) y una pluralidad de los segundos surcos (103), en donde la distancia o entre el primer surco (102) y el segundo surco (103) es más pequeña que la distancia entre dos de los primeros surcos adyacentes (102).

30 3. El núcleo de material (100), según la reivindicación 1 o 2, en donde el cuerpo de núcleo (101) comprende además:

- un tercer surco (107) que se extiende desde el primer lado (104), en una segunda dirección (106') en un primer ángulo (α) a la primera dirección (106), a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo (101), en donde el tercer surco (107) está en un segundo ángulo (β) con respecto al primer surco (102); y
 35 un cuarto surco (108) que se extiende desde el segundo lado (105), en una dirección opuesta a la segunda dirección (106'), a una profundidad d_2 en el cuerpo de núcleo (101), en donde el cuarto surco (108) es paralelo al tercer surco (107), en donde una distancia entre el tercer surco (107) y el cuarto surco (108) es o .

40 4. El núcleo de material (100), según la reivindicación 1 o 2, en donde el primer ángulo (α) es 0° y el segundo ángulo (β) es 90° .

45 5. El núcleo de material (100), según la reivindicación 3 o 4, en donde el cuerpo de núcleo (101) comprende una pluralidad de los terceros surcos (107) y una pluralidad de los cuartos surcos (108), en donde la distancia o entre el tercer surco (107) y el cuarto surco (108) es más pequeña que la distancia entre dos de los terceros surcos adyacentes (107).

6. El núcleo de material (100), según la reivindicación 1, en donde el núcleo de material (100) comprende una pluralidad de pares del primer surco (102) y el segundo surco (103), en donde la pluralidad de pares del primer surco (102) y el segundo surco (103) forman un patrón en uno o más lados del cuerpo de núcleo (101).

50 7. El núcleo de material (100), según la reivindicación 6, en donde el patrón comprende uno o más rectángulos, cuadrados, triángulos o hexágonos.

8. El núcleo de material (100), según las reivindicaciones 1 a 3, en donde el primer surco (102) y/o el segundo surco (103) tiene una anchura tal que el surco es de guiar el flujo de resina.

55 9. El núcleo de material (100), según la reivindicación 1, en donde el cuerpo de núcleo (101) tiene forma de cuboide.

60 10. El núcleo de material (100), según la reivindicación 1, en donde el cuerpo de núcleo (101) está hecho de un material seleccionado entre un grupo que comprende:

Madera de balsa, madera de paulonia, espuma de PET, espuma de PVC, espuma de SAN, espuma de PMI, espuma de PEI, espuma de PS y espuma de PU.

- 5 11. Un panel de sándwich para pala de turbina eólica, que comprende:
 un primer laminado y un segundo laminado; y
 el núcleo de material (100), según una de las reivindicaciones 1 a 10 dispuesto entre el primer y el segundo laminados.
- 10 12. El panel de sándwich, según la reivindicación 11, en donde el primer y/o el segundo laminados comprenden polímero reforzado con fibra de vidrio de o de carbono.

13. Un método para fabricar un núcleo de material (100) para pala de turbina eólica, que comprende
- 15 cortar un cuerpo de núcleo (101) del núcleo de material (100) para formar un primer surco (102) que se extiende desde un primer lado (104) del cuerpo de núcleo (101), en una primera dirección (106), a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo (101); y
 cortar el cuerpo de núcleo (101) para formar un segundo surco (103) que se extiende desde un segundo lado (105) del cuerpo de núcleo (101) orientado en dirección opuesta al primer lado (104), en una dirección opuesta a la primera dirección (106), a una profundidad d_2 en el cuerpo de núcleo (101), en donde el segundo surco (103) es paralelo al primer surco (102), y en donde:
- 20

$$d_2 = t - d_1 + x,$$

$$1\text{mm} \leq x < d_1,$$

$$r = t - d_1,$$

- 25 en donde t es un grosor del cuerpo de núcleo (101), y r es una distancia entre un extremo del primer surco (102) y el segundo lado (103) del cuerpo de núcleo (101); y en donde una distancia entre el primer surco (102) y el segundo surco (103) es o , **caracterizado por que:**

$$1\text{mm} \leq o \leq 5\text{mm};$$

- 30 en donde, disponiendo el segundo surco (103) lo suficientemente cerca al primer surco (102) y determinando la profundidad d_2 del segundo surco (103) con relación al parámetro r , una influencia de variar el parámetro r sobre una propiedad del núcleo se minimiza o incluso se elimina, de modo que una sensibilidad de la propiedad del núcleo a las variaciones y tolerancias se reduce sustancialmente o incluso se elimina, a la vez que se potencia la fuerza y la rigidez del cuerpo de núcleo (101).

- 35 14. El método, según la reivindicación 13, que comprende además:
 cortar el cuerpo de núcleo (101) para formar un tercer surco (107) que se extiende desde el primer lado (104), en la primera dirección (106), a una profundidad d_1 en el cuerpo de núcleo (101), en donde el tercer surco (107) es perpendicular al primer surco (102); y
 40 cortar el cuerpo de núcleo (101) para formar un cuarto surco (108) que se extiende desde el segundo lado (105), en una dirección opuesta a la primera dirección (106), a una profundidad d_2 en el cuerpo de núcleo (101), en donde el cuarto surco (108) es paralelo al tercer surco (107), en donde una distancia entre el tercer surco (107) y el cuarto surco (108) es o .

- 45 15. El método, según la reivindicación 13, en donde cortar el cuerpo de núcleo (101) comprende además: eliminar o no eliminar material del cuerpo de núcleo (101).

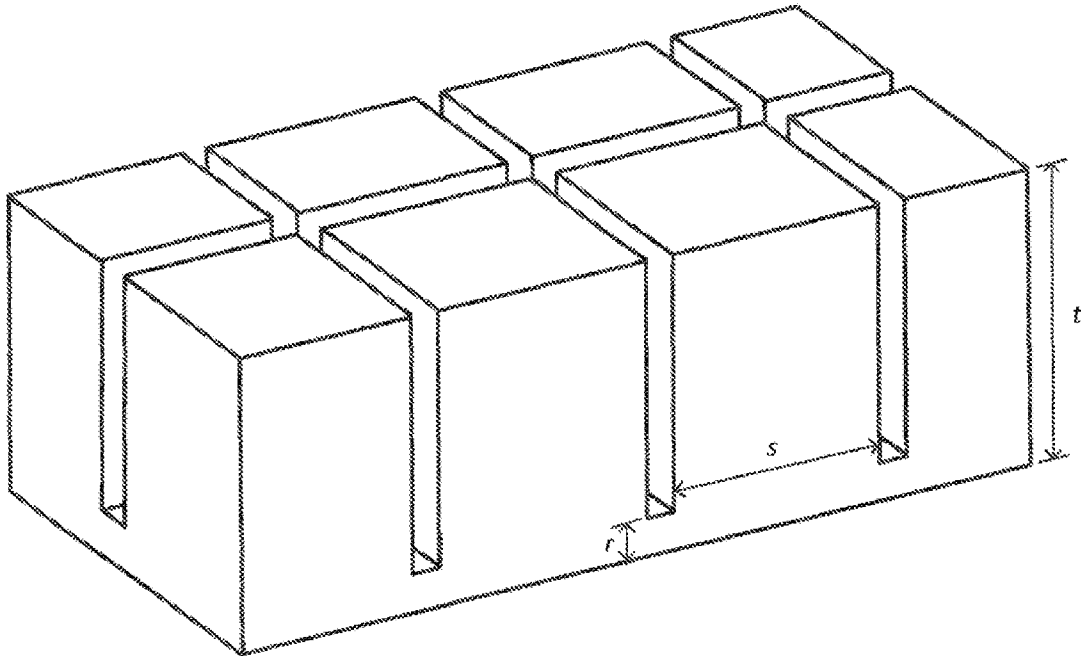


FIG. 1A (Técnica anterior)

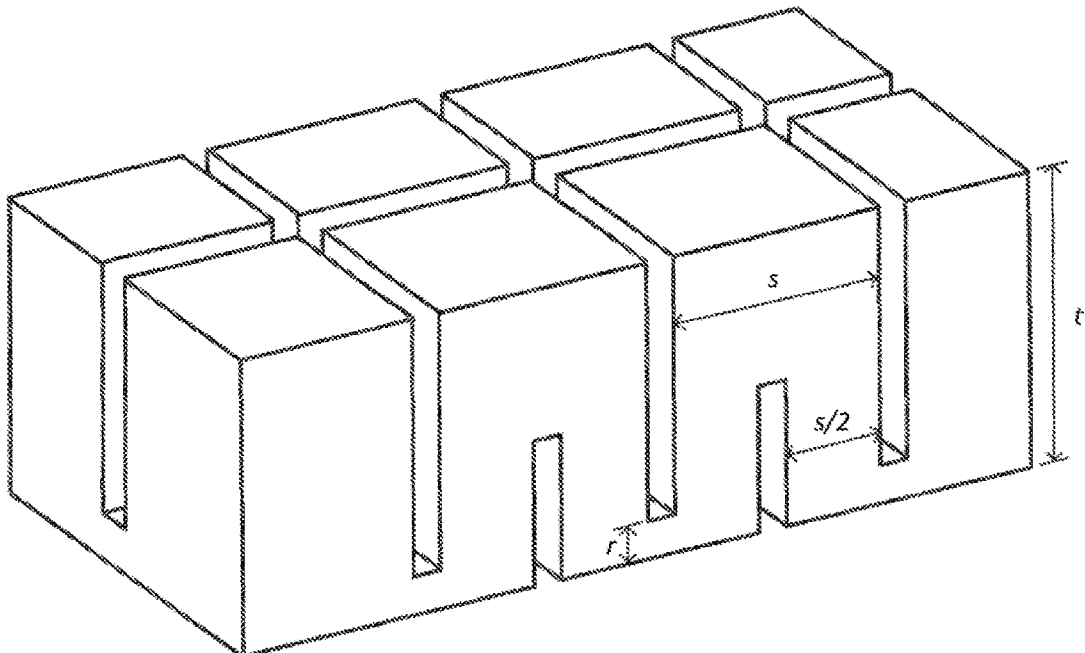


FIG. 1B (Técnica anterior)

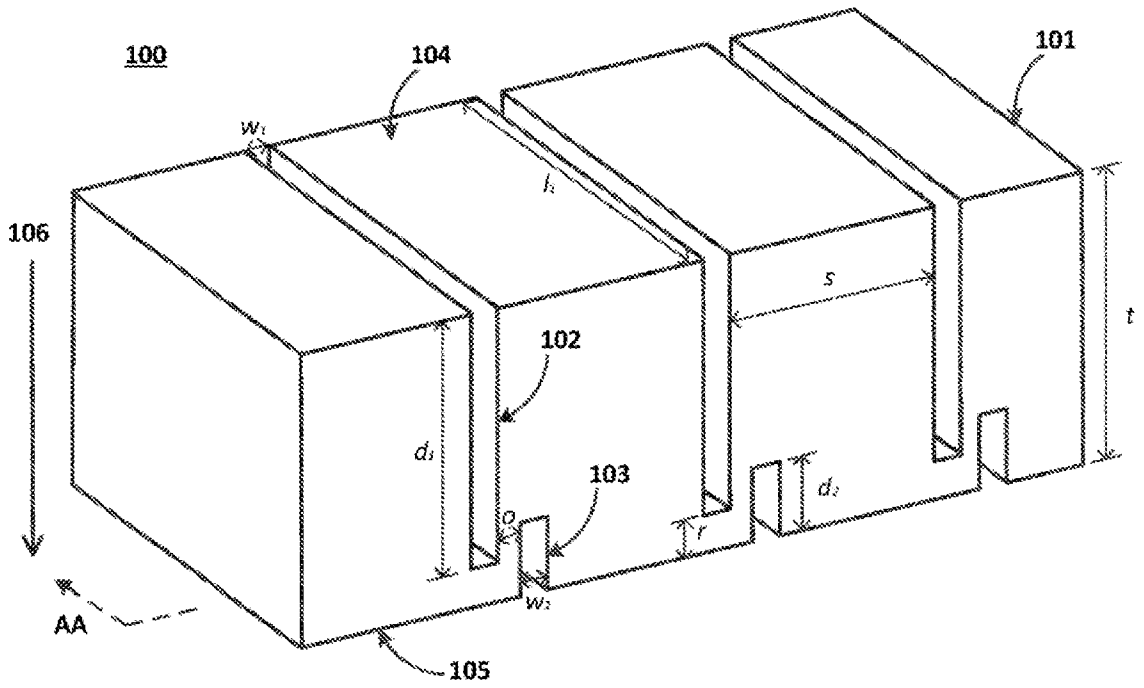


FIG. 2A

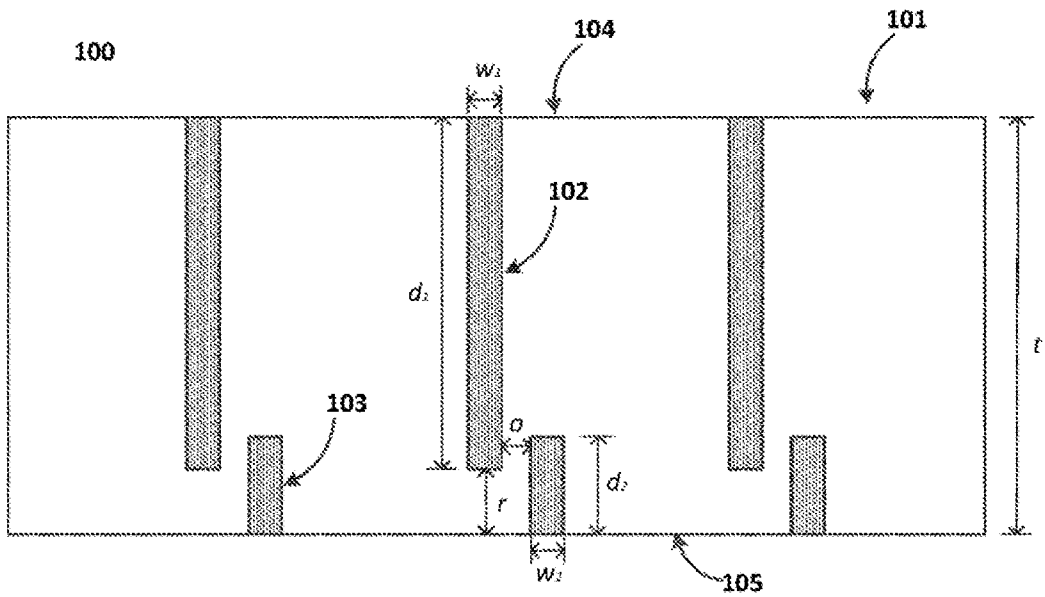


FIG. 2B

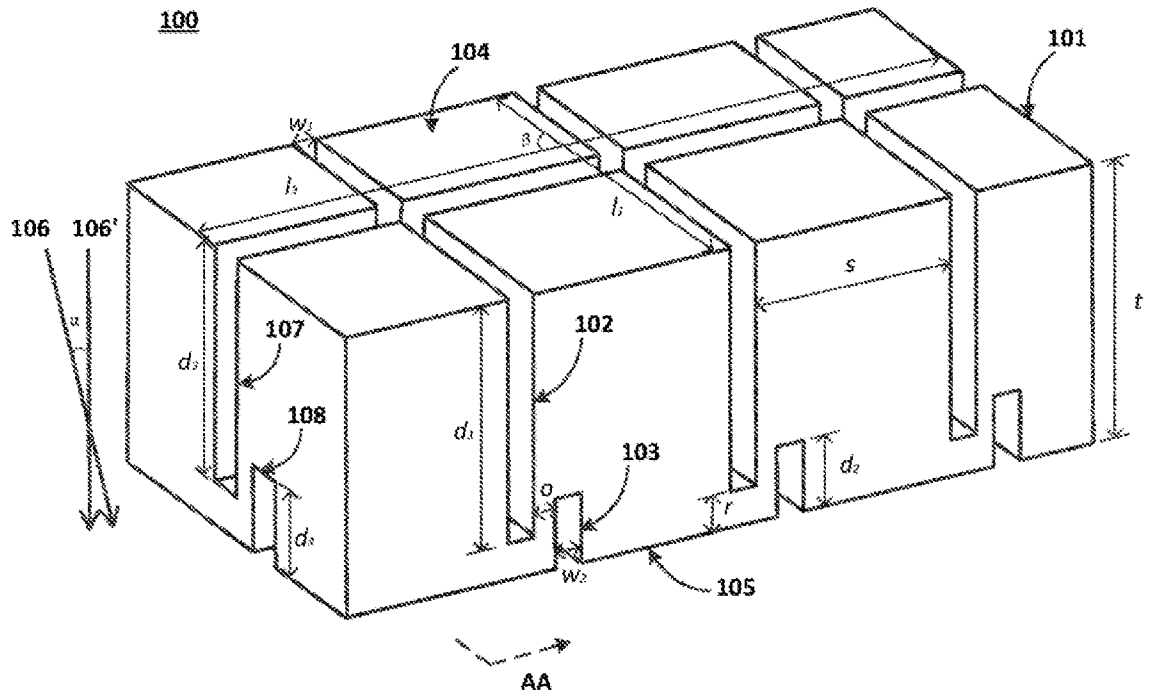


FIG. 3A

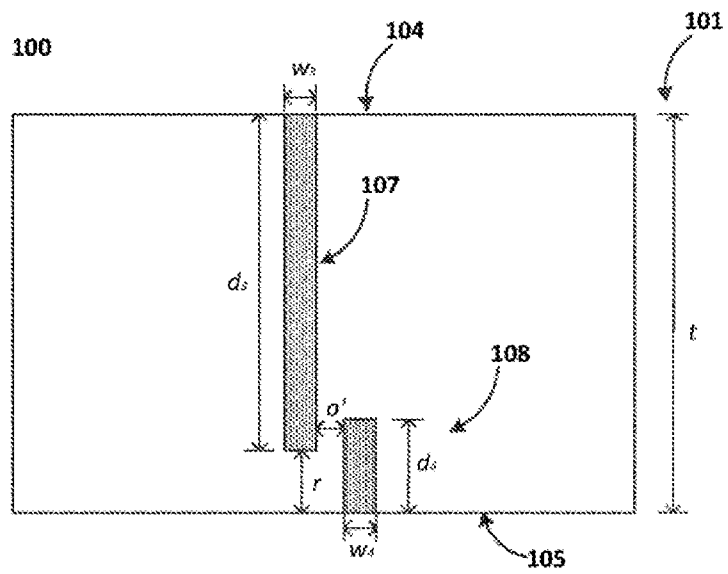


FIG. 3B

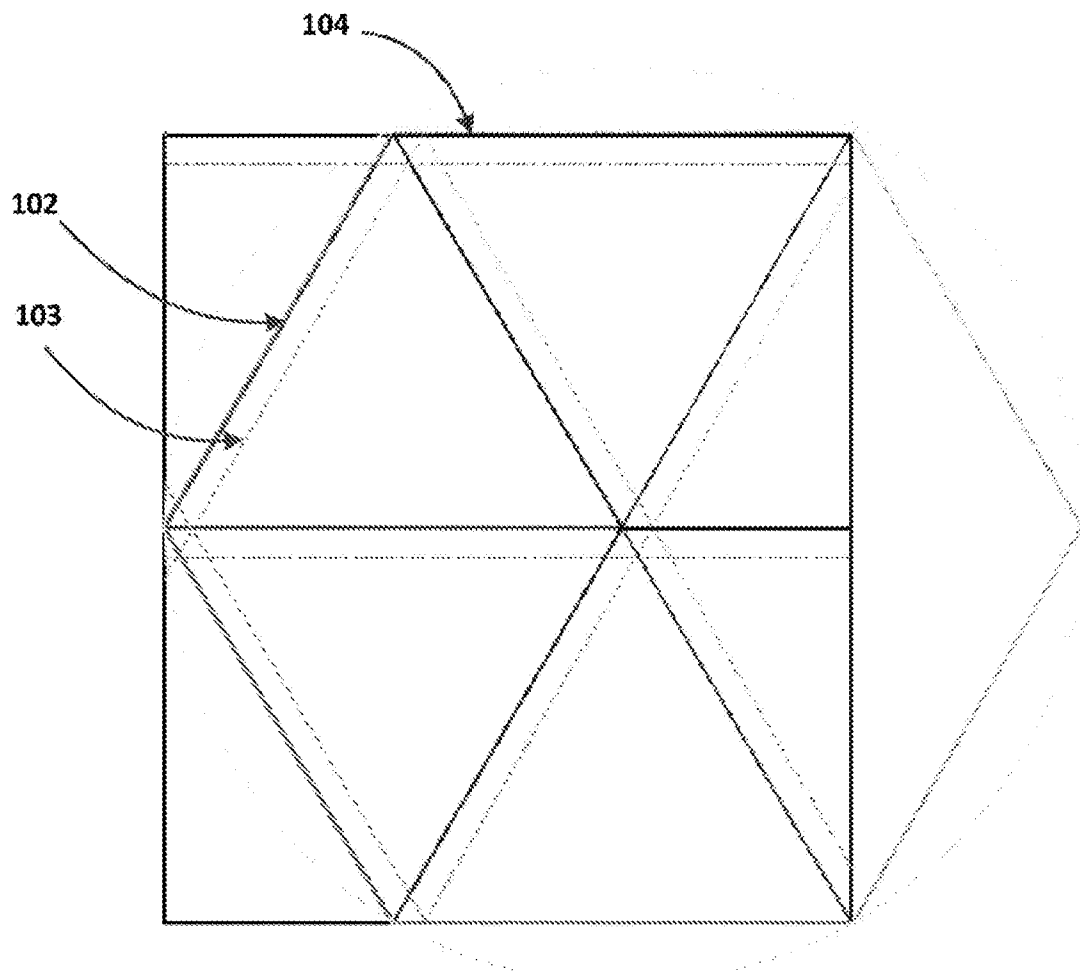


FIG. 4

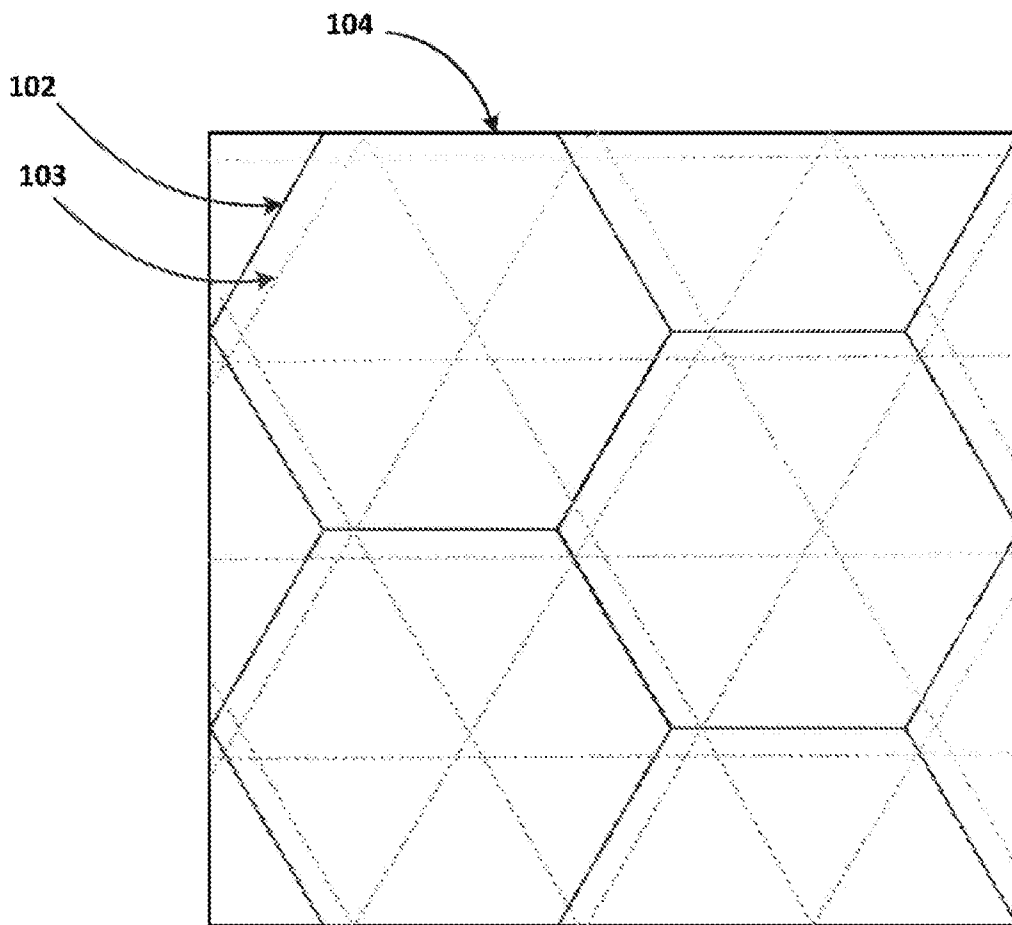


FIG. 5

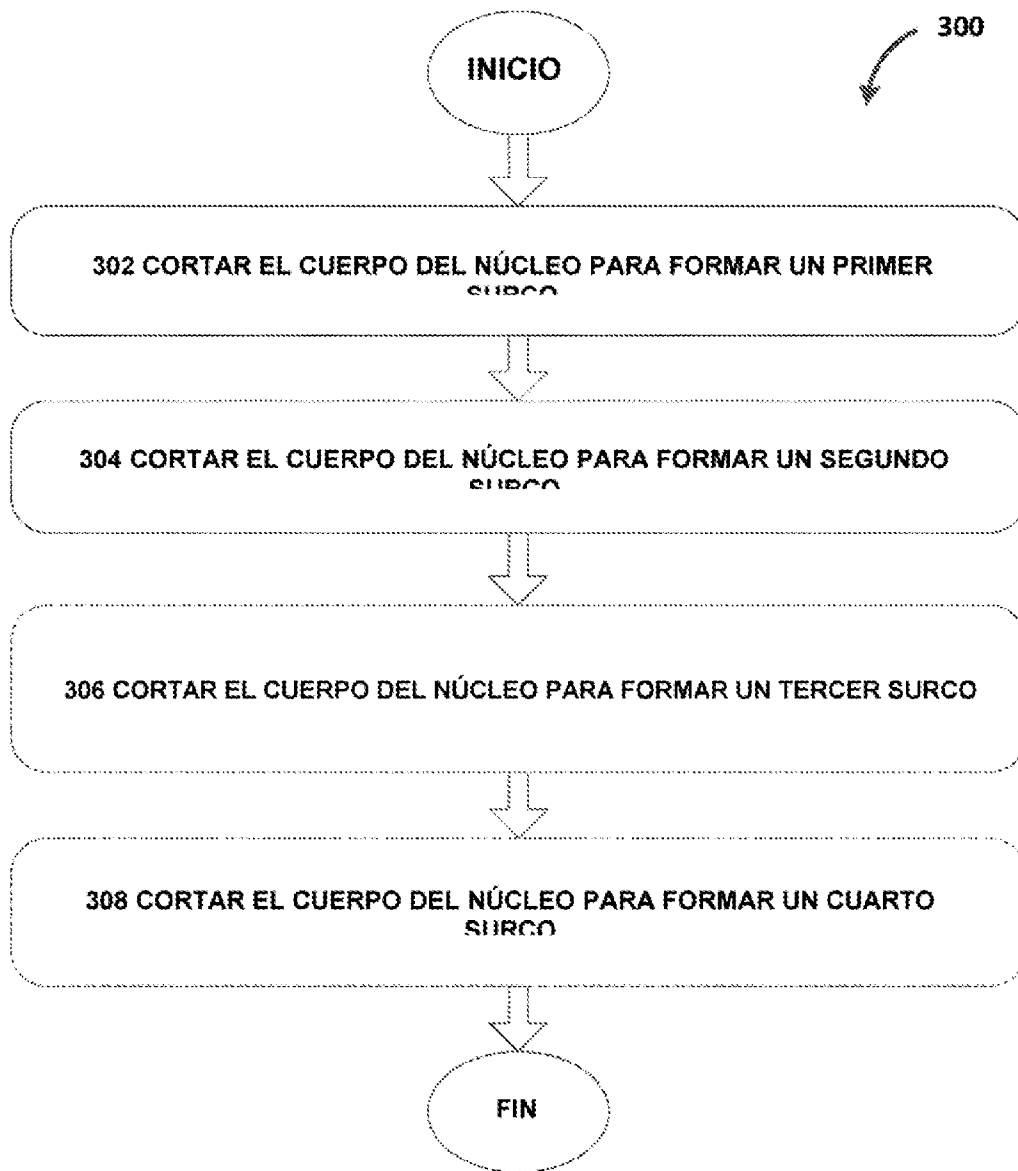


FIG. 6