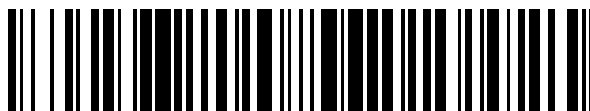


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 829**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2011** **E 11001581 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2016** **EP 2492496**

54 Título: **Pala de rotor de planta de energía eólica con profundidad de pala variable**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
27.10.2016

73 Titular/es:

NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Bornbarch 2
22848 Norderstedt, DE

72 Inventor/es:

FISCHER, GUNTHER REINALD

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 587 829 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 rotor de planta de energía eólica con profundidad de pala variable

- 5 La invención se refiere a una pala de rotor de planta de energía eólica con una raíz de pala, una punta de pala y una profundidad de pala, variable a lo largo de la pala de rotor, que alcanza una profundidad de pala máxima en una posición longitudinal entre la raíz de pala y la punta de pala.

- 10 La potencia, absorbida por el rotor de una planta de energía eólica del viento, depende de las propiedades aerodinámicas de las palas de rotor. Son importantes, entre otros, su perfil aerodinámico, el ángulo de ataque, el grosor de pala relativo y la profundidad de pala de la pala de rotor. Un perfil óptimo teóricamente de la profundidad de pala se puede definir sobre la base de la teoría del impulso de Betz y de una serie de suposiciones simplificadoras. De este modo se obtiene la siguiente relación para la profundidad de pala local óptima:

$$15 \quad t_{\text{opt.}} = \frac{2\pi}{z} \frac{8}{9c_A} \frac{v_{WA}}{\lambda v_r * r}$$

donde:

- 20 $t_{\text{opt.}}$ = profundidad de pala local óptima (m)
 v_{WA} = velocidad de diseño del viento (m/s)
 u = velocidad circunferencial (ms/s)

$v_r = \sqrt{v_w^2 + u^2}$ velocidad de entrada local resultante (m/s)

- 25 v_w = velocidad del viento (m/s)
 λ = velocidad específica local (-)
 c_A = coeficiente de sustentación local (-)
 r = radio de pala local (m)
 z = número de palas del rotor (-)

- 30 Se puede observar la dependencia $1/r$ de la profundidad de pala óptima, según la que la profundidad de pala aumenta de afuera hacia adentro y es infinita en el buje. Tal perfil no es posible en la práctica, pero representa un punto de partida para el desarrollo de palas de rotor. Además, se han de incorporar requisitos de resistencia y consideraciones estructurales complejas. Por consiguiente, las palas de rotor convencionales tienen generalmente una profundidad de pala que aumenta primeramente de la raíz de pala en dirección a la punta de pala, alcanza una profundidad de pala máxima en una posición longitudinal entre la raíz de pala y la punta de pala y desde aquí disminuye hacia la punta de pala aproximadamente de manera lineal o con un perfil ligeramente hiperbólico o cóncavo.

- 40 Por el documento WO2006/090215A1 es conocida una pala de rotor que presenta una solidez relativamente pequeña, es decir, una profundidad de pala pequeña. Como se deduce de los ejemplos descritos en el documento y de la solidez requerida en diferentes posiciones del radio, el perfil relativo de la profundidad de pala no se diferencia esencialmente, sin embargo, de otras palas de rotor conocidas.

- 45 Por el documento JP2005315094 es conocida otra pala de rotor con una solidez pequeña.

- Partiendo de esto, el objetivo de la invención es poner a disposición una pala de rotor de planta de energía eólica con una raíz de pala, una punta de pala y una profundidad de pala, variable a lo largo de la pala de rotor, que alcanza una profundidad de pala máxima en una posición longitudinal entre la raíz de pala y la punta de pala, que proporcione un mejor compromiso entre los esfuerzos mecánicos generados durante el funcionamiento y la potencia absorbida del viento.

- Este objetivo se consigue mediante la pala de rotor de planta de energía eólica con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones secundarias subsiguientes se indican configuraciones ventajosas.

- 55 La pala de rotor de planta de energía eólica tiene una raíz de pala, una punta de pala y una profundidad de pala, variable a lo largo de la pala de rotor, que alcanza una profundidad de pala máxima en una posición longitudinal entre la raíz de pala y la punta de pala, estando situada la profundidad de pala en el intervalo de 20 % a 30 % de la profundidad de pala máxima en una sección longitudinal exterior que se extiende en una longitud de 20 % o más de la longitud de pala. Con otras palabras, la pala de rotor de planta de energía eólica según la invención se caracteriza por una sección longitudinal exterior, en la que la profundidad de pala varía menos o se mantiene casi constante en comparación con palas de rotor convencionales. Por tanto, la profundidad de pala difiere más que lo usual del perfil

óptimo teóricamente en la sección longitudinal exterior. Además, la profundidad de pala es relativamente pequeña en toda la sección longitudinal exterior en comparación con palas de rotor convencionales.

- 5 La característica de que la sección longitudinal es una sección longitudinal exterior, significa que la sección longitudinal se encuentra a una distancia de la raíz de pala, o sea, está situada de manera radial relativamente más hacia afuera respecto a un eje de rotor. La distancia entre la sección longitudinal exterior y la raíz de pala puede ser, por ejemplo, de 30 % o más, 40 % o más, 50 % o más, 60 % o más o 70 % o más de la longitud de pala. Asimismo, puede haber una distancia entre la sección longitudinal exterior y la punta de pala.
- 10 La profundidad de pala máxima puede estar presente en una única posición longitudinal determinada, a partir de la que la profundidad de pala se reduce en ambas direcciones. Sin embargo, la profundidad de pala máxima puede estar presente también en una sección longitudinal determinada, en la que la profundidad de pala se mantiene constante. La longitud de pala significa siempre la longitud total de la pala de rotor desde la raíz de pala hasta la punta de pala.
- 15 Los cálculos han dado como resultado que mediante la sección longitudinal exterior, configurada según la invención, se generan esfuerzos mecánicos menores, en particular en caso de ráfagas extremas, porque la distribución de la carga se desplaza hacia el interior. Por tanto, sin la generación de esfuerzos mecánicos mayores en general, se puede aumentar la longitud de pala, lo que va a compensar en gran medida posibles pérdidas de potencia mediante el perfil de profundidad de pala que difiere del perfil óptimo. En general, la configuración según la invención de la
- 20 sección longitudinal exterior permite poner a disposición palas de rotor de igual longitud que ejercen esfuerzos mecánicos menores o que posibilitan una mayor absorción de potencia mediante el uso de una longitud de pala mayor con los mismos esfuerzos mecánicos. Además, mediante la configuración mencionada se reducen las cargas dinámicas durante el funcionamiento, porque el centro de gravedad de la masa se desplaza en dirección de la raíz de pala. Esto reduce las cargas operativas para el dimensionamiento de la conexión de pala.
- 25 Otra ventaja radica en que debido a la profundidad de pala menor en la sección longitudinal exterior están presentes campos abombados más pequeños que en una pala de rotor con una forma convencional y esto permite ahorrar adicionalmente material de núcleo. De esta manera se reduce la masa de la pala de rotor, lo que va a reducir además los esfuerzos mecánicos generados. Los esfuerzos mecánicos reducidos se reflejan en particular en momentos de flexión reducidos en la raíz de pala. Como resultado de la profundidad de pala pequeña en la sección longitudinal exterior es posible también operar la pala de rotor a una velocidad específica mayor. Esto puede reducir los esfuerzos del tren de accionamiento en el intervalo de carga parcial.
- 30 En configuraciones de la invención, la profundidad de pala en la sección longitudinal exterior está situada en el intervalo de 22 % a 30 % o en el intervalo de 22 % a 28 % de la profundidad de pala máxima. Por consiguiente, la sección longitudinal exterior presenta un perfil de profundidad de pala mucho más uniforme, consiguiéndose así en mayor medida las ventajas descritas de la invención.
- 35 En otras configuraciones, la sección longitudinal exterior se extiende en una longitud de 25 % o más de la longitud de pala o en una longitud de 28 % o más de la longitud de pala, lo que permite reforzar también los efectos ventajosos descritos.
- 40 En el caso de la invención, el grosor de pala relativo varía en la zona de la sección longitudinal exterior y es mayor en el extremo de la sección longitudinal exterior, situado en el lado de la raíz de pala, que en el extremo de la sección longitudinal exterior, situado en el lado de la punta de pala. El grosor de pala relativo es la relación entre el grosor de pala y la profundidad de pala. En palas de rotor convencionales, el grosor de pala relativo es, por lo general, esencialmente constante en una zona exterior y es igual a menudo a 18 % aproximadamente. En el caso de la invención, el grosor de pala relativo aumenta hacia el extremo de la sección longitudinal exterior, situado en el
- 45 lado de la raíz de pala, con una profundidad de pala casi constante. En comparación con una pala de rotor convencional se consigue un grosor de pala relativo mayor a pesar del grosor de pala absoluto, casi constante, mediante la reducción de la profundidad de pala en la sección longitudinal exterior hacia el extremo de la sección longitudinal exterior, situado en el lado de raíz de pala. Por tanto, no es necesario reducir o no es necesario reducir esencialmente la altura de una caja de torsión y flexión, que garantiza la resistencia de la pala de rotor de planta de
- 50 energía eólica, respecto a una pala de rotor de planta de energía eólica convencional. Se puede conseguir entonces una resistencia suficiente, sin realizar cambios constructivos radicales en la estructura portante de la pala de rotor de planta de energía eólica.
- 55 En una configuración, el grosor de pala relativo en el extremo de la sección longitudinal exterior, situado en el lado de la raíz de pala, es en 10 % o más mayor que en el extremo de la sección longitudinal exterior, situado en el lado de la punta de pala. Los experimentos han demostrado que incluso un grosor de pala relativo, mayor en 10% o más, por ejemplo, en 30%, no reduce significativamente el rendimiento aerodinámico. Por tanto, predominan los efectos positivos descritos sobre la resistencia obtenible de la pala de rotor.
- 60 En una configuración, la profundidad de pala disminuye en una sección longitudinal central, que se extiende en 30 % o menos de la longitud de pala, de 80 % o más de la profundidad de pala máxima a 40 % o menos de la profundidad
- 65

de pala máxima. La sección longitudinal central está separada tanto de la raíz de pala como de la punta de pala. La distancia de la sección longitudinal central respecto a la raíz de pala puede ser, por ejemplo, de 20 % o más, preferentemente 30 % o más de la longitud de pala. La distancia de la sección longitudinal central respecto a la punta de pala puede ser, por ejemplo, de 20 % o más, 30 % o más o 40 % o más de la longitud de pala. En la sección longitudinal central se produce un cambio relativamente rápido de la profundidad de pala en comparación con el perfil de la profundidad de pala de palas de rotor convencionales. Esta transición rápida significa que la pala de rotor, relativamente estrecha en la sección longitudinal exterior, se transforma dentro de una sección longitudinal relativamente corta en una sección longitudinal interior, relativamente ancha. Esta transición relativamente abrupta difiere del perfil de profundidad de pala convencional y provoca que la superficie de pala, disponible en total, no resulte más estrecha o no resulte significativamente más estrecha que en una pala de rotor convencional, a pesar de la sección longitudinal exterior, relativamente estrecha. La profundidad de pala relativamente grande en el extremo de la sección longitudinal central, situado en el lado de la raíz de pala, y en las zonas de la pala de rotor, conectadas a continuación hacia el interior, actúa de manera positiva sobre la potencia absorbida y aumenta, sin embargo, solo ligeramente los esfuerzos mecánicos generados. Los experimentos han demostrado que la transición rápida descrita de la profundidad de pala favorece a su vez un compromiso óptimo entre absorción de potencia y esfuerzo.

Asimismo, los experimentos han demostrado que el objetivo mencionado arriba se consigue también mediante una pala de rotor de planta de energía eólica con una raíz de pala, una punta de pala y una profundidad de pala, variable a lo largo de la pala de rotor, que alcanza una profundidad de pala máxima en una posición longitudinal entre la raíz de pala y la punta de pala, disminuyendo la profundidad de pala en una sección longitudinal central, que se extiende en 30 % o menos de la longitud de pala, de 80 % o más de la profundidad de pala máxima a 40 % o menos de la profundidad de pala máxima. Esta combinación de características es conveniente también independientemente del diseño particular de la sección longitudinal exterior.

En otras configuraciones, la profundidad de pala disminuye en la sección longitudinal central de 80 % o más de la profundidad de pala máxima a 40 % o menos de la profundidad de pala máxima y/o la profundidad de pala disminuye en la sección longitudinal central a 35 % o menos de la profundidad de pala máxima y/o la profundidad de pala disminuye en la sección longitudinal central a 30 % o menos de la profundidad de pala máxima. En otras configuraciones, la sección longitudinal central se extiende en 25 % o menos de la longitud de pala o en 20 % o menos de la longitud de pala. Todas estas configuraciones pueden reforzar los efectos positivos descritos de la transición relativamente abrupta de la profundidad de pala en la sección longitudinal central.

En una configuración, la profundidad de pala es mayor que 88 % de la profundidad de pala máxima en una sección longitudinal interior que se extiende en 20 % o más de la longitud de pala. Con otras palabras, la profundidad de pala en la sección longitudinal interior es relativamente grande de manera continua y es esencialmente constante en comparación con palas de rotor convencionales. Esto mejora la absorción de potencia en la sección longitudinal interior, sin tener que aumentarse esencialmente al respecto la profundidad de pala absoluta. La característica de que la sección longitudinal es una sección longitudinal interior, significa que la sección longitudinal se encuentra a una distancia relativamente grande de la punta de pala. Esta distancia puede ser, por ejemplo, de 50 % o más, 60 % o más o 70 % o más de la longitud de pala.

Los experimentos han demostrado que también esta configuración, es decir, la profundidad de pala mencionada en la sección longitudinal interior es conveniente, independientemente de la configuración descrita de una sección longitudinal exterior y/o central, y resulta adecuada para la consecución del objetivo mencionado arriba. Por tanto, el objetivo se consigue asimismo mediante una pala de rotor de planta de energía eólica con una raíz de pala, una punta de pala y una profundidad de pala, variable a lo largo de la pala de rotor, que alcanza una profundidad de pala máxima en una posición longitudinal entre la raíz de pala y la punta de pala, siendo la profundidad de pala en una sección longitudinal interior de la pala de rotor, que se extiende en 20 % o más de la longitud de pala, mayor que 88 % de la profundidad de pala máxima.

En una configuración no se solapan la sección longitudinal exterior, la sección longitudinal central y/o la sección longitudinal interior. Las secciones longitudinales mencionadas se pueden conectar además directamente entre sí o se pueden encontrar a una distancia una de otra. La pala de rotor está dividida entonces claramente en varias secciones longitudinales, a las que se asigna en cada caso una función determinada.

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

- Fig. 1 una pala de rotor, según la invención, en una vista en planta del lado de presión;
- Fig. 2 una pala de rotor convencional en una vista en planta del lado de presión;
- Fig. 3 un diagrama del perfil de profundidad de pala, representado con respecto a la distancia normalizada de un eje de rotor.

La pala de rotor de planta de energía eólica 10, mostrada en la figura 1, presenta una raíz de pala 12 y una punta de pala 14. La pala de rotor de planta de energía eólica 10 tiene en la raíz de pala 12 una sección transversal esencialmente circular y está preparada para la fijación en un buje de rotor no representado. A tal efecto, ésta

presenta, por ejemplo, una brida no representada tampoco en la figura. La sección transversal circular en la raíz de pala 12 se transforma en un perfil aerodinámico a una distancia creciente de la raíz de pala 12.

5 En una primera posición longitudinal 16, la pala de rotor tiene una profundidad de pala máxima 18 que en el ejemplo de realización representado es de 3,3 m aproximadamente. La longitud de pala 20 de la pala de rotor mostrada es de 42 m aproximadamente.

10 En la figura 1 están representadas también una sección longitudinal exterior 22, una sección longitudinal central 24 y una sección longitudinal interior 26. La sección longitudinal exterior 22 se extiende en 20 % o más de la longitud de pala 20. La profundidad de pala en esta sección longitudinal exterior 22 se encuentra de manera continua en el intervalo de 20 % a 30 % de la profundidad de pala máxima 18.

15 La sección longitudinal central 24 se extiende en 30 % o menos de la longitud de pala 20. En esta sección longitudinal central 24, la profundidad de pala disminuye de 80 % o más de la profundidad de pala máxima 18 en el extremo de la sección longitudinal central 24, situado en el lado de raíz de pala, a 40 % o menos de la profundidad de pala máxima 18 en el extremo de la sección longitudinal central 24, situado en el lado de la punta de pala.

20 La sección longitudinal interior 26 se extiende en 20 % o más de la longitud de pala 20. En esta sección longitudinal interior 26, la profundidad de pala es de manera continua mayor que 88 % de la profundidad de pala máxima 18.

La sección longitudinal exterior 22, la sección longitudinal central 24 y la sección longitudinal interior 26 no se solapan y están separadas entre sí en el ejemplo.

25 La figura 2 muestra en una vista correspondiente a la figura 1 una pala de rotor de planta de energía convencional 28 que constituye el punto de partida para la invención. La comparación directa muestra que la profundidad de pala máxima 30 es menor que la profundidad de pala máxima 18 de la pala de rotor de planta de energía eólica 10 según la invención. Ésta asciende aproximadamente a 3 m. En la comparación de las figuras 1 y 2 resulta evidente además que la sección longitudinal exterior 22 de la pala de rotor de planta de energía eólica 10, según la invención, presenta una profundidad de pala menor y variable en menor medida que una sección longitudinal correspondiente de la pala de rotor de planta de energía eólica convencional 28. En la sección longitudinal central 24 de la pala de rotor de planta de energía eólica 10 según la invención, la profundidad de pala disminuye también en dirección a la punta de pala 14 de manera significativamente más rápida que en una sección longitudinal comparable de la pala de rotor de planta de energía eólica convencional 28.

35 Se puede observar asimismo que la sección longitudinal interior 26 de la pala de rotor de planta de energía eólica 10 según la invención presenta una profundidad de pala más uniforme y mayor que una sección longitudinal, dispuesta a modo de comparación, de la pala de rotor de planta de energía eólica convencional 28.

40 En la figura 3, la profundidad de pala relativa t está representada con respecto al radio r , específicamente en la curva de líneas discontinuas 32 para la pala de rotor de planta de energía eólica convencional 28 de la figura 2 y en la curva continua 34 para la pala de rotor de planta de energía eólica 10, según la invención, de la figura 1. La profundidad de pala está representada de manera normalizada a 100 %, es decir, para la curva 32 respecto a la profundidad de pala máxima 30 de la pala de rotor de planta de energía eólica 28 y para la curva 34 respecto a la profundidad de pala máxima 18 de la pala de rotor de planta de energía eólica 10. Sobre el eje x está representada la posición longitudinal respectiva a lo largo de la longitud de pala, específicamente respecto a la distancia de un eje de rotor, y normalizada. El valor de 100 % corresponde a la posición radial de la respectiva punta de pala. Dado que la raíz de pala 12 de la pala de rotor de planta de energía eólica 28 se encuentra a una distancia relativamente pequeña del eje de rotor de 1 m aproximadamente, la escala porcentual sobre el eje X corresponde esencialmente a la posición porcentual respecto a 100 % de la longitud de pala.

50 En la figura 3 están representadas las posiciones de las tres secciones longitudinales 22, 24 y 26. La sección longitudinal exterior 22 se extiende desde una posición radial de aproximadamente 70 % de la longitud de pala hasta una posición radial de aproximadamente 90 % de la longitud de pala. Dentro de esta sección longitudinal exterior 22, la profundidad de pala disminuye de un valor de 28 % a un valor de 22 %.

55 La sección longitudinal central 24 se extiende de una posición de radio de 38 % a una posición de radio de 68 %. Dentro de esta sección longitudinal central 24, la profundidad de pala se reduce de un valor aproximado de 85 % a un valor inferior a 30 %.

60 La sección longitudinal interior 26 se extiende desde una posición de radio aproximada de 15 % hasta una posición de radio aproximada de 35 %. Dentro de esta sección longitudinal interior 28, la profundidad de pala es de manera continua más que 90 % aproximadamente de la profundidad de pala máxima.

65 Una comparación de ambas curvas 32 y 34 muestra que la pala de rotor 10, según la invención, presenta en la sección longitudinal interior 26 una profundidad de pala mayor y más uniforme. En la sección longitudinal central 24 hay una transición más rápida de una profundidad de pala mayor a una profundidad de pala esencialmente menor.

En la sección longitudinal exterior 22, la profundidad de pala es claramente menor que en la pala de rotor convencional y varía solo ligeramente.

- 5 Como resultado de la normalización a una profundidad de pala de 100 %, en la figura no es posible observar que la profundidad de pala máxima 18 de la pala de rotor de planta de energía eólica 10 es 10 % aproximadamente mayor que la profundidad de pala máxima 30 de la pala de rotor de planta de energía eólica 28. Esto provoca que las superficies totales de las dos palas de rotor de planta de energía eólica 10 y 28 tengan esencialmente el mismo tamaño. A esto contribuye también el hecho de que la pala de rotor de planta de energía eólica 10 presenta una longitud total mayor en aproximadamente 2 m que la pala de rotor de planta de energía eólica 28. Esto se puede observar también en la figura 3, porque la longitud de pala o el radio máximo de las dos palas de rotor de planta de energía eólica 10, 28 está normalizado asimismo a 100 %.

Lista de los números de referencia usados

- | | | |
|----|----|--|
| 15 | 10 | Pala de rotor de planta de energía eólica |
| | 12 | Raíz de pala |
| | 14 | Punta de pala |
| | 16 | Posición longitudinal |
| | 18 | Profundidad de pala máxima |
| 20 | 20 | Longitud de pala |
| | 22 | Sección longitudinal exterior |
| | 24 | Sección longitudinal central |
| | 26 | Sección longitudinal interior |
| | 28 | Pala de rotor de planta de energía eólica convencional |
| 25 | 30 | Profundidad de pala máxima |
| | 32 | Curva de líneas discontinuas |
| | 34 | Curva continua |

REIVINDICACIONES

1. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) con una raíz de pala (12), una punta de pala (14) y una profundidad de pala, variable a lo largo de la pala de rotor, que alcanza una profundidad de pala máxima (18) en una posición longitudinal (16) entre la raíz de pala (12) y la punta de pala (14), **caracterizada por que** la profundidad de pala está situada en el intervalo de 20 % a 30 % de la profundidad de pala máxima (18) en una sección longitudinal exterior (22), que se extiende en una longitud de 20 % o más de la longitud de pala (20), y el grosor de pala relativo varía en la zona de la sección longitudinal exterior (22) y es mayor en el extremo de la sección longitudinal exterior (22), situado en el lado de raíz de pala, que en el extremo de la sección longitudinal exterior (22) situado en el lado de punta de pala.
2. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la profundidad de pala en la sección longitudinal exterior (22) está situada en el intervalo de 22 % a 30 % de la profundidad de pala máxima (18).
3. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la profundidad de pala en la sección longitudinal exterior (22) está situada en el intervalo de 22 % a 28 % de la profundidad de pala máxima (18).
4. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** la sección longitudinal exterior (22) se extiende en una longitud de 25 % o más de la longitud de pala (20).
5. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** la sección longitudinal exterior (22) se extiende en una longitud de 28 % o más de la longitud de pala (20).
6. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por que** el grosor de pala relativo en el extremo de la sección longitudinal exterior (22), situado en el lado de la raíz de pala, es en 10 % o más mayor que en el extremo de la sección longitudinal exterior (22) situado en el lado de la punta de pala.
7. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** la profundidad de pala disminuye en una sección longitudinal central (24), que se extiende en 30 % o menos de la longitud de pala (20), de 80 % o más de la profundidad de pala máxima (18) a 40 % o menos de la profundidad de pala máxima (18).
8. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** la profundidad de pala disminuye en la sección longitudinal central (24) de 85 % o más de la profundidad de pala máxima (18) a 40 % o menos de la profundidad de pala máxima (18).
9. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada por que** la profundidad de pala disminuye en la sección longitudinal central (24) a 35 % o menos de la profundidad de pala máxima (18).
10. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada por que** la profundidad de pala disminuye en la sección longitudinal central (24) a 30 % o menos de la profundidad de pala máxima (18).
11. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizada por que** la sección longitudinal central (24) se extiende en 25 % o menos de la longitud de pala (20).
12. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizada por que** la sección longitudinal central (24) se extiende en 20 % o menos de la longitud de pala (20).
13. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizada por que** la profundidad de pala es mayor que 88 % de la profundidad de pala máxima (18) en una sección longitudinal interior (26) de la pala de rotor (10), que se extiende en 20 % o más de la longitud de pala (20).
14. Pala de rotor de planta de energía eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 13, **caracterizada por que** no se solapan la sección longitudinal exterior (22), la sección longitudinal central (24) y/o la sección longitudinal interior (26).

Fig. 1

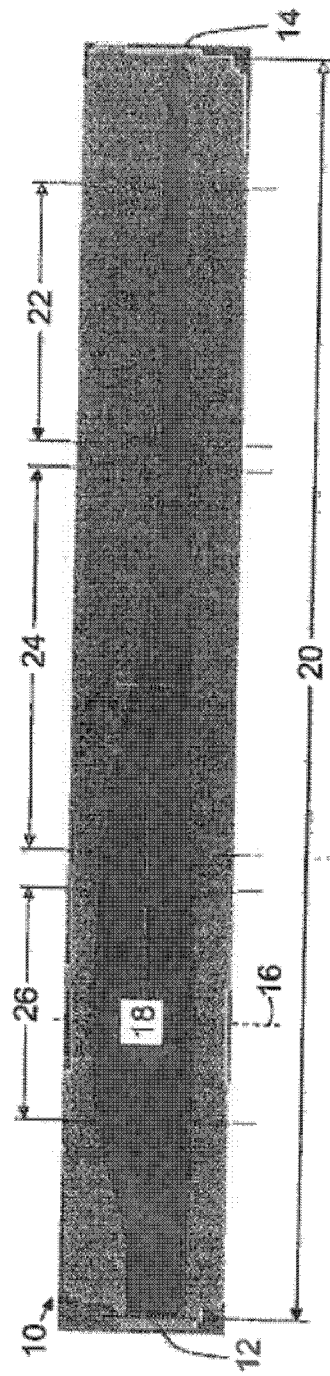


Fig. 2

