

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 515**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.10.2006** **E 09180859 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017** **EP 2163760**

54 Título: **Pala para un rotor de turbina eólica**

30 Prioridad:

17.10.2005 DK 200501451

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

02.04.2018

73 Titular/es:

**LM WIND POWER INTERNATIONAL
TECHNOLOGY II APS (100.0%)**

**Jupitervej 6
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

GRABAU, PETER

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 661 515 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 para un rotor de turbina eólica

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una pala para un rotor de una turbina eólica que tenga un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde el que se extiende la pala sustancialmente de forma radial cuando está montada, comprendiendo dicha pala un plano de cuerda que se extiende entre el borde de ataque y el borde de salida de dicha pala, y comprendiendo dicha pala un área de raíz más próxima al buje, un área de superficie aerodinámica más alejada del buje y un área de transición entre el área de raíz y el área de superficie aerodinámica, y comprendiendo dicha pala una única superficie aerodinámica a lo largo de sustancialmente todo el
10 área de superficie aerodinámica.

Técnica antecedente

15 Idealmente, una pala del tipo superficie aerodinámica se conforma como un ala de avión típica, en la que el ancho del plano de cuerda de la pala así como la primera derivada del mismo se incrementa continuamente con la disminución de la distancia desde el buje. Esto da como resultado que la pala sea idealmente comparativamente ancha en la proximidad del buje. Esto da como resultado de nuevo problemas cuando se tiene que montar la pala en el buje, y, más aún, provoca grandes cargas cuando la pala está montada, tales como cargas de tormentas, debido a la gran área superficial de la pala.

20 Por lo tanto, a lo largo de los años, la construcción de palas ha evolucionado hacia una forma, en la que la pala consiste en un área de raíz más próxima al buje, un área de superficie aerodinámica más alejada del buje y un área de transición entre el área de raíz y el área de superficie aerodinámica. El área de superficie aerodinámica tiene una forma de pala ideal o casi ideal, mientras que el área de raíz tiene una sección transversal sustancialmente circular, lo que reduce las cargas de tormentas y hace más fácil y más seguro montar la pala en el buje. El diámetro del área de raíz es preferentemente constante a lo largo de toda el área de raíz. Debido a la sección transversal circular, el
25 área de raíz no contribuye a la producción de la turbina eólica y, de hecho, disminuye la producción un poco debido a la resistencia al viento. Como se sugiere por el nombre, el área de transición tiene una forma gradualmente cambiante desde la forma circular del área de raíz al perfil aerodinámico del área de superficie aerodinámica. Típicamente, el ancho del área de transición se incrementa sustancialmente linealmente con el incremento de la distancia desde el buje.

30 Es bien conocido por la industria aeronáutica que los aviones fabricados con dos alas, llamados biplanos, pueden tener una sustentación mayor que un avión con solamente un ala. Esto permite un incremento de la sustentación total de las alas del avión sin incremento del ancho de las alas.

35 Este principio es conocido también en conexión con las palas para turbinas eólicas, es decir mediante la fabricación de turbinas eólicas con dos o más rotores. El documento CA 2 395 612 describe una turbina eólica con rotores coaxiales en los que un rotor gira más rápido que el segundo. El documento GB 758 628 describe una turbina eólica con dos rotores coaxiales girando en direcciones opuestas.

El documento WO 98/31934 divulga una pala diseñada como con un biplano. La pala se construye por medio de dos largueros paralelos mutuamente conectados por medio de tirantes cruzados. Se fijan dos elementos estilizados en cada larguero, comprendiendo dichos elementos un borde de ataque y un borde de salida, respectivamente, proporcionando conjuntamente una superficie aerodinámica.

40 El documento US 5161952 divulga una construcción de biplano para rotores de turbina eólica. La turbina eólica se diseña de modo que se conecten con el buje del rotor dos palas rectas a una distancia entre ellas. Las puntas de las dos palas se interconectan. El documento EP 0 009 767 A2 divulga otra construcción de la técnica anterior de una pala de turbina eólica.

Divulgación de la invención

45 El objeto de la invención es proporcionar una nueva y mejorada construcción de pala.

De acuerdo con la invención, este objeto se consigue mediante una pala de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende al menos un primer segmento de raíz y un segundo segmento de raíz a lo largo de sustancialmente todo el área de raíz, estando dispuestos dichos segmentos con una distancia mutua transversal al plano de cuerda, y teniendo al menos uno de los segmentos un perfil aerodinámico. En esta forma, el segmento de raíz que tiene el
50 perfil aerodinámico contribuye a la producción de la turbina eólica.

5 De acuerdo con una realización preferida de la pala de acuerdo con la invención, el plano de cuerda de la pala es retorcida en la dirección longitudinal de la pala, en la que la torsión puede ser de hasta 80 grados en la dirección longitudinal de la pala. Típicamente, la torsión está entre 60 y 70 grados. Normalmente, la primera derivada de la torsión se incrementa con la distancia decreciente al buje, lo que significa, que la torsión del plano de cuerda K1 en el área de raíz 2 es preferentemente comparativamente alta.

10 De acuerdo con una realización preferida de la invención, el plano de cuerda de al menos un segmento de raíz con perfil aerodinámico es sustancialmente paralelo al plano de cuerda de la pala en sí en el área más próxima al buje. Preferentemente, el plano de cuerda de la pala se retuerce en la dirección longitudinal de la pala para compensar el incremento en la velocidad local de la pala con la distancia creciente desde el buje, lo que significa que la pala "ve" la dirección del viento de modo diferente dependiendo del radio desde el buje. Esto significa que en esta realización, el recorrido del plano de cuerda en la dirección longitudinal del área de raíz es una continuación del recorrido del plano de cuerda en la dirección longitudinal del área de superficie aerodinámica y/o el área de transición.

15 De acuerdo con una realización particular de la invención, tanto el primer como el segundo segmentos de raíz están provistos con perfiles aerodinámicos. En esta forma, ambos segmentos contribuyen a la producción de la turbina eólica y pueden diseñarse de modo que la contribución total desde los dos segmentos corresponde a la contribución de la parte ancha de la pala ideal.

20 De acuerdo con una realización preferida, el plano de cuerda de al menos un segmento de raíz con perfil aerodinámico tiene sustancialmente un ancho constante, haciéndose más ancho el plano de cuerda del área de transición con el incremento de la distancia desde el buje, y haciéndose más estrecho el plano de cuerda del área de superficie aerodinámica con el incremento de la distancia desde el buje. De ese modo, la pala de acuerdo con la invención tiene una forma que corresponde a palas convencionales, de modo que los moldes existentes para palas pueden modificarse en una forma comparativamente simple para tener la capacidad de fabricar los nuevos tipos de palas.

25 De acuerdo con una realización particular, el área de transición comprende al menos un primer segmento de transición y un segundo segmento de transición, disponiéndose dichos segmentos con una distancia mutua, tal como se ven transversalmente al plano de cuerda, en el que al menos uno de los segmentos de transición se proporciona con un perfil aerodinámico. Preferentemente, el plano de cuerda de al menos un segmento de transición con perfil aerodinámico es sustancialmente paralelo al plano de cuerda de la pala en sí en la transición entre el área de transición y el área de superficie aerodinámica, y preferentemente, ambos segmentos de transición están provistos con perfiles aerodinámicos.

30 Típicamente, la longitud total del área de raíz y del área de transición está entre el 5 % y el 35 % de la longitud total de la pala, y frecuentemente entre el 5 % y el 25 % de la longitud total de la pala o incluso entre el 5 % y el 15 % de la longitud total de la pala.

35 De acuerdo con una realización preferida de la invención, el primer y el segundo segmentos de raíz se unen en una parte del área de transición más próxima al buje. En esta forma, el área de transición puede tener una forma correspondiente a una pala convencional, mientras que solamente el área de raíz tiene un perfil dual.

40 De acuerdo con otra realización de la pala, el primer y el segundo segmentos de raíz se mezclan en el primer y el segundo segmentos de transición, en donde el primer y segundo segmentos de transición se unen con la parte del área de transición más alejada desde el buje. En esta forma, el área de transición también tiene una estructura dual y así un empuje potencialmente mayor.

45 De acuerdo con una realización preferida, el primer y el segundo segmentos de raíz se unen para formar un área de montaje común en la parte del área de raíz más próxima al buje. Preferentemente, esta área de montaje tiene una sección transversal sustancialmente circular. En esta forma, la pala de acuerdo con la invención puede tener una brida de montaje correspondiente a las palas convencionales de modo que estas nuevas palas encajen dentro de bujes existentes.

Breve descripción del dibujo

La invención se explica en detalle a continuación con referencia al dibujo, en el que

la Fig. 1 muestra una vista superior de una pala ideal del tipo de superficie aerodinámica,

la Fig. 2 muestra una vista en perspectiva de una pala convencional del tipo de superficie aerodinámica, y

50 las Figs. 3-9 muestran diferentes realizaciones de la pala de acuerdo con la invención.

Mejores modos de llevar a cabo la invención

La Fig. 1 muestra una realización de una pala ideal 20 del tipo de superficie aerodinámica. La pala está provista con una parte de raíz 21 adaptada para sujetarse a un buje de una turbina eólica. La pala ideal 20 se diseña de modo que el ancho de la pala 20 disminuye con el incremento de la distancia L desde el buje. Más aún, la primera derivada del ancho de la pala 20 también disminuye con el incremento de la distancia desde el buje 20, lo que significa que, idealmente, la pala 20 es muy ancha en el área de raíz 21. Esto provoca problemas con respecto a la sujeción de la pala 20 al buje. Más aún, cuando está montada, la pala 20 impacta en el buje con grandes cargas de tormentas debido a la gran área superficial de la pala 20.

Por lo tanto, a lo largo de los años, la construcción de las palas ha evolucionado hacia una forma en la que la parte exterior de la pala corresponde a la pala ideal 20, mientras que el área superficial del área de raíz se reduce sustancialmente en comparación con la pala ideal. Esta realización se ilustra con una línea discontinua en la Fig. 1, mostrándose una vista en perspectiva de la misma en la Fig. 2.

Como se ve en la Fig. 2, la pala convencional 1 comprende un área de raíz 2 próxima al buje, un área de superficie aerodinámica 4 más alejada del buje y un área de transición 3 entre el área de raíz 2 y el área de superficie aerodinámica 4. La pala 1 comprende un borde de ataque 5 que mira en la dirección de giro de la pala 1, cuando la pala está montada sobre el buje, y un borde de salida 6 que mira en la dirección opuesta al borde de ataque 5. El área de superficie aerodinámica 4 tiene una forma de pala ideal o casi ideal, mientras que el área de raíz 2 tiene una sección transversal sustancialmente circular, lo que reduce las cargas de tormentas y hace más fácil y más seguro montar la pala 1 en el buje. Preferentemente, el diámetro del área de raíz 2 es constante a lo largo de toda el área de raíz 2. El área de transición 3 tiene una forma gradualmente cambiante desde la forma circular del área de raíz 2 al perfil aerodinámico del área de superficie aerodinámica 4. El ancho del área de transición 3 se incrementa sustancialmente de modo lineal con el incremento de la distancia L desde el buje.

El área de superficie aerodinámica 4 tiene un perfil aerodinámico con un plano de cuerda K que se extiende entre el borde de ataque 5 y el borde de salida 6 de la pala 1. El ancho del plano de cuerda disminuye con el incremento de la distancia L desde el buje. Debería observarse que el plano de cuerda no transcurre necesariamente recto en toda su extensión, dado que la pala puede retorcerse y/o curvarse, proporcionando así el plano de cuerda con un recorrido retorcido y/o curvado correspondientemente, siendo este más frecuentemente el caso para compensar la velocidad local de la pala que es dependiente del radio desde el buje.

Debido a la sección transversal circular, el área de raíz 2 no contribuye a la producción de la turbina eólica y, de hecho, disminuye la producción un poco debido a la resistencia al viento. La idea detrás de la invención es por lo tanto dividir el área de raíz 2 y opcionalmente también el área de transición 3 en dos o más segmentos, en los que al menos uno de estos segmentos tenga un perfil que proporcione empuje a esta parte de la pala 1 y contribuya así a la producción de la turbina eólica.

La Fig. 3A muestra una primera realización de una pala de acuerdo con la invención, en la que la pala se ve hacia el borde de ataque 5, mientras que la Fig. 3B muestra una sección a lo largo de la línea BB y la Fig. 3C muestra una sección a lo largo de la línea CC de la Fig. 3A, en la que la sección CC se sitúa en la transición entre el área de raíz 2 y el área de transición 3. De acuerdo con esta realización, el área de raíz 2 se divide en un primer segmento de raíz 7 y un segundo segmento de raíz 8, y el área de transición 3 se divide en un primer segmento de transición 9 y un segundo segmento de transición 10. Los dos segmentos de transición 9 y 10 se unen en la transición entre el área de transición 3 y el área de superficie aerodinámica 4. Como resultado, hay un espacio 17 entre los segmentos. Adicionalmente, los segmentos pueden conectarse mutuamente por medio de medios de refuerzo dispuestos en el espacio 17 entre los segmentos. Los medios de refuerzo pueden proporcionarse por ejemplo como una construcción de rejilla de, por ejemplo, acero y puede proporcionarse adicionalmente con, por ejemplo, el denominado perfil de reducción de resistencia, en el que la sección transversal del perfil tiene una forma simétrica de gota. En esta forma, se reduce la resistencia al viento de los medios de refuerzo, y pueden disminuirse las emisiones de ruido.

La Fig. 3B muestra el área de montaje de la pala. Los perfiles de los segmentos de pala en esta área se forman de modo que se dispongan dentro de una pala convencional correspondiente con parte de raíz circular (mostrada con la línea discontinua 12). El primer segmento de raíz 7 está provisto con un perfil aerodinámico en el área de montaje que comprende un plano de cuerda K1, mientras que el segundo segmento de raíz 8 está provisto con un perfil de reducción de la resistencia al viento del segmento, sin contribuir necesariamente a la producción de la turbina eólica. El primer segmento de raíz 7 se mezcla en el primer segmento de transición 9 provisto también con un perfil aerodinámico que comprende un plano de cuerda K3. El segundo segmento de raíz 8 se mezcla en el segundo segmento de transición 10 y cambia gradualmente desde un perfil con resistencia al viento reducida en el área de montaje a un perfil aerodinámico real que comprende un plano de cuerda K4 en el segundo segmento de transición 10. El plano de cuerda K de la pala está normalmente retorcido a lo largo de la dirección longitudinal de la pala para compensar la velocidad local de la pala. Por lo tanto, el recorrido de los planos de cuerda K1, K3 y K4 son una continuación del recorrido del plano de cuerda K de la pala en el área de superficie aerodinámica 4.

El plano de cuerda K de la pala puede retorcerse tanto como hasta 75-80 grados en la dirección longitudinal de la pala, pero típicamente entre 60 y 70 grados. Normalmente, la primera derivada de la torsión se incrementa con la distancia decreciente al buje, lo que significa que la torsión del plano de cuerda K1 en el área de raíz 2 es preferentemente comparativamente alta.

5 El primer segmento de raíz 7 y el segundo segmento de raíz 8 están provistos con un número de orificios de montaje 11 en el área de montaje. Estos orificios 11 tienen la misma posición que en una pala convencional con parte de raíz 12 circular. De ese modo, la nueva pala de acuerdo con la invención puede montarse sobre bujes convencionales y sustituir así a palas existentes en una forma simple durante una renovación.

10 Las Figs. 4 y 5 muestran una segunda y tercera realizaciones de la invención, respectivamente, y las cuales son modificaciones de la realización mostrada en la Fig. 3. Por lo tanto, solo se explican aquí las diferencias. En la segunda realización mostrada en la Fig. 4 el segundo segmento de raíz 8¹ también está provisto con un perfil aerodinámico que comprende un plano de cuerda K2 en el área de montaje. Adicionalmente, el perfil del segmento de raíz 8¹ se extiende más allá del perfil circular convencional de la parte de raíz 12, como es evidente en la Fig. 4B. La figura muestra también que los planos de cuerda de los dos segmentos están mutuamente en ángulo.

15 De acuerdo con la tercera realización mostrada en la Fig. 5, el primer y el segundo segmentos de raíz 7², 8² así como el primer y el segundo segmentos de transición 9², 10² tienen perfiles simétricos. Los perfiles se muestran con los planos de cuerda paralelos a la dirección de rotación de la pala, sin embargo, los perfiles pueden estar preferentemente en ángulo con respecto a la dirección de rotación, en la que el ángulo se selecciona basándose en la maximización del empuje.

20 Como se ve en la Fig. 5B, tanto el primer segmento de raíz 7² como el segundo segmento de raíz 8² se extienden más allá del perfil circular de la parte de raíz 12 convencional. Finalmente, debería observarse que los segmentos de raíz de la realización mostrada en las Figs. 4 y 5, así como la realización mostrada en la Fig. 3 se mezcla cada uno en un segmento de transición correspondiente (9², 9³, 10², 10³), uniéndose dichos segmentos para formar un perfil común en la transición entre el área de transición 3 y el área de superficie aerodinámica 4.

25 La Fig. 6 muestra una cuarta realización de la pala, en la que el primer segmento de raíz 7³ y el segundo segmento de raíz 8³ se unen en el área de montaje 22. Como se ve en la Fig. 6B, el área de montaje 22 es circular y contiene orificios de montaje 11, asegurándose las palas al buje mediante pernos a través de dichos orificios. La pala se adapta así a bujes convencionales y puede por ello sustituir durante una renovación a palas existentes sobre turbinas eólicas ya instaladas.

30 La Fig. 7 muestra una quinta realización de la pala, en la que el primer segmento de raíz 7⁴ y el segundo segmento de raíz 8⁴ se unen en el área de montaje 22, pero en la que los dos segmentos no se unen a una distancia del buje, sino que en su lugar aparecen como dos partes de pala separadas con diferentes longitudes. Esto es evidente también a partir de la Fig. 7 en que los diversos segmentos de raíz no tienen necesariamente el mismo grosor.

35 La Fig. 8 muestra una sexta realización de la pala en la que un primer, un segundo y un tercer segmentos de raíz 7⁵, 8⁵, 13 se mezclan en un primer, un segundo y un tercer segmentos de transición 9⁵, 10⁵, 14, respectivamente. El primer y el segundo segmentos de raíz 7⁵, 8⁵ así como el primer y el segundo segmentos de transición 9⁵, 10⁵ se muestran aquí con una forma que reduce la resistencia al viento de estos segmentos, mientras que el tercer segmento de raíz 13 y el tercer segmento de transición 14 se proporcionan con un perfil aerodinámico real. Sin embargo, los perfiles pueden todos proporcionarse con perfiles que incrementen el empuje de las áreas correspondientes y de ese modo también la producción de la turbina eólica. Naturalmente, los tres segmentos de raíz 7⁵, 8⁵, 13 pueden unirse en el área de montaje justamente como en la realización mostrada en las Figs. 6 y 7.

40 La Fig. 9 muestra una realización correspondiente a la realización de la Fig. 6, pero en la que la pala se proporciona adicionalmente con una primera parte de pala 15 montada por separado y una segunda parte de pala 16 montada por separado. Las partes de pala 15, 16 montadas por separado se montan sobre el primer y el segundo segmentos de raíz 7³, 8³, respectivamente, por medio de un cierto número de medios de retención 18. Las partes de pala 15 y 16 se extienden a lo largo del área de raíz 2 y opcionalmente también a lo largo del área de transición 3 de la pala. Los medios de retención pueden estar formados por, por ejemplo, un perfil de reducción de la resistencia para disminuir la resistencia al viento y las emisiones de ruido.

45 La invención se ha descrito con referencia a realizaciones preferidas. Se pueden concebir muchas modificaciones sin por ello desviarse del alcance de las reivindicaciones. Por ejemplo, la realización mostrada en la Fig. 9 puede tener solo una única parte de pala montada por separado. También pueden concebirse realizaciones en las que los diversos segmentos tengan una regulación separada del ángulo de pala.

Lista de números de referencia

- 1 pala
- 2 área de raíz
- 3 área de transición
- 5 4 área de superficie aerodinámica
- 5 borde de ataque
- 6 borde de salida
- 7 primer segmento de raíz
- 8 segundo segmento de raíz
- 10 9 primer segmento de transición
- 10 segundo segmento de transición
- 11 orificio de montaje
- 12 parte de raíz circular
- 13 tercer segmento de raíz
- 15 14 cuarto segmento de raíz
- 15 primera parte de pala montada por separado
- 16 segunda parte de pala montada por separado
- 17 espacio
- 18 medios de retención
- 20 20 pala
- 21 parte de raíz
- 22 área de montaje
- Kx plano de cuerda
- L dirección longitudinal

25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Pala (1) para un rotor de una turbina eólica que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde el que se extiende la pala (1) sustancialmente de modo radial cuando está montada, comprendiendo dicha pala (1) un plano de cuerda (K) que se extiende entre el borde de ataque (5) y el borde de salida (6) de dicha pala, y comprendiendo dicha pala (1) un área de raíz (2) más próxima al buje, un área de superficie aerodinámica (4) más alejada del buje y un área de transición (3) entre el área de raíz (2) y el área de superficie aerodinámica (4), y comprendiendo dicha pala (1) una única superficie aerodinámica sustancialmente a lo largo de todo el área de superficie aerodinámica (4), en la que la pala (1) comprende al menos un primer segmento de raíz (7) y un segundo segmento de raíz (8) a lo largo de sustancialmente todo el área de raíz (2), estando dispuestos dichos segmentos con una distancia mutua transversal al plano de cuerda (K), y teniendo al menos uno de los segmentos de raíz (7, 8) un perfil aerodinámico, caracterizada por que una longitud total del área de raíz y del área de transición está entre el 5 % y el 35 % de una longitud total de la pala.
- 10 2. Pala (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el plano de cuerda (K) de la pala se retuerce en la dirección longitudinal (L) de la pala, en la que la torsión puede ser de hasta 80 grados en la dirección longitudinal (L) de la pala.
- 15 3. Pala (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que el plano de cuerda (K1, K2) de el al menos un segmento de raíz (7, 8) con perfil aerodinámico es sustancialmente paralelo al plano de cuerda (K) de la pala en sí en el área más próxima al buje.
- 20 4. Pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que tanto el primer como el segundo segmento (7, 8) están provistos con perfiles aerodinámicos.
- 25 5. Pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el plano de cuerda (K1, K2) de el al menos un segmento de raíz (7, 8) con perfil aerodinámico tiene un ancho sustancialmente constante, haciéndose el plano de cuerda (K3, K4) del área de transición (3) más ancho con el incremento de la distancia (L) desde el buje, y haciéndose el plano de cuerda (K) del área de superficie aerodinámica (4) más estrecho con el incremento de la distancia desde el buje.
- 30 6. Pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el área de transición (3) comprende al menos un primer segmento de transición (9) y un segundo segmento de transición (10), disponiéndose dichos segmentos con una distancia mutua, tal como se ven transversalmente al plano de cuerda (K), en la que al menos uno de los segmentos de transición (9, 10) está provisto con un perfil aerodinámico.
- 35 7. Pala (1) de acuerdo con la reivindicación 6, en la que el plano de cuerda (K1, K2) de el al menos un segmento de transición (9, 10) con perfil aerodinámico es sustancialmente paralelo al plano de cuerda (K) de la pala en sí en la transición entre el área de transición (3) y el área de superficie aerodinámica (4).
- 40 8. Pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en la que el primer y segundo segmentos de raíz (7, 8) se unen en la parte del área de transición (3) más próxima al buje.
9. Pala (1) de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en la que el primer y el segundo segmentos de raíz (7, 8) se mezclan en el primer y el segundo segmentos de transición (9, 10), en la que el primer y el segundo segmentos de transición (9, 10) se unen con la parte del área de transición (3) más alejada del buje.
10. Pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el primer y el segundo segmentos de raíz (7, 8) se unen para formar un área de montaje común en la parte del área de raíz (2), teniendo preferentemente dicha área una sección transversal sustancialmente circular.

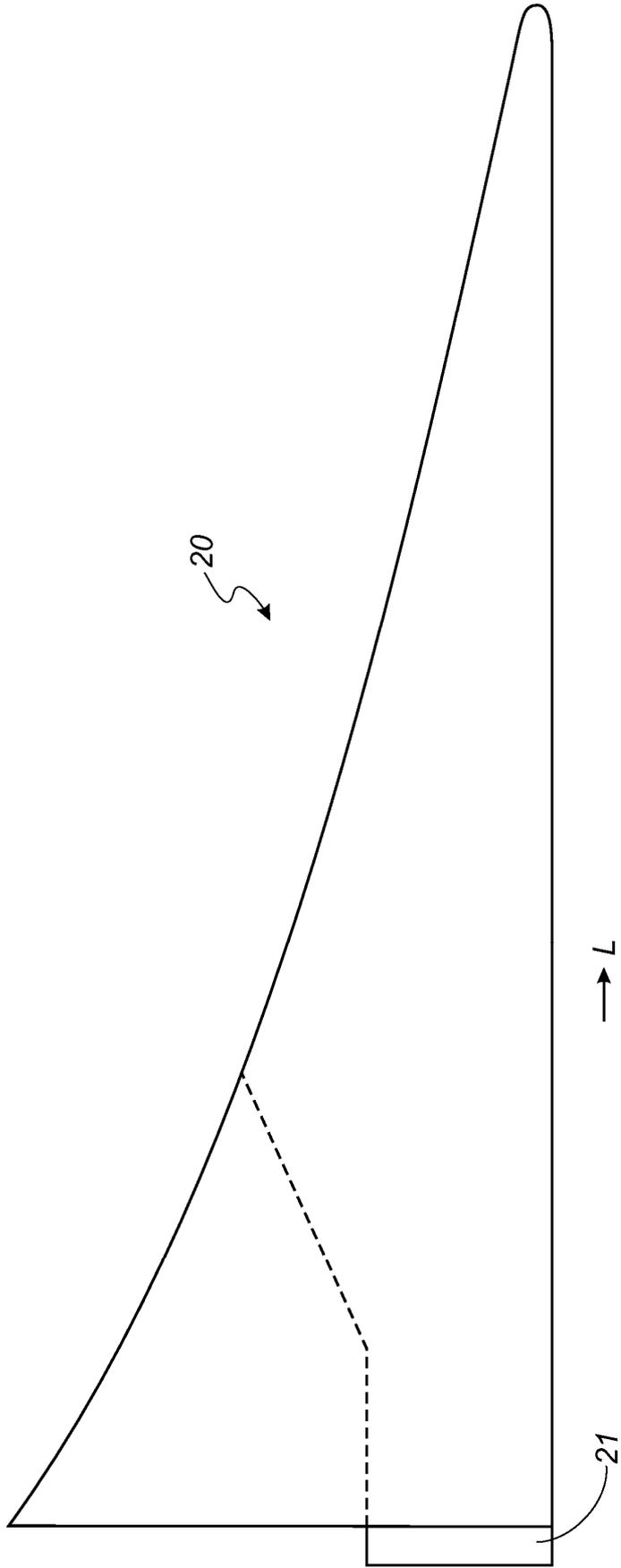


Fig. 1

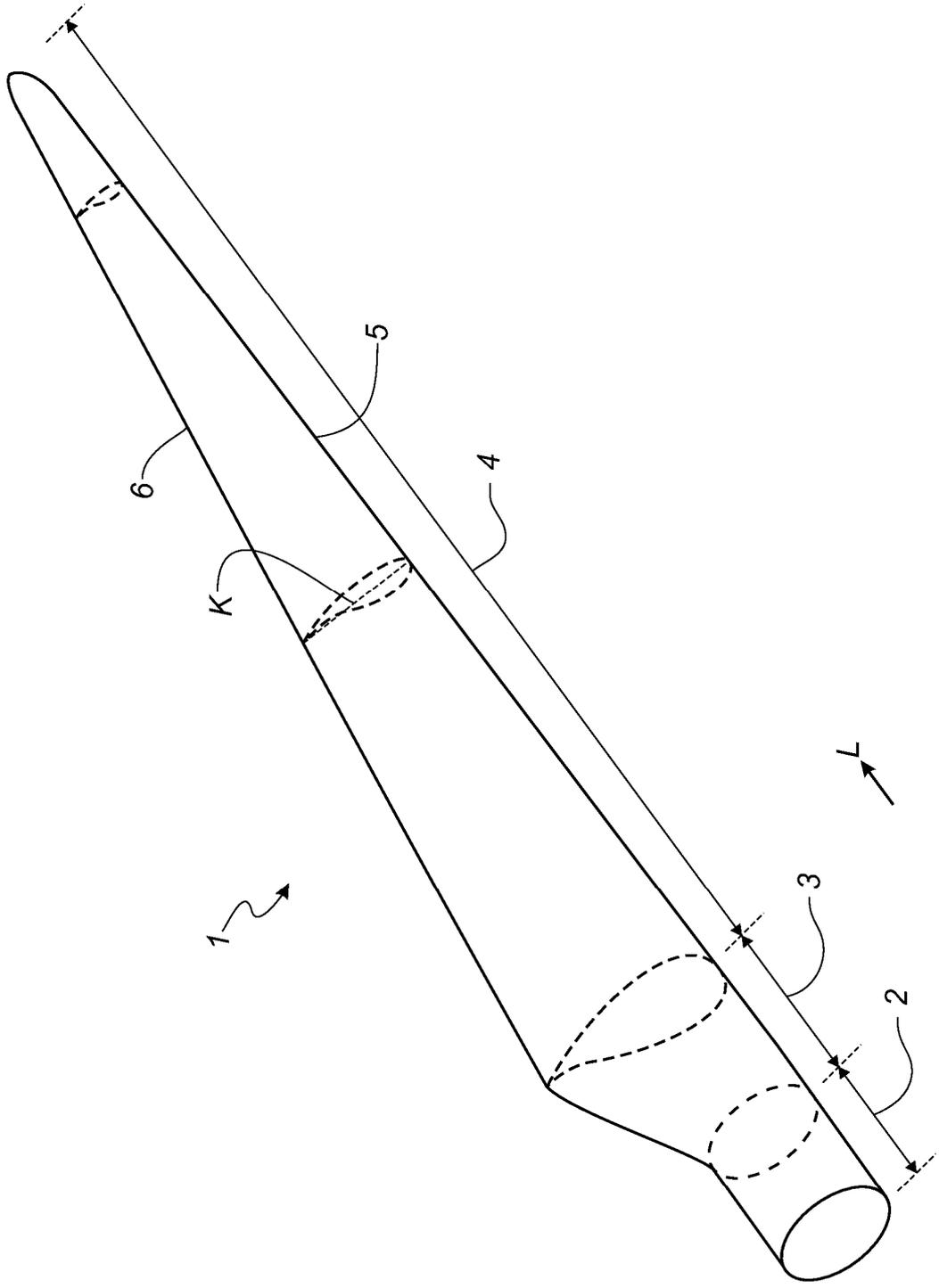


Fig. 2

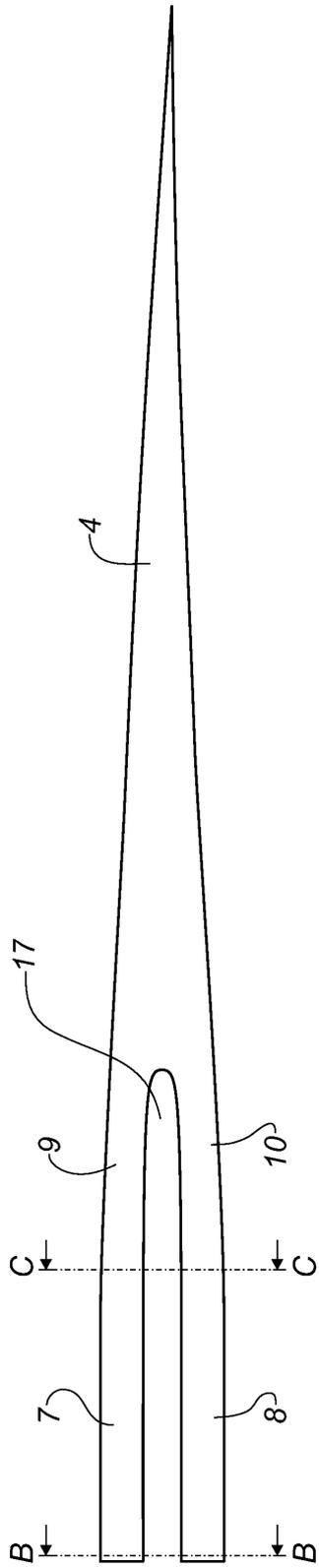


Fig. 3A

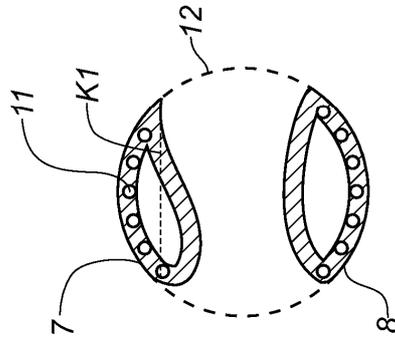


Fig. 3B

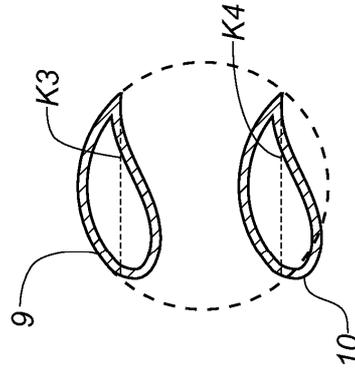


Fig. 3C

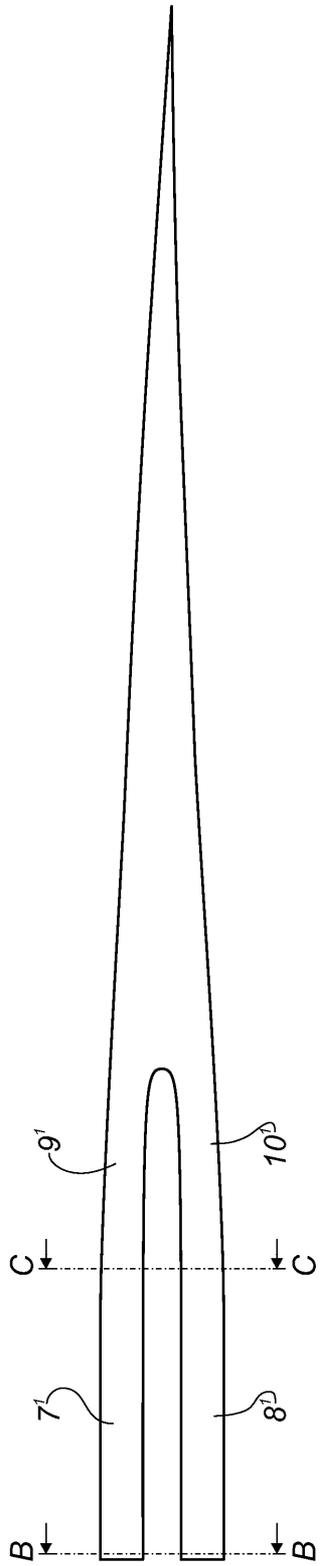


Fig. 4A

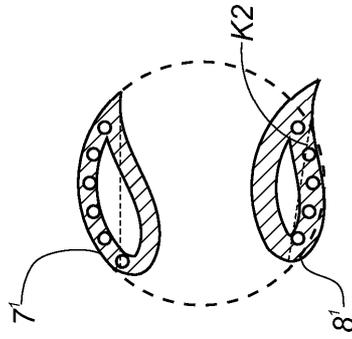


Fig. 4B

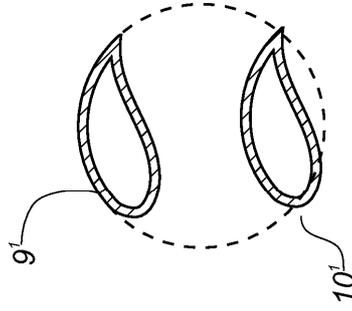


Fig. 4C

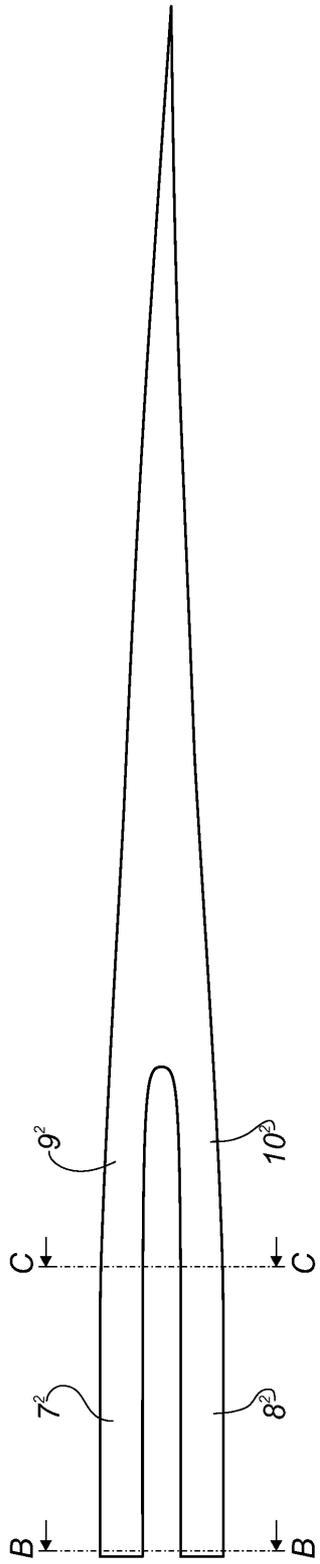


Fig. 5A

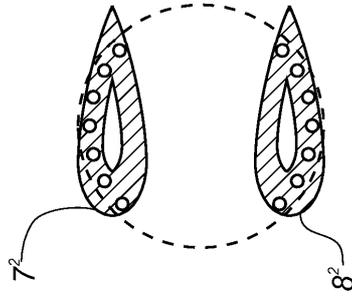


Fig. 5B

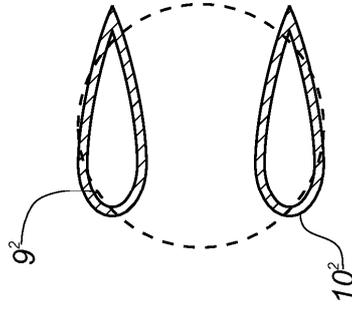


Fig. 5C

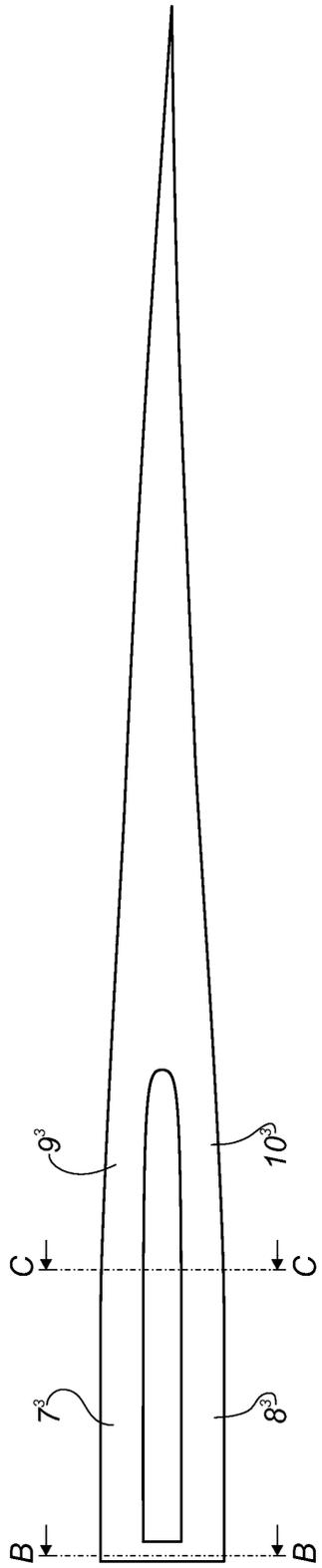


Fig. 6A

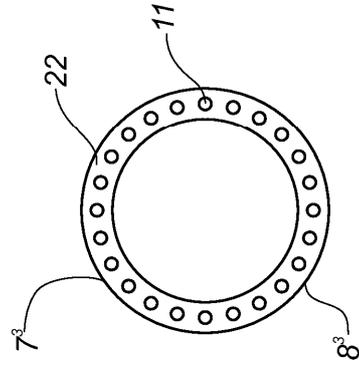


Fig. 6B

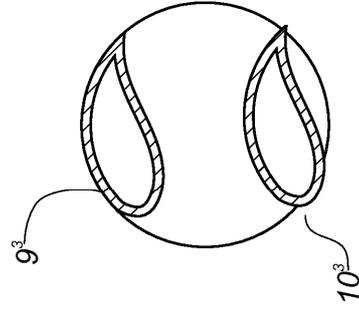


Fig. 6C

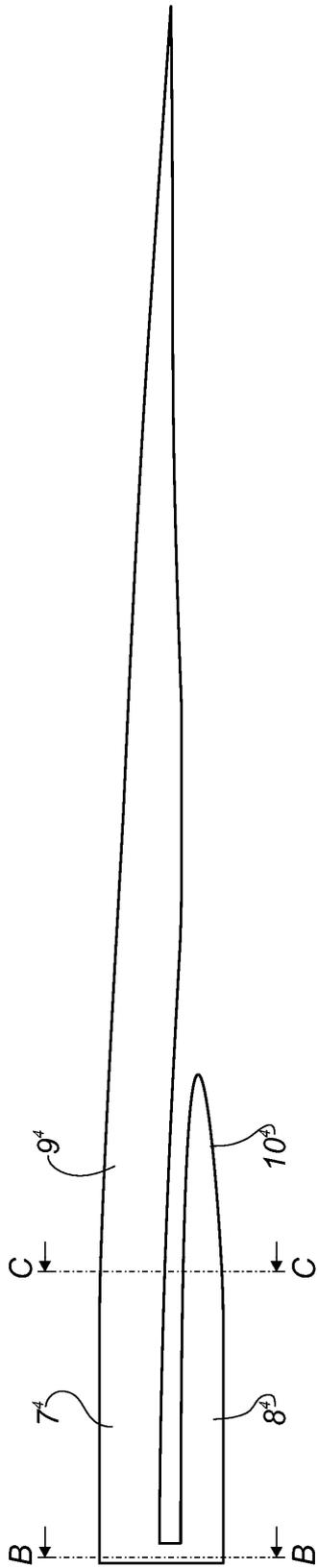


Fig. 7A

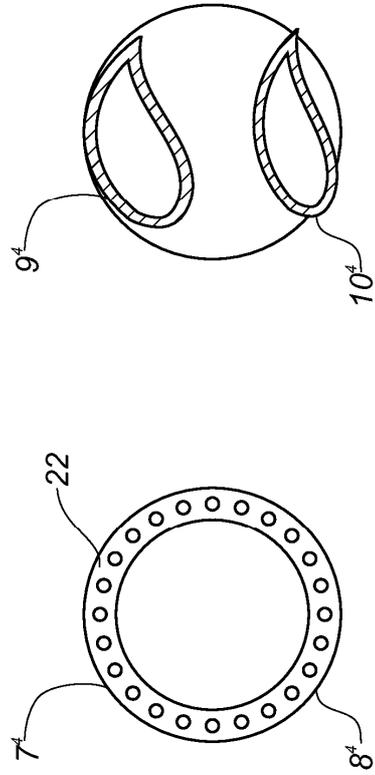


Fig. 7B

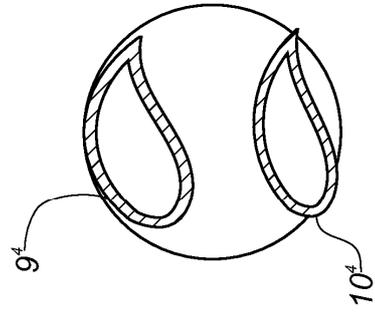


Fig. 7C

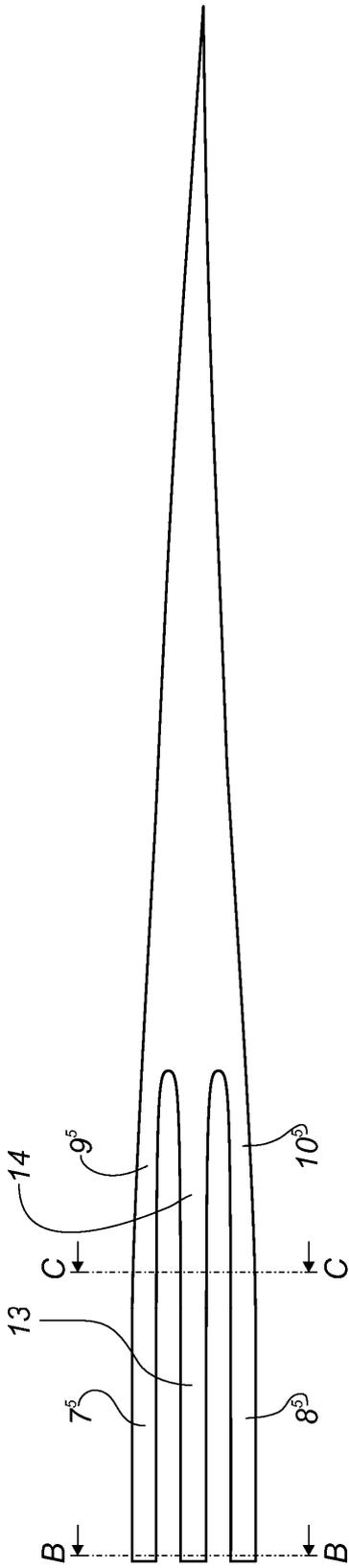


Fig. 8A

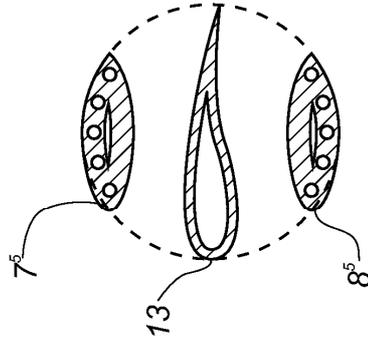


Fig. 8B

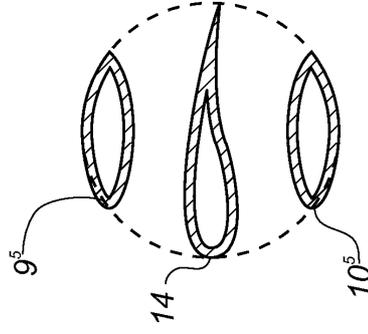


Fig. 8C

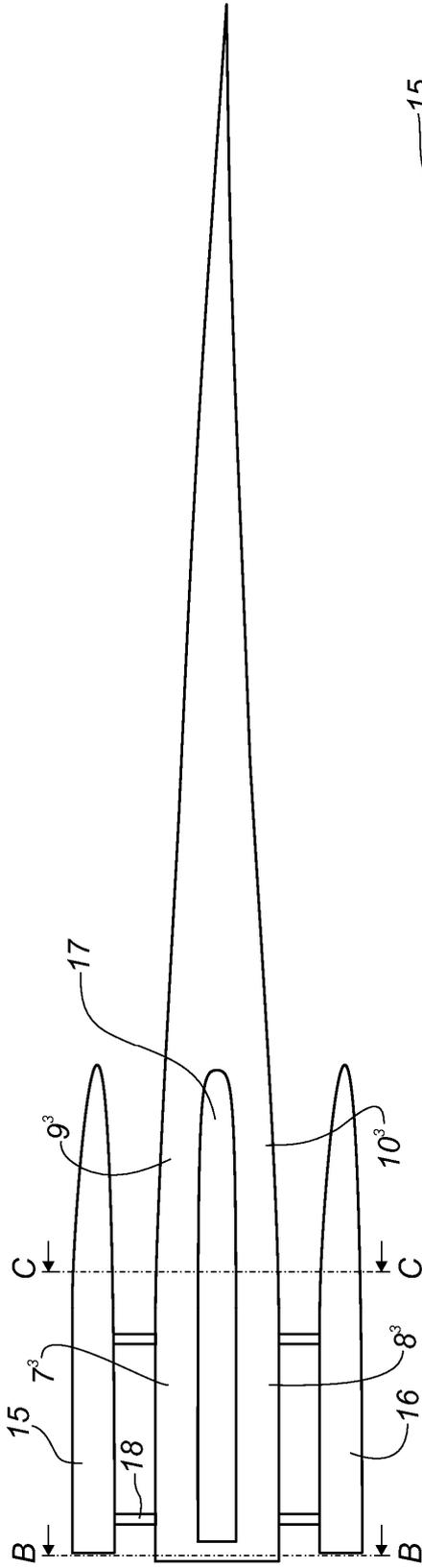


Fig. 9A

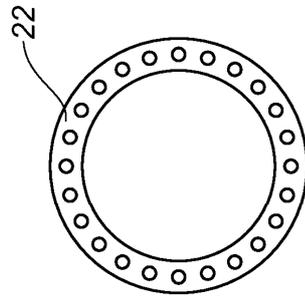


Fig. 9B

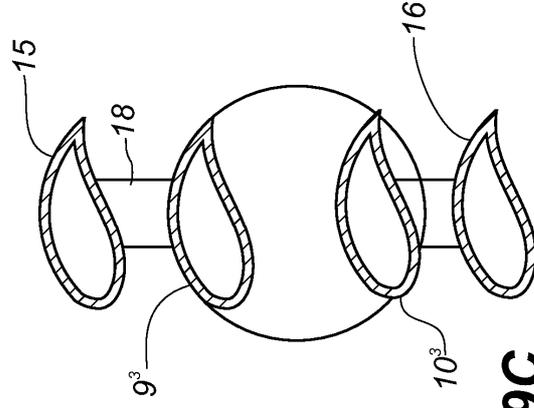


Fig. 9C