

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 782 799**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2016** **E 16165310 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020** **EP 3085952**

54 Título: **Configuración de flujo de aire para una pala de rotor de turbina eólica**

30 Prioridad:

20.04.2015 US 201514690726

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

16.09.2020

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

CARROLL, CHRISTIAN A.;
YARBROUGH, AARON A. y
HERR, STEFAN

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 782 799 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

Configuración de flujo de aire para una pala de rotor de turbina eólica

5 **[0001]** La presente divulgación se refiere, en general, a palas de rotor de turbina eólica y, más en particular, a configuraciones mejoradas de perfil aerodinámico para palas de rotor de turbina eólica. El documento WO2014/025252A1 describe un perfil aerodinámico de cola de golondrina. El documento US2012/0134836A1 describe una extensión de pala para pala de rotor de turbina eólica.

10 **[0002]** La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más ecológicas disponibles en la actualidad, y las turbinas eólicas cobran cada vez más importancia en este sentido. Una turbina eólica moderna incluye típicamente una torre, un generador, una caja de engranajes, una góndola, y un rotor que tiene un buje giratorio con una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan energía cinética del viento usando principios aerodinámicos conocidos. Las palas de rotor transmiten la energía cinética en forma de energía de rotación para girar un árbol que acopla las palas de rotor a una caja de engranajes o, si no se usa una caja de engranajes, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica que se puede distribuir en una red de suministro.

20 **[0003]** Cada pala de rotor se extiende desde el buje en la raíz de la pala y continúa hasta una punta. Una sección transversal de la pala se define como un perfil aerodinámico. La forma de un perfil aerodinámico puede definirse en relación con la cuerda. La cuerda es una medida o línea que une el borde de ataque del perfil aerodinámico con el borde de salida del perfil aerodinámico. La forma puede definirse mediante coordenadas X e Y desde la cuerda. En general, las coordenadas X e Y son adimensionales. Del mismo modo, el espesor de un perfil aerodinámico se refiere a la distancia entre la superficie superior y la superficie inferior del perfil aerodinámico y se expresa como una fracción de la longitud de la cuerda.

25 **[0004]** La región interna, es decir, el área más cercana al buje, en general, requiere el uso de perfiles relativamente gruesos ($30\% \leq e/l \leq 40\%$). Sin embargo, el rendimiento aerodinámico de los diseños de perfil aerodinámico convencionales se degrada rápidamente para espesores superiores al 30% de la cuerda en gran medida debido a problemas de separación de flujo. Para espesores superiores al 40 % de la cuerda, la separación de flujo masivo puede ser inevitable por lo que la región de la pala puede verse comprometida aerodinámicamente.

30 **[0005]** En algunos casos, se pueden usar perfiles aerodinámicos aplanados en la parte trasera (*flatback*) en la región interna para permitir una mayor elevación de los perfiles aerodinámicos gruesos pero con cuerdas reducidas. Sin embargo, los diseños *flatback* tradicionales pueden ser extremadamente costosos y complicados de fabricar.

35 **[0006]** Los perfiles aerodinámicos redondeados en la parte trasera (*roundback*) son sustancialmente menos costosos y menos complicados de fabricar que los perfiles aerodinámicos *flatback*. Aunque los perfiles aerodinámicos *roundback* permiten que el flujo de aire "sienta" un mayor espesor del borde de salida (y, por lo tanto, la posibilidad de un mayor rendimiento de elevación), dichos perfiles aerodinámicos pueden crear una separación de flujo en la superficie curva que sea sensible a pequeños detalles en la velocidad de aspiración del aire. Así es como la ubicación de la separación y, por lo tanto, la elevación desde el perfil aerodinámico *roundback* pueden fluctuar en un grado inaceptable.

40 **[0007]** Por tanto, existe la necesidad de una configuración de perfil aerodinámico nueva y mejorada para una pala de rotor de turbina eólica que aborde los problemas mencionados anteriormente. Más específicamente, sería ventajoso disponer de un perfil aerodinámico que proporcione un rendimiento aerodinámico mejorado, en particular con respecto a la región interna.

45 **[0008]** Diversos aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden resultar claros a partir de la descripción, o pueden aprenderse llevando a la práctica la invención.

50 **[0009]** La presente invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

55 **[0010]** Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor en referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en, y constituyen una parte de, esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de una turbina eólica de acuerdo con una construcción convencional;

60 la FIG. 2 ilustra una vista en sección transversal de una pala de rotor que tiene una configuración *flatback* de acuerdo con una construcción convencional;

la FIG. 3 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de un conjunto de pala de rotor que ilustra, en particular, un elemento de separación de flujo de aire en una ubicación interna de la pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación;

5 la FIG. 4 ilustra otra vista en perspectiva del modo de realización de la FIG. 3 que ilustra, en particular, elementos de separación de flujo de aire opuestos en una ubicación interna de la pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación;

10 la FIG. 5 ilustra una vista en sección transversal de un modo de realización de un conjunto de pala de rotor que ilustra, en particular, elementos de separación de flujo de aire opuestos de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 6 ilustra una vista en sección transversal de otro modo de realización de un conjunto de pala de rotor que ilustra, en particular, elementos de separación de flujo de aire opuestos de acuerdo con la presente divulgación;

15 la FIG. 7 ilustra una vista en sección transversal de otro modo de realización más de un conjunto de pala de rotor que ilustra, en particular, un elemento de separación de flujo de aire montado en un lado de presión de una pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación;

20 la FIG. 8 ilustra una vista en sección transversal de incluso otro modo de realización de un conjunto de pala de rotor que ilustra, en particular, un elemento de separación de flujo de aire montado en un lado de succión de una pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación;

25 la FIG. 9 ilustra una vista en sección transversal de un modo de realización adicional de un conjunto de pala de rotor que ilustra, en particular, elementos de separación de flujo de aire opuestos montados en los lados de presión y succión de una pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 10 ilustra una vista en sección transversal de otro modo de realización más de un conjunto de pala de rotor que ilustra, en particular, un elemento de separación de flujo de aire montado en una pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación; y

30 la FIG. 11 ilustra una vista en sección transversal de incluso otro modo de realización de un conjunto de pala de rotor que ilustra, en particular, elementos de separación de flujo de aire opuestos montados en los lados de presión y succión de una pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación.

35 **[0011]** A continuación, se hará referencia con detalle a modos de realización de la invención, de los cuales se ilustran uno o más ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, resultará evidente para los expertos en la técnica que pueden realizarse diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, se pueden usar características ilustradas o descritas como parte de un modo de
40 realización con otro modo de realización para producir otro modo de realización adicional. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones de modo que entren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

45 **[0012]** En general, la presente divulgación se dirige a un conjunto de pala de rotor para una turbina eólica que tiene una configuración de perfil aerodinámico mejorada. Más específicamente, el conjunto de pala de rotor incluye una pala de rotor que tiene superficies exteriores que definen un lado de presión, un lado de succión, un borde de ataque y un borde de salida que se extienden cada uno en una dirección, en general, en el sentido de la envergadura entre una región interna y una región externa. La región interna incluye la raíz de la pala y la
50 región externa incluye la punta de la pala. La raíz de la pala, en general, incluye un borde de salida redondeado, es decir, un perfil aerodinámico *roundback*, y uno o más elementos de separación de flujo de aire unidos a una o más de las superficies de las palas. Así es como un borde del al menos un elemento de separación de flujo de aire está configurado para proporcionar una ubicación de separación de flujo de aire fija en la región interna durante el funcionamiento estándar. En consecuencia, la combinación del perfil aerodinámico *roundback* y el elemento o elementos de separación de flujo de aire simula el flujo de aire de un borde de salida *flatback*.

55 **[0013]** La presente divulgación proporciona muchas ventajas que no están presentes en la técnica anterior. Por ejemplo, la combinación del perfil aerodinámico *roundback* con los elementos de separación de flujo de aire reduce significativamente la dificultad de fabricación y el coste asociados con los perfiles aerodinámicos *flatback* tradicionales. Además, el conjunto de pala de rotor de la presente divulgación reduce el coste y el peso de la pala y mejora la resistencia de la pala.
60

[0014] En referencia ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una turbina eólica 10 de acuerdo con una construcción convencional. Como se muestra, la turbina eólica 10 incluye una torre 12 con una góndola 14 montada sobre la misma. Una pluralidad de palas de rotor 16 están montadas en un buje de rotor 18, que a su vez está conectado a una pestaña principal que gira un árbol de rotor principal. Los componentes de generación y control de energía de turbina eólica se alojan dentro de la góndola 14. La vista de la FIG. 1 se proporciona
65

únicamente con fines ilustrativos para situar la presente invención en un campo de uso ejemplar. Se debe apreciar que la invención no se limita a ningún tipo particular de configuración de turbina eólica. Además, la presente invención no está limitada al uso con turbinas eólicas, sino que puede utilizarse en cualquier aplicación que tenga palas de rotor.

[0015] La FIG. 2 ilustra una sección transversal de un perfil aerodinámico *flatback* 19 según una construcción convencional. Como se muestra, el perfil aerodinámico *flatback* 19 incluye un borde de ataque 20 y un borde de salida plano 20 y se utiliza típicamente en la región interna de una pala de rotor para permitir una mayor elevación de perfiles aerodinámicos gruesos con cuerdas reducidas. Como se mencionó, los diseños *flatback* tradicionales como se muestra en la FIG. 2, sin embargo, pueden ser extremadamente costosos y complicados de fabricar.

[0016] Así es como la presente divulgación está dirigida a un perfil aerodinámico *roundback* como se ilustra, en general, en las FIG. 3-11. Más específicamente, como se muestra, un conjunto 100 de pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación incluye una pala de rotor 22 que tiene superficies exteriores que definen un lado de presión 23, un lado de succión 24, un borde de ataque 26 y un borde de salida 28. Los lados de presión y succión 23, 24 pueden extenderse cada uno entre el borde de ataque 26 y el borde de salida 28. Además, las superficies exteriores se extienden entre una región interna 36 y una región externa 38 en una dirección, en general, en el sentido de la envergadura. La región interna 36 incluye la raíz de la pala 34 y la región externa 38 incluye la punta de la pala 32. Los lados de presión y succión 23, 24, así como los bordes de ataque y de salida 26, 28 son, en general, superficies aerodinámicas que tienen contornos aerodinámicos, como es generalmente conocido en la técnica. Más específicamente, como se muestra en las FIG. 6-12, porciones del borde de salida 28, por ejemplo, en la región interna 36, se han acortado y redondeado para formar una pala de rotor 22 que tiene un área de sección transversal más pequeña con una configuración redondeada o *roundback*.

[0017] En referencia, en particular, a la FIG. 3, la pala de rotor 22 puede definir adicionalmente una cuerda 42 y una envergadura 44 que se extienden en las direcciones de la cuerda y de la envergadura, respectivamente. Además, como se muestra, la cuerda 42 puede variar a lo largo de la envergadura 44 de la pala de rotor 22. Por tanto, como se describe a continuación, se puede definir una cuerda local 46 para la pala de rotor 22 en cualquier punto de la pala de rotor 22 a lo largo de la envergadura 44. Además, la pala del rotor 22 puede definir una cuerda máxima 48, como se muestra.

[0018] También se pueden incluir uno o más componentes estructurales dentro de la pala de rotor 22 para proporcionar soporte estructural a la pala de rotor 22. Por ejemplo, las FIG. 5-11 ilustran un listón de refuerzo 62 que se extiende entre dos zonas de refuerzo del perfil 64. El listón de refuerzo 62 y las zonas de refuerzo del perfil 64 pueden extenderse a través de la pala de rotor 22 o de cualquier parte de la misma, en general, en la dirección del sentido de la envergadura. Las superficies externas que definen el lado de presión 23 y el lado de succión 24 pueden incluir, o pueden abarcar, las zonas de refuerzo del perfil 64.

[0019] Como se ilustra en las FIG. 3 a 11, el conjunto 100 de pala de rotor incluye al menos un elemento de separación de flujo de aire 102. El elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 están configurados para proporcionar una ubicación de separación de flujo de aire fija en la región interna 36 durante el funcionamiento estándar. Por ejemplo, en ciertos modos de realización, el elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 pueden estar ubicados desde aproximadamente 90 % de la cuerda hasta aproximadamente 95 % de la cuerda desde el borde de ataque 26 de la pala de rotor 22. Además, el elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 pueden extenderse a través de cualquier porción adecuada en el sentido de la envergadura de la pala de rotor 22 y, por tanto, pueden tener cualquier longitud adecuada respecto de la envergadura 44. Por ejemplo, el elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 pueden extenderse desde la raíz 34 hacia la punta 32 como se muestra en la FIG. 3. Al fijar la ubicación de la separación de flujo de aire en la región interna 36 de la pala de rotor 22, el elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 pueden aumentar la capacidad de elevación, reducir el arrastre y/o aumentar la relación elevación/arrastre de la pala de rotor 22 durante el funcionamiento estándar.

[0020] El elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 pueden incluir cualquier elemento adecuado configurado para separar el flujo de aire de una superficie de la pala 22. Por ejemplo, en ciertos modos de realización, el elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 pueden incluir uno o más anclajes de separación de flujo de aire 104, una o más placas de separación de flujo de aire 106, o un carenado no estructural 110. Por ejemplo, como se muestra en las FIG. 5, 6 y 8, el elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 corresponden a uno o más anclajes de separación de flujo 104. Más específicamente, como se muestra en los modos de realización ilustrados de las FIG. 5 y 6, la pala de rotor 22 incluye anclajes de separación de flujo opuestos 104 en cada uno de los lados de presión y succión 23, 24. La FIG. 5 ilustra los anclajes de separación de flujo de aire opuestos 104 montados en una pala de rotor truncada 22, mientras que la FIG. 6 ilustra los anclajes de separación de flujo de aire opuestos 104 montados en una pala de rotor estándar 22. Los anclajes de separación de flujo 104 están diseñados típicamente para incluir un contorno aerodinámico que coincida con la superficie aerodinámica de los lados de presión y succión 23, 24. Por ejemplo, en algunos modos de realización, las superficies externas de los anclajes de separación de flujo 104 pueden definir una

superficie aerodinámica generalmente continua con una superficie exterior, tal como el lado de presión 23 o el lado de succión 24, de la pala de rotor 22. Una superficie aerodinámica generalmente continua es una superficie que tiene un contorno aerodinámico generalmente continuo. Por tanto, cuando dos superficies definen una superficie aerodinámica generalmente continua, hay relativamente poca interrupción en el contorno aerodinámico en la intersección de las dos superficies.

[0021] En referencia a la FIG. 5 (recuadro), los anclajes de separación de flujo de aire 104 en general incluyen un extremo proximal 105 y un extremo distal 107, con los extremos proximal y distal 105, 107 montados en uno o ambos lados de presión o succión 23, 24 de la pala de rotor 22. En dicho modo de realización, el borde de salida redondeado 28 está configurado para extenderse más allá del anclaje o anclajes de separación de flujo de aire 104 en una dirección, en general, en el sentido de la cuerda. Además, como se muestra, los extremos distales 107 o los bordes de los anclajes de separación de flujo de aire 104 definen una línea de separación de flujo de aire 25. Así es como, dado que los extremos distales 107 de los anclajes de separación de flujo de aire 104 se alinean a lo largo de la línea de separación de flujo de aire, el perfil aerodinámico simula un perfil aerodinámico *flatback* durante el funcionamiento.

[0022] Además, como se muestra, los anclajes de separación de flujo de aire 104 incluyen típicamente una sección transversal en forma de cuña que tiene un extremo distal sustancialmente plano 107. Así es como, cuando están montados en la pala de rotor 22, los anclajes de separación de flujo de aire 104 se configuran para simular un perfil aerodinámico *flatback*.

[0023] En modos de realización adicionales, como se muestra en las FIG. 7, 9 y 11, el elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 también pueden incluir una o más placas de separación de flujo de aire 106. Más específicamente, como se muestra en la FIG. 7 (recuadro), la placa o placas de separación de flujo de aire 106 pueden incluir un extremo proximal 108 y un extremo distal 109. El extremo proximal 108 puede ser el extremo que está montado en uno o ambos lados de presión o succión 23, 24 de la pala de rotor 22, mientras que el extremo distal 109 puede ser el extremo que no está montado en la pala de rotor 22. Por ejemplo, como se muestra, el extremo proximal 108 de la placa de separación de flujo de aire 106 está montado en el lado de presión 23 de la pala de rotor 22, mientras que el extremo distal 109 se extiende desde el lado de presión 23 de la pala de rotor 22. En modos de realización adicionales, como se muestra en las FIG. 9 y 11, la pala de rotor 22 incluye placas de separación de flujo de aire opuestas 106 con los extremos proximales 108 montados en los lados de presión y succión 23, 24 de la pala de rotor 22, respectivamente. En diversos modos de realización, los extremos proximales 108 pueden montarse mediante el uso de, por ejemplo, un adhesivo adecuado o una técnica adecuada de soldadura o soldadura fuerte, o pueden montarse mediante el uso de, por ejemplo, elementos de sujeción mecánica adecuados tales como tornillos, clavos, remaches, combinaciones tuerca-perno, etc.

[0024] Además, como se muestra en las FIG. 7 y 9, en ciertos modos de realización, cuando extremo o extremos proximales 108 de la placa o placas de separación de flujo de aire 106 están montados en la pala de rotor 22, el extremo o extremos distales 109 se alinean sustancialmente con, o son más cortos que, el borde de salida redondeado 28 de la pala de rotor 22 en una dirección, en general, en el sentido de la cuerda. En consecuencia, los extremos distales 109 de las placas de separación de flujo de aire 106 definen una línea de separación de flujo de aire fija 25.

[0025] En un modo de realización alternativo, como se muestra en la FIG. 11, los extremos distales 109 de las placas de separación de flujo de aire 106 se pueden extender más allá del borde de salida redondeado 28 de la pala de rotor 22 en una dirección, en general, en el sentido de la cuerda cuando el extremo o extremos proximales 108 de la placa o placas de separación de flujo de aire 106 están montados en la pala de rotor 22. En consecuencia, las placas de separación de flujo de aire 106 se extienden hasta una línea de separación de flujo de aire 25 más allá del borde de salida redondeado 28 en una dirección en el sentido de la cuerda. En dicho modo de realización, los extremos distales 109 de las placas de separación de flujo de aire opuestas 106 crean un vacío 112 entre ellas.

[0026] En modos de realización particulares, el conjunto 100 de pala de rotor también puede incluir al menos un componente estructural 114 configurado entre la placa o placas de separación de flujo de aire 106 y la superficie correspondiente 23, 24 de la pala de rotor 22. El componente estructural 114 puede ser, por ejemplo, varillas, cuñas o listones, o cualquier otro componente adecuado que proporcione soporte estructural. Por ejemplo, como se muestra en las FIG. 7, 9 y 11, el componente estructural 114 puede incluir una cuña configurada entre la placa o placas de separación de flujo de aire 106 y o bien el lado de presión o el lado de succión 23, 24 de la pala de rotor 22. El componente o componentes estructurales 114 pueden extenderse en cualquier dirección adecuada y en cualquier ubicación adecuada entre la placa o placas de separación de flujo de aire 106 y o bien el lado de presión o el lado de succión 23, 24 de la pala de rotor 22. Además, un componente o componentes estructurales únicos 114 pueden extenderse a lo largo de una porción adecuada de la envergadura 44 de la pala de rotor 22, y/o una pluralidad de componente o componentes estructurales 114 pueden estar dispuestos y separados a lo largo de la envergadura 44 de la pala de rotor 22 o de cualquier porción de la misma. Así es como, el componente o componentes estructurales 114 están configurados para

proporcionar soporte a la placa o placas de separación de flujo de aire 106 cuando están montados en la pala de rotor 22 para mantener la placa o placas de separación de flujo de aire 106 en una ubicación deseada.

[0027] En otros modos de realización adicionales, como se muestra en la FIG. 10, el elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 pueden incluir un carenado no estructural 110 configurado con el borde de salida redondeado 28 de la pala de rotor 22. Como se muestra, el carenado no estructural 110 incluye típicamente una porción recta 116 configurada entre un primer extremo 117 y un segundo extremo 118. Así es como, cuando el primer extremo 117 está montado en el lado de presión 23 y el segundo extremo 118 está montado en el lado de succión 24 de la pala de rotor 22, la porción recta 116 crea un borde de salida *flatback* de la pala de rotor 22 que se alinea con la línea de separación de flujo 25, como se muestra en la FIG. 10. En consecuencia, el carenado 110 proporciona una línea de separación de flujo 25 que se extiende más allá del borde de salida redondeado 28 en una dirección en el sentido de la cuerda.

[0028] Cada uno del elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 de acuerdo con la presente divulgación puede formarse a partir de cualquier material adecuado. Por ejemplo, el material utilizado para formar el elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 puede ser preferentemente ligero y más preferentemente puede ser adecuadamente rígido para mantener su estructura durante el uso en una turbina eólica 10. Más específicamente, el elemento o elementos de separación de flujo de aire 102 pueden formarse a partir de fibra de vidrio, aluminio o cualquier otro material adecuado.

[0029] La presente descripción escrita utiliza ejemplos para describir la invención, incluyendo el modo preferido, y también para permitir que cualquier experto en la técnica lleve a la práctica la invención. El alcance patentable de la invención se define mediante las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos concebidos por los expertos en la técnica. Se pretende que dichos otros ejemplos queden comprendidos dentro del alcance de las reivindicaciones si incluyen elementos estructurales que no difieran del texto literal de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto (100) de pala de rotor para una turbina eólica (10), comprendiendo el conjunto (100) de pala de rotor:

una pala de rotor (22) que tiene superficies exteriores que definen un lado de presión (23), un lado de succión (24), un borde de ataque (26) y un borde de salida (28) que se extienden cada uno en una dirección, en general, en el sentido de la envergadura entre una región interna (36) y una región externa (38), comprendiendo la región interna (36) un borde de salida redondeado (28);

elementos de separación de flujo de aire opuestos (102), en el que uno de los elementos de separación de flujo de aire (102) está configurado en el lado de presión (23) y el otro elemento de separación de flujo de aire (102) está configurado en el lado de succión (24), y estando los elementos de separación de flujo de aire opuestos dentro de la región interna (36) y adyacentes al borde de salida redondeado (28), en el que los elementos de separación de flujo de aire opuestos (102) corresponden a un contorno del lado de presión (23) y el lado de succión (24) de la pala de rotor (22), y en el que un borde de los elementos de separación de flujo de aire opuestos (102) está configurado para proporcionar un funcionamiento de separación de flujo de aire fija en la región interna (36) durante el funcionamiento estándar, **caracterizado por que** los elementos de separación de flujo de aire opuestos (102) comprenden al menos uno o más anclajes de separación de flujo de aire (104), en el que el uno o más anclajes de separación de flujo de aire (104) comprenden un extremo proximal (105) y un extremo distal (107), estando los extremos proximal y distal (105, 107) fijados a al menos uno del lado de presión (23) o el lado de succión (24) de la pala de rotor (22), en el que el borde de salida redondeado (28) se extiende más allá del anclaje de separación de flujo de aire (104) en una dirección, en general, en el sentido de la cuerda.

2. El conjunto (100) de pala de rotor de la reivindicación 1, en el que el uno o más anclajes de separación de flujo de aire (104) comprenden una sección transversal en forma de cuña.

3. El conjunto (100) de pala de rotor de cualquier reivindicación precedente, en el que los elementos de separación de flujo de aire opuestos (102) están ubicados desde 90 % de la cuerda hasta 95 % de la cuerda desde el borde de ataque (26) de la pala de rotor (22).

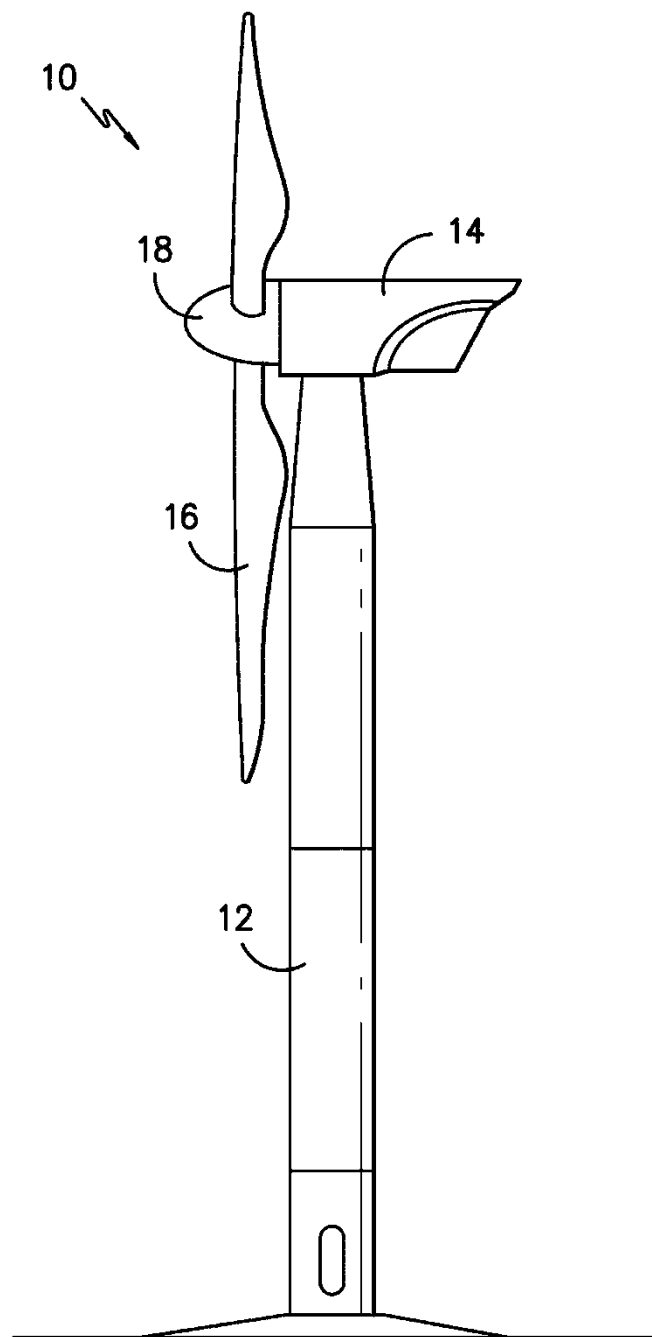


FIG. -1-

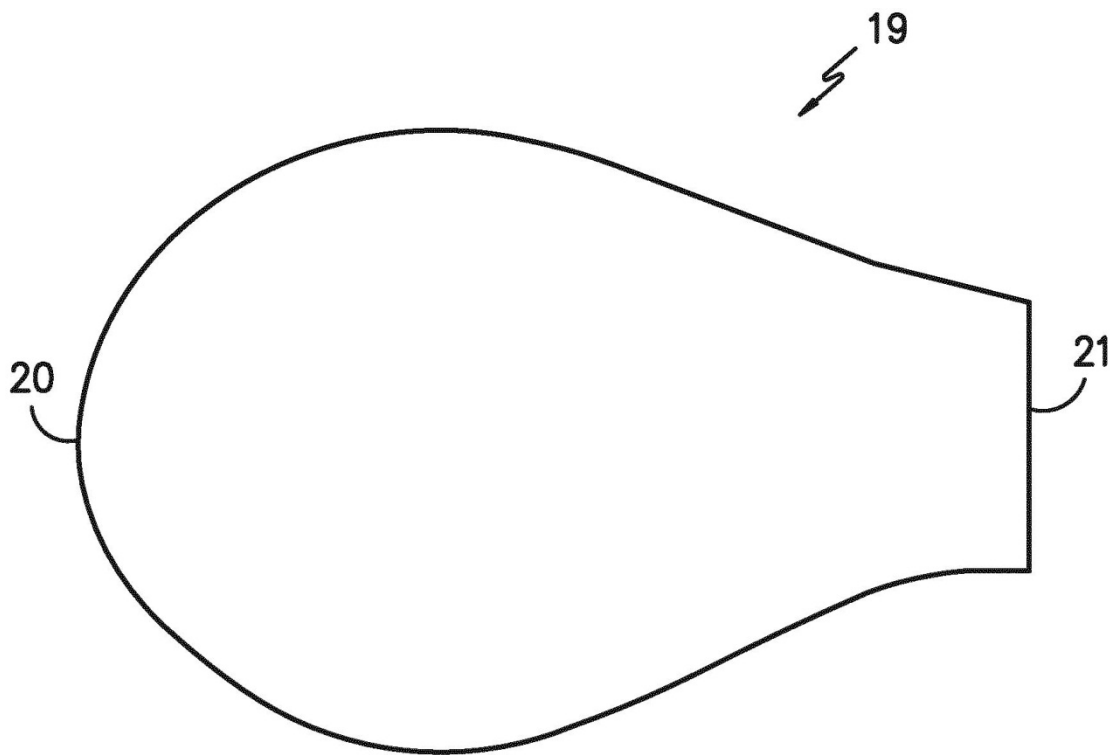
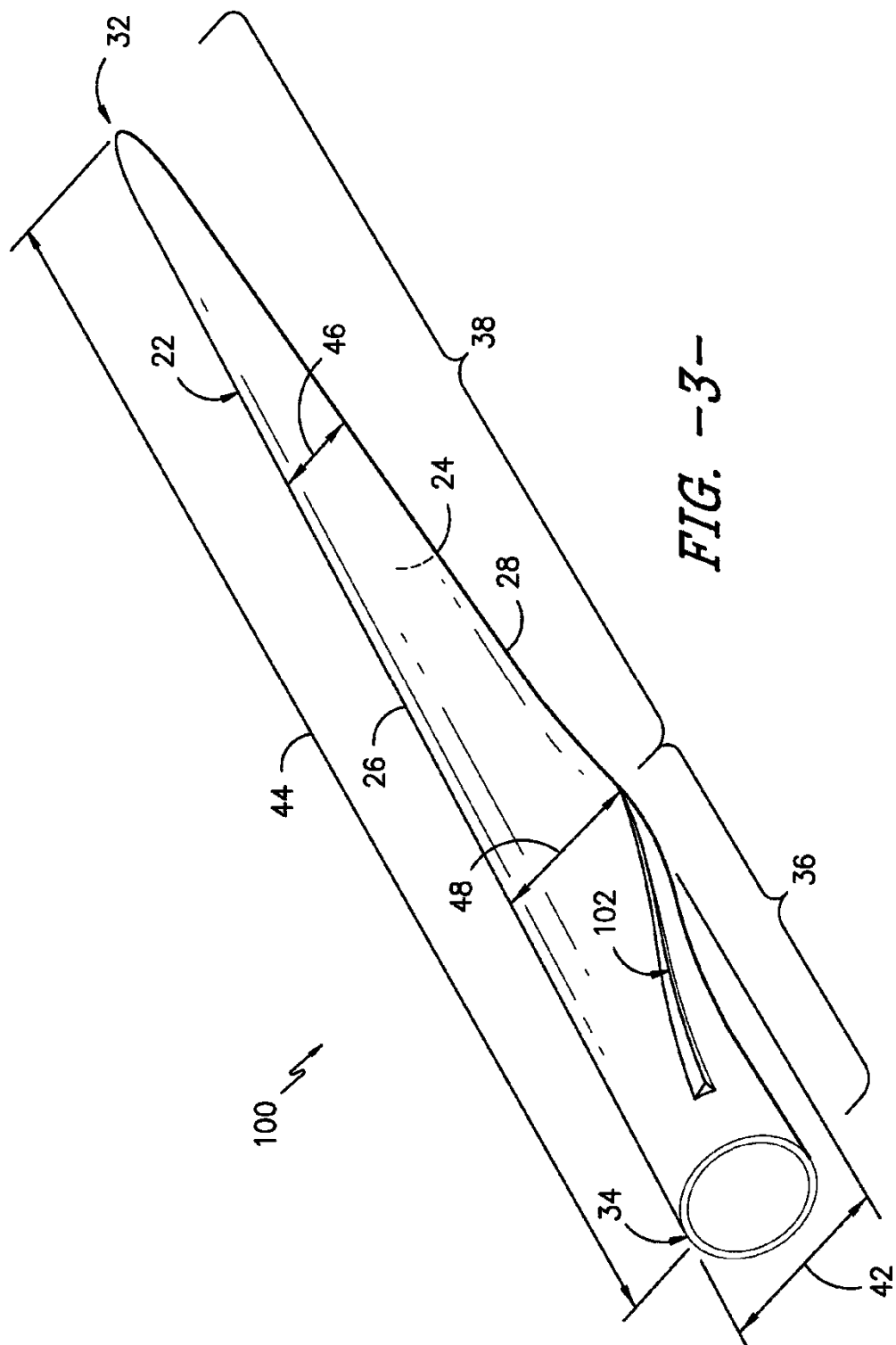
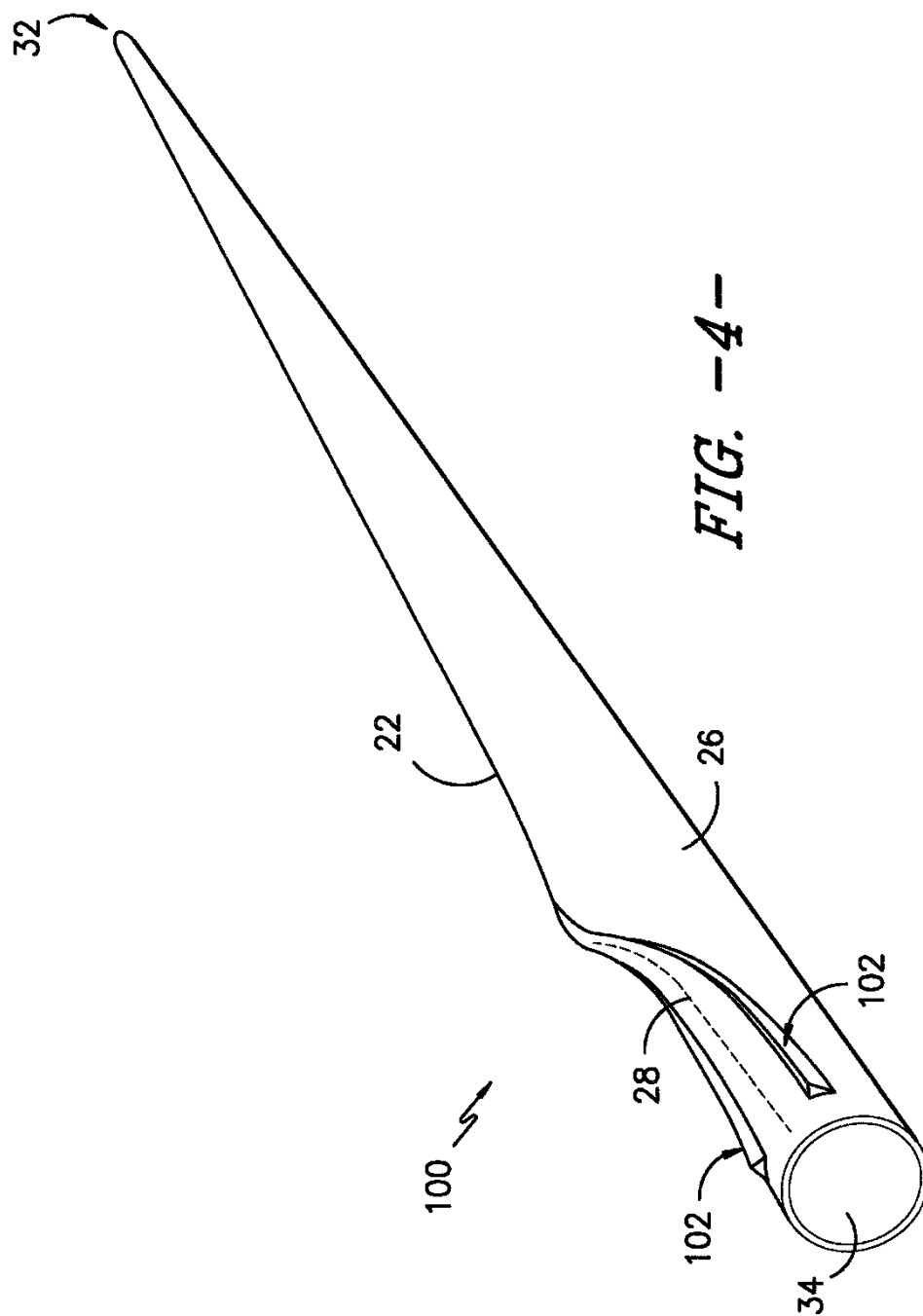


FIG. -2-

TÉCNICA ANTERIOR





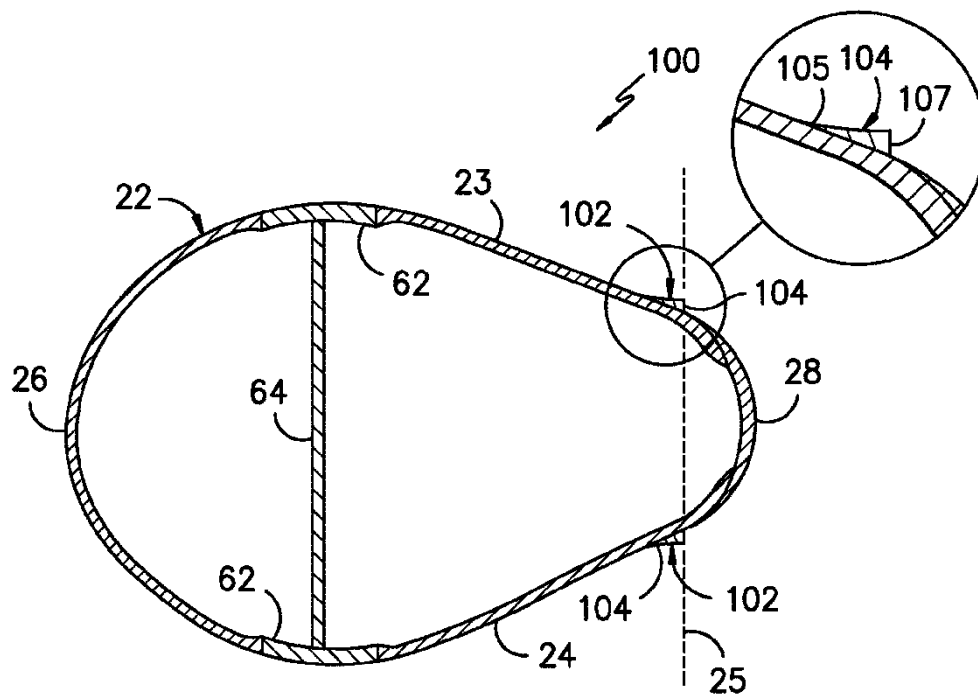


FIG. -5-

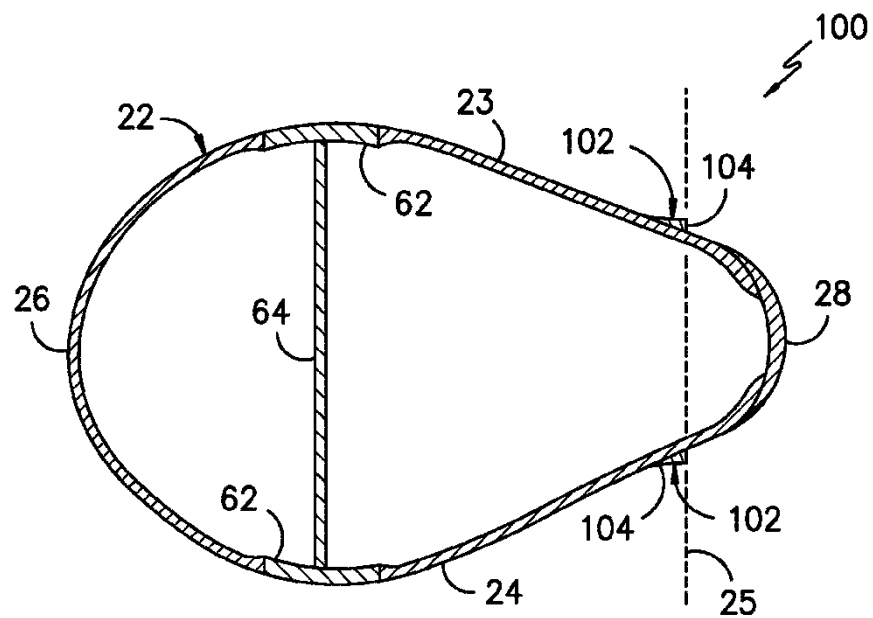
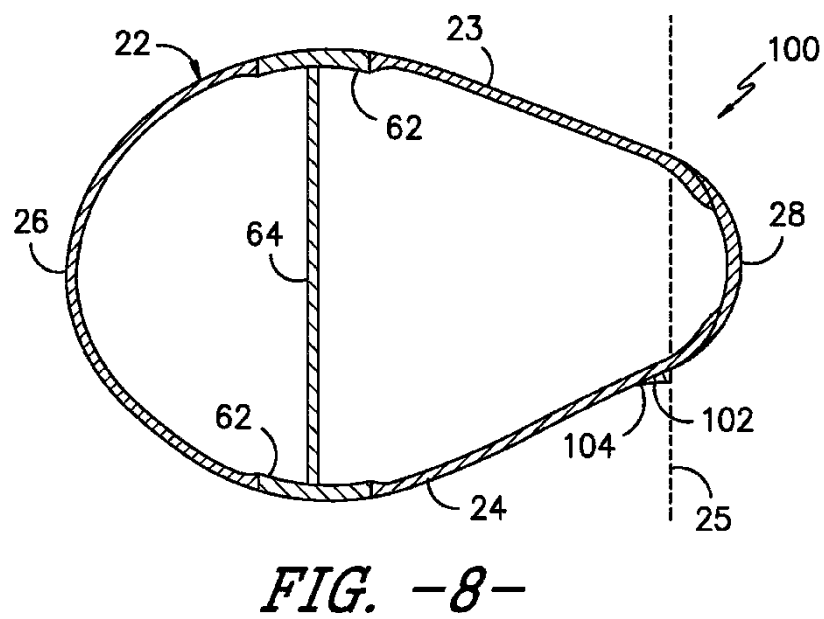
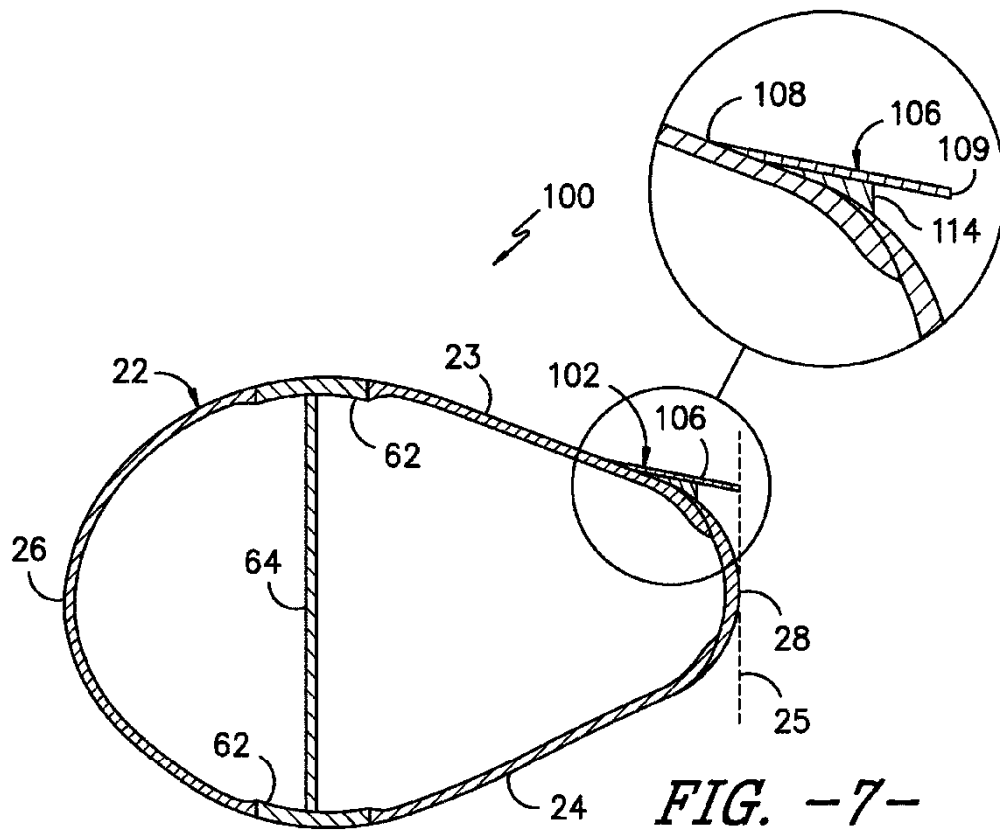


FIG. -6-



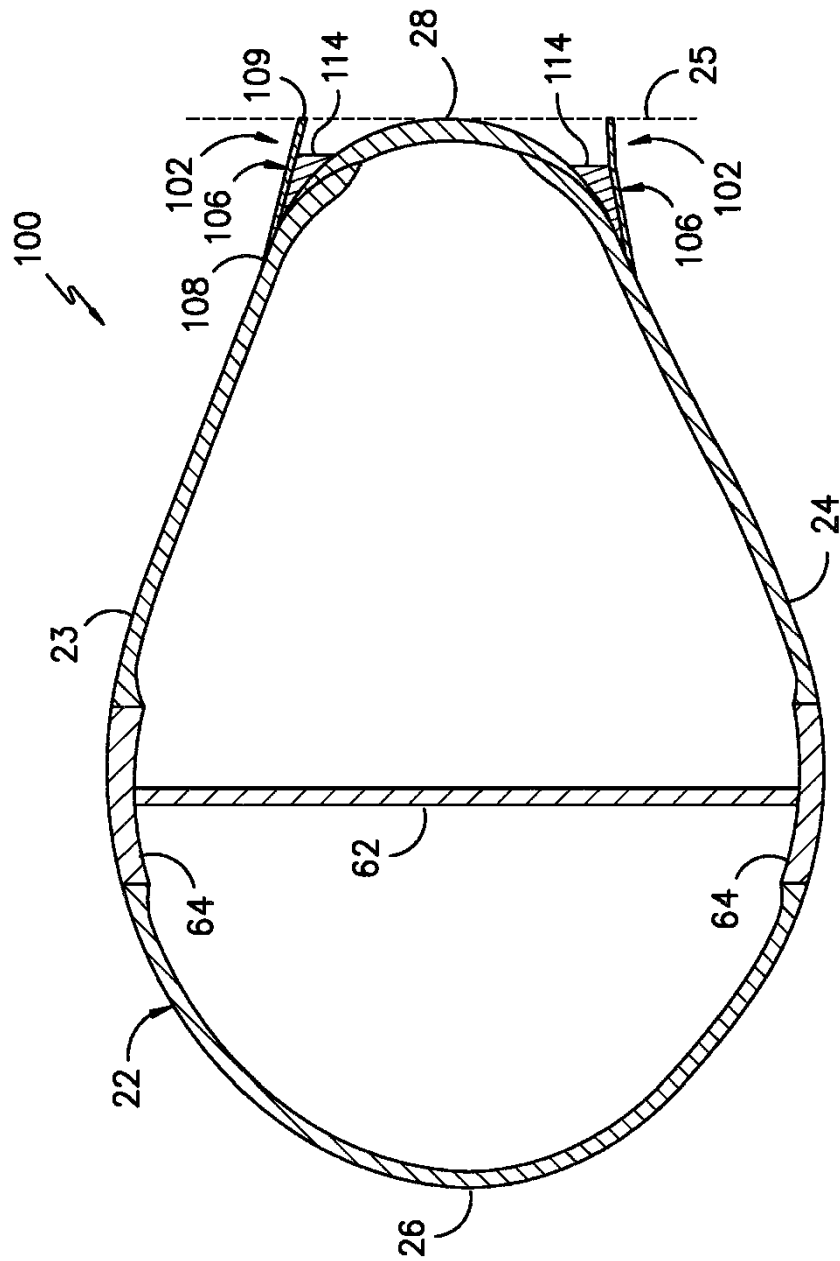


FIG. -9-

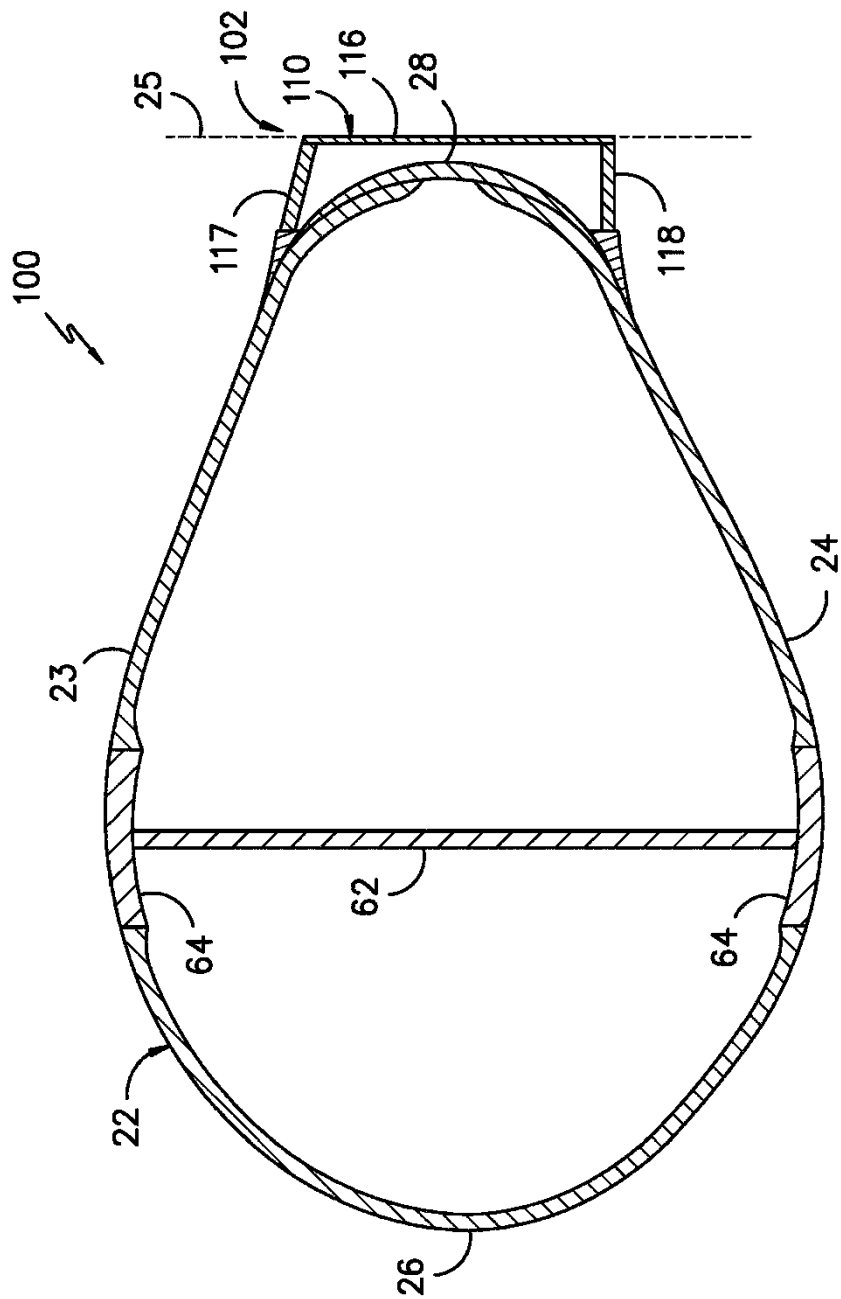


FIG. -10-

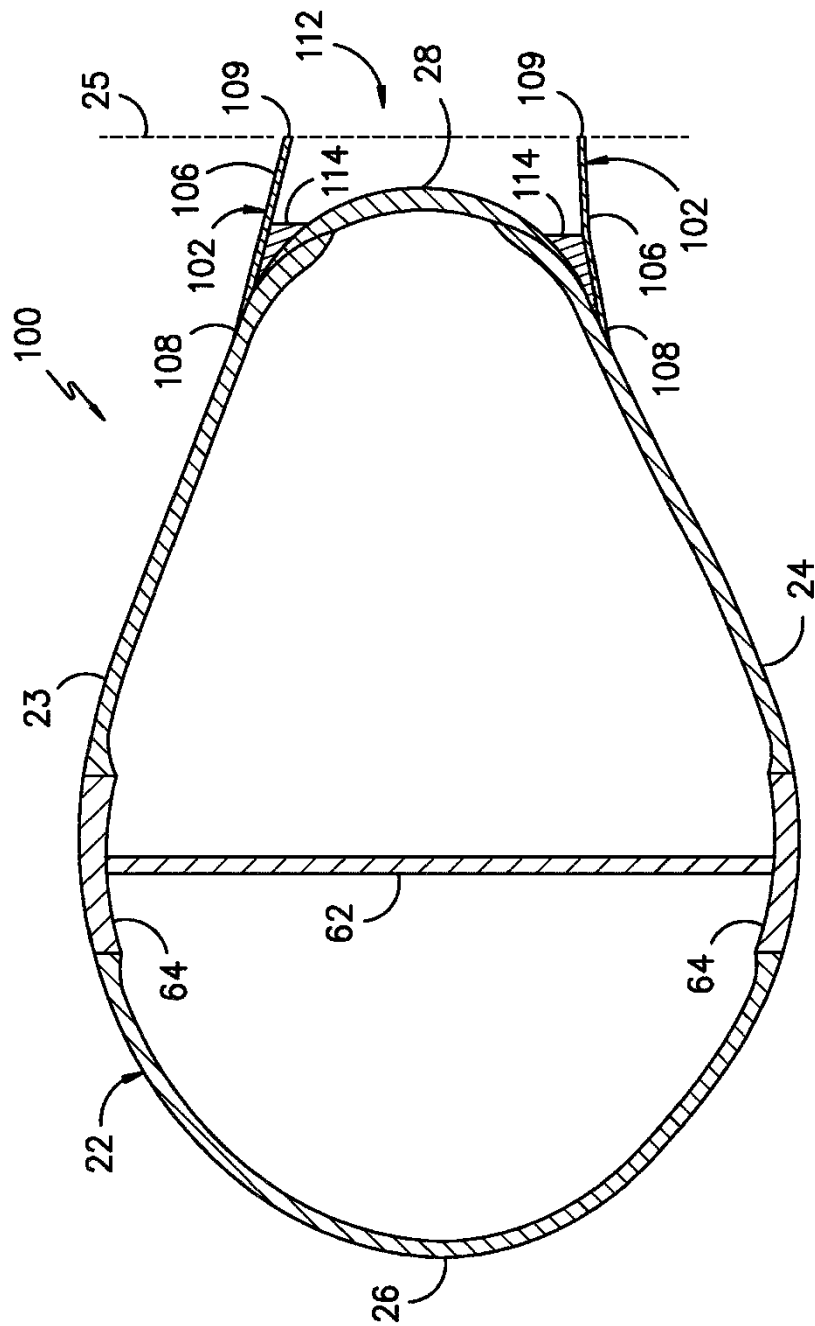


FIG. -11-