

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 039**

51 Int. Cl.:

B29D 99/00 (2010.01)

B29C 70/86 (2006.01)

B29C 33/12 (2006.01)

B29C 65/48 (2006.01)

B29C 65/50 (2006.01)

B21K 3/04 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

B29C 65/00 (2006.01)

B29C 65/78 (2006.01)

B29L 31/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2011 E 11743423 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016 EP 2603376**

54 Título: **Aparato y método para formar un borde de salida de una pala de turbina eólica y componente de borde de salida**

30 Prioridad:

03.09.2010 DK 201070384

11.08.2010 US 372598 P

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

08.09.2016

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

RAJASINGAM, DAMIEN;

EVANS, RICHARD;

DAVIS, OLAV y

SANDERCOCK, STEPHEN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 582 039 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

Aparato y método para formar un borde de salida de una pala de turbina eólica y componente de borde de salida

Campo técnico

5 La presente invención se refiere en general a turbinas eólicas y, más particularmente, a un aparato y a un método para fabricar una pala de turbina eólica.

Antecedentes

10 Se sabe que las turbinas eólicas generan su mayor rendimiento (es decir, eficacia de funcionamiento) en condiciones aerodinámicas predeterminadas de sus palas. A este respecto, las palas de una turbina eólica se diseñan con un perfil predeterminado. En una construcción de pala típica, se forma un hueco en una parte de la pala próxima al extremo de raíz, en el borde de salida, entre las dos caras opuestas de la pala. En construcciones de pala típicas, por tanto, puede añadirse un componente adicional al borde de salida de la pala, para cerrar el hueco, produciendo de este modo una pala que tiene un perfil de sección transversal cerrado.

15 El documento EP0171325 da a conocer un método de fabricación para un ala según el cual se coloca un mandril expansible envuelto con arrollamientos de un material filamentosos en un molde para conformar y curar la envoltura filamentosos. Tras la retirada del mandril del molde, el borde de salida de la envoltura fibrosa curada se separa. Entonces, una estructura de ala interna se inserta en la envoltura, cuyos bordes de salida se cierran entonces usando un cordón de borde que se extiende longitudinalmente. El documento WO 2009/109619 se refiere a una herramienta de montaje y a un método de fabricación de una pala de turbina eólica. Por consiguiente, se da a conocer una herramienta para su uso en el montaje de unas secciones de larguero y perfil aerodinámico de una pala de turbina eólica, y una abrazadera para fijar una sección de perfil aerodinámico a un larguero durante la fabricación. La herramienta comprende una estructura de soporte con brazos de soporte que se extienden en el sentido de la cuerda unidos y que comprende también diversas abrazaderas. Según el documento WO 2009/109619, puede colocarse una sección de perfil aerodinámico de borde de salida en forma de V próxima a las secciones de perfil aerodinámico de borde de salida de una carcasa de pala con la ayuda de un brazo de soporte secundario, articulado en un brazo de soporte.

20

25

Los métodos conocidos para añadir el componente adicional de borde de salida tienden a ser complicados y laboriosos. Por tanto, existe una necesidad de aparatos y métodos relacionados que proporcionen la formación de un borde de salida de una pala de turbina eólica con facilidad y eficacia relativas.

Sumario

30 La invención proporciona un aparato según la reivindicación 1 adjunta para formar un borde de salida de una pala de turbina eólica que tiene carcasas primera y segunda. En realizaciones según aspectos de la invención, el elemento de enganche del aparato de la invención puede estar colocado entre los componentes de molde primero y segundo en la posición cerrada o, alternativamente, el elemento de enganche puede estar colocado en el exterior de los componentes de molde primero y segundo en la posición cerrada.

35 El elemento de enganche puede acoplarse de manera liberable al primer componente de molde. El aparato puede incluir también un primer mecanismo de ajuste que se acopla operativamente al elemento de enganche para colocar el componente de borde de salida con respecto a las carcasas primera y segunda de la pala de turbina eólica. El primer mecanismo de ajuste puede configurarse para controlar una posición de un componente de borde de salida a lo largo de una primera dirección que es transversal a una extensión longitudinal de la pala de turbina eólica. Adicionalmente, el aparato puede incluir un segundo mecanismo de ajuste que se acopla operativamente al elemento de enganche y que está configurado para controlar una posición del componente de borde de salida a lo largo de una segunda dirección que es transversal a la primera dirección.

40

45 En una realización específica, el primer mecanismo de ajuste se hace funcionar manualmente y puede incluir, por ejemplo, una guía de deslizamiento, un perno de separación, un tornillo o perno de fijación y/u otro mecanismo que proporcione un ajuste manual del elemento de enganche. El elemento de enganche puede incluir uno de un elemento de vacío o una abrazadera para soportar de manera segura el componente de borde de salida con respecto al elemento de enganche. El elemento de enganche puede tener una superficie que está configurada para coincidir con la forma del componente de borde de salida, y puede tener una de una forma arqueada, una forma generalmente plana o una forma general en V. El elemento de enganche también puede tener un perfil de sección transversal variable a lo largo de su longitud.

50

55 La invención también proporciona un método según la reivindicación 12 adjunta para cerrar un hueco entre las carcasas primera y segunda en el borde de salida de una pala de turbina eólica. El método puede incluir, adicional o alternativamente, ajustar una posición del componente de borde de salida accionando un mecanismo de ajuste del aparato de colocación. En una realización específica, el método incluye sujetar el componente de borde de salida con respecto al elemento de enganche mientras que el elemento de enganche se acopla al primer componente de molde. En una realización alternativa, el método incluye sujetar el componente de borde de salida con respecto al

elemento de enganche mientras el elemento de enganche se desacopla del primer componente de molde.

5 La invención también proporciona un componente de borde de salida según la reivindicación 16 adjunta para cerrar un hueco entre un par de carcasas de una pala de turbina eólica. En realizaciones según aspectos preferidos de la invención, un radio de curvatura entre partes curvadas ubicadas en la intersección de un elemento central del componente de borde de salida y partes de brida del mismo puede ser al menos aproximadamente un 20% de la altura predeterminada del elemento central.

Breve descripción de los dibujos

10 Los dibujos adjuntos, que están se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran realizaciones de la invención y, junto con una descripción general de la invención facilitada anteriormente, y la descripción detallada de las realizaciones facilitada a continuación, sirven para explicar los principios de la invención.

La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica;

la figura 2 es una vista en perspectiva de una pala de la turbina eólica de la figura 1;

la figura 3A es una vista de sección transversal tomada generalmente a lo largo de la línea 3A-3A de la figura 2;

la figura 3B es una vista de sección transversal tomada generalmente a lo largo de la línea 3B-3B de la figura 2;

15 la figura 3C es una vista de sección transversal tomada generalmente a lo largo de la línea 3C-3C de la figura 2;

la figura 3D es una vista de sección transversal tomada generalmente a lo largo de la línea 3D-3D de la figura 2;

la figura 4A es una representación esquemática de un aparato para construir la pala de la figura 2;

la figura 4B es una representación esquemática del aparato de la figura 4A en una posición cerrada;

la figura 5 es una vista ampliada del área encerrada 5 de la figura 4B;

20 la figura 6 es una vista similar a la figura 5 que ilustra una parte diferente del aparato y el componente de borde de salida mostrados en la figura 5;

la figura 7 es una vista similar a las figuras 5 y 6 que ilustra aún una parte diferente del aparato y el componente de borde de salida mostrados en las figuras 5 y 6; y

25 la figura 8 es una vista de sección transversal de un componente de borde de salida según una realización de la invención.

Descripción detallada

30 Con referencia a las figuras, y más específicamente a la figura 1, una turbina eólica 10 a modo de ejemplo incluye una torre 12, una góndola 14 en el ápice de la torre 12 y un rotor 16 acoplado operativamente a un generador 18 alojado en el interior de la góndola 14. La turbina eólica 10, que se representa como una turbina eólica de eje horizontal, puede convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica. Además del generador 18, la góndola 14 aloja diversos componentes necesarios para convertir la energía eólica en energía eléctrica y también diversos componentes necesarios para hacer funcionar y optimizar el rendimiento de la turbina eólica 10. La torre 12 soporta la carga presentada por la góndola 14, el rotor 16 y otros componentes de turbina eólica alojados en el interior de la góndola 14. La torre 12 de la turbina eólica 10 funciona para elevar la góndola 14 y el rotor 16 hasta una altura por encima del nivel del suelo o nivel del mar, según sea el caso, a la que normalmente se encuentra viento con aire que se mueve más rápido caracterizado por corrientes de aire más suaves y menos turbulentas.

40 El rotor 16 incluye un buje central 20 y una pluralidad de palas 24 acopladas a y que se extienden hacia afuera con respecto al buje central 20 en ubicaciones distribuidas alrededor de la circunferencia del buje central 20. En la realización representativa, el rotor 16 incluye tres palas 24. Las palas 24 están configuradas para interaccionar con el flujo de aire que pasa para producir una elevación que hace que el rotor 16 gire alrededor de su eje longitudinal. Cada una de las palas 24 puede conectarse al buje central 20 a través de un mecanismo de ajuste de paso que permite que la pala ajuste el paso bajo el control de un controlador de paso (no mostrado). El viento que supera un nivel mínimo activará el rotor 16 y permitirá que rote en una dirección sustancialmente perpendicular al viento. El movimiento de rotación se convierte en energía eléctrica mediante el generador 18 y se suministra habitualmente a la red de distribución de energía eléctrica tal como conoce un experto habitual en la técnica.

45 Con referencia continuada a la figura 1, y haciendo referencia además a las figuras 2 y 3A-3D, una pala 24 de la turbina eólica 10 tiene un extremo de raíz 26 adyacente al buje central 20, un extremo de punta 28 opuesto longitudinalmente al extremo de raíz 26, así como un borde de ataque 30 y un borde de salida 32 ubicados opuestos entre sí a lo largo de la anchura de la pala 24. La construcción de la pala 24 incluye, tal como se describe de manera más completa a continuación, la unión de las carcasas primera y segunda 40, 42 entre sí y a un larguero ubicado

centralmente 44 que proporciona el aspecto estructural primario de la pala 24. Tal como se ilustra mejor en las figuras 2 y 3A-3D, la pala 24 tiene un perfil de sección transversal variable a lo largo de su longitud. En particular, el perfil de sección transversal de la pala 24 en el extremo de raíz 26 (figura 3A) tiene una forma generalmente redonda o circular, que facilita el acoplamiento de la pala 24 al buje central 20.

5 La figura 3B muestra la forma general del perfil de sección transversal de la pala 24 a lo largo de aproximadamente un tercio de la longitud de la pala 24 que comienza en el extremo de raíz 26. Tal como muestra esta figura, las carcacas 40, 42 definen un hueco 50 entre ellas en el borde de salida 32 en esa primera región de la pala 24. En esta primera región, se acopla un componente de borde de salida 52 a las dos carcacas 40, 42 en el borde de salida 32 para producir un perfil de sección transversal cerrado de la pala 24. Más allá de esta primera región hay una
10 segunda región en la que no está formado ningún hueco y las carcacas 40 y 42 se encuentran en el borde de salida 32. Las figuras 3C y 3D ilustran el perfil de sección transversal de la pala 24 en otras dos posiciones a lo largo de su extensión longitudinal y en esta segunda región. Estas dos figuras ilustran las carcacas 40, 42 uniéndose directamente entre sí en el borde de salida 32, y no requiriendo, por tanto, del acoplamiento de un componente de borde de salida a las mismas.

15 Las figuras 4A y 4B ilustran un aparato y un método a modo de ejemplo para fabricar una de las palas 24. En particular, estas figuras ilustran un aparato y un método para formar la parte de la pala 24 que tiene un hueco 50 entre las carcacas 40, 42. El aparato a modo de ejemplo, designado generalmente mediante el número 60, incluye un par de mitades de molde 62, 64 que se mueven de manera pivotante una con respecto a la otra a través de una bisagra de conexión 66, y un dispositivo de colocación de borde de salida 70 configurado para acoplar un
20 componente de borde de salida 52 a las carcacas 40, 42 para de ese modo cerrar el hueco 50. La figura 4A ilustra las mitades de molde 62, 64 en una posición abierta, orientándose sus interiores respectivos en la misma dirección general (por ejemplo, hacia arriba). Una etapa en el procedimiento a modo de ejemplo para formar la pala 24 incluye colocar un material elegido de manera adecuada para constituir las carcacas 40, 42 tal como, y sin limitación, fibra de vidrio, en el interior de las mitades de molde 62, 64. A este respecto, el material puede disponerse o colocarse
25 en el interior de cada una de las mitades de molde 62, 64 a través de procedimientos generalmente conocidos. Con el fin de que las carcacas 40, 42 logren su forma deseada, puede colocarse una membrana o sustrato (no mostrado) en las mitades de molde 62, 64 sobre el material, y puede accionarse un dispositivo de vacío para dirigir la membrana o el sustrato contra las superficies interiores de las mitades de molde 62, 64, atrapando de este modo el material entre ellas. La presión negativa ejercida por el dispositivo de vacío (por ejemplo, bolsa de vacío) produce el grosor deseado de las carcacas 40, 42. Una vez que cura el material que constituye las carcacas 40, 42, es decir, una vez que el material alcanza un estado sólido o semisólido adecuado, puede retirarse la membrana o sustrato.

Tras la formación de las carcacas 40, 42, el larguero 44 se coloca entonces en una de las mitades de molde 62, 64 y se acopla a una de las carcacas correspondientes 40, 42. En la realización ilustrada, el larguero 44 se muestra acoplado (flechas 71) a la carcaca 42 soportada por la mitad de molde 64, aunque se contempla que puede
35 acoplarse en cambio a la carcaca 40 soportada por la otra mitad de molde 62. El acoplamiento del larguero 44 a la carcaca 42 incluye la unión de dos superficies enfrentadas, asociadas respectivamente con el larguero 44 y la carcaca 42 a través de un primer elemento adhesivo 72a.

Entonces, se aplica un segundo elemento adhesivo 72b sobre una superficie del larguero 44 opuesta al primer elemento adhesivo 72a o, alternativamente, sobre una superficie de la otra carcaca 40, de manera que, cuando se
40 juntan las mitades de molde 62, 64, es decir, se cierran (figura 4B), el larguero 44 se acopla también a la otra carcaca 40. Una vez que se ha dejado que los elementos adhesivos 72a, 72b curen, el larguero 44 se acopla adhesivamente a ambas carcacas 40, 42. Como se indicó anteriormente, el larguero 44 confiere rigidez e integridad estructurales a la pala formada 24. Cuando se juntan las mitades de molde 62, 64, se aplica un elemento adhesivo 72c entre partes solapantes de las carcacas 40, 42 para definir de ese modo un borde de ataque 30 solidario de la
45 pala 24.

Con referencia particular a la figura 4B, y haciendo referencia además a la figura 5, el procedimiento a modo de ejemplo para formar la pala 24 incluye el uso de un dispositivo de colocación de borde de salida 70 para acoplar el componente de borde de salida 52 a las dos carcacas 40, 42. A este respecto, el dispositivo de colocación de borde de salida 70 hace que el componente de borde de salida 52 enganche las carcacas 40, 42 cuando se juntan (es
50 decir, se cierran) las mitades de molde 62, 64. Más específicamente, el componente de borde de salida 52 se sujeta a un elemento de enganche de borde de salida 77 del dispositivo de colocación 70 a través de elementos de sujeción elegidos de manera adecuada (no mostrados) tales como abrazaderas o un elemento de vacío y entonces se pone en contacto con las carcacas 40, 42. Antes del enganche del componente de borde de salida 52 con las carcacas 40, 42, se aplica adhesivo 85 sobre las superficies de partes de brida respectivas 80, 82 del componente de borde de salida 52. Alternativamente, puede aplicarse adhesivo 85 sobre las superficies de las carcacas 40, 42
55 que se calcula que entren en contacto con las partes de brida 80, 82. Una vez aplicado el adhesivo 85, las mitades de molde 62, 64 pasan a engancharse completamente entre sí (es decir, se cierran completamente) de modo que el adhesivo 85 une las partes de brida 80, 82 a las superficies de las carcacas 40, 42 que están en relación enfrentada con las partes de brida 80, 82.

60 Junto con el movimiento de las mitades de molde 62, 64 hacia una posición de enganche completo entre sí (es decir, cerrando completamente las mitades de molde 62, 64), el elemento de enganche de borde de salida 77 del

dispositivo de colocación 70 se dirige a albergar el componente de borde de salida 52 de modo que el componente 52 logra una posición deseada con respecto a las carcargas 40, 42. Más específicamente, el dispositivo de colocación 70 incluye un mecanismo de ajuste vertical 90 y un mecanismo de ajuste horizontal 92, ambos acoplados operativamente al elemento de enganche de borde de salida 77, y que ajustan respectivamente las posiciones vertical y horizontal del elemento de enganche de borde de salida 77 y, por tanto, las posiciones vertical y horizontal del componente de borde de salida 52 con respecto a las carcargas 40, 42. Tales mecanismos de ajuste vertical y horizontal 90, 92 se conocen generalmente en la técnica y, por tanto, no se describen en detalle en el presente documento y se muestran de manera esquemática en las figuras 5 y 6. A pesar de lo anterior, estos mecanismos de ajuste 90, 92 pueden incluir, sin limitación, guías de deslizamiento, pernos de separación, tornillos de fijación y otros. Una vez que se logra la posición deseada del componente de borde de salida 52, se permite que el adhesivo 85 cure, para unir las partes de brida 80, 82 a superficies enfrentadas correspondientes de las carcargas 40, 42, completando de ese modo la construcción de la parte de borde de salida 32 de la pala 24.

En una realización, el dispositivo de colocación 70 se monta de manera permanente sobre una de las mitades de molde 62, 64. Por ejemplo, el dispositivo 70 puede montarse de manera permanente sobre la mitad de molde 64 a través de una o más guías de deslizamiento u otro tipo de mecanismo de ajuste vertical u horizontal. Durante el funcionamiento, el componente de borde de salida 52 se engancharía de manera segura con el elemento de enganche 77 y la parte de brida 82 del componente 52 se acopla a la superficie correspondiente de la carcarga 42 soportada por el molde 64. Entonces, la otra mitad de molde 62 se hace pivotar alrededor de la bisagra 66 y se cierra sobre la mitad de molde 64, de modo que la parte de brida 80 del componente 52 se engancha con una superficie correspondiente de la carcarga 40 que está soportada por la mitad de molde 62. Entonces, se usa un segundo mecanismo de ajuste vertical u horizontal para ajustar la posición de la parte de brida 80 con respecto a la carcarga 40 y se acopla la parte de brida 80 (por ejemplo, adhesivamente) a la superficie correspondiente de la carcarga 40.

En otra realización, el elemento de enganche 77 se acopla de manera liberable a una o ambas de las mitades de molde 62, 64, tal como a la mitad de molde 64, por ejemplo, a través de uno o más elementos de acoplamiento liberables (no mostrados) que forman parte del aparato 60 y que pueden acoplarse de manera permanente a cada una de las mitades de molde 62, 64. En esta realización, la construcción de la pala 74 incluye desacoplar el elemento de enganche 77 de la mitad de molde 64, y soportar de manera segura el componente de borde de salida 52 con el elemento de enganche 77 lejos de la mitad de molde 64. Una vez que el componente 52 está sujeto al elemento de enganche 77, puede aplicarse adhesivo a las partes de brida 80, 82, tal como se describió anteriormente, y el elemento de enganche 77 puede acoplarse de nuevo a la mitad de molde 64 a través del uno o más elementos de acoplamiento liberables. Entonces, la otra mitad de molde 62 se cerraría sobre la mitad de molde 64 y el procedimiento para acoplar el componente 52 a las carcargas 40, 42 proseguiría como en las otras realizaciones descritas anteriormente. Alternativamente, una vez que el componente de borde de salida 52 está sujeto al elemento de enganche 77 lejos de la mitad de molde 64 (y lejos de la mitad de molde 62), puede cerrarse la mitad de molde 62 sobre la mitad de molde 64 y, posteriormente o al mismo tiempo, el elemento de enganche 77 puede acoplarse de nuevo a una o ambas de las mitades de molde 62, 64 para enganchar las partes de brida 80, 82 con las superficies correspondientes de las carcargas 40, 42.

En una realización específica, y particularmente haciendo referencia a la figura 5, el dispositivo de colocación 70 incluye un controlador representado esquemáticamente 93 que se acopla operativamente a uno o ambos de los mecanismos de ajuste 90, 92 y a un sensor 95. El sensor 95 está configurado para detectar una posición de las carcargas 40, 42 con respecto al componente de borde de salida 52 y generar una señal asociada con la posición detectada al controlador 93. En respuesta a la señal generada por el sensor 95, el controlador 93 se configura para dirigir automáticamente uno o ambos de los mecanismos de ajuste 90, 92 para ajustar la posición del elemento de enganche 77 y de ese modo la posición del componente de borde de salida 52 para lograr la posición deseada con respecto a las carcargas 40, 42. En una realización alternativa y tal como se explicó anteriormente, el dispositivo de colocación 70 puede incluir guías de deslizamiento, pernos de separación, tornillos o pernos de fijación y/u otros dispositivos que proporcionan ajustes manuales.

Tal como se usan en el presente documento, no se prevé que los términos “vertical” y “horizontal”, así como derivados respectivos de los mismos, sean limitativos, y se refieren a orientaciones representadas en las figuras. A este respecto, por ejemplo, el término “vertical” se refiere a la dirección que es generalmente perpendicular a la extensión longitudinal de la pala 24 y también generalmente perpendicular a la anchura (sentido de borde de ataque a borde de salida) de la pala 24. Aunque la realización ilustrada en las figuras y descrita en el presente documento incluye mecanismos de ajuste horizontal y vertical, se contempla que el aparato 60 puede incluir además un mecanismo de ajuste configurado para albergar la posición del elemento de enganche 77 en la dirección longitudinal de la pala 24 (es decir, hacia dentro y hacia fuera de la página, en relación con la orientación mostrada en las figuras 5-7).

Con referencia continuada a las figuras 5-7, el perfil de sección transversal de la pala 24 (figuras 2 y 3A-3D) a lo largo de la longitud del mismo que incluye el componente de borde de salida 52 puede variar a lo largo de su longitud. Por consiguiente, el hueco entre carcargas 40, 42 puede no ser constante, sino que puede variar en la dirección longitudinal. Como resultado, el perfil de sección transversal del componente de borde de salida 52 puede variar para proporcionar una transición gradual desde las partes de la pala 24 en las que el hueco 50 es

relativamente ancho (es decir, próximo al extremo de raíz 26) hasta las partes de la pala 24 en las que el hueco es relativamente estrecho (es decir, próximo a la parte de la pala 24 ilustrada en la figura 3C en la que las carcasas 40, 42 se encuentran y se unen entre sí). Para este fin, el componente de borde de salida 52 es relativamente ancho en algunas partes a lo largo de su longitud (figura 5), no tan ancho en otras partes (figura 6), y relativamente estrecho en aún otras partes (figura 7). Adicionalmente, la forma de sección transversal del componente de borde de salida 52 puede cambiar también a lo largo de su longitud teniendo, por ejemplo, una superficie de punta generalmente plana 52a (figura 5), una superficie de punta generalmente redondeada 52b (figura 6), y una superficie de punta generalmente en forma de V 52c (figura 7).

En una realización de la invención, la forma del elemento de enganche de borde de salida 77 del dispositivo de colocación 70 varía también a lo largo de la longitud del dispositivo de colocación 70 para albergar la forma sección transversal variable del componente de borde de salida 52. Más específicamente, en esta realización, el dispositivo de colocación 70 tiene una superficie de enganche generalmente plana 70a que coincide con la superficie de punta generalmente plana 52a (figura 5), una superficie de enganche arqueada 70b que coincide con la superficie de punta generalmente redondeada 52b (figura 6) y una superficie de enganche generalmente en forma de V 70c que coincide con la superficie de punta generalmente en forma de V 52c (figura 7).

Con referencia a la figura 8, se ilustra un componente de borde de salida 52 a modo de ejemplo, que incluye un elemento central 52d y un par de partes de brida 80, 82 acopladas a cada extremo del elemento central 52d. Las partes de brida 80, 82 se extienden desde el elemento central 52d hacia la pala 24 y se orientan en ángulos respectivos para coincidir generalmente con la orientación de las carcasas 40, 42 a las que se acopla el componente de borde de salida 52 para definir el borde de salida 32 de la pala 24 (figura 2). El elemento central 52d incluye también una superficie generalmente plana 52e configurada para enfrentarse a la pala 24 y una superficie generalmente plana dispuesta de manera opuesta 52f configurada para colocarse de espaldas a la pala 24. El componente de borde de salida 52 en esta realización tiene un radio de curvatura R elegido de manera adecuada en la unión entre la superficie plana 52f y cada una de las partes de brida 80, 82. Según la invención, el radio de curvatura R se elige para que sea de al menos aproximadamente un 10% de la altura H del elemento central 52d y, particularmente, de la superficie plana 52f. En una realización específica, el radio de curvatura R se elige de manera que la razón del radio R con respecto a la altura H de la superficie plana 52f ("la razón R/H") sea de aproximadamente un 20%. En vista de que la forma de sección transversal del componente de borde de salida 52 varía a lo largo de su longitud (es decir, a lo largo de la extensión longitudinal de la pala 24), el radio de curvatura R puede ajustarse, por ejemplo, de manera que la razón R/H sea de aproximadamente un 20% cuando la altura H está por debajo de aproximadamente 250 mm o de manera que el radio R sea de aproximadamente 50 mm cuando la altura H es menor de aproximadamente 50 mm. Por tanto, puede ser que únicamente una parte del componente de borde de salida 52 tenga una razón R/H de aproximadamente un 20%. Otras partes, por ejemplo, pueden tener menos de aproximadamente un 10%.

Aunque la presente invención se ha ilustrado mediante una descripción de diversas realizaciones y aunque estas realizaciones se han descrito con detalle considerable, no es la intención del solicitante restringir o limitar el alcance de las reivindicaciones adjuntas a tal detalle. Por tanto, la invención no se limita a los detalles específicos, el aparato y el método representativos y el ejemplo ilustrativo mostrado y descrito. Por consiguiente, el alcance de la invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Aparato (60) para formar un borde de salida (32) de una pala de turbina eólica que tiene carcاسas primera y segunda (40, 42), definiendo las carcاسas primera y segunda un hueco (50) entre ellas, que comprende:

un primer componente de molde (62) adaptado para formar la carcاسa primera o segunda; y

5 un dispositivo de colocación (70) que tiene un elemento de enganche (77) configurado para soportar de manera segura un componente de borde de salida (52) que ha de acoplarse a las carcاسas primera y segunda para de ese modo cerrar dicho hueco (50), estando dicho elemento de enganche acoplado a dicho primer componente de molde (62), comprendiendo dicho aparato además:

10 un segundo componente de molde (64) adaptado para formar la otra de las carcاسas primera o segunda y acoplado a dicho primer componente de molde (62), teniendo dichos componentes de molde primero y segundo una posición cerrada en la que las carcاسas primera y segunda están cerradas una sobre la otra para definir un perfil generalmente cerrado de la pala de turbina eólica (24), en el que dichos componentes de molde primero y segundo (62, 64) están acoplados entre sí de manera pivotante.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho elemento de enganche (77) está colocado entre los componentes de molde primero y segundo (62, 64) en dicha posición cerrada.
3. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho elemento de enganche (77) está colocado en el exterior de dichos componentes de molde primero y segundo (62, 64) en dicha posición cerrada.
4. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que dicho elemento de enganche (77) está acoplado de manera liberable a dicho primer componente de molde (62).
- 20 5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que comprende además:

un primer mecanismo de ajuste (90, 92) acoplado operativamente a dicho elemento de enganche (77) para colocar el componente de borde de salida (52) con respecto a las carcاسas primera y segunda de la pala de turbina eólica.
- 25 6. Aparato según la reivindicación 5, en el que dicho primer mecanismo de ajuste (90, 92) está configurado para controlar una posición del componente de borde de salida a lo largo de una primera dirección transversal a una extensión longitudinal de la pala de turbina eólica.
7. Aparato según la reivindicación 6, que comprende además:

30 un segundo mecanismo de ajuste (90, 92) acoplado operativamente a dicho elemento de enganche (77) y configurado para controlar una posición del componente de borde de salida (52) a lo largo de una segunda dirección transversal a la primera dirección.
8. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 5-7, en el que dicho primer mecanismo de ajuste (90, 92) es manual.
9. Aparato según la reivindicación 8, en el que dicho primer mecanismo de ajuste (90, 92) incluye uno de una guía de deslizamiento, un perno de separación o un tornillo de fijación.
- 35 10. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que dicho elemento de enganche (77) incluye uno de un elemento de vacío o una abrazadera para soportar de manera segura el componente de borde de salida (52) con respecto al mismo.
11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que dicho elemento de enganche (77) tiene un perfil de sección transversal variable a lo largo de la longitud del mismo.
- 40 12. Método para cerrar un hueco (50) entre las carcاسas primera y segunda (40, 42) en el borde de salida (32) de una pala de turbina eólica, comprendiendo el método:

formar la primera carcاسa (40) en un primer componente de molde (62);

soportar un componente de borde de salida (52) de la pala de turbina eólica con un aparato de colocación (70) acoplado al menos parcialmente al primer componente de molde, comprendiendo dicho método además:

45 formar la segunda carcاسa (42) en un segundo componente de molde (64); y

mover el segundo componente de molde (64) por encima del primer componente de molde (62) para definir de ese modo un perfil generalmente cerrado de la pala de turbina eólica formado a partir de las carcاسas primera y segunda (40, 42), en el que mover el segundo componente de molde (64) incluye mover de

manera pivotante los componentes de molde primero y segundo (62, 64) uno con respecto al otro; y en el que dicho componente de borde de salida (52) se pone en contacto con dichas carcasas (40, 42).

13. Método según la reivindicación 12, que comprende además:

5 ajustar una posición del componente de borde de salida (52) accionando un mecanismo de ajuste (90, 92) del aparato de colocación.

14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 12-13, que comprende además:

sujetar el componente de borde de salida (52) con respecto a un elemento de enganche (77) de dicho aparato de colocación (70) mientras que el elemento de enganche (77) se acopla al primer componente de molde (62).

10 15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 12-13, que comprende además:

sujetar el componente de borde de salida (52) con respecto a un elemento de enganche (77) de dicho aparato de colocación (70) mientras que el elemento de enganche (77) se desacopla del primer componente de molde (62).

15 16. Componente de borde de salida (52) para cerrar un hueco (50) entre un par de carcasas de una pala de turbina eólica, que comprende:

un elemento central (52d) que tiene una altura predeterminada (H);

un par de elementos de parte de brida (80, 82) acoplados a extremos respectivos de dicho elemento central; y

20 un par de partes curvadas en la intersección de dicho elemento central y cada uno de dichos elementos de parte de brida, teniendo al menos uno de dichos elementos de parte curvada un radio de curvatura (R), a lo largo de una parte longitudinal del componente de borde de salida, que es al menos aproximadamente un 10% de dicha altura predeterminada de dicho elemento central, en el que el componente de borde de salida (52) se extiende a lo largo de una dimensión longitudinal de la pala de turbina eólica, teniendo el componente de borde de salida un perfil de sección transversal variable a lo largo de dicha dimensión longitudinal.

25

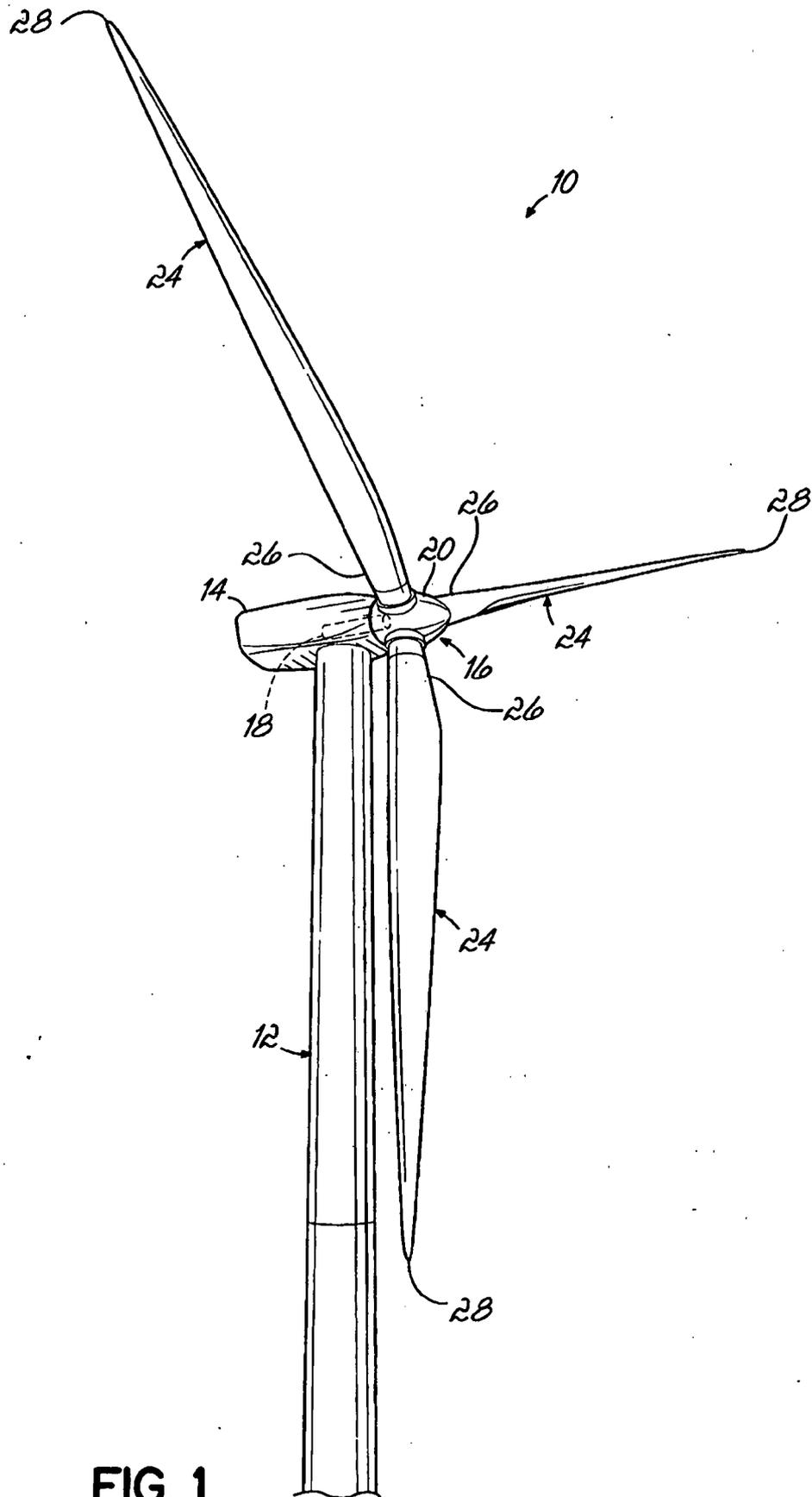


FIG. 1

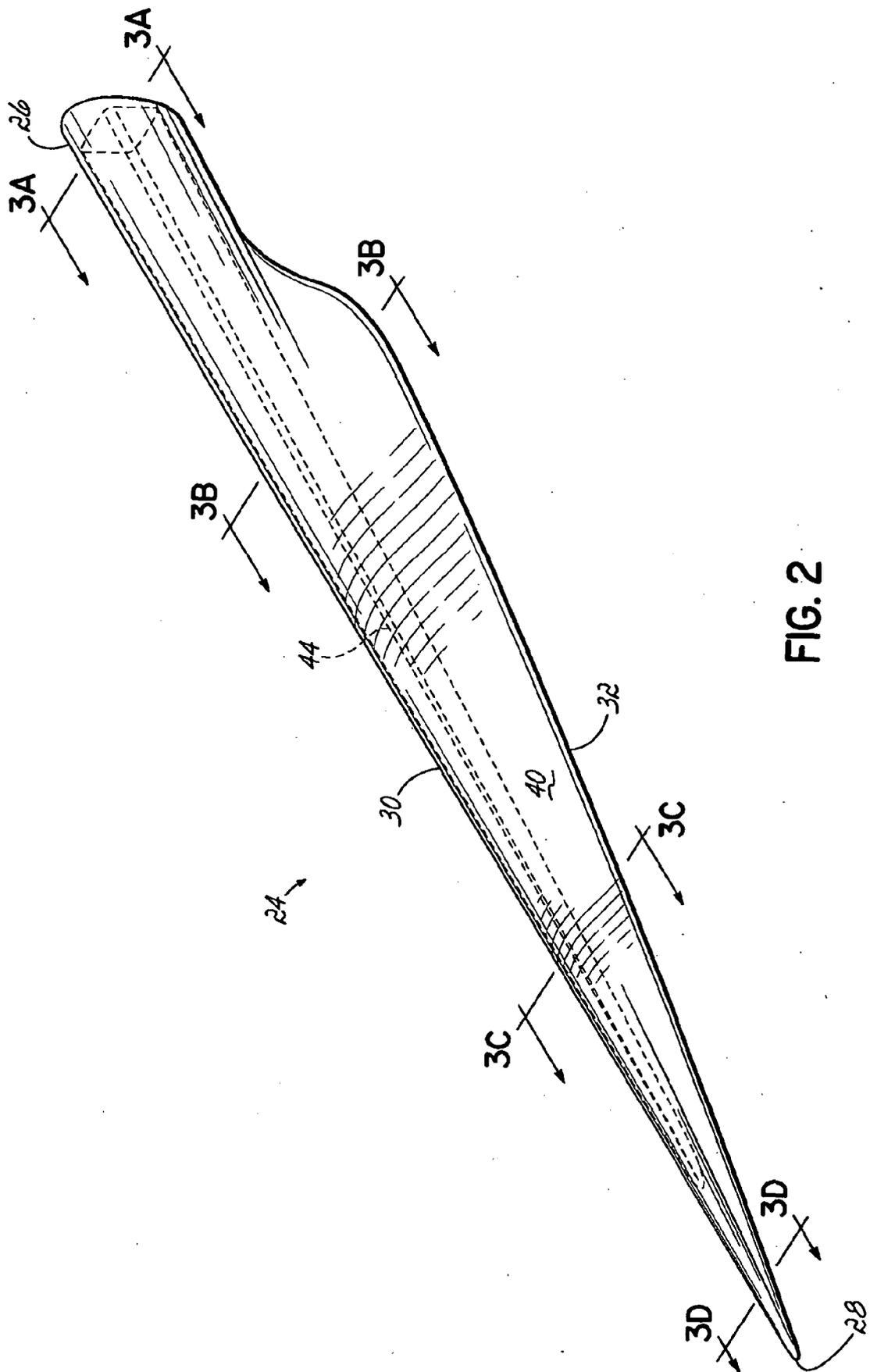


FIG. 2

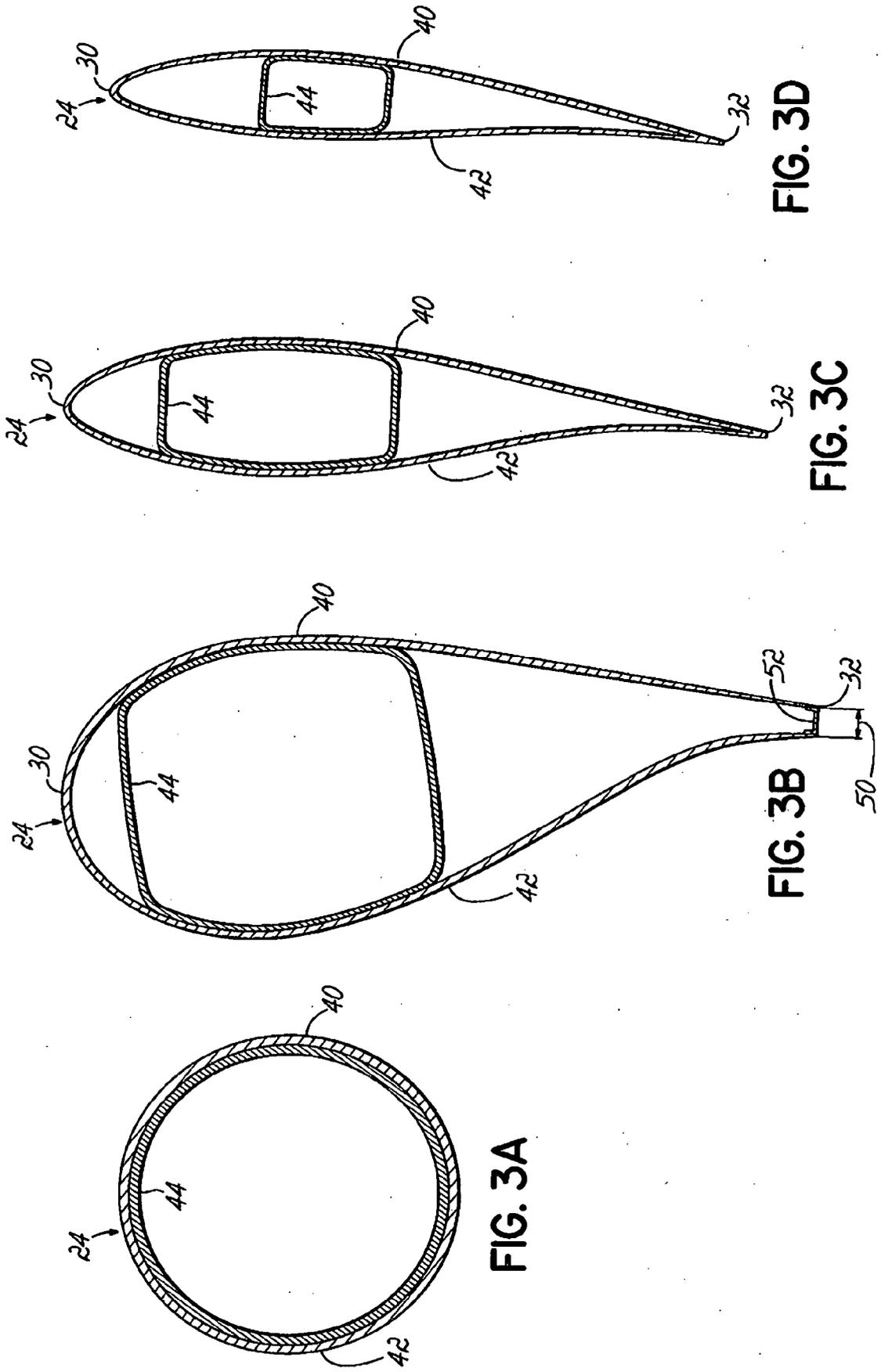


FIG. 3A

FIG. 3B

FIG. 3C

FIG. 3D

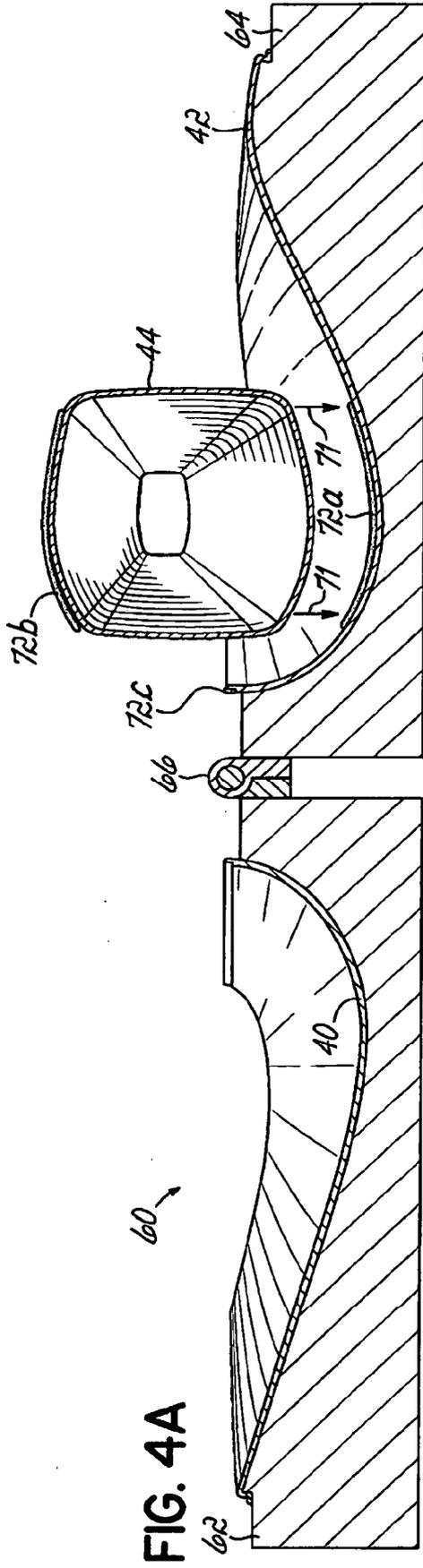


FIG. 4A

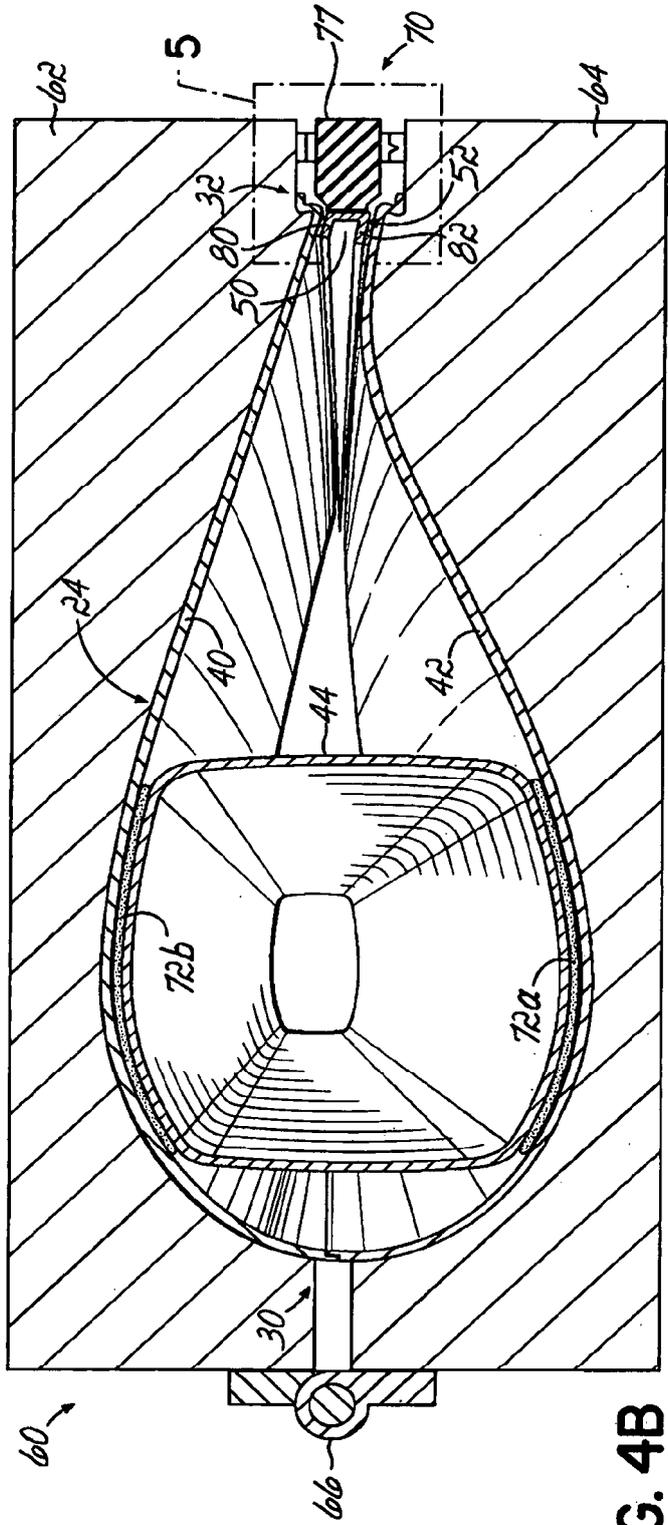


FIG. 4B

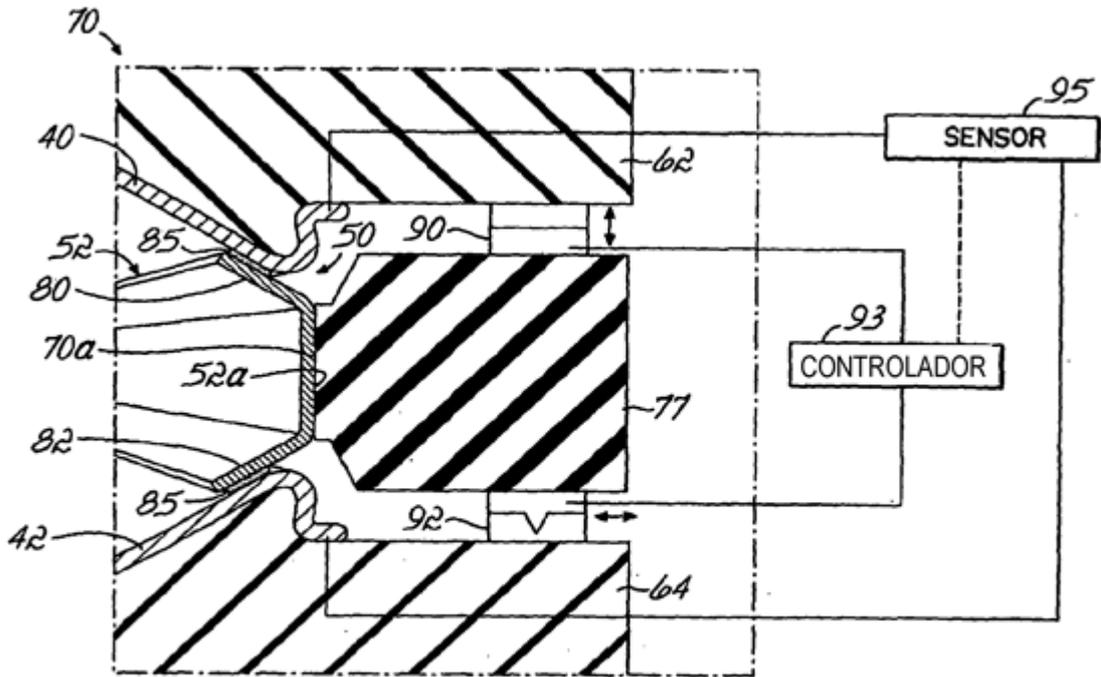


FIG. 5

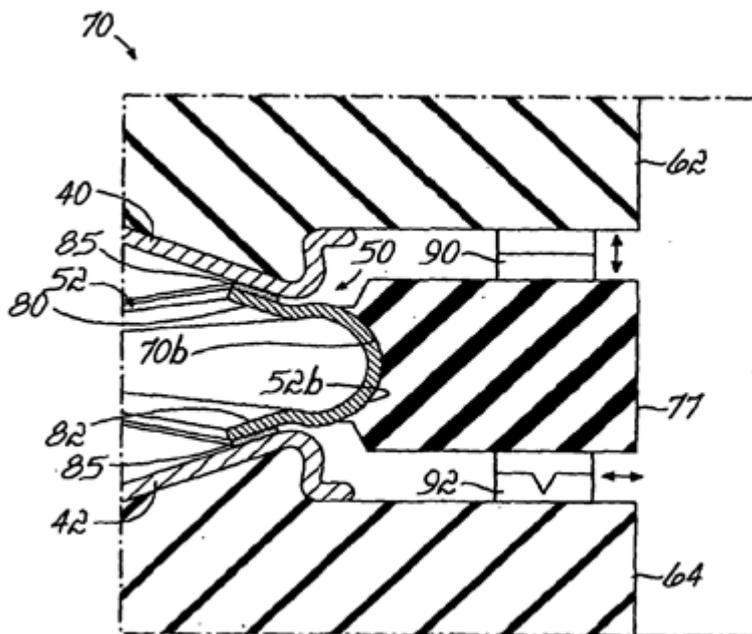


FIG. 6

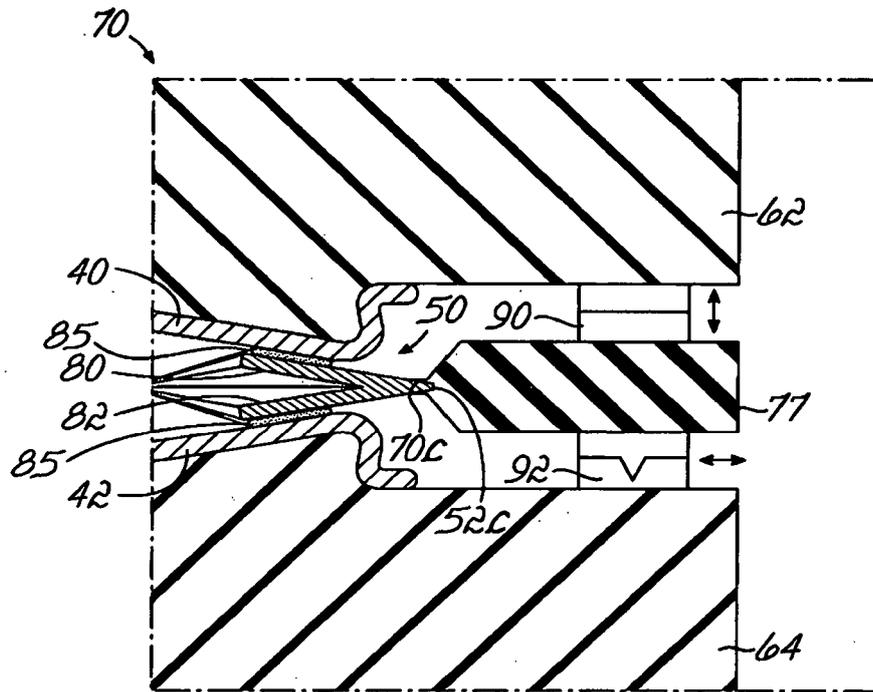


FIG. 7

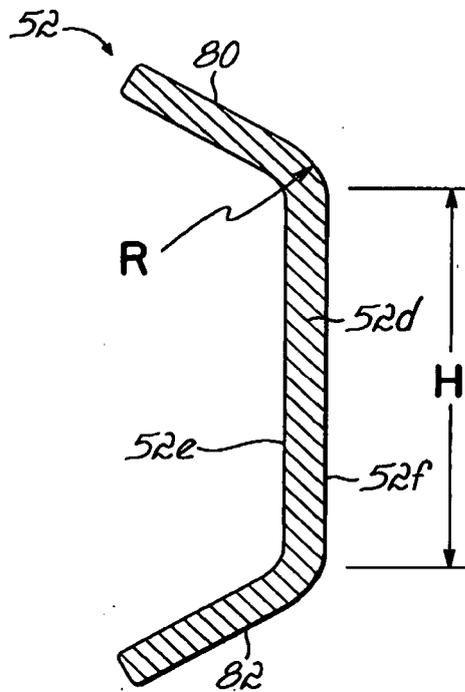


FIG. 8