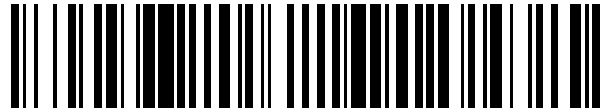


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 021**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

**B29C 33/26** (2006.01)

**B29D 99/00** (2010.01)

**B29C 70/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2012 E 12712572 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.12.2015 EP 2689128**

54 Título: **Aparato de moldeo para fabricar una pala de turbina eólica y procedimiento para fabricar la misma**

30 Prioridad:

**23.03.2011 US 201161466563 P**

**25.03.2011 DK 201170143 P**

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

**17.03.2016**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**

**Hedeager 42**

**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**RAJASINGAM, DAMIEN**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 564 021 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 de moldeo para fabricar una pala de turbina eólica y procedimiento para fabricar la misma

**Campo técnico**

5 Esta solicitud se refiere, en general, a turbinas eólicas y, más particularmente, a un aparato de moldeo para construir una pala de turbina eólica y a un procedimiento para fabricar una pala de turbina eólica usando tal aparato de moldeo.

**Antecedentes**

10 Las turbinas eólicas modernas típicas incluyen una torre que soporta una góndola en su extremo superior. Un rotor, que tiene un buje central y una o más palas, está acoplado a la góndola y convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, usualmente mediante un árbol principal rotatorio. La góndola incluye diversos componentes, tales como un tren de accionamiento y un generador, que convierten la energía mecánica procedente del rotor en energía eléctrica. Se sabe que las turbinas eólicas generan su productividad más alta (es decir, su rendimiento de funcionamiento) bajo condiciones aerodinámicas predeterminadas de sus palas, que pueden tener un perfil predeterminado para optimizar la una fuerza de sustentación sobre las palas. Como las palas son un aspecto y el  
15 coste principales de la construcción de turbinas eólicas, se han realizado muchos esfuerzos dirigidos a la fabricación eficiente de dichas palas.

Según un proceso convencional, una pala de turbina eólica se fabrica disponiendo un material de armazón exterior estructural dentro de dos mitades de molde e inyectando a continuación un aglomerante, tal como una resina epoxi, una resina de poliéster u otro material adecuado, alrededor del material de armazón exterior estructural mientras un sistema de vacío (por ejemplo, una bolsa de vacío) presiona dicho material de armazón exterior estructural hacia dentro de cada una de las mitades de molde. En un proceso alternativo, se puede usar material compuesto preimpregnado que imposibilita inyectar el material con un aglomerante. En todo caso, después de curar el aglomerante alrededor del material de armazón exterior estructural (por ejemplo, una trama de fibra de vidrio), las dos mitades del armazón exterior de la pala de turbina eólica se pueden acoplar entre sí alrededor de un miembro de soporte estructural o larguero. Las dos mitades de la pala de turbina eólica se acoplan típicamente mediante material adhesivo a lo largo de, por ejemplo, los bordes de ataque y de salida, completando por ello la construcción de dicha pala.  
20  
25

Reunir las dos mitades de la pala puede ser una tarea difícil y que consume tiempo. Un procedimiento actual para facilitar el acoplamiento de las mitades de pala incluye utilizar las mitades de molde que se usaron para formar dichas mitades de pala. A este respecto, una vez que las mitades de pala están formadas en sus moldes respectivos, las mitades de molde pueden ser desplazadas, una con relación a la otra, para situar una mitad de molde sobre la parte superior de la otra mitad de molde de manera que los bordes (por ejemplo, los bordes de ataque y de salida) de las dos mitades de pala estén generalmente alineados entre sí. Las mitades de molde se pueden acercar a continuación incluso más de manera que los bordes de las mitades de pala se puedan unir, por ejemplo, de manera adhesiva entre sí.  
30  
35

A modo de ejemplo, un enfoque convencional para desplazar las mitades de molde, una con relación a la otra, tiene una mitad de molde en una posición fija y la otra mitad de molde dispuesta de manera que gira o pivota con relación a la mitad de molde fija a fin de ser situada sobre la parte superior de dicha mitad de molde fija (por ejemplo, una configuración en concha de almeja). Esta acción de rotación o pivotamiento se consigue típicamente con un mecanismo fijo de articulación o pivotamiento (por ejemplo, el punto o eje de pivotamiento permanece estacionario durante su uso) acoplado de modo operativo a la mitad de molde desplazable y acoplado opcionalmente a la mitad de molde fija. A este respecto, el mecanismo de pivotamiento puede estar situado adyacente a la superficie de contacto entre las dos mitades de molde, es decir, adyacente a una superficie superior de la mitad de molde fija.  
40

Aunque el procedimiento de fabricación descrito anteriormente es exitoso, en general, para su fin previsto, los fabricantes se han dado cuenta más recientemente de ciertas limitaciones del procedimiento de fabricación convencional. Más particularmente, como el tamaño de las palas de turbina eólica sigue aumentando, el tamaño de los moldes utilizados para fabricar las palas aumenta correspondientemente. Como consecuencia, llega a ser particularmente problemático encontrar espacio suficiente dentro de la instalación de fabricación, adecuado para alojar los moldes de pala. A este respecto, muchas instalaciones de fabricación existentes encierran una superficie útil interior con un techo que tiene una altura vertical de aproximadamente 11 metros o menos. La construcción de una pala de turbina eólica actual tiene longitudes de cuerda aerodinámica que se acercan a aproximadamente 6 metros o más, y se espera que crezcan progresivamente. El tamaño de los moldes suficiente para adaptarse a mitades de pala de este tamaño es muy grande de manera que existe una preocupación significativa de que, cuando la mitad de molde desplazable gira alrededor del eje de pivotamiento fijo, la mitad de molde móvil contacte con el techo, los accesorios luminosos, las canalizaciones, etc., adyacentes al techo, y se impida por ello cualquier movimiento adicional que sitúa apropiadamente la mitad de molde desplazable sobre la parte superior de la mitad de molde fija. Tales circunstancias impedirán entonces la construcción completa de la pala de turbina eólica de acuerdo con los procedimientos actuales.  
45  
50  
55

Por supuesto, una solución a este problema es elevar la altura del techo de la instalación de fabricación a fin de proporcionar espacio suficiente para rotar completamente la mitad de molde desplazable. Aunque esta solución se puede implementar cuando se construye una nueva instalación de fabricación, una solución de este tipo no es viable, en general, para instalaciones existentes. A este respecto, los costes para elevar la altura del techo de una instalación de fabricación serían prohibitivamente altos. Una restauración de este tipo puede dar como resultado también una parada temporal de la instalación, una reducción del rendimiento de producción y una pérdida de horas de trabajo, añadiendo así costes e ineficiencias adicionales al proyecto de restauración.

Un ejemplo representativo de la técnica anterior se describe en el documento DE20201001462 U1, que describe las características especificadas en el preámbulo de la reivindicación 1 de la presente invención.

En consecuencia, existe la necesidad de un aparato de moldeo mejorado, y del procedimiento asociado, que permita fabricar palas de turbina eólica de tamaño creciente en las instalaciones de fabricación existentes sin una preocupación excesiva de llegar a contactar con el techo o los accesorios adyacentes durante el movimiento de una mitad de molde y sin necesidad de restauraciones caras y que consumen tiempo.

### **Sumario**

Para tratar estos y otros inconvenientes de los enfoques convencionales, un procedimiento para fabricar una pala de turbina eólica, que tiene una primera mitad de armazón y una segunda mitad de armazón, usando un aparato de moldeo, que tiene una primera mitad de molde y una segunda mitad de molde, comprende formar, al menos parcialmente, la primera mitad de armazón en la primera mitad de molde; formar, al menos parcialmente, la primera mitad de armazón en la segunda mitad de molde; desplazar las mitades de molde primera y segunda, una con relación a la otra, desde una posición abierta, en la que están expuestas las superficies de moldeo respectivas de las mitades de molde primera y segunda, hasta una posición cerrada, en la que están confrontadas entre sí las superficies de moldeo de las mitades de molde primera y segunda; y acoplar la primera mitad de armazón y la segunda mitad de armazón para formar la pala de turbina eólica.

En una realización a modo de ejemplo, la etapa de desplazamiento comprende además rotar las mitades de molde primera y segunda, una con relación a la otra, alrededor de un eje de pivotamiento; trasladar el eje de pivotamiento en una primera dirección de traslación durante el movimiento de las mitades de molde entre las posiciones abierta y cerrada; y trasladar el eje de pivotamiento en una segunda dirección de traslación, diferente de la primera dirección, durante el movimiento de las mitades de molde entre las direcciones abierta y cerrada.

En una realización, la rotación de las mitades de molde primera y segunda desde la posición abierta hasta una posición intermedia define una primera fase de rotación de las mitades de molde primera y segunda, y la rotación desde la posición intermedia hasta la posición cerrada define una segunda fase de rotación de las mitades de molde primera y segunda, y en la que la etapa de traslación del eje de pivotamiento en la primera dirección se produce durante la primera fase y la etapa de traslación del eje de pivotamiento en la segunda dirección se produce durante la segunda fase. En una realización particular, las mitades de molde primera y segunda giran un ángulo  $\theta$  de aproximadamente  $180^\circ$  desde la posición abierta hasta la posición cerrada y la posición intermedia está aproximadamente a medio camino de la rotación completa de las mitades de molde.

Según la invención, una de las mitades de molde primera y segunda está soportada sobre una superficie de soporte y el eje de pivotamiento está situado a una cierta altura con relación a la superficie de soporte, en la que trasladar el eje de pivotamiento en la primera dirección comprende disminuir la altura del eje de pivotamiento con relación a la superficie de soporte y trasladar el eje de pivotamiento en la segunda dirección comprende aumentar la altura del eje de pivotamiento con relación a la superficie de soporte. En una realización a modo de ejemplo, trasladar el eje de pivotamiento en la primera dirección comprende trasladar dicho eje de pivotamiento verticalmente hacia abajo y trasladar el eje de pivotamiento en la segunda dirección comprende trasladar dicho eje de pivotamiento verticalmente hacia arriba.

Desde el punto de vista de la sincronización, en una realización, las etapas de rotación y traslación se producen simultáneamente durante al menos un tramo del movimiento relativo de las mitades de molde primera y segunda. En una realización alternativa, sin embargo, la etapa de rotación se produce sin traslación y la etapa de traslación se produce sin rotación. En una realización, la rotación de las mitades de molde primera y segunda se produce alrededor de un único eje de pivotamiento.

En una realización adicional más, el aparato de moldeo puede incluir un motor primario de rotación y un motor primario de traslación, en la que la rotación de las mitades de molde primera y segunda, una con relación a la otra, alrededor del eje de pivotamiento se lleva a cabo activando el motor primario de rotación y la traslación del eje de pivotamiento en las direcciones primera y segunda se lleva a cabo activando el motor primario de traslación. El aparato de moldeo puede incluir un controlador acoplado al motor primario de rotación y al motor primario de traslación, en el que las etapas de rotación y traslación están controladas por el controlador y se pueden implementar de manera automatizada, tal como una secuencia sincronizada en función de la posición de rotación.

De acuerdo con otro aspecto, un procedimiento para accionar un aparato de moldeo dentro de una instalación de fabricación que tiene una superficie de soporte para soportar el aparato de moldeo y una obstrucción separada

5 verticalmente encima del aparato de moldeo, comprendiendo el aparato de moldeo una primera mitad de molde y una segunda mitad de molde, estando la primera mitad de molde soportada de manera inamovible sobre la superficie de soporte y siendo la segunda mitad de molde desplazable con relación a la primera mitad de molde, incluye rotar la segunda mitad de molde alrededor de un eje de pivotamiento; trasladar el eje de pivotamiento en una dirección que se aleja de la obstrucción a medida que la segunda mitad de molde se acerca a la obstrucción encima del aparato de moldeo; seguir con la rotación de la segunda mitad de molde alrededor del eje de pivotamiento; y trasladar el eje de pivotamiento hacia la obstrucción, después de que la segunda mitad de molde ha dejado libre dicha obstrucción.

10 En otra realización, una turbina eólica incluye una torre; una góndola acoplada a la torre; y un rotor acoplado a la góndola y que incluye un buje y al menos una pala que se extiende desde el mismo. Dicha al menos una pala está fabricada de acuerdo con el procedimiento que se ha descrito anteriormente.

15 Un aparato de moldeo para fabricar una pala de turbina eólica, que tiene una primera mitad de armazón y una segunda mitad de armazón, incluye una primera mitad de molde para formar la primera mitad de armazón de la pala de turbina eólica y una segunda mitad de molde para formar la segunda mitad de armazón de la pala de turbina eólica. El aparato de moldeo incluye además un montaje de giro acoplado a, al menos, una de las mitades de molde primera y segunda y configurado para desplazar las mitades de molde primera y segunda, una con relación a la otra, entre una posición abierta y una posición cerrada. En la posición abierta, las mitades de armazón primera y segunda están configuradas para ser formadas, al menos parcialmente, en las mitades de molde primera y segunda. En la posición cerrada, las mitades de armazón primera y segunda están configuradas para ser acopladas entre sí a fin de formar la pala de turbina eólica. El montaje de giro incluye un mecanismo de pivotamiento acoplado a, al menos, una de las mitades de molde primera y segunda, que define un eje de pivotamiento. El mecanismo de pivotamiento proporciona un movimiento de rotación de las mitades de molde primera y segunda, una con relación a la otra, alrededor del eje de pivotamiento. El montaje de giro incluye también un elemento de guía acoplado al mecanismo de pivotamiento que define un eje de traslación. El elemento de guía proporciona un movimiento de traslación del eje de pivotamiento en una dirección generalmente paralela al eje de traslación. El elemento de guía incluye un primer saliente, un segundo saliente, separado del primer saliente, y una barra de recorrido que se extiende entre los salientes primero y segundo.

20 En una realización de la invención, el montaje de giro incluye un motor primario de rotación para producir un movimiento de rotación de las mitades de molde primera y segunda, una con relación a la otra, alrededor del eje de pivotamiento. Adicionalmente, el montaje de giro puede incluir un motor primario de traslación para producir un movimiento de traslación del eje de pivotamiento en una dirección generalmente paralela al eje de traslación. Un controlador puede estar acoplado de modo operativo a los motores principales de rotación y traslación para controlar el movimiento de rotación de las mitades de molde primera y segunda, una con relación a la otra, y controlar el movimiento de traslación del eje de pivotamiento.

35 El motor primario de traslación puede incluir un accionador acoplado al mecanismo de pivotamiento y desplazable entre una posición extendida y una posición contraída. El accionador puede estar acoplado al mecanismo de pivotamiento de manera que el accionamiento del accionador desplaza el mecanismo de pivotamiento a lo largo del elemento de guía y en una dirección generalmente paralela al eje de traslación. El elemento de guía puede estar acoplado a la otra de las mitades de molde primera y segunda y el montaje de giro puede incluir solamente un único eje de pivotamiento. Además, en una realización específica, el mecanismo de pivotamiento está acoplado a una de las mitades de molde primera y segunda y al elemento de guía. El acoplamiento entre el mecanismo de pivotamiento y una mitad de molde proporciona un movimiento de rotación de la mitad de molde con relación a la otra mitad de molde alrededor del eje de pivotamiento. El acoplamiento entre el mecanismo de pivotamiento y el elemento de guía proporciona un movimiento de traslación del eje de pivotamiento en una dirección generalmente paralela al eje de traslación.

40 En otra realización, una turbina eólica incluye una torre, una góndola acoplada a la torre y un rotor acoplado a la góndola y que incluye un buje y al menos una pala que se extiende desde el mismo. Dicha al menos una pala se puede fabricar con el aparato de moldeo de acuerdo con lo que se ha descrito anteriormente.

### **Breve descripción de los dibujos**

50 Los dibujos anexos, que se incorporan en esta memoria descriptiva y constituyen una parte de la misma, ilustran diversas realizaciones de la invención y, junto con una descripción general de dicha invención proporcionada anteriormente y la descripción detallada de las realizaciones proporcionadas en lo que sigue, sirven para explicar las realizaciones de la invención.

55 La figura 1 es una vista en perspectiva diagramática de una turbina eólica que tiene una pala fabricada con un aparato de moldeo de acuerdo con una realización de la invención;

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

la figura 3 es una vista en sección transversal de la pala de turbina eólica mostrada en la figura 2, tomada por la línea 3-3;

la figura 4 es una vista en sección transversal de un aparato de moldeo de acuerdo con una realización de la invención y en una posición abierta;

la figura 4A es una parte agrandada de la figura 4, que ilustra un montaje de giro de acuerdo con una realización de la invención;

5 la figura 5 es una vista en sección transversal esquemática que ilustra un procedimiento a modo de ejemplo para formar en un molde un armazón de pala de turbina eólica;

la figura 6 es otra vista en sección transversal del aparato de moldeo mostrado en la figura 4, con una de las mitades de molde acercada a una posición cerrada;

10 la figura 7 es otra vista en sección transversal del aparato de moldeo mostrado en la figura 4, con una de las mitades de molde ilustrada en una posición vertical;

la figura 8 es otra vista en sección transversal del aparato de moldeo mostrado en la figura 4, con una de las mitades de molde ilustrada en una posición más elevada;

la figura 9 es otra vista en sección transversal del aparato de moldeo mostrado en la figura 4, con una de las mitades de molde acercada incluso más a la posición cerrada;

15 la figura 10 es otra vista en sección transversal del aparato de moldeo mostrado en la figura 4, cuando está en la posición cerrada; y

la figura 11 es una vista en perspectiva parcial del aparato de moldeo mostrado en la figura 4.

### **Descripción detallada**

20 Con referencia a la figura 1 y de acuerdo con una realización de la invención, una turbina eólica 10 incluye una torre 12, una góndola 14 dispuesta en el vértice de la torre 12 y un rotor 16 acoplado de modo operativo a un generador (no mostrado) alojado en el interior de la góndola 14. Además del generador, la góndola 14 aloja componentes variados requeridos para convertir energía eólica en energía eléctrica y diversos componentes necesarios para accionar, controlar y optimizar el comportamiento de la turbina eólica 10. La torre 12 soporta la carga que representa la góndola 14, el rotor 16 y otros componentes de la turbina eólica 10 que están alojados en el interior de dicha  
25 góndola 14, y funciona también para elevar la góndola 14 y el rotor 16 a una altura por encima del nivel del terreno o el nivel del mar, como se puede dar el caso, en la que se encuentran típicamente corrientes de aire en movimiento más rápidas de turbulencia más baja.

El rotor 16 de la turbina eólica 10, que se representa como una turbina eólica de eje horizontal, sirve como motor primario para el sistema electromecánico. El viento que exceda un nivel mínimo activará el rotor 16 y hará que gire en una dirección sustancialmente perpendicular a la dirección del viento. El rotor 16 de la turbina eólica 10 incluye un buje central 18 y al menos una pala 20, que sobresale hacia fuera del buje central 18. En la realización representativa, el rotor 16 incluye tres palas 20 en posiciones distribuidas circunferencialmente alrededor del mismo, pero el número puede variar. Las palas 20 están configuradas para interactuar con el flujo de aire pasante a fin de producir una fuerza de sustentación que hace que el buje central 18 gire alrededor de un eje longitudinal 22. El rotor 16 está montado en un extremo de un árbol rotatorio principal (no mostrado) que se extiende hacia dentro de la góndola 14 y está soportado a rotación en la misma mediante un montaje de apoyo principal (no mostrado) acoplado al bastidor de la góndola 14. El árbol rotatorio principal está acoplado a un tren de accionamiento (no mostrado) que tiene, como entrada, el árbol rotatorio principal de velocidad angular relativamente baja y que tiene, como salida, un árbol rotatorio secundario de mayor velocidad angular (no mostrado) que está acoplado de modo operativo al generador.  
40

La turbina eólica 10 puede estar incluida entre una colección de turbinas eólicas similares que pertenecen a una explotación eólica o parque eólico, que sirve como central de generación eléctrica conectada por líneas de transmisión con una red eléctrica, tal como una red eléctrica de corriente alterna (AC) trifásica. La red eléctrica consiste, en general, en una red de centrales eléctricas, circuitos de transmisión y subestaciones acopladas por una red de líneas de transmisión que transmiten la energía a cargas en forma de usuarios finales y otros clientes de servicios eléctricos. En circunstancias normales, la energía eléctrica se suministra desde el generador a la red eléctrica, como es conocido para un experto en la técnica.  
45

Con referencia a las figuras 1-3, una pala de turbina eólica 20 es una estructura alargada que tiene, en una realización a modo de ejemplo, un armazón exterior 24 dispuesto alrededor de un elemento de soporte interior o larguero 26. El armazón exterior 24 puede estar conformado óptimamente para proporcionar a la pala 20 las propiedades aerodinámicas deseadas a fin de generar una fuerza de sustentación, mientras que el larguero 26 proporciona los aspectos estructurales (por ejemplo, la resistencia, la rigidez, etc.) a dicha pala 20. La pala 20 alargada incluye un primer extremo de base 28, que está acoplado al buje central 18 cuando está montado en el rotor 16, y un extremo en punta 30 opuesto longitudinalmente al extremo de base 28. Como se ha descrito anteriormente, el armazón exterior 24 incluye una primera mitad de armazón superior 32 en el lado de aspiración de  
55

la pala 20 y una segunda mitad de armazón inferior 34 en el lado a presión de la pala 20, estando las mitades de armazón superior e inferior 32, 34 acopladas a lo largo de un borde de ataque 36 y un borde de salida 38 situados, uno opuesto al otro, a través de la anchura de la pala 20.

5 De acuerdo con una realización a modo de ejemplo de la invención y como se ilustra en la figura 4, se puede usar un aparato de moldeo 50 para formar las palas 20 de la turbina eólica 10. El aparato de moldeo 50 incluye una primera  
 10 mitad de molde 52 y una segunda mitad de molde 54 situadas una con relación a la otra y situadas con relación a una superficie de soporte 56, tal como el terreno, el suelo, una plataforma, etc., de una instalación de fabricación. Como se explicará con más detalle en lo que sigue, la primera mitad de molde 52 está configurada para su uso al formar, al menos parcialmente, la primera mitad de armazón 32 y la segunda mitad de molde 54 está configurada  
 15 para su uso al formar, al menos parcialmente, la segunda mitad de armazón 34. Con este propósito, la primera mitad de molde 52 incluye una superficie contorneada 58 en un primer extremo 60 (por ejemplo, un extremo superior) de la misma correspondiente, en general, a un negativo de la superficie contorneada de la primera mitad de armazón 32. De modo similar, la segunda mitad de molde 54 incluye una superficie contorneada 62 en un primer extremo 64 (por ejemplo, un extremo superior desde la perspectiva de la figura 4) de la misma correspondiente, en general, a un negativo de la superficie contorneada de la segunda mitad de armazón 34. Las mitades de molde primera y segunda 52, 54 se pueden formar a partir de fibra de vidrio reforzada con un bastidor metálico (por ejemplo, un bastidor de acero), como se conoce, en general, en la técnica.

20 De acuerdo con un aspecto de la invención, y como se ha mencionado anteriormente, al menos una de las mitades de molde 52, 54 es desplazable con relación a la otra de manera que dichas mitades de molde 52, 54 se pueden usar para acoplar entre sí las mitades de armazón primera y segunda 32, 34 de pala y completar por ello la construcción de la pala 20. En una realización a modo de ejemplo, el aparato de moldeo 50 puede tener una configuración en concha de almeja con una mitad de molde fija y una segunda mitad de molde desplazable con  
 25 relación a la mitad de molde fija a fin de que se pueda colocar, en general, sobre la parte superior de la mitad de molde fija. A este respecto, la primera mitad de molde 52 puede estar configurada para ser fijada con relación a la superficie de soporte 56 y la segunda mitad de molde 54 puede estar configurada para ser desplazable con relación a la primera mitad de molde 52 (y con relación a la superficie de soporte 56). Por ejemplo, un segundo extremo 66 de la primera mitad de molde 52 puede estar soportado por la superficie de soporte 56, tal como descansando directamente sobre la misma. Además, la primera mitad de molde 52 puede estar asegurada a la superficie de soporte 56, tal como mediante elementos de sujeción adecuados y similares. Se debería reconocer, sin embargo,  
 30 que la primera mitad de molde 52 puede estar soportada fijamente sobre la superficie de soporte 56 de otros modos. Se debería reconocer también que, en una realización alternativa, la primera mitad de molde 52 puede ser desplazable y la segunda mitad de molde 54 puede ser estacionaria.

35 Con tal configuración en concha de almeja, la segunda mitad de molde 54 puede ser desplazable con relación a la primera mitad de molde 52 entre una posición abierta, ilustrada en la figura 4, por ejemplo, y una posición cerrada, ilustrada en la figura 10, por ejemplo. En la posición abierta, están expuestas las superficies contorneadas 58, 62 de las mitades de molde primera y segunda 52, 54, respectivamente, de manera que las mitades de armazón 32, 34 de pala pueden ser formadas, al menos parcialmente, en las mismas de acuerdo con un procedimiento que se describe en lo que sigue. Por ejemplo, en la posición abierta, la segunda mitad de molde 54 puede estar situada de modo similar a la primera mitad de molde 52, tal como estando un segundo extremo 68 de la segunda mitad de molde 54 soportado por la superficie de soporte 56, tal como descansando directamente sobre la misma. La invención, sin embargo, no está limitada de esta manera a que la segunda mitad de molde 54 pueda estar soportada o no soportada sobre otro objeto, cuando está en la posición abierta. En la posición cerrada, la segunda mitad de molde 54 puede estar situada sobre la parte superior de la primera mitad de molde 52 de manera que los pares respectivos de unos bordes confrontados 70a, 70b, 72a, 72b de las mitades de armazón primera y segunda 32, 34 pueden estar  
 45 generalmente alineados y en contacto, o casi en contacto, entre sí para estar acoplados (figura 10).

Para efectuar el movimiento de la segunda mitad de molde 54 con relación a la primera mitad de molde 52, el aparato de moldeo 50 puede incluir un montaje de giro 78, que puede estar situado entre las mitades de molde primera y segunda 52, 54 cuando están en la posición abierta, por ejemplo. En una realización, el montaje de giro 78 incluye un mecanismo de articulación o pivotamiento, mostrado generalmente con el número 80, que tiene una  
 50 primera parte de pivotamiento 82, una segunda parte de pivotamiento 84 y un pasador de pivotamiento 86 acoplado de modo operativo a las partes de pivotamiento primera y segunda 82, 84 y que define un eje de pivotamiento 88. Al menos una de las partes de pivotamiento primera y segunda 82, 84 puede rotar con relación a la otra alrededor del eje de pivotamiento 88. Como se ilustra en las figuras, el mecanismo de pivotamiento 80 puede estar dispuesto de manera que el eje de pivotamiento 88 se extiende en una dirección generalmente paralela al eje longitudinal 90 de la pala 20 (figura 3). Adicionalmente, en una realización a modo de ejemplo, la segunda parte de pivotamiento 84 puede estar acoplada rígidamente a la segunda mitad de molde 54, tal como a lo largo de una pared lateral 92 de la misma. En consecuencia, se permite que la segunda mitad de molde 54 gire alrededor del eje de pivotamiento 88 definido por el mecanismo de pivotamiento 80.

60 Los expertos en la técnica reconocerán diversos mecanismos para rotar la segunda mitad de molde 54 alrededor del eje de pivotamiento 88. Por ejemplo, el aparato de moldeo 50 puede incluir uno o más motores principales controlables, mostrados esquemáticamente con el número 94, acoplados de modo operativo al montaje de giro 78 (o, alternativamente, a la segunda mitad de molde 54) para rotar la segunda mitad de molde 54 alrededor del eje de

5 pivotamiento 88. El motor primario 94 puede incluir, sin limitación, una amplia variedad de motores y/o accionadores dispuestos de tal manera que permitan la rotación controlada de la segunda mitad de molde 54 alrededor del eje de pivotamiento 88. Adicionalmente, el motor primario 94 puede estar acoplado de modo operativo a un controlador, mostrado esquemáticamente con el número 96, para controlar el motor primario 94 y, así, la rotación de la segunda mitad de molde 54 alrededor del eje de pivotamiento 88.

10 Como puede apreciar el experto en la técnica, el controlador 96 puede incluir uno o más procesadores que manipulan señales (analógicas y/o digitales) basándose en instrucciones operativas que están almacenadas en una memoria. El controlador 96 puede incluir además una interfaz de entrada/salida (I/O) que emplea un protocolo de comunicación adecuado para comunicarse con el motor primario 94 y un puerto de datos para permitir la comunicación entre el controlador y/o una red u otro dispositivo, tal como un ordenador y/o un dispositivo de almacenamiento de datos. El controlador 96 puede incluir una interfaz hombre-máquina (HMI) acoplada de modo operativo al procesador e incluir unos dispositivos de salida, tales como unas pantallas alfanuméricas y/o gráficas, una pantalla táctil y otros indicadores visuales, y dispositivos de entrada y controles, tales como un teclado alfanumérico, un dispositivo de indicación, unos teclados numéricos, unos botones pulsadores, unos mandos de control, etc., capaces de aceptar órdenes o entradas del operario y transmitir las entradas introducidas al procesador. El procesador puede funcionar bajo control de un sistema operativo y ejecuta o se basa de otro modo en código o lógica de programas informáticos, realizado en diversas aplicaciones de software informático, para leer datos de los diversos componentes acoplados de modo operativo al controlador 96 y transmitir instrucciones o señales a los mismos.

20 De acuerdo con un aspecto de la invención, el mecanismo de pivotamiento 80 no queda relegado a estar en una posición fija con relación a la superficie de soporte 56, o a otros componentes fijos del aparato de moldeo 50, tales como la primera mitad de molde 52. En vez de eso, el montaje de giro 78 puede estar configurado de manera que el mecanismo de pivotamiento 80 puede ser desplazable con relación a, por ejemplo, la superficie de soporte 56 o la primera mitad de molde 52. Como se describirá con más detalle en lo que sigue, la capacidad para desplazar el mecanismo de pivotamiento 80, y, más particularmente, la capacidad para desplazar el eje de pivotamiento 88, proporciona ciertos beneficios que tratan algunos de los inconvenientes de los dispositivos de moldeo actuales descritos anteriormente.

30 Para efectuar el movimiento del mecanismo de pivotamiento 80, el montaje de giro 78 puede incluir un elemento de guía 110 que funciona como una guía o controla de otro modo, al menos parcialmente, el movimiento del mecanismo de pivotamiento 80. El elemento de guía 110 puede estar acoplado a un objeto fijo, tal como la superficie de soporte 56 o la primera mitad de molde 52, como se ilustra en las figuras 4 y 4A. En una realización, el elemento de guía 110 puede estar configurado para permitir el movimiento del mecanismo de pivotamiento 80 a lo largo de una trayectoria de traslación generalmente lineal que tiene un eje de traslación 112 y que define dos sentidos de movimiento generalmente opuestos a lo largo del eje. Más particularmente, en una realización, el eje de traslación 112 puede ser generalmente perpendicular al eje longitudinal 90 de la pala 20. Por ejemplo, el eje de traslación 112 puede estar orientado de modo generalmente vertical de manera que el mecanismo de pivotamiento 80 es desplazable a lo largo del elemento de guía 110 en una dirección generalmente hacia arriba y hacia abajo y con relación a, por ejemplo, la superficie de soporte 56.

40 En la realización a modo de ejemplo, el elemento de guía 110 puede incluir un par de soportes o salientes 114, 116 separados y una barra de recorrido 118 que se extiende entre los mismos y que tiene un eje que es al menos paralelo al eje de traslación 112 (y, quizás, coaxial con el mismo). Los salientes 114, 116 pueden estar acoplados a la primera mitad de molde 52, tal como sobre una pared lateral 120 de la misma. Como se muestra en la figura 4, las paredes laterales 120, 92 de las mitades de molde primera y segunda 52, 54, respectivamente, se pueden configurar para estar confrontadas entre sí cuando el aparato de moldeo 50 está en la posición abierta con el montaje de giro 78 dispuesto entre las mismas. El saliente 114 puede estar situado adyacente al primer extremo 60 de la primera mitad de molde 52 y el saliente 116 puede estar situado adyacente al segundo extremo 66 de la primera mitad de molde 52, de manera que la barra 118 define una trayectoria de recorrido suficientemente larga para conseguir los fines que se describen más completamente en lo que sigue.

50 De acuerdo con este aspecto de la invención, el mecanismo de pivotamiento 80 puede estar acoplado de modo desplazable al elemento de guía 110. A este respecto, la primera parte de pivotamiento 82 puede incluir un casquillo o collarín 122 que está montado alrededor de la barra de recorrido 118 de manera que el movimiento de la primera parte de pivotamiento 82, y, así, del mecanismo de pivotamiento 80, está limitado al movimiento a lo largo de la barra 118 y a lo largo del eje de traslación 112. El collarín 122 puede incluir características adicionales que facilitan el movimiento de dicho collarín 122 a lo largo de la barra 118. Por ejemplo, el collarín 122 puede incluir diversos cojinetes, sellados, lubricantes (por ejemplo, grasa, aceites, etc.), u otros dispositivos que facilitan tal movimiento. La barra 118 puede incluir también lubricantes para reducir el rozamiento y facilitar el movimiento del collarín 122 a lo largo de dicha barra 118. En todo caso, se debería entender que la disposición de collarín/barra limita el movimiento del mecanismo de pivotamiento 80 a lo largo de una trayectoria lineal definida por la barra de recorrido 118 y dirigido a lo largo del eje de traslación 112.

60 Para desplazar el mecanismo de pivotamiento 80 a lo largo de la barra de recorrido 118, el montaje de giro 78 puede incluir un segundo motor primario acoplado de modo operativo a, por ejemplo, dicho mecanismo de pivotamiento 80.

Como se ilustra en las figuras 4 y 4A, en una realización, el motor primario puede incluir un accionador, mostrado generalmente con el número 124, que está acoplado de modo operativo al mecanismo de pivotamiento 80 para desplazar dicho mecanismo de pivotamiento 80 a lo largo de la barra de recorrido 118. A este respecto, el accionador 124 puede incluir un primer extremo 126 que permanece fijo. Por ejemplo, el primer extremo 126 puede estar acoplado a la superficie de soporte 56 o a la primera mitad de molde 52. Este acoplamiento se puede conseguir también mediante un conector de giro 128 a fin de permitir mayores grados de libertad en sus movimientos durante su uso. El accionador 124 puede incluir además un segundo extremo 130 acoplado al mecanismo de pivotamiento 80, tal como en la primera parte de pivotamiento 82 y a través de un conector adecuado, como es conocido para los expertos en la técnica. El accionador 124 está configurado para moverse entre una posición extendida (figura 4A) y una posición contraída (figura 7). En la posición extendida, los extremos primero y segundo 126, 130 están separados una primera distancia, y en la posición contraída, los extremos primero y segundo 126, 130 están separados una segunda distancia, menor que la primera distancia.

Como se muestra en las figuras 4 y 4A, cuando el accionador 124 se encuentra en la posición extendida, el collarín 122 está adyacente al saliente 114 del elemento de guía 110. En esta posición, el mecanismo de pivotamiento 80, y, más particularmente, su eje de pivotamiento 88, puede estar en su posición más alta (por ejemplo, la posición vertical) con relación a la superficie de soporte 56. En contraste a esto, y como se muestra en la figura 7, cuando el accionador 124 se encuentra en la posición contraída, el collarín 122 está adyacente al saliente 116 del elemento de guía 110. En esta posición, el mecanismo de pivotamiento 80, y, más particularmente, su eje de pivotamiento 88, puede estar en su posición más baja (por ejemplo, la posición vertical) con relación a la superficie de soporte 56. Para controlar el accionador 124 y, así, la posición del mecanismo de pivotamiento 80 a lo largo del elemento de guía 110, dicho accionador 124 puede estar acoplado de modo operativo a un controlador adecuado, tal como el controlador 96, como se muestra esquemáticamente en la figura 4A. Se debería tener en cuenta, sin embargo, que el accionador 124 puede estar acoplado a su propio controlador, separado del controlador que controla la rotación de la segunda mitad de molde 54 alrededor del eje de pivotamiento 88.

En una realización, el accionador 124 puede estar configurado como un accionador hidráulico. Sin embargo, esto es simplemente a modo de ejemplo, ya que otros accionadores, tales como accionadores lineales mecánicos (por ejemplo, accionadores de gato de husillo, de husillo a bolas, de husillo a rodillos, etc.), accionadores neumáticos, accionadores electromecánicos, u otros accionadores conocidos por los expertos en la técnica, se pueden usar para facilitar el movimiento del mecanismo de pivotamiento 80 a lo largo de la barra de recorrido 118. En consecuencia, los aspectos de la invención no deberían estar limitados a ningún tipo particular de accionador.

Con el aparato de moldeo 50, que incluye el montaje de giro 78, descrito desde un punto de vista estructural y funcional, se describirá a continuación el uso de dicho aparato de moldeo 50 para fabricar una pala de turbina eólica 20. Con fines explicativos, se describirá el uso del aparato de moldeo 50 desde una posición inicial en la que las mitades de molde 52, 54 están en la posición abierta, como se muestra en la figura 4. Se puede definir un sistema de coordenadas para ayudar a la descripción del movimiento de la segunda mitad de molde 54. A este respecto, se puede definir un eje de coordenadas  $x$  que sitúa el eje de pivotamiento 88 con relación a un punto o plano de referencia, tal como, por ejemplo, la superficie de soporte 56. Se puede definir también una dirección de coordenadas  $\theta$  que proporciona una indicación de la rotación de la segunda mitad de molde 54 alrededor del eje de pivotamiento 88.

A este respecto, se puede definir un primer plano de referencia 170 que es fijo en el espacio y se puede definir un segundo plano de referencia 172 que se mueve con la rotación de la segunda mitad de molde 54. El ángulo entre estos dos planos se puede definir para que sea la coordenada  $\theta$ . En una realización, el primer plano de referencia 170 puede ser paralelo a la superficie de soporte 56 (por ejemplo, generalmente horizontal) y el segundo plano de referencia 172 puede estar generalmente alineado con una superficie de la segunda mitad de molde 54. Los dos planos de referencia 170, 172 pueden ser coplanarios cuando está en la posición abierta de manera que  $\theta$  tiene un valor inicial aproximadamente nulo. Se debería reconocer, sin embargo, que se pueden usar otros sistemas de coordenadas para describir el movimiento de la segunda mitad de molde 54 hacia la posición cerrada, y la invención no está limitada a lo que se usa en esta memoria.

En esta posición inicial, el accionador 124 puede estar en su posición completamente extendida, o cerca de la misma, de manera que el eje de pivotamiento 88 puede estar situado a una distancia  $x = h_1$  desde la superficie de soporte 56. Se contempla que la distancia  $h_1$  puede ser tan grande como de 3 a 5 metros y se espera que aumente a medida que se desarrollen más los diseños de turbinas eólicas. Como se ha señalado anteriormente, en la posición abierta, están expuestas las superficies contorneadas 58, 62 de las mitades de molde 52, 54, de manera que las mitades de armazón primera y segunda 32, 34 se pueden formar, al menos parcialmente, usando dichas mitades de molde 52, 54. A este respecto, la figura 5 es una ilustración esquemática de un proceso a modo de ejemplo utilizado para formar las mitades de armazón primera y segunda 32, 34 usando el aparato de moldeo 50.

Como se ilustra en esta figura, la pala 20 está definida por un estratificado compuesto 140 integrado por un material de fibras tales como fibra de vidrio, fibra de carbono, o por otro material o combinación de materiales conocidos para los expertos en la técnica de fabricación de palas de turbina eólica. En una realización específica, el procedimiento incluye el uso de una pluralidad de capas 142 de un tejido de fibras impregnado con resina. Alternativamente, el procedimiento puede incluir usar capas 142 que están secas (es decir, libres de resina), siendo inyectada la resina



en el proceso de formación y dirigida hacia las capas 142. Se puede aplicar una bolsa de vacío 144 sobre el estratificado compuesto 140 y se acciona una fuente de vacío 146 para evacuar de las capas 142 el aire y la resina sobrantes. Se puede usar a continuación una fuente de calor (no mostrada) para curar la resina que resulta en la formación del estratificado compuesto 140.

- 5 El procedimiento puede incluir colocar un agente de liberación 148 tal como un revestimiento de liberación de líquidos, una cera o una barrera a los sólidos (por ejemplo, cinta de Teflón®) sobre una herramienta, mostrada esquemáticamente con el número 150. En la presente solicitud, la herramienta 150 incluiría las superficies contorneadas 58, 62 de las mitades de molde primera y segunda 52, 54. Se puede aplicar a continuación una capa opcional (no mostrada) de material de liberación (por ejemplo, una película) sobre el agente de liberación 148.
- 10 Además, se puede aplicar una primera capa opcional de una capa de desprendimiento 152 sobre la capa de material de liberación, si estuviera presente, o directamente sobre el agente de liberación 148. A continuación, se pueden colocar varias capas 142 del tejido de fibras una sobre otra (por ejemplo, apiladas) para definir un conjunto de capas 142 y resina, hasta que se alcanza un grosor deseado predeterminado. Una vez que se alcanza el grosor deseado del conjunto, se puede aplicar una segunda capa de desprendimiento 154 opcional realizada, por ejemplo, de nailon
- 15 o alguna otra tela tejida apretadamente que está impregnada con un agente de liberación, sobre el conjunto formado.

Una vez que la segunda capa de desprendimiento 154 opcional está en su sitio, se puede aplicar una capa 156 de película de liberación sobre la misma. En la realización de la figura 5, se puede aplicar a continuación una capa de material de aireación o purga 158 sobre la segunda capa de desprendimiento 154 opcional, que está configurada para absorber la resina sobrante y dejar que los gases escapen durante la formación del estratificado compuesto 140. La capa de material de aireación o purga 158 proporciona también un espacio de aire continuo para tirar del vacío e impedir el contacto directo entre la resina y la bolsa de vacío 144. Haciendo referencia de nuevo a la figura 5, la bolsa de vacío 144 se puede colocar sobre las capas anteriormente mencionadas y asegurar en su sitio contra la herramienta 150 mediante un elemento de aseguramiento 160, tal como una cinta obturadora de bolsas, y accionar la fuente de vacío 146. El accionamiento de la fuente de vacío 146 es eficaz para tirar de la bolsa 144 hacia la herramienta 150, es decir, tirar del conjunto de capas 142 hacia las superficies contorneadas 58, 62 de las mitades de molde 52, 54 a fin de dar forma a las mitades de armazón primera y segunda 32, 34. La fuente de vacío 146 es también eficaz para eliminar aire, así como la resina sobrante, del conjunto de capas 142 y resina. En una etapa posterior, se permite que el conjunto resultante cure, o cure al menos parcialmente, dentro de las mitades de molde 52, 54.

20

25

30

En una realización alternativa del procedimiento descrito anteriormente, cuando las capas 142 no están preimpregnadas con resina, sino que son, en cambio, capas secas de fibra, un sistema de distribución de resina (no mostrado) puede estar colocado en comunicación con las capas 142 por debajo de la bolsa de vacío 144 y se puede usar para distribuir resina a las capas 142. Se debería reconocer que el procedimiento para formar las mitades de armazón primera y segunda 32, 34 usando las mitades de molde 52, 54, como se ha descrito anteriormente, es simplemente a modo de ejemplo. Los expertos en la técnica reconocerán una multitud de procedimientos distintos o relacionados que se pueden usar para formar las mitades de armazón 32, 34 en las mitades de molde 52, 54. Estos procedimientos alternativos permanecen dentro del alcance de la presente invención. No importa qué procedimiento particular se use para formar las mitades de armazón primera y segunda 32, 34, al final de esta etapa, las mitades de armazón 32, 34 formadas, al menos parcialmente, (por ejemplo curadas, al menos parcialmente) pueden estar situadas en sus mitades de molde 52, 54 respectivas, con las mitades de molde 52, 54 en su posición abierta, como se muestra en la figura 4.

35

40

La siguiente etapa de acuerdo con el procedimiento incluye desplazar la segunda mitad de molde 54 a fin de ser situada sobre la parte superior de la primera mitad de molde 52, es decir, acercar la segunda mitad de molde 54 a la posición cerrada. Sin eludir lo anterior, en un aspecto ventajoso de la invención, este movimiento tiene dos componentes independientes, siendo cada componente controlable separadamente (es decir, siendo cada componente controlada independientemente). La primera componente es la rotación de la segunda mitad de molde 54 alrededor del eje de pivotamiento 88 (indicada por la coordenada  $\theta$ ). Como se ha señalado anteriormente, este movimiento se puede conseguir mediante el motor primario 94 bajo control, por ejemplo, del controlador 96. La segunda componente es el movimiento del mecanismo de pivotamiento 80, incluyendo el eje de pivotamiento 88, a lo largo del eje de traslación 112 definido por la barra de recorrido 118 del elemento de guía 110 (indicado por la coordenada  $x$ ). Como se ha señalado anteriormente, este movimiento se puede conseguir mediante el accionador 124 bajo control, por ejemplo, del controlador 96.

45

50

Desde una perspectiva amplia, el movimiento de pivotamiento de la segunda mitad de molde tiene dos tramos o fases. En la primera fase se tiene la segunda mitad de molde acercándose al techo de la instalación de fabricación de manera que disminuye la distancia del espacio entre los mismos. En la segunda fase se tiene la segunda mitad de molde alejándose del techo de la instalación de fabricación de manera que aumenta la distancia del espacio entre los mismos. De acuerdo con un aspecto de la invención, durante la primera fase de la rotación, se puede bajar el eje de pivotamiento para proporcionar espacio adicional durante la rotación de la mitad de molde y evitar por ello el contacto con el techo de la instalación. Durante la segunda fase de la rotación, sin embargo, se puede volver a subir el eje de pivotamiento de manera que la segunda mitad de molde puede coincidir apropiadamente con la primera mitad de molde en la posición cerrada. Las figuras 4 y 6-10 ilustran el avance de la segunda mitad de molde 54

55

60

cuando es desplazada desde la posición abierta hasta la posición cerrada, como se describirá a continuación.

5 Cuando el accionador 124 está en su posición completamente extendida, o cerca de la misma, en la posición abierta, el movimiento inicial de la segunda mitad de molde 54 puede ser exclusivamente de rotación mediante, por ejemplo, el accionamiento del motor primario 94. Por supuesto, dependiendo de qué soporta la segunda mitad de  
 10 segunda mitad de molde 54 a lo largo del eje de traslación 112, tal como hacia arriba alejándose de la superficie de soporte 56, antes de o simultáneamente con la rotación inicial de la segunda mitad de molde 54 alrededor del eje de pivotamiento 88. En todo caso, como se ilustra en la figura 6, a medida que se rotar la segunda mitad de molde 54, se forma una holgura o espacio  $g_1$ , según una dirección generalmente paralela al eje de traslación 112, entre la  
 15 segunda mitad de molde 54 y la superficie de soporte 56. Esta distancia del espacio  $g_1$  representa la distancia que el eje de pivotamiento 88 podría ser trasladado a lo largo de la barra de recorrido 118 en una dirección generalmente hacia abajo antes de que la segunda mitad de molde 54 contacte con la superficie de soporte 56. El punto principal, sin embargo, es que la rotación de la segunda mitad de molde 54 crea espacio suficiente para el movimiento hacia  
 20 abajo del eje de pivotamiento 88.

25 Teniendo esto en cuenta, a medida que la segunda mitad de molde 54 sigue girando hacia la posición cerrada, el mecanismo de pivotamiento 80, y, así, el eje de pivotamiento 88, puede ser desplazado a lo largo de la barra de recorrido 118 en una dirección según el eje de traslación 112 y, por ejemplo, en una dirección generalmente hacia  
 30 abajo dirigida a la superficie de soporte 56. Como se ha señalado anteriormente, esto se puede conseguir controlando el accionador 124 y, más particularmente, desplazando el accionador 124 lejos de su posición extendida y hacia su posición contraída. En una realización a modo de ejemplo, el movimiento del mecanismo de pivotamiento  
 35 80 a lo largo de la barra de recorrido 118 se produce simultáneamente con la rotación de la segunda mitad de molde 54 alrededor del eje de pivotamiento 88, es decir, ambas componentes primera y segunda del movimiento se producen juntas al menos durante un tramo del movimiento de la segunda mitad de molde 54. En una realización alternativa, sin embargo, las componentes del movimiento pueden estar separadas de manera que solamente una  
 40 única componente se produce en cualquier momento. A modo de ejemplo, en este procedimiento, la segunda mitad de molde 54: i) rotaría sin ningún movimiento de traslación; ii) dejaría de rotar; iii) se trasladaría sin movimiento de rotación; iv) dejaría de trasladarse, y seguiría en una secuencia similar para conseguir el resultado deseado de acuerdo con la invención.

45 No importa si el movimiento de traslación y el movimiento de rotación se producen simultáneamente o en etapas independientes discretas de acuerdo con aspectos de la invención, en una realización, el accionador 124 debería ser acercado a su posición contraída antes de que la segunda mitad de molde 54 alcance su posición vertical (por ejemplo,  $\theta \approx 90^\circ$ ). Esta posición se ilustra en la figura 7, en la que el eje de pivotamiento 88 está situado en este caso a una altura  $x = h_2$  por encima de la superficie de soporte 56, que es menor que  $h_1$ . Más particularmente, de  
 50 acuerdo con un aspecto de la invención, el movimiento de traslación hacia abajo del mecanismo de pivotamiento 80 está coordinado con el movimiento de rotación de la segunda mitad de molde 54, de manera que dicha segunda mitad de molde 54 no contacte con el techo 176 de la instalación de fabricación o con otros accesorios, tales como luces, canalizaciones, etc. (no mostrados), adyacentes a dicho techo 176. Los expertos en la técnica reconocerán cómo coordinar estos movimientos a fin de conseguir este objetivo particular. Estos movimientos coordinados se pueden realizar manualmente, tal como mediante el controlador 96. Alternativamente, los movimientos coordinados se pueden programar en el controlador 96 y ejecutar de manera automatizada.

55 En todo caso, cuando la segunda mitad de molde 54 está en la posición vertical, dicha segunda mitad de molde 54 puede estar separada del techo 176 (o de los accesorios) un espacio  $g_2$ . Volviendo a hacer referencia a la figura 4, las curvas 178 y 180 muestran la trayectoria del recorrido de los puntos  $P_1$  y  $P_2$ , respectivamente, en caso de que el eje de pivotamiento 88 permanezca fijo (con relación a lo mostrado en la figura 4) con el accionador 124 en la posición extendida. Comparando estas curvas con las posiciones mostradas en las figuras 7 y 8 (descritas en lo que sigue), es evidente que si no fuera porque el eje de pivotamiento 88 baja, la segunda mitad de molde 54 contactaría con el techo 176 cuando gira hacia la posición cerrada. Sin embargo, puesto que el eje de pivotamiento 88 es capaz de bajar, al acercar el accionador 124 a la posición contraída, la segunda mitad de molde 54 no contacta con el  
 60 techo 176 y los puntos  $P_1$  y  $P_2$  están situados de modo seguro por debajo de dicho techo 176. Se contempla que la magnitud del recorrido del mecanismo de pivotamiento 80 a lo largo de la barra de recorrido 118, cuando el accionador 124 se mueve entre sus posiciones extendida y contraída, puede estar entre aproximadamente 1 metro y aproximadamente 2 metros. Sin embargo, esta magnitud puede variar dependiendo de la aplicación específica.

65 Dependiendo de la configuración particular de la segunda mitad de molde 54, a medida que dicha segunda mitad de molde 54 se sigue rotando hacia la posición cerrada, el espacio entre la segunda mitad de molde 54 y el techo 176 puede alcanzar un mínimo, como se ilustra en la figura 8. Este espacio mínimo  $g_{\min}$  existe cuando la parte de la segunda mitad de molde 54 más lejos del eje de pivotamiento 88, identificada por la distancia  $R_{\max}$  en la figura 4 (y en el presente caso la parte o el punto que es coincidente con el punto  $P_2$ ), está alineada verticalmente con el eje de pivotamiento 88. Esta posición más elevada puede representar la altura vertical máxima de la segunda mitad de molde 54 durante su movimiento hasta la posición cerrada. Ciertamente en esta posición, el accionador 124 debería estar en una configuración completamente contraída para proporcionar la mejor posibilidad de que la segunda mitad de molde 54 deje libre el techo 176. La posición de la segunda mitad de molde 54, de la mostrada en la figura 4 a la mostrada en la figura 8, representa la primera fase de la rotación en la que disminuye la distancia entre la segunda  
 70

mitad de molde 54 y el techo 176. Como se ha descrito, se puede bajar el eje de pivotamiento 88 durante esta fase.

La figura 9 ilustra la segunda mitad de molde 54 después de que ha pasado por la posición vertical y las posiciones más elevadas mostradas en las figuras 7 y 8, respectivamente. A este respecto, a medida que la segunda mitad de molde 54 se acerca más a la posición cerrada, el espacio  $g_3$  entre la segunda mitad de molde 54 y el techo 176 comienza a aumentar (es decir, la segunda mitad de molde 54 se aleja del techo 176). Sin embargo, para permitir que la segunda mitad de molde 54 coincida apropiadamente con la primera mitad de molde 52, el eje de pivotamiento 88 puede que se tenga que subir y volver a acercarse a su posición original, es decir, desplazar de manera que el eje de pivotamiento 88 esté generalmente alineado con la superficie de contacto entre las mitades de molde primera y segunda 52, 54 cuando están en la posición cerrada, como se muestra en la figura 10. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 9, el eje de pivotamiento 88 puede tener una altura  $x = h_3$  con relación a la superficie de soporte 56, que puede ser mayor que  $h_2$ , pero menor que  $h_1$ . Como se puede imaginar, si el eje de pivotamiento 88 no se subiera hacia su posición original, la segunda mitad de molde 54 podría contactar prematuramente con la primera mitad de molde 52 y ciertamente no en una configuración en la que la segunda mitad de molde 54 está situada sobre la parte superior de la primera mitad de molde 52 de manera que los bordes 70a, 70b, 72a, 72b de las mitades de armazón primera y segunda 32, 34 están en contacto o casi en contacto entre sí para estar acopladas.

De modo similar a lo anterior, el mecanismo de pivotamiento 80, y, así, el eje de pivotamiento 88, puede ser desplazado a lo largo de la barra de recorrido 118 en una dirección según el eje de traslación 112 y, por ejemplo, en una dirección generalmente hacia arriba que se aleja de la superficie de soporte 56. Como se ha señalado anteriormente, esto se puede conseguir controlando el accionador 124 y, más particularmente, desplazando el accionador 124 desde su posición contraída hacia su posición extendida. En una realización a modo de ejemplo, el movimiento hacia arriba del mecanismo de pivotamiento 80 a lo largo de la barra de recorrido 118 se puede producir simultáneamente con la rotación de la segunda mitad de molde 54 alrededor del eje de pivotamiento 88, es decir, ambas componentes primera y segunda del movimiento se producen juntas al menos durante un tramo del movimiento de la segunda mitad de molde 54. En una realización alternativa, sin embargo, las componentes del movimiento pueden estar separadas de manera que solamente una única componente se produce en cualquier momento. De acuerdo con un aspecto de la invención, el movimiento hacia arriba del mecanismo de pivotamiento 80 puede estar coordinado con el movimiento de rotación de la segunda mitad de molde 54, de manera que dicha segunda mitad de molde 54 no contacte prematuramente con la primera mitad de molde 52. Los expertos en la técnica reconocerán cómo coordinar estos movimientos a fin de conseguir este objetivo particular. Estos movimientos coordinados se pueden realizar manualmente, tal como mediante el controlador 96. Alternativamente, los movimientos coordinados se pueden programar en el controlador 96 y ejecutar de manera automatizada.

La figura 10 ilustra las mitades de molde 52, 54, cuando están en la posición cerrada ( $\theta \approx 180^\circ$ ). En esta posición, el eje de pivotamiento 88 ha vuelto a ser desplazado aproximadamente hasta su posición original (por ejemplo, una altura  $x = h_1$  con relación a la superficie de soporte 56) al volver a desplazar el accionador 124 hasta su posición extendida o casi extendida. En la posición cerrada, la segunda mitad de molde 54 está situada sobre la parte superior de la primera mitad de molde 52 de manera que los bordes 70a, 70b, 72a, 72b están en contacto o casi en contacto entre sí. En consecuencia, estos bordes, que pueden representar los bordes de ataque y de salida 36, 38 de la pala 20, se pueden unir entre sí para completar la construcción de dicha pala 20. Aunque no se muestra el larguero 26 en la secuencia de moldeo ilustrada en las figuras 4 y 6-10, los expertos en la técnica reconocerán cómo incorporar un larguero 26 de este tipo en la construcción de una pala usando el aparato de moldeo 50. La posición de la segunda mitad de molde 54, de la mostrada en la figura 8 a la mostrada en la figura 10, representa la segunda fase de la rotación en la que aumenta la distancia entre la segunda mitad de molde 54 y el techo 176. Como se ha descrito, se puede subir el eje de pivotamiento 88 durante esta fase.

La figura 11 ilustra una parte del aparato de moldeo 50 a partir de una vista en perspectiva. Como se apreciará, el aparato de moldeo 50 puede ser relativamente largo en la dirección longitudinal (es decir, la dirección del eje 90 de la pala 20). En consecuencia, el aparato de moldeo 50 puede incluir uno o más montajes de giro 78 para rotar la segunda mitad de molde 54 con relación a la primera mitad de molde 52 entre las posiciones abierta y cerrada. Como se ha señalado anteriormente, cada uno de los montajes de giro 78 puede incluir un mecanismo de pivotamiento 80, un elemento de guía 110 para guiar el movimiento del mecanismo de pivotamiento 80 y un accionador 124 para desplazar dicho mecanismo de pivotamiento 80 a lo largo del elemento de guía 110. Los expertos en la técnica reconocerán el número y la posición de los montajes de giro 78 a lo largo de, por ejemplo, las paredes laterales 92, 120 a fin de proporcionar el funcionamiento apropiado del aparato de moldeo 50. Se debería reconocer que los montajes de giro 78 pueden estar acoplados de modo operativo a un único controlador, tal como el controlador 96, para sincronizar el funcionamiento de todos los montajes de giro 78 y efectuar un movimiento controlado de la segunda mitad de molde 54 desde la posición abierta hasta la posición cerrada.

En resumen, los tamaños de pala están creciendo hasta un grado tal que el aparato de moldeo utilizado para fabricar las palas puede que no entre en las instalaciones de fabricación existentes. A este respecto, los procedimientos de fabricación existentes requieren mitades de molde que puedan rotar con un eje de pivotamiento fijo. Para adaptarse al tamaño creciente de las palas de turbina eólica, los moldes han aumentado también de tamaño, hasta el punto que existe una cierta preocupación de que el molde rotatorio contacte con el techo durante su movimiento hasta la posición cerrada. Los aspectos de la presente invención, como se han descrito completamente en esta memoria, tratan este y otros problemas de los sistemas convencionales. Más particularmente, el aparato de moldeo descrito

5 en esta memoria incluye un eje de pivotamiento que se puede trasladar a lo largo de un eje de traslación. De este modo, a medida que se rota la mitad de molde, el eje de pivotamiento puede ser desplazado a fin de proporcionar espacio suficiente para que el molde gire sin contactar con el techo de la instalación de fabricación. Esto permitirá, a su vez, que las técnicas de fabricación existentes (por ejemplo, las mitades de molde rotatorias) se sigan usando en las instalaciones de fabricación existentes con mínimas modificaciones del aparato de moldeo eficaces desde el punto de vista económico.

10 Aunque la invención se ha ilustrado mediante una descripción de diversas realizaciones, y aunque estas realizaciones se han descrito con mucho detalle, la intención del solicitante no es restringir o limitar de modo alguno a tal detalle el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Se presentarán fácilmente ventajas y modificaciones adicionales para los expertos en la técnica. Por ejemplo, en el procedimiento descrito anteriormente, las mitades de armazón primera y segunda se formaron casi completamente en las mitades de armazón primera y segunda (por ejemplo, pero para estar completamente curadas) antes de la rotación de las mitades de molde hasta la posición cerrada. Sin embargo, la invención no está limitada de esta manera. A este respecto, la rotación de las mitades de molde hacia la posición cerrada se puede producir en otros momentos del proceso de formación. A modo de ejemplo, las capas de tela (y, opcionalmente, otros componentes) se pueden colocar en las mitades de molde cuando están en la posición abierta, pero la aplicación de curado y/o presión de vacío se puede realizar después de haber desplazado las mitades de molde hasta la posición cerrada. Así, se puede variar el orden particular de las etapas y no deberían estar limitadas a ningún orden particular utilizado para describir las realizaciones a modo de ejemplo.

20

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para fabricar una pala de turbina eólica (20), que tiene una primera mitad de armazón (32) y una segunda mitad de armazón (34), usando un aparato de moldeo (50), que tiene una primera mitad de molde (52) y una segunda mitad de molde (54), comprendiendo el procedimiento:
  - 5 formar, al menos parcialmente, la primera mitad de armazón (32) en la primera mitad de molde (52);  
 formar, al menos parcialmente, la segunda mitad de armazón (34) en la segunda mitad de molde (54);  
 desplazar las mitades de molde primera y segunda (52, 54), una con relación a la otra, desde una posición abierta, en la que están expuestas las superficies de moldeo respectivas de las mitades de molde primera y segunda, hasta una posición cerrada, en la que están confrontadas entre sí las superficies de moldeo de las mitades de molde primera y segunda, comprendiendo además la etapa de desplazamiento:
    - 10 rotar las mitades de molde primera y segunda (52, 54), una con relación a la otra, alrededor de un eje de pivotamiento (88);  
 trasladar el eje de pivotamiento (88) en una primera dirección de traslación durante el movimiento de las mitades de molde entre las posiciones abierta y cerrada; y
    - 15 trasladar el eje de pivotamiento (88) en una segunda dirección de traslación, diferente de la primera dirección, durante el movimiento de las mitades de molde entre las posiciones abierta y cerrada; y
    - 20 acoplar la primera mitad de armazón (32) y la segunda mitad de armazón (34) para formar la pala de turbina eólica (20), caracterizado por que al menos una de las mitades de molde primera o segunda (52, 54) está soportada sobre una superficie de soporte (56) y el eje de pivotamiento (88) está situado a una altura con relación a la superficie de soporte (56), en el que trasladar el eje de pivotamiento (88) en la primera dirección comprende disminuir la altura del eje de pivotamiento (88) con relación a la superficie de soporte (56) y trasladar el eje de pivotamiento (88) en la segunda dirección comprende aumentar la altura del eje de pivotamiento (88) con relación a la superficie de soporte (56).
  - 25 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la rotación de las mitades de molde primera y segunda (52, 54) desde la posición abierta hasta una posición intermedia define una primera fase de rotación de las mitades de molde primera y segunda, y la rotación de las mitades de molde primera y segunda (52, 54) desde la posición intermedia hasta la posición cerrada define una segunda fase de rotación, la etapa de traslación del eje de pivotamiento (88) en la primera dirección se produce durante la primera fase y la etapa de traslación del eje de pivotamiento (88) en la segunda dirección se produce durante la segunda fase.
  - 30 3. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que las mitades de molde primera y segunda (52, 54) giran un ángulo  $\theta$  de aproximadamente  $180^\circ$  desde la posición abierta hasta la posición cerrada y la posición intermedia está aproximadamente a medio camino de la rotación completa de las mitades de molde.
  - 35 4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que trasladar el eje de pivotamiento (88) en la primera dirección comprende trasladar dicho eje de pivotamiento (88) verticalmente hacia abajo y trasladar el eje de pivotamiento (88) en la segunda dirección comprende trasladar dicho eje de pivotamiento (88) verticalmente hacia arriba.
  5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que las etapas de rotación y traslación se producen simultáneamente durante al menos un tramo del movimiento relativo de las mitades de molde primera y segunda (52, 54).
  - 40 6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que la etapa de rotación se produce sin traslación y las etapas de traslación se producen sin rotación.
  7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la rotación de las mitades de molde primera y segunda (52, 54) se produce alrededor de un único eje de pivotamiento.
  - 45 8. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el aparato de moldeo (50) incluye un motor primario de rotación (94) y un motor primario de traslación, en el que la etapa de rotación de las mitades de molde primera y segunda (52, 54), una con relación a la otra, alrededor del eje de pivotamiento (88) comprende además activar el motor primario de rotación, y la etapa de traslación del eje de pivotamiento (88) en las direcciones primera y segunda comprende activar el motor primario de traslación.
  - 50 9. El procedimiento según la reivindicación 8, en el que el aparato de moldeo (50) incluye además un controlador (96) acoplado al motor primario de rotación (94) y al motor primario de traslación, en el que las etapas de rotación de las mitades de molde primera y segunda (52, 54) y traslación del eje de pivotamiento (88) en las direcciones primera y segunda está controlado por el controlador (96) y se implementan en una secuencia automatizada.

10. Un aparato de moldeo (50) para fabricar una pala de turbina eólica (20), que tiene una primera mitad de armazón (32) y una segunda mitad de armazón (34), que comprende:

una primera mitad de molde (52) para formar la primera mitad de armazón (32) de la pala de turbina eólica;

una segunda mitad de molde (54) para formar la segunda mitad de armazón (34) de la pala de turbina eólica; y

5 un montaje de giro (78) acoplado a, al menos, una de las mitades de molde primera y segunda (52, 54) y configurado para desplazar las mitades de molde primera y segunda, una con relación a la otra, entre una posición abierta y una posición cerrada, estando las mitades de armazón primera y segunda (32, 34) configuradas para ser formadas, al menos parcialmente, en las mitades de molde primera y segunda (52, 54) cuando están en la posición  
10 abierta y estando las mitades de armazón primera y segunda (32, 34) configuradas para ser acopladas entre sí a fin de formar la pala de turbina eólica (20) cuando están en la posición cerrada,

en el que el montaje de giro (78) incluye un mecanismo de pivotamiento (80) acoplado a, al menos, una de las mitades de molde primera y segunda (52, 54) y que define un eje de pivotamiento (88), proporcionando el mecanismo de pivotamiento (80) un movimiento de rotación de las mitades de molde primera y segunda (52, 54), una con relación a la otra, alrededor del eje de pivotamiento (88), y

15 en el que el montaje de giro (78) incluye además un elemento de guía (110) acoplado al mecanismo de pivotamiento (80) y que define un eje de traslación (112), proporcionando el elemento de guía (110) un movimiento de traslación del eje de pivotamiento (88) en una dirección generalmente paralela al eje de traslación (112),

en el que el elemento de guía (110) comprende además un primer saliente (114), un segundo saliente (116), separado del primer saliente (114), y una barra de recorrido (118) que se extiende entre los salientes primero y  
20 segundo (114, 116).

11. El aparato de moldeo según la reivindicación 10, en el que el montaje de giro (78) comprende además un motor primario de rotación (94) para producir un movimiento de rotación de las mitades de molde primera y segunda (52, 54), una con relación a la otra, y un motor primario de traslación para producir un movimiento de traslación del eje de pivotamiento (88).

25 12. El aparato de moldeo según la reivindicación 11, que comprende además un controlador (96) acoplado de modo operativo al motor primario de rotación (94) y al motor primario de traslación, controlando el controlador (96) el movimiento de rotación de las mitades de molde primera y segunda (52, 54), una con relación a la otra, y el movimiento de traslación del eje de pivotamiento (88).

30 13. El aparato de moldeo según la reivindicación 11 o 12, en el que el motor primario de traslación incluye un accionador (124) acoplado al mecanismo de pivotamiento (80) y desplazable entre una posición extendida y una posición contraída, en el que el accionamiento del accionador (124) desplaza el mecanismo de pivotamiento (80) a lo largo del elemento de guía (110) y en una dirección generalmente paralela al eje de traslación (112).

14. El aparato de moldeo según cualquiera de las reivindicaciones 10-13, en el que el montaje de giro (78) define solamente un único eje de pivotamiento (88).

35 15. El aparato de moldeo según cualquiera de las reivindicaciones 10-14, en el que el elemento de guía (110) está acoplado a la otra de las mitades de molde primera y segunda (52, 54).

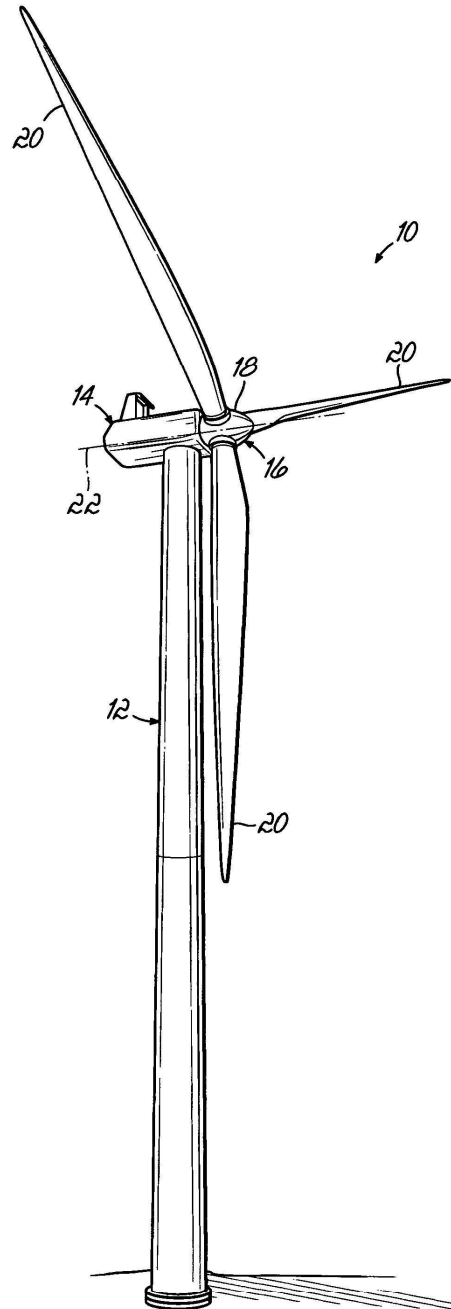


FIG. 1

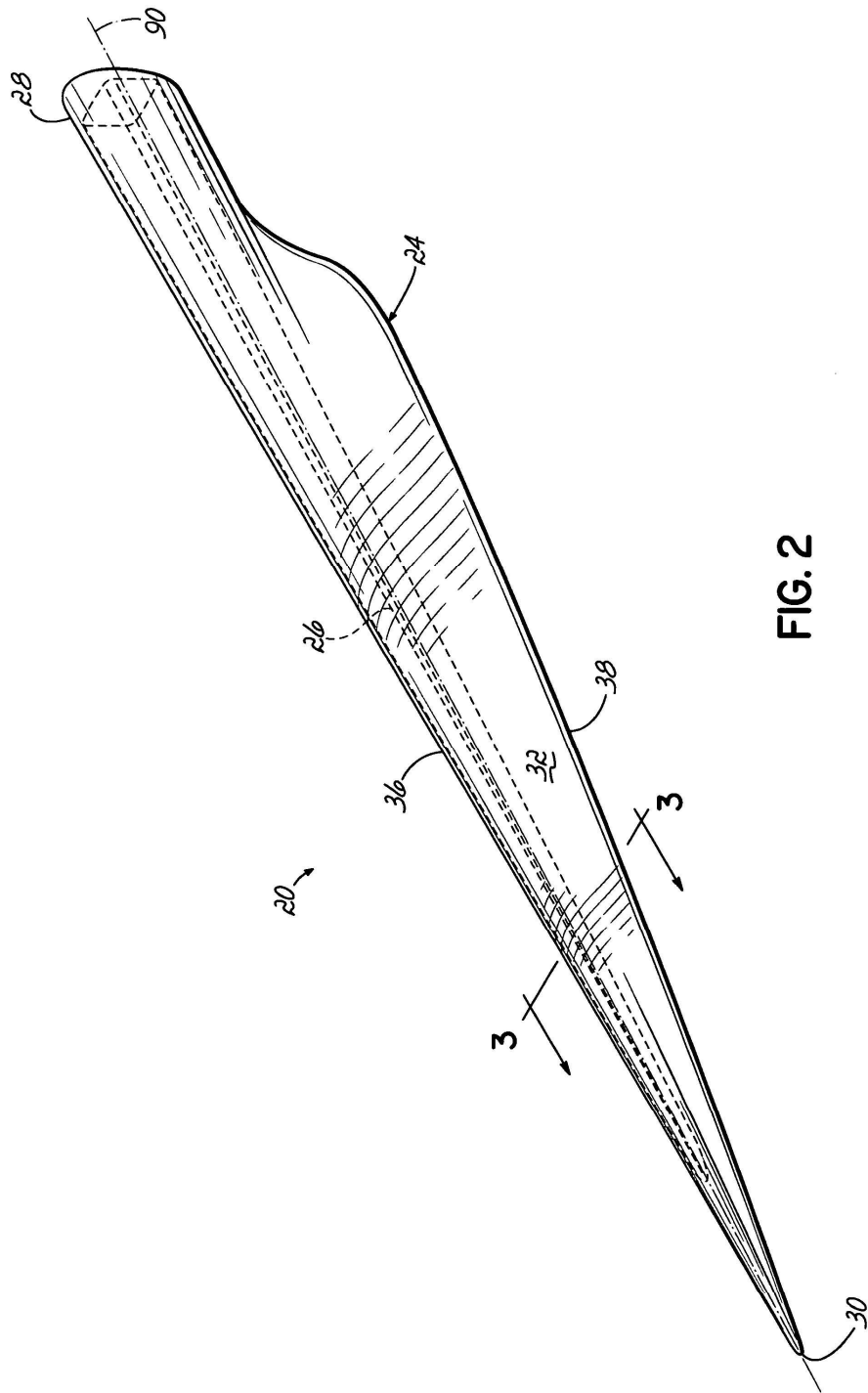


FIG. 2



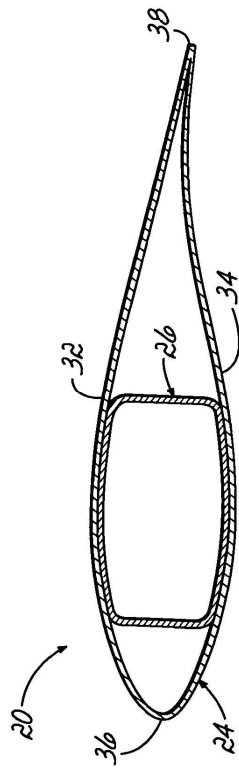


FIG. 3

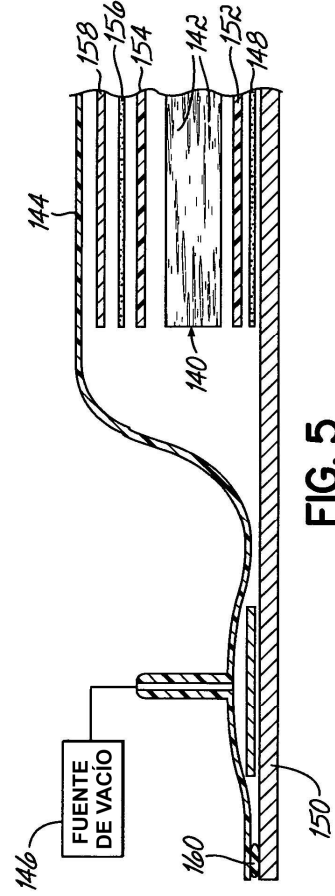


FIG. 5

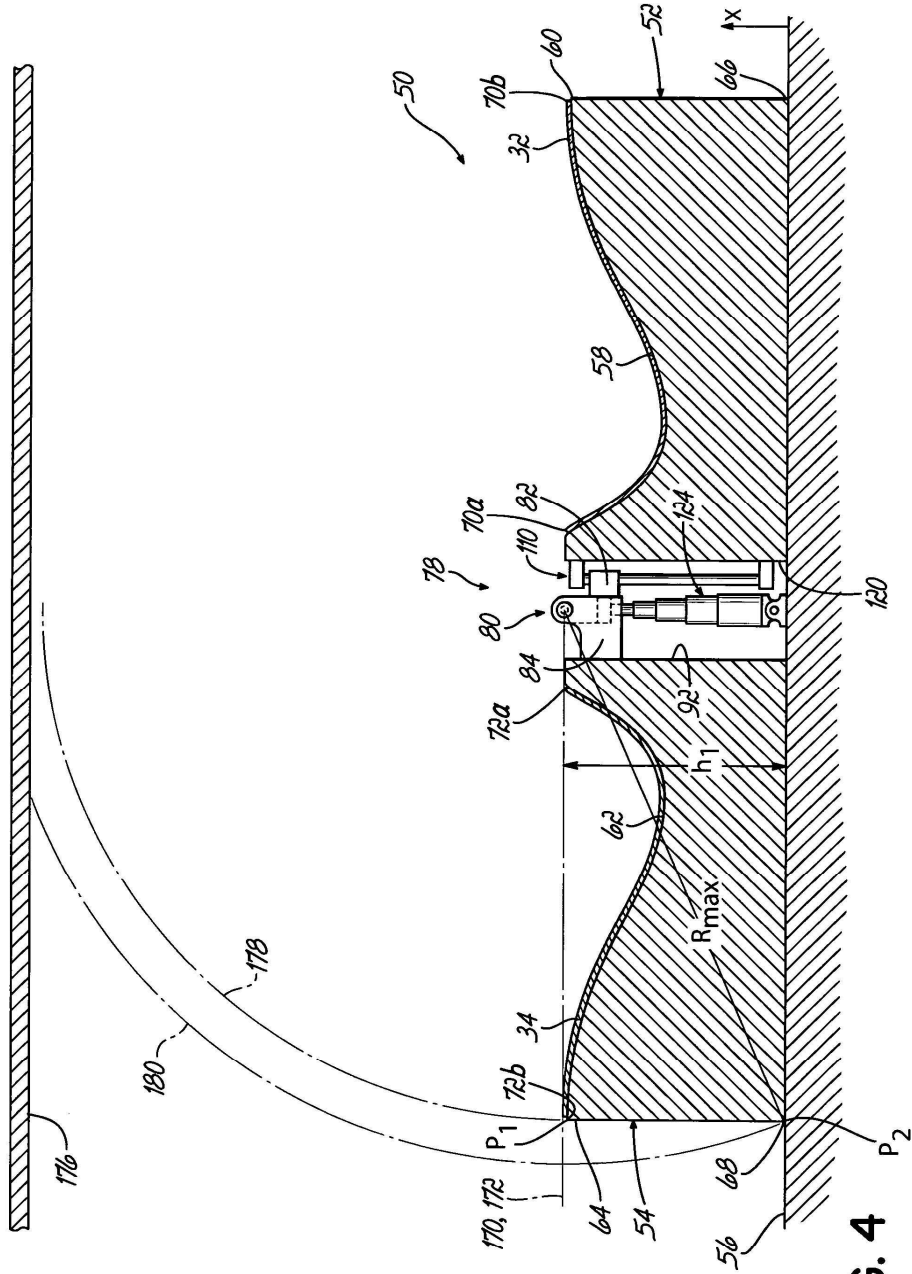


FIG. 4

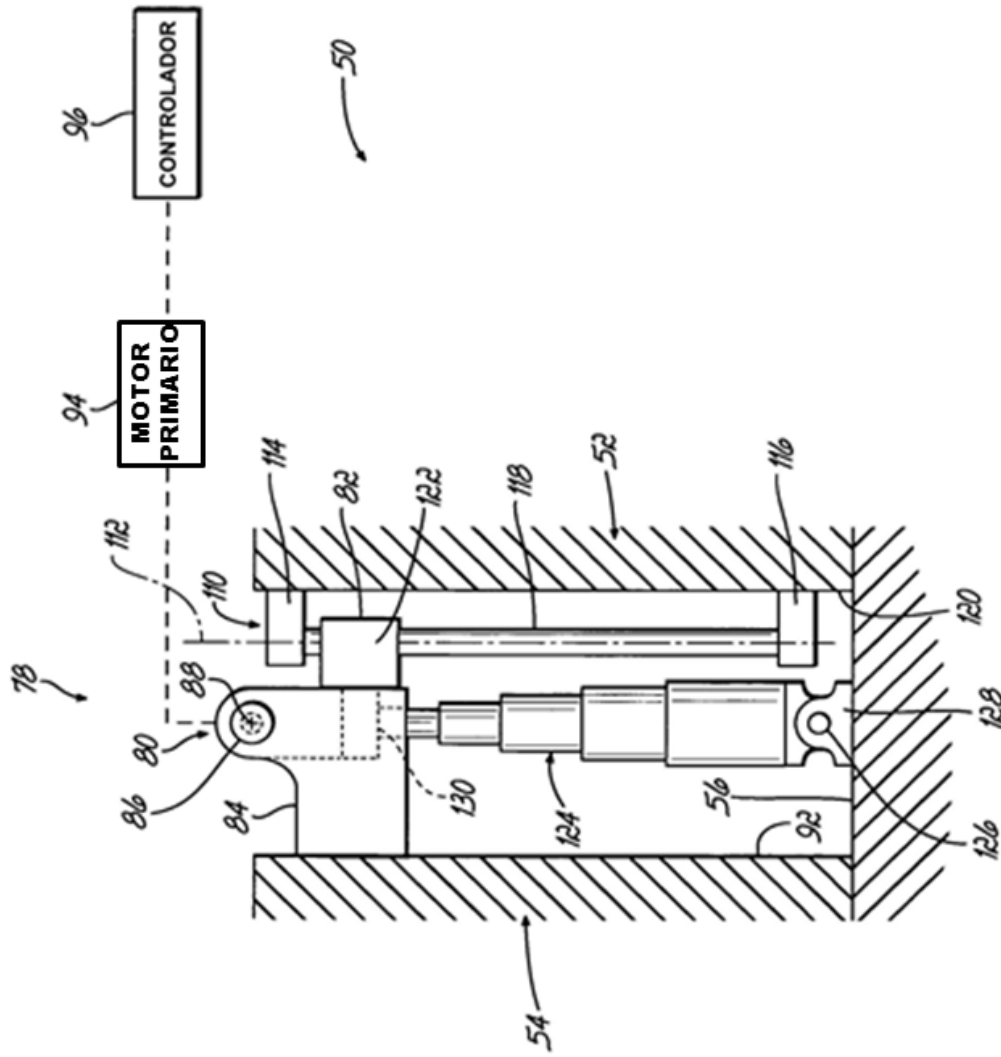


FIG. 4A

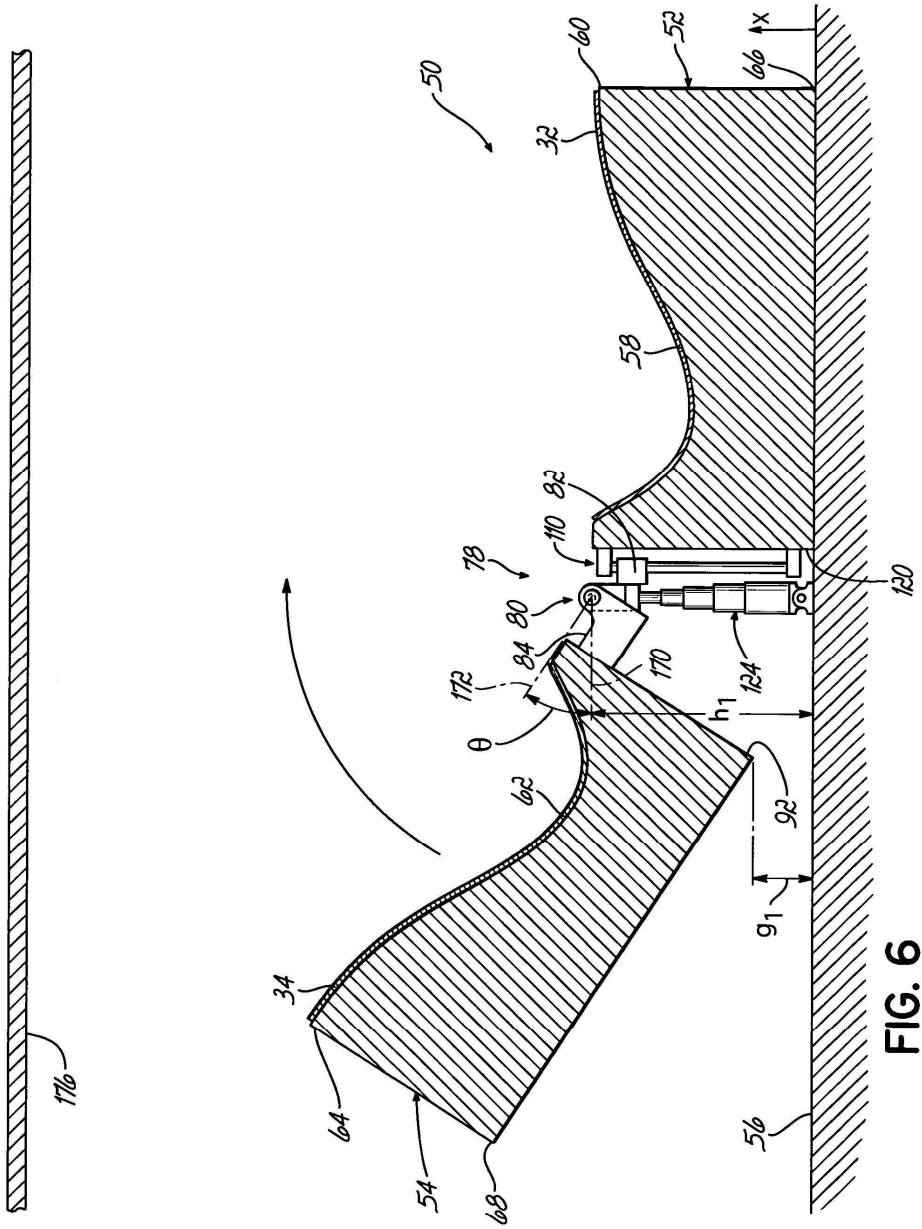
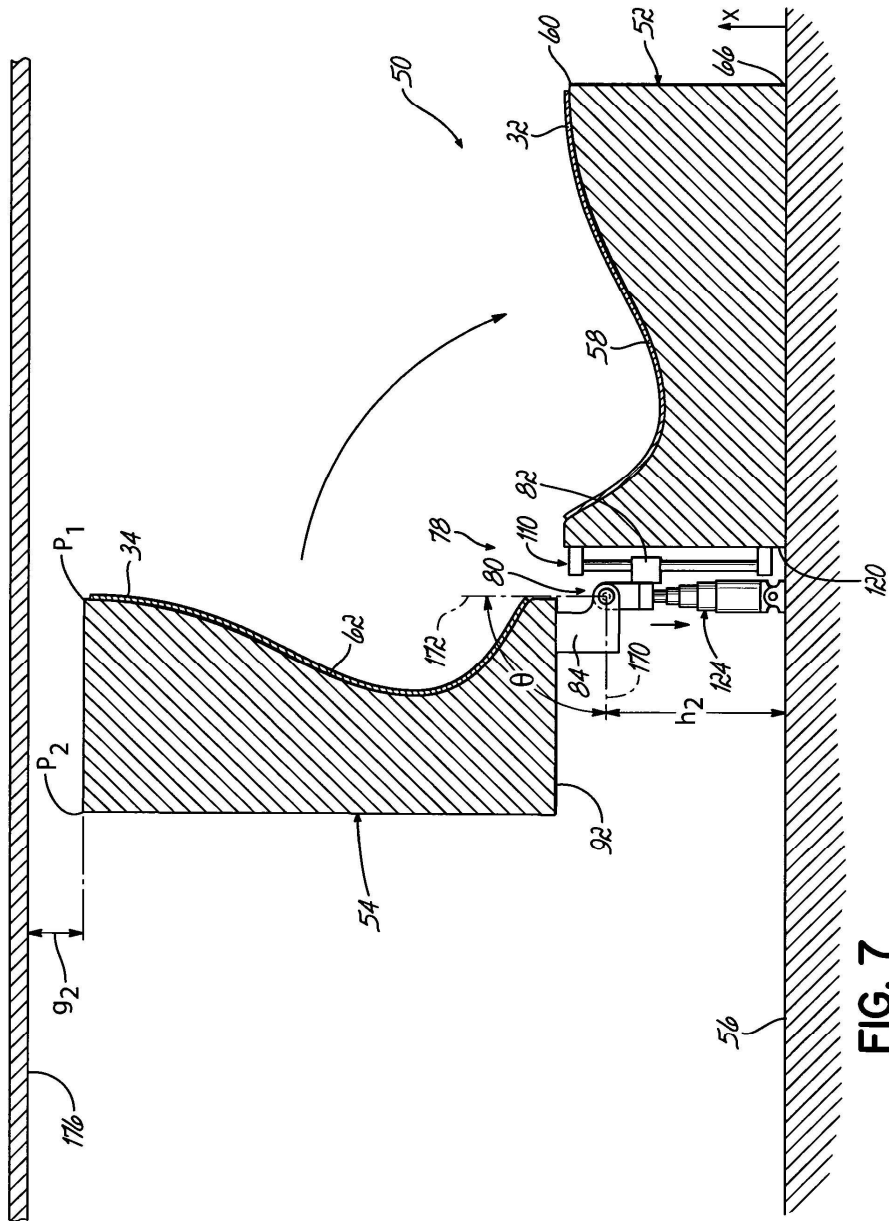


FIG. 6



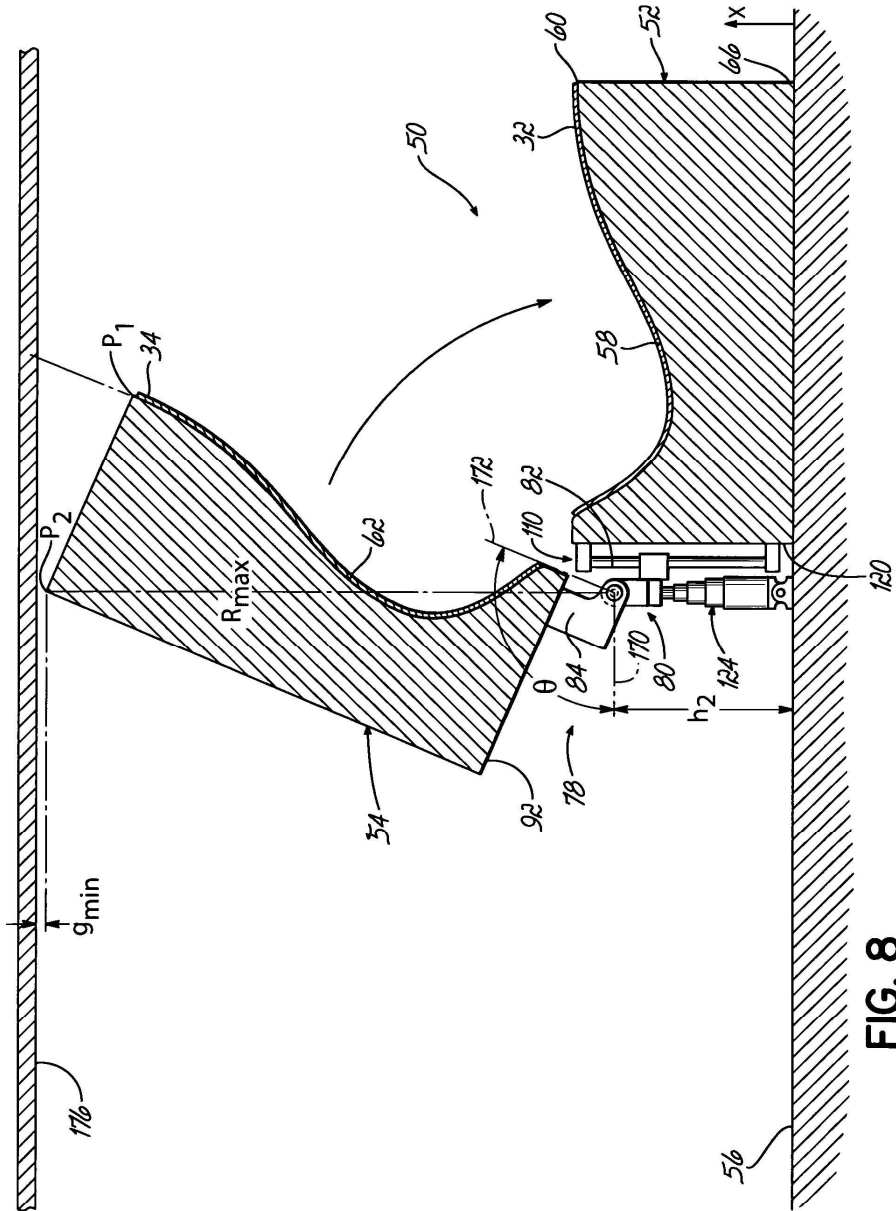


FIG. 8

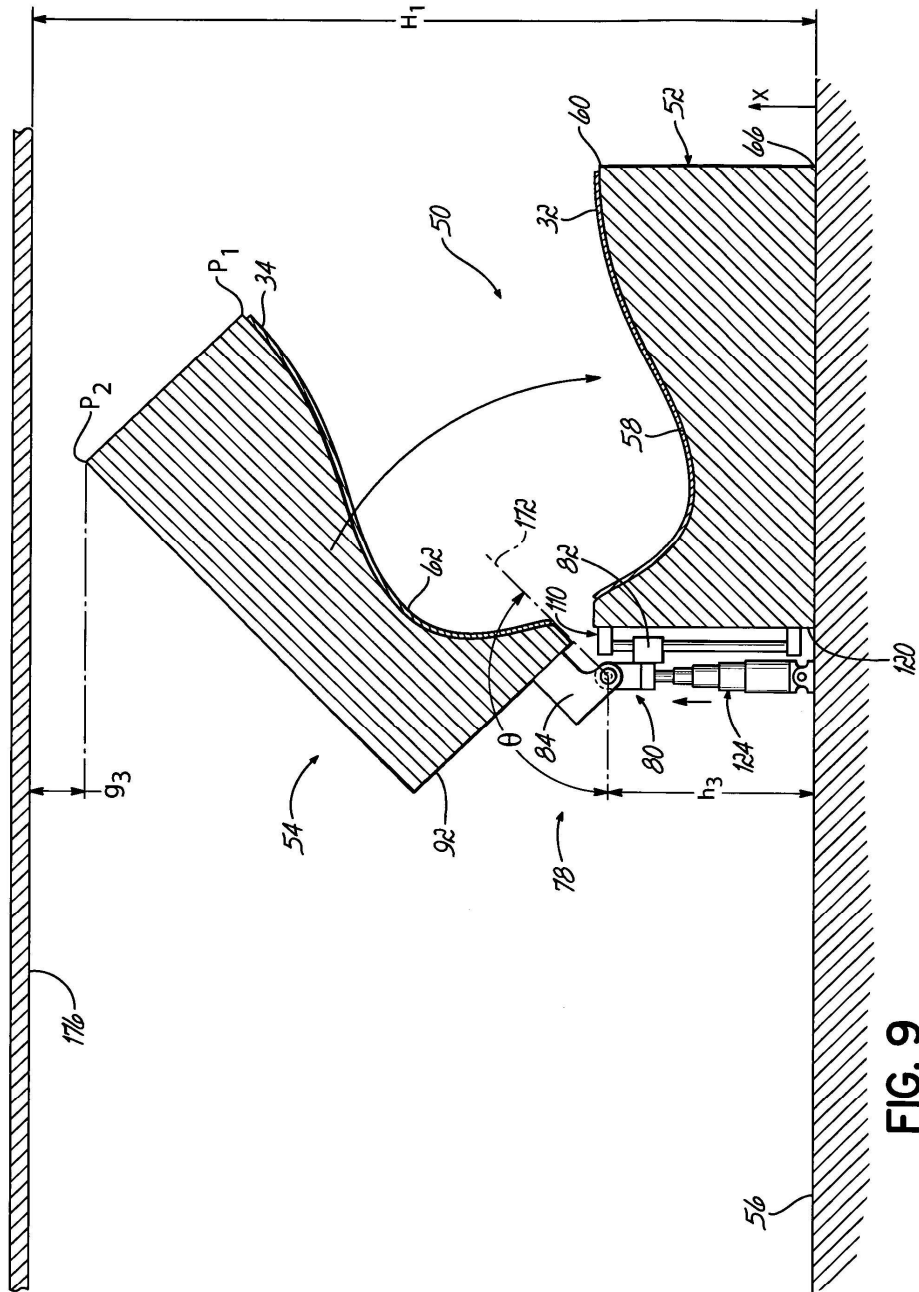


FIG. 9

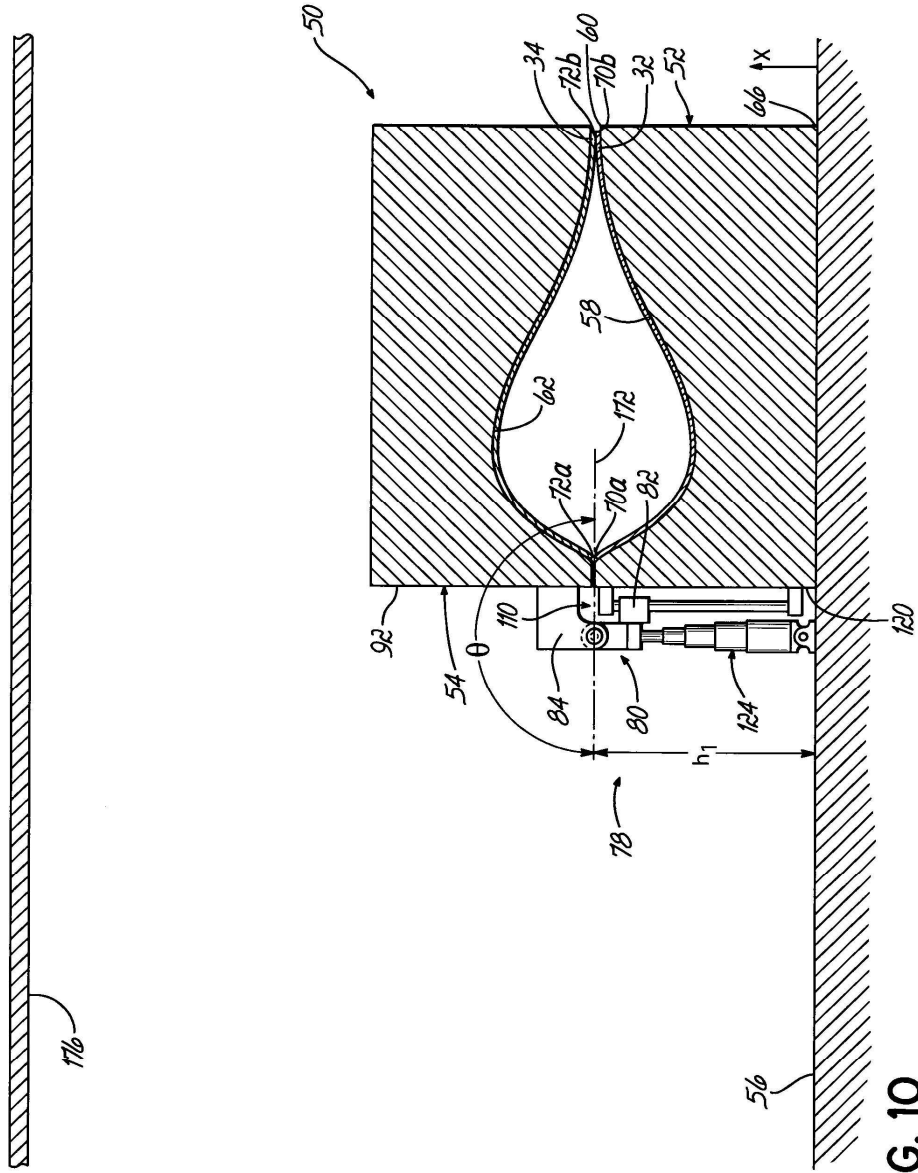


FIG. 10



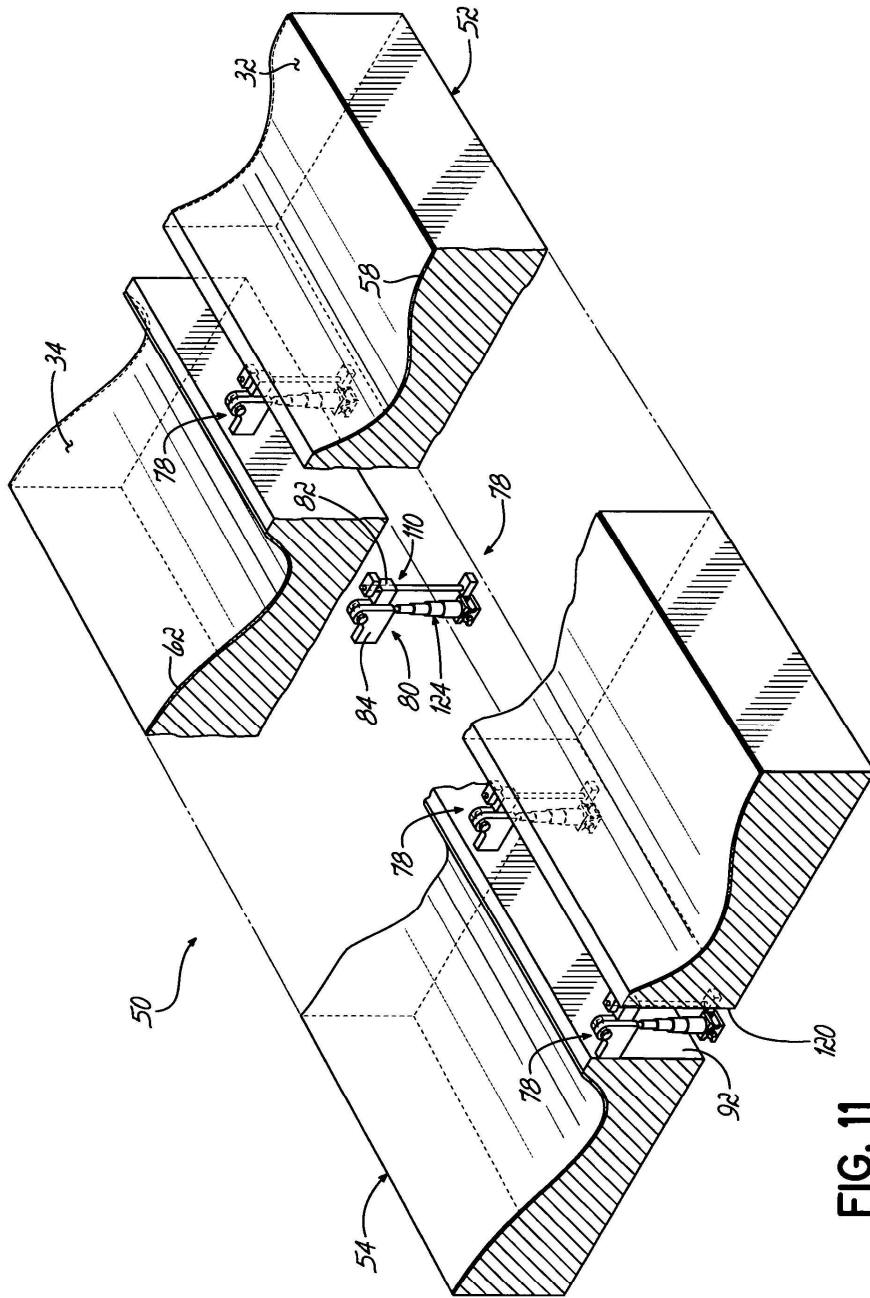


FIG. 11