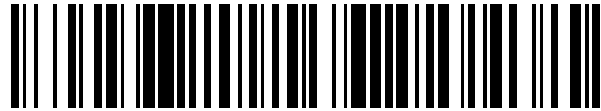


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 705**

51 Int. Cl.:

**F03G 7/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2011 E 11180043 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2428679**

54 Título: **Timón de dirección de modelo para túnel de viento accionado por control remoto que utiliza aleación con memoria de forma**

30 Prioridad:

**10.09.2010 US 880004**

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

**01.06.2017**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**GUNTER, IAN;  
RUGGERI, ROBERT T.;  
MABE, JAMES H.;  
ARBOGAST, DARIN;  
BUTTERFIELD, ORDIE D. y  
MORGENROTH, DANIEL**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 614 705 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**

Timón de dirección de modelo para túnel de viento accionado por control remoto que utiliza aleación con memoria de forma

5

**INFORMACIÓN DE REFERENCIA**

**Campo**

10

Las realizaciones de la invención están relacionadas de manera general con el campo de los sistemas de accionamiento de superficies de control y, más en concreto, con realizaciones para un dispositivo de accionamiento de aleación con memoria de forma con tubos duales colineales de aleación con memoria de forma que tienen reacción antagonista alrededor de un punto de temperatura de control.

**Antecedentes**

15

Típicamente, los modelos para túnel de viento requieren superficies de control móviles para permitir la simulación de diversos aspectos de control del vehículo que se está modelando. A menudo se utilizan superficies no motorizadas debido a su simplicidad. Sin embargo, estas superficies se deben colocar a mano, lo que requiere la interrupción del ensayo para colocar las superficies en ángulos de control deseados. Típicamente los modelos son de escala reducida y, por lo tanto, los dispositivos de accionamiento de tamaño real que se emplearían en vehículos reales no son fácilmente adaptables para su uso. En los modelos para túnel de viento se han empleado diversos sistemas de accionamiento, incluyendo dispositivos de accionamiento electromecánicos y dispositivos de accionamiento de aleación con memoria de forma (AMF) que utilizan cables para accionamiento por aplicación de momento en la bisagra utilizando tracción diferencial procedente de cables de AMF. Sin embargo, el accionamiento electromecánico es relativamente voluminoso debido a sus bajas densidades de potencia y a la necesidad de conjuntos motor eléctrico/engranaje complejos. De esta manera, la cantidad de espacio necesario en la estructura de soporte (por ejemplo en un conjunto de planos verticales de cola) puede limitar la cantidad de instrumentación, por ejemplo de sensores de presión, que se puede instalar en el modelo y puede reducir la resistencia estructural, lo cual tiende a limitar su uso a túneles de menor presión con cargas menores. Los túneles de menor presión no consiguen igualar así de bien las características aerodinámicas de un avión a escala completa, lo cual limita su fidelidad como herramientas de diseño para ensayar configuraciones de aeronaves. El accionamiento por cable de AMF tiene potencia y resistencia limitadas y, por lo tanto, es similarmente apropiado sólo para ensayos en túnel de viento de baja presión.

20

25

30

35

40

Por lo tanto es deseable proporcionar dispositivos de accionamiento para que sean utilizados en modelos, o en otras aplicaciones con limitaciones de espacio, para mejorar la eficiencia del ensayo en túnel de viento al reducir el número de veces que se tiene que abrir el túnel de viento para completar cambios en el modelo, al mismo tiempo que se proporciona un dispositivo de accionamiento con suficiente capacidad de aplicación de fuerza para túneles de viento de mayor presión. También es deseable proporcionar un dispositivo de accionamiento que tenga densidad de potencia mucho mayor que las soluciones tradicionales para superficies de control con accionamiento, que permita su implementación en aplicaciones que requieran fuerzas mayores y dentro de espacios más restrictivos. Además, es deseable proporcionar un dispositivo de accionamiento con la capacidad de colocar los elementos de accionamiento sobre la línea de articulación de una superficie de control.

45

El documento US2009/0212158 describe el uso de un dispositivo de accionamiento de AMF en un sistema de aeronave.

**SUMARIO**

50

55

Las realizaciones descritas en este documento proporcionan un conjunto de dispositivo de accionamiento en giro que tiene un primer dispositivo de accionamiento en torsión que incorpora un tubo de aleación con memoria de forma (AMF) con un primer sentido de torsión dirigido, y un segundo dispositivo de accionamiento en torsión que tiene un tubo de AMF con un sentido de torsión dirigido opuesto colineal con el primer dispositivo de accionamiento en torsión y donde ambos dispositivos de accionamiento tienen extremos proximales que hacen tope entre sí. Un acoplamiento central une los extremos proximales para movimiento de giro común fijo. Un sistema de control para control de las temperaturas del primer dispositivo de accionamiento en torsión y del segundo dispositivo de accionamiento en torsión alrededor de una temperatura media proporciona giro antagonista combinado del acoplamiento central para el desplazamiento angular deseado.

60

65

En una realización de ejemplo, un conjunto de dispositivo de accionamiento del timón de dirección de un modelo para túnel de viento incorpora un primer dispositivo de accionamiento en torsión alineado sobre una línea de articulación entre un estabilizador vertical y una superficie de control del timón de dirección y que tiene un tubo de aleación con memoria de forma (AMF) con un primer sentido de torsión y que tiene un extremo proximal y un extremo distal, y un segundo dispositivo de accionamiento en torsión que tiene un tubo de AMF con un sentido de torsión opuesto al primer sentido de torsión dirigido, que tiene un extremo proximal y un extremo distal. El segundo dispositivo de accionamiento en torsión es colineal con el primer dispositivo de accionamiento en torsión, haciendo tope substancialmente los extremos proximales de los dispositivos de accionamiento en torsión primero y segundo. Un acoplamiento central une los extremos proximales y tiene una espiga de control fijada a la superficie de control

del timón de dirección. Un sistema de control controla las temperaturas del primer dispositivo de accionamiento en torsión y del segundo dispositivo de accionamiento en torsión para giro antagonista combinado del acoplamiento central.

5 En una realización de ejemplo adicional, un conjunto de dispositivo de accionamiento de modelo para túnel de viento comprende:

10 un primer dispositivo de accionamiento en torsión alineado sobre una línea de articulación entre un estabilizador vertical y una superficie de control del timón de dirección y que tiene un tubo de aleación con memoria de forma (AMF) con un primer sentido de torsión dirigido y que tiene un extremo proximal y un extremo distal;

15 un segundo dispositivo de accionamiento en torsión que tiene un tubo de AMF con un sentido de torsión dirigido opuesto al primer sentido de torsión dirigido y que tiene un extremo proximal y un extremo distal, siendo dicho segundo dispositivo de accionamiento en torsión colineal con el primer dispositivo de accionamiento en torsión y teniendo ambos dispositivos de accionamiento extremos proximales que substancialmente hacen tope;

un acoplamiento central que une los extremos proximales y que tiene una espiga de control fijada a la superficie de control del timón de dirección; y

20 un sistema de control para controlar las temperaturas del primer dispositivo de accionamiento en torsión y del segundo dispositivo de accionamiento en torsión para giro antagonista combinado del acoplamiento central.

Y que comprende además:

25 un primer conjunto de apriete final que une el extremo distal del primer dispositivo de accionamiento en torsión al estabilizador vertical; y,

un segundo conjunto de apriete final que une el extremo distal del segundo dispositivo de accionamiento en torsión al estabilizador vertical;

30 en el cual los conjuntos de apriete finales primero y segundo incluyen un conjunto de ajuste de precarga que tiene un eje de ajuste de rotación que aloja al extremo distal del respectivo dispositivo de accionamiento en torsión, incluyendo cada eje de ajuste de rotación una parte de alojamiento que tiene un orificio hexagonal para alojar a un aislante cilíndrico hexagonal, teniendo dicho aislante un orificio hexagonal para alojar a una sección transversal hexagonal del extremo distal para limitar en giro el extremo distal.

Y que comprende además:

35 un collar con una pestaña de fijación que engrana con el acoplamiento de ajuste de precarga para sujetar el extremo distal al estabilizador vertical;

40 un segundo collar que tiene una pestaña de fijación conectada a la superficie de control del timón de dirección soportada por un casquillo giratorio que proporciona una conexión final para el giro libre de la superficie de control del timón de dirección fijada a través del segundo collar.

45 En el cual el sistema de control incluye un primer calentador alojado en el primer dispositivo de accionamiento en torsión y un segundo calentador alojado en el segundo dispositivo de accionamiento en torsión; un módulo de control de posición que responde a una orden de posición angular proporcionando una orden de baja temperatura como entrada para un bucle de control de temperatura que ajusta temperaturas del primer calentador y del segundo calentador alrededor de una temperatura de control media.

50 Con las realizaciones descritas se consigue un método para accionamiento en giro alineando un primer dispositivo de accionamiento en torsión que tiene un tubo de aleación con memoria de forma (AMF) con un primer sentido de torsión dirigido con una línea de articulación para una superficie de accionamiento y alineando un segundo dispositivo de accionamiento en torsión que tiene un tubo de AMF con un sentido de torsión dirigido opuesto colineal con el primer dispositivo de accionamiento en torsión. Los extremos proximales de los dispositivos de accionamiento en torsión primero y segundo están unidos en un acoplamiento central. Las temperaturas de los dispositivos de accionamiento en torsión primero y segundo están controladas alrededor de una temperatura media seleccionada para giro antagonista del acoplamiento central.

55 Los rasgos, funciones, y ventajas que se han analizado se pueden conseguir de forma independiente en diferentes realizaciones de la presente invención o se pueden combinar en otras realizaciones adicionales, de las cuales se pueden ver detalles adicionales con referencia a la siguiente descripción y a los siguientes dibujos.

60 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La Figura 1 es una vista en sección lateral de una realización empleada en un timón de dirección de modelo para túnel de viento;

65 La Figura 2 es una vista en sección isométrica frontal del conjunto de dispositivo de accionamiento que muestra los tubos de accionamiento y la estructura de soporte de la realización de la Figura 1;

La Figura 3 es una vista en sección desde arriba que muestra detalles de la interconexión del acoplamiento central y de los tubos de accionamiento;

La Figura 4 es una vista en sección lateral del conjunto de ajuste de precarga de la estructura de soporte del tubo de accionamiento; y,

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un método de control para la realización de la Figura 1.

#### DESCRIPCION DETALLADA

Las realizaciones descritas en este documento con respecto al uso en modelos para túnel de viento proporcionan un dispositivo de accionamiento que emplea dos tubos de aleación con memoria de forma (AMF) dirigidos para su torsión en direcciones opuestas cuando los tubos se calientan. Los tubos están centralmente acoplados entre sí colinealmente sobre la línea de articulación del dispositivo de accionamiento. Los extremos de los tubos contrarios al acoplamiento están fijados a una fijación superficial operativa del dispositivo de accionamiento. Se aplica calor utilizando calentadores de cartucho situados en el interior de los tubos y controlados mediante un sistema de control informatizado. Esta configuración de dispositivo de accionamiento permite que los elementos de accionamiento se puedan introducir en un espacio en el que no cabrían los dispositivos de accionamiento tradicionales para una carga dada. La densidad de potencia del dispositivo de accionamiento proporcionado por el giro antagonista en sentidos contrarios de los dos tubos dispositivos de accionamiento también permite fuerzas de accionamiento mucho mayores de las que serían posibles con diseños tradicionales y el tren de accionamiento consiste en sólo tres partes móviles, lo que reduce enormemente la complejidad.

Haciendo referencia a los dibujos, en la Figura 1 un conjunto 10 de timón de dirección para un modelo para túnel de viento incorpora una superficie 12 de control del timón de dirección que está fijada a lo largo de una línea 14 de articulación a un estabilizador 16 vertical. Un larguero 18 proporciona soporte estructural para el estabilizador y puntos de fijación para las bisagras 20 del timón de dirección y para el conjunto 22 de dispositivo de accionamiento. De forma similar, un larguero 23 proporciona soporte estructural para la superficie de control del timón de dirección y puntos de fijación para el conjunto de dispositivo de accionamiento a la superficie de control del timón de dirección. El conjunto 22 de dispositivo de accionamiento incorpora un primer dispositivo de accionamiento 24 de torsión de aleación con memoria de forma (AMF) y un segundo dispositivo de accionamiento 26 de torsión de AMF que son colineales y que están engranados el uno con el otro en extremos 28, 30 proximales en un acoplamiento 32 central. El extremo 34 distal del primer dispositivo de accionamiento en torsión está constreñido en un primer conjunto 36 de apriete final y el extremo 38 distal del segundo dispositivo de accionamiento en torsión está constreñido en un segundo conjunto 40 de apriete final.

En la Figura 2 se ven detalles del conjunto 22 de dispositivo de accionamiento. El primer dispositivo de accionamiento 24 de torsión y el segundo dispositivo de accionamiento 26 de torsión están constreñidos en los extremos 34 y 38 distales respectivamente, como se describirá con mayor detalle posteriormente, y tienen torsión por memoria dirigida en direcciones opuestas. Para las realizaciones de ejemplo, los dispositivos de accionamiento en torsión son tubos de AMF de aleación de Níquel/Aluminio. En la realización de ejemplo se emplea un contenido de aleación de 55% en peso de Níquel y 45% en peso de Ti. Enfriar el primer dispositivo de accionamiento en torsión y calentar proporcionalmente el segundo dispositivo de accionamiento en torsión a partir de una temperatura de control media producirá como resultado un giro común de los extremos proximales 28 y 30 de los tubos de AMF de los dispositivos de accionamiento y del acoplamiento 32 central asociado. Esta memoria de giro antagonista del par de tubos permite un control muy preciso del posicionamiento creado por el dispositivo de accionamiento con torsión de desviación de los dos tubos de AMF. El calentador 35 de cartucho contenido en el interior de un orificio 37 central en el tubo de AMF del primer dispositivo de accionamiento 24 de torsión y el calentador 39 de cartucho contenido en el interior de un orificio 41 central en el tubo de AMF del segundo dispositivo de accionamiento 26 de torsión proporcionan el control de temperatura para el accionamiento. Sensores de temperatura tales como termopares 42 y 44 proporcionan medida de las temperaturas reales de los tubos AMF. Aunque se muestran dos termopares, en realizaciones alternativas se pueden emplear múltiples termopares y la colocación de los termopares se puede modificar para características de control deseadas. En la realización mostrada, los tubos de AMF del primer dispositivo de accionamiento en torsión y del segundo dispositivo de accionamiento en torsión son de diámetros diferentes. En realizaciones alternativas, los diámetros y secciones transversales de los tubos se pueden modificar para requisitos de diseño concretos.

Como se ve en la Figura 3 para la realización de ejemplo, los extremos proximales de los tubos de AMF de los dispositivos de accionamiento (en la vista en sección desde arriba proporcionada se muestra el segundo dispositivo de accionamiento 26) tienen sección transversal externa hexagonal, siendo el orificio 40 central circular para dar cabida al calentador 39 de cartucho. Para la interconexión del dispositivo de accionamiento se emplea un aislante 46 cilíndrico hexagonal y dicho aislante 46 tiene un orificio 48 hexagonal interno para alojar al extremo proximal del segundo dispositivo de accionamiento y un perfil 50 hexagonal externo alojado en un orificio 52 hexagonal en el acoplamiento 32 central para transmisión de fuerza de giro desde el dispositivo de accionamiento al acoplamiento. Desde el acoplamiento central se extiende una espiga 54 de accionamiento de superficie para fijación a la superficie 12 de control del timón de dirección. Aunque en los dibujos para la realización de ejemplo se han mostrado interconexiones hexagonales, realizaciones alternativas para engranar cooperativamente el aislante, el extremo proximal y el orificio de acoplamiento central para que giren en común pueden emplear otras configuraciones geométricas o interconexiones giratorias tales como conexiones mediante clavijas, conexiones estriadas o

conexiones por chaveta plana y ranura. Como se ve mejor en la Figura 2, el extremo 28 proximal del primer dispositivo de accionamiento 24 está constreñido de forma similar en el interior de un aislante 56 alojado dentro del acoplamiento central. Una arandela 58 aislante separa los extremos proximales de los dispositivos de accionamiento.

Los extremos distales de los tubos del dispositivo de accionamiento en torsión que están situados en los extremos opuestos con respecto al acoplamiento central están constreñidos en conjuntos 36 y 40 de apriete finales. Cada conjunto de apriete final incorpora un conjunto 60 de ajuste de precarga como se muestra en la Figura 4 para el segundo dispositivo de accionamiento 26 de torsión. El extremo 38 distal está alojado dentro de un aislante 62. Como se ha descrito con respecto a los extremos proximales y al acoplamiento central, el aislante 62 es un cilindro hexagonal que tiene un orificio 64 hexagonal para alojar a una sección hexagonal del extremo 38 distal del tubo de AMF del dispositivo de accionamiento en torsión. Un eje 66 de ajuste de rotación tiene una parte 68 para alojamiento del aislante que incorpora un orificio 70 hexagonal que proporciona engrane giratorio del eje, del aislante y del extremo distal del tubo de AMF. El aislante 62 proporciona aislamiento térmico radial entre el tubo de AMF y el eje. Al igual que con el acoplamiento central, aunque en los dibujos para la realización de ejemplo se han mostrado interconexiones hexagonales, realizaciones alternativas para engranar cooperativamente el aislante, el extremo distal y el orificio para alojamiento del eje de ajuste para que giren en común pueden emplear otras configuraciones geométricas o interconexiones giratorias tales como conexiones mediante clavijas, conexiones estriadas o conexiones por chaveta plana y ranura. El eje 66 tiene una parte 72 de engrane por rozamiento que está alojada en un acoplamiento 74 de ajuste de precarga. El eje se puede manipular para hacer girar y precargar el extremo distal del tubo de AMF y a continuación se puede sujetar con el acoplamiento de ajuste de precarga. El extremo 38 distal del tubo de AMF está también térmicamente aislado longitudinalmente con respecto a la parte de alojamiento del eje con una arandela 76 aislante.

Un collar 78 que tiene una pestaña 80 de fijación fija el conjunto de ajuste y el extremo distal del dispositivo de accionamiento en torsión al larguero 18 del estabilizador 16 vertical. Un segundo collar 82 que tiene una pestaña 84 de fijación está conectado al larguero 23 de la superficie 12 de control del timón de dirección (como se muestra en la Figura 1). El conjunto de ajuste soporta al collar 82 con un casquillo 86 giratorio que proporciona una conexión final para giro libre de la superficie de control del timón de dirección fijada a través del collar 82 con entrada de giro angular a la superficie de control del timón de dirección desde el acoplamiento 32 central. Para la realización descrita el conjunto de dispositivo de accionamiento proporciona a la superficie de control del timón de dirección un rango de giro de 13°.

Como se ha descrito anteriormente, los dispositivos de accionamiento 24 y 26 de torsión emplean tubos de AMF que son torsionalmente reactivos en direcciones opuestas. El control de la posición del dispositivo de accionamiento en el acoplamiento central se crea estableciendo una temperatura de control media,  $T_{AVG}$ , correspondiente a una fase intermedia para ambos dispositivos de accionamiento y a una posición neutra (o alineada) para la superficie de control del timón de dirección. Un punto de control de baja temperatura,  $T_{LOWMAX}$ , correspondiente a una fase substancialmente martensítica de un dispositivo de accionamiento en torsión y a una fase substancialmente austenítica del segundo dispositivo de accionamiento en torsión produce como resultado una posición totalmente desviada hacia un lado para la superficie de control del timón de dirección. Un punto de control de alta temperatura,  $T_{HIGHMAX}$ , correspondiente a una fase substancialmente austenítica para el primer dispositivo de accionamiento en torsión y a una fase substancialmente martensítica para el segundo dispositivo de accionamiento en torsión produce como resultado una posición totalmente desviada hacia el lado contrario para la superficie de control del timón de dirección. Como se muestra en la Figura 5, una orden de posición angular deseada,  $\theta_{CMD}$ , es introducida en un módulo 100 de control de la posición. Para la realización mostrada, el módulo de control es una implementación software en un sistema de control informático. En realizaciones alternativas, el módulo de control puede ser una implementación con matrices de puertas programables (PGA) o analógica del algoritmo de control. Se introduce una medida angular,  $\theta_{MEAS}$ , procedente de un indicador 94 de posición angular (mostrado en la Figura 1) que mide la posición angular real de la superficie de control del timón de dirección para su comparación con el ángulo ordenado en el sumador 102. Para la realización de ejemplo, un sensor de efecto hall que detecta la posición relativa de dos imanes asociados con la superficie de control del timón de dirección está calibrado para proporcionar la posición angular. En realizaciones alternativas, se emplea una superficie de control del timón de dirección fijada a un potenciómetro o a otro sensor de medida angular. El diferencial de las órdenes resultante se proporciona a través de un controlador 104 Proporcional-Integral-Derivativo (PID) y de un limitador 106 como una señal de control de baja temperatura para el primer dispositivo de accionamiento en torsión. La comparación de la señal de control de baja temperatura con una medida de temperatura real,  $T_{LOW MEAS}$ , procedente del termopar 42 por medio del sumador 108 da como resultado una salida de orden de Baja Temperatura,  $T_{LOW CMD}$ .

Un bucle 109 de control de temperatura recibe la  $T_{LOW CMD}$  y combina  $T_{LOW CMD}$  con  $T_{AVG CMD}$ , recibida a través del multiplicador 110, en el sumador 112 para crear una correspondiente alta temperatura deseada para el segundo dispositivo de accionamiento en torsión,  $T_{HIGH}$ .  $T_{HIGH}$  se compara con la medida de temperatura real procedente del termopar 44,  $T_{HIGH MEAS}$ , en el sumador 114.  $T_{LOW CMD}$  se compara con  $T_{LOW MEAS}$  en el sumador 116. A continuación, las salidas de los sumadores 114 y 116 se proporcionan a través de PIDs 118, 120 y de limitadores 122, 124, respectivamente, para crear salidas 126, 128 de requisitos reales en ese momento para los calentadores 34, 38 de cartucho del dispositivo de accionamiento 22. A continuación se miden la posición real,  $\theta_{MEAS}$ , y las temperaturas

reales de los tubos AMF,  $T_{\text{LOW MEAS}}$  y  $T_{\text{HIGH MEAS}}$ , para control de la realimentación. Para la realización de ejemplo  $T_{\text{LOWMAX}}$  y  $T_{\text{HIGHMAX}}$  son aproximadamente 30,5° C y 110,5° C proporcionando una  $T_{\text{AVG}}$  de aproximadamente 71° C.

5 Habiendo descrito ahora en detalle diferentes realizaciones de la invención como es requerido por los estatutos de patentes, las personas con experiencia en la técnica reconocerán modificaciones y sustituciones a las realizaciones específicas descritas en este documento. Dichas modificaciones están dentro del alcance e intención de la presente invención de acuerdo con las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de dispositivo de accionamiento en giro que comprende:

5 un primer dispositivo (24) de accionamiento en torsión que tiene un tubo de aleación con memoria de forma (AMF) con un primer sentido de torsión dirigido y que tiene un extremo (28) proximal y un extremo (34) distal; un segundo dispositivo (26) de accionamiento en torsión,  
**caracterizado por que**  
 10 el segundo dispositivo de accionamiento en torsión tiene un tubo de AMF con un sentido de torsión dirigido opuesta al primer sentido de torsión y un extremo (30) proximal y un extremo (38) distal, siendo dicho segundo dispositivo (26) de accionamiento en torsión colineal con el primer dispositivo (24) de accionamiento en torsión con extremos (28, 30) proximales que substancialmente hacen tope, y el conjunto comprende además  
 15 un acoplamiento (32) central que une los extremos (28, 30) proximales; y un sistema de control para controlar las temperaturas del primer dispositivo (24) de accionamiento en torsión y del segundo dispositivo (26) de accionamiento en torsión para giro antagonista combinado del acoplamiento central.

20 2. El conjunto de dispositivo de accionamiento en giro de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende además:

un primer conjunto (36) de apriete final que constriñe el extremo (34) final del primer dispositivo (24) de accionamiento en torsión; y,  
 un segundo conjunto (40) de apriete final que constriñe el extremo (38) final del segundo dispositivo (26) de accionamiento en torsión.

25 3. El conjunto de dispositivo de accionamiento en giro de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual al menos uno de los conjuntos de apriete finales primero (36) y segundo (40) incluye un conjunto (60) de ajuste de precarga.

30 4. El conjunto de dispositivo de accionamiento en giro de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual el conjunto (60) de ajuste de precarga comprende un eje (66) de ajuste de rotación que aloja al extremo (36, 40) distal.

35 5. El conjunto de dispositivo de accionamiento en giro de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual el eje (66) de ajuste de rotación incluye una parte (68) de alojamiento que tiene un orificio (70) para alojar al extremo (36, 40) distal y que incluye además un aislante (62) situado entre el orificio (70) y el extremo (36, 40) distal, estando dicho aislante (62), dicho extremo (36, 40) distal y dicho orificio (70) conformados cooperativamente para constreñir en giro al extremo (36, 40) distal.

40 6. El conjunto de dispositivo de accionamiento en giro de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual el eje (66) de ajuste de rotación incluye además una parte (72) de engrane por rozamiento y que comprende además un acoplamiento (74) de ajuste de precarga que aloja a la parte (72) de engrane por rozamiento.

45 7. El conjunto de dispositivo de accionamiento en giro de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además un collar (78) con una pestaña (80) de fijación que engrana con el acoplamiento de ajuste de precarga para sujetar el extremo (36, 40) distal.

50 8. El conjunto de dispositivo de accionamiento en giro de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además al menos un aislante (56) situado entre los extremos (28, 30) proximales y el acoplamiento (32) central, estando dicho aislante (56), dicho acoplamiento (32) central y dichos extremos (28, 30) proximales conformados cooperativamente para constreñir en giro los extremos (28, 30) proximales.

9. El conjunto de dispositivo de accionamiento en giro de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el sistema de control incluye

55 un primer calentador (35) alojado en el primer dispositivo (24) de accionamiento en torsión y un segundo calentador (39) alojado en el segundo dispositivo (26) de accionamiento en torsión; un módulo (100) de control de posición que responde a una orden de posición angular proporcionando una orden de baja temperatura como entrada para un bucle de control de temperatura que ajusta temperaturas del primer calentador (35) y del segundo calentador (39) alrededor de una temperatura de control media.

60 10. Un método para accionamiento en giro que comprende:

65 alinear un primer dispositivo (24) de accionamiento en torsión que tiene un tubo de aleación con memoria de forma (AMF) con un primer sentido de torsión dirigido con una línea de articulación para una superficie de accionamiento;  
 alinear un segundo dispositivo (26) de accionamiento en torsión que tiene un tubo AMF con un sentido de torsión dirigido opuesta colineal con el primer dispositivo de accionamiento en torsión;

unir los extremos proximales de los dispositivos de accionamiento en torsión primero (24) y segundo (26) en un acoplamiento (32) central; y controlar las temperaturas de los dispositivos de accionamiento en torsión primero (24) y segundo (26) alrededor de una temperatura media seleccionada para giro antagonista del acoplamiento (32) central.

- 5
11. El método de la reivindicación 10 en el cual el control de temperatura incluye:
- 10
- recibir una orden de posición angular;
  - comparar la orden de posición angular con una posición real del acoplamiento (32) central;
  - proporcionar una primera orden de temperatura para el primer dispositivo (24) de accionamiento en torsión.
12. El método de la reivindicación 11 en el cual el control de temperatura incluye además:
- 15
- comparar la primera orden de temperatura con la temperatura media seleccionada;
  - proporcionar una segunda orden de temperatura en respuesta a la comparación.
13. El método de la reivindicación 12 en el cual el control de temperatura incluye además:
- 20
- comparar la primera orden de temperatura con una temperatura real del primer dispositivo (24) de accionamiento en torsión;
  - comparar la segunda orden de temperatura con una temperatura real del segundo dispositivo (26) de accionamiento en torsión;
  - proporcionar salidas de corriente a un calentador (35) de cartucho para el primer dispositivo (24) de accionamiento en torsión y un segundo calentador (39) de cartucho para el segundo dispositivo (26) de accionamiento en torsión que responden a la primera comparación de temperatura y a la segunda comparación de temperatura respectivamente.
- 25



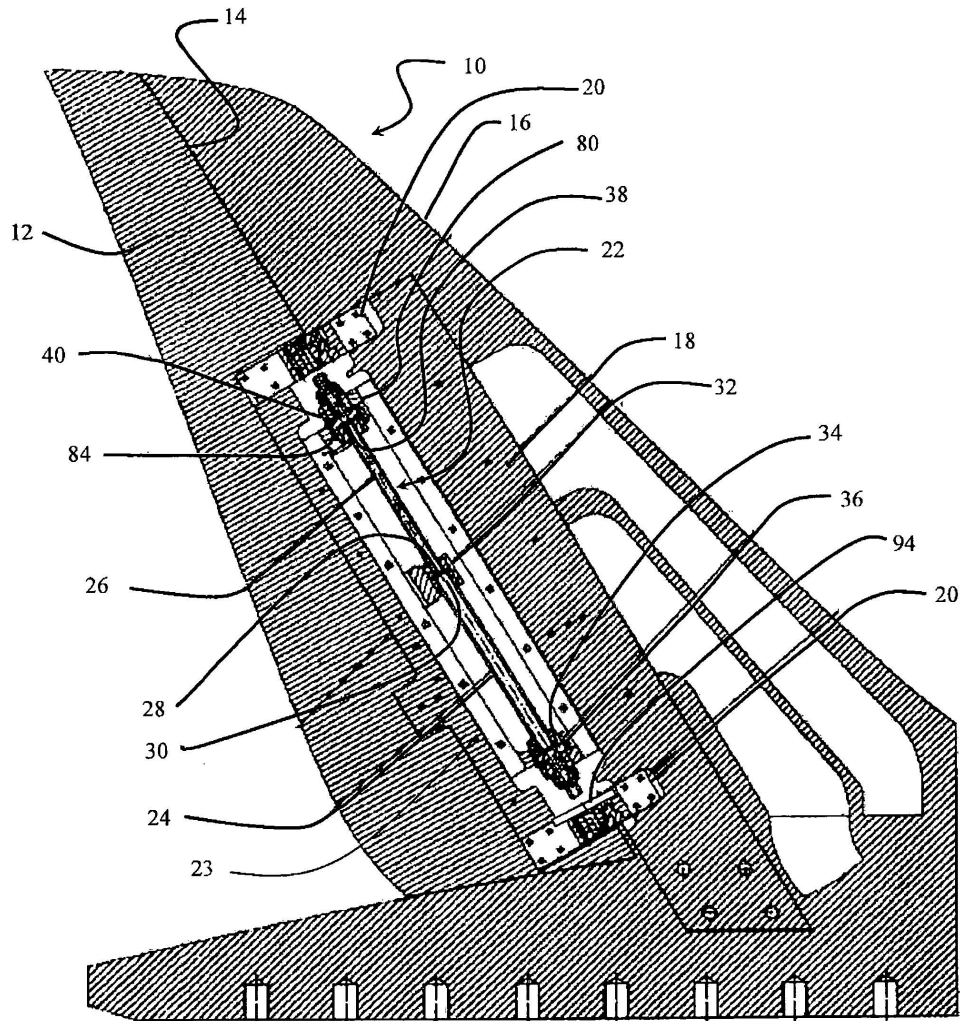


FIG. 1

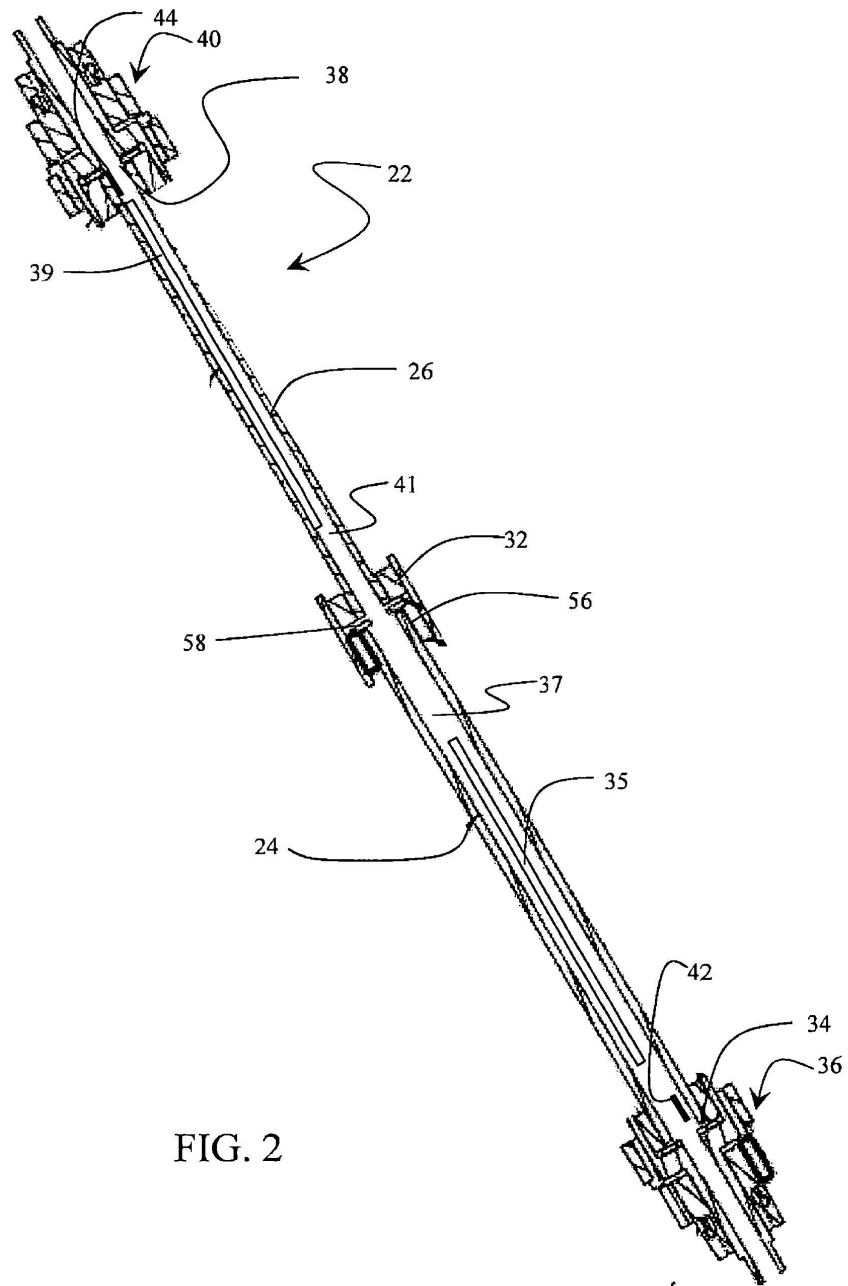


FIG. 2

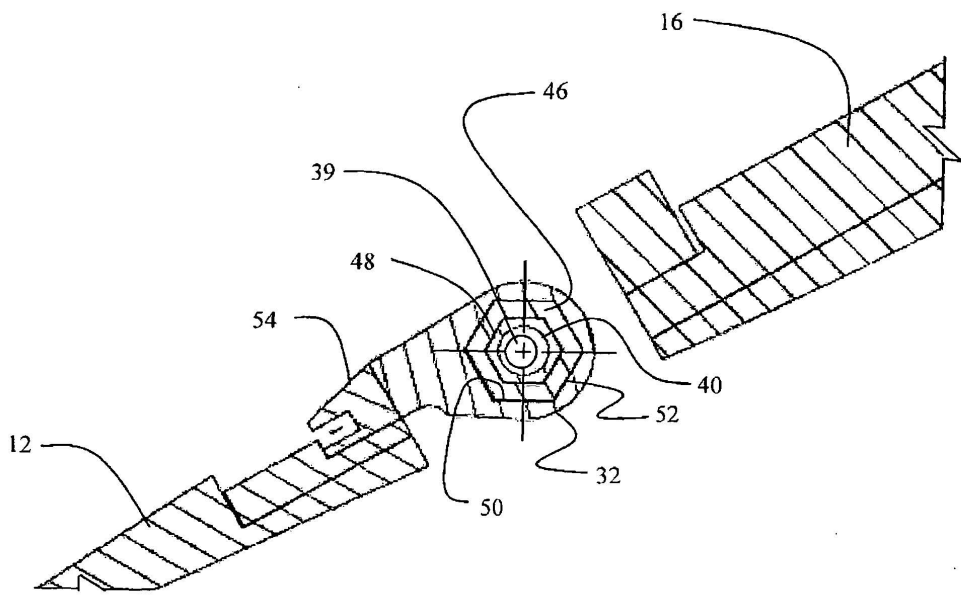


FIG. 3



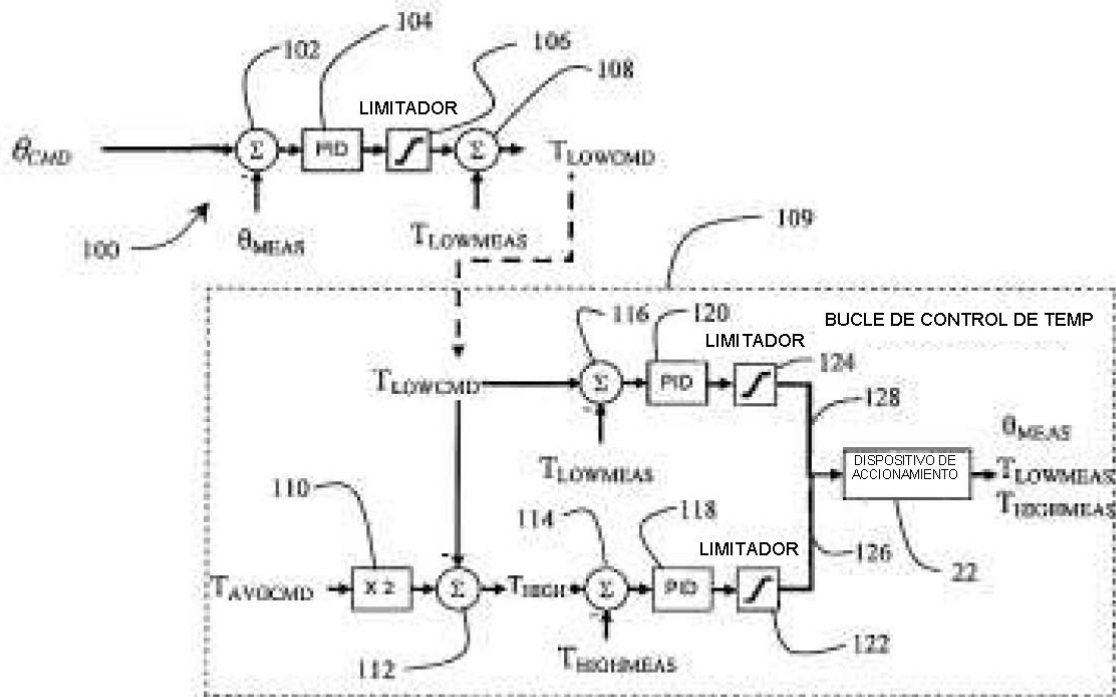


FIG. 5