

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 705**

51 Int. Cl.:

**F15B 5/00** (2006.01)

**B64C 25/26** (2006.01)

**F03G 7/06** (2006.01)

**H01L 35/28** (2006.01)

**H05B 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2008 PCT/CA2008/002255**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2009 WO09079785**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2008 E 08864753 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2235379**

54 Título: **Mecanismo de bloqueo arriba del tren de aterrizaje que emplea una actuación térmica de cambio de fase**

30 Prioridad:  
**21.12.2007 US 16278**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.09.2019**

73 Titular/es:  
**SAFRAN LANDING SYSTEMS CANADA INC.  
(100.0%)  
574 Monarch Avenue  
Ajax, Ontario L1S 2G8, CA**

72 Inventor/es:  
**SCHMIDT, KYLE R.;  
SINCLAIR, MICHAEL y  
CHAN, EDWARD CHUN KEI**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 724 705 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**

Mecanismo de bloqueo arriba del tren de aterrizaje que emplea una actuación térmica de cambio de fase

**Campo de la invención**

5 La invención presente se refiere a sistemas de control del tren de aterrizaje y, en particular, a mecanismos para la retención y liberación del tren de aterrizaje cuando está en la posición retraída.

**Antecedentes de la invención**

10 Los mecanismos de bloqueo arriba de las aeronaves están diseñados para bloquear el tren de aterrizaje en una posición retraída y ayudar a cargar el peso del tren de aterrizaje durante el vuelo. Los mecanismos de bloqueo arriba convencionales consisten en un cierre con resorte que bloquea el engranaje en su sitio y un cilindro hidráulico para liberar el mecanismo de bloqueo para liberar el tren de aterrizaje que debe ser bajado durante el aterrizaje.

15 Los sistemas de aeronaves actuales suelen utilizar una multitud de subsistemas hidráulicos como fuente de energía mecánica. Los bloqueos arriba típicos del estado de la técnica emplean un actuador hidráulico para realizar la función de desbloqueo, y con frecuencia utilizan un sistema de cable accionado manualmente para realizar el desbloqueo en el caso de un fallo del sistema hidráulico. Otros bloqueos existentes emplean un actuador hidráulico secundario para una liberación alternativa. De manera desventajosa, el sistema de actuación hidráulico es complejo y añade un peso adicional innecesario que debe ser transportado por la aeronave.

20 Ha existido una tendencia en la industria aeronáutica hacia los sistemas de actuación eléctricos. Se puede observar una reducción general del peso de la aeronave mediante el uso de sistemas eléctricos, en lugar de sistemas hidráulicos. Sin embargo, los sistemas de actuación eléctricos son complejos de fabricar y no son completamente fiables.

25 Para resolver la dificultad de liberar un bloqueo arriba usando energía eléctrica, se han investigado dos enfoques. En el primer enfoque, se puede emplear un solenoide electromagnético como actuador de liberación principal. Los solenoides ofrecen típicamente una fuerza relativamente baja por unidad de masa, pero son simples y fiables. Los sistemas de solenoide pueden ser empleados donde el peso del tren de aterrizaje puede ser levantado del gancho del bloqueo arriba antes de que el solenoide sea activado. En el caso de un fallo en donde el mecanismo de elevación del tren de aterrizaje se vuelve inoperable, el peso del tren de aterrizaje sobre el gancho es excesivo para que el solenoide se suelte. Los sistemas que emplean solenoides para la liberación primaria tienen también un mecanismo de liberación secundario. Este mecanismo de liberación puede ser manual, operado por cable, pero típicamente se emplea un actuador electromecánico. Un actuador electromecánico usa un motor eléctrico acoplado a una caja de engranajes para proporcionar un sistema de actuación de gran fuerza/par. Los actuadores electromecánicos tienen un alto nivel de complejidad y varios modos de fallo problemáticos.

35 Por consiguiente, existe, por tanto, una necesidad de un sistema de actuación del tren de aterrizaje para aeronaves que permita la liberación de los bloqueos arriba para evitar o mitigar al menos algunas de las desventajas expuestas anteriormente. Además, existe la necesidad de un actuador que evite o mitigue al menos algunas de las desventajas de los actuadores presentadas anteriormente.

40 La patente de los EE.UU. N° 5685149 describe un actuador mecánico termoquímico controlado proporcionalmente en donde un operador puede seleccionar una característica operativa, tal como un grado de extensión o de fuerza de un miembro de extensión de un actuador térmico, con un circuito de entrada. El circuito de control de entrada genera una señal de referencia. Un circuito de realimentación controla una característica del actuador térmico, tal como la temperatura de su polímero interno, la extensión del miembro de extensión, la fuerza o similares, y genera una señal de realimentación correspondiente. Un circuito de error compara las señales de referencia y de realimentación y genera una señal de error según las éstas. Un circuito dither (oscilación pequeña) genera una señal dither oscilante que se superpone a una de las señales de control y realimentación antes de la comparación hecha por el circuito de error. Un circuito de conversión de energía ajusta una cantidad de energía eléctrica suministrada a un elemento calentador del actuador térmico según la señal de error.

45 El documento WO 2005/005252 A1 describe un conjunto de bloqueo arriba para retener y liberar los sistemas del tren de aterrizaje.

**Compendio de la invención**

50 Según un aspecto de la invención, se proporciona un conjunto de bloqueo arriba que comprende al menos uno de los medios de actuación térmicos primario y secundario para activar la liberación de un mecanismo de bloqueo arriba acoplado a él. Por consiguiente, la invención presente utiliza al menos un actuador térmico para activar el mecanismo de liberación de bloqueo.

Según un aspecto, el actuador térmico comprende una cámara para contener materiales expansibles tales como cera de parafina u otros materiales adecuados. El actuador térmico comprende además un pistón adaptado para ser

- 5 extendido para aplicar el mecanismo de liberación del bloqueo arriba y hacer que se libere. Los mecanismos de calentamiento se utilizan dentro del actuador térmico para calentar la cera y causar una expansión volumétrica de la cera de parafina (por ejemplo, durante el cambio de fase de sólido a líquido). Según un aspecto, el mecanismo de calentamiento incluye, por ejemplo, elementos de calentamiento resistivos que son usados para fundir material expansible contenido dentro de la cámara cilíndrica para extender el pistón y producir una actuación lineal. Según otro aspecto de la invención, el actuador térmico comprende un dispositivo de unión Peltier para calentar el material expansible en la cámara y causar una actuación lineal del pistón para la posterior liberación del tren de aterrizaje. Según un aspecto adicional de la invención, el actuador térmico comprende un dispositivo de unión Peltier y un dispositivo de calentamiento resistivo para calentar cooperativamente el material expansible.
- 10 Según otro aspecto, la invención presente proporciona un conjunto de bloqueo arriba que tiene un actuador térmico para accionar parcial o totalmente un mecanismo de liberación de bloqueo arriba del conjunto de bloqueo arriba.
- 15 Según un aspecto de la invención, el actuador térmico comprende además un primer y un segundo mecanismo de calentamiento redundante dual para calentar el material expansible tal como cera de parafina. En un aspecto, el primer mecanismo de calentamiento comprende una bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier para transferir el calor al actuador para fundir la cera y transferir el calor del actuador para enfriar la cera. Según otro aspecto, el segundo mecanismo de calentamiento comprende además un elemento de calentamiento resistivo para calentar el material expansible.
- 20 Según un aspecto, se proporciona un actuador térmico que comprende: una cámara configurada para contener en su interior material expansible; un primer dispositivo de calentamiento termostático acoplado a dicha cámara y en comunicación con dicho material, dicho primer dispositivo de calentamiento termostático es operable para calentar y mantener dicho material a una temperatura predeterminada; un mecanismo de calentamiento acoplado a dicha cámara y en comunicación con dicho material, dicho mecanismo de calentamiento es operable para calentar dicho material una vez a dicha temperatura predeterminada causando su expansión volumétrica; y un pistón acoplado de manera deslizable a dicha cámara y adaptado para extenderse en respuesta a dicha expansión volumétrica.
- 25 En un aspecto, la temperatura predeterminada comprende una temperatura por debajo de la temperatura de fusión del material expansible.

#### **Descripción breve de los dibujos**

Realizaciones ejemplares de la invención se describen a continuación junto con los siguientes dibujos, en los que:

- 30 La Figura 1 es una vista lateral de un conjunto de bloqueo arriba que incluye un actuador térmico según una realización de la invención;
- La Figura 2 es una vista isométrica del actuador térmico de liberación del bloqueo arriba del conjunto de bloqueo arriba de la Figura 1;
- La Figura 3 es una vista lateral y en sección transversal del actuador térmico según una realización;
- 35 La Figura 4 es un diagrama esquemático de una implementación del calentador de coeficiente de temperatura positivo para ser usado con el actuador térmico;
- La Figura 5 es una vista isométrica del conjunto de bloqueo arriba según una realización alternativa;
- La Figura 6 es una vista esquemática que ilustra la operación del sistema de control y el sensor de temperatura del actuador térmico según una realización; y
- 40 La Figura 7 es una vista esquemática que ilustra la operación del dispositivo de calentamiento termostático y un mecanismo de calentamiento del actuador térmico según otra realización.

#### **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

- 45 Según una realización ilustrada en la Figura 1, hay dispuesto un conjunto de bloqueo arriba 100 que comprende un actuador térmico 1 para activar un mecanismo de liberación del bloqueo arriba 4 y liberar un gancho de retención 6 para liberar trenes de aterrizaje y/o las compuertas de una aeronave que están en la posición cerrada y retraída. Por ejemplo, esto puede ocurrir para liberar el tren de aterrizaje para la toma de tierra de la aeronave. Como resultará evidente para un experto en la materia, los actuadores térmicos pueden ser denominados también actuadores de parafina o actuadores de cera.

- 50 Según se describe a continuación, el actuador térmico 1 comprende además una cámara sustancialmente cerrada (por ejemplo, cilíndrica) configurada para contener material expansible 15 (por ejemplo, cera de parafina, Figura 3) que sufre un cambio volumétrico debido a un cambio de temperatura (tal como la cera de parafina, u otras ceras o materiales que expanden su volumen durante un cambio de fase de sólido a líquido causado por el calentamiento del material). De preferencia, la cámara cilíndrica es rígida. El actuador térmico 1 comprende además un mecanismo de

calentamiento acoplado a la cámara cilíndrica y en comunicación con el material expansible para calentar dicho material expansible y causar su expansión volumétrica (por ejemplo, durante un cambio de fase sólida a líquida del material). Haciendo referencia a la Figura 1, el actuador térmico 1 comprende adicionalmente un pistón 3 acoplado a la cámara y adaptado para aplicar dicho mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4 para liberar dicho gancho de retención 6 en respuesta a dicho calentamiento del material.

La operación del conjunto de bloqueo arriba 100 se explica seguidamente haciendo referencia a la Figura 1. El conjunto de bloqueo arriba 100 está configurado para ser usado con el tren de aterrizaje de aeronaves y las compuertas del tren de aterrizaje. La orientación del conjunto de bloqueo arriba 100 del tren de aterrizaje está ilustrada en la Figura 1, tal como está montado en el compartimento del tren de aterrizaje. En la operación, para bloquear el tren de aterrizaje (no mostrada) durante el vuelo, el tren de aterrizaje es retraído en el gancho de retención cargado por resorte 6, que pivota hacia arriba (en sentido contrario a las agujas del reloj) alrededor de un primer punto de pivotamiento 8. Con el fin de liberar el tren de aterrizaje, el mecanismo de calentamiento del actuador térmico 1 calienta dicho material expansible. Como resultará evidente, el calentamiento del material expansible causa la expansión volumétrica del material. La expansión volumétrica causa una fuerza contra el pistón 3 del actuador térmico 1, de forma que el pistón 3 se extiende para hacer que pivote el mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4 alrededor de un segundo punto de pivotamiento 2. Por otra parte, una vez que el material dentro de la cámara es enfriado (por ejemplo, al extraer el calor del material a través del mecanismo de calentamiento), esto causa que el volumen del material dentro de la cámara disminuya, lo que permite la retracción del pistón 3. En cuanto se ha liberado el engranaje, la tensión de un medio de carga flexible tal como un resorte 5 devuelve el gancho de retención 6 al estado desbloqueado (el miembro de captura 6 gira después en sentido horario alrededor del primer punto de pivotamiento 8). Según una realización, el engranaje puede desbloquearse también si los sistemas eléctricos fallan al tirar de un cable de liberación manual 7 acoplado al mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4.

#### Actuador térmico 7

Según una realización, el mecanismo de calentamiento del actuador térmico 1 comprende además al menos uno de un primero y de un segundo mecanismo de calentamiento redundante dual para calentar el material expansible tal como cera de parafina. En un aspecto, el primer mecanismo de calentamiento comprende una bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier tanto para transferir calor al actuador 1 para fundir el material expansible como la cera y para transferir posteriormente el calor del actuador 1 cuando se desea enfriar la cera más rápidamente. Según otro aspecto, el segundo mecanismo de calentamiento comprende además un elemento de calentamiento resistivo para calentar el material expansible.

Como resultará evidente para un experto en la materia, la redundancia es la duplicación de ciertos componentes de un sistema para proporcionar una funcionalidad de respaldo en caso de que uno de los componentes falle o esté inactivo, lo que mejora la fiabilidad del sistema. Por consiguiente, como se describe a continuación, los mecanismos de calentamiento primero y segundo están adaptados para proporcionar un calentamiento redundante del material expansible.

Según una realización preferida, se proporcionan mecanismos de calentamiento redundantes duales. Haciendo referencia a la Figura 3, se muestra una vista lateral y una sección transversal del actuador térmico 1 que emplea ambos mecanismos de calentamiento (bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12 y el elemento de calentamiento resistivo 13). Por tanto, los métodos de calentamiento eléctrico son usados para fundir el material expansible (por ejemplo, cera de parafina 15) contenida dentro del actuador térmico 1, lo que causa que éste se expanda y active el mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4. De preferencia, con el fin de mejorar la fiabilidad en aplicaciones para aeronaves, se emplean métodos de calentamiento eléctricos duales para calentar la parafina 15. En una realización de la invención presente, se utiliza un cable de calentamiento resistivo de nicromo 13 junto con una bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12. Cada método de calentamiento puede proporcionar suficiente energía para liberar el mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4 independientemente. Es decir, cuando uno de los dos mecanismos de calentamiento (por ejemplo, uno de los cables de calentamiento resistivo de nicromo 13 o la bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12) falla o está inactivo, el otro de los dos mecanismos de calentamiento es operable para calentar el material 15 y proporcionar suficiente expansión volumétrica para causar la extensión del pistón 3. Además, cuando ambos mecanismos de calentamiento son usados conjuntamente (por ejemplo, el calentamiento resistivo 13 y la bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12), esto permite un calentamiento más rápido del material 15 y una extensión más rápida del pistón 3, reduciendo así el tiempo de respuesta para accionar el mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4.

Además, la bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12 es operable para transferir el calor al actuador 1 para fundir la cera 15 y, alternativamente, para transferir el calor del actuador 1 para enfriarlo más rápidamente. Según se ha mencionado anteriormente, el elemento de calentamiento resistivo 13 puede ser usado también para calentar el material. Cuando el actuador térmico 1 comprende ambos mecanismos de calentamiento según se ilustra en la Figura 3, la bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12 es operable para calentar el material expansible junto con el elemento 13 de calentamiento resistivo. Por tanto, los mecanismos de calentamiento redundantes duales permiten un calentamiento más rápido del material expansible (por ejemplo, la parafina 15) para permitir que la actuación del pistón 3 y la aplicación del mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4 sean más instantáneos. Además, según se ha descrito anteriormente, la bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12 es operable para transferir el calor fuera del

actuador 1 para permitir que el material expansible se enfríe más rápidamente, lo que causa que el volumen del material disminuya. Según se ha mencionado anteriormente, la contracción del volumen del material suprime la fuerza ejercida sobre el pistón 3 permitiendo que el pistón 3 se retraiga.

5 Por consiguiente, pequeños volúmenes de cera de parafina 15 u otros materiales expansibles en estado de fusión, pueden crear altas presiones dentro de la cámara y, por tanto, dan lugar a grandes fuerzas de actuación sobre el pistón 3 que causan que el pistón 3 se extienda. De esta manera, se puede usar uno o ambos mecanismos de calentamiento (bomba de calor de unión Peltier 12 y el elemento de calentamiento resistivo 13) para calentar el material expansible, tal como la parafina 15. Además, este mecanismo de calentamiento redundante dual permite que uno de los mecanismos de calentamiento realice la tarea de calentar la cera de parafina 15 en caso de fallo del otro de los  
10 mecanismos de calentamiento. Además, cuando se utilizan los dos mecanismos de calentamiento (bomba de calor de unión Peltier 12 y elemento de calentamiento resistivo 13), se consigue que el material expansible 15 se caliente y enfríe más rápidamente.

Haciendo referencia a la Figura 2, el actuador térmico 1 comprende un conector 9, una tapa de extremo conductora térmicamente 11, un alojamiento 10 para contener la cámara que contiene el material expansible y un pistón 3.

15 La vista en sección transversal de la Figura 3 muestra el material expansible 15 (por ejemplo, parafina) contenido dentro de un alojamiento 10 térmicamente aislante y una tapa de extremo 11 térmicamente conductora. Para extender el pistón 3, es aplicada una corriente eléctrica a uno o a ambos mecanismos de calentamiento mencionados anteriormente (bomba de calor de unión Peltier 12 y al elemento de calentamiento resistivo 13). El dispositivo Peltier 12 pasa calor dentro o fuera de la parafina 15 desde el exterior del actuador térmico 1 a través de la tapa de extremo  
20 conductora térmicamente 11. Una realización de la invención presente suministra corriente al cable de calentamiento resistivo de nicromo 13 por medio de un conector 9 herméticamente sellado.

Al diseñar un actuador térmico 1, se tiene en cuenta la posibilidad de garantizar una retracción sustancialmente completa del pistón 3 después de cada ciclo. Según una realización, para reciclar un actuador térmico 1, un resorte 17 está embebido en el actuador 1 para ayudar a que el pistón 3 retorne cuando la cera 15 se enfría y solidifica.

25 Según se ilustra en la Figura 3, el actuador térmico 1 emplea el uso del resorte 17 para asegurar una retracción sustancialmente completa del pistón 3 durante la solidificación del material expansible 15. Según la realización presente, el resorte de compresión 17 resiste la extensión lineal del pistón 3, de manera que durante la fase de enfriamiento el pistón 3 regresa a su estado completamente retraído. La geometría adicional del pistón 16 funciona como un tope duro para limitar el desplazamiento de los pistones 3 entre el alojamiento 10 y la tapa de montaje 20.

30 Haciendo referencia de nuevo a la Figura 3, el actuador térmico 1 comprende además sellos de alta presión 14 que contienen la parafina 15 en expansión conforme experimenta el cambio de fase durante el calentamiento. Además, el actuador térmico 1 comprende sellos ambientales 18 que aseguran que los contaminantes no interfieran con el movimiento interno del pistón 3 o del resorte 17. Tanto la tapa del soporte 20 como la tapa del extremo 11 están roscadas 19 y, por tanto, son fijadas al alojamiento 10 cuando están atornilladas en su sitio.

### 35 **Bomba de calentamiento termoelectrónico de unión Peltier 12**

La siguiente exposición proporciona una descripción general de la operación de la bomba de calor termoelectrónica de unión Peltier 12 usada con el actuador térmico 1, según se ilustra en la Figura 3. La bomba de calor termoelectrónica de unión Peltier 12 es un dispositivo semiconductor que induce un flujo de energía termodinámica entre sus dos placas en oposición. La cantidad de calor transferido es proporcional a la cantidad de corriente que pasa a través de una serie alterna de semiconductores tipo n y tipo p dada por:

$$Q = 2 \cdot N \cdot \{ \alpha \cdot I \cdot T_c - [(I^2 \cdot \rho) / (2 \cdot G)] - \kappa \Delta T \cdot G \}$$

Q: Calor bombeado (W)

N: Número de termopares

$\alpha$ : Coeficiente de Seebeck (V/K)

45 I: Corriente (A)

$T_c$ : Temperatura del lado frío (K)

$\rho$ : Resistividad ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )

G: Superficie/Longitud del elemento termoelectrónico (cm)

$\kappa$ : Conductividad térmica (W/cm·K)

50  $\Delta T$ : Temperatura del lado caliente - Temperatura del lado frío (K)

Los dispositivos Peltier 12 pueden ser usados para calentar de manera eficiente un objeto tal como la parafina 15 extrayendo energía del ambiente, así como también suministrando el calor de sus pérdidas de energía resistiva interna. Al invertir la polaridad eléctrica de la unión Peltier 12 se enfría el objeto bombeando calor en la otra dirección y liberándolo a la atmósfera. Así, según una realización, cuando el tren de aterrizaje ha sido liberado como resultado del calentamiento del material expansible 15, la energía térmica de la parafina líquida 15 puede ser activamente disipada invirtiendo la polaridad eléctrica del dispositivo Peltier 12. Esta combinación de calentamiento y enfriamiento utilizando la propiedad de transferencia de calor bidireccional del dispositivo Peltier 12 es ventajosa porque disminuye el tiempo total del ciclo del actuador y permite un calentamiento y un enfriamiento más rápidos de la parafina 15.

La energía térmica transferida a través del dispositivo Peltier 12 durante la fase de enfriamiento es disipada por medio de un receptor térmico (no ilustrado en las Figuras). Para reducir el volumen del metal que debe ser calentado durante la actuación, el receptor térmico es mantenido pequeño y la convección forzada de un ventilador es usada para disipar la energía térmica necesaria.

#### **Alojamiento 10**

Los materiales que rodean y/o están en contacto con la parafina 15 son seleccionados de manera que tengan una baja conductividad térmica. Este principio de diseño da como resultado una reducción de las pérdidas térmicas por medio de la disipación del calor, una mayor eficiencia y, por tanto, una reducción de los tiempos de los ciclos de actuación. Como ejemplo, esto se puede lograr fabricando el alojamiento 10 del actuador 1 (Figuras 2 y 3) a partir de un polímero de alta resistencia o mediante el uso de inserciones aisladas dentro de un alojamiento metálico. Se debe considerar la posibilidad de permitir una conducción térmica adecuada del calor hacia y desde el dispositivo Peltier 12 a través de la tapa de extremo 11.

Como se ha descrito anteriormente, según una realización, se emplea un actuador térmico 1 de cámara única para realizar la acción de liberación del bloqueo arriba. Se utilizan métodos de transferencia de calor duales (por ejemplo, cable resistivo de nicromo 13 y bomba de calor de unión Peltier 12) para proporcionar un grado de redundancia.

Según una realización alternativa, se proporciona un segundo actuador térmico 1 (no ilustrado) en el mismo conjunto de bloqueo arriba 100 para funcionar como el sistema de liberación secundario del primer actuador térmico 1 descrito en esta memoria. Este segundo actuador 1 opera con un suministro eléctrico independiente para funcionar como una fuente de actuación redundante. Como resultará evidente, si uno de los primeros y segundos actuadores térmicos 1 falla, el otro de los primeros y segundos actuadores térmicos 1 es usado como respaldo para activar el mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4 y causar la liberación del gancho de retención 6 y del tren de aterrizaje. Ya sea uno u otro (o ambos) de los métodos de calentamiento (por ejemplo, el cable resistivo de nicromo 13, la bomba de calor de unión Peltier 12 u otros mecanismos de calentamiento, como resultará evidente para un experto en la materia) pueden ser implementados para fundir la parafina 15 de este actuador secundario y causar la liberación del tren de aterrizaje.

Ventajosamente, el actuador térmico 1 genera una fuerza relativamente grande para una pequeña unidad de masa. En general, los actuadores térmicos presentan características de operación homogéneas y pueden ser usados en sistemas de realimentación de circuito cerrado. Una desventaja de los actuadores térmicos conocidos es la duración del ciclo. Debido a que el sistema de calentamiento debe calentarse para que se derrita la cera; el proceso de actuación no es instantáneo. Según una realización, el tiempo de actuación puede ser reducido minimizando el volumen de cera 15 en la cámara cilíndrica del alojamiento 10, minimizando así la conducción térmica a través del cuerpo del actuador y maximizando la entrada de energía.

#### **Sensor de temperatura 602 y sistema de control 604**

Según una realización, el actuador térmico 1 comprende además un sensor de temperatura 602 y un sistema de control 604, según se ilustra en la Figura 6. El sensor de temperatura 602 es operable para detectar una lectura de temperatura del material expansible (por ejemplo, parafina 15) mientras que el sistema de control 604 es operable para recibir la lectura de temperatura y para controlar continuamente la temperatura del material según la lectura de temperatura.

Por ejemplo, el sensor de temperatura 602 está embebido dentro de la parafina 15 del actuador térmico 1. Según se ilustra en la Figura 6, los datos de temperatura de la parafina 15 pueden ser realimentados a un sistema de control 604 que es operable para mantener la temperatura de la parafina 15 justo por debajo del punto de fusión. En este punto, una vez que la temperatura de la parafina 15 se encuentra justo por debajo del punto de fusión 604, los dispositivos de calentamiento 603 (por ejemplo, el cable resistivo de nicromo 13 y/o la bomba de calor de unión Peltier 12 u otros mecanismos de calentamiento) solo necesitan suministrar suficiente energía para superar el calor latente de fusión y fundir la parafina 15 para causar la expansión del volumen de la parafina 15 y la extensión del pistón 3. En consecuencia, esta implementación reduce el tiempo de respuesta del actuador térmico 1 ya que el material expansible 15 ya está a una temperatura predeterminada por debajo de la temperatura de fusión y el cable resistivo de nicromo 13 y/o la bomba de calor de unión Peltier 12 proporcionan suficiente energía para fundir el material expansible 15. Además, como entenderá una persona experta en la materia, el sensor de temperatura 602 y el sistema de control 604 pueden ser implementados de manera similar en el caso del segundo actuador térmico (no mostrado).

Según una realización, el actuador térmico 1 comprende además un sensor de presión acoplado al material expansible y al sistema de control 604. El sensor de presión está adaptado para monitorizar la presión del material expansible y proporcionar una lectura de su presión. En un aspecto, el sistema de control 604 es operable para recibir la lectura de presión y para controlar la presión del material expansible a una cantidad predeterminada. El sistema de control es además operable para determinar si se ha producido un fallo en el actuador térmico 1 debido a una lectura de presión excesiva.

Según se ha descrito en la memoria presente, es ventajoso mantener el material expansible 15 a una temperatura predeterminada justo por debajo del punto de fusión del material expansible 15 de manera que solo se proporcione energía suficiente para superar el calor latente de fusión para causar la extensión del pistón 3. En la realización descrita anteriormente, se emplea un sistema de control activo 604 para mantener la temperatura a una temperatura deseada con realimentación a partir de los sensores de temperatura 602. Según otra realización, el actuador térmico 1 presenta un tiempo del ciclo mejorado manteniendo la temperatura del material expansible 15 a un primer umbral predeterminado, pasivamente por medio de un dispositivo de calentamiento termostático 702.

#### **Dispositivo de calentamiento termostático 702**

Según la realización presente ilustrada en la Figura 7, el actuador térmico 1 comprende un primer dispositivo de calentamiento termostático 702 acoplado a la cámara y en comunicación con el material 15, de manera que el primer dispositivo de calentamiento termostático 702 es operable para calentar dicho material 15 a una primera temperatura predeterminada y para mantener dicho material 15 a la primera temperatura predeterminada (por ejemplo, ligeramente por debajo de la temperatura de fusión del material expansible).

Según la realización presente, el actuador térmico 1 comprende además un segundo mecanismo de calentamiento 704 acoplado a la cámara y en comunicación con el material 15 de manera que el segundo mecanismo de calentamiento 704 es operable para calentar el material expansible 15 desde la primera temperatura predeterminada hasta una segunda temperatura predeterminada. Una persona experta en la materia entenderá que la primera y la segunda temperaturas predeterminadas pueden incluir un intervalo de temperaturas deseables.

En un aspecto, el primer dispositivo de calentamiento termostático comprende un calentador de coeficiente de temperatura positivo (PTC) adaptado para calentar y mantener una temperatura umbral deseada del material expansible 15. El segundo mecanismo de calentamiento comprende un mecanismo de calentamiento tal como un elemento de calentamiento resistivo o bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier para transferir calor al material expansible 15. Según se ha dicho, el segundo mecanismo de calentamiento 704 está adaptado para calentar el material expansible desde la primera temperatura alcanzada por medio del dispositivo de calentamiento termostático 702 hasta la segunda temperatura predeterminada (por ejemplo, la temperatura de fusión del material expansible). Es decir, el segundo mecanismo de calentamiento 704 está adaptado para calentar el material expansible hasta un punto que causa la fusión del material 15 y causa el aumento de su volumen, a fin de proporcionar suficiente energía para hacer que el pistón 3 se extienda.

Como se ha descrito anteriormente, según una realización preferida, el actuador térmico 1 proporciona mecanismos de calentamiento redundantes duales, de manera que si uno de los mecanismos de calentamiento falla o está de alguna manera inactivo, el otro mecanismo de calentamiento es operable para calentar el material expansible 15 lo suficiente para causar la extensión del pistón 3. Además, el doble mecanismo de calentamiento redundante permite que los dos mecanismos de calentamiento trabajen juntos para causar un calentamiento más rápido del material expansible 15 y reducir aún más el tiempo del ciclo.

Según la realización presente, el segundo mecanismo de calentamiento 704 incluye un mecanismo de calentamiento redundante dual. En este caso, el mecanismo de calentamiento redundante dual es operable para calentar dicho material expansible 15 junto con el dispositivo de calentamiento termostático. Es decir, el dispositivo de calentamiento termostático 702 puede mantener la temperatura del material expansible 15 a un umbral predefinido (por ejemplo, la primera temperatura predeterminada por debajo de la temperatura del punto de fusión del material 15) antes de la actuación. Cada uno de dichos mecanismos de calentamiento redundantes duales puede proporcionar independientemente energía suficiente para fundir el material expansible 15 al actuar, o ambos mecanismos de calentamiento pueden ser usados en paralelo para permitir un calentamiento más rápido del material expansible 15 al actuar.

En un aspecto, el mecanismo de calentamiento redundante dual comprende un primer mecanismo de calentamiento tal como una bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12 y un segundo mecanismo de calentamiento tal como un elemento de calentamiento resistivo 13. El doble mecanismo de calentamiento redundante es operable para cooperar al calentamiento del material expansible 15 con el mecanismo de calentamiento termostático 702 y comprende un calentador de coeficiente de temperatura positivo.

Como entenderá un experto en la materia, se pueden contemplar otras combinaciones de los mecanismos de calentamiento redundantes duales. Por ejemplo, el mecanismo de calentamiento redundante dual puede incluir dos bombas de calor termoeléctricas de unión Peltier 12 en comunicación con el material expansible 15 y operables para cooperar con el dispositivo de calentamiento termostático para calentar el material expansible 15 desde la primera

temperatura predeterminada (por ejemplo, justo por debajo de la temperatura del punto de fusión) hasta una segunda temperatura predeterminada que causa la expansión de volumen del material 15 y da como resultado la extensión del pistón 3.

De preferencia, en un aspecto, el actuador térmico 1 emplea un calentador de coeficiente de temperatura positivo (PTC) en combinación con una bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12, ambos dispositivos están configurados para calentar el material expansible 15. En operación, el calentador de coeficiente de temperatura positivo es activado para transferir calor al material expansible y para mantener el material a una primera temperatura predeterminada. Mientras el calentador PTC está transfiriendo calor al material expansible, la bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier es desactivada hasta que se desea la actuación del pistón 3. Como el coeficiente de temperatura positivo del calentador puede funcionar como un termostato, se autorregula a una temperatura crítica diseñada (por ejemplo, la primera temperatura predeterminada) y alcanzar una temperatura de estado estable. Dicha temperatura crítica diseñada puede ser seleccionada durante la formación del coeficiente de temperatura positivo del calentador para que tenga una temperatura predefinida tal que a dicha temperatura predefinida, el material expansible sea mantenido por debajo de su punto de fusión. Una vez que se desea la actuación del pistón 3, la bomba de calor termoeléctrica de la unión Peltier 12 es activada para proporcionar energía para superar el calor latente de fusión del material expansible 15, fundiendo así el material 15 (por ejemplo, alcanzando la segunda temperatura predeterminada) y operando el actuador 1. En la retracción, la operación de la bomba de calor termoeléctrica de la unión Peltier 12 es invertida para eliminar la energía del material para solidificar el material 15. Al alcanzar una temperatura predefinida, la bomba de calor termoeléctrica de la unión Peltier 12 es desactivada y el coeficiente de temperatura positivo del calentador es operable para llevar el material 15 a una temperatura estable a la temperatura crítica diseñada (por ejemplo, la primera temperatura predeterminada).

Alternativamente, la realización descrita anteriormente en esta memoria puede ser configurada con un calentador resistivo de nicromo 13 en lugar de una bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12 de manera que el calentador resistivo de nicromo 13 está configurado para fundir el material 15 una vez que se desee la actuación del pistón 3.

#### 25 **Operación del calentador PTC**

Una descripción general de la operación de un calentador de coeficiente de temperatura positivo se describe en esta memoria. De preferencia, dicho calentador está formado a partir de un material cerámico que tiene un coeficiente de temperatura positivo, de manera que la respuesta térmica fuertemente no lineal da como resultado un aumento repentino de la resistividad del material más allá de una cierta temperatura crítica. Los materiales típicos que tienen esta característica son el titanato de bario y los compuestos de titanato de plomo. Al utilizar este material, el calentador puede actuar como su propio termostato y controlar la temperatura del calentador de forma pasiva. Conforme se aplica corriente al calentador, la resistividad es relativamente baja y, por tanto, la temperatura aumenta debido al calentamiento por resistencia. Sin embargo, conforme la temperatura aumenta más allá de la temperatura crítica diseñada, la resistividad aumenta significativamente y reduce el flujo de corriente y, a su vez, el calentamiento resistivo. Lo que da como resultado un estado estable con la temperatura del calentador a la temperatura crítica (por ejemplo, la primera temperatura predeterminada).

En otra realización ilustrada en la Figura 4, una resistencia de coeficiente de temperatura positivo está dispuesta en serie con un elemento de calentamiento resistivo de manera que la resistencia de PTC actúa regulando el flujo de corriente a través del elemento de calentamiento y manteniendo una temperatura de estado estable. Dado que las dos resistencias están en serie, comparten el mismo flujo de corriente. En virtud de la relación entre la resistividad y la temperatura en un calentador PTC, el aumento de la resistencia reduce la corriente general que fluye por la rama conforme aumenta la temperatura. Cuando se requiere un calentamiento adicional, la resistencia PTC puede ser derivada a 0 ohmios mediante el uso de un mecanismo de conmutación, lo que permite el flujo completo de corriente a través del elemento de calentamiento.

#### 45 **Redundancia - Dual**

Según se ha descrito brevemente en esta memoria anteriormente, el uso de una multitud de mecanismos de calentamiento para accionar el actuador térmico 1 proporciona redundancia. Según una realización ilustrada en la Figura 3, se muestra una vista lateral y una sección transversal del actuador térmico 1 que emplea ambos mecanismos de calentamiento (bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12 y el elemento de calentamiento resistivo 13). Además, como se ha descrito anteriormente, según una realización, la bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12 opera como mecanismo de calentamiento primario mientras que el elemento de calentamiento resistivo 13 opera como mecanismo de calentamiento secundario, proporcionando así un calentamiento redundante en caso de fallo o calentando el material expansible más rápidamente (cuando la bomba de calor termoeléctrica de unión Peltier 12 y el elemento de calentamiento resistivo 13 operan en paralelo).

En una operación, el mecanismo de calentamiento primario es activado para calentar el material expansible cuando es deseable liberar el conjunto de bloqueo arriba, o según una realización de la invención, es activado para mantener el material expansible en un punto de temperatura predefinido. Además, tanto el mecanismo de calentamiento primario como el secundario pueden ser configurados para calentar el material expansible conjuntamente, según se ha descrito en una realización de la invención. La redundancia proporcionada por el mecanismo de calentamiento secundario

permite que dicho mecanismo de calentamiento secundario lleve a cabo la tarea de activar el mecanismo de bloqueo en el caso de un fallo del mecanismo de calentamiento primario. Dichos modos de fallo del mecanismo de calentamiento primario pueden incluir, pero no estar limitados a, fallos del suministro eléctrico y lecturas de temperatura inesperadas. En tales casos, el sistema de control 604 del actuador térmico 1 puede controlar la temperatura del material expansible de manera que, por ejemplo, las disparidades extendidas entre la temperatura real y la temperatura deseada del material expansible pueden indicar un fallo del mecanismo de calentamiento. La operación de los mecanismos de calentamiento primario y secundario ha sido descrita anteriormente en esta memoria.

El actuador térmico 1 que se muestra en la Figura 3 está configurado para actuar únicamente en el mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4. Según una realización alternativa, el actuador térmico 1 es operable para funcionar en una configuración híbrida, por lo que el actuador térmico 1 actúa como un primer actuador y un segundo actuador alternativo actúa como un actuador secundario. Dicho segundo actuador alternativo incluye, por ejemplo, un actuador de motor eléctrico, un actuador hidráulico, un actuador de solenoide eléctrico y otros actuadores de este tipo, según describe el estado de la técnica, o combinaciones de éstos. Cada uno de los actuadores primero y segundo puede estar configurado para activar completamente el mecanismo de bloqueo arriba, proporcionando así otro grado de redundancia. Esta redundancia dual permite que uno de los actuadores realice la tarea de desbloquear el mecanismo de bloqueo arriba en caso de que el otro de los actuadores falle. Alternativamente, el primer y el segundo actuador pueden estar configurados para activar parcialmente el mecanismo de bloqueo arriba. Además, el primero y el segundo actuador son operables para accionar conjuntamente el mecanismo de liberación.

Haciendo referencia a la Figura 5, se muestra una vista isométrica del conjunto 100 de bloqueo arriba que emplea dos actuadores. En esta realización, el conjunto de bloqueo arriba 100 comprende un primer actuador térmico 1 y un segundo actuador hidráulico 21. En esta configuración, ambos actuadores (1 y 21) pueden accionar el mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4. El pistón 3 del actuador térmico y el pistón 22 del actuador hidráulico pueden estar en contacto con el mecanismo de liberación de bloqueo arriba para activar el mecanismo de bloqueo arriba 100 de la manera descrita en la configuración de un único actuador.

Según se ha descrito anteriormente en esta memoria, los dos actuadores 1, 21 pueden ser operados para proporcionar redundancia dual al accionar el mecanismo de liberación de bloqueo arriba. Según un aspecto ilustrado en la Figura 5, el actuador térmico 1 actúa como actuador primario y el actuador hidráulico 21 actúa como actuador secundario. En el caso de que el actuador térmico 1 muestre un comportamiento de fallo, el actuador térmico 1 es desactivado (por ejemplo, queda inactivo) y el actuador hidráulico 21 asume el cometido del actuador primario (por ejemplo, sigue activo). Dicho comportamiento de fallo puede incluir pero no estar limitado al fallo del calentador (mecanismos de calentamiento primario y secundario) o a una falta de actuación después de un tiempo predefinido. En tales casos, el sistema de procesamiento del conjunto de bloqueo arriba 100 puede monitorizar la posición del mecanismo de liberación de bloqueo arriba 4 y determinar el tiempo transcurrido entre la actuación deseada y la actuación real. Por ejemplo, un tiempo transcurrido inaceptable puede demostrar un fallo del actuador de bloqueo arriba y, por tanto, indica al actuador secundario que asuma la función del actuador primario (por ejemplo, que se active) y que se desactive el actuador primario (por ejemplo, quede inactivo).

Aunque el actuador térmico 1 que se ilustra en la Figura 3 tiene mecanismos de calentamiento redundantes duales (por ejemplo, el cable resistivo de nicromo 13 y la bomba de calor de unión Peltier 12) que pueden operar en paralelo o individualmente se han descrito en esta memoria para su uso con un conjunto de bloqueo arriba 100, un experto en la materia entenderá que pueden contemplarse otros usos y aplicaciones para el actuador térmico 1.

Aunque esta invención ha sido descrita haciendo referencia a realizaciones ilustrativas y ejemplos, la descripción no pretende ser interpretada en un sentido limitador. Por tanto, diversas modificaciones de las realizaciones ilustrativas, así como otras realizaciones de la invención, resultarán evidentes para los expertos en la materia que hacen referencia a esta descripción. Por tanto, se contempla que las reivindicaciones adjuntas cubran dichas modificaciones o realizaciones.

Aunque las realizaciones preferidas de la invención han sido descritas en la memoria presente, los expertos en la materia entenderán que pueden realizarse variaciones a las mismas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de bloqueo arriba (100) para retener y liberar sistemas de tren de aterrizaje, estando dicho conjunto de bloqueo arriba **caracterizado por que** comprende:
- un actuador térmico (1) comprendiendo:
- 5 una cámara configurada para contener material expansible (15) en su interior;
- un mecanismo de calentamiento acoplado a dicha cámara para calentar dicho material expansible y causar su expansión volumétrica;
- un pistón (3) acoplado deslizadamente a dicha cámara y adaptado para extenderse en respuesta a dicha expansión volumétrica; y
- 10 un mecanismo de liberación de bloqueo arriba (4) aplicado de manera liberable por dicho pistón cuando se extiende, de tal manera que dicho mecanismo de liberación de bloqueo arriba aplicado causa la liberación de dicho tren de aterrizaje.
2. Un conjunto de bloqueo arriba (100) según la reivindicación 1 en donde dicho mecanismo de calentamiento comprende además un primer dispositivo de calentamiento resistivo (13) operable para calentar dicho material expansible (15) y un segundo dispositivo de unión Peltier (12) operable para calentar y enfriar alternativamente dicho material expansible, causando dicho calentamiento y enfriamiento la actuación de dicho pistón (3).
- 15 3. Un conjunto de bloqueo arriba (100) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde dicho actuador térmico (1) comprende además un sensor de temperatura (602) situado dentro de dicha cámara y operable para medir dicha temperatura de dicho material expansible (15).
- 20 4. Un conjunto de bloqueo arriba (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, comprendiendo además un sistema de control (604) en comunicación con dicho sensor de temperatura (602), siendo dicho sistema de control operable para recibir dicha temperatura medida y para mantener dicha temperatura dentro de un intervalo predeterminado por debajo de un umbral predefinido.
- 25 5. Un conjunto de bloqueo arriba (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, comprendiendo además un segundo actuador seleccionado del grupo que consiste en: un segundo actuador térmico, un actuador eléctrico con motor, un actuador hidráulico (21) y un actuador de solenoide eléctrico, en donde dicho segundo actuador es activo y operable para aplicar dicho mecanismo de liberación de bloqueo (4) cuando dicho actuador térmico está inactivo.
- 30 6. Un conjunto de bloqueo arriba (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, comprendiendo además un primer dispositivo de calentamiento termostático (702) acoplado a dicha cámara y en comunicación con dicho material (15), siendo dicho primer dispositivo de calentamiento termostático operable para calentar y para mantener dicho material a una temperatura predeterminada, en donde dicho mecanismo de calentamiento es operable para calentar dicho material una vez a dicha temperatura predeterminada a una segunda temperatura que causa la expansión volumétrica de dicho material expansible.
- 35 7. Un conjunto de bloqueo arriba de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en donde el primer dispositivo de calentamiento resistivo (13) y el segundo dispositivo de unión Peltier (12) son cada uno operables para causar independientemente la expansión volumétrica de dicho material suficiente para extender dicho pistón.
8. Un conjunto de bloqueo arriba según la reivindicación 7 para proporcionar redundancia cuando otro de dicho dispositivo de calentamiento resistivo y del segundo dispositivo de unión Peltier está inactivo.
- 40 9. Un conjunto de bloqueo arriba de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el mecanismo de calentamiento comprende:
- un primer dispositivo de calentamiento termostático (702) acoplado a dicha cámara y en comunicación con dicho material, siendo dicho primer dispositivo de calentamiento termostático operable para calentar y mantener dicho material a una temperatura predeterminada;
- 45 un elemento de calentamiento resistivo acoplado a dicha cámara y en comunicación con dicho material, estando dicho elemento de calentamiento resistivo conectado en serie al primer dispositivo de calentamiento termostático y operable para calentar dicho material una vez a dicha temperatura predeterminada causando su expansión volumétrica; y
- un interruptor acoplado al primer dispositivo de calentamiento termostático, siendo el interruptor operable para reducir la resistencia del primer dispositivo de calentamiento termostático para aumentar el flujo de corriente a través del elemento de calentamiento resistivo, calentando de esta manera dicho material una vez a dicha temperatura predeterminada.
- 50

10. Un método para activar un mecanismo de bloqueo por medio de un actuador térmico para liberar un miembro de retención que retiene un tren de aterrizaje, comprendiendo el método:

5   calentar el material expansible situado dentro de una cámara de dicho actuador térmico, experimentando dicho material expansible calentado una expansión volumétrica durante el cambio de fase de sólido a líquido y causando la actuación de un pistón de dicho actuador térmico acoplado a dicha cámara; y

en respuesta a dicha actuación, aplicar dicho mecanismo de bloqueo arriba para causar la liberación de dicho miembro de captura acoplado elásticamente a él.

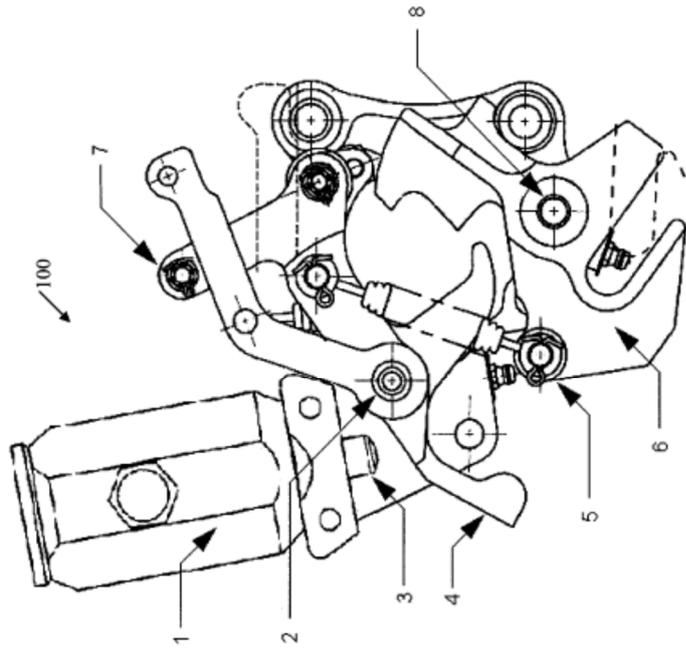


FIG. 1

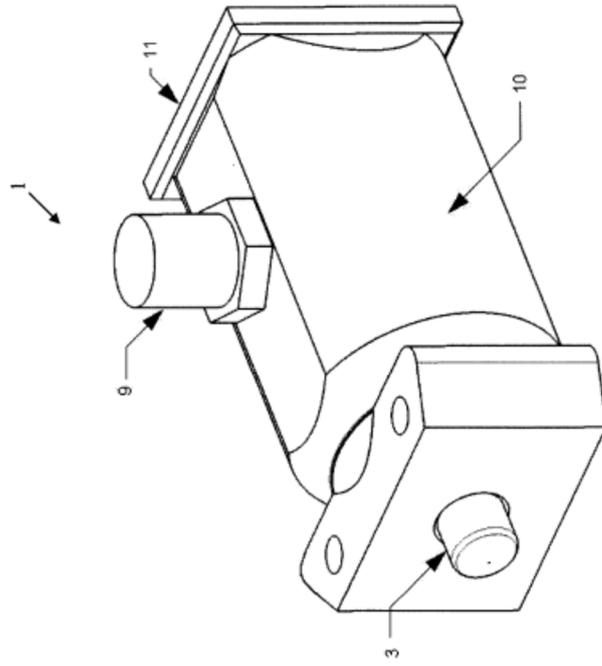


FIG. 2

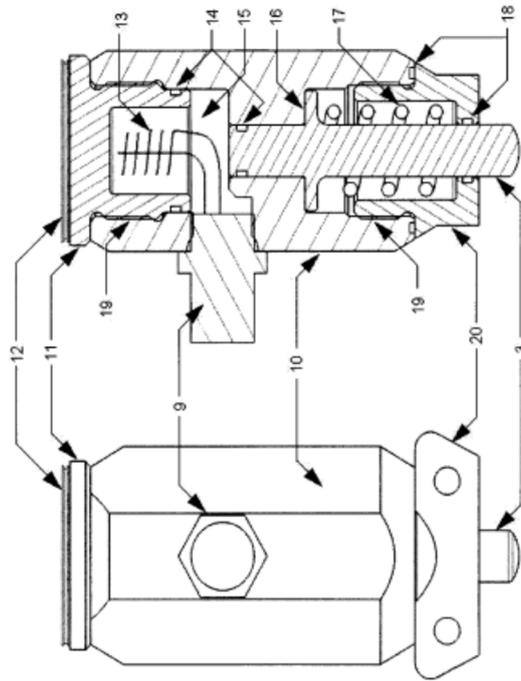


FIG. 3

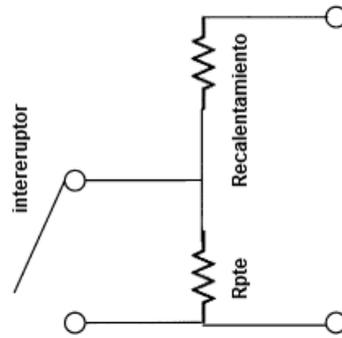


FIG. 4

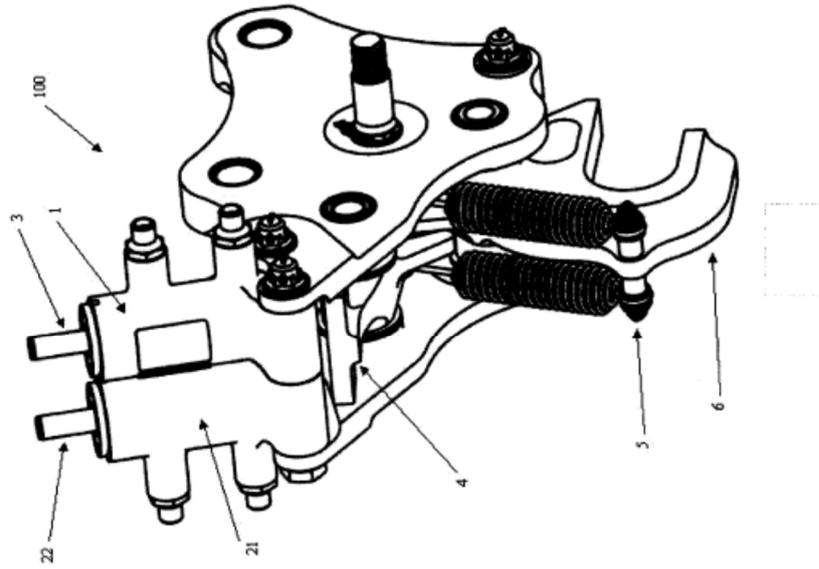


FIG. 5

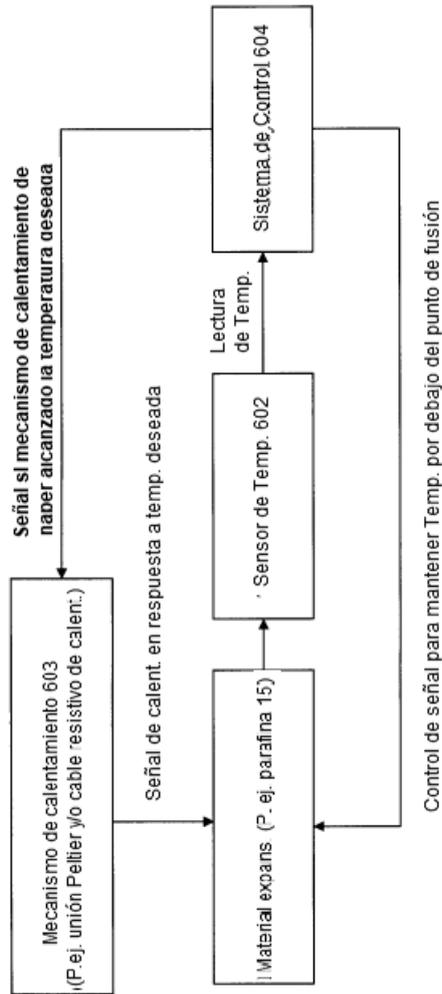


FIG. 6

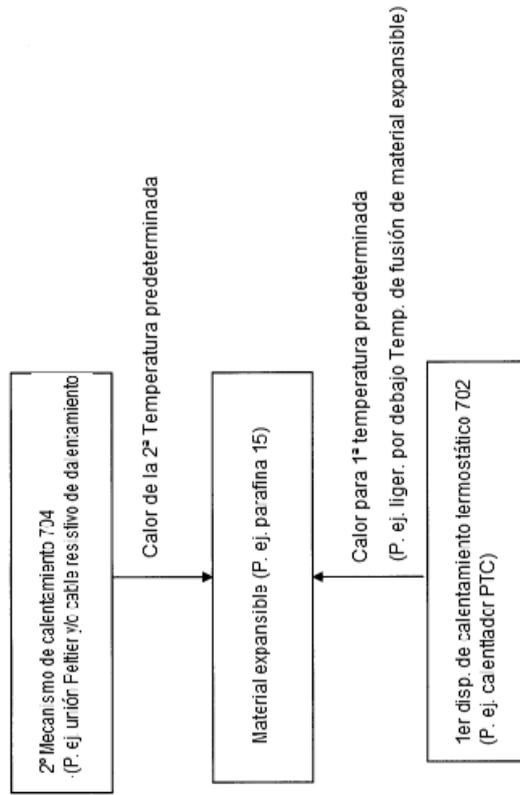


FIG. 7