

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 471 073**

51 Int. Cl.:

**F16F 7/08** (2006.01)

**F16F 7/09** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2011 E 11706260 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.04.2014 EP 2542798**

54 Título: **Dispositivo de amortiguación por fricción pilotada**

30 Prioridad:

**03.03.2010 FR 1051539**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.06.2014**

73 Titular/es:

**EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE AND  
SPACE COMPANY EADS FRANCE (100.0%)  
37 Bld de Montmorency  
75016 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**PETITJEAN, BENOIT**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 471 073 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**

Dispositivo de amortiguación por fricción pilotada

El invento se refiere a un dispositivo semi-activo de amortiguación utilizado para amortiguar las vibraciones en desplazamiento relativo de dos elementos entre los cuales está fijado dicho dispositivo.

5 Tal dispositivo es utilizado por ejemplo en el dominio aeronáutico para la amortiguación de las vibraciones de los motores o de los depósitos de lanzadores o para la amortiguación entre la estructura portadora de un satélite de observación y de los equipos de puntería.

10 La técnica anterior divulga en el documento EP 1 277 984, un amortiguador por fricción para la amortiguación de las vibraciones en movimiento relativo de traslación entre dos piezas. Tal amortiguador por fricción se comporta como una unión rígida o elástica para desplazamientos relativos, entre las dos piezas, inferiores a un umbral dado, luego disipa una energía proporcional al desplazamiento relativo entre estas dos piezas más allá de este umbral. Las características de amortiguación de tal amortiguador son por tanto funciones de este umbral. Según este ejemplo de la técnica anterior este umbral es fijado por el calibrado de resortes que aplican patines de fricción sobre una superficie de frotamiento, tendiendo los desplazamientos relativos de las dos piezas a provocar el desplazamiento de dichos patines sobre dicha superficie de frotamiento. En esta solución de la técnica anterior el umbral es fijado por el calibrado de resortes durante el ensamblaje del amortiguador. Para modificar ulteriormente este umbral, es necesario desmontar dicho amortiguador, proceder a un nuevo calibrado o al reemplazamiento de los resortes, y luego volver a instalar el amortiguador. Ahora bien, existen situaciones donde es deseable adaptar las condiciones de disipación de energía de tal amortiguador de manera que responda de manera óptima en función de la naturaleza de las vibraciones a amortiguar. Por ejemplo, el valor óptimo del umbral será diferente frente a vibraciones de pequeña amplitud, por tanto según frecuencias más elevadas, y según vibraciones de baja frecuencia, de amplitud más elevada y finalmente según condiciones casi estáticas. En otras circunstancias puede ser deseable que la unión realizada por tal amortiguador no engendre ninguna fuerza o engendre una fuerza despreciable habida cuenta de la aplicación, es decir que el umbral sea nulo.

25 El documento US 6 378 671 divulga un dispositivo de amortiguación por fricción cuyo esfuerzo normal de contacto, que define el esfuerzo de deslizamiento, puede ser ajustado por la restricción de una funda o envoltente sobre un pistón, siendo provocada dicha restricción por la aplicación de un campo magnético por medio de una bobina llevada por el pistón. Así, la presión normal de apriete en la interfaz de frotamiento es sensiblemente proporcional a la intensidad del campo magnético. Este dispositivo presenta varios inconvenientes. En primer lugar el principio estructural intrínseco de este dispositivo de la técnica anterior, que utiliza la deformación radial, en restricción, de una funda hendida no permite obtener para un campo magnético dado una fuerza normal constante sobre todo el recorrido axial del pistón, siendo la rigidez de las láminas elásticas comprendidas entre las hendiduras de la funda variable de una extremidad a la otra de dicha funda. Así, un campo magnético de la misma intensidad se traducirá por la presión normal sobre los elementos que frotan más importante en una extremidad de la funda, el lado de extremidad libre de las láminas, que en la otra extremidad. A continuación, la utilización de un dispositivo magnético limita las elecciones posibles de los materiales que pueden ser utilizados. Este dispositivo de la técnica anterior no puede así ser realizado de aleación ligera por ejemplo a base de aluminio o de titanio, y por tanto está poco adaptado a una utilización aeronáutica o espacial para las que los criterios de masa son preponderantes. Por otra parte, este dispositivo puede difícilmente ser utilizado para realizar una unión completa bajo un umbral de deslizamiento elevado, pues necesita en este caso potencias de alimentación eléctricas importantes y eventualmente un enfriamiento de las bobinas. Finalmente la utilización de una tecnología basada sobre la generación de un campo magnético no está adaptada a una utilización de dicho dispositivo en aplicaciones aeronáuticas y espaciales donde tales campos magnéticos son fuentes de dificultades técnicas sobre los sistemas de mando y de navegación.

45 El invento pretende responder a las insuficiencias de la técnica anterior, proponiendo un dispositivo de amortiguación por fricción cuyas características de disipación de energía pueden ser ajustadas en función de las características de las vibraciones a amortiguar, más particularmente adaptadas a las aplicaciones aeronáuticas y espaciales, cuyos dispositivo comprende

- un primer miembro que se extiende axialmente según un eje longitudinal;
- 50 - un segundo miembro que se extiende axialmente según el mismo eje longitudinal, siendo los dos miembros guiados en traslación uno con relación al otro;
- un elemento de frotamiento se extiende entre los dos miembros y que los une completamente entre sí por fricción en traslación axial para cualquier esfuerzo inferior a un umbral 's' tendiendo tal esfuerzo a crear un desplazamiento relativo de los dos miembros en traslación según dicho eje longitudinal;

- un dispositivo de ajuste que comprende un accionador piezoeléctrico y que permite regular el valor de dicho umbral;
- medios, distantes del primer y segundo miembro, aptos para pilotar la presión de contacto del elemento de frotamiento sobre la superficie de al menos uno de los miembros, en una región que comprende una presión de contacto nula.

Así la regulación del umbral de deslizamiento del elemento de frotamiento permite ajustar las condiciones de unión entre los elementos unidos por tal dispositivo, entre una libertad total de traslación de un elemento con relación al otro y una unión completa en traslación de los dos elementos así unidos, la utilización de accionadores piezoeléctricos permite utilizar cualquier tipo de material para la constitución del dispositivo comprendidos materiales compuestos de matriz orgánica. Este tipo de accionador puede ser fácilmente pilotado por medios eléctricos, los cuales pueden ser fácilmente servidos o pilotados a gran distancia por medios de radiocomunicación, además, presenta la ventaja de poder entregar un esfuerzo variable a frecuencias elevadas. Permite así pilotar la adaptación del umbral de deslizamiento en función de la naturaleza de las vibraciones que deben ser amortiguadas por el dispositivo objeto del invento.

El dispositivo objeto del invento puede ser empleado según los modos de realización particulares, expuestos a continuación, los cuales pueden ser considerados individualmente o según cualquier combinación técnicamente operativa.

Según un modo de realización ventajoso, los miembros son cilíndricos, siendo el segundo miembro apto para deslizarse en el primero y comprendiendo una pluralidad de elementos de frotamiento que se extienden radialmente y repartidos sobre la circunferencia del segundo miembro. Esta configuración permite modular el umbral de deslizamiento en una gama más extensa y repartir las disipaciones de energía, y así el calentamiento y el desgaste de las superficies en contacto, conservando al mismo tiempo la compacidad del dispositivo.

Según un modo de realización particular, los elementos de frotamiento están constituidos por la superficie externa del segundo miembro, siendo modulada la presión de contacto por la expansión elástica radial de dicho segundo miembro sobre la totalidad o parte de su longitud de contacto con el primero. Así, el umbral de deslizamiento es función únicamente de la presión normal en la interfaz de deslizamiento, la cual es sensiblemente la misma cualquiera que sea la posición axial del segundo miembro en el primero.

Ventajosamente, el dispositivo objeto del invento comprende según este modo de realización una pluralidad de accionadores piezoeléctricos que actúan cada uno según una dirección radial y repartidos sobre la circunferencia del segundo miembro. Así es posible obtener una repartición uniforme de la presión de contacto sobre la circunferencia incluso en presencia de defectos de circularidad de los miembros o de los defectos de concetricidad de los dos miembros, resultando dichos defectos bien de la fabricación del dispositivo o bien de su deformación en curso de funcionamiento.

El pilotaje del esfuerzo normal, individualizado sobre cada accionador piezoeléctrico, permite igualmente compensar los efectos de la dilatación térmica de los miembros y del desgaste sobre la presión de contacto de los elementos de frotamiento.

El invento se refiere igualmente a un procedimiento para el pilotaje de un dispositivo correspondiente a este último modo de realización cuyo procedimiento comprende una etapa consistente en ajustar el esfuerzo radial de contacto entre el primer y el segundo miembro activando los accionadores piezoeléctricos y en medir el esfuerzo normal de contacto con los accionadores piezoeléctricos utilizados como captadores de fuerza. Este procedimiento utiliza ventajosamente la capacidad de inversión de estos accionadores para ajustar de manera precisa la presión de contacto y utilizar eventualmente la información salida de los accionadores utilizados como captadores para tener en cuenta el desgaste o la deformación del dispositivo en el ajuste de esta presión de contacto.

Según un modo de realización ventajoso de este procedimiento una parte de los accionadores es utilizada como captador simultáneamente a la activación de los otros accionadores piezoeléctricos.

Ventajosamente, el mismo accionador piezoeléctrico es utilizado sucesivamente como captador y como accionador.

El dispositivo objeto del invento puede ser utilizado ventajosamente según uno cualquiera de sus modos de realización en un dispositivo de unión de un depósito de carburante en el cuerpo de uno que comprende un dispositivo amortiguador que incluye el dispositivo objeto del invento. Así las características de amortiguación de dicho dispositivo de unión pueden ser ajustadas según las fases de vuelo o según las condiciones de sollicitación de dicho lanzador.

A este fin, el invento se refiere igualmente a un procedimiento para el mando de un dispositivo de unión de un

depósito según el invento cuyo procedimiento comprende etapas que consiste en:

- regular la presión de contacto entre los dos miembros del dispositivo amortiguador de manera que el umbral 's' sea sensiblemente igual a 0;
- 5 - regular la presión de contacto entre los dos miembros del dispositivo amortiguador de manera que el umbral 's' sea diferente de 0 de manera que amortigüe las vibraciones del depósito;
- siendo seleccionada una u otra de estas etapas según las fases del vuelo del lanzador.

El invento será a continuación descrito de manera más precisa en el marco de modos de realización preferidos, en ninguna forma limitativos, representados en las figs. 1 a 6 en las que:

10 La fig. 1 representa un modelo heurístico (1A) de un dispositivo de amortiguación por fricción y su comportamiento (1B) en sollicitación simple y en sollicitación cíclica (1C);

La fig. 2 representa un modelo heurístico (2A) de un dispositivo de amortiguación con pilotaje del umbral de deslizamiento y un ejemplo de comportamiento (2B) de tal dispositivo;

La fig. 3 ilustra el principio de un amortiguador de fricción;

15 La fig. 4 muestra en vista de frente y en corte longitudinal un modo de realización ventajoso de un dispositivo de amortiguación según el invento que utiliza dos miembros tubulares aptos para deslizar uno en el otro;

La fig. 5 representa en vista de frente (5A) y en vista de extremidad en corte radial (5B) un ejemplo de realización de un modo de realización del dispositivo de amortiguación según el invento que utiliza una pluralidad de accionadores radiales;

20 La fig. 6 ilustra, en corte longitudinal, un ejemplo de aplicación del dispositivo de amortiguación según el invento para la amortiguación de las vibraciones de depósito en un lanzador.

25 En la fig. 1A un modelo heurístico de amortiguador de fricción comprende un resorte (1) y un patín (2) en serie. El resorte (1) simboliza la componente elástica del comportamiento. Siendo fija una de las extremidades (10), cuando se aplica a la otra extremidad (11) una fuerza o un desplazamiento que tiende a separar las dos extremidades (10, 11) una de la otra, la extremidad (11) se desplaza en primer lugar bajo una fuerza antagonista proporcional a la rigidez del resorte y al desplazamiento relativo de las dos extremidades, quedando el patín (2) pegado y transmitiendo al resorte la totalidad de la fuerza y del desplazamiento aplicados a la extremidad libre (11). Cuando el valor de la fuerza antagonista alcanza el umbral de deslizamiento del patín (2), este desliza con esfuerzo constante, igual al umbral. La fuerza transmitida al resorte es igual a este umbral cualquiera que sea el desplazamiento relativo entre las dos extremidades.

30 En la fig. 1B, este comportamiento se traduce en un diagrama (100) de fuerza, desplazamiento (101) por una curva en dos tramos (105, 106). El primer tramo (105) es una recta cuya pendiente (102) es igual a la rigidez del resorte. El segundo tramo (106) es una recta paralela al eje de los desplazamientos (101) cuya prolongación corta al eje de las fuerzas (100) a una altura correspondiente al umbral 's'.

35 En la fig. 1C, cuando la sollicitación es cíclica, el desplazamiento inicial se efectúa bajo una fuerza antagonista proporcional a la rigidez del resorte (1), luego el patín deslizará cuando dicha fuerza antagonista alcanza el umbral 's'. Liberando la sollicitación el resorte se distiende según una curva (112) paralela a la (110) de la primera carga y luego, se comprime, idealmente según la misma pendiente hasta que el patín vuelve a ponerse a deslizar para un umbral de compresión igual a -s. El comportamiento es a continuación simétrico en el otro sentido de sollicitación (114, 115). Así, en el espacio fuerza (100) desplazamiento (101), el trayecto que representa el comportamiento de tal amortiguador sollicitado de manera periódica describe un ciclo de histéresis (112, 113, 114, 115, 111) sobre un período de sollicitación. La energía disipada por el amortiguador en el curso de este periodo de sollicitación es proporcional al área rodeada por dicho ciclo de histéresis.

40 En la fig. 2A, en el caso en que un amortiguador de fricción que comprende un patín (20) cuyo umbral es regulable, la cantidad de energía disipada para una sollicitación dada de dicho amortiguador puede ser modulada modulando el umbral de deslizamiento de dicho patín. Según el dispositivo de ajuste de este umbral pueden ser utilizadas varias leyes de mando.

45 En la fig. 2B, según un ejemplo particular de realización, el umbral 's' puede ser ajustado proporcionalmente al desplazamiento relativo de las dos extremidades en este caso, el comportamiento correspondiente al deslizamiento del patín en el espacio fuerza - desplazamiento puede tomar la forma de una curva cualquiera, por ejemplo una  
50 recta (107) no paralela al eje de los desplazamientos (101).

5 En la fig. 3 según un ejemplo de principio de realización, el dispositivo de amortiguación comprende un primer miembro (300) fijo en contacto con un segundo miembro (400) en desplazamiento relativo con relación al primer miembro. Los dos miembros están en contacto por medio de elementos de frotamiento (301, 401). El umbral de deslizamiento 's' es ajustado actuando sobre la presión normal de contacto entre los dos miembros, ajustando la fuerza normal (130) aplicada sobre el miembro (400) en desplazamiento relativo.

10 En la fig. 4, según un modo de realización preferido del invento, el dispositivo amortiguador comprende dos extremidades (210, 211) susceptibles de desplazarse axialmente una con relación a la otra según un eje longitudinal (43) del dispositivo. Una primera extremidad es prolongada por un miembro macho cilíndrico (40) que se extiende según el eje longitudinal (43) y que lleva uno o varios elementos de frotamiento (21). Este miembro viene a alojarse en una funda o envoltorio (30) que se extiende axialmente desde la otra extremidad. Unos medios de guiado en traslación (230) permiten guiar al miembro macho (40) y a la funda (30) uno con relación a la otra. Cuando la funda (30) y el miembro macho (40) están ensamblados, los elementos de frotamiento (21) están en contacto con la pared interior de la funda, de manera que un desplazamiento relativo entre las dos extremidades (210, 211) provoca un frotamiento de dichos elementos sobre la pared interior de la funda (30).

15 Un accionador (50) permite regular el umbral de deslizamiento de los elementos de frotamiento (21) sobre la superficie actuando sobre la presión normal de contacto entre los elementos de frotamiento y la pared interior de la funda (30). El accionador es preferentemente un accionador piezoeléctrico. Este tipo de accionador comprende uno o varios elementos piezoeléctricos los cuales se deforman proporcionalmente a la intensidad del campo eléctrico que les es aplicado. Si esta deformación es limitada, el elemento piezoeléctrico entrega una fuerza muy elevada habida cuenta de su gran rigidez. Los accionadores piezoeléctricos son reversibles y pueden ser utilizados como captadores. En este caso los elementos piezoeléctricos se polarizan bajo el efecto del esfuerzo mecánico al que son sometidos, polarización que puede ser medida por la diferencia de potencial entre las dos caras del elemento piezoeléctrico opuestas según el eje del esfuerzo.

20 Así, basta unir eléctricamente cada accionador piezoeléctrico a un dispositivo de mando (51) para pilotar éste. Dicho dispositivo de mando (51) puede así estar distante del dispositivo amortiguador, y puede a su vez se pilotado por medios informáticos o por radio.

25 En la fig. 5A, según un modo de realización ventajoso, el miembro macho (40) está localmente perforado o calado por ranuras (41) que le separan en sectores angulares (42) de manera que faciliten su deformación radial manteniendo al mismo tiempo una rigidez longitudinal importante.

30 En la fig. 5B, los accionadores (501, 502, 503) de tipo piezoeléctrico están dispuestos radialmente, fijados sobre un núcleo central (430) unido a la extremidad (211) del miembro macho (40) que se extiende axialmente en éste. Actúan directamente sobre las partes así perforadas. La acción de los elementos piezoeléctricos tiende a la expansión radial de la parte perforada lo que tiene por efecto aumentar la presión normal de contacto de los sectores angulares (42) sobre la pared interna de la funda (30).

35 Típicamente el desplazamiento impuesto por cada accionador radial es del orden de 100 µm para un esfuerzo normal máximo del orden de 3500 Newton.

40 En la fig. 6, tales amortiguadores son por ejemplo utilizados para amortiguar las vibraciones de un depósito (60) en un lanzador. El depósito (60) está suspendido en el cuerpo del lanzador (70) por una pluralidad de uniones estructurales rígidas (67). Unos dispositivos de amortiguación según el invento (3) son utilizados por ejemplo para amortiguar el movimiento residual horizontal (65) de dicho depósito. Estos dispositivos amortiguadores pueden entonces ser pilotados, bien por medios embarcados, bien por una unión por radio de manera que adapte la rigidez y la amortiguación de dichas uniones en función de las fases de vuelo.

45 Según un ejemplo de realización, la fuerza de fricción es regulada de manera que sea nula durante fases de vuelo no críticas. Durante las fases de vuelo críticas, los elementos de frotamiento son puestos en contacto bajo una presión normal apta para amortiguar las vibraciones. La conmutación puede ser pilotada por el programa de vuelo o por la medida directa de las aceleraciones locales.

En este caso, la fuerza normal sobre los elementos de frotamiento puede ser pilotada en función de la amplitud de las vibraciones longitudinales.

50 La descripción anterior ilustra claramente que por sus diferentes características y sus ventajas, el presente invento alcanza los objetivos que se había fijado. En particular, permite ajustar el umbral de deslizamiento de los elementos de frotamiento en un amortiguador de fricción de manera que ajuste la amortiguación a las condiciones de funcionamiento.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un dispositivo amortiguador (3) caracterizado por que comprende:
- un primer miembro (30) que se extiende axialmente según un eje longitudinal;
  - 5 - un segundo miembro (40) que se extiende axialmente según el mismo eje longitudinal, siendo los dos miembros guiados en traslación uno con relación al otro;
  - un elemento de frotamiento (21) que se extiende entre los dos miembros y que los une completamente entre sí por fricción en traslación axial para cualquier esfuerzo inferior a un umbral 's' tendiendo dicho esfuerzo a crear un desplazamiento relativo de los dos miembros en traslación según dicho eje longitudinal;
  - 10 - un dispositivo de ajuste (50) que comprende un accionador piezoeléctrico y que permite regular el valor de dicho umbral;
  - medios (51), distantes del primer (30) y del segundo miembro (40), aptos para pilotar la presión de contacto del elemento de frotamiento (21, 42) sobre la superficie de al menos uno de los miembros, en una región que comprende una presión de contacto nula.
- 15 2.- Un dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que los miembros (30, 40) son cilíndricos, siendo el segundo miembro (40) apto para deslizar en el primero (30) y comprendiendo una pluralidad de elementos de tratamiento (21, 42) que se extienden radialmente.
- 20 3.- Un dispositivo según la reivindicación 2, caracterizado por que los elementos de frotamiento (42) están constituidos por la superficie externa del segundo miembro (40), siendo modulada la presión de contacto por la expansión elástica radial de dicho segundo miembro (40) sobre la totalidad o parte de su longitud de contacto con el primer miembro (30).
- 25 4.- Un dispositivo según la reivindicación 3, caracterizado por que comprende una pluralidad de accionadores piezoeléctricos (501, 502, 503) que actúan cada uno según una dirección radial y repartida sobre la circunferencia del segundo miembro (40).
- 30 5.- Un procedimiento para el pilotaje de un dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado por que comprende una etapa que consiste en ajustar el esfuerzo radial de contacto entre el primer (30) y el segundo (40) miembros activando los accionadores piezoeléctricos (501, 502, 503) y en medir el esfuerzo normal de contacto con los accionadores piezoeléctricos (501, 502, 503) utilizados como captadores de fuerza.
- 35 6.- Un procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que una parte de los accionadores piezoeléctricos es utilizada como captador simultáneamente a la activación de los otros accionadores piezoeléctricos.
- 7.- Un procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que el mismo accionador piezoeléctrico (501, 502, 503) es utilizado sucesivamente como captador y como accionador.
- 8.- Un dispositivo de unión de un depósito de carburante (60) en el cuerpo de un lanzador (70) caracterizado por que comprende un dispositivo amortiguador (3) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 9.- Un procedimiento para el mando de un dispositivo de unión de un depósito según la reivindicación 8, caracterizado por que comprende etapas que consisten en:
- regular la presión de contacto entre los dos miembros (30, 40) del dispositivo amortiguador (3) de manera que el umbral 's' sea sensiblemente igual a 0;
  - 40 - regular la presión de contacto entre los dos miembros (30, 40) del dispositivo amortiguador de manera que el umbral 's' sea diferente de 0 de forma que amortigüe las vibraciones del depósito;
  - siendo seleccionada una u otra de estas etapas según las fases del vuelo del lanzador (70).

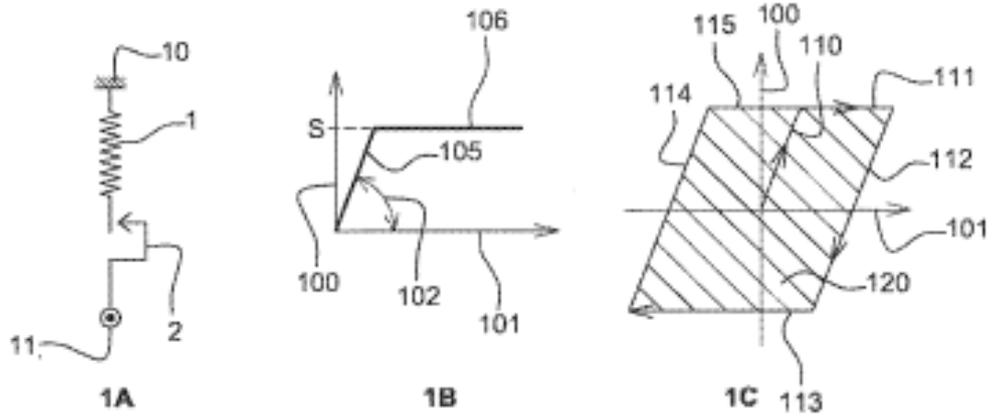


Fig. 1

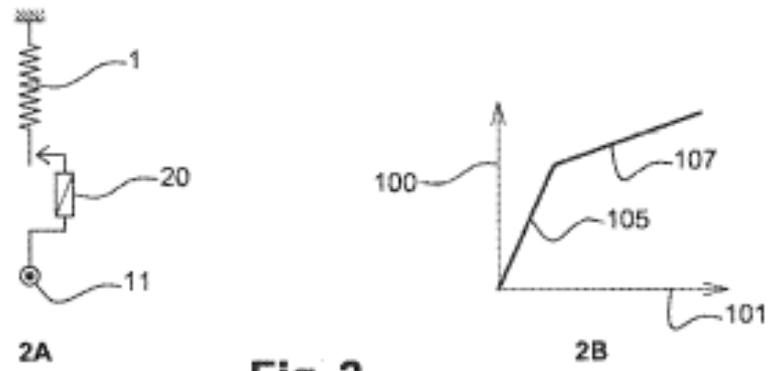


Fig. 2

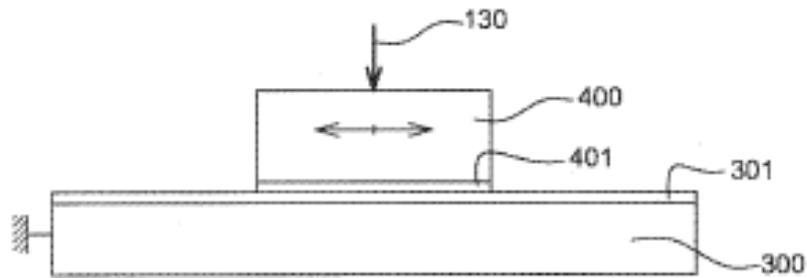


Fig. 3

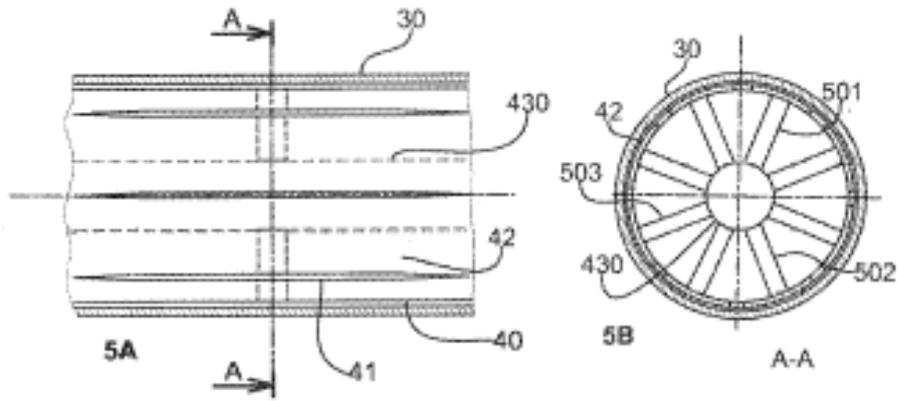
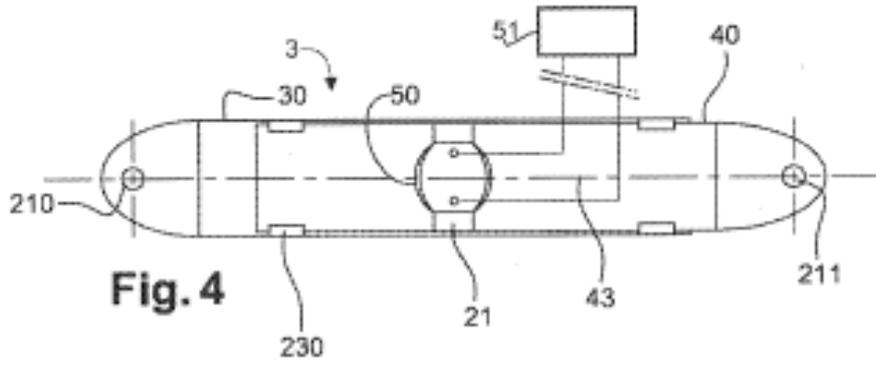


Fig. 5

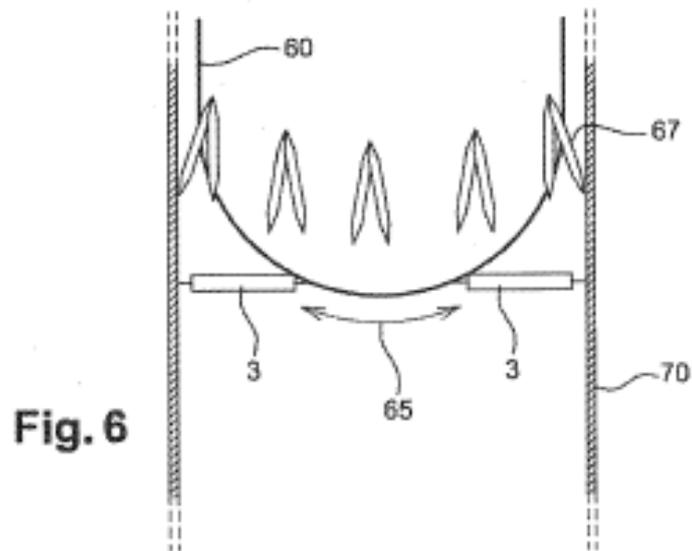


Fig. 6