

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 713**

51 Int. Cl.:

E04H 9/02 (2006.01)

F16F 7/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2014** **E 14160454 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016** **EP 2921612**

54 Título: **Dispositivo disipador de energía**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.10.2016

73 Titular/es:

MAURER SÖHNE ENGINEERING GMBH & CO. KG
(100.0%)
Frankfurter Ring 193
80807 München, DE

72 Inventor/es:

DR. CHRISTIAN BRAUN y
DR. RENZO MEDEOT

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 587 713 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 disipador de energía

5 La presente invención se refiere a un dispositivo disipador de energía, que tiene al menos un elemento histerético (HE) de manera que pueda disipar energía a través de su deformación plástica axial sin sufrir pandeo.

10 Los dispositivos disipadores de energía se utilizan para conectar elementos estructurales o sistemas estructurales adyacentes, tales como un tablero del puente y su pilar o un edificio y sus cimientos, con el objetivo de mitigar los efectos adversos de las acciones dinámicas, como los derivados de los terremotos y también de las tormentas de viento, los impactos, etc.

15 Como es sabido, el motivo para adoptar estos dispositivos se deriva del hecho de que las acciones sísmicas producen desplazamientos repentinos del suelo con aceleraciones asociadas que, al transmitirse a través de los cimientos, generan fuerzas de inercia debido a la gran masa, en comparación, de las estructuras tales como puentes, edificios y similares.

20 Alternativamente, puede decirse que durante un evento sísmico se generan grandes cantidades de energía, que se propaga a través del suelo. Dicha energía puede transmitirse a una estructura, y representa la principal causa de posibles daños secundarios de un evento sísmico.

25 Adicionalmente, también es sabido que, mediante el uso de dispositivos de aislamiento convenientemente situados, denominados "aisladores sísmicos", es posible limitar las cantidades de energía transmitida a la estructura y, por lo tanto, también las cargas generadas de ese modo. En otras palabras, los dispositivos de aislamiento anteriormente mencionados reflejan la energía sísmica, a excepción de la parte asociada con una frecuencia igual o cercana a la frecuencia de resonancia.

30 Sin embargo, la estructura (que se considera como un sistema oscilante) tenderá igualmente a acumular la parte de la energía dentro de dicha magnitud del espectro, por lo que es necesario el uso de un dispositivo que disipe la energía en forma de calor.

35 Existen diversos mecanismos físicos que pueden utilizarse para disipar la energía. El caso sujeto analiza la capacidad de disipación de materiales, cuando se ven sometidos a esfuerzos más allá de su límite de elasticidad. El documento US 2006/0101733 da a conocer un dispositivo disipador de energía, que comprende las características del preámbulo de la reivindicación 1.

40 Como es bien sabido, al someter por ejemplo a un elemento metálico, tal como un puntal de acero, a una tensión creciente, se observa una primera fase de proporcionalidad directa entre fuerza y deformación (fase elástica), seguida de una fase de baja dependencia entre la primera y la segunda (fase plástica o post-elástica). Los dispositivos que utilizan este principio se conocen como elementos histeréticos (HE). Por lo tanto, el término "histerético" se refiere a elementos o dispositivos cuya reacción depende en gran medida del desplazamiento (o deformación) aplicado en contraste con los elementos o dispositivos "viscosos", cuya reacción depende en gran medida de la tasa (velocidad) del desplazamiento (o deformación).

45 La idea de utilizar puntales de acero como elementos histeréticos dentro de una estructura, para absorber una gran parte de la energía sísmica, se inició con el trabajo conceptual y experimental de Skinner - Nueva Zelanda (1975). Hoy en día este tipo de dispositivo se conoce como amortiguador histerético de acero (SHD). En realidad, la deformación plástica del acero es uno de los mecanismos disponibles más eficaces para la disipación de la energía, tanto desde el punto de vista económico como del técnico. Se han concebido y fabricado disipadores de acero para amortiguadores histeréticos de acero con una gran diversidad de configuraciones geométricas. No obstante, su mayor inconveniente es la limitada capacidad para admitir grandes desplazamientos, tal como se requiere en las zonas propensas a una actividad sísmica moderada o alta.

55 Esta es la razón principal por la que los amortiguadores viscosos hidráulicos (HVDS) han obtenido progresivamente una creciente popularidad en las estructuras de puente como elementos capaces de mitigar las vibraciones locales, limitando la desviación estructural y siendo una fuente de amortiguamiento suplementario, prácticamente sin limitación alguna en cuanto al desplazamiento.

60 En los últimos años, sin embargo, en los Estados Unidos han surgido ciertas inquietudes referentes a las condiciones de los dispositivos en servicio en los puentes de Caltrans (Departamento de transporte de California), de los que se sospecha que presentan fugas de fluido hidráulico tras un periodo de servicio de aproximadamente 10 años. A pesar de que este suceso no debe interpretarse como prueba de una deficiencia sistémica en este tipo de dispositivos (en Europa raramente se han observado tales complicaciones), aun así, ciertas pruebas e inspecciones completadas recientemente en la Universidad de California, en San Diego, indicaron un inesperado nivel de degradación en amortiguadores no sometidos a grandes eventos sísmicos.

65

En respuesta a estos temores y a modo de solución alternativa al uso de los HVD, se han llevado a cabo proyectos de investigación en la universidad de Utah y en el departamento de ingeniería estructural de la universidad de California, en San Diego, para investigar la aplicabilidad y las limitaciones de los elementos hysteréticos (HE) en aplicaciones de puentes de tramo largo.

5 En la construcción de edificios se utilizan extensamente las estructuras atirantadas de acero. Sin embargo, en aplicaciones sísmicas, cabe esperar la fluencia de las riostras diagonales ante la tensión, pero su pandeo ante la compresión. Para evitar este fenómeno indeseable y para proporcionar una fuente más fiable de disipación de energía, en la década de 1970 se desarrolló en Japón por primera vez el concepto de riostras de pandeo restringido (BRB) a modo de elementos hysteréticos.

10 Desde entonces se ha llevado a cabo una extensa investigación en Japón, y Nippon Steel Corp. ha desarrollado diversas BRB. Pero hasta después del terremoto Kobe, en 1995, los diseñadores japoneses no comenzaron a incorporar las BRB en el llamado diseño sísmico "tolerante a los daños" de los edificios de varios pisos. En realidad, después de la catástrofe anteriormente mencionada, también se han usado las BRB en dos puentes de tramo largo en Japón, en uno para un caso de reforzamiento sísmico y en otro para una nueva construcción.

15 La idea principal detrás de las BRB es evitar el pandeo global, de tal modo que pueda desarrollarse un ciclo de histéresis completo y estable para disipar la energía. Se ha desarrollado una variedad de BRB, pero el concepto es muy sencillo. La Figura 11 ilustra este concepto.

20 Una barra o puntal largo y relativamente delgado funciona como elemento hysterético que actúa a modo de núcleo de fluencia de acero, por lo general fabricado con acero de baja resistencia con alta ductilidad. Está encerrado en un tubo de acero con relleno de mortero, que funciona como un supresor del pandeo para el elemento hysterético. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en los miembros de hormigón armado, se proporcionan ciertos materiales antiadherentes o incluso un espacio de aire para aislar el núcleo de fluencia de acero y el mecanismo de restricción del pandeo circundante, para desalentar la acción mixta.

25 El principal inconveniente de las BRB reside en su excesiva longitud, que se deriva de la deformación elástica admisible relativamente limitada antes los ciclos repetidos, como requieren las aplicaciones sísmicas. Esta deficiencia limita severamente la aplicabilidad de este tipo de dispositivos a aquellos casos en los que se cuenta con grandes espacios para su instalación.

30 Por lo tanto, un objetivo de la invención es proporcionar un dispositivo disipador de energía sencillo y económico, que tenga amplias posibilidades de aplicación incluso cuando el espacio sea limitado.

35 La solución para este objetivo se consigue mediante un dispositivo disipador de energía de acuerdo con la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se describen configuraciones preferidas adicionales del dispositivo disipador de energía.

40 Resulta característico para un dispositivo disipador de energía de acuerdo con la invención que el dispositivo disipador de energía comprenda al menos tres elementos hysteréticos, que estén interconectados en serie de tal manera que al menos un elemento hysterético sea sometido a compresión, mientras que al menos otro elemento hysterético sea sometido a tensión bajo una carga externa (por ejemplo, una carga sísmica, el viento y/o una carga de impacto) aplicada sobre el dispositivo disipador de energía, como se verá claramente a continuación.

45 Esto presenta el efecto beneficioso de que se reduce notablemente la dimensión axial total del dispositivo. O, por el contrario, un dispositivo que tenga la misma longitud que los dispositivos conocidos anteriores podrá admitir mayores desplazamientos relativos. Al reducir la longitud total del dispositivo, puede instalarse mucho más fácilmente en estructuras existentes, o de nuevo diseño.

Además, el/los elemento/s hysterético/s tensado/s puede/n estabilizar el/los elemento/s hysterético/s contra el pandeo, de modo que no sea necesario un supresor del pandeo, al menos en determinadas circunstancias.

55 Adicionalmente, el dispositivo disipador de energía está diseñado preferiblemente de tal manera que pueda soportar varios ciclos de histéresis antes de que sea necesario reemplazar el mismo.

60 En otra configuración del dispositivo disipador de energía, los elementos hysteréticos están dispuestos en paralelo entre sí. Una disposición en paralelo de los elementos hysteréticos presenta la ventaja de que dicho dispositivo tiene una longitud total compacta, en comparación con las riostras de pandeo restringido existentes. A pesar de que una disposición en paralelo resulte preferible, también debe considerarse una disposición de tales elementos hysteréticos en la que estén dispuestos para formar un ángulo entre sí.

65 Si se desea un dispositivo más compacto, los elementos hysteréticos estarán dispuestos preferiblemente los unos juntos a los otros. Dado que los al menos tres elementos hysteréticos están interconectados en serie, la longitud total del dispositivo disipador de energía será de aproximadamente un tercio, en comparación con la longitud total de una

riostra de pandeo restringido existente que tenga la misma capacidad para admitir desplazamientos. Otra ventaja es que una reducción de un tercio de la longitud total lleva a una carga de pandeo que aumenta al menos en un factor de nueve (9), de acuerdo con la teoría de Euler. Esta es una razón adicional por la que en este tipo de dispositivo puede no resultar necesario un supresor del pandeo. En consecuencia, también es posible aumentar en un factor de aproximadamente tres (3) la capacidad de admisión de desplazamientos, en comparación con las riostras de pandeo restringido existentes con una longitud total igual.

Alternativamente, al menos un elemento histerético está dispuesto concéntricamente con otro elemento histerético. La disposición concéntrica de un elemento histerético no requiere necesariamente que los ejes centrales de los elementos histeréticos coincidan en una línea. Aunque esto es preferible, también se incluirán aquellos tipos de dispositivos disipadores de energía en los que los ejes centrales de los elementos histeréticos no coincidan. Mediante esta disposición también es posible reducir la longitud del dispositivo disipador de energía. Esto presenta las ventajas anteriormente mencionadas de una longitud total reducida, en comparación con una riostra de pandeo restringido convencional que tenga la misma capacidad para admitir desplazamientos.

Preferiblemente, el dispositivo disipador de energía puede tener al menos un elemento histerético que esté fabricado con un metal, tal como acero dulce o una aleación. Puesto que la cantidad de energía que puede disipar el dispositivo, así como su capacidad para admitir desplazamientos, depende del material del elemento histerético, en este caso se prefieren especialmente materiales con una alta ductilidad, preferiblemente que también muestren características de deformación similares bajo compresión y bajo tensión. Mediante una elección adecuada del material del elemento histerético, así como una elección de las dimensiones del elemento histerético, puede influirse en los parámetros de diseño tales como el límite de elasticidad, la capacidad de admisión de desplazamientos y la capacidad de disipación de energía de los elementos histeréticos.

Resulta práctico que los elementos histeréticos dispuestos concéntricamente estén formados por tubos. Los tubos pueden tener un área de sección transversal que tenga una forma circular, cuadrada, rectangular o cualquier otra forma cerrada o abierta. Sin embargo, se prefieren los tubos con una forma de sección transversal cerrada y simétrica.

Los tubos simétricos aumentan la resistencia contra el pandeo, dado que se reducen al mínimo las deformaciones laterales o radiales bajo cargas aplicadas axialmente. Un beneficio significativo obtenido por el uso de tubos es la eliminación de efectos indeseables del momento de flexión $M = F \cdot e$, que se produce durante la aplicación de una fuerza axial "F" cuando por ejemplo se utilizan barras planas de acero a modo de elementos histeréticos con una excentricidad "e".

Obviamente, para poder estar dispuestos concéntricamente los tubos interiores tienen un diámetro menor que el tubo exterior. El área de sección transversal debe ser la misma para todos los elementos histeréticos concéntricos tubulares, y está determinada por la fuerza de reacción de diseño del dispositivo y por el límite elástico del material utilizado. Esto significa que, al margen de algunas correcciones menores debidas al factor de forma, el espesor de la pared del tubo será inversamente proporcional a su diámetro. Como resultado, los tubos dispuestos concéntricamente presentarán un comportamiento de deformación similar.

Además, la parte media de uno o más tubos puede estar cortada longitudinalmente, en otras palabras, a lo largo de una generatriz. Esto ayuda a remediar los inconvenientes de las deformaciones radiales de los tubos, inducidas por las cargas aplicadas axialmente. Es sabido que las cargas aplicadas axialmente en elementos tubulares producen esfuerzos tangenciales en los mismos, que causan la reducción o el aumento de su diámetro ante una tensión o una compresión, respectivamente. En consecuencia, pueden entrar en contacto dos tubos adyacentes y producir fuerzas de fricción incontrolables, que influyan negativamente en la reacción del dispositivo. Este efecto es particularmente importante para aquellas configuraciones en las que el tubo esté dispuesto en el medio de tubos adyacentes dispuestos concéntricamente. El efecto de contención de los tubos circundantes exteriores e interiores reduce al mínimo la inestabilidad local de los labios resultantes del corte.

Adicionalmente, el dispositivo disipador de energía puede comprender un supresor del pandeo. Un supresor del pandeo puede ser cualquier artilugio que ayude a evitar el pandeo de un elemento histerético. Aunque es preferible evitar el uso de un supresor de pandeo, particularmente en situaciones específicas podría ser necesario proporcionar un dispositivo disipador de energía con un supresor del pandeo, para reducir el riesgo de pandeo.

A modo de supresor del pandeo, puede rellenarse con un material estabilizante el más interior de al menos un elemento histerético.

Cualquier material resistente a la alta compresión resulta adecuado como material estabilizante, por ejemplo un relleno de mortero. El material estabilizante es un método eficaz y económico para evitar las deformaciones laterales de dicho elemento histerético y, en consecuencia, para aumentar la resistencia contra el pandeo de todo el dispositivo.

En una configuración adicional del dispositivo disipador de energía de la invención, el supresor del pandeo comprende un tubo de contención que rodea al menos un elemento histerético, en el que el espacio entre el elemento histerético y el tubo de contención puede llenarse con un material estabilizante, al menos parcialmente. Mediante el uso de un tubo de contención se evita la deformación lateral del al menos un elemento histerético bajo una carga aplicada axialmente. Al llenar un material estabilizante en el espacio entre el elemento histerético y el tubo de contención se reduce aún más la posibilidad de deformación lateral del al menos un elemento histerético bajo una carga aplicada axialmente, dado que no se deja espacio para dicha deformación.

Adicionalmente, el mecanismo de prevención del pandeo también puede comprender un tubo de contención que rodee varios elementos histeréticos a la vez. Entonces, el espacio entre los elementos histeréticos y/o el tubo de contención, y/o el espacio entre los propios elementos histeréticos se rellena preferiblemente con un material estabilizante.

El tubo de contención puede fabricarse con una sola pieza de tubo. Alternativamente, el mecanismo de prevención del pandeo también puede estar compuesto por un tubo de contención exterior y un tubo de contención interior. En este caso, el espacio entre el tubo de contención exterior y el interior se llena preferiblemente con un material estabilizante, a modo de mecanismo de restricción del pandeo adicional. El uso de un tubo de contención interior y uno exterior, especialmente si se llena el espacio entre ambos con un material estabilizante, es una manera sencilla pero eficaz de aumentar la resistencia al pandeo del dispositivo disipador de energía.

En especial, en el caso en el que los elementos histeréticos estén situados simétricamente con respecto al eje longitudinal del dispositivo, el supresor del pandeo puede comprender al menos una restricción transversal que interconecte al menos dos elementos histeréticos. Tales restricciones impiden la deformación lateral de los al menos dos elementos histeréticos, aumentando así la resistencia al pandeo del dispositivo. Adicionalmente, mediante el uso de más restricciones transversales que conecten los extremos exteriores, así como las partes intermedias de ambos elementos histeréticos, es posible aumentar aún más la resistencia al pandeo de todo el dispositivo. De esta manera puede evitarse un tubo de contención exterior utilizado como supresor del pandeo. Esto lleva a una construcción más sencilla del dispositivo disipador de energía.

En una configuración adicional, el al menos un elemento histerético puede comprender, por lo menos en una de sus superficies, un lubricante y/o un material antiadherente y/o una almohadilla deslizando a fin de reducir las fuerzas de fricción desarrolladas durante un movimiento relativo entre el al menos un elemento histerético y el material estabilizante, y/o entre el tubo de contención y/u otro elemento histerético bajo una carga externa. Esto se basa en los hallazgos de que resulta ventajoso que no haya un contacto forzado entre los propios elementos histeréticos con el material estabilizante, de modo que puedan moverse en la dirección de la carga aplicada axialmente sin unas fuerzas de fricción excesivas.

En especial, en el caso en el que los elementos histeréticos sean elementos tubulares, el dispositivo disipador de energía puede comprender una unión rígida que conecte al menos dos elementos histeréticos en serie, estando formada por al menos una corona de acero y/o una placa de acero que interconecte/n los dos elementos histeréticos. La ventaja de la unión rígida es que su rigidez puede resistir las fuerzas aplicadas radialmente. En consecuencia, la corona de acero y/o la placa de acero que interconecta/n los dos elementos histeréticos reduce/n las deformaciones radiales (cambios en el diámetro) de los elementos histeréticos. Así, se evita un contacto entre los elementos tubulares, así como las fuerzas de fricción entre los mismos.

Adicionalmente, el dispositivo disipador de energía puede comprender un transmisor de sacudidas que admita los movimientos de velocidad lenta y transmita los movimientos repentinos casi de manera inalterada. Un transmisor de sacudidas permite los movimientos lentos sin resistencia apreciable, pero impide los de aparición repentina sin deformaciones apreciables. Por lo tanto, esta disposición permite dar cabida a los desplazamientos entre los elementos estructurales interconectados debidos a las variaciones térmicas, y transmitir a los elementos histeréticos los desplazamientos debidos a un terremoto (pero también a fuerzas de frenado, al viento, etc.) de manera que pueda disiparse una parte significativa de la energía asociada a los mismos.

A continuación, se explicará con más detalle la invención con referencia a las realizaciones mostradas en los dibujos. Estos muestran esquemáticamente:

Fig. 1a: una vista axonométrica de una primera realización de la invención, que es un dispositivo disipador de energía compacto en su configuración más sencilla, en la condición no deformada;

Fig. 1b: una vista axonométrica del dispositivo disipador de energía mostrado en la Fig. 1a, mientras se ve sometido a una fuerza compresiva axial;

Fig. 1c: una vista axonométrica del dispositivo mostrado en la Fig. 1a, mientras se ve sometido a una fuerza tensil axial;

- Fig. 1d: las deformaciones laterales producidas por los momentos de flexión desarrollados internamente dentro del dispositivo de la Fig. 1a;
- 5 Fig. 2: una vista en planta de una segunda realización de un dispositivo disipador de energía de la invención, correspondiente al mostrado en la Fig. 1a pero que presenta adicionalmente un tubo de contención y unas extensiones a modo de guías;
- Fig. 3: una vista en planta de una tercera realización de un dispositivo disipador de energía de la invención, con una disposición simétrica de los elementos hysteréticos y un tubo de contención;
- 10 Fig. 4: una vista en sección transversal del dispositivo disipador de energía mostrado en la Fig. 3, a lo largo de la línea de sección A-A;
- Fig. 5: una vista axonométrica de una cuarta realización del dispositivo disipador de energía de la invención, con una disposición simétrica y una retención transversal;
- 15 Fig. 6: una vista detallada ampliada de la sección B mostrada en la Fig. 5;
- Fig. 7: una vista en sección longitudinal de una quinta realización de un dispositivo disipador de energía de acuerdo con la invención, que presenta tubos a modo de elementos hysteréticos;
- 20 Fig. 8a: la sección transversal ampliada del dispositivo disipador de energía mostrado en la Fig. 7, tomada a lo largo de la línea de sección A-A, en la que los tubos tienen una forma circular;
- Fig. 8b: una sección transversal alternativa ampliada de un dispositivo disipador de energía mostrado en la Fig. 7, tomada a lo largo de la línea de corte A-A, en la que los tubos tienen una forma cuadrada;
- 25 Fig. 9a: una octava realización de la invención, en la que la deformación radial en los extremos de los tubos debida a momentos de flexión aplicados radialmente se produce por compresión o por carga de tensión (las deformaciones radiales no están a escala) aplicadas axialmente;
- 30 Fig. 9b: la octava realización de la invención, en la que la deformación radial en los extremos de los tubos debida a momentos de flexión aplicados radialmente se produce por carga de tensión (las deformaciones radiales no están a escala) aplicada axialmente;
- 35 Fig. 10: una vista en sección longitudinal de una novena realización del dispositivo disipador de energía de la invención, que presenta una unidad de transmisión de sacudidas;
- Fig. 11: una vista axonométrica de una riostra de pandeo restringido, conocida en la técnica.
- 40 En las Figs. 1a a 10 se utilizan los mismos signos de referencia para los componentes iguales.

La Fig. 1a muestra una primera realización del dispositivo disipador de energía 10 de acuerdo con la invención, que presenta tres elementos hysteréticos 15 que están interconectados en serie y dispuestos en paralelo, y los unos al lado de los otros. Mediante dicha disposición, se puede reducir la longitud total del dispositivo disipador de energía en comparación con una disposición en la que sólo se utilice un elemento hysterético, tal como se conoce en la técnica anterior y se muestra por ejemplo en la Fig. 11. Dado que los tres elementos hysteréticos 15 están interconectados en serie, cada deformación de los tres elementos hysteréticos 15 contribuye a la capacidad de deformación total del dispositivo disipador de energía 10. El dispositivo disipador de energía 10 comprende en ambos extremos una conexión extrema 95, que se utiliza para unir dicho dispositivo 10 a componentes estructurales adyacentes tales como un puente, una cubierta, un apoyo, etc. Adicionalmente, la distancia de tope "a₁" ofrece una indicación de la deformación permisible bajo una carga determinada. Estas deformaciones, así como los principios de la invención, se describen a continuación en la Fig. 1b y la Fig. 1c.

55 La Fig. 1b muestra el dispositivo disipador de energía de la Fig. 1a expuesto a una compresión axial 115. En tal disposición, dos elementos hysteréticos 20 están sometidos a compresión, mientras que un elemento hysterético 25 está sometido a tensión. Ambos elementos hysteréticos 20, que están sometidos a compresión, y el elemento hysterético 25, que está sometido a tensión, se deforman plásticamente. El elemento hysterético 20 sometido a compresión se acorta por la fluencia del material, mientras que el elemento hysterético 25 sometido a tensión se estira por la fluencia de su material. Puede observarse que la distancia de tope "a₁" mostrada en la Fig. 1a ha desaparecido, dado que la compresión 115 que se aplica a lo largo del eje longitudinal 120 del dispositivo disipador de energía resulta en una reducción de la longitud total del dispositivo 10.

65 En la Fig. 1c, el dispositivo disipador de energía 10 está sometido a una tensión externa 110 a lo largo del eje longitudinal 120. Debido a esta tensión externa 110, dos elementos hysteréticos 25 se ven sometidos a tensión mientras que un elemento hysterético 20 se ve sometido a una compresión 115. Tanto la tensión 110 como la

compresión 115 dentro de los elementos histeréticos conduce a una deformación plástica de dichos elementos histeréticos. Esta deformación se hace visible dado que la distancia de tope "a₂" ha aumentado en comparación con la distancia de tope "a₁" mostrada en la Fig. 1a.

5 La Fig. 1d es una ilustración del dispositivo disipador de energía de la primera realización, sometido a una gran fuerza tensil 110. Dado que los elementos histeréticos 15 se encuentran en la condición sin cargas y no deformada, dispuestos en paralelo unos juntos a otros, y están interconectados con una unión rígida, existe una excentricidad entre la carga 110 sometida y los elementos histeréticos 15. Esta excentricidad produce un momento de flexión dentro de los elementos histeréticos igual a $M = F * e$, en donde "M" es el momento de flexión, "F" es la fuerza aplicada y "e" es la excentricidad. Como se muestra en la Fig. 1d, el momento de flexión provoca una deformación lateral de los elementos histeréticos bajo la tensión 110. Aunque la Fig. 1d sólo muestra un dispositivo disipador 10 sometido a la tensión 110, la fórmula para calcular el momento de flexión 80 es válida también para la compresión.

15 En la Fig. 2 se muestra una segunda realización del dispositivo disipador de energía 10, que comprende un tubo de contención 35 a modo de supresor del pandeo. Este tubo de contención 35 evita que los elementos histeréticos 15 se deformen lateralmente, como se ha mostrado anteriormente en la Fig. 1d. De hecho, el tubo de contención consiste en un tubo de contención interior 40 y un tubo de contención exterior 45. El espacio entre el tubo de contención interior 40 y el tubo de contención exterior 45 se llena con un material estabilizante 50. Adicionalmente, se aplica un material antiadherente 55 en los elementos histeréticos 15 con el fin de reducir las fuerzas de fricción desarrolladas durante los movimientos relativos entre dos elementos histeréticos 15, así como durante el movimiento relativo de los elementos histeréticos 15 y el tubo de contención 35. Adicionalmente, uno de los elementos histeréticos 15 comprende un punto de fijación 100 del tubo de contención que mantiene el tubo de contención siempre en posición central, independientemente de las deformaciones de los elementos histeréticos.

25 La Fig. 3 ilustra una tercera realización del dispositivo disipador de energía 10 de acuerdo con la invención. En este caso, el dispositivo disipador de energía 10 es simétrico con respecto a su eje longitudinal 120. El dispositivo disipador de energía 10 está fabricado en una sola pieza con sus tres elementos histeréticos 15. Alternativamente, también es posible que los elementos histeréticos 15 estén interconectados, así como las conexiones extremas 95, preferiblemente mediante un material de montaje, y formen así el dispositivo disipador de energía 10.

30 Para evitar el pandeo, el dispositivo disipador 10 comprende un tubo de contención 35 a modo de supresor del pandeo. El tubo de contención 35 puede estar compuesto por dos tubos tal como se muestra en la Fig. 2, y el espacio entre los tubos se puede llenar con un material estabilizante. Se coloca un material antiadherente sobre la superficie de los elementos histeréticos, para reducir las fuerzas de fricción desarrolladas durante el movimiento relativo de los elementos histeréticos 15 con respecto a otro elemento histerético 15 y al tubo de contención 35. Se proporcionan conexiones extremas 95 en ambos lados del dispositivo, para montar el dispositivo disipador de energía 10 en una estructura. Estas conexiones extremas 95 también permiten una rápida sustitución del dispositivo disipador de energía 10, siempre que sea necesario.

40 La Fig. 4 es una vista en sección transversal detallada, tomada a lo largo de la línea de sección A-A del dispositivo disipador de energía 10 mostrado en la Fig. 3. Resulta evidente que los elementos histeréticos 15 están rodeados por el tubo de contención exterior 35. También puede observarse que el elemento histerético central de los cinco elementos histeréticos 15 tiene un área de sección transversal con un tamaño aproximadamente dos veces el del área de sección transversal de cada uno de los cuatro elementos histeréticos restantes. Esto es debido al hecho de que el dispositivo disipador de energía 10 mostrado en la Fig. 3 puede obtenerse, en principio, mediante el acoplamiento de dos dispositivos disipadores de energía 10 mostrados en la Fig. 1a. Con esta configuración, la tensión dentro del elemento histerético central de los cinco elementos histeréticos 15 tendrá preferiblemente el mismo valor que la tensión en los otros cuatro elementos histeréticos, a fin de lograr una deformación uniforme de los elementos histeréticos 15 bajo carga.

50 El dispositivo disipador de energía 10 mostrado en la Fig. 5 es una cuarta realización de la invención, y en la Fig. 3 se muestra un desarrollo adicional del dispositivo. Todos los elementos permanecen inalterados, pero el tubo de contención 35 se sustituye por dos o más retenciones transversales 90. Estas retenciones transversales 90 conectan al menos los extremos en donde se unen los elementos histeréticos 15 exterior e intermedio, de manera que se eviten las deformaciones laterales de los mismos extremos de los elementos histeréticos 15. Pueden instalarse más retenciones transversales 90 para conectar también las partes intermedias de ambos elementos histeréticos 15 exterior e intermedio, como se muestra en la Figura 5, aumentando a voluntad su resistencia al pandeo. Lo anterior justifica la razón por la que puede eliminarse el tubo de contención 35 sin perjudicar la estabilidad del dispositivo disipador de energía. De esta manera se evitan las fuerzas de fricción no deseadas entre el tubo de contención y el elemento histerético de fluencia.

La Fig. 6 es una vista detallada de la conexión entre los elementos histeréticos 15 de extremo exterior y las retenciones transversales 90, como se muestra en la Fig. 5. La conexión está formada por una unión soldada 75.

65 La Fig. 7 muestra una quinta realización del dispositivo disipador de energía 10 de la invención en la que los tres elementos histeréticos 15 son tres tubos 30 dispuestos concéntricamente. Los tubos 30 están interconectados por

coronas de acero y placas de acero 70. El más interior de los tubos 30 montados concéntricamente está lleno de un material estabilizante 50, con el fin de evitar una deformación de dicho tubo 30 más interior y aumentar la resistencia al pandeo de dicho tubo 30 más interior y, por consiguiente, de todo el dispositivo disipador de energía 10.

5 La Fig. 8 es una vista en sección transversal del dispositivo disipador de energía 10 mostrado en la Fig. 7, tomada a través de la línea de sección A-A. La Fig. 8a y la Fig. 8b muestran dos formas diferentes de tubos 30. La Fig. 8a muestra los tubos circulares 30 montados concéntricamente con el tubo 30 más interior lleno de material estabilizante 50. La Fig. 8b muestra una realización del dispositivo disipador de energía 10 con tubos cuadrados 30 montados concéntricamente, estando el tubo 30 más interior también lleno de material estabilizante 50.

10 Las Figs. 9a y 9b representan un detalle de los elementos histeréticos tubulares exterior e intermedio de la quinta realización de la Fig. 7 que, para el propósito de esta figura, consideramos interconectados en su extremo superior simplemente mediante una soldadura 125 a tope. En la Fig. 9a el tubo exterior está sometido a una fuerza compresiva 115, mientras que el tubo intermedio (en esta figura, el tubo interior) está sometido a una fuerza tensil 110. En esta condición de carga, el efecto de los momentos de flexión radial hacia dentro, consiguientes a la excentricidad local distribuida radialmente, reducirá el diámetro del extremo circular superior de los tubos interconectados. Este efecto es similar al descrito en la Fig. 1d.

15 La Fig. 9b muestra los efectos de la inversión de las fuerzas aplicadas, a saber, la fuerza tensil 110 aplicada al tubo exterior y la fuerza compresiva 115 aplicada al tubo interior. Bajo esta condición de carga, el efecto de los momentos de flexión radial hacia el exterior aumenta el diámetro del extremo circular superior de los tubos interconectados.

20 Cabe mencionar que, en todos los casos de carga mostrados, la escala de las deformaciones radiales se ha ampliado a propósito para el beneficio del lector, sin embargo, una flexión radial hacia el exterior o hacia el interior tal como se ha descrito antes es un efecto no deseado. Podría dar lugar a un contacto entre los elementos histeréticos tubulares 30 dispuestos de forma concéntrica, y causar fuerzas de fricción no deseadas.

25 Todo lo anterior justifica la necesidad de adoptar las coronas de acero y las placas de acero 70 rígidas, para interconectar los elementos histeréticos tubulares 30 en la quinta realización mostrada en la Fig.7, precisamente para evitar la interferencia entre los elementos histeréticos tubulares 30 a consecuencia de las deformaciones radiales de sus extremos.

30 En la Fig. 10 se muestra otra realización del dispositivo disipador de energía 10 de la invención, que es casi idéntico al dispositivo 10 mostrado en la Fig. 7 excepto en que la versión de la Fig. 10 comprende, adicionalmente, unas uniones rígidas 65 y una unidad 105 de transmisión de sacudidas. Estas uniones rígidas 65 están formadas por coronas de acero y placas de acero 70, que son más gruesas que las coronas de acero y las placas de acero 70 mostradas en la Fig. 7. Esto ayuda a reducir las deformaciones no deseadas mostradas en las Figs. 9a y 9b. Adicionalmente, permite un diseño compacto dado que se puede reducir el espacio libre entre los elementos histeréticos tubulares 30.

35 La unidad 105 de transmisión de sacudidas mostrada en la Fig. 10 permite al dispositivo disipador de energía 10 admitir movimientos de velocidad lenta de los elementos estructurales conectados, sin una resistencia apreciable, y transmitir a los elementos histeréticos los desplazamientos debidos a un terremoto, de manera que pueda disiparse una parte importante de la energía asociada a los mismos.

40 La Fig. 11 muestra una riostra de pandeo restringido 200 conocida en la técnica. Esta riostra de pandeo restringido 200 comprende un núcleo de fluencia 215 de acero revestido, que está rodeado por un tubo de contención 235 a modo de supresor del pandeo. El espacio entre el núcleo de fluencia 215 de acero y el tubo de contención 235 está lleno de un material estabilizante 250. A fin de evitar las fuerzas de fricción cuando el elemento histerético lineal se deforma plásticamente bajo una fuerza externa, el núcleo de fluencia 215 de acero está revestido con un material antiadherente 255. Dado que la riostra de pandeo restringido 200 comprende un solo núcleo de fluencia 215 de acero, dicha riostra de pandeo restringido 200 tiene una gran longitud total en comparación con su capacidad para admitir los desplazamientos.

55 **Lista de referencia de signos**

- 10 = Dispositivo disipador de energía
- 15 = Elemento histerético o elemento histerético
- 20 = Elemento histerético sometido a compresión
- 25 = Elemento histerético sometido a tensión
- 30 = Tubo/elemento tubular
- 35 = Tubo de contención
- 40 = Tubo de contención interior
- 45 = Tubo de contención exterior
- 50 = Material estabilizante
- 55 = Material antiadherente y/o una almohadilla deslizante

ES 2 587 713 T3

- 60 = Extensión
- 65 = Unión rígida
- 70 = Corona de acero / placa de acero
- 75 = Unión soldada
- 5 80 = Momento de flexión
- 85 = Momento de flexión distribuido radialmente
- 90 = Restricción transversal
- 95 = Conexión extrema
- 100 = Punto de fijación de tubo contención de acero
- 10 105 = Unidad de transmisión de sacudidas
- 110 = Fuerza tensil
- 115 = Fuerza compresiva
- 120 = Ejes longitudinales
- 125 = Soldadura a tope
- 15 200 = Riostras de pandeo restringido (estado de la técnica)
- 215 = Núcleo de fluencia de acero
- 235 = Tubo de contención
- 250 = Material estabilizante
- 255 = Material antiadherente
- 20 a = Distancia de tope
- e = Excentricidad

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo disipador de energía (10) que tiene elementos hysteréticos (15), de manera que pueda disipar energía a través de su deformación plástica axial sin sufrir pandeo,
 5 **caracterizado por que,**
 el dispositivo disipador de energía (10) comprende al menos tres elementos hysteréticos (15), que están interconectados en serie de tal manera que al menos un elemento hysterético (15) se vea sometido a compresión mientras que al menos otro elemento hysterético (15) se ve sometido a tensión bajo una carga externa aplicada al dispositivo disipador de energía (10).
 10
2. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizado por que,
 los elementos hysteréticos (15) están dispuestos en paralelo entre sí.
- 15 3. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2,
caracterizado por que,
 los elementos hysteréticos (15) están dispuestos unos al lado de los otros.
- 20 4. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2,
caracterizado por que,
 al menos un elemento hysterético (15) está dispuesto concéntricamente con otro elemento hysterético.
- 25 5. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que,
 al menos un elemento hysterético (15) está fabricado con un metal o una aleación.
- 30 6. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con la reivindicación 4 o la reivindicación 5,
caracterizado por que,
 los elementos hysteréticos (15) dispuestos concéntricamente están formados por tubos (30).
- 35 7. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con la reivindicación 6,
caracterizado por que,
 la parte media de uno o más tubos (30) está cortada longitudinalmente.
- 40 8. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que,
 el dispositivo disipador de energía comprende adicionalmente un supresor del pandeo.
- 45 9. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con la reivindicación 8,
caracterizado por que,
 el más interior de al menos un elemento hysterético (15) está lleno de un material estabilizante (50) a modo de supresor del pandeo.
- 50 10. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con la reivindicación 8 o la reivindicación 9,
caracterizado por que,
 el supresor del pandeo comprende un tubo de contención (35) que rodea al menos un elemento hysterético (15), en donde el espacio entre el elemento hysterético (15) y el tubo de contención (35) puede estar lleno de un material estabilizante (50), al menos parcialmente.
- 55 11. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con las reivindicaciones 8 a 10,
caracterizado por que,
 el supresor del pandeo comprende al menos una restricción transversal (90) que interconecta al menos dos elementos hysteréticos (15).
- 60 12. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que,
 al menos un elemento hysterético (15) comprende sobre al menos una de sus superficies un lubricante y/o un material antiadherente y/o una almohadilla deslizante (55), con el fin de reducir las fuerzas de fricción desarrolladas durante un movimiento relativo entre el al menos un elemento hysterético (15) y el material estabilizante (50) y/o el tubo de contención (35) y/u otro elemento hysterético (15), bajo una carga externa.
- 65 13. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que,
 comprende adicionalmente una unión rígida (65) que conecta en serie al menos dos elementos hysteréticos (15), estando formada preferiblemente por al menos una corona de acero y/o una placa de acero (70) que interconecta/n los dos elementos hysteréticos.

14. Un dispositivo disipador de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, el dispositivo disipador de energía (10) comprende adicionalmente un transmisor de sacudidas (105) que admite los movimientos de velocidad lenta y transmite los movimientos de aparición repentina de manera casi inalterada.

5

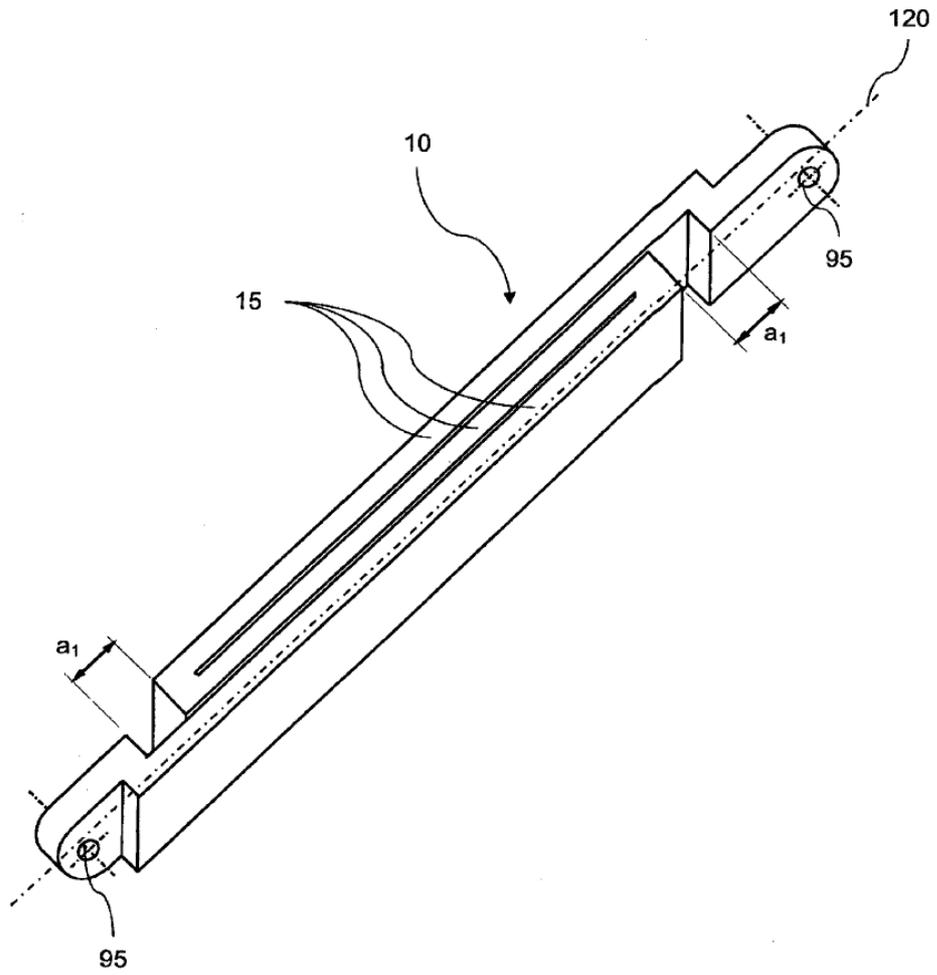


Fig. 1a

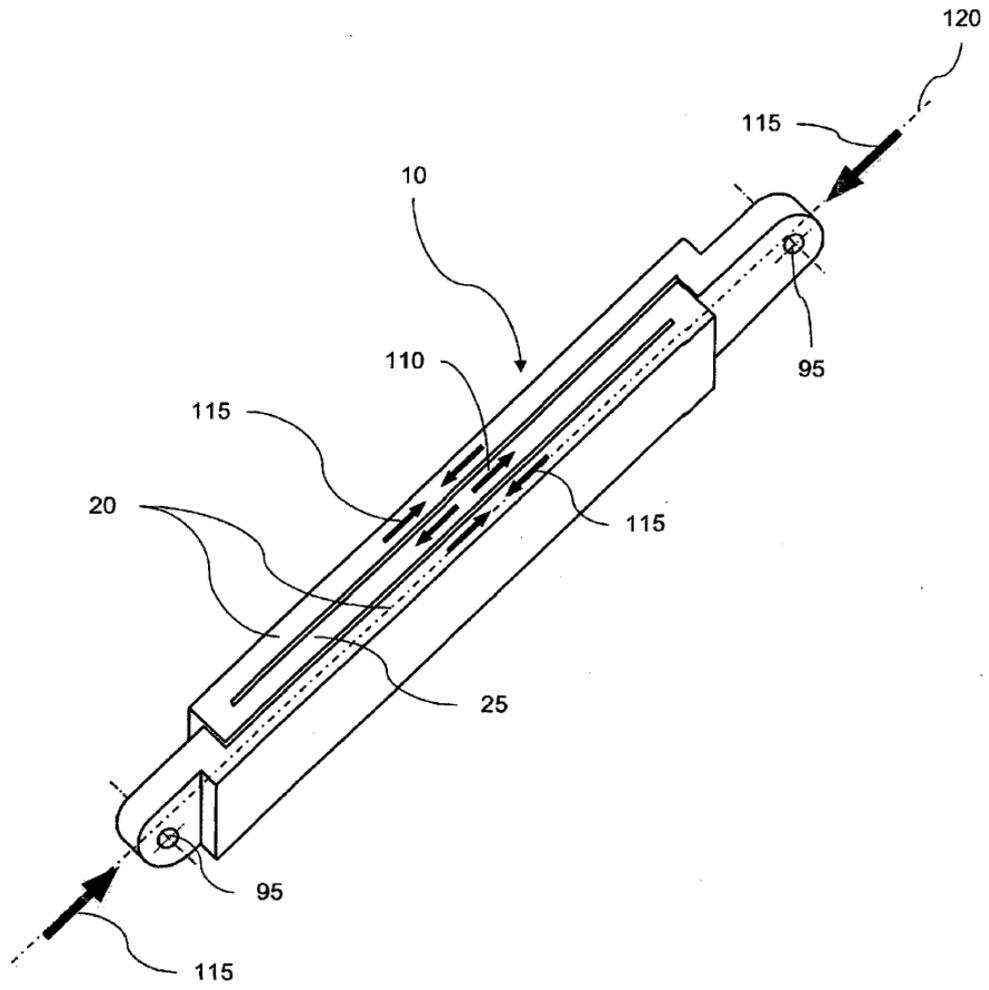


Fig. 1b

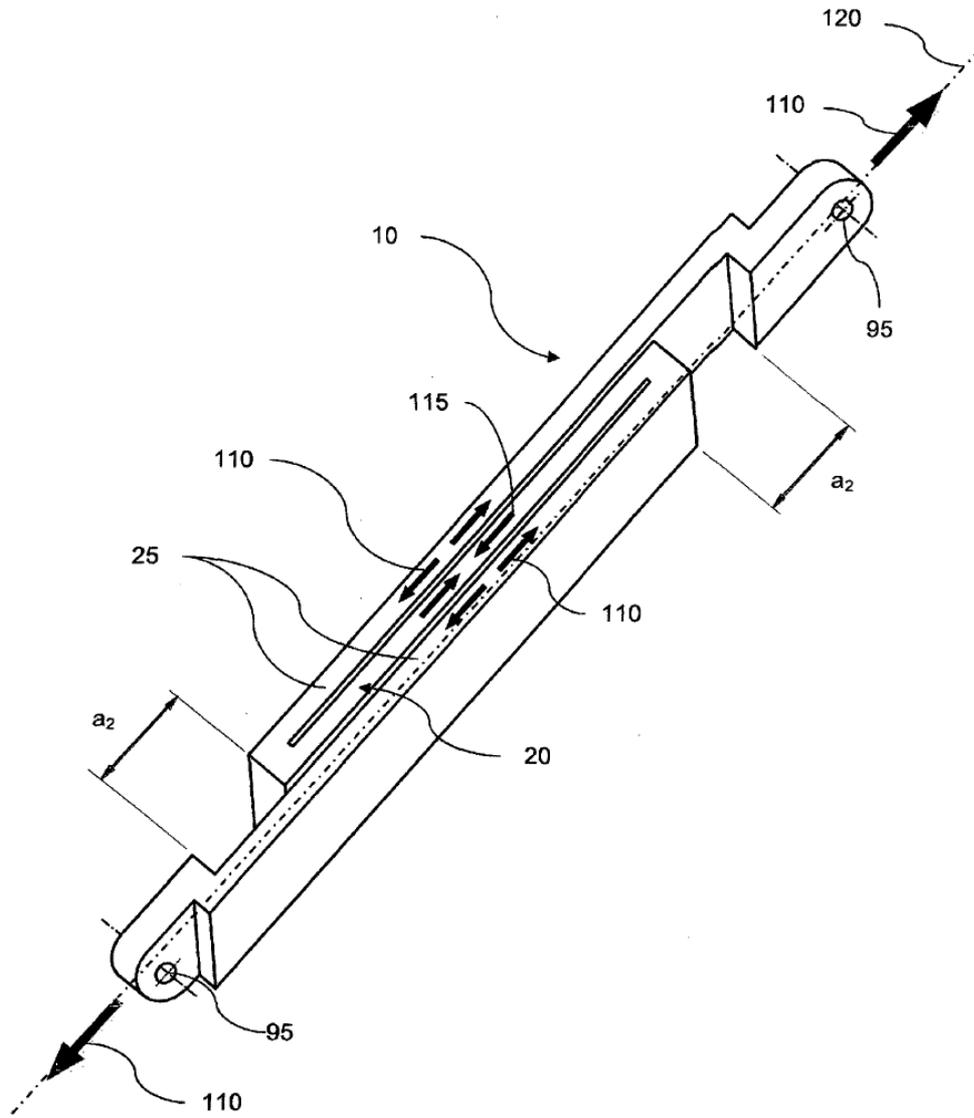


Fig. 1c

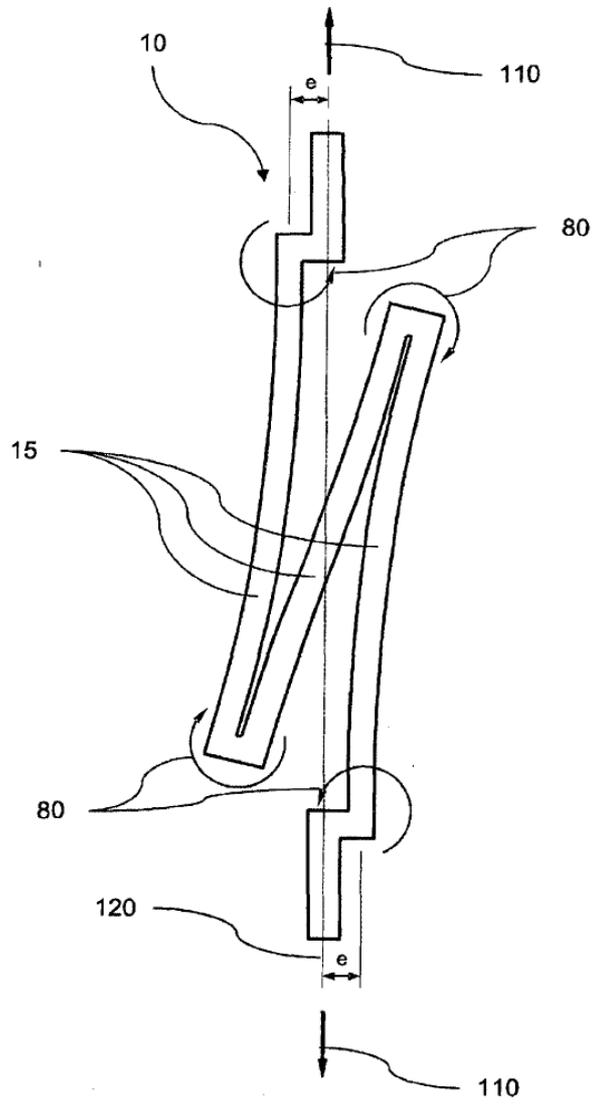


Fig. 1d

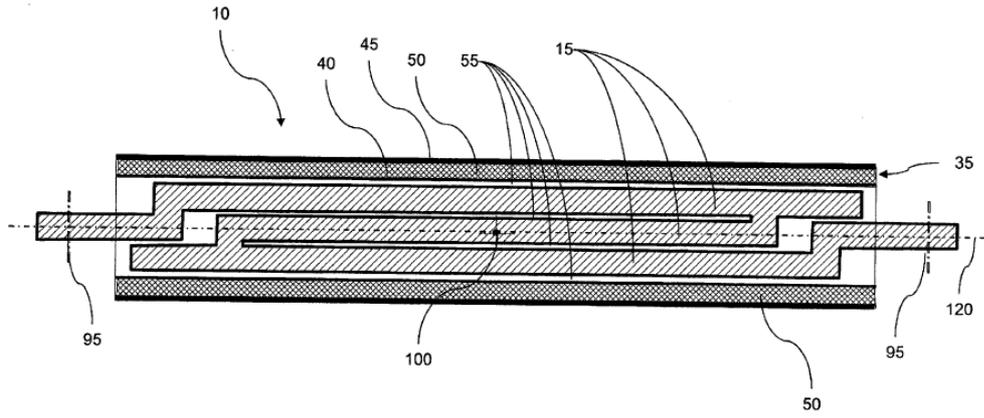


Fig. 2

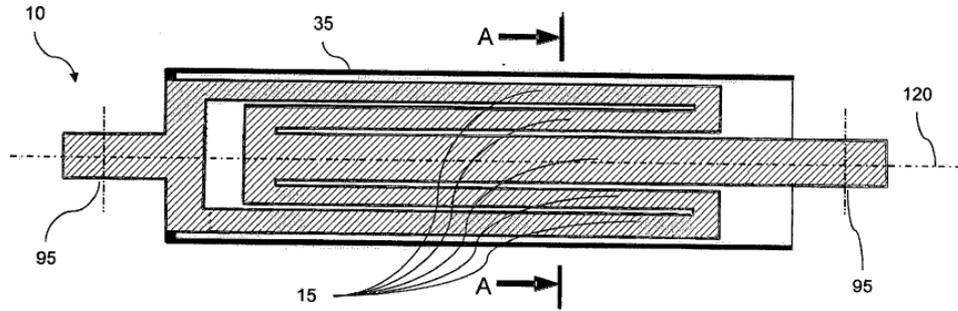


Fig. 3

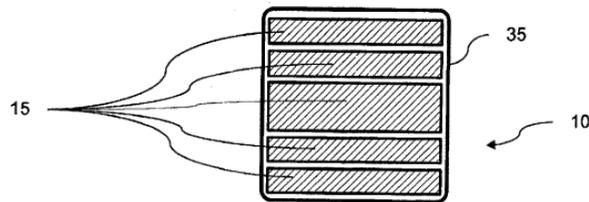


Fig. 4

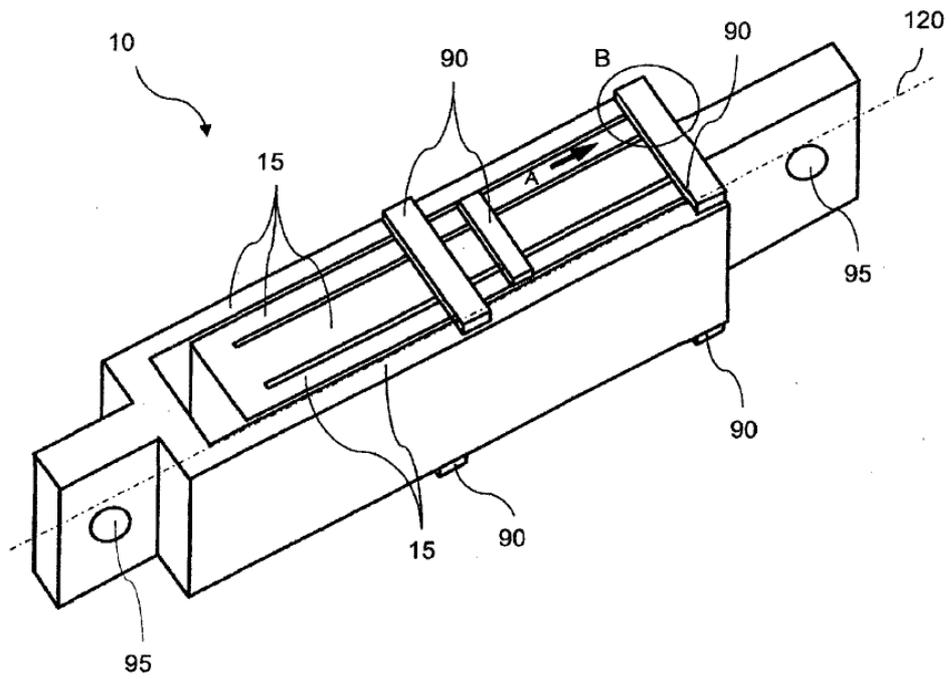


Fig. 5

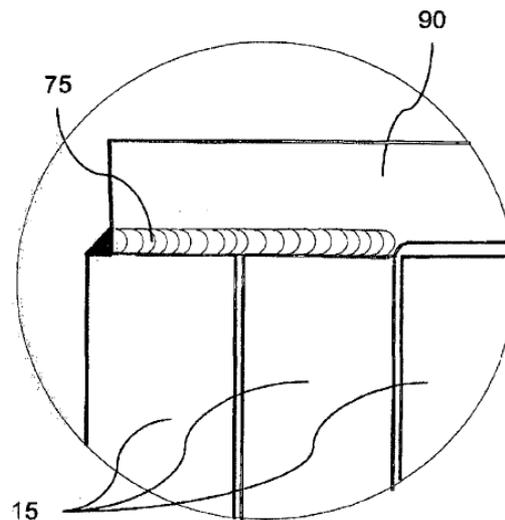


Fig. 6

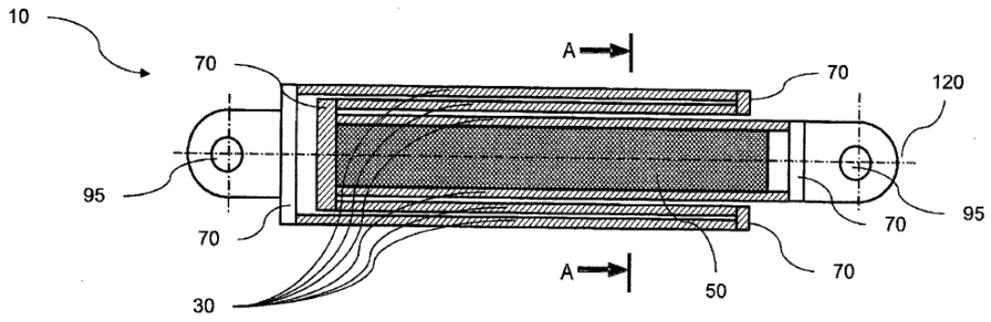


Fig. 7

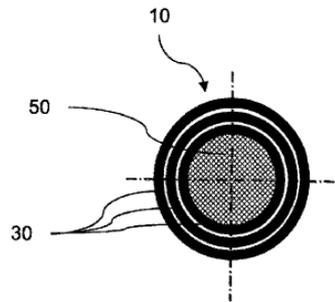


Fig. 8a

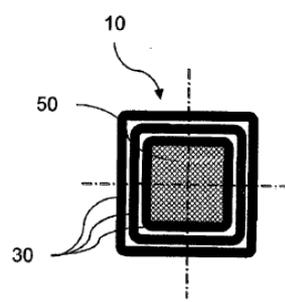


Fig. 8b

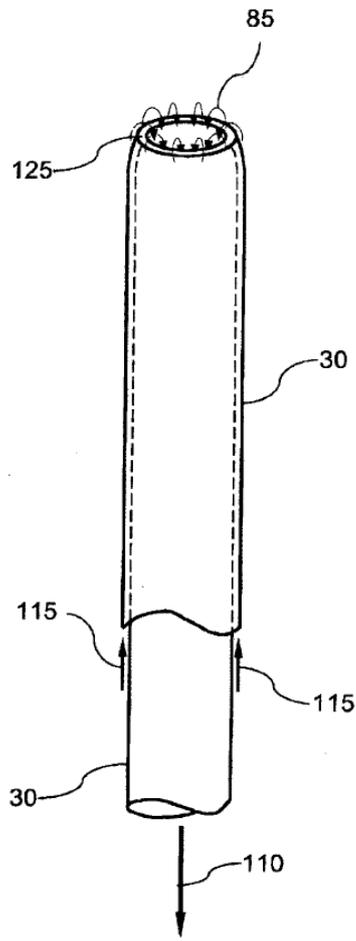


Fig. 9a

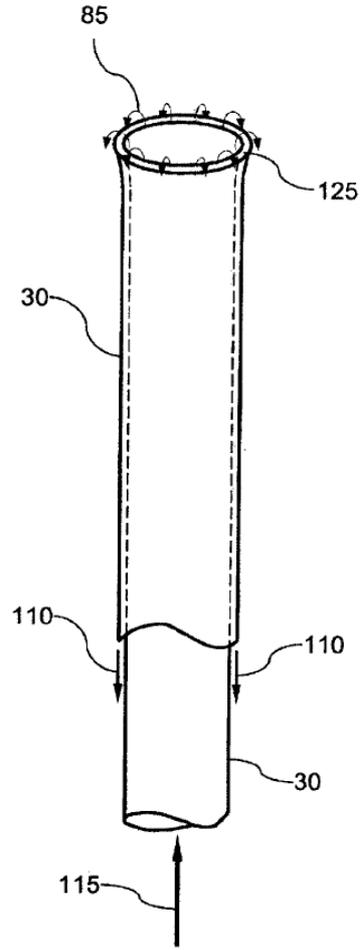


Fig. 9b

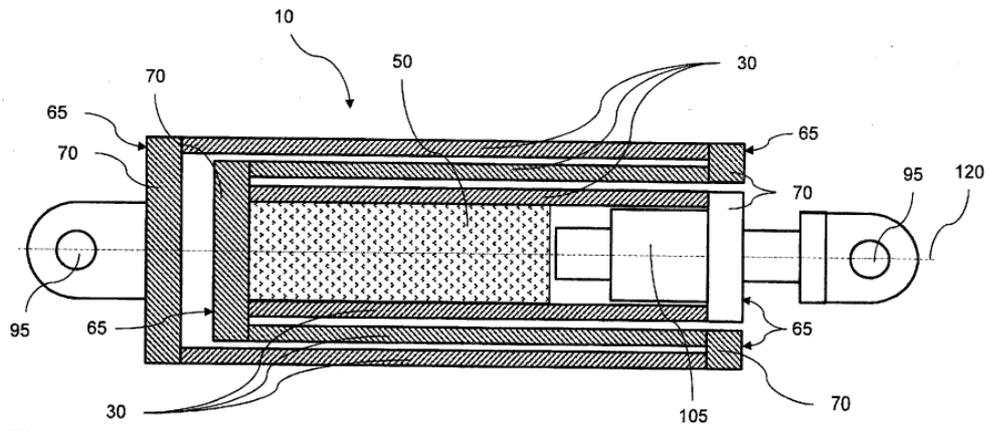


Fig. 10

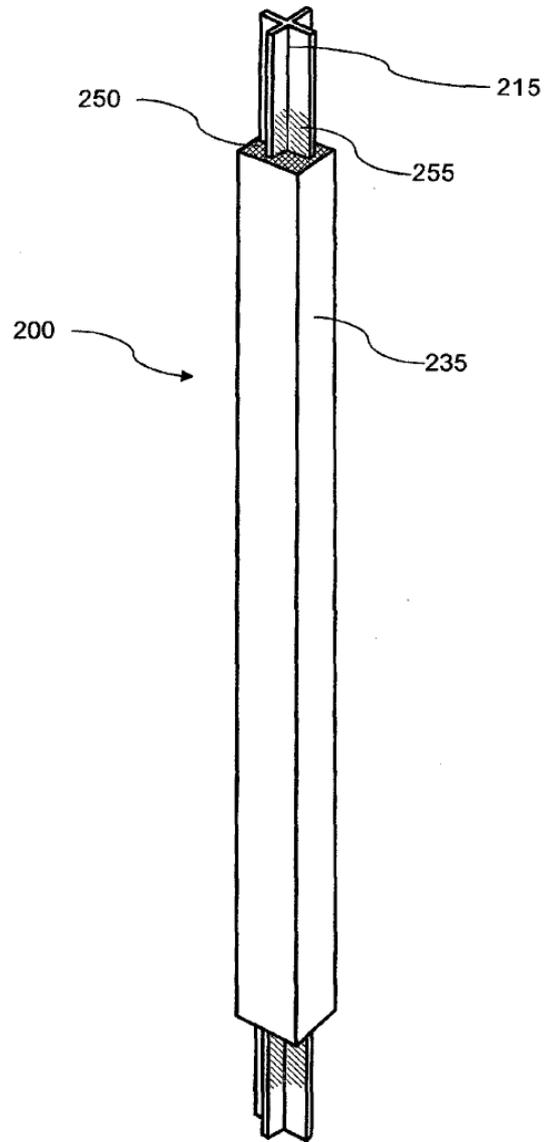


Fig. 11