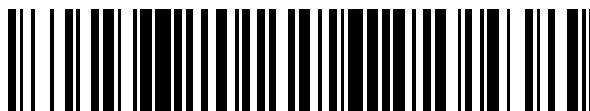


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 265**

51 Int. Cl.:

F24J 2/07 (2006.01)

F24J 2/46 (2006.01)

F16L 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2012** **E 12705725 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014** **EP 2663813**

54 Título: **Conectores para tubos absorbedores en una central solar de concentración**

30 Prioridad:

10.01.2011 IT RM20110004

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.03.2015

73 Titular/es:

MECCANOTECNICA UMBRA S.P.A. (50.0%)
Via G. Agnelli 7/9
06042 Campello Sul Clitunno, IT y
ADVANCED RESEARCH CONSULTING S.R.L.
(50.0%)

72 Inventor/es:

D'ORAZIO, NUNZIO y
ROLANDO, ADRIANO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 531 265 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

Conectores para tubos absorbedores en una central solar de concentración

La presente invención se refiere a conectores de tubos de recepción irradiados por el sol, en centrales solares de concentración.

5 Más específicamente, la invención se refiere a conectores adecuados para una conexión rápida de tubos de recepción de centrales solares de concentración. Dichos conductos solares o calentadores solares, gracias a la siguiente invención, se conectan fácilmente para realizar las centrales solares de concentración, aplicados usualmente en parábolas (plantas solares de cilindros parabólicos) pero no exclusivamente (tecnología de Fresnel).

10 Dicha invención permite, además, compensar las dilataciones lineales de los conductos solares, debidas a las diferencias de temperatura que tienen lugar como consecuencia de la irradiación solar y del calentamiento de un fluido portador de calor que fluye en el interior de los conductos solares mencionados anteriormente.

La presente invención incrementa la fiabilidad de dichas centrales solares de concentración y reduce los puntos críticos que tienen lugar durante las operaciones de instalación de dichas plantas. Finalmente, permite una flexibilidad operativa que no se puede obtener mediante las técnicas conocidas.

15 Como es bien sabido, el funcionamiento de una central solar de concentración sirve para la amplificación de la irradiación solar a través de la concentración de la propia irradiación por medio de espejos concentradores, que tienen generalmente, pero no necesariamente, forma parabólica, que transportan la irradiación sobre un tubo de recepción o conducto solar, para aumentar la potencia térmica recogida por el tubo y favorecer el aumento de la entalpía de un fluido portador de calor (calentamiento a alta temperatura, cambio de fase, etc.) que fluye en su interior, o en todo caso una transformación termodinámica que favorece transformaciones termoquímicas en el interior del fluido (reformulación química del fluido portador de calor).

20 El fluido se utiliza a continuación para una serie de aplicaciones que explotan dicho estado termodinámico, tal como por ejemplo para aplicaciones relacionadas con la conversión de potencia térmica en potencia eléctrica por medio de plantas de transformación que utilizan turbinas de gas y turbinas de vapor o plantas combinadas; aplicaciones conectadas a procesos de reformulación (reformado) de hidrocarburos ligeros puros o mixtos (tales como, por ejemplo, metano, propano, butano, gas de petróleo licuado, metanol) dirigidos al enriquecimiento del combustible en fracciones de combustible que tienen un mayor valor (hidrógeno o hidrocarburos ligeros), o la descomposición o reformulación de combustibles desde su formulación química original a formas moleculares más simples.

25 Incluso si las aplicaciones de los calentadores solares son más extensas, en lo que sigue se hará referencia en particular a su utilización como tubos de recepción en plantas dirigidas a la producción de potencia eléctrica según la tecnología de concentración solar termodinámica en espejos parabólicos ("colectores de concentrador parabólico") o según la tecnología de Fresnel, sin limitar por esta razón el alcance de la presente invención a esta aplicación solamente.

30 La tecnología que permite la utilización de energía solar para la producción de potencia eléctrica, en la presente memoria definida simplemente a continuación como "solar termodinámica", está basada en la concentración de energía solar sobre un tubo de recepción situado en el foco de un sistema de espejos parabólicos, y en cuyo interior fluye un fluido portador de calor (seleccionado actualmente, por ejemplo, entre aceites diatérmicos y sales fundidas) que aumenta su temperatura (según las aplicaciones actuales, hasta 550-600 °C), a continuación poniéndose a disposición dicha potencia térmica, posiblemente a través de un fluido intermedio, por medio de una sección de acumulación de potencia térmica, para la conversión en potencia mecánica y/o eléctrica, a través de un ciclo termodinámico de transformación, tal como por ejemplo un ciclo de Rankine, de Hirn, de Joule o de Ericsson, de acuerdo con el cuál el fluido portador de calor o el fluido intermedio representan la fuente de alta temperatura.

35 La relación de concentración obtenida por los espejos parabólicos (actualmente, de 50 a 70) permite que el tubo aumente su temperatura, de manera que aumenta la entalpía del fluido portador de calor que fluye en el interior del mismo (normalmente, con el fin de aumentar la temperatura pero asimismo gracias a los cambios de estado). Por lo tanto, el nivel de temperatura del fluido (o nivel de entalpía) es sensiblemente mayor con respecto a los valores que son posibles sin concentrar energía solar.

40 De este modo, es posible ampliar la utilización de energía solar concentrada, y transferida a alta temperatura, o entalpía, a sectores de aplicación que no serían posibles sin concentración, en particular, según ya se ha dicho, para alimentar ciclos termodinámicos para la conversión de potencia térmica en potencia mecánica y eléctrica, o para el reformado de combustible o para otras aplicaciones que requieren una temperatura o una entalpía elevadas.

De acuerdo con la técnica anterior, dichos conductos solares tienen estándares dimensionales y de fabricación bien definidos. Según la técnica anterior, dichos conductos se componen de:

a) un tubo interno, fabricado en un material metálico, cuyo grosor es tal que resiste las presiones del fluido portador de calor, recubierto según la técnica anterior con materiales específicos (tales como CERMED®) para la reducción de la energía re-irradiada y el aumento del coeficiente de absorción;

5 b) un tubo coaxial, fabricado de vidrio, aislado térmicamente de manera adecuada respecto del conducto solar y realizado con un material que es transparente a la radiación solar y opaco a la radiación re-irradiada por el tubo metálico; de manera que se recupera una fracción significativa de la energía re-irradiada por el tubo metálico (como consecuencia de su elevada temperatura de funcionamiento);

10 c) un hueco entre el tubo metálico y el tubo de vidrio, mantenido en vacío, que evita la transmisión de potencia térmica entre el tubo metálico y el tubo fabricado de un material transparente por los fenómenos de conducción y convección térmica;

e) un cierre de estanco estático entre el tubo metálico y el tubo de vidrio, junto con fuelles elásticos adecuados (metálicos) que permiten la absorción de las diferentes dilataciones axiales entre el tubo fabricado de metal y el fabricado de material transparente (vidrio).

15 Los elementos a), b), c) y d) están integrados en una sola unidad que realiza las funciones descritas. Haciendo referencia a la técnica anterior, dichos tubos se muestran por ejemplo en las figuras 1a y 1b.

En particular, la figura 1a muestra una configuración según la cual la parte terminal del conducto solar muestra el sistema de compensación de diferentes longitudes de vidrio (exterior, b) y de metal (interior, a), según la técnica anterior. El espacio c es tal que evita la transmisión de potencia térmica por convección y conducción. Es evidente que, en el caso mostrado en la figura 1a, la compensación provoca la compresión del fuelle elástico d.

20 La configuración mostrada haciendo referencia a la figura 1b, en la parte terminal del conducto solar, muestra un sistema de compensación de la diferente prolongación de vidrio (exterior, b) y metal (interior, a) de acuerdo con la segunda solución de la técnica anterior. El espacio c es tal que evita la transmisión de potencia térmica por convección y conducción. En este caso, la compensación provoca el tensionado del fuelle elástico d.

25 La central solar de concentración se realiza disponiendo dichos tubos en el foco de parábolas de concentración, realizando de este modo unidades de gran longitud (la tecnología actual proporciona longitudes de cientos de metros). Dichas parábolas de concentración agregadas giran mediante un sistema de accionamiento específico y siguen, de este modo, la posición del disco solar.

30 De acuerdo con la tecnología de la técnica anterior, las soluciones de centrales solares de concentración con espejos parabólicos giratorios que siguen el disco solar (denominadas asimismo, en inglés, concentrador parabólico), tienen las características siguientes:

a) las dimensiones de los conductos solares (que son las unidades elementales de la planta) son de aproximadamente 4 m de longitud y de menos de 0,01 m de diámetro;

b) una serie de conductos solares, conectados hasta alcanzar una longitud de aproximadamente 12 m, forman una denominada parábola, que es la unidad en la que se produce la concentración de energía solar del conducto solar;

35 c) una serie de parábolas, hasta alcanzar longitudes de 50 a 75 m, forman las denominadas cuerdas solares, que son desplazadas mediante un sistema común de accionamiento que las orienta para seguir el disco solar;

d) una serie de cuerdas solares hasta alcanzar longitudes de 100 a 150 m realizan un denominado colector solar, que puede aumentar en un cierto valor (dependiendo de su longitud) la temperatura del fluido termodinámico;

40 e) una serie de colectores solares, que funcionan en serie, hasta alcanzar longitudes de aproximadamente 600 m, forman un denominado anillo (o bucle), que aumenta la temperatura del fluido termodinámico hasta valores deseados;

f) una serie de anillos solares (bucle), que funcionan en paralelo, forman el denominado campo solar.

45 La construcción de un campo solar, cuyas unidades elementales se han definido anteriormente con propósitos indicativos, sin afectar a la generalidad, posee, de acuerdo con la técnica anterior conocida actualmente, problemas de construcción y gestión, relativos a:

1) la conexión entre conductos solares sobre una parábola;

2) la conexión entre parábolas para obtener una cuerda;

3) la conexión entre cuerdas para obtener un colector.

50 La tecnología de la técnica anterior proporciona, consecutivamente para los puntos 1), 2) y 3), las soluciones siguientes.

1. Los conductos solares son preensamblados en un taller con longitudes de aproximadamente 4 m, soldados in situ donde se va a construir la planta solar hasta una longitud igual que la de la parábola, realizando de ese modo una sola unidad de recepción equivalente. La técnica anterior no presenta elementos de compensación de las dilataciones térmicas que se producen en la unidad de recepción equivalente. Más en particular, el tubo metálico se puede expandir libremente como consecuencia del aumento de temperatura y a continuación, dichas dilataciones, se transfieren a la parábola siguiente. Obviamente, un conducto solar individual, tal como se deduce de las figuras 1a y 1b descritas ya previamente, está dotado de un sistema constituido por fuelles metálicos que compensa las diferentes dilataciones del tubo fabricado de material transparente y del de metal en el interior de éste; sin embargo, según la técnica anterior, los tubos metálicos, una vez que están soldados entre sí hasta una longitud igual a la de la parábola, se pueden dilatar juntos libremente.

2. El conducto solar, que tiene una longitud de una parábola (fabricada soldando juntos conductos solares elementales), se suelda al de la parábola subsiguiente, realizando ese modo unidades con una longitud mayor, ya denominadas cuerdas, que conectan de este modo un número definido de parábolas de concentración. De esta manera, las diferentes dilataciones de un tubo que tiene una longitud igual a la de la parábola se añaden a las de las otras parábolas hasta que se forma una cuerda.

3. Una sola cuerda, o partes de cuerdas adyacentes, o diferentes cuerdas adyacentes, se hacen girar (haciendo girar por lo tanto un grupo definido de parábolas) mediante un sistema común de accionamiento, realizado por medio de motores eléctricos, o accionadores hidráulicos o neumáticos, o accionadores basados en otra tecnología, que alinean las parábolas con el disco solar de manera que los rayos solares (que son paralelos) puedan tener una incidencia óptima sobre los espejos que forman las parábolas. Dicho sistema de accionamiento está dispuesto usualmente sobre una estructura metálica, o una estructura fabricada de hormigón o mixta, u otra, por ejemplo denominada pilar o torre, separada mecánicamente mediante los grupos de parábolas que son desplazados. Para realizar dicha rotación común, el conducto solar (que ha alcanzado una longitud notable mediante las soldaduras subsiguientes realizadas sobre conductos solares individuales) se conduce sobre el eje de rotación de las parábolas por medio de "manguitos flexibles fabricados de metal-material textil", de los que se muestra un ejemplo en la figura 2, cuya fabricación es tal que absorben las dilataciones notables de los conductos solares (suma de las contribuciones elementales de todos los conductos solares soldados juntos) y las torsiones que se producen debido a que los sistemas de accionamiento adyacentes al considerado no son perfectamente sincrónicos. Dicha operación de conducir el conducto solar desde una altura que es la del foco de las parábolas hasta la del sistema de rotación de las propias parábolas es necesaria cinemáticamente para permitir la propia rotación. Dicho elemento de conexión, definido como "manguito flexible fabricado de metal-material textil", con propósitos de ejemplo, pero que se puede asimismo fabricar de manera diferente, permite obtener en primer lugar la compensación de la dilatación longitudinal de todos los conductos solares conectados al mismo. En segundo lugar, dicho "manguito flexible fabricado de metal-material textil" permite obtener la compensación de las rotaciones que no son perfectamente sincrónicas, de grupos paralelos adyacentes de parábolas.

En particular, de acuerdo con la solicitud de patente europea número EP1998120, esta clase de conexión se obtiene tal como se muestra en 2, donde se muestran dos cuerdas en yuxtaposición, la flecha A indica la dirección de las dilataciones lineales de los dos tubos de recepción de las cuerdas en yuxtaposición y donde, mediante la notación numeral 2, se indica el eje de rotación de los espejos parabólicos. Con 3 se indica el elemento de cierre estanco que permite la rotación relativa de parábolas de cuerdas adyacentes, y con 4 los tubos flexibles para compensar dilataciones lineales del tubo de recepción. La cuerda o el colector de la derecha, 5d, tiene un sistema de accionamiento diferente al del colector de la izquierda, 5s. La conexión obtenida tiene el propósito de permitir la prolongación total de los elementos 1 (debido a las dilataciones térmicas de los conductos solares conectados mecánicamente) y las diferentes rotaciones, que inevitablemente están presentes entre la parte derecha y la parte izquierda, siendo diferentes los sistemas de accionamiento del movimiento para seguir al disco solar (sistemas 5s y 5d).

Por lo tanto, las compensaciones debidas a las diferentes temperaturas del conducto solar metálico se producen para cada pieza de longitud igual a varias decenas de metros, más en particular de 100 a 150 m, cada vez que la altura del propio tubo es conducida a la del sistema de rotación.

Por ejemplo, pero sin ninguna limitación de la generalidad de la presente invención, es posible considerar, mediante una de las tecnologías de la técnica anterior, para disponer la utilización de sales fundidas como fluido portador de calor:

- la longitud del conducto solar elemental es de aproximadamente 4 m;

- la longitud de una parábola es de aproximadamente 12 m;

- la longitud de una cuerda es de aproximadamente 50 m, pero puede ser, de acuerdo con la tecnología actual, incluso mayor (75 m o más);

- la longitud de un anillo (bucle) es de aproximadamente 600 m, siendo dicha longitud tal que, en caso de que se esté utilizando sal fundida como fluido portador de calor y fluya con un flujo másico definido, se pueda calentar desde 290 °C hasta 550 °C;

5 - se aumenta la capacidad de la planta aumentando el número de anillos (bucle) en paralelo, proporcionando cada anillo, que utiliza según la técnica anterior sales fundidas, una contribución de potencia eléctrica producida igual a aproximadamente 500 kW;

- las parábolas que se mueven al mismo tiempo son de 8 a 12, y la longitud de los conductos solares que se gira al mismo tiempo es igual a 100-150 m.

10 Según la técnica anterior, es necesario considerar una serie de puntos críticos, de los que los principales se presentan a continuación en la presente memoria, haciendo referencia a conexiones entre conductos solares elementales y entre parábolas, y entre cuerdas o partes de las mismas, y para soldaduras realizadas in situ.

15 En primer lugar, las soldaduras se realizan in situ, es decir donde se construye la planta. Esto implica que el propio proceso de soldadura no siempre tiene una calidad aceptable, con la necesidad frecuente de tratamientos posteriores. Asimismo, la verificación de la calidad de la soldadura no se puede realizar tal como se haría en un ambiente protegido. De hecho, se debe observar que los lugares en los que se construyen dichas centrales solares de concentración son lugares aislados, caracterizados por su elevada irradiación solar, que en el futuro serán asimismo áreas remotas y desérticas, incluso hostiles desde un punto de vista ambiental. La presencia de polvo y la dificultad del trabajo hacen que, en todos estos casos, no sea sencillo realizar una soldadura de buena calidad. Entonces, inevitablemente, la soldadura crea una situación de discontinuidad.

20 Además, el propio proceso de construcción de la planta presenta una cierta dificultad. Una vez que los conductos solares están unidos al suelo a lo largo de una longitud igual a la de una parábola, los propios tubos se conducen al eje focal de la parábola y se fijan en articulaciones cilíndricas específicas. Esta operación se repite para todas las parábolas que constituyen una cuerda y a continuación un colector. Durante dicha operación, el mantenimiento del carácter coaxial del conducto solar con el foco de la parábola no siempre se puede garantizar. La correspondencia perfecta entre el eje del conducto solar y el de las parábolas alineadas entre sí es un elemento importante de la funcionalidad de la planta como un todo, y afecta sensiblemente a la capacidad de la propia planta. Especificaciones estrictas de montaje fijan la precisión de la alineación de las parábolas con el foco. Las soluciones acordes con la técnica anterior presentan fuertes limitaciones en este sentido.

30 Además, en un único anillo (bucle) de colectores (actualmente con una longitud de aproximadamente 600 m) existen aproximadamente ciento cincuenta soldaduras, lo que constituye inevitablemente un número muy elevado de puntos críticos. Asimismo, si se consideran todas las piezas que están involucradas por los respectivos hilos de soldadura, que según la técnica anterior no tienen ninguna protección respecto de la irradiación del tubo fabricado de material transparente, representan una fuente de pérdidas que se evita sólo parcialmente. De hecho, según la técnica anterior, dichas zonas están aisladas mediante un material (por ejemplo, fabricado de cintas, protecciones envueltas o revestidas) que evita la irradiación, pero representan en todo caso discontinuidades y puentes con pérdidas térmicas. Dichas pérdidas se reflejan en la capacidad térmica del campo solar.

40 Además, en caso de fallo de uno o varios conductos solares, o de fallo de una o varias parábolas, o de mantenimiento que involucre los mencionados componentes, pero asimismo secciones mayores de la planta solar, según la técnica anterior, es necesario separar los diferentes elementos (el tubo se corta) con todas las cuestiones críticas que esto implica. Estas operaciones se tienen que realizar in situ, en condiciones de trabajo difíciles. A continuación, el restablecimiento de la operabilidad requiere soldar de nuevo los tubos, lo que involucra otras cuestiones críticas.

45 Además, la compensación relativa a las dilataciones del conducto solar, teniendo en cuenta diferencias de temperaturas en función del aumento de temperatura del fluido portador de calor (en un bucle de 600 m, en el caso de sales fundidas como fluido portador de calor que tiene un flujo definido, el conducto solar tiene una diferencia de temperatura en sus terminales de aproximadamente 250 a 300 °C) se realiza cada 100 a 150 m, en particular mediante los elementos de conexión fabricados de material textil-metálico que conducen el conducto solar de vuelta a la altura del sistema de rotación, de manera que la prolongación de cada tubo elemental se suma entre sí (tubo a tubo). La presencia de soldaduras en cada tubo elemental (actualmente, de aproximadamente 4 m de longitud) involucra dilataciones diferenciales en el hilo de soldadura, que generan tensiones de naturaleza térmica que afectan a la propia soldadura. Como ejemplo, sin limitar la generalidad de la presente invención, para un conducto solar de 100 m de longitud pueden existir diferentes dilataciones térmicas en función de la posición de la parte de tubo: en la sección terminal de la planta, dichas prolongaciones son iguales a 1000 mm, una prolongación difícil de compensar.

55 Se da a conocer otra solución en el documento DE202007009182U1. Este documento muestra una conexión de centrales solares de concentración, que comprende dos terminales para acoplar respectivamente con los tubos metálicos internos de dos conductos solares a conectar, estando dotados dichos terminales con medios para un acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco que comprenden una tuerca anular. La tuerca anular tiene una rosca para apretar la conexión.

La reivindicación 1 difiere de esto, en que dicha tuerca anular 303, 303' está montada en uno de dichos terminales 302, 302' y puede rotar libremente a su alrededor. El otro terminal 301, 301' está dotado, en su circunferencia externa

5 - de una serie de espigas 305 que encajan con un número correspondiente de ranuras perfiladas y en ángulo, realizadas en dicha tuerca anular 303

- o de una rosca 305' que engrana con una correspondiente contrarrosca 305'' realizada en dicha tuerca anular 303'.

Comprendiendo cada uno de dichos medios para el acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco de dichos terminales 301, 302; 301', 302', por lo menos un asiento 311', 311'' para alojar una parte respectiva de una espiga antirrotación 312', 312''.

10 En este contexto, se introduce la solución según la presente invención, con el objetivo de resolver los problemas mencionados anteriormente mediante la realización de un sistema de conexión entre tubos elementales y/o entre cuerdas, y/o entre grupos de cuerdas, o más simplemente entre cualquier cantidad de tubos elementales, que ocupa el lugar de la soldadura según la técnica anterior y supera los límites de los conectores con acoplamiento extraíble del tipo conocido. Dichos sistemas de conexión, constituidos por conexiones de centrales solares de concentración, para abreviar la descripción se denominarán en adelante conectores solares.

15 Sin limitar la generalidad de los conectores solares según la presente invención, en lo que sigue de la presente memoria se hará referencia a dos realizaciones fundamentales: la primera, mostrada haciendo referencia a la figura 3 y denominada un conector solar-A, puede realizar una conexión entre dos tubos elementales adyacentes y está caracterizada por la sencillez de la conexión y desconexión, y para proteger frente a irradiación externa; y la segunda, mostrada haciendo referencia a la figura 4 y denominada conector solar-B, que combina con la función de los conectores solares-A asimismo la de compensar dilataciones relacionadas con diferencias de temperatura de las piezas conectadas mediante el sistema de la invención.

20 En la versión que compensa dilataciones de conductos solares (conectores solares B), la presente invención resuelve asimismo el problema que se produce en los manguitos fabricados de material textil y/o reforzados por fibras mecánicas, utilizados actualmente con dicha función y para permitir una pequeña rotación entre las cuerdas de conductos solares.

25 La adopción de dichos sistemas de conexión (conectores solares A y B) permite además seleccionar (interrumpir) fácilmente, con cierta rapidez, las unidades que están conectadas, que tendrían fallos o roturas accidentales, o necesidades de mantenimiento u otras, que hagan necesario excluirlas temporal o repetidamente de la planta solar. Dichas operaciones resultan ser particularmente cómodas, si los conductos solares adoptan los sistemas de conexión que constituyen el objeto de la presente invención, no siendo necesario en dichos casos cortar los tubos o algo más.

30 Por lo tanto, el propósito de la presente invención es el de realizar conectores para una central solar de concentración que permitan superar los límites de las soluciones de conexión (soldaduras) según la técnica anterior, y de las juntas flexibles sometidas a flexo-torsión y obtener resultados técnicos operativos que resuelvan los problemas descritos previamente.

35 Un objetivo adicional de la invención es que dichos sistemas de conexión se puedan realizar con costes sustancialmente bajos, en la medida en que estén involucrados la fabricación y los costes de la conexión con los conductos solares elementales.

40 No el último objetivo de la invención, consiste en la realización de sistemas de conexión para una central solar de concentración que sean sustancialmente simples, seguros y fiables.

45 Para resolver los problemas de las soluciones según la técnica anterior, y conseguir los objetivos mencionados anteriormente, se propone según la presente invención un primer tipo de conexión entre conductos solares elementales, que tiene la función de asegurar la continuidad entre tubos adyacentes integrando en el sistema de conexión la protección contra la irradiación hacia el exterior, sintomática de la pérdida de potencia térmica.

Además, se propone como una realización de la presente invención, un segundo tipo de conexión entre conductos solares elementales que tiene las funciones de:

- asegurar la continuidad entre tubos adyacentes, integrando en el sistema de conexión una protección frente a la irradiación hacia el exterior, sintomática de una pérdida de potencia térmica;
- 50 - asegurar la función de compensación de las dilataciones axiales debidas a la diferencia de temperatura que caracteriza los conductos solares elementales o más de un conducto solar elemental, cualquiera que sea la manera en que estén conectados entre sí.

Por lo tanto, otra realización de la presente invención consiste en una conexión de centrales solares de concentración, que comprenden dos terminales para acoplar respectivamente con los tubos metálicos internos de

dos conductos solares a conectar, estando dichos terminales dotados de medios para un acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco.

Preferentemente, dichos terminales están acoplados mediante soldadura con dichos tubos metálicos de dichos conductos solares.

- 5 Además, según la presente invención, dichos medios para el acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco de dichos terminales pueden comprender una tuerca anular montada en uno de dichos terminales y que puede girar libremente en torno al mismo, estando dotado el otro terminal, en su circunferencia externa, alternativamente, de una serie de espigas que encajan con un número correspondiente de ranuras conformadas y en ángulo, realizadas sobre dicha tuerca anular, o de una rosca que engrana con una contrarrosca correspondiente realizada en dicha tuerca anular.

Dichos medios para el acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco de dichos terminales comprenden además un asiento para el alojamiento de un cierre estanco estático elástico, realizado alternativamente en uno de dichos dos extremos.

- 15 Según la presente invención, cada uno de dichos medios para el acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco de dichos terminales comprende por lo menos un asiento para alojar una parte respectiva de una espiga antirrotación, y comprende preferentemente por lo menos dos asientos, que tienen un tamaño o forma diferentes, respectivamente para alojar una parte respectiva de dos espigas antirrotación, que tienen un tamaño o forma correspondiente.

- 20 En particular, siempre según la invención, cada uno de dichos dos terminales puede estar conectado a un terminal correspondiente de un aparato de compensación que comprende un fuelle metálico, conectado mediante soldadura a cubos laterales que conectan el fuelle con dos terminales que se unen con dichos dos terminales acoplados con dichos tubos metálicos internos de conducto solar, y comprende además medios para reforzar y proteger frente a tensiones mecánicas debidas a un alineamiento axial imperfecto del sistema, y medios para facilitar el flujo en el interior de la conexión.

- 25 Preferentemente, dichos medios para reforzar y proteger de tensiones mecánicas comprenden una serie de tirantes, soportados mediante bridas, acopladas a su vez con dicho fuelle metálico y con varios cubos laterales; y dichos medios para facilitar el flujo en el interior de la conexión comprenden un sistema transportador telescópico y, preferentemente, comprenden además un cierre elástico, situado en el terminal de dicho transportador.

- 30 Preferentemente, dichos cubos laterales de dicho aparato de compensación son ambos rectos, o ambos curvos, o uno es curvo y el otro es recto.

Finalmente, según la presente invención, dicha conexión de centrales solares de concentración puede comprender una pantalla contra la radiación.

Las ventajas de la solución de la presente invención son evidentes, proponiendo ésta al mismo tiempo, respectivamente:

- 35 - un sistema de conexión entre tubos que son irradiados por luz solar directa o concentrada, que realiza la continuidad del tubo, haciendo referencia a la circulación de un fluido portador de calor que recoge dicha energía solar y la transforma en un aumento entálpico;

- 40 - un sistema de conexión como el del punto anterior que integra, con la función descrita, la de compensar las dilataciones de temperatura que se producen en diferentes conductos solares conectados entre sí mecánicamente, debido al hecho de que en el interior de dichos tubos fluye un fluido portador de calor que, al calentarse, provoca en dichos tubos un gradiente axial de temperatura;

- 45 - un sistema de conexión según los puntos anteriores, que realiza una desviación de un conducto solar tomando el eje del conducto solar desde la altura del foco hasta la del sistema de rotación de las parábolas, desplazado mediante un mismo sistema de rotación de las parábolas, funcional para el seguimiento del disco solar, dicha desviación del conducto solar puede estar en un periodo descendente (desde la altura del foco de la parábola hasta la del sistema de rotación) o ascendente (desde la altura del eje del sistema de rotación de parábolas hasta el foco de las mismas parábolas);

- un sistema de conexión según se ha descrito ya en los puntos anteriores, que integra un sistema adecuado para reducir la irradiación del conducto solar hacia el exterior, y la consiguiente pérdida de energía.

- 50 La presente invención se describirá a continuación, con propósitos ilustrativos no limitativos, según sus realizaciones preferidas, haciendo referencia en particular a las figuras de los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1a muestra una vista en sección transversal de una parte de un primer sistema de compensación de la diferente prolongación entre vidrio y metal en un conducto solar según la técnica anterior;

- la figura 1b muestra una vista en sección transversal de una parte de un segundo sistema de compensación de la diferente prolongación entre vidrio y metal en un conducto solar según la técnica anterior;

- la figura 2 muestra una vista esquemática de un sistema de conexión de cuerdas de conductos solares, según la técnica anterior;

5 - la figura 3 muestra una vista en sección transversal de un conector solar según una primera realización de la presente invención;

- la figura 3a muestra una vista en perspectiva de los conectores solares de la figura 3.

- la figura 3b muestra una vista en sección transversal de un conector solar según una segunda realización de la presente invención;

10 - la figura 3c muestra una vista en perspectiva, con las piezas desmontadas, de los conectores solares de la figura 3b;

- la figura 3d muestra una vista lateral de los conectores solares de la figura 3b;

- la figura 4 muestra una vista en sección transversal de un conector solar según una tercera realización de la presente invención;

15 - la figura 4a muestra una vista en perspectiva de los conectores solares de la figura 4.

- la figura 4b muestra una vista en sección transversal de un conector solar según una cuarta realización de la presente invención;

- la figura 4c muestra una vista en perspectiva del conector solar de la figura 4b;

20 - la figura 5 muestra una vista en sección transversal de un conector solar según una quinta realización de la presente invención;

- la figura 5a muestra una vista en perspectiva del conector solar de la figura 5;

- la figura 5b muestra una vista en sección transversal de un conector solar según una sexta realización de la presente invención;

- la figura 6 muestra un conector solar según una séptima realización de la presente invención; y

25 - la figura 7 muestra un conector solar según una octava realización de la presente invención.

Las figuras 3 y 4 se refieren a dos tipos definidos anteriormente como conector solar A y conector solar B. Para mostrar objetivos no limitativos se muestra asimismo una solución definida como conector solar C, que permite realizar una variación de la dirección del fluido portador de calor en sentido ascendente o descendente (en adelante, denominados asimismo con los acrónimos "SX" y "DX") que realizan las dos piezas ascendente y descendente en los terminales de un colector individual.

30 En particular, la figura 3 y la figura 3a muestran una primera versión básica del sistema de conexión rápida según la presente invención, que carece de un sistema de compensación de las dilataciones del tubo. El dispositivo está compuesto por un terminal 301 y un terminal 302, al que está conectada una tuerca anular 303, por medio de un bloqueo 304, siendo dicha tuerca anular 303 libre para girar en torno a sí misma con respecto al terminal 302. El terminal 301 está dotado, sobre la circunferencia externa, de una serie de espigas 305 que engranan con un número correspondiente de ranuras conformadas y en ángulo, realizadas sobre dicha tuerca anular 303 y una serie de fosos 306 para la introducción de una llave correspondiente; dichos fosos 306 se pueden fabricar con diferentes perfiles (ampliación 307), en correspondencia con el tipo de llaves que se pueden encontrar en el mercado (o diseñadas especialmente para llevar a cabo el propósito descrito). La tuerca anular 303 está dotada asimismo de una serie de fosos 306, para la introducción de la llave permitiendo una conexión mecánica.

35 En una de las dos extremidades de cada terminal 301 y 302, el cubo se aloja para su anclaje mediante soldadura de la unidad elemental correspondiente durante las etapas del montaje previo en taller; el perfil del cubo se realiza teniendo cuenta el tipo de unión que se desea obtener entre el tubo y el extremo; soldadura a tope (a la que se hace referencia en la figura 3, número 308) o como alternativa mediante superposición (tal como se muestra mediante la ampliación 309).

45 Uno de los dos terminales (en el caso de la figura 3, el terminal 301) está dotado de un asiento especial para el alojamiento de un elemento elástico de cierre estático 310, cuando los dos terminales 301 y 302 están unidos entre sí y cerrados mediante la tuerca anular 303; el elemento de cierre elástico 310 se puede realizar con un perfil diferente.

La conexión rápida entre los dos terminales consiste en unir las dos caras de los terminales 301 y 302 (después de la introducción en su asiento del elemento de cierre estático elástico 310), provocar que las espigas 305 se introduzcan en los fosos de la tuerca anular 303, apretar el paquete con la llave e introducir por seguridad el tornillo de bloqueo 304.

- 5 Los principios de funcionamiento descritos anteriormente están siempre en la base de la solución propuesta según la presente invención. Las particularidades descritas hacen referencia a una de las muchas soluciones posibles y equivalentes: por lo tanto, la solución descrita no limita la generalidad de la presente invención.

En particular, de acuerdo con la segunda realización de la presente invención, mostrada haciendo referencia a las figuras 3b, 3c y 3d, el dispositivo se compone de un terminal 301' y un terminal 302', a los que está conectada una tuerca anular 303', por medio de un bloqueo 304', pudiendo girar libremente dicha tuerca anular 303' en torno a su terminal 302'. El terminal 301' está dotado, sobre su circunferencia externa, de una rosca 305' que engrana con una contrarrosca correspondiente 305'', realizada sobre dicha tuerca anular 303' y una serie de fosos 306' para la introducción de una llave correspondiente. La tuerca anular 303' está dotada asimismo de una serie de fosos 306'', para la introducción de la llave permitiendo una conexión mecánica. Obviamente, la presencia de los fosos 306' se puede superar realizando por lo menos una parte de la superficie externa del terminal 301' y de la tuerca anular 303' con una sección poligonal.

En una de las dos extremidades de cada terminal 301' y 302' está realizado un cubo 308' para bloquear por soldadura la unidad elemental correspondiente durante el preensamblaje en taller; en el caso mostrado, el perfil del cubo es de la clase dirigida a una soldadura a tope del tubo y el extremo.

- 20 También en este caso, uno de los dos terminales (en el caso de las figuras 3b y 3c, el terminal 301') está dotado de un asiento especial para alojar un elemento elástico de cierre estático 310', cuando los dos terminales 301' y 302' están unidos entre sí y apretados mediante la tuerca anular 303'; el elemento de cierre elástico 310' se puede realizar con un perfil diferente, en el caso específico mostrado en las figuras 3b y 3c de la clase denominada anillo en C, con una sección en forma de C, y se fabrica de metal.

- 25 Para garantizar el montaje de los segmentos del tubo con una orientación predefinida, están presentes dos alojamientos 311', 311'' en el terminal 301', respectivamente para alojar dos espigas 312' y 312'', que tienen diferentes tamaños, previstas para su introducción en alojamientos correspondientes (no mostrados) en el terminal 302'.

- 30 La conexión rápida entre los dos terminales consiste en unir las dos caras de los terminales 301' y 302' (después de la introducción del elemento elástico de cierre estático 310' en el asiento), de manera que las propias espigas 312', 312'' (introducidas previamente en los alojamientos respectivos 311', 311'') se introducen en los alojamientos correspondientes del terminal 302'; a continuación se engrana la contrarrosca de la tuerca anular 303' con la rosca del terminal 301', se aprieta el paquete con las llaves y se introduce el anillo de bloqueo 304' por seguridad.

- 35 Según las realizaciones mostradas haciendo referencia a las figuras siguientes en la presente memoria, se muestran sistemas de conexión, denominados ya previamente conector solar B y conector solar C, en los que están presentes de nuevo los dos terminales del elemento básico, denominados ya previamente conectores solares A, y en los que se muestra siempre la realización descrita haciendo referencia a las figuras 3 y 3a. Se prevé que nada impide que dichos sistemas de conexión utilicen los terminales descritos haciendo referencia a las figuras 3b, 3c y 3d, u otras realizaciones equivalentes, todos basados en cualquier caso en el concepto inventivo de la presente invención según la reivindicación 1.

- 40 La figura 4 y la figura 4a muestran la versión del sistema de conexión rápida integrado con el sistema de compensación de dilataciones térmicas. Tal como se puede ver en la figura 4, el dispositivo está dotado, en sus extremos, de dos terminales 403 y 404 para conexión rápida según se describe haciendo referencia a la solución básica acorde con la realización mostrada en las figuras 3a y 3b (conector solar A). Entre estos dos elementos, está dispuesto un sistema de compensación compuesto de un fuelle metálico 401, conectado mediante soldadura a cubos laterales 402, dimensionados y conformados adecuadamente, que conectan el fuelle a los dos terminales 403 y 404 para conexión rápida. Externamente, el fuelle metálico está protegido frente a posibles tensiones, debidas a un alineamiento axial imperfecto (dentro de ciertos límites) del sistema, por medio de tirantes 405, soportados por bridas 406, a su vez conectadas por soldadura al fuelle metálico 401 y a cubos laterales 402, es decir soportadas mediante una solución mecánica de refuerzo diferente equivalente.

En el interior del fuelle 401, un sistema de transportador telescópico 407 fomenta el flujo del caudal, limitando la acumulación instantánea del fluido portador en los bucles del fuelle; se puede conseguir una reducción adicional del acceso del fluido portador a los bucles del fuelle utilizando un sistema de cierre elástico especial 408, situado en el extremo del transportador 407.

- 55 Dichos elementos de cierre pueden estar fabricados según cualquiera de las soluciones conocidas.

La prolongación progresiva de los conductos conectados a los dos extremos del dispositivo, debida al aumento progresivo de la temperatura del fluido portador de calor que fluye en el propio tubo, provoca la compresión de los

bucles del fuelle 401 y el deslizamiento axial interno del transportador 407, compensando la prolongación del sistema.

De acuerdo con la solución mostrada en la figura 4, con propósitos ilustrativos y no limitativos, los fuelles están tensionados, debido a las diferentes dilataciones inducidas por la temperatura, en compresión. En cualquier caso, cualquiera de las soluciones según las cuales se provoca que los fuelles elásticos reaccionen bajo tracción, caen asimismo dentro del alcance de protección de la presente invención: por ejemplo, dentro de la forma general mostrada en la figura 4b y en la figura 4c. Las propias figuras se proporcionan a modo de ejemplo y no constituyen una limitación de la validez con respecto a diferentes soluciones según las cuales el elemento de compensación funciona bajo tracción. Por esta razón, las figuras 4b y 4c muestran una posible solución según la cual un conector solar de tipo B está fabricado para compensar las dilataciones diferenciales sometiendo el elemento elástico a tracción.

Las versiones del sistema descrito anteriormente permiten la unión progresiva de los módulos individuales de un tubo de recepción, y la unión con compensación de las dos cuerdas del sistema (una a la derecha y una a la izquierda del pilar o estructura diferente para el movimiento y control de los espejos parabólicos). Al ser necesario compensar las dilataciones a ambos lados de las dos cuerdas compuestas por un solo colector, forma parte de la presente invención asimismo la realización de otra versión, definida como conector solar C, en las dos versiones "DX" y "SX" para los extremos laterales del colector individual.

Las figuras 5, 5a y 5b muestran la dos versiones mencionadas anteriormente que, tal como se puede ver, son diferentes del conector solar B descrito haciendo referencia a las figuras 4, 4a, 4b y 4c debido a las características siguientes:

- el tamaño pequeño del espacio de compensación; y

- la utilización de una curva de 90° en uno de los dos cubos laterales, para permitir el trayecto ascendente y descendente del conducto solar al comienzo y al final de cada colector individual a efectos de poner el eje del tubo a la misma altura que el eje de rotación de los espejos parabólicos.

Además, los elementos indicados en las figuras 5 y 5a con números de referencia 501, 502 y similares, hasta el número de referencia 508, corresponden a los elementos indicados en la figura 4 con los números de referencia 401, 402 y similares, hasta 408.

Las soluciones denominadas conectores solares de tipo A, B y C, según la técnica anterior, deben proporcionar un sistema de protección especial frente a la irradiación solar hacia el exterior. De hecho, todas las soluciones del conector solar funcionan a una temperatura que es la del tubo metálico en el interior del conducto solar. Según la técnica anterior, tal como se ha indicado ya, la unión de los tubos elementales se realiza mediante soldadura in situ y la pantalla contra la irradiación está realizada por medio de camisas o sistemas equivalentes que aíslan la parte metálica de la soldadura, consiguiendo de ese modo una temperatura inferior en el exterior, a la que no existe una irradiación significativa hacia el exterior. Es necesario prever dichas soluciones asimismo para los conectores solares según la presente invención (figuras 6 y 7).

En particular, la figura 6 muestra un conector solar de tipo A según la presente invención, dotado de pantalla contra la radiación. En la figura 6, se muestran las extremidades de los tubos metálicos internos 601 de dos conductos solares adyacentes, y en el exterior de éstas, los extremos de los tubos externos fabricados de vidrio 604, junto con los fuelles respectivos 605 para compensar las dilataciones diferenciales entre tubos internos 601 y tubos externos 604. Además, la figura 6 muestra, en el interior del círculo 602, un conector solar de tipo A según la presente invención y, para cubrir este último y los fuelles 605, una pantalla contra radiación 603.

A continuación, haciendo referencia a la figura 7 se muestra un conector solar de tipo B según la presente invención, dotado de una pantalla contra la radiación. En la figura 7, se muestran los extremos de los tubos metálicos internos 703 de dos conductos solares adyacentes, y en el exterior de estos los extremos de los tubos externos fabricados de vidrio 703a, junto con los fuelles respectivos 703b para compensar las dilataciones diferenciales entre los tubos internos 703 y los tubos externos 703a. La figura 7 muestra además, en el interior de los círculos 701, dos conectores solares de tipo A según la presente invención, y en el interior del círculo 702, un conector solar del tipo B según la presente invención. Además, se muestra una pantalla 704 contra la radiación para cubrir el último, los dos conectores solares 701 de tipo A y los fuelles 703b.

Es obvio que otras soluciones diferentes estructuralmente que tengan la misma función de conectar y proteger contra la irradiación hacia el exterior y de compensar las dilataciones debidas a diferencias de presión, quedan asimismo dentro del alcance de protección definido por la presente invención.

En conclusión, según la presente invención se proponen diferentes clases de conectores entre tubos que recogen energía solar directa o energía solar concentrada por espejos parabólicos, según las cuales los tubos se desplazan a lo largo del eje focal de las parábolas, proporcionando de este modo continuidad a los conductos solares con respecto al flujo interior de un fluido portador de calor. Dichos sistemas implementan asimismo la función de compensar las dilataciones de temperatura que se producen en el tubo metálico del conducto solar como

consecuencia de los gradientes axiales de temperatura en los mismos tubos, debidos a la circulación del fluido portador de calor que fluye en el interior de los tubos y se calienta debido a la irradiación solar.

Dichos sistemas de conexión implementan asimismo las funciones de reducir la energía re-irradiada hacia el exterior debido a la temperatura elevada alcanzada por dichos sistemas de conexión y compensación.

- 5 Sin reducir el campo de aplicación de dichos sistemas de conexión, estos encuentran su aplicación más natural en centrales solares de concentración (plantas solares termodinámicas, "concentrador parabólico" o tecnología de Fresnel, o cualquier otra geometría del sistema de captación de energía solar), donde el objetivo de la planta es la producción de potencia eléctrica mediante ciclos termodinámicos de combustión internos o externos y/o el reformado de hidrocarburos puros o mezclados con fracciones de hidrocarburos más ligeros.
- 10 La presente invención se ha descrito con propósitos ilustrativos no limitativos, según sus realizaciones preferidas, pero se debe entender que los expertos en la materia pueden realizar cualquier variación y/o modificación sin escapar por esta razón del alcance relativo de protección, que se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Conexión de centrales solares de concentración, que comprenden dos terminales (301, 302; 301', 302') para acoplar respectivamente con los tubos metálicos internos de dos conductos solares a conectar, estando dotados dichos terminales (301, 302; 301', 302') de medios para el acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco, en la que dichos medios para el acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco comprenden una tuerca anular (303, 303') montada sobre uno de dichos terminales (302, 302') y que puede girar libremente alrededor del mismo, estando dotado el otro terminal (301, 301'), sobre su circunferencia externa
5 - de una serie de espigas (305) que encajan con un número correspondiente de ranuras perfiladas y en ángulo, realizadas en dicha tuerca anular (303); o
10 - de una rosca (305') que engrana con una correspondiente contrarrosca (305'') realizada en dicha tuerca anular (303').
cada uno de dichos medios para el acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco de dichos terminales (301, 302; 301', 302') comprendiendo por lo menos un asiento (311', 311'') para alojar una parte respectiva de una espiga antirrotación (312', 312'').
- 15 2. Conexión de centrales solares de concentración según la reivindicación 1, caracterizada por que dichos terminales (301, 302; 301', 302') están acoplados por soldadura con dichos tubos metálicos de dichos conductos solares.
3. Conexión de centrales solares de concentración según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dichos medios para el acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco de dichos terminales (301, 302; 301', 302') comprenden además un asiento para el alojamiento de un cierre estático elástico (310, 310'), realizado alternativamente sobre uno de dichos dos terminales (301, 302; 301', 302').
- 20 4. Conexión de centrales solares de concentración según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que cada uno de dichos medios para el acoplamiento desplazable mecánico rígido recíproco de dichos terminales (301, 302; 301', 302') comprende por lo menos dos asientos (311') (311''), que tienen diferente tamaño o forma, respectivamente para alojar una parte respectiva de dos espigas antirrotación (312', 312''), que tienen un tamaño o una forma correspondiente.
- 25 5. Conexión de centrales solares de concentración según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que cada uno de dichos dos terminales (301, 302; 301', 302') está conectado a un correspondiente terminal de un aparato de compensación que comprende un fuelle metálico (401), conectado por medio de soldadura a cubos laterales (402) que conectan el fuelle con los dos terminales (403, 404) que se unen con dichos dos terminales (301, 302; 301', 302') acoplados con dichos tubos metálicos internos de conducto solar, y comprende además medios para reforzar y proteger contra las tensiones mecánicas debidas a un alineamiento axial imperfecto del sistema y medios para facilitar el flujo en el interior de la conexión.
- 30 6. Conexión de centrales solares de concentración según la reivindicación 5, caracterizada por que dichos medios para reforzar y proteger contra las tensiones mecánicas comprenden una serie de tirantes (405), soportados por bridas (406) acopladas a su vez con dicho fuelle metálico (401) y con dichos cubos laterales (402).
- 35 7. Conexión de centrales solares de concentración según la reivindicación 5 ó 6, caracterizada por que dichos medios para facilitar el flujo en el interior de la conexión comprenden un sistema transportador telescópico (407).
8. Conexión de centrales solares de concentración según la reivindicación 7, caracterizada por que dichos medios para facilitar el flujo en el interior de la conexión comprenden además un cierre elástico (408), situado en el terminal de dicho transportador (407).
- 40 9. Conexión de centrales solares de concentración según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizada por que dichos cubos laterales (402) de dicho aparato de compensación son ambos rectos, o ambos curvos, o uno es curvo y otro es recto.
- 45 10. Conexión de centrales solares de concentración según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que comprende una pantalla contra la radiación.

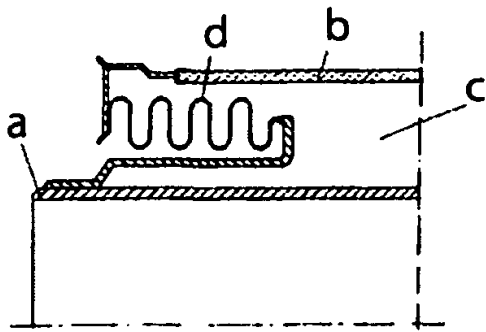


Fig. 1a
(Técnica anterior)

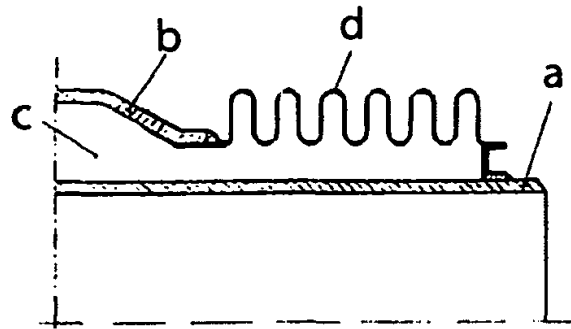


Fig. 1b
(Técnica anterior)

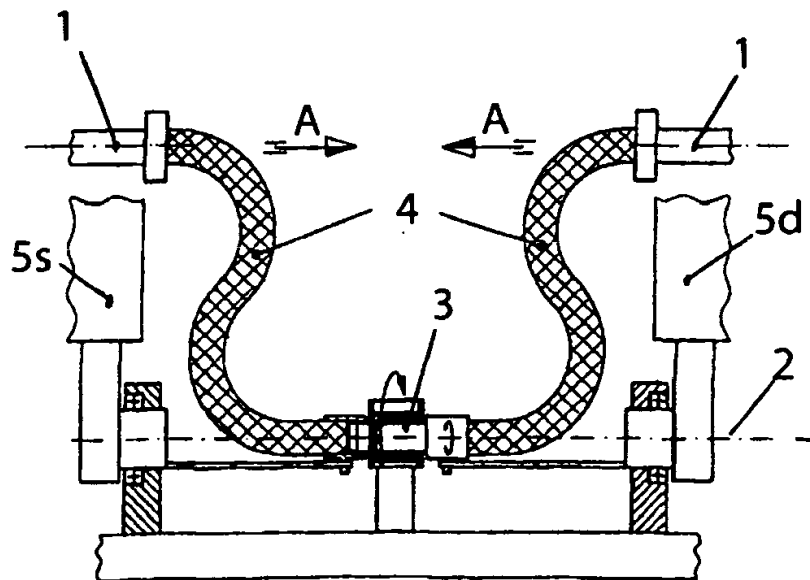


Fig. 2
(Técnica anterior)

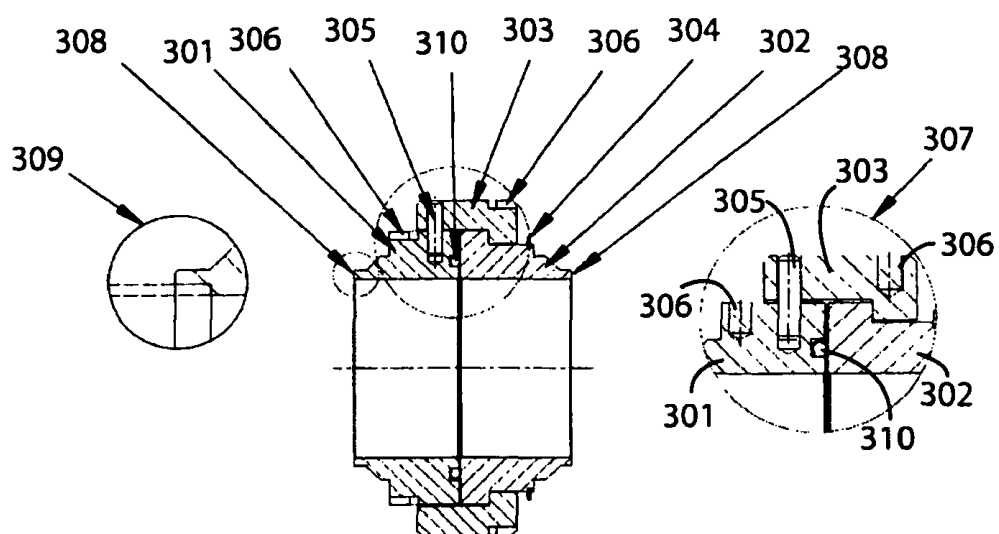


Fig. 3

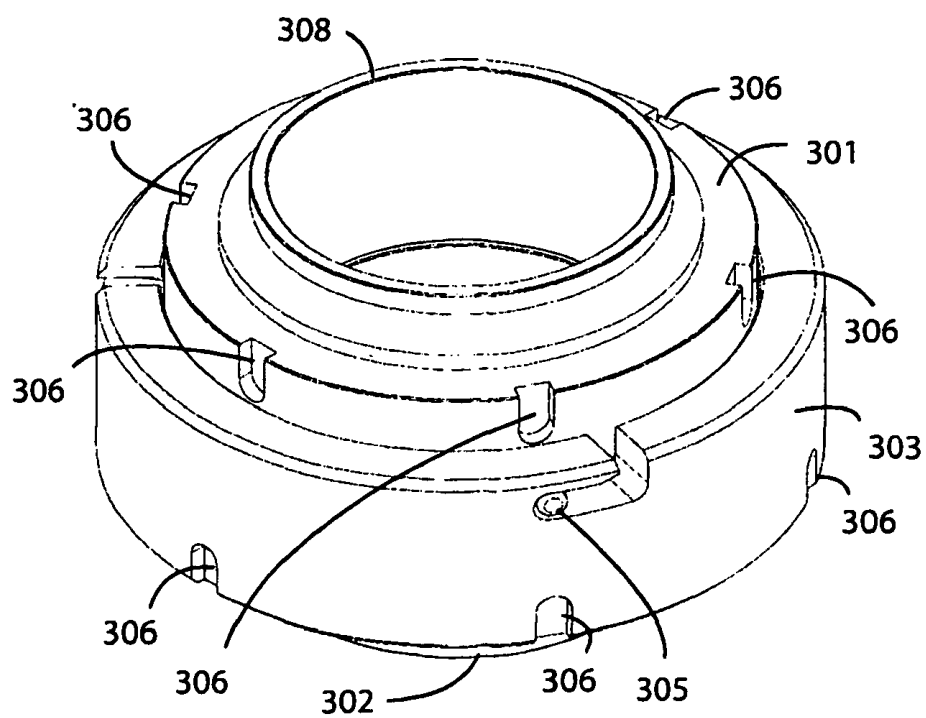


Fig. 3a

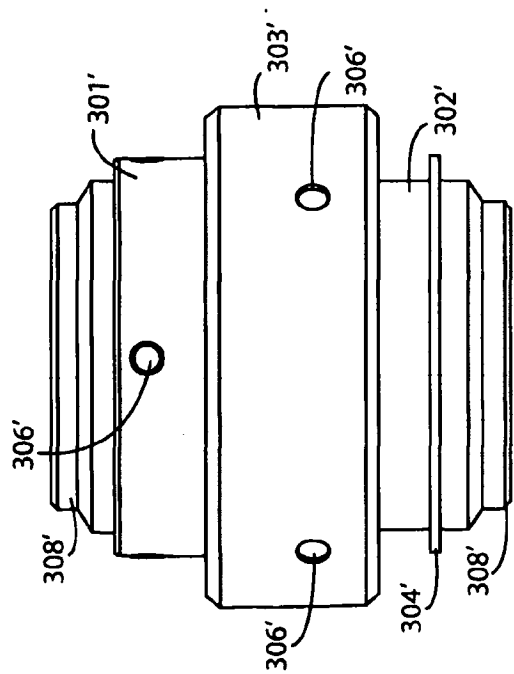


Fig. 3d

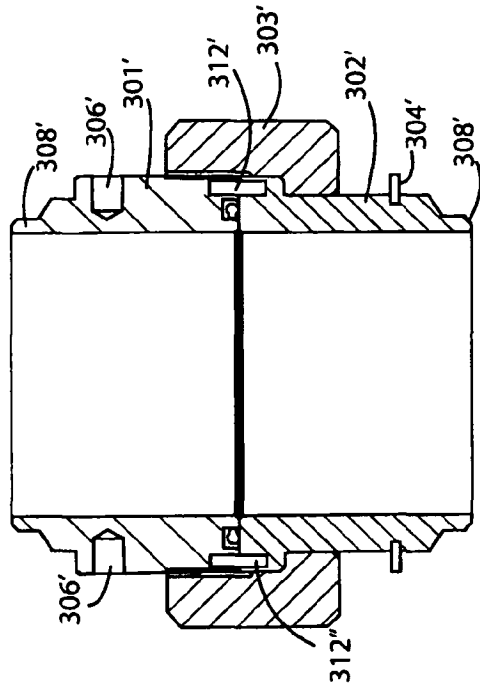


Fig. 3b

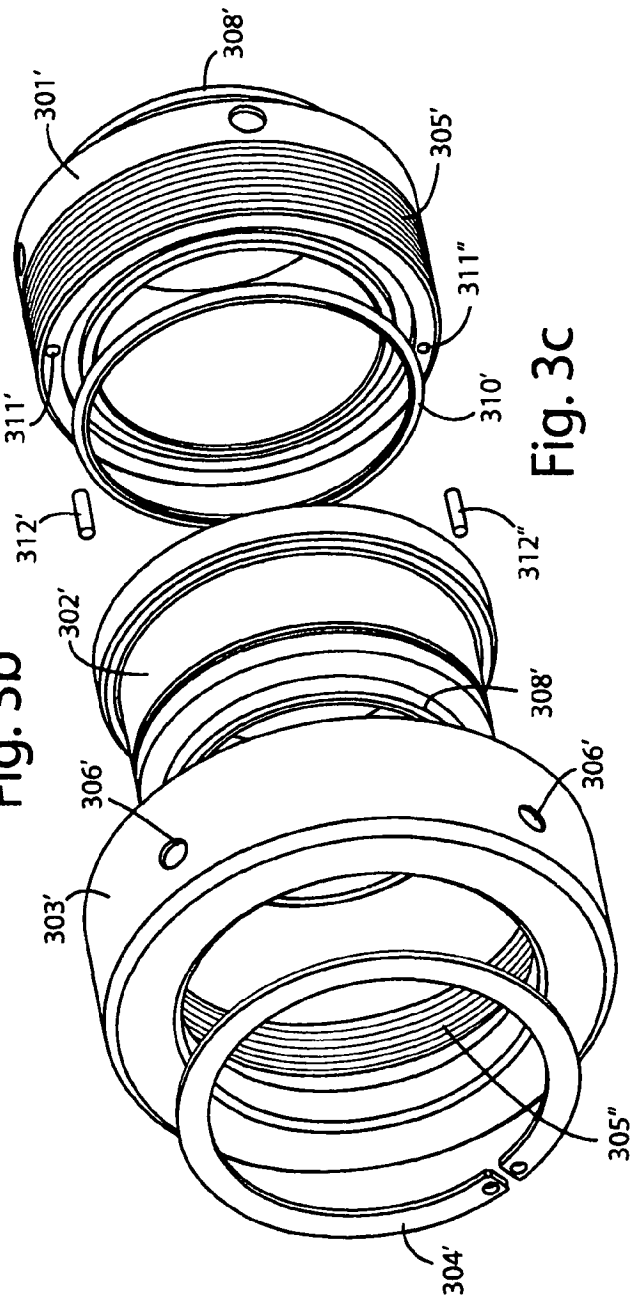


Fig. 3c

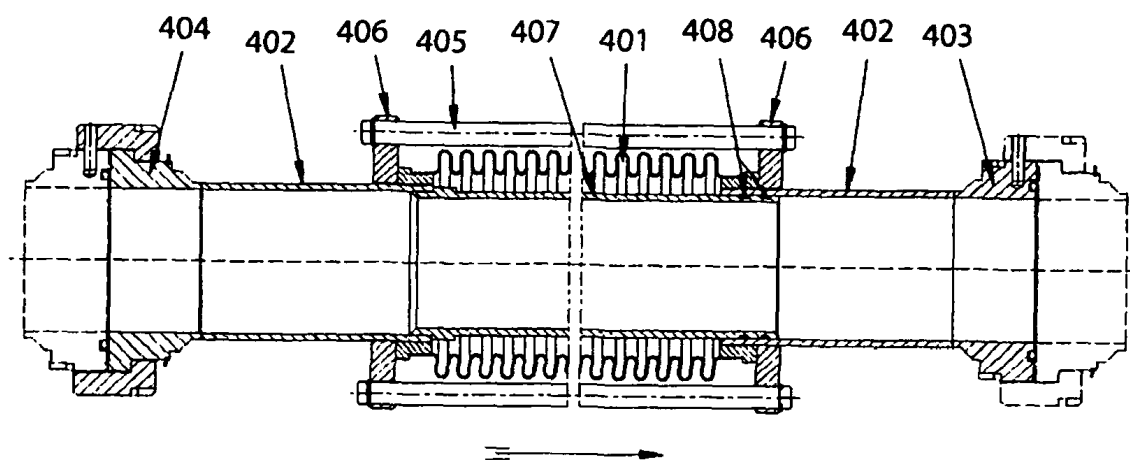


Fig. 4

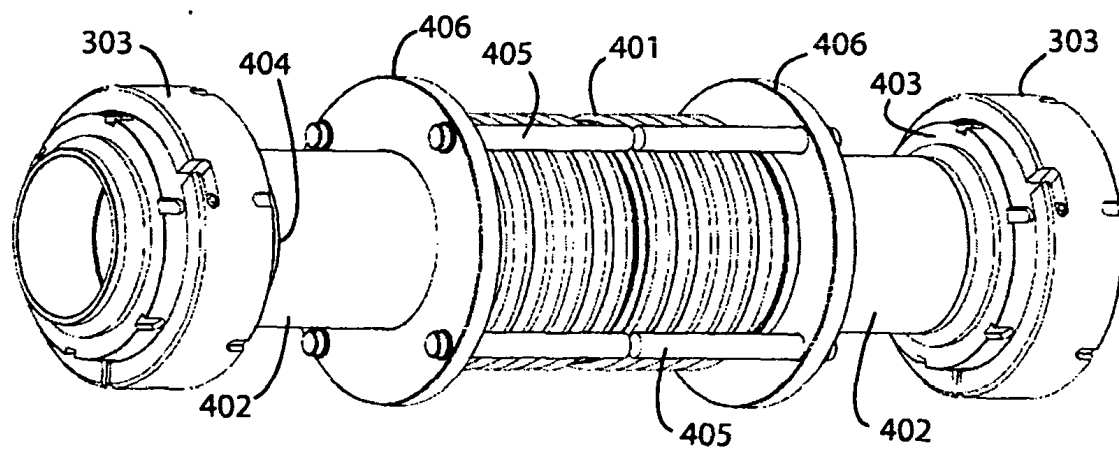


Fig. 4a

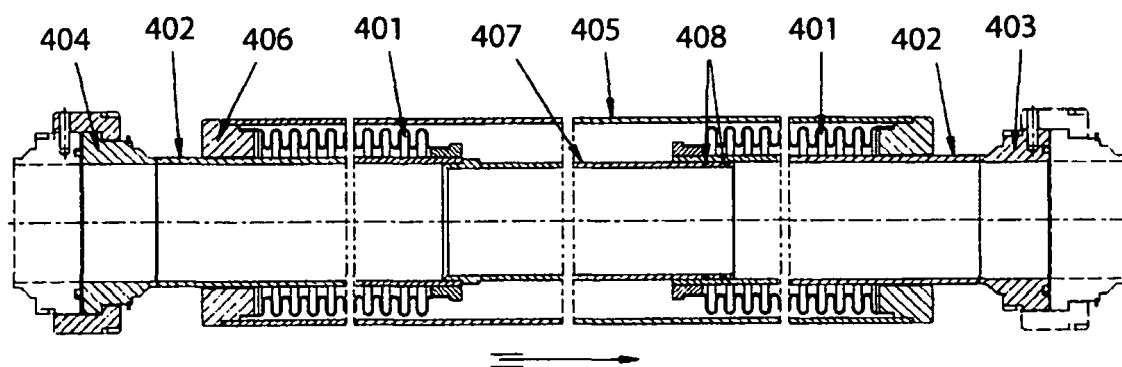


Fig. 4b

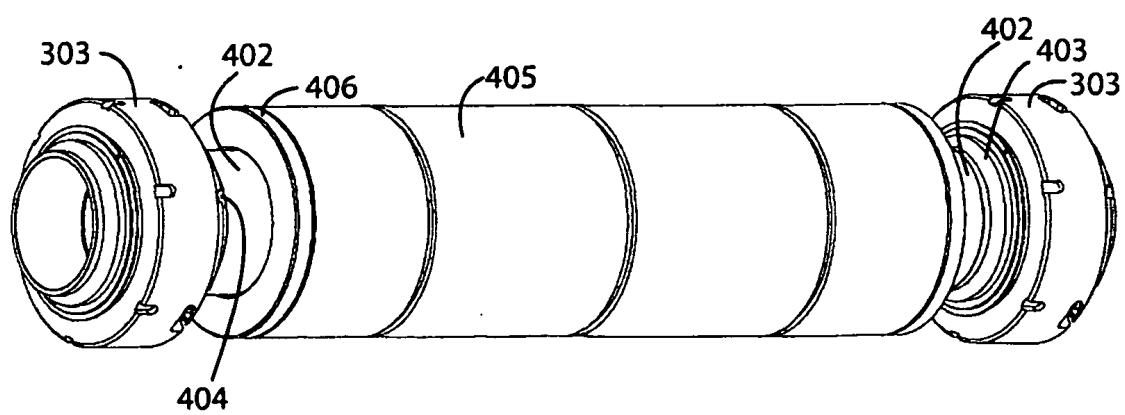


Fig. 4c

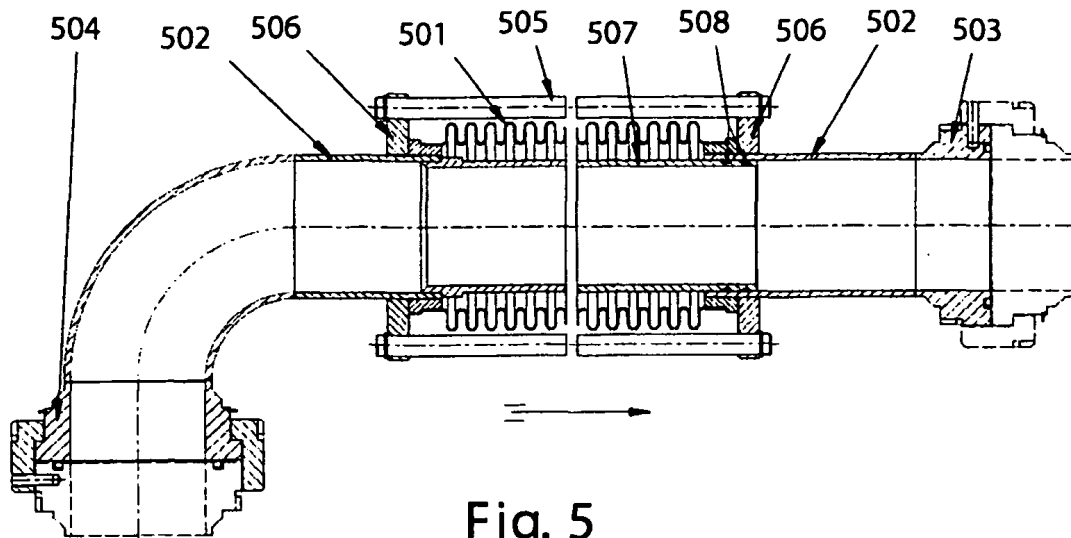


Fig. 5

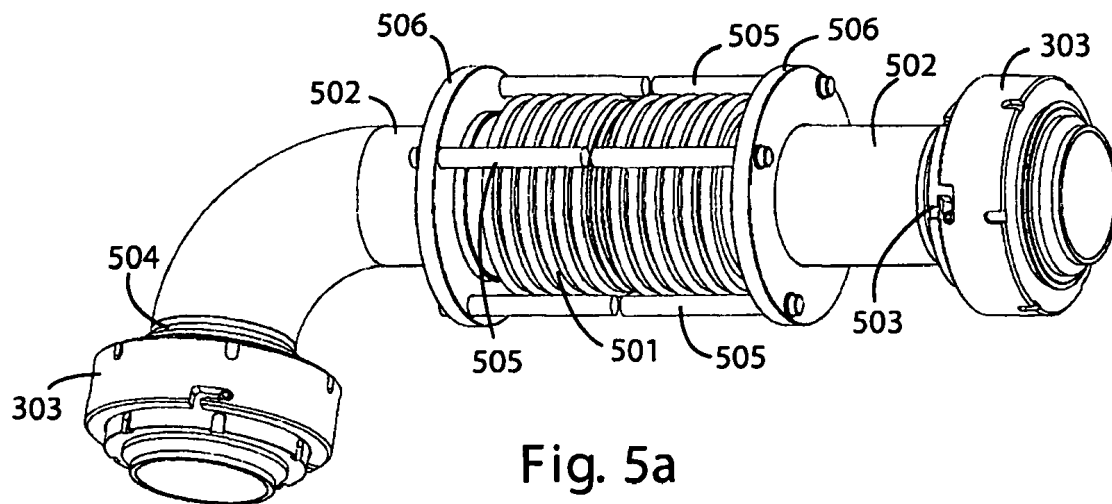


Fig. 5a

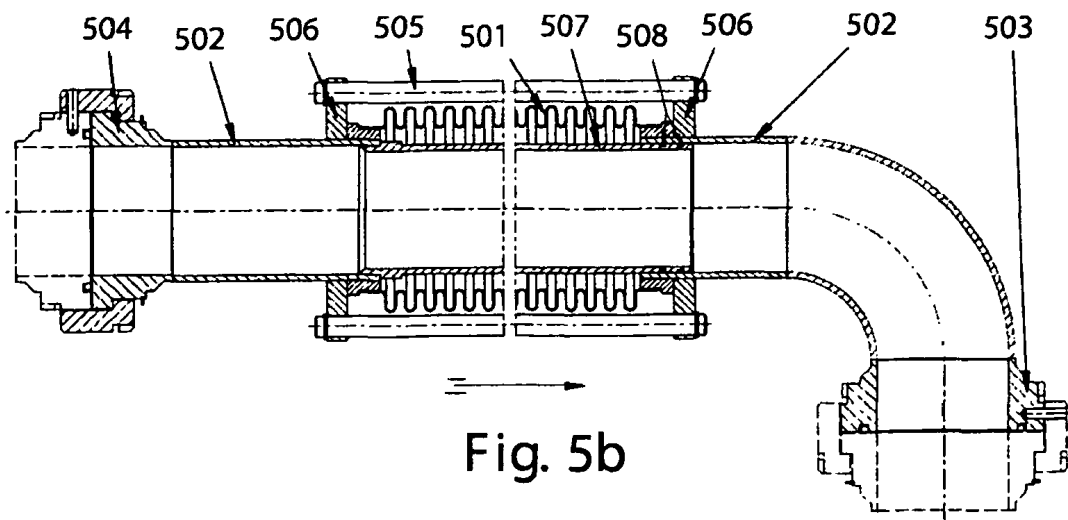


Fig. 5b

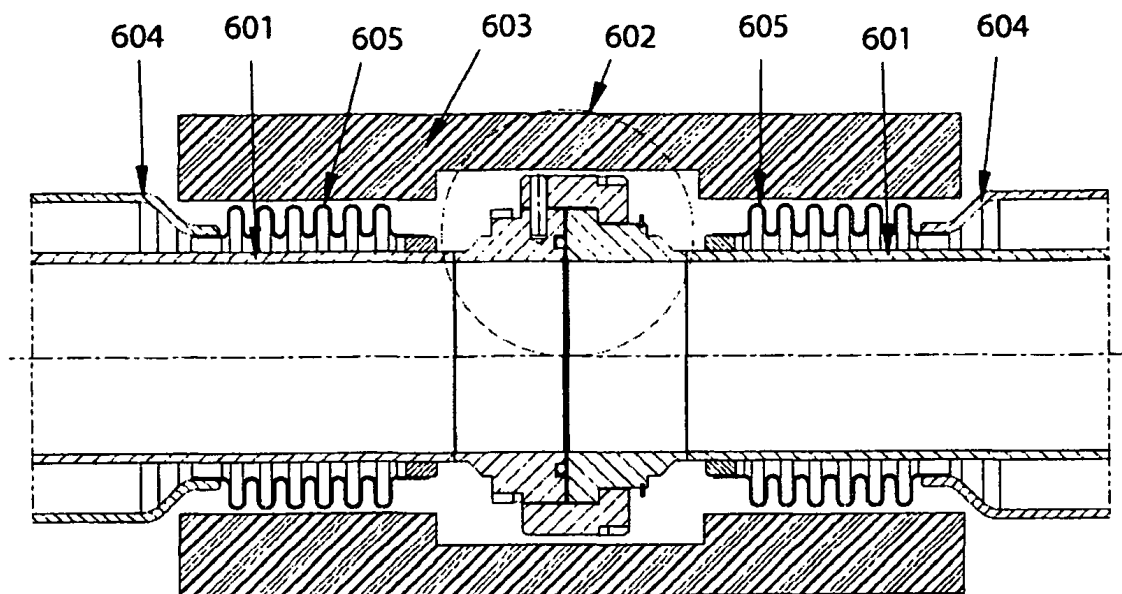


Fig. 6

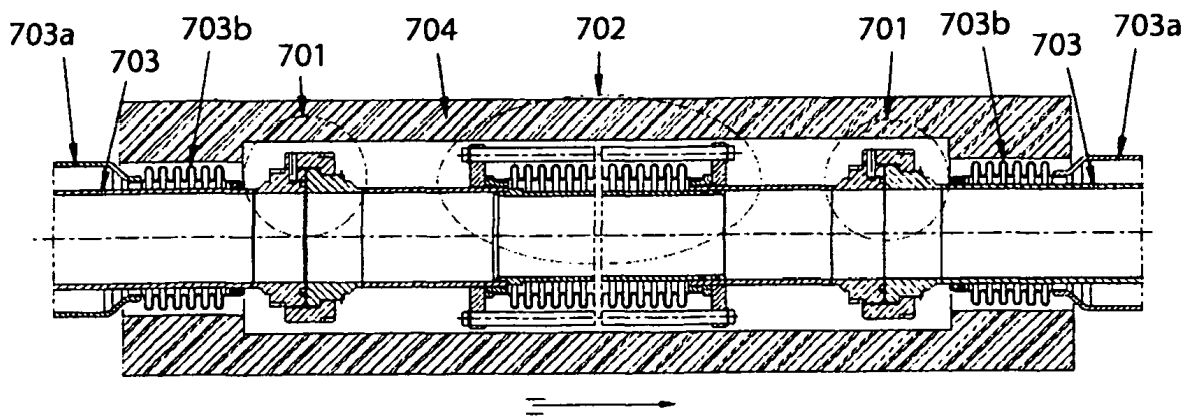


Fig. 7