

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 573 842**

21 Número de solicitud: 201431817

51 Int. Cl.:

**G01K 1/14**

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

**10.12.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**10.06.2016**

Fecha de la concesión:

**05.12.2016**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**14.12.2016**

73 Titular/es:

**INNOMERICS S.L. (100.0%)  
C/ San Juan de la Cruz, 2  
28223 Pozuelo de Alarcón (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**GALBALLY HERRERO, David y  
MOCHÓN CASTRO, Luis Manuel**

54 Título: **Sistema no invasivo para la medida de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular**

57 Resumen:

Sistema no invasivo para la medida de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular.

Consiste en un anillo soporte (3) formado a partir de dos semicilindros articulados en uno de sus extremos (5) y provistos de un cierre en el otro (6), que permite su fijación en torno al componente tubular cuya temperatura se desea monitorizar. Sobre el anillo soporte se ubican una serie de módulos de posicionamiento de termopares (4), accionados mediante un muelle, que aseguran el contacto entre los termopares y el componente monitorizado durante el proceso de adquisición de datos de temperatura. El anillo soporte dispone de una serie de soportes (11) roscados radialmente en su superficie interior para mantener una distancia adecuada entre la superficie exterior del componente monitorizado y el anillo, de forma que el anillo nunca entra en contacto directo con el componente monitorizado. Asimismo, el anillo dispone de un conjunto de mordazas (10) para la fijación y conducción de los cables de termopar a lo largo de su periferia. Todo el conjunto está aislado térmicamente mediante una carcasa que evita potenciales incertidumbres en la medida de temperatura del componente monitorizado introducidas por variaciones de la temperatura ambiente.

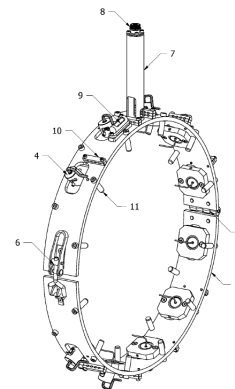


FIGURA 4

ES 2 573 842 B2

## DESCRIPCIÓN

Sistema no invasivo para la medida de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular

5

### SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere a un sistema externo no invasivo para la determinación de la distribución espacial y variación temporal de temperaturas en componentes tubulares de instalaciones industriales, tales como tuberías de proceso del tipo habitualmente utilizado en centrales de generación de energía eléctrica e instalaciones petroquímicas.

10

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15

Existen múltiples casos de procesos industriales en los que un fluido caliente circula por un sistema de tuberías atravesando diferentes componentes para cumplir diferentes funciones relacionadas con procesos termodinámicos de intercambio de masa, cantidad de movimiento o energía. Por ejemplo, en el caso de centrales nucleares de generación de energía eléctrica de agua en ebullición, las tuberías de agua de alimentación conducen agua desde el condensador hasta el reactor, atravesando varios intercambiadores de calor que calientan el agua antes de su inyección a la vasija del reactor a través de las toberas de agua de alimentación. En el interior del reactor el agua se calienta hasta su punto de ebullición, y el vapor así generado se conduce a la turbina a través de un nuevo sistema de tuberías, para posteriormente condensarse en el interior del condensador y devolverse al reactor a través de las ya mencionadas tuberías de agua de alimentación.

20

25

Las variaciones espaciales y temporales de temperatura en el fluido de proceso generan a su vez variaciones en las tensiones térmicas existentes en el material de las tuberías y componentes por los que circula dicho fluido. Estas variaciones de tensión producen ciclos de fatiga en el material, reduciendo su vida útil. Una vez que el daño acumulado por fatiga agota la vida útil del material, se produce la aparición de grietas por fatiga que pueden poner en peligro la integridad estructural del componente, por lo que es necesaria la sustitución o reparación del mismo.

30

35

Dado que la fatiga debida a variaciones de temperatura en los fluidos de proceso tiene un impacto significativo sobre la vida útil de los componentes por los que circulan dichos fluidos, es habitual monitorizar el daño acumulado por fatiga en los componentes críticos de los diferentes sistemas de una instalación industrial mediante el uso de programas informáticos específicamente desarrollados para tal fin. Los documentos de patente US4764882, "Method of monitoring fatigue of structural component parts, for example, in nuclear power plants", US4908775, "Cycle monitoring method and apparatus" y US5157619, "Abnormal thermal loading effects monitoring system", presentan descripciones de este tipo de sistemas cuya función es la monitorización del daño acumulado por fatiga en componentes sometidos a

40

45

variaciones de temperatura debidas a cambios térmicos en el fluido que circula por su interior.

5 Todos los sistemas de monitorización del daño acumulado por fatiga requieren  
conocer la variación espacial y temporal de la temperatura en los componentes  
monitorizados. Estos datos de temperatura pueden proceder de dos fuentes. En un  
primer caso los datos se obtienen de sensores ya existentes en el sistema que se  
desea monitorizar, mientras que en el segundo caso los datos de temperatura  
proceden de instrumentos instalados específicamente para proporcionar datos de  
10 entrada a los sistemas de monitorización de fatiga.

En el caso de utilizar lecturas procedentes de sensores ya existentes,  
habitualmente estos sensores fueron instalados durante el proceso de construcción de  
la instalación industrial con objeto de proporcionar a los operadores del sistema la  
15 información necesaria para controlar adecuadamente el proceso industrial que tuviese  
lugar en dicho sistema. Dado que la función original de estos sensores no era la de  
proporcionar datos para su uso en cálculos estructurales de fatiga de materiales, sino  
la de proporcionar información operativa y de control a los operadores humanos, es  
habitual que las ubicaciones y los rangos de medida de estos instrumentos de medida  
20 no sean idóneos para el uso de sus lecturas en cálculos de daño acumulado por fatiga.  
Es habitual que estos sensores se ubiquen relativamente lejos de los componentes  
sobre los que se desea realizar la monitorización de fatiga, por lo que se requiere el  
uso de correlaciones analíticas para calcular la temperatura en los puntos de interés  
de los componentes monitorizados a partir de la temperatura registrada en los puntos  
25 donde se ubica la instrumentación de proceso existente. Las incertidumbres asociadas  
a este uso de correlaciones analíticas repercuten en la precisión de los cálculos de  
acumulación de daño por fatiga, pudiendo ocasionar errores que lleven a fallos  
imprevistos del componente o a su sustitución preventiva cuando la vida útil del  
componente aún no se ha agotado.

30 Las incertidumbres anteriormente comentadas asociadas al uso de  
instrumentación de proceso ya existente para la realización de cálculos de  
acumulación de daño por fatiga obligan a la instalación de sensores colocados  
directamente sobre los componentes que se desea monitorizar cuando se requieren  
35 precisiones elevadas en los cálculos. Asimismo, esta colocación de sensores  
específicos permite adecuar sus rangos de medida, precisiones y frecuencias de  
muestreo a lo requerido por el sistema de monitorización, disminuyendo por tanto las  
incertidumbres asociadas a los cálculos de vida útil realizados por el sistema. Sin  
embargo, esta instalación de sensores específicos tiene también asociados  
40 inconvenientes significativos para el dueño de la instalación.

El primer inconveniente asociado a la instalación de sensores de temperatura  
específicamente diseñados para proporcionar lecturas utilizadas por sistemas de  
cálculo de fatiga radica en los riesgos existentes para el personal encargado de su  
45 colocación y montaje, ya que normalmente estos sensores deben instalarse en  
ambientes y condiciones potencialmente peligrosas para el ser humano. Por ejemplo,  
en el caso de componentes críticos para la vida útil de las centrales nucleares de agua  
en ebullición, como son las tuberías y toberas de agua de alimentación del reactor, la

radiactividad existente en la zona donde deben colocarse estos sensores es muy elevada, por lo que la instalación de sensores de temperatura convencionales que requieren su fijación por soldadura al componente monitorizado ocasiona una acumulación de dosis radiológica muy elevada por parte del personal encargado del montaje de dichos sensores.

En muchos casos la instalación de sensores para la monitorización de la evolución temporal y distribución espacial de temperaturas en el interior de componentes también representa riesgos para la instalación. Así por ejemplo, el documento US5157619 propone la inserción de termopares o sensores de temperatura resistivos (sensores RTD por sus siglas en inglés) en el interior de tuberías para obtener medidas de temperatura que permitan determinar los transitorios térmicos a los que se ven sometidos dichos componentes. La inserción de estos sensores requiere practicar orificios en la pared de la tubería, lo que disminuye su resistencia mecánica y puede poner en peligro la integridad estructural del componente, ocasionando fugas del fluido de proceso que circula por su interior. En muchos casos los códigos de construcción aplicables a instalaciones críticas como son las centrales nucleares imponen requisitos muy exigentes para practicar las perforaciones requeridas para esta colocación invasiva de sensores de temperatura en el interior de componentes relacionados con la seguridad nuclear, lo que hace que dicha operación sea excesivamente costosa.

Una alternativa sencilla a la colocación de sensores en el interior de los componentes que se desea monitorizar consiste en la fijación de los sensores a la superficie exterior de dichos componentes mediante bridas o abrazaderas. Sin embargo, esta alternativa presenta tres inconvenientes fundamentales. El primero de estos inconvenientes consiste en el impacto que las potenciales variaciones de temperatura ambiente tienen en las lecturas proporcionadas por los sensores de temperatura cuando éstos están ubicados en la superficie exterior del componente cuya temperatura interna se desea monitorizar. La determinación de la temperatura existente en el interior del componente a partir de medidas tomadas en su superficie exterior únicamente puede llevarse a cabo de forma precisa si los sensores no se ven afectados por influencias ajenas a la temperatura del fluido que circula por el interior del componente, como es la temperatura ambiente.

El segundo inconveniente radica en la dificultad de colocar manualmente los sensores en una ubicación precisa de forma repetible. Finalmente, en muchos casos se requiere un número de sensores relativamente elevado para determinar con precisión la distribución espacial de temperaturas en el componente monitorizado. Por ejemplo, no es infrecuente que sea necesario colocar múltiples sensores distribuidos regularmente de forma circunferencial a lo largo del perímetro exterior de una tubería para determinar una distribución de temperaturas no uniforme del fluido que circula por su interior. La colocación manual de múltiples sensores de forma individual en posiciones precisas del componente y su fijación mediante bridas o elementos similares requiere tiempos de instalación elevados que, una vez más, pueden suponer un riesgo para el personal encargado de llevar a cabo dicha instalación.

A partir de la descripción del estado del arte anterior se concluye que existe una necesidad para la determinación precisa de las variaciones temporales y espaciales de la distribución de temperatura en el interior de componentes estructuralmente críticos de instalaciones industriales tales como las centrales nucleares de generación de energía eléctrica. Sin embargo, se concluye también que existen limitaciones en las soluciones utilizadas actualmente para la determinación de dichas variaciones de temperatura. Estas limitaciones están asociadas a varios factores, como son los riesgos estructurales y alto coste derivados de las operaciones de taladrado y soldadura requeridos para la instalación invasiva de los sensores en el interior de los componentes monitorizados, los riesgos para el personal instalador derivados de la complejidad de instalación de múltiples sensores que requiere tiempos de permanencia prolongados en ubicaciones potencialmente peligrosas para el ser humano, y las incertidumbres de medida introducidas por el efecto de las variaciones de temperatura ambiente en el caso de utilización de sensores adheridos a la superficie exterior del componente.

A la vista de lo expuesto anteriormente, un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema no invasivo que permite determinar la distribución espacial y la variación temporal de la temperatura en el interior de componentes tubulares en instalaciones industriales, tales como tuberías, toberas, tanques e intercambiadores tubulares, permitiendo la instalación de múltiples sensores de temperatura en ubicaciones precisas de forma repetible y en un tiempo breve.

#### DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Para lograr el objeto anterior, se proporciona de acuerdo con la presente invención un sistema que consta de un número configurable de sensores de temperatura de tipo termopar, distribuidos circunferencialmente a lo largo del perímetro de una estructura soporte con forma de anillo que permite el posicionamiento simultáneo de todos los sensores de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular cuya temperatura se desea determinar. De esta forma se minimiza el tiempo requerido para la instalación de los sensores. El número de sensores depende de la precisión con la que se desea caracterizar la distribución espacial y la evolución temporal de temperaturas en el componente monitorizado.

La estructura soporte en forma de anillo está dividida en dos secciones semicilíndricas articuladas, de tal forma que el anillo puede abrirse en uno de sus extremos para facilitar su colocación. Asimismo el anillo dispone de un mecanismo de bloqueo que permite cerrarlo y fijarlo en torno al componente monitorizado una vez instalado.

Cada termopar está alojado en el interior de un módulo de posicionamiento que tiene varias funciones. La primera de estas funciones consiste en mantener los termopares alejados de la superficie del componente monitorizado durante el proceso de instalación del anillo, con objeto de evitar posibles daños de los termopares por roce o aplastamiento. La segunda función consiste en aplicar una fuerza de empuje sobre el termopar con objeto de asegurar un contacto continuo entre el termopar y la

superficie del componente monitorizado durante el proceso de adquisición de medidas de temperatura.

5 Cada módulo de posicionamiento de termopares consta de un casquillo fijo, formado por un cilindro hueco, solidario con el anillo soporte. El termopar tiene su extremo doblado en ángulo recto y está insertado en el interior de un casquillo móvil, que es coaxial con el casquillo fijo y que puede deslizar por el interior de éste, de forma que permite el desplazamiento del termopar a lo largo del eje del casquillo fijo. Un muelle comprimido entre el casquillo interior móvil y el casquillo exterior fijo empuja de forma continua al conjunto formado por el termopar y el casquillo móvil contra la superficie exterior del componente cuya temperatura se desea medir, produciendo una deformación del termopar, de forma que se asegura el contacto entre el termopar y el componente incluso si la superficie de éste presenta irregularidades. El eje del casquillo fijo forma un ángulo oblicuo menor o igual a  $90^\circ$  con la superficie del anillo soporte, de forma que el primer contacto del termopar con la superficie del componente monitorizado se produce en la punta del termopar, que constituye su zona más sensible para la medida de temperatura.

20 El casquillo móvil dispone de un mecanismo de guiado a lo largo de ranuras practicadas en el casquillo fijo. Este mecanismo impide la rotación del casquillo móvil con respecto al casquillo fijo durante el desplazamiento axial del casquillo móvil a lo largo del eje del casquillo fijo. El mecanismo de guiado a lo largo de ranuras permite bloquear el casquillo móvil en el extremo superior de su recorrido, manteniendo así el termopar alejado de la superficie del componente monitorizado sin necesidad de aplicar una fuerza manual opuesta a la fuerza del muelle.

30 Durante el proceso de instalación del anillo soporte, los sensores de temperatura están retraídos para evitar que puedan dañarse al rozar con la superficie exterior del componente cuya temperatura se desea monitorizar. El anillo se mantiene a una cierta distancia de la superficie exterior del componente mediante una serie de soportes roscados radialmente a la parte inferior del anillo. Estos soportes son intercambiables por el usuario, de forma que es posible la utilización de soportes con diferente longitud en función del perfil de la superficie exterior del componente monitorizado. Asimismo, el anillo dispone de uno o más sensores de orientación, tales como indicadores de nivel o sensores inerciales, para facilitar su posicionamiento preciso en el acimut deseado del componente monitorizado.

40 El rango de movimiento del conjunto formado por el termopar y el casquillo móvil presenta dos posiciones extremas que se diferencian por la distancia entre el extremo del termopar y el eje del anillo. En la posición retraída, la distancia del extremo del termopar al eje del anillo es máxima, de forma que se evita el contacto entre el termopar y la superficie exterior del componente monitorizado. De acuerdo con la descripción proporcionada anteriormente, es posible bloquear el conjunto del termopar y el casquillo móvil en esta posición.

45 Cuando se desbloquea el sistema de guiado, el muelle empuja al conjunto formado por el termopar y el casquillo móvil hacia su posición extendida, hasta que el termopar hace contacto con la superficie exterior del componente monitorizado. En

este caso la fuerza de reacción ejercida por el componente monitorizado sobre el termopar compensa la fuerza ejercida por el muelle comprimido, impidiendo el desplazamiento del conjunto formado por el termopar y el casquillo móvil.

5           Con objeto de mejorar la precisión de las medidas de temperatura, es posible insertar los extremos de los termopares en una pastilla fabricada a partir de un material de alta conductividad térmica, de forma que se aumenta la superficie de contacto entre el termopar y la superficie exterior del componente monitorizado, mejorando la transferencia de calor entre termopar y componente. Cada pastilla tiene  
10 forma de prisma en cuya sección central se practica un taladro ciego paralelo a las caras superior e inferior del prisma. En dicho taladro ciego se inserta el extremo de un termopar de los existentes en el sistema, de forma que cada pastilla lleva insertado un único termopar, si bien puede haber termopares en el sistema que no estén insertados en ninguna pastilla. Estas pastillas tienen un espesor reducido, siendo el espesor de  
15 cada una de ellas equivalente al 25% del espesor de la pared del componente monitorizado, si bien ese porcentaje dependerá de la conductividad del material que se utilice para fabricar la pastilla.

20           Todo el conjunto está aislado térmicamente mediante una carcasa de aislamiento térmico, de forma que se evitan potenciales interferencias debidas a variaciones de la temperatura ambiente en las medidas de temperatura del componente proporcionadas por los termopares. La carcasa está dividida en varias secciones para facilitar su montaje y dispone de una cavidad anular en su sección central para alojar el resto de elementos del sistema.

25           Los sensores de temperatura transmiten sus lecturas a través de cables conducidos alrededor de la periferia del anillo mediante mordazas de sujeción, hasta un punto de salida único en el que existe un conector común al que se conecta un cable con tantos hilos conductores como sean necesarios para transmitir las señales  
30 de los diferentes sensores de temperatura hasta un sistema de adquisición de datos que muestrea las lecturas de temperatura y las almacena para su uso posterior en un sistema de cálculo de daño acumulado por fatiga o para cualquier otro uso. Es habitual utilizar estas temperaturas como input de un algoritmo de cálculo inverso que permita determinar analíticamente la temperatura en cualquier punto del componente, por  
35 ejemplo en puntos de su superficie interior, a partir de las medidas proporcionadas por los termopares en diferentes puntos de su superficie exterior.

40           Finalmente, el sistema incluye la posibilidad de instalar conectores individuales intermedios entre el conector común y cada uno de los termopares, con objeto de facilitar la desconexión y sustitución de un único termopar en caso de fallo sin necesidad de desmontar el conector común al que se conectan todos los termopares del anillo.

#### 45           BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

          Para la mejor comprensión de cuanto queda descrito en la presente memoria, se acompañan unos dibujos en los que, tan sólo a título de ejemplo, se representa un caso práctico de realización del sistema no invasivo para la caracterización de la

distribución de temperaturas en el interior de componentes estructurales descrito en el presente documento.

Figura 1. Muestra una vista lateral del sistema montado sobre un componente  
5 cilíndrico y una sección transversal en la que se observa la estructura soporte con  
forma de anillo ubicada en el interior de la cavidad anular existente en la sección  
central de la carcasa de aislamiento térmico.

Figura 2. Muestra una vista isométrica del sistema de medida de temperatura  
10 montado sobre un tramo de tubería, con las dos secciones de aislamiento térmico  
retiradas para permitir la visualización del anillo soporte y los módulos de  
posicionamiento de termopares distribuidos en su periferia.

Figura 3. Muestra una vista en alzado y su correspondiente vista en planta del  
15 sistema de medida de temperatura sin la carcasa exterior de aislamiento térmico para  
permitir la visualización de los principales elementos del sistema. Únicamente se  
muestra el primer tramo de cable de conexión de cada uno de los termopares con  
objeto de no obstruir la visualización del resto de elementos ubicados sobre el anillo  
soporte.

20  
Figura 4. Muestra una vista isométrica del sistema de medida de temperatura  
sin la carcasa exterior de aislamiento térmico, con objeto de permitir la visualización de  
los principales elementos del sistema. Únicamente se muestra el primer tramo de  
cable de conexión de cada uno de los termopares para no obstruir la visualización del  
25 resto de elementos ubicados sobre el anillo soporte.

Figura 5. Muestra los elementos que constituyen un módulo de posicionamiento  
de termopares. Este módulo asegura el contacto entre cada termopar y la superficie  
30 exterior del componente que se desea monitorizar.

Figura 6. Muestra una vista frontal y una sección transversal del módulo de  
posicionamiento de termopares que asegura el contacto entre cada termopar y la  
superficie exterior del componente que se desea monitorizar.

35  
Figura 7. Muestra una vista frontal y una sección transversal del módulo de  
posicionamiento de termopares. En este caso se ha utilizado la alternativa de incluir  
una pastilla de alta conductividad térmica rodeando el extremo del termopar, con  
objeto de aumentar la conductividad térmica entre el termopar y el componente  
monitorizado.

40  
Figura 8. Muestra una vista lateral y una vista frontal de un módulo de  
posicionamiento de termopares en tres posiciones diferentes: posición bloqueada,  
posición retraída, y posición extendida. En este caso el anillo soporte ha sido  
parcialmente seccionado para permitir una mejor visualización del módulo de  
45 posicionamiento de termopares.

Figura 9. Muestra la opción de cableado directo de un termopar al conector  
común al que llegan los cables de todos los termopares ubicados en el anillo.



Figura 10. Muestra la opción de cableado indirecto de un termopar al conector común al que llegan los cables de todos los termopares ubicados en el anillo. Esta opción incluye un conector individual intermedio para cada termopar.

5

Figura 11. Muestra un esquema simplificado del sistema instalado sobre un componente cilíndrico cuya distribución de temperaturas se desea conocer. En la figura se muestran las posiciones de las temperaturas conocidas, coincidentes con las ubicaciones de los diferentes termopares distribuidos circunferencialmente alrededor del anillo soporte.

10

## DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERIDA

Sobre el componente que se desea monitorizar (1), se coloca un anillo soporte (3) que está recubierto de una carcasa exterior de aislamiento térmico (2). En este caso la carcasa de aislamiento térmico está formada por dos semicilindros (2a) y (2b), de forma que es posible su colocación alrededor del anillo soporte sin necesidad de introducir el aislamiento por uno de los extremos del componente monitorizado. Como se muestra en la figura 2, cada uno de los dos semicilindros de aislamiento térmico disponen de una cavidad anular en su sección central que permite el alojamiento del anillo soporte y del resto de elementos del sistema en su interior.

15

20

El anillo soporte (3) dispone de varias ranuras espaciadas regularmente a lo largo de su periferia. En cada una de estas ranuras es posible instalar un módulo de posicionamiento de termopares (4). El número y espaciamiento de las ranuras dependen del número de termopares que se desea utilizar en la monitorización. El sistema descrito en la presente realización dispone de 10 termopares, pero esta característica es fácilmente configurable en función de los requisitos de la aplicación final, por lo que dicho número de termopares se presenta únicamente a título de ejemplo y no debe interpretarse como una característica fundamental o reivindicación asociada a la invención. El número de termopares utilizado puede variar entre un único termopar y el número máximo que físicamente sea posible instalar por restricciones de espacio en el anillo soporte.

25

30

El anillo dispone de una serie de soportes (11), espaciados regularmente a lo largo de su perímetro y roscados radialmente en su superficie inferior. Estos soportes (11) mantienen el anillo (3) a una distancia prefijada de la superficie exterior del componente. El caso más frecuente es que el componente tubular a monitorizar sea de geometría cilíndrica con sección transversal aproximadamente circular, como es el caso de tuberías, tanques, intercambiadores, toberas, etc. En este caso, todos los soportes (11) del anillo tienen la misma longitud. En caso de que el componente monitorizado no sea de sección circular, es posible utilizar soportes de diferente longitud para compensar las irregularidades o desviaciones de la superficie exterior del componente monitorizado con respecto a la geometría circular del anillo. También es posible utilizar anillos soporte (3) de geometría no circular que repliquen la geometría perimetral exterior del componente monitorizado.

35

40

45

Al igual que en el caso del aislamiento térmico, el anillo soporte está dividido en dos semicilindros para facilitar su montaje sobre el componente monitorizado. Ambos semicilindros están conectados en uno de sus extremos mediante una bisagra (5) y en el extremo opuesto mediante un cierre manual (6), que permite ajustar el grado de  
5 tensión aplicado al anillo, con objeto de evitar vibraciones o desplazamientos del anillo a lo largo del eje del componente monitorizado.

En un punto del anillo soporte se ubica un tubo hueco (7) con varias aberturas en su base, cuya función es conducir los cables de los termopares hacia el conector  
10 común (8) ubicado en su extremo. Los cables de los diferentes termopares se conducen a lo largo de la circunferencia exterior del anillo desde cada uno de los termopares hasta el conector común. A intervalos regulares, el anillo soporte dispone de mordazas de sujeción (10) que permiten conducir los cables de forma paralela a la superficie exterior del anillo, evitando que los diferentes cables se enreden o crucen  
15 entre ellos. Es necesario indicar que en las figuras que acompañan a este documento únicamente se muestra el primer tramo de cable (12a) conectado a cada termopar, ya que en caso de mostrar los cables completos entre cada termopar y el conector común se perdería claridad en las figuras debido al exceso de cables existente en la periferia exterior del anillo soporte. Las figuras 9 y 10 muestran la cadena de conexión eléctrica  
20 completa típica entre cada uno de los termopares (12) y el conector común (8).

El anillo soporte también dispone de un sensor de inclinación (9) que muestra la posición acimutal del anillo con respecto al componente monitorizado. Este sensor permite un posicionamiento preciso del anillo durante la operación de montaje.  
25

Cada uno de los módulos de posicionamiento de termopares (4) dispone de una base (13) que está fijada a la superficie inferior del anillo soporte (3) mediante dos tornillos avellanados (14). Asimismo, el conjunto dispone de un casquillo exterior fijo (20) unido solidariamente a la base (13) mediante dos tornillos prisioneros (15), de  
30 forma que el anillo soporte, la base y el casquillo exterior forman un conjunto rígido. En el interior del casquillo exterior fijo se ubica un casquillo interior móvil (16) que puede desplazarse axialmente a lo largo del eje del casquillo fijo.

El movimiento axial del casquillo móvil con respecto al casquillo fijo está guiado  
35 por dos vástagos roscados de sección cilíndrica (19) atornillados a ambos lados del casquillo móvil. Los vástagos roscados deslizan a lo largo de dos ranuras longitudinales practicadas a ambos lados del casquillo fijo. El tramo inferior de dichas ranuras discurre a lo largo de dos generatrices diametralmente opuestas del casquillo fijo, evitando rotaciones indeseadas del casquillo móvil. El tramo superior de las  
40 ranuras forma un ángulo de 90° con respecto al tramo inferior, discurriendo paralelamente a la superficie superior del casquillo fijo. Este giro de la parte superior de las ranuras en ángulo recto permite el bloqueo de los vástagos roscados (19) mediante un mecanismo de tipo bayoneta, y evita por tanto el desplazamiento axial relativo del casquillo móvil con respecto al casquillo fijo cuando los vástagos roscados  
45 se encuentran ubicados en el extremo final de ambas ranuras.

El termopar (12) se inserta en el interior del casquillo móvil de forma que es coaxial a éste, y se fija mediante dos tornillos prisioneros (18), consiguiendo así que el

casquillo móvil (16), el termopar (12) y los vástagos roscados (19) formen un conjunto rígido que se desplaza solidariamente con respecto al conjunto formado por la base (13), el casquillo fijo (20) y el anillo soporte (3).

5           Es posible aumentar la superficie de contacto entre el termopar y el  
componente monitorizado mediante la inserción del extremo del termopar en el interior  
de una pastilla (23) fabricada de un material con elevada conductividad térmica. Este  
tipo de configuración con pastilla es recomendable para monitorizar la temperatura de  
componentes con superficie rugosa o irregular sobre la que el contacto del termopar  
10 desnudo puede no ser ideal. Se ha comprobado experimentalmente que el uso de esta  
pastilla (23) mejora la lectura del termopar incluso en casos en los que la superficie del  
componente es relativamente lisa, ya que asegura que toda la superficie exterior del  
termopar está a la misma temperatura que la superficie exterior del componente,  
mientras que en el caso del termopar desnudo, el contacto entre su superficie exterior  
15 y la superficie del componente monitorizado se produce únicamente a lo largo de una  
línea definida por la generatriz de contacto.

          El termopar (12) está unido al cable de señal (12a) a través de una conexión de  
acero cilíndrica alrededor de la cual se coloca un muelle (17) cuya compresión  
20 produce el desplazamiento del casquillo móvil a lo largo del eje del casquillo fijo. El  
termopar utilizado es un termopar de aislamiento mineral con carcasa cilíndrica de  
acero inoxidable. El extremo del termopar está doblado para conseguir que todo su  
extremo sensible, con una longitud de varios milímetros, se encuentre en contacto con  
la superficie exterior del componente monitorizado.

25           El desplazamiento relativo del casquillo móvil con respecto al casquillo fijo  
permite variar la posición del termopar con respecto al anillo soporte y,  
consecuentemente, también su distancia con respecto a la superficie exterior del  
componente monitorizado. La figura 8 muestra tres posiciones típicas de un módulo de  
30 posicionamiento de termopares. En la posición bloqueada, los vástagos roscados se  
ubican en el extremo final del tramo superior de las ranuras practicadas a ambos lados  
del casquillo fijo, con lo que los vástagos chocan con la superficie inferior de la ranura,  
quedando por tanto impedido su desplazamiento axial a lo largo del eje del casquillo  
fijo. En esta posición el termopar está elevado por encima de la superficie del  
35 componente monitorizado. Esta configuración se utiliza para posicionar el anillo  
soporte con respecto al componente monitorizado sin dañar los termopares. En esta  
posición no es posible realizar medidas de temperatura, ya que los termopares no  
están en contacto con el componente cuya temperatura se desea monitorizar.

40           La posición retraída se alcanza cuando los vástagos roscados (19) se  
encuentran en el extremo superior de las ranuras longitudinales coincidentes con  
generatrices diametralmente opuestas del casquillo fijo. El módulo de posicionamiento  
de termopares no puede mantener esta posición por sí mismo, ya que el muelle  
comprimido (17) ubicado en su interior tiende a desplazar el casquillo móvil una  
45 distancia  $d_2$  hasta que los vástagos roscados alcanzan el extremo inferior de sus  
respectivas ranuras. Por tanto, para alcanzar esta posición es necesario ejercer una  
fuerza manual sobre los vástagos roscados que compense la fuerza ejercida por el

muelle. En esta posición el extremo del termopar se encuentra una distancia  $d_1$  por encima de la superficie del componente monitorizado.

5 La posición extendida se alcanza desde la posición retraída cuando se elimina la fuerza manual que compensa la fuerza del muelle. En esta posición el muelle fuerza a la sección inferior del termopar a mantener el contacto con la superficie del componente, permitiendo una medida precisa de la temperatura de dicha superficie.

10 El casquillo fijo está inclinado un ángulo  $\alpha$ , típicamente inferior a  $90^\circ$ , con respecto a la superficie de la base (13) y del anillo soporte (3), de forma que el extremo doblado del termopar forma un ángulo  $\beta$ , de valor  $90^\circ - \alpha$ , con respecto a dichas superficies cuando el termopar se encuentra en posición retraída. De esta forma, cuando el termopar desciende bajo la acción del muelle, su punta es la primera parte que entra en contacto con el componente monitorizado. Esta observación es importante porque la punta del termopar es su parte más sensible para la medida de temperatura. Dado que  $d_1$  es inferior a  $d_2$ , cuando la punta del termopar entra en contacto con el componente monitorizado se observa que los vástagos roscados no han alcanzado el final de las ranuras del casquillo fijo, por lo que el muelle fuerza al casquillo móvil a continuar su desplazamiento axial, siendo capaz de deformar elásticamente el termopar, hasta que toda la longitud de su extremo inferior doblado está en contacto con la superficie del componente monitorizado. Este comportamiento aumenta la precisión en la medida, ya que es importante que el termopar haga contacto a lo largo de varios milímetros de longitud para minimizar las incertidumbres en la medida de temperatura reportada.

25 En la figura 8 se observa que en su posición extendida el ángulo formado por el extremo del termopar y el eje de ambos casquillos es igual al ángulo  $\alpha$ , mientras que en la posición bloqueada y en la posición retraída dicho ángulo es igual a  $90^\circ$ .

30 Desde la posición extendida es posible devolver el termopar a la posición retraída aplicando una fuerza manual sobre los vástagos roscados (19) opuesta a la fuerza ejercida por el muelle, de forma que el conjunto formado por vástagos, casquillo móvil y termopar se desplace axialmente lo largo del eje del casquillo fijo, alejándose del componente monitorizado, hasta alcanzar la posición retraída. Desde la posición retraída es posible alcanzar la posición bloqueada aplicando manualmente un par de torsión a los vástagos roscados, de forma que el conjunto formado por vástagos, casquillo móvil y termopar gire con respecto al casquillo fijo, desplazando los vástagos roscados a lo largo del tramo superior de las ranuras hasta alcanzar el final del mismo, de forma que su movimiento axial queda impedido.

40 Del extremo de cada termopar parte un cable que transmite la señal de temperatura hasta el conector común (8) ubicado en el extremo del tubo de conducción de cables (7). Existen diferentes alternativas para realizar dicho conexionado. En las figuras 9 y 10 se muestran dos de estas alternativas. En el primer caso, el cableado entre cada uno de los termopares (12) y el conector común (8) es directo, por lo que cada termopar está conectado mediante un cable continuo de longitud suficiente para cubrir la distancia existente entre el termopar y el conector.

Dicha distancia es función de la posición ocupada por cada termopar en el anillo soporte, por lo que en general es diferente para cada termopar.

5 En la segunda configuración de conexionado, mostrada en la figura 10, el cable de conexión entre el termopar y el conector común dispone de una conexión intermedia soportada estructuralmente por una de las mordazas de conducción de cables (10) fijadas a la superficie exterior del anillo soporte. Esta conexión intermedia está constituida por un conector individual macho (21) y un conector individual hembra (22) que permiten desconectar el termopar sin necesidad de manipular el conector común (8).  
10 Esta conexión intermedia permite sustituir de forma sencilla un termopar dañado manteniendo intacto el tramo de cable existente entre el conector hembra (22) y el conector común (8). Dado que el conector común recibe los cables de todos los termopares del sistema, la conexión y desconexión de un cable de termopar directamente de dicho conector puede dañar las conexiones de cables adyacentes,  
15 con lo que disponer de conexiones individuales independientes para cada termopar minimiza este riesgo.

Las señales de temperatura procedentes de todos los termopares del anillo se envían a un sistema de adquisición y procesamiento de datos a través de un cable conectado al conector común (8). Este sistema de procesamiento de datos puede disponer  
20 de algoritmos con diferente grado de sofisticación en función del tipo de información deseada. El sistema objeto de la presente invención es capaz de determinar, mediante medidas directas, la temperatura en una serie de puntos ubicados sobre la superficie exterior del componente monitorizado. En el caso concreto de la realización de la  
25 invención descrita en el presente apartado, el sistema proporciona la evolución temporal de la temperatura en los puntos definidos por las coordenadas  $(x_s, y_s, z_s)$ , donde  $s = 1, \dots, 10$  es un subíndice que representa cada uno de los 10 termopares disponibles en el sistema, tal como se muestra en la figura 11.

30 En componentes fabricados a partir de materiales con elevadas conductividades térmicas, como son los metales típicamente utilizados en componentes estructurales, el gradiente de temperaturas a través del espesor de pared del material suele ser reducido en condiciones estacionarias, por lo que es posible estimar la temperatura a la que se encuentra un punto arbitrario no  
35 monitorizado, con coordenadas genéricas  $(x, y, z)$ , mediante la interpolación directa de las medidas proporcionadas por los termopares disponibles en los puntos  $(x_s, y_s, z_s)$ .

En régimen transitorio o condiciones donde existen gradientes de temperatura significativos a través de la sección del componente es posible aplicar algoritmos  
40 inversos de resolución de problemas térmicos para el cálculo preciso de la evolución temporal de la temperatura en puntos del componente donde no existen termopares. Estos algoritmos utilizan las temperaturas  $T(x_s, y_s, z_s, t)$  proporcionadas por el sistema como variables de entrada para la realización de los cálculos inversos necesarios. Existen diferentes algoritmos de este tipo disponibles en la literatura que permiten, por  
45 ejemplo, calcular la temperatura en la superficie interior del componente a partir de las lecturas obtenidas de los termopares ubicados en su superficie exterior. El libro "Inverse Heat Transfer Fundamentals and Applications" escrito por M. Necati Özisik y Helcio R. B. Orlande y publicado por la editorial Taylor & Francis es una buena

referencia para la implementación de este tipo de algoritmos a partir de las medidas de temperatura proporcionadas por el sistema descrito en el presente documento.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema no invasivo para la medida de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular **que comprende** los siguientes elementos:

- Una carcasa exterior de aislamiento térmico dividida en varias secciones desmontables con una cavidad anular en su zona central para alojar el resto de elementos del sistema.
- Un anillo soporte cilíndrico dividido en dos semicilindros articulados con un cierre que permite su fijación en torno al componente monitorizado.
- Al menos un módulo de posicionamiento de termopar ubicado en un punto de la periferia del anillo soporte, provisto de un casquillo cilíndrico móvil con libertad de movimiento a lo largo de su eje y accionado mediante un muelle, que empuja al conjunto formado por casquillo y termopar hacia la superficie exterior del componente monitorizado, asegurando el contacto entre termopar y componente monitorizado durante el proceso de adquisición de datos de temperatura.
- Uno o varios sensores de inclinación y orientación ubicados sobre el anillo soporte para facilitar el posicionamiento rápido y preciso del sistema sobre el componente monitorizado.
- Un sistema para la conducción de los cables de termopar a lo largo de la periferia del anillo hasta un punto en el que se ubica un conector común para la conexión del sistema a un cable de adquisición de datos.

2. Sistema no invasivo para la medida de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular, según la reivindicación 1, **que contiene** una serie de soportes roscados radialmente a la superficie interior del anillo soporte para asegurar que la distancia entre la superficie exterior del componente monitorizado y la estructura del anillo soporte es adecuada en función del recorrido de los casquillos móviles de los módulos de posicionamiento, impidiendo el contacto directo entre el anillo soporte y la superficie exterior del componente monitorizado.

3. Sistema no invasivo para la medida de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular, según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por el hecho de que cada uno de los módulos de posicionamiento de termopares ubicados sobre el anillo soporte disponen de un sistema de guiado mediante ranuras pasantes practicadas en los laterales de un casquillo cilíndrico hueco fijo al anillo soporte y concéntrico con el casquillo móvil, donde dicho sistema de guiado permite bloquear el conjunto formado por el termopar y el casquillo móvil en una posición alejada de la superficie del componente monitorizado, con objeto de evitar daño por roce o aplastamiento de los termopares durante el proceso de instalación del anillo soporte.

4. Sistema no invasivo para la medida de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular, según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que los módulos de posicionamiento de termopares están orientados con un ángulo oblicuo inferior o igual a 90° con respecto a la superficie del anillo, de forma que se asegura que el extremo sensible del termopar se mantiene siempre en contacto con la superficie del componente monitorizado.

5. Sistema no invasivo para la medida de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular, según las reivindicaciones anteriores, **que contiene** conectores individuales intermedios entre cada termopar y el conector común de salida de datos, de forma que es posible la desconexión y sustitución de un único termopar sin necesidad de manipular el conector común al que llegan todas las señales de temperatura del sistema.

6. Sistema no invasivo para la medida de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular, según las reivindicaciones anteriores, **que contiene** una o varias pastillas fabricadas a partir de un material de alta conductividad térmica, de espesor equivalente al 25% del espesor de la pared del componente monitorizado, si bien ese porcentaje dependerá de la conductividad del material utilizado para fabricar la pastilla, con un taladro ciego practicado en la sección central de cada pastilla cuyo eje discurre de forma paralela a las superficies superior e inferior de la pastilla, en el que se inserta el extremo de un termopar de los existentes en el sistema, de forma que cada pastilla lleve insertado un único termopar, pudiendo haber no obstante termopares en el sistema que no estén insertados en ninguna pastilla.



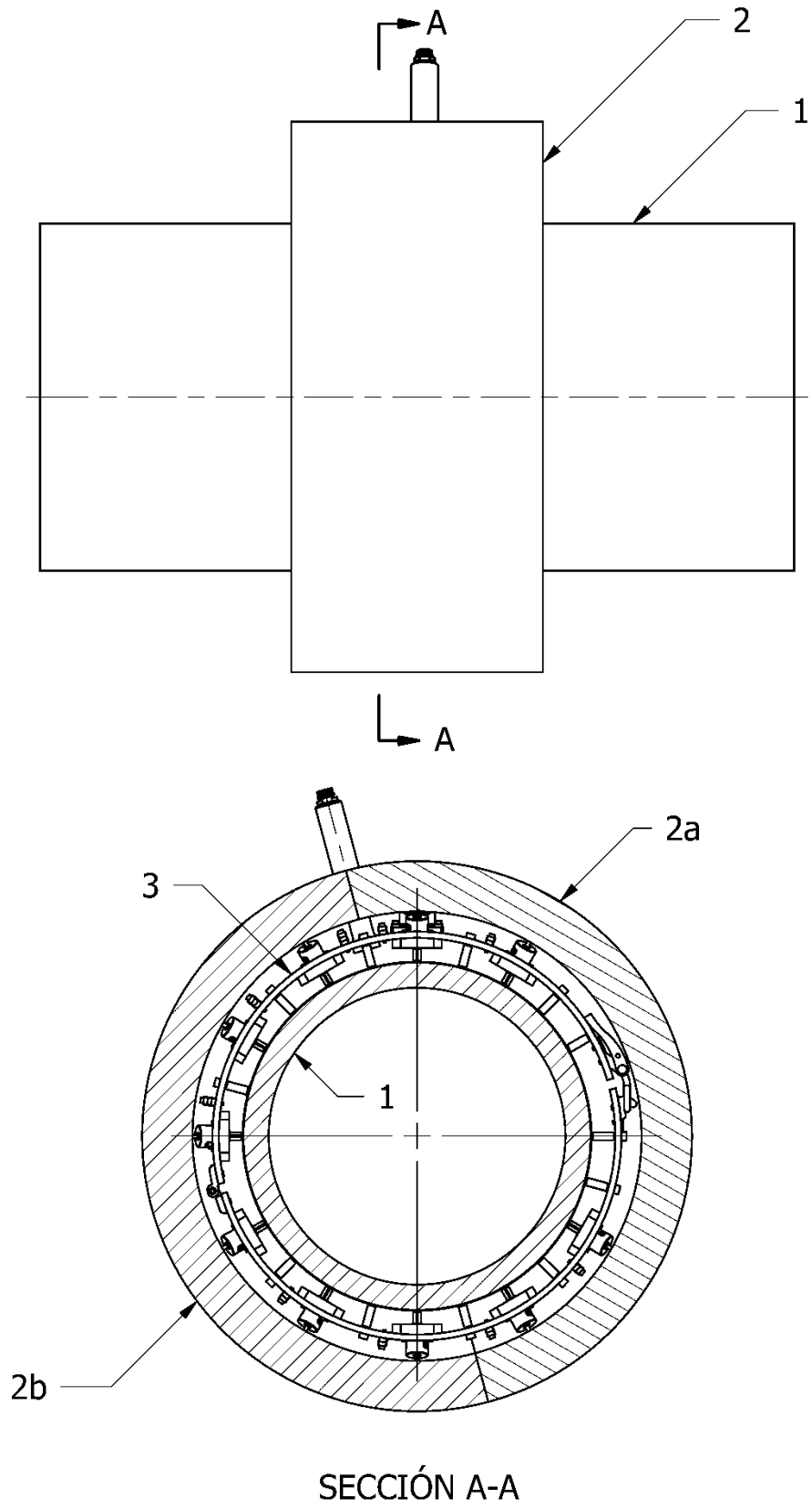


Fig. 1

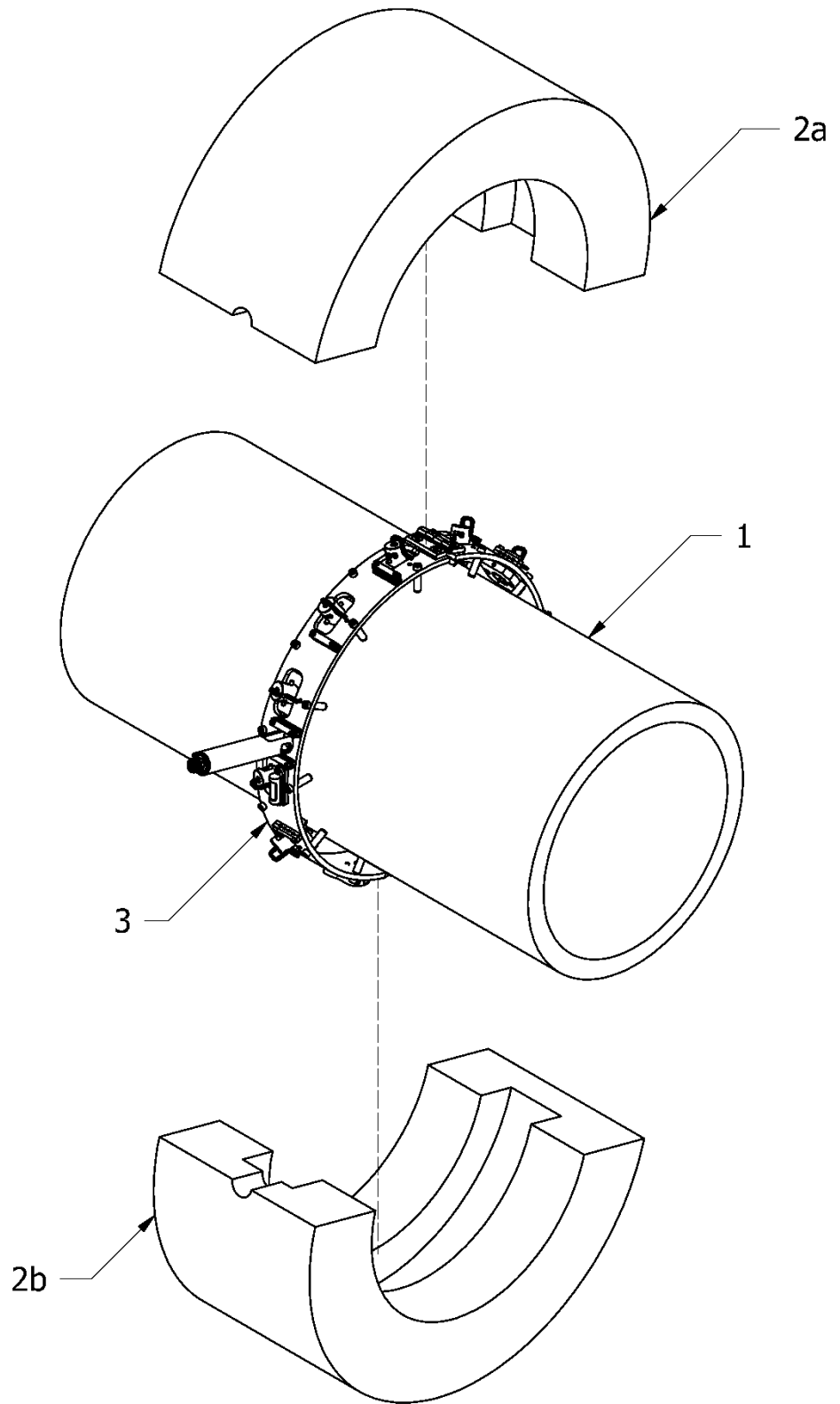


Fig.2

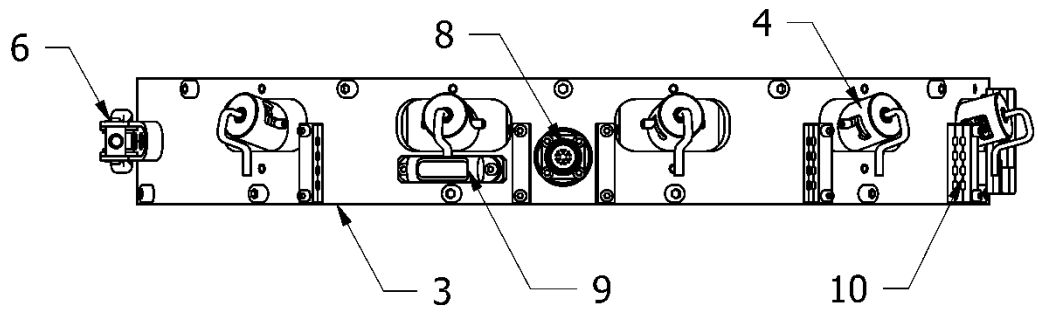
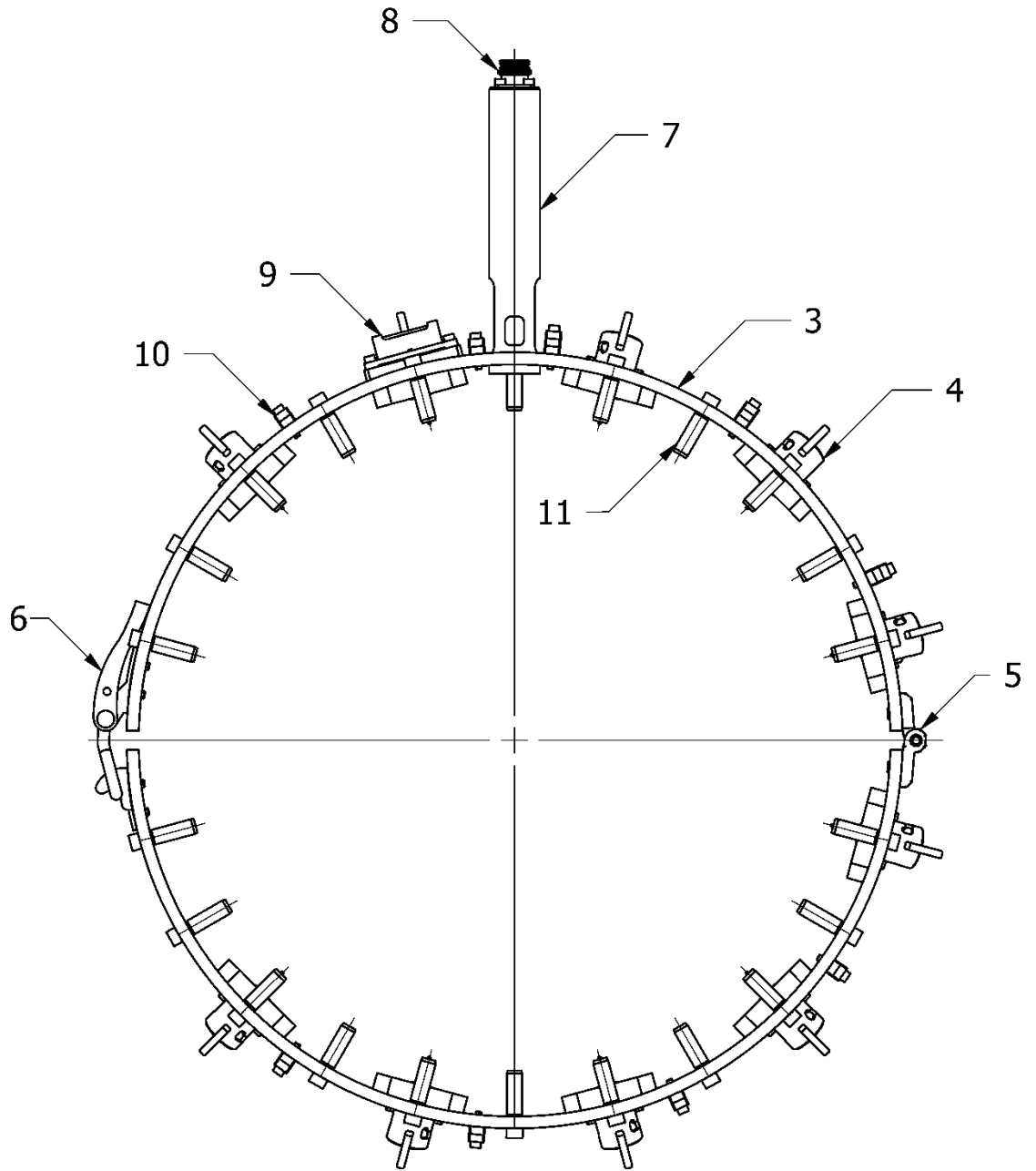


Fig.3

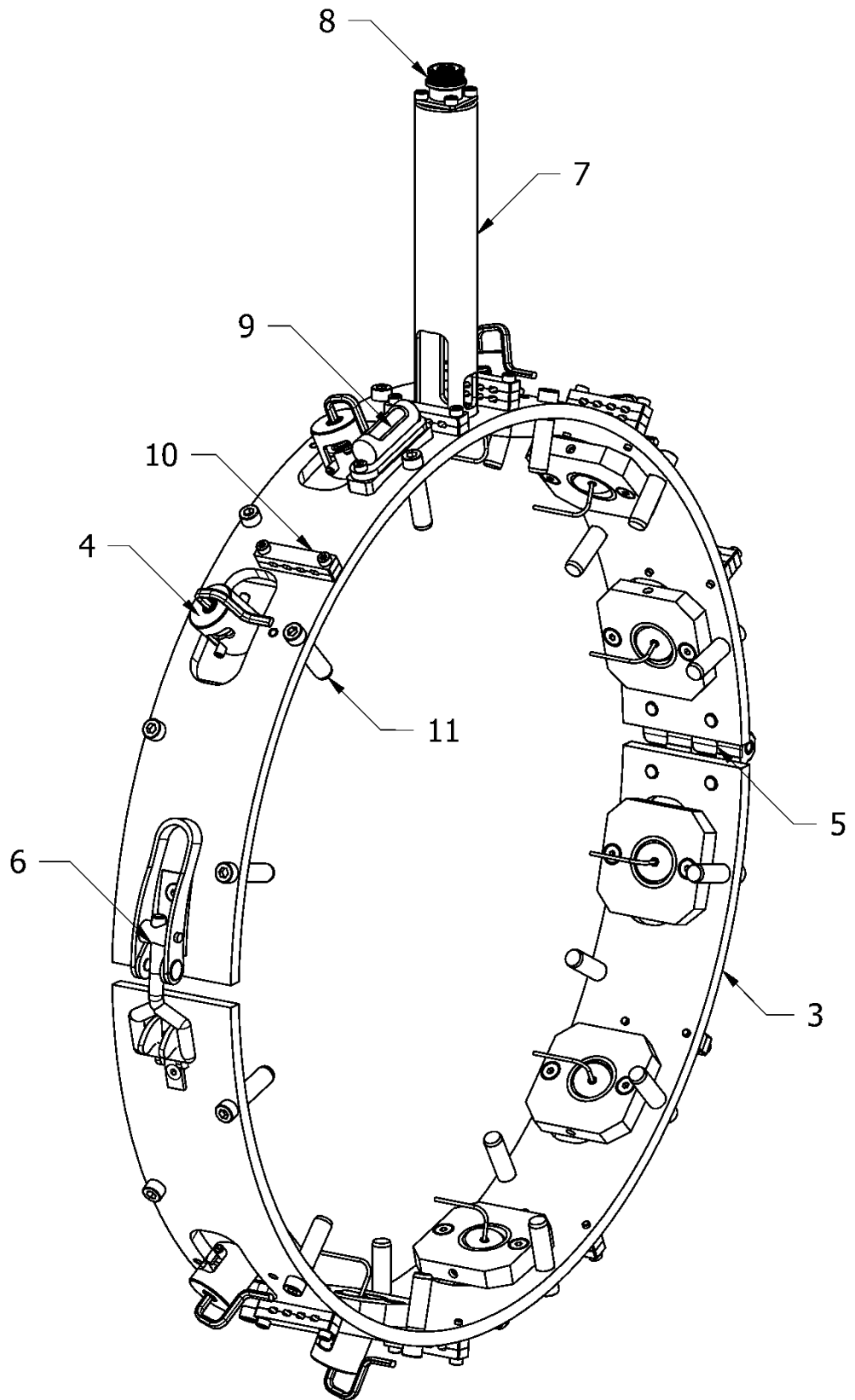


Fig.4

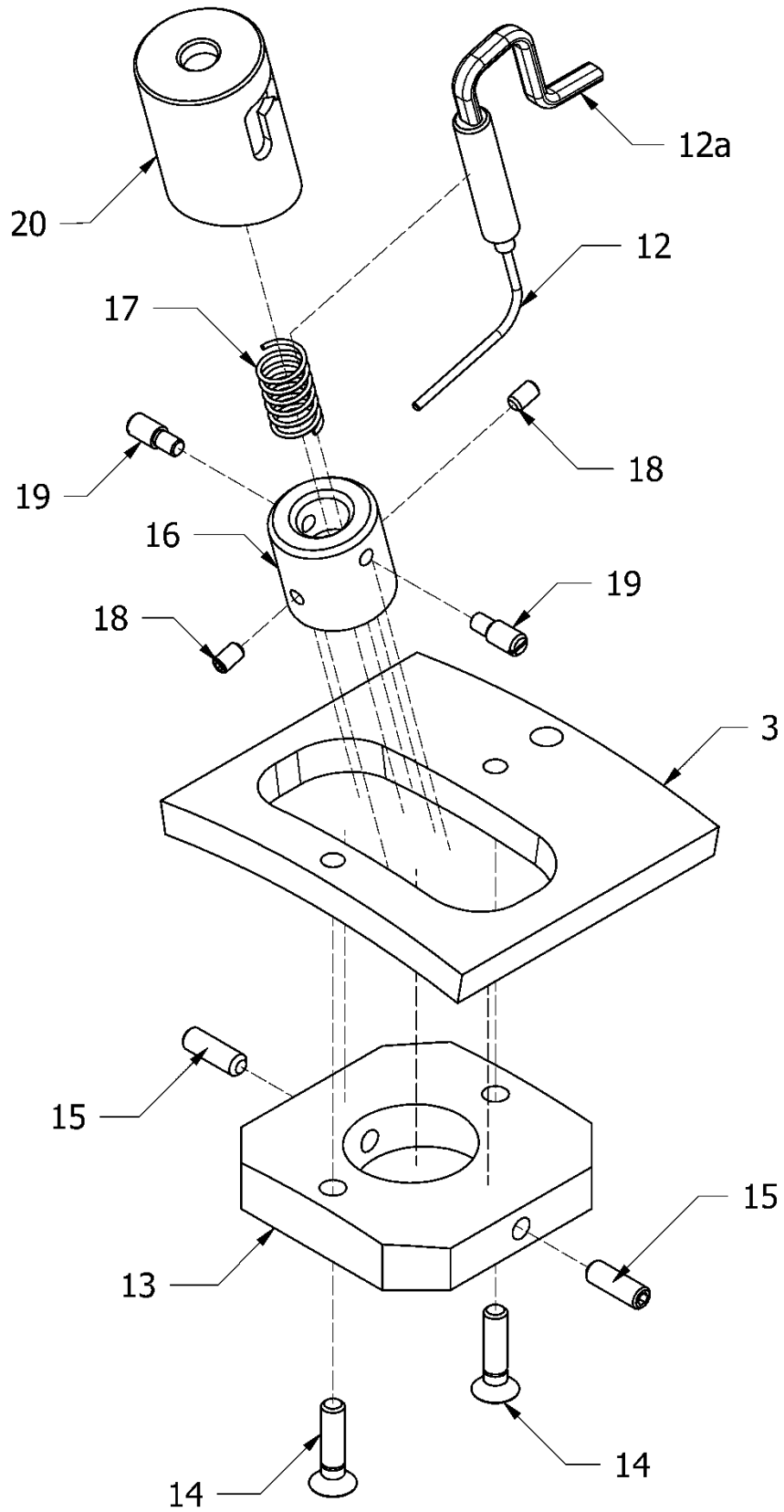
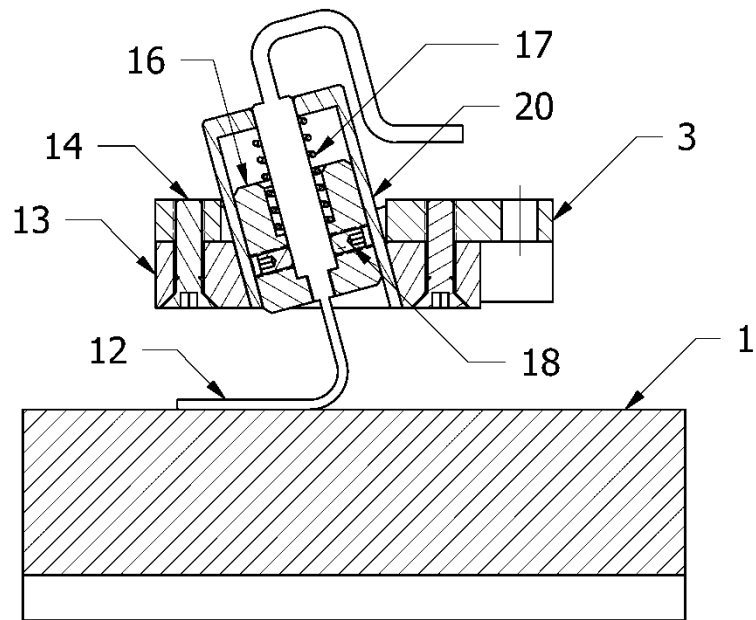
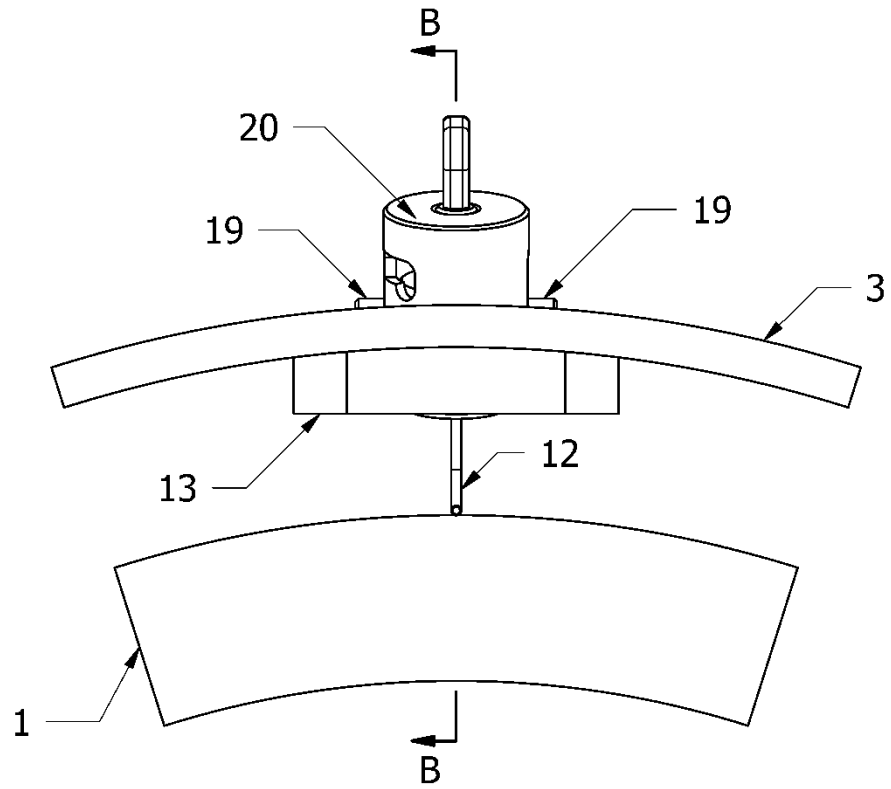
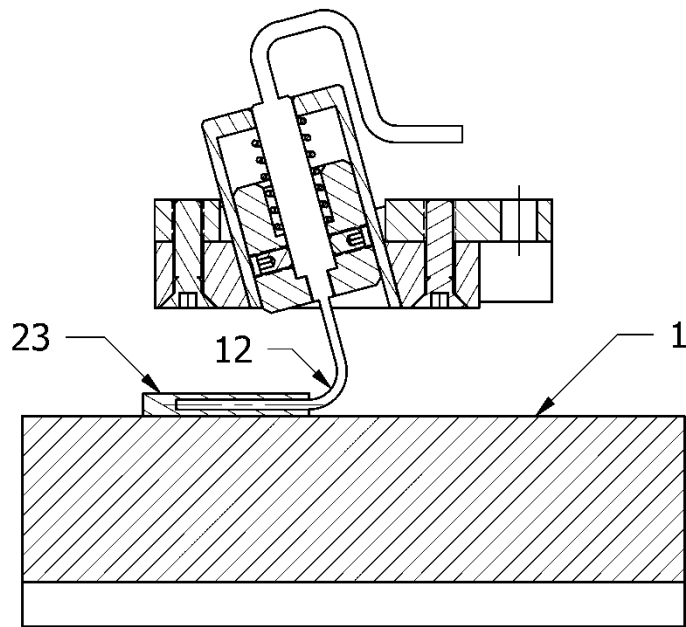
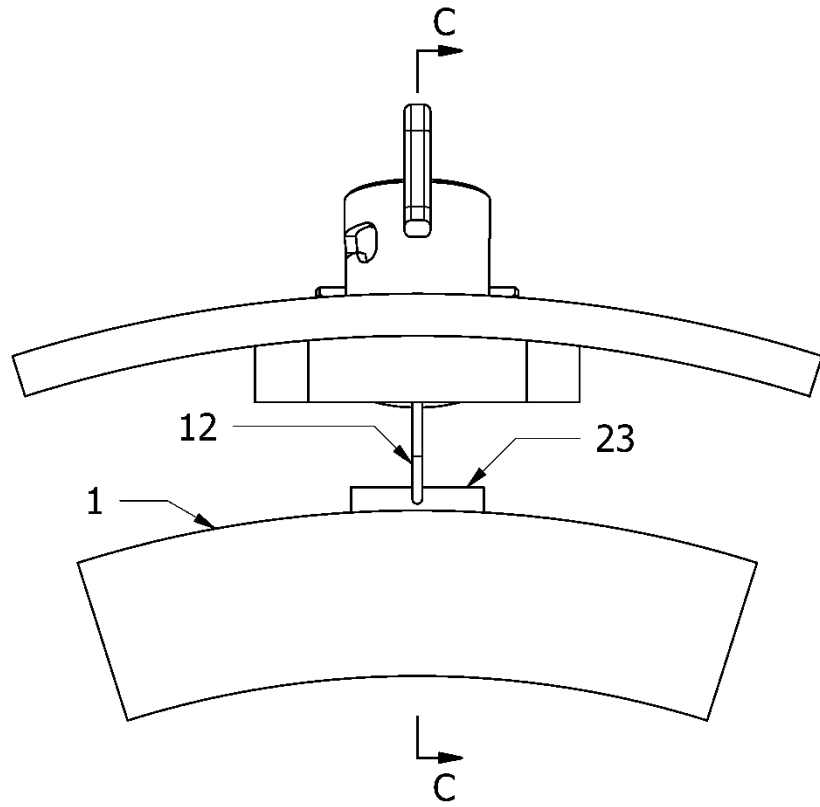


Fig.5



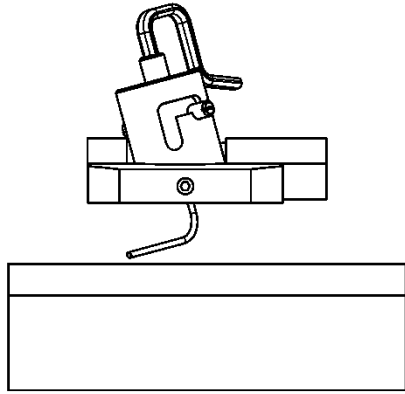
SECCIÓN B-B

Fig.6

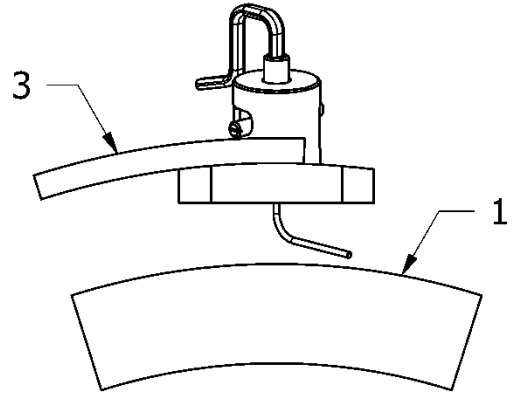


SECCIÓN C-C

Fig.7

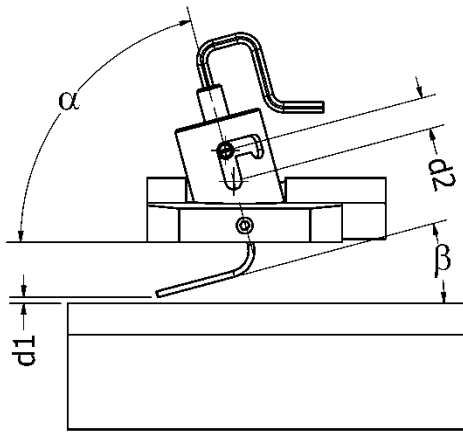


VISTA LATERAL

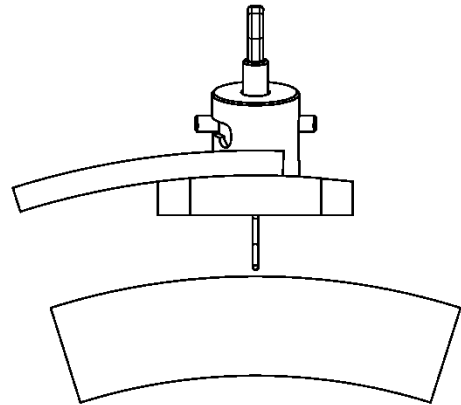


VISTA FRONTAL

POSICIÓN BLOQUEADA

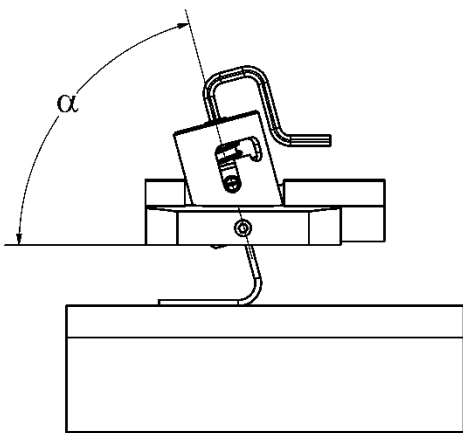


VISTA LATERAL

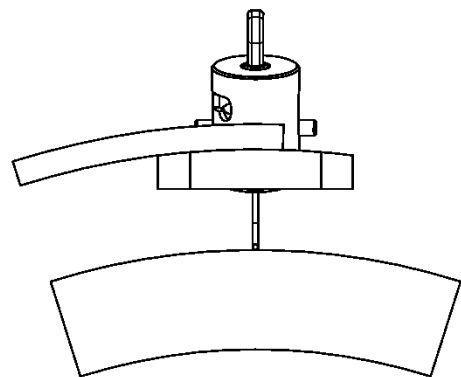


VISTA FRONTAL

POSICIÓN RETRAÍDA



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL

POSICIÓN EXTENDIDA

Fig.8



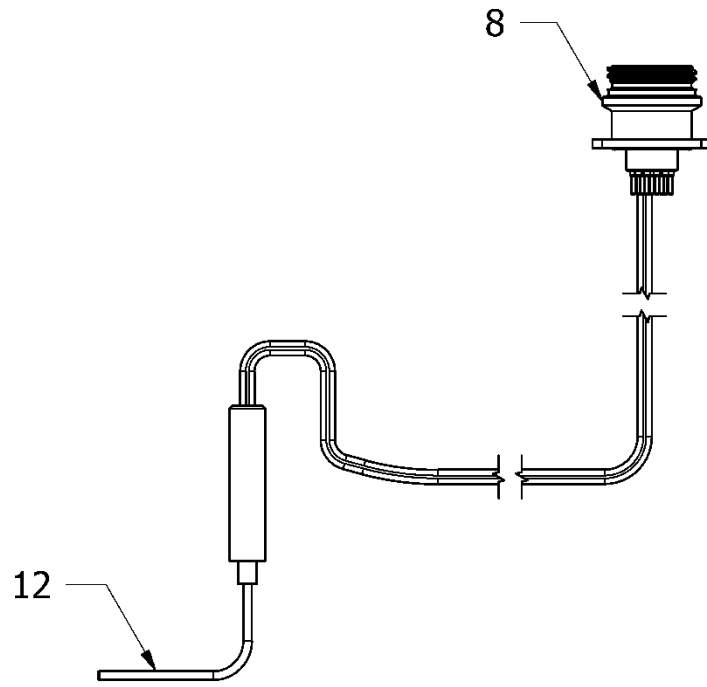


Fig.9

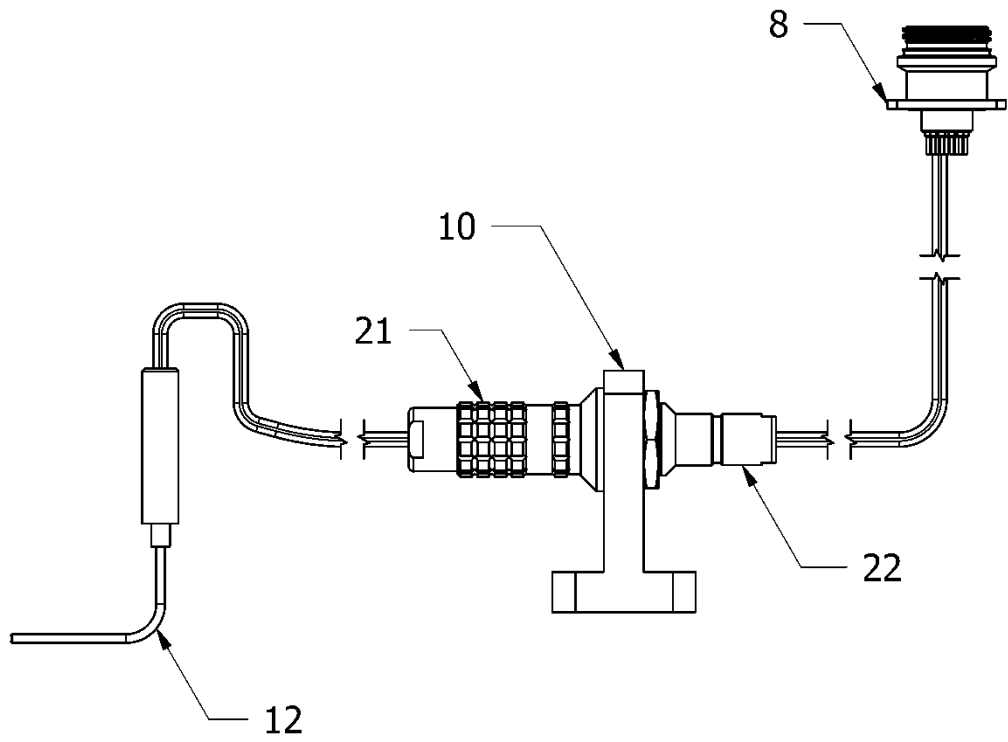


Fig.10

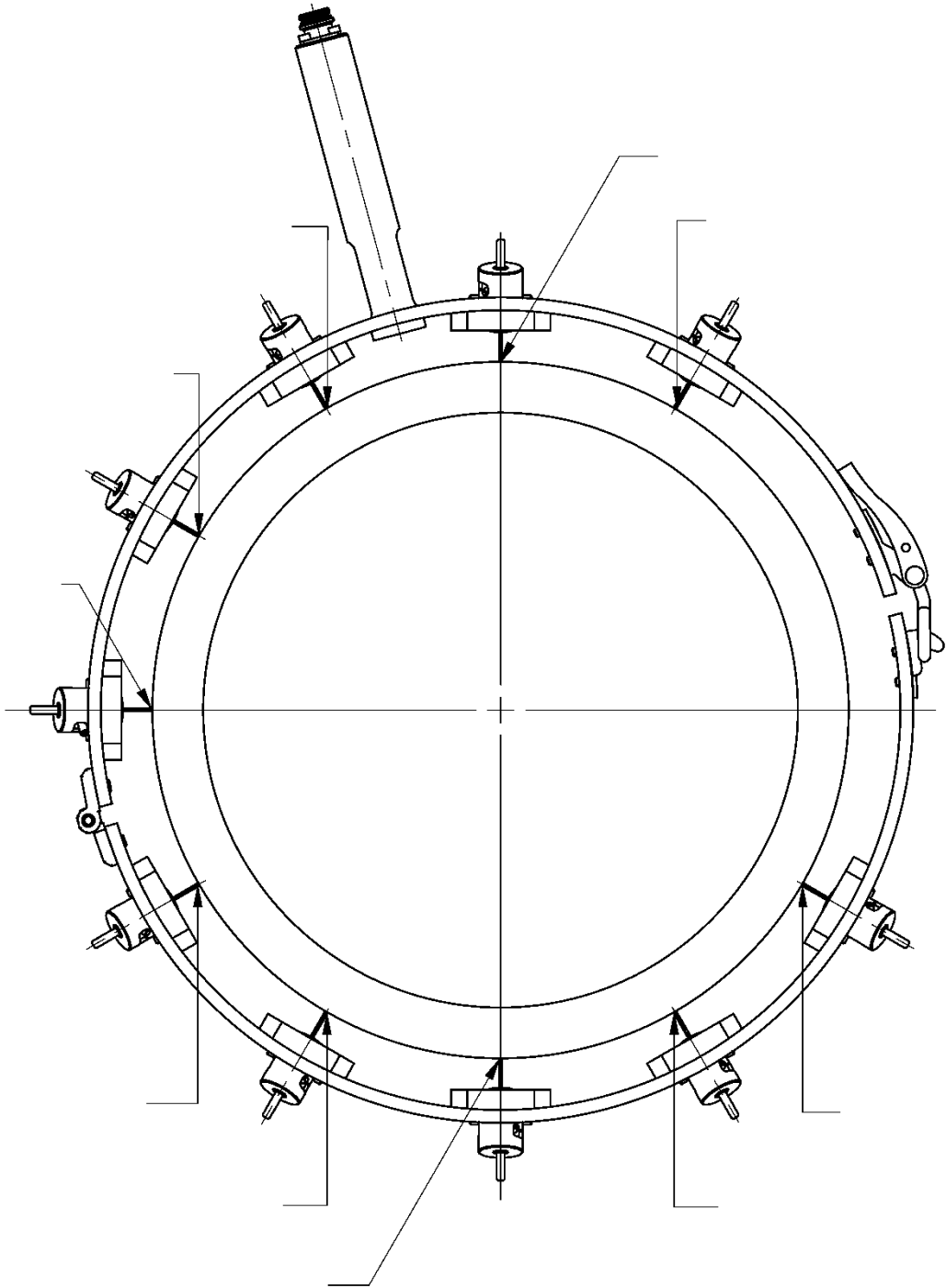


Fig.11



- ②① N.º solicitud: 201431817  
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.12.2014  
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01K1/14** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2008163692 A1 (HUANG SONGMING et al.) 10.07.2008, párrafos [0032]-[0037],[0050],[0056],[0087],[0093],[0098],[0100],[0102],[0104]; figuras 1A,1B,5A.	1-6
A	US 2007237202 A1 (LI JIA-HAO) 11.10.2007, párrafos [0016]-[0023].	1-6
A	Rosemount 0085 Pipe Clamp Sensor. Product Data Sheet. Noviembre 2014. 00813-0100-4952, Rev FA. <a href="http://www.rosemount.com">http://www.rosemount.com</a>	1-6
A	General Electric. Measurement & Control Solutions. NTC Type JW, JC Thermometrics Clip-On Pipe and Surface Sensors. 2011. <a href="http://www.ge-mcs.com">www.ge-mcs.com</a>	1-6
A	US 5711608 A (FINNEY PHILIP F) 27.01.1998, columna 1, línea 10 – columna 11, línea 46; figuras 1-13.	1-6

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<p><b>Fecha de realización del informe</b> 29.09.2015</p>	<p><b>Examinador</b> B. Tejedor Miralles</p>	<p><b>Página</b> 1/4</p>
---	--	------------------------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, bases patentes de texto completo

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.09.2015

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-6	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-6	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2008163692 A1 (HUANG SONGMING et al.)	10.07.2008
D02	US 2007237202 A1 (LI JIA-HAO)	11.10.2007
D03	Rosemount 0085 Pipe Clamp Sensor.	01.11.2014
D04	General Electric. Measurement & Control Solutions. NTC Type JW, JC Thermometrics Clip-On Pipe and Surface.	2011
D05	US 5711608 A (FINNEY PHILIP F)	27.01.1998

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

Reivindicación independiente:

El documento D01 se considera como el documento del estado de la técnica más próximo al objeto de la invención (entre paréntesis las referencias al documento citado).

Dicho documento divulga un sistema no invasivo para la medida de temperatura en puntos precisos de la superficie exterior de un componente tubular que comprende los siguientes elementos: una carcasa exterior con una cavidad anular en su zona central para alojar a los elementos del sistema (D01: figura1B); al menos un módulo de posicionamiento de termopar provisto de un casquillo cilíndrico móvil (D01: figura 1); Uno o varios sensores de inclinación y orientación (D01: párrafos [0098], [0100], [0102], [0104]); un sistema para la conducción de los cables del termopar a lo largo de la periferia del anillo hasta un conector común; (D01: párrafos [0032] - [0037]).

Se diferencia de la primera reivindicación en que no el elemento sensor no es un termopar y que el anillo soporte no parece estar dividido en dos semicilindros articulados, ni se menciona que la carcasa esté dividida en varias secciones desmontables. El efecto técnico que producen estas diferencias es un acoplamiento preciso del sistema de medida a un componente tubular. El problema técnico a resolver es cómo determinar las variaciones temporales y espaciales de la distribución de temperaturas en el interior de componentes tubulares. No se ha encontrado en el estado de la técnica dichas características técnicas.

Por lo tanto, la primera reivindicación presentaría novedad y actividad inventiva según los artículos 6.1 y 8.1 de la ley de patentes 11/1986.

Reivindicaciones dependientes:

En ninguno de los documentos citados, que reflejan el estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la solicitud, se han encontrado presentes todas las características técnicas que se definen en la reivindicación 1 de la solicitud. Asimismo, se considera que las características diferenciales no parecen derivarse de una manera evidente de ninguno de los documentos citados, ni de manera individual ni mediante una combinación evidente entre ellos. Por todo lo anterior, se concluye que la reivindicación 1 y las reivindicaciones 2-6 satisfarían los requisitos de novedad y actividad inventiva según los artículos 6.1 y 8.1 de la ley de patentes 11/1986.