

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 074**

51 Int. Cl.:

**G01J 5/00** (2006.01)

**G01J 5/08** (2006.01)

**G01J 5/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2017 E 17170101 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3249369**

54 Título: **Sensor de temperatura sin contacto para alambres de cobre en movimiento**

30 Prioridad:

**25.05.2016 IT UA20163785**

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

**22.05.2020**

73 Titular/es:

**ELAV S.R.L. (100.0%)  
Strada in Valle, 21  
28062 Cameri (NO), IT**

72 Inventor/es:

**LAVATELLI, ALBERTO**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 762 074 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**

Sensor de temperatura sin contacto para alambres de cobre en movimiento

5 La presente invención se refiere a un sensor de temperatura sin contacto para alambres de cobre en movimiento.

Los sensores de temperatura sin contacto más ampliamente utilizados aprovechan el principio físico de la radiación para transformar mediante transducción la temperatura superficial de una muestra genérica que va a medirse. El espectro de emisión de un cuerpo gris genérico obedece la ley de Planck, que expresa el flujo térmico  $I$  irradiado por un cuerpo negro en relación con la temperatura  $T$  y la longitud de onda  $\lambda$  (ecuación 1): donde  $h$  es la constante de Planck,  $c$  la velocidad de la luz en el medio irradiado y  $k_B$  la constante de Stefan-Boltzmann.

$$I(T, \lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{k_B \lambda T}}} \quad (1)$$

15 La ley anterior describe completamente el espectro de emisión para un cuerpo negro (absorbedor y emisor de radiación térmica ideal), para el cual la longitud de onda  $\lambda_{m\acute{a}x}$  del pico de emisividad puede calcularse a través de la ley de Wien (ecuación 2) donde  $b$  es la constante de desplazamiento de Wien igual a  $2,897\ 77 \times 10^{-3}$  mK

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{b}{T} \quad (2)$$

20 Considerando un intervalo de temperatura de 20 °C a 250 °C, el pico de emisión varía de 9,88  $\mu\text{m}$  a 5,54  $\mu\text{m}$ , es decir dentro de la región de radiación infrarroja. Por esta razón, la temperatura de un cuerpo puede transformarse mediante transducción midiendo el espectro de irradiación infrarroja (mediciones espectrométricas). Alternativamente, en lugar de medir el espectro de irradiación, puede medirse el flujo total de energía de un cuerpo en la banda de espectro infrarrojo y correlacionarse con una curva de calibración que contiene los flujos de energía de un cuerpo negro a temperaturas conocidas (mediciones pirométricas).

Esta última técnica es la más extendida ya que la muestra genérica que va a medirse no tendrá las mismas características que un cuerpo negro, sino que no será un emisor ideal de radiación infrarroja. El pico de emisión  $\lambda_{m\acute{a}x}$  está, por consiguiente, situado generalmente en diferentes longitudes de onda (generalmente más altas) que las de un cuerpo negro, haciendo complejas las mediciones espectrométricas. Además, en cualquier banda de longitudes de onda, la energía irradiada por unidad de superficie  $q''$  será generalmente inferior.

35 La relación entre la energía irradiada por unidad de superficie de una muestra genérica que va a medirse  $q''_M$  y la irradiada por un cuerpo negro  $q''_{bb}$  se denomina emisividad  $\varepsilon$  y es una característica real de los materiales. Por consiguiente, la medición pirométrica puede compensarse fácilmente si se conoce la emisividad del material que forma la superficie radiante de la muestra que va a medirse.

$$\varepsilon = \frac{q''_M}{q''_{bb}} \quad (3)$$

40 La tabla 1 muestra a continuación algunos ejemplos

Tabla 1

Emisividad en la banda espectral de 8  $\mu\text{m}$  - 14  $\mu\text{m}$  para diversos materiales

Material	$\varepsilon$
Aluminio	0,2 - 0,3
Acero oxidado	0,7 - 0,9
Hierro oxidado	0,65 - 0,9
Titanio	0,6 - 0,7
Materiales cerámicos	0,95

Madera natural	0,9 - 0,95
Material plástico	0,95

En última instancia, la medición pirométrica hace uso de la ley de Stefan-Boltzmann para cuerpos grises, para los cuales el flujo térmico irradiado es igual a:

$$q_M'' = \varepsilon \sigma T_M^4 \quad (4)$$

donde  $\sigma$  es la constante de Stefan-Boltzmann igual a  $5,670\ 367 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$  y  $T_M$  es la temperatura superficial de la muestra que va a medirse.

En el caso de alambres de cobre delgados en movimiento, la medición de temperatura sin contacto se realiza actualmente de algunos de los modos siguientes.

El comportamiento del cobre con respecto a su emisión infrarroja es, de hecho, bastante inusual. En muchas bandas espectrales, el cobre se comporta como un emisor infrarrojo muy pobre y, si se pule adecuadamente, refleja completamente cualquier radiación infrarroja entrante, como se indica en la Tabla II a continuación.

Tabla II

Emisividad de cobre para diversas bandas			
Acabado	1 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$	1,6 $\mu\text{m} \pm 0,01 \mu\text{m}$	8 $\mu\text{m} - 4 \mu\text{m}$
Pulido	0	0,03	0
En bruto	0	0,05 - 0,2	0
Oxidado	0,2 - 0,8	0,2 - 0,9	0,4 - 0,8

Como puede verse claramente en la Tabla II, la medición de temperatura de un cuerpo de cobre por medio de pirometría infrarroja es difícil de realizar. En particular, en la banda habitual de pirómetros comerciales de 8  $\mu\text{m} - 14 \mu\text{m}$ , solo el cobre oxidado muestra valores de emisividad compatibles con una medición pirométrica.

Debido a las operaciones de endurecimiento y recocido, un alambre de cobre estirado tiene una superficie lisa y altamente reflectante a infrarrojos. Además, debido a las pequeñas dimensiones de los cables estirados, con un diámetro que oscila desde 0,2 mm hasta 1,5 mm, un pirómetro genérico debe tratar con superficies radiantes extremadamente limitadas. La acción conjunta de baja emisividad y superficie radiante limitada genera, en consecuencia, un flujo de energía extremadamente limitado que entra en el sensor pirométrico. En teoría, el sensor pirométrico podría estar equipado con ópticas de alto aumento para obtener puntos de medición extremadamente pequeños, comparables con las dimensiones de un cable estirado. El movimiento de alambres de cobre, sin embargo, no es completamente recto con una velocidad  $v$ , sino que hay una insistencia de vibraciones transversales (con una amplitud de varios milímetros) que distorsionan la medición ya que la profundidad focal de ópticas de alto aumento es extremadamente limitada (alrededor de 0,1 mm - 0,3 mm para las aplicaciones indicadas).

Esta situación hace inviable la lectura pirométrica directa y, por esta razón, la lectura sin contacto de la temperatura del cobre ha requerido la implementación de sistemas "ad hoc".

Una primera posibilidad de medición, por ejemplo, es a través de sistemas de transducción con aumento óptico.

Como se muestra en la Tabla II, el cobre pulido muestra valores de emisividad muy pequeños en la proximidad de longitudes de onda de 1,6  $\mu\text{m}$ . Con el fin de capturar este flujo irradiado débil, la irradiación del material puede concentrarse hacia un punto focal en el que un pirómetro específico está situado mediante el uso de espejos concentradores.

Esta solución permite a los detectores infrarrojos ver el alambre de cobre con una emisividad aparente superior al valor real. En la práctica, todo el flujo irradiado puede concentrarse, a través de un "cristal de aumento radiativo", en el punto de medición del pirómetro, obteniendo de ese modo un aumento de la energía irradiada por unidad de superficie.

Un segundo sistema de medición de alambres de cobre utilizado es la transducción de intercambio de calor convectiva.

En este sistema, existe la posibilidad de medir la temperatura de alambres de cobre aprovechando fenómenos de intercambio de calor convectivo que intervienen entre la superficie del alambre y los cuerpos o el ambiente circundante.

5

Con este sistema pueden mencionarse dos métodos que se indican brevemente a continuación.

Un primer método de medición consiste en colocar un cuerpo compensador en las proximidades del cable (denominado medición de equilibrio térmico). El compensador debe tener buenas propiedades de difusión térmica, de modo que puede absorber fácilmente el flujo de calor convectivo generado por el alambre caliente. Usando el método de resistencia térmica, el flujo térmico que entra en el compensador  $q''_C$  es puramente convectivo y es igual a:

10

$$q''_C = h_i \cdot (T_M - T_C) \quad (5)$$

15

donde  $h_i$  es el coeficiente de intercambio convectivo de alambre/compensador y  $T_C$  la temperatura del propio compensador. Al añadir una fuente de calor que tiene una energía  $Q_i$  dentro del compensador y aislar el mismo de modo que solo la superficie de intercambio  $S$  entre el compensador y el alambre permanezca sin cubrir, en régimen estacionario, la temperatura del compensador, con menos pérdidas, es igual a:

20

$$T_C = T_M + \frac{Q_i}{Sh_i} \quad (6)$$

En consecuencia, al insertar un transductor de temperatura en el compensador y al regular por termostato posteriormente el mismo para anular la energía suministrada  $Q_i$ , el compensador se lleva a equilibrio con el alambre de cobre estirado. Cuando el alambre se mueve rápidamente, puede considerarse de manera efectiva que el proceso es adiabático, por lo que las pérdidas térmicas son insignificantes y pueden encontrarse soluciones que aprovechen de manera efectiva el principio. También hay disponibles soluciones comerciales con una excelente madurez, como SIKORA Wire Temp 6000.

25

Un método adicional para medir la temperatura de un alambre de cobre en movimiento (denominado medición de transferencia de calor) es crear una cámara de transferencia convectiva calibrada. El alambre de cobre entra en una cámara en la que se inyecta un flujo gaseoso en movimiento (habitualmente aire), creando fenómenos de convección forzada. En este régimen, el gas intercambia calor con el alambre. Por tanto, la temperatura del gas en la entrada del sistema  $T_I$  es generalmente diferente a la de la salida  $T_U$ . Además, como el alambre está moviéndose a una velocidad constante  $v$  dentro de la cavidad, es razonable suponer que la temperatura del mismo es constante durante el proceso de intercambio. Por tanto, la temperatura del alambre es directamente proporcional a la entalpía de los gases convectores:

30

35

$$T_M \propto T_U - T_I \quad (7)$$

40

Después de un procedimiento de calibración adecuado, la temperatura del cable estirado puede transformarse mediante transducción a partir de la diferencia de temperatura de los gases. Hay ejemplos de dispositivos de medición producidos con el principio físico descrito anteriormente.

45

Estos sistemas conocidos, sin embargo, tienen diversos problemas debido a sus rendimientos, que no son completamente satisfactorios, y a su coste excesivo.

Hay dispositivos que se utilizan y están disponibles en el mercado, que aprovechan algunas de las soluciones indicadas anteriormente. Los sistemas de transducción de equilibrio térmico, por ejemplo, son transductores que tienen una determinada madurez y un alto grado de precisión de medición. Sin embargo, son sensores activos, es decir, son sistemas dotados de aparatos de termostatación y control para garantizar el equilibrio térmico. Esto significa que son en sí máquinas complejas y costosas. Además, la complejidad del sistema implica una probabilidad bastante alta de avería.

50

Un objetivo general de la presente invención es proporcionar un sensor de temperatura sin contacto para alambres de cobre en movimiento que es capaz de resolver los inconvenientes de la técnica conocida indicada anteriormente de una manera extremadamente sencilla, económica y particularmente funcional.

55

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un sensor altamente funcional, con pocos o limitados problemas de avería.

60

El documento GB 1216052 da a conocer un sensor según el preámbulo de la reivindicación 1.

Los documentos US3559726 y DE 102005031289 dan a conocer un sensor de temperatura de un alambre de avance que utiliza un elemento de detección intermedio.

5 Los problemas expuestos anteriormente se resuelven mediante un sensor de temperatura sin contacto con las características según la reivindicación 1. Se definen modificaciones favorables en las reivindicaciones dependientes.

Las características estructurales y funcionales de la presente invención y sus ventajas con respecto a la técnica conocida se harán aún más evidentes a partir de la siguiente descripción, haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, que muestran un ejemplo de realización de la propia invención. En los dibujos:

- 10 - la figura 1 es un esquema funcional de un sensor según la presente invención;
- la figura 2 es un esquema de flujos convectivos de cavidades dentro del sensor de la figura 1;
- 15 - la figura 3 es una vista en sección según la línea III-III de la figura 4 que muestra un esquema constructivo de un sensor según la presente invención;
- la figura 4 es una vista de extremo del sensor mostrado en la figura 3.

20 Con referencia a las figuras en general, debe señalarse que un sensor de temperatura sin contacto para alambres de cobre en movimiento según la invención es un sensor de temperatura para alambres de cobre estirados que pertenece a la familia de transductores de intercambio convectivo.

25 A este respecto, debe observarse que un sensor de este tipo aprovecha una cavidad aislada para su funcionamiento, esquematizada en 20 en la figura 1, dentro de la cual hay un elemento sensible altamente difusivo 11, también esquematizado en la figura 1. Según la invención, se crea una geometría particular de la cavidad aislada 20, que facilita la generación de fenómenos convectivos con el paso del alambre en el elemento sensible 11. Este elemento sensible 11 recibe calor por convección de un alambre de cobre estirado pasante 10. El cable estirado 10 se mueve, de hecho, con una velocidad uniforme  $v$  dentro de la cavidad 20. Por consiguiente, dicho alambre 10 transfiere calor al elemento sensible 11, lo que permite la transducción de la temperatura del propio alambre 10.

30 Debe observarse, de hecho, que como el alambre caliente 10 no está en equilibrio térmico con el ambiente, intercambia calor por convección con cuerpos cercanos. Además, a medida que se mueve a una velocidad constante  $v$ , porta con el mismo una película de aire que implica la presencia de fenómenos convectivos moderadamente forzados.

35 Por tanto, se ha observado que, en esta situación, el intercambio convectivo puede modelarse según la siguiente ecuación:

40 
$$h_i \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] = 1,45 - 0,0012 \cdot v + 9,9 \sqrt{0,0012 \cdot v} \quad (8)$$

45 El sistema de medición de temperatura del sensor de la invención aprovecha la indicación anterior destacada para transformar mediante transducción la temperatura del alambre de cobre estirado 10. Suponiendo, de hecho, que el alambre de cobre 10 se inserta en una cavidad adiabática (aislada térmicamente) 20, que tiene, en su centro, un elemento sensible al calor de alta difusión 11 en estrecho contacto con el cobre, se obtiene el diagrama de flujo de la figura 2.

50 En este diagrama,  $T_M$  indica la temperatura del alambre de cobre 10,  $T_C$  la temperatura de la superficie exterior del cartucho de medición y  $T_0$  la temperatura atmosférica exterior. Estas temperaturas en esta situación son las temperaturas de interés.

También se definen los siguientes coeficientes de intercambio de calor:

55 
$$\begin{cases} U_T = \left( \frac{1}{h_i} + \frac{s_i}{k_i} + \frac{1}{h_c} + \frac{s_c}{k_c} + \frac{1}{h_0} \right)^{-1} \\ U_i = \left( \frac{1}{h_i} + \frac{s_i}{k_i} \right)^{-1} \end{cases} \quad (9)$$

donde  $h_i$  es el intercambio convectivo entre alambre de cobre y cavidad,  $k_i$  es la conductividad térmica de la cavidad,  $h_c$  es el coeficiente de intercambio convectivo entre cavidad y cuerpo de sensor,  $k_c$  es la conductividad térmica del cuerpo de sensor, y finalmente  $h_0$  es el coeficiente de intercambio convectivo entre cuerpo de sensor y ambiente

exterior.

La temperatura  $T_C$  es igual a:

$$T_C = T_M - \frac{U_t}{U_i} (T_M - T_0) \quad (10)$$

En la configuración especificada, se supone que:

- el cartucho de medición está construido con un material que tiene una alta difusión térmica;
- el espacio intermedio entre el cartucho y la carcasa exterior está sellado para aislar todo;
- el grosor del material de la carcasa es considerable.

Se deduce que  $U_T \ll U_i$ , y por tanto es razonable aproximar la ecuación 10 de la siguiente manera:

$$T_C \approx T_M - 0 \cdot (T_M - T_0) \approx T_M \quad (11)$$

De esta manera, puede observarse que produciendo una cavidad aislada en la que se inserta un cartucho pequeño altamente difusivo, el propio cartucho puede llevarse al equilibrio térmico con el alambre de cobre pasante 10.

En este punto, utilizando un sistema de transducción de temperatura  $T_C$ , puede medirse la temperatura  $T_M$  del alambre de cobre 10. Sin embargo, el sistema de transducción de temperatura del cartucho de medición debe ser lo más discreto posible, es decir, no debe retirar energía térmica del sistema. A este respecto, no se recomienda el uso de termopares o termómetros de resistencia ya que los mismos restan calor del cartucho por conducción, por lo que la temperatura debe medirse utilizando un método sin contacto.

Las figuras 3 y 4 muestran un ejemplo esquemático de un sensor de temperatura según la invención.

Para el correcto funcionamiento del sistema indicado anteriormente, debe encontrarse un esquema de construcción que permita que se verifiquen y respeten las limitaciones físicas previamente especificadas. En particular, los requisitos son:

- construir una cavidad térmicamente aislada del ambiente exterior;
- insertar un elemento sensible hecho de un material altamente difusivo, dentro de la cavidad;
- medir la temperatura del elemento sensible con un método sin contacto.

Una configuración óptima preferible del sensor de la invención, ilustrativa pero no limitante, es la que se muestra en la figura 3. En este ejemplo, un cuerpo del transductor según la invención está compuesto por un cuerpo de sensor exterior 12, hecho de aluminio, por ejemplo, la serie 6.000, que es hueco y tiene una cavidad convectiva sellada total 19.

Una pestaña de montaje 13, de hecho, está situada en un primer extremo solidario con la cavidad convectiva 19, mientras que una segunda pestaña de soporte 14 es situada en el otro extremo de la cavidad convectiva 19 y permite el sellado de la cavidad sellada 19.

Un primer elemento tubular calibrado 17 se inserta y se transporta por la pestaña de montaje 13, por ejemplo, de Inconel, de aleación de zinc que, como se sabe, tiene un bajo valor de difusión térmica. El elemento tubular 17 se dirige según un eje longitudinal L del cuerpo de sensor exterior 12 y contiene dos medias cavidades aisladas como puede verse más claramente a continuación.

Un segundo elemento tubular calibrado 18 se inserta y se porta por la pestaña de soporte 14, hecho también, por ejemplo, del mismo material y se dirige tal como para el primer elemento tubular 17.

Entre los dos elementos tubulares 17 y 18 se inserta un elemento sensible 11 compuesto por un casquillo, por ejemplo, hecho de aluminio barnizado con esmalte emisor.

El sensor de la invención se completa con la provisión de un pirómetro calibrado 16 que está situado insertado en un casquillo con pestaña 15 en una pared lateral del cuerpo de sensor exterior 12 orientado hacia la cavidad sellada 19. El casquillo con pestaña 15 está situado para soportar el pirómetro 16. El pirómetro calibrado 16, por ejemplo, puede tener una dimensión de  $8 \mu\text{m}$  -  $14 \mu\text{m}$  y tiene óptica de "enfoque cercano".

Puede observarse cómo el primer elemento tubular calibrado 17 define una primera media cavidad frontal aislada 21 y cómo el segundo elemento tubular calibrado 18 define una media cavidad aislada trasera 22, ambas situadas en la cavidad sellada.

5 La parte central del sensor de la invención es la formación de una cavidad aislada en la que discurre el alambre de cobre 10. En este ejemplo, se ha implementado la selección de diseño de construcción de la cavidad aislada con un tubo calibrado hecho de Inconel 600, ya que las aleaciones de zinc tienen los valores de difusión térmica más bajos de todos los metales. Esto hace que estas aleaciones sean buenos aislantes térmicos. Además, las aleaciones  
10 Inconel tienen altas propiedades de dureza y resistencia a la abrasión, es por eso que no se ven afectadas por el desgaste en el uso especificado.

15 Con el fin de insertar el elemento sensible 11 (el cartucho de medición) dentro de la cavidad aislada, la cavidad aislada debe dividirse en dos medias cavidades 21 y 22. El elemento sensible 11, que consiste en un casquillo cuyos extremos se insertan de manera forzada en extremos terminales que se orientan hacia el primer elemento tubular calibrado 17 y el segundo elemento tubular calibrado 18 hecho de Inconel 600, se inserta posteriormente entre las dos medias cavidades 21 y 22. Por tanto, el cartucho de medición es solidario con las dos medias cavidades 21, 22 y está hecho de aluminio, un material que tiene una óptima difusión térmica.

20 De esta manera, el casquillo está aislado del ambiente exterior gracias a las dos medias cavidades hechas de Inconel 600 y la cavidad sellada 19 que rodea al mismo, verificando las suposiciones que condujeron a la formulación de la ecuación 11. Además, el cartucho de medición está cubierto con un esmalte polimérico que tiene una alta emisividad infrarroja ( $\epsilon = 98 \%$ ) dentro de la banda  $8 \mu\text{m} - 14 \mu\text{m}$ .

25 Como se indicó anteriormente, el aislamiento de la cavidad con respecto al ambiente exterior es crucial para el funcionamiento del sistema. Con el fin de obtener este resultado, se diseñó un cuerpo de sensor 12 que tiene un espesor considerable y hecho de aluminio anticorrosivo. El cuerpo de sensor 12 tiene una cavidad interna cilíndrica de gran tamaño, sellada por dos pestañas 13, 14 cuya función es soportar la cavidad aislada 21, 22.

30 En esta configuración, el elemento sensible 11 está aislado del ambiente exterior, ya que la cámara sellada 19 garantiza un espacio intermedio que tiene un coeficiente de intercambio convectivo muy bajo, alrededor de  $0,5 \text{ W m}^{-2} \text{ K} - 1,1 \text{ W m}^{-2} \text{ K}$ , dependiendo de las condiciones de humedad del aire contenido en el espacio intermedio. Además, el considerable espesor de las paredes del cuerpo de sensor 12 garantiza una baja transmisión de calor por conducción. Por último, la construcción en Anticorrosivo garantiza una óptima resistencia a la corrosión atmosférica y  
35 química.

La medición de temperatura  $T_C$  del elemento sensible 11 se realiza gracias a un pirómetro infrarrojo 16 dentro de la banda comercial  $8 \mu\text{m} - 14 \mu\text{m}$ . La instalación del pirómetro 16 dentro del cuerpo de sensor 12 se realiza mediante un orificio calibrado 23 que aloja un casquillo con pestaña y roscado externamente 15 en el que se atornilla el  
40 pirómetro 16. El casquillo 15 se inserta en un orificio calibrado 23 que mantiene el sellado del espacio intermedio entre el cuerpo de sensor y la cavidad de medición, garantizando el aislamiento del transductor.

El sensor según la presente invención, por lo tanto, tiene ventajas significativas con respecto a lo que hasta ahora se conoce en el campo de aplicación específico.

45 Contrario a la técnica conocida, el sensor de la invención es un sensor pasivo, ya que sólo se basa en el intercambio térmico que se genera por un alambre de cobre estirado 10 que pasa a través de una cavidad aislada, sin necesidad de moderar activamente dicho intercambio. El alambre pasa dentro de la cavidad e intercambia calor con un elemento sensible 11 que se lleva pasivamente al equilibrio térmico con la muestra que va a medirse. No existen  
50 mecanismos de regulación y control, ya que el sistema es intrínsecamente más fiable y disponible. Además, la cavidad de medición está hecha de un material resistente al desgaste, lo que garantiza la posibilidad de utilizar el sensor durante años sin requisitos de mantenimiento.

55 En la presentación de sensores de intercambio térmico, existe normalmente la tendencia a identificar los mismos como sensores que no requieren calibración, ya que su capacidad de ser llevados al equilibrio con una muestra que va a medirse no depende de la muestra en sí. Sin embargo, esta afirmación es incorrecta y, de hecho, potencialmente engañosa. Mientras que, por un lado, es cierto que la máquina, cuando está activa, por su propia naturaleza, no requiere calibración estática, también es cierto que funciona gracias a sistemas de control de bucle cerrado, que a su vez se basan en una serie de transductores que requieren calibración periódica. Por lo tanto, es  
60 cierto que, como el sensor de la presente invención es un sensor pasivo, definitivamente requiere una calibración en el pirómetro que transforma mediante transducción la temperatura  $T_C$ , también es cierto, sin embargo, que los sensores con equilibrio térmico como los vendidos por SIKORA deben calibrarse periódicamente con respecto a los transductores en los que se regula en un bucle cerrado.

65 Además, en sensores de equilibrio térmico, es difícil caracterizar y controlar los rendimientos dinámicos del instrumento. Para estos sensores, es difícil, si no imposible, adaptar el ancho de banda del sistema a los requisitos,

5 ya que el ancho de banda de medición es igual al ancho de banda del/de los controlador(es). El sensor de la invención, por el contrario, permite que se adapte el ancho de banda del dispositivo a los requisitos de medición, de hecho, la respuesta a la gradación de estos sistemas depende exclusivamente de la difusión térmica del elemento sensible. En otras palabras, al cambiar el material del cartucho, se obtienen varias constantes de tiempo de transducción, permitiendo la libertad de calibrar la prontitud del sensor como se desea según los materiales.

Este tipo de construcción del sensor de la invención, por otra parte, permite al usuario cambiar fácilmente las cavidades de medición, que por tanto pueden personalizarse según las demandas de producción de los clientes.

10 Por último, pero no menos importante, el sensor de la invención tiene una construcción altamente resistente a agentes químicos y ambientes corrosivos, garantizando un funcionamiento continuo para el usuario, sin ningún tipo de gastos particulares de limpieza o mantenimiento, excepto una calibración periódica del pirómetro infrarrojo.

15 Naturalmente, las formas de la estructura para producir un sensor de la invención, así como los materiales y modos de montaje, pueden diferir de las que se muestran con fines ilustrativos y no limitantes en los dibujos.

Por tanto, se ha logrado el objetivo mencionado en el preámbulo de la descripción.

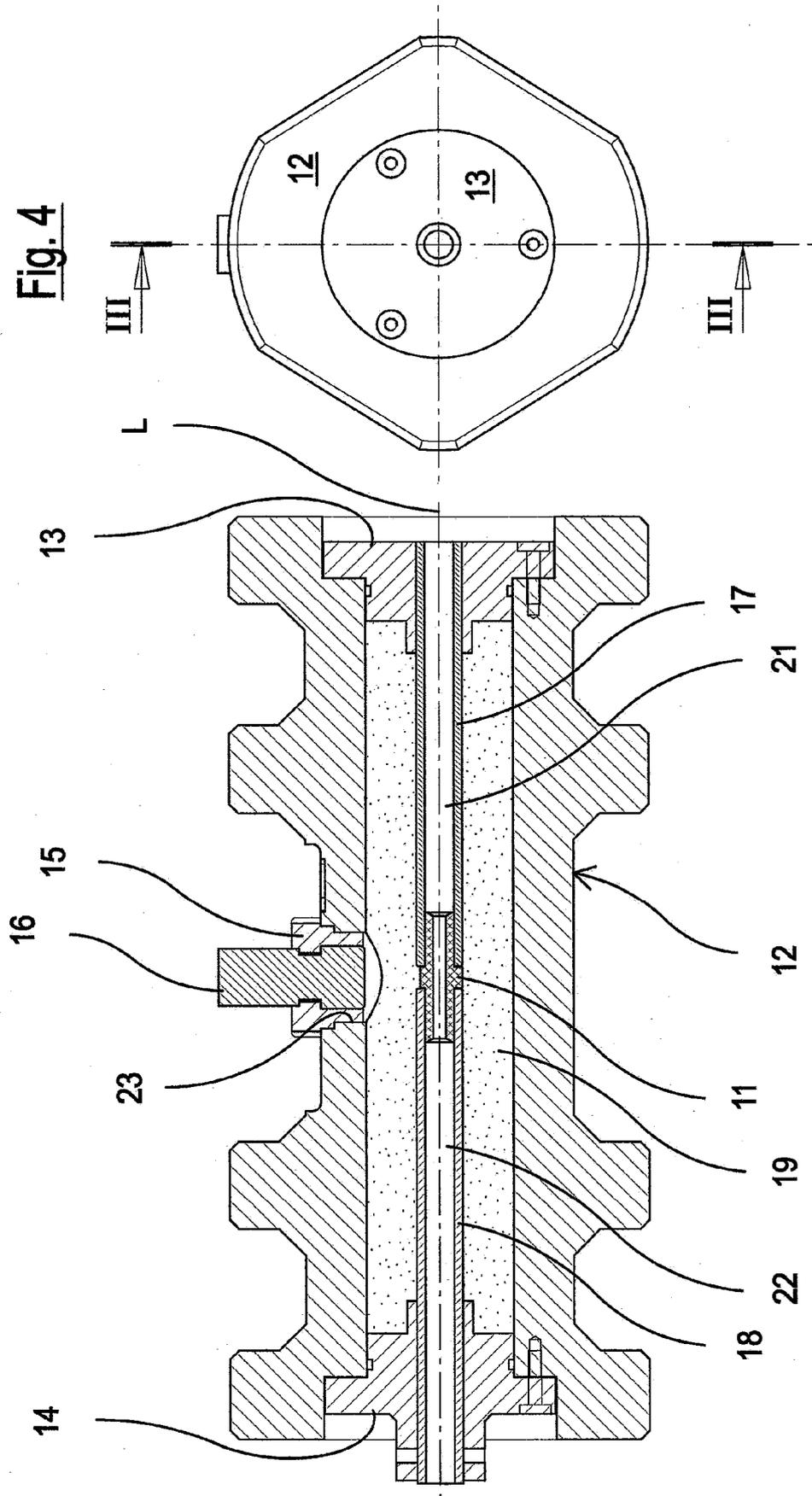
20 El alcance de protección de la presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sensor de temperatura sin contacto para alambres de cobre en movimiento, que comprende un cuerpo del sensor (12) que proporciona una primera cavidad (19) en la que se proporciona una segunda cavidad (21, 22) dentro de dicha primera cavidad, teniendo dicha segunda cavidad un desarrollo axial, caracterizado porque dicha primera cavidad (19) tiene también un desarrollo axial y está aislada térmicamente del ambiente y sellada en sus extremos opuestos y dicha segunda cavidad (21, 22) está aislada de dicha primera cavidad (19) y en contacto con el ambiente, estando dotada dicha segunda cavidad (21, 22) de un elemento sensible en el centro hecho de un material que tiene una alta difusión térmica (11) para que absorba fácilmente el flujo de calor convectivo generado por dicho alambre de cobre en movimiento durante el paso del alambre en el elemento sensible (11), estando situado un pirómetro (16) en dicho cuerpo de sensor (12), que se extiende dentro de dicha primera cavidad (19) y se orienta hacia dicho elemento sensible con una alta difusión térmica (11).
2. El sensor según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha segunda cavidad comprende un primer elemento tubular calibrado (17) que define una primera media cavidad frontal aislada (21) y un segundo elemento tubular calibrado (18) que define una media cavidad trasera aislada (22), ambas situadas en la primera cavidad (19) y conectadas por dicho elemento sensible que tiene una alta difusión térmica (11).
3. El sensor según la reivindicación 2, caracterizado porque tanto dicho primer elemento tubular calibrado (17) como dicho segundo elemento tubular calibrado (18) están hechos de aleación de zinc.
4. El sensor según la reivindicación 3, caracterizado porque dicha aleación de zinc es del tipo Inconel.
5. Sensor según una o más de las reivindicaciones anteriores de la 1 a la 4, caracterizado porque dicho elemento sensible con una alta difusión térmica (11) está recubierto con un esmalte polimérico que tiene una alta emisividad infrarroja.
6. El sensor según una o más de las reivindicaciones anteriores de la 2 a la 5, caracterizado porque dicho elemento sensible con una alta difusión térmica (11) se inserta de manera forzada en los extremos enfrentados tanto de dicho primer elemento tubular calibrado (17) como de dicho segundo elemento tubular calibrado (18).
7. El sensor según una o más de las reivindicaciones anteriores de la 1 a la 6, caracterizado porque dicho elemento sensible con una alta difusión térmica (11) está hecho de aluminio.
8. El sensor según una o más de las reivindicaciones anteriores de la 1 a la 7, caracterizado porque dicha primera cavidad sellada (19) en dicho cuerpo de sensor (12) está formado por dos pestañas de extremo (13, 14) situadas en dos extremos opuestos que soportan dicha cavidad aislada (21, 22).
9. El sensor según una o más de las reivindicaciones anteriores de la 1 a la 8, caracterizado porque dicho pirómetro (16) está situado en dicho cuerpo de sensor (12) dentro de un casquillo con pestaña roscado externamente (15) insertado en un orificio calibrado (23) formado en el cuerpo del sensor (12).



**Fig. 3**



**Fig. 4**