

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 456 496**

51 Int. Cl.:

**G01N 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2010 E 10766181 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2014 EP 2494331**

54 Título: **Sensor de deposición basado en la resistencia a la transferencia de calor diferencial**

30 Prioridad:

**27.10.2009 US 606325**

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

**22.04.2014**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)  
1 River Road  
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**WAN, ZHAOYANG y  
XIAO, CAIBIN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 456 496 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 deposición basado en la resistencia a la transferencia de calor diferencial

**Campo de la invención**

5 La presente invención está relacionada con la monitorización de la deposición de minerales y de biopelículas en sistemas industriales. Más en particular, la presente invención se refiere a un medio y a un procedimiento para la monitorización y la medición de deposiciones de minerales y de biopelículas sobre equipos en los sistemas de procesamiento de fluidos industriales.

**Antecedentes de la invención**

10 La deposición química y / o biológica en los procesos de fluidos industriales afecta negativamente a la eficiencia del proceso y puede afectar negativamente los procesos de fabricación, incluyendo el tiempo de inactividad operacional y, potencialmente, incluso la parada de la planta. Se entiende en la técnica que la deposición minerales y / o de biopelículas en las torres de refrigeración, intercambiadores de calor y otros recipientes de proceso de fluidos reduce la eficiencia de la transferencia de calor crítica, disminuye la velocidad del flujo y puede conducir potencialmente a la fatiga de la estructura y a la formación de grietas. Además, el mantenimiento del rendimiento del intercambiador de calor de agua de servicio es un problema de seguridad en las plantas de servicios públicos, en especial en las centrales nucleares.

20 El inicio de depósitos de minerales y / o biológicos en los procesos de fluidos industriales ha sido monitorizado por la medición, ya sea de la diferencia de temperatura a través de una superficie de transferencia de calor o por la medición de cambios físicos y químicos producidos por la deposición sobre una superficie limpia sumergida en el fluido por medio de procedimientos electroquímicos, ópticos, espectroscópicos o acústicos. Son conocidos varios sistemas de monitorización basados en la medición de la temperatura y se han utilizado para controlar la deposición de minerales y de biopelículas, en particular en intercambiadores de calor y torres de refrigeración. La superficie de transferencia de calor en muchos de estos sistemas es fácil de instalar y operar. Los valores de resistencia a la transferencia de calor se proporcionan para la superficie de transferencia de calor simulada, que pueden ser correlacionados, por ejemplo, con la eficiencia global de transferencia de calor de los intercambiadores de calor. Sin embargo, la monitorización de los depósitos basada en la medición de la temperatura está sujeta a las variaciones del proceso, tales como los cambios en la temperatura de proceso, la velocidad del flujo y la temperatura del medio ambiente. Por ejemplo, los cambios en el suministro eléctrico a un calentador eléctrico en un simulador de flujo de calor de corriente lateral pueden provocar errores. Desafortunadamente, debido al efecto de las variables de proceso, muchos sistemas de monitorización de depósitos disponibles en el mercado carecen de la sensibilidad requerida para detectar la aparición temprana de acumulación de depósitos. En consecuencia, la detección de la aparición temprana de acumulación de depósitos en una manera efectiva en costos ha sido difícil de conseguir hasta ahora.

35 Los procedimientos utilizados para medir los cambios físicos y químicos producidos por la deposición incluyen transmitancia óptica, fluorescencia, y microbalanza de cristal de cuarzo. La sensibilidad de estos procedimientos es generalmente alta. Sin embargo, estos procedimientos requieren instrumentos relativamente caros. Las variaciones y los parámetros del proceso afectan a las mediciones, y una superficie de transferencia de calor puede no ser fácilmente incorporada.

40 En la patente norteamericana 4.326.164 se proporciona una sonda para la monitorización de la corrosión causada por un medio corrosivo. La sonda comprende un primer elemento de resistencia corrosible, un segundo elemento de resistencia corrosible que tiene una característica de resistencia a la temperatura similar a la del primer elemento, siendo cada elemento en forma de un prisma rectangular, siendo más grande el grosor del segundo elemento que el del primer elemento.

45 La patente de Estados Unidos 7.077.563 desvela y reivindica un procedimiento para la medición del flujo de calor diferencial, que comprende las etapas de (a) proporcionar una superficie de referencia de transferencia de calor; (b) proporcionar una superficie de ensuciamiento de transferencia de calor; (c) proporcionar una trayectoria de transferencia de calor que pueda transferir el flujo de calor entre la superficie de referencia y la superficie de ensuciamiento; (d) proporcionar un par de sensores de flujo de calor, estando conectado uno de los sensores a la superficie de referencia y estando conectado el otro sensor a la superficie de ensuciamiento; (e) medir los valores de flujo de calor directamente desde cada sensor sin tener para medir la diferencia de temperatura entre los sensores; (f) calcular los datos de flujo de calor diferencial a través de la trayectoria de transferencia de calor a partir de los valores de flujo de calor; (g) utilizar los datos de flujo de calor diferencial para detectar y cuantificar la acumulación de depósitos en la superficie de ensuciamiento, y en el que ambos valores de flujo de calor en la superficie de referencia y en la superficie de ensuciamiento cambian como respuesta a la acumulación de depósitos en la superficie de ensuciamiento.

55 Una desventaja del aparato y procedimiento anterior es la dificultad de establecer una superficie de transferencia de calor limpia en el mismo fluido que la superficie de transferencia de calor para la detección.

Otro de los problemas que hay que superar es que la medición del flujo térmico diferencial está sujeta a la variación del tipo de flujo. Por ejemplo, la resistencia al ensuciamiento en una superficie de detección activa o "en uso" es de 5 frente a 0 para la superficie de referencia limpia. La resistencia a la transferencia de calor por convección de flujo es 5 para ambas superficies. Las resistencias totales de transferencia de calor son 10 para la superficie de detección activa y 5 para la superficie limpia, una proporción de 2 : 1. Si la resistencia a la transferencia de calor por convección cambia de 5 a 1, debido al aumento del caudal, y las resistencias de transferencia de calor totales son 6 para la superficie de detección frente a 1 para la superficie limpia, entonces lo que resulta es una proporción de 6 :1. Con el cambio de la relación de resistencia total entre las dos superficies, el flujo de calor diferencial cambiará, pero no como un resultado del ensuciamiento.

En consecuencia, existe una necesidad de un sistema mejorado para la monitorización y la medición de la acumulación de depósitos en los procesos de fluidos industriales y en buques de transporte de fluidos, que no se vean afectadas negativamente por el caudal. Es deseable tener un sistema rápido, preciso y efectivo en costos que pueda detectar y medir la aparición temprana de una deposición química y / o biológica, mientras que sea relativamente insensible a las variaciones del proceso, tales como cambios en la temperatura de proceso, la velocidad del flujo y la temperatura ambiental .

### Sumario de la invención

De acuerdo con la invención, se proporciona un sistema en conjunto con una fuente de calor, una fuente de agua y una sonda. La sonda está compuesta por una superficie de transferencia de calor, una primera parte de la cual está cubierta solamente por una capa delgada de metal. La porción segunda o restante de la superficie de transferencia de calor está cubierta por un sensor de flujo de calor y una capa delgada de metal. Las capas de metal de la primera y segunda áreas de la sonda están conectadas, y el agua fluye a través de toda la superficie de transferencia de calor. La deposición se forma sobre una porción de la superficie de transferencia de calor como resultado del flujo lento del agua y de la temperatura elevada del agua. Las temperaturas de la fuente de calor, de la fuente de agua, y del flujo de calor se miden. Se mide la tasa de deposición como una tasa del cambio de la resistencia a la transferencia de calor.

Una realización adicional proporciona un sistema que comprende dos sondas, en el que cada sonda está comprendida por una superficie de transferencia de calor, estando cubierta una primera parte de cada sonda solamente por una capa delgada de metal y estando cubierta la segunda porción de la superficie de transferencia de calor de cada sonda por un sensor de flujo de calor y una capa delgada de metal, y además en el que una sonda tiene una fuente de calor de suministro a baja energía, la otra sonda tiene una fuente de calor de suministro a alta energía. En esta realización, la tasa de deposición puede ser calculada como la tasa de cambio de la resistencia de transferencia de calor diferencial.

Las distintas características de la novedad que caracterizan a la invención se señalan con particularidad en las reivindicaciones que se acompañan y que forman una parte de esta revelación. Para una mejor comprensión de la invención, de sus ventajas operativas y de los beneficios obtenidos por sus usos, se hace referencia a los dibujos que se acompañan y a la materia que se describe. Los dibujos que se acompañan están destinados a mostrar ejemplos de las muchas formas de la invención. Los dibujos no pretenden mostrar los límites de todas las formas en las que la invención puede ser realizada y utilizada. Por supuesto se pueden hacer cambios y sustituciones de los diversos componentes de la invención. La invención reside también en subcombinaciones y subsistemas de los elementos descritos, y en procedimientos de uso de los mismos.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en perspectiva de un sistema sensor de deposiciones de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 2 es una demostración de la formación de la deposición en las superficies de transferencia de calor en las que el agua fluye a través de un área de sección transversal grande.

La figura 3 son dos diseños de la sonda de deposición de acuerdo con realizaciones de la invención.

La figura 4 es un gráfico que demuestra la sensibilidad de una sonda de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 5 muestra los resultados de una sonda de deposición de acuerdo con una realización de la invención y un Sistema de Prueba de Acumulación de Deposición disponible comercialmente que se dispone en serie en la misma corriente en el lado de la torre de refrigeración.

### Descripción detallada de la invención

Las formas singulares "un", "una" y "el", "la" incluyen los referentes plurales, a no ser que el contexto indique claramente lo contrario.

5 El modificador "aproximadamente" que se usa en relación con una cantidad incluye el valor establecido y tiene el significado dictado por el contexto (por ejemplo, incluye el grado de error asociado con la medición de la cantidad en particular).

10 "Opcional" u "opcionalmente" significa que puede producirse, o no, el evento o circunstancia que se describe posteriormente, o que el material identificado posteriormente puede estar presente, o no, y que la descripción incluye casos en los que se produce el evento o circunstancia o en los que el material está presente, y casos en los que no se produce el evento o circunstancia o el material no está presente.

15 Se describe un sistema en el que las resistencias de transferencia de calor diferencial se pueden usar para detectar de manera efectiva y eficiente la aparición temprana de acumulación de depósitos de minerales y / o biológicos en procesos industriales de fluidos y en vehículos de transporte de fluidos. Cuando los depósitos comienzan a acumularse en el interior del fluido o de un buque bajo la inspección, se producen cambios en la resistencia a la transferencia de calor. Puesto que la acumulación de depósitos conduce a un cambio en la resistencia a la transferencia de calor de la superficie de transferencia de calor pertinente, es posible detectar el inicio de la acumulación de depósitos por medio de la medición de los cambios diferenciales en las resistencias a la transferencia de calor que se producen entre las superficies de transferencia de calor respectivas.

20 De acuerdo con una realización, se proporciona una sonda en combinación con una fuente de calor, una fuente de agua y una sonda. En esta realización, la sonda está comprendida por una superficie de transferencia de calor, una primera parte de la cual está cubierta solamente por una capa delgada de metal. La porción segunda y restante de la superficie de transferencia de calor está cubierta por un sensor de flujo de calor y por una capa delgada de metal. Las capas de metal de ambas áreas están conectadas, y el agua fluye a través de la superficie de transferencia de calor completa. Como se ve por ejemplo con la sonda 100 en la figura 1, una primera porción de la superficie de transferencia de calor 110 está cubierta sólo por la capa delgada de metal 120, la segunda porción de la superficie de transferencia de calor 110 está cubierta por el sensor de flujo térmico 130 y por una capa delgada de metal 120. La capa delgada de metal 120 está conectada a través de toda la sonda. El agua fluye a través de la sonda, desde un área de sección transversal pequeña 150, en la que entra en contacto con el área de la primera parte de la sonda 100 en la que la superficie de transferencia de calor 110 está cubierta por una capa delgada de metal 120, y continúa hasta un área de sección transversal más grande 160 en la que hace contacto con la superficie de transferencia de calor 110 de la sonda que está cubierta por un sensor de flujo de calor 130 y por una capa delgada de metal 120. La deposición se forma sobre la sección de la sonda 100 cubierta por un sensor de flujo de calor 130 y por una capa delgada de metal 120 debido a la lentitud del flujo y a la elevada temperatura del agua.

35 Con el fin de determinar la formación de la deposición, se miden las temperaturas de una fuente de calor ( $T_h$ ) y de la fuente de agua ( $T_w$ ), y el flujo de calor por medio del sensor de flujo de calor 130 ( $F_2$ ). La tasa de deposición puede ser calculada entonces como la tasa de variación de la resistencia a la transferencia de calor expresada como  $(T_h - T_w) / F_2$ .

40 En una realización adicional, el sistema está compuesto por dos sondas, en el que una sonda tiene una fuente de calor de suministro de baja energía, la otra sonda tiene una fuente de calor de suministro de alta energía. En esta realización, es posible calcular la tasa de deposición como la tasa de cambio de la resistencia a la transferencia de calor diferencial  $(T_{h\_h} - T_{w\_h}) / F_{2\_h} - (T_{h\_1} - T_{w\_1}) / F_{2\_1}$ .

45 La superficie completa de transferencia de calor de una sonda puede estar cubierta por un sensor de flujo de calor y por una capa delgada de metal, de manera que la superficie de la sonda sea consistente en toda la longitud de la superficie de transferencia de calor. El agua fluye desde un área de sección transversal pequeña a un área de sección transversal grande a lo largo de la longitud de la sonda. Se toman mediciones de la temperatura de la fuente de calor ( $T_h$ ) y de la fuente de agua ( $T_w$ ), y del flujo de calor ( $F$ ). La tasa de deposición puede ser calculada entonces como una tasa de cambio de la resistencia a la transferencia de calor expresada como  $(T_h - T_w) / F$ .

50 En una realización adicional, el dispositivo está comprendido por dos sondas, en el que una sonda tiene una fuente de calor de suministro de baja energía, la otra tiene una fuente de calor de suministro de alta energía. En esta realización, la tasa de deposición puede ser calculada como una tasa de cambio de la resistencia a la transferencia de calor diferencial  $(T_{h\_h} - T_{w\_h}) / F_{h\_h} - (T_{h\_1} - T_{w\_1}) / F_{h\_1}$ .

55 La figura 2 es una demostración gráfica de la formación de la deposición sobre las superficies de transferencia de calor de sondas de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se muestra, la deposición se produce cuando el agua fluye a través de un área de sección transversal grande. En lo que se refiere a la figura 3, es una representación de dos diseños de sondas de deposición de acuerdo con una realización de la presente invención. La

sonda 310 muestra que un sensor de flujo de calor 320 cubre una primera parte o la mitad del área de transferencia de calor de acuerdo con la invención. La sonda 320, representada a la derecha de la figura 3, es una representación de un sensor de flujo de calor 340 que cubre toda el área de transferencia de calor.

5 Los sensores de flujo de calor están disponibles en un número de proveedores, por ejemplo en Omega Engineering, Inc. (Stamford, Connecticut). Los sensores generan una señal eléctrica indicativa de los cambios en el flujo de calor medido en las superficies de transferencia de calor. Los sensores pueden estar conectados a una unidad de proceso de señal y pantalla para procesar la señal eléctrica correspondiente generada por los sensores. Además, la fuente de calor que puede ser utilizada para introducir una superficie de transferencia de calor incluye, pero no está limitada a, calor eléctrico, calor de radiación sónica o electromagnética, y fluidos de proceso de transporte de calor.

10 La razón para utilizar la resistencia a la transferencia de calor diferencial es cancelar el efecto de las variaciones del proceso, tales como cambios en la temperatura de proceso, velocidad de flujo y la temperatura ambiental, es decir,  $(T_{h\_h} - T_{w\_h}) / F\_h - (T_{h\_1} - T_{w\_1}) / F\_1 = R_{\text{convectivo}} + r_{\text{depósito\_h}} - (R_{\text{convectivo}} + r_{\text{depósito\_1}}) = r_{\text{depósito\_h}} - r_{\text{depósito\_1}}$ . Como se muestra en la figura 4, la temperatura ambiental fue afectada con sólo tocarla con un dedo. Como se ha demostrado gráficamente en la figura 4, cada vez que un dedo tocaba la superficie de  
 15 transferencia de calor de la sonda, había un aumento de la temperatura de 2,22°C y una disminución de flujo de calor de 4 mV, lo que resultó en un aumento de la resistencia del 12%. El desprendimiento de la toma en la superficie de la sonda se tradujo en una disminución de la resistencia del 12%.

La presente invención mostró que había mejorado el rendimiento con respecto a lo que está disponible actualmente en la técnica anterior. La figura 5 muestra los resultados de una sonda de deposición de acuerdo con una realización de la presente invención frente a un sistema de pruebas de acumulación de deposición disponible comercialmente (DATS). Ambos sistemas se pusieron en combinación en serie en la misma corriente lateral de la torre de refrigeración. Se puede ver claramente que la sonda de ensuciamiento de acuerdo con la presente invención es más sensible y muestra respuestas más altas que el DATS.  
 20

Aunque la presente invención ha sido descrita con referencia a realizaciones preferidas, varios cambios o sustituciones pueden ser hechos en estas realizaciones por los expertos en la técnica pertinente a la presente invención. Por lo tanto, el alcance técnico de la presente invención abarca no sólo las realizaciones que se han descrito más arriba, sino todos los que se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.  
 25

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para medir la tasa de deposición, que comprende una sonda (100) que tiene:

- i) una superficie de transferencia de calor (110) que define una primera porción y una segunda porción;
- 5 ii) un sensor de flujo de calor (130) que cubre la citada segunda porción de la superficie de transferencia de calor;
- iii) una capa delgada de metal (120) que cubre el citado sensor de flujo de calor y la citada primera porción de la citada superficie de transferencia de calor;
- 10 iv) una fuente de calor asociada operativamente con la citada sonda y adaptada para suministrar calor a la citada superficie de transferencia de calor;
- v) una fuente de agua,
- 15 vi) en el que el agua fluye a través de la sonda (100) desde un área de de sección transversal pequeña de la primera porción de la sonda, en la que la superficie de transferencia de calor (110) está cubierta por la citada capa delgada de metal (120), y continúa a un área de sección transversal más grande en la que entra en contacto con la superficie de transferencia de calor de la sonda (100) que está cubierta por el citado sensor de flujo de calor (150) y por la citada capa delgada de metal (120), estando configurada la citada sonda para medir la temperatura de la fuente de calor (Th), la temperatura de la fuente de agua (Tw), y el flujo de calor en el área de sección transversal más grande (F2) y calcular la tasa de deposición como la tasa de cambio de la resistencia a la
- 20 transferencia de calor expresada de acuerdo con la fórmula  $(Th-Tw) / (F2)$ .

2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende dos sondas, en el que una sonda tiene una fuente de calor de suministro de baja energía y la otra tiene una fuente de calor de suministro de alta energía.

3. El sistema de la reivindicación 2, en el que la tasa de deposición se calcula como una tasa de cambio de la resistencia a la transferencia de calor diferencial de acuerdo con la fórmula:

$$(Th\_h - Tw\_h) / F\_h - (Th\_1 - Tw\_1) / F-1$$

25 en la que Th\_h es la temperatura de la fuente de calor de una primera de las dos sondas, Tw\_h es la temperatura de la fuente de agua de la primera de las dos sondas, y F\_h es el flujo de calor de la primera de las dos sondas, Th\_1 es la temperatura de la fuente de calor de una segunda de las dos sondas, Tw\_1 es la temperatura de la fuente de agua de la segunda de las dos sondas, y F\_1 es el flujo de calor de la segunda de las dos sondas.

30

FIG. 1

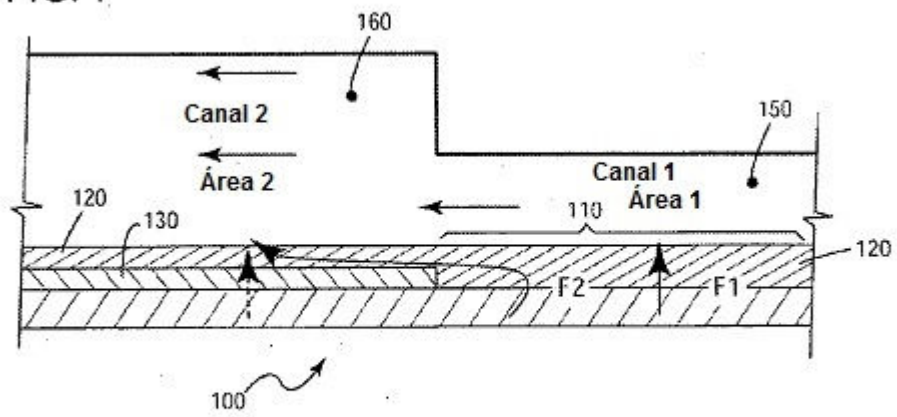


FIG. 2

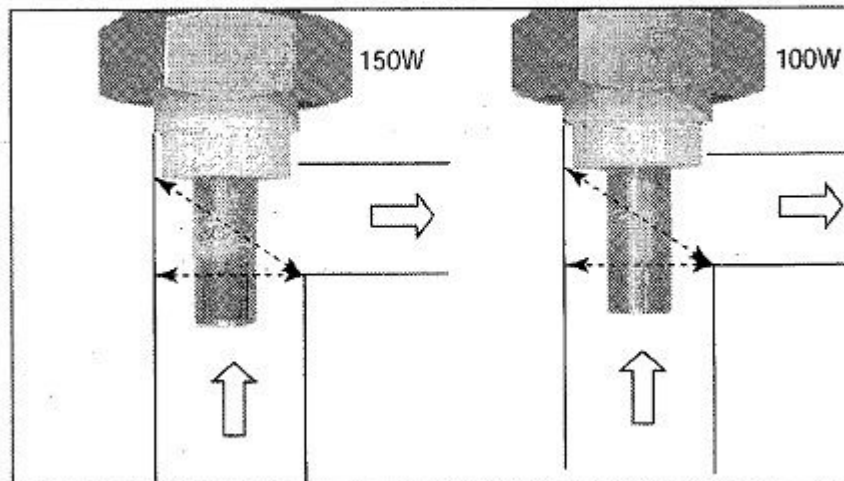


FIG. 3

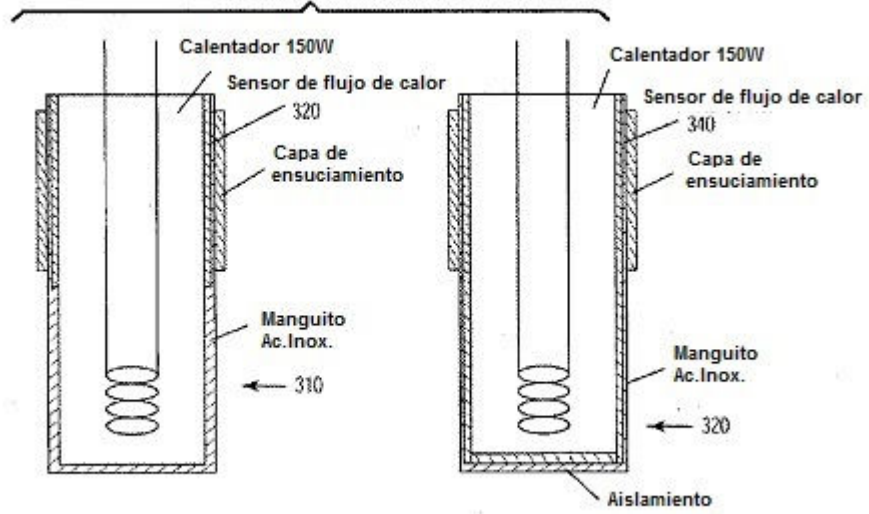


FIG. 4

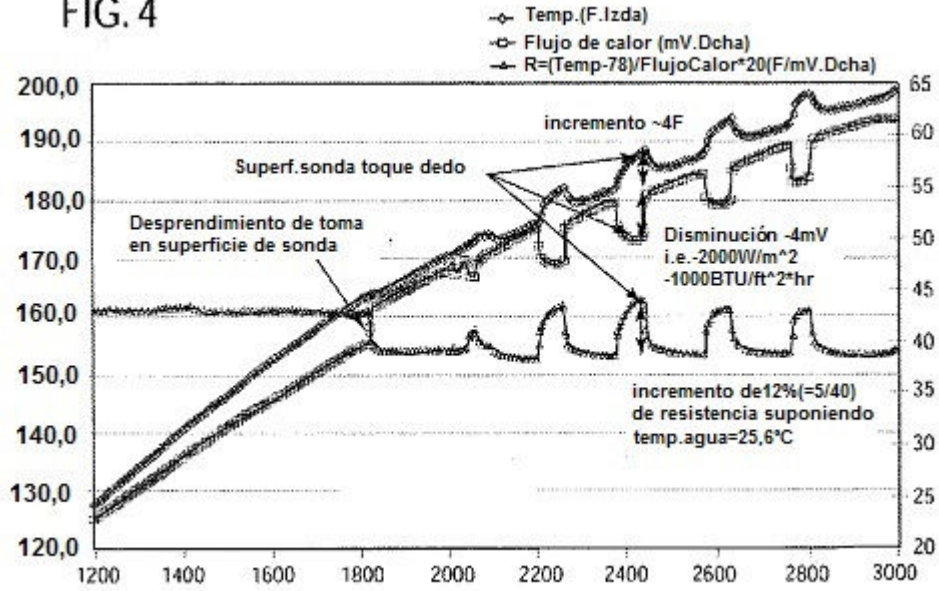




FIG. 5

