

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 370**

51 Int. Cl.:

G01K 7/36

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2010 PCT/US2010/053001**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.04.2011 WO11049846**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2010 E 10825455 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2491360**

54 Título: **Termómetro de corriente parásita**

30 Prioridad:

14.10.2010 US 904632
19.10.2009 US 279229 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.12.2018

73 Titular/es:

TSI TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
8441 E. 32nd Street North Suite 110
Wichita, KS 67226, US

72 Inventor/es:

MALYSHEV, VLADIMIR y
SORKINE, EVGENI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 692 370 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

Termómetro de corriente parásita

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

5 La presente invención está ampliamente relacionada con métodos y aparatos para la determinación de las temperaturas de un objeto utilizando corrientes parásitas inducidas por un campo magnético en un miembro conductor que forma una parte de o en comunicación térmica operativa con el objeto. Más particularmente, la invención está relacionada con métodos de determinación de la temperatura remotos, sin contacto, en donde las constantes de tiempo características de las corrientes parásitas son averiguadas y usadas en el cálculo de la temperatura del miembro conductor.

Descripción de la técnica anterior

15 Hay una fuerte demanda en la industria moderna y en otros campos de dispositivos de detección de la temperatura sin contacto. Esta demanda no la satisfacen los termómetros infrarrojos conocidos ya que éstos requieren una línea no obstruida de visión para su funcionamiento. Los circuitos RFID más avanzados con elementos integrados de detección de la temperatura tienden a ser caros y requieren unas condiciones fiables de transferencia de información (por ejemplo, RF) que limitan su uso.

20 Es bien conocido que los campos magnéticos alternos producen unas fuerzas electromotrices que excitan corrientes parásitas en objetos conductores de la electricidad. Estas corrientes están en la forma de vórtices cerrados, con la distribución de la forma y el espacio de estos vértices estando definida por el patrón del campo magnético alterno en el espacio y el tiempo, y por la conductividad y las propiedades magnéticas de los objetos conductores. Tales vórtices cerrados son considerados como contornos cerrados con un flujo de corriente caracterizado por ciertos valores de inductancia y resistencia.

25 Se han hecho en el pasado intentos de utilizar el fenómeno de la corriente parásita con el fin de medir las temperaturas de los objetos conductores. Sin embargo, estos esfuerzos no han sido totalmente exitosos. La Patente de EEUU Nº 5.573.613 describe un método y un aparato para detectar la temperatura de una línea de enlace metálica (susceptor) en un proceso de soldadura inductiva que emplea un susceptor conductivo en la interfaz entre dos piezas de plástico. Una bobina magnética de trabajo genera un campo magnético alterno a través de las piezas de plástico y alrededor del susceptor. Éste a su vez calienta el susceptor, y su resistencia eléctrica cambia como una función del coeficiente térmico de resistencia del material del susceptor. Tales cambios de resistencia se reflejan de nuevo como un cambio en la impedancia de la bobina magnética. Un circuito eléctrico detecta las resistencias variables, y tales cambios se traducen en temperaturas detectadas. Las temperaturas detectadas pueden entonces ser usadas para ajustar la potencia a la bobina magnética de trabajo, o la velocidad de desplazamiento de la bobina de trabajo a lo largo de la línea de enlace. Esta técnica no requiere una línea de visión para su funcionamiento. No obstante, una desventaja significativa de este método es la dependencia de los cambios de impedancia de la bobina de trabajo, que varía significativamente con la distancia entre la bobina de trabajo y el susceptor. De este modo, la distancia tiene que ser mantenida cuidadosamente para asegurar la exactitud en la medición de la temperatura.

40 La Patente de EEUU Nº 3.936.734 describe la medición a distancia de conductividades y/o temperaturas de componentes metálicos por medio del efecto de corriente parásita inducido dentro del componente de metal por un campo magnético alterno. Este campo magnético es producido por una bobina de excitación impulsada con una corriente alterna dispuesta de modo que su eje sea perpendicular a la superficie del componente de metal. También, un par de bobinas de medición de igual radio están dispuestas coaxial y simétricamente con respecto a la bobina de excitación en cada extremo de la última. Las dos bobinas de medición están conectadas eléctricamente en serie, y el ángulo de fase entre la corriente en las bobinas de medición y la corriente en la bobina de excitación es tomado como una indicación de la variable medida. Con el fin de reducir el efecto de los cambios de distancia las bobinas de medición son colocadas a una distancia de la superficie del componente metálico tal que el ángulo de fase entre la señal de la bobina de excitación y la señal de la medición sea maximizada. No obstante, este método es conveniente en uso práctico debido a la necesidad de ajustar mecánicamente las distancias desde el componente metálico a las bobinas del sensor para cada medición.

50 Véanse también el documento JP2000193531A; Ueda y otros, Desarrollo de una metodología para la medición en servicio de respuestas transitorias del instrumento del proceso usado en LMFBR, Corporación Internacional y Centro de Desarrollo de Tecnología; Takahira y otros, Variación de la impedancia de una bobina de solenoide frente un conductor de hoja móvil, Ingeniería Eléctrica en Japón, Vol. 103, Número 3, pp 1-7 (1983); y Keller, Una nueva técnica para la medición de la temperatura sin contacto de rodillos rotatorios, Ing. Hierro Acero, Vol. 57, Nº 5, pp 42-44 (Mayo 1980).

55 En un método de medición de la temperatura de una pieza de metal revelada en GB 1 425 013 A, una corriente que fluye a través de una bobina transmisora genera un campo magnético. Interrumpiendo la corriente se provoca un colapso del campo magnético, lo que induce unas corrientes parásitas en el metal, que disminuyen con el tiempo

como una suma de exponenciales. La tasa de disminución es una función de la resistividad del metal, el cual a su vez es una función de su temperatura. No obstante, como el voltaje recibido medido durante la disminución por una bobina es una suma de varias repuestas exponenciales, la exactitud de la temperatura medida es limitada. En particular, el resultado depende de la separación de la pieza metálica.

- 5 El documento US 6.864.108 B1 revela un método para medir la temperatura de obleas semiconductoras, en las que una bobina proporciona un campo magnético variable y por consiguiente unas corrientes parásitas en la oblea. La temperatura de la oblea puede ser determinada monitorizando la inductancia de la bobina.

Compendio de la invención

- 10 La presente invención se refiere a un método de determinación de la temperatura de un objeto definido en la reivindicación 1 y a un aparato para la determinación de la temperatura de un objeto definido en la reivindicación 7. De la invención resultan unas realizaciones ventajosas de las reivindicaciones dependientes.

- 15 La presente invención supera las deficiencias de las técnicas de medición de la temperatura de corriente parásita y proporciona un método y un aparato para la medición de la temperatura a distancia, sin contacto de un miembro conductor (por ejemplo, un electrolito metálico, semiconductor, o líquido) que forma una parte de, o en comunicación térmica operativa, con un objeto de interés. Los métodos y aparatos de esto son sustancialmente independientes de la distancia y/o la orientación angular relativa entre el miembro conductor y un conjunto de bobinas de detección.

- 20 Hablando en general, la invención proporciona un método y un aparato para determinar la temperatura de un objeto que comprende los pasos de inducir una corriente parásita en tal miembro conductor, en donde la corriente parásita es inducida sometiendo al miembro conductor a un campo magnético que tiene una magnitud que varía sustancialmente linealmente a través del tiempo (es decir, no más de aproximadamente $\pm 30\%$ de verdadera linealidad), de modo que la magnitud de la correspondiente corriente parásita varía exponencialmente a lo largo del tiempo. A continuación, se determina una constante de tiempo característica de los cambios de la magnitud de la corriente exponencial, y se calcula la temperatura del objeto usando esta constante de tiempo característica.

- 25 En formas preferidas una bobina que transmite un campo magnético usando una corriente alterna con forma de onda triangular se emplea para inducir la corriente parásita en el miembro conductor, y se dispone un conjunto de bobinas receptoras para detectar el correspondiente campo magnético inducido por la corriente parásita. El voltaje de salida del conjunto de bobinas receptoras es a continuación usado para determinar la constante de tiempo característica. El conjunto de bobinas receptoras comprende ventajosamente un par de bobinas receptoras en series eléctricas, pero de fases opuestas, con las bobinas receptoras colocadas en lados opuestos de la bobina transmisora del campo. Con el fin de facilitar la medición de la temperatura las bobinas receptoras son compensadas de modo que, en la ausencia del miembro conductor, la salida del voltaje del conjunto de bobinas receptoras es cero.

- 35 Los métodos y aparatos de la invención pueden ser usados en una variedad de contextos en los que se desea una detección de la temperatura a distancia y sin contacto. Por ejemplo, la invención puede ser empleada para determinar la temperatura de un material alimenticio durante su calentamiento. En tales usos se dispone un recipiente de calentamiento que presenta una pared del fondo y que es operativo para mantener el material alimenticio. Un miembro conductor metálico, tal como un cono de aluminio, es posicionado sobre la pared del fondo y tiene una porción de él que sobresale hacia arriba en el material alimenticio. Una unidad de detección de la temperatura es posicionada en la proximidad del recipiente de calentamiento, e incluye un primer conjunto operable para inducir una corriente parásita en el miembro conductor, con la magnitud de la corriente parásita cambiando exponencialmente a través del tiempo. La unidad también incluye un segundo conjunto operable para determinar una constante de tiempo característica de los cambios de magnitud de la corriente parásita, y para calcular la temperatura del miembro conductor, y de aquí el material alimenticio usando la constante de tiempo característica.

Breve descripción de los dibujos

- 45 La Figura 1 es una vista esquemática que ilustra el aparato detector de temperatura a distancia y el método de la invención;

la Figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema general preferido para las mediciones a distancia de la temperatura de acuerdo con la invención;

- 50 la Figura 3 es un gráfico que ilustra un único período de voltaje de salida de un conjunto de bobinas de recepción de acuerdo con la invención;

la Figura 4 es un gráfico que ilustra la operación de detección a distancia de la temperatura del aparato de la invención en comparación con la detección simultánea de la temperatura usando un termopar convencional;

- 55 la Figura 5 es una vista esquemática de un material alimenticio dentro de una cazuela de calentamiento convencional, y esta última equipada con un miembro conductor que permite la detección a distancia, sin contacto de la temperatura del material alimenticio durante su calentamiento;

la Figura 6 es una vista en perspectiva de un miembro conductor cónico útil para las determinaciones de la temperatura de los alimentos; y

la Figura 7 es una vista en perspectiva de un miembro conductor de hombros redondeados también útil para determinaciones de la temperatura de los alimentos.

5 Descripción de las realizaciones preferidas

Volviendo ahora a los dibujos, la Figura 2 ilustra esquemáticamente un sistema 10 de detección de la temperatura sin contacto y a distancia de acuerdo con la invención. El sistema 10 incluye un generador 12 de forma de onda acoplado operativamente con una bobina 14 transmisora del campo y preferiblemente diseñada para proporcionar una corriente de forma de onda de corriente triangular a la bobina 14. El generador 12 y la bobina 14 sirven para
10 crear un campo magnético alterno que penetra un miembro 16 eléctricamente conductor. El sistema general 10 incluye un conjunto 18 de bobinas receptoras del campo acoplado con un circuito 20 procesador de señales que puede ser conectado con un interfaz 22 para además procesar y visualizar la salida del circuito 20. Se apreciará que los componentes 12, 14, 18, 20, y 22 del sistema pueden ser diseñados en una unidad 24 independiente como una parte integral de un instrumento o aparato, o como componentes individuales.

15 El funcionamiento básico del sistema 10 puede ser comprendido por una consideración de la Figura 1. Como se muestra en ella, la bobina 14 transmisora del campo, impulsada por el generador 12, produce un campo magnético que varía linealmente en el tiempo que penetra el miembro conductor 16 (en este caso ilustrado como un plato plano). Unas líneas de campo ejemplares 26 están mostradas para ilustrar este efecto. El campo magnético crea una fuerza electromotriz estable que induce unas corrientes parásitas 28 (en forma de anillos o contornos cerrados).
20 No obstante, la estabilización de la corriente parásita no ocurre instantáneamente debido a la inductancia finita L y la resistencia R experimentada por las corrientes parásitas 28. Más bien, la magnitud I de la corriente parásita se estabiliza de acuerdo con una ley exponencial bien conocida:

$$I(t) = I_0 \exp(-tR/L) \quad (\text{Ecuación 1})$$

en donde t es una variable de tiempo, e I₀ es el valor de la corriente estable.

25 Las corrientes parásitas 28 generan también un correspondiente campo magnético que es detectado por el conjunto 18 de bobinas receptoras del campo junto con el campo generado por la bobina 14. En este caso el conjunto 18 incluye un par de bobinas receptoras 30, 32 que están posicionadas en los lados opuestos y alineadas coaxialmente con la bobina 14 transmisora del campo. Las bobinas 30, 32 están conectadas en serie eléctrica, pero en fases opuestas. Las posiciones de las bobinas 30, 32 relativas a la bobina 14 transmisora del campo son preferiblemente
30 escogidas de modo que cuando el miembro conductor 16 no está presente los voltajes inducidos en las bobinas 30, 32 por el campo magnético generado por la bobina 14 están totalmente compensadas, con una señal del voltaje de salida resultante de cero.

No obstante, cuando el miembro 16 está presente las bobinas receptoras 30, 32 están respectivamente a unas distancias diferentes del miembro 16; por lo tanto, el voltaje inducido en la bobina receptora 30 (por una combinación
35 de los campos magnéticos generados por la bobina 14 del campo y las corrientes parásitas 28) es significativamente mayor que el de la bobina 32. Las señales de salida resultantes del voltaje de las bobinas 30 y 32 son proporcionales a la tasa de cambio del campo magnético inducido por la corriente parásita. Esto es una función exponencial definida por una constante de tiempo característica $\tau = L/R$ de la Ecuación 1.

40 La inductancia L de la corriente parásita está definida por las dimensiones de las corrientes 28, que a su vez están determinadas por la configuración del campo magnético creado por la bobina 14 transmisora del campo. La resistencia R de la corriente parásita está definida por esas mismas dimensiones de la corriente 28 y la conductividad eléctrica σ del miembro conductor 16. Dado que las dimensiones de la corriente 28 son estables, la constante de tiempo $\tau = L/R$ es por lo tanto proporcional a la conductividad σ del material que compone el miembro 16. La conductividad σ es una función monótona bien definida de la temperatura T del miembro 16:

$$45 \quad \tau = A\sigma(T) = F(T) \quad (\text{Ecuación 2})$$

en donde A es una constante, y la dependencia de la conductividad de la temperatura $\sigma(T)$ es bien conocida para esencialmente todos los metales y aleaciones existentes. El valor particular de A para un miembro dado 16 puede ser determinado fácilmente, por ejemplo midiendo la constante de tiempo τ a una temperatura conocida y usando el correspondiente valor conocido para esa temperatura.

50 Así es posible determinar la temperatura T del miembro 16 usando la constante τ de tiempo de la corriente parásita medida:

$$T = F^{-1}(\tau) \quad (\text{Ecuación 3})$$

en donde F⁻¹ es la función inversa de F.

En el caso en que la relación entre la conductividad σ y la temperatura T no es conocida para un miembro conductor dado 16, la función $F^{-1}(\tau)$ puede ser determinada empíricamente midiendo la constante de tiempo τ a varias temperaturas, y después ajustando en una curva los datos de la constante de tiempo obtenidos con un polinomio u otra función matemática apropiada.

- 5 Hay que entender que el miembro 16 puede ser una zona o área de un objeto sometido a una medición de temperatura, o puede ser un miembro o cuerpo separado en comunicación térmica operativa con el objeto. En cualquier caso, la temperatura del objeto puede ser medida exactamente.

10 En principio, una simple medición de τ en la que el campo magnético de la bobina 14 transmisora del campo asciende linealmente desde cero hasta un cierto máximo es suficiente para determinar un valor característico de la constante de tiempo. Sin embargo, puede ser ventajoso usar un campo magnético alterno de forma de onda triangular desde la bobina 14 transmisora del campo de modo que una pluralidad de mediciones de τ puede ser promediada con el fin de mejorar la exactitud de τ . En tal caso, es deseable que un semiperíodo del campo magnético alterno sea sustancialmente más largo que la constante de tiempo τ de la corriente parásita.

15 Con referencia ahora a la Figura 3, está ilustrado un único ejemplo de período de la salida de voltaje desde el conjunto 18 de bobinas receptoras del campo. El sistema general 10 fue operado a una frecuencia de 500 Hz, con una bobina 30 receptora situada a una distancia de 25 mm del miembro 16 (formado por una aleación 2012 de aluminio y con un espesor de 4 mm). La constante de tiempo τ fue medida y fue 134 microsegundos.

20 En otra prueba una cazuela de la salsa convencional fue calentada y la temperatura de la cazuela fue determinada por el sistema 10 y por un termopar convencional. La cazuela de la salsa estaba formada por acero inoxidable y tenía una capacidad de 1,5 litros. También estaba equipada con un disco de difusión de calor de fondo de aluminio emparedado entre unas capas de acero inoxidable. La bobina receptora 30 fue situada a 25 mm de distancia del fondo de la cazuela de salsa. Un termopar de tipo K fue también asegurado al fondo de la cazuela de la salsa por una cinta adhesiva y posteriormente presionado por una pieza de cartulina gruesa. La cazuela de la salsa fue calentada desde su interior por un soplador de aire caliente durante aproximadamente 40 segundos. La Figura 4
25 representa unos gráficos de la temperatura en función del tiempo para el sistema 10 de la corriente parásita (EC) de la invención y las temperaturas del termopar. Se puede ver que mientras que las medidas de EC coherentemente dan unos valores de la temperatura exactos e instantáneos, el TC mostraba un notable retraso en el rápido intervalo de calentamiento. Sin embargo, en los intervalos de cambios lentos de temperatura ambos métodos mostraron unas exactitudes similares. Se debería también tener en cuenta que, a pesar de que el disco de difusión de calor de aluminio está revestido entre capas opuestas de acero inoxidable, la constante de tiempo τ estaba de hecho definida por la conductividad σ del aluminio. Esto es debido a la mucho menor conductividad del acero inoxidable (aproximadamente 20 veces menor que la del aluminio) y al pequeño espesor del revestimiento de acero inoxidable. En esencia, la contribución de las señales recibidas del acero inoxidable fue despreciable.

35 Los métodos y aparatos de determinación de la temperatura de la invención no dependen de una orientación de la línea de visión entre el sistema 10 y el miembro conductor 16. Como tal, la invención es muy útil en numerosos campos de aplicación, por ejemplo, reparaciones en la industria aeroespacial, control de procesos de soldadura de plásticos, utensilios de cocina inteligentes, y cualquier otra aplicación en la que sea ventajosa la determinación de la temperatura por la línea de visión a distancia y sin contacto. Como se ha advertido, el objeto de interés en el que se mide la temperatura no necesita él mismo ser conductor, sino que en cambio un miembro conductor separado puede
40 ser usado como un sensor a distancia cuando está colocado en comunicación térmica con el objeto no conductor. Tales miembros conductores separados pueden estar formados como piezas de lámina conductora, pequeños discos conductores, u otros.

Otra característica importante de la presente invención reside en el hecho de que el valor de la constante de tiempo τ (y por tanto la temperatura T del objeto correspondiente) es esencialmente independiente de la distancia y/o la orientación angular entre el objeto 16 y el conjunto 18 de bobinas receptoras del campo.
45

Por ejemplo, un disco de aluminio de 3 mm de espesor que tiene un diámetro de 25 mm ha sido probado y encontrado que muestra una buena exactitud de la temperatura. La bobina 14 transmisora del campo en este caso estaba hecha de una bobina cilíndrica con un diámetro exterior de 50 mm, 50 mm de altura, una resistencia de 21 ohmios y una inductancia de 40 mH. El conjunto de bobinas receptoras del campo comprendía unas bobinas 30 receptoras separadas 30, 32 teniendo cada una un diámetro de 72 mm, una altura de 8 mm, y con 250 vueltas de un alambre de cobre de 0,2 mm en cada bobina. Las bobinas fueron montadas como está representado en la Figura 1. La bobina transmisora del campo fue impulsada por una forma de onda de corriente triangular de 500 Hz de frecuencia y una amplitud de 0,5 A. Antes de la prueba las dos bobinas receptoras del campo fueron ajustadas mecánicamente de modo que la señal de salida de ellas en la ausencia de un objeto conductor era igual a cero.
50

55 El disco de aluminio fue a continuación colocado a diferentes distancias de la bobina 30 receptora del campo. El valor de la constante de tiempo medido a 24 mm de distancia fue $150,0 \pm 0,1$ microsegundos. A continuación, la distancia fue disminuida hasta 20 mm y el valor medido fue nuevamente $150,0 \pm 0,1$ microsegundos. A continuación, la distancia fue aumentada hasta 28mm, y nuevamente se determinó el mismo valor exacto de la constante de tiempo. La conductividad del metal de aluminio que forma el disco varía en 0,4% por °C a temperatura ambiente. Por

5 lo tanto, la exactitud de la temperatura de esta prueba fue estimada en $\pm 0,17^{\circ}\text{C}$. Por consiguiente, el ángulo entre el plano del disco de aluminio y la bobina receptora 30 fue alterado de cero a $\pm 15^{\circ}$. No se observaron cambios en el valor de la constante de tiempo medido. Se concluyó así que el sistema de medidas de la temperatura no mostraba virtualmente una dependencia de la distancia u orientación angular del disco, y por lo tanto las temperaturas del disco medidas eran igualmente independientes de estos factores.

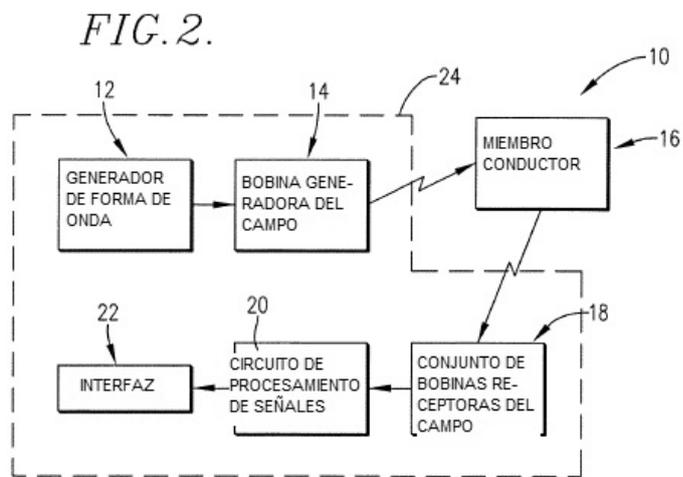
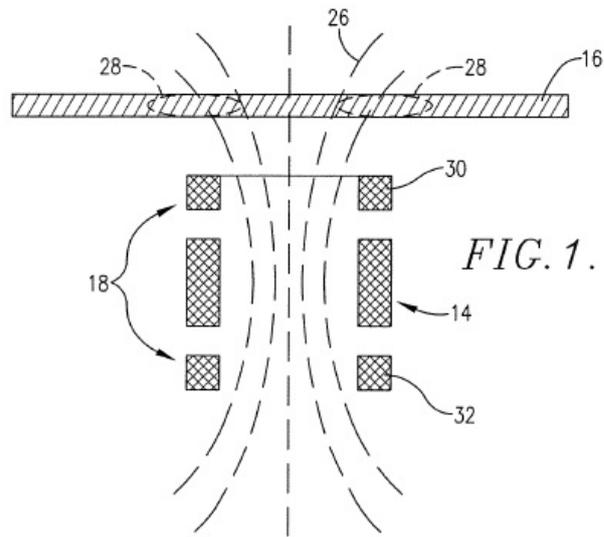
10 La invención es particularmente útil en el contexto de medidas de la temperatura a distancia, sin contacto de alimentos durante su calentamiento. Por ejemplo, como está ilustrado en la Figura 5, una cazuela 34 de acero inoxidable tiene un volumen de material alimenticio 36 en ella. Un miembro cónico 38 está también dentro de la cazuela 34, descansando sobre la pared 40 del fondo de ella. Con tal conjunto, la temperatura del material alimenticio 36 puede ser rápidamente monitorizada por medio del uso de un sistema 10 de acuerdo con la invención. Aunque un miembro cónico 38 es preferido debido al hecho de que tiene una superficie 42 de la pared lateral que sobresale bien en el volumen del material alimenticio 36, también se pueden emplear otras formas. Por ejemplo, la Figura 7 ilustra un miembro 44 que es sustancialmente circular y tiene un hombro 46 continuo redondeado.

15 Alternativamente, la cazuela 34 puede estar equipada con un miembro conductor sobre la otra superficie exterior de la pared 40 del fondo. En esta realización la temperatura del alimento no sería medida directamente, sino que proporcionaría una información útil sobre la temperatura del alimento. El miembro conductor puede tener la forma de un pequeño disco incrustado en o unido a la pared 40 del fondo.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar la temperatura de un objeto, que incluye los pasos de:
 - inducir una corriente parásita (28) en un miembro conductor (16) que forma una parte de o en comunicación térmica operativa con dicho objeto,
- 5
 - dicha corriente parásita (28) es inducida sometiendo dicho miembro conductor (16) a un campo magnético,
 - detectar los cambios de magnitud de la corriente parásita y usar dichos cambios de magnitud detectados para determinar la temperatura de dicho objeto,
- caracterizado por que**
- 10
 - el campo magnético tiene una magnitud que varía sustancialmente de forma lineal a través del tiempo, de modo que la magnitud de la correspondiente corriente parásita cambia exponencialmente a través del tiempo,
 - dichos cambios correspondientes de magnitud de la corriente parásita son detectados durante dicho paso de sujeción, y tales cambios de magnitud detectados son usados para determinar una constante de tiempo característica de ella, y
- 15
 - la temperatura de dicho objeto es calculada usando dicha constante característica del tiempo.
2. El método de la reivindicación 1 que incluye el paso de usar una bobina (14) transmisora del campo para someter dicho miembro (16) a dicho campo magnético.
3. El método de la reivindicación 2 que incluye el paso de impulsar dicha bobina transmisora (14) con una corriente alterna de forma de onda triangular.
- 20 4. El método de la reivindicación 1 que incluye los pasos de usar un conjunto (18) de bobinas receptoras para detectar dicho correspondiente campo magnético inducido por la corriente parásita y usar el voltaje de salida del conjunto (18) de bobinas receptoras para determinar dicha constante del tiempo característica.
5. El método de la reivindicación 4, comprendiendo dicho conjunto (18) de bobinas receptoras un par de bobinas receptoras (30, 32) en series eléctricas, pero en fases opuestas.
- 25 6. El método de la reivindicación 1, siendo dicha constante de tiempo característica el promedio de una pluralidad de valores de la constante de tiempo determinados a través del tiempo.
7. Aparato (10) para determinar la temperatura de un objeto que tiene un miembro conductor (16) que forma una parte de él o en comunicación térmica operativa con el objeto, incluyendo dicho aparato:
 - 30 - un primer conjunto (12, 14) operable para inducir una corriente parásita en dicho miembro, cambiando exponencialmente a través del tiempo la magnitud de dicha corriente parásita, comprendiendo dicho primer conjunto (12, 14) una bobina (14) transmisora del campo magnético operable para generar un campo magnético alterno que alterna a una tasa sustancialmente lineal, y
 - un segundo conjunto (18, 20, 22) operable para determinar una constante de tiempo característica de dichos cambios de magnitud de la corriente parásita, y para calcular la temperatura de dicho objeto usando dicha constante de tiempo característica.
- 35 8. El aparato de la reivindicación 7, que incluye un generador (12) de corriente acoplado operativamente con dicha bobina (14) transmisora del campo magnético que impulsa la bobina 14 transmisora usando una corriente de forma de onda triangular.
9. El aparato de la reivindicación 7, comprendiendo dicho segundo conjunto (18, 20, 22) un conjunto (18) de bobinas receptoras operable para detectar dicho correspondiente campo magnético inducido por dicha corriente parásita.
- 40 10. El aparato de la reivindicación 9, comprendiendo dicho conjunto (18) de bobinas un par de bobinas receptoras (30, 32) en serie eléctrica, pero de fases opuestas.
11. El aparato de la reivindicación 10, estando dicho par de bobinas receptoras (30, 32) colocadas respectivamente en lados opuestos de dicha bobina transmisora (14).
- 45 12. El aparato de la reivindicación 7, siendo dicho miembro (16) separable de dicho objeto.

13. El aparato de la reivindicación 7, el cual es un aparato para determinar la temperatura de un material alimenticio (36) durante su calentamiento y que además comprende un recipiente de calentamiento (34) operable para mantener dicho material alimenticio (36) y que presenta una pared (40) del fondo;
- 5
- en donde dicho miembro conductor (16) es un miembro (38) conductor metálico posicionado sobre dicha pared (40) del fondo; y
 - en donde dicho miembro conductor metálico (38) constituye dicho objeto, de modo que dicho segundo conjunto (18, 20, 22) es operable para calcular la temperatura de dicho miembro conductor metálico (38), y por lo tanto la temperatura de dicho material alimenticio (36).
- 10
14. El aparato de la reivindicación 13, en el que dicho miembro conductor metálico (38) está posicionado dentro de dicho recipiente de calentamiento (34) y que descansa sobre dicha pared (40) del fondo, teniendo dicho miembro conductor metálico (38) una porción que sobresale en dicho material alimenticio (36), en donde dicho miembro conductor (38) es preferiblemente separable de dicha pared (40) del fondo.



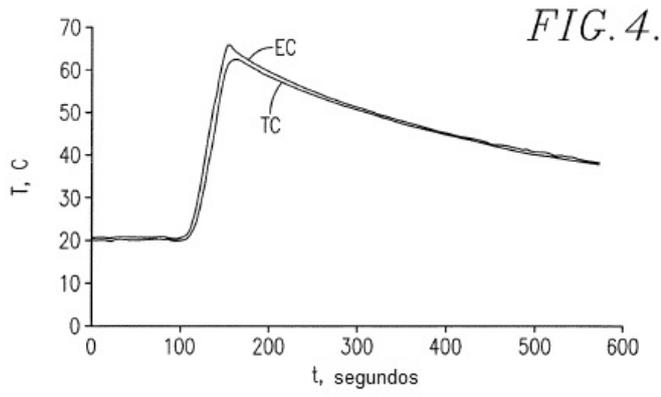
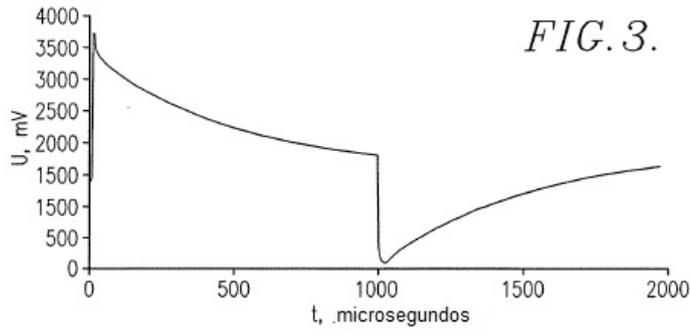


FIG. 5.

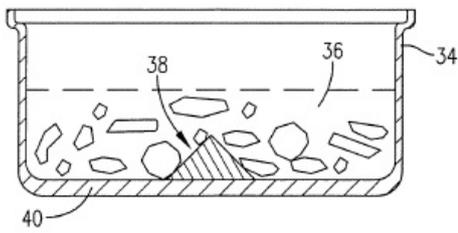


FIG. 6.

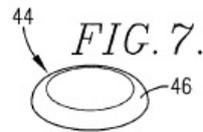


FIG. 7.