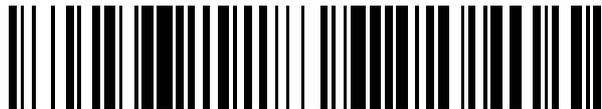


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 409 735**

51 Int. Cl.:

F24C 7/08 (2006.01)

A47J 27/62 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2007 E 07109162 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2013 EP 1998116**

54 Título: **Procedimiento para controlar automáticamente el calentamiento/cocción de un alimento en un horno de cocción y un horno de cocción adaptado para llevar a cabo dicho proceso.**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.06.2013

73 Titular/es:

**WHIRLPOOL CORPORATION (100.0%)
2000 M-63
BENTON HARBOR, MICHIGAN 49022, US**

72 Inventor/es:

**ARIONE, ETTORE;
BOER, ALESSANDRO;
CROSTA, PAOLO;
DEL BELLO, FRANCESCO;
PARACHINI, DAVIDE y
SANTACATTERINA, GIANPIERO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 409 735 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

Procedimiento para controlar automáticamente el calentamiento/cocción de un alimento en un horno de cocción y un horno de cocción adaptado para llevar a cabo dicho proceso.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para controlar automáticamente el calentamiento/cocción de un alimento en un horno de cocción que tiene una puerta, calentadores y un sistema de adquisición de temperatura de horno.

10 En un horno tradicional, el usuario elige la función del horno que va a usar junto con la temperatura establecida y (opcionalmente) con el tiempo de cocción. Estos parámetros (temperatura, tiempo de cocción y función seleccionada del horno) son usualmente desconocidos por el usuario y, por tanto, la cocción del alimento se realiza sobre una base no óptima, frecuentemente por el uso de reglas empíricas o sobre la base de la experiencia del usuario. Además un posible error en la introducción de la temperatura del horno o del tiempo de cocción puede causar un daño irreparable al alimento.

15 El documento EP-A-1712844 describe un método para controlar la temperatura del horno que toma en consideración un valor de corrección que refleja los parámetros significativos del horno individual. El documento US2002/175162 describe un método para controlar una cocina en la que se compensan las variaciones de los calentadores.

Una finalidad de la presente invención es proporcionar un método para optimizar la preparación/cocción de alimentos en un horno provisto de calentadores adaptado para calentar su cavidad.

20 Otra finalidad de la presente invención es proporcionar una función de cocción automática capaz de compensar la influencia sobre las prestaciones de cocción de diferentes factores de ruido. Algunos factores de ruido que pueden afectar los resultados de cocción son, por ejemplo: la fluctuación de tensión de un horno eléctrico (que afecta directamente a la potencia transformada en calor y también a la velocidad de rotación del ventilador del horno), las tolerancias/deriva del elemento de calentamiento, la tolerancia/deriva del controlador de temperatura de bucle cerrado (si está presente), el uso de recipientes diferentes dentro del horno y otros descritos posteriormente.

25 Cada uno de los factores de ruido anteriores influye en los resultados de las prestaciones de cocción cuando se intenta crear una función de cocción automática en la que el horno mismo decide automáticamente el tiempo de cocción requerido.

30 Para compensar la influencia de los factores aquí descritos el método según la invención permite una estimación automática de la "cantidad de calor" (en palabras técnicas la potencia) absorbida por el horno. El objetivo es controlar esta cantidad y suministrar alimento por alimento, o categoría de alimento por categoría de alimento, la cantidad adecuada de potencia de calentamiento.

Dado que el método según la invención es capaz de estimar la potencia para el alimento, también será capaz de proporcionar la energía final correcta que obtenga el resultado de cocción deseado.

Los objetos anteriores se alcanzan gracias a las características enumeradas en las reivindicaciones anexas.

35 Características y ventajas adicionales de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, con referencia a los dibujos anexos, en los que:

La figura 1 es un diagrama que muestra los resultados de potencia transmitida al alimento frente al tiempo cambiando la temperatura de inicio de la cavidad, en un horno doméstico en el que se implementa el procedimiento de control según la invención;

40 La figura 2 es un diagrama similar al de la figura 1 en el que la influencia de la temperatura ambiente se compensa según el método de la presente invención; y

La figura 3 es un diagrama de bloques del sistema de control de horno/temperatura según la presente invención.

La presente invención se basa en un modelo cuya versión simplificada se muestra en la siguiente ecuación diferencial (1) en el dominio de Laplace, que es un ejemplo de la relación entre la potencia absorbida por el horno (P_{ent}) y la potencia absorbida por la carga (alimento) del horno:

45
$$P_{carga}(t) = P_{ent} \frac{K_0}{1 + s\tau} + k_2 \cdot T'_{0_{horno}} - k_3 \cdot T_{ext} \quad (1)$$

- $P_{carga}(t)$ → Potencia para el alimento
- 5 - P_{ent} → Potencia absorbida por todo el sistema horno + alimento. Un medidor de potencia instalado en el horno la mide.
- T'_{0horno} → Temperatura inicial de horno medida por la sonda de horno (y filtrada si es necesario por el algoritmo). Si significado preciso se clarificará en la siguiente descripción.
- T_{ext} → Temperatura ambiente. En los hornos tradicionales conocidos no se mide.
- 10 - K_0, k_2, k_3 → valores constantes experimentales
- s → operador Laplace
- τ → es una función de la carga y de los coeficientes de intercambio de calor entre calentadores hacia la carga y entre el horno y el ambiente.

15 La salida del modelo anterior (1) es la potencia hacia el alimento; el algoritmo usa esta información para evaluar el tiempo de cocción, que es la salida del algoritmo. Así, el núcleo del algoritmo según la presente invención es el modelo (1).

20 Con el modelo anterior y el procedimiento de control relacionado, un horno según la invención puede compensar diferentes factores de ruido. Particularmente, es capaz de compensar el efecto sobre el resultado de cocción de una temperatura medida inicial diferente de horno (T'_{0horno}). El solicitante ha realizado dos ensayos con el fin de mostrar cómo se ha alcanzado esta compensación. En la siguiente tabla 1 se informa de las entradas de ensayo: se han usado valores T'_{0horno} diferentes, pero se han alimentado al modelo (1) los mismos valores (P_{ent}, T_{ext}). Los resultados de ensayo se muestran como $P_{carga}(t)$ vs. tiempo en la figura 1, en donde τ tiene un valor 14 segundos.

$T'_{0horno}[^\circ]$	$T_{exterior}[^\circ]$	$P_{ent}(t)[W]$
180	20	Paso: [0 →1000] W @ 1 s
20	20	Paso: [0 →1000] W @ 1 s

Tabla 1 – Condiciones usadas para realizar los ensayos del modelo (1) reportados en la figura 1

25 La compensación de temperatura Inicial del horno permite que el algoritmo logre altas prestaciones de cocción, con independencia de que el usuario seleccione o no una fase de precalentamiento.

De manera análoga, se obtienen buenos resultados incluso si se realizan dos horneados consecutivos, con independencia de que entre ellas se realice o no el enfriado del horno.

30 Otro factor de ruido que puede compensarse según la presente invención es el efecto de diferentes recipientes/herramientas usados en el resultado de cocción (recogida de aceite, tartera, plato circular, forma o color). Diferentes recipientes/herramientas implican una diferente absorción de valor y, por tanto, funciones $P_{ent}(t)$ diferentes. El algoritmo según la presente invención, también gracias al sistema de control de realimentación de bucle cerrado, es capaz de detectar y adaptarse a esta clase de variaciones porque mide la $P_{ent}(t)$. La explicación de cómo una absorción de potencia de alimento/ recipiente diferente influye sobre la $P_{ent}(t)$ se encuentra en la parte de

35 la descripción que se refiere al mecanismo de compensación de realimentación, Según el modelo (1), una P_{ent} diferente provoca una $P_{carga}(t)$ diferente. Incluso si todas las demás condiciones de trabajo no cambian, el uso de recipientes diferentes incita a una absorción de potencia diferente por el alimento y, por tanto, una P_{ent} diferente. La medida de ésta última permite la detección de estos cambios, actualizando así el tiempo de cocción a las condiciones cambiadas.

40 Otra compensación realizada por el algoritmo según la presente invención es la compensación del efecto de apertura de puerta.

Una compensación adicional está relacionada con las diferentes tolerancias estructurales de los calentadores. Tolerancias estructurales de los accionadores diferentes implican $P_{ent}(t)$ diferentes. La tolerancia de la resistividad

del elemento de calentamiento es típicamente muy alta, principalmente por motivos de coste. El algoritmo según la presente invención, junto con el sistema de control de temperatura, es capaz de adaptarse a los efectos sobre las prestaciones de cocción. De esta manera, no es necesario usar componentes más precisos (y caros). Típicamente, el bucle de control de temperatura del horno es suficiente para compensar el efecto de la tolerancia de los calentadores cuando la temperatura está en un estado estable, pero no durante la fase de precalentamiento o fase transiente. En este segundo caso, el algoritmo según la invención, al estimar la potencia sobre el alimento, puede compensar el efecto de la tolerancia del calentador. En el modelo matemático (1) puede verse el efecto de tolerancias sobre P_{ent} gracias a la ley de Ohm que vincula potencia (P_{ent}) con un valor de tensión de suministro ($P_{ent} = V^2/(R+r)$), en donde R es el valor de resistividad nominal del calentador y r es su tolerancia). Según el modelo (1), P_{ent} diferentes provoca una $P_{carga}(t)$ diferente.

Una compensación adicional está relacionada con la deriva y caída de prestaciones de los calentadores. Los calentadores adolecen de deriva y caída de prestaciones. El algoritmo según la invención es capaz de compensar el efecto de deriva/caída por los mismos motivos expuestos en el párrafo anterior.

Una compensación adicional está relacionada con los efectos de tolerancias estructurales del sistema de adquisición de temperatura de horno (sonda de horno + electrónica) y del caída y deriva de prestaciones de tal sistema. Dado que el control de temperatura del horno ha de gestionar una gama amplia, las prestaciones del sistema de adquisición de temperatura de horno son bastante pobres (+/- 5°C@250°C) con el fin de mantener bajo el coste total del aparato. Esta falta de precisión provoca una gran variación de prestaciones de horno a horno. Diferentes temperaturas de bucle cerrado dentro de la cavidad provocan $P_{ent}(t)$ diferentes y también $P_{carga}(t)$ diferentes. En lo que se refiere a la compensación de la deriva y caída de prestaciones del sistema de adquisición de temperatura de horno (sonda de horno + electrónica), no resulta extraño que la cocción de alimento provoque el ensuciamiento de la sonda de temperatura provocando la deriva de las prestaciones. El algoritmo según la presente invención permite también la compensación de esta clase de deriva y caída.

Una compensación adicional evita los efectos de la variación de la temperatura ambiente. Alimentando el modelo (1) con la misma $P_{ent}(t)$, el solicitante realizó ensayos resumidos en la tabla 2. La figura 2 muestra las dos $P_{carga}(t)$ diferentes cuando cambia la temperatura (T_{ext}). Esta compensación es similar a la compensación de la temperatura de inicio de la cavidad (figura 1); también para cambios de temperatura el solicitante realizó ensayos como el modelo (1). Con el mismo perfil de P_{ent} y de temperatura de inicio de la cavidad de horno T_{0horno} , se realizaron dos ensayos para dos valores diferentes de T_{ext} (tabla 2). Los resultados se representan en la figura 2.

La temperatura externa T_{ext} puede medirse por medio de un sensor colocado fuera de la cavidad o puede estimarse mediante el sensor de temperatura en la cavidad del horno.

$T_{0horno}[^{\circ}]$	$T_{ext}[^{\circ}]$	$P_{ent}(t)$ [W]
180	30	Paso: [0 →1000] W @ 1 s
180	20	Paso: [0 →1000] W @ 1 s

Tabla 2 – Condiciones usadas para ejecutar las simulaciones del modelo (1) reportadas en la figura 2.

Una compensación adicional se refiere al retardo de inserción de alimento en el caso de una receta de precalentamiento. Típicamente, cuando se requiere una fase de precalentamiento, el horno avisa al usuario cuando finaliza el precalentamiento mismo. El usuario podría no reaccionar inmediatamente a esta información. Por este motivo, el estado termodinámico dentro de la cavidad será diferente dependiendo del retardo entre la notificación del horno y la reacción del usuario. Diferentes estados termodinámicos provocarán $P_{ent}(t)$ diferentes según se explica en el siguiente párrafo “mecanismo de compensación de realimentación”.

La figura 3 muestra el diagrama de bloques de un sistema de control de realimentación (o bucle cerrado) de temperatura. Está compuesto por los siguientes elementos:

- el subsistema de horno/alimento/ambiente;
- el modelo de calentadores; el calor transferido al horno depende del ciclo de trabajo impuesto por el sistema de control a los actuadores, pero también de la deriva y caída de prestaciones y de tolerancias estructurales del calentador;
- el sistema de control. Éste excita a los actuadores, estableciendo el ciclo de trabajo de los actuadores mismos con el fin de minimizar la diferencia entre el objetivo de temperatura de horno (Objetivo T horno) y la temperatura de horno medida (T_{horno});

- subsistema de adquisición de temperatura de horno (sonda de horno + electrónica). Un sensor de temperatura proporciona la temperatura de la cavidad (T' horno). La temperatura leída es generalmente diferente de la temperatura real debido a diversas contribuciones (tolerancia de fabricación, deriva, caída de sensor).

5 El control de bucle cerrado usa la medida de parámetros de salida del sistema que se ha de controlar con el fin de establecer el cambio de uno de los parámetros de entrada. La figura 3 informa esquemáticamente de un control de temperatura típico usado en hornos.

A continuación, se clarificará cómo funciona el sistema de la figura 3 cuando existen “ruidos” (caída/deriva/tolerancias) en la sonda del horno y en los calentadores de horno.

- 10
- Compensación de perturbaciones que actúan sobre el subsistema de adquisición de temperatura de horno.

El sistema de control reacciona frente a cualquier perturbación que actúa sobre el subsistema de adquisición de temperatura del horno (caída/tolerancias de temperatura de horno, deriva/tolerancias electrónicas) que modifican el ciclo de trabajo con el fin de mantener la temperatura medida de horno (T' horno) igual a la temperatura objetivo de horno (Objetivo de horno T). Resulta claro que, al modificar el ciclo de trabajo de los actuadores, también se modifica $P_{ent}(t)$. La potencia estimada transferida a la $P_{carga}(t)$ de alimento cambia según el modelo (1). En la nueva situación, el horno absorbe realmente una P_{ent} diferente y, en consecuencia, también se transfiere al alimento una cantidad diferente de potencia $P_{carga}(t)$. Pero el modelo (1), al estar basado en una lectura de P_{ent} , puede tomar en consideración las condiciones cambiadas.

- 15
- Compensación de color/material diferentes de recipientes/herramientas de horno.
- 20 El bucle de control de temperatura actúa para mantener la temperatura dentro de la cavidad igual o cerca de la temperatura objetivo: si cambia la carga del horno, el bucle de control modificará el ciclo de trabajo con el fin de mantener la misma temperatura. Un ciclo de trabajo diferente significa una P_{ent} diferente.

- Compensación de retardo de inserción de alimento.

25 Si la temperatura dentro de la cavidad es diferente cuando se inserta el alimento, también será diferente el ciclo de trabajo sobre el que actúa el sistema de control y así también la P_{ent} .

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar automáticamente el calentamiento/cocción de un alimento en un horno de cocción que tiene una puerta, calentadores y un sistema de adquisición de temperatura de horno, caracterizado por que comprende los siguientes pasos:

- 5 – medir la potencia eléctrica total (P_{ent}) absorbida por el horno,
- medir la temperatura de horno, y
- evaluar la potencia real (P_{carga}) transferida al alimento compensando automáticamente factores de perturbación.

10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende además medir la temperatura ambiente (T_{ext}).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que dichos factores de perturbación son debidos al menos a uno de los siguientes ítems:

- temperatura inicial de horno,
- uso de recipientes diferentes para los alimentos,
- 15 – calor perdido cuando se abre la puerta,
- tolerancias estructurales de calentador diferentes,
- deriva y/o caída de prestaciones de calentador,
- tolerancias estructurales del sistema de adquisición de temperatura de horno,
- deriva y/o caída del sistema de adquisición de temperatura,
- 20 – variación de temperatura ambiente,
- retardo en la inserción de alimento en el caso de una receta de precalentamiento.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que está basado en el siguiente modelo físico:

$$P_{carga}(t) = P_{ent} \frac{K_0}{1 + s\tau} + k_2 \cdot T'0_{horno} - k_3 \cdot T_{ext}$$

25 en donde:

- $P_{carga}(t)$ es la potencia entregada al alimento;
- P_{ent} es la potencia absorbida por todo el sistema de horno + alimento y se mide por un medidor de potencia instalado en el horno;
- $T'0_{horno}$ es la temperatura inicial de horno;
- 30 – T_{ext} es la temperatura ambiente;
- K_0, k_2, k_3 son valores constantes experimentales
- s es el operador Laplace
- τ es una función de la carga y de los coeficientes de intercambio de calor.

35 5. Horno de cocción que comprende calentadores, un sistema de adquisición de temperatura de horno y una unidad de control para controlar automáticamente el calentamiento/cocción de un alimento, caracterizado por que comprende medios para detectar la potencia eléctrica total (P_{ent}) absorbida por el horno, estando adaptada la unidad de control, sobre la base de tal potencia eléctrica total (P_{ent}) y de una medición de temperatura inicial del horno, para evaluar la potencia real (P_{carga}) transferida al alimento compensando automáticamente factores de perturbación.

6. Horno de cocción según la reivindicación 5, caracterizado por que dichos factores de perturbación son debidos al

menos a uno de los siguientes ítems:

- temperatura inicial de horno,
- uso de recipientes diferentes para los alimentos,
- calor perdido cuando se abre la puerta,
- 5 – tolerancias estructurales de calentador diferentes,
- deriva y/o caída de prestaciones de calentador,
- tolerancias estructurales del sistema de adquisición de temperatura de horno,
- deriva y/o caída del sistema de adquisición de temperatura,
- variación de temperatura ambiente,
- 10 – retardo en la inserción de alimento en el caso de una receta de precalentamiento.

7. Horno de cocción según la reivindicación 5 o 6, caracterizado por que la unidad de control funciona sobre la base del siguiente modelo físico:

$$P_{carga}(t) = P_{ent} \frac{K_0}{1 + s\tau} + k_2 \cdot T'0_{horno} - k_3 \cdot T_{ext}$$

en donde:

- 15 – $P_{carga}(t)$ es la potencia entregada al alimento;
- P_{ent} es la potencia absorbida por todo el sistema de horno + alimento y se mide por un medidor de potencia instalado en el horno;
- $T'0_{horno}$ es la temperatura inicial de horno;
- T_{ext} es la temperatura ambiente;
- 20 – K_0, k_2, k_3 son valores constantes experimentales
- s es el operador Laplace
- τ es una función de la carga y de los coeficientes de intercambio de calor.

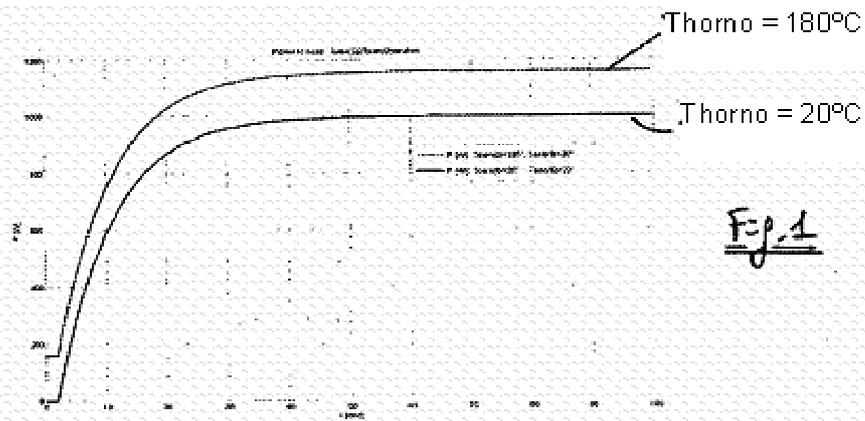


Fig. 1

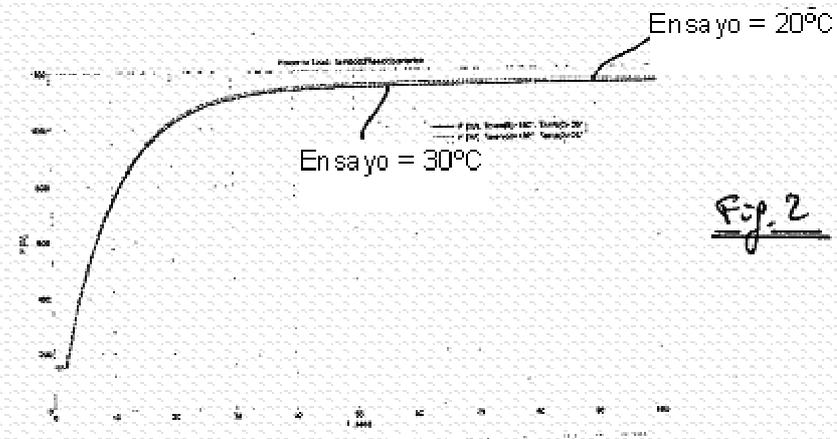


Fig. 2

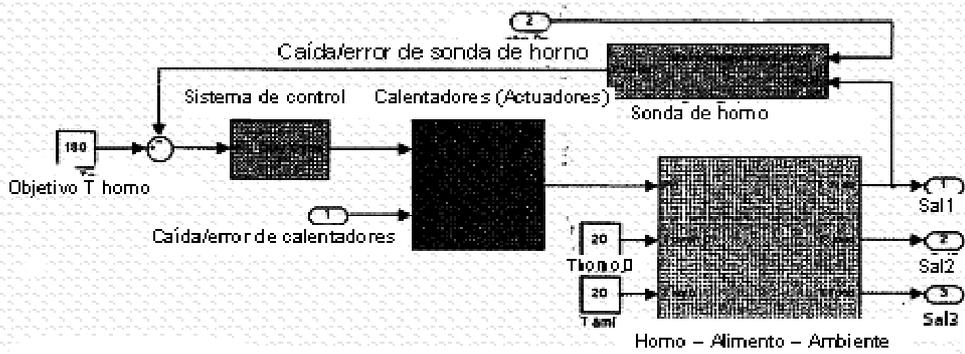


Fig. 3