

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 415 560**

21 Número de solicitud: 201290077

51 Int. Cl.:

F27D 19/00

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

23.04.2010

43 Fecha de publicación de la solicitud:

25.07.2013

71 Solicitantes:

**GERDAU INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
EUROPA, S.A. (100.0%)**

Barrio Ugarte s/n

48970 ELEXALDE-BASAURI (Vizcaya/Bizkaia) ES

72 Inventor/es:

**GONZALEZ GARCIA, José Ramón y
ROLDAN SALCES, Fernando**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE HORNOS DE CALENTAMIENTO**

57 Resumen:

Procedimiento de control de hornos de calentamiento, que permite controlar la temperatura de la carga, donde se considera un volumen cerrado (5) en el que se calienta una carga mediante un flujo de energía de entrada (6, 7, 8) y se produce un flujo de energía de salida (9, 10, 11), comprendiendo determinar un tiempo de permanencia para que todo punto de la carga alcance una temperatura objetivo, considerándose que antes el ciclo térmico se encuentra en un régimen transitorio donde la energía de entrada (6, 7, 8) es igual a la energía de salida (9, 10, 11) más una variación de energía almacenada en el volumen cerrado (5) que comprende energía para calentar dicho volumen cerrado (5), mientras que a partir del tiempo de permanencia el ciclo térmico se encuentra en un régimen estacionario donde la energía de entrada (6, 7, 8) es igual a la energía de salida (9, 10, 11), comprendiendo el procedimiento controlar el consumo de combustible necesario para generar la energía de combustión (6), considerándose que se ha alcanzado el régimen estacionario cuando dicho consumo se mantiene constante.

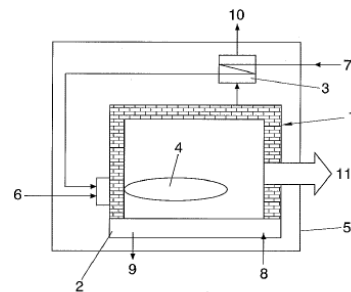


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de control de hornos de calentamiento

5 CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un procedimiento de control de hornos de calentamiento, que tiene especial aplicación en la industria metalúrgica, y más concretamente en el ámbito de los hornos de calentamiento de lingotes o piezas metálicas de grandes dimensiones, si bien la invención puede ser aplicada en cualquier tipo de horno de calentamiento destinado a cualquier otra industria, como por ejemplo la industria de la cerámica.

El procedimiento de la invención permite controlar la temperatura en cualquier punto del elemento a calentar, en adelante carga, durante la ejecución de cualquier ciclo térmico de calentamiento en un horno.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En los hornos de calentamiento existentes en la actualidad para la realización de tratamientos térmicos en lingotes o cualquier otro tipo de pieza, se plantea la necesidad de que toda la masa, incluyendo el núcleo, del lingote o pieza alcance una determinada temperatura, dado que en el caso de que el lingote o la pieza no alcanzara dicha temperatura en su interior, se podrían producir graves problemas en procesos o tratamientos térmicos posteriores.

En la actualidad, en este tipo de hornos, existe la limitación consistente en que no es posible medir la temperatura en el interior de una pieza de una forma no destructiva.

Existe un retraso entre la temperatura de la cámara del horno T_h y la de la pieza T_p .

La temperatura de la cámara del horno T_h se mide mediante termopares de zona. El control de la temperatura se regula mediante programadores que permiten ajustar con bastante precisión la temperatura de la cámara del horno con respecto a la temperatura programada en el ciclo de calentamiento.

La temperatura de la superficie de la pieza se puede controlar mediante termopares de

contacto.

Una vez alcanzada la temperatura objetivo bien en la cámara del horno bien en la superficie de la pieza mediante una serie de cálculos más o menos precisos se calcula el tiempo que
5 tarda el resto de la pieza en alcanzar la temperatura objetivo.

Estos datos se suelen encontrar tabulados en tablas para determinados tipos de aceros y dimensiones de pieza.

10 Las técnicas más modernas incorporan herramientas de simulación por elementos finitos.

Ambos métodos tanto las tablas como los modelos de simulación son más o menos precisos en tanto en cuanto se ajusten a las condiciones para las que fueron calculadas. En el momento en que algunos de los parámetros para los que fueron calculados varíen, tales
15 como la composición del acero, las dimensiones de la pieza o la coexistencia de piezas de diferentes dimensiones dentro del horno o incluso la composición de la atmosfera del horno y por ende las propiedades de transmisión de calor, los resultados de los cálculos también pueden variar de forma significativa.

20 Asimismo, otro factor de incertidumbre es que no los modelos de simulación y los datos teóricos de las tablas para obtener los resultados por extrapolación no tienen en consideración la situación real del horno y de la carga en el momento de la medida. En este sentido, el cálculo del tiempo de permanencia en el interior del horno de las piezas, es un valor sustancialmente constante que se utiliza independientemente de las condiciones del
25 horno en cada momento. Por ejemplo, un horno nuevo es más eficaz energéticamente que un horno viejo, por lo que sus condiciones de operación difieren sustancialmente, lo cual no es considerado por los modelos de simulación.

En la práctica, para evitar problemas de calentamiento insuficiente del núcleo, lo que se
30 viene haciendo es mantener un tiempo excesivo la pieza dentro del horno, con el objeto de asegurar su calentamiento, sin embargo, esta práctica supone un gasto energético extra, además de que incrementa el tiempo de producción de manera innecesaria.

Por otra parte, los ciclos de tratamientos térmicos, contemplan un tiempo de empapamiento o permanencia a una temperatura determinada para asegurar que toda la sección de la
35 pieza alcanza una misma temperatura. Además, en muchos casos, metalúrgicamente se

requieren tiempos de mantenimiento en determinado rangos de temperatura que favorezcan fenómenos como la difusión, globulización, cambios de fase, etc. Todas estas acciones no pueden ser llevadas a cabo con precisión en los hornos actuales, tal y como se ha expuesto anteriormente.

5

En otros casos, la incertidumbre sobre el momento adecuado para dar por concluido un ciclo térmico da lugar a tiempos de proceso excesivos que generan efectos colaterales perniciosos para la pieza objeto de tratamiento, algunos fácilmente identificables, como por ejemplo incrementos de los consumos o incrementos de las pérdidas por oxidación, y otros efectos que son menos inmediatos pero igualmente perniciosos, como por ejemplo descarbonización superficial, crecimiento excesivo de grano, etc.

10

Actualmente no se tienen en cuenta todos estos aspectos, así como situaciones o circunstancias puntuales que afectan también el rendimiento energético del proceso, como puede ser que se haya quedado una puerta del horno abierta, un cierre incorrecto de la válvula de salida de humos, etc.

15

En definitiva, en los tratamientos térmicos llevados a cabo en hornos de calentamiento, el tiempo y la temperatura son los factores principales que intervienen en el tratamiento, siendo necesario fijar dichos factores de antemano de acuerdo con la composición del acero, la forma y el tamaño de las piezas a tratar, la distribución de la carga en el horno y las características que se desean obtener, lo que pone de manifiesto la importancia de controlar dichos factores de manera precisa durante el funcionamiento de los hornos de calentamiento.

20

25

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un procedimiento de control de hornos de calentamiento, que permite controlar la temperatura en cualquier punto del elemento a calentar, en adelante carga, durante la ejecución de cualquier ciclo térmico de calentamiento o enfriamiento controlado, en un horno. Asimismo, el procedimiento permite y control completo de todas las variables que intervienen en las transformaciones TTT, tiempo-temperatura-transformación, en tratamientos térmicos de materiales.

30

35

Preferentemente el procedimiento de la invención se aplica a hornos fijos para ciclos de calentamiento y tratamiento térmico de piezas y productos de acero, si bien la invención es

aplicable para cualquier material y dimensiones de la carga, así como a cualquier tipo de horno, ya sea de gas, eléctrico o de inducción.

5 En la presente descripción, se entiende por carga el material objeto de calentamiento, que puede ser una pieza de gran tamaño y geometría de sección muy diversa, varias piezas o barras de diferente tamaño y disposición, etc.

10 En el procedimiento de control de hornos de calentamiento que la invención propone, se considera al propio horno de calentamiento como un volumen cerrado en cuyo interior se puede realizar un ciclo térmico de calentamiento de una carga, aunque tal y como se ha comentado con anterioridad, dicho ciclo térmico también puede ser de enfriamiento.

15 Dicho ciclo térmico se lleva a cabo mediante un flujo de energía de entrada a través del volumen cerrado, donde dicha energía de entrada comprende energía de combustión, energía entrante de aire y energía entrante de carga. Asimismo a través del volumen cerrado se produce un flujo de energía de salida que comprende energía saliente de carga, energía saliente de gases y pérdidas de energía.

20 Pues bien, de acuerdo con la invención, el procedimiento comprende determinar, con precisión y considerando el estado y las condiciones reales y no teóricas del horno, un tiempo de permanencia de la carga dentro del horno para que todo punto de dicha carga, tanto su superficie como su punto más frío generalmente próximo al núcleo de la pieza, haya alcanzado una determinada temperatura objetivo.

25 Para ello, se considera que antes de dicho tiempo de permanencia el ciclo térmico se encuentra en un régimen transitorio en el que, de acuerdo un balance de energía, el valor de energía de entrada es igual al valor de energía de salida, por un lado, más un valor de variación de energía almacenada en el interior del volumen cerrado, donde dicha variación de energía almacenada comprende energía necesaria para calentar toda la masa que se
30 encuentre en dicho volumen cerrado. Asimismo, a partir del tiempo de permanencia el ciclo térmico se encuentra en un régimen estacionario en el que el valor de energía de entrada es igual al valor de energía de salida.

35 De este modo, el procedimiento comprende detectar de manera continua durante el ciclo térmico el consumo de combustible necesario para generar la energía de combustión, considerándose que se ha alcanzado el régimen estacionario cuando dicho consumo de

combustible se mantiene constante.

De este modo se determina el tiempo de permanencia mediante la detección de un consumo de combustible constante, lo que quiere decir que la pieza ya no absorbe calor para su calentamiento y que todo el consumo de combustible es simplemente para mantener la temperatura en el interior del volumen cerrado, teniendo en cuenta las pérdidas el sistema.

Entre las ventajas del procedimiento de la invención, cabe mencionar que mediante este control se tienen en cuenta las particularidades o peculiaridades de cada horno en cada momento con lo que se garantiza que todas las piezas que forman la carga tienen la temperatura necesaria tanto en su superficie como en su núcleo.

A medida que la carga va absorbiendo calor e incrementando su temperatura, el consumo de combustible va descendiendo desde un valor máximo, característico de cada ciclo e instalación, hasta un valor mínimo de forma asintótica. Cuando el consumo se ha estabilizado y se mantiene en un valor constante, el régimen transitorio ha pasado a estacionario y se puede asegurar que toda sección, es decir cualquier punto de la carga tiene la temperatura objetivo.

El sistema posibilita no solo el control de la temperatura y la optimización del ciclo en tiempo real, para cada instalación, sino que asegura un empleo más eficiente de energía y una homogeneidad de la temperatura en toda la sección de las piezas y por ende mejora de la calidad del producto tratado térmicamente.

La invención se fundamenta en la consideración del horno de recalentamiento como un volumen cerrado, estableciéndose un balance de energía entre la energía entrante, formada por la energía de combustión, la energía entrante de carga y la energía entrante de aire, y la energía saliente, formada por la energía saliente de carga, la energía saliente de gases de combustión y pérdidas energéticas.

De una forma simplificada se establece el siguiente balance de flujo de energía del proceso, en base a la unidad de tiempo:

Energía de combustión + Energía entrante de aire + Energía entrante de carga =
Energía saliente de carga + Energía saliente de gases + Pérdidas de energía ± Variación de Energía.

El procedimiento se basa en analizar la evolución en el tiempo de las energías puestas en juego durante un ciclo térmico cualquiera de calentamiento o enfriamiento, donde se pueden diferenciar dos regímenes diferentes: uno transitorio y otro estacionario.

5 Inicialmente, durante el régimen transitorio, el horno está frío por lo que la energía de combustión se utiliza principalmente para elevar la temperatura de la carga pero también para elevar la temperatura de las masas de los elementos físicos que comprende el horno, como paredes y solera, así como la temperatura de la atmósfera del horno, a costa de un consumo de combustible. Dicho incremento se corresponde en el balance energético
10 anterior con el término denominado Variación de Energía, que es el único término variable en la ecuación.

Cuando se alcanza régimen estacionario, se llega a una situación de equilibrio en la que dicha variación de energía es nula, de forma que la carga ha alcanzado la temperatura
15 objetivo y puede considerarse que las paredes y el resto de los elementos que comprende el horno están igualmente a la temperatura de equilibrio. A partir de dicho momento, la energía de entrada que se aporta mediante la energía de combustión, proporcionada por la combustión de un combustible que puede ser gas, se utiliza únicamente para contrarrestar las pérdidas de energía, que engloban tanto las pérdidas de los gases como de las pérdidas
20 de energía que se producen por las paredes, solera, agua refrigeración, chimenea, etc.

De este modo analizando la evolución de la energía instantánea del sistema a lo largo del ciclo, se puede conocer cuando se ha alcanzado el régimen estacionario y la carga ha alcanzado la temperatura de equilibrio o temperatura objetivo en toda su masa.

25 Se contempla la posibilidad de que el procedimiento comprenda controlar de manera instantánea durante el ciclo térmico el consumo de combustible necesario para generar la energía de combustión y tratar informáticamente dicha información sobre consumo de combustible para controlar en tiempo real la temperatura de la carga.

30 De este modo se puede identificar cuando las piezas que se encuentran dentro del horno han alcanzado el régimen estacionario y se ha alcanzado la temperatura objetivo. Así, ya no es necesario fijar tiempos de permanencia a temperatura puesto que se determina el tiempo exacto para el cual se alcanza dicha temperatura objetivo. El procedimiento permite
35 así un control "on-line" de la temperatura, para el 100% de la producción, de una forma más precisa que el que se consigue en la actualidad con termopares y sin necesidad de efectuar

de manera discrecional ensayos destructivos. Asimismo, la invención permite, por tanto, optimizar en tiempo real el balance energético de cada ciclo en cada horno.

5 Asimismo, se contempla la posibilidad de que el procedimiento comprenda determinar en tiempo real el estado de mantenimiento de un determinado horno mediante comparación durante su funcionamiento, por ejemplo a lo largo de diferentes procesos de calentamiento, de la información detectada de consumo de combustible con información teórica de consumo de combustible para un funcionamiento óptimo de dicho horno para una determinada carga y un determinado ciclo térmico. De este modo, mediante dicha
10 comparación se infiere inmediatamente si las pérdidas de energía se alejan de la situación ideal del horno, por lo que el procedimiento de la invención se constituye en una herramienta ideal para la diagnosis del estado del horno.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

15

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo
20 siguiente:

La figura 1.- Muestra un esquema simplificado del balance de energía en un proceso de calentamiento por gas.

25 La figura 2.- Muestra una representación gráfica de una evolución del consumo total (Tot OUT) en función de la temperatura de la pieza durante un tratamiento térmico de homogeneización llevado a cabo mediante el procedimiento de la invención, habiéndose representado en el eje de abcisas tiempo en minutos y en el eje de ordenadas temperatura en grados centígrados.

30

La figura 3.- Muestra una representación gráfica de una evolución del consumo total (Tot OUT) en función de la temperatura de la pieza durante un tratamiento térmico de normalización llevado a cabo mediante el procedimiento de la invención, habiéndose representado en el eje de abcisas tiempo en minutos y en el eje de ordenadas temperatura
35 en grados centígrados.

La figura 4.- Muestra una representación gráfica de una evolución del consumo total (Tot
OUT) en función de la temperatura de la pieza durante un tratamiento térmico que
comprende los tratamientos térmico representados en las figuras 2 y 3, llevado a cabo
mediante el procedimiento de la invención, habiéndose representado en el eje de abscisas
5 tiempo en minutos y en el eje de ordenadas temperatura en grados centígrados.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A la vista de las figuras reseñadas puede observarse como en una de las posibles
10 realizaciones de la invención el procedimiento de control de hornos de calentamiento que la
invención propone implica la consideración de un balance de energía en un proceso de
calentamiento por gas, tal y como se ha representado en la figura 1.

En el procedimiento de control de hornos de calentamiento de la invención se considera al
15 propio horno (1) de calentamiento como un volumen cerrado (5) en cuyo interior se puede
realizar un ciclo térmico de calentamiento de una carga.

El ciclo térmico se lleva a cabo mediante un flujo de energía de entrada (6, 7, 8) a través del
volumen cerrado (5), donde dicha energía de entrada (6, 7, 8) comprende energía de
20 combustión (6), energía entrante de aire (7) y energía entrante de carga (8). Asimismo a
través del volumen cerrado (5) se produce un flujo de energía de salida (9, 10, 11) que
comprende energía saliente de carga (9), energía saliente de gases (10) y pérdidas de
energía (11).

25 El procedimiento comprende determinar un tiempo de permanencia de la carga dentro del
horno (1) para que todo punto de dicha carga, tanto su superficie como su núcleo, haya
alcanzado una determinada temperatura objetivo.

Para ello, se considera que antes de dicho tiempo de permanencia el ciclo térmico se
30 encuentra en un régimen transitorio en el que, de acuerdo un balance de energía, el valor de
energía de entrada (6, 7, 8) es igual al valor de energía de salida (9, 10, 11), por un lado,
más un valor de variación de energía almacenada en el interior del volumen cerrado (5),
donde dicha variación de energía almacenada comprende energía necesaria para calentar
toda la masa incluida en el volumen cerrado (5), por otro lado. Asimismo, a partir del tiempo
35 de permanencia el ciclo térmico se encuentra en un régimen estacionario en el que el valor
de energía de entrada (6, 7, 8) es igual al valor de energía de salida (9, 10, 11).

El procedimiento comprende detectar de manera continua durante el ciclo térmico el consumo de combustible, de acuerdo con una realización preferente gas, necesario para generar la energía de combustión (6), considerándose que se ha alcanzado el régimen estacionario cuando dicho consumo de combustible se mantiene constante, lo que quiere decir que la carga (4) ya no absorbe calor para su calentamiento y que todo el consumo de combustible se utiliza únicamente para mantener constante la temperatura en el interior del volumen cerrado (5).

La detección y el control del consumo de gas puede realizarse mediante contadores de caudal de gas, lo que permite evaluar la señal instantánea de consumo de gas. Si se representa su evolución a lo largo del tiempo durante el ciclo de calentamiento es posible conocer cuando toda la sección del material ha alcanzado la temperatura objetivo.

De una forma simplificada se establece el siguiente balance de flujo de energía del proceso a través del volumen cerrado (5) que constituye una idealización del horno (1), en base a la unidad de tiempo:

Energía de combustión (6) + Energía entrante de aire (7) + Energía entrante de carga (8) = Energía saliente de carga (9) + Energía saliente de gases (10) + Pérdidas de energía (11) ± Variación de Energía

De este modo analizando la evolución de la energía variable del sistema a lo largo del ciclo, se puede conocer cuando se ha alcanzado el régimen estacionario y la carga ha alcanzado la temperatura de equilibrio o temperatura objetivo en toda su masa, lo que se produce cuando dicha Variación de Energía es nula, por lo que el consumo de gas se mantiene constante.

La detección del consumo de combustible, puede realizarse mediante cualquier contador de caudal, dada la gran variedad de instalaciones existentes en la actualidad, sería muy prolijo y extenso especificar los tipos de contadores de caudal de gas empleados actualmente en hornos, así como los tipos de regulación o las diferentes formas de tratamiento de la señal de consumo detectada por dichos contadores. Industrialmente existe una gran variedad de medidores de caudal de gas, tanto desde el punto de vista de tamaños y rangos de operación como de principios de funcionamiento; los más utilizados son los medidores volumétricos y másicos. Para los medidores de caudal volumétricos, los principales sistemas son presión diferencial, área variable, velocidad, tensión inducida, desplazamiento positivo y

vórtice. Para los másticos se deben destacar el sistema térmico y el sistema basado en la fuerza de Coriolis. Los dispositivos de medida deberán tener un campo válido de medida suficientemente amplio para garantizar la medición exacta de todos los caudales comprendidos.

5

Otro tanto aplica a los medios de regulación y control. El sistema de combustión lo forman quemadores, con dispositivos de encendido y control de llama automáticos. La regulación de los quemadores se efectúa habitualmente en grupos de regulación de acuerdo a las diferentes zonas del horno. El control de los parámetros del proceso se regula mediante diferentes elementos: controladores de temperatura con microprocesador de alta precisión PID.

10

Finalmente cabe mencionar que existen igualmente diferentes formas de tratamiento de la señal, es decir, filtrado de la señal, cálculo de la pendiente o de la derivada de la señal y definición de criterios de control, por ejemplo cuando la pendiente es menor del 1-2% o cuando el valor del consumo baje de un determinado porcentaje.

15

De acuerdo con una realización preferente el procedimiento comprende controlar de manera instantánea durante el ciclo térmico el consumo de combustible necesario para generar la energía de combustión (6) y tratar informáticamente dicha información sobre consumo de combustible para controlar en tiempo real la temperatura de la carga.

20

Asimismo, el procedimiento comprende determinar en tiempo real el estado de mantenimiento de un determinado horno (1) mediante comparación durante su funcionamiento de la información detectada de consumo de combustible con información teórica de consumo de combustible para un funcionamiento óptimo de dicho horno (1) para una determinada carga (5) y un determinado ciclo térmico. De este modo, mediante dicha comparación se infiere inmediatamente si las pérdidas de energía se alejan de la situación ideal del horno, por lo que el procedimiento de la invención se constituye en una herramienta ideal para la diagnosis del estado del horno.

30

De acuerdo con una realización de la invención, el procedimiento de control basado en el algoritmo implementado para el control de la temperatura de las piezas se ha validado optimizar tratamientos térmicos en grandes piezas fundidas, forjadas y en productos laminados para aplicación a Aros de Moldería.

35

En el citado trabajo se ha estudiado la idoneidad del ciclo de tratamiento térmico de los aros de rodadura en el horno de Tratamiento Térmicos de la fábrica de Sidenor_Reinosa. Se trata de aros de diámetro 7000 mm y 126 Tn. Durante la validación de las señales se utilizaron pruebas con termopares de contacto, la lectura de los termopares de zona del horno y simulaciones con los programas de simulación comerciales Steeltemp y Magmasoft.

En primer lugar se realizó una prueba con termopares para obtener las curvas de evolución de la temperatura en la superficie de las piezas reales durante los tratamientos térmicos objeto del estudio.

En segundo lugar se simularon los ciclos de calentamiento para las piezas en cuestión con ayudas de dos programas de simulación, Steeltemp y Magmasoft. Finalmente se validaron dichas simulaciones comparando los resultados de la simulación con los valores de la prueba de termopares y efectuando los ajustes en los parámetros de cálculo.

En paralelo se implementó un nuevo algoritmo para el cálculo del balance energético a lo largo del ciclo. Todas las variables en estudio se representaron en el mismo gráfico, comprobando la idoneidad del nuevo algoritmo implementado para conocer la evolución de la temperatura en toda la sección de la pieza a lo largo de ciclo. En particular para conocer cuando el punto más frío del aro había alcanzado la temperatura objetivo.

En las siguientes figuras 2-4 se ha dibujado la nueva señal implementada, representada en color rojo y denominada Tot Out, que representa la evolución de temperatura en el material, tal y como se ha explicado, a lo largo del ciclo. En el mismo gráfico se han representado los resultados de las simulaciones en diferentes puntos de la pieza (THA-THD), así como la temperatura de los gases del horno y la temperatura de consigna del ciclo de tratamiento.

En particular en la figura 2 se muestra una representación gráfica de una evolución del consumo total (Tot OUT) en función de la temperatura de la pieza durante un tratamiento térmico de homogeneización llevado a cabo mediante el procedimiento de la invención, habiéndose representado en el eje de abscisas tiempo en minutos y en el eje de ordenadas temperatura en grados centígrados.

En la figura 3 se muestra una representación gráfica de una evolución del consumo total (Tot OUT) en función de la temperatura de la pieza durante un tratamiento térmico de normalización llevado a cabo mediante el procedimiento de la invención, habiéndose

representado en el eje de abscisas tiempo en minutos y en el eje de ordenadas temperatura en grados centígrados.

5 La figura 4.- Muestra una representación gráfica de una evolución del consumo total (Tot OUT) en función de la temperatura de la pieza durante un tratamiento térmico que comprende los tratamientos térmico representados en las figuras 2 y 3, llevado a cabo mediante el procedimiento de la invención, habiéndose representado en el eje de abscisas tiempo en minutos y en el eje de ordenadas temperatura en grados centígrados.

10 En las graficas se observa cómo a medida que los diferentes puntos de la pieza van alcanzando la temperatura objetivo, tanto en el ciclo de Homogeneización como Normalizados o Revenido, la señal implementada se transforma de forma asintótica hasta convertirse en plana, momento en el cual se ha alcanzado el estado estacionario y todo la sección del material ha alcanzado la temperatura objetivo.

15

A la vista de esta descripción y juego de figuras, el experto en la materia podrá entender que las realizaciones de la invención que se han descrito pueden ser combinadas de múltiples maneras dentro del objeto de la invención. La invención ha sido descrita según algunas realizaciones preferentes de la misma, pero para el experto en la materia resultará evidente
20 que múltiples variaciones pueden ser introducidas en dichas realizaciones preferentes sin exceder el objeto de la invención reivindicada.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de control de hornos de calentamiento, en el que dicho horno (1) de calentamiento se considera un volumen cerrado (5) en cuyo interior se puede realizar un ciclo térmico de calentamiento de una carga mediante un flujo de energía de entrada (6, 7, 8) que comprende energía de combustión (6), energía entrante de aire (7) y energía entrante de carga (8), produciéndose asimismo un flujo de energía de salida (9, 10, 11) que comprende energía saliente de carga (9), energía saliente de gases (10) y pérdidas de energía (11), **caracterizado** porque el procedimiento comprende determinar un tiempo de permanencia de la carga dentro del horno (1) para que todo punto de dicha carga haya alcanzado una determinada temperatura objetivo, estableciéndose el siguiente balance de flujo de energía a través del volumen cerrado (5) en base a la unidad de tiempo: Energía de combustión (6) + Energía entrante de aire (7) + Energía entrante de carga (8) = Energía saliente de carga (9) + Energía saliente de gases (10) + Pérdidas de energía (11) ± Variación de Energía, considerándose que antes de dicho tiempo de permanencia el ciclo térmico se encuentra en un régimen transitorio en el que el valor de energía de entrada (6, 7, 8) es igual al valor de energía de salida (9, 10, 11), por un lado, más un valor de variación de energía almacenada en el interior del volumen cerrado (5) que comprende energía necesaria para calentar dicho volumen cerrado (5), por otro lado, mientras que a partir del tiempo de permanencia el ciclo térmico se encuentra en un régimen estacionario en el que el valor de energía de entrada (6, 7, 8) es igual al valor de energía de salida (9, 10, 11), comprendiendo el procedimiento detectar de manera continua durante dicho ciclo térmico consumo de combustible necesario para generar la energía de combustión (6), considerándose que se ha alcanzado el régimen estacionario cuando dicho consumo de combustible se mantiene constante, de forma que la carga ha alcanzado la temperatura objetivo en toda su masa cuando la Variación de Energía es nula, por lo que el consumo de gas se mantiene constante.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende controlar de manera instantánea durante el ciclo térmico el consumo de combustible necesario para generar la energía de combustión (6) y tratar informáticamente dicha información sobre consumo de combustible para controlar en tiempo real la temperatura de la carga.

3.- Procedimiento según la reivindicación 2, que comprende determinar en tiempo real el estado de mantenimiento de un determinado horno (1) mediante comparación durante su funcionamiento de la información detectada de consumo de combustible con información

teórica de consumo de combustible para un funcionamiento óptimo de dicho horno (1) para una determinada carga (5) y un determinado ciclo térmico.

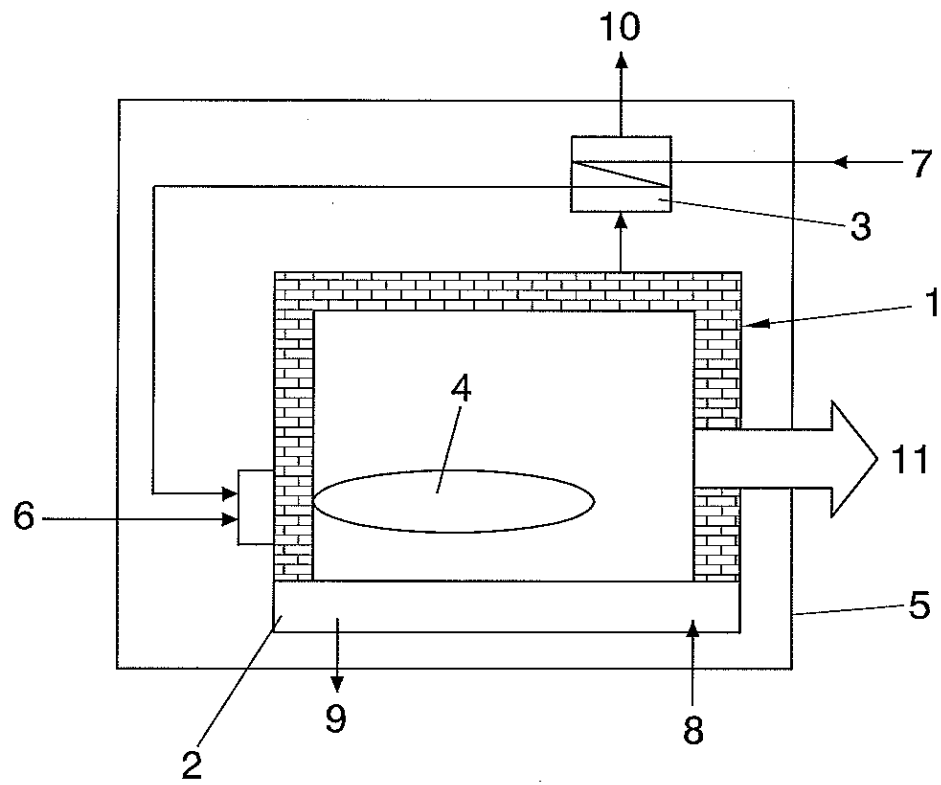


FIG. 1

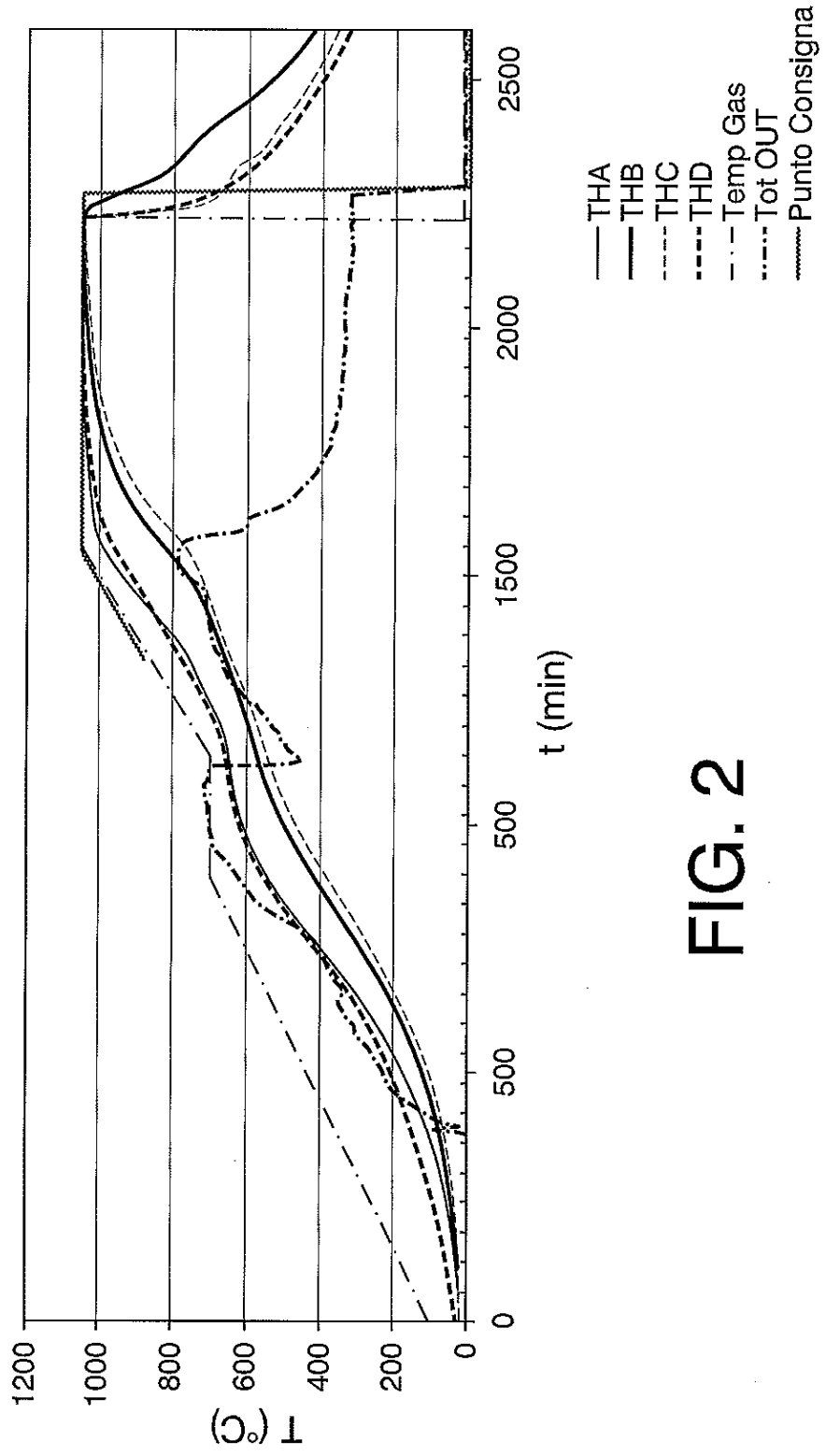


FIG. 2

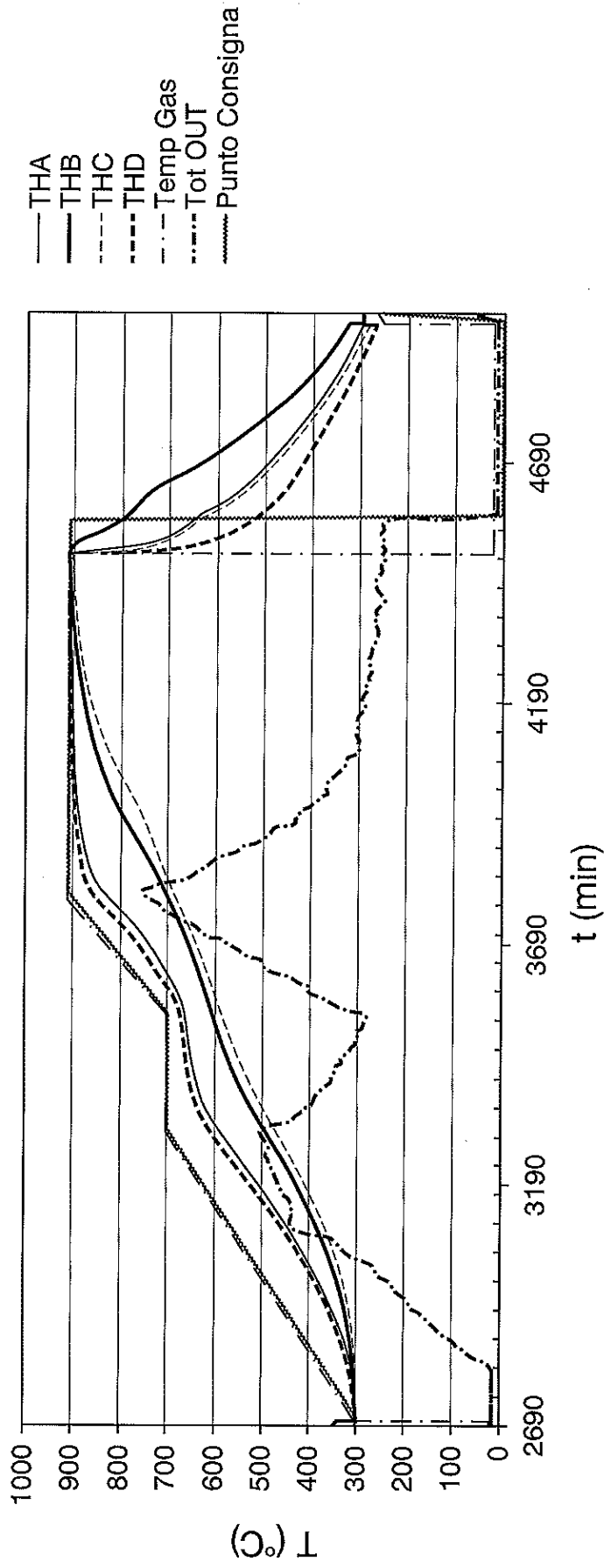


FIG. 3

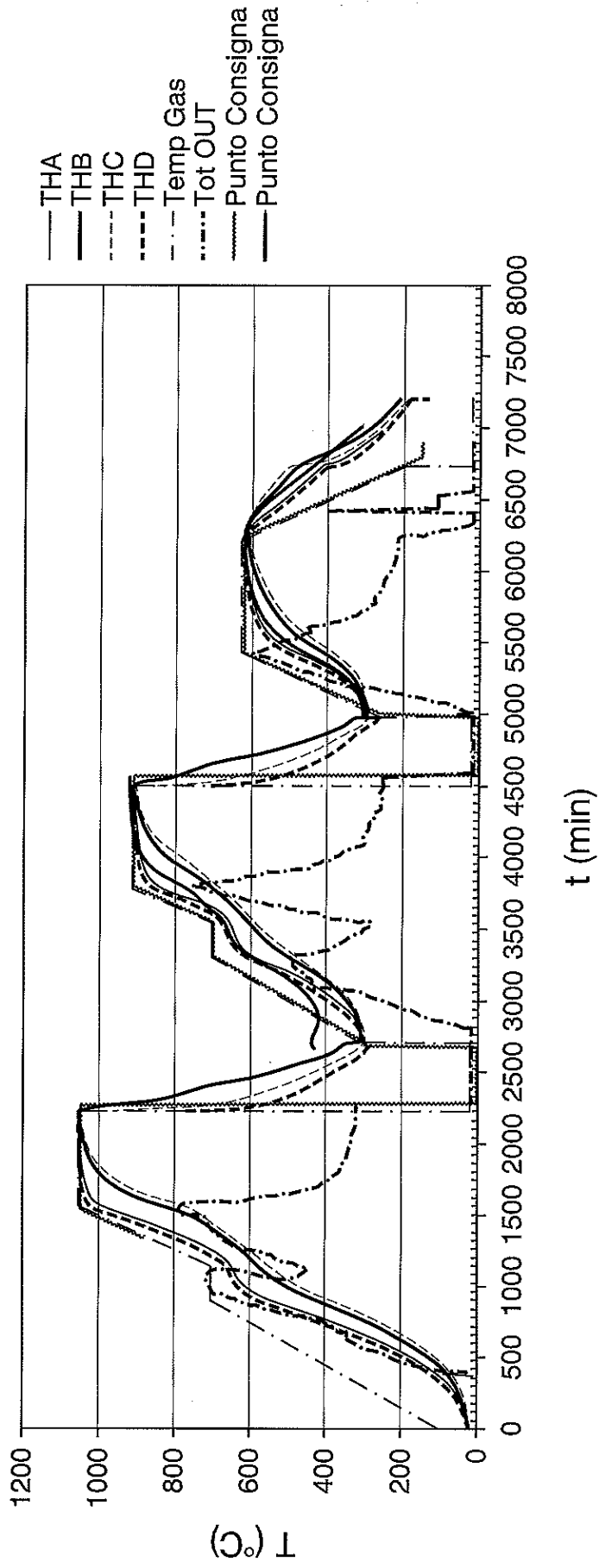


FIG. 4