

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 729**

51 Int. Cl.:

D21C 11/10 (2006.01)

D21C 11/12 (2006.01)

F22G 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2015 PCT/US2015/019445**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.09.2015 WO15138321**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2015 E 15715881 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2024 EP 3117037**

54 Título: **Sistema de caldera que controla el combustible de un horno en base a la temperatura de una estructura en una sección de sobrecalentador**

30 Prioridad:
10.03.2014 US 201414202242

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.11.2024

73 Titular/es:
**INTERNATIONAL PAPER COMPANY (100.0%)
6400 Poplar Avenue
Memphis, TN 38197, US**

72 Inventor/es:
**JONES, ANDREW K.;
FUHRMANN, DAVID;
CARLIER, TIM y
SARGENT, MARK**

74 Agente/Representante:
DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 985 729 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

Sistema de caldera que controla el combustible de un horno en base a la temperatura de una estructura en una sección de sobrecalentador

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de caldera que comprende un controlador para monitorizar la temperatura de una estructura en una sección de sobrecalentador y controlar el combustible proporcionado a un horno en base a la temperatura monitorizada.

10

Antecedentes de la invención

En un proceso de fabricación de papel, la formación de pasta química produce, como subproducto, licor negro, que contiene casi todas las sustancias químicas de cocción inorgánicas junto con lignina y otra materia orgánica separadas de la madera durante la formación de pasta en un digestor. El licor negro se quema en una caldera de recuperación. Las dos funciones principales de la caldera de recuperación son recuperar las sustancias químicas de cocción inorgánicas utilizadas en el proceso de formación de pasta y utilizar la energía química de la parte orgánica del licor negro para generar vapor para una fábrica de papel.

15

20

En una caldera de recuperación *kraft*, se coloca una estructura de sobrecalentador en el horno para extraer calor por radiación y convección de los gases del horno. El vapor saturado entra en la sección del sobrecalentador y el vapor sobrecalentado sale de la sección. La estructura del sobrecalentador comprende una pluralidad de platinas (placas de presión).

25

Los sistemas de caldera son bien conocidos del estado de la técnica, entre otros de los siguientes documentos: La solicitud de patente europea EP 0-602-244 se refiere a una caldera y, en particular, a una mejora de una cámara de combustión en esta caldera. El documento EP 0-602-244 proporciona una caldera que permite aumentar la absorción de calor de la caldera y hacer uniforme la distribución de la absorción de calor de la caldera en todo el horno y para permitir aumentar la cantidad de calor que recuperar mientras se mantiene constante el área de transferencia de calor en la caldera. Además, EP 0-602-244 proporciona una caldera que facilita el control de la temperatura del vapor sobrecalentado sin cambiar la estructura y el equilibrio térmico. La caldera, entre otras cosas, tiene una sección de transferencia de calor por radiación. En particular, el agua de la caldera se calienta únicamente por el calor de radiación originado por el gas de combustión, lo que mantiene la absorción de calor del horno de la caldera en un estado elevado y hace que su distribución sea uniforme.

30

35

La solicitud de patente europea EP O-071-815 se refiere al funcionamiento de hornos generadores de vapor alimentados con combustible fósil. Además, este documento se refiere a un método mejorado de cocción de un horno generador de vapor alimentado con combustible fósil por medio de la provisión del aire de combustión entre una primera zona en la que se emite el combustible y se inicia la combustión, y una segunda zona dispuesta aguas abajo de la misma. Según la teoría de la EP O-071-815, esta construcción permite controlar la formación de óxidos de nitrógeno dentro del horno. Además, al colocar selectivamente la segunda zona en relación con la salida del horno, la temperatura del vapor de sobrecalentamiento puede controlarse.

40

La solicitud de patente del Reino Unido GB 802-032 se refiere al método de generación de vapor. En particular, este documento se refiere a generadores de vapor que funcionan en el ciclo de recalentamiento y a un método de funcionamiento y control de dichos generadores, en los que tanto la temperatura del vapor sobrecalentado como la del vapor recalentado se mantienen sustancialmente constantes a lo largo de un intervalo bastante amplio de cargas impuestas al generador de vapor.

50

La patente de Estados Unidos US 2-832-323 se refiere a un método y un aparato para regular la temperatura final del vapor de sobrecalentamiento que sale de una unidad generadora de vapor. El objeto subyacente a la invención de la US 2-832-323 es proporcionar un método y un aparato para mantener una temperatura constante de sobrecalentamiento en un amplio intervalo de cargas. El aparato para controlar la temperatura del vapor sobrecalentado en las unidades generadoras de vapor, descritas en esta patente, presenta medios de control que pueden variar la proporción de la mezcla de combustible/aire que se alimenta a dos quemadores para aumentar la cantidad de mezcla alimentada al quemador y aumentar la cantidad que se alimenta al otro quemador.

55

Resumen de la invención

60

La presente invención se define por la reivindicación independiente 1. Las reivindicaciones dependientes representan otras realizaciones de la invención.

Según la presente invención, se proporciona un sistema de caldera que comprende: un horno adaptado para recibir un combustible que se va a quemar para generar gases de trabajo en caliente; una estructura de suministro de combustible asociada al horno para suministrar combustible al horno; una sección de sobrecalentador asociada al

65

- horno y posicionada para recibir energía en forma de calor de los gases de trabajo en caliente, la sección de sobrecalentador comprende: al menos una platina que incluye al menos una estructura de tubo y la estructura de tubo presenta una parte de extremo; y un sensor de temperatura para medir la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo y generar una señal indicativa de la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo; y un controlador acoplado al sensor de temperatura para recibir y monitorizar la señal del sensor para un suceso de eliminación de la estructura de tubo en la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo, en donde dicho controlador aumenta una cantidad de combustible suministrada por dicha estructura de suministro a dicho horno, después de que la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado el suceso de eliminación de la estructura de tubo.
- El controlador puede controlar una cantidad de combustible proporcionada por la estructura de suministro al horno en base a la señal.
- El controlador monitoriza la señal del sensor de temperatura para un suceso de eliminación de la estructura de tubo en la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo.
- Los cambios rápidos de la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo comprenden un aumento monótono de la temperatura de al menos aproximadamente 13,9 °C (25 grados F), que se produce durante un período de tiempo de entre aproximadamente uno a diez minutos y una disminución monótona de la temperatura mayor que cero en magnitud, que se produce durante un período de tiempo de entre aproximadamente uno a quince minutos.
- El controlador aumenta una cantidad de combustible suministrada por la estructura de suministro al horno, después de que la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado el suceso de eliminación de la estructura de tubo.
- Además, el sistema de caldera puede comprender un dispositivo de medición de temperatura para detectar la temperatura de los gases de trabajo que entran en contacto con la sección del sobrecalentador y generar una señal de temperatura correspondiente al controlador.
- El controlador puede controlar la cantidad de combustible proporcionada por la estructura de suministro al horno, de manera que la temperatura de los gases de trabajo está por debajo de una temperatura umbral hasta que la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.
- El controlador puede aumentar una cantidad de combustible suministrada por la estructura de suministro al horno, después de que la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.
- El controlador puede solicitar a un operador que introduzca una señal de verificación de eliminación de la estructura de tubo, después de que la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.
- Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de monitorización para un sistema de caldera. El sistema de caldera puede comprender un horno adaptado para recibir un combustible que se va a quemar para generar gases de trabajo en caliente, una estructura de suministro de combustible asociada al horno para suministrar combustible al horno y una sección de sobrecalentador asociada al horno y posicionada para recibir energía en forma de calor de los gases de trabajo en caliente. La sección del sobrecalentador puede comprender al menos una platina que incluye al menos una estructura de tubo.
- La una estructura de tubo puede tener una parte de extremo. El sistema de monitorización puede comprender: un sensor para medir la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo y generar una señal indicativa de la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo; y un controlador acoplado al sensor para recibir y monitorizar la señal del sensor.
- El controlador puede monitorizar la señal del sensor de temperatura para cambios rápidos en la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo.
- El controlador puede generar una solicitud a un operador para que introduzca una señal de verificación de eliminación de la estructura de tubo, después de que la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.
- El controlador puede aumentar una cantidad de combustible suministrada por la estructura de suministro al horno, después de que la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos y un operador haya introducido una señal de verificación de eliminación de la estructura de tubo.
- El controlador puede aumentar una cantidad de combustible suministrada por la estructura de suministro al horno, después de que la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos y sin requerir que un operador introduzca una señal de verificación de eliminación de la estructura de tubo.

Según un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un proceso para monitorizar un sistema de caldera que comprende un horno para quemar un combustible para generar gases de trabajo en caliente, una estructura de suministro de combustible para suministrar combustible al horno, una sección de sobrecalentador que comprende al menos una platina que incluye al menos una estructura de tubo, donde la estructura de tubo presenta una parte de extremo, y un sensor para medir la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo y generar una señal indicativa de la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo. El proceso puede comprender: monitorizar la señal del sensor y controlar una cantidad de combustible proporcionada al horno en base a la señal.

La monitorización puede comprender monitorizar la señal del sensor de temperatura para cambios rápidos en la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo.

El control puede comprender aumentar una cantidad de combustible suministrada por la estructura de suministro al horno, después de que la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.

Breve descripción de las figuras

Si bien la memoria descriptiva concluye con reivindicaciones que señalan y reivindican de forma particular la presente invención, se piensa que la presente invención se entenderá mejor a partir de la siguiente descripción junto con las Figuras adjuntas de los dibujos, en las que los números de referencia similares identifican elementos similares, y donde:

La figura 1 es una vista esquemática de un sistema de caldera de recuperación de licor negro *kraft* construido según la presente invención;

la figura 2 ilustra una parte de una sección de sobrecalentador del sistema de caldera de la figura 1; en donde las estructuras de tubo que definen las platinas se ilustran esquemáticamente como estructuras rectangulares;

la figura 3 ilustra las estructuras de tubo primera, segunda y tercera de una platina y

la figura 4 es un gráfico de ejemplo de un suceso de eliminación de una estructura de tubo.

Descripción detallada de la invención

En la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman parte de la misma y en los que se muestra a modo de ilustración y no a modo de limitación las realizaciones preferidas específicas, en las que se puede poner en práctica la invención. Debe entenderse que se pueden realizar otras realizaciones y que se pueden hacer cambios sin alejarse de la naturaleza y alcance de la presente invención.

La figura 1 ilustra un sistema 10 de caldera de recuperación de licor negro *kraft* construido según la presente invención. El licor negro es un subproducto de la formación de pasta química en un proceso de fabricación de papel. La concentración inicial de «licor negro débil» es de aproximadamente el 15 %. Se concentra a condiciones de cocción (65 % a 85 % de contenido en sólidos secos) en un evaporador 20 y luego se quema en el sistema 10 de caldera de recuperación. El evaporador 20 recibe el licor negro débil de lavadoras (no mostradas) aguas abajo de un digestor de cocción (no mostrado).

El sistema 10 de caldera comprende una caldera 12 de recuperación, que comprende un alojamiento 12A sellado, que define un horno 30, donde un combustible, por ejemplo, licor negro, se quema para generar gases de trabajo en caliente, una sección 32 de transferencia de calor y un borde 34 redondeado entre el horno 30 y la sección 32 de transferencia de calor, véase la figura 1. Por lo tanto, «gases de trabajo en caliente», como se utiliza en la presente memoria, significa los gases generados cuando el combustible se quema en el horno. Además, el sistema 10 de caldera comprende un economizador 40, un banco 50 de caldera y una sección 60 de sobrecalentador, los cuales están todos ubicados en la sección 32 de transferencia de calor, véase la figura 1. Los gases de trabajo en caliente resultantes de la combustión del combustible en el horno 30 pasan por el borde redondeado 34, se desplazan hacia y a través de la sección 32 de transferencia de calor, luego se filtran a través de un precipitador 70 electrostático y salen a través de una pila 72, véase la figura 1. Se observa que cuando el horno 30 se enciende inicialmente, se puede proporcionar otro combustible distinto del licor negro, tal como gas natural o fueloil, al horno 30 a través de inyectores 137. Una vez que el horno 30 haya alcanzado una temperatura deseada, se puede usar licor negro en lugar de gas natural o fueloil como combustible en el horno 30.

Los tubos 130 de pared alineados verticalmente se incorporan a las paredes 31 verticales del horno 30. Como se analizará más adelante, un fluido, principalmente agua, pasa a través de los tubos 130 de pared, de manera que la energía en forma de calor de los gases de trabajo en caliente generados en el horno 30 se transfiere al fluido, que fluye a través de los tubos 130 de pared. El horno 30 tiene orificios 132 de aire de nivel primario, orificios 134 de aire de nivel secundario y orificios 136 de aire de nivel terciario para introducir aire para la combustión a tres niveles de altura diferentes. El licor BL negro se pulveriza en el horno 30 de las pistolas 138 pulverizadoras. El licor BL negro se suministra a las pistolas 138 desde el evaporador 20. Los inyectores 137 y las pistolas 138 pulverizadoras definen la estructura de suministro de combustible.

El economizador 40 recibe agua de alimentación de un suministro FS. En la realización ilustrada, el agua de alimentación puede suministrarse al economizador 40 a una temperatura de aproximadamente $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($250\text{ }^{\circ}\text{F}$). El economizador 40 puede calentar el agua a una temperatura de aproximadamente $232\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($450\text{ }^{\circ}\text{F}$). Los gases de trabajo en caliente que se mueven a través de la sección 32 de transferencia de calor suministran energía en forma de calor al economizador 40 para calentar el agua de alimentación. A continuación, el agua calentada se suministra desde el economizador 40 a un tambor superior (tambor de vapor) 52 del banco 50 de caldera, véase la figura 1. El tambor 52 superior funciona generalmente como un separador de vapor-agua. En la realización ilustrada en la figura 1, el agua fluye por un primer conjunto 54 de tubos que se extiende desde el tambor 52 superior hasta un tambor inferior (tambor de lodo) 56. A medida que el agua fluye por los tubos 54, puede calentarse a una temperatura de aproximadamente $204\text{-}316\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($400\text{-}600\text{ }^{\circ}\text{F}$). Desde el tambor 56 inferior, una parte del agua calentada fluye a través de un segundo conjunto 58 de tubos en el banco 50 de caldera al tambor 52 superior. Una parte restante del agua calentada en el tambor 56 inferior se suministra a los tubos 130 de pared en el horno 30. El agua que fluye a través del segundo conjunto 58 de tubos en el banco 50 de caldera y los tubos 130 de pared en el horno 30 puede calentarse a un estado saturado. En el estado saturado, el fluido es principalmente un líquido, pero se puede proporcionar algo de vapor. El fluido en los tubos 130 de pared se devuelve al banco 50 de caldera en el tambor 52 superior. El vapor se separa del líquido en el tambor 52 superior. El vapor del tambor 52 superior se suministra a la sección 60 de sobrecalentador, mientras que el agua vuelve al tambor 56 inferior a través del primer conjunto 54 de tubos.

En una realización alternativa (no mostrada), los tambores 52, 56 superior e inferior pueden reemplazarse por un solo tambor, como saben los expertos en la técnica, por lo que el vapor se suministra mediante el tambor único a una sección de sobrecalentador.

En la realización ilustrada en la figura 2, la sección 60 de sobrecalentador comprende sobrecalentadores 62, 64 y 66 primero, segundo y tercero, cada uno de los cuales puede comprender entre aproximadamente 20-50 platinas 62A, 64A y 66A. El vapor entra en las platinas 62A, 64A y 66A a través de un tubo colector correspondiente denominado cabezal 62B, 64B y 66B de entrada, se sobrecalienta dentro de las platinas 62A, 64A y 66A, y sale de las platinas 62A, 64A y 66A como vapor sobrecalentado a través de otro tubo colector denominado cabezal 62C, 64C y 66C de salida. Las platinas 62A, 64A y 66A están suspendidas de los cabezales 62B, 64B, 66B, 62C, 64C y 66C, que a su vez están suspendidos de vigas superiores (no mostradas) por varillas 200 de soporte. Los gases de trabajo en caliente que se mueven a través de la sección 32 de transferencia de calor suministran la energía en forma de calor a la sección 60 de sobrecalentador para sobrecalentar el vapor. Se contempla que la sección 60 de sobrecalentador pueda comprender menos de tres sobrecalentadores o más de tres sobrecalentadores.

En la figura 3 se ilustra una platina 62A del primer sobrecalentador 62. Las platinas 62A restantes en el primer sobrecalentador 62, así como las platinas 64A y 66A en el segundo y tercer sobrecalentadores 64, 66 están construidas generalmente de la misma manera. La platina 62A puede comprender una primera, segunda y tercera estructuras 160-162 de tubo de metal separadas, véase la figura 3. En la figura 2, las platinas se ilustran esquemáticamente como estructuras rectangulares, pero se definen mediante estructuras de tubo. Las estructuras 160-162 de tubo comprenden partes 160A-162A de entrada, que se comunican con el cabezal 62B de entrada y las partes 160B-162B de extremo, que se comunican con el cabezal 62C de salida. Las partes 160A-162A de entrada de la estructura de tubo y las partes 160B-162B de extremo están ubicadas encima de un techo 12B del alojamiento 12A de caldera, véanse las figuras 1 y 3, mientras que las partes 160C-162C intermedias de las estructuras 160-162 de tubo se extienden dentro del alojamiento 12A de caldera y están ubicadas dentro de la sección 32 de transferencia de calor. Las estructuras 160-162 de tubo definen rutas a través de las cuales el fluido, por ejemplo, vapor, pasa desde el cabezal 62B de entrada, a través de las estructuras 160-162 de tubo y sale del cabezal 62C de salida. Se contempla que la platina 62A pueda tener menos de o más de tres estructuras de tubo, por ejemplo, una, dos, cuatro o cinco estructuras de tubo.

El vapor se calienta a un estado sobrecalentado en la sección 60 de sobrecalentador. Antes de la puesta en marcha de la caldera/horno, el agua líquida enfriada puede asentarse en curvas inferiores de las estructuras 160-162 de tubo en las platinas 62A, 64A y 66A. Hasta que el agua líquida se hierve durante la puesta en marcha de la caldera/horno, el agua líquida impide que el vapor pase a través de las estructuras 160-162 de tubo. El vapor que se mueve a través de las estructuras 160-162 de tubo funciona como un fluido de enfriamiento para las estructuras 160-162 de tubo de metal. Cuando no se mueve vapor a través de una estructura 160-162 de tubo, la estructura de tubo puede sobrecalentarse, especialmente en una parte 160B-162B de extremo, lo que puede causar daños a la estructura 160-162 de tubo.

En la presente invención, la puesta en marcha del horno 30 se monitoriza con un controlador 210 para asegurar que el horno 30 se caliente lentamente hasta que algo de agua líquida en las estructuras 160-162 de tubo de las platinas 62A, 64A y 66A de la sección de sobrecalentador se haya evaporado de manera segura, antes de que el horno 30 se caliente a un estado elevado.

Un dispositivo 170 de medición de temperatura, que, en la realización ilustrada, comprende un pirómetro óptico puede proporcionarse en o cerca de la sección 32 de transferencia de calor para medir la temperatura de los gases de trabajo en caliente en la sección 32 de transferencia de calor y entrar en la sección 60 de sobrecalentador. El dispositivo 170 de medición de temperatura genera una señal de temperatura correspondiente al controlador 210. La temperatura

detectada por el dispositivo 170 de medición de temperatura proporciona una indicación de la cantidad de energía en forma de calor que se genera con el horno 30. Hasta que el controlador 210 no haya verificado que se ha eliminado agua líquida en las estructuras 160-162 de tubo, la cantidad de combustible proporcionada por los inyectores 137 o las pistolas 138 pulverizadoras al horno 30 la controla el controlador 210 a un nivel bajo. Es decir, en la realización ilustrada, la cantidad de combustible proporcionada por los inyectores 137 o las pistolas 138 pulverizadoras al horno 30 la controla el controlador 210, de manera que la temperatura de los gases de trabajo en caliente en la sección 32 de transferencia de calor y que entran en la sección 60 de sobrecalentador, medida por el dispositivo 170 de medición de temperatura, es menor que una temperatura umbral de gas de trabajo inicial predefinida, tal como una temperatura umbral que desciende hasta dentro del intervalo de 427-538 °C (800-1000 grados F) y, preferiblemente, 482 °C (900 grados F). Si la temperatura de los gases de trabajo en caliente excede la temperatura umbral, la cantidad de combustible proporcionada al horno 30 se reduce. Una vez que el controlador 210 haya verificado que se ha eliminado agua líquida en las estructuras 160 de tubo, entonces el controlador 210 permitirá que la velocidad a la que se proporciona combustible al horno 30 aumente de manera que la temperatura de los gases de trabajo en caliente que entran en la sección 60 de sobrecalentador supere la temperatura umbral.

El controlador 210 comprende cualquier dispositivo que reciba datos de entrada, procese esos datos a través de instrucciones informáticas y genere datos de salida. Dicho controlador puede ser un dispositivo portátil, un ordenador portátil o un ordenador de sobremesa, un ordenador de escritorio, un microordenador, un procesador de señal digital (DSP), un ordenador central, un servidor, otros dispositivos informáticos programables o cualquier combinación de los mismos. El controlador 210 también se puede implementar utilizando dispositivos lógicos programables, tales como matrices de puertas programables en campo (FPGA) o, alternativamente, realizarse como circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC) o dispositivos similares.

Preferiblemente, para cada una de las estructuras 160-162 de tubo en las platinas 62A, 64A y 66A, un sensor 220 de temperatura, tal como un termopar en la realización ilustrada, se proporciona en la parte 160B-162B de extremo de la estructura 160 de tubo para medir la temperatura de la estructura 160-162 de tubo en esa ubicación, véase la figura 3. Los sensores 220 de temperatura generan señales de temperatura correspondientes al controlador 210. Cada parte 160B-162B de extremo de la estructura de tubo está ubicada cerca de su cabezal de salida correspondiente. Se contempla que un sensor 220 de temperatura pueda no proporcionarse para todas las estructuras 160-162 de tubo en cada una de las platinas 62A, 64A y 66A. Sin embargo, se prefiere que se proporcione un sensor 220 de temperatura para al menos una estructura 160-162 de tubo en cada platina 62A, 64A y 66A.

El agua líquida que se evapora en una estructura 160-162 de tubo después de la puesta en marcha del horno se denomina en la presente memoria "suceso de eliminación de la estructura de tubo". Tal suceso de eliminación de la estructura de tubo se caracteriza por cambios rápidos en la temperatura en la parte de extremo de la estructura de tubo. En la realización ilustrada, "cambios rápidos en la temperatura" de la parte 160B-162B de extremo de una estructura 160-162 de tubo, medida por un sensor 220 de temperatura correspondiente, se caracterizan por un aumento monótono de la temperatura, rápidamente, por ejemplo, durante un período de 1-10 minutos y, significativamente, por ejemplo, por un aumento de temperatura de al menos 13,9 °C (25 grados F), e inmediatamente después, una disminución monótona, rápidamente, por ejemplo, durante un período de 1-15 minutos, por una disminución de la magnitud de temperatura igual o menor que la magnitud del aumento de temperatura pero, en cualquier caso, la magnitud de la disminución de temperatura es mayor que cero.

En la figura 4, se ilustra un gráfico correspondiente a un suceso de eliminación de estructura de tubo medido. Como se muestra en la figura 4, la temperatura de una parte de extremo de la estructura de tubo, medida por un sensor 220 de temperatura correspondiente, comenzó a aumentar monótonamente de temperatura a aproximadamente 8075 segundos desde aproximadamente 228 °C (550 grados F) hasta una temperatura máxima de aproximadamente 371 °C (700 grados F) a aproximadamente 8225 segundos. Por lo tanto, durante un período de tiempo de aproximadamente 150 segundos, la parte de extremo de la estructura de tubo aumentó su temperatura a aproximadamente 83,4 °C (150 grados F). Después de alcanzar la temperatura máxima a aproximadamente 8225 segundos, la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo comenzó inmediatamente a disminuir de manera monótona a una temperatura de aproximadamente 321 °C (610 grados F) a aproximadamente 8725 segundos. Por lo tanto, durante un período de tiempo de aproximadamente 500 segundos, la parte de extremo de la estructura de tubo disminuyó monótonamente su temperatura a aproximadamente 90 grados.

Por lo tanto, los sensores 220 de temperatura son monitorizados por el controlador 210 para cambios rápidos de temperatura, es decir, un rápido aumento de temperatura inmediatamente seguido de una disminución rápida de la temperatura, lo que indica que el fluido se mueve a través de toda la longitud de sus correspondientes estructuras 160-162 de tubo. En la realización ilustrada, una vez que todos los sensores 220 de temperatura hayan proporcionado señales que indican que se han producido cambios rápidos de temperatura en sus correspondientes partes de extremo de la estructura de tubo, el controlador 210 puede provocar automáticamente (sin intervención de un operador) que los inyectores 137 o pistolas 138 pulverizadoras aumenten la cantidad de combustible proporcionada al horno 30, ya que la temperatura de los gases de trabajo en caliente en la sección 32 de transferencia de calor y que entran en la sección 60 de sobrecalentador puede exceder de manera segura la temperatura umbral de gas de trabajo inicial predefinida (427-538 °C) (800-1000 grados F) en la realización ilustrada).

5 Un «aumento de la cantidad de combustible proporcionada al horno» pretende abarcar el aumento de la velocidad a la que el combustible se introduce en el horno 30 mediante los inyectores 137 o las pistolas 138 pulverizadoras. Por lo tanto, un aumento en la cantidad de combustible proporcionada al horno 30 puede resultar cuando los inyectores 137 aumentan la velocidad a la que se introduce gas natural o fueloil en el horno 30; cuando los inyectores 137 dejan de introducir gas natural o fueloil mientras, al mismo tiempo, las pistolas 138 pulverizadoras comienzan a introducir licor negro en el horno 30 a una velocidad, que excede la velocidad a la que se inyectó gas natural o fueloil en el horno 30; o cuando las pistolas 138 pulverizadoras aumentan la velocidad a la que se introduce el licor negro en el horno.

10 Según un aspecto adicional de la presente invención, una vez que todos los sensores 220 de temperatura hayan proporcionado señales al controlador 210, que indican que se han producido cambios rápidos de temperatura en sus correspondientes partes de extremo de la estructura de tubo, el controlador 210 puede generar un mensaje o indicar de otra manera a un operador que se ha producido un suceso de eliminación de la estructura de tubo y/o solicitar que el operador introduzca una señal de verificación de eliminación de la estructura de tubo. En una realización, el controlador 210 no hará automáticamente que los inyectores 137 o pistolas 138 pulverizadoras aumenten la cantidad de combustible proporcionada al horno 30, una vez que todos los sensores 220 de temperatura hayan proporcionado señales al controlador 210, lo que indica que se han producido cambios rápidos de temperatura en sus correspondientes partes de extremo de la estructura de tubo, como ocurre en la realización analizada anteriormente. En cambio, el controlador 210 esperará hasta que reciba una entrada de señal de verificación del operador, a través de un teclado numérico, teclado u otro dispositivo de entrada, lo que indica que el operador ha verificado que se ha producido un suceso de eliminación de la estructura de tubo. En esta realización, solo después de recibir la señal de verificación introducida por el operador, el controlador 210 hace que los inyectores 137 o pistolas 138 pulverizadoras aumenten la cantidad de combustible proporcionada al horno 30. En otra realización, sin esperar a recibir una entrada de señal de verificación del operador (pero puede producirse antes o después de generar un mensaje que indique a un operador que ha tenido lugar un suceso de eliminación de estructura de tubo, preferiblemente después), el controlador 210 hará automáticamente que los inyectores 137 o pistolas 138 pulverizadoras aumenten la cantidad de combustible proporcionada al horno 30, una vez que todos los sensores 220 de temperatura hayan proporcionado señales al controlador 210 que indiquen que se han producido cambios rápidos de temperatura en sus correspondientes partes de extremo de estructura de tubo, como se hace en la realización analizada anteriormente.

30 El controlador 210, el dispositivo 170 de medición de temperatura y los sensores 220 de temperatura, como se ha analizado anteriormente con respecto a las figuras 1 y 3, definen un sistema de monitorización para el sistema 10 de caldera.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de caldera de recuperación de licor negro *kraft* que comprende:
 - 5 un horno adaptado para recibir un combustible que se va a quemar para generar gases de trabajo en caliente;
 - una estructura de suministro de combustible asociada a dicho horno para suministrar combustible a dicho horno;
 - 10 una sección de sobrecalentador asociada a dicho horno y posicionada para recibir energía en forma de calor de los gases de trabajo en caliente, dicha sección de sobrecalentador comprende:
 - al menos una platina que incluye al menos una estructura de tubo y la estructura de tubo presenta una parte de extremo; y
 - 15 un sensor de temperatura para medir la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo y generar una señal indicativa de la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo; y
 - un controlador acoplado a dicho sensor de temperatura para recibir y monitorizar la señal de dicho sensor para cambios rápidos en la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo, en donde dicho controlador aumenta una cantidad de combustible suministrado por dicha estructura de suministro a dicho horno, después de que la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos y
 - 20 en donde dichos cambios rápidos en la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo comprenden un aumento monótono de la temperatura de al menos aproximadamente 13,9 °C (25 grados F), que se produce durante un período de tiempo de entre aproximadamente uno a diez minutos y una disminución monótona de la temperatura mayor que cero en magnitud, que se produce durante un período de tiempo de entre aproximadamente uno a quince minutos.
2. Sistema de caldera según la reivindicación 1, que comprende además un dispositivo de medición de temperatura para detectar la temperatura de los gases de trabajo que entran en contacto con dicha sección de sobrecalentador y generar una señal de temperatura correspondiente a dicho controlador.
3. Sistema de caldera según la reivindicación 2, en donde dicho controlador controla la cantidad de combustible proporcionada por dicha estructura de suministro a dicho horno de tal manera, que la temperatura de los gases de trabajo está por debajo de una temperatura umbral hasta que la temperatura de dicha posición final de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.
4. Sistema de caldera según la reivindicación 3, en donde dicho controlador aumenta una cantidad de combustible suministrada por dicha estructura de suministro a dicho horno, después de que la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.
5. Sistema de caldera según la reivindicación 1, en donde dicho controlador solicita a un operador que introduzca una señal de verificación de eliminación de la estructura de tubo, después de que la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.
6. Sistema de caldera de la reivindicación 1, en donde dicho sensor para medir la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo y generar una señal indicativa de la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo; y dicho controlador acoplado a dicho sensor para recibir y monitorizar la señal de dicho sensor se incluyen en un sistema de monitorización para el sistema de caldera; y en donde dicho controlador aumenta la cantidad de combustible suministrada por dicha estructura de suministro a dicho horno, después de que la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos y un operador haya introducido una señal de verificación de eliminación de la estructura de tubo.
7. Sistema de caldera según la reivindicación 6, en donde dicho controlador del sistema de monitorización genera una solicitud a un operador para introducir una señal de verificación de eliminación de la estructura de tubo, después de que la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.
8. Sistema de caldera según la reivindicación 6, en donde dicho controlador del sistema de monitorización aumenta una cantidad de combustible suministrada por dicha estructura de suministro a dicho horno, después de que la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos y sin requerir que un operario introduzca una señal de verificación de eliminación la de estructura de tubo.
9. Sistema de caldera según la reivindicación 6, en donde dicho sistema de monitorización comprende además un dispositivo de medición de temperatura para detectar la temperatura de los gases de trabajo que entran

en contacto con la sección de sobrecalentador y generar una señal de temperatura correspondiente a dicho controlador.

- 5 10. Sistema de caldera según la reivindicación 9, en donde dicho controlador del sistema de monitorización controla la cantidad de combustible proporcionada por dicha estructura de suministro a dicho horno, de manera que la temperatura de los gases de trabajo está por debajo de una temperatura umbral hasta que la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.
- 10 11. Sistema de caldera según la reivindicación 10, en donde dicho controlador del sistema de monitorización aumenta una cantidad de combustible suministrada por dicha estructura de suministro a dicho horno, después de que la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos.
- 15 12. Proceso de monitorización de un sistema de caldera de recuperación *kraft* según una de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende
- 20 un horno para quemar un combustible para generar gases de trabajo en caliente, una estructura de suministro de combustible para suministrar combustible al horno,
una sección de sobrecalentador que comprende al menos una platina que incluye al menos una estructura de tubo,
la una estructura de tubo presenta una parte de extremo y
un sensor para medir la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo y generar una señal indicativa de la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo, el proceso comprende:
- 25 monitorizar la señal del sensor,
en donde la monitorización comprende monitorizar la señal del sensor de temperatura para cambios rápidos en la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo y
controlar una cantidad de combustible proporcionada al horno en base a la señal,
en donde el control comprende aumentar una cantidad de combustible suministrada por la estructura
- 30 de suministro al horno, después de que la temperatura de la parte de extremo de la estructura de tubo haya experimentado cambios rápidos,
en donde dichos cambios rápidos en la temperatura de dicha parte de extremo de la estructura de tubo comprenden un aumento monótono de la temperatura de al menos aproximadamente 13,9 °C (25 grados F), que se produce durante un período de tiempo de entre aproximadamente uno a diez minutos y una disminución monótona de la temperatura mayor que cero en magnitud, que se produce durante un período de tiempo de entre aproximadamente uno a quince minutos.
- 35

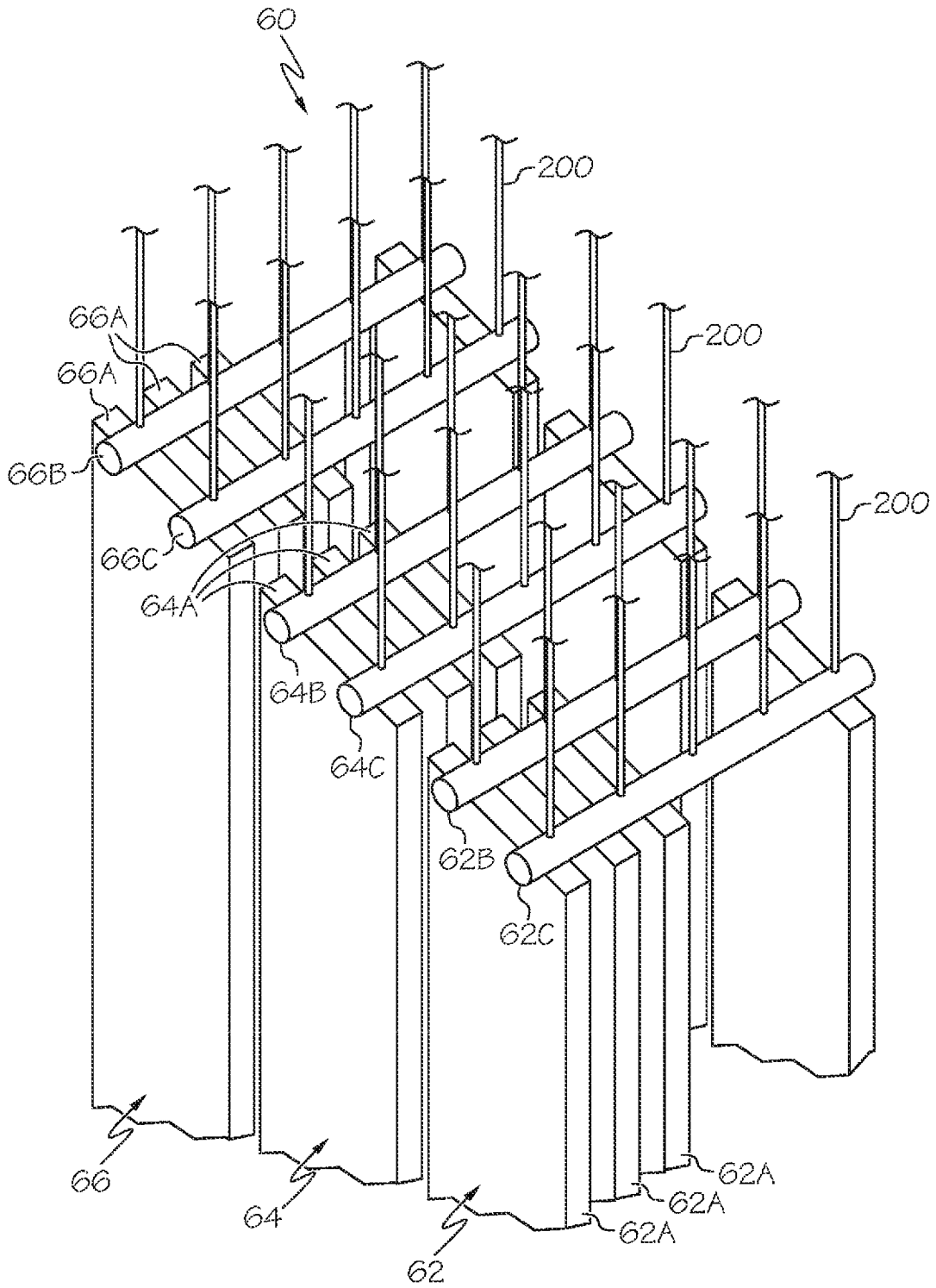


FIGURA 2

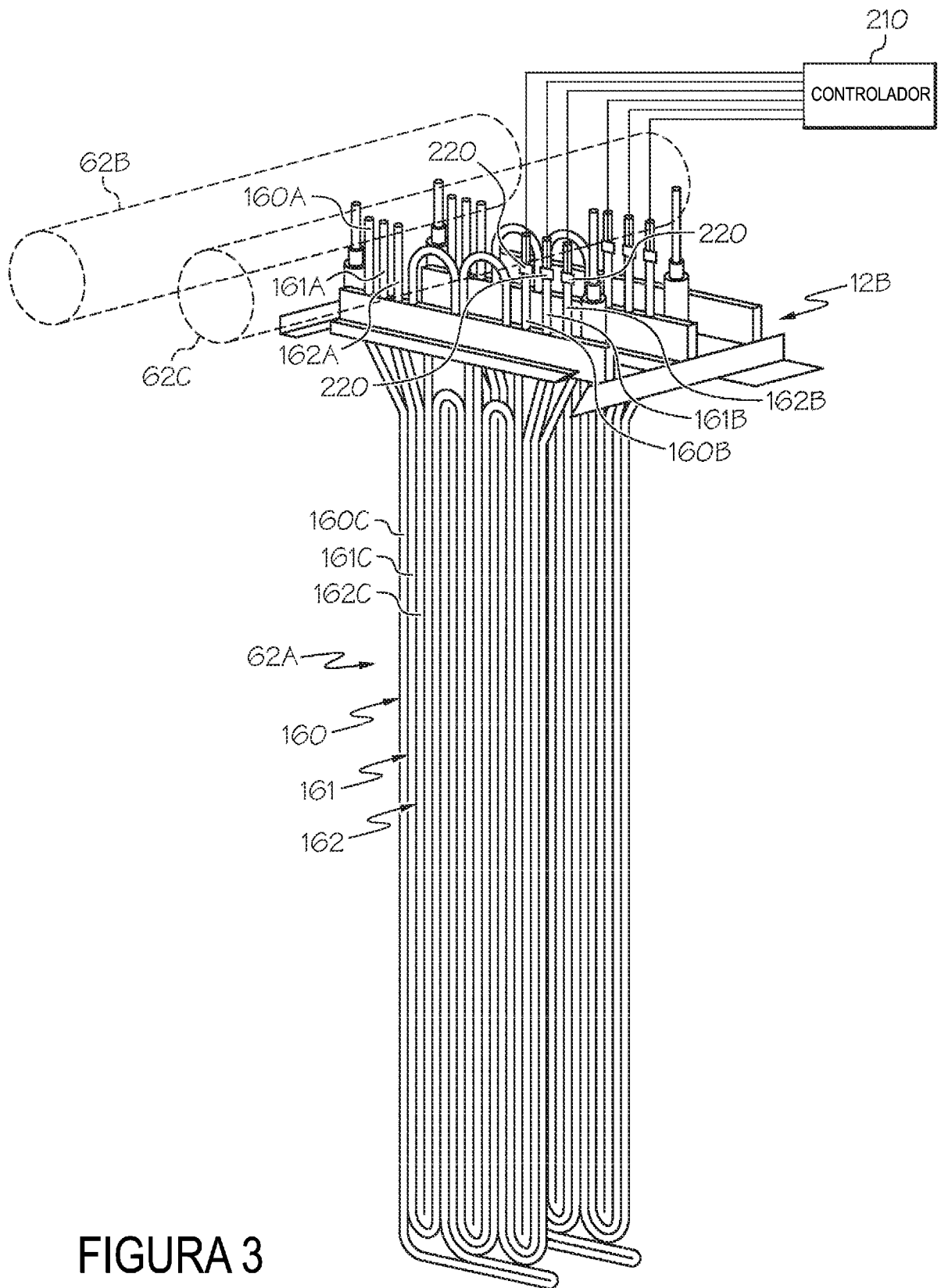


FIGURA 3

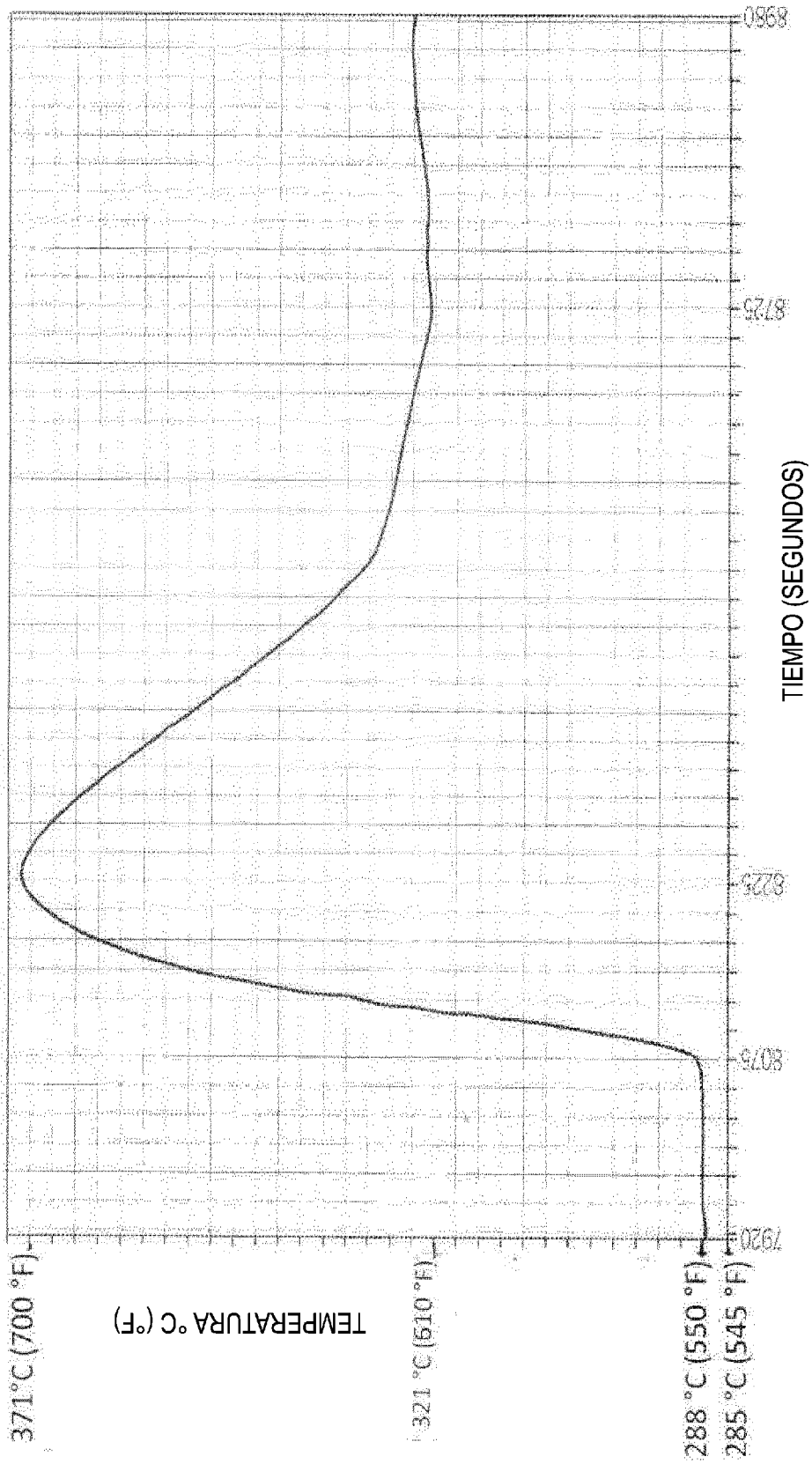


FIGURA 4