

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 778**

51 Int. Cl.:

C03B 9/41 (2006.01)

C03B 9/38 (2006.01)

B29C 49/48 (2006.01)

B29C 49/06 (2006.01)

B29C 49/12 (2006.01)

B29C 49/78 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2012 E 12158307 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 2511245**

54 Título: **Método y sistema de control de temperatura del molde en bucle cerrado**

30 Prioridad:

12.04.2011 US 201161474532 P

30.09.2011 US 201161541148 P

24.02.2012 US 201213404732

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

20.04.2020

73 Titular/es:

EMHART GLASS S.A. (100.0%)

Hinterbergstrasse 22

6330 Cham, CH

72 Inventor/es:

SIMON, JONATHAN S.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 754 778 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

Método y sistema de control de temperatura del molde en bucle cerrado

La presente invención se refiere generalmente a la operación de una máquina I.S.

5 Más concretamente, la invención se refiere a un método y sistema de control de temperatura del molde en bucle cerrado para ajustar de forma automática la programación de la máquina para mantener la temperatura /extracción de calor deseada del molde.

10 Los envases comerciales de vidrio hueco se fabrican típicamente en una máquina IS (de Sección Individual) que utiliza un proceso de formación de dos etapas. En la primera etapa, conocida como el proceso del lado en blanco, se forma una preforma (parisón) hueca, por medio de aire a presión o soplado de una bola de vidrio fundido dentro de la cavidad formada por un par de mitades del molde en blanco. En la segunda etapa, conocida como el proceso del lado del soplado, el primer parisón se recalienta a partir de su calor interno y se estira por efecto de la gravedad. Entonces se sopla utilizando un compresor de aire dentro de la cavidad formada por las dos mitades de los moldes de soplado para conformar la forma del envase final.

15 La forma de la superficie exterior del envase acabado se determina por las dimensiones de la cavidad del molde de soplado. Por el contrario, como la superficie interna está formada por el aire comprimido, no hay una forma predeterminada para la superficie interna. De este modo, el espesor de pared depende de la redistribución del vidrio que se produce en el proceso del lado del soplado cuando el envase se transforma de un parisón a un envase acabado.

20 Esto, a su vez, depende de la distribución de la viscosidad altamente dependiente a la temperatura del parisón a medida que avanza el proceso del lado del soplado. Con el fin de lograr una buena distribución del vidrio en un envase de vidrio, es por consiguiente necesario tener una apropiada distribución de temperatura en los parisones cuando abandonan los moldes en blanco mediante la eliminación de la cantidad correcta de calor de los parisones a la velocidad correcta. Esto a su vez está influenciado por la cantidad de tiempo que los parisones permanecen en los moldes en blanco y por el tiempo y la duración del enfriamiento de las mitades del molde en blanco.

25 A medida que el vidrio caliente de la bola entra en contacto con la superficie interna más fría del molde en blanco, se forma la "piel" en el exterior del parisón. Es necesario tener una piel apropiada en los parisones para facilitar la inversión de los parisones y su traslado a los moldes de soplado mientras están todavía a una temperatura que se recalientará rápidamente. El espesor de la piel depende de forma predominante del tiempo de contacto del parisón con las paredes internas del molde en blanco (que varía principalmente en el tiempo de programación de la máquina), mientras que la temperatura de la piel depende de forma predominante de la temperatura en blanco. Dado que la temperatura del equipo de moldeo del lado en blanco tiene una influencia primaria en el estado térmico del parisón, se puede entender que es importante mantener los valores deseados para este parámetro del proceso.

35 Hoy, a pesar de la importancia de mantener las temperaturas del molde en blanco apropiadas, los parámetros del proceso que afectan la refrigeración de los moldes en blanco se ajustan típicamente de forma manual por el operador de la máquina I.S. basado en la apariencia visual de los parisones y de los envases de vidrio acabados. Debido a perturbaciones que actúan sobre el sistema, por ejemplo cambios en la temperatura del aire de refrigeración, la cantidad de refrigeración requerida varía a través del tiempo, de modo que el operador no sólo necesita configurar el tiempo de enfriamiento inicial, sino que también debe reajustarlo durante cada turno para mantener la temperatura en el molde en blanco deseada a lo largo del tiempo. Este ajuste manual se hace típicamente sin el beneficio de las mediciones en línea, basadas en la observación del vidrio en sí mismo y las comprobaciones puntuales de la temperatura del molde en blanco utilizando sondas de mano. Los resultados son, por consiguiente, altamente dependientes tanto de la habilidad como de la diligencia del operador.

45 Esto es beneficioso para obtener parisones cuya estabilidad térmica sea consistente a lo largo del tiempo, y a través de las múltiples cavidades de la máquina en general. En general, la modificación automática de los parámetros del proceso que afectan la refrigeración de los moldes en blanco basados en la información disponible sobre las características de los envases de vidrio caliente no se ha cumplido en el pasado, y representaría por lo tanto un nuevo desarrollo.

El tema desarrollado en este contexto de la sección de la invención no debe suponerse simplemente que ha sido una técnica anterior como resultado de su mención en el contexto de la sección de la invención.

50 Similarmente, el problema mencionado en el contexto de la sección de la invención o asociado con el tema del contexto de la sección de invención no debe suponerse que ha sido previamente reconocido en la técnica anterior. El tema en el contexto de la sección de la invención simplemente representa diferentes aproximaciones, que en sí mismas también pueden ser invenciones. El documento US2007/0006617A describe una máquina de hacer de botellas que tiene mecanismos de refrigeración para un número de moldes para formar botellas, cada uno de dichos mecanismos expone un molde correspondiente a un viento de enfriamiento para control individual de la temperatura del molde y que tiene cada uno un sensor de temperatura para detectar la temperatura del molde y una válvula para abrir y cerrar una ruta de viento refrigerante hacia el molde, el control del cual está de acuerdo con una señal de

conmutación procedente de un dispositivo de control que acumula en una memoria temperaturas detectadas de los moldes a intervalos regulares. Control individual similar de temperaturas de molde se describen en el documento WO2011/040318A. El documento DE102004054254 describe un sistema de este tipo con un sensor de temperatura movable capaz de medir las temperaturas de todos los componentes, con medida de temperatura cíclica. En el sistema del documento US4654066 las temperaturas se miden en diferentes momentos y en diferentes zonas de la máquina, que está también el microprocesador que controla alimentado con señales representativas de la presión, temperatura y humedad del aire de refrigeración. El uso de los datos de temperatura del interior de los moldes también es utilizado para controlar la refrigeración en los documentos EP1136453A y JP2002037634, y en el JP08012349 la temperatura del molde se controla mediante la determinación del ritmo de cambio a lo largo del tiempo de la diferencia entre los valores en el presente y en momentos anteriores de la temperatura del aire de refrigeración como antecedente de una regla de interferencia difusa.

Aquí se describe un nuevo enfoque, que utiliza un control en bucle cerrado en el que se mide la temperatura de los moldes en blanco y los parámetros de la refrigeración y el tiempo de contacto se ajustan automáticamente para mantener el valor de temperatura deseado. De este modo la invención puede mejorar el rendimiento del proceso y la calidad al tiempo que se reduce la dependencia de la habilidad del operador mediante el ajuste de forma automática de la sincronización de la máquina para mantener la temperatura/extracción de calor deseada del molde en blanco.

Con esta invención, se utilizan un sistema de control de temperatura del molde en blanco en bucle cerrado y un método para la operación del mismo para tomar las temperaturas medidas del molde en blanco y utilizarlas para controlar automáticamente el suministro de aire refrigerante a los moldes en blanco. Esto puede hacerse de forma independiente para cada mitad de molde en blanco así como independientemente al émbolo para cada molde en blanco. El sistema de control de temperatura del molde en blanco en bucle cerrado puede proporcionar comandos de punto de ajuste de temperatura, equilibrar las temperaturas de parisón izquierda y derecha, y mantener temperaturas de parisón en el punto de ajuste, todo lo cual contribuye a mejorar la calidad del envase de vidrio final.

La invención se refiere a un sistema como el definido en la reivindicación 1 y un método como el definido en la reivindicación 13.

En una realización del sistema, un aparato de medición del calor determina la temperatura de superficie de al menos un elemento de un molde en blanco y proporciona una medida de temperatura indicativa del mismo, una válvula para entregar selectivamente refrigeración a partir de un suministro de refrigerante a al menos un elemento del molde en blanco, se proporciona una temperatura de entrada para indicar una temperatura deseada a la cual al menos un elemento del molde en blanco debería ser mantenido, un controlador proporciona una duración de salida de refrigerante para operar la válvula para entregar refrigerante a al menos un elemento del molde en blanco de una manera dirigida a alcanzar la temperatura deseada, y un sistema de retroalimentación de monitoreo de errores que tiene como entradas la temperatura de entrada y la medida de temperatura que proporciona el sistema de monitoreo de errores una salida para operar el controlador.

En una realización del método, la temperatura de superficie de al menos un elemento de un molde en blanco está determinada y se proporciona una medida indicativa de temperatura de la misma, se proporciona un suministro de refrigerante, refrigerante que se entrega selectivamente desde el suministro de refrigerante a través de una válvula a al menos un elemento del molde en blanco, se indica una temperatura deseada a la cual al menos un elemento del molde en blanco debe ser mantenido, la válvula se opera con un controlador para entregar refrigerante a al menos un elemento del molde en blanco de una manera dirigida a alcanzar la temperatura deseada, y la temperatura de entrada y la medida de temperatura se proporcionan como entradas a un sistema de retroalimentación de monitoreo de errores cuyo sistema de monitoreo de errores proporciona una salida para operar el controlador.

A continuación se describirán varias realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la figura 1 es un gráfico que muestra la variación de la temperatura del parisón con el tiempo y la ubicación radial;

la figura 2 es un gráfico que muestra la variación de temperatura del molde en blanco con el tiempo y la ubicación radial;

la figura 3 es una representación esquemática de dos secciones de tres bolas de una máquina I. S. de prensa y soplado que muestra el enfriamiento de las mitades del molde en blanco y que tiene un pirómetro de múltiples ejes montado sobre riel para medir la temperatura de la superficie de las mitades y los émbolos;

la figura 4 es una representación esquemática similar a la mostrada en la figura 3 pero que muestra en mayor detalle el pirómetro transversal de múltiples ejes montado sobre riel utilizado para medir la temperatura de la superficie de las mitades del molde en blanco y los émbolos;

la figura 5 es un sistema de control de realimentación básico para controlar la temperatura del molde en blanco que utiliza el dato de la temperatura de la superficie procedente del pirómetro de múltiples ejes montado sobre riel de la figura 4;

la figura 6 es un sistema de control de realimentación más sofisticado que utiliza un algoritmo de modelo interno para controlar la temperatura del molde en blanco que utiliza el dato de la temperatura de superficie procedente del pirómetro de múltiples ejes montado sobre el riel de la figura 4;

la figura 7 es un gráfico de la respuesta escalonada del seguimiento de la orden;

5 la figura 8 es un gráfico de salida del control de la respuesta escalonada; y

la figura 9 muestra gráficos de temperatura y de la cantidad de refrigeración para mantener una temperatura constante en comparación con el control manual y el control automático.

10 Para entender mejor la operación del sistema de control de temperatura del molde en blanco en bucle cerrado que incorpora la presente invención y el enfoque que se tomó, puede ser beneficioso proporcionar primero una descripción más detallada del proceso térmico del molde en blanco. En el lado en blanco, el calor es transferido hacia la superficie interior de los moldes en blanco desde el vidrio caliente y eliminado por el aire de refrigeración que circula a través de los pasos de refrigeración dentro de los moldes en blanco. El proceso opera de forma cíclica. En cada ciclo de la máquina, se carga una bola nueva de vidrio fundido en las mitades del molde en blanco cerradas, luego se transforma en un parisón, las mitades del molde en blanco se abren y el parisón se retira, y finalmente las mitades del molde en blanco se cierran y se preparan para aceptar la próxima bola de vidrio fundido.

15 Siguiendo este ciclo de la máquina básico, tanto la adición de calor como la eliminación de calor de los moldes son también cíclicos. De hecho, durante cada ciclo, la superficie interior del molde en blanco cambia entre dos modos. En el primer modo, hay vidrio caliente en contacto con las superficies del molde con un gran flujo de calor en el molde en blanco. En el segundo modo, el vidrio se ha quitado y una cantidad relativamente pequeña de calor sale del interior de las superficies del molde debido a la convección y radiación natural. Durante el ciclo de la máquina, una válvula de suministro de aire de refrigeración se cambia entre abierta y cerrada para proporcionar un pulso de flujo de aire de refrigeración a través de los pasos de refrigeración internos de las mitades del molde en blanco. La cantidad de calor eliminado por ciclo se ajusta controlando la duración del pulso de aire de refrigeración. Por lo tanto, la condición de transferencia de calor dentro de los pasos de refrigeración también cambia entre dos modos. En el primer modo, el aire de refrigeración está circulando y hay una eliminación rápida de calor de las superficies de los pasos de refrigeración. En el segundo modo, el flujo de aire de refrigeración se detiene, y hay una cantidad insignificante de transferencia de calor.

20 Los resultados del calentamiento y enfriamiento cíclicos se ilustran en las figuras 1 y 2, que muestran las temperaturas previstas dentro del parisón de vidrio y dentro del molde en blanco, respectivamente, obtenidos de una simulación de un modelo inestable unidimensional del proceso térmico del molde en blanco. Con referencia primero a la figura 1, que muestra las temperaturas previstas dentro del parisón de vidrio, la superficie de contacto del molde del parisón de vidrio está indicada por la referencia numérica 30 y la interior del parisón está indicada por la referencia numérica 32. El momento de la llegada de la bola está indicado por la referencia numérica 34, y el momento en el que se abre el molde en blanco está indicado por la referencia numérica 36.

35 Con referencia a continuación a la figura 2, que muestra las temperaturas previstas dentro del molde en blanco, la superficie de contacto del vidrio en el interior del molde en blanco está indicada por la referencia numérica 40, y el paso de refrigerante dentro del molde en blanco está indicado por la referencia numérica 42. El momento de la llegada de la bola está indicado de nuevo por la referencia numérica 34, y el momento en el que se abre el molde en blanco está indicado de nuevo por la referencia numérica 36. El momento en el que el flujo de aire de refrigeración comienza a fluir está indicado por la referencia numérica 44, y el momento en el que el flujo de aire de refrigeración se detiene está indicado por la referencia numérica 46.

40 En general, la naturaleza periódica de la respuesta es bastante evidente, y también los gradientes de temperatura espacial agudos mostrados en las figuras 1 y 2 son también evidentes, que indican que en estas escalas de tiempo, el molde de metal no puede considerarse simplemente como una sola masa térmica agrupada con una temperatura uniforme. Mirando con más detalle, y considerando primero el vidrio (parisón), se puede ver que después de que la bola entra en contacto con los moldes en blanco la temperatura de la superficie del vidrio cae rápidamente y se forma un fuerte gradiente de temperatura o piel térmica en el parisón.

45 Después de que se abren los moldes en blanco y se rompe el contacto, esta piel comienza a recalentarse por el calor interno del vidrio. Mirando el molde en blanco, se puede ver que cuando el vidrio se pone en contacto con el molde en blanco, la temperatura de la superficie del molde que está en contacto con el vidrio se incrementa rápidamente y entonces la elevada temperatura penetra en la superficie interior del molde en blanco. Después de quitar el vidrio, la temperatura de la superficie cae, a medida que el calor continúa siendo conducido desde la superficie hasta el interior. A lo largo de los pasos de refrigeración, la temperatura de la superficie del molde en blanco desciende después que el flujo de aire de refrigeración se acciona y luego se calienta nuevamente a medida que el calor del interior relativamente cálido del molde en blanco vuelve a la superficie.

55 Una serie de retos deben ser superados con el fin de implementar un sistema de control de temperatura del molde en blanco mediante un práctico y efectivo bucle cerrado (automático). Un requisito previo para cualquier sistema de control en bucle cerrado (retroalimentación) es un mecanismo para medir el parámetro que debe ser controlado, en

este caso, la temperatura del molde en blanco. En general, es difícil implementar sensores y sistemas de medición que deberán sobrevivir en las duras condiciones de alta temperatura que se encuentran en el proceso de fabricación de envases de vidrio. En particular, una típica máquina I. S. tiene de diez a doce secciones cada una con entre dos y cuatro cavidades de molde en blanco por sección, con cada cavidad que consta de dos mitades de molde en blanco. En consecuencia, puede haber entre cuarenta y noventa y seis temperaturas de molde en blanco para medir en cada máquina.

Además, las mitades del molde en blanco se mueven a medida que los moldes se abren y se cierran y adicionalmente los moldes en blanco son reemplazados de forma regular. La implementación de sensores típicos tales como termopares en esta situación sería bastante difícil, debido al recorrido del gran número de cables que serían necesarios, proporcionando interconexiones para cambios de moldes en blanco, y permitiendo la flexión de cables a medida que los moldes en blanco se abren y se cierran. En esta situación, una medida sin contacto es sin duda preferida, aunque el coste de proporcionar mediciones individuales sin contacto para tantos puntos de medición parecería poco práctico en el mejor de los casos.

En la figura 3 se muestra una representación esquemática de los moldes en blanco de dos secciones de tres bolas de una máquina I. S. con un sistema de refrigeración de molde en blanco típico. Una primera sección de la máquina I. S. tiene las primeras mitades 50 y 52 de molde de cavidad izquierda y derecha, respectivamente, y un émbolo 54 de la primera cavidad, las segundas mitades 56 y 58 de molde de cavidad izquierda y derecha, respectivamente, y un émbolo 60 de la segunda cavidad, y las terceras mitades 62 y 64 de molde de cavidad izquierda y derecha, respectivamente, y un émbolo 66 de la tercera cavidad. Una segunda sección de la máquina I. S. tiene las primeras mitades 70 y 72 de molde de cavidad izquierda y derecha, respectivamente, y un émbolo 74 de la primera cavidad, las segundas mitades 76 y 78 de molde de cavidad izquierda y derecha, respectivamente, y un émbolo 80 de la segunda cavidad, y las terceras mitades 82 y 84 de molde de cavidad izquierda y derecha, respectivamente, y un émbolo 86 de la tercera cavidad.

Se suministra flujo refrigerante (aire) desde un suministro 88 de refrigerante a las cavidades de cada uno de los moldes en blanco en las dos secciones de la máquina I. S. mostradas en la figura 3 a través de una válvula para las mitades del molde en blanco en cada una de las secciones, las válvulas que son ajustables para controlar el flujo total de aire de refrigeración a las múltiples mitades de molde que forman un lado (izquierdo o derecho) de cada sección para controlar su temperatura. Las cavidades del molde reciben entradas de calor periódicas del vidrio caliente durante cada ciclo de formación del parísón, y eliminan el calor de allí mediante el flujo de aire de enfriamiento a las mitades del molde en blanco.

Específicamente, una válvula 90 controla el suministro de refrigerante procedente del suministro 88 de refrigerante a la primera cavidad izquierda de la mitad 50 del molde, la segunda cavidad izquierda de la mitad 56 del molde, y la tercera cavidad izquierda de la mitad 62 del molde en la primera sección, una válvula 92 controla el suministro de refrigerante procedente del suministro 88 de refrigerante a la primera cavidad derecha de la mitad 52 del molde, la segunda cavidad derecha de la mitad 58 del molde, y la tercera cavidad derecha de la mitad 64 del molde en la primera sección, una válvula 94 controla el suministro de refrigerante procedente del suministro 88 de refrigerante a la primera cavidad izquierda de la mitad 70 del molde, la segunda cavidad izquierda de la mitad 76 del molde, y la tercera cavidad izquierda de la mitad 82 del molde en la segunda sección, y una válvula 96 controla el suministro de refrigerante procedente del suministro 88 de refrigerante a la primera cavidad derecha de la mitad 72 del molde, la segunda cavidad derecha de la mitad 78 del molde, y la tercera cavidad derecha de la mitad 84 del molde en la segunda sección. Por supuesto, también es posible tener válvulas individuales para cada mitad de molde y controlar la refrigeración en cada una de las mitades del molde de forma individual.

La temperatura de la superficie en las mitades del molde en blanco puede ser monitoreada de cualquier manera adecuada. Para este propósito, las temperaturas de la superficie podrían ser medidas mediante sensores incrustados en los moldes, pirómetros fijos o cámaras térmicas que visualizan los moldes, o, si es preferible un solo trayecto, pirómetro rotativo que cíclicamente atraviesa la máquina muestreando las temperaturas de las cavidades izquierda y derecha de cada sección. El sistema de control de la temperatura del molde en blanco en bucle cerrado de la presente invención utiliza preferiblemente el último de estos enfoques, que está disponible comercialmente en Emhart Glass S. A. como el Sistema TCS™, que es un sistema basado en un pirómetro que se puede usar para monitorear las temperaturas del equipo del molde en el lado en blanco de una máquina I. S. Este sistema se muestra esquemáticamente en la figura 3 y con mayor detalle en la figura 4.

Con referencia particularmente a la figura 4, el pirómetro 100 único, de alta velocidad está montado a partir de un soporte 102 de ejes múltiples soportado por un sistema 104 de posicionamiento automático soportado por un riel 106 que se extiende por toda la longitud de la máquina I. S. (El pirómetro 100 en realidad está montado sobre el soporte 102 de múltiples ejes con dos grados de movimiento (rotación en cada uno de los planos horizontal y vertical ortogonales), con el tercer grado de movimiento que procede del movimiento del sistema 104 de posicionamiento automático sobre el riel 106 entre las secciones.) Implementado por el sistema de control de temperatura del molde en blanco en bucle cerrado de la presente invención, el sistema es capaz de monitorear las temperaturas de varios puntos de cada sección, incluyendo potencialmente tanto las mitades del molde en blanco en cada sección como sus respectivos émbolos. Cuando el sistema 104 de posicionamiento automático se mueve por el riel 106 a una posición adyacente a una de las secciones, el pirómetro 100 puede entonces ser dirigido por el soporte 102 de

múltiples ejes a las mitades y émbolos de un molde en blanco individual para obtener la medición de las temperaturas de cada mitad de cada una de las cavidades del molde individual y de los émbolos. El pirómetro 100 puede ser movido por el sistema de posicionamiento automático para atravesar el riel 106 para avanzar y retroceder a cualquiera de las secciones de toda la máquina I. S. para proporcionar actualizaciones periódicas de cada punto de medición de temperatura deseado.

La consideración del proceso subyacente a controlar revela que el control en bucle cerrado de las temperaturas del molde en blanco difiere en un número de aspectos clave del típico problema de control de proceso industrial. En el típico problema de control de proceso, las dinámicas del proceso a controlar, por ejemplo, el nivel de un tanque, o la temperatura de un flujo bien mezclado, están bien representados por un sistema dinámico de parámetros agrupados de bajo orden (ecuación diferencial ordinaria) con entradas continuas (en el tiempo) del actuador utilizado para ajustar el proceso. Por el contrario, como se trató anteriormente, en estas escalas de tiempo, los moldes en blanco exhiben claramente la característica de un sistema de parámetro distribuido, en el que las temperaturas varían de forma espacial en las direcciones radial (profundidad en el molde), circunferencial y axial.

Además, tanto la entrada de control (aire de enfriamiento) como las entradas de calor (vidrio caliente) son discontinuas en el tiempo y cambian periódicamente con cada ciclo sucesivo de carga de bolas y formación del parisón. Estos factores hacen que el problema de diseño del control sea algo más desafiante ya que no es posible derivar directamente modelos de procesos analíticos simples para ser utilizados para analizar y diseñar el control. En cambio, el desarrollo del control debe basarse en modelos de simulación más elaborados, y pruebas experimentales con el proceso real.

Adicionalmente, con el fin de implementar un sistema de control en bucle cerrado es necesario tener un medio para ajustar el tiempo del inicio y / o final del pulso de aire de enfriamiento, y mantener estas válvulas dentro de los límites definidos en relación con los otros eventos de programación del sistema. También es importante tener información adicional con respecto al estado de las secciones de la máquina que se están midiendo, por ejemplo, ya sea que estén funcionando, o que hayan sido limpiadas recientemente (los operadores aplican periódicamente lubricante a los moldes en una operación conocida como "aplicar limpiador con trapo/mopa"). En general, los sistemas comerciales de control del tiempo no proporcionan una interfaz externa de este tipo. Para superar este problema, el sistema de control de la temperatura del molde en blanco en bucle cerrado de la presente invención puede estar integrado directamente dentro del sistema de control del tiempo tal como el sistema de control que forma Emhart FlexiS™ disponible en Emhart Glass S. A. para proporcionar la intercomunicación necesaria entre los sistemas de control y el tiempo.

Haciendo referencia a la siguiente figura 5, un primer ejemplo de sistema de control de realimentación que utiliza el dato de la temperatura de la superficie para los moldes en blanco que se puede obtener utilizando la información obtenida a partir del pirómetro 100 de la figura 4 o de cualquier otra manera adecuada para controlar las temperaturas del molde en blanco. Cada cavidad 110 del molde en blanco recibe entradas de calor periódicas de vidrio caliente durante cada ciclo de formación del parisón. El efecto combinado del calor suministrado por el vidrio caliente a la cavidad 110 del molde en blanco y el calor eliminado por el aire refrigerante de la cavidad 110 del molde en blanco da como resultado un estado 112 térmico del molde que varía con el tiempo en la superficie de contacto de la cavidad 110 del molde en blanco.

El principio de funcionamiento de la realización ilustrada en la figura 5 es como sigue. Para cada cavidad del molde en blanco, se compara el punto de ajuste (deseado) de la temperatura con el valor medido obtenido por el pirómetro 100 (mostrado en la figura 4). La diferencia es operada por un algoritmo de control que luego calcula una duración del enfriamiento ajustada. La duración del enfriamiento se aplica luego a los moldes en blanco físicos por el sistema de control del tiempo, y la nueva temperatura que resulta es medida por el pirómetro 100 para completar el bucle.

Como se trató anteriormente, la temperatura de los moldes en blanco varía tanto espacial como temporalmente. Se observa que la medida hecha por el pirómetro 100 está hecha en un solo lugar en la superficie del molde en blanco y en un solo punto en el tiempo en relación con el ciclo de la máquina I. S. Por ejemplo, este punto en el tiempo puede ser justo después de que el vidrio abandona los moldes en blanco y la superficie del molde puede ser vista por el pirómetro. El sistema es, por lo tanto, inherentemente un sistema de datos muestreados, con el período de muestreo establecido por el tiempo de ida y vuelta requerido por el pirómetro 100 para medir temperaturas en toda la máquina I. S. Típicamente, este puede estar entre cinco y veinte minutos dependiendo del número de cavidades medidas y de la velocidad del ciclo de la máquina.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 5, en el sistema de control de temperatura del molde en blanco en bucle cerrado de la presente invención de la figura 4, el estado 112 térmico del molde se mide por un sistema 114 de medida que puede ser el pirómetro 100 basado en el sistema descrito anteriormente en conjunción con la figura 4. Este sistema 114 de medida proporciona como salida una medición 116 de temperatura. Se apreciará que la temperatura puede ser medida y controlada independientemente para las diferentes mitades de molde mediante el sistema de control de temperatura del molde en blanco en bucle cerrado de la presente invención.

La medición 116 de la temperatura del molde en blanco se resta de una temperatura deseada establecida por un punto de ajuste 118 de temperatura en un verano 120, cuya salida es una señal 122 de error. Esta señal 122 de

error se proporciona a un controlador 124 que calcula una duración de enfriamiento correctivo la duración 126 de enfriamiento que puede ser utilizada para modular las válvulas 90, 92, 94 y 96 del sistema ilustrado en la figura 3 y descrito anteriormente con el flujo que resulta de aire refrigerante que se proporciona a la cavidad 110 del molde en blanco para modificar el estado 112 térmico del molde con el fin de obtener las temperaturas deseadas en los lugares de medición.

Esto se hace controlando la duración 126 de enfriamiento durante cada ciclo de la máquina en el cual las válvulas 90, 92, 94 y 96 se mantienen abiertas. En lugar de un único controlador 124, múltiple, controladores idénticos pueden ser utilizados en su lugar con cada controlador responsable de modular una de las válvulas individuales 90, 92, 94 y 96 para obtener una temperatura medida determinada. Si se utilizan válvulas individuales para cada mitad de molde y para controlar la refrigeración en cada una de las mitades de molde individualmente, pueden usarse en su lugar controladores idénticos con cada controlador responsable de modular una válvula para controlar la refrigeración de cada mitad de molde.

Se podría utilizar una variedad de algoritmos para implementar realmente el controlador 124, incluyendo el bien conocido Controlador Proporcional Integral ("PID"), así como numerosos tipos de controles basados en modelos, en los cuales se utiliza un modelo de proceso real para ayudar a calcular una señal de control apropiada. Para controlar la duración 126 del enfriamiento, ya sea el momento en el que se abre la válvula, el momento en que se cierra la válvula o ambos podrían modificarse. Se podrían emplear límites para mantener la duración de apertura menor o igual que el tiempo de ciclo disponible, o cualquiera otra duración especificada deseada. Los límites y los tiempos de inicio también se pueden configurar para permitir solo el enfriamiento durante una parte del ciclo cuando se considere más deseable, o para evitar ciertos momentos en los que el enfriamiento se consideraría indeseable. Por ejemplo, sería deseable evitar una situación en la que el aire de enfriamiento exhaustado se sopla sobre el parísón.

En la figura 6 se ilustra una realización alternativa en la que se utiliza un esquema basado en el modelo de Estructura de Control de Modelo Interno particularmente atractiva. Elementos comunes de la figura 5 tienen números de referencia comunes, a saber la cavidad 110 del molde en blanco, el estado 112 térmico del molde, el sistema 114 de medición, y la medición 116 de temperatura. El sistema de control mostrado en la figura 6 utiliza tanto un modelo predictivo como un modelo inverso, y el modelo predictivo se utiliza para calcular la reacción esperada de la cavidad 110 del molde en blanco ante un cambio en la duración del enfriamiento, y el modelo inverso utilizado para calcular la duración del enfriamiento que proporcionará una aproximación de la temperatura del molde deseada.

El sistema ilustrado en la figura 6 opera en base a un punto de ajuste 130 filtrado que se proporciona como una entrada a un modelo 132 térmico de molde inverso que calcula una duración 134 de enfriamiento que debería alcanzar aproximadamente a la temperatura deseada del molde. El efecto combinado del calor suministrado por el vidrio caliente a la cavidad 110 del molde en blanco y el calor eliminado por el aire refrigerante de la cavidad 110 del molde en blanco según lo controlado por la duración 134 del enfriamiento da como resultado en el tiempo que varía el estado 112 térmico del molde en la superficie de contacto de la cavidad 110 del molde en blanco. El estado 112 térmico del molde se mide por el sistema 114 de medición que proporciona como una salida las mediciones 116 de temperatura de la temperatura de la cavidad 110 del molde en blanco.

La duración 134 de enfriamiento calculada también se aplica a un modelo 136 térmico de molde predictivo, que a su vez calcula la temperatura 138 prevista de la cavidad 110 del molde en blanco. La temperatura 138 prevista se resta de la medición 116 de temperatura para un verano 140, produciendo un error 142 de modelado. Si el modelo del proceso fuese perfecto, esta señal debería ser cero. Sin embargo, debido a numerosos factores reales que no se pueden tener en cuenta perfectamente, el error de modelado será generalmente distinto de cero.

El error 142 de modelado se resta de un punto de ajuste 144 de la temperatura deseada en un verano 146, cuya salida es un punto de ajuste 148 modificado. Se entenderá, que si, debido al error de modelado, el valor actual del punto de ajuste 148 modificado produce una respuesta demasiado grande, entonces el punto de ajuste 148 modificado se modifica en consecuencia para pedir una respuesta más pequeña, o viceversa. Con el fin de proporcionar robustez contra la alta frecuencia de errores de modelado, y evitar implementaciones irrealizables y evitar la reacción al ruido espurio de alta frecuencia, el punto de ajuste 148 modificado se pasa a través de un filtro 150 de paso bajo, por ejemplo, un valor promedio continuo, produciendo de este modo el punto de ajuste 130 filtrado, completando así el bucle de control. Para un sistema de control general, se podrían implementar múltiples bucles, uno por válvula, cada uno con la misma estructura, y operación como la que se muestra en la figura 6.

El sistema de control de temperatura del molde en blanco en bucle cerrado de la presente invención puede cubrir una máquina I. S. completa, muestreando periódicamente cada mitad de molde en blanco en cada sección. El sistema de control de temperatura del molde en blanco en bucle cerrado emplea menos de un minuto para muestrear todas las mitades del molde en blanco y todos los émbolos de una sección, y aproximadamente cinco minutos para que una máquina I. S. completa lo haga. Incluso con una velocidad de muestreo de una vez cada cinco a veinte minutos, efectiva, se puede establecer un control en bucle cerrado estable de temperaturas de molde en blanco.

El sistema en bucle cerrado ha sido implementado con éxito actualmente y probado operando máquinas IS. En las figuras 7 a 9 se presentan algunos resultados clave que ilustran las capacidades del sistema en bucle cerrado. La

capacidad del seguimiento de órdenes del sistema en bucle cerrado se ilustra en la figura 7 para cuatro cavidades de molde diferentes colocadas bajo control automático. En el momento $t=0$, el punto de ajuste de temperatura se cambia de 465 °C a 445 °C. Se puede ver que las temperaturas de las cuatro cavidades se desplazan y se sitúan en el nuevo valor del punto de ajuste ordenado, sin exceso u oscilación excesivos. Esto demuestra como un operador puede modificar directamente la temperatura de la cavidad simplemente ajustando del valor del punto de ajuste.

Por el contrario, sin un control automático, incluso si las medidas estuvieran disponibles, el usuario habría tenido que ajustar el tiempo de enfriamiento mediante prueba y error hasta alcanzar la temperatura deseada. Ya que el sistema de bucle abierto necesita típicamente 20 minutos aproximadamente para responder completamente a cada cambio en la duración del enfriamiento, este ajuste de prueba y error puede ser duradero, dando como resultado periodos extensos en los que la calidad de la producción puede verse afectada negativamente. La dificultad, en el ajuste manual de la duración del enfriamiento se refuerza aún más en la figura 8, que traza las salidas del controlador (duraciones del enfriamiento) que son requeridas para obtener los cambios de temperatura mostrados en la figura 7. Se puede ver que la magnitud final real del ajuste requerido es algo diferente para cada cavidad. Se nota que la cantidad de enfriamiento requerido dependerá también de otros factores tales como la temperatura del aire de refrigeración, y presión del ventilador, que motiva aún más la utilización de un control automático para proporcionar cambios precisos y oportunos a las temperaturas del molde.

Además de la capacidad de obtener un seguimiento de órdenes rápido y preciso, otro beneficio importante del control en bucle cerrado es la habilidad para mantener las temperaturas de la cavidad constantes ante entradas de perturbaciones inevitables. Perturbaciones típicas incluyen cambios en la temperatura del aire de refrigeración y la presión de suministro. La capacidad del bucle cerrado para mantener una temperatura constante a pesar de las perturbaciones se ilustra en la figura 9, que compara la variación de temperatura para dos secciones de la máquina (cavidades izquierda y derecha en cada sección), en donde una sección está bajo control automático y la otra se deja en manual (duración de la refrigeración constante).

Se puede ver que tras varias horas, la temperatura de la sección manual se ha reducido aproximadamente 15 °C, y luego continúa variando. Por el contrario las cavidades bajo control automático mantienen el punto de ajuste de 460 °C deseado a lo largo del periodo completo. En la mitad inferior de la figura 9, se muestran las salidas del controlador. Se puede ver que con el fin de mantener las temperaturas constantes, la duración del enfriamiento se puede ajustar continuamente.

Se apreciará que sin el control automático se requeriría una gran cantidad de tiempo y atención por parte del operador para hacer tales ajustes, y además, que sería difícil para el operador saber la cantidad precisa de corrección que sería requerida. Las evidentes perturbaciones cíclicas tanto en los datos manuales como en los automáticos mostrados en la figura 9 se deben a la aplicación periódica de lubricante (aplicar limpiador con trapo/mopa) de los moldes que se realiza cada treinta minutos aproximadamente. Se puede ver que el control automático también puede manejar tales perturbaciones, y devuelve la temperatura a sus valores de punto de ajuste.

El proceso térmico del lado en blanco influye fuertemente en el estado térmico del parísón, que a su vez influye en la calidad del envase acabado. Debido a las perturbaciones del proceso y a la variabilidad en la distribución del flujo, la cantidad de refrigeración requerida en el molde en blanco con el fin de mantener un estado térmico consistente del parísón varía a lo largo del tiempo y para las diferentes cavidades del molde. Tradicionalmente, para compensar esta variabilidad, la cantidad de refrigeración se ajusta manualmente y los resultados dependen de la habilidad y la diligencia del operador. Para proporcionar una producción más consistente, se ha desarrollado un práctico sistema automático de control de la temperatura del molde en blanco.

El sistema que se ha desarrollado ha sido habilitado mediante la combinación de: 1. un pirómetro transversal que proporciona las medidas necesarias; 2. una integración cerrada con sistema de control del tiempo que permite duraciones de la refrigeración de la máquina para ser ajustadas directamente; y 3. una comprensión de la dinámica del sistema obtenida del análisis y la simulación del proceso físico subyacente.

El sistema ha sido evaluado experimentalmente en funcionamiento de máquinas de producción de vidrio IS, y los resultados muestran que el sistema automático es capaz de proporcionar ajuste automático para la temperatura de operación, y mantener una temperatura de producción consistente.

Se puede esperar que la adopción de esta nueva tecnología reduzca la variabilidad de las temperaturas del molde en blanco y en última instancia mejore los rendimientos generales. Aliviando al personal operativo de la necesidad de ajustar constantemente el enfriamiento en blanco, se puede esperar también que ellos tendrán más tiempo para dedicarse de forma beneficiosa a la resolución de problemas en otras áreas.

En la versión más simple del sistema de la presente invención, solamente debería ser medida una única temperatura representativa de cada mitad de molde, por ejemplo, un punto en la cavidad media. Alternativamente se pueden hacer múltiples medidas, incluyendo cada una de las cavidades dentro de la sección o incluso múltiples puntos en la superficie de cada cavidad. En este último caso, la válvula podría ser accionada para obtener un promedio de sección deseada, o alternativamente para controlar la temperatura más extrema (máxima o mínima).

Mientras que la presente invención se describe aquí específicamente en términos de una única válvula para controlar todas las cavidades de un lado de una sección, se puede modificar también en realizaciones alternativas en las que se proporcionan válvulas adicionales para controlar el flujo de aire refrigerante tanto para cada mitad de molde en blanco o incluso para zonas individuales dentro de cada mitad del molde en blanco. En estas realizaciones, podría implementarse un bucle de control para cada válvula, con cada uno de esos bucles que sería responsable de controlar solamente una única mitad de molde en blanco o una única temperatura de media zona del molde en blanco correspondiente a la localización del flujo controlado por la válvula individual.

También debe tenerse en cuenta que mientras que el sistema de control de temperatura en bucle cerrado de la presente invención está inicialmente previsto para aplicar esta técnica al lado en blanco de una máquina I. S., los sistemas y métodos descritos en el presente documento también podrían, o alternativamente son empleados para controlar temperaturas del molde de soplado. La técnica también podría, o alternativamente, ser empleada para modular la temperatura de los émbolos, con sus temperaturas que serían medidas justo después de que se invierte el parión. En este caso, la duración dentro del ciclo en que la válvula de refrigeración del émbolo estaba abierta sería modulada. La técnica también podría, o alternativamente, ser empleada de manera similar para modular la temperatura de otros elementos del molde, por ejemplo para controlar una válvula de refrigerante de anillo de cuello para mantener la temperatura de anillo de cuello deseada.

Aunque la descripción precedente del sistema de control de temperatura del molde en blanco en bucle cerrado de la presente invención se ha mostrado y descrito con referencia a realizaciones particulares y aplicaciones de las mismas, ha sido presentada con propósitos de ilustración y descripción y no con intención de ser exhaustiva o de limitar la invención a las realizaciones particulares y aplicaciones representadas. Será evidente para aquellos que tienen habilidades ordinarias en la técnica que se pueden hacer un número de cambios, modificaciones, variaciones o alteraciones de la invención como se ha descrito en el presente documento, ninguno de los cuales se aleja del alcance de la presente invención. Las realizaciones particulares y aplicaciones se han elegido y descrito para proporcionar la mejor ilustración de los principios de la invención y su aplicación práctica para permitir de este modo a alguien de habilidad ordinaria en la técnica utilizar la invención en varias realizaciones y con varias modificaciones según sea adecuado para el uso particular contemplado. Todos esos cambios, modificaciones, variaciones, y alteraciones deben ser vistos por lo tanto como que están dentro del alcance de la presente invención como se determina mediante las reivindicaciones adjuntas cuando se interpretan de acuerdo con la amplitud a la que tienen derecho de manera justa, legal y equitativa.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco para una máquina I. S. que tiene un ciclo de máquina, que comprende:
- 5 un aparato (114) de medición de calor que determina la temperatura de la superficie de al menos un elemento de un molde (110) en blanco y proporciona una medición de temperatura indicativa del mismo;
- un suministro (88) de refrigerante;
- una válvula (90, 92, 94, 96) para entregar selectivamente refrigerante procedente del suministro de refrigerante al menos a un elemento del molde en blanco;
- 10 una entrada (118) de temperatura que indica una temperatura deseada a la que debe mantenerse al menos un elemento del molde en blanco;
- un controlador (124) para proporcionar una salida de la duración del enfriamiento para operar la válvula para entregar refrigerante al menos a un elemento del molde en blanco de una manera directa para alcanzar la temperatura deseada; y
- 15 un sistema de retroalimentación de monitoreo de errores que tiene como entradas la entrada de temperatura y la medición de la temperatura que el sistema de retroalimentación de monitoreo de errores proporciona como salida para operar el controlador;
- caracterizado porque
- el aparato de medición de calor obtiene medida o medidas de la temperatura de la superficie de al menos un elemento del molde en blanco, que comprende
- 20 medición de la temperatura de la superficie del molde en blanco en una sola ubicación y en un solo punto en el tiempo relativo al ciclo de la máquina I. S., y proporciona la medida o medidas de la temperatura indicativa de la citada temperatura de la superficie al sistema de retroalimentación de monitoreo de errores, para proporcionar la salida para operar el controlador.
2. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 1, en el que el molde en blanco tiene una mitad de molde izquierda (50, 56, 62, 70, 76, 82), una mitad de molde derecha (52, 58, 64, 72, 78 84), y un émbolo (54, 60, 66, 74, 80, 86), y en el que el aparato de medición de calor es capaz de determinar las temperaturas de cada una de la mitad de molde izquierda, la mitad de molde derecha y el émbolo.
- 25 3. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 1, en el que la máquina I. S. tiene múltiples secciones y múltiples moldes (110) en blanco en cada sección, y en el que el aparato de medición del calor comprende:
- 30 un pirómetro (100) de múltiples ejes montado sobre un rail (106) soporte del pirómetro para desplazarse entre las secciones, y en el que el pirómetro de múltiples ejes es capaz de determinar las temperaturas de cada uno de los moldes en cada una de las secciones.
- 35 4. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 1, en el que el aparato de medición del calor comprende:
- sensores incrustados en el molde en blanco.
5. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 1, en el que el aparato de medición del calor comprende:
- 40 un pirómetro fijo capaz de determinar la temperatura del molde en blanco.
6. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 1, en el que la máquina I. S. tiene múltiples secciones y múltiples moldes en blanco en cada sección, y en el que cada molde en blanco tiene una mitad de molde izquierda (50, 56, 62, 70, 76, 82) y una mitad de molde derecha (52, 58, 64, 72, 78, 84), y un émbolo (54, 60, 66, 70, 80, 86) en el que las mitades de molde izquierdas en cada sección tienen el flujo de refrigerante de las mismas controlado por una sola válvula (90, 94), y en el que las mitades de molde derechas en cada sección tienen el flujo de refrigerante de las mismas controlado por una sola válvula (92, 94, 96).
- 45

7. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 1, en el que la máquina I. S. tiene múltiples secciones y múltiples moldes en blanco en cada sección, y en el que cada molde en blanco tiene una mitad de molde izquierda y una mitad de molde derecha, y en la que el flujo de refrigerante a cada mitad de molde izquierda o derecha está controlado por una sola válvula.
- 5 8. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 1, en el que la máquina I. S. tiene múltiples secciones y múltiples moldes en blanco en cada sección, y en el que cada molde en blanco tiene una mitad de molde izquierda y una mitad de molde derecha, y en la que cada mitad de molde izquierda o derecha tiene una pluralidad de zonas, y en la que el flujo de refrigerante a cada zona de cada mitad de molde izquierda o derecha está controlado por una sola válvula.
- 10 9. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 1, en el que el controlador (124) comprende:
un controlador de modelo térmico de molde inverso.
10. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 1, en el que el sistema de realimentación del monitoreo de errores comprende:
15 un verano (120) para restar la medición de la temperatura proporcionada por el aparato de medición de calor de la salida de temperatura indicativa de la temperatura deseada para producir una señal de error que se proporciona al controlador.
11. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 1, en el que el sistema de realimentación del monitoreo de errores comprende:
20 un controlador de modelo térmico de molde que calcula una temperatura prevista del molde en blanco;
un primer verano (140) para restar la temperatura prevista proporcionada por el controlador de modelo térmico del molde de la medición de la temperatura proporcionada por el aparato de medición de calor para producir un error de modelado; y
un segundo verano (146) para restar el error de modelado proporcionado por el primer verano a partir de la
25 temperatura de entrada indicativa de la temperatura deseada para producir una señal de error que es proporcionada por el controlador.
12. Un sistema de control del tiempo del ciclo de enfriamiento del molde en blanco como se define en la reivindicación 11, que comprende adicionalmente:
un filtro (150) de paso bajo para filtrar la señal de error antes de ser proporcionada al controlador.
30 13. Un método para controlar el tiempo del ciclo de enfriamiento en una máquina I. S., que comprende:
determinar la temperatura de al menos un elemento de un molde (110) en blanco y proporcionar una medición de temperatura indicativa del mismo;
proporcionar un suministro (88) de refrigerante;
entregar refrigerante de forma selectiva procedente del suministro de refrigerante a través de una válvula (90, 92, 94,
35 96) al menos a un elemento del molde en blanco;
indicar una temperatura deseada a la que al menos un elemento del molde en blanco debe ser mantenido;
operar la válvula con un controlador (124) para entregar refrigerante al menos a un elemento del molde en blanco de manera dirigida para alcanzar la temperatura deseada;
controlar que la duración de la entrega de refrigerante sea inferior a una duración predeterminada; y
40 proporcionar la entrada de temperatura y la medición de la temperatura como entradas a un sistema de retroalimentación de monitoreo de errores, sistema de monitoreo de errores que proporciona una salida para operar el controlador.
14. Un método como se define en la reivindicación 13, en el que el molde en blanco tiene una mitad de molde izquierda, una mitad de molde derecha, y un émbolo, en el que la etapa de determinación comprende determinar las
45 temperaturas de cada una de la mitad de molde izquierda, la mitad de molde derecha, y el émbolo, y en el que la duración predeterminada es el tiempo del ciclo de la máquina I. S.

- 5 15. Un método como se define en la reivindicación 13, en el que la máquina I. S. tiene múltiples secciones y múltiples moldes en blanco en cada sección, en el que la etapa de determinación comprende montar un pirómetro (100) de varios ejes sobre un riel (106) de soporte de pirómetro para desplazarse entre las secciones, en el que el pirómetro de varios ejes es capaz de determinar las temperaturas de cada uno de los moldes en blanco en cada una de las secciones; y en el que el método comprende además recibir información con respecto a si uno de los moldes ha sido limpiado/lubricado recientemente.
- 10 16. Un método como se define en la reivindicación 13, en el que la máquina I. S. tiene múltiples secciones y múltiples moldes en blanco en cada sección, y en el que cada molde en blanco tiene una mitad de molde izquierda (50, 56, 62, 70, 76, 82), una mitad de molde derecha (52, 58, 64, 72, 78, 84) y un émbolo (54, 60, 66, 74, 80, 86), que comprende adicionalmente:
controlar el flujo de refrigerante a las mitades de molde izquierdas en cada sección con una sola válvula (90, 94); y
controlar el flujo de refrigerante a las mitades de molde derechas en cada sección con una sola válvula (92, 96).
- 15 17. Un método como se define en la reivindicación 13, en el que la máquina I. S. tiene múltiples secciones y múltiples moldes en blanco en cada sección, y en el que cada molde en blanco tiene una mitad de molde izquierda, y una mitad de molde derecha, que comprende adicionalmente:
controlar el flujo de refrigerante a cada mitad izquierda o derecha con una sola válvula.
- 20 18. Un método como se define en la reivindicación 13, en el que la máquina I. S. tiene múltiples secciones y múltiples moldes en blanco en cada sección, y en el que cada molde en blanco tiene una mitad de molde izquierda, y una mitad de molde derecha, y en el que cada mitad de molde izquierda o derecha tiene una pluralidad de zonas, que comprende adicionalmente:
controlar el flujo de refrigerante a cada zona de cada mitad de molde izquierda o derecha con una sola válvula.
- 25 19. Un método como se define en la reivindicación 13, en el que el sistema de retroalimentación de monitoreo de errores opera restando la medición de temperatura proporcionada por el aparato de medición de calor de la entrada de temperatura indicativa de la temperatura deseada para producir la salida para operar el controlador.
- 30 20. Un método como se define en la reivindicación 13, en el que proporcionar una salida para operar el paso del controlador comprende:
calcular una temperatura prevista de un molde en blanco con un controlador de modelo térmico del molde;
restar la temperatura prevista proporcionada por el controlador de modelo térmico del molde a partir de la medición de la temperatura proporcionada por el aparato de medición de calor para producir un error de modelado; y
restar el error de modelado de la entrada de temperatura indicativa de la temperatura deseada para producir la salida para operar el controlador.
21. Un método como se define en la reivindicación 20, que comprende adicionalmente:
filtrado de paso bajo de la salida para operar el controlador antes de ser proporcionada al controlador.

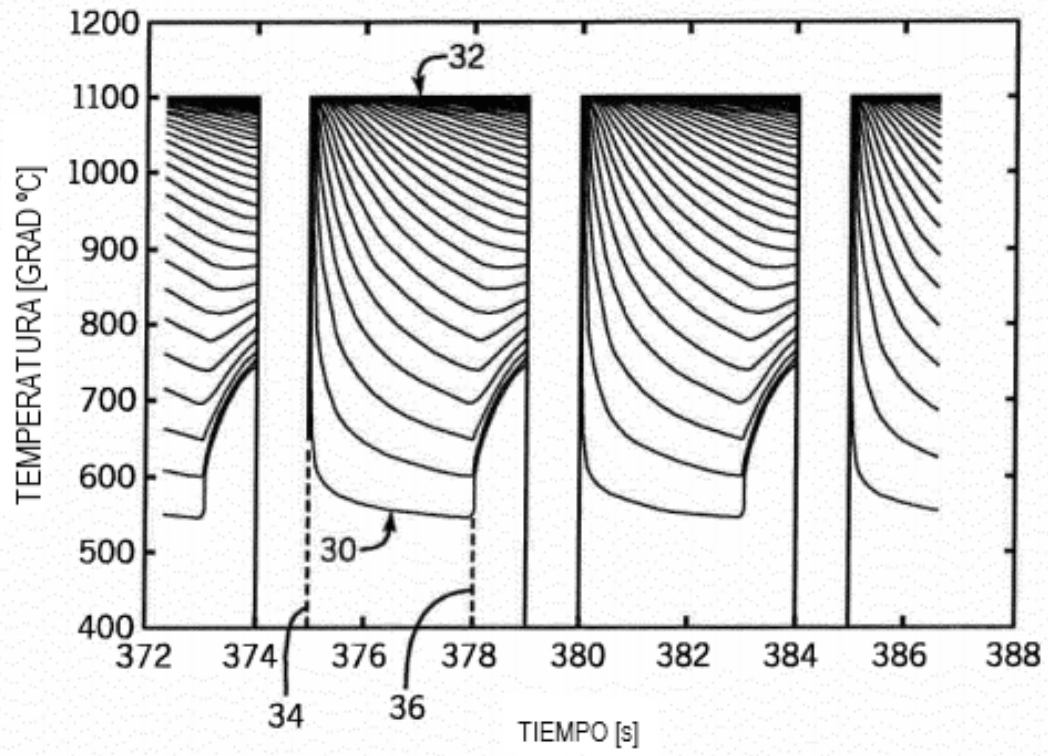


FIG. 1

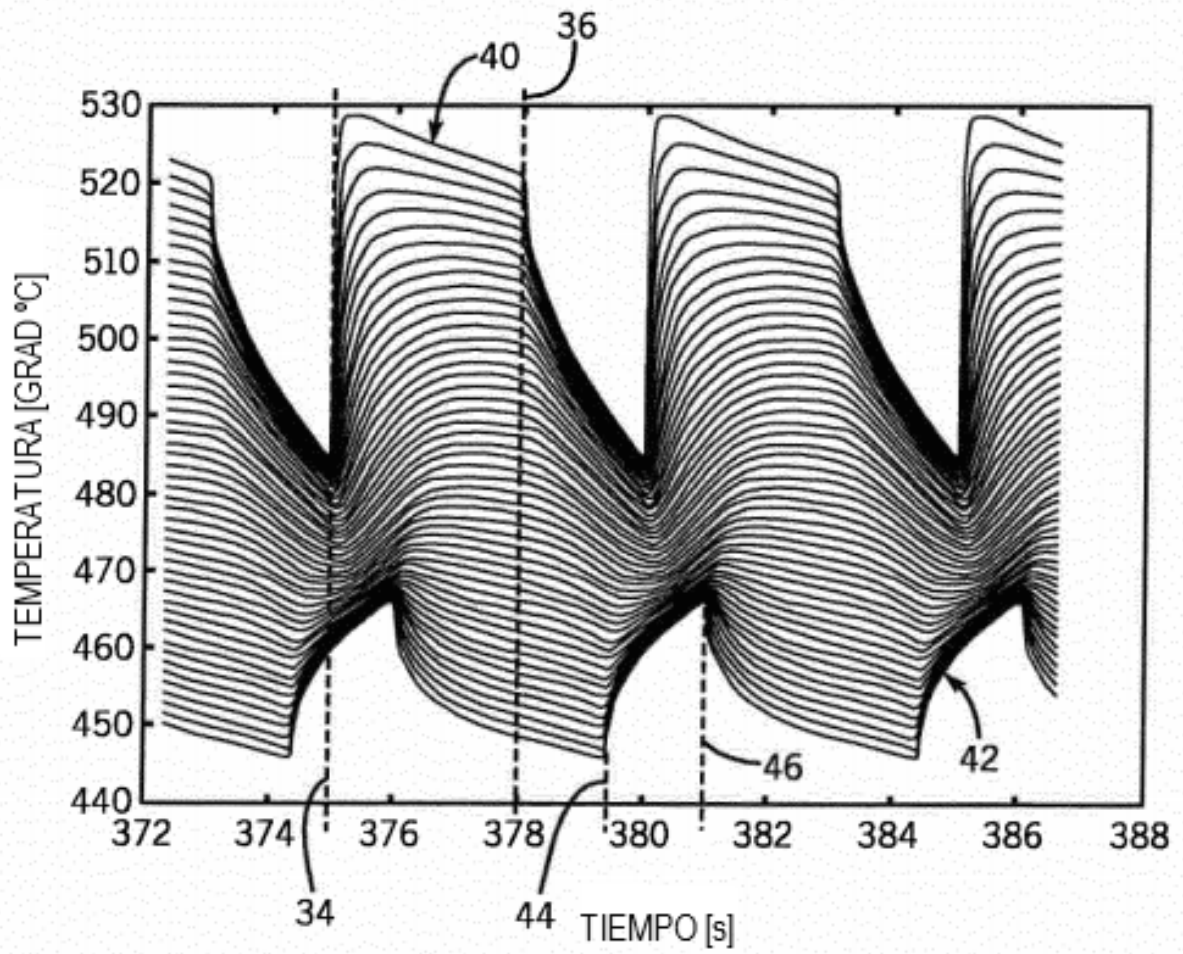


FIG. 2

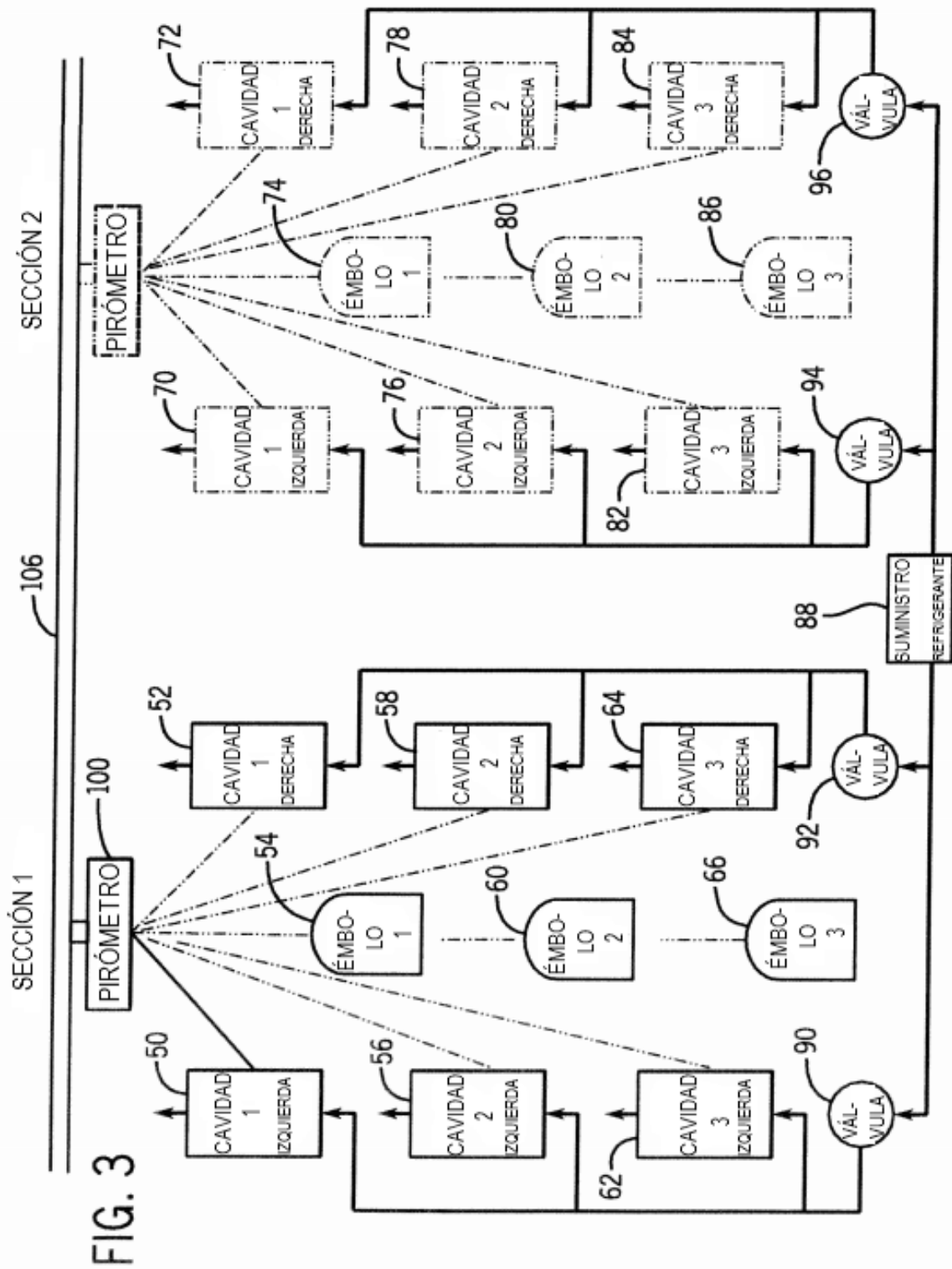


FIG. 3

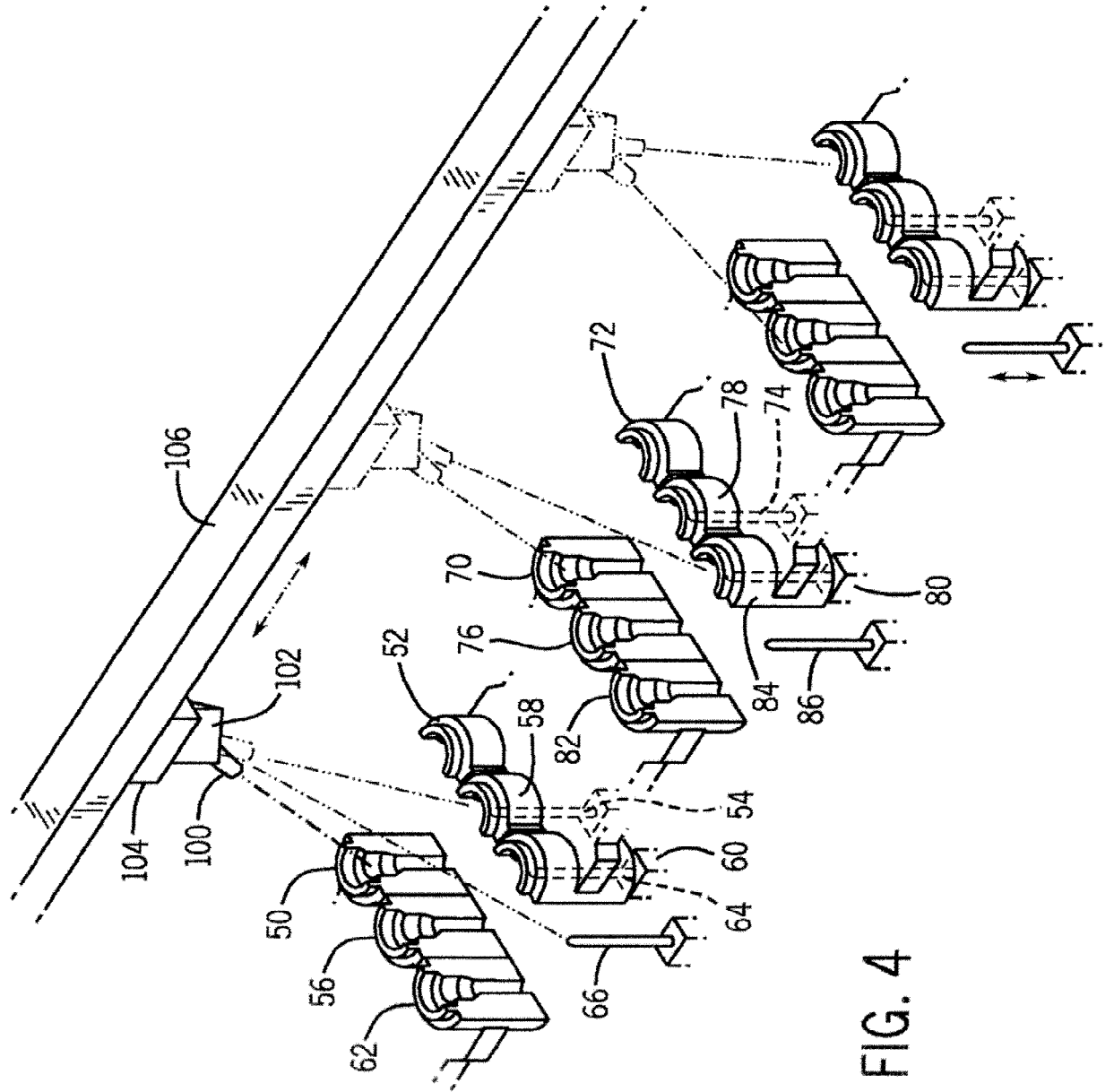
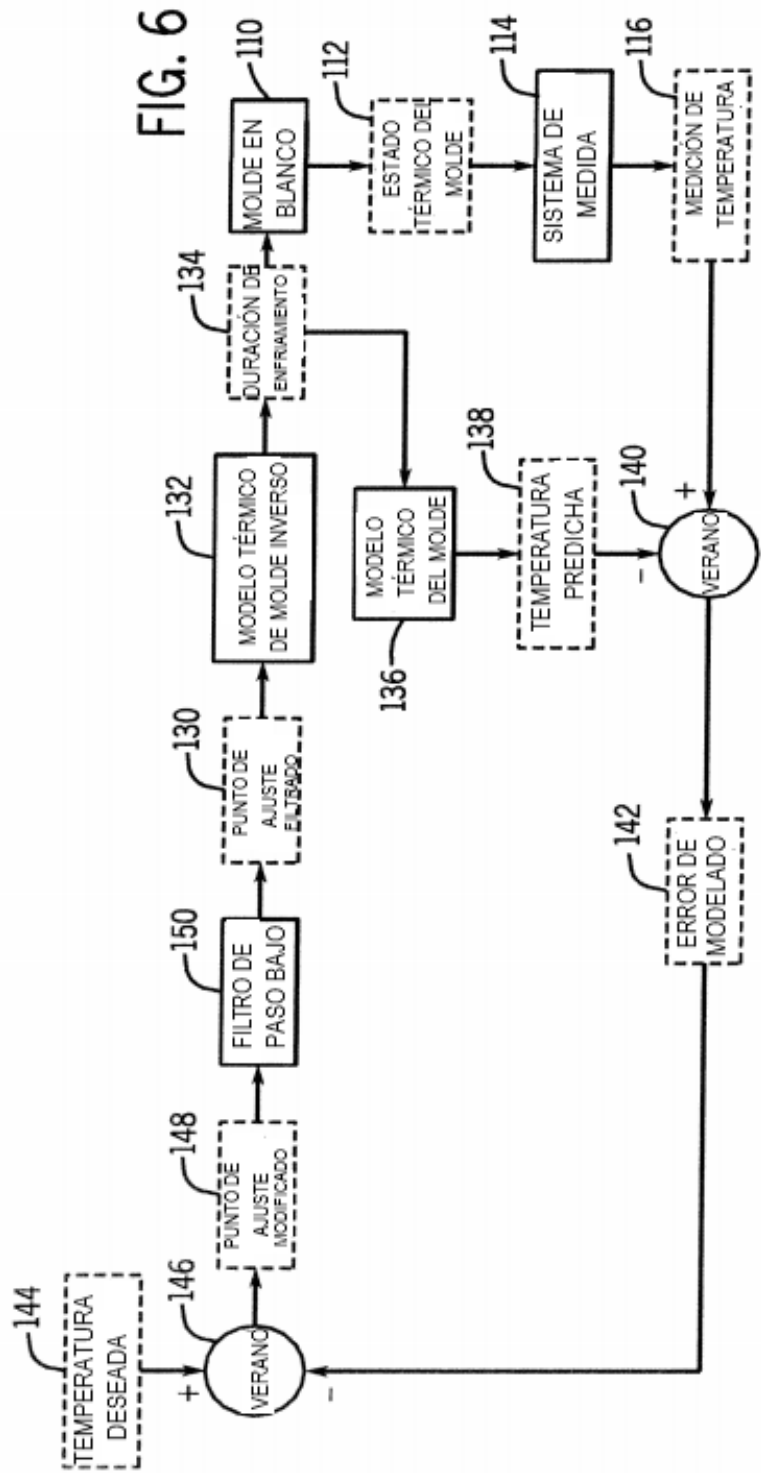
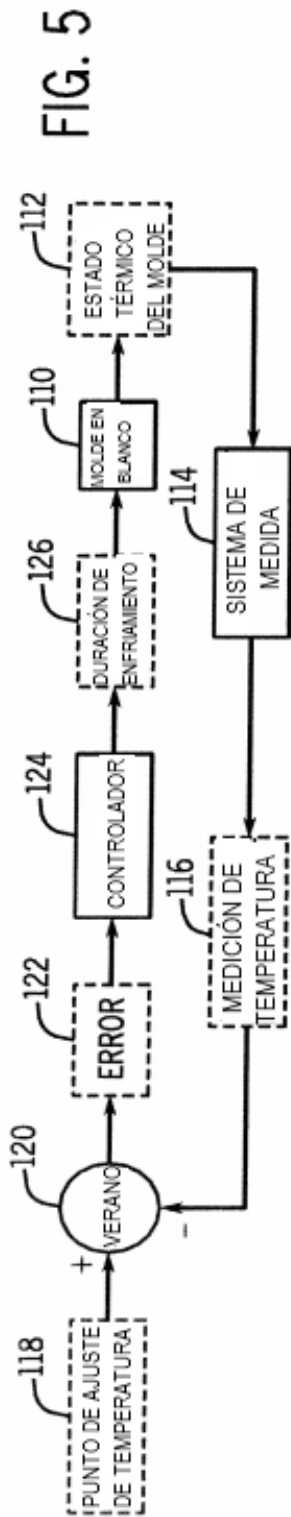


FIG. 4



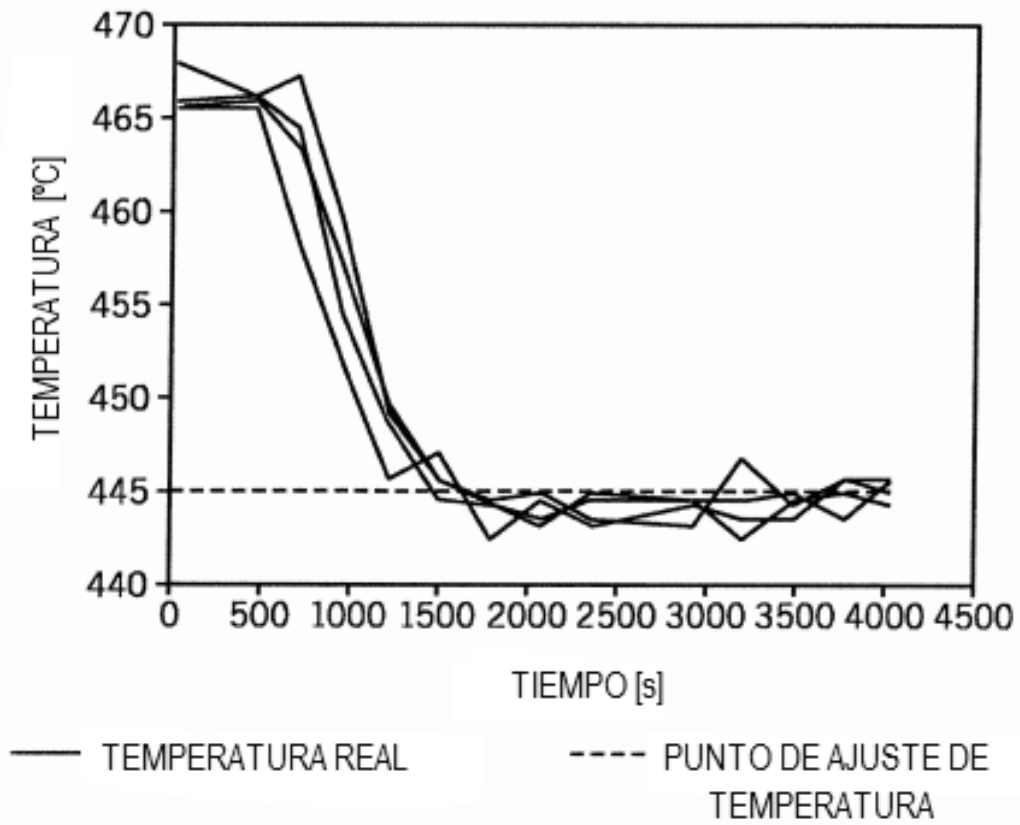


FIG. 7

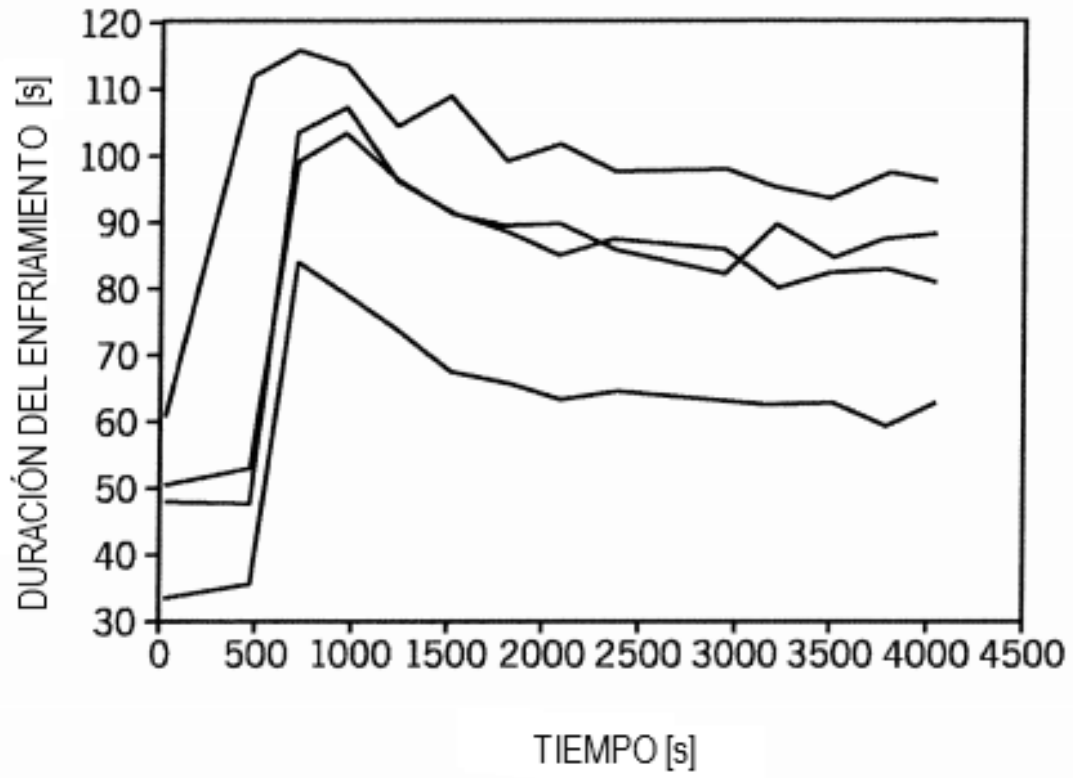


FIG. 8

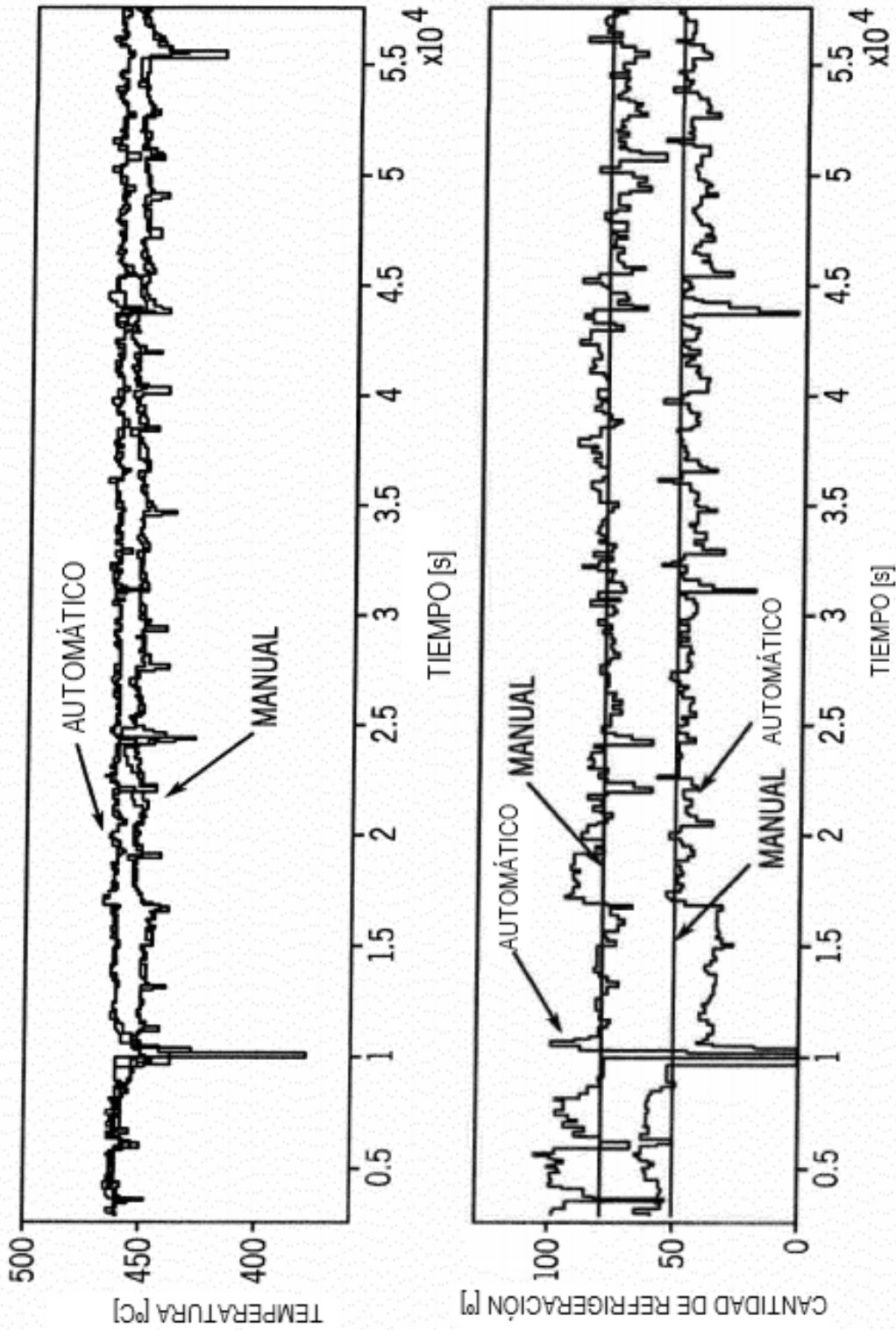


FIG. 9