

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 954 894**

51 Int. Cl.:

B29C 33/02 (2006.01)

B29C 41/46 (2006.01)

B29C 41/52 (2006.01)

G06F 30/20 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.11.2018** **E 18207875 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3656526**

54 Título: **Sistema y método para controlar un proceso de moldeo rotacional**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.11.2023

73 Titular/es:

AMS BELGIUM (100.0%)
Kieleberg 5
3740 Bilzen, BE

72 Inventor/es:

POTARGENT, JOHAN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 954 894 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 y método para controlar un proceso de moldeo rotacional

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a un sistema y a un método para controlar un proceso de moldeo rotacional. La presente divulgación se refiere además a un sistema y a un método para la simulación de un proceso de moldeo rotacional.

10

Antecedentes de la técnica

Por el documento EP 2832519 A1 es conocido un molde rotacional para moldear objetos termoplásticos huecos de material termoplástico básico en forma de polvo, granulados o líquido. El molde incluye semicoquillas acopladas para definir una cavidad que tiene la forma del objeto a moldear; un elemento eléctricamente conductivo dispuesto para definir un bobinado y conectable a una fuente de energía eléctrica variable de alta frecuencia, así como para generar un campo magnético en las semicoquillas para calentarlas mediante inducción electromagnética, donde el elemento eléctricamente conductivo define internamente un paso para un fluido de refrigeración.

15

20

25

30

35

40

El documento EP 2832519 A1 divulga además un dispositivo simulador que está provisto para optimizar del diseño del molde para el propósito de calentamiento del molde. El dispositivo simulador incluye una memoria, un procesador y una interfaz. La memoria contiene los datos que definen un modelo térmico del molde, incluyendo dichos datos una pluralidad de parámetros de modelo que representan, por ejemplo, los rasgos constructivos del molde que son invariables respecto a la forma de la parte a moldear, así como las características de alimentación eléctrica del molde por inducción electromagnética. El dispositivo está configurado para recibir datos de entrada relativos a una pluralidad de parámetros de entrada que representan la geometría del molde como una función de la parte a moldear. Al recibir estos datos, el procesador ajusta los valores de una pluralidad de parámetros de modelo relativos a la geometría del molde. Algunos de estos son parámetros de optimización, ya que contribuyen a definir el modelo pero, al mismo tiempo, son un objeto directo de optimización realizado por el dispositivo. Estos parámetros de optimización consideran en particular la geometría de la bobina (la geometría es una función de la forma del molde, pero está sujeta a un margen de variabilidad y a la opción de diseño). La memoria contiene software que, cuando se ejecuta por el procesador, inicia una simulación o preferiblemente dos o más simulaciones del comportamiento térmico de (es decir, de la distribución de temperatura en) el molde. El dispositivo se puede programar para permitir el ajuste de una pluralidad de parámetros de modelo tales como, por ejemplo, la frecuencia del voltaje de suministro o la temperatura y la tasa de flujo del refrigerante. La distribución de la temperatura en el molde es útil para evaluar la eficiencia de la calefacción del molde rotacional por inducción electromagnética. El dispositivo se puede programar para ejecutar un proceso iterativo que incluye una pluralidad de simulaciones de distribución de temperatura, seguidas por modificaciones correspondientes de la configuración de parámetros de modelo (optimización). Al final del proceso de simulación, el dispositivo vuelve preferentemente a la geometría sugerida de la bobina, calculada como una función de la geometría del molde específico (o de la parte de plástico a moldear) para optimizar la calefacción del molde y el rendimiento energético.

45

El uso de la Peak Internal Air Temperature (PIAT) medida como parámetro de control se divulga en "The DNA of Rotomolding", Roy Crawford, RotoWorld, 26 noviembre de 2013, [recuperado el 29-05-2019], recuperado de internet: URL <https://web.archive.org/web/20131126104122/http://rotoworldmag.com/dna-of-rotomolding/>.

50

Resumen de la divulgación

La presente divulgación se refiere a un sistema y a un método para controlar un proceso de moldeo rotacional.

55

La invención es como se define en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferentes se definen en las reivindicaciones dependientes.

60

La invención proporciona un sistema de moldeo rotacional que incluye un molde que tiene una pared de molde que rodea una cavidad de molde, un sistema de calefacción y refrigeración del molde integrado al menos parcialmente con la pared de molde y provisto para aplicar un programa de temperatura-tiempo al molde, un sistema de movimiento al que se puede conectar el molde y provisto para aplicar un programa de movimiento-tiempo al molde, y un sistema de control para controlar el sistema de calefacción y refrigeración del molde y el sistema de movimiento.

65

El sistema está configurado para determinar al menos un programa de temperatura-tiempo adecuado y al menos un programa de movimiento-tiempo adecuado para el moldeo rotacional de un objeto por medio del sistema de moldeo rotacional sobre la base de una característica térmica de moldeo rotacional predeterminada de una materia prima a usar para el moldeo rotacional del objeto, donde la característica térmica de moldeo rotacional predeterminada es un perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde blanco para el menos una materia prima. En particular, el sistema

por sí mismo puede ser capaz de determinar al menos un programa de calefacción y refrigeración y un programa de movimiento sobre la base de al menos la característica térmica de moldeo rotacional predeterminada del material seleccionado, posiblemente en combinación con otros parámetros y/u otras restricciones. Como resultado, la configuración del sistema o proceso de moldeo rotacional que incluye la determinación de programas adecuados para controlar la calefacción y la refrigeración y/o el movimiento, se puede simplificar.

En realizaciones según la divulgación, la configuración del sistema o proceso de moldeo rotacional se basa únicamente en la característica térmica de moldeo rotacional predeterminada de una materia prima. En otras realizaciones, la configuración del sistema o proceso de moldeo rotacional se basa en la característica térmica de moldeo rotacional predeterminada de una materia prima en combinación con uno o más parámetros y/o restricciones, tales como por ejemplo una temperatura máxima del proceso de moldeo rotacional, una duración máxima del proceso de moldeo rotacional, u otros.

En realizaciones según la divulgación, el sistema de moldeo rotacional puede incluir al menos un sensor para recoger retroalimentación de al menos un parámetro de proceso durante el moldeo rotacional del objeto.

En realizaciones según la divulgación, el sistema de control puede estar configurado para evaluar la retroalimentación recogida y ajustar al menos uno de los programas de temperatura-tiempo y de movimiento-tiempo que se ha aplicado. Esto permite ajuste en tiempo real del (de los) programa(s) basado en retroalimentación recogida de uno o más parámetros de proceso de moldeo rotacional.

En realizaciones según la divulgación, el sistema de control puede estar configurado para evaluar la retroalimentación recogida y determinar un programa de temperatura-tiempo adicional y/o programa de movimiento-tiempo adicional a aplicar para el moldeo rotacional de piezas posteriores de dicho objeto. Esto permite mejorar el proceso de moldeo para piezas posteriores de un objeto, basándose en la retroalimentación recogida de uno o más parámetros de proceso de moldeo rotacional.

En realizaciones según la divulgación, el sistema de control puede estar configurado para transmitir la retroalimentación recogida a un servidor remoto. Esto puede permitir un almacenamiento eficiente de la retroalimentación y, mediante el uso de un servidor remoto, por ejemplo con alta energía computacional, se puede mejorar o acelerar la evaluación de la retroalimentación recogida, posiblemente también en combinación con la evaluación de retroalimentación de parámetros de proceso de moldeo rotacional recogidos en otro lugar. El servidor remoto puede comunicar resultados de evaluación de vuelta al sistema de control, que puede usar los resultados de evaluación para el ajuste en tiempo real del proceso de moldeo rotacional o para la mejora del proceso de moldeo para piezas posteriores de un objeto. De este modo, los sistemas de moldeo rotacional ubicados en diferentes partes del mundo se pueden ajustar para beneficiarse de la retroalimentación recogida entre sí, que puede ser particularmente útil cuando los sistemas están configurados para el mismo objeto u objetos similares de la misma materia prima.

En realizaciones según la divulgación, el al menos un sensor puede incluir uno o más de los siguientes sensores: sensores de temperatura y movimiento. Otros sensores pueden incluir sensores de presión, humedad, acústicos, de corriente eléctrica, flujo, etc. La variedad de sensores puede ser de importancia significativa para proporcionar un control mejorado de al menos el sistema de calefacción y refrigeración y el sistema de movimiento del molde.

En realizaciones según la divulgación, el sistema de control puede incluir una base de datos de materias primas que contiene hojas de datos de una pluralidad de materias primas, incluyendo cada una de dichas hojas de datos para cada materia prima al menos una característica térmica de moldeo rotacional. El sistema de control se puede conectar a un servidor para obtener dichas hojas de datos y/o dicha al menos una característica térmica de moldeo rotacional. La información de la característica térmica de moldeo rotacional de una materia prima puede permitir una determinación más eficiente de al menos un programa de temperatura-tiempo adecuado y un programa de movimiento-tiempo adecuado. Además, esto puede simplificar la selección de un material adecuado para un objeto dado a moldear.

En realizaciones según la divulgación, cada característica térmica de moldeo rotacional se puede segmentar y cada segmento se puede aproximar por una función matemática. Esto puede permitir la reducción de espacio de almacenamiento y/o eficiencia computacional para evaluación más rápida de la característica térmica de moldeo rotacional y determinación más rápida de al menos un programa de temperatura-tiempo adecuado y al menos un programa de movimiento-tiempo adecuado. En realizaciones, esto puede permitir además una evaluación más rápida de la retroalimentación recogida de parámetros de moldeo rotacional, recogida por medio de uno o más sensores, por ejemplo sensores como se mencionan en otra parte de estas. En realizaciones, al menos una, preferiblemente una pluralidad de los segmentos se aproximan por una función matemática de primer orden. En realizaciones, al menos uno de los segmentos se puede aproximar por una función matemática de segundo orden, tercer orden u orden superior. En una realización preferente, al menos un segmento crítico de temperatura se define donde la característica térmica se aproxima más estrechamente que en otros segmentos y el al menos un segmento crítico de temperatura se aproxima por una función matemática de segundo orden, tercer orden u orden superior donde los otros segmentos

se aproximan por funciones matemáticas de primer orden. Un ejemplo de un segmento crítico de temperatura es la parte de la característica térmica entre el punto de fusión y la PIAT.

5 En realizaciones según la divulgación, cada segmento de la característica térmica y/o las transiciones entre los segmentos se pueden determinar en base al comportamiento de al menos una materia prima, como por ejemplo las propiedades térmicas de la materia prima tales como punto de fusión, PIAT, etc. Esto puede permitir la determinación eficiente de cada segmento, y puede resultar en determinación eficiente de al menos un programa de temperatura-tiempo adecuado y al menos un programa de movimiento-tiempo adecuado.

10 En realizaciones según la divulgación, cada hoja de datos puede contener características de flujo de la respectiva materia prima, donde el sistema de control usa las características de flujo en la determinación del programa de tiempo-movimiento adecuado. En particular, el sistema de control puede basar una decisión de qué programa de tiempo-movimiento se debe seleccionar a partir de un número de opciones disponibles de programas de tiempo-movimiento en datos sobre las características de flujo de la respectiva materia prima. Esto puede ayudar a asegurar que se haya
15 aplicado el programa movimiento-tiempo correcto y/o a detectar que otra materia prima sería más adecuada para el moldeo rotacional del objeto.

Un aspecto de la presente divulgación proporciona un método para usar el sistema de moldeo rotacional como se describe aquí en realizaciones anteriormente, que incluye los pasos de provisión de una materia prima a la cavidad
20 de moldeo del molde, aplicación de un programa de temperatura-tiempo al molde por medio del sistema de calefacción y refrigeración del molde integrado al menos parcialmente con la pared de molde, aplicación de un programa de movimiento-tiempo al molde por medio del sistema de movimiento.

Un aspecto de la presente divulgación proporciona un sistema de simulación por ordenador para simular un proceso
25 de moldeo rotacional, que incluye un molde virtual que tiene una pared de molde que rodea una cavidad de molde, un sistema de calefacción y refrigeración del molde virtual integrado al menos parcialmente con la pared de molde y provisto para aplicar un programa de temperatura-tiempo al molde virtual, y un sistema de movimiento virtual para aplicar un programa de movimiento-tiempo al molde virtual.

30 La simulación por ordenador puede estar configurada para determinar al menos una variable de simulación sobre la base de (i) una característica térmica de moldeo rotacional predeterminada de una materia prima a usar para el moldeo rotacional de un objeto y (ii) una simulación del moldeo rotacional del objeto de dicha materia prima por medio del sistema de moldeo rotacional virtual. Esto permite la prueba virtual y puede evitar de este modo, por ejemplo, pasos
35 costosos tales como construcción de un molde físico que no resulte apropiado para el proceso de moldeo rotacional, o permite predecir o reducir el número de objetos moldeados que serían rechazados, o permite probar el moldeo de un objeto por medio de una o más materias primas diferentes, etc.

En realizaciones según la divulgación, la al menos una variable de simulación a determinar puede incluir un programa de temperatura-tiempo adecuado, es decir, un programa de temperatura-tiempo que sea adecuado para moldear el
40 objeto desde la materia prima por medio de un proceso de moldeo rotacional. Esto permite la prueba virtual de múltiples programas de temperatura-tiempo en paralelo y de este modo puede reducir el tiempo necesario para determinar un programa de temperatura-tiempo adecuado. Además, esto permite la prueba virtual de múltiples programas de temperatura-tiempo y programas de movimiento-tiempo en paralelo y de este modo puede reducir el tiempo necesario para determinar una combinación adecuada de un programa de temperatura-tiempo y un programa de movimiento-
45 tiempo.

En realizaciones según la divulgación, el molde virtual y la parte integrada del sistema de calefacción y refrigeración virtual, integrada con la pared de molde, se puede definir sobre la base del programa de temperatura-tiempo predeterminado. Esto permite una definición eficiente de un molde y la parte integrada del sistema del sistema de
50 calefacción y refrigeración virtual, integrada con la pared de molde, y de este modo, por ejemplo, reduce el coste en comparación, por ejemplo, con la construcción de varios moldes físicos durante un proceso de ensayo y error para encontrar un molde adecuado y una parte integrada del sistema de calefacción y refrigeración.

En realizaciones según la divulgación, el programa de temperatura-tiempo predeterminado se puede usar como una
55 base para determinar un número y una ubicación adecuados de canales de calefacción y/o refrigeración a integrarse en o sobre el molde virtual. Esto permite una definición más eficiente del molde y de la parte integrada del sistema de calefacción y refrigeración basado en el programa de temperatura-tiempo predeterminado a aplicar en el sistema de calefacción y refrigeración.

60 En realizaciones según la divulgación, la al menos una variable de simulación a determinar puede incluir un programa de movimiento-tiempo adecuado, es decir, un programa de temperatura-tiempo que sea adecuado para moldear el objeto desde la materia prima por medio de un proceso de moldeo rotacional.

En realizaciones según la divulgación, la simulación se puede repetir mediante el molde virtual definido previamente
65 y la parte integrada del sistema de calefacción y refrigeración virtual. Repitiendo la simulación, el sistema puede determinar un programa de temperatura-tiempo más adecuado y/o un programa de movimiento-tiempo más adecuado,

por ejemplo para el ajuste fino de un programa de temperatura-tiempo determinado previamente y/o un programa de tiempo-movimiento determinado previamente. Esto permite una determinación más eficiente de un programa de temperatura-tiempo adecuado y/o un programa de tiempo-movimiento adecuado.

5 En realizaciones según la divulgación, el sistema de simulación puede incluir una base de datos de materias primas que contiene hojas de datos de una pluralidad de materias primas, incluyendo cada una de dichas hojas de datos para cada materia prima al menos una característica térmica de moldeo rotacional. El sistema de control se puede conectar a un servidor para obtener dichas hojas de datos y/o dicha al menos una característica térmica de moldeo rotacional. La información de la característica térmica de moldeo rotacional de una materia prima puede permitir una
10 determinación más eficiente de al menos un programa de temperatura-tiempo adecuado y un programa de movimiento-tiempo adecuado. Además, esto puede simplificar la selección de un material adecuado para un objeto dado a moldear.

15 En realizaciones según la divulgación, cada característica térmica de moldeo rotacional se puede segmentar y cada segmento se puede aproximar por una función matemática. Esto puede permitir la reducción de espacio de almacenamiento y/o eficiencia computacional para evaluación más rápida de la característica térmica de moldeo rotacional y determinación más rápida de al menos un programa de temperatura-tiempo adecuado y al menos un programa de movimiento-tiempo adecuado. En realizaciones, al menos una, preferiblemente una pluralidad de los segmentos se aproximan por una función matemática de primer orden. En realizaciones, al menos uno de los
20 segmentos se puede aproximar por una función matemática de segundo orden, tercer orden u orden superior. En una realización preferente, al menos un segmento crítico de temperatura se define donde la característica térmica se aproxima más estrechamente que en otros segmentos y el al menos un segmento crítico de temperatura se aproxima por una función matemática de segundo orden, tercer orden u orden superior donde los otros segmentos se aproximan por funciones matemáticas de primer orden. Un ejemplo de un segmento crítico de temperatura es la parte de la
25 característica térmica entre el punto de fusión y la PIAT.

En realizaciones según la divulgación, cada segmento de la característica térmica y/o las transiciones entre los segmentos se pueden determinar en base al comportamiento de al menos una materia prima, como por ejemplo las propiedades térmicas de la materia prima tales como punto de fusión, PIAT, etc. Esto puede permitir la determinación
30 eficiente de cada segmento, y puede resultar en determinación eficiente de al menos un programa de temperatura-tiempo adecuado y al menos un programa de movimiento-tiempo adecuado.

En realizaciones según la divulgación, cada hoja de datos puede contener características de flujo de la respectiva materia prima, donde el sistema de control usa las características de flujo en la determinación del programa de tiempo-
35 movimiento adecuado.

En una realización, el sistema de simulación puede incluir una interfaz de usuario, configurada para habilitar un usuario para definir un objeto a moldear por medio de un proceso de moldeo rotacional. Esto permite una interacción más fácil entre el usuario y el sistema de simulación y de este modo simplifica el proceso de moldeo rotacional o el ajuste de la
40 simulación del mismo.

En una realización, el sistema de simulación puede sugerir una selección de programas de temperatura-tiempo y/o programas de movimiento-tiempo. En particular, el sistema de simulación, partiendo de la característica de moldeo rotacional, puede determinar unas pocas posibilidades para el programa de temperatura-tiempo y/o el programa de
45 movimiento-tiempo, y presentar a continuación estas posibilidades al usuario, que puede seleccionar una o más para simulación o simulación adicional. Esto puede simplificar o acelerar el proceso de simulación ya que, por ejemplo, un usuario experimentado puede evitar la selección de un programa o la combinación de programa de temperatura-tiempo y programa de movimiento-tiempo del que ya sabe que no es adecuado o eficiente en base a experiencias técnicas o previas.

50 Un aspecto de la presente divulgación proporciona un método implementado por ordenador para simular un proceso de moldeo rotacional mediante un sistema de simulación como se describe anteriormente, que incluye los pasos de provisión de un molde virtual que tiene una pared de molde que rodea una cavidad de molde, provisión de un sistema de calefacción y refrigeración del molde virtual integrado al menos parcialmente con la pared de molde, y con esta la
55 aplicación de un programa de temperatura-tiempo al molde virtual y provisión de un sistema de movimiento virtual y con esta la aplicación de un programa de movimiento-tiempo al molde virtual.

El método puede incluir además la determinación de al menos una variable de simulación sobre la base de (i) una característica térmica de moldeo rotacional predeterminada de una materia prima a usar para el moldeo rotacional de
60 un objeto y (ii) una simulación del moldeo rotacional del objeto de dicha materia prima por medio del sistema de moldeo rotacional virtual.

Breve descripción de los dibujos

65 La presente divulgación se discutirá con mayor detalle a continuación, con referencia a los dibujos adjuntos.

La Fig. 1 muestra una representación esquemática de un sistema de moldeo rotacional.

La Fig. 2 muestra representaciones esquemáticas de (2a) una vista superior en sección transversal y (2b) una vista lateral de un molde y un sistema de calefacción y refrigeración del molde.

La Fig. 3 muestra representaciones esquemáticas de (3a) una vista superior en sección transversal y (3b) una vista lateral de un molde y al menos un sensor integrado en el sistema de moldeo rotacional.

La Fig. 4 muestra un diagrama esquemático de un sistema de moldeo rotacional.

La Fig. 5 muestra un diagrama esquemático que ilustra un sistema de control.

La Fig. 6 muestra un diagrama esquemático que ilustra una base de datos de materias primas.

La Fig. 7 muestra representaciones esquemáticas de características térmicas de moldeo rotacional, que muestra (7a) una característica térmica de moldeo rotacional y un perfil de temperatura-tiempo de la superficie del molde, un perfil de temperatura-tiempo y un perfil de movimiento-tiempo determinado sobre la base de los mismos, (7b) la segmentación de una característica térmica de moldeo rotacional y (7c) la segmentación y aproximación de una característica térmica de moldeo rotacional.

La Fig. 8 muestra un diagrama esquemático que ilustra un sistema de simulación.

La Fig. 9 muestra un diagrama esquemático que ilustra un conjunto de variables de simulación.

La Fig. 10 muestra una representación esquemática y una simulación repetida de programas de temperatura-tiempo y espesor del objeto.

Descripción de realizaciones

La presente realización se describirá con respecto a las realizaciones particulares y con referencia a ciertos dibujos, pero la divulgación no se limita a estos sino únicamente por las reivindicaciones. Los dibujos descritos son solo esquemáticos y no limitantes. En los dibujos, el tamaño de alguno de los elementos puede estar exagerado y no dibujado a escala con fines ilustrativos. Las dimensiones y las dimensiones relativas no corresponden necesariamente a reducciones reales para la práctica de la divulgación

Además. Los términos primero, segundo, tercero y análogos en la descripción y en las reivindicaciones se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Los términos son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y las realizaciones de la divulgación pueden operar en secuencias diferentes a las aquí descritas o ilustradas.

Por otra parte, los términos superior, inferior, sobre, bajo y análogos en la descripción y las reivindicaciones se usan con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Los términos usados de este modo son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y las realizaciones de la divulgación aquí descritas pueden operar en orientaciones diferentes a las aquí descritas o ilustradas.

Además, las diversas realizaciones, aunque se consideren "preferidas" se deben interpretar como maneras ejemplares en las que se puede implementar la divulgación más que limitantes del alcance de la divulgación.

El término "que incluye", usado en las reivindicaciones, no se debe interpretar como restrictivo a los elementos o pasos enumerados después; no excluye otros elementos o pasos. Se debe interpretar como especificación de la presencia de los rasgos, integrantes, pasos o componentes indicados como se menciona, pero no excluye la presencia o adición de uno o más rasgos, números enteros, pasos o componentes diferentes, o grupos de los mismos. De este modo, el alcance de la expresión "un dispositivo que incluye A y B" no se debe limitar a dispositivos que están constituidos únicamente por componentes A y B, más bien, con respecto a la presente divulgación, los únicos componentes del dispositivo enumerados son A y B, y además la reivindicación se debe interpretar incluyendo equivalentes de estos componentes.

Debido al complejo proceso y a muchas variables implicadas en el moldeo rotacional, actualmente no es siempre posible conseguir una producción económica viable a gran escala de productos moldeados por rotación, es decir, producir una gran cantidad del mismo artículo con la misma calidad.

Los inventores han descubierto que el perfil de la característica térmica de moldeo rotacional durante el moldeo rotacional de un objeto específico se puede usar como 'huella dactilar' única de dicho objeto y podría usarse como la base del control de calidad. Muchos aspectos de la resina, los aditivos, la calidad de polvos y el tamaño, las condiciones de fabricación, etc., pueden afectar a la característica térmica de moldeo rotacional y consecuentemente las propiedades de un objeto moldeado particular. Diferentes características térmicas de moldeo rotacional pueden

conducir a diferencias en las propiedades del objeto tales como espesor de pared, variación del espesor de pared, tensión interna, tenacidad al impacto, fragilidad, elasticidad, densidad, dureza, fuerza compresiva, etc.

Los fabricantes han investigado previamente la relación entre características térmicas del moldeo rotacional y propiedades del objeto y diseñado un sistema de moldeo rotacional con el fin de conseguir propiedades del objeto deseadas, pero actualmente no hay vías satisfactorias para conseguir el cumplimiento estricto con al menos una característica térmica de moldeo rotacional deseada y de este modo conseguir una reproducibilidad satisfactoria. En efecto, los actuales sistemas de moldeo rotacional siguen un programa de temperatura-tiempo y un programa de movimiento-tiempo predeterminados que se eligen en base al objeto deseado, sin considerar variables que afecten a la manera en la que el molde o la resina en el molde responden al programa de temperatura-tiempo o al programa de movimiento-tiempo. Tales variables pueden estar relacionadas con la resina, tales como densidad, grado de polimerización, propiedades de copolimerización, índice de flujo de fusión, viscosidad, impurezas, tipo y cantidad de aditivos, tamaño de partícula, contenido en agua, contenido en disolvente residual, temperatura y humedad de almacenamiento, exposición a la luz, etc., que muestran a menudo una pequeña variación entre diferentes cargas de la misma materia prima, que pueden tener un gran impacto en la calidad del producto final y conducir a piezas rechazadas. Tales variables pueden estar asimismo relacionadas con variables de proceso o equipo, tales como parámetros ambientales (temperatura, humedad, etc.), desgaste de equipo que conduce a irregularidades en la temperatura real conseguida con respecto a la cantidad de calefacción aplicada, movimiento real a lo largo del tiempo, etc. Adicionalmente, el perfil de temperatura-tiempo se aplica generalmente como periodos de calefacción (o refrigeración) predeterminados a niveles de energía predeterminados, sin considerar la respuesta real del molde o de la(s) materia(s) prima(s) en el molde.

Aunque se han desarrollado sistemas y métodos para seguir la temperatura de la cavidad de molde que incluso permiten ajustes limitados en tiempo real durante el proceso de moldeo (por ejemplo el sistema Rotolog®), sigue habiendo una necesidad de sistemas y métodos mejorados para el moldeo rotacional, especialmente para sistemas y métodos que están adaptados específicamente para uso con un molde montado en un brazo de robot, tales como los sistemas de moldeo rotacional conocidos por el documento EP 2844446 B1.

Las primeras realizaciones del sistema de moldeo rotacional y el método según la divulgación se describirán con referencia a las Figs. 1-4. El sistema de moldeo rotacional 1 que incluye al menos un molde 10, un sistema de calefacción y refrigeración 20 del molde provisto para aplicar un programa de temperatura-tiempo al (a los) molde(s) 10, un sistema de movimiento 30 al que se puede conectar el molde y provisto para aplicar un programa de movimiento-tiempo al (a los) molde(s) 10, y un sistema de control 40 para controlar el sistema de calefacción y refrigeración 20 del molde y el sistema de movimiento 30.

Cada molde 10 se usa para el moldeo rotacional de un objeto dado, y se puede diseñar con al menos una propiedad de molde, que incluye una propiedad seleccionada a partir del grupo constituido por: pared, cavidad, material, forma, peso, volumen, área superficial, espesor de pared y detalles de diseño (por ejemplo ángulos de esquinas, radios de esquinas, pasos, huecos, desechos, socavaduras, acanaladuras, grietas, coronas). La Fig. 2 muestra esquemáticamente algunas realizaciones de moldes 10a, 10b, que incluyen en cada caso una pared de molde 11a, 11b que rodea una cavidad de molde 12a, 12b. La pared de molde 11a, 11b puede incluir o estar constituida por cualquier material adecuado, tales como aluminio o níquel electroformado, preferiblemente aluminio.

La Fig. 2a muestra una vista en sección transversal de una realización de un molde 10a y la Fig. 2b muestra una vista lateral de una realización de un molde 10b, y donde un sistema de calefacción y refrigeración del molde 20a, 20b puede estar integrado al menos parcialmente con la pared de molde 11a, 11b y provisto para aplicar un programa de temperatura-tiempo al molde para controlar la temperatura del molde. La integración del sistema de calefacción y refrigeración del molde 20a, 20b al menos parcialmente con la pared de molde se puede realizar por medio de métodos diferentes, por ejemplo por medio de integración al menos parcial del sistema de calefacción y refrigeración del molde 20a, 20b en la pared de molde o montaje del sistema de calefacción y refrigeración del molde 20a, 20b en un lado exterior de la pared de molde 11a, 11b o en un lado interior de la pared de molde. El método de montaje se seleccionará por los expertos en la técnica considerando la naturaleza de los dispositivos de calefacción o refrigeración usados.

En realizaciones, el sistema de calefacción y refrigeración del molde 20a, 20b puede incluir uno o más dispositivos de calefacción para calentar la pared de molde 11a, 11b. El uno o más dispositivos de calefacción se pueden montar sobre la pared de molde 11a, 11b, por ejemplo mediante provisión de conductos para el paso de un líquido o gas sobre la pared de molde, o mediante provisión de elementos de calefacción por infrarrojo o inducción sobre la pared de molde. El uno o más dispositivos de calefacción se pueden integrar asimismo en la pared de molde 11a, 11b, por ejemplo mediante incorporación de conductos para el paso de un líquido o gas en la pared o resistencias eléctricas o cualquier otro medio de calefacción en la pared de molde.

En realizaciones, el uno o más dispositivos de calefacción se pueden posicionar a una distancia del molde 10a, 10b, por ejemplo células infrarrojas que están posicionadas a una distancia de la pared de molde 11a, 11b. Preferiblemente, el uno o más dispositivos de calefacción pueden proporcionar calefacción de la pared de molde 11a, 11b, y están dispuestos preferentemente sobre la pared de molde 11a, 11b. La calefacción directa se puede llevar a cabo, por

ejemplo, por medio de presencia de resistencias eléctricas sobre o incorporadas en la pared de molde, por medio de calefacción por inducción o calefacción infrarroja en o sobre la pared de molde, por medio de presencia de canales sobre o en la pared de molde para el paso de un líquido o gas a la temperatura deseada, o mediante uso de microondas para elementos de calefacción en o sobre la pared de molde. El líquido se puede suministrar desde una reserva, por ejemplo un baño de líquido en el que se mantiene el líquido de calefacción a la temperatura deseada. El líquido de calefacción puede incluir agua, por ejemplo agua que incluye un aditivo que mejora las propiedades de intercambio de calor y/o un inhibidor de corrosión. El líquido de calefacción puede incluir o estar constituido por un aceite, tal como un aceite mineral o un aceite de silicona. El líquido de calefacción se puede proporcionar a una temperatura o a múltiples temperaturas. Los líquidos de calefacción múltiples se pueden proporcionar a múltiples temperaturas. Dentro del alcance de la divulgación se puede usar una variedad de líquidos de calefacción. Los diferentes dispositivos de calefacción descritos anteriormente se pueden combinar para proporcionar calefacción más eficiente.

En realizaciones, el sistema de calefacción y refrigeración del molde 20a, 20b puede incluir uno o más dispositivos de refrigeración para refrigerar la pared de molde 11a, 11b. El uno o más dispositivos de refrigeración se pueden montar sobre la pared de molde, por ejemplo mediante provisión de conductos para el paso de un líquido o gas sobre la pared de molde. El uno o más dispositivos de refrigeración se pueden integrar asimismo en la pared de molde, por ejemplo mediante incorporación de conductos para el paso de un líquido o gas en la pared. El líquido se puede suministrar desde una reserva, por ejemplo un baño de líquido en el que se mantiene el líquido de calefacción a la temperatura deseada. El líquido de refrigeración puede incluir agua, por ejemplo agua que incluye un aditivo que mejora las propiedades de intercambio de calor y/o un inhibidor de corrosión. Otros medios de refrigeración adecuados incluyen nitrógeno líquido o CO₂ líquido o gaseoso. Se puede decidir mantener un líquido de refrigeración a una temperatura, pero también se puede decidir mantener un líquido de refrigeración a múltiples temperaturas o mantener múltiples líquidos de refrigeración a múltiples temperaturas. Dentro del alcance de la divulgación se puede usar una variedad de líquidos de refrigeración. El dispositivo de refrigeración se puede posicionar asimismo a una distancia corta del molde, estando aún formado integralmente con el molde, por ejemplo ventiladores que están acoplados al molde, como integrados en la pared de molde, donde parte de la superficie del molde afectada directamente por la corriente de aire generada por estos ventiladores se forma opcionalmente para tener un área superficial más elevada que otras partes de la superficie del molde. Los diferentes dispositivos de refrigeración descritos anteriormente se pueden combinar para proporcionar refrigeración más eficiente.

En realizaciones, el sistema de calefacción y refrigeración del molde 20a, 20b puede incluir uno o más dispositivos de calefacción y uno o más dispositivos de refrigeración. El uno o más dispositivos de calefacción y el uno o más dispositivos de refrigeración pueden estar asociados a los mismos dispositivos. Por ejemplo, los mismos canales pueden permitir el paso de líquido o gas, donde el líquido o gas se puede suministrar a una temperatura deseada, de modo que se proporcionan altas temperaturas de líquido o gas para calentar el molde o partes del mismo y bajas temperaturas de líquido o gas para enfriar el molde o partes del mismo. Otros ejemplos pueden incluir uno o más ventiladores que permiten soplar aire a temperaturas deseadas, donde el aire se puede suministrar a temperaturas deseadas, un baño de líquido o un dispositivo de pulverización, donde el líquido se controla a temperaturas deseadas, o un dispositivo de inyección proporcionado para inyectar gas o líquido en la cavidad de molde a temperaturas deseadas. Preferiblemente, al menos el dispositivo de calefacción está integrado con la pared de moldeo 11a, 11b.

En realizaciones, tales como se muestran, por ejemplo, en la Fig. 2b, el sistema de calefacción y refrigeración 20b puede estar provisto para aplicar programa de temperatura-tiempo a una parte particular del molde, sin perturbar o afectar negativamente a los programas de temperatura-tiempo de otras partes del molde. En particular, mediante aplicación de diferentes programas de temperatura-tiempo a diferentes partes del molde, cada parte del molde se puede calentar o refrigerar independientemente de las otras partes del molde. De este modo, para cada parte del molde se pueden seleccionar programas de temperatura-tiempo independientemente de otras partes. Por ejemplo, se proporciona un líquido a una temperatura en un primer canal 21a, se proporciona un líquido a otra temperatura en un segundo canal 21b, etc. estando integrados los canales en diferentes partes del molde.

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una realización de un sistema de moldeo rotacional 1 que incluye múltiples moldes 10. Un sistema de calefacción y refrigeración del molde (no mostrado en esta figura), independientemente de otros moldes de manera opcional, puede aplicar un programa de temperatura-tiempo específicamente a cada molde sin perturbar o afectar negativamente al programa de temperatura-tiempo de los otros moldes. En particular, cada molde se puede calentar o refrigerar independientemente de los otros moldes. De este modo, para cada molde se pueden seleccionar programas de temperatura-tiempo independientemente de los otros. De otra manera, asimismo se puede aplicar el mismo programa de temperatura-tiempo a un número de moldes 10 o a todos los moldes 10.

Un programa de temperatura-tiempo se puede referir a instrucciones para variar la energía eléctrica en un sistema de calefacción-refrigeración durante el moldeo rotacional o variar el suministro de fluido de calefacción y/o refrigeración a canales sobre el molde, o generalmente instrucciones para operar la calefacción del molde y la refrigeración del molde.

En realizaciones según la presente divulgación, la integración del sistema de calefacción y refrigeración del molde 20 al menos parcial con la pared de molde 11 puede mejorar la movilidad y manipulabilidad del molde, ya que la manipulación del molde puede tener lugar junto con el sistema de calefacción y refrigeración del molde, y el molde no

se debe retirar del mismo para permitir acceso al molde. Además, el desplazamiento del molde no está impedido por una carcasa envolvente de un sistema de calefacción o refrigeración del molde, pero el molde se puede desplazar, mover y manipular en su conjunto y puede estar sujeto a rotación, agitación o basculación.

5 En las Figs. 1-3, el sistema de movimiento 30 al que se puede conectar un molde puede incluir una pluralidad de motores eléctricos, actuadores hidráulicos y/o neumáticos, y puede ser preferiblemente un brazo de robot 30 provisto para aplicar un programa de movimiento-tiempo al molde 10. El sistema de movimiento puede incluir uno o más brazos de robot 30, controlables por medio del sistema de control 40. El extremo de uno o más brazos de robot 30 porta uno o más moldes 10 para formar un objeto a partir de una materia prima. Cada molde 10 está dispuesto de manera móvil
10 respecto al brazo de robot 30, al sistema de control 40 o una combinación de los mismos. Preferiblemente, el movimiento del (de los) molde(s) 10 respecto al (a los) brazo(s) de robot 30 del dispositivo para el moldeo rotacional se controla/n por el brazo de robot 30, el sistema de control 20 o una combinación de los mismos.

15 En realizaciones mostradas, los moldes 10 pueden estar montados rotacionalmente sobre el respectivo brazo de robot 30. Preferiblemente, cada molde 10 puede estar posicionado rotacionalmente sobre un primer eje X para permitir la producción de objetos huecos. Una uniformidad mejorada del espesor de pared del objeto se puede obtener mediante posicionamiento rotacional sobre un primer eje X y un segundo eje Y. El primer eje X y el segundo eje Y pueden ser un eje horizontal y un eje vertical, pero también pueden estar orientados en cualquier ángulo respecto a la horizontal, respecto a la vertical. Asimismo, se puede seleccionar rotación sobre un primer eje X y un segundo eje Y para variar
20 localmente el espesor de pared del objeto hueco. Aquí, el segundo eje Y está posicionado preferiblemente en un segundo ángulo respecto al primer eje X, por ejemplo a un ángulo de 90 grados, no obstante se puede usar adecuadamente cualquier otro ángulo si la aplicación lo requiere. Preferiblemente, el ángulo entre el primer eje X y el segundo eje Y es ajustable. Preferiblemente, la velocidad con la que puede rotar el molde sobre el primer eje X y el segundo eje Y es ajustable de manera individual. Preferiblemente, la velocidad de rotación sobre el primer eje X es ajustable independientemente de la velocidad de rotación sobre el segundo eje Y y viceversa. En realizaciones
25 alternativas, en lugar o adicionalmente al posicionamiento rotacional del molde sobre un primer eje y un segundo eje, se puede desear posicionar rotacionalmente el molde sobre un primer eje X y de manera basculante respecto a un tercer eje Z. La velocidad o la frecuencia de basculación con al que el molde 10 bascula respecto al tercer eje Z es ajustable preferentemente de manera individual para cada molde, así como el ángulo en el que el molde es basculante y cualquier otro parámetro que influya sobre el movimiento de basculación. El control del movimiento de basculación del molde 10 puede tener lugar directamente mediante el brazo de robot 30 o indirectamente mediante el sistema de control 40 que transmite una señal correspondiente al brazo de robot 30, que controla posteriormente el movimiento del molde.

35 En realizaciones, el sistema de movimiento 30 se puede proporcionar para mover el molde 10 entre una o más de las siguientes posiciones: una posición para llenar el molde con materia prima, una posición para someter el molde a uno o más regímenes de temperatura, una posición para someter el molde a uno o más movimientos y una posición para desmoldear el objeto formado en el molde. Preferiblemente, la posición para someter el molde a uno o más regímenes de temperatura y la posición para someter el molde a uno o más movimientos son la misma, de modo que el molde se
40 puede mover (por ejemplo rotar) y someter a un régimen de temperatura (por ejemplo refrigeración por medio de ventiladores externos) simultáneamente. Por ejemplo, la posición de calefacción y la posición de rotación pueden coincidir. En otro ejemplo, la posición de refrigeración puede coincidir con las posiciones mencionadas anteriormente. El movimiento del molde 10 entre estas posiciones se implementa preferiblemente moviendo un brazo de robot 30 de tal manera que el molde 10 realice el movimiento deseado. Esto implica que el propio brazo de robot 30 puede estar
45 asimismo dispuesto de manera móvil, por ejemplo móvil en una plataforma en al menos una dirección. El movimiento del brazo de robot 30 se puede controlar por un sistema de control 40 que está presente en el brazo de robot 30. El movimiento del brazo de robot se puede controlar asimismo por el sistema de control 40 que está provisto para comunicarse con el brazo de robot 30 para controlar el movimiento. Asimismo es posible una combinación de ambos.

50 En realizaciones, el molde 10 y un sistema de alimentación de materia prima 70 puede estar dispuesto de manera móvil respecto a otro, preferiblemente el molde 10 es móvil desde y hacia el sistema de alimentación de plástico 70 por medio del brazo de robot 30 al que se puede conectar el molde. En el caso de que el sistema de moldeo rotacional contenga múltiples sistemas de alimentación de material, el brazo de robot está provisto preferiblemente para controlar el desplazamiento del molde 10 hacia el sistema de alimentación 70 deseado.

55 En realizaciones, el sistema de movimiento puede estar provisto para mover una pluralidad de moldes conectados al sistema de movimiento. La pluralidad de moldes puede ser conectable a un brazo de robot. Dos o más moldes pueden ser conectables a uno o más brazos de robot. Cada molde puede estar asociado a su propio brazo de robot.

60 La Fig. 5 muestra esquemáticamente una parte detallada de un sistema de control 40 para controlar el sistema de calefacción y refrigeración del molde 20 mediante determinación de al menos un programa de temperatura-tiempo 42 adecuado. Un programa de temperatura-tiempo 42 adecuado puede ser un programa seleccionado por un usuario a partir de una lista de una pluralidad de programas de temperatura-tiempo, que es preferiblemente una lista que contiene un conjunto limitado de opciones que el sistema de control 40 puede determinar en base a la(s)
65 característica(s) térmica(s) de moldeo rotacional de una o más materias primas. El sistema de control 40 puede estar configurado para el control de la calefacción incluyendo el control de la cantidad de calor suministrado al molde 10 por

medio de calefacción directa u otros medios de calefacción como se describe aquí anteriormente, tales como mediante control de la cantidad de energía provista a un dispositivo de calefacción eléctrico, o mediante control de la temperatura y/o la tasa de flujo de un gas o líquido de calefacción preferentemente mediante control de la cantidad de energía provista a un dispositivo de calefacción eléctrico. En realizaciones, el molde 10 puede estar provisto con múltiples dispositivos de calefacción integrados, que calientan el molde en zonas y separadamente de manera controlable por el sistema de control. El sistema de control 40 puede estar provisto para el control de la refrigeración, incluyendo el control de la cantidad de calor extraído del molde 10 por medio de un dispositivo de refrigeración, que puede estar formado integralmente con la pared de molde 11 o puede ser un dispositivo de refrigeración indirecta como se explica aquí anteriormente, por ejemplo mediante control de la cantidad de flujo de aire generado por un ventilador.

En la realización mostrada, el sistema de control 40 para controlar el sistema de movimiento puede estar configurado para determinar al menos un programa de movimiento-tiempo 43 adecuado. Un programa de movimiento-tiempo 43 adecuado puede ser un programa seleccionado por un usuario a partir de una lista de una pluralidad de programas de movimiento-tiempo, que es preferiblemente una lista que contiene un conjunto limitado de opciones que el sistema de control 40 puede determinar en base a la(s) característica(s) térmica(s) de moldeo rotacional de una o más materias primas. El sistema de control 40 puede estar configurado para el control del movimiento, que puede incluir el control de la orientación del molde, es decir, la dirección de su eje principal, la velocidad de rotación del molde y/o la proporción de rotación del molde, donde la proporción del molde puede estar provista por la proporción de velocidades sobre los dos ejes ortogonales, secuencia de movimientos, etc. se pueden programar en su totalidad en el programa de movimiento-tiempo 30.

En la realización mostrada, el sistema de control 40 para el control de la calefacción del molde y el sistema de refrigeración 20 y el sistema de movimiento 30 se pueden configurar para determinar al menos un programa de temperatura-tiempo 42 adecuado y al menos un programa de movimiento-tiempo 43 adecuado. El al menos un programa de temperatura-tiempo 42 adecuado y un programa de movimiento-tiempo 43 adecuado puede ser un programa seleccionado por un usuario a partir de una lista de una pluralidad de programas de temperatura-tiempo y programas de movimiento-tiempo, que es preferiblemente una lista que contiene un conjunto limitado de opciones que el sistema de control 40 puede determinar en base a la(s) característica(s) térmica(s) de moldeo rotacional de una o más materias primas. La selección de programas de temperatura-tiempo y programas de movimiento-tiempo puede ser independiente entre sí y/o combinada, lo que significa que el sistema de control puede sugerir una o más combinaciones de programa de temperatura-tiempo con un programa de movimiento-tiempo.

En la realización mostrada, el sistema de control 40 puede estar provisto además para controlar un sistema de presión 60 y puede estar configurado para determinar al menos un programa de presión-tiempo 44 adecuado. Un programa de presión-tiempo 44 adecuado puede ser un programa seleccionado por un usuario a partir de una lista de una pluralidad de programas de presión-tiempo. El sistema de control 40 puede estar configurado para el control de la presión, tal como el control de uno o más medios de regulación de presión, tales como válvulas, que están provistos para regular la presión dentro de la cavidad de molde 12 y son al menos capaces de cambiar entre una posición cerrada y una posición abierta, donde la posición cerrada cierra sustancialmente la cavidad de molde y la posición abierta permite sustancialmente el intercambio de gas con aire ambiental o un ambiente de presión controlada, tal como aire presurizado.

En la realización mostrada, el sistema de control 40 puede estar provisto para controlar un sistema de presión 60 y puede estar configurado para determinar al menos un programa de humedad-tiempo 45 adecuado. Un programa de humedad-tiempo 45 adecuado puede ser un programa seleccionado por un usuario a partir de una lista de una pluralidad de programas de humedad-tiempo. El sistema de control 40 puede estar configurado para el control de la humedad, tal como el control de uno o más medios de regulación de humedad, tales como válvulas, que están provistos para regular la humedad dentro de la cavidad de molde 12 y son al menos capaces de cambiar entre una posición cerrada y una posición abierta, donde la posición cerrada cierra sustancialmente la cavidad de molde y la posición abierta permite sustancialmente el intercambio de gas y/o líquido con aire ambiental o un ambiente de humedad controlada, tal como un humidificador. En realizaciones, la posición abierta permite sustancialmente inyectar agua o vapor de agua en el molde.

En la realización mostrada, el sistema de control 40 puede estar provisto además para controlar un sistema de alimentación 70 y puede estar configurado para determinar al menos un programa de dosificación-tiempo 46 adecuado. Un programa de dosificación-tiempo 46 adecuado puede ser un programa seleccionado por un usuario a partir de una lista de una pluralidad de programas de dosificación-tiempo. El sistema de control 40 puede estar configurado para el control de la dosificación de materia prima, que incluye el control del tipo de materia prima dosificada, la tasa de dosificación de materia prima y/o la cantidad de materia prima dosificada. En realizaciones, el sistema de control 40 puede estar configurado para el control de la aplicación de un agente desmoldeante o adyuvante de procesamiento a al menos una parte de la superficie de la cavidad de molde. Los agentes desmoldeantes y los adyuvantes de procesamiento adecuados se encuentran disponibles comercialmente y son conocidos en la técnica. El sistema de control puede controlar la aplicación de un agente desmoldeantes a al menos una parte de la superficie de la cavidad de molde, tal como más de 40 %, más de 70 %, más de 90 % o toda la superficie de la cavidad de molde.

En realizaciones según la divulgación, el sistema de control 40 puede incluir una unidad o múltiples unidades que se comunican entre sí. Por ejemplo, una unidad principal o más subunidades, por ejemplo, dispositivos de calefacción de control separado, dispositivos de refrigeración, brazos de robot, etc.

5 En realizaciones según la divulgación, el sistema de control 40 puede estar configurado para controlar al menos uno de los sistemas de calefacción y refrigeración del molde 20, el sistema de movimiento 30, el sistema de presión 60 y el sistema de alimentación 70, preferiblemente al menos el sistema de calefacción y refrigeración del molde 20 y el sistema de movimiento 30.

10 Como se usa aquí, un sistema de moldeo rotacional 1 puede realizar un conjunto de instrucciones provistas por el sistema de control 40 al sistema de calefacción y refrigeración del molde 20 y/o al sistema de movimiento 30, que resulta en las manipulaciones deseadas para producir un objeto moldeado rotacionalmente a partir de una materia prima como se define aquí anteriormente. El sistema de control puede incluir intervención humana (por ejemplo dosificación de materia prima), pero de modo preferente está completamente automatizado.

15 Como se usa aquí, un programa de temperatura-tiempo 42 se refiere a un conjunto de instrucciones que pueden ser provistas por el sistema de control 40 al sistema de calefacción y refrigeración del molde 20 y que resulta en intensidades y periodos de tiempo predeterminados de calefacción y/o refrigeración aplicadas al molde por medio de uno o más dispositivos de control de temperatura formados integralmente y/o por medio de los dispositivos de calefacción/refrigeración indirectos opcionales. La persona experta entenderá que un programa de temperatura-tiempo 20 42 puede incluir periodos en los que no se aplica calefacción o refrigeración al molde, que pueden resultar en una temperatura del molde que se mantiene relativamente estable, disminuye o aumenta dependiendo de factores tales como la temperatura ambiente o procesos físicos o químicos en curso. El programa de temperatura-tiempo 42 está aplicado al molde al menos parcialmente, de modo preferible por completo, por medio del sistema de calefacción y 25 refrigeración del molde 20 controlado por el sistema de control 40.

Como se usa aquí, un programa de movimiento-tiempo 43 se refiere a un conjunto de instrucciones que puede ser provisto por el sistema de control 40 al sistema de movimiento 30 y que resulta en intensidades, periodos de tiempo y tipos de movimiento predeterminados aplicados al molde. La persona experta entenderá que un programa de 30 movimiento-tiempo 43 puede incluir periodos donde no se aplica movimiento al molde. El programa de movimiento-tiempo 43 está aplicado al molde por medio del sistema de movimiento 30 controlado por el sistema de control 40.

Como se usa aquí, un programa de presión-tiempo 44 se refiere a un conjunto de instrucciones que pueden ser provistas por el sistema de control 40 y que resulta en intensidades y periodos de tiempo de presión predeterminados 35 aplicados a la cavidad de molde 12 por medio de uno o más medios de regulación de presión, tales como válvulas, que están provistos para regular la presión dentro de la cavidad de molde y son al menos capaces de cambiar entre una posición cerrada y una posición abierta, donde la posición cerrada cierra sustancialmente la cavidad de molde 12 y la posición abierta permite sustancialmente el intercambio de gas con aire ambiental o un ambiente de presión controlada, tal como aire presurizado. La persona experta entenderá que un programa de presión-tiempo 44 puede 40 incluir periodos en los que no se efectúa cambio de presión en el molde, que pueden resultar en una presión de la cavidad de molde que se mantiene relativamente estable, disminuye o aumenta dependiendo de factores tales como la temperatura del molde, procesos físicos o químicos en curso o temperatura o presión ambiental. El programa de presión-tiempo 44 está aplicado a la cavidad de molde 12 al menos parcialmente, de modo preferible por completo, por medio del sistema de presión 60 controlado por el sistema de control 40.

45 Como se usa aquí, un programa de humedad-tiempo 45 se refiere a un conjunto de instrucciones que pueden ser provistas por el sistema de control 40 y que resulta en intensidades y periodos de tiempo de humedad predeterminados aplicados a la cavidad de molde 12 por medio de uno o más medios de regulación de humedad, tales como válvulas, que están provistos para regular la humedad dentro de la cavidad de molde 12 y son al menos capaces de cambiar 50 entre una posición cerrada y una posición abierta, donde la posición cerrada cierra sustancialmente la cavidad de molde 12 y la posición abierta permite sustancialmente el intercambio de gas y/o líquido con aire ambiental o un ambiente de humedad controlada, tal como un deshumidificador. La persona experta entenderá que un programa de humedad-tiempo 45 puede incluir periodos en los que no se efectúa cambio de humedad en el molde, que pueden resultar en una presión de la cavidad de molde que se mantiene relativamente estable, disminuye o aumenta 55 dependiendo de factores tales como la temperatura del molde, procesos físicos o químicos en curso o temperatura o humedad ambiental. El programa de humedad-tiempo 45 está aplicado a la cavidad de molde 12 al menos parcialmente, de modo preferible por completo, por medio del sistema de presión 60 controlado por el sistema de control 40.

60 Como se usa aquí, un programa de dosificación-tiempo 46 se refiere a un conjunto de instrucciones que puede ser provisto por el sistema de control 40 al sistema de alimentación 70 y que resulta en la alimentación de cantidades predeterminadas de materia prima a una tasa predeterminada en momentos predeterminados. La alimentación se puede obtener manualmente o en un modo automatizado, mediante uso de uno o más dispositivos de alimentación controlados por la unidad de control, como se describe aquí.

65

En una realización, el programa de dosificación-tiempo 46 se puede aplicar al molde manualmente, como mediante alimentación manual de materia prima en la cavidad de molde, preferiblemente el programa de dosificación-tiempo se aplica a la cavidad de molde por medio de un sistema de alimentación de materia prima controlado por el sistema de control.

En referencia a la Fig. 3 se describirán sensores que se pueden usar en otras realizaciones de sistemas de moldeo rotacional aquí descritas. La Fig. 3a muestra esquemáticamente una vista superior en sección transversal de una realización de un molde 10c y la Fig. 3b muestra esquemáticamente una vista lateral en sección transversal de una realización de un molde 10d. El sistema de moldeo rotacional 1 puede incluir al menos un sensor 24, 25 para recoger retroalimentación de al menos un parámetro de proceso durante el moldeo rotacional del objeto. El al menos un sensor 24, 25 puede incluir un sensor de pared de molde 24 y/o un sensor de cavidad de molde 25 que incluye uno o más sensores seleccionados a partir del grupo de: temperatura, movimiento, presión, humedad, acústicos, corriente eléctrica, flujo, etc.

En realizaciones mostradas, puede estar provisto un sensor de temperatura 24, 25 para la medición de un parámetro de temperatura, tal como la temperatura de la cavidad de molde 12c, 12d, superficie exterior del molde, superficie interior del molde, núcleo de la pared de molde 11c, 11d, dispositivo de calefacción, dispositivo de refrigeración, sistema de movimiento, sistema de alimentación, etc. Los medios de detección de temperatura adecuados son conocidos por la persona experta y no están limitados particularmente. Los medios de detección de temperatura preferidos pueden incluir un sensor de temperatura de termopar.

En realizaciones mostradas, puede estar provisto un sensor de movimiento 31 para la medición de un parámetro de movimiento del molde o del sistema de movimiento, tal como posición, ángulo, desplazamiento, distancia, aceleración, velocidad, dirección de movimiento, etc. Los medios de detección de movimiento adecuados pueden ser acelerómetros, giroscopios, magnetómetros, GPS o una combinación de los mismos.

En realizaciones mostradas, puede estar provisto un sensor de presión 25, 61 para la medición de un parámetro de presión, tal como la presión en la cavidad de molde 12, donde un sensor de presión 25 está integrado en o sobre un sistema de movimiento 30 donde está montado un sensor de presión 61, por ejemplo para la medición de la cantidad de fuerza ejercida por un motor en el brazo de robot. Los medios de detección de presión adecuados son conocidos por la persona experta y no están limitados particularmente. Los medios de detección de presión preferidos pueden incluir una galga extensométrica.

En realizaciones mostradas, puede estar provisto un sensor de humedad 26, 27 para la medición de un parámetro de humedad, tal como la humedad de la cavidad de molde 12c, 12d, el sistema de alimentación 70 o el ambiente exterior del molde (por ejemplo humedad de la habitación, superficie exterior del molde, etc.). Los medios de detección de humedad adecuados son conocidos por la persona experta y no están limitados particularmente.

En realizaciones, puede estar provisto un sensor acústico para la medición de un parámetro acústico (por ejemplo sonido o vibración) del molde o el sistema de movimiento. Los medios de detección acústicos adecuados son conocidos por la persona experta y no están limitados particularmente.

En realizaciones, pueden estar provistos un sensor de corriente eléctrica u otros medios de detección eléctricos para la medición de un parámetro eléctrico (por ejemplo corriente eléctrica, potencial eléctrico, magnetismo, etc.) del dispositivo de calefacción, dispositivo de refrigeración, sistema de movimiento, sistema de alimentación, etc.

En realizaciones puede estar previsto un sensor de flujo para la medición de un parámetro de flujo, tal como el flujo y/o la velocidad de fluido de materia prima en el sistema de alimentación, materia prima en la cavidad de molde, gas o líquido en los canales de calefacción/refrigeración, etc.

Otros medios de detección pueden incluir medios de detección sonográficos para la medición de un parámetro sonográfico, tal como una imagen de al menos una parte de la cavidad de molde, preferiblemente una imagen ultrasónica. Otros medios de detección pueden incluir medios de detección espectral, tales como muestras de espectroscopía UV-Vis o infrarroja, preferentemente una muestra de espectroscopía infrarroja para la medición de un parámetro espectral.

Otros medios de detección pueden incluir medios de detección de dosificación de materia prima para la medición de un parámetro de dosificación de materia prima, tal como la cantidad y tasa de dosificación de materia prima que pueden determinarse con medios de detección capaces de determinar la masa de materia prima en un dispositivo de alimentación de materia prima, tal como una tolva. Los medios de detección de dosificación de materia prima adecuados son conocidos por la persona experta en la técnica. Los medios de detección de dosificación de materia prima preferidos incluyen medios de detección volumétricos y/o gravimétricos.

En realizaciones, el sistema de control 40 puede estar configurado para evaluar a retroalimentación recogida, es decir, la retroalimentación recogida por medio de los diversos sensores aquí descritos. La evaluación de la retroalimentación recogida puede incluir la comparación de al menos un parámetro de proceso medido durante el moldeo rotacional del

objeto con al menos un parámetro de proceso predeterminado. El al menos un parámetro de proceso predeterminado puede ser un valor recogido en un momento anterior a la retroalimentación recogida durante el moldeo rotacional del objeto. El al menos un parámetro de proceso predeterminado puede ser un valor blanco para el al menos un parámetro de proceso.

En realizaciones, el sistema de control 40 puede estar configurado para evaluar posteriormente la retroalimentación recogida, ajustar al menos un programa de temperatura-tiempo 42, el programa de movimiento-tiempo 43, el programa de presión-tiempo 44, el programa de humedad-tiempo 45 y/o el programa de dosificación-tiempo 45, preferiblemente al menos uno de los programas de temperatura-tiempo 42 y de movimiento-tiempo 43 que ha sido aplicado basándose en la evaluación de la retroalimentación recogida.

En realizaciones, el sistema de control 40 puede estar configurado para evaluar posteriormente la retroalimentación recogida, determinar un programa de temperatura-tiempo 42 adicional, un programa de movimiento-tiempo 43 adicional, un programa de presión-tiempo 44, un programa de humedad-tiempo 45 adicional y/o un programa de dosificación-tiempo 45 adicional, preferiblemente al menos un programa de temperatura-tiempo 42 adicional y/o un programa de movimiento-tiempo 43 adicional a aplicar para el moldeo rotacional de piezas posteriores de dicho objeto basándose en la evaluación de la retroalimentación recogida. La persona experta entenderá que el programa de temperatura-tiempo 42 adicional se puede adaptar o ser parcialmente similar al programa de temperatura-tiempo 42 que se aplicó previamente para el moldeo rotacional de una pieza previa del respectivo objeto y que el programa de movimiento-tiempo 43 se puede adaptar o ser parcialmente similar al programa de movimiento-tiempo 43 que se aplicó previamente para el moldeo rotacional de una pieza previa de dicho objeto. Por ejemplo, un primer programa de temperatura-tiempo que se aplica para el moldeo rotacional de una primera pieza de un objeto también se puede usar para aplicar un segundo programa de temperatura-tiempo para el moldeo rotacional de una segunda pieza de dicho objeto. El programa de temperatura-tiempo 42 adicional y el programa de movimiento-tiempo 43 adicional se pueden seleccionar por el usuario a través de un módulo de usuario o se pueden determinar por el sistema de control 40.

En una realización, la retroalimentación recogida se puede transmitir por el sistema de control 40 hacia y desde un servidor remoto 50, tal como la 'nube' u otro sistema informático que no está acoplado directamente con un módulo de entrada que está configurado para permitir la introducción de datos por un usuario, pero a través del cual el usuario tiene cierto grado de control.

Como se explicará con más detalle a continuación, un valor blanco para un parámetro de proceso se puede definir de cualquier forma adecuada para uso en control de proceso, por ejemplo como valores blanco para un momento determinado, valor medio o un intervalo de tiempo predeterminado, valor mínimo y/o máximo en un cierto momento, valor medio mínimo y/o máximo durante un intervalo de tiempo predeterminado, etc. Como se ha descrito aquí, un momento y un intervalo de tiempo pueden ser milisegundos, segundos o minutos.

Los valores blanco para al menos un parámetro de proceso pueden incluir un valor blanco seleccionado a partir del grupo constituido por:

- parámetros de temperatura,
- parámetros de movimiento,
- parámetros de presión,
- parámetros espectrales,
- parámetros eléctricos,
- parámetros de flujo,
- parámetros acústicos,
- parámetros sonográficos,
- parámetros de humedad y
- parámetros de dosificación de materia prima.

Los valores blanco para al menos un parámetro de proceso pueden incluir un valor blanco para uno o más parámetros de temperatura. Los parámetros de temperatura preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

- parámetros de temperatura de cavidad de molde,

- parámetros de temperatura de molde,
- parámetros de temperatura ambiente y
- 5 • parámetros de temperatura del medio de calefacción/refrigeración.

La persona experta entenderá que un valor blanco para un parámetro de temperatura puede ser provisto en cualquier forma adecuada, que incluya o esté constituida por un valor específico, un valor máximo y/o un valor mínimo.

10 Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros de temperatura de cavidad de molde en el método de la presente divulgación puede ser de importancia significativa para proporcionar control de proceso mejorado, asimismo se descubrió que el régimen de temperatura al que se somete el material durante el moldeo afecta en gran medida a las características del objeto moldeado. De este modo, los valores blanco para al menos un parámetro de proceso pueden incluir un valor blanco para uno o más parámetros de temperatura de la cavidad de molde. Los parámetros de

- 15 temperatura de la cavidad de molde preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:
- temperatura de la cavidad de molde en un momento predeterminado;
 - 20 • temperatura media de la cavidad de molde calculada durante un intervalo de tiempo predeterminado, tal como entre el inicio del programa de temperatura-tiempo y un momento predeterminado, entre dos momentos predeterminados;
 - temperatura de la cavidad de molde en el tiempo total es superior a una temperatura predeterminada, tal como superior a la temperatura de fusión de la materia prima, o superior a una temperatura deseada, tal como superior a 100°C, superior a 125°C superior a 150°C, superior a 175°C, superior a 200°C, superior a 225°C, superior a 250°C, superior a 275°C, superior a 300°C etc.;
 - 25 • diferencia entre la temperatura medida en una primera zona de la cavidad de molde y la temperatura medida en una segunda zona de la cavidad de molde, donde la primera y la segunda zona incluyen uno o más sensores de temperatura; y/o
 - 30 • cambio en la temperatura de la cavidad de molde calculada durante un intervalo de tiempo predeterminado, tal como entre dos momentos predeterminados, en el último 0,001 segundo, en el último 0,01 segundo, en el último 0,1 segundo, en el último segundo, en los últimos 10 segundos, en los últimos 30 segundos, en el
 - 35 último minuto, etc.

Los parámetros de temperatura de la cavidad de molde como se definen aquí se pueden proporcionar para el gas (por ejemplo aire) en el molde y/o para el material procesado en el molde, preferiblemente para el gas.

40 La persona experta reconocerá que si el parámetro de temperatura de la cavidad de molde se proporciona para el gas dentro del molde y la temperatura de la cavidad de molde en el tiempo total es la temperatura máxima de la cavidad de molde en cualquier momento en el moldeo rotacional de un objeto, este valor es asimismo conocido como la temperatura pico del aire interno, o la PIAT.

45 Los parámetros de temperatura de la cavidad de molde como se definen aquí se pueden proporcionar para uno o más sensores de temperatura individualmente; o se pueden proporcionar para los sensores de temperatura media o de una pluralidad de temperaturas. Por ejemplo, si dos sensores de temperatura 25 están integrados en la cavidad de molde 12 y se proporciona el valor blanco para la temperatura de la cavidad de molde en un momento predeterminado, esto significa entonces que el valor blanco se puede proporcionar para el valor medio calculado sobre ambos sensores (por ejemplo 80°C a los 5 minutos en el proceso de moldeo rotacional) o el valor blanco se puede proporcionar para cada sensor individualmente (por ejemplo 85°C para un primer sensor y 75°C para un segundo sensor a los 5 minutos en el proceso de moldeo rotacional). En una realización, el parámetro de temperatura de la cavidad de molde se proporciona para cada sensor individualmente. Esto permite al método según la presente divulgación medir y/o

50 controlar la distribución de temperatura dentro del molde. La persona experta entenderá que incluso si el valor blanco se proporciona para cada sensor individualmente, el valor blanco puede ser el mismo para dos o más sensores, así como para cada sensor.

55

Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros de temperatura de molde en el método de la presente divulgación puede ser de importancia significativa proporcionar un control de proceso mejorado, ya que la transferencia de calor hacia o desde el objeto moldeado es dependiente principalmente de la temperatura del molde en la mayor parte de circunstancias (excepto en el caso, por ejemplo, de refrigeración interna mediante inyección de agua o un gas en el molde). De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros de temperatura del molde. Los parámetros de temperatura del molde preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

60

65

- temperatura de la superficie exterior del molde en un momento predeterminado,
- temperatura de la superficie interior del molde en un momento predeterminado,
- 5 • temperatura del núcleo de la pared de molde en un momento predeterminado,
- diferencia entre la temperatura medida en una primera zona del molde y la temperatura medida en una segunda zona del molde, donde la primera y la segunda zona incluyen uno o más sensores de temperatura,
- 10 • temperatura media del molde calculada durante un intervalo de tiempo predeterminado, tal como entre el inicio del programa de temperatura-tiempo y un momento predeterminado, entre dos momentos predeterminados; en los últimos 30 segundos, en el último minuto, etc.;
- 15 • temperatura del molde en el tiempo total, preferentemente temperatura de la superficie interior del molde es superior a una temperatura predeterminada, tal como superior a la temperatura de fusión de la materia prima, o superior a una temperatura deseada, tal como superior a 100°C, superior a 125°C superior a 150°C, superior a 175°C, superior a 200°C, superior a 225°C, superior a 250°C, superior a 275°C, superior a 300°C etc.; y/o
- 20 • cambio en la temperatura del molde calculada durante un intervalo de tiempo predeterminado, tal como entre dos momentos predeterminados, en el último 0,001 segundo, en el último 0,01 segundo, en el último 0,1 segundo, en el último segundo, en los últimos 10 segundos, en los últimos 30 segundos, en el último minuto, etc.
- 25 Los parámetros de temperatura del molde como se definen aquí se pueden proporcionar para uno o más sensores de temperatura, tales como dos, tres, cuatro, cinco o más sensores de temperatura individualmente; o se pueden proporcionar para la temperatura media de dos, tres, cuatro, cinco o más sensores de temperatura. Por ejemplo, si el molde está equipado con dos sensores de temperatura del núcleo del molde y se proporciona el valor blanco para la temperatura del núcleo del molde en un momento predeterminado; esto significa que el valor blanco se puede proporcionar para el valor medio calculado sobre ambos sensores (por ejemplo 80°C a los 5 minutos en el proceso de moldeo rotacional) o el valor blanco se puede proporcionar para cada sensor individualmente (por ejemplo 85°C para un primer sensor y 75°C para un segundo sensor a los 5 minutos en el proceso de moldeo rotacional). En una realización, el parámetro de temperatura del molde se proporciona para cada sensor individualmente. Esto permite al método según la presente divulgación medir y/o controlar la distribución de temperatura del molde. La persona experta entenderá que incluso si el valor blanco se proporciona para cada sensor individualmente, el valor blanco puede ser el mismo para dos o más sensores, así como para cada sensor.
- 30 Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros de temperatura ambiente en el método de la presente divulgación puede ser de importancia un control de proceso mejorado, ya que esto permite la medida y/o el control de un número de factores que influyen en el proceso de moldeo rotacional, tales como eficiencia de y/o defecto en refrigeración externa (por ejemplo mediante ventiladores), temperatura de la habitación que puede afectar los ciclos de calefacción y refrigeración, detección de sobrecalentamiento del brazo de robot, etc. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros de temperatura ambiente. Los parámetros de temperatura ambiente preferentes se seleccionan a partir del grupo
- 35 constituido por:
 - temperatura cerca del molde en un momento predeterminado, tal como a una distancia predeterminada de la pared de molde, a 1 cm de la pared de molde, a 2 cm de la pared de molde, etc.;
 - 50 • temperatura de la habitación en un momento predeterminado, tal como a una posición significativamente no afectada por sistemas de calefacción/refrigeración del molde, más de 20 cm del molde, más de 50 cm del molde, en un punto fuera de la trayectoria del molde, etc.;
 - 55 • temperatura en una ubicación del brazo del robot asociada al molde en un momento predeterminado; y/o
 - temperatura en una ubicación cerca de uno o más dispositivos de alimentación de materia prima, tal como sobre, cerca de o asociada a una parte del dispositivo de alimentación de materia prima, donde la parte del dispositivo de alimentación de materia prima está retirada menos de 50 cm del molde durante la alimentación, tal como retirado menos de 25 cm, retirado menos de 10 cm o está en contacto con el molde durante la alimentación.
 - 60

Los parámetros de temperatura ambiente como se definen aquí se pueden proporcionar para uno o más sensores de temperatura individualmente, o se pueden proporcionar para los sensores de temperatura media o de una pluralidad de temperaturas. Por ejemplo, si la habitación donde está operando el robot está equipada con dos sensores de temperatura de la habitación y se proporciona el valor blanco para la temperatura de la habitación en un momento

predeterminado; esto significa que el valor blanco se puede proporcionar para el valor medio calculado sobre ambos sensores (por ejemplo 20°C a los 5 minutos en el proceso de moldeo rotacional) o el valor blanco se puede proporcionar para cada sensor individualmente (por ejemplo 21°C para un primer sensor y 19°C para un segundo sensor a los 5 minutos en el proceso de moldeo rotacional). La persona experta entenderá que incluso si el valor blanco se proporciona para cada sensor individualmente, el valor blanco puede ser el mismo para dos o más sensores, así como para cada sensor.

Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros de temperatura del medio de calefacción/refrigeración en el método de la presente divulgación puede ser de importancia proporcionar control de proceso mejorado, ya que esto permite una medición y/o un control mejorado de la calefacción y/o la refrigeración del molde. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros de temperatura del medio de calefacción/refrigeración. Los parámetros de temperatura del medio de calefacción/refrigeración preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

- temperatura de un medio de calefacción, tal como un líquido de calefacción en un momento predeterminado y medida en una ubicación específica, tal como antes de entrar en el molde, en el molde, después de salir del molde, en la reserva, etc.; y/o
- temperatura de un medio de refrigeración, tal como un líquido de refrigeración en un momento predeterminado y medida en una ubicación específica, tal como antes de entrar en el molde, en el molde, después de salir del molde, en la reserva, etc.

Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros de movimiento en el método de la presente divulgación puede ser de importancia proporcionar controles de proceso mejorados, ya que esto permite la medida y/o el control de eventos que afectan al movimiento del molde, tales como el desgaste del robot, programación incorrecta, etc. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros de movimiento. Los parámetros de movimiento preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

- velocidad de rotación del molde en un momento predeterminado;
- proporción rotación del molde en un momento predeterminado, donde la proporción del molde se puede proporcionar por la proporción de velocidades sobre dos ejes ortogonales, que se puede determinar por medio de un tacómetro en la transmisión de cada eje,
- dirección de rotación relativa a un eje, tal como basculación sobre el eje principal a un ángulo máximo entre 30 o 45° seguida de rotación alrededor del eje principal o "balanceo y rotación", donde el eje de basculación se mueve hacia adelante y atrás (balanceo) mientras rota a lo largo del eje principal (rotación), o rotaciones más complejas.

Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros de presión en el método de la presente divulgación puede ser de importancia proporcionar controles de proceso mejorados, ya que la presurización y despresurización afectan al espumado y a la formación de burbujas, al desgaste y a la integridad del molde, a la seguridad, etc. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros de presión. Los parámetros de presión preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

- presión de la cavidad de molde en un momento predeterminado;
- presión media del molde calculada durante un intervalo de tiempo predeterminado, tal como entre el inicio del programa de moldeo rotacional y un momento predeterminado, entre dos momentos predeterminados; en los últimos 30 segundos, en el último minuto, etc.;
- presión de la cavidad de molde en el tiempo total es superior a una presión predeterminada, tal como superior a 1,1 bar, superior a 1,2 bar, superior a 1,5 bar, superior a 2 bar, superior a 3 bar, superior a 10 bar, superior a 20 bar, etc.;
- presión de la cavidad de molde en el tiempo total es superior a una presión predeterminada, tal como inferior a 0,9 bar, inferior a 0,8 bar, inferior a 0,7 bar, inferior a 0,5 bar, inferior a 0,1 bar, inferior a 0,01 bar, etc.;
- cambio en la presión de la cavidad de molde calculada durante un intervalo de tiempo predeterminado, tal como entre dos momentos predeterminados, en el último 0,001 segundo, en el último 0,01 segundo, en el último 0,1 segundo, en el último segundo, en los últimos 10 segundos, en los últimos 30 segundos, en el último minuto, etc.;

- presión de actuadores hidráulicos y neumáticos en un momento predeterminado durante un programa de movimiento-tiempo.

Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros espectrales en el método de la presente divulgación puede ser de importancia proporcionar controles de proceso mejorados, ya que el espectro observado en la cavidad de molde puede ser indicativo de transformaciones físicas y/o químicas, tales como formación de enlaces químicos o degradación de producto. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros espectrales. Los parámetros de presión preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

- similitud general a un espectro de absorción predeterminado, en un momento predeterminado (también conocida como huella dactilar);
- presencia de absorción en una longitud de onda específica en un momento predeterminado, tal como una absorción relativa en una banda de longitud de onda específica de más de 0,7, más de 0,8, más que 0,9 o más que 0,95 etc.; y/o
- ausencia de absorción en una banda de longitud de onda específica en un momento predeterminado, tal como una absorción relativa en una banda de longitud de onda específica de menos de 0,4, menos de 0,3, menos de 0,2, menos de 0,1, menos de 0,01, etc.;
- parámetros espectrales registrados dentro de la cavidad de molde en un momento predeterminado;
- parámetros espectrales visibles registrados dentro de la cavidad de molde en un momento predeterminado; y/o
- parámetros espectrales UV registrados dentro de la cavidad de molde en un momento predeterminado.

Los parámetros espectrales preferentes incluyen o están constituidos por un parámetro que se puede determinar mediante espectroscopía infrarroja, visible y/o UV, preferiblemente espectroscopía de absorción infrarroja, preferiblemente espectroscopía de absorción infrarroja cercana.

Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros eléctricos en el método de la presente divulgación puede ser de importancia proporcionar controles de proceso mejorados, ya que esto permite una medición y/o compensación de fallos del equipo. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros eléctricos. Los parámetros eléctricos preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

- consumo de energía;
- integridad de circuito de calefacción; y/o
- integridad de medios de detección, tal como integridad de medios de detección de temperatura, integridad de medios de detección de movimiento, integridad de medios de detección de presión, integridad de medios de detección espectral, etc.
- Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros sonográficos en el método de la presente divulgación puede ser de importancia proporcionar controles de proceso mejorados, ya que esto permite la medida y/o el control del espesor de pared del objeto y la distribución del espesor de pared. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros sonográficos. Los parámetros sonográficos preferentes incluyen ultrasonografía, tal como un parámetro ultrasonográfico en un momento predeterminado.

Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros acústicos en el método de la presente divulgación puede ser de importancia proporcionar controles de proceso mejorados, ya que esto permite una medición y/o compensación de fallos del equipo. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros acústicos. Los parámetros acústicos preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

- intensidad de sonido, tal como volumen en decibelios (dB);
- intensidad de ruido, tal como ruido del sistema de movimiento;

Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros de flujo en el método de la presente divulgación puede ser de importancia proporcionar controles de proceso mejorados, ya que esto permite una medición y/o un control de eventos

tales como sobredosificación de materia prima. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros de flujo. Los parámetros de flujo preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

- 5 • flujo de materia prima en el sistema de alimentación;
- flujo de materia prima en la cavidad de molde;
- 10 • flujo de velocidad de gas o fluido en los canales de calefacción/refrigeración;

Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros de dosificación de materia prima en el método de la presente divulgación puede ser de importancia proporcionar controles de proceso mejorados, ya que esto permite una medición y/o un control de eventos tales como sobredosificación de materia prima. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros de dosificación de materia prima. Los parámetros de dosificación de materia prima preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

- 15 • cantidad de material dosificado en un momento predeterminado;
- 20 • tipo de materia prima dosificada en un momento predeterminado;
- tasa de materia prima dosificada en un momento predeterminado;

Se descubrió que incluyendo uno o más parámetros de humedad en el método de la presente divulgación puede ser de importancia proporcionar controles de proceso mejorados, ya que esto permite una medición y/o un control de la humedad. De este modo, en realizaciones, proporcionar valores blanco para parámetros de proceso incluye proporcionar valores blanco para uno o más parámetros de humedad. Los parámetros de humedad preferentes se seleccionan a partir del grupo constituido por:

- 25 • humedad de la habitación en un momento predeterminado, tal como a una posición significativamente no afectada por sistemas de ventilación del molde, más de 20 cm del molde, más de 50 cm del molde, en un punto fuera de la trayectoria del molde, etc.;
- 30 • humedad de la cavidad de molde en un momento predeterminado;

35 El sistema y el método de la presente invención se ilustran por medio de los ejemplos presentados en la Tabla 1. Estos ejemplos se deben interpretar como realizaciones del sistema de moldeo rotacional y el método como se define aquí anteriormente, donde el sistema de control está caracterizado además por la información en la tabla.

Tabla 1 - Ejemplos de ajuste de al menos un programa de temperatura-tiempo, un programa de movimiento-tiempo, un programa de presión-tiempo, un programa de humedad-tiempo y un programa de dosificación-tiempo que se ha aplicado.

Materia prima	Sensores recoger retroalimentación	Programa adecuado	Valor blanco	Retroalimentación recogida	Evaluación retroalimentación recogida	Ajuste	Comentario
1 Polímero	Sensor gravimétrico de dosificación de materia prima	Calefacción a 2000 vatios entre 0-10 minutos en el proceso de moldeo	3550 g de materia prima dosificada en 30 segundos en el proceso de moldeo	3850 g de materia prima dosificada en 30 segundos en el proceso de moldeo	Sobredosificación de materia prima en 8 %	Calefacción a 2200 vatios 45 segundos en 10 minutos en el ciclo	Sobredosificación de materia compensada por tasa de calefacción incrementada
2 Polímero	Sensor gravimétrico de dosificación de materia prima	Movimiento rotacional comenzó 35 segundos en el proceso de moldeo	Tasa de dosificación = 0 g/h después de 30 segundos en el proceso de moldeo	Tasa de dosificación = 30 g/h después de 30 segundos en el proceso de moldeo	Tasa de dosificación > 0 g/h	Movimiento rotacional iniciado en 50 segundos en el ciclo	Dosificación lenta de materia compensada por retraso en el inicio del movimiento rotacional
3 Polímero	Sensores de temperatura integrados en la pared de molde	Calefacción a 2000 vatios entre 0-10 minutos en el proceso de moldeo, y entonces sin calefacción (0 vatios) 10-20 minutos	Temperatura de la cavidad de molde es 200 °C en el minuto 8 en el proceso de moldeo	Temperatura de la cavidad de molde es 140 °C a los 8 minutos en el proceso de moldeo	Temperatura de la cavidad de molde es demasiado baja (debería ser 200 °C)	Ajuste de calefacción a 4000 vatios entre 8-10 minutos en el proceso.	Calefacción lenta es compensada por la tasa de calefacción incrementada
4 Polímero	Sensores de presión integrados en la cavidad de molde	No ventilación	Presión siempre superior a 0,7 bar	Calefacción a 0,6 a los 16 minutos en el proceso de moldeo	Presión demasiado baja	Se abre la válvula al aire ambiental	Pérdida de presión demasiado compensada al abrir la válvula al aire ambiental
5 Polímero	Sensores de presión integrados en la cavidad de molde	Se abre la válvula 1 al aire ambiental cuando la presión es superior a 2,5 bar; se cierra la válvula 1 cuando la presión es inferior a 1,5 bar	Presión en el rango de 1,5-2,5 bar 5-14 minutos en el proceso de moldeo	Presión es 2,7 bar a los 10 minutos en el proceso de moldeo	Presión demasiado elevada	Se abre la válvula 2 al aire ambiental cuando la presión es superior a 2,5 bar; se cierra la válvula 2 cuando la presión es inferior a 1,5 bar	Avería de la válvula 1 (puede estar obstruida) compensada por cambio a la válvula 2

Materia prima	Sensores recoger retroalimentación	Programa adecuado	Valor blanco	Retroalimentación recogida	Evaluación de retroalimentación recogida	Ajuste	Comentario
6 Polímero	Un primer y un segundo sensor de temperatura en la superficie exterior del molde, cada uno ubicado en paredes de molde opuestas y a los lados opuestos del medio de refrigeración indirecta que incluyen dos ventiladores	Refrigeración 15-24 minutos en el ciclo en una posición tal que cada corriente de aire del ventilador se dirige a los lados opuestos del molde; movimiento aplicado 15-24 minutos en el proceso de moldeo	Descenso de temperatura medido por cada sensor de temperatura de la superficie exterior del molde de al menos 10 °C/min entre 15-24 minutos en el proceso de moldeo	Descenso de temperatura medido por el primer sensor de temperatura de la superficie exterior del molde de 12 °C/min a los 16 minutos en el proceso de moldeo Descenso de temperatura medido por el primer sensor de temperatura de la superficie exterior del molde de 2 °C/min a los 16 minutos en el proceso de moldeo	Descenso de temperatura media demasiado bajo en un lado del molde	Se aplica movimiento rotacional en corriente de aire de ventilador	Avería de ventilador detectada y compensada por rotación del molde en la corriente de aire generada por el ventilador en funcionamiento
7 Polímero	Sensor infrarrojo	Calefacción a 3000 vatios 10-20 minutos en el proceso de moldeo	Detección limitada de productos de oxidación de polímero por espectroscopia infrarroja	Detección significativa de productos de oxidación de polímero por espectroscopia infrarroja	Demasiados productos de oxidación formados	Calefacción a 2000 vatios 10-25 minutos	Formación no deseada de productos de oxidación compensada al reducir la intensidad de calefacción y aumentar la duración de la calefacción

En la realización mostrada en la Fig. 5, el sistema de control 40 puede incluir una base de datos de materias primas 41 que contiene hojas de datos de una pluralidad de materias primas

La Fig. 6 muestra una realización de una base de datos de materias primas que contiene hojas de datos de al menos una materia prima, donde cada materia prima se asocia a al menos una propiedad de material. La al menos una propiedad de materia prima puede incluir una propiedad seleccionada a partir del grupo constituido por: tipo de material, propiedades de comportamiento térmico, propiedades de procesamiento físico, propiedades de polímero, propiedades de impureza y propiedades de aditivo. La al menos una materia prima se puede asociar preferiblemente a tipo de material y a propiedades de comportamiento térmico.

La al menos una propiedad de materia prima puede incluir una propiedad de polímero seleccionada a partir del grupo constituido por: grado de polimerización, distribución de longitud de cadena, tacticidad y parámetros de polimerización.

La al menos una propiedad de materia prima puede incluir una propiedad de impureza seleccionada a partir del grupo constituido por: contenido en disolvente residual y contenido en humedad.

La al menos una propiedad de materia prima puede incluir el tipo y la cantidad de aditivo contenido en el material, tal como el tipo y la cantidad de un aditivo seleccionado a partir del grupo constituido en agentes espumantes, estabilizadores tales como antioxidantes o fotoestabilizantes; agentes de endurecimiento tales como catalizadores o aceleradores; pirorretardantes; lubricantes; agentes antiestáticos; agentes de aclarado; agentes de nucleación y agentes desmoldeantes.

La al menos una propiedad de materia prima puede incluir una propiedad de procesamiento físico seleccionada a partir del grupo constituido por: tamaño de partícula, densidad, área superficial específica, propiedades de flujo de polvo.

La al menos una propiedad de materia prima puede incluir una propiedad de comportamiento térmico seleccionada a partir del grupo constituido por: viscosidad a una o más temperaturas, índice de flujo de fusión, comportamiento de endurecimiento, temperatura de cristalización, temperatura de transición vítrea. La persona experta entenderá que muchos polímeros pueden no tener una temperatura de punto de fusión o transición vítrea bien definida, y que estas propiedades se pueden proporcionar como un rango.

Cada hoja de datos incluye al menos una característica térmica de moldeo rotacional 41a y opcionalmente al menos una característica de presión de moldeo rotacional 41b, características de flujo del material 41c y/u otras características, preferiblemente al menos una característica térmica de moldeo rotacional. El sistema de control 40 se puede proporcionar para conectar a un servidor (remoto) 50, donde se pueden almacenar las bases de datos de la materia prima para obtener las hojas de datos para cada materia prima.

En realizaciones, cada característica térmica de moldeo rotacional se puede segmentar y cada segmento se puede determinar en base a al menos un comportamiento térmico de la materia prima durante el moldeo rotacional de un objeto, y cada segmento se puede aproximar por una función matemática como se describe aquí.

En realizaciones, la al menos una característica térmica de moldeo rotacional se puede proporcionar en cualquier forma que proporcione información sobre el comportamiento de moldeo rotacional de la materia prima. Las características térmicas de moldeo rotacional pueden incluir información de la relación entre la temperatura de superficie del moldeo y/o la energía suministrada al sistema de calefacción y refrigeración del molde y la temperatura de la cavidad de molde durante el moldeo rotacional de un objeto.

En realizaciones, la al menos una característica de presión de moldeo rotacional se puede proporcionar en cualquier forma que proporcione información sobre el comportamiento de moldeo rotacional de la materia prima. Las características de presión de moldeo rotacional pueden incluir información de la relación entre la energía suministrada al sistema de presión y la presión de la cavidad de molde durante el moldeo rotacional de un objeto, la relación entre la energía suministrada al sistema de humedad y la humedad de la cavidad de molde durante el moldeo rotacional de un objeto, la relación entre la energía suministrada al sistema de humedad y la presión de la cavidad de molde durante el moldeo rotacional de un objeto y/o la relación entre la energía suministrada al sistema de presión y la humedad de la cavidad de molde durante el moldeo rotacional de un objeto.

En realizaciones, las bases de datos de materia prima 41 pueden contener hojas de datos de una pluralidad de materias primas, donde cada una de dichas hojas de datos en la base de datos de materias primas puede incluir para cada materia prima la al menos una característica térmica de moldeo rotacional que incluye puntos de datos para temperatura de la cavidad de molde y/o temperatura de la materia prima y tiempo durante un moldeo rotacional específico de un objeto, por ejemplo, moldeo rotacional de uno o más objetos predefinidos o estándar mediante un proceso de moldeo rotacional predefinido o estándar. Las hojas de datos pueden incluir además para cada materia prima al menos una característica de presión de moldeo rotacional que incluye puntos de datos para presión de la cavidad de molde, humedad de la cavidad de molde y tiempo durante dicho moldeo rotacional específico de un objeto.

Las realizaciones de características térmicas de moldeo rotacional y como se pueden usar en las realizaciones de sistemas y métodos de moldeo rotacional y los sistemas y métodos de simulación aquí descritos, se describirán con referencia a las Figs. 7a, 7b y 7c.

Como se describe aquí, la temperatura del molde se puede controlar por al menos un programa de temperatura-tiempo 42 predefinido para el moldeo rotacional de un objeto, que incluye instrucciones para variar, por ejemplo, energía eléctrica a un sistema de calefacción-refrigeración 20 para el moldeo rotacional de un objeto. Simultáneamente, el movimiento del molde se puede controlar por al menos un programa de movimiento-tiempo 43 predefinido para el moldeo rotacional de un objeto, que incluye instrucciones para variar los movimientos aplicados al molde por medio de un sistema de movimiento 30 para el moldeo rotacional de un objeto. La Fig. 7a muestra cómo el sistema de control 40 puede determinar o seleccionar un programa de temperatura-tiempo 42 adecuado y/o un programa de movimiento-tiempo 43 adecuado sobre la base de la característica térmica de moldeo rotacional (blanco) 41a que se debe conseguir, que es, en esta realización, un "perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde" que se puede medir por medio de una medición de la temperatura del aire interno. Sobre la base de la característica térmica de moldeo rotacional y posiblemente incluyendo evaluación de otros parámetros tales como características de molde como se describen aquí, retroalimentación de sensor como se describe aquí, etc., el sistema de control 40, como un primer paso opcional, puede determinar el perfil de temperatura-tiempo de molde de molde, que es la temperatura durante el tiempo en el que el molde se tiene que calentar o refrigerar de modo que la temperatura de la cavidad de molde se aproxime a la característica térmica blanco. En la realización mostrada, el sistema de calefacción/refrigeración se proporciona (al menos parcialmente) en el exterior del molde, por lo tanto el "perfil de temperatura-tiempo de la superficie del molde" 111. En otras realizaciones, el perfil de temperatura-tiempo considerado puede incluir asimismo otras partes o puntos de medición en el molde, tales como, por ejemplo, la temperatura de la superficie interior, que se proporciona para la calefacción/refrigeración del molde dependiendo del sistema de calefacción/refrigeración.

En casos en los que las características del molde son ya conocidas y/o se conoce, por ejemplo se ha determinado previamente una relación directa entre la temperatura de la cavidad de molde 41a y la energía de calefacción/refrigeración 42, se puede omitir el paso de determinación del perfil de temperatura-tiempo del molde 111. Tal relación directa puede ser, por ejemplo, un valor predefinido o un retardo que representa la inercia térmica del material del molde, es decir, considerando el tiempo de respuesta térmica antes de que una calefacción o refrigeración del molde tenga efecto en la temperatura de la cavidad.

Sobre la base de la característica térmica de moldeo rotacional 41a, en particular, por ejemplo, el perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde y/o el perfil de temperatura-tiempo de la superficie del molde derivado 111, el sistema de control 40 puede determinar al menos un programa de temperatura-tiempo 42 adecuado a aplicar al molde por medio del sistema de calefacción y refrigeración 20 y/o al menos un programa de movimiento-tiempo 43 adecuado a aplicar al molde por medio del sistema de movimiento 30, preferiblemente un brazo de robot. La Fig. 7a muestra un ejemplo de programa de temperatura-tiempo 42 donde se aplican diferentes niveles de energía de calefacción durante la calefacción del molde y se aplican diferentes niveles de energía de refrigeración durante la refrigeración del molde. Como se muestra, la energía de refrigeración se puede aplicar antes de que la temperatura de la cavidad de molde alcance su máximo para evitar de este modo un rebasamiento de la PIAT, que puede ser una restricción para el proceso de moldeo rotacional. El sistema de control 40 puede determinar o seleccionar el programa de temperatura-tiempo 42 a aplicar, o puede determinar o seleccionar un conjunto limitado de opciones de programas de temperatura-tiempo 42 y presentarlas a un operador del sistema de moldeo rotacional, de modo que el operador pueda seleccionar el programa de temperatura-tiempo final a aplicar en base a su propio conocimiento o experiencia.

Mediante un método similar, el sistema de control 40 puede determinar un programa de movimiento-tiempo 43 adecuado a aplicar en conjunción con el programa de temperatura-tiempo 42, es decir, cuando el molde necesita someterse a movimiento para la distribución óptima de la materia prima dentro del molde y/o adquirir ciertas variaciones en espesor de pared del objeto moldeado, posiblemente considerando las características de flujo 41c de la materia prima. La Fig. 7a muestra un ejemplo de programa de movimiento-tiempo 43 donde se aplican diferentes movimientos durante el proceso de moldeo rotacional. Como se muestra, asimismo se debe variar la intensidad o la velocidad del movimiento aplicado.

Los presentes inventores han descubierto sorprendentemente que no es necesario incluir un conjunto completo de puntos de datos de la característica térmica de moldeo rotacional, en particular el perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde 41a. Se ha descubierto que la característica térmica de moldeo rotacional se puede segmentar y cada segmento se puede aproximar por funciones matemáticas. Cada segmento y/o transición entre segmentos se puede determinar en base a al menos un comportamiento térmico de materia prima durante el moldeo rotacional de un objeto, tal como la temperatura de punto de fusión y la temperatura pico del aire interno (PIAT), preferiblemente al menos la PIAT alcanzada en el perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde 41a. Cada segmento se puede aproximar por una función matemática. En realizaciones, cada perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde 41a se puede segmentar del mismo modo, de modo que cada segmento se puede representar por una función matemática que incluye uno o más parámetros, y la al menos una característica térmica de moldeo rotacional proporcionada en las hojas de datos de la materia prima en la base de datos 41 se puede proporcionar como uno o más valores para este parámetro o estos parámetros. Igualmente, cada característica de presión de moldeo rotacional se puede segmentar y cada segmento se puede aproximar por una función matemática. Un perfil de presión-tiempo

y/o un perfil de humedad-tiempo para un moldeo rotacional específico de un objeto se puede segmentar de modo que cada segmento se pueda representar por una función matemática que incluye uno o más parámetros, y al menos una característica de presión de moldeo rotacional se proporciona como uno o más valores para este parámetro o estos parámetros. De este modo es posible almacenar una o más funciones matemáticas y uno o más valores para parámetros incluidos en cada función matemática en lugar de una gran cantidad de puntos de datos para representar el perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde 41a, el perfil de presión-tiempo 41b, el perfil de humedad-tiempo, etc. para un moldeo rotacional específico de un objeto. De este modo es posible reducir la cantidad de datos almacenados en la base de datos de materias primas y la cantidad de almacenamiento requerida y asimismo aumentar la eficiencia computacional.

En realizaciones, la aproximación de cada segmento por una función matemática se puede realizar mediante técnicas de ajuste de curva, tales como análisis de regresión, que evita sobreajuste y subajuste de los puntos de datos. La persona experta entenderá que una función matemática puede incluir una función lineal o no lineal. La función matemática se puede seleccionar a partir del grupo que incluye funciones lineales, exponenciales y logarítmicas y polinomios.

En realizaciones, cada característica térmica de moldeo rotacional y cada característica de presión de moldeo rotacional se puede segmentar en dos o más segmentos, preferiblemente dos o más, tres o más, cuatro o más, cinco o más, seis o más, siete o más, ocho o más, nueve o más o diez o más. La persona experta entenderá que tener más segmentos para una característica térmica de moldeo rotacional resultará en una aproximación más precisa de los perfiles de temperatura-tiempo y que tener menos segmentos resultará en menos almacenamiento requerido. La persona experta entenderá que tener más segmentos para una característica de presión de moldeo rotacional resultará en una aproximación más precisa de los perfiles de presión-tiempo o los perfiles de humedad-tiempo, y que tener menos segmentos resultará en menos almacenamiento requerido.

En realizaciones, cada segmento se puede representar al menos por dos puntos, preferiblemente que incluyen puntos de inicio y fin. La persona experta entenderá que tener más segmentos para una característica térmica de moldeo rotacional resultará en una aproximación más precisa de los perfiles de temperatura-tiempo y que tener menos segmentos resultará en menos almacenamiento requerido. La persona experta entenderá que tener más segmentos para una característica de presión de moldeo rotacional resultará en una aproximación más precisa de los perfiles de presión-tiempo o los perfiles de humedad-tiempo, y que tener menos segmentos resultará en menos almacenamiento requerido.

Preferiblemente, para la característica térmica de moldeo rotacional 41a, se define al menos un segmento crítico de temperatura donde la característica térmica se aproxima más estrechamente que en otros segmentos y el al menos un segmento crítico de temperatura se aproxima por una función matemática de segundo orden, tercer orden u orden superior donde los otros segmentos se aproximan por funciones matemáticas de primer orden. Un ejemplo de un segmento crítico de temperatura es la parte de la característica térmica entre el punto de fusión y la PIAT.

Las Figs. 7b y 7c muestran un perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde 41a que está segmentado en cinco segmentos. Los segmentos se pueden determinar en base a al menos un comportamiento térmico de la materia prima durante el moldeo rotacional de un objeto como sigue. El primer segmento se puede definir desde el comienzo del moldeo rotacional hasta el comienzo del proceso de fusión de la materia prima. El segundo segmento se puede definir como el proceso de fusión de la materia prima. El tercer segmento se puede definir desde el final del proceso de fusión del material hasta la temperatura pico del aire interno (PIAT) alcanzada en el perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde 41a durante el moldeo rotacional. El cuarto segmento se puede definir desde la PIAT alcanzada en el perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde 41a hasta el final de la solidificación del material fundido. El quinto segmento se puede definir desde el final de la solidificación del material fundido hasta el desmoldeo.

Los perfiles de las Figs. 7b y 7c se pueden representar en la base de datos 41 por las coordenadas de los puntos de transición de los segmentos, es decir, sus puntos de inicio y fin, en combinación con uno o más valores de parámetros para las funciones matemáticas que se determinan por aproximación del respectivo segmento. En la realización de la Fig. 7b, cada segmento I-V se aproxima por una función matemática de orden superior (no mostrada), por ejemplo mediante ajuste de curva. En la realización de la Fig. 7c, los segmentos I, II, IV y V se aproximan por una única función de primer orden y el segmento III se aproxima por dos funciones de primer orden, de modo que la representación en la base de datos se puede reducir a las coordenadas de las intersecciones / puntos de transición entre estas funciones de primer orden (ya que sus pendientes se pueden derivar de estos).

En realizaciones, se puede determinar una correlación entre una función matemática de cada segmento y una o más propiedades del objeto. De este modo es posible considerar el aspecto de temperatura-tiempo del material en el proceso de moldeo rotacional y, como resultado, es posible proporcionar un medio más preciso para evaluar dicho o dichas propiedades del objeto al usar dicha materia prima.

En realizaciones, se puede determinar una correlación entre parámetros de una función matemática de cada segmento y una o más propiedades del objeto. La característica térmica de moldeo rotacional para un material puede afectar a una o más propiedades del objeto. Más particularmente, la forma de un perfil de temperatura tiempo de la cavidad de

molde 41a se puede controlar para conseguir propiedades del objeto particulares. Esto es crítico, por ejemplo, cuando se usan múltiples moldes en un brazo de robot, que pueden tener ligeras variaciones en las propiedades del molde o en la materia prima que se ha usado.

Otro aspecto de la presente divulgación proporciona realizaciones de un sistema y un método implementado por ordenador para la simulación de un proceso de moldeo rotacional. Una primera realización del sistema de simulación por ordenador y el método para la simulación de un proceso de moldeo rotacional según la divulgación se describirán con referencia a la Fig. 8. El sistema de simulación por ordenador 2 incluye un molde virtual 3, un sistema de calefacción y refrigeración del molde virtual 4, provisto para aplicar un programa de temperatura-tiempo al molde virtual 3, y un sistema de movimiento virtual 5, provisto para aplicar un programa de movimiento-tiempo al molde virtual 3.

En una realización, el sistema de simulación por ordenador está configurado para determinar al menos una variable de simulación sobre la base de una simulación del moldeo rotacional del objeto por medio del sistema de moldeo rotacional virtual 2 y una característica térmica de moldeo rotacional predeterminada de una materia prima, por ejemplo una materia prima que se selecciona por un usuario con la intención de producir un objeto por medio de un proceso de moldeo rotacional con dicha materia prima, y probar por primera vez el proceso de moldeo rotacional por medio del sistema de simulación.

El molde virtual 3 se usa para simular el moldeo rotacional de un objeto, y se puede asociar a al menos una propiedad de molde, que incluye una propiedad seleccionada a partir del grupo constituido por: pared, cavidad, material, forma, peso, volumen, área superficial, espesor de pared y detalles de diseño (por ejemplo ángulos de esquinas, radios de esquinas, pasos, huecos, desechos, socavaduras, acanaladuras, grietas, coronas). El molde virtual 3 se asocia preferiblemente a una pared de molde que rodea una cavidad de molde. La pared de molde se puede simular para incluir o estar constituida por cualquier material adecuado, tales como aluminio o níquel electroformado, preferiblemente aluminio. El molde virtual se puede diseñar por el usuario o ajustar por el usuario en base a un diseño de molde predefinido, o diseñar por el sistema en base a un diseño de un objeto a moldear, y adaptar u optimizar en base a simulaciones realizadas por el sistema de simulación 2.

En realizaciones, las propiedades del molde se pueden determinar de la siguiente manera. Los detalles de pared, cavidad, forma y diseño se pueden determinar por medio de un dispositivo de representación 3D, tal como escáner de láser o luz capaz de escanear y emitir datos a una unidad de procesamiento central para producir imágenes 3D de alta resolución del objeto y/o de un molde preexistente. El material puede estar en forma de un nombre químico, familia química, sinónimos, función química, componentes químicos y/o uso material. El peso y el centro de gravedad pueden estar en forma de puntos de datos que describen la distribución de masa dentro de un objeto y pueden estar en forma de mediciones mediante una célula de carga. El volumen y el área superficial pueden estar en forma de puntos de datos que describen el volumen o el área superficial de partes de un objeto y se pueden determinar mediante la imagen 3D del objeto y/o de un molde preexistente. El espesor de pared puede estar en forma de puntos de datos que describen la distribución de espesor de pared en partes de un objeto y/o molde preexistente y pueden estar en forma de mediciones mediante detección ultrasónica de la imagen 3D del objeto y/o de un molde preexistente.

En realizaciones, el objeto se puede asociar a al menos una propiedad del objeto. La al menos una propiedad del objeto puede incluir una propiedad seleccionada a partir del grupo constituido por: forma, material, peso, centro de gravedad, volumen, área superficial, densidad, espesor de pared, contenido en humedad, tenacidad al impacto, rigidez y resistencia a la tensión, dureza, contenido en burbujas, porosidad, apariencia de superficie, color de superficie, grado de endurecimiento, contracción y fuerza compresiva, preferiblemente forma, volumen, área superficial y espesor de pared.

En realizaciones, las propiedades del objeto se pueden determinar de la siguiente manera. La forma se puede determinar por medio de un dispositivo de representación 3D, tal como escáner de láser o luz capaz de escanear y emitir datos a una unidad de procesamiento central para producir imágenes 3D de alta resolución del objeto. El material puede estar en forma de un nombre químico, familia química, sinónimos, función química, componentes químicos y/o uso material. El peso y el centro de gravedad pueden estar en forma de puntos de datos que describen la distribución de masa dentro de un objeto y pueden estar en forma de mediciones usando una célula de carga. El volumen y el área superficial pueden estar en forma de puntos de datos que describen el volumen o el área superficial de partes de un objeto y se pueden determinar mediante la imagen 3D del objeto. La densidad se puede determinar a partir del peso y del volumen. El espesor de pared puede estar en forma de puntos de datos que describen la distribución de espesor de pared en partes de un objeto y pueden estar en forma de mediciones mediante detección ultrasónica de la imagen 3D del objeto. El contenido en humedad puede estar en forma de puntos de datos que describen contenido en humedad en partes de un objeto durante y óptimamente tras el proceso de equilibrio con la humedad relativa del ambiente que rodea al objeto y puede ser una medición por un sensor de humedad. La tenacidad al impacto puede estar en forma de puntos de datos de tenacidad al impacto en partes de un objeto y puede ser una medición mediante una prueba Charpy, una prueba Izod o impacto de dardo en dichas partes de un objeto. La rigidez y la resistencia a la tensión pueden estar en forma de puntos de datos que describen la resistencia de partes de un objeto cuando se aplica tensión y pueden estar en forma de una medición mediante una prueba de tracción. La dureza puede estar en forma de puntos de datos que describen la dureza de partes de un objeto y puede estar en forma de mediciones usando un durómetro. El contenido en burbujas puede estar en forma de puntos de datos que describen el contenido

en burbujas en partes de un objeto y puede estar en forma de mediciones usando detectores ultrasónicos. La porosidad puede estar en forma de puntos de datos que describen la porosidad del exterior en partes de un objeto y puede estar en forma de mediciones usando un porosímetro. La apariencia de superficie puede estar en forma de puntos de datos que describen la textura del exterior y/o interior en partes de un objeto y puede estar en forma de mediciones usando un detector ultrasónico. El color de superficie puede estar en forma de puntos de datos que describen el color del exterior y/o interior en partes de un objeto y puede estar en forma de mediciones usando un colorímetro. El grado de endurecimiento puede estar en forma de puntos de datos que describen el grado de endurecimiento de partes de un objeto y pueden estar en forma de una medición mediante un dielectrómetro, un detector ultrasónico o un espectrómetro infrarrojo de transformada de Fourier o Raman. La contracción puede estar en forma de puntos de datos que describen la contracción de partes de un objeto y puede estar en forma de una medición de forma de objeto y forma interna de un respectivo molde. La fuerza compresiva puede estar en forma de puntos de datos que describen la resistencia de partes de un objeto cuando se aplica compresión y pueden estar en forma de una medición mediante una máquina de prueba universal.

En realizaciones, el molde virtual 3 se puede definir mediante un software de diseño asistido por ordenador (CAD) o un software de modelización digital en un ordenador de propósito general o mediante simple provisión de una o más propiedades del molde descritas aquí anteriormente. El objeto se puede definir asimismo mediante un software CAD o de modelización digital o mediante simple provisión de una o más propiedades del objeto descritas aquí anteriormente. La una o más propiedades del molde se refieren invariablemente al respectivo objeto, preferiblemente el tamaño, el volumen y el área superficial.

En realizaciones, el sistema de calefacción y refrigeración del molde virtual 4 puede estar integrado al menos parcialmente con la pared de molde y provisto para aplicar un programa de temperatura-tiempo al molde virtual para controlar (calefacción y refrigeración simulada) la temperatura del molde virtual 3. La integración del sistema de calefacción y refrigeración del molde virtual 4 al menos parcialmente con la pared de molde se puede realizar por medio de diferentes métodos, por ejemplo mediante el software de diseño asistido por ordenador (CAD) o de modelización digital ejecutable en un ordenador de propósito general para definir el sistema de calefacción o refrigeración del molde virtual que está al menos parcialmente integrado en la pared del molde virtual 3 o que está montado sobre un lado exterior de la pared de molde o sobre un lado interior de la pared de molde.

En realizaciones, el sistema de calefacción y refrigeración del molde virtual 4 puede incluir uno o más dispositivos de calefacción y/o refrigeración para simular la calefacción y/o refrigeración de la pared de molde virtual 3. El sistema de calefacción y refrigeración del molde virtual 4 puede incluir, pero no está limitado a uno o más dispositivos de calefacción y/o refrigeración incluidos en un sistema de calefacción y refrigeración del molde 20 como se describe aquí anteriormente. El software CAD o de modelización digital se puede usar para definir el número y el tipo del uno o más dispositivos de calefacción y/o refrigeración, así como la ubicación del uno o más dispositivos de calefacción y/o refrigeración con respecto al molde virtual 3 y la pared de molde.

En realizaciones, el sistema de calefacción y refrigeración 4 se puede proporcionar para aplicar programa de temperatura-tiempo a una parte particular del molde virtual 3, sin perturbar o afectar negativamente a los programas de temperatura-tiempo de las otras partes del molde virtual 3. En particular, mediante aplicación de diferentes programas de temperatura-tiempo a partes del molde virtual 3, cada parte del molde virtual se puede calentar o refrigerar independientemente de las otras partes del molde virtual. De este modo, para cada parte del molde virtual 3 se pueden seleccionar programas de temperatura-tiempo independientemente de otras partes. Por ejemplo, se puede simular la provisión de un líquido a una temperatura en un primer canal, un gas a otra temperatura en un segundo canal, estando integrados los canales en diferentes partes del molde virtual.

En realizaciones, el sistema de movimiento virtual 5 al que se puede conectar el molde virtual es preferiblemente un brazo de robot virtual para aplicar un programa de movimiento-tiempo al molde virtual 3. El sistema de movimiento virtual se puede proporcionar, pero no está limitado a la aplicación del programa de movimiento-tiempo por medio de sistemas de movimiento como se describen aquí anteriormente. El programa de movimiento-tiempo se puede referir a un conjunto de instrucciones proporcionado al sistema de movimiento virtual 5, que resulta en una simulación de intensidades, periodos de tiempo y tipos de movimientos predeterminados aplicados al molde virtual. La persona experta entenderá que un programa de movimiento-tiempo puede incluir periodos donde no se aplica movimiento al molde virtual.

Como se muestra en la Fig. 8, el sistema de simulación por ordenador 2 puede incluir un sistema de presión virtual 6 configurado para aplicar un programa de presión-tiempo a la cavidad de un molde virtual. Un programa de presión-tiempo se puede referir a un conjunto de instrucciones que resulta en una simulación o intensidades predeterminadas y periodos de tiempo de presión aplicada a la cavidad de molde. La persona experta entenderá que un programa de presión-tiempo puede incluir periodos en los que no se efectúa cambio de presión en el molde virtual, que pueden resultar en una presión de la cavidad de molde que se mantiene relativamente estable, disminuye o aumenta.

En realizaciones, el sistema de presión virtual se puede configurar para aplicar un programa de humedad-tiempo a la cavidad del molde virtual. Un programa de humedad-tiempo se puede referir a un conjunto de instrucciones que resulta en una simulación o intensidades predeterminadas y periodos de tiempo de humedad aplicada a la cavidad de molde.

La persona experta entenderá que un programa de humedad-tiempo puede incluir periodos en los que no se efectúa cambio de presión en el molde virtual, que pueden resultar en una humedad de la cavidad de molde que se mantiene relativamente estable, disminuye o aumenta.

En la realización mostrada, el sistema de simulación por ordenador puede incluir un sistema de alimentación virtual configurado para aplicar un programa de dosificación-tiempo para controlar la dosificación de materia prima que incluye el tipo de materia prima dosificada. Un programa de dosificación-tiempo se puede referir a un conjunto de instrucciones que resulta en una simulación del control del tipo de materia prima dosificada, la tasa de materia prima dosificada y/o la cantidad de materia prima dosificada, etc.

En realizaciones según la presente divulgación, el sistema de simulación se puede configurar para realizar un aprendizaje no supervisado, donde se deduce una función para describir datos 'no identificados' (es decir, datos que no se han clasificado) y no se asocian salidas explícitas a cada entrada en los datos. Por ejemplo, se aprende una estructura oculta en datos que contienen propiedades del objeto para determinar clases en los datos. Tales clases se pueden referir a la calidad del objeto moldeado ('bueno', 'satisfactorio', 'malo', etc.), y están 'ocultas' y no se encuentran explícitamente en los datos. De este modo, una estructura oculta aprendida se puede usar para clasificar un 'nuevo' objeto en una de las clases en base a los parámetros de objeto de dicho objeto. Otros ejemplos incluyen aprendizaje de una estructura oculta en datos que contienen una pluralidad de propiedades, y la clasificación de 'nuevos' datos en clases que se refieren a clase de precio, dificultad, eficiencia energética, etc.

En realizaciones, el sistema de simulación puede realizar preferentemente el aprendizaje supervisado, donde se aprende una función para representar entradas con salidas en base a pares de entrada-salida disponibles en los datos, y esta predice al menos una variable de simulación basada en un 'nuevo' valor de la entrada. Por ejemplo, se aprende una función para representar entradas de programas de tiempo-temperatura y programas de movimiento-tiempo temperatura de respectivos moldes virtuales con salidas de perfiles de tiempo-temperatura de la cavidad de molde. De este modo, una función aprendida se puede usar para predecir un perfil de tiempo-temperatura de la cavidad de molde en base a una 'nueva' entrada de un programa de tiempo-temperatura y un programa de movimiento-tiempo temperatura de un molde virtual. Otro ejemplo puede ser donde las entradas incluyen perfiles de tiempo-temperatura de la cavidad de molde de moldes virtuales y las salidas incluyen programas de tiempo-temperatura y programas de movimiento-tiempo temperatura de respectivos moldes virtuales, y el objetivo es predecir dichos programas para un 'nuevo' perfil de tiempo-temperatura de la cavidad de molde de un molde virtual. Otros ejemplos incluyen una o más propiedades del objeto, una o más propiedades del molde, una o más propiedades de comportamiento térmico de la materia prima, uno o más programas de moldeo rotacional, etc.

En el aprendizaje supervisado o no supervisado, los datos pueden ser recopilados en una única base de datos o en múltiples bases de datos que pueden estar conectadas, por ejemplo a través de la 'nube'.

La Fig. 9 muestra un detalle de una parte de la al menos una variable de simulación a la que se puede dirigir la simulación de moldeo rotacional, que puede incluir una o más variables seleccionadas a partir del grupo constituido por los parámetros de proceso como se describen aquí anteriormente, preferiblemente a partir del grupo constituido por:

- propiedades del objeto como se definen aquí anteriormente;
- propiedades de la materia prima, que incluyen características térmicas de moldeo rotacional como se definen aquí anteriormente;
- propiedades del molde como se definen aquí anteriormente;
- programa de temperatura-tiempo;
- programa de movimiento-tiempo;
- programa de presión-tiempo;
- perfil de presión-tiempo;
- programa de humedad-tiempo;
- perfil de humedad-tiempo;
- programa de dosificación-tiempo;
- otros programas de moldeo rotacional, etc.

La al menos una variable de simulación puede incluir una propiedad de objeto adecuada, preferiblemente forma, volumen, área superficial y espesor de pared. La al menos una variable de simulación puede incluir una propiedad de materia prima adecuada, preferiblemente una propiedad de materia prima que incluye una característica térmica de moldeo rotacional. La al menos una variable de simulación puede incluir una propiedad de molde adecuada, preferiblemente pared de molde y cavidad de molde.

En la realización mostrada, la al menos una variable de simulación puede incluir preferiblemente un programa de temperatura-tiempo 42 adecuado. El programa de temperatura-tiempo 42 adecuado se puede aplicar preferiblemente por el sistema de calefacción y refrigeración del molde virtual 4 para la simulación del moldeo rotacional del objeto por medio del sistema de moldeo rotacional virtual y preferiblemente se puede aplicar por el sistema de calefacción y refrigeración del molde para el moldeo rotacional 20 de un objeto por medio del sistema de moldeo rotacional 1. El programa de temperatura-tiempo 42 adecuado puede ser una base para definir el molde virtual 3 y el sistema de calefacción y refrigeración virtual 4, preferiblemente el sistema de calefacción y refrigeración virtual 4 está integrado al menos parcialmente en la pared de molde. El programa de temperatura-tiempo 42 adecuado puede estar provisto para determinar un número y ubicación adecuados de canales de calefacción y/o refrigeración a integrar en o sobre el molde virtual 3.

En la realización mostrada, la al menos una variable de simulación puede incluir preferiblemente un programa de movimiento-tiempo 43 adecuado. El programa de movimiento-tiempo 43 adecuado se puede aplicar preferiblemente por el sistema de movimiento virtual 5 para la simulación del moldeo rotacional del objeto por medio del sistema de moldeo rotacional virtual y preferiblemente se puede aplicar por el sistema de movimiento 30 para el moldeo rotacional de un objeto por medio del sistema de moldeo rotacional 1. El programa de movimiento-tiempo 43 adecuado puede ser una base para definir el molde virtual 3 y el sistema de calefacción y refrigeración virtual 4, preferiblemente el sistema de calefacción y refrigeración virtual 4 está integrado al menos parcialmente en la pared de molde.

En la realización mostrada, la al menos una variable de simulación 8 puede incluir preferiblemente un programa de presión-tiempo 44 adecuado. El programa de presión-tiempo 44 adecuado se puede aplicar preferiblemente por el sistema de presión virtual 6 para la simulación del moldeo rotacional del objeto por medio del sistema de moldeo rotacional virtual y preferiblemente se puede aplicar por el sistema de presión 60 para el moldeo rotacional de un objeto por medio del sistema de moldeo rotacional 1. El programa de presión-tiempo 44 adecuado puede ser una base para definir el molde virtual 3 y la presión virtual 6.

En la realización mostrada, la al menos una variable de simulación 8 puede incluir preferiblemente un programa de humedad-tiempo 45 adecuado. El programa de humedad-tiempo 45 adecuado se puede aplicar preferiblemente por el sistema de presión virtual 6 para la simulación del moldeo rotacional del objeto por medio del sistema de moldeo rotacional virtual y preferiblemente se puede aplicar por el sistema de presión 60 para el moldeo rotacional de un objeto por medio del sistema de moldeo rotacional 1. El programa de humedad-tiempo 45 adecuado puede ser una base para definir el molde virtual y el sistema de presión virtual 6.

En la realización mostrada, la al menos una variable de simulación 8 puede incluir preferiblemente un programa de dosificación-tiempo 46 adecuado. El programa de dosificación-tiempo 46 adecuado se puede aplicar preferiblemente por el sistema de alimentación virtual 7 para la simulación del moldeo rotacional del objeto por medio del sistema de moldeo rotacional virtual y preferiblemente se puede aplicar por el sistema de alimentación 70 para el moldeo rotacional de un objeto por medio del sistema de moldeo rotacional 1. El programa de dosificación-tiempo 46 adecuado puede ser una base para definir el molde virtual 3 y el sistema de alimentación virtual 7.

La Fig. 10 muestra una realización del sistema de simulación 2 configurado para repetir la simulación de la al menos una variable de simulación 8. La persona experta entenderá que la simulación de al menos una variable de simulación es equivalente a la repetición de la simulación de cada variable de simulación mientras se fijan las otras variables de simulación. En la realización mostrada, la al menos una variable de simulación incluye programa de temperatura-tiempo y espesor de pared del objeto resultante, y el sistema de simulación está configurado para repetir la simulación del programa de temperatura-tiempo y el espesor de objeto, en la cual el programa de temperatura-tiempo se fija y la simulación de espesor de objeto se repite para cada programa de temperatura-tiempo fijado, o el espesor de objeto se fija y la simulación del programa de temperatura-tiempo se repite para cada espesor de objeto fijado.

En la realización mostrada, la al menos una variable de simulación 8 se puede simular en un proceso paralelo y/o iterativo. La variable de simulación 8 se puede simular en un proceso paralelo o iterativo con respecto a las otras variables de simulación. Por ejemplo, dos o más variables de simulación se simulan en cada caso en paralelo, o cada una de las dos o más variables de simulación se simulan sucesivamente. La variable de simulación 8 se puede simular en un proceso paralelo o iterativo con respecto a un rango de valores de las otras variables de simulación. Por ejemplo, la variable de simulación se simula fijando cada una de las otras variables de simulación en un primer valor, mientras que dicha variable de simulación se simula en paralelo fijando cada una de las otras variables de simulación en un segundo valor. Los resultados producidos desde cada simulación se pueden almacenar en hojas de datos contenidas en una base de datos o en un servidor.

- En realizaciones, el sistema de simulación 2 se puede configurar para determinar un valor óptimo o casi óptimo de la simulación repetida de la al menos una variable de simulación 8. Esto puede ser conocido como optimización basada en simulación. Por ejemplo, una vez se determina un programa de temperatura-tiempo 42 adecuado, se puede repetir la simulación para determinar una definición óptima o casi óptima de un molde virtual 3 y ser parte integrada del sistema de calefacción y refrigeración 4 sobre la base del programa de temperatura-tiempo 42 adecuado. La simulación se puede repetir además mediante el molde virtual adecuado y ser parte integrada del sistema de calefacción y refrigeración virtual para mejorar la determinación del molde virtual y parte integrada del sistema de calefacción y refrigeración virtual o para determinar resultados adecuados de otras variables de simulación.
- En realizaciones, el sistema de simulación 2 puede sugerir a un usuario una lista de opciones de un resultado óptimo o casi óptimo de la al menos una variable de simulación, preferiblemente uno o más programas de temperatura-tiempo y/o uno o más programas de movimiento-tiempo, estando predeterminadas las opciones o siendo estas resultado de simulaciones repetidas. La sugerencia por el sistema de simulación se puede usar para repetir la simulación y determinar otras variables de simulación o sugerir un resultado para cada al menos una variable de simulación. Por ejemplo, la sugerencia de uno o más programas de temperatura-tiempo y/o uno o más programas de movimiento-tiempo se pueden usar por el sistema de simulación para repetir la simulación basada en nuevos datos o cambios en el proceso de moldeo rotacional y para sugerir un programa de temperatura-tiempo y/o un programa de movimiento-tiempo óptimo.
- En realizaciones, la simulación de al menos una variable de simulación incluye el seguimiento de la al menos una variable de simulación en tiempo real durante el proceso de moldeo rotacional. De este modo, el módulo de simulación está configurado para simular la al menos una variable de simulación en tiempo real. Esto es conocido como control de optimización u optimización dinámica. Un método para simular una variable de simulación en tiempo real es el aprendizaje de refuerzo. El aprendizaje de refuerzo permite al módulo de simulación aprender un comportamiento de una variable de simulación basada en retroalimentación o retroalimentación parcial desde el moldeo rotacional de un objeto. Por ejemplo, se aplica un programa de moldeo rotacional a un molde basado en simulaciones. Durante el proceso de moldeo rotacional, el estado de la variable de simulación en el proceso de moldeo rotacional se sigue en ciertos periodos de tiempo, y se puede recoger cada 0,1 segundo, cada 1 segundo, cada 10 segundos o cada 1 minuto durante un proceso de moldeo rotacional específico. En base a dicho estado, se proporciona una acción de un conjunto de acciones predefinidas para actualizar el programa de moldeo rotacional. Posteriormente, la variable de simulación se puede mover a un nuevo estado, y entonces se proporciona una acción. Por ejemplo, si durante un proceso de moldeo rotacional se detecta que la temperatura es demasiado elevada, posteriormente el módulo de simulación simula un nuevo perfil de temperatura-tiempo de molde a aplicar al molde sobre la base de la temperatura actual.
- El objetivo del aprendizaje de refuerzo es realizar un proceso de moldeo rotacional de manera óptima o casi óptima. En el aprendizaje de refuerzo, el sistema de simulación puede estar configurado para decidir o 'explotar' o 'explorar' en base a un intercambio exploración-explotación. La persona experta entenderá que el aprendizaje óptimo requiere a veces tomar malas opciones para aprender de errores. Lo racional es que estas acciones casi óptimas son necesarias para un beneficio a largo plazo. La persona experta entenderá que el dilema exploración-explotación es un intercambio entre mejorar el estado actual frente a aprender más ahora y mejorar el estado futuro. Por ejemplo, durante un proceso de moldeo rotacional, si se detecta que la temperatura es demasiado elevada, posteriormente el módulo de simulación decide si 'explotar' y simular un programa de temperatura-tiempo a aplicar al molde que reducirá ciertamente la temperatura, o simular un 'nuevo' programa de presión-tiempo a aplicar en el molde y 'explorar' los efectos resultantes en la temperatura.
- En realizaciones, el sistema de simulación puede incluir una base de datos de materias primas que contiene hojas de datos de una pluralidad de materias primas, incluyendo cada una de dichas hojas de datos para cada materia prima al menos una característica térmica de moldeo rotacional. Cada hoja de datos puede incluir o contener características de flujo 41c de la respectiva materia prima. El sistema de simulación puede conectarse a un servidor donde se pueden almacenar las bases de datos de materias primas para obtener la al menos una característica térmica de moldeo rotacional para cada material. El sistema de simulación puede conectarse a un servidor para obtener la al menos una característica de presión de moldeo rotacional para cada material. El sistema de simulación puede conectarse a un servidor para obtener la al menos una característica térmica de moldeo rotacional y la al menos una característica de presión de moldeo rotacional para cada material.
- Cada característica térmica de moldeo rotacional se puede segmentar y cada segmento se puede determinar en base a al menos un comportamiento térmico de la materia prima durante el moldeo rotacional de un objeto, y cada segmento se puede aproximar por una función matemática como se describe aquí anteriormente.
- En realizaciones, el programa de movimiento-tiempo 43 adecuado se puede determinar sobre la base de las características de flujo 41c de la materia prima. Las características de flujo 41c de una materia prima pueden ser asimismo una base para definir el molde virtual y el sistema de calefacción y refrigeración virtual, preferiblemente el sistema de calefacción y refrigeración virtual está integrado al menos parcialmente en la pared de molde.
- En la realización mostrada en la Fig. 8, el sistema de simulación 2 puede incluir una interfaz de usuario 9, configurada para habilitar a un usuario para definir un objeto, un molde virtual 3, un sistema de calefacción y refrigeración del molde

virtual 4, un programa de temperatura-tiempo 42, un sistema de movimiento virtual 5, un programa de movimiento-tiempo 43, un sistema de presión virtual 6, un programa de presión-tiempo 44, un programa de humedad-tiempo 45, un sistema de alimentación virtual 7 y/o un programa de dosificación-tiempo 46, preferiblemente un objeto a moldear por medio de un proceso de moldeo rotacional.

5 En una realización, la simulación de la al menos una variable de simulación 8 se puede decidir por el sistema de simulación 2 o por el usuario mediante la interfaz de usuario 9.

10 En realizaciones, la interfaz de usuario 9 puede estar configurada para habilitar al usuario para actualizar la característica térmica de moldeo rotacional predeterminada durante el moldeo rotacional de un objeto o durante la simulación de un moldeo rotacional del objeto por medio del sistema de moldeo rotacional virtual. Por ejemplo, durante un proceso de moldeo rotacional, si el usuario decide reducir la PIAT deseada, posteriormente el módulo de simulación 8 simula un nuevo programa de temperatura-tiempo adecuado a aplicar al molde durante el proceso de moldeo rotacional, mientras se considera la PIAT actual deseada. De este modo, el programa de temperatura tiempo que se ha usado en el proceso de moldeo rotacional se actualiza entonces con el nuevo programa de temperatura-tiempo adecuado.

20 En realizaciones, la simulación resulta del proceso de moldeo rotacional y se usa entonces para realizar el moldeo rotacional por medio de un sistema de moldeo rotacional 1 como se describe aquí.

En realizaciones, el sistema de simulación de moldeo rotacional 2 puede ser una representación virtual del sistema de moldeo rotacional 1 como se describe aquí. El sistema de simulación se puede usar, por ejemplo, para probar cambios en el sistema de moldeo rotacional 1 en el entorno virtual antes de la implementación física.

25 En realizaciones, el sistema de simulación de moldeo rotacional 2 se puede usar para determinar, en base a (al menos) una característica térmica de moldeo rotacional de una materia prima, al menos un programa de temperatura-tiempo 42 adecuado y/o al menos un programa de movimiento-tiempo 43 adecuado y/u otros programas tales como presión-tiempo, humedad-tiempo, dosificación-tiempo, etc., para el moldeo rotacional de un objeto por medio del sistema de moldeo rotacional 1. En particular, la determinación por medio del sistema de simulación puede incluir el mismo procedimiento que se ha descrito con referencia a las Figs. 7a-7c, opcionalmente completado por al menos una simulación del proceso de moldeo rotacional por medio del programa de temperatura-tiempo 42 seleccionado, el programa de movimiento-tiempo 43 y/u otros programas tales como presión-tiempo, humedad-tiempo, dosificación-tiempo, etc., al menos para los propósitos de verificación, preferiblemente para los propósitos de optimización adicional.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de moldeo rotacional (1), que incluye
un molde (10) que tiene una pared de molde (11) que rodea una cavidad de molde (12),
5 un sistema de calefacción y refrigeración del molde (20) integrado al menos parcialmente con la pared del molde y
provisto para aplicar un programa de temperatura-tiempo al molde;
un sistema de movimiento (30) al que se puede conectar el molde y provisto para aplicar un programa de movimiento-
tiempo al molde, y
un sistema de control (40) para controlar el sistema de calefacción y refrigeración del moldeo (20) y el sistema de
10 movimiento (30), **caracterizado por que** el sistema de control (40) está configurado para determinar al menos un
programa de temperatura-tiempo (42) adecuado y al menos un programa de movimiento-tiempo (43) adecuado para
el moldeo rotacional de un objeto por medio del sistema de moldeo rotacional (1) sobre la base de una característica
térmica de moldeo rotacional predeterminada de una materia prima a usar para el moldeo rotacional del objeto, donde
15 la característica térmica de moldeo rotacional predeterminada es un perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de
molde blanco para la menos una materia prima.
2. El sistema de moldeo rotacional según la reivindicación 1, donde el sistema de moldeo rotacional (1) incluye al
menos un sensor (24, 25) para recoger retroalimentación de al menos un parámetro de proceso durante el moldeo
20 rotacional del objeto.
3. El sistema de moldeo rotacional según la reivindicación 2, donde el sistema de control está configurado para evaluar
la retroalimentación recogida y ajustar al menos uno de los programas de temperatura-tiempo (42) y de movimiento-
tiempo (43) que se ha aplicado.
- 25 4. El sistema de moldeo rotacional según la reivindicación 2 o 3, donde el sistema de control está configurado para
evaluar la retroalimentación recogida y determinar un programa de temperatura-tiempo (42) adicional y/o programa de
movimiento-tiempo (43) adicional a aplicar para el moldeo rotacional de piezas posteriores de dicho objeto.
5. El sistema de moldeo rotacional según una de las reivindicaciones 2-4, donde el sistema de control está configurado
30 para transmitir la retroalimentación recogida a un servidor remoto (50).
6. El sistema de moldeo rotacional según alguna de las reivindicaciones anteriores, donde el sistema de control incluye
una base de datos (41) de materias primas que contiene hojas de datos de una pluralidad de materias primas,
incluyendo cada una de dichas hojas de datos para cada materia prima al menos una característica térmica de moldeo
35 rotacional.
7. El sistema de moldeo rotacional según la reivindicación 6, donde cada característica térmica de moldeo rotacional
se segmenta y cada segmento se aproxima por una función matemática.
- 40 8. El sistema de moldeo rotacional según la reivindicación 7, donde al menos un segmento se aproxima por una función
matemática de segundo orden, tercer orden o de orden superior.
9. El sistema de moldeo rotacional según la reivindicación 7 u 8, donde cada segmento se determina en base a al
menos una propiedad térmica de la materia prima.
- 45 10. El sistema de moldeo rotacional según la reivindicación 7 u 8, donde las transiciones entre los segmentos se
determinan en base a al menos una propiedad térmica de la materia prima.
11. El sistema de moldeo rotacional según alguna de las reivindicaciones 6 a 10, donde cada hoja de datos contiene
50 características de flujo de la respectiva materia prima y donde el sistema de control se proporciona para considerar
las características de flujo en la determinación del programa de tiempo-movimiento adecuado.
12. Un método para el moldeo rotacional de un objeto por medio de un sistema de moldeo rotacional, donde el sistema
de moldeo rotacional determina al menos un programa de temperatura-tiempo (42) adecuado y al menos un programa
55 de movimiento-tiempo (43) adecuado para el moldeo rotacional de un objeto por medio del sistema de moldeo
rotacional (1) sobre la base de una característica térmica de moldeo rotacional predeterminada de una materia prima
a usar para el moldeo rotacional del objeto, donde la característica térmica de moldeo rotacional predeterminada es
un perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde blanco para el menos una materia prima.
- 60 13. El método según la reivindicación 12, donde el sistema de moldeo rotacional usado es el sistema de moldeo
rotacional según alguna de las reivindicaciones 1 a 11.
14. El método según la reivindicación 12 o 13, que incluye además el paso de simulación del proceso de moldeo
rotacional por medio de un sistema de simulación de moldeo rotacional mediante al menos un programa de
65 temperatura-tiempo (42) mencionado y al menos un programa de movimiento-tiempo (43) adecuado.

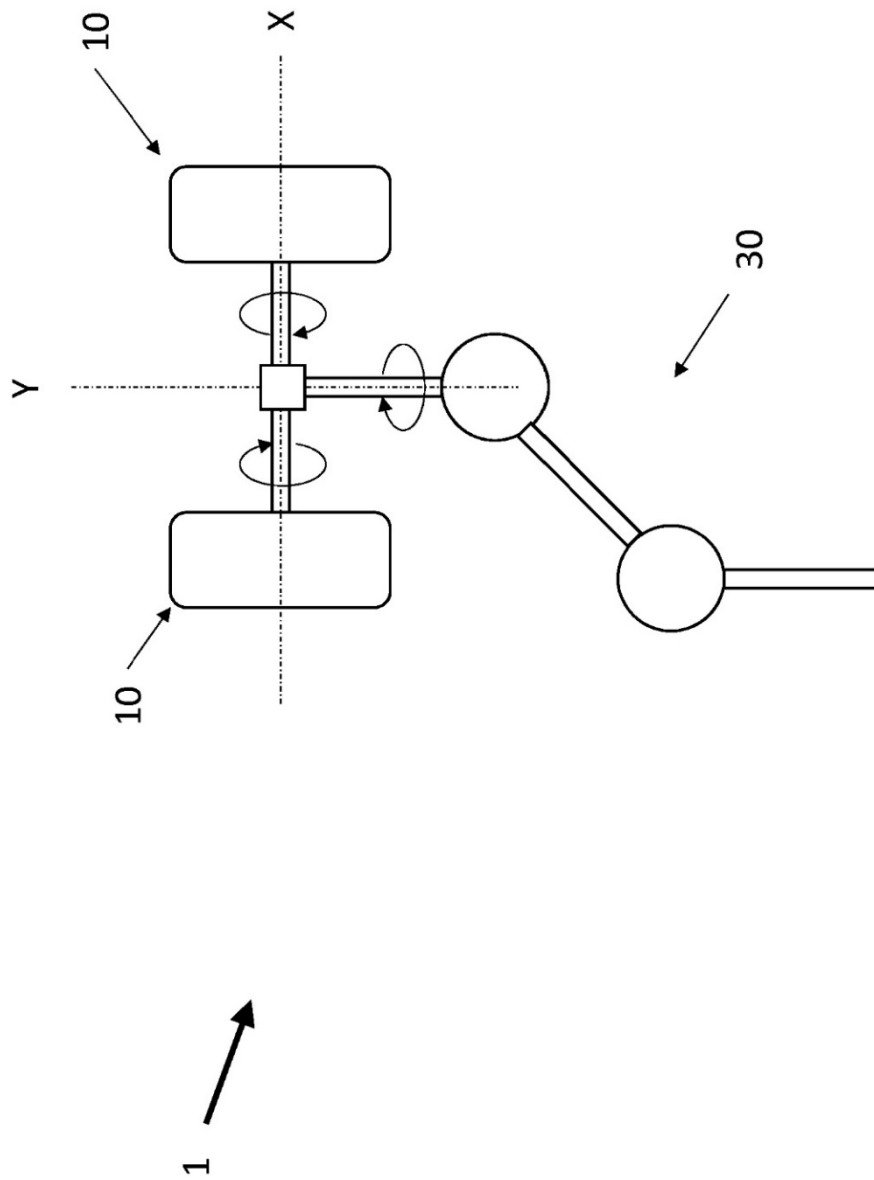


FIG. 1

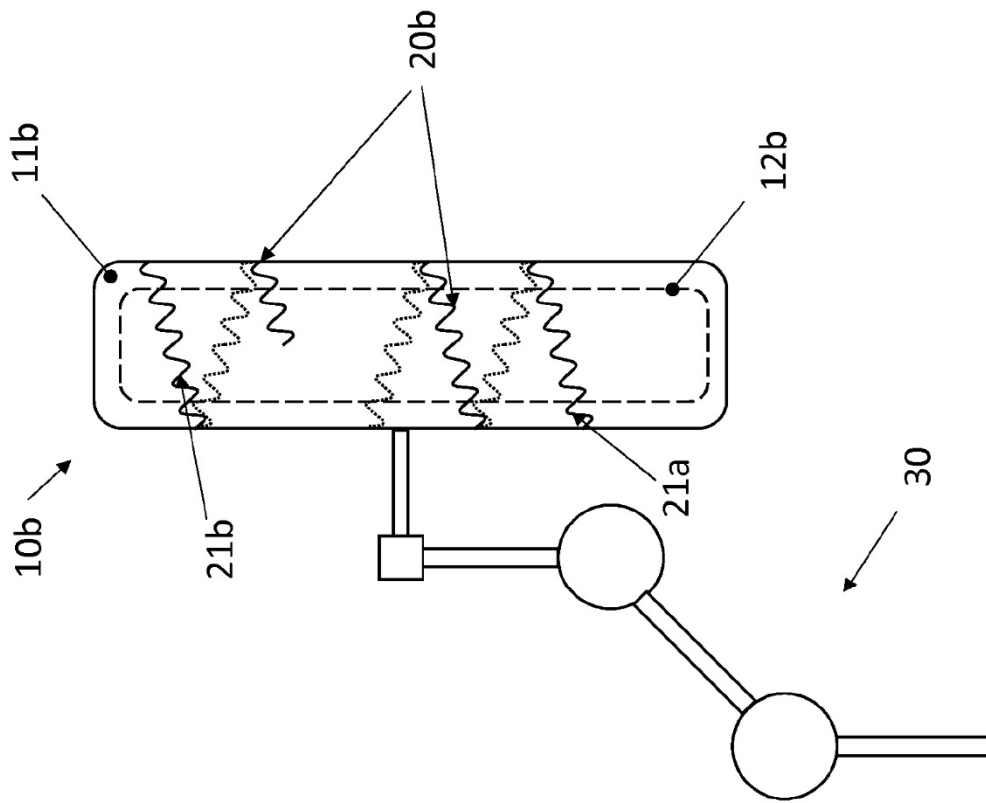


FIG. 2b

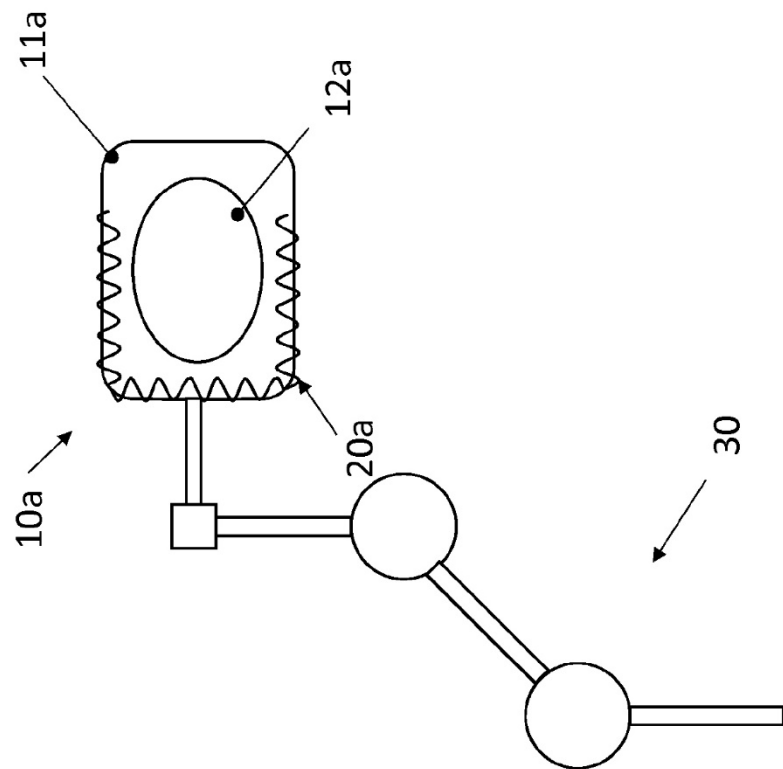


FIG. 2a

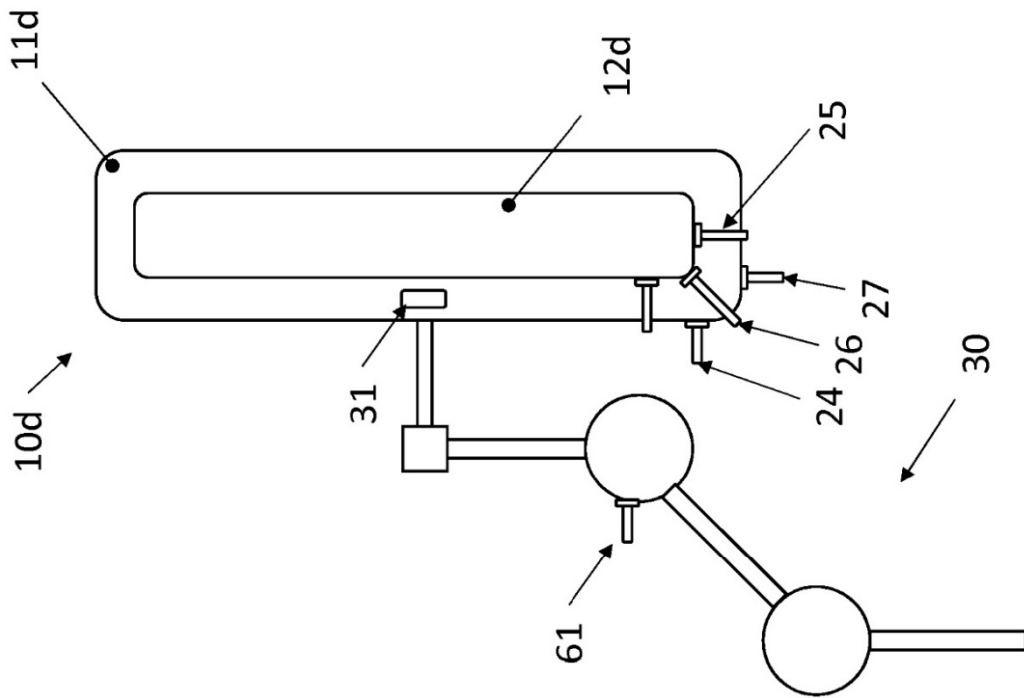


FIG. 3b

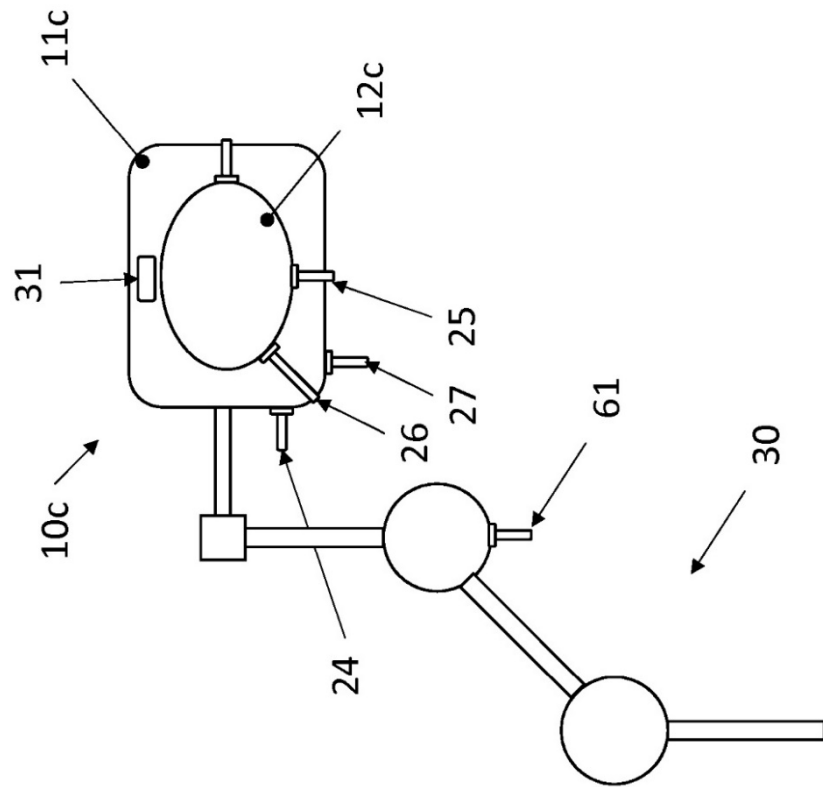
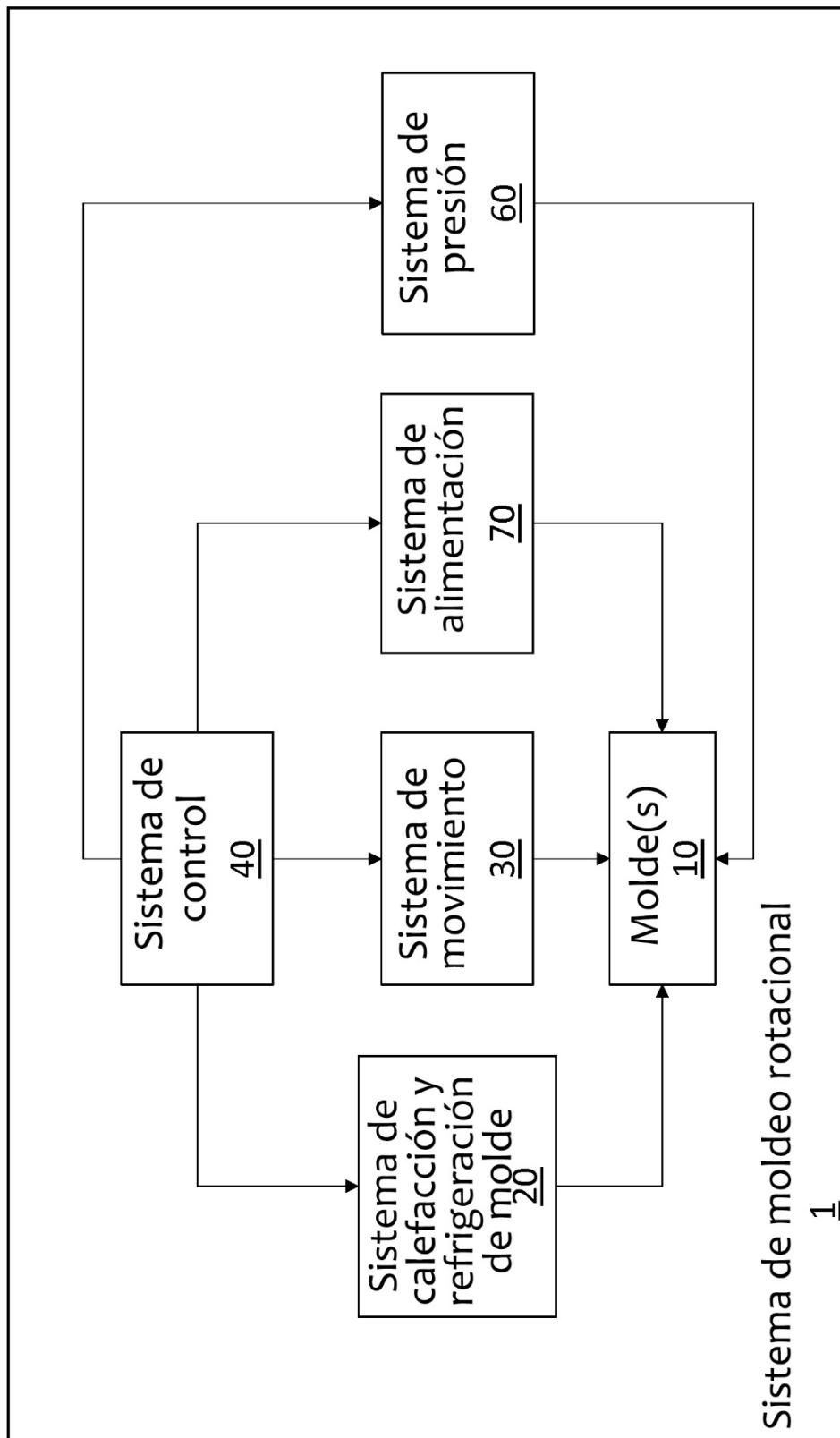


FIG. 3a

**FIG. 4**

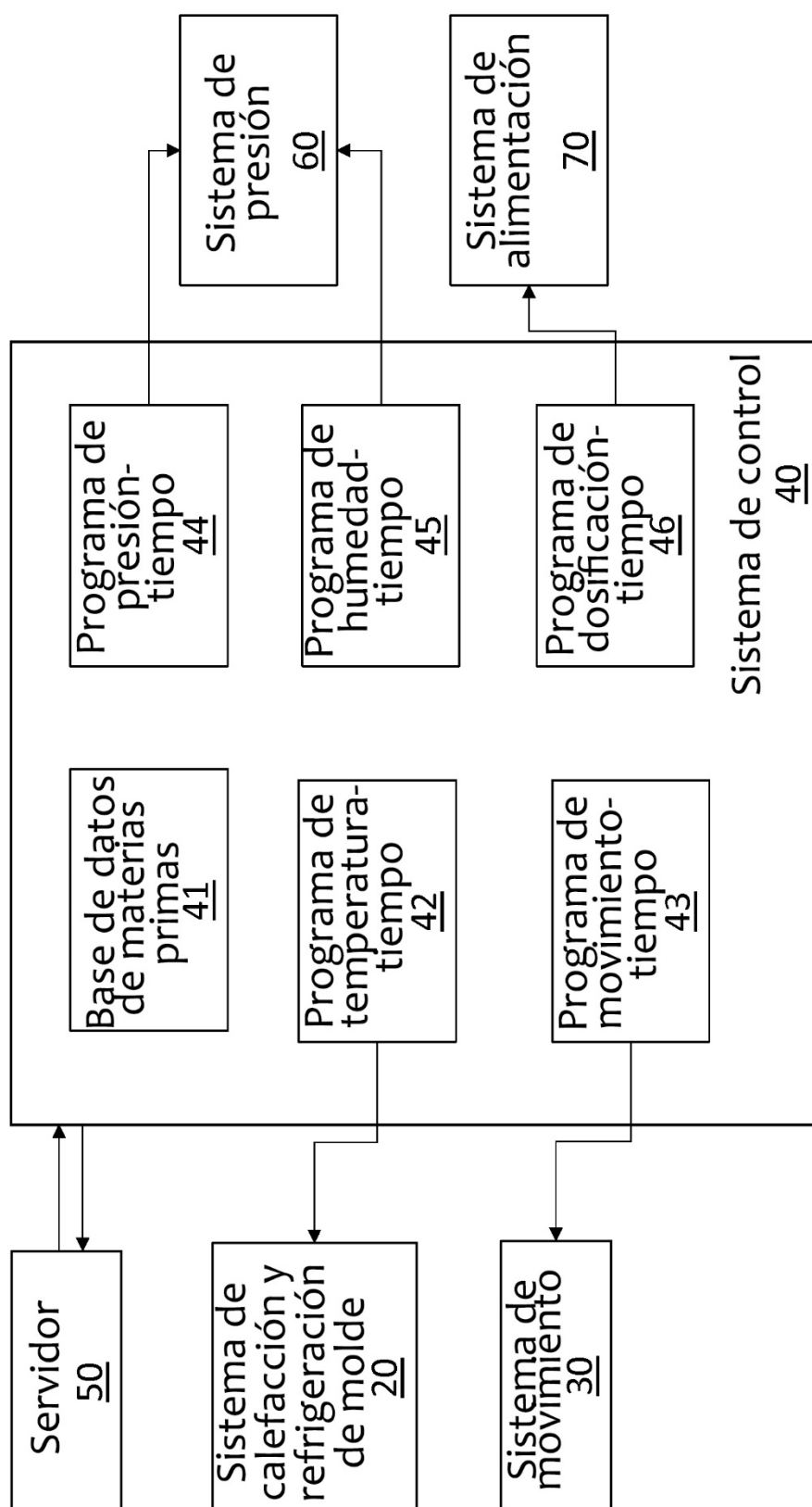


FIG. 5

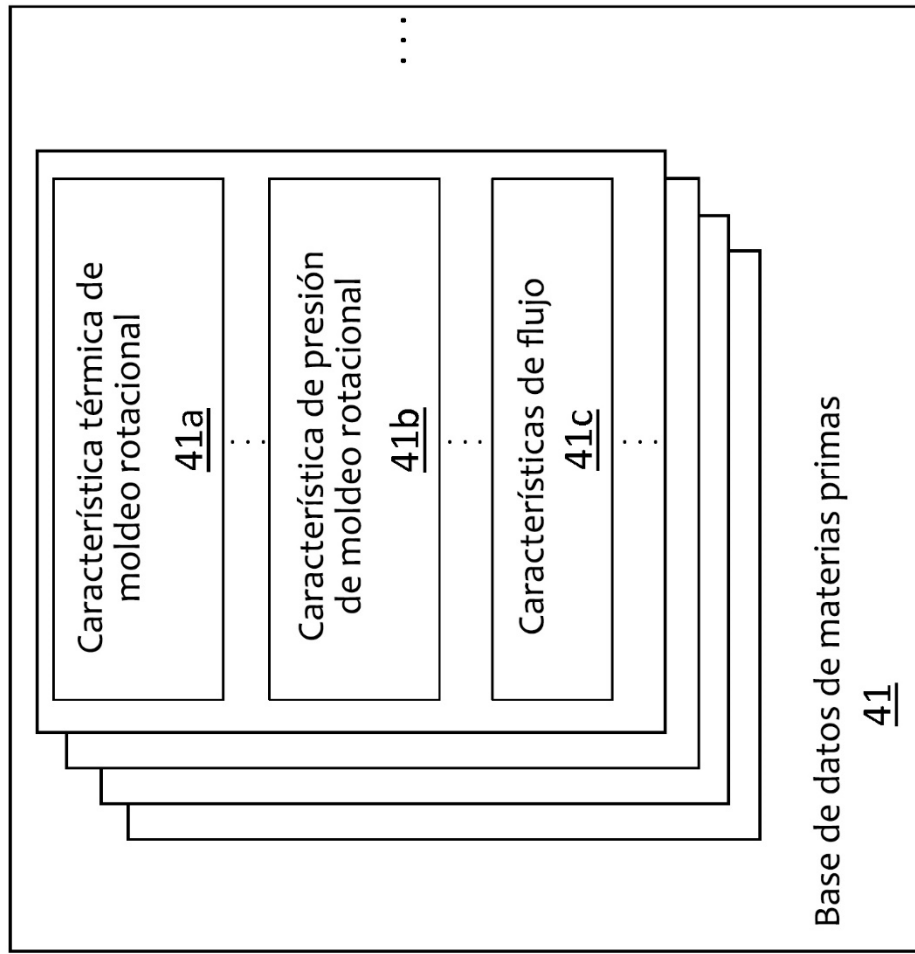
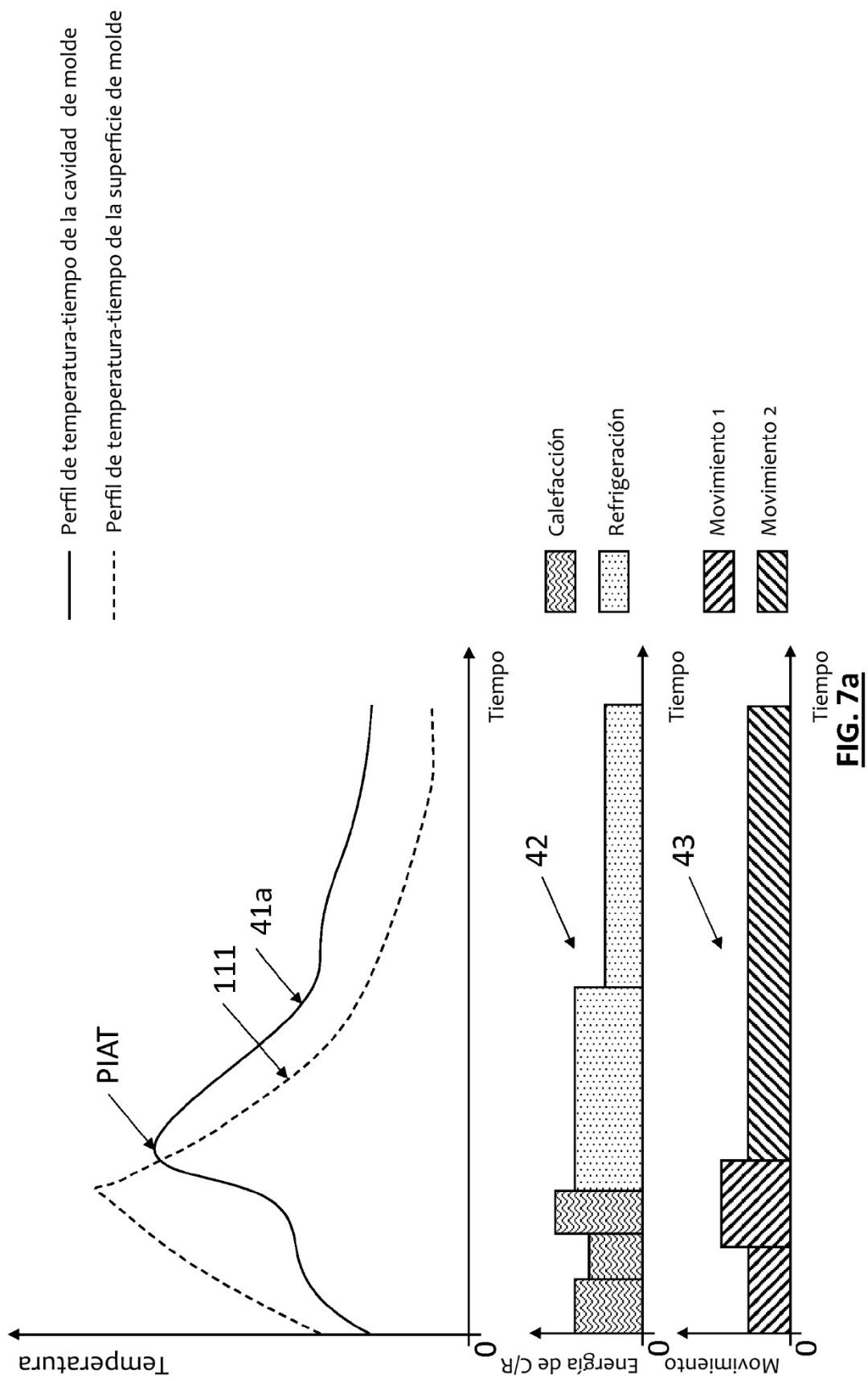
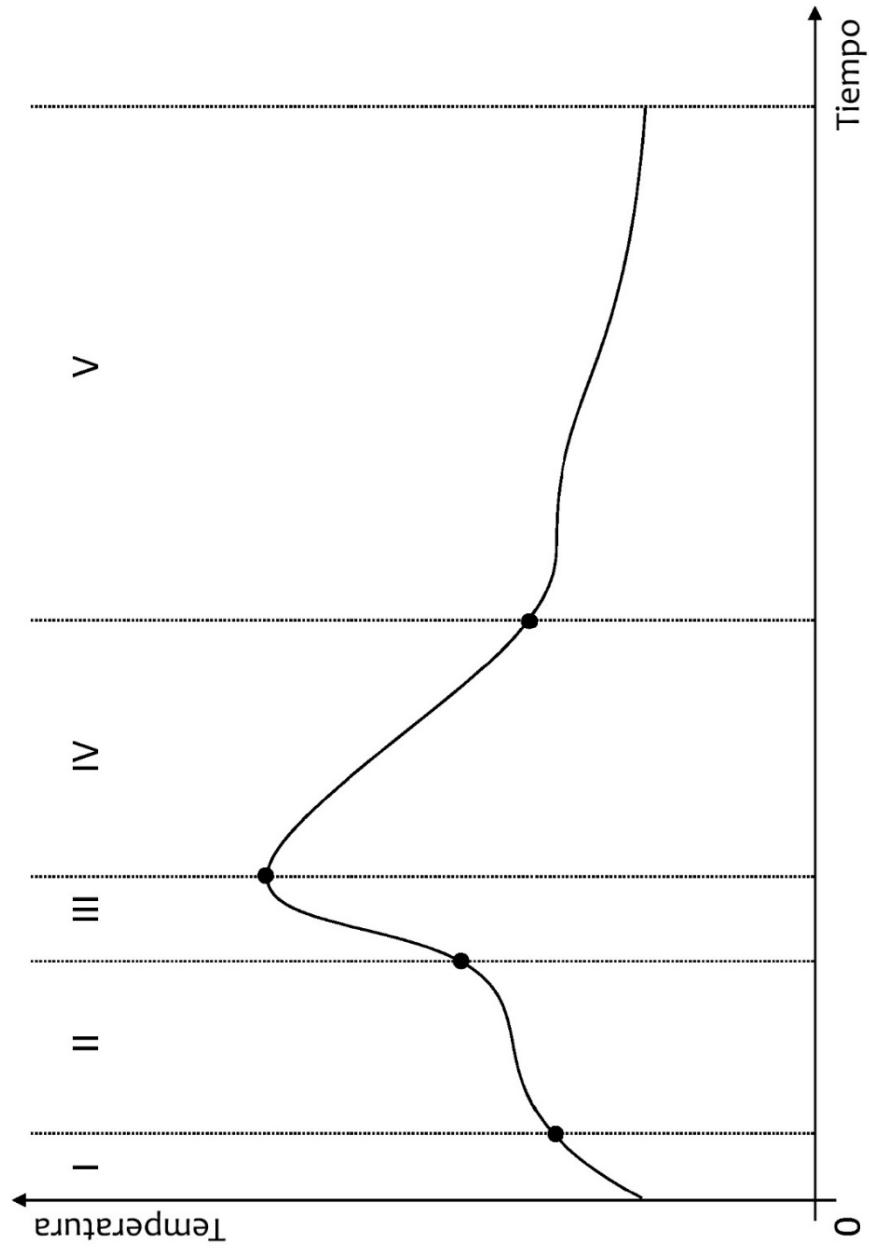


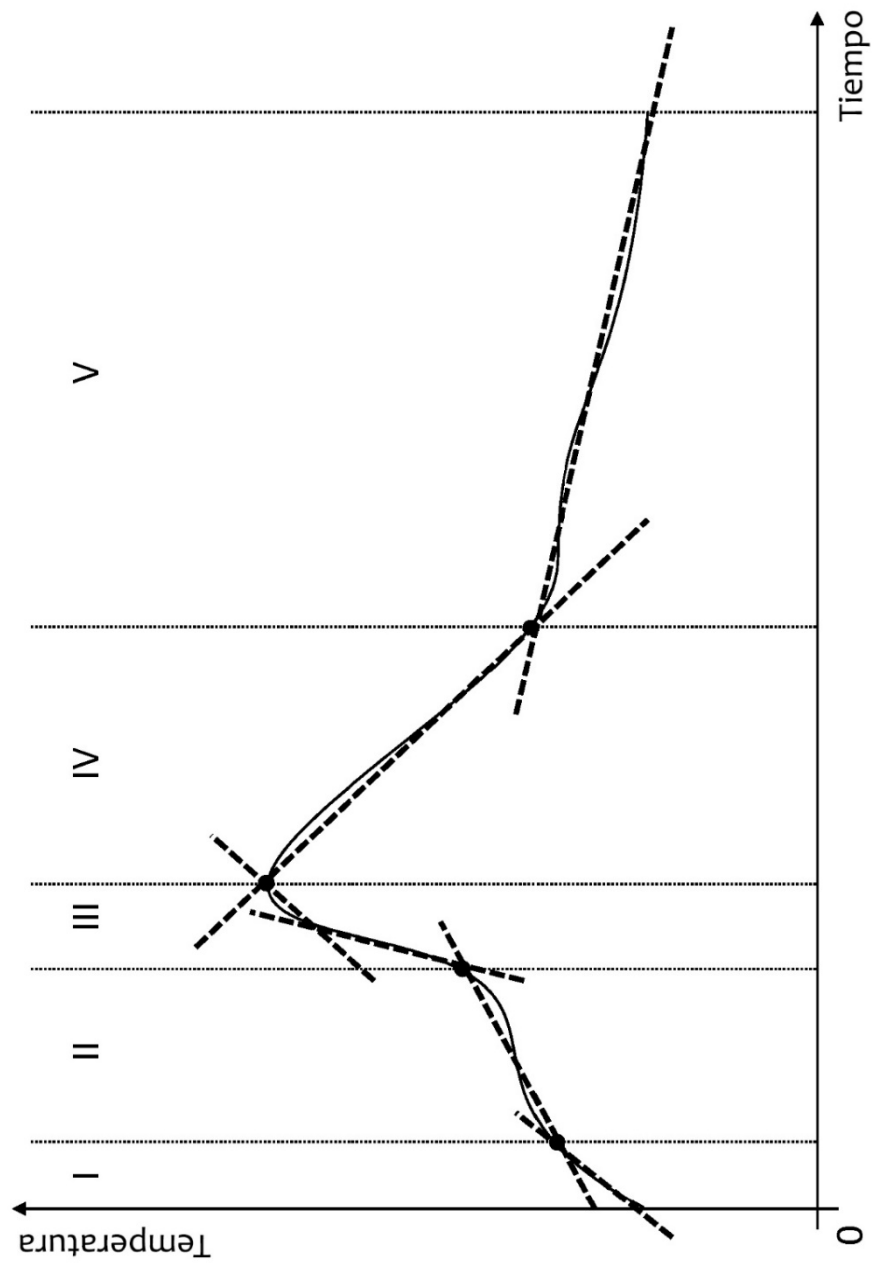
FIG. 6





— Perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde

FIG. 7b



— Perfil de temperatura-tiempo de la cavidad de molde

----- Pendientes de funciones lineales

FIG. 7c

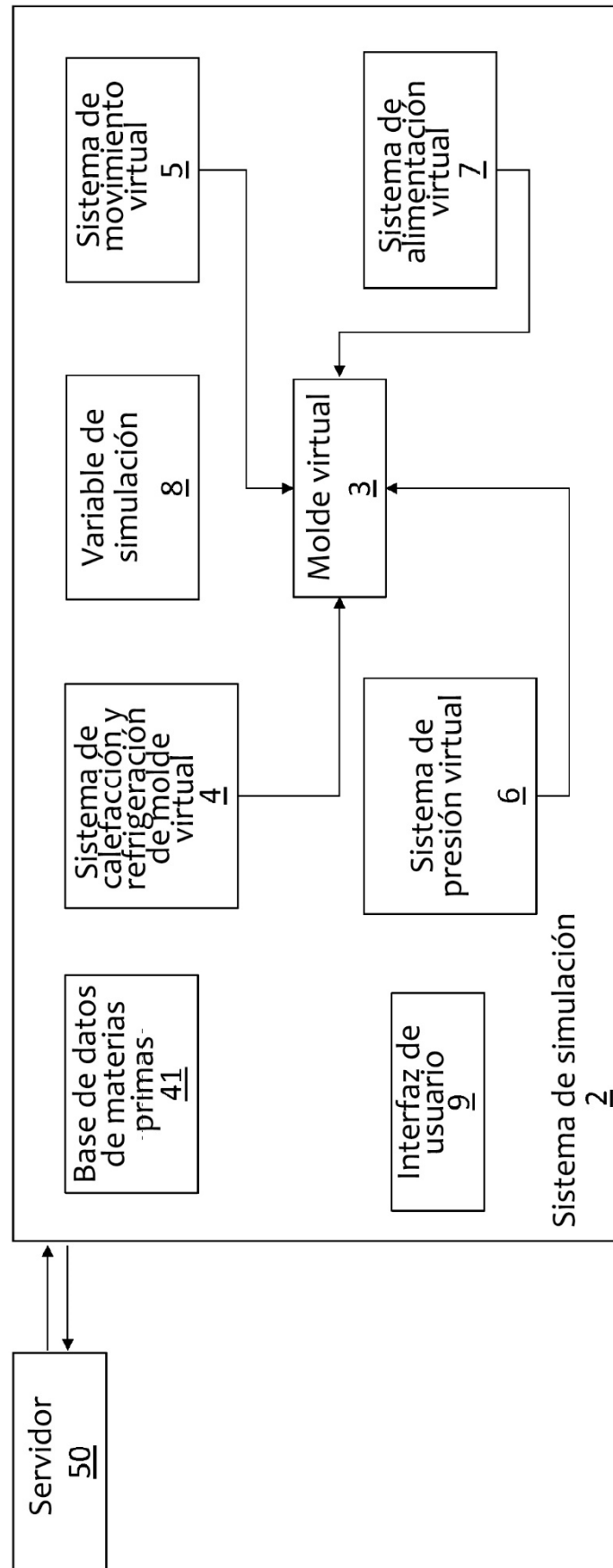


FIG. 8

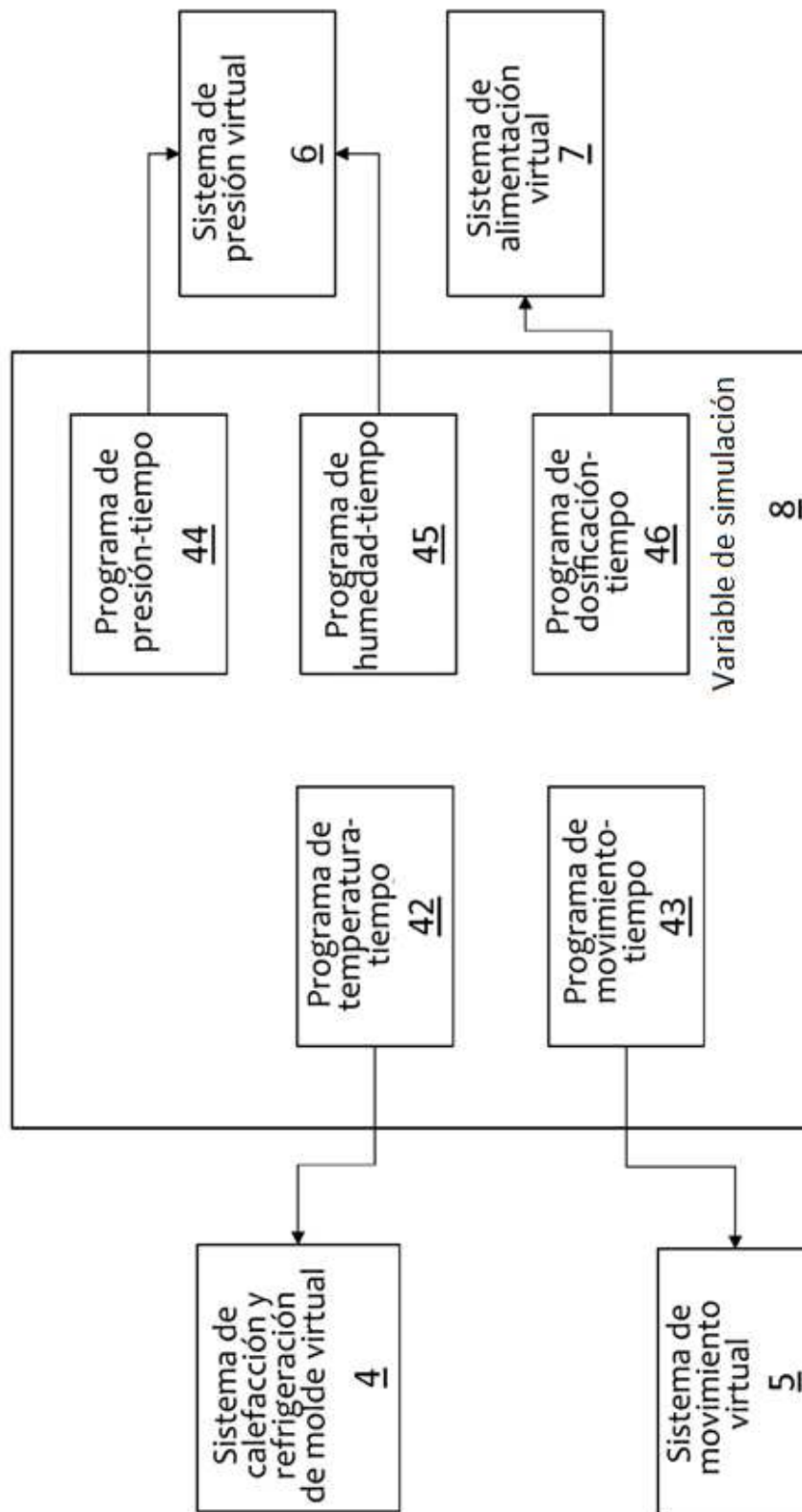


FIG. 9

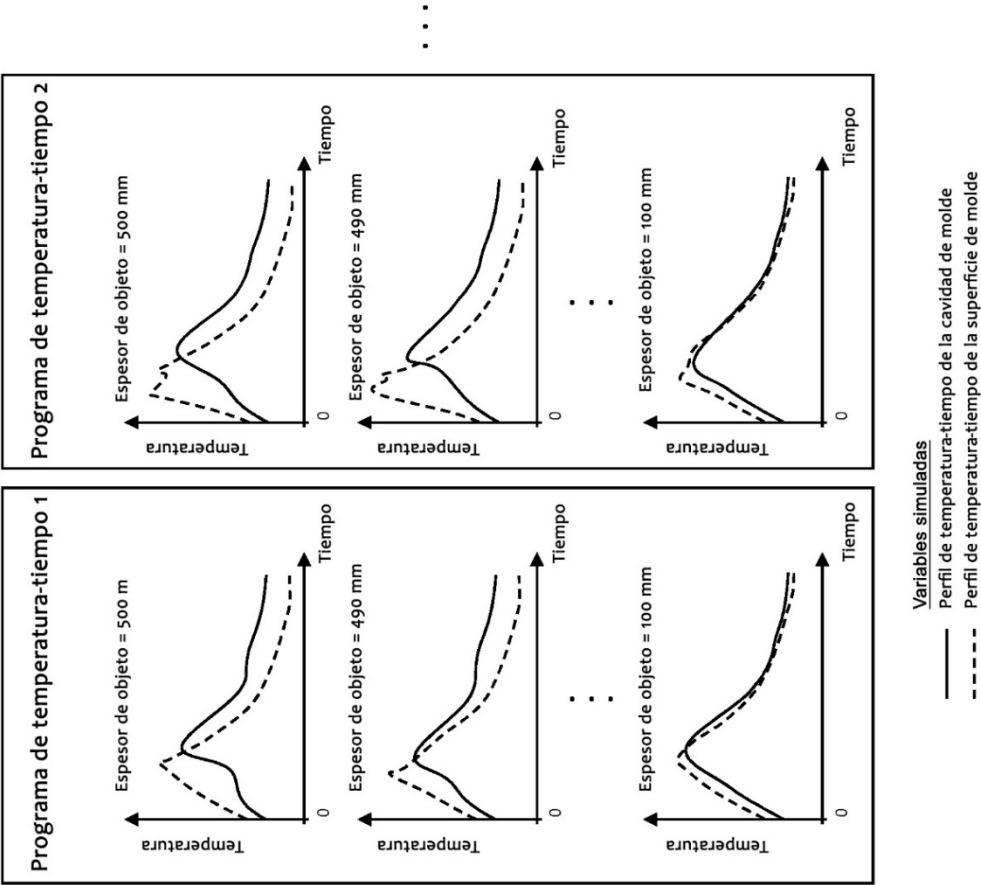


FIG. 10