

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 697 273**

51 Int. Cl.:

B22D 17/32 (2006.01)

B22D 17/20 (2006.01)

B22D 17/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2013 PCT/EP2013/050377**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.07.2013 WO13107682**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2013 E 13701379 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 2804709**

54 Título: **Dispositivo de control para movimiento de avance de pistón de fundición**

30 Prioridad:

16.01.2012 DE 102012200568

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

22.01.2019

73 Titular/es:

**OSKAR FRECH GMBH + CO. KG (100.0%)
Schorndorfer Strasse 32
73614 Schorndorf, DE**

72 Inventor/es:

**ERHARD, NORBERT y
MAURER, PETER**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 697 273 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

Dispositivo de control para movimiento de avance de pistón de fundición

5 [0001] La invención se refiere a un dispositivo para el control del movimiento de avance de un pistón de fundición en una máquina de fundición a presión de cámara en frío mediante una señal de regulación. La invención se ocupa especialmente del control del movimiento de avance del pistón de fundición durante un período de tiempo definido aquí como fase de movimiento de llenado de cámara desde una posición de llenado parcial del pistón de fundición con volumen inicial de cámara de fundición llenado parcialmente hasta una posición de llenado total del pistón de fundición con volumen residual llenado de cámara de fundición.

15 [0002] Durante la fundición a presión en la cámara fría se sabe que una masa fundida por colar, típicamente una masa fundida de una aleación de metal consistente esencialmente en aluminio y/o magnesio y/o cinc, se introduce en una cámara de fundición dispuesta horizontalmente y a continuación se transporta con un pistón de fundición impulsado hidráulicamente o de otra manera, a un molde de fundición. Este proceso se realiza para el objetivo de la fabricación de muchos productos idénticos de forma cíclica, donde por cada ciclo de fundición se encaja una vez material fundido en el molde de fundición. En este caso se usan prácticamente de forma exclusiva cámaras de fundición con sección transversal circular. La introducción del material fundido en la cámara de fundición puede ocurrir de formas diferentes bajo presión atmosférica, sobrepresión o depresión, p.ej. por el llenado por un orificio de llenado de la cámara de fundición mediante un cucharón de colada o por la aspiración mediante producción de una depresión en la cámara de fundición. La cantidad del material fundido introducida en la cámara de fundición depende del volumen de la pieza por colar respectiva, es decir, del volumen de la pieza por colar, de modo que según la pieza por fundir hay diferentes niveles de llenado en la cámara de fundición y después de la introducción del material fundido permanece en el cilindro de cámara de fundición cierto volumen de aire dispuesto encima en horizontal, hasta que el pistón de fundición se encuentre todavía en una posición inicial sobre el lado opuesto a la forma de fundición y trasero del cilindro de cámara de fundición detrás de una entrada de cámara de fundición. El concepto volumen de aire comprende en el caso presente generalmente también el caso de que se trate de un volumen parcial superior de la cámara de fundición evacuado o llenado con otro gas.

30 [0003] En una primera fase del movimiento de avance del pistón de fundición, el pistón de fundición se mueve desde su posición inicial, en la que como se explica la cámara de fundición está llena parcialmente, hasta la posición de llenado total, en la que el volumen de la cámara de fundición reducido sucesivamente por el movimiento de avance del pistón de fundición, se llena completamente con el material fundido. A esto se añade la operación de prensado que no interesa aquí, a través de la cual el material fundido se prensa desde la cámara de fundición a través de una salida de cámara de fundición opuesta a la forma de fundición en un lado delantero del cilindro de la cámara de fundición y el así llamado chorro de fundición que sigue se prensa en el molde de fundición. Durante la fase inicial del movimiento de la cámara de llenado resulta la problemática de introducciones no deseadas de gas/aire en el material fundido en caso de un transcurso desfavorable del movimiento de avance del pistón. Dichas inclusiones de gas/aire en el material fundido pueden conducir a mayor porosidad y con ello según la aplicación o tratamiento posterior de la pieza de fundición a una calidad no satisfactoria de la pieza de fundición.

45 [0004] Son responsables de ello sobre todo dos efectos, como se muestra para fines ilustrativos respectivamente en tres imágenes parciales con un pistón de fundición 2 de la Fig. 1 o Fig. 2 que se desplaza sucesivamente hacia adelante y está dispuesto en un cilindro de cámara de fundición 1 dispuesto horizontalmente, donde inicialmente, según respectivamente la figura parcial superior, la cámara de fundición 1 está rellena parcialmente de un material fundido 3 y el pistón de fundición 2 se encuentra en un lado trasero 1a de la cámara de fundición 1 opuesto al molde de fundición, detrás de una entrada de la cámara de fundición 4. Fig. 1 muestra la formación de un vuelco de eje 5, es decir, un eje en rotación del material fundido 3 presionado desde el pistón de fundición 2 en la cámara de fundición 1 hacia adelante, es decir, en dirección de un lado delantero 1b que da la cara al molde de fundición 1. Fig. 2 ilustrado el efecto de una retirada anticipada del eje del pistón de fundición 2 y/o reflexión de eje anticipada en un extremo frontal 1c de la cámara de fundición 1 orientado al molde de fundición, es decir, con ocasión de este control desfavorable del movimiento de avance de pistón comienza a migrar un eje de fundición 6 desde el pistón 2 hacia adelante. Cuando este eje 6 alcanza el techo de la cámara de fundición, inmediatamente o también después de la reflexión, se estrangula un volumen de gas/aire 7 en el pistón de fundición 2 de una salida de cámara de fundición dispuesta hacia adelante 8, como se muestra en la imagen parcial inferior de la Fig. 2. Ambos efectos conducen a inclusiones de gas/aire aumentadas, como se simboliza esquemáticamente como bolita 9 en la imagen parcial más baja de la Fig. 1 para el caso del vuelco de ejes.

60 [0005] La invención se basa en el problema técnico de la puesta a disposición de un dispositivo del tipo inicialmente mencionado, con el que se pueda controlar el movimiento de avance del pistón de fundición especialmente en la fase del movimiento del llenado de la cámara, que pueda reducir o minimizar la cantidad de inclusiones de gas/aire en el material fundido, lo que lleva típicamente a una porosidad reducida en la pieza de fundición.

[0006] La invención soluciona este problema mediante la puesta a disposición de un mecanismo de mando con las características de la reivindicación 1.

[0007] En el dispositivo de control según la invención se pone a disposición respectivamente una progresión correspondiente de una señal de regulación para diferentes conjuntos prefijados de una pluralidad de parámetros del proceso que influyen en el movimiento de fundición en la cámara de fundición durante la fase de movimiento del llenado de cámara, designado abreviando como parámetro, donde con la señal de regulación se controla el movimiento de avance del pistón de fundición durante la fase de movimiento del llenado de cámara desde una posición de llenado parcial inicial con volumen inicial de cámara de fundición llenado parcialmente hasta la posición de llenado total con volumen residual llenado de cámara de fundición. En este caso, las progresiones de la señal de regulación están fijadas de tal manera que cada una de ellas se ajusta de forma óptima al correspondiente conjunto de valores paramétricos respectivo. Por "ajuste óptimo" se entiende a este respecto que la progresión de la señal de regulación asignada al conjunto correspondiente de valores paramétricos respectiva lleva a aquella progresión de la señal de regulación del movimiento de avance del pistón que en la situación descrita actual por el correspondiente conjunto de valores paramétricos respectivos, reduzca o evite mejor que todas las otras progresiones del movimiento hacia adelante del pistón los efectos no deseados mencionados de vuelco de eje y estrangulamiento de volumen de aire. Además de este criterio de calidad primario la fijación se realiza como "ajuste óptimo" considerando criterios usuales relevantes para el proceso de fundición, como un tiempo necesario lo más corto posible para el ciclo de fundición y por lo tanto para el movimiento de avance de pistón. A través de la elección de esta progresión de señal de regulación que se ajusta de forma óptima se puede minimizar por tanto la entrada de gas/aire en la pieza de fundición y por lo tanto la porosidad en la pieza de fundición para cada ciclo de fundición, sin ralentizar de forma notable el ciclo de fundición en comparación con controles de proceso de fundición convencionales.

[0008] El dispositivo de control según la invención está dispuesto correspondientemente, dependiendo de los valores de los parámetros del proceso presentes al inicio de un ciclo de fundición, para usar la progresión de la señal de regulación que se ajusta de forma óptima. Para ello puede estar previsto preferiblemente que las progresiones óptimas de las señales de accionamiento para conjuntos prefijados diferentes de valores de los parámetros considerados, se determinen y se almacenen de antemano en el dispositivo de control, es decir, antes de la duración de funcionamiento del proceso de fundición o ciclo de fundición. El dispositivo de control elige entonces para cada ciclo de fundición la progresión de la señal de regulación que mejor se ajusta al conjunto de valores paramétricos actual para el control del movimiento de avance del pistón de fundición durante la fase de movimiento de llenado de la cámara. Esta determinación de antemano de diferentes progresiones del movimiento de avance del pistón, es decir, de diferentes progresiones de la señal de regulación a este respecto, puede ocurrir empíricamente en el objeto real o preferiblemente de forma sistemática y por ello de forma determinista con base en simulaciones correspondientes de ordenador con modelos de computación adecuados. Este último permite la realización de un número comparativamente grande de "ensayos" con valores variables de los parámetros relevantes del proceso. Cuando la simulación se realiza antes de la duración de funcionamiento del proceso de fundición, el tiempo de cálculo no se limita a la duración típica del ciclo de fundición, lo que permite la utilización de un modelo relativamente intenso en costes, que describe de forma comparativamente buena las condiciones de la corriente de fundición en la cámara de fundición durante el movimiento de avance del pistón. El sistema de modelos simulado puede ser particularmente también un sistema de circuito de regulación simulado con un regulador, que intenta compensar desviaciones aritméticas registradas de una característica del flujo de fusión con intervenciones correspondientes de ajuste. De este modo se puede determinar de forma muy precisa para la condición inicial respectiva, como se describe a través del conjunto de valores paramétricos usados actualmente, una progresión de señal de regulación de ajuste óptimo, mediante simulación de circuito de regulación apoyada en modelo. Alternativamente puede estar prevista una detección directa de la progresión de señal de regulación durante el tiempo de duración de funcionamiento del proceso de fundición.

[0009] La pluralidad de parámetros del proceso que influyen en el movimiento del material fundido en la cámara de fundición durante la fase del movimiento del llenado de la cámara comprende al menos un parámetro que corresponde a la geometría de cámara de fundición, al menos un parámetro que corresponde a la cantidad de llenado del material para fundir en la cámara de fundición y/o al menos un molde de fundición y/o al menos un parámetro que corresponde a la cámara de fundición y/o la temperatura de fundición. Se muestra, que considerando uno o más de estos parámetros ya se pueden obtener progresiones de las señales de accionamiento para el movimiento de avance de pistón, que eviten en gran parte los efectos no deseados con respecto al vuelco del eje, es decir, reflexión/retirada prematura del eje. Según el caso de aplicación se pueden considerar uno o varios parámetros. Cada parámetro se debe entender aquí de tal manera que según el caso de aplicación pueda contener valores actuales y/o valores que proceden de uno o varios ciclos de fundición precedentes y/o valores determinados de la combinación de estos valores, donde se puede tratar respectivamente de valores obtenidos metrológicamente o de manera aritmética.

[0010] En un perfeccionamiento de la invención la pluralidad de parámetros del proceso comprende de forma más particular al menos un parámetro de longitud de cámara de fundición, al menos un parámetro de altura de cámara de fundición, al menos un parámetro de coeficiente de llenado de cámara de fundición, al menos un

parámetro de temperatura de fundición, al menos un parámetro de temperatura de cámara de fundición y/o al menos un parámetro de viscosidad de material de fundición y según el caso de aplicación opcionalmente uno o varios parámetros. Los parámetros de geometría describen las condiciones espaciales límite para el movimiento de fundición en la cámara de fundición, los parámetros de viscosidad/temperatura describen el comportamiento del flujo del material de fundición y en su caso también eventuales problemas de la capa del borde como el llamado endurecimiento de la capa del borde del material de fundición en la pared interna de la cámara de fundición.

[0011] En un perfeccionamiento ventajoso de la invención las progresiones de las señales de ajuste puestas a disposición se agrupan en una pluralidad de tipos con un número diferente de fases sucesivas de progresión, donde cada fase representa una subida correspondiente de altura del material de fundición en el pistón de fundición. Se muestra a este respecto que p.ej. según la cantidad de la cantidad de llenado del material de fundición y por ello el coeficiente de llenado de la cámara de fundición, es ventajosa una progresión de la señal de regulación de varias fases, donde cada fase comprende subir el nivel de llenado del material de fundición al principio en una cantidad prefijable y mantenerlo después esencialmente constante o como máximo cambiarlo lentamente. El agrupamiento de todas las progresiones posibles de las señales de accionamiento en una cantidad discreta de progresiones con diferente número de fases tiene además ventajas en cuanto a la necesidad de espacio de memoria para depositar progresiones de las señales de accionamiento de ajuste óptimo, determinadas de antemano, en cuanto a acceso veloz a los datos memorizados para la selección de la progresión de señal de regulación que se ajuste respectivamente de forma óptima y en cuanto a la velocidad de avance correspondientemente graduada del pistón de fundición.

[0012] En otra configuración de este aspecto de la invención cada fase de la progresión está fijada de tal manera que señala un movimiento de pistón de fundición acelerado en el inicio, seguido de un movimiento de pistón de fundición con una progresión de velocidad, que se determina a partir de una progresión determinada de antemano de una altura del material de fundición en el pistón de fundición. Esta progresión de la altura del material de fundición determinada de antemano en el pistón de fundición comprende típicamente que la altura del material de fundición, después de haberse elevado por el movimiento de avance del pistón acelerado de forma relativamente rápida a un nivel más alto, a continuación se mantuvo esencialmente a este nuevo nivel o como máximo se elevó de forma mucho más lenta. Se muestra que esta unión del movimiento de avance de pistón a un transcurso temporal determinado de la altura del material de fundición del pistón de fundición puede conducir a progresiones de ajuste óptimo de las señales de accionamiento para el movimiento de avance de pistón. Además, esto ofrece la posibilidad opcional de acceder al proceso de movimiento de avance del pistón por captación sensorial corriente de la altura del material de fundición.

[0013] En un perfeccionamiento de la invención las progresiones de las señales de accionamiento puestas a disposición por un sistema de simulación de círculo de regulación basado en modelos se obtuvieron antes de o alternativamente durante una duración de funcionamiento del movimiento de avance del pistón de fundición, con las ventajas indicadas anteriormente. Una determinación de antemano permite la aplicación de capacidades de cálculo mayores y con ello modelos de cálculo más precisos. Una determinación alternativa directa de la duración de funcionamiento permite la consideración de eventuales interferencias actuales eventualmente todavía durante todo el ciclo de fundición respectivo.

[0014] En otra configuración de este aspecto de la invención el sistema de círculo de regulación de simulación basado en modelos está integrado en el dispositivo de control. De esta manera se encuentra en el lugar de acción del dispositivo de control, es decir, típicamente en el lugar de la máquina de fundición correspondiente, lo que es ventajoso especialmente para los casos en que esté prevista una detección de la progresión de señal de regulación de ajuste óptimo directamente para la duración de funcionamiento del proceso de fundición o en caso de que se deba hacer posible que el usuario de la máquina de fundición detecte él mismo progresiones de las señales de accionamiento de ajuste óptimo por simulación de círculo de regulación basado en modelos para el sistema respectivo de máquina de fundición.

[0015] Formas de realización ventajosas de la invención y los ejemplos convencionales explicados anteriormente para una mejor comprensión se representan en los dibujos. A este respecto se muestran:

Fig. 1

Vistas seccionales longitudinales esquemáticas de una cámara de fundición de una máquina de fundición a presión de cámara en frío en tres posiciones de avance consecutivas de un pistón de fundición controlado convencionalmente, donde se presenta un tope de eje,

Fig. 2

Tres vistas seccionales longitudinales esquemáticas según la Fig. 1 para un caso de un control de avance de pistón de fundición convencional, en el que se presenta una retirada y/o reflexión anticipada del eje,

Fig. 3

Un diagrama de bloques de un mecanismo de control según la invención,

Fig. 4

Un diagrama de bloques de una realización ventajosa para una memoria de tipos de señal de regulación del mecanismo de control de la Fig. 3 y Fig. 5

5 Vistas seccionales longitudinales esquemáticas de una cámara de fundición con una máquina de fundición a presión de cámara en frío en posiciones de avance consecutivas de un pistón de fundición movido hacia adelante con el mecanismo de mando según la invención.

10 [0016] A continuación se explican formas de realización ventajosas de la invención con referencia a las figuras correspondientes explicadas en detalle. En este caso se muestran en las figuras para una mejor comprensión elementos idénticos o funcionalmente equivalentes con el mismo número de referencia.

15 [0017] El dispositivo de control ilustrado en la Fig. 3 en forma de diagrama de bloques sirve para el control del movimiento de avance de un pistón de fundición de una unidad de fundición de modo de construcción convencional para una máquina de fundición a presión de cámara en frío. Una unidad de fundición convencional de este tipo comprende una cámara de fundición típicamente cilíndrica con sección transversal circular, que está dispuesta en la máquina de fundición con eje longitudinal cilíndrico horizontal. La cámara de fundición y el pistón de fundición pueden ser particularmente del modo de construcción como se ha explicado anteriormente respecto a la Fig. 1 y 2. En este modo de construcción se encuentra el orificio de llenado 4 situado arriba en el lado trasero de la cámara de fundición 1a, es decir, la entrada de la cámara de fundición por medio de la que se introduce por medio de un cucharón de colada el material de fundición 3 en la cámara de fundición 1 en cantidad de dosificación predeterminada. Del mismo modo la invención también es adecuada para modos de construcción alternativos de la unidad de fundición, en los que el material de fundición se aspira mediante depresión en la cámara de fundición o se presiona mediante sobrepresión en la cámara de fundición. La cámara de fundición 1 presenta en su lado delantero 1b en su zona superior la salida de la cámara de fundición 8. Durante la operación de estampado moviendo hacia adelante el pistón de fundición 2, el material de fundición 3 se presiona por la salida de la cámara 8 y el chorro de colada sucesivo en el molde de fundición para formar la pieza de fundición. En este caso la fase de movimiento de llenado de la cámara explicada anteriormente forma una primera sección de este movimiento del pistón hasta el momento en que el volumen residual de la cámara de fundición 1 reducido sucesivamente por el pistón de fundición 2 movido hacia adelante, corresponde esencialmente con el volumen del material de fundición 3 llenado, es decir, en el que el volumen residual de la cámara de fundición está llenado completamente con el material de fundición 3 y el volumen de gas/aire contenido anteriormente de forma adicional en la cámara de fundición 1, se evacúa prácticamente de forma completa de la cámara de fundición 1 por la salida de cámara de fundición 8, el chorro de fundición y orificios de ventilación previstos para ello en el molde de fundición. Conforme a lo anteriormente mencionado, la invención comprende especialmente un dimensionamiento característico del dispositivo de control para el movimiento de avance de pistón en esta fase inicial de movimiento de llenado de cámara. Por lo demás, el dispositivo de control se puede realizar de cualquier forma adecuada, como se conoce para el control del pistón de fundición en máquinas de fundición de presión de cámara en frío.

40 [0018] Como representado en la Fig. 3, el dispositivo de control presenta una memoria de datos 10, en la que se memoriza una pluralidad de progresiones posibles de señales de regulación. Para el ciclo de fundición respectivo el dispositivo de mando usa una de estas progresiones de señales de regulación y controla así el movimiento de avance de pistón, particularmente en la fase mencionada de movimiento de llenado de cámara. Este ciclo de fundición se simboliza en la Fig. 3 como un proceso real 11, que se controla por la señal de regulación seleccionada.

50 [0019] El dispositivo de control elige la señal de regulación S como una señal de ajuste óptimo para un ciclo de fundición en espera respectivamente según criterios prefijados. Para ello está implementada en él una lógica de selección 12 correspondiente. Por medio de una fase de entrada 13 del mecanismo de mando se adjudica a la lógica de selección 12 para el ciclo de fundición respectivo un conjunto de valores de un número m de parámetro de proceso prefijables P_1, \dots, P_m , que describe las condiciones iniciales del ciclo de fundición en espera, en tanto en cuanto estas son relevantes para el logro de una sección deseada de movimiento de llenado de cámara. Particularmente comprende este accionamiento deseado, optimizado del avance del pistón en esta sección una prevención al menos en gran medida amplia de los efectos explicados anteriormente como desfavorables de la dinámica del colado del material de fundición en la cámara de fundición, que conducen a más inclusiones de gas/aire en el material de fundición, como muestran particularmente los efectos ilustrados en las Fig. 1 y 2 de un tope de eje y una retirada o estrangulamiento anticipados del eje de un volumen de gas/aire en el lado del pistón.

60 [0020] Los parámetros del proceso P_i ($i= 1, \dots, m$) considerados respectivamente como relevantes se adaptan al caso de empleo respectivo y comprenden al menos un parámetro de geometría de cámara de fundición, al menos un parámetro de cantidades de llenado, al menos un parámetro de molde de fundición y/o al menos un parámetro de temperatura de cámara de fundición o de temperatura de fundición. Los parámetros típicos de geometría de cámara de fundición son p.ej. la longitud de cámara de fundición y la longitud de la cámara de fundición. Con el al menos un parámetro de cantidad de llenado se describe en qué proporción se ha llenado el volumen de cámara de fundición al principio con el material de fundición. Concretamente esto puede ser p.ej. una altura de llenado inicial, un coeficiente de relleno como proporción de la altura de llenado inicial hasta la máxima

altura de llenado posible, es decir, el diámetro de cámara de fundición, o el peso o volumen registrado del material de fundición introducido en la cámara de fundición. Con el al menos un parámetro del molde de fundición se puede describir la influencia del molde de fundición, particularmente su tiempo de ventilación mínimo o máximo, a través de la cual se fija cuanto tiempo que debe o puede durar como mínimo o máximo el proceso de desplazamiento de gas/aire en la cámara de fundición. Los parámetros de temperatura y/o viscosidad describen el comportamiento del flujo del material de fundición y en su caso también los efectos de la capa del borde, como el endurecimiento del borde o solidificación parcial del material de fundición en la pared interna de la cámara de fundición o el interior del material de fundición.

5

10

[0021] Cada uno de estos parámetros puede comprender según la necesidad valores actuales y/o varios valores procedentes de uno o varios ciclos de fundición precedentes y/o combinaciones provenientes de tales valores actuales y/o anteriores. Los valores paramétricos individuales pueden ser valores medidos y/o valores calculados o estimados. Así, por ejemplo, el al menos un parámetro de cantidades de llenado puede comprender un valor estimado para el coeficiente de llenado actual y/o uno o varios valores actuales medidos o calculados para el coeficiente de llenado de ciclos de fundición pasados. De esta manera, para la duración de funcionamiento del ciclo de fundición respectivo según el estado de la máquina actual y su historia, se puede describir el estado inicial actual, en tanto en cuanto sea relevante para el movimiento de avance del pistón contemplado aquí, como espacio paramétrico m-dimensional y por medio de la fase de entrada 13 se puede asignar como información inicial a la lógica de selección 12.

15

20

[0022] Para la puesta a disposición de las progresiones de señales de ajuste óptimo para las diferentes situaciones de salida, como se depositan en la memoria del ejemplo de realización de la Fig. 3, hay varias posibilidades, en las que se entrará con más detalle a continuación.

25

[0023] Esencialmente entran en consideración las dos alternativas de poner a disposición la señal de regulación para el ciclo de fundición actual para el control del movimiento del pistón antes de o durante la duración del proceso de fundición. A continuación se explica en primer lugar una implementación para una puesta a disposición antes de la duración del funcionamiento. En una realización ventajosa la obtención de las progresiones de las señales de ajuste óptimo, se realiza, tal y como se depositan en la memoria de señal de regulación 10, por simulación por ordenador basada en modelos antes de la duración del tiempo de duración del proceso. Esta simulación por ordenador contiene un circuito de regulador modelo, que comprende un modelo de cálculo sencillo para la detección de pilotaje y un modelo de cálculo muy preciso para el proceso real, así como un regulador modelo. Aunque de forma alternativa a dicho circuito de regulación de modelo también entra en consideración un pilotaje puro a base de un modelo de cálculo sencillo sin regulador, sin embargo, la adición del regulador permite el logro de una precisión más exacta o mejor aproximación del proceso real y la utilización de un modelo relativamente sencillo para el pilotaje. El regulador modelo complementa la señal de control para la señal de regulación dada por el pilotaje provista para el modelo de cálculo altamente preciso dependiendo de una desviación de una progresión debida dada por el pilotaje y de una progresión real dada por el modelo de cálculo muy preciso de uno o más tamaños de proceso usados para eso. Las señales de regulación de ajuste óptimo que resultan de las diferentes condiciones iniciales contempladas, representadas a través de los parámetros de proceso mencionados, como se obtienen de la simulación de señal de regulación apoyada en modelos, se depositan como se ha dicho en la memoria 10 y están a disposición del dispositivo de control para el tiempo de duración del proceso de fundición.

30

35

40

45

[0024] Por una progresión de señal de regulación de ajuste óptimo, como ya mencionado anteriormente, se entiende una progresión de señal de regulación por medio de la cual el movimiento de avance del pistón controlado por aquella en la sección de movimiento de llenado de la cámara, conduce a un proceso de fundición más favorable según criterios de calidad prefijados y particularmente a un comportamiento del flujo de fundición en la cámara de fundición, en donde se eviten los efectos mencionados anteriormente de tope de eje y estrangulamiento de gas/aire debido a reflexión de ejes y/o retirada de eje anticipada y/o de forma completa o al menos en su mayor parte, donde por otra parte tienen que transcurrir lo más rápido posible el ciclo de fundición y con ello también el movimiento de avance de pistón. Como fundamento del modelo sencillo para el esbozo de pilotaje entran en consideración ecuaciones de aguas planas modificadas adecuadas para la descripción de la dinámica del flujo del material de fundición en la cámara de fundición, donde se consideran reflejos de fluido en el extremo delantero de la cámara de fundición y además en buena aproximación también la sección transversal de cámara de fundición habitualmente circular.

50

55

En este caso el techo de la capa de cámara de fundición también se puede incluir como limitación de alturas para el movimiento del material de fundición en el esbozo de pilotaje, igualmente cuando sea necesario la posición del orificio de llenado de la cámara de fundición, para allí una salida de fusión para evitar con movimiento de pistón de fundición iniciado seguro.

60

[0025] Dado que en la variante contemplada aquí se explica la simulación antes del tiempo de duración del proceso, el cálculo de simulación no está sometido a la limitación del tiempo de duración del ciclo de fundición. Esto permite el uso de un modelo de cálculo comparativamente preciso, con lo que puede subir la calidad de las progresiones de las señales de regulación de ajuste óptimo, determinadas de antemano para el proceso real.

65

[0026] De esta manera se pueden determinar de forma muy precisa progresiones de señal de regulación de ajuste óptimo por esta simulación antes del tiempo de duración de funcionamiento bajo aplicación de un circuito de regulación de modelo, donde estas progresiones se pueden usar para el proceso real en el marco de un control puro. De forma alternativa es esencialmente posible una regulación genuina del proceso real, pero en la práctica se descarta para el proceso contemplado aquí del movimiento de avance del pistón de fundición porque p.ej. la obtención y reconducción de los valores reales de los tamaños regulares no es posible de forma suficientemente rápida posible o es demasiado costosa. Esto se aplica particularmente a máquinas más pequeñas, que poseen tiempos de ciclos de fundición tan cortos que no se puede realizar una captación y utilización de técnica de control de los valores registrados necesarios desde un punto de vista actual.

[0027] Una posibilidad alternativa prevé una correspondiente simulación de circuito de regulación basada en modelos para el tiempo de duración de funcionamiento del proceso de fundición, en el que la señal de regulación obtenida a través de la simulación se usa directamente para el control del movimiento de avance del pistón en el proceso real, lo que no hace necesaria la memoria de señal de regulación. Para hacer posible la simulación para el tiempo de duración del funcionamiento, se tienen que seleccionar el modelo sencillo para el pilotaje y el modelo de cálculo altamente preciso que ilustra el proceso real, de modo que los cálculos de simulación pueden transcurrir de forma suficientemente rápida. Frente a una simulación antes de la duración del funcionamiento, esto significa el uso de capacidades de cálculo más altas y/o el uso de un modelo de cálculo más sencillo o un modelo de circuito de regulación más sencillo en conjunto.

[0028] El ejemplo de realización de la Fig. 3 se refiere, como se ha mencionado, a la variante de realización en la que se determina de antemano una multiplicidad n de señales de regulación de ajuste óptimo para un número de señales posiblemente también mayor de conjuntos paramétricos de proceso considerados P_1, \dots, P_m , p.ej. a través de la simulación de circuito de regulación basado en modelos y después se depositan en la memoria 10. Como resulta claro de las aclaraciones sobre los parámetros del proceso P_1, \dots, P_m , dichos conjuntos paramétricos del proceso existen también en un espacio paramétrico correspondientemente m -dimensional también ya para el caso de que se fabrique una pieza de fundición especial en muchos ciclos de fundición sucesivos, puesto que una parte de estos parámetros de proceso puede variar de un ciclo de fundición a otro, condicionada por el proceso. Para cada ciclo de fundición la lógica de selección 12 puede determinar por medio de criterios correspondientes un número p de coordenadas de selección K_1, \dots, K_p , para cuyas combinaciones se generan de antemano individualmente en procedimientos de simulación correspondientes las señales de regulación de ajuste óptimo correspondientes. La memoria de señales de regulación 10 comprende entonces un espacio de coordenada de selección p -dimensional para la multiplicidad n de progresiones de señales de regulación de ajuste óptimo, como ilustrado en la Fig. 3, donde el número p es más pequeño o igual que el número m . En este caso puede ser oportuno reproducir el mayor número de parámetros posibles P_1, \dots, P_m sobre el menor número posible de coordenadas de selección, K_1, \dots, K_p , para mantener lo más pequeño posible el número n de progresiones de señales de regulación por motivos de la necesidad de memoria y/o el gasto del cálculo.

[0029] En este punto hay que mencionar que particularmente en el caso de una simulación antes del tiempo de duración del proceso de fundición por la aplicación de un modelo de cálculo muy preciso en términos comparativos y una herramienta de simulación de alto rendimiento de cálculo, se pueden tener en cuenta prácticamente todos los parámetros esenciales relevantes para el proceso real del movimiento de avance del pistón durante la sección de movimiento de llenado de la cámara, particularmente también efectos viscosos y térmicos como la variación de la viscosidad y solidificación parcial. En este caso se puede usar cuando sea necesario un campo de velocidad tridimensional para la descripción de la dinámica de la colada del material de fundición en la cámara de fundición, que tiene en cuenta prácticamente en su totalidad la sección transversal de la cámara de fundición y flujos verticales.

[0030] Investigaciones de los inventores han dado como resultado que los efectos desfavorables mencionados de tope de eje y estrangulamiento de un volumen de gas/aire en el lado del pistón se pueden reducir o evitar particularmente por un transcurso del movimiento de avance del pistón que tenga como consecuencia una elevación escalonada de la altura de llenado del material de fundición en el lado del pistón en la cámara de fundición. Estos resultados permiten agrupar la multiplicidad n de señales de regulación determinadas de ajuste óptimo en el espacio p -dimensional de las coordenadas de selección K_1, \dots, K_p en grupos de progresiones de señales de regulación, designadas aquí también como tipos de trayectorias de señales de regulación, con diferente número de grados de estimulación de este tipo. Esto simplifica la estructura de las progresiones de las señales de regulación por depositar en la memoria 10 y mejora o acelera la selección de la progresión de señal de regulación de ajuste óptimo respectivo a través de la lógica de selección 12 con ayuda de parámetros iniciales P_1, \dots, P_m .

[0031] Para ello queda fijado para cada conjunto el parámetro de proceso P_1, \dots, P_m durante la detección de antemano de las progresiones de las señales de regulación de ajuste óptimo, qué tipo de trayectoria se ajusta mejor, es decir, con qué número de escalones de estimulación de este tipo se tiene que controlar el movimiento de avance del pistón en esta situación, para conseguir el mejor resultado deseado posible. De forma correspondiente esta información se deposita en la memoria, véase Fig. 4. Durante todo el proceso de fundición

la lógica de selección 12 decide entonces con ayuda de la información de entrada suministrada de parámetros del proceso, según qué tipo de fase de progresión de señal de regulación debe ocurrir el movimiento de avance del pistón en el ciclo de fundición actual.

5 [0032] Cada uno de estos escalones de estimulación mencionados representa una parte correspondiente del movimiento de avance del pistón, donde primero se mueve hacia adelante de forma relativamente rápida el pistón para subir la altura de llenado del material de fundición en el pistón desde un nivel precedente hacia un nivel más alto prefijable. Después se indica para el avance del pistón una progresión de velocidad, que se determina a partir de una progresión determinada de antemano de la altura del material de fundición en el pistón
10 de fundición, donde esta progresión determinada típicamente de antemano comprende que la altura de llenado del material de fundición en el pistón se mantiene esencialmente constante o como máximo se eleva en el tiempo de forma relativamente lenta. El número de escalones por usar varía por ejemplo dependiendo del coeficiente de relleno.

15 En el caso de un estado inicial de llenado del material de fundición en la cámara más bajo, se usa un movimiento de avance del pistón con más escalones que en el caso de un grado de llenado más alto.

[0033] Fig. 5 ilustra un ejemplo con una propuesta en dos etapas. El ejemplo de la Fig. 5 se ilustra con ayuda de la cámara de fundición 1 y del pistón de fundición 2, tal y como se explican en la Fig. 1 y 2 y su descripción anterior, a las que se puede hacer referencia aquí. En el ejemplo de la Fig. 5 el material de fundición 3 toma al principio antes del movimiento de avance de pistón una altura H_0 en la cámara de fundición 1, véase la imagen parcial superior. Partiendo de aquí, el pistón 2 se mueve en primer lugar de forma acelerada hacia adelante, para generar un primer grado 3a de una propuesta de eje del material de fundición 3, por medio del cual la altura de llenado del material de fundición en el pistón 2 se eleva desde la altura inicial H_0 a una altura adecuada más grande H_1 . A continuación el pistón 2 se mueve hacia adelante con aceleración reducida o con una velocidad que permanece esencialmente invariable, de tal manera que la altura de llenado del material de fundición en el pistón 2 permanece esencialmente sobre el nivel de altura H_1 del primer grado 3a, donde la propuesta de ejes correspondiente se transmite hacia adelante, como se ve en la segunda y tercera imagen parcial superior de la Fig. 5.

30 [0034] Según una duración prefijada se genera un segundo grado 3b para la generación de la propuesta de eje del material de fundición 3 en la cámara 1 por control correspondiente del avance del pistón. Para ello el pistón 2 se mueve a su vez en primer lugar con mayor aceleración, hasta que el nivel de llenado del material de fundición en el pistón 2 ha alcanzado un nivel H_2 indicado, nuevo, más alto. En el ejemplo mostrado de la elección de una progresión de señal de regulación en dos etapas, esta altura nueva H_2 correspondería a la altura total de la cámara, es decir, al diámetro D de la cámara de fundición 1, véase la imagen parcial intermedia en la Fig. 5. A continuación, el pistón 2 se mueve entonces nuevamente hacia adelante con aceleración más pequeña o con la velocidad esencialmente invariable, de tal manera, que el material de fundición 3 en el pistón 2 mantiene esencialmente el nivel de altura nuevo H_2 , donde el segundo grado de propuesta del eje 3b se transmite hacia adelante, véase la tercera imagen parcial empezando por la parte inferior.

40 [0035] En el último grado propuesto, en el ejemplo de la Fig. 5, el segundo grado, por consiguiente, el volumen de gas/aire restante, que se halla todavía en el lado del pistón en la cámara 1 entre el material de fundición 3 y el techo de la cámara, se expulsa desde el lado del pistón hacia la dirección del extremo de la cámara de fundición, es decir, la salida de la cámara de fundición 8. Por coordinación adecuada de los escalones individuales propuestos, como se pueden determinar p.ej. a través de la simulación de circuito de regulación mencionado basado en modelos, se puede conseguir que los escalones individuales del eje propuestos, en el ejemplo de la Fig. 5 toquen o reúnan los dos escalones 3a y 3b, y de este modo se causa un desplazamiento prácticamente completo del volumen de gas/aire de la cámara de fundición 1, como se ilustra en la imagen más inferior o la segunda imagen empezando por la parte inferior de la Fig. 5. La detección de las progresiones de las señales correspondientes de regulación de ajuste óptimo es posible aquí de antemano de forma completamente sistemática, puesto que se puede determinar de manera aritmética, con qué velocidad avanzan los escalones individuales propuestos del eje dependiendo de su altura respectiva en la cámara de fundición.

55 [0036] Un factor esencial de influencia, que puede conducir a inclusiones de gas/aire aumentadas en el material de fundición 3, es una imprecisión de dosificación que surge en la práctica de un error volumétrico del material de fundición 3 introducido en la cámara 1 de p.ej. $\pm 5\%$. Para la consideración de este factor se realiza la elevación escalonada de la altura del material de fundición en el lado del pistón de tal manera, que también en el caso del máximo error de dosificación indicado, la altura del material de fundición en el lado del pistón permanezca en todos los escalones igual con excepción del último escalón debajo del techo de la cámara de fundición. El último escalón es relativamente despreciable frente a imprecisiones de dosificación. Porque un error de altura del penúltimo escalón no tiene importancia en cuanto a la velocidad del pistón indicada a través del control, cuanto más cerca esté este penúltimo escalón del techo de la cámara de fundición. El escalonamiento se elige por lo tanto de tal manera que la altura del material de fundición en el lado del pistón en el penúltimo escalón mantiene una distancia mínima prefijable desde el techo de la cámara de fundición y por otro lado incluso en el caso de
65 una infradosificación máxima no sobrepase una distancia máxima prefijable desde el techo de la cámara de fundición, de modo que a través del último escalón propuesto del eje se consigue el desplazamiento de gas/aire

completo deseado desde el lado del pistón. Con este control escalonado del movimiento de avance de pistón se puede incluir por consiguiente el techo de la cámara del cilindro de la cámara de fundición sistemáticamente en la determinación de la progresión de la señal de regulación de ajuste óptimo respectiva y al mismo tiempo se puede asegurar una robustez suficiente frente a errores de dosificación.

5

[0037] Se entiende que según los valores iniciales presentes para los parámetros del proceso considerados relevantes en cuando a su influencia P_1, \dots, P_m , junto al control en dos fases mostrado en la Fig. 5, también puede estar previsto un control del movimiento de avance de pistón de una fase o de más de dos fases. Además de la inclusión mencionada de errores de dosificación, también las características de viscosidad del material de fundición y efectos térmicos dentro de la cámara de fundición, como una solidificación parcial, en la que los componentes solidificados en el material de fundición perjudican la propagación del eje, se pueden incluir sistemáticamente en la detección de la progresión de señal de regulación respectiva de ajuste óptimo para el movimiento de avance del pistón.

10

15

[0038] En los casos descritos, en los que las progresiones de las señales de regulación de ajuste óptimo se determinan a través de un sistema de simulación de circuito de regulación basado en modelos, este sistema de simulación de circuito de regulación basado en modelos se puede integrar en el dispositivo de control, que se encuentra normalmente en el lugar de acción de la máquina de fundición. En este caso el dispositivo de control según la invención se puede integrar por su parte el mecanismo de mando en un control central de la máquina de la máquina de fundición a presión. De forma alternativa, el sistema de simulación de circuito de regulación basado en modelos se puede implementar fuera del dispositivo de control según la invención, donde entonces las progresiones de señal de regulación de ajuste óptimo suministradas por el sistema de simulación de circuito de regulación basado en modelos, se ponen a disposición o se suministran al dispositivo de control, por ejemplo, por el mencionado depósito en una memoria de señal de regulación del dispositivo de control.

20

25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para el control del movimiento de avance de un pistón de fundición (2) en una cámara de fundición (1) de una máquina de fundición a presión de cámara en frío mediante una señal de regulación, donde el movimiento de avance comprende una fase de movimiento de llenado de cámara desde una posición de llenado parcial con volumen de inicio de cámara de fundición llenado en parte hasta una posición de relleno total con volumen residual llenado de cámara de fundición,
caracterizado por el hecho de que
- 10 en el dispositivo se ha puesto a disposición respectivamente una progresión de la señal de regulación correspondiente a diferentes conjuntos prefijados de valores de parámetros de proceso que influyen en el movimiento de fundición en la cámara de fundición durante la fase de movimiento de llenado de la cámara, donde la señal de regulación queda fijada como la señal que mejor se ajusta al conjunto correspondiente de valores de parámetros, y el dispositivo se ha dispuesto para usar esta progresión de señal de regulación que
- 15 mejor se ajusta en dependencia de los valores presentes de esta pluralidad de parámetros del proceso desde el comienzo del ciclo de fundición, para el control del movimiento de avance del pistón de fundición durante toda la fase de movimiento de llenado de la cámara, donde a esta pluralidad de parámetros del proceso pertenece al menos un parámetro de geometría de cámara fundición, al menos un parámetro de cantidades de llenado, al menos un parámetro de molde de fundición y/o al menos un parámetro de temperatura de cámara de fundición o
- 20 parámetro de temperatura de fundición.
2. Dispositivo de control según la reivindicación 1, **caracterizado** además **por el hecho de que** a esta pluralidad de parámetros del proceso pertenece al menos un parámetro de longitud de cámara de fundición, al menos un parámetro de altura de cámara de fundición, al menos un parámetro de coeficiente de relleno de cámara de
- 25 fundición, al menos un parámetro de temperatura de fundición, al menos un parámetro de temperatura de cámara de fundición y/o al menos un parámetro de viscosidad de fundición.
3. Dispositivo de control según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** además **por el hecho de que** las progresiones de la señal de regulación puestas a disposición están agrupadas en una pluralidad de tipos con un número diferente de fases sucesivas de progresión, donde cada fase representa una subida de altura de
- 30 fundición correspondiente en el pistón de fundición.
4. Dispositivo de control según la reivindicación 3, **caracterizado** además **por el hecho de que** cada fase de progresión especifica un movimiento de pistón de fundición acelerado en el inicio y seguido de un movimiento de
- 35 pistón de fundición con una progresión de velocidad, que corresponde con una progresión determinada de antemano de una altura del material de fundición en el pistón de fundición.
5. Dispositivo de control según una de las reivindicaciones 1 hasta 4, **caracterizado** además **por el hecho de que** las progresiones de las señales de regulación puestas a disposición se obtienen de un sistema de simulación de circuito de regulación basado en modelos antes de o durante el tiempo de duración del movimiento de avance del pistón de fundición.
- 40
6. Dispositivo de control según la reivindicación 5, **caracterizado** además **por el hecho de que** contiene de forma integrada el sistema de circuito de regulación de simulación basado en modelos.
- 45

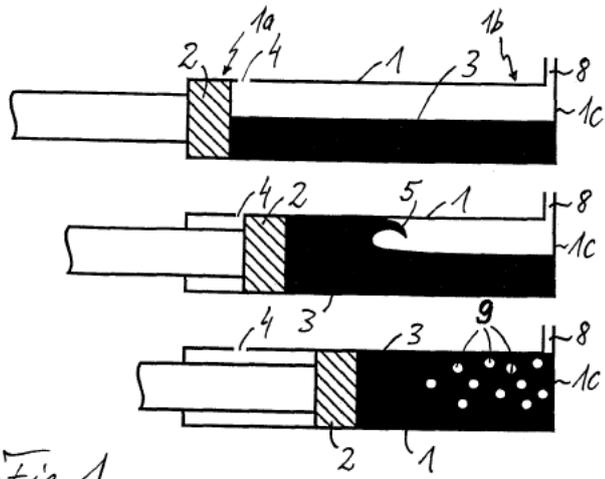


Fig. 1

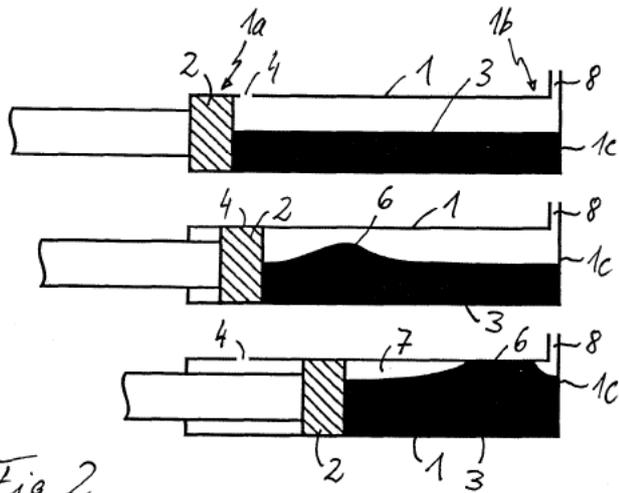


Fig. 2

Fig. 3

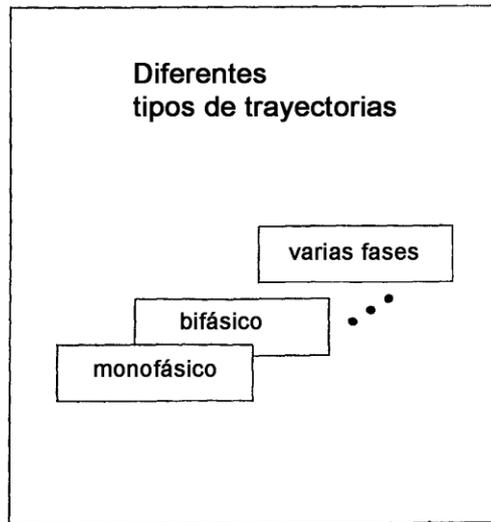
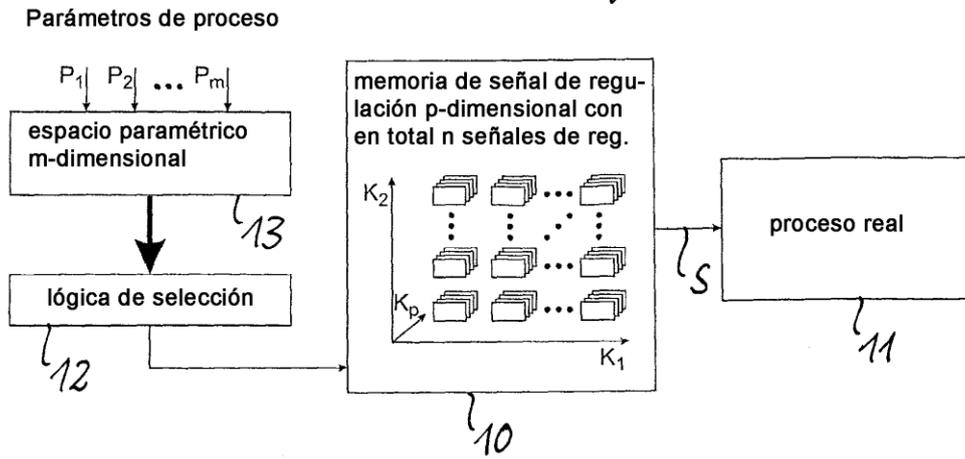


Fig. 4

