

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 597**

51 Int. Cl.:

B29C 45/76

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.10.2016 PCT/EP2016/073737**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.04.2017 WO17060270**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2016 E 16779045 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 3359365**

54 Título: **Método para determinar un volumen real de una masa de fundición por inyección en un proceso de fundición por inyección**

30 Prioridad:

09.10.2015 DE 102015117237

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

20.04.2020

73 Titular/es:

**KRAUSSMAFFEI TECHNOLOGIES GMBH
(100.0%)**

**Krauss-Maffei-Str. 2
80997 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHIFFERS, REINHARD;
MOSER, STEFAN;
KRUPPA, STEFAN y
BUSL, MATTHIAS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 754 597 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para determinar un volumen real de una masa de fundición por inyección en un proceso de fundición por inyección

5 La invención se refiere a un método para determinar un volumen de llenado real de una cavidad de un útil de fundición por inyección con una masa de fundición por inyección según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Las máquinas de fundición por inyección permiten con una precisión muy elevada movimientos de todos los ejes y accionamientos. En particular, el movimiento de tornillo sinfín traslatorio para introducir, por ejemplo, los termoplastos fundidos (masas fundidas) en una cavidad de un útil de moldeo está particularmente regulado y puede reproducirse especialmente en máquinas eléctricas de fundición por inyección. No obstante, fluctuaciones no condicionadas por la máquina, por ejemplo fluctuaciones ambientales y efectos de arranque, tienen una influencia negativa sobre la reproducibilidad de un proceso de fundición por inyección en la fabricación de piezas moldeadas mediante fundición por inyección. La utilización usual hasta ahora en el estado de la técnica para estabilizar la calidad de la pieza moldeada es mantener lo más constante posible las temperaturas, aceleraciones (del tornillo sinfín), las velocidades, etc., durante el tiempo de producción.

20 No obstante, estas medidas no siempre pueden compensar fluctuaciones o variaciones que se presentan en el material, el ambiente de temperatura de la máquina o bien exteriormente o efectos mecánico-físicos (como, por ejemplo, una contracción del grano granulado o efectos de la barrera antirreflujo). No obstante, a pesar de una ejecución siempre igual del proceso, estas fluctuaciones o variaciones pueden llevar a un llenado diferente del molde y, por tanto, a una calidad diferente de las piezas moldeadas.

25 En el estado de la técnica se recurre a magnitudes de máquina puras para medir y regular el proceso de inyección. Así, por ejemplo, la mayoría de las veces se mantiene constante la velocidad en la fase de inyección y, en la fase de presión adicional, se mantiene constante la presión másica. Un volumen de inyección puede medirse e indicarse en la mayoría de las máquinas. No obstante, esto es un volumen de inyección teórico que, gracias a un cálculo sencillo, resulta del recorrido del tornillo sinfín realmente cubierto y de la superficie en sección transversal del tornillo sinfín. Por tanto, en este sentido, el volumen de inyección utilizado en el estado de la técnica puede considerarse como volumen teórico. Sin embargo, sigue estando desatendida una comprensibilidad realmente existente del material de fundición por inyección utilizado.

35 Por el documento DE 10 2007 030 637 B4 se conoce medir la compresibilidad del material de una masa fundida y emplearla o tenerla en cuenta en este caso para determinar una relación de mezcla de dos componentes de material.

40 Por el documento DE 10 2005 016 617 B3 se conoce adaptar un tiempo de presión adicional, controlándose el proceso de fundición por inyección con ayuda de la disminución de un caudal volumétrico de material sintético. Asimismo, se realiza aquí la determinación del caudal volumétrico de material sintético del recorrido del tornillo sinfín y, por tanto, corresponde al volumen teórico que, según el nivel de presión, puede comprimirse fuertemente de manera diferente durante la fase de presión adicional.

45 Por el documento EP 1 074 374 A1 se conoce un denominado proceso de fundición por inyección por expansión en el que se utiliza la compresibilidad de la masa fundida para llenar una cavidad del útil de moldeo. Durante el proceso de expansión (descompresión) se introduce un volumen de masa fundida comprimido en la cavidad de un útil de moldeo y se expande en este caso. Sin embargo, no tiene lugar un llenado activo, por ejemplo por medio de un desplazamiento del tornillo sinfín. Para que se realice un llenado completo del útil, el volumen de expansión debe corresponder al volumen de llenado. Un volumen realmente incorporado no se mide en el método conocido por el documento anteriormente citado ni se recurre a un controlador de la máquina.

50 Por el documento JP H01-146718 A se conoce aprovechar una estimación de una contracción de una masa de inyección compactada, entre otras, un diagrama k-v-t de la masa de fundición por inyección.

55 Por el documento US 5.260.010 se conoce, para precisar un peso de llenado de una pieza inyectada, establecer diferentes parámetros de la máquina de fundición por inyección antes y después de la inyección final.

60 Por el documento DE 36 08 973 A1 se conoce un método para controlar la fase de compactación durante la fundición por inyección de masas de moldeo termoplásticas, ejerciéndose una presión de compactación durante un tiempo de retención hasta más allá de un llenado volumétrico del útil de moldeo. Esto provoca un suministro adicional de masa al útil de moldeo hasta que se selle el canal bebedero. Se propone ocasionar el sellado eventualmente por medio de un órgano de cierre del bebedero previsto especialmente para ello.

65 Por el documento DE 10 2013 111 328 A1 se conoce un método para evaluar propiedades técnicas del método de útiles de fundición por inyección. En este caso, se realiza una clasificación cualitativa del comportamiento de llenado

de los útiles de fundición por inyección con ayuda de valores característicos que se determinan en el ámbito de un ciclo de aprendizaje.

5 Por el documento DE 10 2013 111 257 B3 se conoce un esfuerzo por mantener lo más constante posible el volumen de llenado en un proceso de fundición por inyección. Esto se materializa teniendo en cuenta fluctuaciones externas a la máquina como, por ejemplo, una temperatura de la nave, fluctuaciones del material a procesar y otros parámetros que influyen en la viscosidad del material.

10 En el método presentado, se define un equivalente de volumen de pieza moldeada que se mantiene constante gracias a la adaptación del punto de conmutación. Esta magnitud medida se forma a partir de la división de un índice de flujo y una viscosidad media. El índice de flujo es una integral de presión sobre la totalidad o una parte del proceso de inyección. La viscosidad se forma a partir de la presión media en una parte de la fase de llenado y la velocidad media en esta zona. La altura de la presión adicional se adapta en función de la variación de viscosidad con relación a una referencia en un proceso de aprendizaje.

15 En el estado de la técnica, no se mide o regula hasta ahora por ninguna solución propuesta, depurado en materia de compresión, el volumen de la masa de moldeo, es decir, de una masa de fundición por inyección de cualquier clase, que debe incorporarse en una cavidad de un útil de moldeo. La compresibilidad de masas de fundición por inyección, ya sean masas fundidas termoplásticas o duroplastos, siliconas, barnices o similares, no se considera sustancialmente para garantizar un llenado de molde correcto.

20 Por ejemplo, una indicación y un control del volumen teórico y el caudal volumétrico teórico, que se determina hasta ahora a partir de condiciones marginales geométricas como, por ejemplo, el diámetro del tornillo sinfín y el recorrido del tornillo sinfín, son afectados por la compresión. Esto significa que, por ejemplo, cuando el tornillo sinfín se mueve desde un volumen de 100 cm³ a una presión de 1 bar hasta una posición de 60 cm³ a una presión másica de 1000 bares, el volumen de llenado (y, por tanto, también la masa de llenado) en el molde solo aumenta hasta 500 bares a una presión distinta de la presión másica. A modo de ejemplo, cabe mencionar que, a una compresibilidad teórica de 5% por cada 1000 bares de presión másica, están presentes en el primer caso después de la descarga de presión 63,1 cm³ de volumen en la antecámara del tornillo sinfín y en el segundo caso solamente 61,5 cm³ de volumen en la antecámara del tornillo sinfín. Esto significa que en la cavidad en el segundo se han incorporado 1,6 cm³ más de masa fundida no comprimida. Esto está representado esquemáticamente en la figura 1. Por tanto, si el proceso de inyección termina con el mismo volumen o equivalente con el mismo recorrido de tornillo sinfín, entonces, se incorporan a distintas presiones diferentes masas de pieza moldeada. Sin embargo, debido a las fluctuaciones de temperatura y las variaciones de viscosidad del material surgen diferencias de presión y, por tanto, influyen en la calidad del componente y la constante de velocidad de la pieza moldeada fabricada.

35 Como ya se ha explicado anteriormente, en el documento DE 10 2013 111 257 B3 se mide un volumen de pieza moldeada. Sin embargo, esto no se realiza directamente sino indirectamente por medio del "equivalente de volumen de pieza moldeada".

40 Este "equivalente de volumen de pieza moldeada" se utiliza también para determinar el punto de conmutación de presión adicional. El método presupone implícitamente una evolución de curva de presión másica similar.

45 Un caso de aplicación para un guiado de proceso adaptativo sería también una "perturbación" en forma de un cambio de plastificación o de máquina. Esto condiciona sobre todo una independencia de los valores de medida con respecto al diámetro del tornillo sinfín. Esta propiedad no se da en el caso de la determinación del índice de flujo por medio de la integral de presión a lo largo del tiempo de inyección y, por tanto, el equivalente de volumen de pieza moldeada.

50 Por tanto, el problema de la invención es proporcionar un método para determinar un volumen real de una masa de fundición por inyección durante un proceso de fundición por inyección. Además, un método de este tipo debe garantizar que la calidad del componente, en particular el volumen de componente y el llenado del molde, puedan mantenerse particularmente constantes. Además, debe garantizarse que, solamente en base a magnitudes características, un mismo útil de moldeo pueda transferirse de una máquina de fundición por inyección a otra máquina de fundición por inyección con un gasto de introducción aminorado, en particular fuertemente aminorado, y pueda hacerse funcionar esta otra máquina a bajo coste con este útil de moldeo.

55 Estos problemas se resuelven con un método con las características de la reivindicación 1. Formas de realización ventajosas están indicadas en las reivindicaciones subordinadas.

60 Un método para determinar un volumen real V_r de una masa de fundición por inyección durante un proceso de fundición por inyección, introduciéndose la masa de fundición por inyección en al menos una cavidad de un útil de moldeo, presenta las siguientes etapas:

65 a) determinar un volumen teórico V_t a partir de dimensiones de proceso al menos durante una fase de llenado del proceso de fundición por inyección,

b) determinar y/o medir al menos un valor para al menos una presión másica p_M .

Un método de este tipo se perfecciona según la invención por medio de las etapas de:

- 5 c) seleccionar una compresión específica de material $k(p)$ de la masa de fundición por inyección correspondiente al valor de p_M , y
 d) calcular un volumen real V_r teniendo en cuenta la compresión $k(p)$.

10 En el método según la invención se aprovecha ahora por primera vez una compresión realmente presente de la masa de fundición por inyección a presión como decisiva para la determinación de un volumen real V_r durante un proceso de fundición por inyección. Por tanto, con la invención se logra por primera vez mantener constantes los llenados de molde durante varios procesos de fundición por inyección, pero al menos homogeneizarlos sensiblemente en comparación con el estado de la técnica, dado que se ha reconocido que la compresión del material de fundición por inyección tiene una sensible influencia sobre el llenado de la cavidad en el útil de moldeo y, por tanto, posee repercusiones sobre la calidad del componente. A modo de explicación, se indica que con el término "fase de llenado", como se utiliza en la característica a) citada anteriormente y en toda la solicitud, puede entenderse la fase de inyección y la fase de presión adicional de un proceso de fundición por inyección, es decir, todo el intervalo temporal en el que llega masa de moldeo a una cavidad.

20 En una forma de realización ventajosa del método según la invención, se realiza una adaptación de los parámetros de la máquina de fundición por inyección según el cálculo de un volumen real V_r , considerando la compresión $k(p)$ (etapa d) del método, adaptación que se desarrolla de tal modo que se consiga una obtención de un volumen de llenado real ideal ΔV_{ri} de la al menos una cavidad. Un volumen de llenado real ideal de este tipo ΔV_{ri} lleva por ejemplo a una pieza buena y puede definirse como tamaño objetivo que se debe alcanzar una y otra vez de la manera más exacta posible, es decir, en cada disparo.

30 En otra forma de realización ventajosa de la invención, la selección de la compresión específica del material $k(p)$ de la masa de fundición por inyección se realiza a partir de una curva de compresión $k(p)$ específica del material archivada en un controlador de máquina, en particular a partir de una curva de compresión adiabática archivada en el controlador de máquina. A partir de una recogida de datos específicos del material de este tipo en la máquina de fundición por inyección es posible seleccionar la correspondiente compresión, por ejemplo en %, para cada valor de presión p_M presente en el momento y, por tanto, calcular un volumen real V_r .

35 Se ha acreditado la utilización de una presión másica como presión másica p_M , por ejemplo en un cilindro o una presión interior de útil de la masa de moldeo (masa de fundición por inyección) o una presión de la masa de moldeo en la antecámara del tornillo sinfín. De manera conveniente, se determinan y/o se miden al menos dos valores A y B de la presión másica p_M durante una ventana de proceso definida. Preferentemente, los dos valores A y B se miden a partir de un mismo tipo de presión másica para poder lograr una comparabilidad o reducibilidad elevada.

40 Eventualmente, puede ser conveniente también que los valores A y/o B se determinen como valores medios de varios valores de medición individuales de la presión másica p_M .

45 Además, puede calcularse de manera conveniente un volumen de llenado real ΔV_r que corresponde a una diferencia de volúmenes depurados en materia de compresión V_{rA} y V_{rB} entre las posiciones A y B, según la fórmula

$$\Delta V_r = \frac{V_{tFB}}{1 - k(p_{FB})} - \frac{V_{tFA}}{1 - k(p_{FA})} = \frac{V_{tSA}}{1 - k(p_{SA})} - \frac{V_{tSB}}{1 - k(p_{SB})}$$

50 Un volumen de llenado ΔV_r real de este tipo depurado en materia de compresión considera la compresibilidad de la masa de fundición por inyección a presiones p_M en diferentes posiciones A y B. En este caso son:

p_{FB} : una presión de masa de moldeo en una posición B

p_{FA} : una presión de masa de moldeo en una posición A

p_{SA} : una presión de masa de moldeo en una antecámara de tornillo sinfín en la posición A

p_{SB} : una presión de masa de moldeo en una antecámara de tornillo sinfín en la posición B

55 Por tanto, según la invención se ha reconocido que las relaciones con respecto a los volúmenes de llenado reales ΔV_r dentro de una cavidad pueden determinarse, depuradas en materia de compresión, por ejemplo con ayuda de relaciones de presión en la zona de una antecámara de tornillo sinfín. Los valores de presión en la antecámara de tornillo sinfín (p_{SA} o p_{SB}) son, con los medios de medición presentes en máquinas de fundición por inyección, sustancialmente más sencillos y, en particular, más precisos de determinar que las relaciones de presión dentro de un molde, en particular durante el llenado del molde. Por tanto, gracias a la observación de la presión p_s en la

antecámara de tornillo sinfín, se logra obtener una manifestación fiable sobre un volumen de llenado real ΔV_r en la cavidad.

5 Alternativa o acumulativamente puede determinarse también un caudal volumétrico de llenado real \dot{V}_r derivando el volumen de llenado real ΔV_r en función del tiempo t durante un espacio temporal, por ejemplo a partir de la ecuación

$$\Delta \dot{V}_r = \frac{\Delta V_r}{t_B - t_A}$$

10 En lugar del instante t_B y/o t_A puede utilizarse en la determinación del caudal volumétrico de llenado real \dot{V}_r también una velocidad de tornillo sinfín v_s durante el proceso de inyección o durante la fase de presión adicional para calcular el caudal volumétrico de llenado real \dot{V}_r .

15 Este caudal volumétrico real \dot{V}_r o el volumen de llenado real ΔV_r puede compararse durante la fase de llenado con una curva de referencia de un volumen de llenado real ΔV_{rR} y/o de un caudal volumétrico real \dot{V}_{rR} . Por tanto, pueden apreciarse perturbaciones durante el llenado de la al menos una cavidad por una desviación respecto de la referencia. Así, por ejemplo, en el cierre de una cascada o tobera de canal caliente, puede interrumpirse el proceso de inyección para proteger el útil contra daños.

20 Para incrementar la precisión, puede añadirse además a cada volumen teórico medido V_t para los cálculos el volumen constante adicional V_t^* . Por tanto, pueden tenerse en cuenta volúmenes no detectados por el recorrido del tornillo sinfín o del pistón. Estos están presentes, por ejemplo, en una tobera o un sistema de canal caliente.

25 Para una precisión especialmente elevada y para una capacidad de observación de detalles especialmente buena de un proceso de inyección o de un ciclo completo de producción en el proceso de fundición por inyección puede ser conveniente determinar continuamente el volumen de llenado real ΔV_r en todo el proceso de llenado y/o influir en un movimiento de inyección para llenar la cavidad, de tal manera que se recorra un perfil de caudal volumétrico predeterminado. Como movimiento de inyección puede tener lugar, por ejemplo, en la fase de inyección, una influenciación en la velocidad del avance del tornillo sinfín. En la fase de presión adicional puede ser conveniente, por ejemplo, un control de presión o una influenciación de la presión adicional.

30 El método según la invención permite que pueda determinarse un volumen de llenado de conmutación real ΔV_{rXfrL} en un ciclo de aprendizaje L de la máquina de fundición por inyección, realizándose en este ciclo de aprendizaje L una conmutación a la fase de presión adicional al lograr el volumen de llenado de conmutación real ΔV_{rXfrL} . Un volumen de llenado de conmutación real ΔV_{rXfrL} de este tipo se calcula y se almacena siempre que el ciclo de aprendizaje L haya producido una pieza buena. Para ello, se mide un volumen de conmutación teórico V_{iXfrL} y la presión de conmutación correspondiente p_{XfrL} en el instante de conmutación en el proceso de aprendizaje L .

35 Adicionalmente, en el ciclo de aprendizaje L puede determinarse un volumen de referencia teórico V_{tRefL} en un valor de presión de referencia p_{Ref} . La presión p_{Ref} se selecciona preferentemente de modo que se excluyen de manera segura los efectos de arranque como, por ejemplo, el cierre de una barrera antirreflujo o similar.

A partir de los valores fijados, puede determinarse entonces de forma conveniente el volumen de llenado de conmutación real ΔV_{rXfrL} en el ciclo de aprendizaje L a partir de la fórmula

$$\Delta V_{rXfrL} = \frac{V_{tRefL}}{1 - k(p_{Ref})} - \frac{V_{tXfrL}}{1 - k(p_{XfrL})}$$

45 En un ciclo de producción P , pospuesto al ciclo de aprendizaje L , se determina un volumen de referencia teórico V_{tRefP} a la presión de referencia p_{Ref} . Además, se determina un volumen teórico V_{tPC} en el m ciclo de producción P en un instante t_C simultáneo. A partir de ello, se calcula entonces el volumen de llenado real ΔV_{rP} en un instante t_C en el ciclo de producción P a partir de la fórmula

$$\Delta V_{rP} = \frac{V_{tRefP}}{1 - k(p_{Ref})} - \frac{V_{tPC}}{1 - k(p_{PC})}$$

55 La conmutación a la fase de presión adicional en el ciclo de producción P se inicia cuando se cumple que:

$$\Delta V_{rP} \geq \Delta V_{rXfTL}.$$

5 El método puede utilizarse también durante una fase de presión adicional regulada en presión, realizándose en la fase de presión adicional la adaptación de parámetros de máquina para lograr un volumen de llenado real ideal ΔV_{ri} por medio de la adaptación de la presión adicional.

La introducción de la masa de fundición por inyección en la al menos una cavidad de un útil de moldeo se realiza en el método según la invención de manera conveniente por medio de un tornillo sinfín de empuje o un pistón.

10 Como masas de fundición por inyección entran en consideración, por ejemplo masas fundidas de termoplastos o masas de moldeo duroplásticas o siliconas o barnices.

15 El método según la invención puede perfeccionarse positivamente cuando acciones adicionales de un proceso de fundición por inyección como, por ejemplo, el accionamiento de extractores de machos, la apertura y cierre de cascadas, que se controlan en función del recorrido de inyección, es decir, en función del volumen de inyección o del tiempo, se controlan dependiendo del método según el volumen de llenado real determinado ΔV_r . Por tanto, según la invención, pueden dispararse ahora según el volumen de llenado real ΔV_r de la cavidad acciones de máquina que, en el estado de la técnica, se controlan según magnitudes teóricas como, por ejemplo el recorrido de desplazamiento del tornillo sinfín, de modo que se puede lograr una precisión elevada y una reproducibilidad de estas acciones.

25 En otra forma de realización preferida del método según la invención, al menos los valores aprendidos para el volumen de llenado de conmutación real ΔV_{rXfTL} en el proceso de aprendizaje L y la presión de referencia p_{Ref} se transmiten desde una primera máquina de fundición por inyección hasta una segunda máquina de fundición por inyección de construcción idéntica o no. Según la invención, se ha reconocido que con solamente estos dos valores es posible de manera sencilla, sin un costoso rodaje y calibrado de la segunda máquina de fundición por inyección, lograr una alta calidad del componente al realizar un cambio de útil de una máquina de fundición por inyección a otra máquina de fundición por inyección.

30 A continuación, la invención se explica con más detalle a modo de ejemplo con ayuda del dibujo. Muestran:

35 Las figuras 1a a 1c: representaciones esquemáticas de diferencias en un volumen incorporado en la masa de fundición por inyección a diferentes niveles de presión (1000 bares y 500 bares).
 Las figuras 2a, 2b: dos estados de máquina fuertemente esquematizados A y B en un recorrido de tornillo sinfín s_A y s_B ;
 Las figuras 3a, 3b: un respectivo diagrama pVt de termoplastos amorfos (figura 3a) y parcialmente cristalinos (figura 3b) (fuente: manual "Spritzgießen", Friedrich Johannaber, Walter Michaeli);
 La figura 4: una curva de compresión k(p) (adiabática) para un material sintético termoplástico (PA6GF30);
 La figura 5: un diagrama comparativo de un volumen o caudal volumétrico en función del tiempo con evoluciones de curva según el estado de la técnica (sin tener en cuenta la compresibilidad) y según la invención (teniendo en cuenta la compresibilidad, es decir, depurado en materia de compresión).

45 Las figuras 1a a 1c muestran esquemáticamente representaciones de grupos de inyección 1 y, de manera fuertemente esquematizada, un volumen de masa fundida V_1 de 100 cm³ a 1 bar (presión ambiente). Esto es un estado de partida.

50 En la figura 1b, en un primer caso, el volumen de masa fundida V_1 se reduce en una antecámara de tornillo a 60 cm³ y está por debajo de una presión de 1000 bares. Un segundo volumen V_2 se encuentra en una cavidad no representada de un útil de moldeo.

En la representación derecha según la figura 1b está mostrado un estado en el que el volumen de masa fundida V_1' asciende a 60 cm³ y está por debajo de una presión de 500 bares.

55 En la figura 1c, en la representación izquierda, está representado el estado según la figura 1b (a la izquierda), después de que el estado según la figura 1b (a la izquierda) se haya expandido a la presión ambiente. El volumen V_1' se modifica a 63,1 cm³ y está a 1 bar de presión ambiente. El volumen V_2 en la representación izquierda de la figura 1 asciende a 36,9 cm³ en estado expandido. El volumen V_2 según la representación derecha en la figura 1c asciende a 38,5 cm³. Esto significa que en el caso representado a la derecha según las figuras 1a, 1b, 1c, se ha incorporado de manera claramente menor (1,6 cm³ menor) masa de fundición por inyección.

60 Los dos casos que se han mostrado paralelamente uno junto a otro en las 1a, 1b, 1c, representan el estado de la técnica que no prevé hasta ahora medir o regular el volumen de la masa de moldeo, que se incorpora en una cavidad de un molde de fundición por inyección, de tal manera que se considere la compresibilidad. En una forma de proceder de este tipo según el estado de la técnica debe esperarse un volumen de distinto tamaño V_2 cuando se

5 expande la masa de fundición por inyección y durante el proceso de fundición por inyección han prevalecido presiones de diferente altura. Esto significa que, en caso de que – como se practica en el estado de la técnica – una máquina de fundición por inyección se haga funcionar de manera controlada en volumen o controlada de forma equivalente a ello según el recorrido del tornillo sinfín y así se termine en un volumen teórico determinado V_t o en un recorrido de tornillo sinfín determinado del proceso de inyección, se incorporan en la cavidad diferentes masas de pieza moldeada a diferentes presiones.

10 No obstante, las diferencias de presión de este tipo surgen en realidad debido a fluctuaciones de temperatura y variaciones de viscosidad del material/granulado/la masa de fundición por inyección y, por tanto, influyen desventajosamente en la calidad del componente y la constancia del peso. Sobre la base de este conocimiento, se explica ahora seguidamente la invención.

15 El núcleo de la invención es un método para la determinación depurada en material de compresión de un volumen de material sintético V_r . En otras palabras, esto significa que la introducción de un volumen V_r tiene lugar en una cavidad teniendo en cuenta la compresibilidad de la masa de fundición por inyección. En la unidad de inyección 1 se encuentra esquematizada (compárense las figuras 2a, 2b) una unidad de tornillo sinfín 2 que está equipada eventualmente con una barrera antirreflujo.

20 Alternativamente, la unidad de tornillo sinfín 2 puede estar formada también como pistón.

25 Delante de la unidad de tornillo 2 se encuentra una masa de moldeo de fundición por inyección, por ejemplo una masa fundida de material sintético o una masa de moldeo de fundición por inyección duroplástica. Esta masa de moldeo está a una presión p_{SA} cuando la unidad de tornillo sinfín 2 se encuentra en una posición A. El tornillo sinfín se encuentra entonces en la posición del recorrido de tornillo s_A . Esta corresponde a un volumen teórico en la antecámara de tornillo sinfín V_{ISA} . Está representado también de forma esquematizada un útil de fundición por inyección 3 con una cavidad 4.

30 Además, está representado esquemáticamente un volumen teórico V_{IFA} (en la posición de tornillo sinfín s_A) que se encuentra a una presión interior de moldeo p_{FA} ya en la cavidad 4.

35 La figura 2b muestra un estado posterior. El trayecto de tornillo sinfín s_B es menor que el trayecto de tornillo sinfín s_A . Por tanto, la unidad de tornillo sinfín 2 ha transportado una parte de la masa de moldeo a la cavidad 4 del útil de moldeo 3. En la masa de moldeo de la unidad de inyección 1, en particular en la antecámara del tornillo sinfín prevalece una presión p_{SB} . En la cavidad 4 se encuentra un volumen de llenado teórico V_{IFB} a la presión p_{FB} .

40 Con estas indicaciones puede determinarse ahora el volumen de llenado real ΔV_r como sigue. El volumen V_{ISA} en la antecámara de tornillo puede medirse por medio de un sistema de medición de recorrido del tornillo sinfín y se indica en un controlador de máquina. Por tanto, a partir de la diferencia del recorrido de tornillo sinfín s_A-s_B puede determinarse también – asumiendo un antirreflujo despreciable en la barrera antirreflujo o en el pistón – un volumen de llenado teórico $V_{ISA}-V_{ISB}$ incorporado en el molde entre dos posiciones A y B. Con ayuda de una curva de compresión $k(p)$ presente en el respectivo material de masa de moldeo, la cual está archivada en un controlador de máquina, puede tenerse en cuenta ahora una variación del volumen específico. La curva de compresión $k(p)$ se basa en valores que indican la compresibilidad del presente material, es decir, una variación del volumen específico V_U . Estas curvas de compresión $k(p)$ pueden determinarse para el caso isoterma a partir de un diagrama pVT (compárense las figuras 3a, 3b), para lo cual se calcula una variación del volumen específico V_U en los puntos de intersección S1-S4 de las líneas de presión 5 con una vertical de temperatura 6, referido al volumen específico V_U a presión ambiente.

45 Las líneas de presión 5 de este tipo están indicadas, por ejemplo, en los diagramas según las figuras 3a, 3b para un material amorfo (figura 3a) y parcialmente cristalino (figura 3b). A una temperatura determinada T_1 se proporcionan con presión creciente p volúmenes decrecientes específicos V_U del material de masa de moldeo. A modo de ejemplo, se indican para ello en las figuras 3a, 3b unos puntos de intersección S_1 , S_2 , S_3 y S_4 . El punto de intersección S_1 indica, por ejemplo, el volumen específico V_U de un material amorfo cuando éste está presente a presión ambiente (1 bar). Estos puntos de intersección S_2 , S_3 y S_4 indican en la figura 3a volúmenes específicos V_U a mayores presiones.

50 La figura 3b muestra líneas de presión 5 de un material parcialmente cristalino. Los puntos de corte S_1 a S_4 están en la vertical de temperatura 6 que pertenece a una determinada temperatura T_1 .

55 La figura 4 muestra otra curva de compresión (adiabática) $k(p)$. Tal curva de compresión adiabática $k(p)$ se prefiere para el proceso de fundición por inyección. La figura 4 muestra en función de una presión, en particular de la presión de masa de moldeo p_M una compresión correspondiente ($k(p)$) en porcentaje. Los pares de valores p y $k(p)$ que forman esta curvan están archivados en el controlador de máquina. La curva de compresión según la figura 4 muestra a modo de ejemplo una evolución para un material de fundición por inyección PA6GF30. Para poder determinar ahora el volumen real V_{rA} en un instante A, con el conocimiento de la curva de compresión $k(p)$ del material utilizado puede indicarse la siguiente ecuación:

$$V_{rA} = \frac{V_{tSA}}{1 - k(p_{SA})} = \frac{s_A \cdot r^2 \cdot \pi}{1 - k(p_{SA})}$$

5 El volumen de llenado real ΔV_r incorporado entre dos instantes o posiciones A y B puede indicarse ahora por la siguiente ecuación:

$$\Delta V_r = \frac{V_{tFB}}{1 - k(p_{FB})} - \frac{V_{tFA}}{1 - k(p_{FA})} = \frac{s_A \cdot r^2 \cdot \pi}{1 - k(p_{SA})} - \frac{s_B \cdot r^2 \cdot \pi}{1 - k(p_{SB})},$$

10 siendo V_{tFA} y V_{tFB} volúmenes teóricos en los instantes o posiciones A y B, $k(p_{FB})$ y $k(p_{FA})$ la compresibilidad de la masa de moldeo a una presión p en el lugar A y en el lugar B, siendo s_A y s_B recorridos de tornillo sinfín en las posiciones A y B y siendo $k(p_{SA})$ y $k(p_{SB})$ compresibilidades de la masa de moldeo a una presión de antecámara de tornillo sinfín en la posición A o B.

15 Las presiones p_F indican una presión interior de moldeo. Las presiones p_S indican por ejemplo una presión en la masa de moldeo en la antecámara de tornillo sinfín. Ambas variantes son posibles tipos de presión que son adecuados para utilizarse como presión másica p_M .

20 Sobre la base de este cálculo puede indicarse también un caudal volumétrico de llenado real $\Delta \dot{V}_r$, depurado en materia de compresión entre las posiciones A, B. Para ello, es adecuada, por ejemplo, la siguiente ecuación:

$$\Delta \dot{V}_r = \frac{\Delta V_r}{t_B - t_A}.$$

25 El caudal volumétrico real $\Delta \dot{V}_r$ puede determinarse de manera conveniente derivando el volumen completo real ΔV_r en función del tiempo t.

30 Diferentes valores A, B para la presión másica p_M en las posiciones A, B pueden medirse por medio de equipos de medición internos de la máquina, por ejemplo un transductor de fuerza, o por medio de la presión hidráulica de la máquina, sensores directos y/o indirectos de presión de la masa fundida u otro equipo de medición para detectar la presión de la masa de moldeo en el cilindro. Las presiones en el molde pueden medirse por medio de sensores de presión interior de útil u otros equipos de medición para detectar la presión de la masa de moldeo en el molde.

35 Por tanto, una consideración según la invención de la compresión $k(p)$ del material de moldeo utilizado permite determinar el volumen de llenado real ΔV_r y/o un caudal volumétrico de llenado real $\Delta \dot{V}_r$ en todo el proceso de llenado de la cavidad 4 en cada instante y/o continuamente y/o en determinados instantes. Por tanto, puede influirse ahora en el volumen de llenado real ΔV_r o el caudal volumétrico real $\Delta \dot{V}_r$ con equipos técnicos de regulación adecuados existentes en la máquina para el movimiento de inyección, de modo que se recorra o pueda recorrerse un perfil de caudal volumétrico predefinido.

40 Además, el método según la invención permite ahora también influir en acciones adicionales de un proceso de fundición por inyección que pueden controlarse hasta ahora en función del recorrido de tornillo sinfín y/o de pistón o el volumen o bien la velocidad o el caudal volumétrico, ahora también a través del volumen de llenado real ΔV_r depurado en materia de compresión o del caudal volumétrico de llenado real $\Delta \dot{V}_r$. Las acciones de este tipo, como, por ejemplo, controles en cascada, perfiles de estampación y/o de velocidad pueden dispararse con el método según la invención de manera ventajosa en el llenado de molde idéntico, es decir, independientemente de las fluctuaciones de viscosidad.

45 La figura 5 muestra una comparación de diferentes curvas características de un proceso de fundición por inyección cuando se realiza un proceso de fundición por inyección de este tipo aplicando el método según la invención en comparación con un proceso de fundición por inyección según el estado de la técnica.

50 Una comparación de las evoluciones de curva para el proceso de llenado teórico ΔV_t y para el volumen de llenado real ΔV_r que está depurado en materia de compresión muestra que en el instante del punto de conmutación, el volumen de llenado teórico ΔV_t ha logrado ya un volumen de llenado nominal de la cavidad (aquí 70 cm³) y al final del ciclo de fundición inyectada de éste incluso se supera. Por el contrario, el volumen de llenado real ΔV_r alcanza únicamente al final de la fase de presión adicional el volumen nominal de la cavidad de 70 cm³, lo que corresponde a la realidad. El volumen de llenado teórico ΔV_t que es mayor al final de la fase de presión adicional que el volumen

nominal de la cavidad, refleja así un tamaño no comprensible en la realidad. El volumen nominal de la cavidad corresponde en el contexto del presente método al volumen de llenado real ideal ΔV_{ri} que debe alcanzarse.

5 En el área hasta el punto de conmutación está dispuesta además la curva para el caudal volumétrico completo real $\Delta \dot{V}_r$ encima de la curva para el caudal volumétrico teórico $\Delta \dot{V}_t$. Solo a partir de la fase de presión adicional estas curvas discurren de manera aproximadamente coincidente.

Lista de símbolos de referencia

	V_t	volumen teórico
10	t	tiempo
	p_M	presión máscica
	p_s	presión en la antecámara de tornillo sinfín
	p_F	presión interior de moldeo
	$k(p)$	compresión, curva de compresión
15	ΔV_r	volumen de llenado real
	ΔV_{rR}	curva de referencia de volumen de llenado real
	ΔV_{ri}	volumen de llenado real ideal
	t_A, t_B, t_C	instantes
	s_A, s_B	recorrido de tornillo sinfín
20	V_{tSA}, V_{tFA}	volumen teórico en la unidad de inyección (S) y el molde (F) en la posición A
	V_{tSB}, V_{tFB}	volumen teórico en la unidad de inyección (S) y el molde (F) en la posición B
	V_{tB}	volumen teórico en la posición B
	A, B	valores, posiciones
	$\Delta \dot{V}_r$	caudal volumétrico real
25	$\Delta \dot{V}_{rR}$	curva de referencia de caudal volumétrico real
	v_s	velocidad de tornillo sinfín o pistón
	ΔV_{rxfrL}	volumen de llenado de conmutación real en ciclo de aprendizaje
	V_{tRefL}	volumen de referencia teórico en ciclo de aprendizaje
	p_{Ref}	valor de presión de referencia
30	V_{tRefP}	volumen de referencia teórico en ciclo de producción
	ΔV_{rP}	volumen de llenado real en ciclo de producción
	L	ciclo de aprendizaje
	P	ciclo de producción
	S1-S4	puntos de intersección
35	V_U	volumen específico
	V_1	volumen de masa fundida
	V_1'	volumen comprimido
	V_2	segundo volumen
40	Posición A	
	Posición B	
	1	unidad de inyección
45	2	unidad de tornillo sinfín
	3	útil de fundición por inyección
	4	cavidad
	5	línea de presión
	6	vertical de temperatura
50		

REIVINDICACIONES

5 1. Método para determinar un volumen real V_r de una masa de fundición por inyección durante un proceso de fundición por inyección, en el que la masa de fundición por inyección se introduce en al menos una cavidad de un útil de moldeo, que presenta las etapas de:

- 10 a) determinar un volumen teórico V_t a partir de magnitudes de proceso al menos durante una fase de llenado del proceso de moldeo por inyección,
 b) determinar y/o medir al menos un valor para al menos una presión másica p_M ,
caracterizado por las etapas de:
 c) seleccionar una compresión específica de material $k(p)$ de la masa de fundición por inyección correspondiente al valor de p_M ,
 d) calcular un volumen real V_r teniendo en cuenta la compresión $k(p)$.

15 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la adaptación de parámetros de la máquina de fundición por inyección se realiza para lograr un volumen de llenado real ideal ΔV_{ri} de la al menos una cavidad.

20 3. Método según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado por que** la selección de la compresión específica del material $k(p)$ de la masa de fundición por inyección se realiza a partir de una curva de compresión específica de material archivada en un controlador de máquina, en particular a partir de una curva de compresión adiabática $k(p)$ archivada en el controlador de máquina.

25 4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, como presión másica (p_M) se utiliza una presión másica, por ejemplo en un cilindro, o una presión interior de moldeo de la masa de moldeo (p_F) o una presión de la masa de moldeo en la antecámara de tornillo sinfín (p_S) y se determinan y/o se miden al menos dos valores (A) y (B) de la presión másica (p_M, p_F, p_S) durante una ventana de proceso definida.

30 5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los dos valores (A) y/o (B) son valores medios de varios valores de medida individuales.

6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se determina el cálculo del volumen de llenado real (ΔV_r), que corresponde a un volumen introducido sin presión en el molde entre los valores (A) y (B), según la fórmula:

35
$$\Delta V_r = \frac{V_{tFB}}{1 - k(p_{FB})} - \frac{V_{tFA}}{1 - k(p_{FA})} = \frac{V_{tSA}}{1 - k(p_{SA})} - \frac{V_{tSB}}{1 - k(p_{SB})}$$

7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en el cálculo del volumen de llenado real (ΔV_r) se añade a cada volumen teórico medido V_t un volumen teórico constante V_t^* .

40 8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se determina un caudal volumétrico real ($\Delta \dot{V}_r$) derivando el volumen de llenado real ΔV_r o el volumen real V_r en función del tiempo, por ejemplo, a partir de la ecuación

45
$$\Delta \dot{V}_r = \frac{\Delta V_r}{t_B - t_A}$$

9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, para determinar el caudal volumétrico real ($\Delta \dot{V}_r$) se utiliza en lugar de los instantes (t_B) y (t_A) una velocidad de tornillo sinfín (v_s).

50 10. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se determinan continuamente el volumen de llenado real ΔV_r y/o el caudal volumétrico real $\Delta \dot{V}_r$ durante todo el proceso de llenado y/o se influye sobre un movimiento de inyección para llenar la cavidad (4) de tal manera que se recorra un perfil de caudal volumétrico real predeterminado.

55 11. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el volumen de llenado real ΔV_r y/o el caudal volumétrico real $\Delta \dot{V}_r$ se compara durante la fase de llenado con una curva de referencia de un volumen de llenado real ΔV_{rR} y/o un caudal volumétrico real $\Delta \dot{V}_{rR}$.

12. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, con ayuda del método según una

de las reivindicaciones anteriores, se determina un volumen de conmutación teórico (V_{ixfrL}) en un ciclo de aprendizaje (L), realizándose una conmutación a la fase de presión adicional en el ciclo de aprendizaje (L) al alcanzarse este volumen de conmutación teórico (V_{ixfrL}).

5 13. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en el ciclo de aprendizaje (L) se determina un volumen de referencia teórico (V_{tRefL}) en un valor de presión de referencia (p_{Ref}).

10 14. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en un ciclo de producción (P) pospuesto al ciclo de aprendizaje (L) se determina un volumen de referencia teórico (V_{tRefP}) en el mismo valor de presión de referencia (p_{Ref}).

15 15. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el volumen de llenado de conmutación real (ΔV_{rxfrL}) en el ciclo de aprendizaje L se determina a partir de

$$\Delta V_{rxfrL} = \frac{V_{tRefL}}{1 - k(p_{Ref})} - \frac{V_{txfrL}}{1 - k(p_{xfrL})}$$

siendo el instante t_A la consecución de la presión de preferencia p_{Ref} y siendo el instante t_B el punto de conmutación y calculándose el volumen de llenado real ΔV_{rP} en un instante t_C en el ciclo de producción (P) a partir de

$$\Delta V_{rP} = \frac{V_{tRefP}}{1 - k(p_{Ref})} - \frac{V_{tPC}}{1 - k(p_{PC})}$$

e iniciándose la conmutación a la fase de presión adicional en el ciclo de producción (P) cuando

$$\Delta V_{rP} \geq \Delta V_{rxfrL}.$$

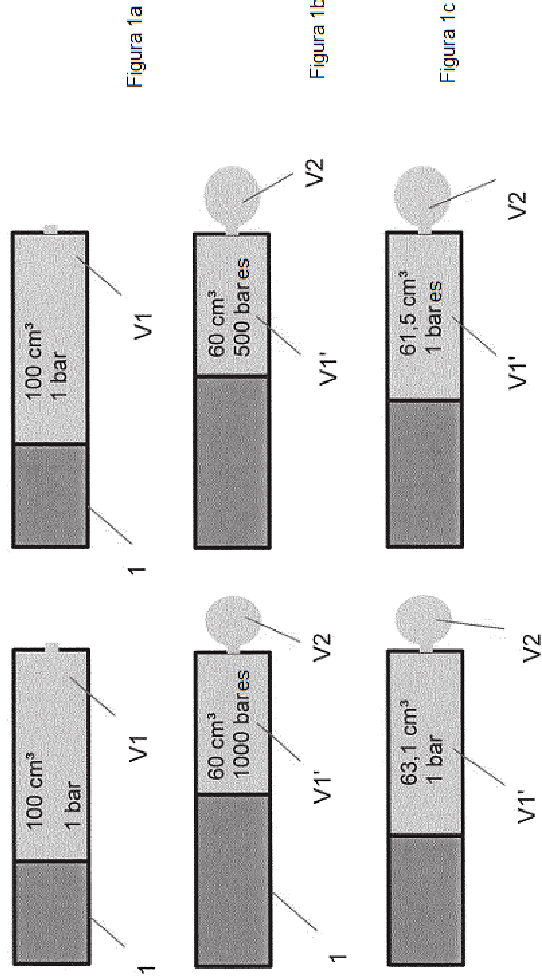
25 16. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el método se aplica durante una fase de presión adicional regulada en presión, realizándose en la fase de presión adicional la adaptación de parámetros de máquina para lograr un volumen de llenado real ideal ΔV_i por adaptación de la presión adicional.

30 17. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la introducción de la masa de fundición por inyección en la al menos una cavidad (4) de un útil de moldeo (3) se realiza por medio de un tornillo sinfín de empuje o un pistón.

35 18. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las masas de fundición por inyección son masas fundidas de termoplastos o masas de moldeo duroplásticas o siliconas o barnices.

40 19. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** otras acciones de un proceso de fundición por inyección como, por ejemplo, el accionamiento de extractores de machos, la apertura y cierre de cascadas, que se controlan en función del recorrido de inyección, es decir, en función del volumen de inyección o del tiempo, se controlan dependiendo del método según volúmenes de llenado reales determinados ΔV_r .

45 20. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** al menos los valores aprendidos para el volumen de llenado de conmutación real (ΔV_{ixfrL}) y la presión de referencia (p_{Ref}) se transmiten desde una primera máquina de moldeo por inyección hasta una segunda máquina de moldeo por inyección de construcción idéntica o no.



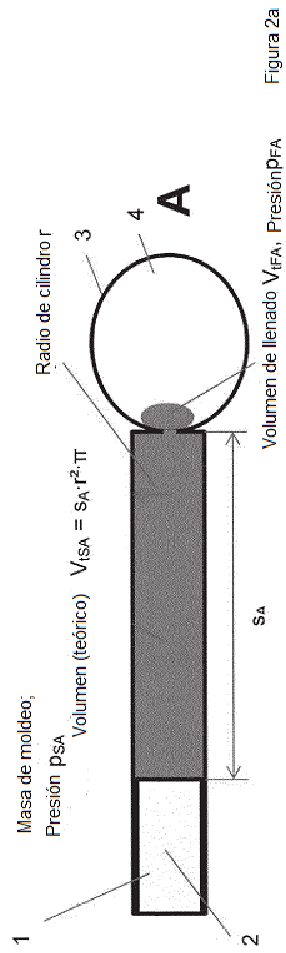


Figura 2a

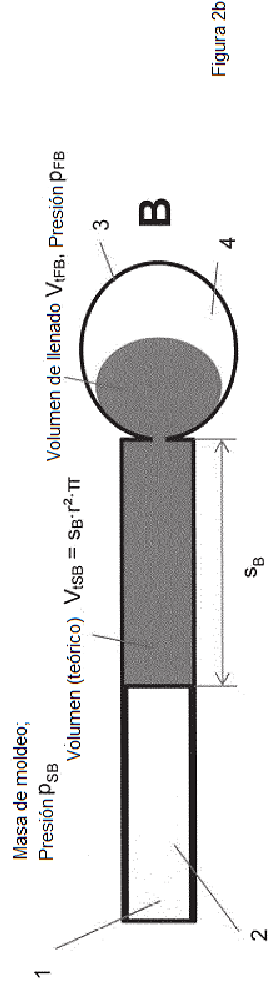


Figura 2b

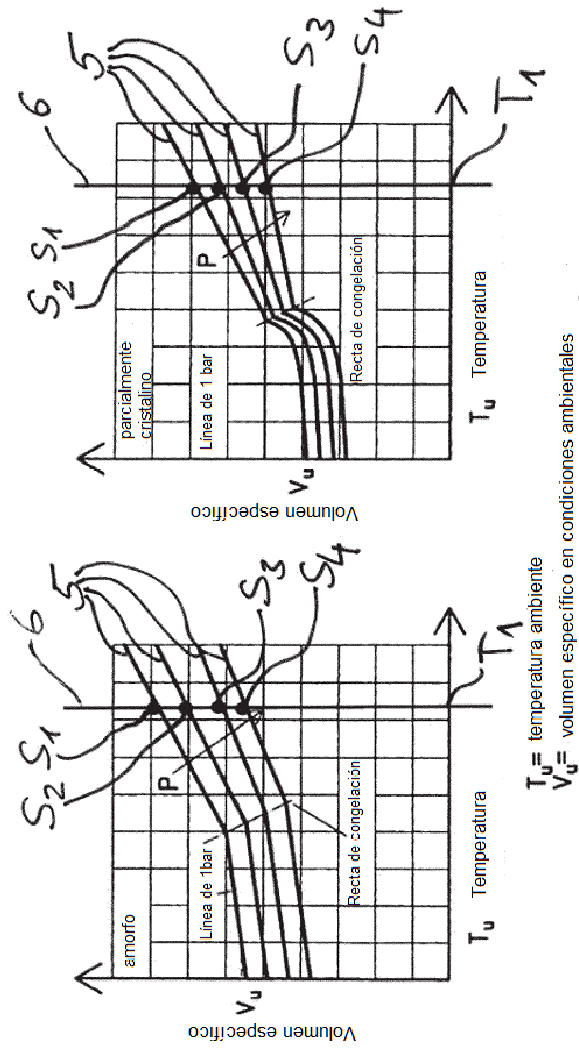


Figura 3a

Figura 3b

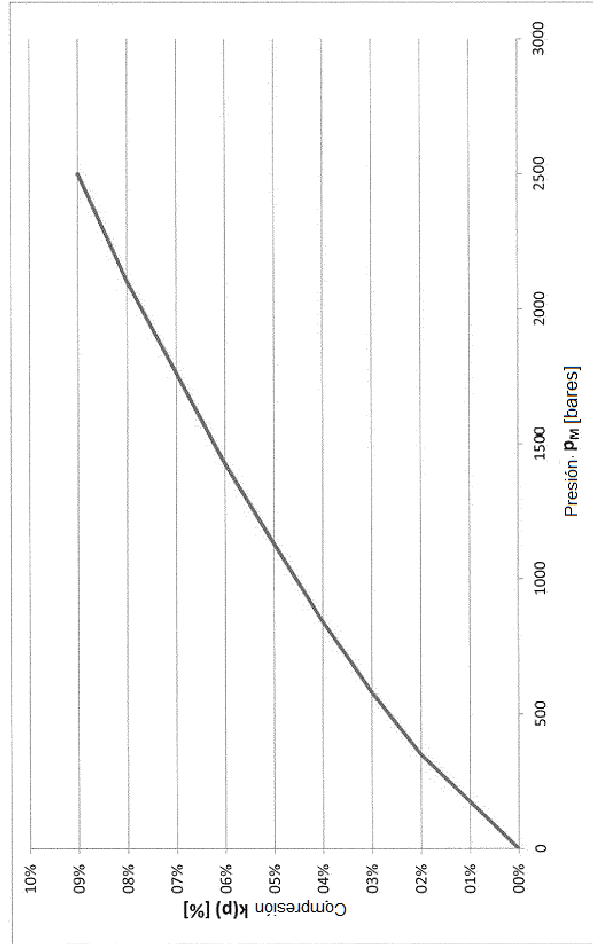


Figura 4

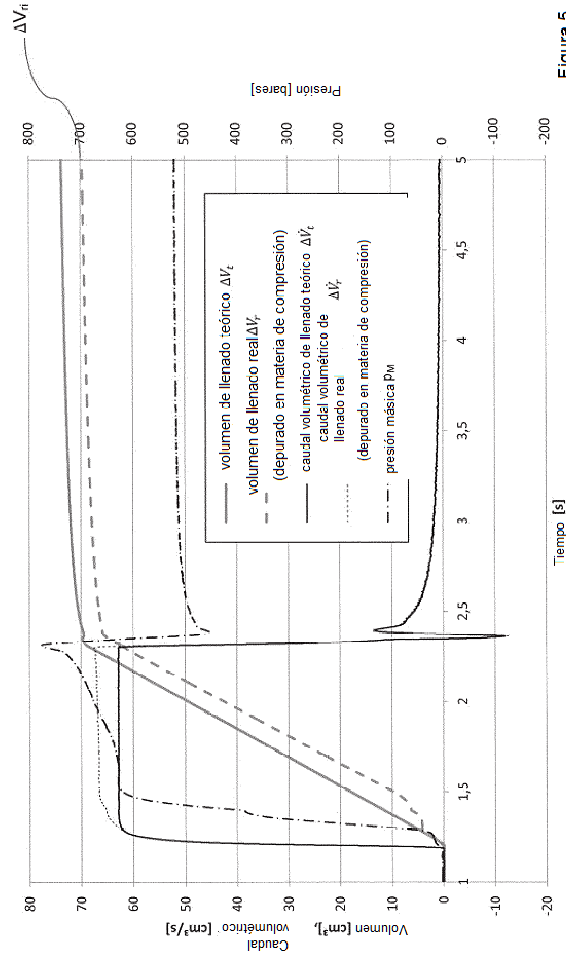


Figura 5