

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 947 447**

51 Int. Cl.:

B29C 45/77 (2006.01)

B29C 45/76 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2019** **PCT/EP2019/076368**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2020** **WO20083611**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2019** **E 19780221 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2023** **EP 3870422**

54 Título: **Método para operar una máquina de moldeo por inyección, en particular con respecto al llenado del molde constante mejorado, y máquina de moldeo por inyección para llevar a cabo el método**

30 Prioridad:

23.10.2018 DE 102018126313

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

09.08.2023

73 Titular/es:

**KRAUSSMAFFEI TECHNOLOGIES GMBH
(100.0%)
Krauss-Maffei-Str. 2
80997 München, DE**

72 Inventor/es:

**MOSER, STEFAN;
TOPIC, NICOLINA y
GREGER, SINA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 947 447 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 operar una máquina de moldeo por inyección, en particular con respecto al llenado del molde constante mejorado, y máquina de moldeo por inyección para llevar a cabo el método

La invención se refiere a un método para operar una máquina de moldeo por inyección, en particular con respecto al llenado mejorado de la herramienta según el preámbulo de la reivindicación 1, así como a una máquina de moldeo por inyección para llevar a cabo el método.

Una máquina de moldeo por inyección convencional comprende en particular un molde de inyección en el que es introducida una masa de plástico fundido. Asimismo, en el molde de inyección se encuentran una o varias cavidades que representan las cavidades de moldeo para el componente. La herramienta comprende además un sistema de distribución, a través del cual la masa de plástico fundido llega a la(s) cavidad(es). La máquina de moldeo por inyección por regla general comprende un cilindro calentado con el que la masa de moldeo por inyección es fundida e inyectada en el molde de inyección. En el cilindro se encuentra un tornillo sin fin para hacer avanzar la masa de moldeo por inyección. Una máquina de moldeo por inyección convencional comprende además normalmente un accionamiento totalmente regulado para el tornillo sin fin, con el que entre otras cosas la presión de la masa de moldeo por inyección licuada (presión de fusión) dentro del cilindro puede ser regulada. Para la monitorización del proceso de moldeo por inyección en las instalaciones de moldeo por inyección convencionales están previstos también en parte en la herramienta sensores de presión que miden una presión local de la masa de moldeo por inyección líquida o solidificada dentro de la cavidad (en lo sucesivo designada como presión interna de la herramienta).

Un ciclo de trabajo de una máquina de moldeo por inyección se divide esencialmente en dos fases: una fase de inyección, en la que la masa de moldeo por inyección es inyectada en la cavidad, y una fase posterior de presión de mantenimiento, en la que la cavidad de la herramienta ya está completamente llena de la masa de moldeo por inyección, pero en la que para la compactación de la masa y para la compensación de la contracción debe mantenerse en el lado de la máquina una denominada presión de mantenimiento sobre la masa de moldeo por inyección.

Para cada molde de inyección hay una forma "ideal" de la curva de presión interna de la herramienta a través del ciclo de moldeo por inyección, es decir a través de la fase de inyección y la fase de presión de mantenimiento, que difiere individualmente en detalle. Esta curva de presión interna de la herramienta ideal es determinada a menudo en el curso de una optimización de proceso como curva de referencia. Con el mismo ajuste de la presión interna del cilindro (presión de fusión), el curso real de la presión interna de la herramienta en la producción continua depende esencialmente del comportamiento de flujo de la masa de plástico. El comportamiento de flujo es a su vez entre otras cosas determinado por la composición química de la masa de moldeo por inyección, la entrada de cizallamiento y la temperatura de la masa. Durante la producción continua la presión interna del cilindro (presión de fusión) y la adaptación de la posición de conmutación en la fase de presión de mantenimiento generalmente son ajustadas manualmente, de tal manera que la presión interna de la herramienta discurre aproximadamente sobre la curva de referencia. Grandes desviaciones de esto conducen a piezas defectuosas que deben ser rechazadas.

Las variables de perturbación inducidas por el material que influyen en el llenado de la herramienta son por ejemplo las fluctuaciones en el lote, el reciclado y el grado de secado. Además, pueden producirse efectos de perturbación relacionados con el medio ambiente y el proceso, que pueden ser por ejemplo fluctuaciones en el control de la temperatura de la herramienta, el calentamiento del cilindro y la temperatura ambiente, la humedad del aire y también el comportamiento de cierre fluctuante de una válvula antirretorno. Todos estos efectos provocan una variación de la viscosidad de la masa fundida, que a su vez influye en el llenado de la cavidad.

Los procesos de reinicio dan lugar por ejemplo a una reducción de la viscosidad, ya que durante el tiempo de parada de la máquina por el calentamiento del cilindro continúa siendo introducida energía en la masa de plástico.

Una variación de la viscosidad provoca un cambio en la presión de fusión o la presión interna de la herramienta. La figura 2 muestra dos ciclos en los que se utiliza polipropileno con diferentes valores de MFI (índice de flujo de fusión) con los mismos ajustes de proceso para su comparación, y se observa que un material de baja viscosidad (MFI 11) conduce a una presión de fusión más baja o a una presión interna de la herramienta más alta y que aumenta más rápidamente. Esto indica un comportamiento de llenado diferente de la cavidad, por ejemplo en el caso de una masa de alta viscosidad (MFI 6) resulta un llenado insuficiente de la cavidad si este material es procesado con los parámetros de proceso de un material de menor viscosidad (por ejemplo, MFI 11).

Un factor decisivo para el diferente llenado de la cavidad es la diferente aplicación de presión a la masa de plástico fundido en el punto de conmutación. A pesar de la posición de conmutación constante y la misma velocidad de inyección, la masa es comprimida más fuertemente a alta presión, lo que tiene como resultado una mayor densidad. En consecuencia, es inyectado menos volumen de masa fundida en la cavidad. Existen varios enfoques de solución para compensar el llenado desigual de la cavidad debido a las fluctuaciones en el comportamiento del flujo en el material.

Por un lado está el concepto de la regulación del llenado de la cavidad mediante sensores que están instalados en la máquina. Aquí, los parámetros específicos del proceso son ajustados utilizando variables de regulación, de tal manera que está garantizado un llenado constante de la cavidad, independientemente de las variaciones en la viscosidad. Las variables de regulación se basan en las señales de la máquina (por ejemplo, la presión de fusión) y, por lo general, se refieren a uno o más ciclos de piezas aceptadas.

Un enfoque de solución alternativo para la monitorización del llenado de la cavidad es el uso de sensores instalados en la herramienta (presión interna de la herramienta, temperatura de la pared de la herramienta). Dependiendo del concepto de regulación, a la máquina de moldeo por inyección se le suministra un parámetro de proceso que adapta el proceso de moldeo por inyección de tal manera que se logre un llenado constante de la cavidad.

Por el estado de la técnica se conoce lo siguiente con respecto a las posibilidades de compensación por el lado de la máquina de las fluctuaciones del proceso causadas por influencias de perturbación:

1) Documento DE 10 2015 117 237 B3:

Este documento se refiere a un método para la determinación de un volumen real V_r de una masa moldeable por inyección durante un proceso de moldeo por inyección, en el que la masa moldeable por inyección es introducida en al menos una cavidad de un molde y presenta los pasos:

- determinación de un volumen teórico V_t a partir de variables de proceso al menos durante una fase de llenado del proceso de moldeo por inyección,
- determinación y/o medición de al menos un valor para al menos una presión de fusión p_M
- selección de una compresión específica del material $k(p)$ de la masa moldeable por inyección correspondiente al valor de p_M ,
- cálculo de un volumen real V_r teniendo en cuenta la compresión $k(p)$. V_r se mantiene constante aquí por el ajuste de la posición de conmutación y del nivel de presión de mantenimiento.

El volumen de masa fundida introducida al final de la presión de mantenimiento se mantiene constante. Para conseguir esto es ajustado el nivel de la presión de mantenimiento. Un volumen de masa fundida constante al final de la presión de mantenimiento no puede por ejemplo compensar los efectos de la "fluctuación de la temperatura de la herramienta o de la masa fundida" ni tampoco del "comportamiento de contracción de la masa fundida dependiente de la temperatura".

2) Documento DE 10 2013 111 257 B3:

Este documento se refiere a un método para el llenado volumétricamente correcto de una cavidad de un molde, en el que en una fase de aprendizaje es determinado un equivalente de volumen de pieza moldeada y en una fase de producción se influye en los ciclos de moldeo por inyección de producción, de tal manera que el equivalente de volumen de pieza moldeada determinado en la fase de aprendizaje también se cumpla en el ciclo de moldeo por inyección de producción. El ajuste se realiza influyendo en la posición de conmutación y en el nivel de presión de mantenimiento.

Por el estado de la técnica se conoce lo siguiente con respecto a las posibilidades de compensación por el lado de la herramienta para fluctuaciones del proceso causadas por influencias de perturbación:

1) Documento DE 10 2013 111 257 B3:

Por este documento es conocido que el nivel de presión de mantenimiento es calculado utilizando una constante de corrección en función de la viscosidad medida del proceso de inyección. Dado que este método implica un control, la presión de mantenimiento puede ser ajustada en la dirección correcta. Sin embargo, por ejemplo las fluctuaciones en la temperatura de fusión o los cambios en la temperatura de la herramienta no son compensados, aunque ambos efectos tienen un impacto en la contracción o en el comportamiento de enfriamiento.

2) Documento DE 2 358 911 A:

La velocidad del frente de flujo y la temperatura de fusión son determinadas mediante sensores de presión de fusión y de temperatura en el molde de inyección, de modo que la presión de inyección y/o la velocidad de inyección sean controladas en función de los valores medidos de los sensores de medición.

3) Documento DE 35 24 310 C1:

Se describe un método para el moldeo por inyección regulado de masas de moldeo de plástico. Aquí, el trabajo de inyección (calculado a partir de la presión interna de la herramienta) es usado para guiar el proceso de moldeo por inyección. El valor final de la trayectoria del tornillo sin fin y el perfil de la presión de mantenimiento (altura y tiempo) son almacenados y utilizados como factor de ajuste. Sin embargo, la gestión del proceso a través del trabajo de inyección tiene la desventaja de que está fuertemente caracterizada por irregularidades en la fase de arranque del proceso de inyección.

4) Documento DE 10 2005 032 367 A1:

Se sigue un enfoque en el que es monitorizado el tiempo requerido para que la masa fundida de plástico en la cavidad llegue a un sensor. Para este propósito se utilizan sensores de temperatura y presión en la herramienta. En caso de variaciones en el tiempo, la viscosidad de la masa fundida es modificada (por ejemplo, mediante variación de la temperatura).

5) Documento EP 2 583 811 A1:

El documento EP 2 583 811 A1 sigue el enfoque de una regulación de proceso para el proceso de inyección para regular el volumen de inyección. El perfil de velocidad y el punto de conmutación son modificados aún durante la fase de inyección en caso de una variación de la viscosidad de la masa fundida de plástico y/o del volumen introducido. El método se basa en una comparación de la curva de presión de inyección del sensor de presión interna de la herramienta con una curva de referencia.

Los enfoques de solución descritos anteriormente regulan o controlan en el mismo ciclo. A continuación vienen planteamientos con una regulación adaptativa, en los que la intervención de regulación no se hace ya en el ciclo actual, sino en el siguiente.

6) Documento DE 10 2007 061 775 A1:

Se mide el curso temporal de la presión interna de la herramienta en la fase de presión de mantenimiento. Si este se desvía de un valor de comparación, sigue una presión de mantenimiento ajustada para un proceso de moldeo por inyección posterior.

Es indicado un método de moldeo por inyección en el que durante la fase de presión de mantenimiento (P_N) de un ciclo de moldeo por inyección ($Z^{(i)}$) es medido el curso temporal de una presión interna de la herramienta (p_w), en el que a partir del curso registrado de la presión interna de la herramienta (p_w) es determinado al menos un parámetro no dependiente del tiempo (p_a ; p_{max} , t_{max} , m , τ_1 , τ_2), en el que el parámetro o cada parámetro (p_a ; p_{max} , t_{max} , m , τ_1 , τ_2) es comparado con un valor teórico de parámetro almacenado ($p_{a,0}$) y para el cual en virtud del resultado de la comparación es determinado automáticamente un valor de presión de mantenimiento (p_N) adaptado para un ciclo de moldeo por inyección posterior ($Z^{(i+1)}$). Una instalación de moldeo por inyección asociada comprende en particular una herramienta de moldeo por inyección que está equipada con un sensor de presión interna para detectar una presión interna de la herramienta (p_w), así como un regulador de presión de mantenimiento diseñado para llevar a cabo el método.

Por el documento DE 10 2007 061 775 A1 es conocido un método que determina la máxima presión interna de la herramienta en la fase de presión de mantenimiento y la especifica como valor de referencia en los ciclos posteriores. Esta presión interna de la herramienta debe conseguirse nuevamente mediante el ajuste del nivel de presión de mantenimiento. Este método no puede compensar las variaciones en la viscosidad ni las variables de perturbación relacionadas con la herramienta.

7) Documento DE 10 2005 016 618 B3:

La relación entre presión, temperatura y viscosidad en la fase de inyección es determinada midiendo la curva de la presión y determinando matemáticamente la curva de la temperatura correspondiente. Esto es seguido por una variación en la presión de estancamiento y/o del número de revoluciones proporcional a la diferencia de presión medida.

8) Documento EP 897 786 A2:

Basándose en la medición de la presión interna de la herramienta (en un punto en el que el diámetro perpendicular a la dirección del flujo es máximo) es obtenida una variable de guía y es evaluada si es necesario un reajuste. Si se produce una desviación en varios ciclos consecutivos, el parámetro más desviado es reajustado. El punto de conmutación es determinado automáticamente a partir del curso de la curva de presión interna. En este caso la curva de presión interna de la herramienta es comparada con una curva de referencia al menos hasta el punto de sellado y se lleva a cabo una variación de las velocidades de inyección mediante cocientes de integrales de las curvas actual y de referencia.

El objeto de la invención es especificar un método para operar una máquina de moldeo por inyección que consiga mayor optimización con respecto al llenado del molde y reduzca o incluso evite las desventajas del estado de la técnica. Además, el objeto de la invención es especificar una máquina de moldeo por inyección para llevar a cabo el método.

En particular debe especificarse un método para operar una máquina de moldeo por inyección en el que con respecto al volumen de la pieza moldeada/llenado de la cavidad, la influencia de las fluctuaciones del material y/o las condiciones ambientales que intervienen en el material utilizado puedan ser compensadas de la manera más automática posible y se reduzca la proporción de rechazos. En particular, el método debería compensar las variaciones en la viscosidad de la masa de moldeo por inyección y/o las variables de perturbación en el lado de la herramienta, como por ejemplo una falla parcial o un deterioro de la capacidad de enfriamiento.

En general, se debe aumentar la calidad y la fiabilidad del proceso de moldeo por inyección y se debe aumentar el rendimiento de las piezas aceptadas.

Además, un objeto de la invención es especificar una máquina de moldeo por inyección para llevar a cabo el método.

Este objeto se consigue con el método de acuerdo con la invención según la reivindicación 1 y una máquina de moldeo por inyección según la reivindicación 18. Formas de realización ventajosas se especifican en las reivindicaciones dependientes.

Para llevar a cabo el(los) objetos(s) es indicado de acuerdo con la invención un método para operar una máquina de moldeo por inyección con los siguientes pasos:

- a) en un ciclo de moldeo por inyección actual, después de un ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada aprendido en una fase de aprendizaje: detección de una variación de presión de fusión k_1 respecto de una presión de fusión de referencia de pieza aceptada $p_{masse,ref}$ durante al menos parte de una fase de inyección del ciclo actual de moldeo por inyección por medición de una presión de fusión actual $p_{masse,act}$ y comparación de la presión de fusión actual $p_{masse,act}$ con la presión de fusión de referencia de pieza aceptada $p_{masse,ref}$,
- b) determinación de una curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ para una fase de presión de mantenimiento del ciclo actual de moldeo por inyección, de modo que para este propósito una curva de presión interna de la herramienta $p_{wkz,ref}(t)$ del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada es ajustada al menos en función de la variación de presión de fusión k_1 detectada en el paso a),
- c) recorrer la curva de la presión de mantenimiento $p_{masse,Hld,act}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección, de tal manera que una curva de presión interna de la herramienta real $p_{wkz,act}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección discorra al menos más cerca de la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ que una curva de presión interna de la herramienta $p_{wkz,ref}(t)$ invariable en comparación con el ciclo de referencia de pieza aceptada.

Por tanto, según la invención durante una fase de inyección de un ciclo actual de moldeo por inyección, una variación en la viscosidad del material que eventualmente pueda producirse, que puede ser causada por ejemplo por fluctuaciones de temperatura, fluctuaciones de humedad o por fluctuaciones de otras condiciones ambientales, es reconocida por la medición de una presión de fusión actual o curva de presión de fusión actual $p_{masse,act}(t)$ y con conocimiento de una presión de fusión o curva de presión de fusión $p_{masse,ref}(t)$ correspondiente. Con este conocimiento de la fase de inyección de un ciclo actual de moldeo por inyección es determinada en el mismo ciclo de moldeo por inyección una curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ para una fase de presión de mantenimiento de este ciclo actual de moldeo por inyección mediante un algoritmo. Para lograr la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$, un nivel de presión de mantenimiento $p_{masse,Hld,ref}(t)$ o una curva de presión de mantenimiento $p_{masse,Hld,ref}$ de un ciclo de moldeo por inyección de referencia es ajustado en función de la variación en la presión de fusión k_1 detectada en la fase de inyección. La variación de la presión de fusión k_1 es determinada preferiblemente por ejemplo a partir de valores singulares de presión de fusión $p_{masse,act}/p_{masse,ref}$ en una fase de inyección, de forma particularmente preferida a partir de una curva de presión de fusión $p_{masse,act}(t)/p_{masse,ref}(t)$ durante al menos una parte de la fase de inyección o a partir de los valores promedio correspondientes $p_{masse,avg,act}/p_{masse,avg,ref}$. Un período de detección de la variación de presión de fusión k_1 o de la variación de la curva de presión de fusión o una captación de valores para la determinación de un valor promedio en la fase de inyección finaliza en este caso en el punto de conmutación o con tiempo suficiente antes de un punto de conmutación esperado $t_1 = t_{umschalt}$ para que todavía se pueda calcular un punto de conmutación eventualmente desplazado y pueda ser iniciada la conmutación. El período de detección de la variación de la presión de fusión o la variación de curva de la presión de fusión k_1 o una captación de valores para la determinación de un valor promedio durante la fase de inyección puede comenzar con el inicio de la inyección de la masa fundida de plástico ($t_0 = t_{inj,start}$) o preferiblemente, en particular en caso de uso una válvula antirretorno (RST), puede empezar después de que la válvula antirretorno haya sido cerrada de manera segura.

De la comparación entre la curva de presión de fusión $p_{masse,ref}(t)$ de un ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y la curva de presión de fusión $p_{masse,act}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección, alejándose de la opinión establecida entre los expertos, ahora es calculada una nueva curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ adaptada a las condiciones modificadas, que tiene en cuenta el material y/o las condiciones ambientales modificadas. En este caso es determinada nuevamente de forma totalmente intencionada una curva teórica de la presión interna de la herramienta de ciclo a ciclo o al menos cada ciertos intervalos, ya que fue reconocido en el marco de la invención que mantener constante la presión interna de la herramienta, como es a menudo el objetivo de la gestión del proceso de moldeo por inyección en el estado de la técnica, debe abandonarse deliberadamente.

Así según la invención, a diferencia del estado de la técnica, en función del material y/o las condiciones ambientales, si es necesario es calculada para cada disparo una nueva curva de la presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ que luego es aproximada tanto como sea posible mediante la adaptación correspondiente de la presión de mantenimiento, que es una presión de fusión $p_{masse,Hld}$ en el espacio delante del tornillo sin fin de plastificación.

Una forma de realización preferida se caracteriza por que antes, después o durante el paso b), el método presenta también los siguientes pasos:

- b1) determinación de una presión interna de la herramienta de conmutación objetivo $p_{wkz,umschalt,soll}$ para el ciclo actual de moldeo por inyección al menos en función de la variación de presión de fusión k_1 detectada en el paso a)
- b2) conmutación al ser alcanzada la presión interna de la herramienta de conmutación objetivo $p_{wkz,umschalt,soll}$ determinada en el paso b1).

Por consiguiente, para el ciclo actual de moldeo por inyección también puede ser calculada de nuevo una presión interna de la herramienta de conmutación objetivo $p_{wkz,umschalt,soll}$ de un disparo a otro si es necesario. Cuando se alcanza esta presión interna de la herramienta de conmutación objetivo, tiene lugar una conmutación de modo que se logra el efecto según la invención de que la conmutación a la fase de presión de mantenimiento, teniendo en cuenta la viscosidad, todavía se ve influenciada en el ciclo actual de moldeo por inyección. Después de la conmutación comienza la fase de presión de mantenimiento, en la que es aplicada la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ determinada en el paso b). Esto significa que la fase de presión de mantenimiento mediante la adaptación de la presión de mantenimiento $p_{masse,Hld,act}$ es modificada, de tal manera que se logre la curva de presión interna de la herramienta objetivo. En caso necesario, una desviación de la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ es compensada iterativamente por un ajuste fino de la fase de presión de mantenimiento en los siguientes ciclos de moldeo por inyección. Esto se realiza de forma conveniente por una monitorización (medición) de la curva de presión interna de la herramienta actual $p_{wkz,act}(t)$ en el ciclo de moldeo por inyección actual respectivo.

Por lo tanto, el método según la invención es capaz de detectar en uno y el mismo ciclo un cambio de propiedad, por ejemplo un cambio en la viscosidad de la masa de moldeo por inyección, por medición y uso de parámetros fáciles de obtener (por ejemplo presiones, temperaturas, posiciones del tornillo sin fin, flujo volumétrico, momento de giro, etc.), y ya en ese ciclo en el que se ha adquirido el conocimiento, realizar pasos de ajuste en la fase de presión de mantenimiento. Como resultado de esto y del ajuste específico del ciclo de la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ según la invención es posible según la invención reducir significativamente la proporción de rechazos debido a un llenado de molde insatisfactorio. La calidad y la fiabilidad del proceso de moldeo por inyección aumentan así significativamente.

Una forma de realización preferida se caracteriza por que la determinación de la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ es realizada adicionalmente dependiendo de una característica de transmisión de presión k_2 entre una presión interna de la herramienta p_{wkz} y una presión de fusión p_{masse} correspondiente y/o usando un factor específico del material k_{mat} .

Por característica de transmisión de presión k_2 de una herramienta se entiende una relación entre una presión de fusión p_{masse} y una presión interna de la herramienta p_{wkz} resultante de esto de un ciclo de moldeo por inyección, en cuyo caso, además de los valores individuales de las presiones mencionadas, también se pueden utilizar sus curvas o valores promedio. La característica de transmisión de presión k_2 que resulta de ello forma un factor de influencia específico de la herramienta, que se usa preferiblemente a continuación para la determinación de la presión interna de la herramienta objetivo/curva de presión interna objetivo. La inclusión de la característica de transmisión de presión k_2 de una herramienta garantiza una mayor precisión y una mejor calidad del llenado del molde y/o la calidad del componente, ya que además de la variación de la viscosidad de la masa fundida de plástico que eventualmente se produce, que debe tenerse en cuenta según la invención, son también tenidas cuenta características específicas de la herramienta, como por ejemplo las geometrías del componente, es decir geometrías de cavidad o geometrías y diseños de canales, por ejemplo como canales calientes o similares.

Además, es ventajoso tener en cuenta un factor específico del material k_{mat} en la determinación de la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$. Con este factor, las propiedades del material a ser determinadas empíricamente pueden ser incorporadas en la gestión del proceso de moldeo por inyección actual. Esta medida aumenta aún más la precisión y la calidad de los componentes.

Otra forma de realización preferida se caracteriza por que en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y en el ciclo actual de moldeo por inyección, es determinada una integral de presión de fusión durante la inyección como variable medida que se correlaciona con una viscosidad de procesamiento de la masa fundida, en particular de acuerdo con la fórmula:

$$W_{z,act/ref} = \int_{t_0}^{t_1} p_{masse,act/ref}(t) dt,$$

donde t_0 es un instante del inicio de la fase de inyección $t_{inj,start}$ o un instante posterior al cierre de una válvula antirretorno y t_1 es un instante de la conmutación $t_{inj,umschalt}$ o un instante que se sitúa después de t_0 pero antes de $t_{inj,umschalt}$.

De acuerdo con esta forma de realización, para determinar la variación de la presión de fusión k_1 en cada caso en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y en el ciclo actual de moldeo por inyección es medida y calculada una cantidad similar a un trabajo de inyección mediante la determinación de una integral de presión en los límites de tiempo t_0 y t_1 , en cada caso en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y en el ciclo actual de moldeo por inyección. Tal integral de presión se correlaciona bien con una viscosidad de procesamiento de la masa fundida, de modo que en el curso posterior, basándose en tales integrales de presión, se puede determinar bien y con precisión una gestión de proceso modificada.

Otra forma de realización preferida se caracteriza por que en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y/o en el ciclo actual de moldeo por inyección es determinada adicionalmente al menos una de las siguientes variables y, si es necesario, registrada:

- máxima presión interna de la herramienta $p_{wkz,max.}$, así como
- el instante $t_{wkz,max.}$ correspondiente,
- una caída de la presión interna de la herramienta después de alcanzar el máximo (m_1),
- un promedio de presión interna de la herramienta $p_{wkz,avg}$ y/o un promedio de presión de fusión $p_{masse,avg}$ en la fase de inyección y/o un promedio de presión interna de la herramienta $p_{wkz,Hld,avg}$ y/o un promedio de presión de fusión $p_{masse,Hld,avg}$ en la fase de presión de mantenimiento,
- una superficie de presión interna de la herramienta $p_{a,wkz}$ en la fase de presión de mantenimiento, en particular como integral de presión de acuerdo con la siguiente fórmula

$$\int_{t_2}^{t_3} p_{wkz,Hld}(t)$$

- una superficie de presión de fusión $p_{a,masse}$ en la fase de presión de mantenimiento, en particular como integral de presión de acuerdo con la siguiente fórmula

$$\int_{t_2}^{t_3} p_{masse,Hld}(t)$$

en donde:

$p_{wkz,Hld}(t)$ es la curva de presión interna de la herramienta en la fase de presión de mantenimiento,
 $p_{masse,Hld}(t)$ es la curva de presión de fusión en la fase de presión de mantenimiento,
 $p_{wkz,avg}$ es un promedio de la presión interna de la herramienta durante la fase de inyección,
 $p_{masse,avg}$ es un promedio de la presión de fusión durante la fase de inyección,
 $p_{wkz,Hld,avg}$ es un promedio de la presión interna de la herramienta durante la fase de presión de mantenimiento,
 $p_{masse,Hld,avg}$ es un promedio de la presión de fusión en la fase de presión de mantenimiento,
 t_2 es un instante en o después del punto de conmutación, en particular es el punto de conmutación y
 t_3 es un instante después de t_2 , por ejemplo el instante del final de la fase de presión de mantenimiento $t_{Hld,End}$ o un instante antes del final de la fase de presión de mantenimiento, en particular el instante $t_{wkz,max.}$ de la máxima presión interna de la herramienta del ciclo respectivo.

Paralelamente a las variables de proceso o parámetros de proceso ya mencionados anteriormente, es ventajoso determinar otras variables de proceso/parámetros de proceso. Así, por ejemplo, el conocimiento de una presión interna de la herramienta máxima $p_{wkz,max.}$ y el instante correspondiente $t_{wkz,max.}$, y un conocimiento de la caída de presión interna de la herramienta m_1 una vez que se ha alcanzado este máximo, puede ser una buena indicación de un cambio de temperatura de la masa fundida en la fase de presión de mantenimiento después de este instante. De aquí también resultan buenas posibilidades para el ajuste de la curva de presión de mantenimiento después de que se haya superado la máxima presión interna de la herramienta $p_{wkz,max.}$

Para simplificar los cálculos en la fase de inyección y/o en la fase de presión de mantenimiento puede ser conveniente determinar, en lugar de integrales de presión, valores promedios de presión, por ejemplo un promedio de presión interna de la herramienta $p_{wkz,avg}$ y/o un promedio de presión de fusión $p_{masse,avg}$ en la fase de inyección o en la fase de presión de mantenimiento.

La determinación de la superficie de presión interna de la herramienta $p_{a,masse}$ y de la superficie de presión de fusión $p_{a,masse}$ en cada caso en la fase de presión de mantenimiento se puede realizar de manera particularmente precisa como una integral en los límites de tiempo t_2 y t_3 , que es una determinación altamente precisa de la presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ para un ciclo posterior o presión de mantenimiento resultante. Asimismo t_2 es un instante después del punto de conmutación, es decir, un instante de la fase de presión de mantenimiento. t_3 se sitúa convenientemente después de t_2 y puede ser elegido de una manera particularmente preferida como el instante de la máxima presión interna de la herramienta $t_{wkz,max.}$. Esto tiene la ventaja particular de que ya pueden ser realizados cálculos y eventualmente en el intervalo de tiempo después de que se haya alcanzado la máxima presión de la

herramienta pueden acometerse otros cambios al final de la fase de presión de mantenimiento aún en el mismo ciclo de moldeo por inyección.

Otra forma de realización preferida se caracteriza por que como variación de la presión de fusión k_1 es determinada una razón de la integral de presión durante la inyección en el ciclo actual de moldeo por inyección y la integral de presión durante la inyección del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada, en particular de acuerdo con la fórmula

$$k_1 = W_{z,act}/W_{z,ref}$$

o una razón entre el promedio de la presión de fusión durante la inyección en el ciclo de moldeo por inyección actual y el promedio de la presión de fusión durante la inyección del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada es determinada como variación de presión de fusión k_1 , en particular de acuerdo con la fórmula

$$k_1 = p_{masse,Hld,avg}/p_{masse,ref,avg}$$

o una razón de uno o más valores individuales de presión durante la inyección en el ciclo de moldeo por inyección actual y durante la inyección del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada es determinada como la variación de presión de fusión k_1 , en particular de acuerdo con la fórmula

$$k_1 = p_{masse,act}/p_{masse,ref}$$

A partir de las variables de medición y/o del proceso determinadas de antemano, tanto en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada como en el ciclo de moldeo por inyección actual, se puede calcular de forma fácil en los métodos mencionados anteriormente la variación de la presión de fusión k_1 , que refleja un cambio en las propiedades de la masa fundida, en particular de la viscosidad de la masa fundida del ciclo actual de moldeo por inyección en comparación con un ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada. En este caso, el cálculo de la variación de la presión de fusión k_1 como razón de las integrales de presión de fusión W_z es el enfoque más preciso. En principio, las determinaciones de la variación de la presión de fusión k_1 a través de proporciones específicas de los valores promedio o incluso puntos de presión de fusión individuales también funcionan, pero con una precisión/reproducibilidad algo reducida.

Otra forma de realización preferida se caracteriza por que como característica de transmisión de presión k_2 es determinada una dependencia entre la presión interna de la herramienta p_{wkz} y la presión de fusión p_{masse} durante la fase de presión de mantenimiento en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y en el ciclo actual de moldeo por inyección, en particular según al menos una de las fórmulas

$$k_2 = \frac{\int_{t_2}^{t_3} p_{wkz,Hld}(t) dt}{\int_{t_2}^{t_3} p_{masse,Hld}(t) dt},$$

b)

$$k_2 = \frac{p_{wkz,Hld,avg}(t)}{p_{masse,Hld,avg}(t)}$$

c)

$$k_2 = \frac{p_{wkz,Hld}}{p_{masse,Hld}}$$

en donde:

- $p_{masse,Hld}(t)$ es la curva de presión de fusión durante la fase de mantenimiento de la presión
- $p_{wkz,Hld}(t)$ es la curva de presión interna de la herramienta durante la fase de presión de mantenimiento,
- t_2 es un instante en o después del punto de conmutación, en particular es el instante de conmutación $t_{inj/umschalt}$, y
- t_3 es el instante del final de la fase de presión de mantenimiento $t_{Hld,End}$ o un instante antes del final de la fase de mantenimiento de la presión pero después de t_2 .

La característica de transmisión de presión k_2 , que es esencialmente una variable de influencia específica de la herramienta, también se puede formar de la manera mencionada anteriormente a través de una razón de integrales de presión, una razón de valores promedio o una razón de valores de presión individuales, siendo estas determinaciones de precisión decreciente en el orden mencionado. Esto simplifica el cálculo y en particular también el período de observación de las presiones correspondientes necesario para el cálculo. En la determinación de la característica de transmisión de presión k_2 , presiones, valores promedio o integrales de presión son colocados en una fracción, estando los valores correspondientes de la presión de la herramienta en la fase de presión de mantenimiento

en el numerador y los valores correspondientes de la presión de fusión en la fase de presión de mantenimiento se encuentran en el denominador.

5 Otra forma de realización preferida se caracteriza porque mediante al menos un sensor de presión interna de la herramienta es registrada a lo largo del tiempo la curva de presión interna de la herramienta $p_{wkz,ref}(t)$ del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y/o del ciclo actual de moldeo por inyección $p_{wkz,act}(t)$ dentro de la fase de inyección y/o la fase de presión de mantenimiento.

10 Otra forma de realización preferida se caracteriza por que la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección es determinada según la fórmula

$$p_{wkz,soll}(t) = p_{wkz,ref}(t) \cdot \frac{k_{mat}}{k_1 \cdot k_2}$$

en donde

15 k_{mat} son uno o más factores específicos del material determinados empíricamente y k_1, k_2 son factores que tienen en cuenta al menos el comportamiento de flujo de la masa fundida y/o una dependencia específica de la herramienta entre la presión de fusión p_{masse} y la presión interna de la herramienta p_{wkz} resultante.

20 Con los valores determinados previamente se puede determinar de una manera simple una curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ de acuerdo con la fórmula indicada anteriormente, de modo que en particular la curva de presión interna de la herramienta $p_{wkz,ref}(t)$ asociada del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada es modificada como punto de partida utilizando los factores k_{mat} y k_1 y k_2 .

25 Otra forma de realización preferida se caracteriza por que la característica de transmisión de presión k_2 es calculada a partir de una función de transferencia de presión $f(p_{masse,Hld,ref,i})$ registrada en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada, donde

$$f(p_{masse,Hld,ref,i}) = \int_{t_2}^{t_3} p_{wkz,ref,i}(t) \cdot dt$$

30 Para evitar dispersiones de la curva de presión de herramienta $p_{wkz,trg}(t)$ en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada, en la medida de lo posible, es aconsejable registrar varias de estas curvas y determinar la característica de transmisión de presión k_2 usando un haz de curvas de presión interna de la herramienta y así poder proporcionar una función de transferencia de presión. Tal función de transferencia de presión $f(p)$ obtenida a través de
35 varios ciclos de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada ofrece una predicción mejorada y más estable sobre la característica de transmisión de presión en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada, que es de gran importancia para otras gestiones del proceso.

40 Otra forma de realización preferida se caracteriza por que en el caso de un molde de inyección que tiene varios sensores de presión interna de la herramienta, el método se lleva a cabo en paralelo para uno o más de estos sensores de presión interna de la herramienta.

45 En caso de que existan varios sensores de presión interna de la herramienta en un molde de inyección, tiene sentido llevar a cabo el método en paralelo para uno o más de estos sensores de presión interna de la herramienta, es decir, que para cada sensor de presión interna de la herramienta es determinada la curva de presión interna de la herramienta objetivo correspondiente y luego estas curvas objetivo son aproximadas lo mas posible por gestión de la presión de mantenimiento correspondiente en el ciclo actual de moldeo por inyección.

50 Otra forma de realización preferida se caracteriza por que durante la fase de presión de mantenimiento del ciclo actual de moldeo por inyección, la presión interna de la herramienta real $p_{wkz,act}$ resultante de la variación de la presión de mantenimiento calculada es medida y comparada con la presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}$.

55 Para verificar la gestión del proceso es conveniente medir la presión interna de la herramienta real del ciclo de moldeo por inyección actual y compararla con la presión interna de la herramienta objetivo para este ciclo.

Otra forma de realización preferida se caracteriza por que el método se usa para fases de presión de mantenimiento con varias etapas de perfil.

60 El método también es particularmente adecuado para el uso de fases de presión de mantenimiento con varias etapas de perfil. En particular, el método según la invención se puede usar ventajosamente tanto para cada etapa de perfil individualmente como también para un promedio sobre las etapas de perfil.

Otra forma de realización preferida se caracteriza por que para la determinación de un punto de conmutación actual en el ciclo actual de moldeo por inyección es determinada/ leída la presión interna de la herramienta de conmutación $p_{wkz,umschalt,ref}$ del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada en el punto de conmutación del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada, a continuación es determinada una presión interna de la herramienta de conmutación objetivo $p_{wkz,umschalt,soll}$ correspondiente a la presión interna de la herramienta de conmutación $p_{wkz,umschalt,ref}$ del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada en la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección y tan pronto como en el ciclo actual de moldeo por inyección se tenga $p_{wkz,act} \geq p_{wkz,umschalt,soll}$, se produce la conmutación de la fase de inyección a la fase de presión de mantenimiento.

Con el método según la invención también es posible en particular determinar de manera simple una presión interna de la herramienta de conmutación que ha cambiado en comparación con el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada, que en particular tiene en cuenta las variaciones específicas de la herramienta y/o específicas de la fusión. Después de alcanzar una nueva presión interna de la herramienta de conmutación, tiene lugar una conmutación el ciclo de moldeo por inyección actual, de modo que también en este sentido tiene lugar un ajuste de proceso correspondientemente preciso.

En esta forma de realización de la invención, partiendo de la presión interna de la herramienta de conmutación objetivo es recalculada adicionalmente la correspondiente presión de fusión de conmutación en el ciclo actual de moldeo por inyección y la conmutación se realiza con esta presión de fusión de conmutación determinada. Esto permite una conmutación basada solo en una medición de presión de fusión.

Otra forma de realización preferida se caracteriza por que para lograr la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ en el ciclo actual de moldeo por inyección, la curva de presión de mantenimiento objetivo $p_{masse,Hld,soll}(t)$ necesaria para ello en el ciclo de moldeo por inyección actual se calcula de acuerdo con una de las siguientes fórmulas:

a)

$$p_{masse,Hld,soll}(t) = \frac{p_{wkz,soll}(t)}{\int_{t_2}^{t_3} p_{wkz,ref}(t)} \cdot \int_{t_2}^{t_3} p_{masse,Hld,ref}(t) = p_{wkz,soll}(t) \cdot k_2^{-1}$$

o

b)

$$p_{masse,Hld,soll}(t) = \frac{p_{wkz,soll}(t)}{p_{wkz,ref,avg}} \cdot p_{masse,Hld,ref,avg} = p_{wkz,soll}(t) \cdot k_2^{-1}$$

o

c)

$$p_{masse,Hld,soll}(t) = \frac{p_{wkz,soll}(t)}{p_{wkz,ref}} \cdot p_{masse,Hld,ref} = p_{wkz,soll}(t) \cdot k_2^{-1}$$

en donde $p_{masse,Hld,ref}$ es un parámetro de presión de mantenimiento, $p_{masse,Hld,ref}(t)$ es la curva de presión de mantenimiento, $p_{masse,Hld,ref,avg}$ es un promedio de la presión de mantenimiento y $p_{wkz,ref,avg}$ es un promedio de la presión interna de la herramienta del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada.

Las fórmulas indicadas se refieren a las curvas de presión de fusión necesarias/suficientes para lograr la curva de presión interna de la herramienta objetivo en la fase de presión de mantenimiento. Tanto las correspondientes integrales de presión (fórmula a)), valores promedio (fórmula b)) o valores individuales (fórmula c)) son adecuados para esto, de modo que la precisión disminuye algo de a) a c), aunque el esfuerzo de cálculo también disminuye.

Otra forma de realización preferida se caracteriza por que durante la fase de mantenimiento de la presión del ciclo actual de moldeo por inyección, la curva de presión interna de la herramienta real $p_{wkz,act}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección es comparada con la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ y la curva de la presión de mantenimiento $p_{masse,Hld,act}(t)$ es ajustada iterativamente durante el ciclo actual de moldeo por inyección o en un ciclo de moldeo por inyección posterior, de tal manera que una desviación es compensada a lo largo de varios ciclos.

En el caso de que sea determinada una desviación de la curva de presión interna de la herramienta real de la curva de presión interna de la herramienta objetivo, es conveniente aproximar esta iterativamente. En particular, la

desviación entre la curva de presión interna de la herramienta real y la curva de presión interna de la herramienta objetivo debería ser reducida iterativamente de ciclo a ciclo.

Otra forma de realización preferida se caracteriza por que la curva de presión de mantenimiento objetivo $p_{masse,Hld,soll}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección se calcula según la fórmula

$$p_{masse,Hld,soll}(t) = \frac{p_{wkz,soll}(t)}{\int_{t_2}^{t_3} p_{wkz,ref}(t)} \cdot \int_{t_2}^{t_3} p_{masse,Hld,ref}(t) + (p_{wkz,soll}(t) - p_{wkz,act}(t)) \cdot k_3$$

en donde k_3 es un factor de regulación.

Para la aproximación iterativa es especialmente conveniente establecer una diferencia entre una curva de presión interna de la herramienta objetivo y una curva de presión interna de la herramienta real e incorporarla mediante un factor de regulación k_3 en la determinación de la presión de mantenimiento.

Además, el objeto se logra según la invención con una máquina de moldeo por inyección que está configurada y realizada para llevar a cabo el método de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 21.

En el método según la invención, el proceso de llenado de una o más cavidades es medido por medio de al menos uno o preferiblemente varios sensores de presión interna de la herramienta. Durante el llenado, un algoritmo almacena preferiblemente al menos uno de los siguientes parámetros: un avance temporal de la señal de presión interna de la herramienta a lo largo del tiempo, el instante en el que aumenta la presión interna de la herramienta debido al flujo de masa fundida de plástico, un valor máximo de la presión, así como una superficie de presión bajo la curva. De esto se deduce a qué porcentaje del volumen de llenado o en qué parte de la ruta de flujo se coloca(n) el sensor o sensores.

Los parámetros que resultan del algoritmo son almacenados de forma discreta en el tiempo como referencia en puntos de presión dependientes de la distancia durante uno o varios ciclos de aprendizaje en la máquina de moldeo por inyección.

Si se produce ahora una variación de la viscosidad de la masa fundida de plástico, por ejemplo debido a un cambio de lote, entonces esta es medida durante la fase de inyección. La variación de presión en la fase de inyección, que se deriva de la variación de la viscosidad, es calculada en el método de la invención, a partir de la cual este calcula una nueva curva de presión interna de la herramienta objetivo dependiente de la viscosidad para la fase de presión de mantenimiento. Mediante la curva de presión interna de la herramienta objetivo durante la fase de inyección es calculada una nueva presión interna de la herramienta de conmutación para el ciclo actualmente activo y, por lo tanto, la conmutación tiene lugar dependiendo de la viscosidad.

Dependiendo de la viscosidad se produce una caída de presión más alta o más baja desde la boquilla de inyección por el lado de la máquina hasta el final de la ruta de flujo de la cavidad sobre la trayectoria de flujo de la masa fundida de plástico en la cavidad.

Esto significa que en el método según la invención, sobre la base de una variación en el requisito de presión (viscosidad) en la fase de inyección, es calculada una nueva curva de presión interna de la herramienta objetivo para uno o varios sensores de presión interna de la herramienta para la fase de presión de mantenimiento. Por tanto, el nivel de presión de mantenimiento y preferiblemente el instante de conmutación en el ciclo actual son ajustados a través de la razón descrita. Además, para calcular el nivel de presión de mantenimiento se utilizan factores específicos del material, que tienen en cuenta el comportamiento de contracción y enfriamiento de los diferentes plásticos. En la fase de presión de mantenimiento, la presión interna de la herramienta que resulta de la variación en la presión de mantenimiento es comparada con la presión interna de la herramienta objetivo previamente calculada. Si se encuentran desviaciones, a través de varias iteraciones el nivel de presión de mantenimiento, por ejemplo sobre el ciclo de regulación, o un factor de amplificación k_3 entre la variación de la viscosidad y la variación de presión es ajustado en la fase de inyección para el próximo ciclo. Este método también se utiliza preferentemente para las fases de inyección y presión de mantenimiento con varias etapas de perfil.

El nuevo cálculo de la curva de presión interna de la herramienta objetivo dependiente de la viscosidad en el método según la invención también es usado para el desplazamiento del punto de conmutación, especificando la nueva presión calculada en la posición de conmutación del tornillo sin fin del ciclo de referencia como condición de conmutación. De esto resulta un desplazamiento temporal dependiente de la compresión de la presión interna de la herramienta. Además, también se pueden tener en cuenta las fluctuaciones de RSP a través de un aumento en la presión de fusión.

Si se instala más de un sensor de presión interna de la herramienta en la herramienta, entonces la caída de presión puede ser determinada por medio de la longitud de la trayectoria del flujo. En este caso la regulación es realizada preferiblemente en el sensor que está colocado tan lejos como sea posible en el extremo de la trayectoria de flujo.

La invención se explica con más detalle a continuación a modo de ejemplo con referencia a las figuras. Muestran:

La Figura 1 una representación a modo de ejemplo de una masa moldeable por inyección comprimida en el punto de conmutación para una masa fundida de plástico de baja viscosidad ("más líquida") (MFI 11) y una masa fundida de plástico de alta viscosidad ("más espesa") (MFI 6);
la Figura 2: esquemáticamente una curva de presión de fusión y presión interna de la herramienta de dos ciclos con los mismos ajustes de proceso pero masas (materiales) moldeables por inyección con diferentes viscosidades (valores MFI);
la Figura 3: esquemáticamente las curvas de presión de fusión y presión interna de la herramienta para dos masas fundidas con diferentes viscosidades (polipropileno MFI 6 y polipropileno MFI 11) con ilustración particular de un rango de medición en el que se mide la presión de fusión en la fase de inyección y por lo tanto la fluidez (viscosidad) de la masa plástica puede ser evaluada o es evaluada;
la Figura 4: una presión interna de la herramienta de referencia de un ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y una curva de presión interna de la herramienta objetivo calculada, que es obtenida para un material de mayor viscosidad;
la Figura 5: dos ejemplos de curvas de presión de fusión para PP MFI 6 y PP MFI 11 durante la fase de inyección y sus curvas de presión interna de la herramienta en la fase de presión de mantenimiento con una ilustración especial de un punto de conmutación modificado y un nivel de presión de mantenimiento modificado;
la Figura 6: muestra una curva de presión de fusión y presión interna de la herramienta de una masa fundida de plástico de baja viscosidad o de alta viscosidad (PP MFI 11 y PP MFI 6) con las variables de medición y regulación necesarias para el método según la invención; y
la Figura 7: un diagrama de flujo del método según la invención.

Las relaciones esenciales entre presión, viscosidad y volumen de llenado de una cavidad en el proceso de moldeo por inyección se explicarán a continuación con referencia a las figuras 1 y 2.

En la figura 1 está representado muy esquematizado un tornillo sin fin 1 en un cilindro de tornillo sin fin 2 de una máquina de moldeo por inyección de plástico (no mostrada). En la representación superior de la figura 1, un material de polipropileno (material PP) con un índice de flujo de fusión (melt flow index MFI) de 6 se encuentra en una antecámara de tornillo sin fin 3 y está representado esquemáticamente en una cavidad 4. Este constituye un material de viscosidad relativamente alta (espeso) en el estado de fusión. En el ejemplo representado debajo en la figura 1 se encuentra en la antecámara de tornillo sin fin 3 y en la cavidad 4 igualmente un polipropileno que, sin embargo, es menos viscoso (más líquido) en la masa fundida y tiene un índice de flujo de fusión MFI de 11. Está claro que con las mismas posiciones del tornillo sin fin X, la cavidad 4 en el caso del ejemplo de polipropileno con MFI = 11 contiene más volumen de masa fundida (volumen de llenado). En el caso del material de mayor viscosidad (polipropileno MFI 6) es necesario un mayor requerimiento de presión para llevar la masa fundida de mayor viscosidad a la cavidad 4. A este respecto, a un nivel de presión más alto la masa fundida del material con PP MFI 6 se comprime más fuertemente, como resultado de lo cual llega un volumen de llenado menor a la cavidad 4 que con un material con PP MFI 11 de menor viscosidad. Cuando es aplicado a un proceso de moldeo por inyección real, esto conduce a que la cavidad de un molde se llene menos completamente con un material de mayor viscosidad que con un material de menor viscosidad, permaneciendo todos los demás parámetros iguales en un proceso de moldeo por inyección.

Del mismo modo, de la diferencia de viscosidad entre dos materiales con una velocidad de inyección y geometría constantes, etc. resulta una variación de la curva de presión de fusión o de la curva de presión interna de la herramienta. Según la invención se entiende por curva de presión de fusión o presión de fusión, las presiones o curvas de presión que se forman en una antecámara de tornillo sin fin 3 durante un proceso. Tales presiones de fusión o tales curvas de presión de fusión son asignadas temporalmente a continuación a una fase de inyección de un proceso de moldeo por inyección. Los términos "presión interna de la herramienta" y "curva de presión interna de la herramienta" se refieren a presiones o curvas de presión medidas en una cavidad o en general en el interior de un molde. En cuanto al tiempo, los términos "presión interna de la herramienta" y "curva de presión interna de la herramienta" en el marco de esta descripción se refieren principalmente a la fase de presión de mantenimiento de un proceso de moldeo por inyección. A menos que se indique lo contrario, el término "presión de mantenimiento/curva de presión de mantenimiento" se entiende esencialmente como la presión de fusión durante una fase de presión de mantenimiento, es decir, aquella presión de la masa fundida que se encuentra en la antecámara de tornillo sin fin 3.

Está claro a partir de la figura 2 que una curva de presión de fusión del material de masa fundida de menor viscosidad PP MFI 11 discurre por debajo de la presión de fusión o de la curva de presión de fusión de un material de masa fundida de alta viscosidad hecho de material PP MFI 6 durante toda la fase de inyección del proceso de moldeo por inyección representado. Por el contrario, en la fase de presión de mantenimiento, la curva de presión interna de la herramienta del material más líquido (menos viscoso) PP MFI 11 durante toda la fase de presión de mantenimiento está dispuesta por encima de la presión interna de la herramienta o de la curva de presión interna de la herramienta de una masa fundida hecha de un material de mayor viscosidad MFI 6. En particular, es sorprendente que en un punto de conmutación que está representado por una línea discontinua vertical en la figura 2, la presión interna de la herramienta con el material de menor viscosidad PP MFI 11 aumenta significativamente más que con el material de mayor viscosidad PP MFI 6. De estas claras diferencias en las curvas de presión resultan diferentes rellenos del molde y, por tanto, calidades muy diferentes de los componentes. El objetivo es optimizar el llenado de la pieza moldeada y

garantizar un llenado completo de los moldes que sea fiable para el proceso, independientemente de la viscosidad del material de la masa fundida utilizado, y por lo tanto un volumen constante de piezas aceptadas.

A continuación debe mencionarse como ejemplo que las curvas de presión determinadas, es decir, la presión de fusión (curva de presión de fusión) y la presión interna de la herramienta (curva de presión interna de la herramienta) del polipropileno de baja viscosidad (PP MFI 11) son utilizadas como curva de referencia R para la siguiente explicación, a partir de la cual son realizados por ejemplo ajustes según la invención. Así, suponiendo que las curvas del polipropileno de baja viscosidad (PP MFI 11) fueron aprendidas como curvas de referencia en un ciclo de referencia, por ejemplo la viscosidad aumenta debido a un cambio de lote a un polipropileno de mayor viscosidad de manera análoga a la curva del PP MFI 6.

La figura 3 muestra en una línea discontinua la curva de la presión de fusión p_{masse} para un PP MFI 6 (polipropileno de alta viscosidad) durante la fase de inyección y de presión de mantenimiento. Además, el diagrama según la figura 3 muestra la curva de presión de fusión p_{masse} de un PP MFI 11 (masa fundida de polipropileno de baja viscosidad) en la línea discontinua oscura durante la fase de inyección y de presión de mantenimiento.

Una zona sombreada estrecha entre los límites de tiempo t_0 y t_1 representa una superficie de presión de fusión $p_{a,masse}$ por debajo de la curva de presión de fusión del PP MFI 6. Esta superficie de presión de fusión corresponde al trabajo de inyección $W_{z,ref}$ en los límites entre t_0 y t_1 , donde el límite de tiempo inferior t_0 se sitúa después de cerrar una válvula antirretorno y el límite de tiempo superior t_1 aún antes de un punto de conmutación.

En los mismos límites t_0 y t_1 , una superficie de rayas cruzadas en la figura 3 muestra una superficie de presión de fusión $p_{a,masse}$ del PP MFI 11, es decir, la masa fundida de polipropileno más líquida. Esta superficie corresponde al trabajo de inyección $W_{z,act}$ y dentro de los límites t_0 hasta t_1 es menor que el trabajo de inyección $W_{z,ref}$ de la masa fundida de PP-MFI-6 más espesa (más viscosa).

En el curso posterior, la curva de presión de fusión de las dos masas fundidas de PP MFI 6 y MFI 11 muestra el mismo comportamiento de presión (estado de la técnica) durante la fase de presión de mantenimiento. Esto da como resultado presiones internas de la herramienta que discurren de forma diferente en la zona inferior del diagrama. La línea punteada clara representa la curva de presión interna de la herramienta $p_{wkz}(t)$ de la masa fundida de PP de menor viscosidad (MFI 11). Esta curva se sitúa en un nivel más alto que la curva de presión interna de la herramienta de una masa fundida de PP-MFI-6, que es más viscosa y está representada con una línea discontinua oscura.

Para la determinación de una variación de la presión de fusión k_1 durante la fase de inyección en la transición desde una primera masa fundida a una segunda masa fundida de diferente viscosidad, convenientemente ahora se forma un cociente entre el trabajo de inyección $W_{z,act}$ de un ciclo actual de moldeo por inyección y el trabajo de inyección $W_{z,ref}$ de un ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada. En el presente caso, por ejemplo la curva de presión de fusión de la masa fundida de PP-MFI-11 puede ser considerada como curva de presión de fusión de referencia $p_{masse,ref}$ y la curva de presión de fusión $p_{masse,act}$ de la masa fundida de PP-MFI-6 como curva de presión de fusión $p_{masse,act}$ del ciclo actual de moldeo por inyección.

De acuerdo con la invención, al menos teniendo en cuenta ahora la variación de la presión de fusión k_1 , preferiblemente teniendo en cuenta adicionalmente una característica de transmisión de presión k_2 y un factor dependiente del material k_{mat} , es realizada una conversión de la presión interna de la herramienta del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada (aquí: presión interna de la herramienta de la masa fundida de PP-MFI-11) a una curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ para que la masa fundida de PP-MFI-6 más espesa que se va a procesar en el ciclo actual de moldeo por inyección.

Para determinar la característica de transmisión de presión de la herramienta utilizada, el factor k_2 es obtenido a partir de una razón de las integrales de presión sobre la curva de presión interna de la herramienta durante al menos una parte de la fase de presión de mantenimiento $p_{wkz,md}(t)$ y sobre la presión de fusión $p_{masse,Hld}(t)$ dentro de los límites t_2 hasta t_3 . En este caso, t_2 es un instante en o después del punto de conmutación. t_3 es un instante después de t_2 y antes del final de la fase de presión de mantenimiento. Aquí es usado preferiblemente para t_3 un instante $t_{wkz,max}$ de la máxima presión interna de la herramienta $p_{wkz,masse}$.

Alternativamente, el factor k_2 también puede ser formado como cociente de los valores promedio de la presión interna de la herramienta $p_{wkz,Hld,avg}$ y de la presión de fusión $p_{masse,Hld,avg}$ durante la fase de presión de mantenimiento.

Como alternativa adicional, también se pueden utilizar valores de presión individuales de estas curvas. Un factor específico del material k_{mat} es determinado empíricamente e introduce cambios en las propiedades específicas del material de una masa fundida del ciclo de moldeo por inyección actual en comparación con la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada.

A partir de esto, el siguiente calculo puede realizarse de acuerdo con la fórmula

$$p_{wkz,soll}(t) = p_{wkz,ref} \cdot \frac{k_{mat}}{k_1 \cdot k_2}$$

Tal curva de presión interna de la herramienta objetivo tiende a situarse por encima de la curva de presión interna de la herramienta cuando la presión de mantenimiento permanece invariable durante una transición de una masa fundida de baja viscosidad como masa fundida de referencia a una masa fundida más espesa (más viscosa) de un ciclo actual de moldeo por inyección actual.

Después de obtener la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ puede ahora ser calculada mediante la característica de transmisión de presión k_2 una curva de presión de mantenimiento $p_{masse,Hld,act}(t)$ correspondiente a la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$. Para ello, la presión de mantenimiento objetivo correspondiente se puede calcular con poco esfuerzo computacional dividiendo la curva de presión interna de la herramienta objetivo por el factor k_2 . Esto se aplica tanto al uso de integrales de presión sobre un rango parcial de la presión interna de la herramienta y la presión de fusión, como a sus valores promedio o incluso valores individuales. Esto da como resultado una curva de presión de mantenimiento $p_{masse,Hld,act}(t)$ a ser recorrida en la fase de presión de mantenimiento del ciclo actual de moldeo por inyección, que en el ejemplo descrito se sitúa por encima de la presión de mantenimiento que fluctúa cuando la presión interna de la herramienta no varía (véase la figura 4 para la determinación de la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$).

El proceso descrito anteriormente también se puede ver en la figura 5. Además, se puede ver en la figura 5 que un punto de conmutación del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada ($t_{umschalt,ref}$) durante una transición del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada (masa fundida de PP-MFI-11) al ciclo actual de moldeo por inyección (masa fundida de PP-MFI-6) es retrocedido en el tiempo a un instante $t_{umschalt,act}$. Para determinar el tiempo de conmutación del ciclo actual de moldeo por inyección $t_{umschalt,act}$, en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada la presión interna de la herramienta $p_{wkz,umschalt,ref}$ en el punto de conmutación es elegida como punto de partida. Este valor para la presión interna de la herramienta en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada en el punto de conmutación es convertido en una presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,umschalt,soll}$ de una manera según la invención y cuando se alcanza esta presión interna de la herramienta $p_{wkz,umschalt,soll}$ en el ciclo de moldeo por inyección actual se produce la conmutación en el ciclo de moldeo por inyección actual. Esto entonces da como resultado el tiempo de conmutación $t_{umschalt,act}$. La curva de la presión de mantenimiento $p_{masse,Hld,act}(t)$ es recorrida después de la conmutación, de tal manera que la curva de presión interna de la herramienta real $p_{wkz,act}(t)$ resultante del ciclo de moldeo por inyección actual sigue lo más cerca posible, en el caso ideal exactamente, a la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$.

En el caso de que no se consiga del todo un seguimiento tan exacto de la presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ esta puede aproximarse iterativamente en ciclos posteriores.

Este método y también el método descrito anteriormente para la determinación del punto de conmutación en el ciclo de moldeo por inyección actual a partir del punto de conmutación del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada también se puede ver en la figura 6. Las curvas de presión trazadas a lo largo del tiempo en la figura 6 están dibujadas algo más separadas en términos de su escala para dejar claro que el objetivo de la invención no es mantener la presión interna de la herramienta lo más constante posible mediante el ajuste adecuado de la presión de mantenimiento, aunque se utilicen diferentes masas fundidas con diferentes propiedades del material, sino que tiene lugar una adaptación específica de la masa fundida teniendo en cuenta las características de transmisión de presión de la herramienta con respecto a la presión interna de la herramienta y para lograr esta presión interna de la herramienta objetivo determinada en función de la masa fundida y/o la transmisión de presión, tiene lugar un ajuste apropiado para ello de la presión de mantenimiento en el método según la invención.

El método según la invención está diseñado para su uso en máquinas de moldeo por inyección electromecánicas e hidromecánicas de todos los tamaños. Por lo tanto, puede ser utilizado en todas las máquinas nuevas y como actualización. Se requiere al menos un sensor de presión interna de la herramienta integrado en la máquina.

Las máquinas de moldeo por inyección que funcionan con el método pueden compensar de forma automatizada los efectos negativos de, por ejemplo, las fluctuaciones del lote en la calidad de la pieza moldeada. Del mismo modo, los efectos negativos sobre la calidad de la pieza moldeada cuando se reinician las máquinas (después de fallas o paradas) son compensados automáticamente calculando la curva de presión interna de la herramienta objetivo óptima o los parámetros derivados de ella. El operador de la máquina no tiene que intervenir con tanta frecuencia en el proceso de producción, para por ejemplo seguir manualmente los parámetros de ajuste. Las diferencias de calidad de las piezas moldeadas individuales se reducen al mínimo, incluso en caso de condiciones de producción cambiantes. El ahorro de costes por la automatización y la fiabilidad del proceso son la consecuencia directa.

A través de una evaluación específica de los parámetros en la máquina, también se pueden identificar por ejemplo fallas en la herramienta o en el control de temperatura de la herramienta. Además, existe la posibilidad de poder cambiar la herramienta entre dos máquinas de moldeo por inyección sin que sea necesario un tedioso proceso de puesta en marcha y ajuste para establecer un punto de proceso robusto. La calidad de la pieza moldeada puede ser

reproducida independientemente de la máquina, el personal o la materia prima, sin que sean necesarias costosas inspecciones de seguimiento.

La invención se explica con más detalle a continuación a modo de ejemplo utilizando un diagrama de flujo según la figura 7.

Existe una curva de presión de fusión $p_{masse,ref}(t)$ almacenada, que proviene de un ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada. Además, es registrada una curva de presión de fusión actual $p_{masse,act}(t)$, por ejemplo medida, durante la fase de inyección de un ciclo de moldeo por inyección real.

La curva de presión de fusión de referencia $p_{masse,ref}(t)$ y la curva de presión de fusión actual $p_{masse,act}(t)$ son comparadas. Si la curva de presión de fusión real $p_{masse,act}(t)$ es diferente a la curva de presión de fusión de referencia $p_{masse,ref}(t)$ o la diferencia está por debajo de un cierto valor umbral, el ciclo de moldeo por inyección no es modificado con respecto a su curso posterior. Si la diferencia entre la curva de presión de fusión de referencia $p_{masse,ref}(t)$ y la curva de presión de fusión real $p_{masse,act}(t)$ excede de un cierto valor límite, entonces una curva de presión interior de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ es calculada inicialmente en función del cociente. Esta curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ debe conseguirse con la mayor precisión posible en la fase de presión de mantenimiento del ciclo actual de moldeo por inyección. Además, preferiblemente como segunda medida es calculada una presión interna de la herramienta de conmutación $p_{wkz,umschalt}$, que también depende de la magnitud del cociente de la curva de presión de fusión de referencia $p_{masse,ref}(t)$ y de la curva de presión de fusión real $p_{masse,act}(t)$ en la fase de inyección. Después de estos cálculos, la presión de mantenimiento $p_{masse,Hld}$ es ajustada de tal manera que la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ es recorrida con la mayor precisión posible. Del mismo modo es realizado el ajuste del punto de conmutación, de manera que la conmutación se produce a la presión interna de la herramienta de conmutación $p_{wkz,umschalt}$ calculada. La curva de presión interna de la herramienta real $p_{wkz,act}(t)$ durante la fase de presión de mantenimiento es monitorizada (medida). Siempre que la curva de presión interna de la herramienta real $p_{wkz,act}(t)$ es diferente de la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ o está por debajo de un cierto valor límite, no se realiza ningún otro ajuste de la presión de mantenimiento $p_{masse,Hld}$ en el ciclo siguiente, es decir, el ciclo siguiente es ejecutado con la misma curva de presión interna de la herramienta que el ciclo actual. Si la diferencia supera un cierto valor límite, entonces la presión de mantenimiento es ajustada de forma iterativa en el siguiente ciclo, de modo que la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ es alcanzada a lo más después de algunos segundos.

Lista de referencias

1	tornillo sin fin
2	cilindro
3	antecámara de tornillo sin fin
4	cavidad
t_0, t_1	instantes/límites de integración
EP	fase de inyección
MFI 11	masa fundida de plástico de baja viscosidad
MFI 6	masa fundida de plástico de alta viscosidad
PP MFI 11	polipropileno de baja viscosidad
$p_{wkz,ref}(t)$	curva de presión interna de la herramienta en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada
$p_{wkz,ref,max}$	máxima presión interna de la herramienta en el ciclo de referencia
$t_{wkz,ref,max}$	instante de $p_{wkz,ref,max}$
p_a	superficie de presión interna de la herramienta
k_i	factor de corrección
W_z	trabajo de inyección
p_{wkz}	presión interna de la herramienta
$t_{xfr,ref}$	instante de conmutación (ciclo de referencia)
$p_{masse,umschalt,ref}$	presión de conmutación (ciclo de referencia)
$p_{wkz,act}(t)$	curva de presión interna de la herramienta real
$p_{masse,Hld,ref}$	nivel de presión de mantenimiento (ciclo de referencia)
$p_{wkz,soll}(t)$	curva de presión interna de la herramienta objetivo
$p_{masse,act}$	curva de presión de fusión del ciclo de moldeo por inyección actual
$p_{masse,ref}(t)$	curva de presión de fusión de referencia/curva de presión de fusión del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada
$p_{masse,Hld,act}(t)$	curva de presión de mantenimiento del ciclo de moldeo por inyección actual
$p_{wkz,act}$	curva de presión interna de la herramienta real del ciclo de moldeo por inyección actual
$p_{wkz,umschalt,act}$	presión interna de la herramienta de conmutación del ciclo de moldeo por inyección actual
P_{masse}	presión de fusión
$t_{inj,start}$	instante de inicio de la inyección
$t_{inj,umschalt}$	instante de la conmutación
$p_{masse,Hld}$	presión de fusión durante la fase de presión de mantenimiento
$p_{wkz,Hld}$	presión interna de la herramienta durante la fase de presión de mantenimiento

	$t_{umschalt}$	instante de la conmutación
	$t_{Hld,end}$	instante del final de la fase de presión de mantenimiento
	$p_{wkz,max.}$	máxima presión interna de la herramienta
	$t_{wkz,max.}$	instante de la máxima presión interna en la herramienta
5	$p_{a,wkz}$	superficie de presión interna de la herramienta
	$p_{a,masse}$	superficie de presión de fusión
	k_{mat}	factor específico del material
	$k_f(k_1k_2)$	factores específicos del proceso
10	$p_{wkz,ref,umschalt}$	presión interna de la herramienta del ciclo de moldeo por inyección anterior o del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada en el punto de conmutación
	k_3	factor de regulación

REIVINDICACIONES

1. Método para operar una máquina de moldeo por inyección con los pasos:

- a) en un ciclo de moldeo por inyección actual, después de un ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada aprendido en una fase de aprendizaje: detección de una variación de presión de fusión k_1 con respecto a una presión de fusión de referencia de pieza aceptada $p_{masse,ref}$ durante al menos una parte de una fase de inyección del ciclo actual de moldeo por inyección por medición de una presión de fusión actual $p_{masse,act}$ y comparación de la presión de fusión actual $p_{masse,act}$ con la presión de fusión de referencia de pieza aceptada $p_{masse,ref}$,
 b) determinación de una curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ para una fase de presión de mantenimiento del ciclo actual de moldeo por inyección, en el que para este propósito una curva de presión interna de la herramienta $p_{wkz,ref}(t)$ del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada es ajustada al menos en función de la variación de presión de fusión k_1 detectada en el paso a) y
 c) recorrer la curva de presión de mantenimiento $p_{masse,Hld,act}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección, de tal manera que una curva de presión interna de la herramienta real $p_{wkz,act}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección discurre al menos más cerca de la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ que una curva de presión interna de la herramienta $p_{wkz,ref}(t)$ que es invariable con respecto al ciclo de referencia de pieza aceptada.

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el método antes, después o durante el paso b) presenta además los siguientes pasos:

- b1) determinación de una presión interna de la herramienta de conmutación objetivo $p_{wkz,umschalt,soll}$ para el ciclo actual de moldeo por inyección al menos dependiendo de la variación de la presión de fusión k_1 detectada en el paso a)
 b2) conmutación al alcanzar la presión interna de la herramienta de conmutación objetivo $p_{wkz,umschalt,soll}$ determinada en el paso b1).

3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la determinación de la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ es realizada adicionalmente dependiendo de una característica de transmisión de presión entre una presión interna de la herramienta p_{wkz} y una presión de fusión p_{masse} correspondiente y/o utilizando un factor k_{mat} específico del material.

4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y en el ciclo actual de moldeo por inyección, es determinada una integral de presión de fusión durante la inyección como variable medida que se correlaciona con una viscosidad de procesamiento de la masa fundida, en particular de acuerdo con la fórmula:

$$W_{z,act/ref} = \int_{t_0}^{t_1} p_{masse,act/ref}(t) dt,$$

donde

- t_0 es un instante del inicio de la fase de inyección $t_{inj,start}$ o un instante después del cierre de una válvula antirretorno y
 t_1 es un instante de la conmutación $t_{inj,umschalt}$ o un instante que se sitúa después de t_0 pero antes de $t_{inj,umschalt}$.

5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y/o en el ciclo actual de moldeo por inyección al menos una de las siguientes cantidades es determinada adicionalmente y si es necesario registrada:

- máxima presión interna de la herramienta $p_{wkz,max}$, así como
- el instante correspondiente $t_{wkz,max}$,
- una caída de la presión interna de la herramienta después de alcanzar el máximo (m_1)
- un promedio de la presión interna de la herramienta $p_{wkz,avg}$ y/o un promedio de la presión de fusión $p_{masse,avg}$ en la fase de inyección y/o un promedio de la presión interna de la herramienta $p_{wkz,Hld,avg}$ y/o un promedio de la presión de fusión $p_{masse,Hld,avg}$ en la fase de presión de mantenimiento,
- una superficie de presión interna de la herramienta $p_{a,wkz}$ en la fase de presión de mantenimiento, en particular como integral de presión de acuerdo con la siguiente fórmula

$$\int_{t_2}^{t_3} p_{wkz,Hld}(t)$$

- una superficie de presión de fusión $p_{a,masse}$ en la fase de presión de mantenimiento, en particular como integral de presión de acuerdo con la siguiente fórmula

$$\int_{t_2}^{t_3} p_{masse,Hld}(t)$$

en donde:

$p_{wkz,Hld}(t)$ es la curva de presión interna de la herramienta en la fase de presión de mantenimiento,
 $p_{masse,Hld}(t)$ es la curva de presión de fusión en la fase de presión de mantenimiento,
 $p_{wkz,avg}$ es un promedio de la presión interna de la herramienta durante la fase de inyección,
 $p_{masse,avg}$ es un promedio de la presión de fusión durante la fase de inyección,
 $p_{wkz,Hld,avg}$ es un promedio de la presión interna de la herramienta durante la fase de presión de mantenimiento,
 $p_{masse,Hld,avg}$ es un promedio de la presión de fusión en la fase de presión de mantenimiento,
 t_2 es un instante en o después del punto de conmutación, en particular es el punto de conmutación y
 t_3 es un instante después de t_2 , por ejemplo el instante del final de la fase de presión de mantenimiento
 $t_{Hld,End}$ o un instante antes del final de la fase de presión de mantenimiento, en particular el instante
 $t_{wkz,max}$ de la máxima presión interna de la herramienta del ciclo respectivo.

6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** una razón de la integral de presión durante la inyección en el ciclo actual de moldeo por inyección y la integral de presión durante la inyección del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada es determinado como variación de la presión de fusión k_1 , en particular según la fórmula

$$k_1 = W_{z,act}/W_{z,ref}$$

o una razón entre el promedio de la presión de fusión durante la inyección en el ciclo actual de moldeo por inyección y el promedio de la presión de fusión durante la inyección del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada es determinado como variación de la presión de fusión k_1 , en particular de acuerdo con la fórmula

$$k_1 = p_{masse,Hld,avg}/p_{masse,ref,avg}$$

o una razón de uno o más valores individuales de presión durante la inyección en el ciclo actual de moldeo por inyección y durante la inyección del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada es determinado como la variación de la presión de fusión k_1 , en particular de acuerdo con la fórmula

$$k_1 = p_{masse,act}/p_{masse,ref}$$

7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** una dependencia (k_2) entre la presión interna de la herramienta p_{wkz} y la presión de fusión p_{masse} durante la fase de presión de mantenimiento en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y en el ciclo actual de moldeo por inyección es determinado como una característica de transmisión de presión, en particular según al menos una de las fórmulas:

a)

$$k_2 = \frac{\int_{t_2}^{t_3} p_{wkz,Hld}(t)}{\int_{t_2}^{t_3} p_{masse,Hld}(t)},$$

b)

$$k_2 = \frac{p_{wkz,Hld,avg}}{p_{masse,Hld,avg}}$$

c)

$$k_2 = \frac{p_{wkz,Hld}}{p_{masse,Hld}}$$

en donde:

- $p_{masse,Hld}(t)$ es la curva de presión de fusión durante la fase de presión de mantenimiento
- $p_{wkz,Hld}(t)$ es la curva de presión interna de la herramienta durante la fase de presión de mantenimiento,
- t_2 es un instante en o después del punto de conmutación, en particular es el punto de conmutación $t_{inj/umschalt}$ y
- t_3 es el instante del final de la fase de presión de mantenimiento $t_{Hld,End}$ o un instante antes del final de la fase de presión de mantenimiento pero después de t_2 .

8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la curva de presión interna de la herramienta temporal $p_{wkz,ref}(t)$ del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada y/o del ciclo actual de moldeo por inyección $p_{wkz,act}(t)$ dentro de la fase de inyección y/o de presión de mantenimiento es registrada por medio de al menos un sensor de presión interna de la herramienta.

9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección es determinada de acuerdo con la fórmula

$$p_{wkz,soll}(t) = p_{wkz,ref}(t) \cdot \frac{k_{mat}}{k_1 \cdot k_2}$$

en donde

k_{mat} son uno o más factores específicos del material determinados empíricamente y k_1 , k_2 son factores que tienen en cuenta al menos el comportamiento de flujo de la masa fundida y/o una dependencia específica de la herramienta entre la presión de fusión p_{masse} y la presión interna de la herramienta p_{wkz} resultante.

10. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la dependencia k_2 es calculada a partir de una función de transmisión de presión $f(p_{masse,Hld,ref,i})$ registrada en el ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada, en el que

$$f(p_{masse,Hld,ref,i}) = \int_{t_2}^{t_3} p_{wkz,ref,i}(t) \cdot dt$$

11. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en un molde de inyección que tiene varios sensores de presión interna de la herramienta, el método se lleva a cabo en paralelo para uno o varios de estos sensores de presión interna de la herramienta.

12. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** durante la fase de presión de mantenimiento del ciclo actual de moldeo por inyección es medida la presión interna de la herramienta real $p_{wkz,act}$ obtenida a partir de la variación de la presión de mantenimiento calculada y es comparada con la presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}$.

13. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el método es aplicado para fases de presión de mantenimiento con varias etapas de perfil.

14. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** para la determinación de un punto de conmutación actual en el ciclo actual de moldeo por inyección, la presión interna de la herramienta de conmutación $p_{wkz,umschalt,ref}$ del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada es determinada/leída en el punto de conmutación del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada, a continuación es determinada una presión interna de la herramienta de conmutación objetivo $p_{wkz,umschalt,soll}$ correspondiente a la presión interna de la herramienta de conmutación $p_{wkz,umschalt,ref}$ del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada en la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección y tan pronto como en el ciclo actual de moldeo por inyección $p_{wkz,act} \geq p_{wkz,umschalt,soll}$ tiene lugar una conmutación de la fase de inyección a la fase de presión de mantenimiento.

15. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** para alcanzar la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ en el ciclo actual de moldeo por inyección, la curva de presión de mantenimiento objetivo $p_{masse,Hld,soll}(t)$ requerida para ello en el ciclo actual de moldeo por inyección es calculada de acuerdo con una de las siguientes fórmulas:

a)

$$p_{masse,Hld,soll}(t) = \frac{p_{wkz,soll}(t)}{\int_{t_2}^{t_3} p_{wkz,ref}(t) \cdot dt} \cdot \int_{t_2}^{t_3} p_{masse,Hld,ref}(t) \cdot dt = p_{wkz,soll}(t) \cdot k_2^{-1}$$

b)

$$p_{masse,Hld,soll}(t) = \frac{p_{wkz,soll}(t)}{p_{wkz,ref}} \cdot p_{masse,Hld,ref} = p_{wkz,soll}(t) \cdot k_2^{-1}$$

o
c)

$$p_{masse,Hld,soll}(t) = \frac{p_{wkz,soll}(t)}{p_{wkz,ref,avg}} \cdot p_{masse,Hld,ref,avg} = p_{wkz,soll}(t) \cdot k_2^{-1}$$

5 en donde $p_{masse,Hld,ref}$ es un parámetro de presión de mantenimiento, $p_{masse,Hld,ref}(t)$ es la curva de presión de mantenimiento, $p_{masse,Hld,ref,avg}$ es un promedio de la presión de mantenimiento y $p_{wkz,ref,avg}$ es un promedio de la presión interna de la herramienta del ciclo de moldeo por inyección de referencia de pieza aceptada.

10 16. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** durante la fase de presión de mantenimiento del ciclo actual de moldeo por inyección, la curva de presión interna de la herramienta real $p_{wkz,act}(t)$ del ciclo de moldeo por inyección actual es comparada con la curva de presión interna de la herramienta objetivo $p_{wkz,soll}(t)$ y la curva de presión de mantenimiento $p_{masse,Hld,act}(t)$ es ajustada iterativamente durante el ciclo de moldeo por inyección actual o en un ciclo de moldeo por inyección posterior, de modo que cualquier desviación sea compensada
15 en varios ciclos.

17. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la curva de presión de mantenimiento objetivo $p_{masse,Hld,soll}(t)$ del ciclo actual de moldeo por inyección es calculada según la fórmula

$$20 \quad p_{masse,Hld,soll}(t) = \frac{p_{wkz,soll}(t)}{\int_{t_2}^{t_3} p_{wkz,ref}(t)} \cdot \int_{t_2}^{t_3} p_{masse,Hld,ref}(t) + (p_{wkz,soll}(t) - p_{wkz,act}(t)) \cdot k_3$$

en donde k_3 es un factor de control.

25 18. Máquina de moldeo por inyección que está adaptada y realizada para llevar a cabo el método según una o varias de las reivindicaciones 1 a 17.

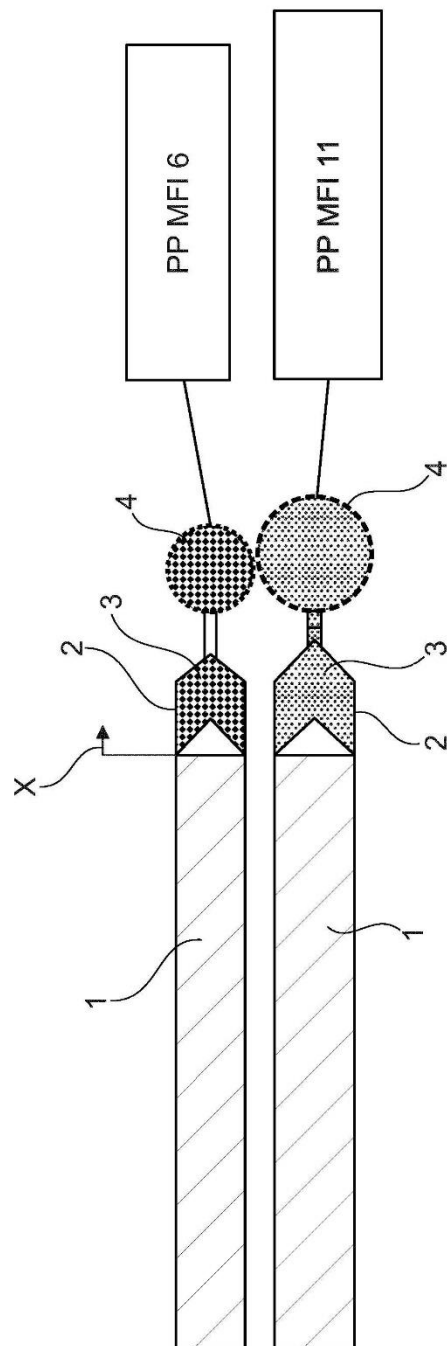


Fig. 1

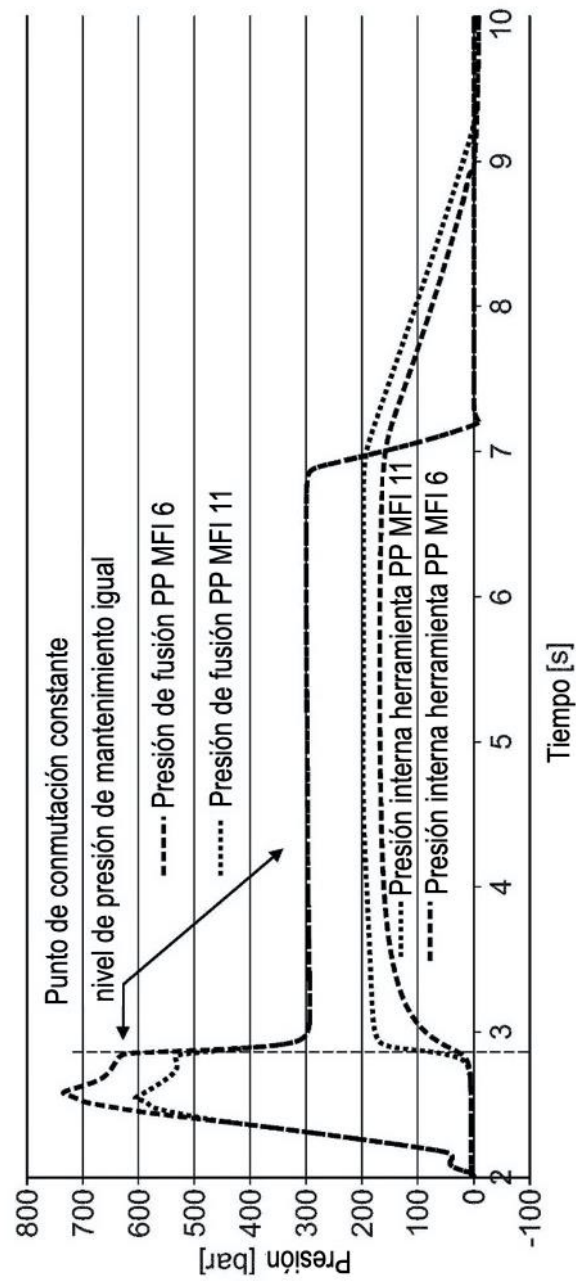


Fig. 2

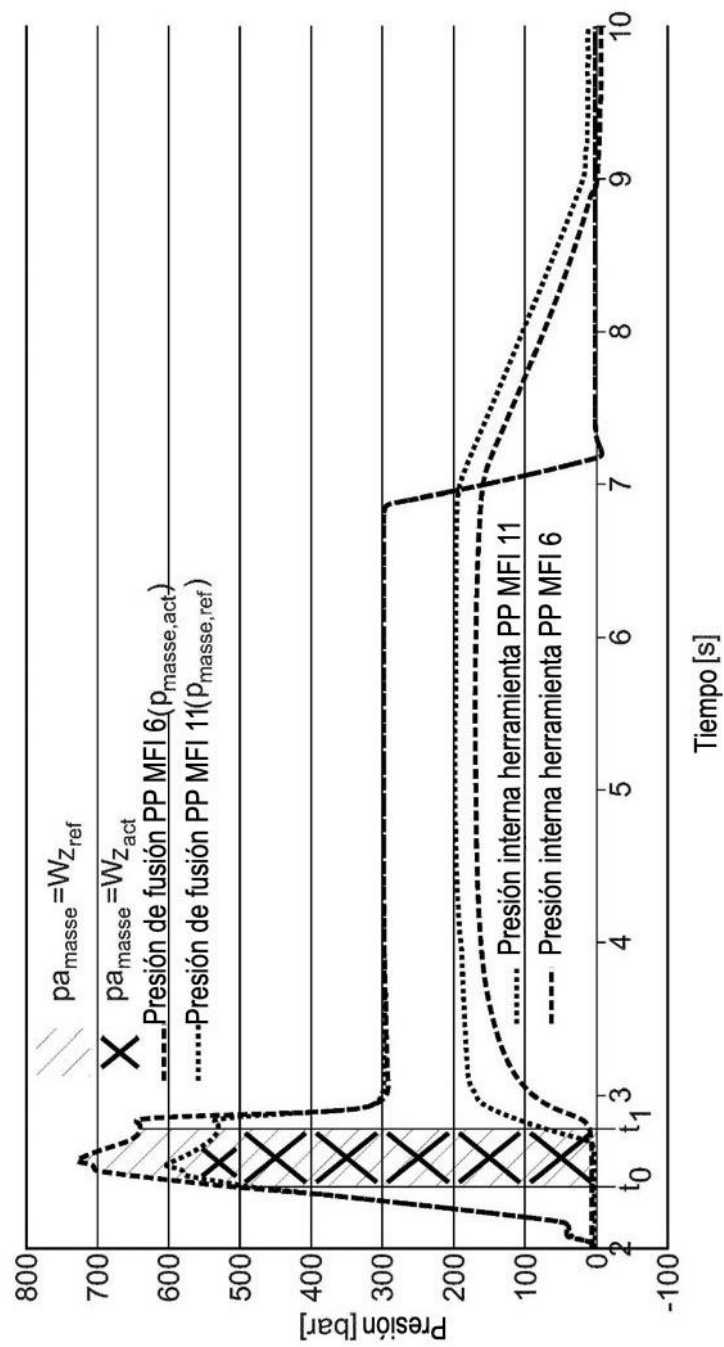


Fig. 3

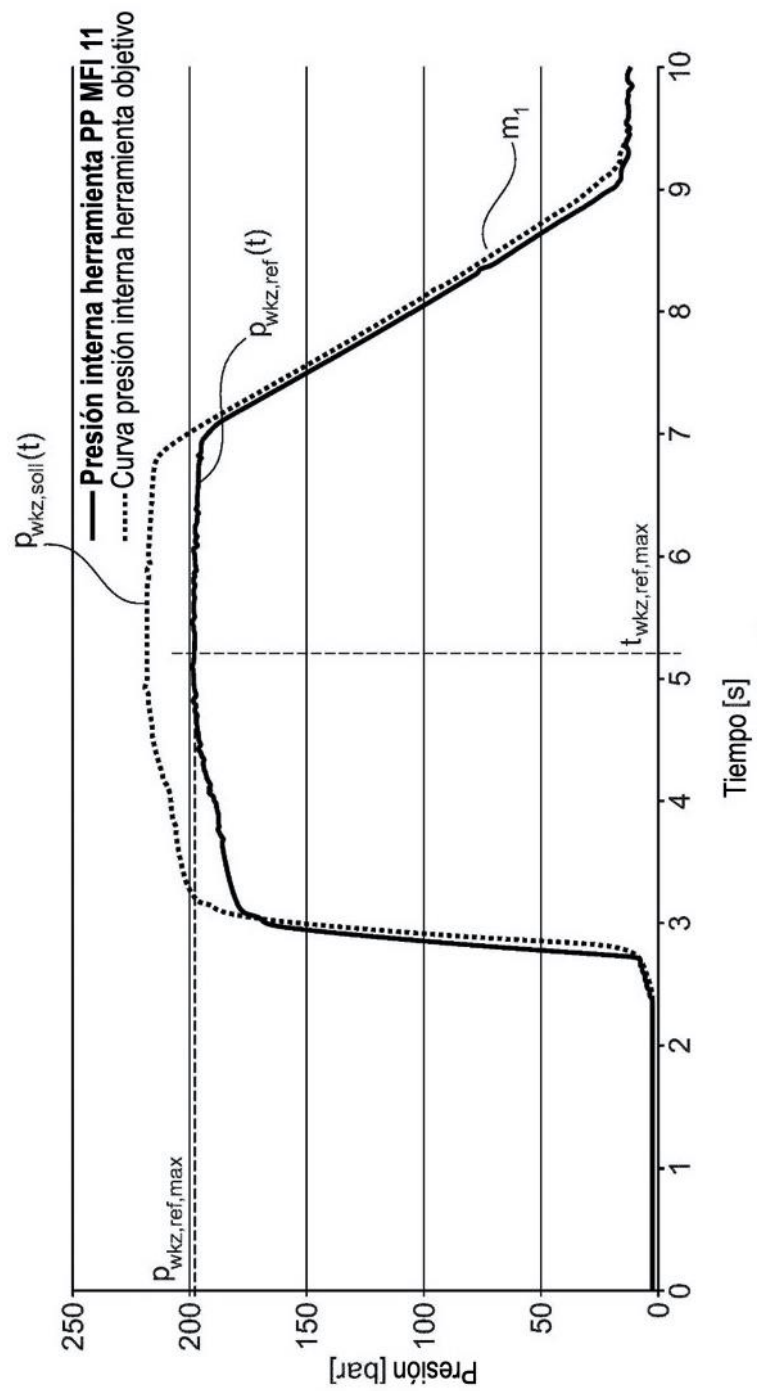


Fig. 4

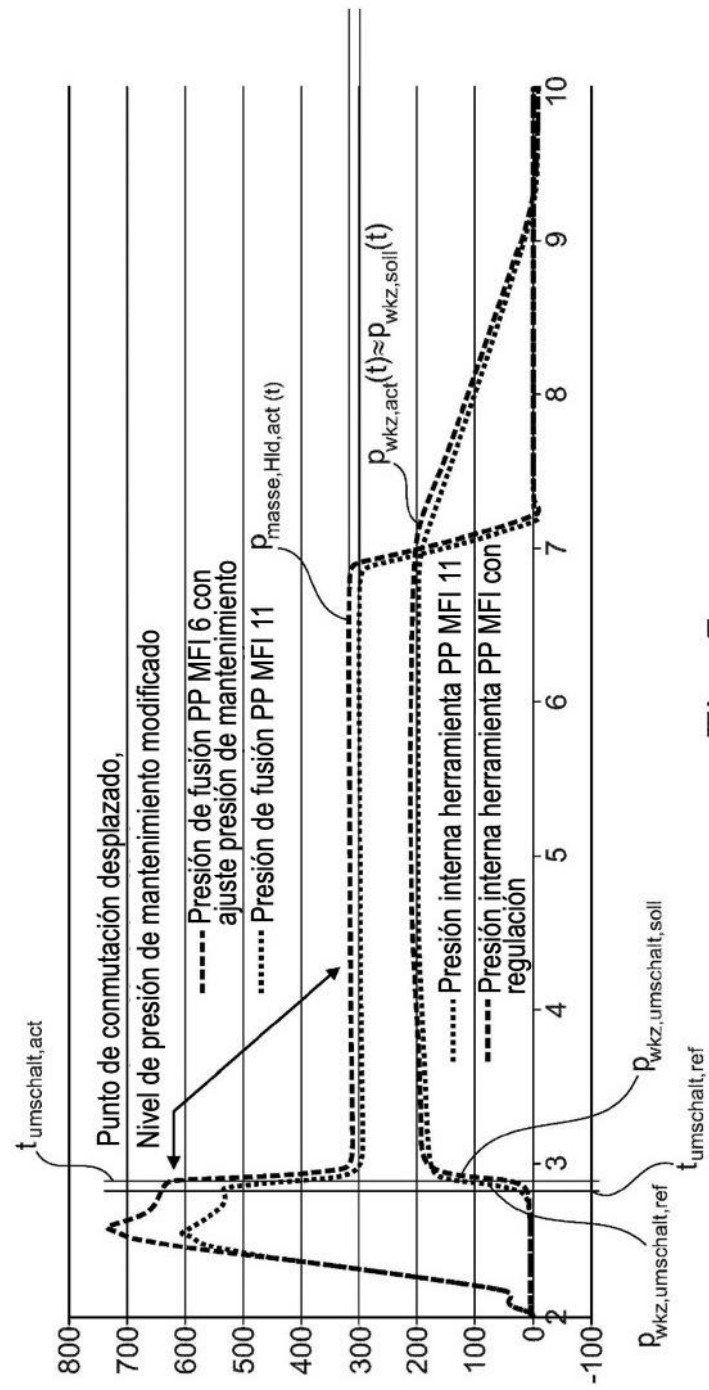


Fig. 5

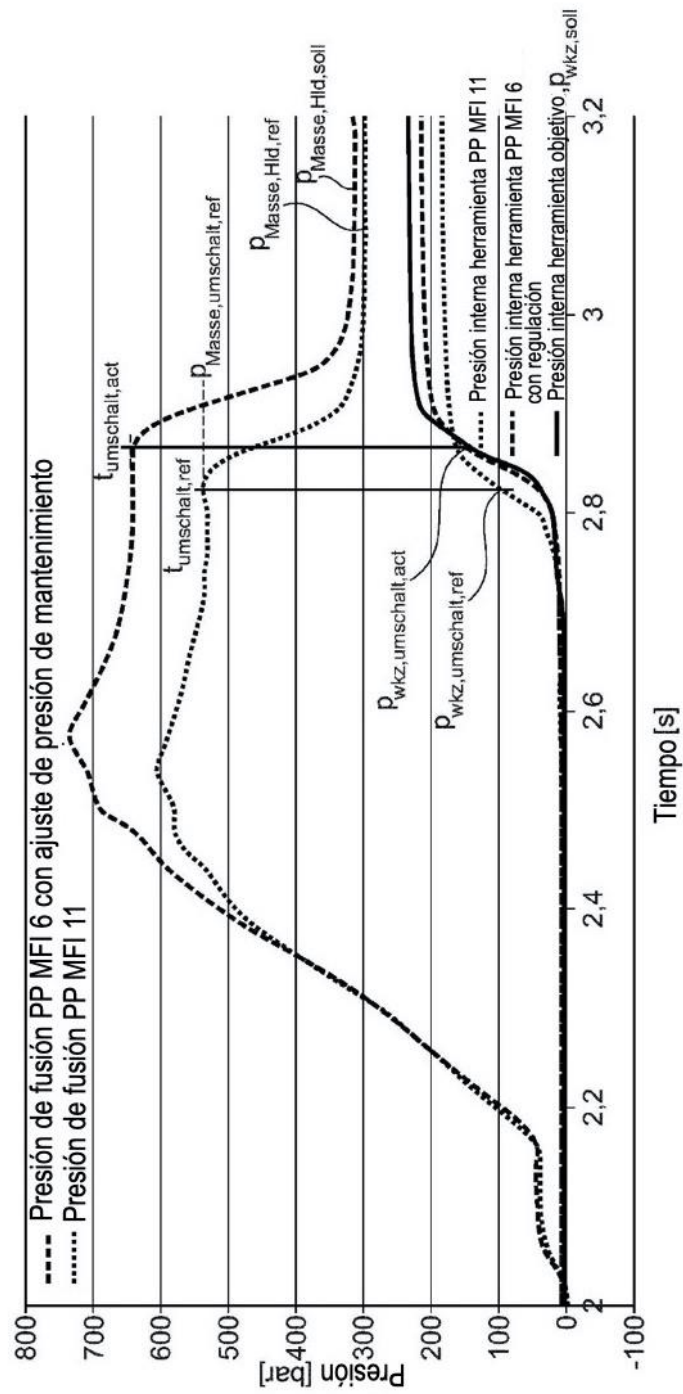


Fig. 6

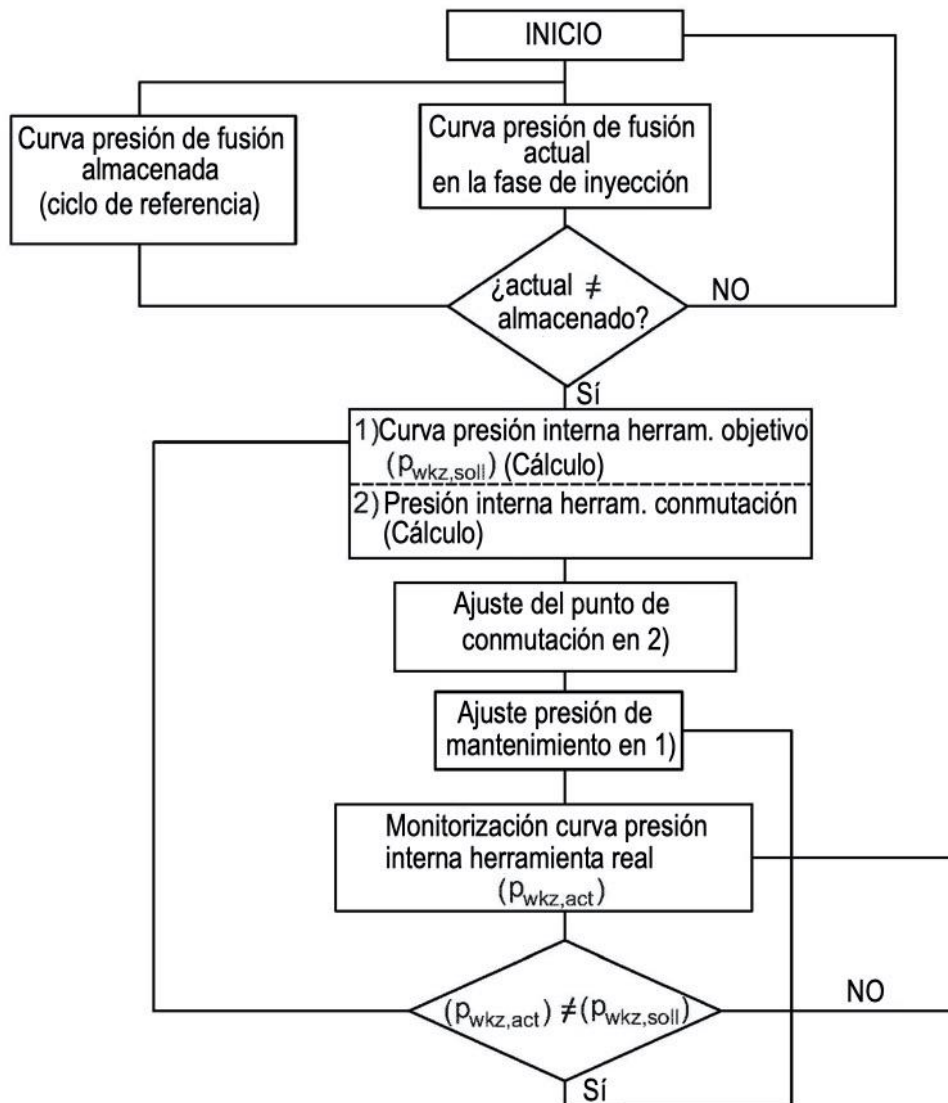


Fig. 7