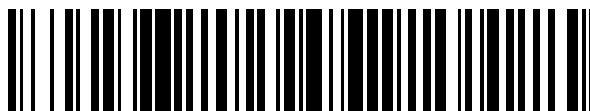


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 838**

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: **02.10.2014 PCT/EP2014/071159**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.04.2015 WO15052072**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2014 E 14781152 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 3055116**

54 Título: **Método para la gestión del proceso de llenado de molde de una máquina de moldeo por inyección**

30 Prioridad:

11.10.2013 DE 102013111257

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

22.01.2018

73 Titular/es:

**KRAUSSMAFFEI TECHNOLOGIES GMBH
(100.0%)**

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 650 838 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 la gestión del proceso de llenado de molde de una máquina de moldeo por inyección

5 La invención se refiere a un método para la gestión del proceso de llenado de molde de una máquina de moldeo por inyección según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Por el estado de la técnica se conocen enfoques para compensar las fluctuaciones del proceso individuales, que tienen una influencia negativa sobre el proceso de llenado de molde de una máquina de moldeo por inyección y se generan por influencias perturbadoras.

15 Por el documento EP 2 583 811 A1 se conoce un método para la cuantificación de las fluctuaciones del proceso durante un proceso de inyección de una máquina de moldeo por inyección. Este método usa curvas de referencia de magnitudes características a lo largo de un recorrido o una pluralidad de posiciones (x), que barre un dispositivo de inyección de una máquina de moldeo por inyección durante el proceso de inyección. A este respecto, las magnitudes características pueden ser valores de presión, por ejemplo una presión de inyección, una presión de fusión, una presión interior de molde o una temperatura interior de molde. Durante un proceso de inyección se mide al menos una de las magnitudes características para una pluralidad de posiciones del dispositivo de inyección, de modo que se produce una función de medición. Además, el método dado a conocer en este documento usa al menos una transformación matemática, mediante la que se reproduce la función de medición determinada durante la medición lo mejor posible sobre la función de referencia de la magnitud característica. Para ello el método usa un parámetro de transformación libremente seleccionable, que se determina de modo que una función de imagen, que se produce a partir de la función de medición, concuerda lo mejor posible con la función de referencia con relación a una medida de error predeterminada. Al parámetro de transformación se le asocia una fluctuación del proceso. La fluctuación del proceso se cuantifica en referencia a la función de referencia usando el al menos un parámetro de transformación. Como fluctuaciones del proceso posibles se especifican entre otros fluctuaciones del volumen de moldeada y fluctuaciones de la necesidad de presión para el llenado de una cavidad.

30 Por el documento DE 35 24 310 C1 se conoce recurrir al trabajo de inyección para la gestión del proceso de moldeo por inyección para la explotación regulada de las máquinas de moldeo por inyección de plástico. A este respecto, el objetivo es un movimiento regulado del tornillo, por ejemplo, de un primer tornillo A y de un segundo tornillo B con diferentes características de tornillo en el caso de duración de inyección siempre igual. Se almacenan un valor final para el recorrido de tornillo y el perfil de presión de mantenimiento y se recurre a un factor de adaptación. Sin embargo, una gestión del proceso a través del trabajo de inyección tiene la desventaja de que se caracteriza por irregularidades en la fase de arranque del proceso de inyección y no puede compensar un comportamiento de cierre irregular de una válvula antirretorno.

40 Por el documento DE 10 2007 061 775 A1 se conoce un método, en el que durante la fase de presión de mantenimiento de un proceso de moldeo por inyección se mide el desarrollo temporal de la presión interior del útil. A partir de este desarrollo temporal de la presión interior del útil se determina al menos un parámetro independiente del tiempo, en el que este o cada parámetro se compara con un valor de consigna del parámetro depositado y en el que mediante el resultado de la comparación se determina automáticamente un valor de presión de mantenimiento adaptado para un proceso de moldeo por inyección siguiente. En este método se aprende así en proceso de moldeo por inyección anterior para un proceso de moldeo por inyección siguiente, realizándose una corrección de un valor de parámetro variable en el marco de la adaptación de la presión de mantenimiento.

50 Por el documento DE 10 2005 032 367 A1 se sigue un enfoque de manera que se supervisa el tiempo que necesita la masa fundida en el proceso de inyección hasta un sensor en la cavidad y se adapta la viscosidad de la masa fundida en el caso de modificaciones o diferencias consideradas demasiado grandes en este tiempo. Para la adaptación de la viscosidad se propone modificar la temperatura de la masa fundida. Este método usa el conocimiento de que la velocidad de fluencia de la masa fundida se puede modificar mediante una modificación de la viscosidad de la masa fundida.

55 Los enfoques de este tipo de los documentos mencionados para la compensación de las influencias perturbadoras se refieren con frecuencia a una curva de referencia de una o varias magnitudes de proceso. Esto tiene como consecuencia de manera desventajosa de permanentemente debe tener lugar una comparación respecto a una referencia. Esto arrastra con frecuencia otras correcciones manuales, cuando las condiciones de producción, por ejemplo las condiciones de entorno o las calidades de materiales del plástico a procesar se modifican más allá de una medida determinada. Además, al menos algunos de los enfoques mencionados parecen complicados y con vistas a su viabilidad técnica costosos e intensivos en costes.

60 El objetivo de la invención es por ello especificar un método para la gestión del proceso de llenado de molde de una cavidad de un útil de una máquina de moldeo por inyección, en el que la cavidad se llena correctamente volumétricamente de forma individual. Además, se debe especificar un método de este tipo, que todavía durante el proceso de inyección en curso posibilite influir en este proceso de inyección en curso, de manera que se produzca un llenado correcto volumétricamente de la cavidad.

Además, el método según la invención debe poder compensar las propiedades de materiales, que se modifican durante un período de tiempo de producción, debido a las influencias medioambientales, como por ejemplo temperaturas de la nave o humedades del aire o fluctuaciones de lote del material a usar. Igualmente se facilita un arranque y reorganización de los procesos de moldeo por inyección.

Estos objetivos se consiguen con las características de la reivindicación 1. Formas de realización ventajosas están especificadas en las reivindicaciones dependientes 2 a 15.

El método según la invención para el llenado correcto volumétricamente de una cavidad de un molde con una masa fundida de un material a procesar en un proceso de moldeo por inyección presenta una fase de aprendizaje y una fase de producción, caracterizado, en donde en la fase de aprendizaje se realizan al menos las siguientes etapas 1 a 5 y en la fase de producción al menos las siguientes etapas 6 a 8. Las etapas de la fase de aprendizaje son:

1. Provisión de una máquina de moldeo por inyección dotada de un molde, en donde la máquina de moldeo por inyección está equipada para la fabricación de una pieza de calidad en una cavidad del molde,
2. Realización al menos de un ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje para la obtención de una pieza de calidad y registro de un desarrollo de presión $p_{LMasa}(t)$ que se correlaciona con el desarrollo de presión de la masa,
3. Determinación de un índice de viscosidad (VI_L), que caracteriza la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, durante la fase de inyección (EL) del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje o durante una fase de plastificación (PL) anterior al ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje,
4. Determinación de un índice de llenado (FI_L) como número característico para el llenado correcto volumétricamente de la cavidad de la pieza de calidad en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, en donde es válido

$$FI_L = \int_{t(s=CP_L)}^{t(s=COP_L)} p_{LMasse}(t) dt,$$

en donde $t(s=COP_L)$ es el instante en la posición del tornillo ($s=COP_L$) del punto de conmutación (COP_L) en el ciclo de moldeo por inyección y $t(s=CP_L)$ es el instante en el que la posición del tornillo ($s=CP_L$) ha alcanzado una posición en la que está presente la presión predefinida $p_{LMasa}(t) = p_{CP}$ o ha alcanzado una posición en la que comienza el llenado de la cavidad, en donde es válido:

$$s=CP_L > s=COP_L$$

5. Formación de un equivalente en volumen de la pieza moldeada

$$MPV_{eq} = FI_L / VI_L$$

Las etapas de la fase de producción son:

6. Realización de una multiplicidad de ciclos de moldeo por inyección de producción con el molde, registro al menos de un desarrollo de presión $p_{PMasa}(t)$ que se correlaciona con el desarrollo de presión de la masa, en donde se determina un índice de viscosidad (VI_P), que caracteriza la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección de producción actual, durante una fase de inyección (EP) del ciclo de moldeo por inyección de producción o durante una fase de plastificación (PP) anterior al ciclo de moldeo por inyección de producción,
7. Después de la determinación del índice de viscosidad (VI_P) se calcula el índice de llenado (FI_P) para el ciclo de moldeo por inyección de producción actual a partir de

$$FI_P = MPV_{eq} * VI_P$$

y

8. Un punto de conmutación (COP_P) del ciclo de moldeo por inyección de producción y/o un perfil de velocidad de inyección se adapta durante la fase de inyección (EP) restante de manera que es válido,

$$FI_P = \int_{t(s=CP_P)}^{t(s=COP_P)} p_{PMasse}(t) dt = MPV_{eq} * VI_P$$

Según la invención se ha reconocido que un llenado correcto volumétricamente de una cavidad se puede conseguir luego cuando se consigue un equivalente en volumen de la pieza moldeada MPV_{eq} determinado en una fase de aprendizaje también en los ciclos de la fase de producción. El equivalente en volumen de la pieza moldeada MPV_{eq} se forma a este respecto en una fase de aprendizaje como un cociente de un índice de llenado FI_L y un índice de viscosidad VI_L , que ambos se determinan en un ciclo de aprendizaje. A este respecto, el índice de viscosidad VI_L del ciclo de inyección de aprendizaje caracteriza la masa fundida, es decir, las propiedades de la masa fundida del material usado en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje respecto a las condiciones de entorno y otras condiciones de funcionamiento, presentes en el ciclo de moldeo por inyección, de la máquina de moldeo por inyección durante la fabricación de la pieza de calidad. A este respecto la determinación del índice de viscosidad VI_L se puede realizar durante la fase de inyección EL del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje o durante una fase de plastificación PL anterior al ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje. El índice de llenado FI_L representa a este respecto un número característico para el llenado de molde correcto volumétricamente de una pieza de calidad en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje y se calcula como integral de presión del desarrollo de presión $P_{LMasa}(t)$ entre los límites de tiempo $t(s=CP_L)$ y $t(s=COP_L)$.

En la fase de producción se determina entonces, partiendo del conocimiento de que el equivalente en volumen de la pieza moldeada MPV_{eq} del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje también se debe mantener constante en el ciclo de moldeo por inyección de producción, el índice de viscosidad VI_P por ejemplo durante el ciclo de moldeo por inyección de producción. A este respecto, el índice de viscosidad VI_P caracteriza la masa fundida del ciclo de producción actual. Esto puede ocurrir de forma análoga a la fase de aprendizaje de nuevo durante la fase de inyección (EP) del ciclo de inyección de producción o durante la fase de plastificación (PP) anterior al ciclo de inyección de producción. Por consiguiente el valor del índice de viscosidad VI_P en el ciclo de moldeo por inyección de producción se puede calcular en un instante $t(s=MM_{Pos2})$ o a más tardar en un instante $t(s=MI_{Pos2})$ y se conoce por consiguiente. Con conocimiento del índice de viscosidad VI_P presente para el ciclo de inyección de producción a influir se determina el índice de llenado FI_P requerido a partir de la ecuación

$$FI_P = MPV_{eq} * VI_P.$$

Análogamente al proceso de aprendizaje se puede especificar el índice de llenado FI_P requerido en el proceso de producción según la ecuación

$$FI_P = \int_{t(s=CP_P)}^{t(s=COP_P)} p_{PMasse}(t) dt$$

Esta integral se registra desde el instante $t(s=CP_P)$ para el ciclo de moldeo por inyección de producción en curso y a influir. En cuanto el valor de esta integral ha alcanzado el valor del índice de llenado FI_P requerido, mediante el control de máquina se conmuta de la fase de inyección EP a la fase de presión de mantenimiento NP. Este instante representa entonces por consiguiente el límite de integración superior $t(s=COP_P)$, es decir, el instante en el que se conmuta. La posición de tornillo $s=COP_P$ correspondiente se corresponde con la posición de tornillo s del punto de conmutación COP_P del ciclo de moldeo por inyección de producción actual.

Como resultado se gestiona así el ciclo de moldeo por inyección de producción correspondiente de forma individual mediante el índice de llenado FI_P requerido determinado para este ciclo de moldeo por inyección de producción. A partir de esta gestión individual del ciclo de moldeo por inyección de producción mediante el valor a conseguir para FI_P se deducen puntos de conmutación COP_P individuales para cada ciclo de moldeo por inyección de producción.

Según se ha descrito, la determinación del índice de viscosidad VI_P se puede efectuar para el ciclo de moldeo por inyección de producción de la fase de inyección EP o durante una fase de plastificación PP anterior al ciclo de moldeo por inyección de producción.

Si el índice de viscosidad VI_P se determina durante una fase de plastificación PP anterior, el valor para el índice de llenado FI_P requerido del ciclo de moldeo por inyección de producción actual ya está fijado antes del comienzo de la fase de inyección EP. La integración que se refiere al índice de llenado FI_P comienza en el instante $t(s=CP_P)$, que es un instante durante la fase de inyección EP. Para la aplicación práctica se deduce de ello que desde el instante inicial de integración $t(s=CP_P)$ está a disposición toda la fase de inyección EP restante del ciclo de moldeo por inyección de producción para la influencia.

Si el índice de viscosidad VI_P del ciclo de moldeo por inyección de producción actual se determina durante la fase de inyección EP del ciclo de moldeo por inyección de producción actual, lo que – según se describe a continuación – se realiza mediante una integración en un intervalo de medición MI del desarrollo de presión $p_{PMasa}(t)$ y tiene lugar superpuesto temporalmente a la determinación integradora del índice de llenado FI_P , así en este caso el índice de viscosidad VI_P , que sirve de base para el ciclo de moldeo por inyección de producción actual, sólo está fijado después de la terminación de la integración en cuestión del índice de viscosidad VI_P . Como muy temprano en este instante se puede determinar el índice de llenado FI_P requerido. Por consiguiente en este caso, después de la determinación del índice de viscosidad VI_P todavía está a disposición el resto de la fase de inyección EP restante para influir en el ciclo de moldeo por inyección de producción con el objetivo de la consecución del índice de llenado FI_P requerido. Esto ha demostrado ser suficiente en la práctica.

Una ventaja en la posibilidad mencionada en último término es que el índice de viscosidad VI_P , cuando se determina en la fase de inyección EP, posee una exactitud más elevada y la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección de producción actual está mejor caracterizada que un índice de viscosidad VI_P , que se determina durante una fase de plastificación PP anterior.

En resumen hay por consiguiente dos posibilidades para satisfacer la ecuación

$$FI_P = MPV_{eq} * VI_P$$

1. La gestión del proceso del ciclo de moldeo por inyección de producción se conduce con un perfil de velocidad de tornillo predeterminado, hasta que el valor de la integral

$$FI_P = \int_{t(s=CP_P)}^{t(s=COP_P)} p_{PMasse}(t) dt$$

se corresponde con el índice de llenado FI_P requerido, determinado a partir del índice de viscosidad VI_P y el equivalente en volumen de la pieza moldeada MPV_{eq} . Al alcanzar el valor para el índice de llenado FI_P requerido se conmuta de la fase de inyección EP a la fase de presión de mantenimiento NP, de modo que de ello resulta un punto de conmutación COP_P individual para cada ciclo de moldeo por inyección de producción.

2. Alternativamente o adicionalmente, cuando la duración de la fase de inyección EP restante todavía es suficientemente larga, también se puede adaptar el perfil de velocidad de inyección, por lo que se modifica el desarrollo temporal del desarrollo de presión $p_{PMasa}(t)$ que se correlaciona con el desarrollo de presión de la masa.

En la determinación del índice de viscosidad VI_L o VI_P durante el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje o durante el ciclo de moldeo por inyección de producción hay varias posibilidades alternativas.

1. Posibilidad

Según una primera posibilidad, el índice de viscosidad VI_L en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje durante la fase de inyección EL del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje se puede especificar como producto de un índice de fluidez F_{ZEL} y una constante de corrección K_1 de forma normalizada en la medida de una velocidad de inyección V_{MI} promedio, en donde el índice de fluidez F_{ZEL} es una integral de presión del desarrollo de presión $p_{LMasa}(t)$ dentro de los límites $t(s=MI_{Pos1})$ y $t(s=MI_{Pos2})$. A este respecto, la posición de tornillo $s=MI_{Pos1}$ se selecciona preferiblemente de manera que se sitúa en una zona, en el que la velocidad de tornillo v ha alcanzado por primer vez un valor constante después de los efectos de aceleración iniciales. Igualmente en esta posición todavía se puede añadir una distancia de seguridad Δx_{VComp} apropiadamente grande, para poder suprimir eventualmente las perturbaciones resultantes de los procesos transitorios. A este respecto, la segunda posición $s=MI_{Pos2}$ es igualmente mayor que la posición del punto de conmutación COP_L en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, es decir, el tiempo $t(s=MI_{Pos2})$ asociado es menor que el del instante $t(COP_L)$. A este respecto, la posición $s=MI_{Pos1}$ es en cualquier caso un trozo mayor que la posición $s=MI_{Pos2}$, es decir, el tornillo alcanza la posición $s=MI_{Pos1}$ antes que la posición $s=MI_{Pos2}$.

Un índice de viscosidad VI_L así determinado puede caracterizar - según se ha conocido según la invención - la masa fundida usada en el ciclo de inyección de aprendizaje con exactitud suficiente, entre otros con respecto a su viscosidad.

2. Posibilidad:

Alternativamente en una segunda posibilidad, el índice de viscosidad V_{IL} se puede determinar para ello durante una fase de plastificación (PL) del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje. Un índice de viscosidad V_{IL} así determinado se forma como producto de un índice de fluidez $F_{ZPlastL}$, que se determina durante la fase de plastificación PL del ciclo de inyección de aprendizaje, y una constante de corrección K_2 , en donde este producto se normaliza a través de una longitud l_{MM} . A este respecto, el índice de fluidez F_{ZPlast} es una integral de un momento de accionamiento $M_L(t)$ de un tornillo de plastificación respecto al tiempo, en donde los límites de tiempo se determinan al recorrer diferentes posiciones de tornillo s , por ejemplo, de una primera posición de tornillo $s=MM_{Pos1}$ y una segunda posición de medición $s=MM_{Pos2}$. Los dos límites de integración $t(s=MM_{Pos1})$ y $t(s=MM_{Pos2})$ se seleccionan de manera que el momento de accionamiento $M_L(t)$ está libre o casi libre de influencias perturbadoras en esta zona, como por ejemplo efectos transitorios o de aceleración.

3. Posibilidad:

La determinación del índice de viscosidad V_{IP} se realiza de modo y manera análogos a la posibilidad 1 mencionada arriba durante la fase de inyección (EP) del ciclo de moldeo por inyección de producción, en donde las magnitudes correspondientes, que se han explicado arriba en el marco del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, se deducen ahora del ciclo de moldeo por inyección de producción en cuestión, que sirve de base para la determinación del índice de viscosidad V_{IP} . A este respecto, de forma análoga a la posibilidad 1 se puede usar una constante de corrección K_1 .

4. Posibilidad:

La determinación del índice de viscosidad V_{IP} se puede realizar en una cuarta posibilidad de forma análoga a la posibilidad 2 durante la fase de plastificación PP del ciclo de moldeo por inyección de producción. A este respecto, las magnitudes a las que se ha recurrido para la determinación del índice de viscosidad V_{IL} se determinan de forma análoga en la determinación del índice de viscosidad V_{IP} en el ciclo de moldeo por inyección de producción. En particular la base para la determinación del índice de fluidez F_{PPlast} es ahora el par de fuerzas $M_P(t)$ de un tornillo de plastificación en el ciclo de moldeo por inyección de producción.

A modo de ejemplo, como desarrollos de presión $p_{LMasa}(t)$ y $p_{PMasa}(t)$ que se correlacionan con el desarrollo de presión de la masa pueden ser un desarrollo de presión de inyección, un desarrollo de presión hidráulica, un desarrollo de presión interior de la cavidad o se pueden determinar a partir de un par de fuerzas motor de un motor de inyección.

Además, ha resultado ser conveniente modificar en una fase de presión de mantenimiento NP del ciclo de moldeo por inyección de producción la presión de mantenimiento p_{NP} según la fórmula $p_{NP}=p_N \cdot (1+K_3 \cdot (V_{IP}-V_{IL}) / V_{IL})$ en un factor V_{IP}/V_{IL} respecto a la presión de mantenimiento preajustada p_N . A este respecto, puede encontrarse entrada una constante de corrección K_3 que depende esencialmente de la pieza moldeada a fabricar. Una pieza moldeada de pared más delgada sólo necesitará una adaptación de presión de mantenimiento más débil, mientras que necesita una pieza moldeada de pared más gruesa necesita una adaptación más intensa. Por ejemplo, para la constante K_3 pueden estar previstos dos o varios escalones de adaptación en el control. Por un operario de la máquina se selecciona entonces, mediante la forma espacial y/o otras propiedades de la pieza moldeada a fabricar, la constante K_3 según su experiencia. Por ejemplo, se ofrecen cuatro escalones de adaptación: "débil", "medio", "intenso", "muy intenso", que selecciona el operario de la máquina de forma razonable según su experiencia.

De manera conveniente la posición de tornillo $s=MI_{Pos2}$, al menos para el caso en que los índices de viscosidad V_{IP} se determinen respectivamente en una fase de inyección EP del ciclo de moldeo por inyección de producción, se dispone suficientemente lejos delante del punto de conmutación COP_P , de modo que después de la determinación de este índice de viscosidad V_{IP} durante el tiempo todavía restante, es decir, durante el resto todavía restante de la fase de inyección EP hasta el punto de conmutación COP_P , mediante la prolongación local del punto de conmutación COP_P o mediante adaptación del perfil de velocidad del tornillo durante la fase de inyección (EP) restante todavía se puede influir suficientemente en el valor del índice de llenado FI_P , de modo que se satisface la ecuación $FI_P=MPV_{eq} \cdot V_{IP}$. En este caso se debe realizar una constatación de la posición $s=MI_{Pos2}$, de manera que, partiendo del punto de conmutación COP_L del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje se tiene en cuenta un desplazamiento a esperar como máximo en virtud al valor del punto de conmutación COP_P por valor de Δs_{max} , y además se tiene en cuenta un recorrido que se requiere durante un tiempo de cálculo t_{RZ} requerido para la determinación del índice de llenado FI_P después de la determinación del índice de viscosidad V_{IP} .

Es conveniente definir o determinar por ello la posición de tornillo $S=CP$ como valor predeterminado de forma fija en el caso de una presión p_{CP} predeterminada o seleccionar para ello una posición de tornillo s , en la que la válvula antirretorno está cerrada de forma fiable. De este modo se suprimen de forma fiable las imprecisiones que aparecen con respecto al transporte de masa fundida en la cavidad hasta el cierre de una válvula antirretorno.

Ha resultado ser conveniente hacer funcionar el ciclo de moldeo por inyección durante la fase de inyección EP o EL hasta el punto de conmutación COP_L o COP_P con vistas a la posición de tornillo s de forma regulada en posición o de forma regulada en posición y limitada en presión y hacerlo funcionar después del punto de conmutación COP_L o COP_P hasta el final de la fase de presión de mantenimiento de forma regulada por presión.

Por ejemplo, en función del comportamiento de cierre de una válvula antirretorno se puede producir un desplazamiento de las curvas de presión $p_{LMasa}(t)$ y $p_{PMasa}(t)$ registradas, que no se basa en una modificación de una viscosidad de la masa fundida y por consiguiente en una modificación del índice de viscosidad VI_L , VI_P de la masa fundida. Para compensar un error de este tipo, en función del comportamiento de cierre de la válvula antirretorno se desplaza un intervalo de medición $MI=MI_{Pos1}-MI_{Pos2}$ en caso de necesidad de forma local hacia posiciones de tornillo más grandes o más pequeñas. A este respecto, de manera conveniente el intervalo de medición MI se desplaza localmente hacia posiciones de tornillo s más grandes, cuando una presión de referencia p_{Ref} predeterminada se franquea localmente antes en el ciclo de producción que en el ciclo de aprendizaje, es decir, es válido:

$$s(p_{RefP}) > s(p_{RefL}).$$

A la inversa es conveniente que el intervalo de medición $MI=MI_{Pos1}-MI_{Pos2}$ se desplace hacia posiciones de tornillo más pequeñas, cuando una presión de referencia p_{Ref} se franquea localmente más tarde en el ciclo de producción que en el ciclo de aprendizaje, es decir, es válido:

$$s(p_{RefP}) < s(p_{RefL}).$$

Además, ha demostrado ser conveniente elegir menor la presión de referencia p_{Ref} que aquella presión que está presente en la posición MI_{Pos1} , es decir, elegir una presión de referencia p_{Ref} que aparece antes del comienzo de la determinación del índice de viscosidad VI_P . La presión de referencia p_{Ref} es un punto en la curva de desarrollo de presión $p_{PMasa}(t)$ o $p_{LMasa}(t)$ registrada, que se correlaciona con el desarrollo de presión de la masa.

Con el método según la invención es posible proporcionar un llenado de molde correcto en amplios límites en función del índice de viscosidad VI_P determinado. Sin embargo, puede ocurrir por ejemplo que en el caso de la determinación en curso del índice de viscosidad VI_P de ciclo de producción en ciclo de producción se reconozca una tendencia continua más prolongada del desvío del índice de viscosidad VI_P de un ciclo de producción a otro. En un caso semejante puede ser conveniente adaptar el índice de viscosidad VI_P también a través de un ajuste modificado de la temperatura de masa fundida, por ejemplo a través de la temperatura de cilindro, la presión dinámica o la velocidad de giro de plastificación.

Otras configuraciones ventajosas están especificadas en las otras reivindicaciones dependientes.

A continuación se explica más en detalle la invención mediante el dibujo a modo de ejemplo. Muestran:

- La Figura 1: esquemáticamente un diagrama de un ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje para la determinación de un equivalente en volumen de la pieza de moldeo MPV_{eq} ;
- la Figura 2: esquemáticamente el diagrama según la figura 1, sin la superficie rayada, que representa el índice de llenado FI_L , mediante el que se explica una posibilidad razonable de cómo se pueden determinar los límites de integración $t(s=MI_{Pos1})$ u $t(s=MI_{Pos2})$;
- la Figura 3: esquemáticamente un diagrama, mediante el que se explica una segunda posibilidad para la determinación del índice de viscosidad VI_L o VI_P ;
- la Figura 4: esquemáticamente un diagrama que muestra un desarrollo de presión $p_{PMasa}(t)$ característico para un material más viscoso respecto al ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, en donde están representados de forma rayada un índice de fluidez F_{ZEP} del material y el índice de llenado FI_P requerido;
- la Figura 5: el diagrama según la figura 4, en donde están dibujados de forma rayada el índice de fluidez F_{ZEP} de un material menos viscoso respecto al proceso de aprendizaje y su índice de llenado FI_P requerido;
- la Figura 6: un diagrama mediante el que se explica un desplazamiento de un intervalo de medición MI;
- la Figura 7: esquemáticamente un diagrama respecto a una pluralidad de ciclos de producción, que muestra la dependencia del peso de la pieza moldeada del índice de viscosidad VI_P del material usado durante un método según el estado de la técnica sin regulación según la invención y en un método según la invención;
- la Figura 8: esquemáticamente un diagrama respecto a una pluralidad de ciclos de producción, de los que se desprende que en el caso de un índice de viscosidad VI_P variable del material se modifica la posición de conmutación COP_P durante el método según la invención y permanece constante en un método convencional según el estado de la técnica.

Una fase de aprendizaje del método según la invención (figura 1) parte de que se proporciona una máquina de moldeo por inyección, que está dotada de un molde, y la máquina de moldeo por inyección está equipada para la fabricación de una pieza de calidad en una cavidad del molde.

Para la mejor comprensión de los siguientes diagramas se destaca que la posición de tornillo $s(t)$ en las figuras 1, 2 disminuye de una posición inicial s_A hasta la posición de tornillo en el punto de conmutación COP_L o COP_P , es decir, en el caso de $s=COP_L$ o $s=COP_P$.

Durante la realización de un ciclo de moldeo por inyección para la obtención de una pieza de calidad se registra un desarrollo de presión $p_{LMasa}(t)$, que está correlacionado con respecto al desarrollo de presión de la masa del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje. El registro de este desarrollo de presión se realiza respecto al tiempo t . De forma complementaria a este desarrollo de presión $p_{LMasa}(t)$, en la figura 1 está dibujada todavía la posición de tornillo $s(t)$ y la velocidad de tornillo $v(t)$ mediante la línea a trazos. Sobre el eje de tiempo están dibujados instantes característicos $t(s=CP_L)$, $t(s=MI_{Pos1})$, $t(s=MI_{Pos2})$ y $t(s=COP_L)$. La superficie por debajo de la curva $p_{LMasa}(t)$, dentro de los límites de $t(s=MI_{Pos1})$ y $t(s=MI_{Pos2})$ representa un índice de fluidez F_{ZEL} de la masa fundida presente y se determina por

$$F_{ZEL} = \int_{t(s=MI_{Pos1})}^{t(s=MI_{Pos2})} p_{LMasse}(t) dt.$$

Entre los límites de integración $t(s=MI_{Pos1})$ y $t(s=MI_{Pos2})$ se forma un valor promedio de la velocidad de tornillo $v(t)$. El valor promedio está designado como v_{MI} . El índice de fluidez F_{ZEL} normalizado con el valor promedio v_{MI} y eventualmente multiplicado por una constante de corrección K_1 para la escalación produce el índice de viscosidad VI_L , que representa la característica de la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección, determinado en la fase de inyección EL.

Como número característico para el llenado de molde correcto volumétricamente de una pieza de calidad en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje se determina un índice de llenado FI_L , correspondiéndose el índice de llenado FI_L con la superficie por debajo de la curva $p_{LMasa}(t)$ en los límites de $t(s=CP_L)$ hasta $t(s=COP_L)$ y se determina mediante la integral

$$FI_L = \int_{t(s=CP_L)}^{t(s=COP_L)} p_{LMasse}(t) dt$$

A este respecto, el límite de integración superior $t(s=COP_L)$ es la posición preajustada en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje del punto de conmutación $s=COP_L$, que al alcanzar la posición de tornillo s en el instante de conmutación se corresponde con el valor de tiempo $t(s=COP_L)$ correspondiente. A este respecto, según la invención se parte de que durante la fase de inyección EL el llenado de molde está terminado en el punto de conmutación COP_L . En este caso se desatiende otro llenado de molde durante la fase de presión de mantenimiento NP, que sigue a la fase de inyección EP. El límite de integración inferior $t(s=CP_L)$, desde el que se realiza la integración para la determinación del índice de llenado FI_L , está fijado a este respecto de manera que, al comienzo de la integración $t(s=CP_L)$ comienza o ya ha comenzado un llenado efectivo de la cavidad del molde. Este es en particular el caso cuando una válvula antirretorno presente eventualmente está cerrada de forma segura. Dado que la determinación del instante de cierre exacto de la válvula antirretorno es costoso técnicamente o sólo es posible de forma inexacta con medios técnicos sencillos, alternativamente a ello se puede elegir un valor de presión p_{CP} determinado, con el que según toda la experiencia comienza el llenado efectivo de la cavidad, es decir, ya ha tenido lugar un cierre de la válvula antirretorno. Un valor de presión $p_{CP}=p_{LMasa}(t(s=CP_L))$ se elige de manera convencional con vistas a su magnitud, de manera que este valor de presión es menor que el valor de presión $p_{LMasa}(t)$ en el instante $t(s=MI_{Pos1})$.

Durante el ciclo de la pieza de calidad se registran las dos integrales arriba descritas y los valores determinados en este caso del índice de viscosidad VI_L y del índice de llenado FI_L se ponen a continuación en relación entre sí, constituyendo esta relación FI_L/VI_L el equivalente en volumen de la pieza moldeada MPV_{eq} .

A continuación, mediante la figura 2 se explica a modo de ejemplo una posibilidad para la determinación de los límites de integración $t(s=MI_{Pos1})$ y $t(s=MI_{Pos2})$. Para que el índice de viscosidad VI_L represente realmente una medida de la característica de la masa fundida en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, el comienzo de la integración $t(s=MI_{Pos1})$ se fija de forma apropiada. Para ello $s=MI_{Pos1}$ debe ser en cualquier caso mayor que $s=MI_{Pos2}$. Para que el intervalo de integración entre $t(s=MI_{Pos1})$ y $t(s=MI_{Pos2})$ se vuelva la más grande posible y así la determinación del índice de viscosidad VI_L se vuelva lo más exacto posible, el comienzo de la integración $t(s=MI_{Pos1})$ se debería seleccionar lo más pequeño posible, es decir, $s=MI_{Pos1}$ se debería seleccionar lo más grande posible. Por otro lado, no se debería quedar por debajo del valor mínimo $t(s=MI_{Pos1})$, para que los procesos de arranque y aceleración del tornillo y los efectos de compresión y procesos transitorios resultantes de ello dentro de la masa fundida no influyan negativamente en el índice de viscosidad VI_L . Para resolver este conflicto objetivo se ha acreditado determinar el valor $s=MI_{Pos1}$ como sigue.

En cuanto el tornillo ha alcanzado la velocidad $v(t)$ ajustada en el control de la máquina de moldeo por inyección en un primer escalón del perfil de velocidad ajustado, se almacena esta posición de tornillo $s=x_v$. Desde esta posición

$s=X_v$ se extrae como distancia de seguridad un recorrido de compresión máximo ΔX_{vComp} . A este respecto, la distancia de seguridad ΔX_{vComp} se elige de manera que son reducidos de forma segura los procesos transitorios o procesos de compresión dentro de la masa fundida. Desde esta posición se garantiza en una medida suficiente que el índice de fluidez F_{ZEL} se puede determinar con exactitud suficiente. Por consiguiente así se deduce el primer límite de integración en la determinación del índice de viscosidad en $t(s=MI_{Pos1}) = t(s=X_v-\Delta X_{vComp})$.

Para la obtención razonable del límite de integración superior $t(s=MI_{Pos2})$ en la determinación del índice de viscosidad VI_L es necesario determinar la posición de tornillo $s=MI_{Pos2}$ de manera apropiada. Un método apropiado para ello parte en primer lugar de la posición $s=COP_L$ del punto de conmutación COP_L en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje. A este respecto la posición $s=COP_L$ es menor que la posición $s=MI_{Pos2}$. La invención se basa entre otros en tener a disposición todavía un resto suficientemente grande de la fase de inyección EP después de la determinación del índice de viscosidad VI_P en un ciclo de producción, a fin de poder influir todavía en una medida suficiente en el índice de llenado FI_P del mismo proceso de inyección EP en función del índice de viscosidad VI_P determinado en la fase de inyección EP. A este respecto se necesita un cierto tiempo después de la conclusión de la integral para la determinación del índice de viscosidad VI_P , a fin de calcular el índice de llenado FI_P requerido. Este tiempo de cálculo t_{RZ} es de pocos milisegundos y junto con el camino del tornillo recorrido en este tiempo produce un recorrido de cálculo determinado $\Delta s=V_{MI} \cdot t_{RZ}$.

Además, según la invención se efectúa la adaptación del índice de llenado FI_P entre otros mediante un desplazamiento del punto de conmutación COP_P hacia posiciones de tornillos s mayores o más pequeñas. Un desplazamiento posible máximo semejante del punto de conmutación COP_P hacia las posiciones de tornillo s mayores está designada con Δs_{max} , de modo que ha resultado ser conveniente elegir la posición de tornillo $s=MI_{Pos2}$ del límite de integración superior respecto a $s=MI_{Pos2} > COP_L + V_{MI} \cdot t_{RZ} + \Delta s_{max}$.

Este lapso de integración fijado una vez en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje durante la fase de inyección EL, entre el instante inicial $t(s=MI_{Pos1})$ y el instante final $t(s=MI_{Pos2})$ se denomina como intervalo de medición $MI=MI_{Pos1} - MI_{Pos2}$ referido a las posiciones de tornillo s correspondientes. Este intervalo de medición MI determinado en la fase de aprendizaje se mantiene luego en su tamaño para los ciclos de moldeo por inyección de producción siguientes.

Una posibilidad alternativa para la determinación del índice de viscosidad VI_L en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje o de forma análoga del índice de viscosidad VI_P en el ciclo de moldeo por inyección de producción se explica mediante la figura 3. En la figura 3 se representa un desarrollo de momento típico $M_L(t)$ de un tornillo de plastificación en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje. Un desarrollo típico semejante también aparece en el ciclo de moldeo por inyección de producción como $M_P(t)$. Los desarrollos $M_L(t)$ y $M_P(t)$ muestran a este respecto un desarrollo de par de fuerzas de un tornillo de plastificación durante una fase de plastificación PP. Se ha demostrado que la fase de plastificación PP también es apropiada para determinar un índice de viscosidad VI_L o VI_P de la masa fundida. Para ello se forma en primer lugar un índice de fluidez $F_{ZPlastL}$ como integral respecto al momento de accionamiento $M_L(t)$ en función del tiempo en los límites desde $t(s=MM_{Pos1})$ hasta $t(s=MM_{Pos2})$. Este índice de fluidez $F_{ZPlastL}$ se normaliza a lo largo de la longitud $l_{MM} = MM_{Pos2} - MM_{Pos1}$ y eventualmente se multiplica por una constante de corrección K_2 para la escalación. A este respecto, los límites de integración MM_{Pos1} y MM_{Pos2} se ponen de manera que, por un lado, reina una distancia suficientemente grande entre estas posiciones, para determinar el índice de viscosidad VI_L ; VI_P con suficiente exactitud. Por otro lado, las posiciones MM_{Pos1} y MM_{Pos2} deben estar alejadas suficientemente lejos de procesos transitorios u oscilantes durante el arranque y durante el frenado del tornillo de plastificación. Una zona de integración fijada una vez en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje entre las posiciones MM_{Pos1} y MM_{Pos2} , respectivamente de los instantes $t(s= MM_{Pos1})$ y $t(s= MM_{Pos2})$ correspondientes, se mantiene también en los ciclos de moldeo por inyección de producción posteriores. Como fase de plastificación PP relevante se considera por ejemplo aquella fase de plastificación PP, en la que la masa fundida se prepara para una fase de inyección EP siguiente. Con el índice de viscosidad VI_L determinado en la fase de plastificación y el índice de llenado FI_L determinado en la fase de inyección EL siguiente se puede determinar según la invención de nuevo según la ecuación $MPV_{eq}=FI_L/VI_L$ el valor para el equivalente en volumen de la pieza moldeada MPV_{eq} .

Sólo de forma aclaratoria se señala que, para el caso de que en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje el índice de viscosidad VI_L se determine durante la fase de inyección EL, según está representado en la figura 2, evidentemente también en los siguientes ciclos de moldeo por inyección de producción se determina el índice de viscosidad VI_P igualmente en la fase de inyección EP del ciclo de moldeo por inyección de producción. Cuando el índice de viscosidad VI_L se determina en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje durante la fase de plastificación PP, en los siguientes ciclos de moldeo por inyección de producción también se determina el índice de viscosidad VI_P igualmente durante la fase de plastificación PP.

Durante la fase de aprendizaje, es decir, durante la fabricación al menos de una pieza de calidad se han estudiado por consiguiente los valores listados a continuación mediante el ciclo de moldeo por inyección de la pieza de calidad:

- a) El valor para el equivalente en volumen de la pieza moldeada MPV_{eq} ,

b) El valor para el intervalo de medición $MI=MI_{Pos1} - MI_{Pos2}$, dentro del que se ha determinado el índice de fluidez F_{ZEL} . El tamaño de este intervalo de medición MI se toma por base también para los ciclos de producción siguientes.

c) Además, el valor de presión p_{CP} constatado en la fase de aprendizaje se adopta igualmente en la fase de producción. Análogamente a la fase de aprendizaje, en la fase de producción durante la determinación del índice de llenado FI_P en la fase de producción se usa como límite de integración inferior aquel instante $t(s=CP_P)$, en el que el valor de presión $p_{PMasa}(t)$ atraviesa el valor de presión p_{CP} predeterminado o determinado.

d) Para el caso de que el índice de viscosidad VI_L se ha determinado durante la fase de inyección EL , adicionalmente se adoptan los valores de las posiciones de tornillo $s=MI_{Pos1}$ y $s=MI_{Pos2}$ y eventualmente se adaptan con vistas a sus valores absolutos, como se explica por ejemplo más abajo mediante la figura 6.

e) Para el caso de que el índice de viscosidad VI_L se ha determinado durante la fase de plastificación PL , se adoptan los valores de las posiciones de tornillo $s=MM_{Pos1}$ y $s=MM_{Pos2}$.

f) Si en la fase de aprendizaje se han usado constantes $K_1 \neq 1$ y $K_2 \neq 1$, se adoptan también estas constantes K_1 y K_2 en la fase de producción.

A continuación se explica la fase de producción del método según la invención mediante las figuras 4 a 6. La figura 4 muestra un diagrama en el que está trazada la presión de la masa $p_{PMasa}(t)$ respecto al tiempo t . Una línea continua muestra el desarrollo de presión de la masa $p_{PMasa}(t)$ de un material en el ciclo de moldeo por inyección de producción. Además, el desarrollo de presión de la masa $p_{PMasa}(t)$ está representado a puntos para la comparación, según se ha registrado en el ciclo de moldeo por inyección. Además está representada la fase de moldeo por inyección EP y un trozo de la fase de presión de mantenimiento NP . El nivel del desarrollo de presión $p_{PMasa}(t)$ se aumenta claramente dentro de los límites de integración $t(s=MI_{Pos1})$ y $t(S=MI_{Pos2})$ respecto al desarrollo de presión $p_{LMasa}(t)$ dentro de estos límites. De ello resulta por consiguiente un valor mayor para el índice de fluidez F_{ZEP} , cuando se determina la integral $p_{PMasa}(t)$ dentro de los límites $t(s=MI_{Pos1})$ y $t(S=MI_{Pos2})$. Por ello el índice de viscosidad VI_P del material se puede determinar de forma análoga a la fase de aprendizaje usando la constante K_1 y la velocidad media v_{MI} . Por el valor del índice de viscosidad VI_P del material, que está fijado a más tardar en el instante $t(s=MI_{Pos2})$, se puede determinar hora usando la ecuación $FI_P=MPV_{eq} * VI_P$, qué valor debe alcanzar el índice de llenado FI_P para el material, para conseguir un llenado de molde correcto volumétricamente y obtener por consiguiente también una pieza de calidad con el material del ciclo de moldeo por inyección de producción, que posee un índice de viscosidad VI_P diferente del material de la fase de aprendizaje. Esto se logra en tanto que la integral en curso temporalmente desde el instante $t(s=CP_P)$ se determina de forma continua para la determinación del índice de llenado FI_P del material y en cuanto se conoce el índice de viscosidad VI_P , se determina el índice de llenado FI_P requerido. Si la integral en curso para la determinación del índice de llenado FI_P actual alcanza el valor del índice de llenado FI_P requerido, entonces se realiza la conmutación a la fase de presión de mantenimiento NP .

En el caso de un material más viscosos, el punto de conmutación COP_P se sitúa por ejemplo temporalmente después del instante de conmutación $t(s=COP_L)$. Con la invención se logra mantener al valor MPV_{eq} , que se ha determinado en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, también en el ciclo de moldeo por inyección de producción en un material, que tiene una diferente calidad de material respecto al material que se ha usado en el proceso de aprendizaje, y por consiguiente conseguir un llenado correcto volumétricamente de la cavidad y obtener por consiguiente una pieza de calidad. Una mejora adicional de la calidad de las piezas se puede conseguir pese a la calidad de masa fundida fluctuante, es decir, pese al índice de viscosidad VI_P fluctuante respecto al índice de viscosidad VI_L determinada en el proceso de aprendizaje, cuando una presión de mantenimiento p_{NP} en la fase de producción se adapta respecto a una presión de mantenimiento preajustada p_N , que puede ser por ejemplo la presión de mantenimiento conducida en la fase de aprendizaje. A este respecto se ha probado adaptar la presión de mantenimiento p_{NP} en la fase de producción según la fórmula $p_{NP}=p_N * (1+K_3 (VI_P-VI_L)/VI_L)$, siendo K_3 una constante de corrección. A este respecto, la constante de corrección K_3 puede reproducir las propiedades de pieza de trabajo de la pieza moldeada a fabricar. Así, por ejemplo, la constante de corrección K_3 en una pieza moldeada especialmente de pared delgada se puede fijar menor que en una pieza moldeada de pared más gruesa. Esto está fundamentado en que, en el caso de una pieza moldeada de pared delgada es menos efectivo el llenado de molde en la fase de presión de mantenimiento, que en el caso de una pieza moldeada de pared más gruesa.

La figura 5 muestra un ciclo de moldeo por inyección de producción, en el que un desarrollo de producción $p_{PMasa}(t)$ discurre en un nivel más bajo respecto a un desarrollo de presión $p_{LMasa}(t)$. Esto significa, en el caso de condiciones marginales iguales por lo demás, que el material presenta una baja viscosidad o un índice de viscosidad VI_P más bajo, que aquel material que se ha usado en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje durante una fase de aprendizaje. Un nivel de presión de mantenimiento p_{NP} se baja para el material del ciclo de moldeo por inyección de producción respecto al nivel de presión de mantenimiento del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje o una presión de mantenimiento preajustada p_N . A este respecto, el instante $t(s=COP_P)$ está desplazado respecto al instante $t(s=COP_L)$ hacia "antes", lo que significa un desplazamiento del punto de conmutación COP_P hacia una posición de tornillo s mayor en virtud del valor para el punto de conmutación $(s=COP_P)$ del material en el ciclo de moldeo por inyección de producción.

Debido a efectos determinados, por ejemplo debido a un comportamiento de cierre variable de una válvula antirretorno puede ocurrir que un valor de presión de referencia p_{Ref} , por ejemplo el valor de presión p_{cp} se franquee

temporalmente antes en un instante t' ($s=CP$) (véase la figura 6). De este modo se modifica así el límite de integración inferior para la determinación del índice de llenado FI_P , de modo que en el caso de una conservación de los límites de integración $t(s=MI_{Pos1})$ y $t(S=MI_{Pos2})$ se produciría un cálculo erróneo del índice de viscosidad VI_P y por consiguiente del índice de llenado FI_P requerido. De este modo se puede llegar a una producción de una pieza de desecho. Para impedirlo es conveniente, en un caso semejante en el que el franqueo del valor de presión de referencia p_{Ref} se desplaza en un lapso de tiempo Δt en la dirección "anterior" o dirección "posterior", también desplazar los límites de integración $t(s=MI_{Pos1})$ y $t(S=MI_{Pos2})$ conforme al lapso de tiempo Δt en la dirección "anterior" o dirección "posterior". Alternativamente, el intervalo de medición MI también se puede desplazar correspondientemente hacia las posiciones mayores o más pequeñas, permaneciendo preferentemente igual la magnitud en virtud del valor del intervalo de medición MI .

En la figura 6 este desplazamiento temporal en Δt se muestra cualitativamente en el ejemplo de un material constante por lo demás con vistas a su viscosidad.

Mediante la figura 7 se clarifica el efecto positivo del método según la invención. La figura 7 muestra en una primera curva (cuadrado abierto) durante una pluralidad de ciclos de producción el desarrollo del índice de viscosidad VI_P que caracteriza la masa fundida. En esta representación a modo de ejemplo, el índice de viscosidad VI_P aumenta desde el 17º ciclo en primer lugar fuertemente, a fin de aproximarse luego a un valor límite más elevado. Un desarrollo semejante se corresponde, por ejemplo, con un enfriamiento de la masa fundida, de lo que resulta un índice de viscosidad VI_P más elevado.

En el caso de una gestión del proceso convencional, representada en una segunda curva (círculo abierto), una modificación de este tipo del índice de viscosidad VI_P con índice de viscosidad VI_P creciente tiene como consecuencia un peso de la pieza moldeada que cae claramente. Esto significa que el llenado volumétrico de la cavidad no era suficiente y en el caso de pesos de la pieza moldeada descendentes de este tipo se pueden producir rechupes o subllenados de la cavidad. De este modo se originan por consiguiente piezas de desecho.

En una tercera curva (triángulo abierto) está representado el desarrollo del peso de la pieza moldeada usando el método según la invención. Se clarifica que pese al índice de viscosidad VI_P ascendente desde el 17º ciclo, el método según la invención es capaz de mantener casi constante el peso de la pieza moldeada pese a propiedades de masa fundida variables. Aunque desde el 17º ciclo se modifica claramente la característica de masa fundida con vistas a su índice de viscosidad VI_P , el método según la invención es capaz de mantener casi constante los pesos de la pieza moldeada y por consiguiente proporcionar un llenado correcto volumétricamente de la cavidad, lo que conduce a la fabricación de piezas de calidad.

En la figura 8 está representado como repercute la modificación de un índice de viscosidad VI_P respecto a una pluralidad de ciclos de producción en una posición de conmutación $s=COP_P$ en el caso de la gestión del proceso convencional y en una gestión del proceso según la invención. En una primera curva (cuadrado abierto) está representado el desarrollo del índice de viscosidad VI_P respecto a una pluralidad de ciclos. Según se ha expuesto ya en la figura 7, el índice de viscosidad VI_P aumenta claramente desde el 17º ciclo y se aproxima hasta el 35º ciclo a un nivel más elevado. En la gestión del proceso convencional (círculo abierto) no se influye en el punto de conmutación COP_P . La posición de conmutación $s=COP_P$ permanece casi constante durante todos los 35 ciclos. Si se aplica el método según la invención, mediante una tercera curva (triángulo abierto) se clarifica que la posición de conmutación $s=COP_P$, correlacionándose con el aumento del índice de viscosidad VI_P , se desplaza hacia las posiciones de tornillo más bajas y aprox. desde el 26º ciclo permanece baja casi constante.

El método según la invención es apropiado para la aplicación de máquinas de moldeo por inyección electromecánica e hidromecánica de todos los tamaños constructivos. En particular es posible integrar fácilmente el método según la invención en máquinas nuevas, por ejemplo en el marco de una programación del software de funcionamiento de una máquina de moldeo por inyección. Además, el método según la invención se basa en los valores de medición, por ejemplo mediciones de presión durante la fase de inyección y/o de presión de mantenimiento, mediciones de recorrido del tornillo durante la fase de inyección, mediciones de recorrido y mediciones de pares de fuerzas de un tornillo de plastificación durante una fase de plastificación y similares, que ya se pueden medir habitualmente en máquinas de moldeo por inyección usuales, de modo que para el método según la invención no se debe colocar una unidad sensora de medición adicional o similares. En este sentido el método según la invención también es apropiado de forma sobresaliente como solución de reequipamiento para máquinas de moldeo por inyección ya existentes.

Las máquinas de moldeo por inyección, que se hace funcionar con el método según la invención, son capaces de compensar de forma automatizada los efectos negativos de, por ejemplo, fluctuaciones de lotes respecto a la calidad de piezas moldeadas. En cualquier caso los efectos negativos se compensan de forma automatizada respecto a la calidad de las piezas moldeadas durante el rearranque de las máquinas, por ejemplo después de perturbaciones o después de una detención consabida, mediante la gestión del proceso según la invención, dependiente del estado. El operario de la máquina debe intervenir con menos frecuencia en el proceso de producción, para guiar posteriormente de forma manual, por ejemplo, un parámetro de la máquina de moldeo por inyección. Las diferencias

de calidad de las piezas de moldeo individuales se reducen a un mínimo también en el caso de las condiciones de producción y/o de entorno variables.

5 En función de las propiedades del material, por ejemplo, de la humedad del material, de la composición del material (fluctuaciones de lotes) y su influencia en el funcionamiento de una máquina de moldeo por inyección, por ejemplo su influencia en el comportamiento de cierre de una válvula antirretorno se pueden corregir de forma automatizada sin intervención de un operario de a máquina mediante el método según la invención. De este modo se impide entre otros una sobreinyección o también subinyección de las cavidades durante la fabricación de las piezas moldeadas. De este modo se pueden obtener ahorros de costes considerables. Se pueden aumentar la seguridad del proceso y el grado de la automatización.

15 Con el método según la invención también se pueden compensar las influencias externas, como por ejemplo temperaturas de entorno fluctuantes en una nave, en la que está colocada la máquina de moldeo por inyección. Las temperaturas de entorno fluctuantes, que pueden aparecer por ejemplo debido a radiación solar o mediante un número diferente de máquinas de moldeo por inyección o instalaciones que se hacen funcionar en la nave, en los ajustes preajustados de forma fija conducen a fluctuaciones de viscosidad mínimas en la masa fundida a procesar. Las fluctuaciones de viscosidad de este tipo tienen un efecto negativo sobre la calidad de pieza moldeada. Con el método según la invención se pueden reconocer modificaciones de este tipo de la característica de la masa fundida, en particular de la viscosidad, y mediante una gestión del proceso modificada se garantiza sin embargo un llenado seguro y completo de la cavidad del molde.

Lista de referencias

	$p_{LMasa}(t)$	Desarrollo de presión en el ciclo de inyección de aprendizaje
	VI_L	Índice de viscosidad en el ciclo de inyección de aprendizaje
25	EL	Fase de inyección del ciclo de inyección de aprendizaje
	PL	Fase de plastificación del ciclo de inyección de aprendizaje
	FI_L	Índice de llenado del ciclo de inyección de aprendizaje
	s	Posición de tornillo
	t(s)	Instante en el que se ha alcanzado una posición de tornillo determinada
30	COP_L	Punto de conmutación
	$s=COP_L$	Posición de tornillo en el instante de conmutación
	$s=CP_L$	Posición de tornillo al comienzo de la integración para la determinación del índice de llenado FI_L
	MPV_{eq}	Equivalente en volumen de la pieza moldeada
35	$p_{PMasa}(t)$	Desarrollo de presión de una presión que se correlaciona con el desarrollo de presión de la masa durante la fase de producción
	VI_P	Índice de viscosidad durante el ciclo de moldeo por inyección de producción
	EP	Fase de inyección del ciclo de producción
	PP	Fase de plastificación del ciclo de moldeo por inyección de producción
	FI_P	Índice de llenado del ciclo de moldeo por inyección de producción
40	MEP	Parámetro de ajuste de máquina
	F_{ZEL}	Índice de fluidez determinado durante la fase de inyección en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje
	K_1	Constante de corrección
	v_{MI}	Valor promedio de una velocidad de tornillo $v(t)$ entre las posiciones de tornillo MI_{Pos1} y MI_{Pos2}
45	$F_{ZPlastL}$	Índice de fluidez de una masa fundida determinado durante una fase de plastificación PL del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje
	MM_{Pos1} y MM_{Pos2}	Posiciones de tornillo s durante la fase de plastificación PL
	I_{MM}	Intervalo de medición durante la fase de plastificación PP
	$M_L(t)$	Momento de accionamiento durante el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje
50	K_2	Constante de corrección
	MI	Intervalo de medición durante una fase de inyección EP; EL
	F_{ZEP}	Índice de fluidez determinado durante una fase de inyección en el ciclo de moldeo por inyección de producción
	$F_{ZPlastP}$	Índice de fluidez determinado durante la fase de plastificación PP en el ciclo de moldeo por inyección de producción
55	$M_P(t)$	Desarrollo de momento de un momento de accionamiento de un tornillo de plastificación durante el ciclo de producción
	p_{NP}	Presión de mantenimiento adaptada
	p_N	Presión de mantenimiento preajustada
60	K_3	Constante de corrección
	t_{RZ}	Tiempo de cálculo
	ΔS_{max}	Desplazamiento máximo del punto de conmutación
	p_{CP}	Valor de presión preajustado en la posición de tornillo $s=CP_L$ o $s=CP_P$
	p_{Ref}	Presión de referencia
65	p_{RefP}	Presión de referencia en el ciclo de producción
	p_{RefL}	Presión de referencia en el ciclo de aprendizaje

REIVINDICACIONES

1. Método para el llenado correcto volumétricamente de una cavidad de un molde con una masa fundida de un material a procesar en un proceso de moldeo por inyección, en donde el método presenta una fase de aprendizaje y una fase de producción, **caracterizado por que** en la fase de aprendizaje se realizan al menos las siguientes etapas 1-5 y en la fase de producción al menos la siguientes etapa 6-8:

en la fase de aprendizaje:

1. provisión de una máquina de moldeo por inyección dotada de un molde, en donde la máquina de moldeo por inyección está equipada para la fabricación de una pieza de calidad en una cavidad del molde,
2. realización al menos de un ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje para la obtención de una pieza de calidad y registro de un desarrollo de presión $p_{LMasa}(t)$ que se correlaciona con el desarrollo de presión de la masa,
3. determinación de un índice de viscosidad (VI_L), que caracteriza la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, durante una fase de inyección (EL) del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje o durante una fase de plastificación (PL) anterior al ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje,
4. determinación de un índice de llenado (FI_L) como número característico para el llenado correcto volumétricamente de la cavidad de la pieza de calidad en el ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, en donde es válido

$$FI_L = \int_{t(s=CP)}^{t(s=COP_L)} p_{LMasse}(t) dt,$$

en donde $t(s=COP_L)$ es el instante en la posición del tornillo ($s=COP_L$) del punto de conmutación (COP_L) en el ciclo de moldeo por inyección y $t(s=CP_L)$ es el instante en el que la posición del tornillo ($s=CP_L$) ha alcanzado una posición en la que está presente la presión predefinida $p_{LMasa}(t) = p_{CP}$ o ha alcanzado una posición en la que comienza el llenado de la cavidad, en donde es válido:

$$s=CP_L > s=COP_L$$

5. formación de un equivalente en volumen de la pieza moldeada

$$MPV_{eq} = FI_L / VI_L$$

y en la fase de producción:

6. realización de una multiplicidad de ciclos de moldeo por inyección de producción con el molde, registro al menos de un desarrollo de presión $p_{PMasa}(t)$ que se correlaciona con el desarrollo de presión de la masa, en donde se determina un índice de viscosidad (VI_P), que caracteriza la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección de producción actual, durante una fase de inyección (EP) del ciclo de moldeo por inyección de producción o durante una fase de plastificación (PP) anterior al ciclo de moldeo por inyección de producción,

7. después de la determinación del índice de viscosidad (VI_P) se calcula el índice de llenado (FI_P) para el ciclo de moldeo por inyección de producción actual a partir de

$$FI_P = MPV_{eq} * VI_P$$

y

8. un punto de conmutación (COP_P) del ciclo de moldeo por inyección de producción y/o un perfil de velocidad de inyección se adapta durante la fase de inyección (EP) restante de manera que es válido,

$$FI_P = \int_{t(s=CP_P)}^{t(s=COP_P)} p_{PMasse}(t) dt = MPV_{eq} * VI_P$$

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la determinación del índice de viscosidad (VI_L), que caracteriza la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, se realiza durante una fase de inyección (EL) del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje mediante

$$VI_L = F_{ZEL} * K_1 / V_{MI} \text{ con}$$

$$F_{ZEL} = \int_{t(s=MI_{Pos1})}^{t(s=MI_{Pos2})} p_{LMasse}(t) dt$$

5 en donde (s=MI_{Pos1}) y (s=MI_{Pos2}) son diferentes posiciones de tornillo (s) durante la fase de inyección (EL) y t(s=MI_{Pos1}) y t(s=MI_{Pos2}) son diferentes instantes (t) respecto a las posiciones de tornillo (s=MI_{Pos1}, s=MI_{Pos2}) correspondientes y es válido

$$MI_{Pos1} > MI_{Pos2} > COP_L \text{ y}$$

10 v_{MI} es un valor promedio de una velocidad de tornillo v(t) entre las posiciones (s=MI_{Pos1}) y (s=MI_{Pos2}) y (K₁) es una constante de corrección para la escalación.

15 3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la determinación del índice de viscosidad (V_L), que caracteriza la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje, se realiza durante una fase de plastificación (PL) anterior a la del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje mediante

$$V_L = F_{ZPlastL} * K_2 / l_{MM} \text{ con}$$

$$F_{ZPlastL} = \int_{t(s=MM_{Pos1})}^{t(s=MM_{Pos2})} M_L(t) dt$$

20 en donde (s=MM_{Pos1}) y (s=MM_{Pos2}) son diferentes posiciones de tornillo (s) y t(s=MM_{Pos1}) y t(s=MM_{Pos2}) son diferentes instantes (t) respecto a las posiciones de tornillo (s=MM_{Pos1}, s=MM_{Pos2}) correspondientes durante la fase de plastificación (PL) y es válido:

$$25 \quad MM_{Pos1} < MM_{Pos2} \text{ y}$$

$$l_{MM} = MM_{Pos2} - MM_{Pos1} \text{ y}$$

30 M_L(t) un momento de accionamiento de un tornillo de plastificación y (K₂) es una constante de corrección para la escalación.

35 4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la determinación del índice de viscosidad (V_P), que caracteriza la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección de producción, se realiza durante una fase de inyección (EP) del ciclo de moldeo por inyección de producción mediante

$$V_P = F_{ZEP} * K_1 / v_{MI}$$

con

$$40 \quad F_{ZEP} = \int_{t(s=MI_{Pos1})}^{t(s=MI_{Pos2})} p_{PMasse}(t) dt$$

45 en donde (s=MI_{Pos1}) y (s=MI_{Pos2}) son diferentes posiciones de tornillo (s) y t(s=MI_{Pos1}) y t(s=MI_{Pos2}) son los instantes (t) respecto a las posiciones de tornillo (s=MI_{Pos1}, s=MI_{Pos2}) correspondiente durante la fase de inyección (EP) y es válido:

$$MI_{Pos1} > MI_{Pos2} > COP_P \text{ y}$$

50 v_{MI} es un valor promedio de una velocidad de tornillo v(t) entre las posiciones (s=MI_{Pos1}) y (s=MI_{Pos2}) y (K₁) es la constante de corrección para la escalación.

5. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la determinación del índice de viscosidad (V_P), que caracteriza la masa fundida del ciclo de moldeo por inyección de producción, se realiza durante una fase de plastificación (PP) anterior a la del ciclo de moldeo por inyección de producción mediante

$$V_{IP} = F_{ZPlastP} * K_2 / I_{MM} \text{ con}$$

$$F_{ZPlastP} = \int_{t(s=MM_{Pos2})}^{t(s=MM_{Pos1})} M_P(t) dt$$

5 en donde (s=MM_{Pos1}) y (s=MM_{Pos2}) son diferentes posiciones de tornillo (s) durante la fase de plastificación (PP) y t(s=MM_{Pos1}) y t(s=MM_{Pos2}) son diferentes instantes (t) respecto a las posiciones de tornillo (s=MM_{Pos1}, s=MM_{Pos2}) correspondientes y es válido:

$$10 \quad MM_{Pos1} < MM_{Pos2}$$

y

$$15 \quad I_{MM} = MM_{Pos2} - MM_{Pos1}$$

y

M_P(t) un momento de accionamiento de un tornillo de plastificación y (K₂) es la constante de corrección.

20 6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los desarrollos de presión p_{LMasa}(t), p_{PMasa}(t) que se correlacionan con el desarrollo de presión de la masa son un desarrollo de presión de inyección, un desarrollo de presión hidráulica, un desarrollo de presión interior de la cavidad o se determinan a partir de un par de fuerzas motor de un motor de inyección.

25 7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en una fase de presión de mantenimiento (NP) del ciclo de moldeo por inyección de producción se modifica la presión de mantenimiento (p_{NP}) respecto a una presión de mantenimiento preajustada (p_N), en donde es válido p_{NP} = p_N* (1+K₃* (V_{IP}-V_{IL})/V_{IL}), en donde K₃ es una constante de corrección, V_{IP} el índice de viscosidad V_{IP} del ciclo de moldeo por inyección de producción actual y V_{IL} el índice de viscosidad V_{IL} del ciclo de moldeo por inyección de aprendizaje.

30 8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la posición de tornillo (s=MI_{Pos2}), para el caso en que el índice de viscosidad (V_{IP}) se determina en la fase de inyección (EP) de los ciclos de moldeo por inyección, se sitúa suficientemente lejos delante del punto de conmutación (COP_P), de modo que después de la determinación del índice de viscosidad (V_{IP}) durante el resto de la fase de inyección (EP) hasta el instante de conmutación (COP_P) mediante el desplazamiento del punto de conmutación (COP_P) o mediante adaptación del perfil de velocidad del tornillo todavía se puede influir suficientemente en el valor del índice de llenado (FI_P) y en particular es válido:

$$40 \quad MI_{Pos2} > COP_L + V_{MI} * t_{RZ} + \Delta s_{max}$$

y

- t_{RZ} es un tiempo de cálculo para la determinación del nivel (FI_P) y

45 - Δs_{max} es un desplazamiento local a esperar como máximo en virtud del valor del punto de conmutación (COP_P) respecto al punto de conmutación (COP_L).

9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la posición de tornillo (s=CP_L; s=CP_P) se determina a partir de un valor p_{CP} predeterminado o es una posición de tornillo (s) en la que está cerrado la válvula antirretorno.

50 10. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** un intervalo de medición (MI=MI_{Pos1} - MI_{Pos2}) se desplaza durante una determinación del índice de viscosidad (V_{IL}) o (V_{IP}) en función del comportamiento de cierre de la válvula antirretorno.

55 11. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el intervalo de medición (MI=MI_{Pos1} - MI_{Pos2}) se desplaza hacia las posiciones de tornillo (s) mayores, cuando una presión de referencia (p_{Ref}) predeterminada se franquea localmente antes en el ciclo de producción que en el ciclo de aprendizaje, es decir, es válido:

$$60 \quad s(p_{RefP}) > s(p_{RefL})$$

o que

el intervalo de medición ($MI = MI_{Pos1} - MI_{Pos2}$) se desplaza hacia posiciones de tornillo (s) más pequeñas, cuando una presión de referencia (p_{Ref}) determinada se franquea localmente más tarde en el ciclo de producción que en el ciclo de aprendizaje, es decir, es válido:

5

$$s(p_{RefP}) < s(p_{RefL})$$

12. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la presión de referencia (p_{Ref}) se selecciona de manera que es menor que aquella presión que está presente en la posición ($s = MI_{Pos1}$).

10

13. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el índice de viscosidad (VI_P) se adapta a través de la temperatura de fusión, por ejemplo a través de la temperatura de cilindro, la presión dinámica o la velocidad de giro de plastificación.

15

14. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la fase de aprendizaje se realiza para la determinación del equivalente en volumen de la pieza moldeada (MPV_{EQ}) en una primera máquina de moldeo por inyección y, bajo la adopción del valor al menos del equivalente en volumen de la pieza moldeada (MPV_{EQ}) en un control de una segunda máquina de moldeo por inyección, la fase de producción del método se realiza con la segunda máquina de moldeo por inyección después de un cambio de molde de la primera máquina de moldeo por inyección a la segunda máquina de moldeo por inyección.

20

15. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el método se aplica en procesos de estampado, espumado y multicomponentes.

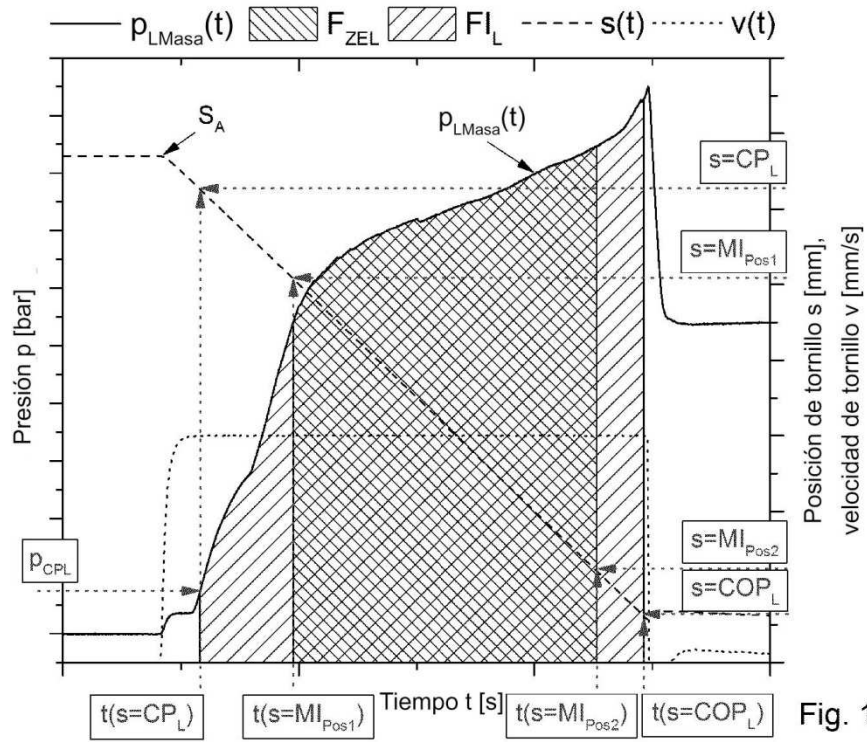


Fig. 1

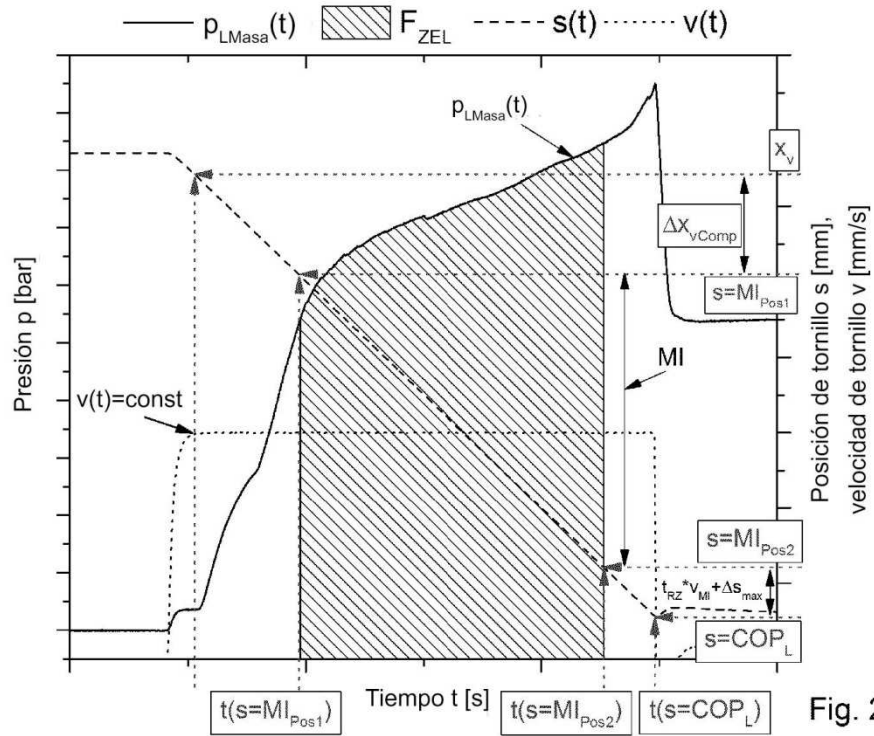


Fig. 2

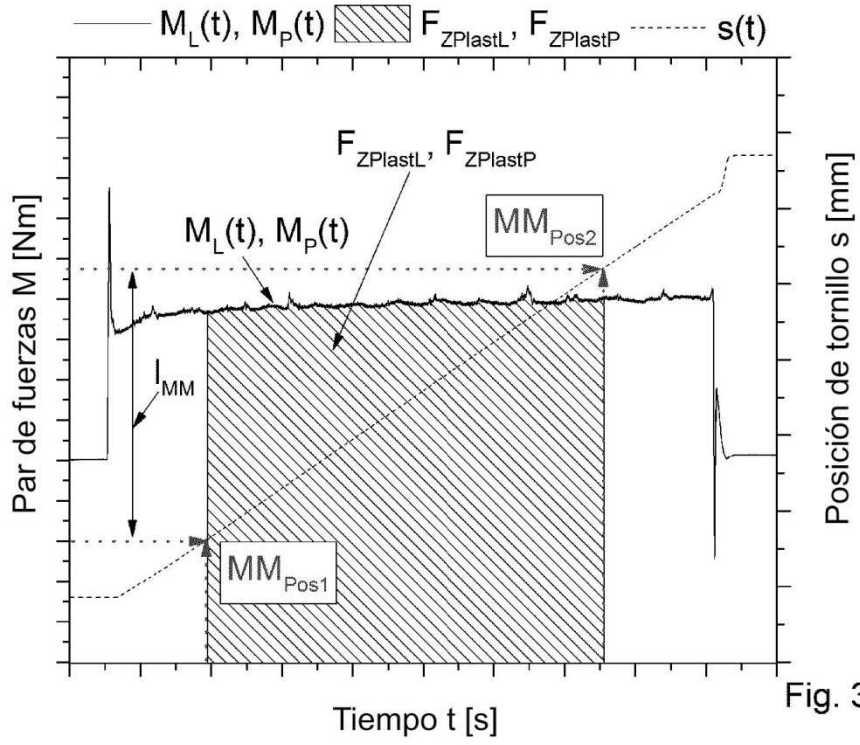


Fig. 3

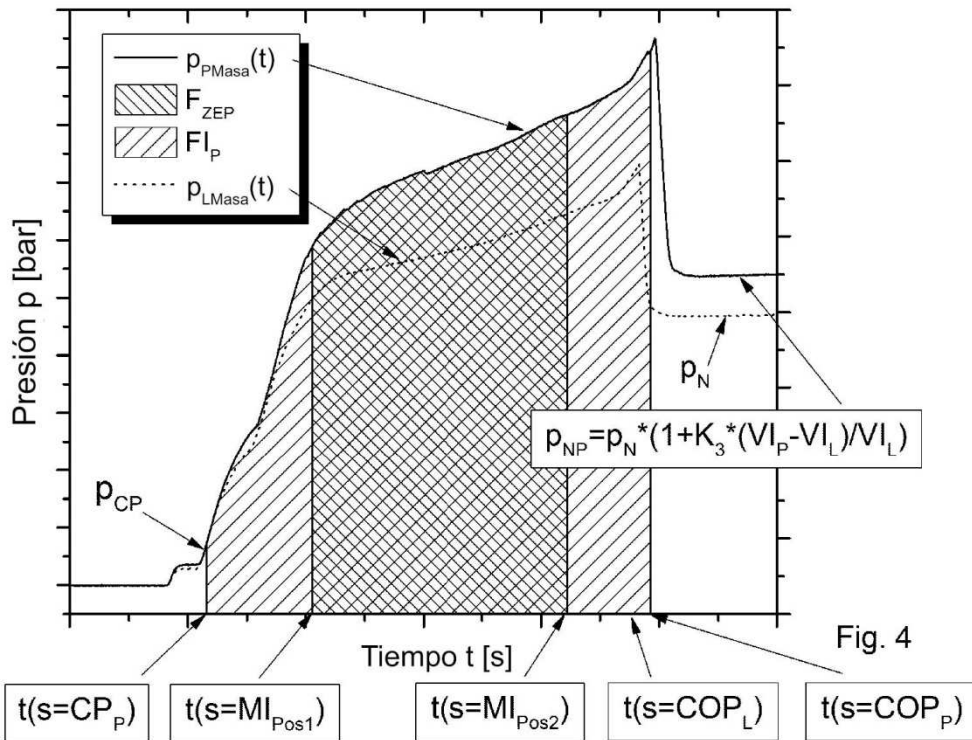


Fig. 4

