

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 419**

51 Int. Cl.:

**B22D 17/32** (2006.01)

**B22D 39/00** (2006.01)

**B29C 45/76** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2011 E 11075093 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2394760**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la regulación de la dosificación de metal en celdas de fundición a presión**

30 Prioridad:

**09.06.2010 DE 102010023563**

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

**31.05.2017**

73 Titular/es:

**STRIKOWESTOFEN GMBH (100.0%)  
Hohe Strasse 14  
51643 Gummersbach, DE**

72 Inventor/es:

**VIEDENZ, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 614 419 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

Procedimiento y dispositivo para la regulación de la dosificación de metal en celdas de fundición a presión

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la regulación de la dosificación de metal en la fabricación de una multiplicidad de piezas de fundición con una celda de fundición a presión según el preámbulo de la reivindicación principal.

10 Las celdas de fundición a presión sirven para la fabricación de piezas de fundición mediante la introducción de una determinada cantidad de metal líquido, denominada peso de dosificación, en una cámara de llenado y el prensado de este metal en un molde de fundición mediante un émbolo de presión, solidificándose el metal en el molde de fundición. Para este fin, las celdas de fundición a presión comprenden un suministro de metal en forma de un horno de dosificación o sistema de cazo, una máquina de fundición a presión que fabrica la pieza de fundición que ha de ser fabricada mediante el prensado en un molde de fundición, un dispositivo pulverizador para la limpieza del molde de fundición así como un dispositivo de extracción para la pieza de fundición, por ejemplo un robot. Para fabricar piezas de fundición con un peso definido es deseable una alta precisión de dosificación. Por precisión de dosificación se designa la capacidad de una celda de fundición a presión, especialmente del dispositivo contenido en este para la alimentación de metal, de mantener reproducible de forma constante la masa del metal introducido, de tal forma que no sobrepase o quede por debajo de los límites de un intervalo de tolerancia fijado. Cuanto menor se pueda elegir este intervalo de tolerancia o cuanto menor sea el número de las piezas de fundición situadas fuera de la tolerancia que se definan como desecho y se desechen, mejor será la precisión de dosificación.

15 Las fluctuaciones del peso de dosificación y por tanto de la precisión de dosificación se pueden clasificar en dos categorías: las fluctuaciones de dosificación estadísticas que presentan una distribución de Gauss y las fluctuaciones de dosificación sistemáticas que se traducen en la derivación del peso de dosificación en determinadas direcciones o que son provocadas por intervenciones externas tales como procesos de limpieza o de rellenado.

20 El método más preciso para la determinación de la precisión de dosificación consiste en pesar las piezas de fundición fabricadas, lo que sin embargo supondría una intervención en el funcionamiento de producción y por tanto aumenta los tiempos de producción.

25 En el estado de la técnica se conocen diversos otros procedimientos para la regulación del peso de dosificación y la compensación de fluctuaciones de dosificación. El documento DE4029386A1 da a conocer un procedimiento integral en el que se usa una integral de presión-sobre-tiempo para determinar la cantidad de dosificación. Para ello, la presión interna del horno se regula a través de una regulación de una sola etapa o a través de una regulación de cascada descrita por ejemplo en el documento DE4204060C2, mientras dure el proceso de dosificación. Aquí se aplica una determinación indirecta de la cantidad de dosificación a través de la presión y el tiempo de transporte, que sin embargo presenta la desventaja de que el aire comprimido encerrado en el horno es comprimible y por tanto la cantidad de dosificación depende de diversos factores generalmente no mensurables que pueden cambiar en el curso de la duración del funcionamiento. Entre ellos figuran entre otras cosas los cambios de los depósitos de metal en el canto de salida de un tubo de dosificación, los cambios del transcurso de la presión de transporte conforme se va vaciando el horno o el aumento de presión hidrostática de la masa fundida en el horno por el rellenado durante el proceso de dosificación. Para la compensación del peso de dosificación, el usuario del horno de dosificación puede modificar manualmente el peso de dosificación, la presión y el tiempo de transporte.

30 Otra posibilidad de la compensación de la cantidad de dosificación consiste en una evaluación de piezas fuera de la tolerancia y el seguimiento del peso de dosificación. La cantidad de dosificación ajustada se modifica si se detectaron pesos de dosificación situadas fuera de las tolerancias admisibles. Sin embargo, a causa de la consideración de sucesos individuales a los que se reacciona además solo después de producirse, este método sin embargo no conduce al éxito deseado de la minimización del número de piezas de desecho.

35 El documento EP0693983A1 da a conocer un horno de fusión en el que se determina una longitud de residuo de prensado y en función del valor determinado de la longitud de residuo de prensado se ajusta un volumen de material fundido para otro procedimiento de prensado. Un dispositivo similar se dio a conocer también por el documento EP0581949A1. Un dispositivo de prensado en el que un grosor residual de prensado se determina por un sensor magnético se describe en el documento JP4017972A. Una medición correspondiente de una longitud de residuo de prensado con una adaptación subsiguiente de una cantidad de material fundido para otros procedimientos de prensado se dio a conocer por el documento JP1027759A. En un aparato dado a conocer por el documento JP4091855A se detecta una posición de un lado final del residuo de prensado y se determina igualmente la longitud de residuo de prensado. A continuación, se determina una corrección automática de la cantidad del metal fundido que ha de ser introducido en la cámara de prensado.

40 El documento JP4094855A da a conocer un dispositivo en el que se determina una longitud de residuo de prensado y se compara con un intervalo predefinido. Si el valor determinado de la longitud de residuo de prensado está fuera del intervalo predefinido, para procedimientos de prensado adicionales se realiza una adaptación de la indicación.

En el documento JP56131061A se describe un dispositivo en el que se calcula una longitud de residuo de prensado. Si la longitud de residuo de prensado está fuera de un intervalo determinado se calcula un valor promedio y si este valor promedio también está fuera del intervalo predefinido se realiza una corrección de la cantidad que ha de ser introducida.

5 En el dispositivo representado en el documento JP2003-112247A se realiza una adaptación del metal que ha de ser introducido, si una cantidad pesada del metal sobrepasa un valor determinado.

10 Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de desarrollar un procedimiento y un dispositivo que eviten las desventajas mencionadas y con los que se pueda conseguir por tanto automáticamente una mayor precisión de dosificación.

Según la invención, este objetivo se consigue mediante un procedimiento para la regulación de la dosificación de metal con las características de la reivindicación principal así como mediante un dispositivo según la reivindicación, adecuado para la realización de este procedimiento.

15 Variantes ventajosas de la presente invención son posibles por las características indicadas en las reivindicaciones dependientes.

20 La invención prevé el uso de un llamado residuo de prensado como medida para la cantidad de dosificación. Como residuo de prensado se designa una mazarota que se produce allí donde el metal se introduce en el molde de fundición y que tras la solidificación inicialmente permanece en la pieza de fundición y normalmente se elimina durante el procedimiento subsiguiente. El diámetro del residuo de prensado está definido por el émbolo de presión. De la longitud de residuo de prensado que ha de ser medido se puede deducir la cantidad de dosificación empleada.

25 Para ello, a partir del diámetro del residuo de prensado que como ya se ha dicho corresponde al diámetro del émbolo, de la densidad de la aleación empleada y de la longitud medida del residuo de prensado se puede calcular el peso de dosificación fundido. Esto permite una conclusión fiable acerca del peso de dosificación, ya que de las magnitudes mencionadas, tan solo la longitud de residuo de prensado puede considerarse como no constante durante varios pasos de fundición y esta magnitud cambia por fluctuaciones de dosificación. Por el hecho de que el procedimiento usa para el cálculo del peso de fundición la longitud de residuo de prensado, por una parte existe una posibilidad de la determinación de la cantidad de dosificación fundida sin intervención en la producción y, por otra parte, es posible una conclusión fiable del peso de dosificación fundido, ya que la longitud de residuo de prensado constituye una medida para el peso de la pieza de fundición y el cálculo del peso de pieza de fundición se realiza con parámetros constantes o que varían solo ligeramente.

35 El circuito de regulación puede estar estructurado de tal forma que la longitud de residuo de prensado se entiende como medida para el peso de pieza de fundición o que el peso de pieza de fundición calculado se entiende como valor real y este valor se compara con el valor promedio de un intervalo de tolerancia como valor teórico. El valor promedio del intervalo de tolerancia se puede definir como valor promedio entre el límite superior y el límite inferior fijados del intervalo de tolerancia. Si una diferencia entre estos dos valores sobrepasa un valor ajustable predefinido, se realiza un seguimiento del peso de dosificación ajustable usado como magnitud de ajuste del circuito de regulación, para que el valor real quede a ser posible en el centro del intervalo de tolerancia, es decir, cerca del valor teórico y se minimice la diferencia de regulación. Esto significa que con una longitud de residuo de prensado demasiado grande, es decir, hasta un peso de dosificación ajustado hasta entonces demasiado alto, el peso de dosificación se reduce para el siguiente proceso de fundición, mientras que con un peso de dosificación ajustado hasta entonces demasiado bajo se aumenta correspondientemente. Sin embargo, únicamente debe realizarse un seguimiento del peso de dosificación ajustado, si una diferencia entre la longitud de residuo de prensado o la magnitud deducida de esta y el valor promedio del intervalo de tolerancia sobrepasa un valor máximo predefinido.

50 Un parámetro de ajuste de la celda de fundición a presión, que influye en el peso de dosificación, puede ser en un horno de dosificación por ejemplo una integral de presión-tiempo.

Usando un valor promedio de las longitudes de residuo de prensado o de los pesos de pieza de fundición y/o por el uso de métodos de cálculo integrales se corrigen en parte las fluctuaciones de dosificación estadísticas, ya que los pesos de las piezas de fundición se dispersan siempre en un intervalo determinado. Esta dispersión es tenida en cuenta por un intervalo de tolerancia de las longitudes de residuo de prensado o de los pesos de pieza de fundición. Un seguimiento inmediato del peso de dosificación después de la determinación de longitudes del residuo de prensado o pesos de pieza de fundición individuales, en cambio, puede conducir a fluctuaciones no deseadas del peso de dosificación ajustado. Además de la compensación de desviaciones estadísticas por la aplicación de un valor promedio y/o de métodos de cálculo integrales, a través del circuito de regulación se corrigen también desviaciones sistemáticas. El seguimiento de los pesos de dosificación entre distintos procedimientos de fundición se realiza en pequeños pasos para una operación más homogénea de la máquina y para evitar los saltos del peso de dosificación mencionados anteriormente.

65 En el circuito de regulación, el valor promedio formado se entiende para ello como valor real corregido en cuanto a la dispersión. Este procedimiento ofrece la ventaja de que se usa un valor real en forma del valor promedio, que se

puede mantener dentro del intervalo de tolerancia mediante el ajuste del valor teórico del peso de dosificación previsto y que se corrige en cuanto a derivas resultantes de fluctuaciones sistemáticas de la cantidad de dosificación. De esta manera, se consigue una compensación de fluctuaciones de dosificación tanto estadísticas como sistemáticas y por tanto se reduce el número de piezas de desecho.

5 Una variante ventajosa prevé que el valor promedio o la integral de las longitudes de residuo de prensado o de los pesos de pieza de fundición se calcula solo después de un número mínimo predefinido de mediciones. De esta manera, se garantiza que primero tiene que existir el número necesario de mediciones antes de poder calcular adecuadamente una medida estadística como el valor promedio o la integral reduciendo de esta manera la influencia de la dispersión. En caso de un número demasiado bajo de valores de medición la dispersión generalmente es mayor, lo que en la regulación puede conducir a una compensación no deseada.

15 Para mantener más exacta la determinación del valor promedio o de la integral, estos se pueden determinar de forma continua a partir de todas las mediciones o por ejemplo solo de un número predefinido de mediciones. Después de modificaciones en la máquina, por ejemplo una limpieza o eliminación de residuos de metal depositados ya no se recurre entonces a los valores antiguos para la formación del valor promedio, sino que la evaluación se puede limitar a un número definido de valores.

20 Además de la longitud de residuo de prensado y de una determinación indirecta resultante del peso de dosificación también se puede recurrir a otros datos de proceso para el cálculo. Estos pueden ser entre otras cosas la presión y el tiempo de transporte o datos del molde de fundición como la temperatura del molde de fundición, o parámetros de la celda de fundición a presión como la velocidad de un émbolo que presiona la masa fundida al interior del molde de fundición.

25 En otra variante ventajosa, para la formación del valor promedio o de la integral no se tienen en cuenta valores situados fuera de un intervalo predefinido, por ejemplo un intervalo de confianza. Los valores situados fuera de este intervalo, siempre que aparezcan individualmente, se considerarán entonces como valores extraños que no se usan para la base de datos del algoritmo de regulación. Este puede ser el caso por ejemplo en caso de procesos extraordinarios como por ejemplo el atasco de válvulas para el suministro de la presión de transporte, una transferencia defectuosa de metal entre el horno de dosificación y la máquina de fundición a presión, congelaciones parciales de la masa fundida en una acanaladura demasiado fría, depósitos en el fondo del horno de dosificación que bloqueen el tubo de dosificación, o similares. Pero también incluye las salpicaduras de molde de aparición menos frecuente, es decir, piezas de fundición en las que a causa de un molde de fundición no estanco escapa masa fundida de metal durante el procedimiento de prensado.

35 Para que en el caso de intervenciones sistemáticas en la máquina y en el procedimiento de fundición a presión, por ejemplo la limpieza o la rellenado del horno, no se tengan en consideración para la formación del valor promedio las correcciones de dosificación que conllevan, este tipo de intervenciones y correcciones de dosificación se tratan como magnitud perturbadora y se regulan automáticamente durante y después de la intervención. Los procedimientos de rellenado pueden detectarse automáticamente mediante la medición del nivel de llenado de masa fundida. Para detectar procedimientos de limpieza es necesaria la confirmación de tal intervención por el usuario de la celda de fundición a presión, por ejemplo oprimiendo un pulsador previsto para ello.

45 En caso de una limpieza de horno como corrección de dosificación sistemática, el peso de dosificación puede regularse automáticamente durante y después de la corrección.

50 En otras correcciones de dosificación sistemáticas como la rellenado de masa fundida, además de una regulación del peso de dosificación también se puede realizar una regulación de un factor de corrección de la compensación de rellenado, el llamado factor Z. Dado que en una compensación por rellenado es un parámetro decisivo la velocidad de llenado y en la compensación se considera el producto del factor de corrección y la velocidad de llenado, una regulación del factor de corrección ofrece ventajas frente a una mera regulación del peso de dosificación.

55 Otra corrección de dosificación sistemática es la compensación del efecto tardío después de un procedimiento de rellenado. Para ello, durante un número determinado de procesos de dosificación se reduce el peso de dosificación ajustado, reduciéndose paulatinamente la reducción. Para ello, además de una regulación del peso de dosificación que evidentemente comprende la reducción descrita, se ofrece una regulación del número de procesos de dosificación que han de ser corregidos.

60 La consecuencia de intervenciones sistemáticas puede ser cuantificada y valorada de manera ventajosa mediante la determinación del peso de dosificación con la ayuda del residuo de prensado. Entre estas figuran tanto la limpieza del tubo de dosificación y de la zona de acanaladura como la compensación de procedimientos de rellenado y los llamados efectos tardíos de los primeros procesos de dosificación después de la rellenado. Estos efectos tardíos se deben a la mezcla de la cantidad residual en el horno con la nueva masa fundida introducida. La valoración de una o varias intervenciones sistemáticas idénticas se puede aplicar de manera ventajosa, mediante la formación de valor promedio o mediante métodos de cálculo integrales, en la formación de nuevos valores de corrección o la mejora de valores de corrección existentes, de tal forma que estos valores de corrección se regulan de manera

correspondiente hacia arriba o abajo por la comparación de los pesos de dosificación correspondientes con el valor teórico (centro del intervalo de tolerancia) durante una intervención sistemática.

De manera especialmente ventajosa, el procedimiento se usa en la fundición a presión de aluminio.

5 Un dispositivo según la invención comprende una celda de fundición a presión con el molde de fundición, una prensa para presionar el metal a presión al interior del molde de fundición y un dispositivo de dosificación para introducir en la prensa la cantidad de metal determinada a través el peso de dosificación, así como una unidad de medición y una unidad de regulación. El objetivo de la unidad de medición es medir continuamente la longitud del residuo de  
10 prensado y transmitir este valor medido a la unidad de regulación. La regulación es realizada a continuación por la unidad de regulación en función de la longitud de residuo de prensado, según el procedimiento que ya se ha descrito anteriormente. El dispositivo de dosificación puede ser un horno de dosificación o un sistema de cazo.

15 En una variante ventajosa, la unidad de regulación está realizada de tal forma a partir de la longitud de residuo de prensado y de parámetros predefinidos como por ejemplo el diámetro de émbolo y la densidad de la aleación empleada, se calcula el peso de la pieza de fundición. La regulación es realizada a continuación por la unidad de regulación en función del peso de la pieza de fundición, según el procedimiento que ya se ha descrito anteriormente.

20 De manera ventajosa, la unidad de regulación está realizada de tal forma que después de varias mediciones se calculan también el valor promedio de la longitud de residuo de prensado o de los pesos de pieza de fundición o una integral a través de los valores de medición de la longitud de residuo de prensado o de los pesos de pieza de fundición, y la regulación se realiza de tal forma que el valor promedio o la integral de la longitud de residuo de  
25 prensado o de los pesos de pieza de fundición se sitúe en el centro de un intervalo de tolerancia admisible predefinido.

Una variante ventajosa del dispositivo prevé que en la unidad de regulación existe un regulador integrante (regulador I) con una constante de amortiguación ajustable, para un seguimiento exacto pero lento de la regulación. De esta manera, especialmente en caso de usar el valor promedio y/o mediante la aplicación de métodos de cálculo integrales se evitan unos saltos demasiado grandes en el peso de dosificación ajustado.

30 En una variante ventajosa, la constante de amortiguación se puede ajustar de tal forma que se pueda prescindir de una formación de valor promedio. En este caso, la intervención del regulador se realiza de manera correspondientemente lenta a través de varios pasos, de tal forma que se consigue el mismo resultado que con la formación de valor promedio más complicada.

35 Los ejemplos de realización de la invención están representados en los dibujos y se describen a continuación con la ayuda de las figuras 1 a 6.

Muestran:

40 la figura 1 una sección transversal de un molde de fundición de una celda de fundición a presión y un dispositivo de dosificación con una unidad de medición y de regulación,  
la figura 2 un diagrama de flujo de un procedimiento de regulación,  
la figura 3 un diagrama de flujo de un procedimiento de regulación con un elemento de integración con  
45 formación de valor promedio,  
la figura 4 un diagrama de flujo de un procedimiento de regulación con un elemento de integración sin formación de valor promedio,  
la figura 5 un diagrama de flujo de un procedimiento de regulación con correcciones de dosificación sistemáticas,  
50 la figura 6 una representación esquemática de una regulación de los pesos de dosificación ajustados en función de los pesos de dosificación reales de las piezas de fundición fundidas.

En la figura 1 está representada una celda de fundición a presión para la fundición a presión de aluminio con un molde de fundición 1, un émbolo de presión 2, una pieza de fundición 3 y un residuo de prensado 4 en sección  
55 transversal. La longitud de residuo de prensado 5 marcada por la doble flecha es medida por una unidad de medición 6 representada esquemáticamente y es transferida a una unidad de regulación 7. Dicha unidad de regulación 7 está conectada a un dispositivo de dosificación 8, aquí un horno de dosificación que conduce la masa fundida a la cámara de fundición donde es introducida a presión en el molde de fundición 1 por el émbolo de presión 2. En lugar de un horno de dosificación también se puede usar otro dispositivo de dosificación 8, por ejemplo un  
60 sistema de cazo. Después de la solidificación del metal formando la pieza de fundición 3, esta se puede extraer del molde de fundición 1. Una vez finalizada la fundición a presión, en la pieza de fundición 3 queda una mazarota de la pieza de fundición 3, que comprende el llamado residuo de prensado 4, y el residuo de prensado 4 se elimina de esta antes de la realización del siguiente paso de fundición. La longitud de dicho residuo de prensado 4, la longitud de residuo de prensado 5, se mide y se usa para calcular el peso de dosificación. El cálculo del peso de dosificación  
65 se realiza con una fórmula del tipo:

$$PD_{\text{actual}} = PD_{\text{promedio}} + \{(RP_{\text{actual}} - RP_{\text{promedio}}) \cdot (\pi / 4) \cdot d^2 \cdot \rho\}$$

En esta,  $PD_{\text{actual}}$  designa el peso de dosificación de la última pieza de fundición 3 fundida,  $PD_{\text{promedio}}$  designa el peso de dosificación promedio, produciéndose con este peso de dosificación un residuo de prensado promedio de la longitud  $RP_{\text{promedio}}$ ,  $RP_{\text{actual}}$  designa la longitud de residuo de prensado de la última pieza de fundición 3 fundida,  $RP_{\text{promedio}}$  designa la longitud de residuo de prensado que resulta del valor promedio de los límites superior e inferior del intervalo de tolerancia,  $d$  designa el diámetro del émbolo y  $\rho$  designa la densidad del metal empleado. Además de los procedimientos mencionados para el cálculo del peso de dosificación, el peso de dosificación también puede realizarse mediante una evaluación de una combinación de datos de residuo de prensado medidos y otros datos de proceso como por ejemplo temperaturas de molde de fundición especiales. Si la longitud de residuo de prensado 5 actual es demasiado corta, se aumenta el peso de dosificación para los siguientes pasos de fundición, si la longitud de residuo de prensado 5 es demasiado larga, el peso de dosificación se reduce correspondientemente. El metal empleado para la realización del procedimiento comprende aluminio.

En la figura 2 está representado un diagrama de flujo del procedimiento de regulación. La regulación comienza con la medición de la longitud de residuo de prensado 5. Después, a partir del valor de medición obtenido y de otros parámetros considerados como constantes se calcula el peso de una pieza de fundición 3. En el siguiente paso se comprueba si el peso calculado está situado dentro de un intervalo de confianza predefinido. Si no es el caso, se ha de comprobar si el valor determinado se debe a una corrección de dosificación sistemática como por ejemplo una limpieza de horno. Si es el caso, se realiza un seguimiento que se describe en explícita en la figura 5.

En cambio, si el valor no se debe a una corrección de dosificación sistemática, se ha de comprobar si también precursores directos del valor actual estaban situados fuera del intervalo de confianza. En caso afirmativo, se realiza un seguimiento del peso de dosificación en varios pasos de fundición, ya que en los valores de medición se trata de una desviación sistemática y se requiere un seguimiento del valor teórico para la reducción del número de piezas de desecho. En cambio, si solo un valor individual se encuentra fuera del intervalo de confianza, este es considerado como valor extraño por el sistema y no se realiza un seguimiento del valor promedio. Para no falsificar la formación de un valor promedio, el valor extraño tampoco se utiliza para el cálculo de un valor promedio de los pesos de pieza de fundición 10 en los pasos de fundición siguientes.

Si el peso de pieza de fundición calculado se sitúa dentro del intervalo de confianza, a partir del peso de pieza de fundición actual y de pesos de pieza de fundición determinados ya se forma un valor promedio 10 como valor real del circuito de regulación. Dicho valor promedio 10 puede ser calculado solo después de un número mínimo predefinido de mediciones, aunque también puede ser formado de manera continua a partir de todas las mediciones o solo de un número seleccionado de mediciones. A partir de este valor real se calcula la diferencia con respecto al valor promedio del intervalo de tolerancia, definido por los límites superior e inferior 9 del intervalo, y se calcula su valor. Si el valor de la diferencia es inferior a un valor definido, el procedimiento de fundición se realiza sin modificar el peso de dosificación.

Sin embargo, si el valor de la diferencia supera un valor fijado, se sigue comprobando si un número determinado de importes de las diferencias anteriores igualmente supera dicho valor. Si no es el caso, se sigue comprobando si los signos de las diferencias anteriores son idénticos entre sí e idénticos al signo de la diferencia producida actualmente. En caso afirmativo, se realiza un seguimiento del peso de dosificación en varios pasos de fundición, ya que en este caso existe una deriva sistemática en una dirección, en caso contrario, el procedimiento de fundición se inicia con el peso de dosificación ajustado, ya que no se puede observar ninguna deriva unívoca en una dirección. El seguimiento del peso de dosificación se realiza aquí y en los ejemplos de realización siguientes mediante el reajuste de un parámetro de ajuste, por ejemplo a través de una integral de presión-tiempo durante un procedimiento de fundición.

Si las diferencias anteriores no sobrepasan el valor de la diferencia determinada actualmente entre el valor real y el valor promedio del intervalo de tolerancia, igualmente se debe iniciar el procedimiento de fundición con el valor ajustado.

El seguimiento del peso de dosificación debe realizarse durante varios pasos de fundición. Para ello, en primer lugar, mediante la división de la diferencia entre el valor real y el valor promedio del intervalo de tolerancia por el número de pasos deseados a través de los que se debe realizar un seguimiento, se forma una magnitud de corrección por la que ha de cambiarse el peso de dosificación en los pasos de fundición siguientes. Dado que, sin embargo, también han tenerse en cuenta magnitudes de corrección de seguimientos anteriores, estas se computan aritméticamente y de esta manera se obtiene la magnitud de corrección decisiva en el paso de fundición. Adicionalmente, se comprueba si la magnitud de corrección obtenida de esta manera es suficientemente pequeña, es decir, si el ancho de paso no sobrepasa un valor determinado. En caso contrario, el ancho de paso se pone al valor máximo admisible y el número de pasos a través de los que debe realizarse el seguimiento se aumenta automáticamente de manera correspondiente.

El dispositivo para la regulación empleado para el procedimiento puede ser un procesador conectado a la celda de

fundición a presión a través de una interfaz. Pero alternativamente, el dispositivo para la regulación también puede estar acoplado directamente a la unidad de control de la máquina de fundición a presión.

5 La figura 3 muestra en una representación esquemática un diagrama de flujo del procedimiento de regulación con un elemento de integración y la formación de un valor promedio. La diferencia con el procedimiento representado en la figura 2 que utiliza solo la formación de valor promedio consiste en el uso de un elemento de integración. Tras la formación de la diferencia entre el valor real calculado como valor promedio 10 y el valor promedio del intervalo de tolerancia se realiza un procesamiento de la diferencia en el elemento de integración. La corrección se realiza de tal forma que la diferencia se multiplica por un factor de amortiguación 1/D y se suma a la diferencia determinada en el paso anterior:

$$DifDos_{(i)} = DifDos_{(i-1)} + 1/D \cdot Dif$$

15 Aquí,  $DifDos_{(i)}$  es la diferencia definida de forma recursiva entre el valor teórico y el valor real y, que se aplica para el ajuste del peso de dosificación, mientras que  $Dif$  representa la diferencia determinada actualmente. El factor de amortiguación 1/D corresponde entonces al llamado tiempo de reajuste 1/T<sub>N</sub> en un regulador integrante clásico. El peso de dosificación que ha de ser ajustado se calcula entonces de forma recursiva a través de la siguiente fórmula:

$$AjusteDos_{(i+1)} = AjusteDos_{(i)} + DifDos_{(i)}$$

20  $AjusteDos_{(i)}$  es la definición del peso de dosificación que ha de ser ajustado. Una corrección paso a paso se realiza en este procedimiento integral por el factor de amortiguación 1/D que, en caso de una elección correspondiente, pondera solo de forma baja las diferencias entre los valores teórico y real. Solo si durante varios pasos existen diferencias con el mismo signo, se suma la diferencia y la intervención es mayor. En caso de fluctuaciones estadísticas alrededor de un valor promedio, estas se anulan al sumarse y no se produce ninguna intervención. Por 25 el uso del elemento de integración y la formación de un valor promedio, los errores estadísticos se tienen en consideración de manera especial en cuanto al procedimiento de regulación.

30 En la figura 4 está representada una alternativa al procedimiento descrito en la figura 3, en el que usando un regulador integrante se prescinde de la formación de un valor promedio. En este caso es necesario elegir correspondientemente pequeño el factor de amortiguación y por tanto correspondientemente grande la variable D. De esta manera, se produce una intervención lenta del regulador que tiene un efecto similar a la consideración del valor promedio, pero se puede realizar de manera más fácil.

35 La figura 5 representa un procedimiento de regulación con correcciones de dosificación sistemáticas como diagrama de flujo. Si una corrección de dosificación sistemática como un procedimiento de limpieza es confirmada por el usuario, el aumento promedio del peso de dosificación ajustado se determina mediante el cálculo de una recta de compensación por la secuencia de los pesos de dosificación ajustados entre el último procedimiento de limpieza y el procedimiento de tiempo de limpieza actual. Después del procedimiento de limpieza actual, este aumento promedio del peso 40 de dosificación actual se resta del peso de dosificación ajustado actualmente para que vuelva a corresponder a las condiciones de un tubo de dosificación limpio.

Un procedimiento de rellenado no es confirmado por el usuario, sino que se detecta por la medición del aumento de presión hidrostática de la masa fundida del horno, que se sobrepone sobre la presión interna del horno. Por el 45 aumento de presión se produce un mayor caudal másico de la masa fundida dosificada, que se corrige mediante la reducción del tiempo de dosificación o la reducción de la integral de presión. Con ello está relacionada la captación de la velocidad de llenado, es decir, el aumento del nivel de llenado por unidad de tiempo. Según el estado de la técnica, una compensación de rellenado de este tipo se calcula de la siguiente manera:

$$50 \int (Pdt)_{\text{Dosificación con rellenado}} = \int (Pdt)_{\text{Dosificación sin rellenado}} \cdot (1 - Z \cdot \Delta h / \Delta t)$$

Z es aquí el factor de corrección a ajustar de la compensación de rellenado, por el que se multiplica la velocidad de rellenado. Este factor se determina empíricamente para cada horno y se optimiza. Usando el procedimiento según la invención, en caso de un rellenado se pueden reajustar de forma automatizada no solo el peso de dosificación, sino 55 también el factor de corrección.

Una corrección de efecto tardío corrige el peso de dosificación ajustado de los procesos de dosificación a continuación del rellenado. A través de un número determinado de procesos de dosificación, el peso de dosificación ajustado se reduce en pasos decrecientes, por ejemplo según la siguiente fórmula:

$$60 \text{PesoDos}_{(i)}^{\text{Corrección de efecto tardío}} = \text{PesofDos}_{\text{ajustado}} - (\text{Reducción\_kg} \cdot (n - i + 1) / n)$$

n designa aquí el número de procesos de dosificación durante los que se realiza una corrección, i es el índice continuo que va de 1 a n,  $\text{Reducción\_kg}$  es el valor de ajuste para una reducción del peso de dosificación, 65  $\text{PesoDos}_{\text{corrección de efecto tardío}}$  y  $\text{PesoDos}_{\text{ajustado}}$  designan el peso de dosificación a ajustar o ajustado en una corrección

de efecto tardío. Al realizar un procedimiento según la invención con detección de residuo de prensado, por lo tanto, los valores de corrección  $n$  y *Reducción\_kg* pueden ser optimizados automáticamente, en lugar de variar directamente el peso de dosificación ajustado.

- 5 La figura 6 muestra en una representación esquemática una regulación de los pesos de dosificación ajustados en función de los pesos de dosificación reales de las piezas de fundición 3 fundidas. En la figura 6a) está representada la evolución de los pesos de dosificación ajustados durante la realización de la regulación, mientras que la figura 6b) muestra los pesos de las piezas de fundición 3 fundidas, calculados a partir del residuo de prensado 4, así como los límites 9 del intervalo de tolerancia. Dentro de los límites 9 superior e inferior varía el peso real de las piezas de fundición 3, calculado a partir del residuo de prensado 4. El valor promedio 10 de los pesos de pieza de fundición reales se mantiene en el centro del intervalo de tolerancia por la regulación de los pesos de dosificación. Dado que todos los pesos de pieza de fundición pueden mantenerse dentro de los límites 9 del intervalo de tolerancia, en el caso representado en la figura 6 no se producen piezas de desecho. Las diferencias de peso entre el peso de dosificación ajustado y el peso calculado de las piezas de fundición fundidas resultan por ejemplo por metal que se ha depositado dentro del tubo de dosificación o que se queda en la acanaladura. Este metal, a pesar de haber sido dosificado, no ha llegado a la cámara de fundición. Los depósitos de óxido en el canto de paso del tubo de dosificación cambian el nivel de presión hidrostática de referencia e igualmente repercuten en el peso de dosificación. También sería posible que se está usando un nuevo tubo de dosificación con medidas distintas o que se está produciendo una mezcla de la nueva masa fundida introducida y la que aún permanece en el sistema, lo que altera las características de la masa fundida.

**Lista de signos de referencia:**

- |      |  |
|------|--|
| 1    | Molde de fundición   |
| 25 2 | Émbolo de presión  |
| 3    | Pieza de fundición   |
| 4    | Residuo de prensado  |
| 5    | Longitud de residuo de prensado                                |
| 6    | Unidad de medición   |
| 30 7 | Unidad de regulación   |
| 8    | Dispositivo de dosificación                                    |
| 9    | Límite del intervalo de tolerancia                             |
| 10   | Valor promedio de los pesos de pieza de fundición (valor real) |



REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la regulación de la dosificación de metal en la fabricación de una multiplicidad de piezas de fundición (3) con una celda de fundición a presión, en el que una cantidad de metal líquido, determinada en cada caso a través de su peso de dosificación, se introduce en una cámara de llenado y con un émbolo de presión (2) se presiona al interior de un molde de fundición (1) y en el molde de fundición (1) se solidifica formando una de las piezas de fundición (3), comprendiendo el procedimiento una regulación de una longitud de residuo de prensado (5) con los siguientes pasos:
- a) la medición continua de la longitud de residuo de prensado (5) como longitud de un residuo de prensado (4) de las piezas de fundición (3) fabricadas;
  - b) la determinación de una diferencia de regulación mediante la comparación de la longitud de residuo de prensado (5), o de una magnitud derivada a partir de ello, con un valor promedio de un intervalo de tolerancia;
  - c) el ajuste de un parámetro de ajuste de la celda de fundición a presión que influye en el peso de dosificación en función de la diferencia de regulación determinada, de tal forma que se minimiza la diferencia de regulación,
- siendo compensado automáticamente un cambio de la cantidad de dosificación resultante de una corrección de dosificación sistemática predefinida.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** únicamente se realiza un seguimiento del peso de dosificación ajustado para la regulación de la longitud de residuo de prensado (5), si una diferencia, que define la diferencia de regulación, entre la longitud de residuo de prensado (5) o la magnitud derivada de esta y el valor promedio del intervalo de tolerancia sobrepasa un valor máximo predefinido.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la magnitud derivada, empleada para la determinación de la diferencia de regulación, está dada por la longitud de residuo de prensado (5) promediada o integrada a través de varias piezas de fundición (3).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la magnitud derivada está dada por un peso de pieza de fundición o un peso de pieza de fundición promediado o integrado a través de varias piezas de fundición (3), calculándose el peso de pieza de fundición a partir de la longitud de residuo de prensado (5) y parámetros predefinidos.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizado por que** un valor promedio (10) formado o una integral formada para la determinación de la magnitud derivada se calculan continuamente a través de todas las piezas de fundición (3) o en cada caso a través de un número predefinido de piezas de fundición (3) fabricadas previamente.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado por que** durante el cálculo del valor promedio (10) o de la integral no se tienen en consideración valores del residuo de prensado o de la magnitud derivada de este situados fuera de un intervalo predefinido.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el ajuste del parámetro de ajuste está basado en una evaluación de una combinación de longitudes de residuo de prensado (5) medidas y otros datos de proceso.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el parámetro de ajuste es una integral de presión-tiempo definida a través de un proceso de dosificación en un horno de dosificación.
9. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se realiza la corrección de dosificación sistemática mediante una limpieza de horno o un rellenado de masa fundida.
10. Dispositivo para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende una celda de fundición a presión con un molde de fundición (1), una prensa para presionar el metal al interior del molde de fundición (1) y un dispositivo de dosificación (8) para introducir en la prensa la cantidad de metal determinada a través del peso de dosificación, así como una unidad de medición (6) y una unidad de regulación (7), estando realizada la unidad de medición (6) para medir continuamente la longitud del residuo de prensado (4) y transmitirla a la unidad de regulación (7), y estando realizada la unidad de regulación (7) para la determinación de la diferencia de regulación mediante la comparación de la longitud de residuo de prensado (5), o de una magnitud derivada de esta, con el valor promedio de un intervalo de tolerancia y para el ajuste de un parámetro de ajuste de la celda de fundición a presión, que influye en el peso de dosificación, en función de la diferencia de regulación determinada, de tal forma que se minimiza la diferencia de regulación, estando realizado el dispositivo para compensar automáticamente un cambio de cantidad de dosificación que resulta por una corrección de dosificación sistemática predefinida.
11. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado por que** el dispositivo de dosificación (8) es un horno de

dosificación o un sistema de cazo.

- 5 12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizado por que** la unidad de regulación (7) está realizada para calcular a partir de la longitud del residuo de prensado (4) y de parámetros predefinidos el peso de pieza de fundición, y por que el peso de dosificación puede ser ajustado por la unidad de regulación (7) en función del peso de pieza de fundición calculado, de tal forma que el peso de pieza de fundición se sitúe en el centro de un intervalo de tolerancia admisible predefinido.
- 10 13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado por que** la unidad de regulación (7) está realizada para formar a partir de una pluralidad de residuos de prensado (4) o de pesos de pieza de fundición un valor promedio (10) o una integral, y por que el peso de dosificación puede ser ajustado por la unidad de regulación (7) en función del valor promedio (10) o la integral formados, de tal forma que el valor promedio (10) o la integral de los pesos de pieza de fundición se sitúen en el centro de un intervalo de tolerancia admisible predefinido.
- 15 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado por que** la unidad de regulación (7) comprende un regulador integrante con una constante de amortiguación ajustable para la regulación de los pesos de dosificación.

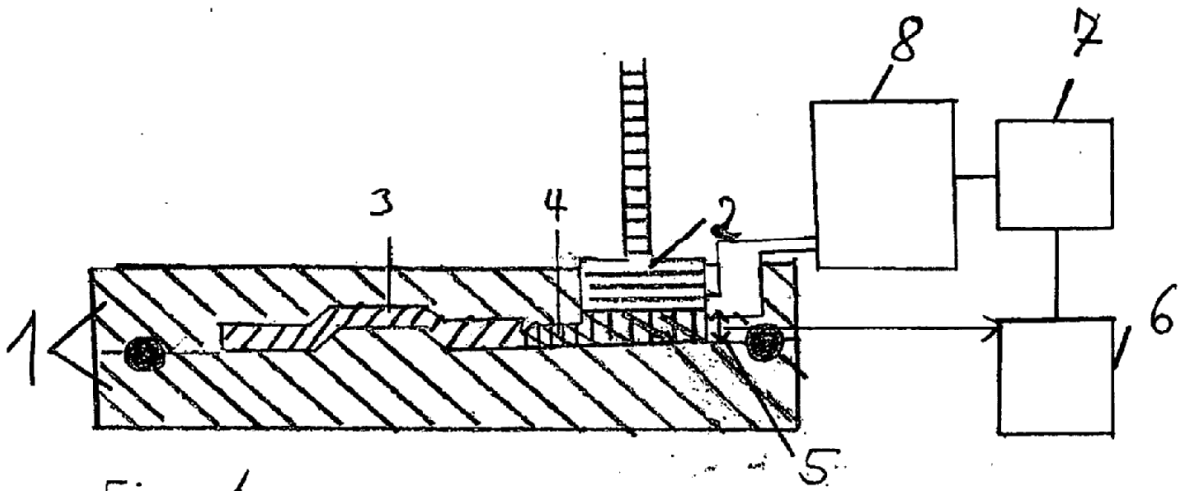


Fig. 1

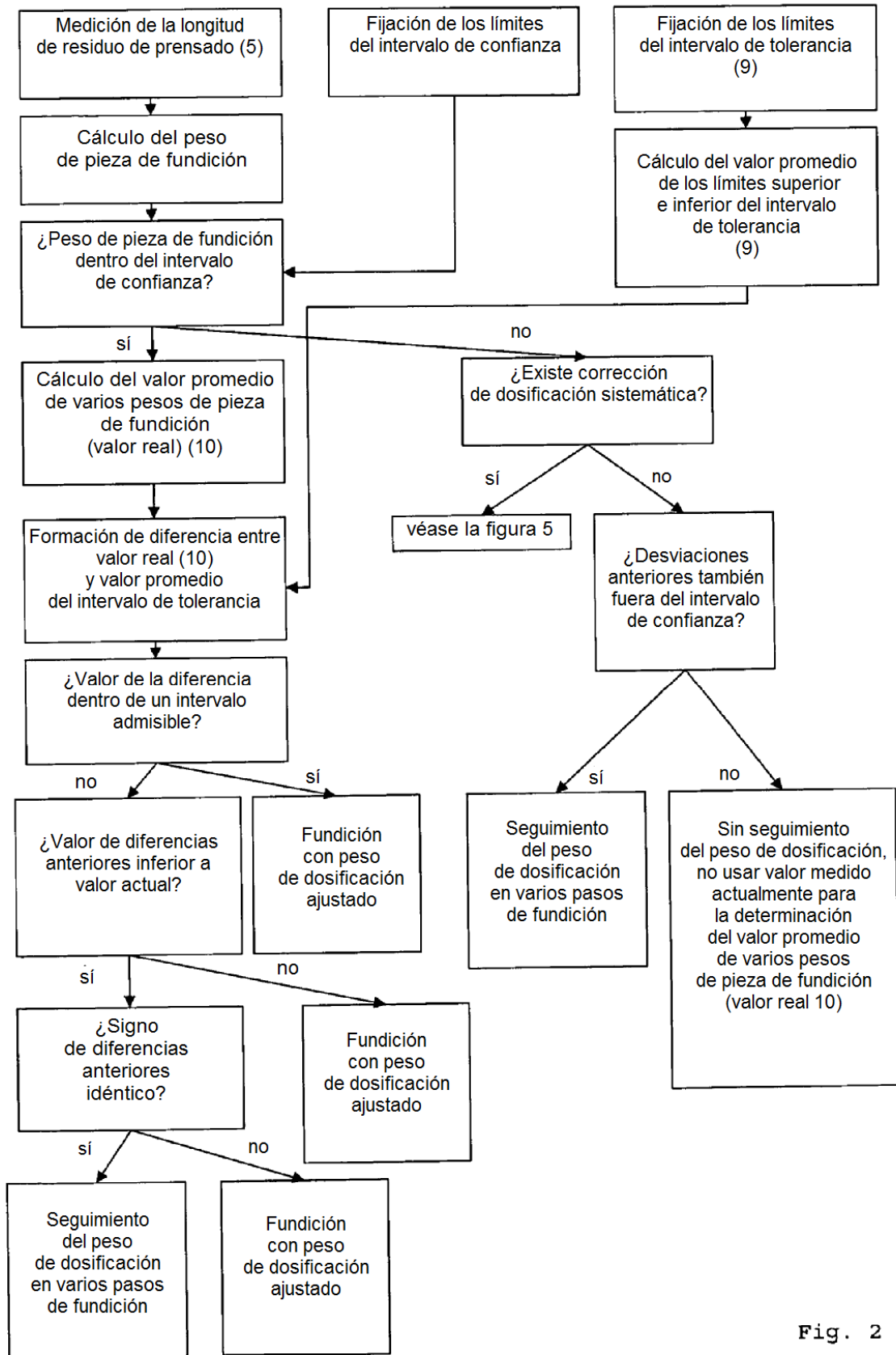


Fig. 2

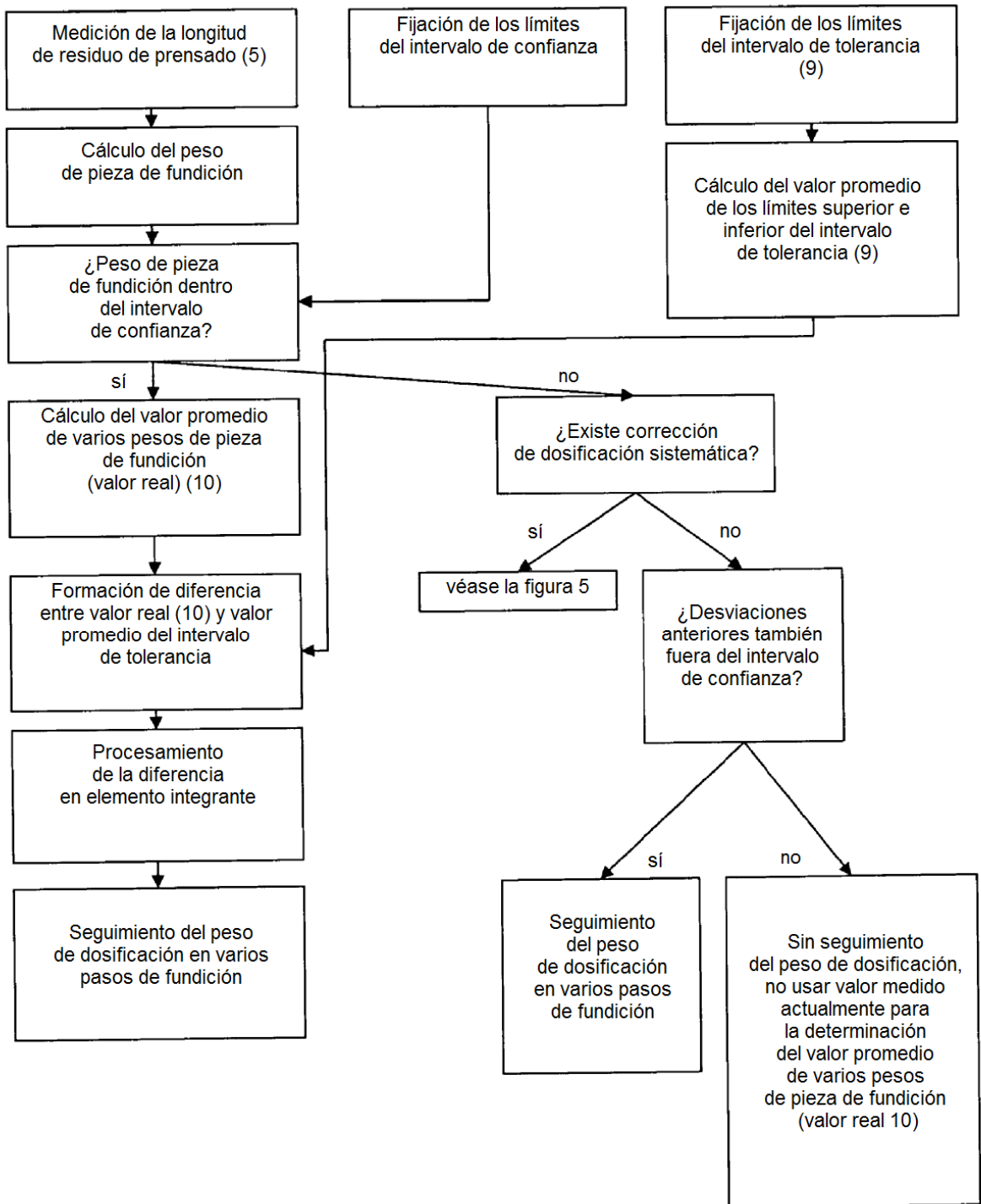


Fig. 3

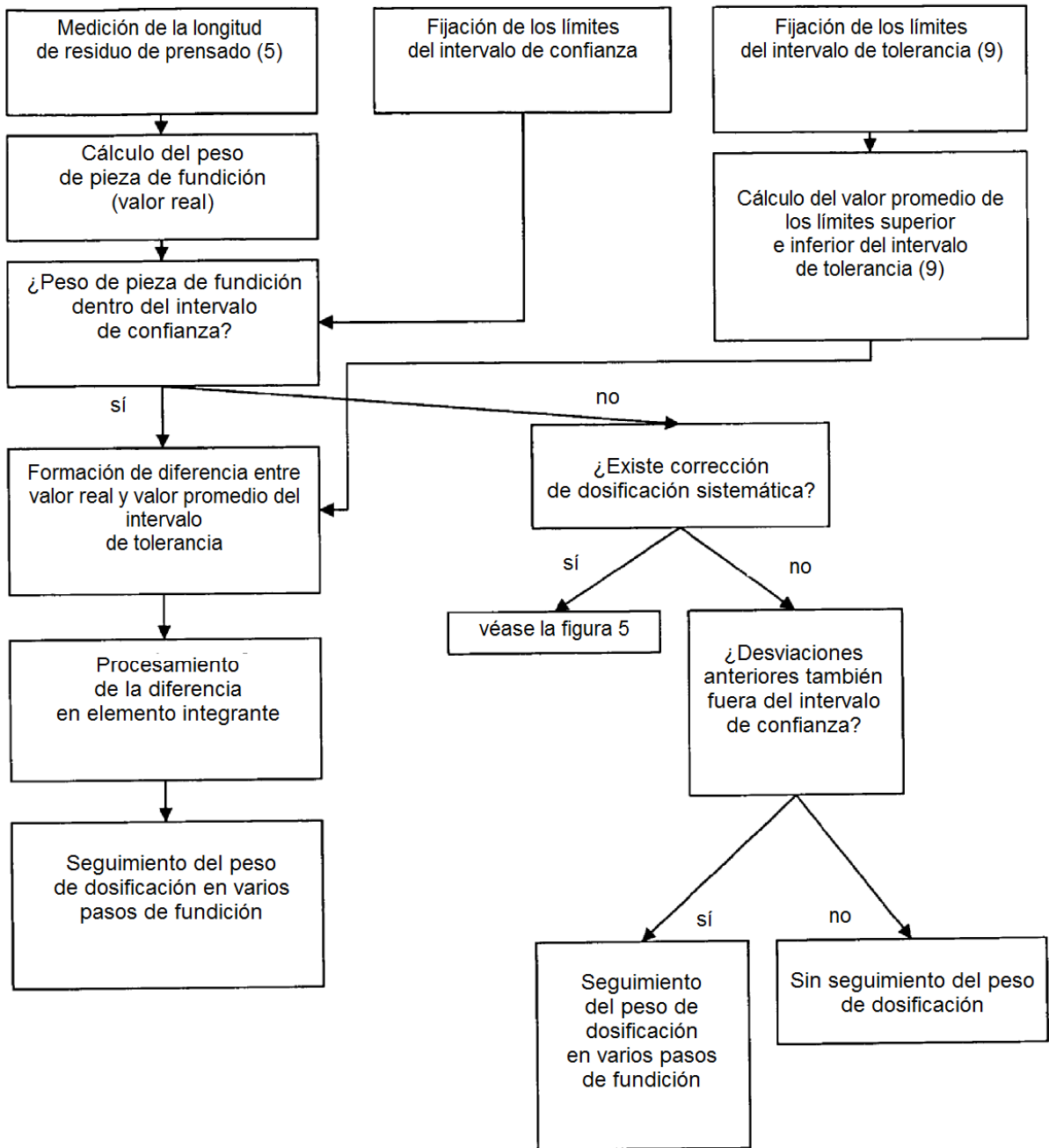


Fig. 4

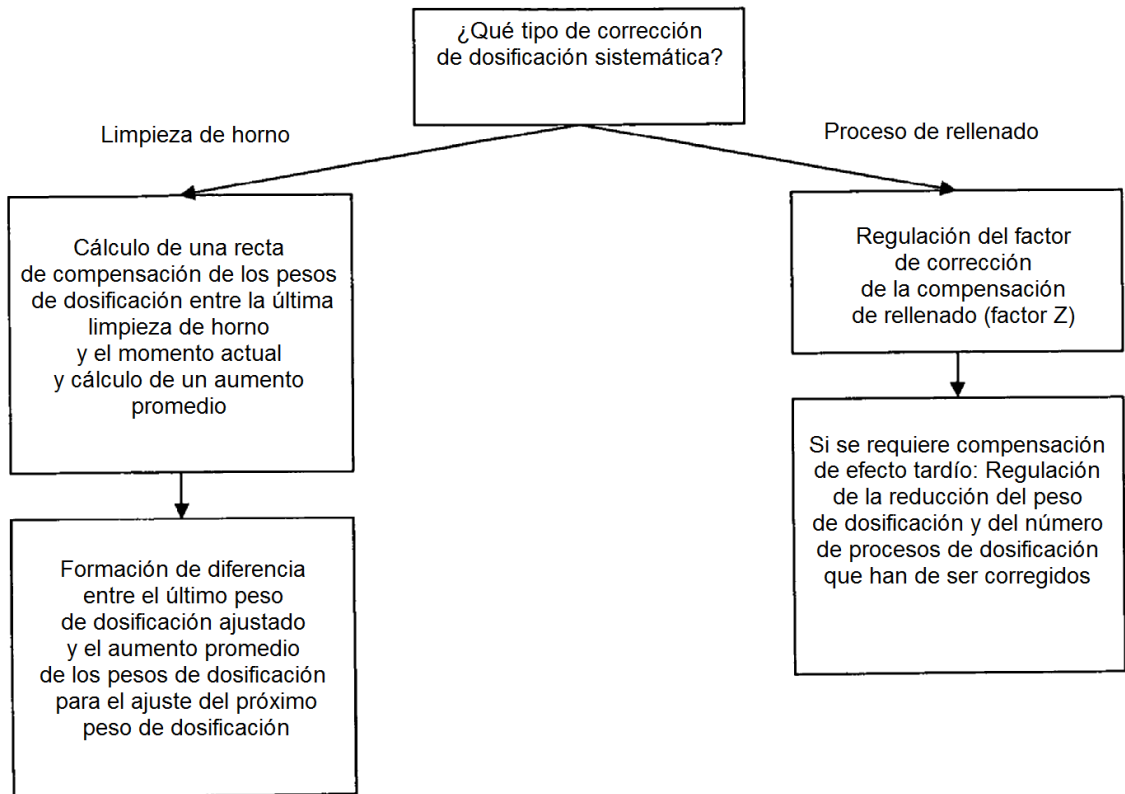


Fig. 5

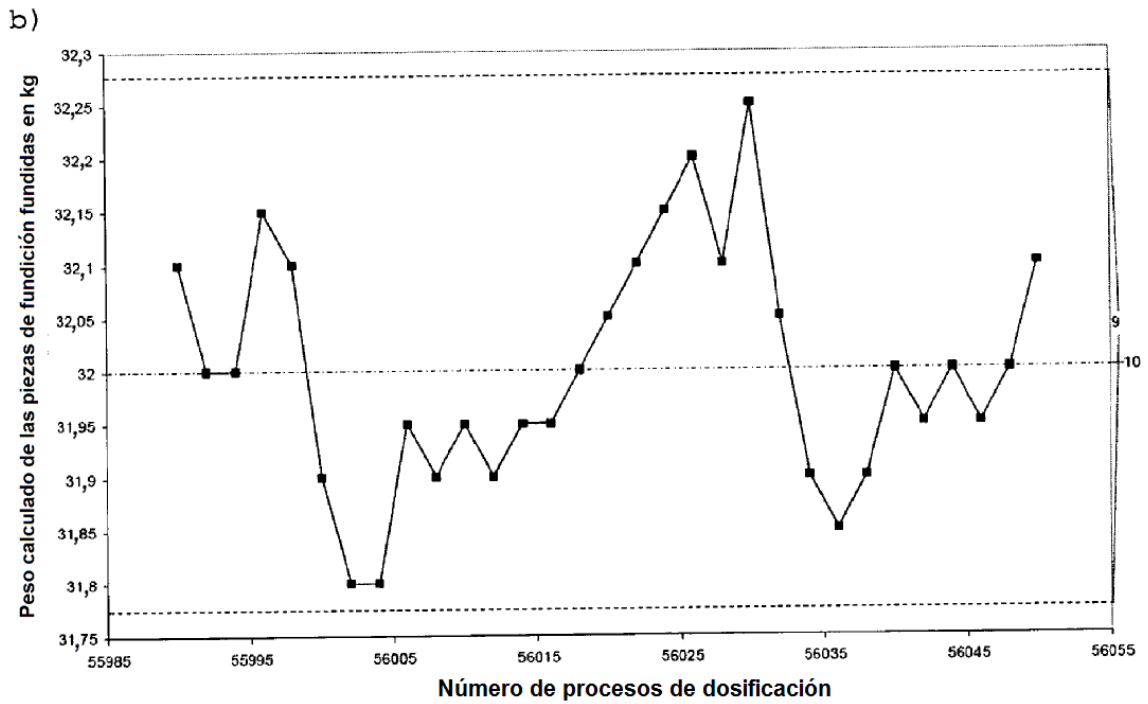
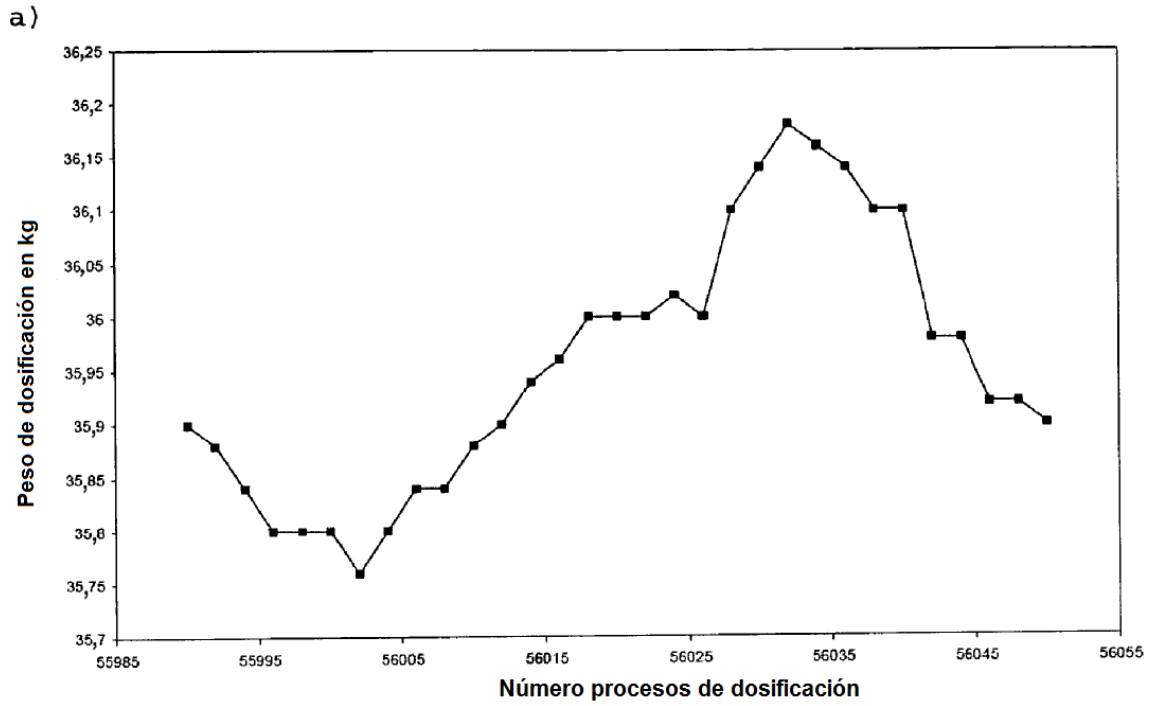


Fig. 6