

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 945 693**

51 Int. Cl.:

B30B 15/00 (2006.01)

B30B 15/26 (2006.01)

H01R 43/048 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2014** **E 14172366 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2023** **EP 2821215**

54 Título: **Procedimiento de conformación con regulación de una característica geométrica de una pieza de trabajo y dispositivo para el mismo**

30 Prioridad:

13.06.2013 DE 102013211045

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

05.07.2023

73 Titular/es:

**OTTO BIHLER HANDELS-BETEILIGUNGS-GMBH
(100.0%)**

**Lechbrucker Strasse 15
87642 Halblech, DE**

72 Inventor/es:

**MUCHE, NORBERT y
MALDONER, PAUL**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 945 693 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 de conformación con regulación de una característica geométrica de una pieza de trabajo y dispositivo para el mismo

La invención se refiere a un procedimiento para la realización de un proceso de conformación por medio de un dispositivo de conformación, que comprende una unidad de control, al menos una herramienta de conformación y al menos una contraherramienta para conformar una pieza de trabajo a partir de una materia prima, así como una unidad de movimiento para el movimiento de la herramienta de conformación y de la contraherramienta en relación entre sí. La unidad de control controla la unidad de movimiento predeterminando una magnitud de ajuste y_{RS} de tal manera que la herramienta de conformación y/o la contraherramienta para el movimiento se acciona a una posición de conformación o para alcanzar una fuerza de conformación, para dotar a la pieza de trabajo mediante sollicitación con la herramienta de conformación y la contraherramienta de una característica geométrica predeterminada. Además, la invención se refiere a un dispositivo para la realización de un proceso de conformación. La invención se refiere en particular a un procedimiento para la realización en serie de procesos de conformación iguales en piezas de trabajo iguales a partir de una materia prima por medio de un dispositivo de conformación, realizándose en cada proceso de conformación varias etapas de conformación en la respectiva pieza de trabajo, comprendiendo el dispositivo de conformación una unidad de control, al menos una herramienta de conformación y al menos una contraherramienta para conformar la pieza de trabajo en una respectiva etapa de conformación, así como una unidad de movimiento para el movimiento de la respectiva herramienta de conformación y contraherramienta en relación entre sí en la etapa de conformación en cuestión, controlándose para la realización de una etapa de conformación actual que sigue directamente a una primera etapa de conformación o dado el caso tras al menos una etapa de conformación adicional la unidad de movimiento por la unidad de control con una magnitud de ajuste y_{RS} , de tal manera que se acciona una herramienta de conformación que debe moverse para la realización de la etapa de conformación actual y/o la contraherramienta en cuestión para el movimiento a una posición de conformación o para alcanzar una fuerza de conformación, para dotar a la pieza de trabajo mediante sollicitación con esta herramienta de conformación y la contraherramienta de una característica geométrica predeterminada.

La invención trata de un procedimiento de producción en masa de piezas de trabajo conformadas, pudiendo comprender el proceso de conformación al menos una etapa de flexión.

Se conocen máquinas de conformación, con las que puede tronzarse una materia prima por ejemplo de una bobina y conformarse, para producir un gran número de piezas de trabajo iguales. Un ejemplo de una máquina de este tipo es la Bihler BIMERIC BM 306 de Otto Bihler Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Halblech. Para alcanzar las tolerancias predeterminadas de características geométricas de una pieza de trabajo, en las máquinas conocidas hasta la fecha es habitual, tras la inserción de las herramientas de conformación y contraherramientas correspondientes, configurar la máquina. Esto significa que se ajustan ajustes de las posiciones de herramienta, recorridos de avance, fuerzas de compresión y similares de modo que la característica geométrica de la pieza de trabajo producida en serie incluyendo su anchura de distribución se encuentre dentro de una banda de tolerancia predeterminada. La operación de configuración está asociada habitualmente con conformaciones de prueba recurrentes. En total, la operación de configuración requiere mucho tiempo y con ello es costosa, lo que representa una desventaja para el funcionamiento de una máquina de conformación de este tipo. En procedimientos de conformación con procesos de conformación periódicos para la producción de piezas de trabajo iguales se desea habitualmente que las piezas de trabajo presenten tras el proceso de conformación desviaciones de forma lo más reducidas posible con respecto a una forma teórica. El documento US-A-5857366 describe un procedimiento y un dispositivo de conformación para conformar una pieza de trabajo individual, con una unidad de control, midiéndose el ángulo de flexión y detectándose la presión.

El objetivo de la presente invención es crear un procedimiento, con el que puedan producirse piezas de trabajo con menor tolerancia de desviación de forma en el funcionamiento en masa y con el que pueda simplificarse la configuración del dispositivo.

Para alcanzar de manera preferida este objetivo se propone un procedimiento según la reivindicación 1.

El objeto de la invención es un procedimiento para la realización de un proceso de conformación, en el que el control de la unidad de movimiento tiene lugar teniendo en cuenta las magnitudes detectadas desde el punto de vista de la técnica de medición, que influyen a la hora de alcanzar las características geométricas predeterminadas de la pieza de trabajo. Con el acoplamiento retroactivo de un valor medido al control de la unidad de movimiento es posible reaccionar a fluctuaciones de las condiciones de proceso. De manera especialmente preferible, el proceso de conformación es un proceso de conformación que se repite de la misma manera, pero no necesariamente de manera idéntica.

Según la invención se aprovecha que el proceso de conformación y en particular alcanzar la característica geométrica predeterminada puede caracterizarse especialmente bien mediante la medición de las siguientes magnitudes:

- una fuerza de conformación ejercida por medio del dispositivo de conformación sobre la pieza de trabajo o

una magnitud que depende de la misma y/o

- una temperatura del dispositivo de conformación
- y/o una característica geométrica de la pieza de trabajo y/o una característica geométrica de una pieza de trabajo conformada por medio del dispositivo de conformación en un proceso de conformación precedente.

5 Se ha mostrado que puede alcanzarse un comportamiento de regulación especialmente ventajoso cuando durante el control de la unidad de movimiento se tiene en cuenta, además de al menos una de las magnitudes mencionadas anteriormente, una fuerza de conformación, que se midió durante la conformación de la pieza de trabajo en una etapa de conformación precedente a la etapa de conformación actual en el proceso de conformación actual o dado el caso en un proceso de conformación precedente. Preferiblemente, en el caso de esta fuerza de conformación se trata de una fuerza de conformación grande en comparación con otras fuerzas de conformación en el proceso de conformación, en particular la más grande hasta la etapa de conformación actual, siendo la etapa de conformación actual preferiblemente la etapa de conformación final en el proceso de conformación actual. En las reivindicaciones 8 y 9 se indican ejemplos de en qué manera puede tenerse en cuenta en el proceso de regulación una fuerza de conformación de este tipo medida en una etapa de conformación precedente. Siempre que en la pieza de trabajo se realicen etapas de conformación temporalmente en paralelo, puede tenerse en cuenta también o alternativamente un valor de fuerza de conformación de una etapa de conformación en la regulación de otra etapa de conformación actual.

20 Una magnitud que depende de la fuerza de conformación puede ser por ejemplo una fuerza que, además de la fuerza de conformación, contiene todavía otras fuerzas, por ejemplo, fuerzas de aceleración de herramientas. Además, para la medición de la fuerza de conformación o de una fuerza, que comprende la fuerza de conformación puede recurrirse también a una magnitud de otro tipo, por ejemplo, una deformación u otra magnitud que depende de la fuerza.

25 Una temperatura del dispositivo de conformación es relevante, porque debido a dilataciones térmicas de partes de o todo el dispositivo de conformación pueden producirse desviaciones en su geometría. En particular, cuando debe fabricarse una pieza de trabajo con tolerancias reducidas, incluso desviaciones pequeñas de la geometría de la máquina pueden conducir a desecho. Por tanto, una temperatura del dispositivo de conformación puede no solo ser la temperatura de toda la máquina, que por ejemplo tras una parada prolongada puede ser aproximadamente uniforme, sino también la temperatura de partes individuales de la máquina de conformación, en particular de partes que se calientan de manera especialmente intensa durante el funcionamiento. Estas son, por ejemplo, un motor de accionamiento NC, un engranaje, en particular un engranaje de husillo-tuerca, que transforma un giro de motor en un movimiento lineal, o herramientas o partes de herramienta, que pueden calentarse debido a la solicitud de conformación. También es concebible medir varias temperaturas e incorporarlas promediadas o individualmente al control o a la regulación del proceso de conformación, por ejemplo, como una o varias ramas de acoplamiento retroactivo de una regulación.

35 Una característica geométrica de la pieza de trabajo se refiere en particular a una característica, que se modifica de manera especialmente intensa debido al proceso de conformación. Mediante tales características geométricas puede estimarse especialmente bien el proceso de conformación. Sin embargo, de manera especialmente preferible se recurre a características geométricas de la pieza de trabajo, para las que deben alcanzarse tolerancias predeterminadas. En particular puede recurrirse a una característica geométrica, que se ha generado en un proceso de conformación precedente al proceso de conformación actual, para la regulación del proceso de conformación actual. De esta manera puede tenerse en cuenta de nuevo una influencia sobre el proceso de conformación, que ya ha existido previamente, de modo que de esa manera la regulación continua de las influencias basada en valores de medición actuales trabaje ya más cerca del valor teórico que debe alcanzarse. También es concebible regular no solo una característica geométrica de la pieza de trabajo, sino varias. Para ello puede recurrirse varias veces a los mismos valores de medición, en particular características ya determinadas de una materia prima, o a diferentes valores de medición. Características geométricas generadas sucesivamente en el desarrollo del proceso de conformación pueden regularse en cada caso individualmente. Sin embargo, también es concebible influir a modo de regulación con la misma medida en varias características geométricas al mismo tiempo, en particular en el caso de la producción simultánea de varias características geométricas. Con un control de la unidad de movimiento, en cuyo caso se trata preferiblemente de al menos un accionamiento NC electromotor, quiere decirse predeterminar un movimiento o una posición que debe alcanzarse o la especificación de una fuerza, en particular una fuerza máxima, en el sentido de la especificación de una magnitud de ajuste para un tramo de regulación. De ese modo puede influirse en el resultado de conformación.

55 Como unidad de movimiento para aplicar fuerzas de conformación o para alcanzar una posición de conformación con la herramienta de conformación y/o la contraherramienta puede usarse un eje de avance NC controlado numéricamente o un módulo de conformación NC. Preferiblemente, en un eje de avance NC de este tipo está integrada una unidad de medición, con la que puede determinarse el recorrido avanzado y con ello también la posición de la herramienta de conformación o la contraherramienta. Para ello puede utilizarse una medición absoluta, con lo que puede omitirse la fijación de un valor de referencia.

En una forma de realización de la invención se acciona la unidad de movimiento a una posición de conformación como posición de máxima proximidad o distancia de la herramienta y la contraherramienta o para alcanzar una fuerza máxima, sirviendo y_{RS} como magnitud de ajuste para la fuerza o la proximidad. En un proceso de compresión, la posición de la herramienta y la contraherramienta, en las que están próximas de manera máxima entre sí, es una posición que marca habitualmente el final de un proceso de conformación plástico. Lo mismo es válido para la máxima distancia de la herramienta y la contraherramienta para un proceso de extracción. Ambos procesos pueden aprovecharse para un proceso de flexión con un apoyo correspondiente de la pieza de trabajo. La posición de conformación y_{RS} a la máxima proximidad o distancia de la herramienta y la contraherramienta influye de manera especial en una característica geométrica asociada con ello de una pieza de trabajo. Lo mismo es válido para una fuerza de conformación máxima o una magnitud que depende de la misma, que pueden medirse o generarse. Por consiguiente, la máxima proximidad o distancia o una fuerza máxima son especialmente adecuadas como magnitud de ajuste y_{RS} en un proceso de regulación para influir en una característica geométrica de la pieza de trabajo.

Independientemente de esta forma de realización, mediante la especificación de una fuerza de conformación y todavía más en el caso de la especificación de una posición de conformación que debe alcanzarse puede obtenerse como resultado un estado crítico para la unidad de movimiento, cuando se produce un fallo mecánico de la máquina, tal como por ejemplo una rotura de herramienta, dos piezas de trabajo en lugar de una entre la herramienta y la contraherramienta o similar. Por consiguiente, la máquina puede bloquearse mecánicamente en una posición, en la que el control de la unidad de movimiento sigue predeterminando alcanzar la posición de conformación y/o eventualmente también una fuerza de conformación mayor. A este respecto, en particular en el caso de usar un regulador de integración pueden aparecer fuerzas crecientes hasta la posible fuerza máxima de la unidad de movimiento. Habitualmente se controla la unidad de movimiento de modo que brevemente bajo un desarrollo de calor muy intenso del motor emita fuerzas máximas, manteniéndose estas fases tan cortas que el motor de la unidad de movimiento no se destruya térmicamente. Puede enfriarse suficientemente en las siguientes fases. Sin embargo, si existe un bloqueo mecánico, la unidad de movimiento puede trabajar durante tiempos más largos bajo fuerza máxima, lo que puede conducir a la destrucción térmica del motor. Si se reconoce un estado de este tipo, preferiblemente se desactiva el accionamiento. Esto puede suceder automáticamente al monitorizar una corriente de motor y eventualmente el tiempo, a lo largo del que existe, y en el caso de superar valores límite críticos iniciar la desactivación del motor. Alternativa o adicionalmente puede monitorizarse la fuerza desarrollada por el motor y eventualmente el tiempo, a lo largo del que existe una fuerza determinada, e igualmente en el caso de superar valores límite críticos iniciar la desactivación de la corriente de motor. Además, es concebible que se reconozca si la unidad de movimiento no sigue de la manera esperada una especificación con relación a una posición o un movimiento. Si al alcanzar posiciones predeterminadas se superan por ejemplo valores límite temporales, puede iniciarse igualmente una desactivación de la corriente de motor.

En una forma de realización adicional del procedimiento se regulan de manera continua efectos sobre la característica geométrica de la pieza de trabajo debido a desviaciones de la geometría de la materia prima y/o de una característica de material de la materia prima y/o a modificaciones térmicas de la geometría del dispositivo de conformación. Normalmente, las características de material de la materia prima no son constantes. Por ejemplo, con frecuencia se procesan bandas o alambres, desenrollándose estos de una bobina y tronzándose. A lo largo de la materia prima, por ejemplo, puede fluctuar el grosor de una banda o el diámetro de un alambre. Esto conduce por ejemplo a una resistencia a la flexión diferente de la materia prima y además a fuerzas de conformación modificadas considerablemente, cuando se emplean las mismas condiciones de conformación que en el caso de una materia prima con el grosor apropiado. Una modificación térmica de la geometría del dispositivo de conformación tiene efectos similares. Esto puede conducir a fuerzas de conformación modificadas claramente, cuando debido a variaciones de temperatura varía por ejemplo la máxima proximidad o distancia de la herramienta de conformación con respecto a la contraherramienta. En este sentido es razonable medir las magnitudes de influencia mencionadas con respecto a esta forma de realización y recurrir a estos valores de medición para la regulación de una característica geométrica de la pieza de trabajo. En particular puede medirse un grosor de la materia prima o deducirse el mismo a partir de otras magnitudes de medición, en particular a partir de la fuerza de conformación o de una magnitud que depende de la misma, así como posiblemente una rigidez del dispositivo de conformación o de una parte del mismo, y/o puede medirse la temperatura en uno o varios puntos del dispositivo de conformación. Como características relevantes adicionales de la materia prima se tienen en cuenta su límite de fluencia o por ejemplo una dimensión transversalmente a la dirección de flexión. El término materia prima no significa en este caso que la materia prima tenga que consistir solo en un tipo de material, puede comprender por ejemplo también un material de trabajo compuesto, por ejemplo, un bimetálico.

Según la invención, la magnitud de ajuste y_{RS} se calcula recurriendo para ello a un término de influencia de fuerza

$$k_f \cdot (F_{media} - F_{real})$$

solo o junto con términos aditivos o sustractivos adicionales. En el término de influencia de fuerza, k_f designa un parámetro de regulación de la influencia de fuerza, F_{real} una fuerza de conformación medida en la etapa de conformación actual o una magnitud derivada de la misma como valor real de fuerza, que se mide en un determinado punto en el transcurso de la operación de conformación, y F_{media} designa un valor medio de valores de la fuerza de conformación o una magnitud derivada de la misma tal como con respecto a F_{real} , que se midió en el

mismo punto en el desarrollo de procesos de conformación, que preceden al proceso de conformación actual. Por consiguiente, la diferencia de F_{media} y F_{real} representa la diferencia entre una fuerza de conformación o una magnitud derivada de la misma en la etapa de conformación actual y los valores correspondientes promediados de procesos de conformación precedentes. Entonces está disponible para la regulación un valor de este tipo. Con ello, la regulación puede reconocer tales influencias, por ejemplo, del grosor de la materia prima, y reaccionar a las mismas, en particular cuando aparecen repentinamente. Así es posible, reaccionar en el proceso de conformación en curso a la fuerza de conformación generada y evitar desecho. Alternativamente a la formación de un valor medio a partir de fuerzas de conformación precedentes o magnitudes derivadas de las mismas, también es concebible usar solo el valor precedente en última instancia de una fuerza de conformación o una magnitud derivada de la misma. Por medio del parámetro de regulación de la influencia de fuerza k_f puede ajustarse el grado de una reacción a fluctuaciones de fuerza en el proceso actual en comparación con procesos precedentes. Además, el parámetro de regulación de la influencia de fuerza sirve para transformar la magnitud de una fuerza o de una magnitud derivada de la misma en la dimensión de la magnitud de ajuste y_{RS} para la unidad de movimiento, es decir por ejemplo en la dimensión de una especificación de una posición de conformación o de una fuerza. Es concebible formar la diferencia entre F_{media} y F_{real} solo una vez durante una operación de conformación, sin embargo, también es concebible realizar esto en varias etapas de conformación, es decir en varios puntos en el desarrollo del proceso de conformación o de manera continua durante el proceso de conformación o partes del mismo. Con ello puede establecerse la magnitud de ajuste y_{RS} , o adaptarse nuevamente en el desarrollo del proceso de conformación.

Como ya se ha mencionado, la detección de una fuerza de conformación o de una magnitud que depende de la misma se realiza de manera especialmente preferible en puntos en el desarrollo del proceso de conformación, en los que aparecen fuerzas de conformación especialmente grandes. De esta manera puede alcanzarse una mejor exactitud de medición y con ello en última instancia una mejor calidad de regulación. En general estas son operaciones de conformación, que conducen a una fuerte deformación de la materia prima, por ejemplo, a radios de flexión pequeños.

En una forma de realización adicional de la invención se determina el valor medio F_{media} de la fuerza de conformación o magnitud que depende de la misma según la fórmula

$$F_{media} = \frac{1}{N_F} \sum_{i=1}^{N_F} (F_{real}^i)$$

A este respecto $i = 1$ designa la operación de conformación precedente en última instancia, con lo que la suma i creciente empieza hacia el pasado. N_F entra en la fórmula como número de valores que deben sumarse de la fuerza de conformación o una magnitud que depende de la misma de procesos de conformación precedentes. Para ello se usan fuerzas de conformación o magnitudes que dependen de las mismas, que se midieron en el mismo punto en el desarrollo del proceso de conformación. Este es preferiblemente también el punto en el proceso de conformación, en el que se mide el valor real de fuerza F_{real} , con el que se calcula el valor medio F_{media} . Normalmente, las fluctuaciones del grosor de la materia prima son recurrentes de manera periódica y tienen una longitud de onda aproximadamente constante. Las piezas de trabajo se producen habitualmente a partir de secciones sucesivas de la materia prima, al cortar correspondientemente la materia prima. Preferiblemente, el número N_F de valores que deben sumarse se elige de modo que la longitud de la materia prima, a partir de la que están producidas las N_F piezas de trabajo correspondientes, corresponde a la longitud de onda de la fluctuación periódica. La fluctuación del grosor de material se promedia entonces especialmente de manera constante.

En una forma de realización adicional del procedimiento se corrige una magnitud medida, que depende de la fuerza de conformación, de modo que corresponda en la medida de lo posible a la fuerza de conformación pura. Para ello se eliminan en la medida de lo posible de la magnitud medida otras influencias sobre la magnitud, que se diferencian de la fuerza de conformación. Una influencia sustancial sobre la magnitud medida, en particular en el caso de una velocidad de conformación alta, es una fuerza de aceleración en particular de la herramienta de conformación o de la contraherramienta o de ambas. Alternativamente puede medirse una fuerza en otros puntos de la herramienta o en partes que sirven para el accionamiento de una de las herramientas. Entonces las fuerzas de aceleración de las partes hasta el punto de conformación entran en la fuerza medida. Dado que en general se conoce qué masa tienen estas partes, y también se conocen las aceleraciones, pueden calcularse las fuerzas de aceleración mediante la multiplicación de estas dos magnitudes y restarse de la fuerza medida. De esta manera se aproxima al menos la fuerza de conformación, y en el caso óptimo se reproduce la fuerza de conformación con buena exactitud, de modo que esta puede usarse en el proceso de regulación como valor real de fuerza F_i .

En una forma de realización adicional del procedimiento puede evitarse la fuerza de aceleración medida conjuntamente discutida anteriormente, al medirse una fuerza que comprende la fuerza de conformación o una magnitud derivada de otro modo de la fuerza de conformación, mientras la unidad de movimiento realiza un movimiento con velocidad constante. Con ello va asociada en general una velocidad constante de la herramienta de conformación y de la contraherramienta. Si este no es el caso, puede medirse mientras la herramienta de conformación o la contraherramienta realiza un movimiento con velocidad constante. Una medición directa de la fuerza de conformación directamente en o cerca del punto de conformación es igualmente concebible y posible. En

dichos casos, un medio de medición de fuerza mide conjuntamente para esta medición solo fuerzas de aceleración reducidas y la fuerza medida corresponde en su mayor parte a la fuerza de conformación.

Además de evitar o compensar fuerzas de aceleración pueden tenerse en cuenta fuerzas constantes, tales como por ejemplo fuerzas de fricción o similares, mediante un término de corrección sustractivo y restarse de la fuerza medida, para llegar a una fuerza de conformación lo más exacta posible.

En una forma de realización adicional del procedimiento se determina una característica de la materia prima, en particular un grosor que genera resistencia a la flexión de la materia prima, a partir de la fuerza de conformación o de una magnitud que depende de la misma. Puede determinarse una asociación correspondiente para el proceso de conformación por ejemplo mediante ensayos con diferentes grosores de material y fuerzas que aparecen correspondientemente en determinadas posiciones de conformación y_{RS} . Alternativa o adicionalmente puede simularse la geometría del dispositivo de conformación y/o el proceso de conformación por ejemplo con métodos de elementos finitos y de esa manera obtenerse una asociación. Preferiblemente, en la determinación del grosor de material se tiene en cuenta la rigidez del dispositivo de conformación y de la pieza de trabajo, dado que la dilatación de partes del dispositivo de conformación bajo la fuerza de conformación puede entrar en la determinación computacional del grosor de material a partir de la fuerza de conformación. Alternativamente también puede medirse el grosor del material. Entonces, en lugar de la regulación de la influencia de fuerza, puede llevarse a cabo una regulación continua directa de fluctuaciones del grosor de material mediante acoplamiento retroactivo de valores de medición de grosor a la magnitud de ajuste de manera análoga a la regulación de temperatura descrita más adelante, sustituyendo un valor de referencia de grosor la temperatura de referencia y una constante de regulación de compensación de grosor la constante de regulación de compensación de temperatura.

En relación con la invención son interesantes en particular piezas de trabajo, en las que no solo está prevista una etapa de conformación para alcanzar la forma definitiva, sino varias etapas de conformación o incluso procesos de conformación. En un caso de este tipo, en una forma de realización adicional es concebible tener en cuenta informaciones sobre características de la materia prima o del dispositivo de conformación, que se obtuvieron durante una etapa de conformación o proceso de conformación previo, en una etapa de conformación posterior del mismo proceso de conformación o en un proceso de conformación posterior. De esta manera, en la etapa de conformación/el proceso de conformación posterior se requiere menos esfuerzo de regulación, para alcanzar a este respecto un resultado aceptable. Es concebible que puedan tener lugar varias conformaciones de la pieza de trabajo durante una única operación de movimiento de la unidad de movimiento. La enseñanza de esta forma de realización puede aplicarse también a esto.

En una forma de realización adicional del procedimiento para el cálculo de la magnitud de ajuste y_{RS} en el caso de una regulación analógica se usa el término integrativo

$$k_i \cdot \int (y_{teórico} - y_{real})$$

o en el caso de una regulación digital se usa el término

$$k_i \cdot \sum_i^{i-N_i} (y_{teórico} - y_{real}^{i-1})$$

que tiene igualmente un carácter integrativo. A este respecto, $y_{teórico}$ es un valor teórico para la característica geométrica de la pieza de trabajo, que debe regularse. $y_{teórico}$ se encuentra normalmente en una banda de tolerancia para esta característica geométrica. De manera especialmente preferible, $y_{teórico}$ se encuentra cerca del centro de la banda de tolerancia. y_{real} o y_{real}^{i-1} es un valor real de la característica geométrica de la pieza de trabajo, que se midió para su introducción en la regulación. El momento de la medición se encuentra antes de la introducción en la regulación. La medición de todos los valores usados en la integración o suma puede tener lugar en la pieza de trabajo, que está conformándose actualmente, con lo que se posibilita una regulación del proceso de conformación actual. Alternativamente, los valores reales así usados y_{real} o y_{real}^{i-1} pueden proceder de varias piezas de trabajo, que se conformaron antes de la pieza de trabajo que debe conformarse actualmente. A este respecto, i es un parámetro, que designa diferentes piezas de trabajo, conformándose las piezas de trabajo con i decreciente más en el pasado. Por consiguiente, la suma comienza en la pieza de trabajo, que se conformó antes de la conformación actual. El final de la suma se establece mediante la magnitud N_i , que establece el número de valores reales que deben sumarse y_{real} o y_{real}^{i-1} del pasado. k_i es una constante de regulación de componente integral, que ajusta el grado de influencia del componente integral en la regulación de la característica geométrica de la pieza de trabajo. Este componente integral puede ser el único término, a partir del que se calcula la posición de conformación y_{RS} como magnitud de ajuste, o puede ser uno de varios términos para el cálculo de y_{RS} .

En una forma de realización adicional del procedimiento se usa para la magnitud de ajuste y_{RS} en el caso de una regulación analógica el término proporcional

$$k_p \cdot (y_{teórico} - y_{real})$$

o en el caso de una regulación digital el término proporcional

$$k_p \cdot (y_{teórico} - y_{real}^{i-1})$$

5 En particular, este término completa el término integral de la forma de realización precedente. Mientras que para $y_{teórico}$ e y_{real} o y_{real}^{i-1} es válido igualmente lo dicho con relación a la forma de realización descrita anteriormente, k_p es una constante de regulación de componente proporcional. Esta establece el grado de influencia del componente proporcional sobre la posición de conformación y_{RS} como magnitud de ajuste. Además, adapta la dimensión de la característica geométrica que debe regularse de la pieza de trabajo a la dimensión de la magnitud de ajuste y_{RS} .

10 En una forma de realización adicional del procedimiento, el valor real y_{real} o y_{real}^{i-1} entra como valor de medición, que se detecta durante la conformación actual de una pieza de trabajo. De ese modo puede regularse, como se ha explicado anteriormente, el proceso de conformación durante su realización.

15 En una forma de realización adicional del procedimiento, el valor real y_{real}^{i-1} entra como valor de medición, que se detectó durante una conformación de la pieza de trabajo antes de la conformación de la pieza de trabajo actual. El valor de medición puede también medirse, en particular para una regulación analógica, de manera duradera e introducirse en la regulación. De esta manera puede regularse el proceso de conformación a lo largo de un gran número de procesos de conformación. Por consiguiente, pueden regularse de manera continua influencias sobre el proceso que se modifican. A este respecto, preferiblemente el valor real y_{real}^{i-1} es un valor final de la característica geométrica de la pieza de trabajo, que existe tras la conformación. El valor real y_{real}^{i-1} se conserva o almacena hasta detectar el siguiente valor real y_{real}^{i-1} .

20 En una forma de realización adicional del procedimiento se usa un método de optimización, para determinar al menos uno de los parámetros de regulación k_p , k_i y/o k_f . Para ello se emplea una simulación de al menos una parte de la operación de conformación. Una parte de este tipo puede ser por ejemplo una sección del proceso de conformación, en la que se genera una característica geométrica de la pieza de trabajo mediante conformación, en particular una característica geométrica, que tiene que cumplir una tolerancia. En la simulación se introducen como parámetros iniciales los parámetros de regulación que deben optimizarse k_p , k_i y/o k_f . Opcionalmente se introduce adicionalmente una banda de tolerancia admisible como parámetro inicial. La banda de tolerancia puede servir para la evaluación automática del resultado de la simulación, concretamente la evaluación de si la característica geométrica generada según la simulación de la pieza de trabajo o una anchura de distribución de la misma se encuentra dentro de la banda de tolerancia o no.

30 En una forma de realización adicional del procedimiento se realiza la optimización de parámetro de al menos un parámetro de regulación que debe optimizarse k_p , k_i y/o k_f con varias etapas. En primer lugar, se leen en el modelo de simulación valores de especificación para los parámetros de regulación que deben optimizarse. Entonces se realiza una simulación y se emplean los parámetros de regulación en la misma. Después se establece si el resultado de simulación con relación a cada característica geométrica de la pieza de trabajo se encuentra en su banda de tolerancia. En una variante se simula no solo un proceso de conformación, sino varios procesos de simulación iguales sucesivos. Entonces puede estimarse también cuánto se aproxima el proceso de conformación o la característica geométrica generada con el mismo de la pieza de trabajo a la banda de tolerancia y cuánto desecho se produce a este respecto. Además, puede determinarse la anchura de distribución de la característica geométrica. En el caso de que no se alcance la banda de tolerancia, pueden variarse el uno o los varios parámetros de regulación que deben optimizarse y repetirse la simulación y la comparación con la banda de tolerancia. Puede continuarse con esto hasta que se encuentren parámetros de regulación útiles. A este respecto, la variación puede llevarse a cabo a valores tanto mayores como menores, y el grado de modificación adaptarse mediante la variación. En particular, puede hacerse que la variación de los parámetros de regulación dependa de la diferencia entre la característica geométrica obtenida en última instancia como resultado de la simulación de la pieza de trabajo y un límite o el centro de la banda de tolerancia. Cuando la característica geométrica simulada de la pieza de trabajo es aceptable, los parámetros de regulación usados para esta simulación pueden utilizarse para el proceso de conformación real. La evaluación sobre si una característica geométrica es aceptable puede realizarse de manera automatizada. Por ejemplo, como criterio puede servir que ninguna característica geométrica simulada se encuentre fuera de la banda de tolerancia o fuera de una banda con la mitad de la anchura y alrededor del centro de la banda de tolerancia.

50 En una forma de realización adicional del procedimiento, para el cálculo de la magnitud de ajuste y_{RS} se usa el término de compensación de temperatura

$$k_T \cdot (T_{ref.} - T_{real})$$

55 En este, T_{real} es un valor de medición de una temperatura del dispositivo de conformación, $T_{ref.}$ un valor de referencia de temperatura, que se midió en una operación de medición igual que el valor real de temperatura antes del valor

real de temperatura. k_p es una constante de regulación de compensación de temperatura, que ajusta el grado de influencia del término de compensación de temperatura a la magnitud de ajuste y_{RS} , así como transforma la dimensión temperatura en la dimensión de la magnitud de ajuste y_{RS} . De manera óptima, el dispositivo de conformación a la temperatura de referencia tiene una geometría, que no requiere ninguna corrección con relación a la temperatura. Sin embargo, si están presentes parámetros de corrección adicionales, por ejemplo una regulación de la característica geométrica de la pieza de trabajo mediante la medición de esta característica y acoplamiento retroactivo a través de un término integral y eventualmente uno proporcional adicional a la magnitud de ajuste y_{RS} , entonces esta regulación también puede regular un error, que se generaría en una compensación de temperatura exclusiva debido a una geometría que genera error del dispositivo de conformación a la temperatura de referencia. La regulación de temperatura puede realizarse de manera continua durante una operación de conformación o puntualmente en el tiempo. Si se realiza igualmente la regulación de otras magnitudes de influencia, la regulación de temperatura se realiza preferiblemente al mismo ritmo que las otras regulaciones. De esta manera se determina cada vez una magnitud de ajuste y_{RS} optimizada mediante correcciones actuales. También es concebible para la compensación de temperatura acoplar de manera retroactiva varios términos de compensación de temperatura a la magnitud de ajuste y_{RS} de la misma manera que se describió anteriormente. Así pueden tenerse en cuenta individualmente varias temperaturas detectadas del dispositivo de conformación, lo que conduce a una compensación de temperatura más exacta.

En una forma de realización adicional del procedimiento entra en el cálculo de la magnitud de ajuste y_{RS} un término de compensación de relajación y_{RIX} . Este término se resta o se suma para la compensación de la relajación de y_{RS} . A este respecto, por relajación se entiende una modificación de la característica geométrica de la pieza de trabajo, que aparece tras la conformación de la pieza de trabajo. Esta puede ser una resiliencia, que está condicionada por el porcentaje elástico en la deformación, o una deformación retroactiva lenta, que puede iniciarse de manera retardada en el tiempo tras la producción de la pieza de trabajo. En muchos casos, la desviación que se produce de ese modo con respecto a una geometría teórica de la pieza de trabajo es constante. En estos casos, de ese modo es suficiente permitir que entre un término constante en la posición de conformación como valor de ajuste y_{RS} . Esto es válido muy especialmente, cuando la posición de conformación como magnitud de ajuste y_{RS} describe una máxima proximidad o distancia de la herramienta y la contraherramienta. En casos alternativos, la característica geométrica puede mejorarse ventajosamente mediante dicha corrección.

En una forma de realización adicional del procedimiento se traspasan a la unidad de control para la adaptación a una pieza de trabajo, que debe conformarse con el dispositivo de conformación, parámetros de regulación, que son adecuados para la conformación de la pieza de trabajo. A este respecto, como parámetros de regulación son válidos el término de compensación de relajación y_{RIX} , la constante de regulación de temperatura k_T , la constante de regulación de componente integral k_i , la constante de regulación de componente proporcional k_p , el parámetro de regulación de la influencia de fuerza k_f , el número de diferencias que deben sumarse de $y_{teórico}$ e y_{real} en el sentido de una integración N_i , el número de valores que deben sumarse de la fuerza de conformación o de una magnitud que depende de la misma de procesos de conformación precedentes N_f así como opcionalmente un valor teórico $y_{teórico}$ para la característica geométrica deseada de la pieza de trabajo. Eventualmente pueden leerse todavía magnitudes adicionales, relevantes para el proceso de conformación, en la unidad de control.

En una forma de realización adicional del procedimiento se regula la característica geométrica de la pieza de trabajo por medio de un procedimiento de regulación digital. Esto es concebible para todas las formas de realización descritas anteriormente.

En un aspecto adicional de la invención se propone un dispositivo para la realización de un proceso de conformación según un procedimiento según una de las formas de realización mencionadas anteriormente, comprendiendo el dispositivo un dispositivo de conformación, que comprende una unidad de control, al menos una herramienta de conformación y al menos una contraherramienta para conformar una pieza de trabajo a partir de una materia prima, así como una unidad de movimiento para el movimiento de la herramienta de conformación y de la contraherramienta en relación entre sí, estando prevista y configurada la unidad de control para controlar la unidad de movimiento con una magnitud de ajuste y_{RS} , de tal manera que se acciona la herramienta de conformación y/o la contraherramienta para el movimiento a una posición de conformación o para alcanzar una fuerza de conformación, para dotar a la pieza de trabajo mediante sollicitación con la herramienta de conformación y la contraherramienta de una característica geométrica predeterminada, comprendiendo el dispositivo de conformación medios de medición para detectar al menos una magnitud que influye a la hora de alcanzar la característica geométrica predeterminada de la pieza de trabajo y estando configurada la unidad de control para regular la unidad de movimiento teniendo en cuenta la al menos una magnitud que debe detectarse desde el punto de vista de la técnica de medición, que influye a la hora de alcanzar la característica geométrica predeterminada de la pieza de trabajo.

Un dispositivo según la invención se indica en particular en la reivindicación 16.

A continuación se describe la invención a modo de ejemplo mediante las figuras adjuntas, en las que:

la figura 1 muestra una pieza de trabajo de un proceso de conformación en tres estados de mecanizado diferentes,

- la figura 2 muestra un circuito de regulación para la regulación de una característica geométrica de una pieza de trabajo $y_{teórico}$,
- la figura 3 representa un diagrama con un comportamiento de regulación del circuito de regulación de la figura 2,
- 5 la figura 4 muestra esquemáticamente una parte de un dispositivo de conformación con una unidad de movimiento,
- la figura 5 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de optimización para parámetros de regulación del circuito de regulación,
- 10 la figura 6 muestra un circuito de regulación ampliado con una compensación de temperatura con respecto al circuito de regulación de la figura 2, y
- la figura 7 muestra el comportamiento de regulación de una compensación de temperatura adicional en el circuito de regulación en la figura 6.

La figura 1 muestra una pieza de trabajo 1 de un proceso de conformación en tres etapas de mecanizado diferentes. La pieza de trabajo 1 se produce a partir de un material alargado, tal como por ejemplo un material en banda o alambre, como materia prima y se conforma en una primera etapa de conformación para dar la pieza de trabajo 1 en el primer estado de mecanizado 2. En una segunda etapa de conformación 3 se lleva la pieza de trabajo 1 mediante una conformación adicional al segundo estado de mecanizado 4. En una tercera etapa de conformación 5 se conforma una vez más la pieza de trabajo 1 y se pasa al tercer estado de mecanizado 6. Una característica geométrica especialmente relevante de la pieza de trabajo 1 es el grado de apertura $\ddot{O}$, cuya manifestación se genera en la tercera etapa de conformación 5. La conformación tiene lugar mediante la compresión entre una herramienta de conformación y una contraherramienta, que se mueven una hacia otra mediante una unidad de movimiento. La conformación con la mayor fuerza de conformación tiene lugar en la primera etapa de conformación, al flexionarse los radios en una zona 7 en ambos bordes de la pieza de trabajo 1. A este respecto aparece la mayor fuerza de conformación, que se mide mediante un sensor de fuerza en un dispositivo de conformación para la primera etapa de conformación. En un valor de medición de fuerza correspondiente está contenida la información sobre el grosor y el límite de fluencia y con ello sobre la fuerza de conformación necesaria. Preferiblemente, como magnitud relevante se recurre a la fuerza máxima medida, que eventualmente, además de la fuerza de conformación, puede contener todavía fuerzas adicionales. Aun así, la fuerza de conformación es dominante en la fuerza medida, de modo que puede servir como medida para el grosor y el límite de fluencia de la materia prima. La fuerza medida o informaciones a partir de la misma pueden usarse en la tercera etapa de conformación 5, para conseguir que el grado de apertura $\ddot{O}$ se encuentre en una banda de tolerancia predeterminada.

La figura 2 muestra un circuito de regulación 16, que está previsto para alcanzar un valor teórico $y_{teórico}$ de una característica geométrica de la pieza de trabajo. En un punto de suma 10 se resta de $y_{teórico}$ un valor real medido y_{real}^{i-1} , para obtener una desviación de regulación 11. El valor real y_{real}^{i-1} es la característica geométrica de la pieza de trabajo, que se midió en la pieza de trabajo conformada anteriormente. Por consiguiente, y_{real}^{i-1} representa el resultado alcanzado en última instancia de la regulación bajo la influencia de fluctuaciones del grosor y eventualmente del límite de fluencia de la materia prima. La medición de la característica geométrica de la pieza de trabajo puede estar implementada mediante un medio de medición, que trabaja por ejemplo ópticamente según el principio de un proyector de perfiles leído electrónicamente, o que consigue el resultado de medición mediante la medición de puntos individuales en la pieza de trabajo 1, por ejemplo, óptica o mecánicamente, en cada caso con lectura electrónica y preferiblemente formación de diferencias adecuada de los resultados de medición. Preferiblemente, el medio de medición proporciona un valor absoluto como resultado de medición. Preferiblemente, el medio de medición puede utilizarse para diferentes piezas de trabajo. Posiblemente tiene que ajustarse para ello, pero de manera especialmente preferible esto no es necesario. Pueden utilizarse procedimientos de procesamiento de imágenes, en particular aprovechando un objetivo telecéntrico o una técnica comparable.

La desviación de regulación 11 se introduce en un regulador PI digital convencional 17, en el que para el componente proporcional se emplean la constante de regulación de componente proporcional k_p y la constante de regulación de componente integral k_i . Los resultados de la rama integral y de la proporcional del regulador se suman en el punto de suma 12, obteniéndose como resultado la magnitud de ajuste y'_{RS} . y'_{RS} es una magnitud de otro tipo a la característica geométrica que debe regularse de la pieza de trabajo y es en particular una fuerza de conformación que debe determinarse al proceso de conformación o el grado o un punto final de un movimiento de alimentación mediante una unidad de movimiento. El proceso de conformación se representa en la figura 2 mediante el bloque con el número de referencia 13. En este se indica la tercera etapa de conformación 5. Para flexionar la pieza de trabajo 1 de modo que se obtenga como resultado un grado de apertura $\ddot{O}$, que se encuentre dentro de una banda de tolerancia predeterminada, en la tercera etapa de conformación se flexionan dos flancos 8 y 9 de la pieza de trabajo 1 uno hacia otro. En el bloque funcional 13 que representa el tramo de regulación esto se representa esquemáticamente, no mostrándose las zonas de borde 7 con los radios. Como resultado del tercer proceso de conformación se obtiene un grado de apertura $\ddot{O}$, que se mide como y'_{REAL} por la unidad de medición. Como resultado adicional de los procesos de conformación se obtiene la fuerza de conformación F_{1i} , que se mide en una

etapa de conformación precedente a la respectiva etapa de conformación actual, no pudiendo detectarse directamente durante la medición de fuerza de conformación eventualmente la fuerza de conformación, sino solo solapada con otras fuerzas, tal como por ejemplo las fuerzas de aceleración medidas conjuntamente de la herramienta de conformación. Según el tipo de medición, el resultado de medición también puede ser una magnitud que depende de la fuerza de conformación. Esta fuerza de conformación puede ser la fuerza de conformación, que se midió para la determinación del grosor y del límite de fluencia como características de la materia prima durante la primera etapa de flexión en la figura 1. Pero también puede tenerse en cuenta la fuerza de conformación medida en la etapa de conformación actual (por ejemplo, la tercera etapa de conformación 5 mostrada en la figura 1) en el proceso de regulación, por ejemplo, según la reivindicación 6 y la reivindicación 7. F_{1i} se acopla de manera retroactiva a través de una rama de acoplamiento retroactivo adicional en el circuito de regulación. A este respecto, F_{1i} se introduce en un punto de suma 14 y en una unidad para la formación de valores medios 15. En el punto de suma 14 se forma la diferencia entre el valor de medición actual F_{1i} y un valor medio F_{1medio} . La unidad para la formación de valores medios 15 usa valores de medición de procesos de conformación pasados, que se midieron en el mismo punto en la operación del proceso de conformación que F_{1i} , y forma a partir de estos un valor medio. Por ejemplo, el valor medio puede formarse a partir de los últimos 40 valores de medición de fuerza. Los valores de medición de fuerza pueden medirse en el proceso de conformación en el punto, en el que también se midieron los valores medidos F_{1i} en la conformación actual. El valor medio representa en un valor promediado características de materia prima del pasado inmediato. Por consiguiente, en el punto de suma 14 se forma una gran diferencia, cuando existe una desviación repentina del valor actual F_{1i} con respecto a su valor medio en el pasado. De esta manera se ponen a disposición fluctuaciones rápidas de las características de materia prima para una rápida regulación del proceso de conformación actual, de modo que no se genere ningún desecho. Una regulación de la característica geométrica de pieza de trabajo por medio de una característica geométrica medida tras la conformación precedente de la última pieza de trabajo no podría hacer esto sola, dado que tardaría eventualmente varios procesos de conformación en piezas de trabajo sucesivas, hasta que se hubiese regulado de manera continua la alteración. La diferencia formada en el punto de suma 14 se pondera con el factor de influencia de fuerza en cuestión k_{1f} y entra después en el punto 12 de la generación de la magnitud de ajuste y'_{RS} . Por consiguiente, puede provocarse que mediante el proceso de conformación 13, también en el caso de fluctuaciones repentinas de características de materia prima, la característica geométrica generada y'_{REAL} de la pieza de trabajo se encuentre dentro de la banda de tolerancia. En la forma de realización mostrada, la unidad, para la formación de valores medios, no procesa los valores F_{1i} obtenidos de la tercera etapa de conformación, sino los de la primera etapa de conformación, y allí en particular los valores F_{1i} , que se miden durante la generación de los radios en las zonas de borde 7 de la pieza de trabajo 1, en particular las fuerzas máximas que aparecen a este respecto. Las fuerzas, que aparecen durante la generación de los radios en las zonas 7, son elevadas y por tanto pueden medirse bien. Por consiguiente, la exactitud es mayor, lo que tiene un efecto sobre la calidad de regulación del circuito de regulación 16.

La figura 3 muestra el comportamiento de regulación del circuito de regulación 16 en un diagrama 20, en el que en las ordenadas se presenta la característica geométrica que debe generarse de la pieza de trabajo, concretamente el grado de apertura $\tilde{O}$, y en las abscisas el número de la pieza de trabajo producida. En la dirección horizontal están dibujados como líneas un límite superior 21 de una banda de tolerancia y un límite inferior 22 de la banda de tolerancia. La pieza de trabajo producida actual está designada con el número 0 en las ordenadas, de modo que las piezas de trabajo producidas previamente presentan números negativos. La distribución mostrada entre los números -500 y, por ejemplo, -275 de la característica geométrica se encuentra entre el límite superior 21 y el límite inferior 22 de la banda de tolerancia. Esto significa que no se produjo ningún desecho. En el punto designado con una primera línea vertical 23 en el transcurso del proceso de fabricación continuo se desactivó a modo de prueba la regulación. Por tanto, en la zona de por ejemplo la pieza de trabajo -275 y -230, las características geométricas generadas de las piezas de trabajo se encuentran fuera de la banda de tolerancia 21, 22. En el punto designado con la línea vertical 24 en el transcurso de la producción se activó de nuevo la regulación. Después se obtuvo como resultado una rápida convergencia de la característica geométrica de la pieza de trabajo al intervalo de tolerancia, donde permanece después.

La figura 4 muestra esquemáticamente una construcción de una parte de un dispositivo de conformación con una unidad de movimiento. Se muestran un motor 31, un sensor para la posición de motor o que detecta el grado de un movimiento lineal generado a partir del giro del motor, un engranaje 33, un sensor de fuerza 34, una herramienta de conformación 35, que comprende la pieza de trabajo 36 y una contraherramienta 37. Por consiguiente, la pieza de trabajo 36 se encuentra entre la herramienta de conformación 35 y la contraherramienta 37 y se conforma por las mismas. La fuerza y el movimiento para ello se generan mediante el motor 31, transformando el engranaje 33 el giro del motor en un movimiento lineal. Entre la herramienta de conformación 35 y el engranaje 33 está dispuesto el sensor de fuerza 34, que mide las fuerzas transmitidas desde el engranaje 33 a la herramienta de conformación 35. La contraherramienta 37 está conectada con una unidad de retorno de fuerza no representada, que conduce las fuerzas de conformación desde la contraherramienta 37 al engranaje 33. Alternativamente, el sensor de fuerza 34 también puede estar dispuesto entre la contraherramienta 37 y la unidad de retorno de fuerza o en la unidad de retorno de fuerza o entre la unidad de retorno de fuerza y el engranaje 33.

La figura 5 muestra el transcurso de un procedimiento para la optimización del parámetro de influencia de fuerza en cuestión k_f y del parámetro de regulación de componente proporcional k_p . En una etapa S1 se introducen valores de partida para dichos dos parámetros en el procedimiento de optimización. Después se realiza una simulación S2 del

proceso de conformación, que conduce a un resultado de simulación para el grado de apertura $\ddot{O}$. Esto se realiza para una producción de varias piezas de trabajo. En la etapa S3 se decide si la dispersión de los grados de apertura simulados es menor que la mitad de la banda de tolerancia denominada también intervalo de tolerancia. Si este es el caso, en una etapa S4 se usan los parámetros mencionados anteriormente para la producción real. Si la dispersión va más allá de una zona, que presenta la mitad de la anchura de la banda de tolerancia y está dispuesta alrededor del centro de la banda de tolerancia, entonces se realiza en cada caso una reducción de los parámetros k_f y k_p en una etapa S5. Después se realiza en una operación S6 a su vez una simulación de una producción con el proceso de conformación. Después se realiza en la etapa S7 una comparación entre el resultado de la simulación S2 y la simulación S6. Si, como en la etapa S3, la dispersión del grado de apertura se reduce a menos de la mitad de la anchura de la banda de tolerancia, se usan los parámetros modificados en la etapa S8 para la producción real. Si este no es el caso, se realiza otra dirección de variación para los parámetros k_f o k_p , al aumentarse estos en una etapa S9. Después se simula en una simulación adicional S10 la producción con el proceso de conformación. Después se realiza en una etapa S11, como en las etapas S3 y S7, una comparación entre los resultados de simulación obtenidos y los resultados de la simulación S2. Si el control del grado de apertura se ha reducido a menos de la mitad de la anchura de la banda de tolerancia, se usan los parámetros modificados en una etapa S12 para la producción real. Si la anchura de distribución de los grados de apertura simulados no se redujo a menos de la mitad de la anchura de la banda de tolerancia, entonces se repite la operación mostrada en la figura 5 con mayores variaciones de los parámetros.

En la figura 6 se representa un circuito de regulación 56 ampliado con respecto a la figura 2. Las partes del circuito de regulación 56, que son idénticas a las del circuito de regulación 16 de la figura 2, portan los mismos números de referencia, y se remite a este respecto a la descripción de la figura 2. Adicionalmente, el circuito de regulación 56 comprende una rama de acoplamiento retroactivo adicional, con la que se acopla de manera retroactiva una temperatura T_i desde el dispositivo de conformación a la regulación. A este respecto, la temperatura T_i se mide con un medio de medición de temperatura preferiblemente en un punto en el dispositivo de conformación, cuya dilatación térmica tiene efectos especialmente intensos sobre la posición de la herramienta de conformación o de la contraherramienta o sobre su máxima proximidad o distancia. Esto puede tener lugar de manera continua, o una o varias veces por operación de conformación. La temperatura medida T_i se introduce en un punto de suma 54 de la rama de acoplamiento retroactivo de temperatura. En el punto de suma 54 se introduce además una temperatura de referencia 55, que se midió preferiblemente en el mismo punto de medición que la temperatura T_i en el dispositivo de conformación en un momento anterior. De manera óptima, en ese momento anterior la situación térmica del dispositivo de conformación es tal que funciona de manera óptima sin compensación de temperatura. Sin embargo, esto no es obligatoriamente necesario, dado que una desviación inicial de la geometría del dispositivo de conformación también puede regularse de manera continua mediante el regulador PI 17 para la característica geométrica de la pieza de trabajo. La diferencia de T_{ref} y T_i generada en el punto de suma 54 se pondera a través de una constante de regulación de temperatura k_T y la dimensión de la temperatura se transforma en la dimensión de la magnitud de ajuste y_{RS} . La señal así generada se alimenta al punto de suma 12 e influye de esa manera en la magnitud de ajuste y_{RS} como acoplamiento retroactivo negativo. Por consiguiente, las fluctuaciones de la temperatura de la unidad de conformación pueden regularse de manera continua, como se muestra detalladamente en la figura 7. También está dibujada en la figura 6 una rama de acoplamiento retroactivo opcional, con la que se acopla de manera retroactiva la fuerza de conformación F_i en la (tercera) etapa de conformación actual a la regulación. Esto tiene lugar de manera similar a en el caso de la fuerza de conformación F_{1i} , estando designado el punto de suma en cuestión con 14a y el formador de valores medios con 15a.

La figura 7 muestra un diagrama 40, que representa el reglaje de una característica geométrica de una pieza de trabajo con una regulación 56 ampliada en una compensación de temperatura con respecto al circuito de regulación 16. En el diagrama se presentan en las ordenadas el grado de apertura $\ddot{O}$ y, como en la figura 3, en las abscisas los números de piezas de trabajo producidas sucesivamente. El límite superior 41 y el límite inferior 42 de la banda de tolerancia están dibujados como líneas horizontales en el diagrama 40. En el diagrama 40 se representa cómo se regula, tras la activación de una regulación de temperatura en condiciones constantes excepto la temperatura del proceso de conformación, el grado de apertura $\ddot{O}$ en la banda de tolerancia. La regulación de compensación de temperatura se activó en por ejemplo la pieza de trabajo -445. El punto está dibujado en el diagrama 40 con la línea vertical 43. Los grados de apertura de las piezas de trabajo producidas antes de la activación de la regulación de compensación de temperatura a la izquierda de la línea se encuentran fuera de la banda de tolerancia 41, 42. Tras la activación de la regulación de compensación de temperatura en la línea 43, se alcanza la banda de tolerancia tras la producción de pocas piezas de trabajo y ya no se abandona.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la realización en serie de procesos de conformación iguales en piezas de trabajo iguales a partir de una materia prima por medio de un dispositivo de conformación, realizándose en cada proceso de conformación varias etapas de conformación en la respectiva y exactamente una pieza de trabajo, comprendiendo el dispositivo de conformación una unidad de control, al menos una herramienta de conformación y al menos una contraherramienta para conformar la pieza de trabajo en una respectiva etapa de conformación, así como una unidad de movimiento para el movimiento de la respectiva herramienta de conformación y contraherramienta en relación entre sí en la etapa de conformación en cuestión, controlándose para la realización de una etapa de conformación actual que sigue directamente a una primera etapa de conformación o dado el caso tras al menos una etapa de conformación adicional la unidad de movimiento por la unidad de control con una magnitud de ajuste y_{RS} , de tal manera que se acciona una herramienta de conformación que debe moverse para la realización de la etapa de conformación actual y/o la contraherramienta en cuestión para el movimiento a una posición de conformación o para alcanzar una fuerza de conformación, para dotar a la pieza de trabajo mediante solicitud con esta herramienta de conformación y la contraherramienta de una característica geométrica predeterminada, situándose en cada etapa de conformación solo la exactamente una pieza de trabajo entre la herramienta de conformación y la contraherramienta, teniendo lugar el control de la unidad de movimiento en la etapa de conformación actual teniendo en cuenta al menos una magnitud detectada desde el punto de vista de la técnica de medición, que influye a la hora de alcanzar la característica geométrica predeterminada de la pieza de trabajo,

en el que la magnitud detectada desde el punto de vista de la técnica de medición es

- una fuerza de conformación ejercida por medio del dispositivo de conformación en la etapa de conformación actual sobre la pieza de trabajo o una magnitud que depende de la misma y/o
- una temperatura del dispositivo de conformación y/o
- una característica geométrica de la pieza de trabajo y/o
- una característica geométrica de una pieza de trabajo conformada por medio del dispositivo de conformación en un proceso de conformación precedente, y

en el que el control de la unidad de movimiento en la etapa de conformación actual tiene lugar adicionalmente teniendo en cuenta una fuerza de conformación, que se midió durante la conformación de la respectiva y exactamente una pieza de trabajo en una etapa de conformación precedente a la etapa de conformación actual de la misma pieza de trabajo, determinándose la magnitud de ajuste y_{RS} usando el término de influencia de fuerza

$$k_{1f} \cdot (F_{1media} - F_{1real})$$

en el que F_{1real} es la fuerza de conformación que debe medirse durante la conformación de la pieza de trabajo en una etapa de conformación precedente a la etapa de conformación actual y que debe tenerse en cuenta adicionalmente durante el control de la unidad de movimiento o una magnitud que depende de la misma, F_{1media} entra como valor medio de la fuerza de conformación F_{1real} o una magnitud que depende de la misma en la misma etapa de conformación en cuestión de procesos de conformación precedentes y k_{1f} entra como parámetro de regulación de la influencia de fuerza.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de conformación actual es la última etapa de conformación en el proceso de conformación de la pieza de trabajo.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la fuerza de conformación que debe medirse durante la conformación de la pieza de trabajo en una etapa de conformación precedente a la etapa de conformación actual y que debe tenerse en cuenta adicionalmente durante el control de la unidad de movimiento es mayor que la fuerza de conformación que debe aplicarse en la etapa de conformación actual.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la magnitud de ajuste y_{RS} predetermina como posición de conformación una posición de máxima proximidad o distancia de la herramienta de conformación y la contraherramienta o como especificación de fuerza una fuerza de movimiento máxima o una fuerza de conformación máxima.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se regulan de manera continua efectos sobre la característica geométrica de la pieza de trabajo debido a desviaciones de la geometría y/o de una característica de material de la materia prima y/o a modificaciones térmicas de la geometría del dispositivo de conformación.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la magnitud de ajuste y_{RS} se determina usando el término de influencia de fuerza

$$k_f \cdot (F_{media} - F_{real})$$

en el que F_{real} entra como fuerza de conformación o magnitud que depende de la misma en la etapa de conformación actual, F_{media} entra como valor medio de la fuerza de conformación F_{real} o de una magnitud que depende de la misma en el mismo punto en el transcurso de procesos de conformación precedentes y k_f entra como parámetro de regulación de la influencia de fuerza.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque el valor medio F_{media} de la fuerza de conformación o de una magnitud que depende de la misma F_{real} se determina según la fórmula

$$F_{media} = \frac{1}{N_F} \sum_{i=1}^{N_F} (F_{real}^i)$$

en la que $i = 1$ designa la operación de conformación precedente en última instancia y N_F entra como número de valores que deben sumarse de la fuerza de conformación o de una magnitud que depende de la misma de procesos de conformación precedentes.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el valor medio F_{1media} de la fuerza de conformación o de una magnitud que depende de la misma F_{1real} se determina según la fórmula

$$F_{1media} = \frac{1}{N_F} \sum_{i=1}^{N_F} (F_{1real}^i)$$

en la que $i = 1$ designa la operación de conformación precedente en última instancia y N_F entra como número de valores que deben sumarse de la fuerza de conformación o de una magnitud que depende de la misma F_{1real} de procesos de conformación precedentes.

9. Procedimiento según la reivindicación de una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se reduce o se elimina una influencia de una magnitud que depende de la fuerza de conformación mediante una fuerza de aceleración medida conjuntamente a partir de una aceleración de una parte del dispositivo de conformación, al restarse una fuerza de aceleración calculada y/o medida, al menos aproximada, de la magnitud que depende de la fuerza de conformación.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque se evita una influencia de la fuerza de conformación medida o de una magnitud que depende de la misma mediante una fuerza de aceleración medida conjuntamente a partir de una aceleración de una parte del dispositivo de conformación, al medirse la fuerza de conformación o una magnitud que depende de la misma F_{real} o F_{1real} durante una fase de la conformación con velocidad constante de la unidad de movimiento.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque

a) la magnitud de ajuste y_{RS} para originar un comportamiento de regulación integral: se determina en el caso de una regulación analógica usando el término integrativo

$$k_i \cdot \int (y_{teórico} - y_{real})$$

o en el caso de una regulación digital usando el término cuasiintegrativo

$$k_i \cdot \sum_i^{i=N_i} (y_{teórico} - y_{real}^{i-1})$$

entrando en el término en cada caso un valor de medición de una característica geométrica de la pieza de trabajo como valor real y_{real} , k_i como constante de regulación de componente integral e $y_{teórico}$ como valor teórico para la característica geométrica de la pieza de trabajo y estableciendo N_i un número de diferencias que deben sumarse a partir de $y_{teórico}$ e y_{real} ,

y/o

b) porque la magnitud de ajuste y_{RS} para originar un comportamiento de regulación proporcional se

etermina:

en el caso de una regulación analógica usando el término proporcional

$$k_p \cdot (y_{teórico} - y_{real})$$

o en el caso de una regulación digital usando el término

$$k_p \cdot (y_{teórico} - y_{real}^{i-1})$$

entrando en el término en cada caso un valor de medición de una característica geométrica de la pieza de trabajo como valor real y_{real} , k_p como constante de regulación de componente proporcional e $y_{teórico}$ como valor teórico para la característica geométrica de la pieza de trabajo.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 11, caracterizado porque para la determinación de al menos uno de los parámetros de regulación k_p , k_i y/o k_f se emplea un método de optimización que simula al menos parcialmente la operación de conformación, entran en los parámetros de regulación que deben optimizarse k_p , k_i y/o k_f y opcionalmente una banda de tolerancia admisible como parámetros iniciales, realizándose la optimización de parámetro de al menos un parámetro de regulación que debe optimizarse k_p , k_i y/o k_f al menos con las siguientes etapas:

leer valores de especificación para los parámetros de regulación que deben optimizarse en un modelo de simulación de al menos partes del proceso de conformación,

emplear los parámetros de regulación que deben optimizarse en el modelo de simulación,

comparar los resultados de la simulación en cuanto a la dispersión de la característica geométrica que debe regularse de la pieza de trabajo con la banda de tolerancia,

- en el caso de que la característica geométrica de las piezas de trabajo simuladas se encuentre fuera de la banda de tolerancia, la variación de al menos uno de los parámetros que deben optimizarse,

emplear los parámetros que deben optimizarse variados en el modelo de simulación,

comparar los resultados de la simulación en cuanto a la dispersión de la característica geométrica de la pieza de trabajo con la banda de tolerancia,

- en el caso de que la característica geométrica de las piezas de trabajo simuladas se encuentre fuera de la banda de tolerancia, repetir opcionalmente la variación y las etapas mencionadas a continuación,

- en el caso de que la característica geométrica de las piezas de trabajo simuladas se encuentre dentro de la banda de tolerancia, usar el o los parámetros de regulación optimizados para la regulación de la operación de conformación.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la posición de conformación y_{RS} se determina usando el término de compensación de temperatura

$$k_T \cdot (T_{ref.} - T_{real})$$

en el que entra un valor de medición de una temperatura del dispositivo de conformación como valor real de temperatura T_{real} , $T_{ref.}$ entra como valor de referencia de temperatura del dispositivo de conformación y k_T entra como constante de regulación de compensación de temperatura.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se determina la posición de conformación y_{RS} usando un término de compensación de relajación y_{RIX} , que para la compensación de la relajación se resta de y_{RS} o se suma al mismo.

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque como unidad de movimiento se usa un accionamiento electromotor controlado numéricamente y como regulación se utiliza una regulación digital.

16. Dispositivo para la realización de un proceso de conformación de múltiples etapas según un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende un dispositivo de conformación, que comprende una unidad de control, al menos una herramienta de conformación y al menos una contraherramienta para conformar exactamente una pieza de trabajo a partir de una materia prima, así como una unidad de movimiento para el movimiento de la herramienta de conformación y de la

contraherramienta en relación entre sí, estando prevista y configurada la unidad de control para controlar la unidad de movimiento con una magnitud de ajuste y_{RS} , de tal manera que se acciona la herramienta de conformación y/o la contraherramienta para el movimiento a una posición de conformación o para alcanzar una fuerza de conformación, para dotar a la pieza de trabajo mediante solicitud con la herramienta de conformación y la contraherramienta de una característica geométrica predeterminada,

en el que el dispositivo de conformación comprende medios de medición para detectar al menos una magnitud que influye a la hora de alcanzar la característica geométrica predeterminada de la exactamente una pieza de trabajo y porque la unidad de control está configurada para controlar la unidad de movimiento teniendo en cuenta la al menos una magnitud que debe detectarse desde el punto de vista de la técnica de medición, que influye en alcanzar la característica geométrica predeterminada de la exactamente una pieza de trabajo, y en el que el dispositivo de conformación presenta al menos un sensor de detección de fuerza para la medición de la fuerza de conformación en una etapa de conformación actual de un respectivo proceso de conformación de la exactamente una pieza de trabajo,

en el que la unidad de control está configurada para tener en cuenta la fuerza de conformación medida por medio del sensor de fuerza durante el control de la unidad de movimiento en una etapa de conformación que sigue a la etapa de conformación actual de la exactamente una pieza de trabajo del proceso de conformación de la misma y exactamente una pieza de trabajo, determinándose la magnitud de ajuste y_{RS} usando el término de influencia de fuerza

$$k_{1f} \cdot (F_{1media} - F_{1real}) ,$$

en el que F_{1real} es la fuerza de conformación que debe medirse durante la conformación de la pieza de trabajo en una etapa de conformación precedente a la etapa de conformación actual y que debe tenerse en cuenta adicionalmente durante el control de la unidad de movimiento o una magnitud que depende de la misma, F_{1media} entra como valor medio de la fuerza de conformación F_{1real} o de una magnitud que depende de la misma en la misma etapa de conformación en cuestión de procesos de conformación precedentes y k_{1f} entra como parámetro de regulación de la influencia de fuerza.

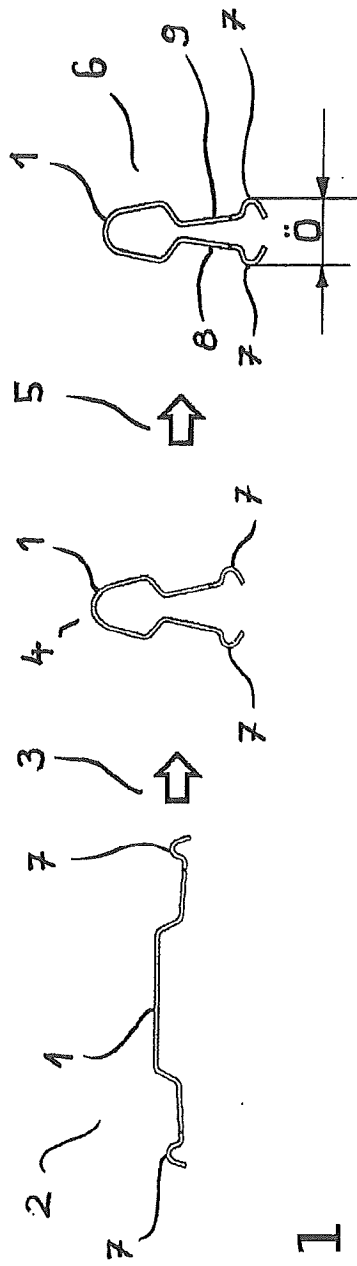


Fig. 1

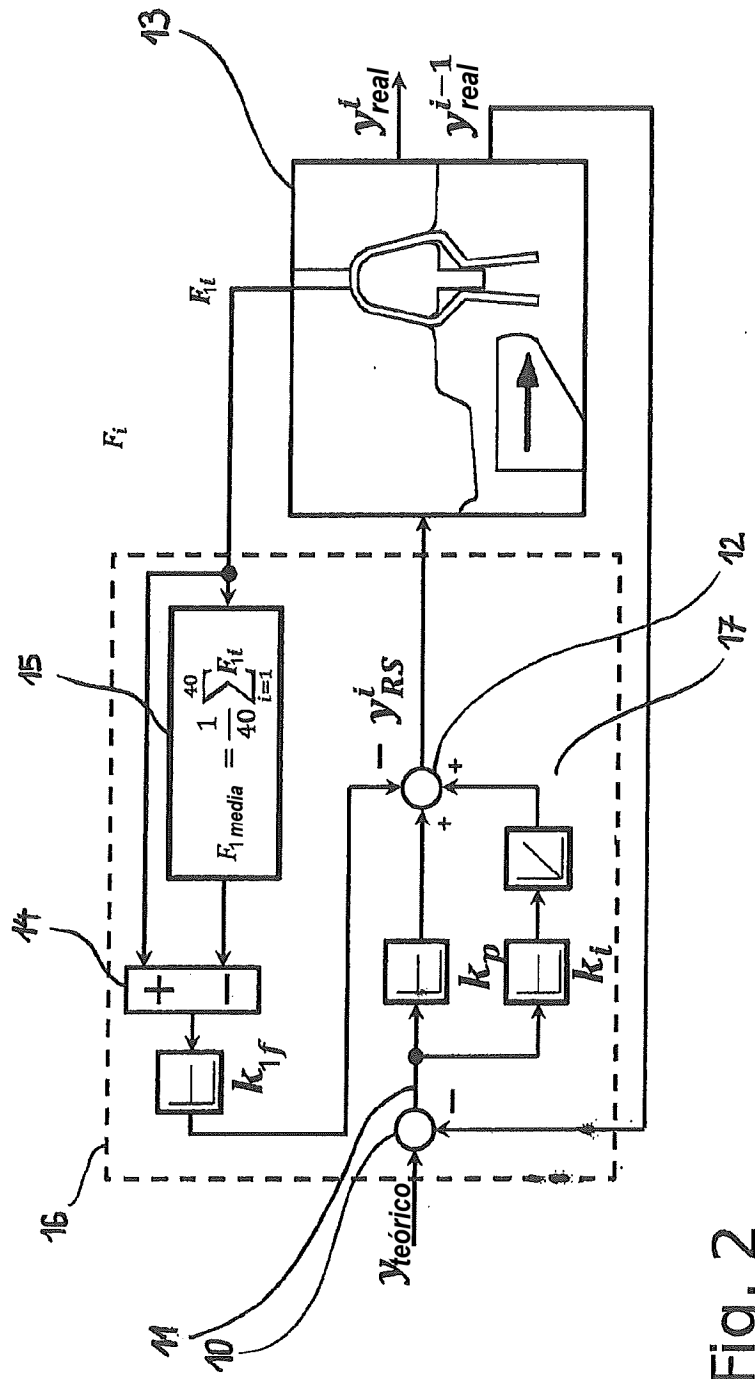


Fig. 2

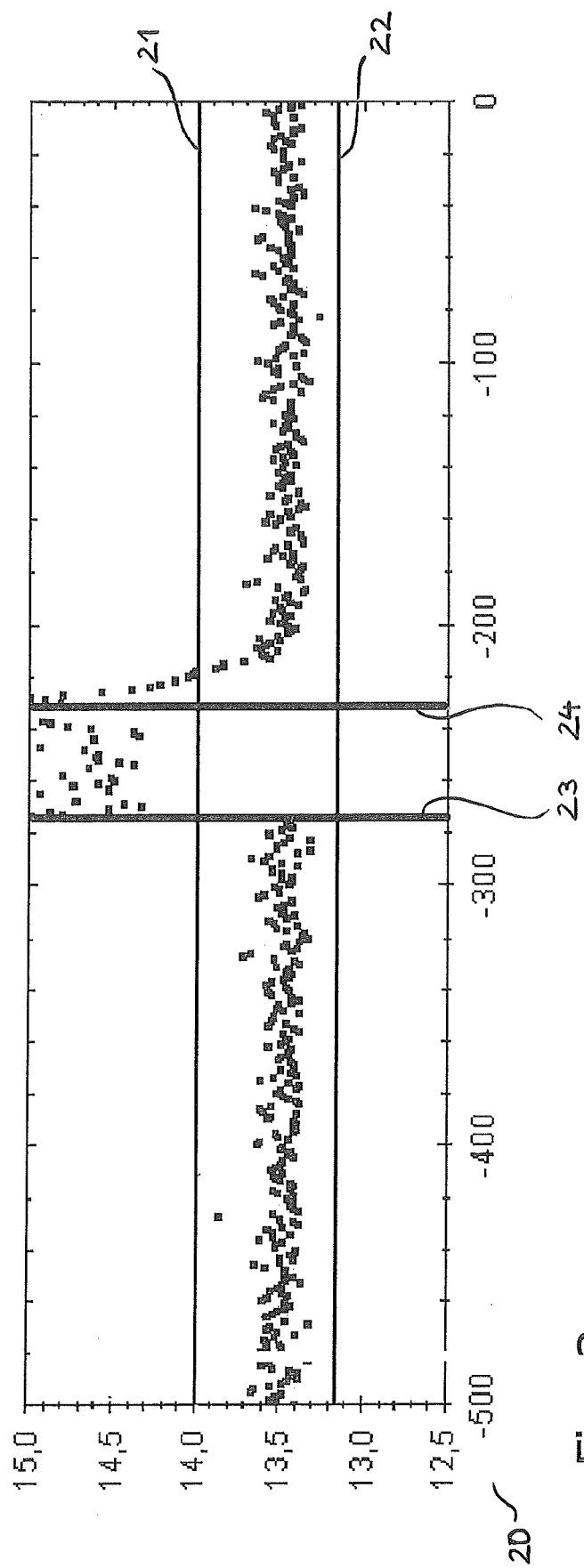


Fig. 3

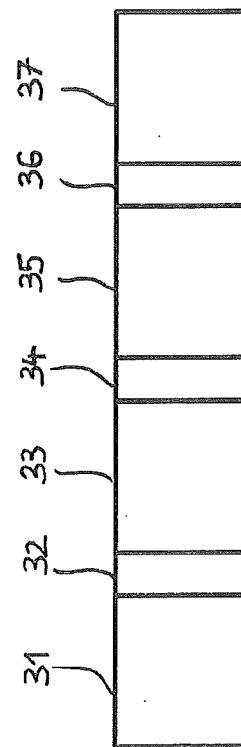


Fig. 4

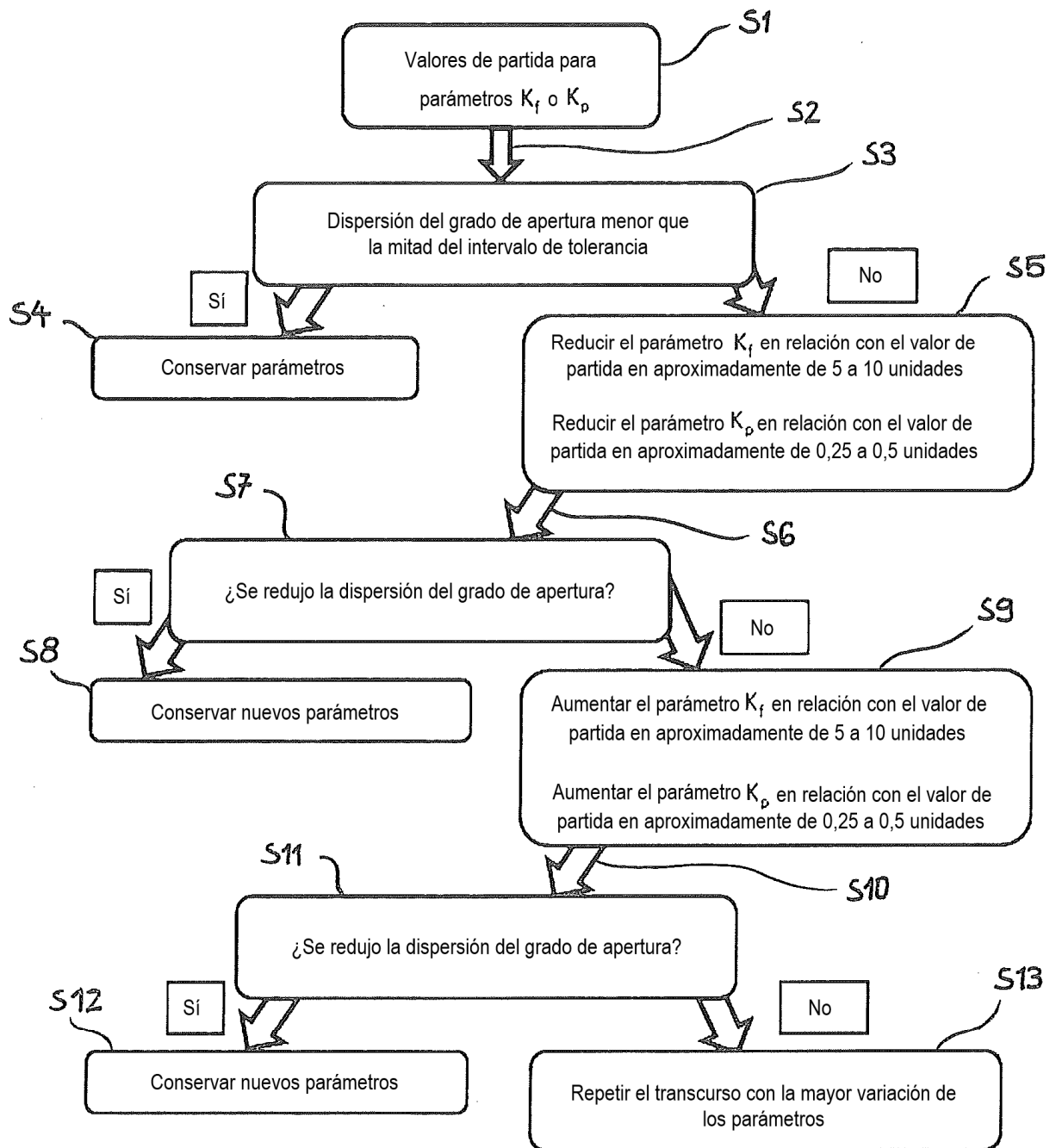


Fig. 5

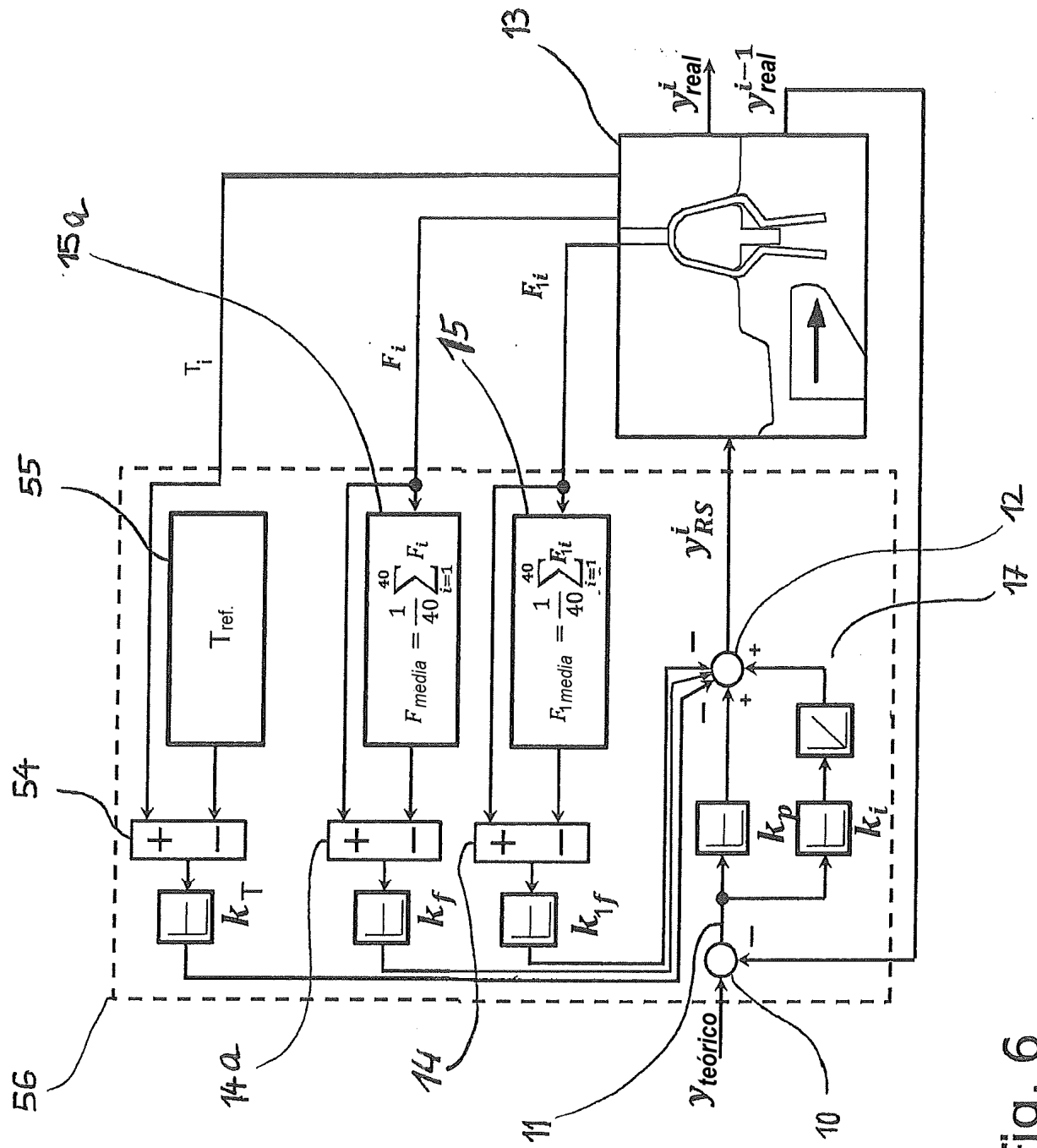


Fig. 6

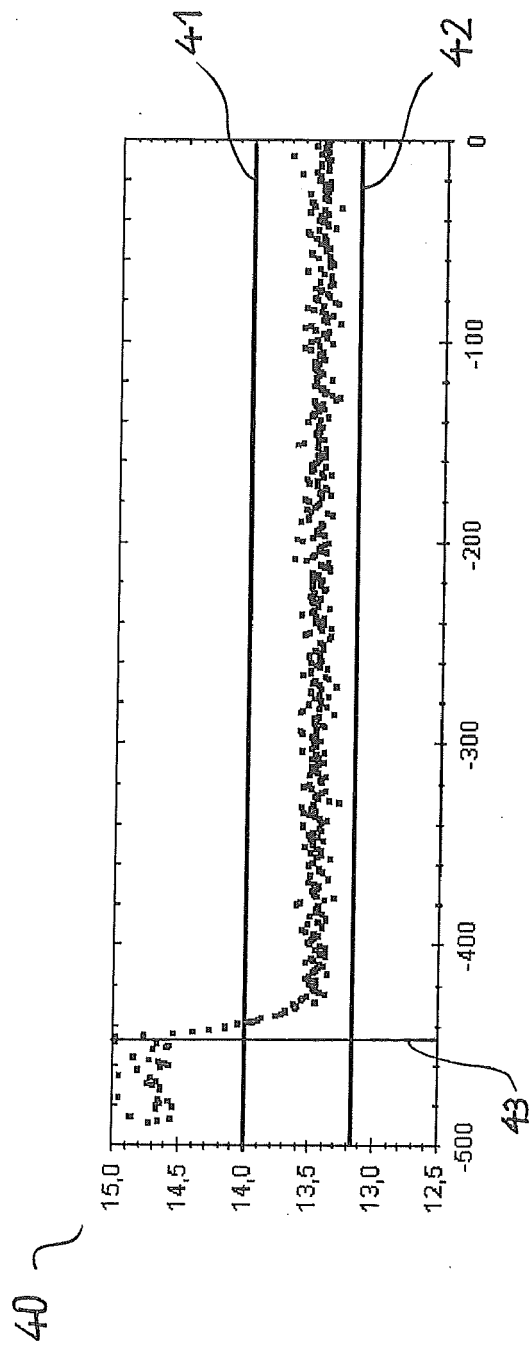


Fig. 7