

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 912 976**

51 Int. Cl.:

G01B 21/04 (2006.01)

G01B 1/00 (2006.01)

B23Q 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2017 PCT/EP2017/083727**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2018 WO18115071**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2017 E 17823112 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.02.2022 EP 3559594**

54 Título: **Dispositivo para uso en una máquina herramienta de control numérico para su uso en un procedimiento de medición de la máquina herramienta de control numérico**

30 Prioridad:

22.12.2016 DE 102016226073

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

30.05.2022

73 Titular/es:

**DECKEL MAHO PFRONTEN GMBH (100.0%)
Deckel-Maho-Strasse 1
87459 Pfronten, DE**

72 Inventor/es:

**MAIER, MARZELL;
MARCZINEK, STEFAN y
LOCHBIHLER, THOMAS**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 912 976 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

Dispositivo para uso en una máquina herramienta de control numérico para su uso en un procedimiento de medición de la máquina herramienta de control numérico

La presente invención se refiere a un dispositivo para su uso en una máquina herramienta de control numérico para su uso en un procedimiento de medición de la máquina herramienta de control numérico. Además, la presente solicitud se refiere al procedimiento en sí y a un sistema que comprende una máquina herramienta de control numérico y el dispositivo según la invención. No se reivindica el procedimiento.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los procedimientos de medición en máquinas-herramienta, como los que se conocen, por ejemplo, en los documentos EP 1696 289 A1 o ES 10 2010 038 783 A1, sirven, entre otras cosas, para comprobar si la máquina herramienta presenta desviaciones de precisión. Estas pueden estar causados por el desgaste de, por ejemplo, las guías, o por la colisión entre sí de, por ejemplo, las partes móviles de la máquina.

En el documento EP 1 696 289 A1 se describe un procedimiento para medir un eje redondo en una máquina herramienta. Para ello, se sondea una bola de medición en dos posiciones de medición (medición de dos puntos), que resultan del giro de un eje redondo en el que está fijada la bola de medición. Dado que se conoce el radio de la bola de medición, se puede determinar la posición espacial del respectivo punto central de la bola de medición (o de otro punto de referencia de la bola de medición) en la correspondiente posición de medición, por ejemplo, en relación con el sistema de coordenadas de la máquina, escaneando en tres puntos de la superficie de la bola de medición (en cada una de las dos posiciones de medición de la bola de medición) y determinando las coordenadas de los tres puntos de la superficie. A partir del ángulo de giro del eje redondo entre las dos posiciones de medición y las respectivas posiciones espaciales determinadas, se determina una posición del punto central del eje redondo.

A partir de las coordenadas de las dos mediciones se determina el centro de giro del eje redondo sobre el que se fijó la bola de medición. Para calcular un eje lineal, la medición de dos puntos descrita puede repetirse a una altura diferente sobre el eje redondo, con lo que puede calcularse de nuevo un centro de giro para esta altura a partir de la medición de dos puntos. La unión de ambos centros de giro se usa para determinar la dirección del eje redondo.

En el documento ES 10 2010 038 783 A1 se describe un procedimiento en el que se determina el movimiento de un eje giratorio palpando varias posiciones de una galga en la circunferencia del eje giratorio a través del movimiento de los ejes lineales de la máquina. Los valores medidos así determinados se usan para calcular una trayectoria circular que pasa por las coordenadas de los puntos sondeados. También se describe que los resultados de la medición pueden usarse para determinar un error de inclinación relativo entre el eje giratorio y los ejes lineales de sondeo.

Además, del fabricante de sistemas de medición RENISHAW se conoce un procedimiento (y un dispositivo asociado) para comprobar la precisión de la máquina, con el que las mediciones (prueba de forma circular) pueden llevarse a cabo por medio de una "barra de bolas" sobre círculos completos así como sobre círculos graduados. Las mediciones se realizan desde los 3 niveles de una máquina en una sola sujeción. La precisión volumétrica de una máquina puede entonces determinarse sobre la base de 3 medidas correspondientes entre sí.

Sin embargo, los procedimientos descritos anteriormente tienen desventajas en cuanto a que los montajes de medición usados tienen que estar parcialmente desplazados para poder medir ciertos ejes. Sin embargo, el desplazamiento del montaje de medición aumenta la duración de la medición de los ejes y también conlleva el riesgo de introducir en la medición influencias de error adicionales. Otra desventaja del sistema RENISHAW es que la mayoría de las pruebas de "barra de bolas" solo pueden llevarse a cabo en círculos graduados relativamente limitados, por lo que pueden "pasarse por alto" las imprecisiones de la máquina en las zonas que no se recorren. Además, en el procedimiento RENISHAW, se fija un elemento de apoyo en el centro de giro de la mesa de la máquina para analizar el movimiento circular entre el husillo de trabajo y la mesa de la máquina. En este caso, un error de posicionamiento no despreciable del elemento de apoyo puede superponerse a las desviaciones del movimiento circular, ya que es prácticamente imposible lograr un posicionamiento exacto en el centro de rotación de la mesa y, sin embargo, un posicionamiento muy cercano al centro de rotación solo permite unas pocas mediciones basándose en las cuales habría que establecer la posición del centro de rotación "real" de la mesa de la máquina. El documento ES 195 07 805 A1 divulga una pieza de prueba para máquinas de medición de coordenadas y máquinas herramienta. El documento DE197 20 883 A1 divulga un cuerpo de prueba desmontable en forma de tetraedro. El documento ES 196 11 617 A1 divulga un cuerpo de prueba y la supervisión de las máquinas de medición de coordenadas. El documento US 5.111.590 desvela un cuerpo de prueba.

RESUMEN DE LA INVENCION

Por lo tanto, es un objetivo de la presente invención proporcionar un dispositivo para su uso en una máquina herramienta de control numérico para aplicarla en un procedimiento de medición de la máquina herramienta de control numérico, con el que se evitan los problemas anteriores y basándose en el cual puede tener lugar una optimización de la geometría de la máquina herramienta.

Es además un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema que comprenda el dispositivo según la invención y una máquina herramienta. No se reivindica un procedimiento correspondiente. Estos objetivos se consiguen mediante un dispositivo según la reivindicación 1 y un sistema según la reivindicación 15. Las reivindicaciones dependientes se refieren a ejemplos de realización ventajosos del dispositivo según la invención. El dispositivo según la invención para su uso en una máquina herramienta de control numérico para su uso en un procedimiento de medición de la máquina herramienta de control numérico, presenta: un primer elemento de medición para medir por medio de un dispositivo de medición, un segundo elemento de medición para medir por medio del dispositivo de medición, un elemento espaciador en el que el primer elemento de medición y el segundo elemento de medición están dispuestos separados entre sí, y al menos una sección de fijación para fijar el dispositivo a una parte de la máquina de la máquina herramienta.

Mediante el dispositivo según la invención con una disposición correspondiente de los elementos de medición, se pueden medir una pluralidad de ejes de la máquina herramienta en un ciclo de medición y se pueden determinar sus errores correspondientes (como por ejemplo en la rectitud de los ejes lineales, el ángulo de cruce, el error de compensación de los ejes lineales, el error de paso de los ejes giratorios, el bamboleo de los ejes giratorios, etc.). Por ejemplo, en una máquina herramienta de 5 ejes, es posible medir en un solo ciclo los 3 ejes lineales y los 2 ejes giratorios. Pero también otros varios tipos de máquinas-herramienta (por ejemplo, tomos, rectificadoras, máquinas de erosión, etc.) pueden ser ventajosamente medidos con el dispositivo según la invención. Los resultados obtenidos pueden usarse, a su vez, para decidir si la máquina herramienta correspondiente debe someterse a una revisión más costosa (por ejemplo, repasando o sustituyendo las guías, los cojinetes, etc.), o si, por el contrario, existe una opción de compensación que ahorra tiempo y costes, es decir, el ajuste de los parámetros de la máquina (corrección de los valores/posiciones objetivo).

Con ello es posible calibrar la geometría básica (precisión) de la máquina además de la cinemática de la misma.

El uso de dos elementos de medición que están separados entre sí de forma definida por un elemento espaciador y que son sondeados, por ejemplo, por medio de una sonda de medición para medir la posición de los elementos de medición (medición de la distancia de la bola) conduce, entre otras cosas, a que el procedimiento de medición de la máquina herramienta pueda simplificarse significativamente. El usuario solo tiene que posicionar una vez el dispositivo sobre la pieza de la máquina y, según la configuración de la máquina herramienta, puede medir todos los ejes por medio del dispositivo posicionado.

El uso de la sonda de medición para detectar la posición de los elementos de medición es solo un ejemplo de los sistemas de medición de puntos y se tratará más adelante por medio de ejemplos. Sin embargo, también se puede usar cualquier otro sistema de medición de puntos, tales como un medidor de puntos láser o un medidor de entrehierro.

Además, el dispositivo permite prescindir de una subdivisión fina de las distintas posiciones de la pieza de la máquina con el dispositivo fijado en comparación con los procedimientos de medición habituales, ya que los dos elementos de medición permiten registrar más puntos de medición por cada posición. Así, los ejes de la máquina herramienta pueden medirse en pasos más gruesos, lo que acelera el proceso en general.

Es una ventaja del dispositivo descrito que la distancia entre los elementos de medición no solo es conocida, sino que también puede mantenerse lo más constante posible durante varios ciclos de medición. Dado que, por ejemplo, la distribución y los valores de la temperatura dentro de la máquina también pueden cambiar durante el funcionamiento continuo de la misma, estos cambios podrían reflejarse en el estado del elemento espaciador y, por lo tanto, en la medición. Por esta razón, se eligió un elemento espaciador que es en gran medida insensible a los cambios previstos en las condiciones ambientales.

Así, esta distancia se puede usar como una especie de "estándar de longitud" y, por consiguiente, como valor de referencia para la medición de la máquina, incluso durante un ciclo de medición más largo con condiciones ambientales cambiantes.

Otro punto crucial en el dispositivo descrito anteriormente para evitar influencias de error en la medición de los elementos de medición, debido a una disposición defectuosa de la medición, es que los elementos de medición junto con el elemento espaciador pueden fijarse a la parte de la máquina aplicando una tensión previa muy pequeña.

Esto se consigue mediante opciones de sujeción y/o de fijación magnética y/o de bloqueo. Permiten colocar

del modo deseado los elementos de medición junto con el elemento espaciador en la parte de la máquina, y solo entonces fijar la posición del elemento espaciador con los elementos de medición en relación con la parte de la máquina. Se señala expresamente que la fijación del dispositivo no puede tener lugar únicamente en una pieza de la máquina, sino que también puede tener lugar en una pieza de trabajo correspondiente que se va a procesar, por ejemplo, tras la medición de la máquina herramienta con la pieza de trabajo, o combinada en una pieza de la máquina y una pieza de trabajo.

Esto también permite clasificar muy rápidamente las máquinas-herramienta de un parque de máquinas de una empresa para producir piezas con la precisión necesaria en las máquinas-herramienta que tienen la precisión necesaria. Además, conociendo las correspondientes imprecisiones de una máquina-herramienta, es posible predecir qué precisión tendrá la pieza que se va a fabricar.

Con la aplicación del dispositivo según la invención y la posterior calibración de la máquina herramienta basada en él, los inventores pudieron lograr un aumento significativo de la precisión de la máquina, manteniendo muy simple y sencillo el dispositivo para medir la máquina herramienta.

Un perfeccionamiento especialmente ventajoso del dispositivo según la invención es que el primer y el segundo elemento de medición están unidos cada uno de ellos al elemento espaciador mediante una unión rígida.

En este punto y en los siguientes, la unión rígida debe entenderse en el sentido de que la posición relativa de los elementos de medición con respecto al elemento espaciador es invariable. Por la tanto, la unión rígida también puede entenderse como una unión asegurada y fija entre los elementos de medición y el elemento espaciador, de tal modo que los elementos de medición y el elemento espaciador solo pueden separarse entre sí o la posición relativa de estos elementos solo puede modificarse liberando el aseguramiento/fijación. Esto supone una gran ventaja para la trazabilidad de los resultados de las mediciones, especialmente en el caso de las mediciones múltiples. Esto se debe a que la distancia y la posición previamente determinadas entre los elementos de medición se pierden cuando se afloja la unión, de modo que habría que volver a medir el dispositivo según la invención después de que los elementos de medición hayan sido asegurados de nuevo sobre o en el elemento espaciador.

La unión rígida asegura que los dos elementos de medición y el elemento espaciador forman una unidad. Solo entonces es posible la formación de esta unidad como una especie de "estándar de longitud". Esto es importante para la medición de la máquina herramienta en términos de precisión de los resultados de la medición y como su posible uso como valor de referencia durante la medición.

Además, el dispositivo según la invención se puede perfeccionar ventajosamente haciendo que el elemento espaciador comprenda una sección dispuesta entre el primer y el segundo elementos de medición, que esté hecha de un material que tenga un coeficiente de expansión térmica menor o igual a $3,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en particular menor o igual a $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; o que el elemento espaciador tenga una sección dispuesta entre el primer y el segundo elementos de medición y esté hecha de un material que tenga un coeficiente de expansión térmica en la dirección del espaciado entre el primer y el segundo elementos de medición menor o igual a $3,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en particular menor o igual a $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Además, el dispositivo según la invención se puede perfeccionar ventajosamente haciendo que el elemento espaciador comprenda un material que, al menos entre el primer y el segundo elemento de medición, tenga un coeficiente de expansión térmica menor o igual a $3,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en particular menor o igual a $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; o que el elemento espaciador comprenda un material que tenga un coeficiente de dilatación térmica inferior o igual a $3,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en particular inferior o igual a $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, al menos entre el primer y el segundo elemento de medición en la dirección de separación entre el primer y el segundo elemento de medición.

En cualquier caso, es ventajoso si todo el elemento espaciador o una parte del elemento espaciador dispuesto entre el primer y el segundo elemento de medición están hechos de un material que tenga un coeficiente de expansión térmica comparativamente bajo para ser en gran medida insensible a los cambios en la temperatura ambiente.

Un perfeccionamiento ventajoso del dispositivo según la invención es que el elemento espaciador comprende una sección dispuesta entre el primer y el segundo elemento de medición, que está hecha de un plástico reforzado con fibra de carbono, o que el elemento espaciador está hecho de un plástico reforzado con fibra de carbono, o que el elemento espaciador está realizado como una varilla de fibra de carbono.

El plástico reforzado con fibra de carbono o una varilla de fibra de carbono ya han demostrado ser extremadamente ventajosos en las primeras pruebas de los inventores, ya que este material y su procesamiento en un elemento espaciador en forma de varilla no solo tiene la propiedad de un coeficiente de expansión térmica muy bajo, sino que el elemento espaciador resultante también es muy estable frente a las cargas de flexión y de tensión/compresión y también tiene un peso muerto comparativamente bajo. Por otra parte, esto es muy ventajoso, ya que el propio elemento espaciador en forma de varilla se deforma

significativamente menos debido a su bajo peso propio (fuera de la disposición vertical) y, por lo tanto, la distancia ajustada entre los dos elementos de medición se obtiene con menores influencias de error, independientemente de la posición en la que el elemento espaciador en forma de varilla está dispuesto en la máquina herramienta.

El dispositivo según la invención se puede perfeccionar haciendo que el elemento espaciador comprenda una sección dispuesta entre los elementos de medición primero y segundo, estando la sección formada de vidrio de cuarzo, o estando el elemento espaciador formado de un vidrio de cuarzo, o estando el elemento espaciador realizado como una varilla de vidrio de cuarzo.

Otro material ventajoso para formar el elemento espaciador con respecto a un coeficiente de expansión térmica muy bajo es el vidrio de cuarzo. Al igual que el carbono, ofrece una muy baja susceptibilidad a los cambios de temperatura. Sin embargo, debe tenerse en cuenta su mayor densidad a la hora de diseñar el elemento separador.

Sin embargo, en lugar de la varilla de fibra de carbono o de una varilla de vidrio de cuarzo, también se pueden usar materiales metálicos para el elemento espaciador, por ejemplo, por razones de coste y/o requisitos de menor precisión. Los materiales metálicos tienen unos coeficientes de dilatación térmica mucho más elevados que los materiales de fibra de carbono o el vidrio de cuarzo y, por tanto, reaccionan con mucha más intensidad a los cambios de temperatura ambiente. Además, los elementos espaciadores de material metálico pueden tener un peso propio significativamente mayor que, por ejemplo, una varilla de fibra de carbono, lo que puede tener un efecto adicional sobre la precisión de la medición para determinados posicionamientos del dispositivo.

Un perfeccionamiento particularmente ventajoso del dispositivo según la invención es posible en el sentido de que el primer y/o el segundo elemento de medición sea una bola de medición o tenga al menos una sección de bola de medición.

Para que los elementos de medición se perciban como un punto de medición durante la medición, ha resultado especialmente ventajoso configurar los elementos de medición como una bola o con secciones de bola. Con esta forma es posible detectar el centro de la bola/sección de bola con un radio conocido de la bola/sección de bola, independientemente del lado por el que la sonda de medición toque el elemento de medición, y usar el centro detectado como punto de medición.

Es especialmente ventajoso a este respecto que las bolas o las secciones de las bolas tengan la mayor superficie libre posible que pueda ser tocada por la sonda de medición, por ejemplo. Esto tiene la ventaja de que el punto central de cada bola puede ser determinado por separado. Además, se puede detectar más fácilmente un desplazamiento de las bolas entre sí, ya que las bolas pueden ser registrada casi desde todos los lados. Ambas ventajas ofrecen la posibilidad de aumentar aún más la precisión de las mediciones.

El dispositivo según la invención está formado además por un primer elemento de fijación, que tiene una primera sección de fijación para fijar el dispositivo a la parte de máquina de la máquina herramienta, y un segundo elemento de fijación que tiene una segunda sección de fijación para fijar a la parte de máquina de la máquina herramienta, estando el primer elemento de fijación y el segundo elemento de fijación separados entre sí en el elemento espaciador.

En un ejemplo no reivindicado, los primeros y segundos elementos de fijación están cada uno de ellos unidos, a través de una unión rígida, al elemento espaciador y/o a uno de los elementos de medición respectivos.

Esto permite una fijación multipunto de la unidad de elementos de medición y del elemento espaciador a la parte de la máquina para una disposición más estable de esta unidad. Un ejemplo preferente en este caso es la fijación del dispositivo en dos puntos. No obstante, también son posibles las fijaciones con uno o más elementos de sujeción. Por lo tanto, la fijación de dos puntos debe entenderse en lo que sigue como un ejemplo elegido entre una multitud de posibilidades. Una vez más, se señala expresamente que la fijación del dispositivo no puede tener lugar únicamente en una pieza de la máquina, sino que también puede tener lugar en una pieza de trabajo correspondiente o combinada en una pieza de la máquina y una pieza de trabajo.

El dispositivo según la invención está además perfeccionado en el sentido de que los primeros y los segundos elementos de fijación están cada uno de ellos fijados, a través de una unión bloqueable, al elemento espaciador y/o a uno de los elementos de medición respectivos.

La unión bloqueable permite fijar los elementos de fijación a la parte de la máquina, pudiendo al mismo tiempo cambiar la posición del elemento espaciador y/o del elemento de medición en relación con los elementos de fijación. Esto es especialmente importante para una disposición sin tensiones de los elementos de medición con el elemento distanciador, ya que solo de esta manera se puede garantizar en gran medida que la separación previamente definida por el elemento distanciador también esté presente después de la disposición y del bloqueo en la máquina herramienta.

Un perfeccionamiento ventajoso del dispositivo según la invención es que el primer y/o el segundo elemento de fijación es pivotante y/o puede girar libremente en relación con el elemento espaciador en el estado no bloqueado de la unión bloqueable.

El dispositivo según la invención puede estar ventajosamente perfeccionado, además, haciendo que la unión bloqueable del primer y/o del segundo elemento de fijación comprendan una o más articulaciones, en particular articulaciones giratorias y/o articulaciones esféricas.

En particular, la posibilidad de que la unión entre los elementos de fijación y el elemento espaciador o el elemento de medición tenga un gran número de grados de libertad de giro permite garantizar que el elemento espaciador esté lo más libre de tensiones posible y, por lo tanto, influir lo menos posible en la separación previamente definida por el elemento espaciador (como una parte importante correspondiente del "estándar de longitud"). Por lo tanto, una elección preferente son las articulaciones giratorias y/o esféricas para sujetar el elemento distanciador con los elementos de medición de la forma más libre posible de tensiones.

Un perfeccionamiento particularmente ventajoso del dispositivo según la invención consiste en que el primer elemento de fijación está conectado al elemento espaciador y/o a uno de los elementos de medición respectivos a través de un primer elemento intermedio, estando dispuesta una primera articulación entre el primer elemento de fijación y el primer elemento intermedio, y una segunda articulación entre el primer elemento intermedio y el elemento espaciador y/o el respectivo elemento de medición, y/o el segundo elemento de fijación está conectado al elemento espaciador y/o a uno de los elementos de medición respectivos a través de un segundo elemento intermedio, en donde una tercera articulación está dispuesta entre el segundo elemento de fijación y el segundo elemento intermedio y una cuarta articulación está dispuesta entre el segundo elemento intermedio y el elemento espaciador y/o el respectivo elemento de medición.

Para aumentar aún más la flexibilidad de la fijación del elemento espaciador con los elementos de medición y también para cumplir cada vez más con el requisito de una disposición lo más libre de tensiones posible, se pueden usar elementos intermedios que están dispuestos entre los elementos de fijación y los elementos de medición o el elemento espaciador. Cada uno de estos elementos intermedios tiene al menos dos articulaciones que están previstas para unir el elemento de fijación al elemento espaciador y/o al elemento de medición. Estas articulaciones pueden tener por su parte una pluralidad de grados de libertad de giro, lo que permite fijar primero los elementos de fijación con respecto a la parte de la máquina y fijar después los elementos de medición con el elemento espaciador con respecto a los elementos de fijación.

El dispositivo según la invención puede estar además ventajosamente perfeccionado en el sentido de que el primer elemento intermedio comprende un dispositivo de bloqueo para bloquear simultáneamente la primera y la segunda articulación, y/o el segundo elemento intermedio comprende un dispositivo de bloqueo para bloquear simultáneamente la tercera y la cuarta articulación.

Además, el estado lo más libre posible de tensiones del elemento espaciador con los elementos de medición puede lograrse mediante el bloqueo que se efectúa a través de los elementos intermedios, en donde cuando se bloquea un elemento intermedio, al menos dos articulaciones se fijan/bloquean simultáneamente en el estado en que se encuentran. Para ello, también son ventajosas las opciones de bloqueo de sujeción ya descritas anteriormente.

El dispositivo según la invención puede ser además ventajosamente perfeccionado de tal manera que el primer y/o el segundo elemento de fijación comprende un soporte magnético para la fijación a la parte de máquina de la máquina herramienta.

Esto permite un uso muy flexible del dispositivo en todas las superficies que pueden ser magnetizadas. De este modo, el dispositivo no depende de su fijación dentro de la máquina-herramienta mediante los puntos de atornillado existentes o de las posibilidades de fijación similares dependientes de la rejilla, sino que puede fijarse a voluntad a la parte de la máquina mediante los soportes magnéticos necesarios para la medición de la máquina-herramienta (o de sus componentes).

El dispositivo según la invención puede ser además ventajosamente perfeccionado haciendo que el soporte magnético comprenda un electroimán conmutable y/o una base magnética mecánicamente conmutable.

Para la fijación del dispositivo dentro de la máquina-herramienta se pueden usar tanto bobinas magnéticas accionadas eléctricamente como pies magnéticos de conmutación puramente mecánica (por ejemplo, cambiando la posición del imán permanente instalado dentro del pie magnético).

Además, también pueden usarse uniones adhesivas desmontables, así como uniones de sujeción (como por ejemplo uniones de tornillo, soportes de sujeción, etc.) para fijar los elementos de sujeción a una parte de máquina de la máquina herramienta.

Un perfeccionamiento ventajoso del dispositivo según la invención consiste en que el elemento espaciador define una distancia predeterminada entre el primer y el segundo elemento de medición.

- 5 Ventajosamente, el elemento espaciador también tiene un coeficiente de expansión térmica muy bajo, de tal modo que la distancia predeterminada entre el primer y el segundo elemento de medición puede mantenerse incluso bajo condiciones ambientales cambiantes (como por ejemplo los cambios de temperatura).

- 10 El dispositivo según la invención puede ser ventajosamente perfeccionado haciendo que la distancia predeterminada entre el primer y el segundo elemento de medición sea mayor de o igual a 100 mm, y en particular mayor de o igual a 200 mm, en particular mayor de o igual a 300 mm.

- 15 Además, el dispositivo según la invención puede ser ventajosamente perfeccionado haciendo que la distancia predeterminada entre el primer y el segundo elemento de medición sea inferior o igual a 800 mm, y en particular inferior o igual a 700 mm, en particular inferior o igual a 600 mm.

- 20 Estas distancias han demostrado ser ventajosas en los primeros ensayos de aplicación del principio del dispositivo según la invención y permiten su uso en un gran número de máquinas herramienta de diferentes tamaños de mesa y volúmenes de espacio de trabajo.

- 25 Un perfeccionamiento ventajoso del dispositivo según la invención consiste en que el dispositivo se proporciona para su uso en una máquina herramienta predeterminada, teniendo la máquina herramienta un eje lineal controlable y el elemento espaciador una distancia predeterminada entre el primer y el segundo elemento de medición, cuyo espaciado es del 30 % al 70 %, en particular del 40 % al 60 % y en particular sustancialmente el 50 % de la longitud del eje del eje lineal controlable.

- 30 Dependiendo del tamaño de la mesa y de la longitud de los ejes lineales controlables, tiene sentido elegir de manera correspondiente distancias más largas o más cortas entre los dos elementos de medición. En relación con la longitud del eje de los ejes lineales controlables, se ha demostrado que son ventajosas ciertas distancias (por ejemplo, de alrededor del 50 % de la longitud del eje), de modo que se puede usar preferentemente un tamaño del dispositivo adaptado al tamaño de la máquina para una declaración rápida sobre la precisión de la máquina herramienta (geometría de la máquina).

- 35 Sin embargo, distancias menores o mayores entre los dos elementos de medición también pueden ser ventajosas para la aplicación correspondiente. Por ejemplo, pueden ser ventajosas las distancias que corresponden a menos del 50 % de la longitud del eje de la máquina herramienta. Desplazar el dispositivo varias veces para medir la máquina herramienta supone un mayor esfuerzo, pero permite registrar un número significativamente mayor de puntos de medición, a partir de los cuales es posible realizar una declaración más detallada y, por tanto, más precisa sobre la precisión de la máquina.

- 40 Un sistema según la invención comprende una máquina-herramienta de control numérico y un dispositivo para su uso en la máquina-herramienta de control numérico según uno cualquiera de los aspectos/perfeccionamientos mencionados anteriormente.

- 45 Un procedimiento no reivindicado para medir la máquina herramienta de control numérico tiene los siguientes pasos: recepción de un dispositivo de medición en el husillo de trabajo de la máquina herramienta, colocación de un dispositivo de acuerdo con uno de los perfeccionamientos antes mencionados en una parte de máquina de la máquina herramienta que pueda desplazarse lineal y/o giratoriamente, determinación de una posición real correspondiente del primer elemento de medición con la sonda de medición de medición en al menos dos posiciones de la parte de máquina en la máquina herramienta, determinación de una posición real correspondiente del segundo elemento de medición con el dispositivo de medición en al menos dos posiciones de la parte de máquina en la máquina herramienta, determinación de uno o más parámetros de referencia de coordenadas de uno o más ejes controlables de la máquina herramienta basándose en las posiciones reales determinadas de los primeros y segundos elementos de medición en las al menos dos posiciones de la parte de máquina de la máquina herramienta, de las respectivas posiciones nominales de los primeros y segundos elementos de medición en las al menos dos posiciones de la parte de máquina de la máquina herramienta, y una distancia previamente conocida entre los primeros y segundos elementos de medición.

- 60 En este caso, se puede usar un sistema de medición de puntos para el dispositivo de medición, que, además de una sonda de medición de medición como dispositivo de medición preferente, también puede comprender, por ejemplo, un medidor de puntos láser o un medidor de entrehierro.

- 65 Como es habitual en las mediciones mediante, por ejemplo, una sonda de medición de medición y los correspondientes elementos de medición, mediante la sonda de medición de medición se registran sucesivamente al menos dos posiciones de los elementos de medición y luego se comparan con las posiciones que los elementos de medición deberían haber asumido en el caso ideal, en donde además en este

procedimiento se tiene en cuenta la distancia entre sí de los elementos de medición (por ejemplo, como valor de referencia). El procedimiento presentado aquí no se limita a registrar primero varias posiciones del primer elemento de medición para luego iniciar la medición mediante el segundo elemento de medición. Más bien, se puede registrar una primera posición del primer y del segundo elemento de medición antes de que se mueva el dispositivo con la parte correspondiente de la máquina, para continuar después la medición en la segunda posición del primer o del segundo elemento de medición.

Además, el procedimiento tampoco se limita a disponer los dos elementos de medición en un plano paralelo a la superficie de la pieza de la máquina en la que se ha fijado el dispositivo. En caso de que el dispositivo disponga de los elementos intermedios mencionados, también pueden preverse deliberadamente desplazamientos de altura entre los elementos de medición, por ejemplo, para medir los cinco ejes de una máquina herramienta de 5 ejes en un ciclo de medición.

Un procedimiento no reivindicado para medir la máquina herramienta de control numérico tiene los siguientes pasos: recepción de un dispositivo de medición en el husillo de trabajo de la máquina herramienta, colocación de un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 22 a una parte de máquina de la máquina herramienta que puede desplazarse de manera lineal y/o rotativa, detección de una temperatura ambiente de la máquina herramienta, determinación de una posición real respectiva del primer elemento de medición con el dispositivo de medición en al menos dos posiciones de la parte de máquina en la máquina herramienta en relación con la temperatura ambiente detectada de la máquina herramienta en el momento de la correspondiente posición real determinada del primer elemento de medición, determinación de una posición real respectiva del segundo elemento de medición con el dispositivo de medición en al menos dos posiciones de la parte de máquina en la máquina herramienta en relación con la temperatura ambiente detectada de la máquina herramienta en el momento de la posición real respectiva determinada del segundo elemento de medición, ajuste de la correspondiente posición real determinada del primer y del segundo elemento de medición, con respecto a la correspondiente temperatura ambiente detectada, con una temperatura de referencia de la máquina herramienta, determinación de uno o más parámetros de referencia de coordenadas de uno o más ejes controlables de la máquina herramienta sobre la base de las posiciones reales determinadas del primer y del segundo elementos de medición en las al menos dos posiciones de la parte de máquina de la máquina herramienta con relación a la temperatura de referencia de la máquina herramienta, de las respectivas posiciones nominales de los primeros y segundos elementos de medición en las al menos dos posiciones de la parte de máquina de la máquina herramienta con respecto a la temperatura de referencia de la máquina herramienta, y una distancia previamente conocida entre los primeros y segundos elementos de medición con respecto a la temperatura de referencia de la máquina herramienta.

Especialmente durante la medición de valores absolutos, es crucial llevar a cabo un ajuste de temperatura de los valores reales, ya que de lo contrario los valores reales determinados no se pueden comparar con los valores determinados. Especialmente si los cambios de temperatura (por ejemplo, a lo largo del día en una sala de máquinas) son muy significativos, un ajuste de la temperatura puede ser indispensable para determinar de manera fiable la precisión de la máquina o los errores de la misma.

Ampliando el procedimiento mediante el registro de la temperatura ambiente en el momento de la correspondiente determinación de las posiciones reales, puede tener lugar un ajuste de las influencias de la temperatura (cambios de temperatura durante la medición, etc.) de las posiciones reales determinadas. Esto se produce al ajustar las posiciones determinadas con sus respectivas temperaturas ambiente registradas a una temperatura de referencia de la máquina herramienta. De este modo, la comparación de las posiciones reales y las posiciones nominales solo es posible en caso de que se produzcan cambios de temperatura durante la medición, ya que las posiciones nominales/valores nominales son válidos por lo general para una temperatura específica, en este caso la temperatura de referencia.

En el procedimiento aquí descrito, se puede usar también un sistema de medición de puntos para el dispositivo de medición, que, además de una sonda de medición de medición como dispositivo de medición preferente, también puede comprender, por ejemplo, un medidor de puntos láser o un medidor de entrehierro.

Además, el ajuste de las influencias de la temperatura también puede tener lugar a la inversa, compensando los valores nominales (en relación con una temperatura determinada) con la respectiva temperatura ambiente predominante.

Usando el dispositivo según la invención para la medición de una máquina herramienta, se pudo crear de manera sencilla la posibilidad de medir de manera fiable todos los ejes lineales y redondos de la máquina herramienta de una manera aún más fina en un ciclo de medición y, sobre la base de esto, calibrar la cinemática de la máquina y adicionalmente la geometría básica de la máquina herramienta, lo cual a su vez se puso de manifiesto en un aumento significativo de la precisión de la máquina.

Otros aspectos y ventajas de los mismos, así como ventajas y las posibilidades de realización más específicas

de los aspectos y de las características descritas anteriormente, se describen a partir de las siguientes descripciones y explicaciones de las figuras adjuntas, que no son restrictivas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- 5
Fig. 1 muestra de forma esquemática una máquina-herramienta con una parte de máquina (en este caso la mesa de la máquina) con una primera forma de realización del dispositivo montado en ella y el husillo de trabajo con la sonda de medición de medición;
- 10
Fig. 2 muestra de forma esquemática la máquina herramienta con la parte de máquina (den este caso la mesa de la máquina) con una segunda forma de realización del dispositivo montado en ella y el husillo de trabajo con la sonda de medición de medición;
- 15
Fig. 3A muestra de forma esquemática una máquina-herramienta con la pieza de la máquina (en este caso la mesa de la máquina) con la segunda realización del dispositivo montada en ella y el husillo de trabajo con la sonda de medición de medición;
- 20
Fig. 3B muestra de forma esquemática la máquina herramienta según la Fig. 3A con la parte de máquina (en este caso la mesa de la máquina) con una segunda forma de realización del dispositivo montada en ella y un husillo de trabajo desplazado con la sonda de medición de medición;
- 25
Fig. 4 muestra de forma esquemática la máquina herramienta con la parte de máquina (en este caso la mesa de la máquina) con una tercera forma de realización del dispositivo montada en ella y el husillo de trabajo con la sonda de medición de medición;
- 30
Fig. 5A muestra una cuarta forma de realización del dispositivo con varios elementos de medición a lo largo del elemento espaciador;
- Fig. 5B muestra una quinta forma de realización del dispositivo con un elemento separador en forma de cruz, varios elementos de medición (también a lo largo de secciones del elemento espaciador en forma de cruz) y una fijación de cuatro puntos del dispositivo;
- Fig. 6 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de realización del procedimiento no reivindicad;
- 35
Fig. 7 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de realización del procedimiento adicional no reivindicado;

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS Y DE REALIZACIONES PREFERENTES DE LA PRESENTE INVENCION

- 40
Se describen en detalle a continuación, con referencia a las figuras adjuntas, ejemplos o realizaciones de la presente invención. Los elementos idénticos o similares en las figuras pueden designarse con los mismos símbolos de referencia, pero a veces también con símbolos de referencia diferentes.
- 45
Cabe destacar que la presente invención no está, sin embargo, de ninguna manera limitada o restringida a los ejemplos de realización descritos a continuación y a sus características de realización, sino que abarca además las modificaciones de los ejemplos de realización, en particular las comprendidas por las modificaciones de las características de los ejemplos descritos o por la combinación de una o más de las características de los ejemplos descritos dentro del ámbito de protección de las reivindicaciones independientes.
- 50
La Fig. 1 muestra esquemáticamente una máquina herramienta 100 con una parte de máquina 20 (en este caso mesa de máquina) con una primera forma de realización del dispositivo 1 montada en ella y un husillo de trabajo 30 con una sonda de medición 10.
- 55
El dispositivo 1 (dispositivo de medición 1) tiene dos elementos de medición 3, cada uno de los cuales está unido a un extremo de un elemento separador 2 y está firmemente unido al elemento separador 2. Además, el dispositivo de la Fig. 1 tiene dos elementos de fijación 4, mediante los cuales el dispositivo 1 puede fijarse a la parte de máquina 20.
- 60
La disposición de las bolas de medición (o de las secciones de las bolas de medición) de los elementos de medición 3 con el elemento separador 2 no tiene que ser necesariamente en un plano. Las bolas de medición de los elementos de medición 3 también pueden, a diferencia de lo que se muestra en la Fig. 1, girar entre sí en cualquier ángulo, alrededor del eje longitudinal del elemento distanciador 2. Además, las bolas de medición de los elementos de medición 3 pueden estar dispuestas a lo largo del eje x mostrado en la Fig. 1 desde los extremos del elemento espaciador 2 más hacia dentro, en la dirección del elemento espaciador 2, o más hacia fuera, en la dirección opuesta al elemento espaciador 2, con unión a los respectivos extremos del elemento
- 65

espaciador 2. Esto se aplica a las bolas de medición de los elementos de medición 3 de manera análoga en relación con el eje y y el eje z.

Los elementos de medición 3 y el elemento separador 2 forman una unidad mediante una unión rígida, que está destinada a servir como una especie de "estándar de longitud" para su posterior uso con fines de referencia en la medición de la máquina herramienta 100. Además, sin embargo, la unión rígida puede ser sustituida por una desmontable si, por ejemplo, los elementos de medición 3 así como los extremos del elemento espaciador 2 tienen topes mecánicos que definen una posición de los elementos de medición 3 en relación con el elemento espaciador 2. Esto puede ser usado ventajosamente si, por ejemplo, los elementos de medición 3 tienen que ser intercambiados por elementos de medición 3 de forma diferente o por secciones de bolas de medición de forma diferente, con lo cual, sin embargo, no es absolutamente necesario medir de nuevo la distancia de los elementos de medición.

Además, el material del elemento espaciador 2 se selecciona para que tenga un coeficiente de expansión muy bajo con respecto a los cambios de temperatura. Los materiales adecuados para ello serían, entre otros, la fibra de carbono o el vidrio de cuarzo, ya que el coeficiente de dilatación térmica de la fibra de carbono es de aproximadamente $-0,1 \times 10^{-6}$ 1/K y el del vidrio de cuarzo de aproximadamente $0,54 \times 10^{-6}$ 1/K. Otros materiales con un bajo coeficiente de expansión térmica también pueden ser adecuados para su uso como elementos espaciadores.

El elemento de fijación 4 está provisto en cada extremo del elemento espaciador 2 (y también en los elementos de medición 3, tal como se muestra en la Fig. 1) para fijar el dispositivo 1 a la parte de máquina 20 (en este caso, la mesa de la máquina). El elemento de fijación 4 puede tener un electroimán o un imán permanente conmutable mecánicamente, mediante el cual se puede fijar cada elemento de fijación 4 a una superficie de la parte de máquina 20. Además, es posible usar una unión adhesiva desmontable entre el dispositivo 1 y la parte de máquina 20 en lugar de una opción de fijación magnética. Además, en lugar de la fijación magnética, o en combinación con ella, puede haber una fijación de pinza para fijar el dispositivo 1 a la parte de máquina 20.

La sonda de medición de medición 10 alojada en el husillo de trabajo 30 de la máquina herramienta 100 puede detectar los elementos de medición 3 del dispositivo 1 (dispositivo de medición 1) preferentemente de forma táctil, es decir, por contacto. Además, la detección óptica (por ejemplo, mediante un medidor de puntos láser) de los elementos de medición 3 también se puede llevar a cabo para determinar su posición respectiva en relación con un sistema de coordenadas de la máquina herramienta 100. Además, la sonda de medición de medición 10 puede detectar el contacto de los elementos de medición 3, por ejemplo, de forma capacitiva o inductiva, pero también mediante resistencias eléctricas variables, como las que se usan, por ejemplo, en las galgas extensométricas.

El husillo de trabajo 30 de la máquina herramienta 100 se puede usar ahora para desplazar la sonda de medición 10 a lo largo de los ejes lineales mostrados en la Fig. 1 en las direcciones x, y y z, y detectar así de manera táctil la sección de la bola de medición/de los elementos de medición 3. Debido al radio conocido de la sección de bola de medición del elemento de medición 3, el centro de la sección de bola de medición del elemento de medición 3 se puede usar ahora como punto de medición. Sin embargo, el punto de contacto entre la sonda de medición 10 y el propio elemento de medición 3 también se puede usar como punto de medición, ya que cada bola de medición/sección de bola puede tener en sí misma desviaciones en la forma de la bola ideal, pero éstas suelen ser insignificantes.

Sin embargo, con varios puntos de contacto como puntos de medición por elemento de medición 3, se puede crear una imagen aún más fina de la posición de los elementos de medición 3 y, por lo tanto, de la cinemática de la máquina y de la geometría básica de la máquina herramienta 100. Esto, a su vez, puede resultar muy útil para la posible calibración posterior de la máquina herramienta 100 y para aumentar la precisión de la máquina.

Además, tal como se muestra en la Fig. 1, la mesa de la máquina como parte de máquina 20 de la máquina herramienta 100 puede moverse alrededor de un primer eje redondo y alrededor de un segundo eje redondo. Esto permite crear un desplazamiento de altura de los elementos de medición 3 del dispositivo 1 sin tener que depender de una capacidad flexible de posición del dispositivo 1 en la mesa de la máquina o de un elemento adicional (por ejemplo, el elemento de altura 40; véanse las figuras 2 a 3B) para ajustar el desplazamiento de altura. De este modo, todos los ejes de la máquina herramienta 100 pueden medirse en un solo ciclo de medición.

En este caso, puede ser ventajoso situar de manera deliberada el dispositivo 1 (dispositivo de medición 1) de forma no simétrica con respecto a la mesa de la máquina. Más bien, con la separación seleccionada de los elementos de medición 3, se puede intentar conseguir posiciones de los elementos de medición 3 tan diferentes como sea posible en relación con la mesa de la máquina, pero siempre manteniendo la separación de los elementos de medición 3 lo más constante posible. Esto se puede usar, por ejemplo, para mejorar la trazabilidad de los errores de máquina medidos de la máquina herramienta 100 hasta encontrar sus respectivas causas.

En general, la máquina herramienta 100 dispone de una unidad de evaluación 50, que no se especifica aquí, que recibe las posiciones determinadas de los elementos de medición 3 y si es necesario las procesa. Además, la unidad de evaluación 50 está generalmente conectada a un dispositivo de medición de temperatura 60, que está configurado para detectar las temperaturas ambientales dentro y/o fuera de la máquina herramienta 100 y enviar los valores detectados a la unidad de evaluación 50 para su posible consideración en los valores de posición determinados.

Cabe señalar que la división de los ejes lineales y giratorios como se muestra en la Fig. 1 no se limita a que el husillo de trabajo 30 pueda moverse a lo largo de los tres ejes lineales (L_1 , L_2 , L_3) y que la mesa de la máquina solo pueda girar alrededor de los dos ejes giratorios (R_1 , R_2). Los ejes controlables también pueden distribuirse, por ejemplo, de forma que el husillo de trabajo 30 tenga dos ejes lineales y un eje redondo (perpendicular al eje de trabajo del husillo de trabajo 30) y la mesa de la máquina tenga un eje lineal y un eje redondo para este fin. Se deben tener en cuenta otras posibilidades de diseño de esta división o un posible aumento del número de ejes de desplazamiento y de movimiento movimiento controlables de la máquina herramienta 100.

La Fig. 2 muestra esquemáticamente la máquina herramienta 100 con la parte de máquina 20 (en este caso la mesa de la máquina) con una segunda forma de realización del dispositivo 1 montado en ella y el husillo de trabajo 30 con la sonda de medición 10.

A este respecto, en comparación con el dispositivo 1 de la Fig. 1, el dispositivo 1 de la Fig. 2 tiene además dos elementos intermedios 5, estando cada elemento intermedio 5 unido al elemento de fijación 4 a través de una de las dos articulaciones 7 y al elemento de medición 3 a través de la otra de las dos articulaciones 7. Las articulaciones 7 pueden tener un grado de libertad de rotación, como es el caso de una simple articulación giratoria, o pueden tener una pluralidad de grados de libertad de rotación, como es el caso, por ejemplo, de una articulación esférica o de una articulación universal.

Cada uno de los elementos intermedios 5 tiene además un dispositivo de bloqueo 6, que se puede usar para fijar la posición de los elementos de medición 3 y del elemento espaciador 2 con respecto al elemento de fijación 4 o a la parte de máquina 20 después de la fijación de los elementos de fijación 4 en la parte de máquina 20 y la alineación de los elementos de medición 3 junto con el elemento espaciador 2. En este caso, por ejemplo, las articulaciones 7 usadas de los elementos intermedios 5 pueden estar sujetas o se puede impedir de un modo distinto el movimiento de las articulaciones 7. Para la sujeción de las articulaciones 7, por ejemplo, puede ser adecuado el arriostramiento de las zonas de apoyo de las articulaciones de los elementos intermedios 5 mediante un engranaje de tornillo como dispositivo de bloqueo 6. Pero también se pueden considerar otras opciones para ello, como un dispositivo de liberación rápida como los que se usan en las bicicletas.

Además, usando el dispositivo 1 según el ejemplo de realización de la Fig. 2, se puede crear deliberadamente un desplazamiento de altura (en este caso en la dirección z), por ejemplo, mediante un elemento de elevación 40. Gracias al desplazamiento de la altura, por ejemplo, los 5 ejes de la máquina herramienta 100 pueden medirse con un solo ciclo de medición y, por lo tanto, puede omitirse una nueva sujeción o un desplazamiento del dispositivo 1 para medir todos los ejes de la máquina herramienta 100.

Sin embargo, el elemento de elevación 40 también puede ser una pieza que se debe mecanizar y que se mide junto con la máquina herramienta 100. Esto es especialmente ventajoso cuando hay que fabricar/mechanizar con un alto grado de precisión piezas de trabajo de gran peso. Para ello, es ventajoso medir la secuencia de movimientos de la mesa de la máquina en la que se sujeta la pieza de trabajo con la pieza de trabajo antes del proceso de mecanizado real, por ejemplo, y registrar los errores determinados de este modo (por ejemplo, en las guías de la mesa de la máquina) y tenerlos en cuenta durante el mecanizado. Esto puede hacerse, por ejemplo, mediante la compensación, es decir, la corrección de los valores nominales de posición, de la mesa de la máquina para aumentar significativamente la precisión del mecanizado de la pieza de trabajo.

Para la descripción de la unidad de evaluación 50, del dispositivo de medición de la temperatura 60 y de los ejes lineales y giratorios (L_1 , L_2 , L_3 , R_1 , R_2), se hace referencia a la Fig. 1 para evitar repeticiones innecesarias.

La Fig. 3A muestra esquemáticamente una máquina herramienta 100 con la parte de máquina 20 (en este caso la mesa de la máquina) con la segunda realización del dispositivo 1 montada en ella y el husillo de trabajo 30 con la sonda de medición 10.

La diferencia con el modo constructivo mostrado en la Fig. 2 radica en que la máquina herramienta 100 tiene ahora una configuración diferente a la de la máquina herramienta 100 de las Figs. 1 y 2.

Ahora, el husillo de trabajo 30 de la máquina herramienta 100 mostrada aquí tiene dos ejes lineales (aquí en las direcciones x y z) y un eje redondo (juntos L_1 , L_2 , R_3) que hace que el husillo de trabajo 30 gire alrededor del eje y . Además, la mesa de la máquina (como parte de máquina 20) tiene ahora un eje lineal (dirección y ; L_3) y un eje redondo (R_2) con el que la mesa de la máquina puede girar alrededor del eje z . Además, la punta

de una herramienta, en este caso la punta de la sonda de medición 10, como es habitual en las máquinas-herramienta 100 configuradas de este modo, se encuentra en el eje redondo del eje de giro del husillo de trabajo 30, que en la Fig. 3A se representa por medio del centro del círculo alrededor del husillo de trabajo 30.

- 5 La particularidad de esta configuración de la máquina-herramienta 100 es que si los elementos de medición 3 del dispositivo 1 se colocaran sin desplazamiento de altura (como se muestra en la Fig. 1), el eje lineal en la dirección z no podría medirse en el mismo ciclo que los otros ejes. Sin embargo, debido a la configuración del dispositivo 1 con los elementos intermedios 5, tal como se muestra en las Figs. 2 y 3A, la configuración de la medición es tan flexible que se puede proporcionar una compensación de altura para medir el eje lineal en la
- 10 dirección z. Esto puede mejorarse aún más usando el elemento de altura 40 (o la pieza de trabajo) para aumentar el rango de movimiento que el eje lineal debe recorrer en la dirección z.

Para la descripción de la unidad de evaluación 50 y del dispositivo de medición de la temperatura 60, se hace referencia a la Fig. 1 para evitar repeticiones innecesarias.

- 15 La Fig. 3B muestra esquemáticamente la máquina herramienta 100 según la Fig. 3A con la parte de máquina 20 (en este caso la mesa de la máquina) con la segunda forma de realización del dispositivo 1 montada en ella y un husillo de trabajo desplazado 30 con la sonda de medición 10.

- 20 En la Fig. 3B se muestra el desplazamiento del husillo de trabajo 30 de la máquina herramienta 100 desde una posición vertical a una posición horizontal y cómo la punta de la sonda de medición 10 permanece en su posición. Esto pone de manifiesto, una vez más, la necesidad de una compensación de altura para evitar una nueva colocación del dispositivo 1 en una posición diferente con respecto a la mesa de la máquina.

- 25 Para la descripción de la unidad de evaluación 50, del dispositivo de medición de la temperatura 60 y de los ejes lineales y giratorios (L1, L2, R3, L3, R2), se hace referencia a la Fig. 1 para evitar repeticiones innecesarias.

- La Fig. 4 muestra esquemáticamente la máquina herramienta 100 con la parte de máquina 20 (en este caso la mesa de la máquina) con una tercera forma de realización del dispositivo 1 montado en ella y el husillo de
- 30 trabajo 30 con la sonda de medición 10.

- La forma de realización del dispositivo 1 mostrada aquí difiere del dispositivo 1 mostrado en las figuras 3A y 3B por proporcionar un dispositivo de ajuste tipo telescopio 8, mediante el cual la distancia entre el elemento de medición 3 respectivo y la parte de máquina 20 puede ajustarse por pasos o de forma continua en un intervalo
- 35 determinado.

- En este caso, la distancia a la parte de máquina 20 puede mantenerse sujeta en el dispositivo de ajuste telescópico 8 (por ejemplo, mediante una tuerca de unión o una abrazadera de liberación rápida), o el elemento de fijación 4 está provisto de una rosca y puede enroscarse dentro o fuera del elemento de medición 3, de tal
- 40 modo que puede aumentarse o reducirse la distancia entre el elemento de fijación 4 y el elemento de medición 3. También es posible ajustar la distancia en pasos, por ejemplo, mediante un mecanismo de enclavamiento.

- Para la descripción de la unidad de evaluación 50, del dispositivo de medición de la temperatura 60 y de los ejes lineales y giratorios (L1, L2, R3, L3, R2), se hace referencia a la Fig. 1 para evitar repeticiones innecesarias.

- 45 La Fig. 5A muestra una cuarta forma de realización del dispositivo 1, con varios elementos de medición 3 a lo largo del elemento separador 2 en yba representación esquemática.

- El dispositivo 1 mostrado aquí no solo tiene un elemento de medición 3 en cada uno de los dos extremos del elemento espaciador 2, sino que también tiene otros elementos de medición 3 colocados a lo largo del elemento espaciador 2. El número de elementos de medición adicionales 3 no está limitado en modo alguno al número
- 50 mostrado, ni tampoco la distribución de los elementos de medición adicionales 3 a lo largo del elemento separador 2. Las distancias de los elementos de medición 3 entre sí pueden determinarse de antemano o medirse antes de la medición de la máquina herramienta 100.

- 55 Ventajosamente, esto permite adquirir un número significativamente mayor de puntos de medición por ciclo de medición, lo que puede mejorar de manera considerable la medición y la posterior corrección de la geometría de la máquina. Además, la distribución de los elementos de medición 3 a lo largo de la longitud del elemento separador 2 puede realizarse de forma muy flexible, por ejemplo, para dotar de más elementos de medición 3 a las zonas que requieren una detección más detallada de su cambio de posición. En la parte de máquina 20 como mesa de la máquina, por ejemplo pueden ser áreas con una mayor distancia al punto de giro de la mesa de la máquina.

- El dispositivo 1 también puede extenderse mediante el dispositivo de ajuste telescópico 8 descrito en la Fig. 4 y/o mediante los elementos intermedios 5, el dispositivo de bloqueo 6 y/o las articulaciones 7 descritas en la
- 65 Fig. 2, aunque no se muestren explícitamente en la Fig. 5A.

La Fig. 5B muestra una quinta forma de realización del dispositivo 1 con un elemento espaciador en forma de cruz 2, varios elementos de medición 3 (también a lo largo de secciones del elemento espaciador en forma de cruz 2) así como una fijación de cuatro puntos del dispositivo 1 en una representación esquemática.

También puede ser ventajoso diseñar el elemento espaciador 2 como un elemento en forma de cruz en lugar de como un elemento puramente en forma de varilla. Esto crea otras posibilidades para equipar el elemento separador 2 con elementos de medición 3, que a su vez pueden adaptarse a las necesidades específicas de la medición de la máquina herramienta 100. Esto también permite registrar un número significativamente mayor de puntos de medición por ciclo de medición, lo que a su vez puede mejorar de manera considerable la medición y la posterior corrección de la geometría de la máquina.

Además, debido a las dos direcciones espaciales a lo largo de las cuales se extiende el elemento separador en forma de cruz 2, también se pueden detectar, por ejemplo, imprecisiones superpuestas. Por ejemplo, con un eje redondo de la pieza de la máquina 20. En este caso, al girar el eje redondo, no solo se pueden detectar errores de eje/desalineaciones de eje en la dirección radial, sino que de manera paralela también se puede detectar una inclinación del eje redondo. Esto ahorra tiempo y revela inexactitudes en el menor tiempo posible que, de otro modo, solo se habrían detectado midiendo y moviendo el dispositivo 1 con mayor frecuencia.

También en este caso, el número de elementos de medición 3 no está limitado en modo alguno al número mostrado, ni la distribución de los elementos de medición adicionales 3 a lo largo de la longitud de las regiones en forma de varilla del elemento espaciador en forma de cruz 2.

Además, no debe proporcionarse de manera necesaria un elemento de medición 3 en el punto de intersección de las secciones en forma de varilla del elemento espaciador en forma de cruz 2. Las secciones en forma de varilla también pueden estar conectadas entre sí por medio de un elemento de unión, o el elemento espaciador en forma de cruz 2 está formado en una sola pieza.

El dispositivo 1 puede extenderse además mediante el dispositivo de ajuste telescópico 8 descrito en la Fig. 4 y/o extenderse mediante los elementos intermedios 5, el dispositivo de bloqueo 6 y/o las articulaciones 7 descritas en la Fig. 2, aunque no se muestren explícitamente en la Fig. 5B.

La Fig. 6 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de realización del procedimiento no reivindicado.

En el procedimiento no reivindicado, al principio del procedimiento, en el paso S102, la sonda de medición 10 es recibida en el husillo de trabajo 30 de la máquina herramienta 100 y se pone en funcionamiento. A continuación, se pueden realizar otros pasos secundarios para unir la sonda de medición 10 a una unidad de evaluación 50, que no se especifica más aquí, y para ajustarla al sistema de coordenadas de la máquina presente en la máquina herramienta 100.

En el siguiente paso S103, se fija el dispositivo 1 a la parte de máquina 20, que puede ser movida de manera correspondiente a lo largo de varios ejes longitudinales y/o varios ejes de rotación, por medio de los elementos de fijación 4. Además, tal como se muestra en la Fig. 2, se puede usar un elemento de elevación 40 para crear deliberadamente un desplazamiento en altura de los elementos de medición 3 del dispositivo. Además, en lugar del elemento elevador 40 o en combinación con él, se puede usar una pieza que haya que mecanizar, fijada ya en la mesa de la máquina (como parte de máquina 20) de la máquina herramienta 100, a la que se puede fijar el dispositivo 1.

En el siguiente paso S104, por medio de la sonda de medición 10 se determinan las coordenadas de posición (posición real) de uno de los primeros elementos de medición 3 del dispositivo 1 en una primera posición de la parte de máquina 20. Después de que la posición de la pieza de la máquina 20 se haya cambiado a una segunda posición mediante el desplazamiento de al menos un eje controlable (de, por ejemplo, tres ejes lineales y dos ejes giratorios) de la máquina herramienta 100, se determinan de nuevo por medio de la sonda de medición 10 las coordenadas de posición (posición real) del primer elemento de medición 3. El número de posiciones ocupadas por la pieza de la máquina 20 no se limita a 2 posiciones, sino que puede aumentarse a voluntad, al igual que el número de contactos (puntos de contacto) de la sonda de medición 10 con el primer o con cualquier otro elemento de medida 3 por posición de la pieza de la máquina 20.

En el paso S105, se determinan las coordenadas de posición (posición real) de un segundo elemento de medición 3 del dispositivo 1 en al menos dos posiciones de la parte de máquina 20, de forma análoga al paso S104.

Sin embargo, el procedimiento también puede modificarse de tal manera que las coordenadas de posición (posición real) del primer elemento de medición 3 sean determinadas por la sonda de medición 10 en la primera posición de la parte de máquina 20 y posteriormente, sin cambiar la posición de la parte de máquina 20, las

coordenadas de posición (posición real) del segundo elemento de medición 3 sean determinadas por la sonda de medición 10 antes de que la parte de máquina 20 se desplace a la segunda posición.

En el siguiente paso S106, se determinan ahora uno o más parámetros de referencia (parámetros de referencia de coordenadas) al sistema de coordenadas de la máquina herramienta 100 de al menos uno de los ejes controlables de la máquina herramienta 100. Para ello, se evalúan las coordenadas de posición determinadas (posiciones reales) de los primeros y los segundos elementos de medición 3 en las dos posiciones, como mínimo, de la parte de máquina 20, así como las respectivas posiciones nominales de los primeros y segundos elementos de medición 3 en las dos posiciones, como mínimo, de la parte de máquina 20, y una distancia previamente conocida entre los primeros y los segundos elementos de medición 3.

Los parámetros de referencia de pueden usar ahora para calibrar el correspondiente eje controlable de la máquina herramienta 100, por ejemplo, mediante compensación. Además, la evaluación también puede proporcionar información sobre si la compensación de los errores en el eje correspondiente de la máquina herramienta 100 tiene sentido o es posible en absoluto. Si ya no es posible compensar los errores del eje controlable, los parámetros de referencia o las desviaciones resultantes del eje ideal pueden usarse para ajustar o calibrar de otro modo el eje controlable correspondiente.

Ventajosamente, la evaluación también se puede usar para clasificar la máquina herramienta 100. Esto permite decidir rápidamente, en el curso de una cadena de mecanizado de una pieza, en qué máquina-herramienta 100 deben/podrían realizarse los pasos de mecanizado correspondientes, en función de los valores de precisión/tolerancia requeridos para la pieza.

La Fig. 7 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de realización del procedimiento adicional no reivindicado.

Los pasos S201 a S203 del procedimiento adicional no reivindicado son por tanto idénticos a los pasos S101 a S103 del procedimiento anterior no reivindicado.

En el paso S204, se registra ahora la temperatura ambiente. Esto puede hacerse, por ejemplo, mediante uno o más dispositivos de medición de la temperatura 60 dentro y/o fuera de la máquina herramienta 100. Los valores de temperatura registrados se envían a una unidad de evaluación 50, que no se especifica aquí, y se procesan en esta unidad.

En el paso posterior S205, se determinan las coordenadas de posición (posición real) de uno de los elementos de medición 3 del dispositivo 1 en una primera posición de la parte de máquina 20 por medio de la sonda de medición 10. Después de que la posición de la pieza de la máquina 20 se haya cambiado a una segunda posición mediante el desplazamiento de al menos un eje controlable (de, por ejemplo, tres ejes lineales y dos ejes giratorios) de la máquina herramienta 100, las coordenadas de posición (posición real) del primer elemento de medición 3 se determinan de nuevo mediante la sonda de medición 10. Las posiciones reales del primer elemento de medición 3 se determinan en relación con las temperaturas ambiente medidas en ese momento.

El número de posiciones ocupadas por la parte de máquina 20 no se limita a 2 posiciones, sino que puede aumentarse según se desee, al igual que el número de contactos (puntos de contacto) de la sonda de medición 10 con el primer elemento de medición 3 o con cualquier otro por posición de la parte de máquina 20.

En la etapa S206, de forma análoga a la etapa S205, se lleva a cabo la determinación de las coordenadas de posición (posición real) de un segundo elemento de medición 3 del dispositivo 1 en al menos dos posiciones de la parte de máquina 20 con respecto a las temperaturas ambiente medidas en ese momento.

En el paso S207, las posiciones reales determinadas (valores reales) se comparan ahora con respecto a los valores de temperatura detectados en el momento con una temperatura de referencia de la máquina herramienta 100. Esto garantiza que todos los valores, incluidos los de las posiciones/puntos de ajuste, se aplican a una misma temperatura. Solo así se pueden comparar las posiciones reales con las correspondientes posiciones objetivo y determinar las desviaciones/errores con la mayor precisión posible.

En el paso S208, se determinan ahora uno o más parámetros de referencia (parámetros de referencia de coordenadas) al sistema de coordenadas de la máquina herramienta 100 de al menos uno de los ejes controlables de la máquina herramienta 100. Para ello, se evalúan las coordenadas de posición determinadas (posiciones reales) del primer y del segundo elementos de medición 3 en las dos posiciones, como mínimo, de la parte de máquina 20 con respecto a la temperatura de referencia de la máquina herramienta 100, así como las posiciones nominales respectivas del primer y del segundo elementos de medición 3 en las dos posiciones, como mínimo, de la parte de máquina 20 con respecto a la temperatura de referencia de la máquina herramienta 100, y una distancia previamente conocida entre el primer y el segundo elementos de medición 3 con respecto a la temperatura de referencia de la máquina herramienta 100.

Los parámetros de referencia pueden usarse ahora para calibrar el correspondiente eje controlable de la

máquina herramienta 100, por ejemplo, mediante compensación. Además, la evaluación también puede proporcionar información sobre si la compensación de los errores en el eje correspondiente de la máquina herramienta 100 tiene sentido o si es realmente posible. Si ya no es posible compensar los errores del eje controlable, los parámetros de referencia o las desviaciones resultantes del eje ideal pueden usarse para

5

ajustar o calibrar de otro modo el eje controlable correspondiente.

Los ejemplos o las realizaciones de la presente invención y las ventajas de la misma se han descrito en detalle anteriormente con referencia a las figuras adjuntas.

- 10 Debe enfatizarse de nuevo que la presente invención no está, sin embargo, de ninguna manera limitada o restringida a los ejemplos de realización descritos anteriormente y a sus características de realización, sino que abarca además las modificaciones de los ejemplos de realización, en particular las comprendidas por las modificaciones de las características de los ejemplos descritos o por la combinación de una o más de las características de los ejemplos descritos dentro del ámbito de protección de las reivindicaciones
- 15 independientes.

LISTA DE LOS SÍMBOLOS DE REFERENCIA

- | | |
|----|--|
| 1 | Dispositivo/dispositivo de medición |
| 20 | 2 Elemento separador |
| | 3 Elemento de medición |
| | 4 Elemento de fijación/sección de fijación |
| | 5 Elemento intermedio |
| | 6 Dispositivo de bloqueo |
| 25 | 7 Articulación |
| | 8 Dispositivo de ajuste telescópico |
| | 10 Sonda de medición |
| | 20 Pieza de máquina |
| | 30 Husillo de trabajo |
| 30 | 40 Elemento de elevación |
| | 50 Unidad de evaluación |
| | 60 Dispositivo de medición de la temperatura |
| | 100 Máquina herramienta |

35

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para su uso en una máquina herramienta de control numérico (100) para su uso en un procedimiento de medición de la máquina herramienta de control numérico, con:

- un primer elemento de medición (3) para la medición por medio de un dispositivo de medición,
- un segundo elemento de medición (3) para la medición por medio del dispositivo de medición,
- un elemento espaciador en el que el primer elemento de medición y el segundo elemento de medición están dispuestos a una distancia entre sí, y
- un primer elemento de fijación (4) que tiene una primera sección de fijación para fijar el dispositivo a la parte de máquina (20) de la máquina herramienta, y un segundo elemento de fijación (4) que tiene una segunda sección de fijación para fijar a la parte de máquina de la máquina herramienta, en donde el primer elemento de fijación y el segundo elemento de fijación están dispuestos a una distancia entre sí en el elemento espaciador,

caracterizado en que

el primer y el segundo elementos de fijación están fijados cada uno de ellos al elemento espaciador y/o a uno de los elementos de medición correspondientes mediante una unión bloqueable, en donde la unión bloqueable permite fijar los elementos de fijación a la parte de máquina mientras que se pueden seguir modificando la posición del elemento espaciador y/o del elemento de medición con respecto a los elementos de fijación.

2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque**

el primer y el segundo elemento de medición están unidos al elemento espaciador mediante una unión rígida.

3. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**

el elemento espaciador comprende una sección dispuesta entre el primer y el segundo elemento de medición y está hecha de un material que tiene un coeficiente de expansión térmica inferior o igual a $3,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, o

el elemento espaciador comprende una sección dispuesta entre los elementos de medición primero y segundo, estando la sección hecha de un material que tiene un coeficiente de expansión térmica menor o igual a $30 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ en la dirección de espaciamiento entre los elementos de medición primero y segundo.

4. Dispositivo según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque**

el elemento espaciador presenta un material que tiene un coeficiente de dilatación térmica inferior o igual a $3,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ al menos entre el primer y el segundo elemento de medición, o

el elemento espaciador presenta un material que tiene un coeficiente de dilatación térmica inferior o igual a $3,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ al menos entre el primer y el segundo elemento de medición en la dirección de separación entre el primer y el segundo elemento de medición.

5. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**

el elemento separador presenta una sección dispuesta entre el primer y el segundo elemento de medición, que está hecha de un plástico reforzado con fibra de carbono, o

el elemento espaciador está hecho de un plástico reforzado con fibra de carbono, y el elemento espaciador está realizado como una varilla de fibra de carbono

6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque**

el elemento espaciador presenta una sección dispuesta entre el primer y el segundo elemento de medición, que está hecha de vidrio de cuarzo, o

el elemento espaciador está hecho de un vidrio de cuarzo, y el elemento espaciador está realizado como una varilla de vidrio de cuarzo

7. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**

el primer y/o el segundo elemento de medición son una bola de medición o tienen al menos una sección de bola de medición.

8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque**

el primer y/o el segundo elemento de fijación son pivotantes y/o pueden girar libremente con respecto al elemento espaciador en el estado no bloqueado de la unión bloqueable.

9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque**

la unión bloqueable del primer y/o del segundo elemento de fijación tienen una o más articulaciones, en particular articulaciones giratorias y/o esféricas.

10. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque**

el primer elemento de fijación está unido al elemento espaciador y/o a uno de los elementos de medición correspondientes a través de un primer elemento intermedio, estando dispuesta una primera

- articulación entre el primer elemento de fijación y el primer elemento intermedio y una segunda articulación entre el primer elemento intermedio y el elemento espaciador y/o el correspondiente elemento de medición, y/o
- 5 el segundo elemento de fijación está unido al elemento espaciador y/o a uno de los elementos de medición correspondientes a través de un segundo elemento intermedio, en donde una tercera articulación está dispuesta entre el segundo elemento de fijación y el segundo elemento intermedio y una cuarta articulación está dispuesta entre el segundo elemento intermedio y el elemento espaciador y/o el correspondiente elemento de medición.
- 10 11. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado porque**
 el primer elemento intermedio presenta un dispositivo de bloqueo para bloquear simultáneamente la primera y la segunda articulación, y/o
 el segundo elemento intermedio presenta un dispositivo de bloqueo para bloquear simultáneamente las articulaciones tercera y cuarta.
- 15 12. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque**
 el primer y/o el segundo elemento de fijación comprenden un soporte magnético para la fijación a la parte de máquina de la máquina herramienta, y
 el soporte magnético tiene un electroimán conmutable y/o un pie magnético conmutable mecánicamente.
- 20 13. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**
 el elemento separador define una distancia predeterminada entre el primer y el segundo elemento de medición, y
 25 la distancia predeterminada entre el primer y el segundo elemento de medición es mayor o igual a 100 mm, y
 la distancia predeterminada entre el primer y el segundo elemento de medición es inferior o igual a 800 mm.
- 30 14. Un dispositivo según la reivindicación 13, **caracterizado porque**
 el dispositivo es para su uso en una máquina-herramienta predeterminada, teniendo la máquina-herramienta un eje lineal controlable y el elemento espaciador una separación predeterminada entre el primer y el segundo elemento de medición que es del 30 % al 70 % de la longitud del eje del eje lineal controlable.
- 35 15. Sistema que comprende una máquina-herramienta de control numérico y un dispositivo para su uso en la máquina-herramienta de control numérico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

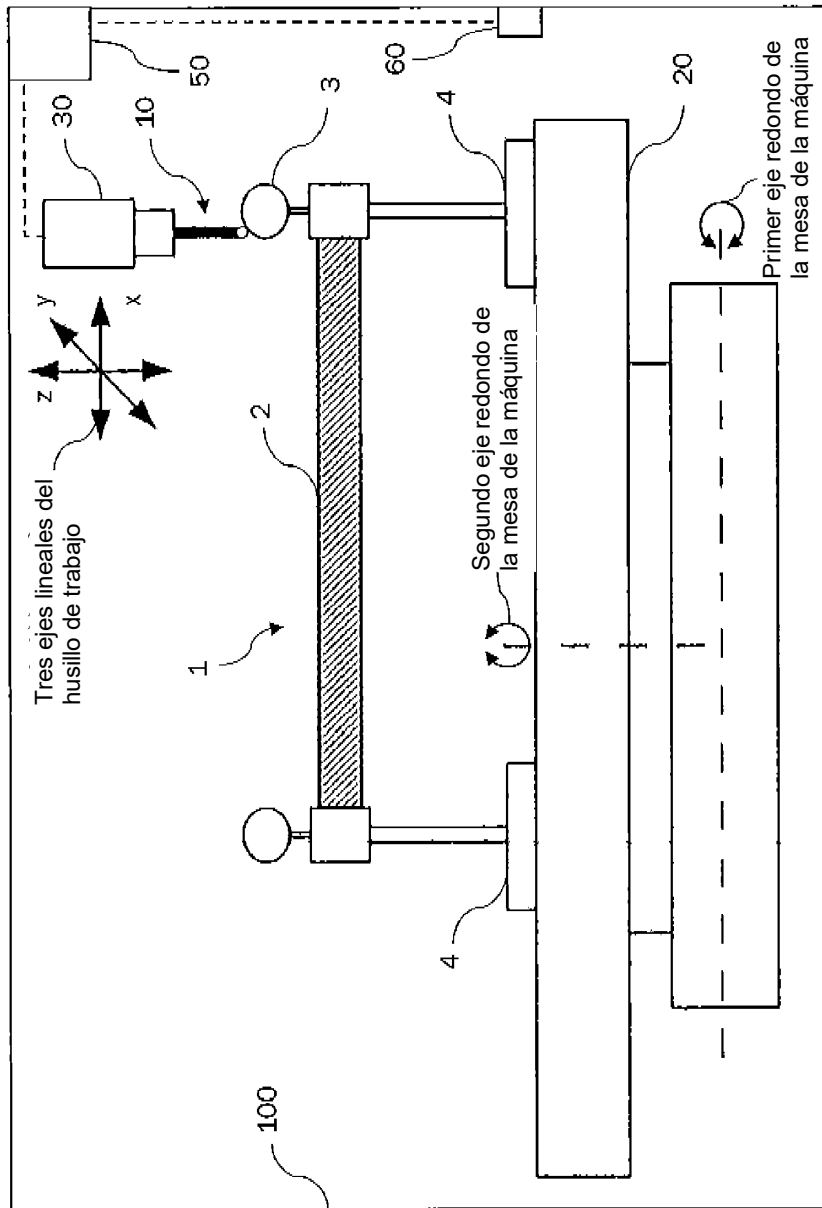


Fig. 1

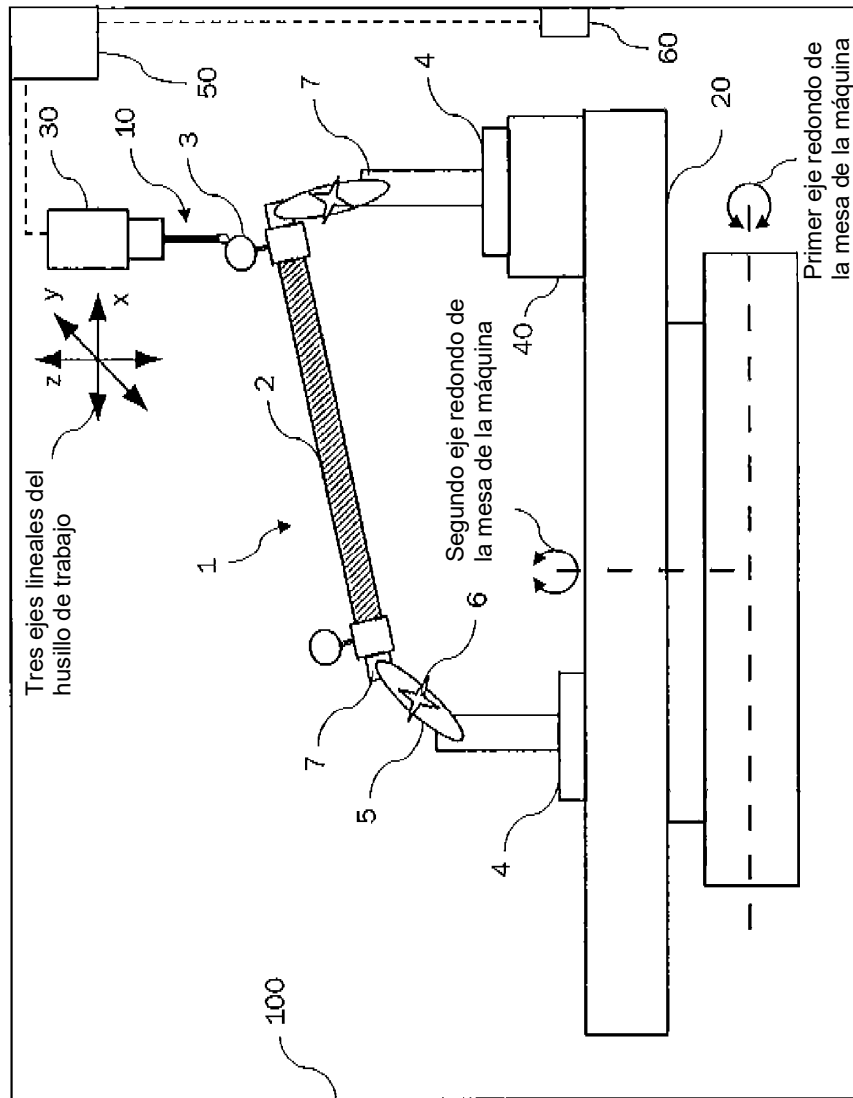


Fig. 2

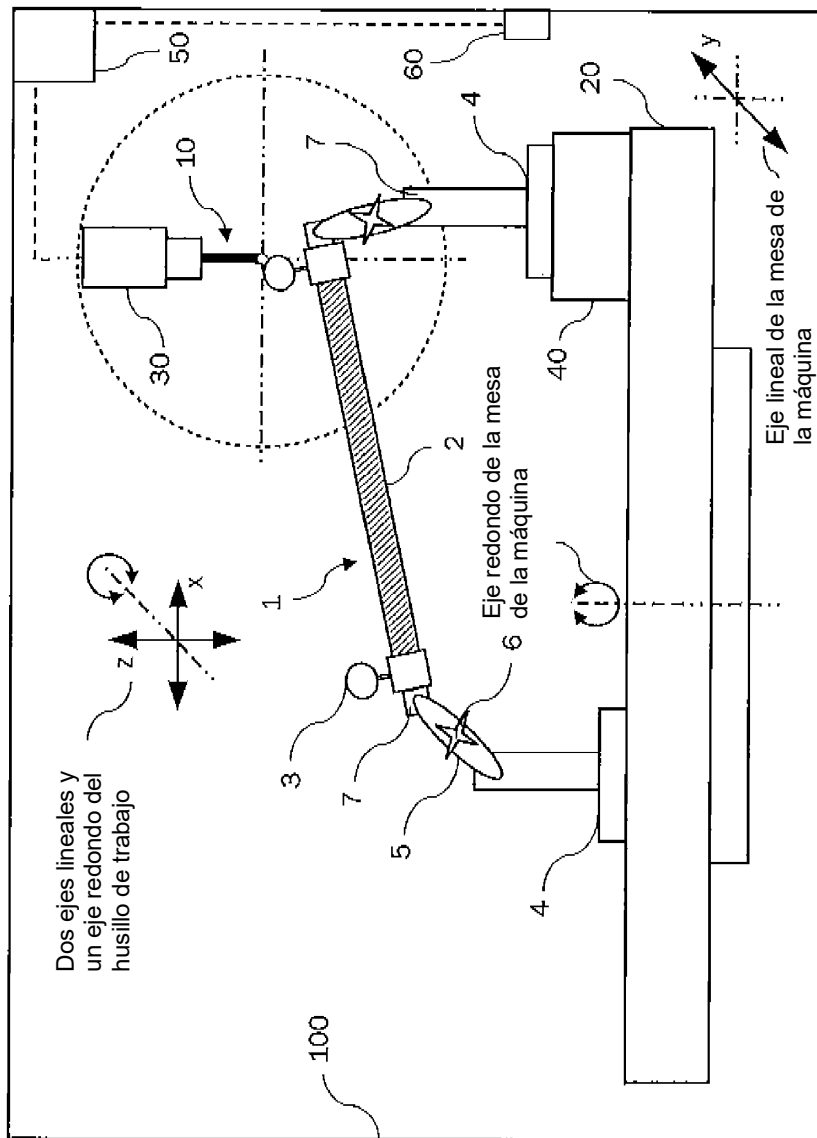
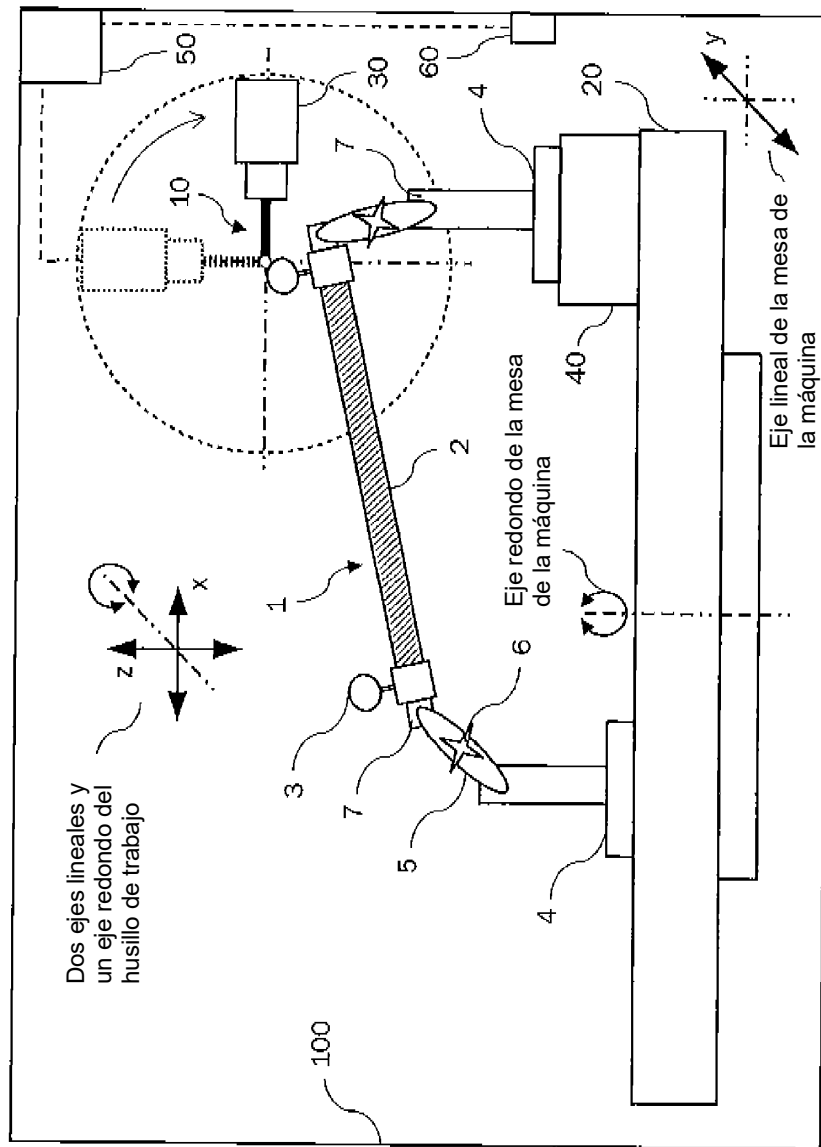
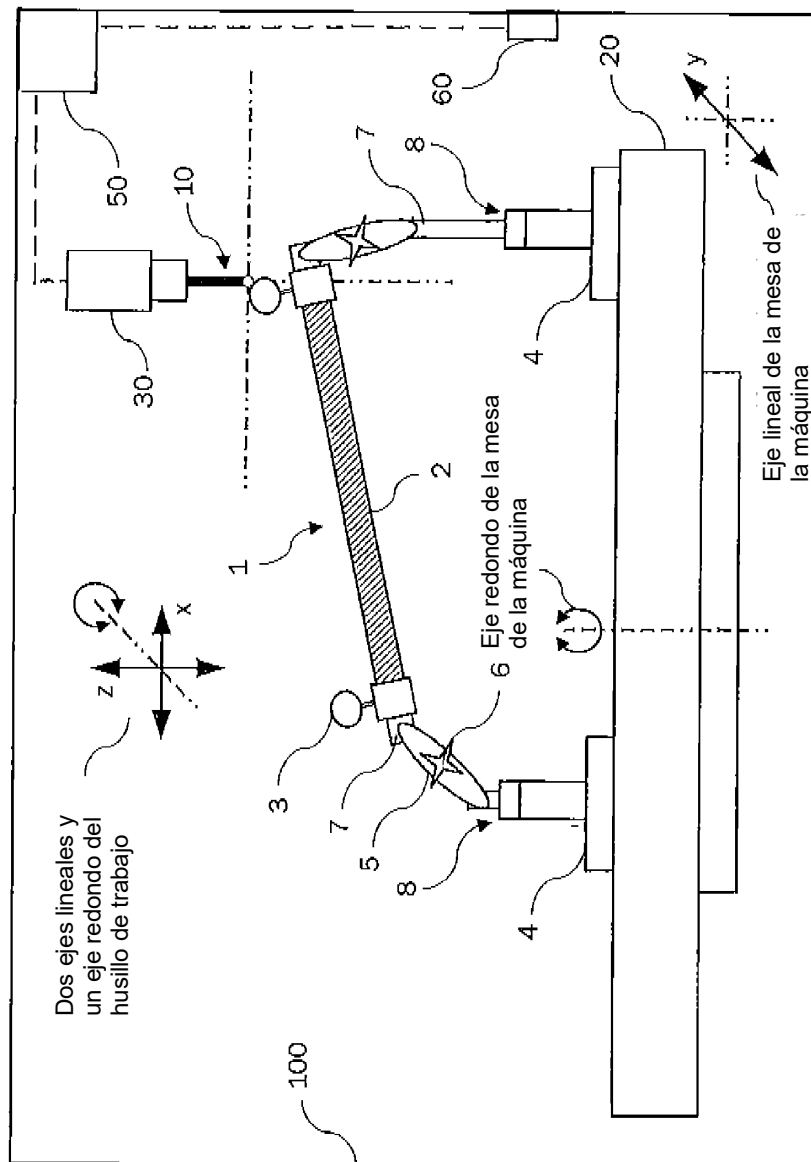


Fig. 3A





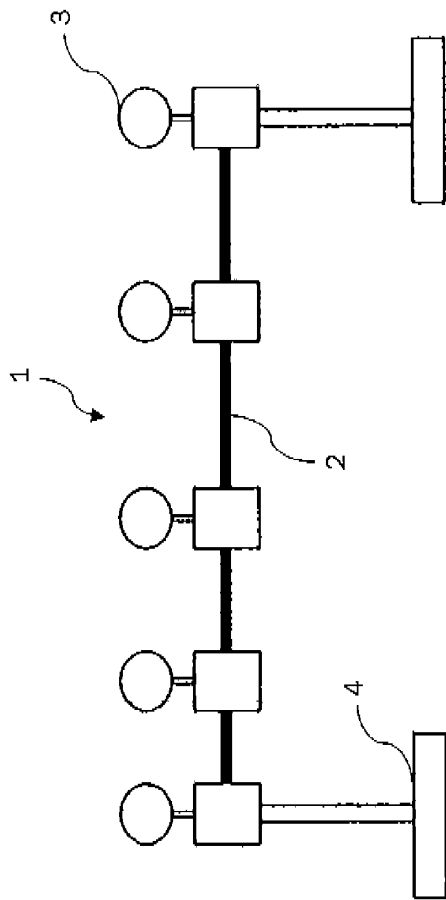


Fig. 5A

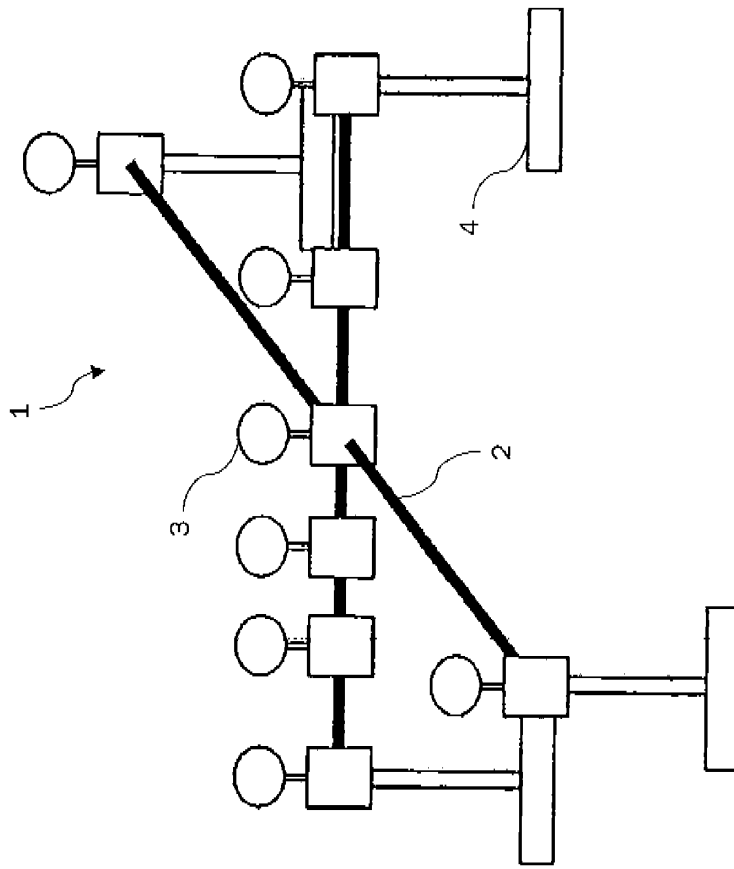


Fig. 5B

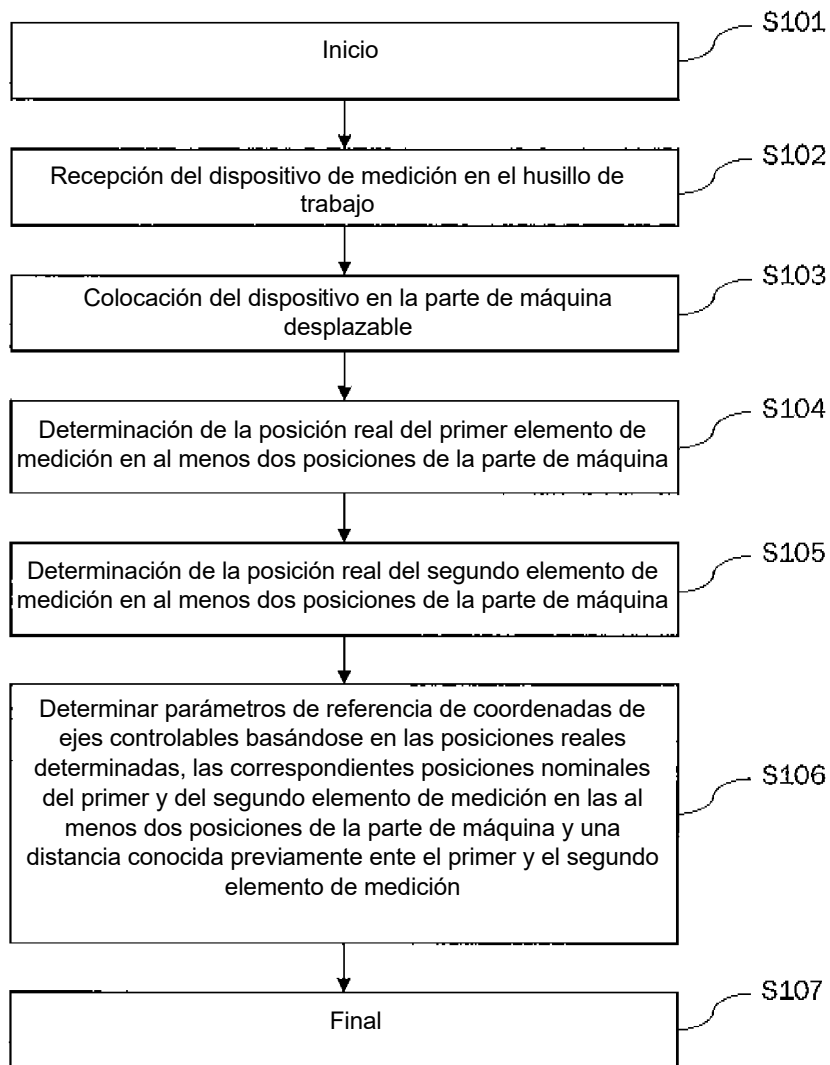


Fig. 6

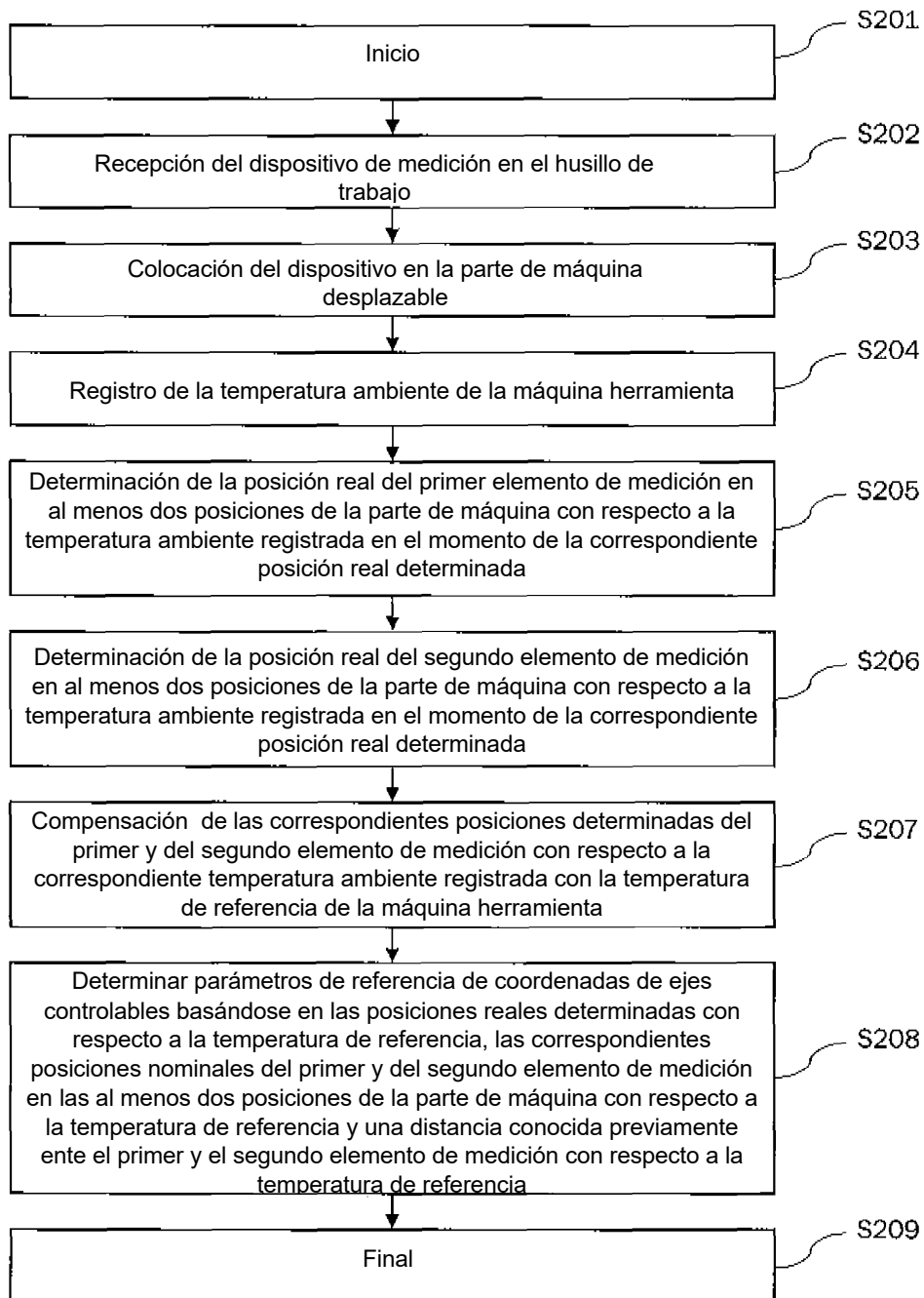


Fig. 7