

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 504**

51 Int. Cl.:  
**G05B 19/408** (2006.01)  
**G05B 19/404** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07013856 .5**
- 96 Fecha de presentación: **14.07.2007**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1914612**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.04.2008**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA POSICIONAR EJES EN MÁQUINAS HERRAMIENTA.**

30 Prioridad:  
**14.10.2006 DE 102006048684**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.03.2012**

73 Titular/es:  
**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH  
DR. JOHANNES-HEIDENHAIN-STRASSE 5  
83301 TRAUNREUT, DE**

72 Inventor/es:  
**Zacek, Johann y  
Buchner, Ludwig**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

**ES 2 375 504 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 para posicionar ejes en máquinas herramienta

5 La invención se refiere a un procedimiento para posicionar ejes de máquina en máquinas herramienta que garantiza un posicionamiento muy exacto de los ejes de máquina.

10 Las máquinas herramienta deben cumplir requisitos cada vez mayores respecto a la exactitud del mecanizado. Por tanto, al controlarse este tipo de máquinas herramienta con controles numéricos hay que hacer todo para evitar errores de mecanizado.

15 Las diferencias reproducibles de la pieza de trabajo, ya mecanizada, respecto a la forma deseada de la pieza de trabajo se deben a menudo a la cinemática de la máquina herramienta que presenta siempre ciertos errores. A fin de eliminar este tipo de errores estáticos reproducibles, del documento EP 1189121 A2 es conocido medir el error de posicionamiento de una herramienta en una cantidad de puntos de trabajo en un espacio de trabajo y registrarlo en una tabla de compensación multidimensional. En las posiciones nominales de la herramienta, predefinidas en un programa de mecanizado en coordenadas de pieza de trabajo, se aplican los valores de compensación, interpolados en caso necesario, de la tabla de compensación y sólo después se transfieren al control numérico para el posicionamiento de la herramienta. Sin embargo, en este método no se tiene en cuenta que el error estático de una máquina herramienta puede depender de la posición de determinados ejes de máquina, por ejemplo, los ejes de giro.

20 El documento US 5357450 explica que los ejes lineales y sus errores en máquinas herramienta se pueden medir y ajustar de manera comparativamente fácil, mientras que los errores causados por ejes de giro o pivotado provocan un costo considerablemente superior para la medición y el ajuste. En este estado de la técnica se describe un procedimiento automatizado que permite medir este tipo de errores y transformarlo en instrucciones para trabajos de mantenimiento.

30 El documento EP 289836 B1 sigue otra vía y describe un método comparativamente costoso para analizar los errores en un mecanismo robotizado y tenerlos en cuenta con métodos matemáticos en el posicionamiento del robot.

35 Además, ya es usual describir la cinemática de una máquina herramienta mediante una tabla de cinemática. Por medio de este tipo de tabla de cinemática, un control numérico puede convertir las posiciones nominales de una herramienta, predefinidas en coordenadas de pieza de trabajo, en posiciones nominales de los ejes de máquina. En esta tabla de cinemática se describe completamente la máquina herramienta respecto a su geometría y sus ejes de máquina. En la tabla de cinemática están indicadas transformaciones de las coordenadas en varias entradas que describen la cinemática de la máquina herramienta al estar indicados por entrada respectivamente una dirección axial y un valor de transformación correspondiente. Los ejes de máquina disponibles están indicados asimismo en la tabla de cinemática en los puntos correspondientes. Más adelante aparece un ejemplo explicado de este tipo de tabla de cinemática.

45 Mediante la conversión de la posición nominal de la herramienta, indicada en coordenadas de pieza de trabajo, (o su Tool Center Point, TCP, punto central de la herramienta y su orientación) en coordenadas axiales o posiciones axiales de la máquina herramienta se puede ejecutar un programa de partes, escrito en coordenadas de pieza de trabajo, en diferentes máquinas herramienta sólo si éstas son capaces de seguir básicamente todas las posiciones deseadas de la herramienta.

50 Es objetivo de la invención indicar un procedimiento para posicionar ejes de máquina en máquinas herramienta, mediante el que se puedan compensar de forma especialmente simple errores reproducibles en la cinemática de la máquina herramienta.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1. Detalles ventajosos del procedimiento se derivan de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1.

55 En vez de realizarse una compensación, que actúa en los valores nominales predefinidos en coordenadas de pieza de trabajo, mediante una tabla de compensación, como es usual en el estado de la técnica, la compensación cinemática de los distintos errores axiales se lleva a cabo en la tabla de cinemática de una máquina herramienta.

60 Se describe un procedimiento para posicionar ejes de máquina en máquinas herramienta, en el que por medio de una cadena cinemática definida por una tabla de cinemática, un control numérico convierte posiciones nominales de una herramienta, predefinidas en coordenadas de pieza de trabajo, en posiciones nominales de ejes de máquina. A este respecto, en la tabla de cinemática están indicadas transformaciones de las coordenadas en varias entradas que describen la cinemática de la máquina herramienta, al estar indicados por entrada respectivamente una dirección axial y un valor de transformación correspondiente. El procedimiento se caracteriza porque para un eje de máquina con un error en una dirección diferente a la respectiva dirección axial se registran en la tabla de cinemática valores de transformación de error dependientes de la posición axial.

Los valores de transformación de error dependientes de la posición axial están disponibles en forma de una tabla de compensación, específica del eje, que se referencia en la tabla de cinemática. Este tipo de tabla de compensación contiene aquí valores de transformación de error para varias posiciones axiales. En caso necesario se interpolan los valores de transformación de error para posiciones axiales entre las posiciones axiales contenidas en la tabla de compensación.

Otras ventajas, así como detalles de la presente invención se derivan de la siguiente descripción de una forma de realización preferida por medio de las figuras. Muestran:

Figura 1 una sección de una máquina herramienta en distintas vistas; y

Figura 2 ejemplos de tablas de compensación y de una tabla de cinemática.

La invención se ha de explicar detalladamente por medio de la figura 1 que muestra una sección de una máquina herramienta en distintas vistas y distintos estados. La cinemática de esta máquina herramienta es naturalmente sólo un ejemplo y la invención se puede aplicar también sin problemas en otras cinemáticas.

Un control numérico 1 con un programa NC 2 escrito en coordenadas de pieza de trabajo (estos elementos aparecen representados sólo en la figura 1a, ya que esta parte de la figura 1a sería invariable en todas las vistas) sirve para controlar una máquina herramienta 3. A este respecto, el Tool Center Point (TCP 5) de una herramienta 4 se debe guiar en un trayecto predefinido y se debe mantener una orientación determinada de la herramienta 4. El TCP 5 puede ser, por ejemplo, el punto central esférico de una fresa esférica o el punto central del lado frontal de una fresa cilíndrica frontal.

En este ejemplo se supone que en caso de la máquina herramienta 3 se trata de una fresadora de 5 ejes y, por tanto, en el caso de la herramienta 4, de una fresa 4. Esta fresa está fijada en un cabezal pivotante 6 que se sujeta, por su parte, con dos cojinetes mediante una horquilla 7. El cabezal pivotante puede pivotar, por tanto, alrededor de un eje A. La horquilla 7 está apoyada a su vez de forma giratoria alrededor de un eje C, de modo que en la figura 1a están representados dos grados de libertad rotatorios o ejes de máquina A, C. No están representados tres ejes lineales de máquina X, Y, Z que posibilitan los movimientos de traslación de la herramienta 4. La máquina herramienta 3 dispone entonces en total de cinco ejes de máquina X, Y, Z, A, C, cuyas direcciones están representadas asimismo en la figura 1a de forma resumida.

Con X, Y, Z, A y C se identifican aquí tanto los ejes de máquina como las direcciones correspondientes. El significado respectivo se infiere del contexto. B identifica sólo una dirección de giro, ya que en este ejemplo no hay un eje de máquina correspondiente, como se describe más adelante.

La figura 1b representa una vista lateral de la figura 1a. La figura 1c muestra la misma vista que la figura 1a, pero el cabezal pivotante 6 está representado adicionalmente de manera inclinada alrededor del eje de máquina A, lo que se puede observar mejor en la vista lateral de la figura 1d.

En la figura 1c se puede observar que el cabezal pivotante 6 no sólo realiza el movimiento deseado en realidad al pivotar alrededor del eje de máquina A, sino adicionalmente una traslación en dirección del eje de máquina X y una rotación en dirección B (En este ejemplo no hay un eje de máquina B, pero por errores en el mecanismo se produce, sin embargo, este tipo de rotación).

Se puede comprender fácilmente que el valor de la traslación no deseada en dirección X y de la rotación no deseada en dirección B depende de la posición angular del eje de máquina A. La relación entre el ángulo de pivotado del eje de máquina A y los valores respectivos de traslación o rotación en X o B es aquí mayormente no lineal.

Las figuras 2a y 2b muestran tablas de compensación 8.1 y 8.2, en las que están registrados respectivamente el error  $F_{A\_X}(A)$ , que se produce durante el pivotado alrededor del eje de máquina A en dirección X en dependencia de la posición del eje de máquina A, y el error  $F_{A\_B}(A)$ , que se produce durante el pivotado alrededor del eje A en dirección B en dependencia de la posición del eje de máquina A, para algunos puntos de apoyo (posiciones angulares del eje de máquina A).

En la posición de  $F_{A\_X}(0)$  está, por ejemplo, el error que se produce en la posición 0 grados del eje de máquina A en la dirección X y en la posición de  $F_{A\_B}(20)$  está el error que se produce en la posición 20 grados del eje de máquina A en la dirección B

Los puntos de apoyo debían estar lo más juntos posible para que resultara adecuado interpolar valores intermedios. Los propios puntos de apoyo se obtienen mediante mediciones, por ejemplo, con palpadores u otros medios de medición comparativa. Las tablas de compensación 8.1, 8.2, creadas de este modo, se almacenan en el control numérico 1 de la máquina herramienta 3. Este registro de las tablas de compensación 8.1, 8.2 ha de realizarse ventajosamente sólo una vez, por ejemplo, por parte del fabricante de la máquina herramienta, y se puede usar para todos los programas NC 2.

Por último, la figura 2c muestra una sección de la tabla de cinemática 9 de la máquina herramienta 3. La tabla de cinemática 9 está compuesta de varias filas con diferentes entradas. El tipo de una entrada está situado en la columna "Key" después del número de fila en la primera columna "Nr." A este respecto, "Trans" describe una transformación fija de coordenadas dentro de la cadena cinemática y "MachAxis", un grado de libertad existente para un eje de máquina A, B, C, X, Y, Z.

Partiendo del TCP 5, la tabla de cinemática 9 representa una descripción de la cinemática de la máquina herramienta 3 en forma de una cadena de transformación que se compone de longitudes fijas (dimensiones de la máquina), longitudes variables (ejes lineales), giros fijos (características de la máquina) y giros variables (ejes de giro).

En cada fila "Trans" se encuentra usualmente el valor de la transformación o valor de transformación en la columna "Delta". En el ejemplo de la figura 2, la cadena cinemática de la máquina herramienta 3 de la figura 1 se describe a partir del TCP 5 de la herramienta 4. Como se puede deducir de la figura 1, para convertir coordenadas de pieza de trabajo en coordenadas de eje de máquina hay que tener en cuenta primero un desplazamiento en dirección Z en el valor de transformación L. Por tanto, la primera entrada 10.1 en la tabla de cinemática 9 en la fila 0 significa: "transformación en dirección Z en el valor de transformación L". Aquí no tiene importancia que el desplazamiento L esté dividido usualmente en una longitud variable de herramienta y una longitud fija de la geometría de la máquina herramienta 3. La longitud variable de la herramienta 4 se puede tomar del fichero de descripción de herramienta almacenado internamente en el control y adicionar a la primera longitud para obtener L.

En una máquina herramienta ideal, la próxima entrada podría ser "MachAxisA", con la que el eje de máquina A, que sigue al desplazamiento en el valor de transformación L en dirección Z, se registraría en la cadena cinemática o la tabla de cinemática 9. Al ejecutarse la transformación de coordenadas se ha de tener en cuenta en este punto la posición angular real del eje de máquina A.

Dado que este eje de máquina A contiene errores que dan lugar a otras transformaciones, como aparece representado en la figura 1c y se describe arriba, la tabla de cinemática 9 contiene además dos entradas adicionales 10.2, 10.3 en las filas 1 y 2:

La fila 1 describe otra transformación, en este caso en dirección X. El valor de esta transformación se identificaría como valor de transformación de error, porque representa una magnitud basada en un error axial.

Este valor de transformación de error está registrado en la fila 1 en la columna "KompFile" y referencia la tabla de compensación F\_A\_X(A) representada en la figura 2a. En dependencia de la posición angular (o en general de la posición axial) del eje de máquina A se pueden tener en cuenta así diferentes valores de transformación de error en la tabla de cinemática 9 y, por consiguiente, en la transformación de coordenadas.

Esto es válido para la fila 2, en la que para el error del eje de máquina A están registrados valores de transformación de error para la dirección B, que dependen de la posición angular del eje de máquina A, al referenciarse la tabla F\_A\_B(A) de la figura 2b.

En la fila 3 está registrado el eje de máquina A. En la tabla de cinemática 9 del presente ejemplo siguen otros dos movimientos de traslación en X en L' y en Y en L" antes de estar registrado el próximo eje de máquina C. En caso de que también el eje de máquina C contenga errores, que haya que tener en cuenta en la tabla de cinemática 9, los movimientos de traslación correspondiente se deberán registrar en otras filas, haciendo referencia a las tablas de compensación correspondientes, por ejemplo, F\_C\_Z(C), o sea, al error en dirección Z dependiente de la posición angular en el eje de máquina C.

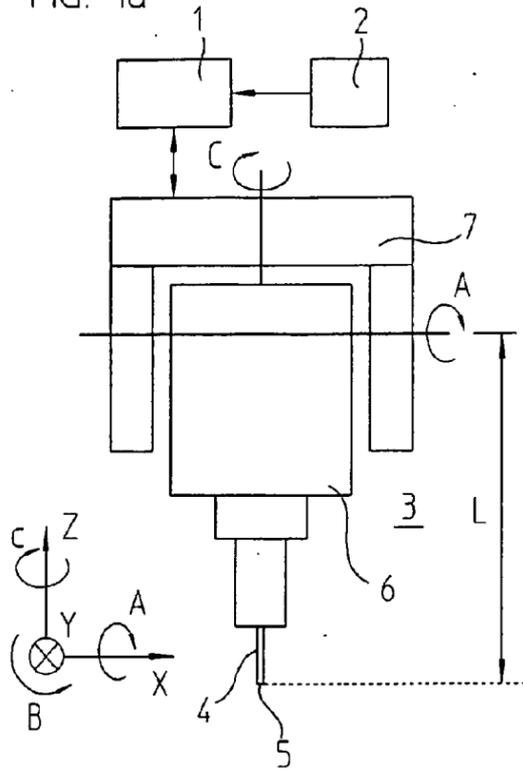
De este modo se puede describir la cinemática de cualquier máquina herramienta, pudiéndose tener en cuenta también ejes lineales erróneos en los valores de transformación de error dependientes de la posición axial y registrados en la tabla de cinemática.

El procedimiento descrito posibilita una compensación especialmente simple de ejes erróneos de máquina de una máquina herramienta y, por tanto, un posicionamiento simple de los ejes de máquina de modo que la herramienta se puede posicionar con la gran exactitud requerida.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para posicionar ejes de máquina de una máquina herramienta, según el que un control numérico (1) convierte posiciones nominales de una herramienta (4), predefinidas en coordenadas de pieza de trabajo, en posiciones nominales de ejes de máquina (X, Y, Z, A, B, C) por medio de una cadena cinemática definida mediante una tabla de cinemática (9), estando indicadas en la tabla de cinemática (9) transformaciones de las coordenadas en varias entradas que describen la cinemática de la máquina herramienta (3) al estar indicados por entrada respectivamente una dirección axial (X, Y, Z, A, B, C) y un valor de transformación correspondiente (L, L', L''),
- 10 **caracterizado por que** para un eje de máquina (X, Y, Z, A, B, C) con un error en una dirección diferente a la dirección axial respectiva se registran en la tabla de cinemática (9) valores de transformación de error (F\_A\_X(A), F\_A\_B(A)) dependientes de la posición axial, estando disponibles los valores de transformación de error (F\_A\_X(A), F\_A\_B(A)) dependientes de la posición axial en forma de una tabla de compensación (8.1, 8.2), específica del eje, que se referencia en la tabla de cinemática (9).
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la tabla de compensación (8.1, 8.2) contiene valores de transformación de error para varias posiciones axiales.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado por que** se interpolan valores de transformación de error para posiciones axiales, para las que la tabla de compensación (8.1, 8.2) no contiene valores de transformación de error.

FIG. 1a



1/2

FIG. 1b

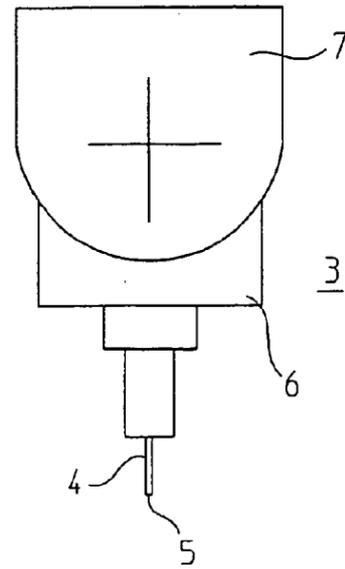


FIG. 1c

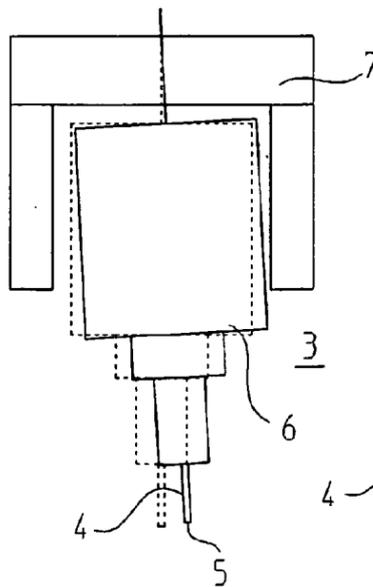


FIG. 1d

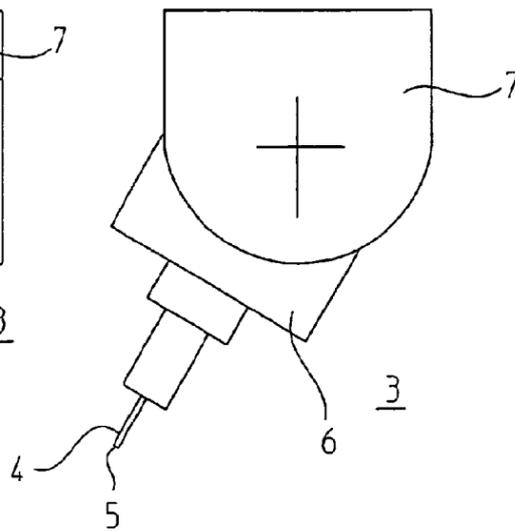


FIG. 2a

F_A_X(A)		
Nr.	Position	Kompensation
0	0	F_A_X(0)
1	10	F_A_X(10)
2	20	F_A_X(20)
...	...	...
35	350	F_A_X(350)

8.1

FIG. 2b

F_A_B(A)		
Nr.	Position	Kompensation
0	0	F_A_B(0)
1	10	F_A_B(10)
2	20	F_A_B(20)
...	...	...
35	350	F_A_B(350)

8.2

FIG. 2c

Nr.	Key	Axis	Delta	KompFile
0	Trans	Z	L	
1	Trans	X		F_A_X(A)
2	Trans	B		F_A_B(A)
3	MachAxis	A		
4	Trans	X	L'	
5	Trans	Y	L''	
6	MachAxis	C		
7				
8				

9

10.1 →  
10.2 →  
10.3 →