

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 219**

51 Int. Cl.:

G01B 5/008 (2006.01)

G01B 7/008 (2006.01)

G01B 21/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2007 E 07805733 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2013 EP 2171394**

54 Título: **Método para compensar errores de medición producidos por deformaciones de una bancada de máquina medidora bajo la carga de una pieza, y máquina medidora que opera según dicho método**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.11.2013

73 Titular/es:

**HEXAGON METROLOGY S.P.A. (100.0%)
VIA VITTIME DI PIAZZA DELLA LOGGIA, 6
10024 MONCALIERI, IT**

72 Inventor/es:

MERLO, LORENZO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 428 219 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para compensar errores de medición producidos por deformaciones de una bancada de máquina medidora bajo la carga de una pieza, y máquina medidora que opera según dicho método

5

Campo técnico

La presente invención se refiere a un método de compensar los errores de medición de una máquina medidora que derivan de las deformaciones de la bancada de máquina producidas por la carga ejercida por la pieza a medir en la bancada de máquina, así como a una máquina medidora que opera según dicho método.

10

Antecedentes de la invención

Como es conocido, las máquinas medidoras están provistas por lo general de una base fija o bancada de máquina y una unidad móvil diseñada para mover un cabezal medidor según ejes de coordenadas con respecto a la bancada de máquina en un espacio de medición situado encima de la bancada de máquina. La unidad móvil incluye por lo general un carro principal, que es móvil a lo largo de un eje que es longitudinal con respecto a la bancada de máquina, y uno o más carros soportados por el carro principal, que son móviles a lo largo de respectivos ejes de coordenadas.

15

20

La bancada de máquina puede ser monolítica, por ejemplo hecha de granito o hierro fundido, o puede incluir de otro modo un conjunto de componentes rígidamente fijados uno a otro para formar una estructura sustancialmente rígida. La bancada de máquina tiene generalmente dos funciones: soportar y retener la pieza que se mide, y definir una guía para la unidad móvil, y en particular para el carro principal de la máquina, a lo largo de uno de los ejes de coordenadas de la máquina.

25

Las máquinas medidoras de dicho tipo están provistas por lo general de un sistema para la compensación de errores geométricos, es decir, de los errores de medición que dependen de los defectos de construcción de la máquina (por ejemplo, errores de rectilinearidad de los ejes, defectos de ortogonalidad entre los ejes, etc).

30

Las técnicas de compensación corrientes, de naturaleza estrictamente geométrica, no tienen generalmente en cuenta los errores de medición que derivan de las deformaciones elásticas de la bancada de máquina bajo el peso de la pieza a medir. Cuando la pieza a medir tiene un peso considerable (por ejemplo, en el caso de troqueles, piezas de motor, piezas fundidas de grandes dimensiones) dichos errores puede ser no despreciables y poner en peligro la exactitud de la máquina.

35

Dicha finalidad se logra mediante un método de compensación según la reivindicación 1.

La presente invención se refiere igualmente a una máquina medidora que opera según dicho método definido en la reivindicación 12.

40

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la presente invención, a continuación se describe una realización preferida, ofrecida a modo de ejemplo no limitador con referencia a los dibujos anexos, donde:

45

La figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de una máquina medidora que opera según el método de la presente invención.

50

La figura 2 es una vista esquemática lateral de la máquina de la figura

DE-A-102 14 489 describe un método de compensar los errores de medición producidos por deformaciones de una bancada de máquina medidora bajo la carga de una pieza, que tiene las características del preámbulo de la reivindicación 1.

55

El alcance de la presente invención es idear un método de compensación mejorado que permita tomar en consideración el peso de la pieza, así como su posición y retención en la bancada de máquina, con el fin de calcular valores de corrección.

60

1, en ausencia de carga.

La figura 3 es una vista esquemática lateral de la máquina de la figura 2, con una representación esquemática de las variaciones geométricas inducidas por la colocación de la pieza en la bancada de máquina.

65

La figura 4 es un gráfico que ilustra la evolución de las rotaciones de cabeceo y balanceo de un carro principal de la máquina según el recorrido de avance, en presencia de una carga en la bancada de máquina.

La figura 5 es una vista en perspectiva esquemática de la bancada de máquina que ilustra las deformaciones inducidas por el peso de la pieza.

5 La figura 6 es un diagrama de bloques de un método de compensación.

Y la figura 7 es un diagrama de bloques de un método de medición, que usa un mapa de compensación corregido obtenido usando el método de la invención.

10 **Mejor modo de llevar a la práctica la invención**

Con referencia a la figura 1, con 1 se designa en conjunto una máquina medidora de pórtilo. Se ha de señalar enseguida que el método que forma la materia de la presente invención puede ser usado para la compensación de los errores de máquinas de diferente arquitectura, por ejemplo con brazo horizontal o pilares.

15 La máquina 1 incluye una bancada de máquina plana 2 provista de una superficie horizontal de trabajo 3 diseñada para soportar un objeto a medir (no ilustrado), y una unidad 4, que es móvil con respecto a la bancada de máquina 2 a lo largo de ejes de coordenadas.

20 La unidad 4 incluye un carro de pórtilo principal 5 (que por razones de brevedad se designará "pórtilo 5"), que es móvil con respecto a la bancada de máquina 2 a lo largo de un eje horizontal Y. El pórtilo 5 está provisto de un par de postes verticales 6 y 7 y un elemento transversal 8 que se extiende entre los postes verticales 6 y 7 en una dirección paralela a un eje horizontal X y perpendicular al eje Y.

25 La unidad 4 incluye además un carro secundario 9, soportado por el elemento transversal 8 y móvil en el elemento transversal a lo largo del eje X, y una columna de medición 10, soportada por el carro 9 y móvil con respecto a él a lo largo de un eje vertical Z ortogonal a los ejes X e Y.

30 En un extremo inferior de la columna 10, posiblemente mediante un dispositivo de articulación de dos ejes (no ilustrado), está una sonda táctil 11.

35 El pórtilo 5, el carro 9, y la columna 10 son móviles bajo el control de respectivos motores eléctricos (no ilustrados), que, a su vez, son controlados por una unidad de medición y control 12. Esta última está conectada a transductores de posición (no ilustrados) asociados con los ejes de máquina y a la sonda 11 de manera que reciban de ésta última señales para habilitar la adquisición de las coordenadas instantáneas de los ejes de máquina.

40 La máquina 1 está equipada con un sistema para compensación de errores geométricos que es conocido en sí mismo. La compensación se lleva a cabo en base a un mapa almacenado 13 determinado en condiciones sin carga mediante un modelo cinemático de la máquina de tipo convencional.

Con referencia a la figura 1, en la superficie de trabajo 3 se identifica una posición de referencia fija REF usada para compensación geométrica de la máquina. También se define un sistema de referencia cartesiano xyz con ejes paralelos a los ejes X, Y, Z de la máquina y origen en el punto REF.

45 El mapa de compensación se obtiene de forma conocida, y por lo tanto no se describe en detalle, por medios que detectan los parámetros de error en puntos apropiadamente establecidos a una distancia uno de otro a lo largo de los ejes x, y, z. Para cada uno de dichos puntos se realizan mediciones de posición diferenciales con respecto al punto REF, por ejemplo mediante un interferómetro, y mediciones de inclinación diferenciales, por ejemplo usando un inclinómetro fijo situado en el punto REF y un inclinómetro montado en la unidad móvil 4.

50 Según la presente invención, se propone un método de compensación adicional que también permitirá la determinación de los efectos de la deformación de la bancada de máquina 2 debida a la colocación de la pieza a medir en la bancada de máquina. A efectos metrológicos, dichos efectos dan lugar básicamente a una alteración de la geometría del eje Y, es decir, a variaciones de la configuración del pórtilo 5 en función de su posición a lo largo del recorrido de avance. dichas variaciones se resaltan esquemáticamente mediante una comparación de la figura 3, donde la bancada de máquina 2 está cargada con un peso W, con la figura 2, donde la bancada de máquina no está cargada.

60 Las alteraciones de la geometría del eje Y son similares a las debidas a los errores geométricos de la máquina, que se incluyen en el mapa 13 de compensación geométrica de la máquina 1, determinado en ausencia de carga. Las variaciones de posición debidas al peso, calculado por ejemplo usando un modelo de simulación numérico de elementos finitos, se pueden introducir así como correcciones adicionales en el mapa de compensación existente.

65 De esta forma se puede obtener la compensación del fenómeno de deformación bajo examen.

La simulación numérica se puede implementar en la máquina, por ejemplo, en una de las formas siguientes:

* Integración de un modelo de elementos finitos y del programa de cálculo correspondiente en la unidad de medición y control 12 de la máquina 1; en cada posición de la pieza, la rutina de cálculo se establece y ejecuta; y

5 * Almacenamiento en la unidad de medición y control 12 de la máquina 1 de un mapa conteniendo datos de deformación de la bancada de máquina calculados previamente y de una vez por todas para todo un conjunto predefinido de casos de carga.

A continuación se describe un ejemplo de realización del segundo modo de implementación descrito anteriormente.

10 En esta hipótesis, se supone que las variaciones de posición principales del pórtico 5, producidas por la deformación de la bancada de máquina 2, son las rotaciones alrededor de los ejes horizontales (x e y), mientras que los otros componentes se desprecian. Sin embargo, el método de compensación se ha de considerar general y aplicable a cualquier componente de la deformación.

15 Las rotaciones alrededor de los ejes x e y, denominados cabeceo y balanceo, corresponden a las consideradas por la compensación geométrica comúnmente usada, como se ha descrito anteriormente, y se entiende con respecto al sistema de referencia x, y, z, fijado con respecto al punto REF.

20 Para una serie de condiciones de carga básica en la bancada de máquina 2, usando cálculo de elementos finitos, es posible crear un mapa conteniendo los valores de las rotaciones de cabeceo y balanceo del pórtico 5 en función de su posición a lo largo del recorrido de avance.

25 Por ejemplo, como condición de carga básica se puede suponer la aplicación de una fuerza vertical unitaria F (por ejemplo, 1 kN) en un punto de una rejilla alineada con los ejes X, Y, de cabeceo preestablecido (por ejemplo 100 mm), que está en la superficie de trabajo 3 (figura 1). Para cada condición de carga básica, es decir, para cada punto de aplicación de la fuerza unitaria perteneciente a la rejilla, se ha calculado previamente, usando el método de elementos finitos, los valores de rotación de cabeceo y balanceo del pórtico 5 cuando la posición del pórtico varía a lo largo de su propio recorrido de avance (es decir, cuando varía Y).

30 El gráfico de la figura 4 ilustra la evolución de las rotaciones de cabeceo y balanceo del pórtico 5 cuando se varía Y, para una condición de carga básica dada.

35 El cálculo de las rotaciones de cabeceo y balanceo cuando la posición del carro varía para todas las condiciones de carga básica predefinidas, es posible crear un mapa de deformación predefinido 14 que se almacena en la unidad de medición y control 12 de la máquina 1 como característico de dicho modelo de máquina dado.

40 Una condición de carga real, correspondiente a la colocación en la bancada de máquina de una pieza dada a medir, se definirá por el conjunto de las características que concurren a determinar la carga transmitida a la bancada de máquina en cuestión, a saber:

* Peso total de la pieza y del posible soporte y equipo de fijación;

45 * Posición del centroide de la carga total; y

* Modo de descanso en la superficie de trabajo (número y posición de los puntos o de las zonas de descanso).

Las diferentes posiciones de los puntos de descanso, del centroide, etc, se entienden como coordenadas con respecto al sistema de referencia XY.

50 Según una realización preferida de la invención, el método contempla una serie de reglas y suposiciones que permitirá reconducir cualquier condición de carga real a una condición equivalente que pueda ser representada usando las cargas básicas.

55 Las condiciones de carga estándar tomadas en cuenta pueden ser, por ejemplo, las siguientes:

a) descansar en cualesquiera tres puntos con cualquier posición del centroide;

60 b) descansar en cuatro puntos en los vértices de un rectángulo orientado paralelo a XY con cualquier posición del centroide;

c) descansar en n puntos con una carga conocida en cada uno de ellos;

65 d) descanso distribuido sobre una zona rectangular orientada paralela a XY y aproximada por un número entero de mallas de la rejilla, con cualquier posición del centroide; y

e) descanso distribuido uniformemente sobre una zona aproximada por un número entero de mallas de la rejilla.

Una vez definidas las condiciones de carga estándar, hay que definir las reglas de interpolación para transformar las configuraciones de carga estándar a combinaciones lineales de casos de carga básica.

5 dichas reglas pueden ser, por ejemplo, las siguientes:

10 * En el caso de una carga concentrada en un punto de descanso, la carga se descompone en cuatro fuerzas aplicadas en los vértices de la malla de la rejilla conteniendo el punto de descanso, y se calcula, por ejemplo, imponiendo para cada malla equilibrio a rotación y ausencia de torsión con respecto a dos ejes que pasan a través del punto de aplicación de la carga y paralelos a los lados de la malla;

15 * En el caso de descanso distribuido (figura 5), se calcula el peso de carga total en cada malla de la rejilla, y dicha carga se descompone en cuatro cargas iguales aplicadas en los vértices de la malla.

Dada cualquier combinación lineal de casos de carga básica, es posible calcular los valores correspondientes de rotación de cabeceo y balanceo del carro principal operando de la siguiente manera:

20 * Extracción del mapa de deformación de los valores de rotación de cabeceo y balanceo relativos a cada componente de la combinación lineal (caso de carga básica, con fuerza unitaria);

* Proporción en base al valor efectivo de la carga; y

25 * Suma de todos los componentes para obtener el efecto total.

Las rotaciones así calculadas se usan como corrección (poniendo el signo apropiado) para actualizar el mapa de compensación geométrica de la máquina y corrigiendo posteriormente las mediciones realizadas en la pieza.

30 El método se implementa como programa de procesado según el diagrama de bloques de la figura 6.

Un primer bloque de entrada 15 permite la adquisición de los datos relativos a la configuración de carga.

35 dicha adquisición se puede llevar a cabo por entrada manual. En particular, el operador introduce (tecleando en un teclado o mediante interfaz gráfica) los datos relativos a la condición de carga en el caso específico:

- el peso total cargado en la bancada de máquina: entrada manual o en otro caso confirmación de un peso calculado automáticamente en base al modelo sólido CAD (si está disponible);

40 - la configuración de carga, elegida entre las estándar disponibles;

- según la opción anterior, los datos necesarios para el cálculo:

· coordenadas de los puntos de descanso;

45 · límites X e Y de la zona de descanso (si es rectangular);

· coordenadas del centroide de la carga;

50 · mallas de la rejilla sometidas a carga distribuida;

· carga por punto de descanso (en el caso de n puntos de descanso).

55 Alternativamente, el paso descrito anteriormente para la adquisición de los datos puede ser automático: durante el paso de alineación anterior a la medición, los puntos adquiridos por la máquina medidora pueden ser usados para determinar la posición de la pieza en la superficie de trabajo para las configuraciones b), d), e).

60 El control pasa entonces a un bloque de procesado posterior 16, en el que los datos de carga son procesados en base a las reglas descritas anteriormente para determinar las condiciones de carga básica necesarias para la representación de la carga estándar introducida, así como los coeficientes de la combinación lineal de las cargas básicas equivalentes a la carga estándar introducida.

En un bloque posterior 17, el programa extrae del mapa de deformación predefinido 14, para cada condición de carga básica, los errores de las rotaciones de cabeceo y balanceo cuando la posición del pórtico 5 varía.

65 En el bloque 18, los valores de corrección a hacer en el mapa de compensación geométrica se calculan como combinación lineal de los errores de rotación determinados en el bloque 17, en base a los coeficientes determinados

en el bloque 16.

5 Finalmente, en el bloque 19 los valores de corrección son usados para corregir el mapa de compensación geométrica y así calcular un mapa de compensación geométrica corregido, que depende no solamente del modelo de la máquina, sino también de la condición de carga específica, es decir, de la pieza medida y las condiciones de retención de la pieza.

10 El conjunto de los datos introducidos y calculados durante el paso de compensación pueden ser almacenados para una posterior reutilización en el caso de medición de una pieza similar.

La máquina 1 está ahora preparada para la ejecución de un ciclo de medición.

El diagrama de bloques de la figura 7 ilustra un procedimiento de medición de una pieza.

15 A partir de un bloque de medición 20, en el que la máquina 1 adquiere las coordenadas “en bruto”, es decir, las todavía no compensadas y por lo tanto sujetas a errores de una naturaleza geométrica, el control pasa a un bloque 21, en el que las coordenadas en bruto son compensadas de forma similar a lo que tiene lugar en las máquinas convencionales, pero, según la presente invención, mediante el mapa de compensación geométrica corregido.

20 En consecuencia, las mediciones serán purgadas de los efectos negativos del fenómeno que se examina.

Las coordenadas “corregidas” así calculadas se almacenan en el bloque 22.

25 Al final de la medición, el operador puede elegir convenientemente (bloque 23) si mantener activo el mapa corregido, para medir otra pieza del mismo tipo, o volver a la situación anterior (bloque 24 para el reseteo del mapa de compensación).

30 Dado que las posiciones de la pieza en la superficie de trabajo y los posibles modos de descanso son teóricamente infinitos, el método puede incluir, como integración de lo descrito, la indicación de directrices para colocar la pieza, con el fin de presentar las condiciones de trabajo reales lo más próximas posible a las consideradas en el modelo teórico, en el que se baja la compensación.

35 A partir del examen de las características del método de compensación descrito, las ventajas que proporciona son evidentes.

40 En particular, además de la compensación geométrica ordinaria, también se compensan los errores geométricos inducidos por la deformación de la bancada de máquina como resultado de la carga de la pieza. Esto hace posible tomar en cuenta, en la compensación, tanto el peso de la pieza como sus condiciones de retención en la bancada de máquina.

En particular, incluso aunque el método se ha descrito con referencia a una máquina de pórtico, también es general y se puede aplicar a máquinas de cualquier tipo, incluso las no cartesianas.

45 Además, aunque el método se ha descrito con referencia a la compensación de los errores de rotación del pórtico, se puede ampliar a la corrección de cualquier error geométrico inducido por la carga de la pieza.

REIVINDICACIONES

1. Un método de compensar los errores de medición de una máquina medidora (1) que derivan de las deformaciones de una bancada de máquina (2) de la máquina (1) producidas por la carga ejercida por una pieza a medir en la bancada de máquina (2), incluyendo un primer paso de adquisición (15) en el que se adquieren datos relativos al peso de la pieza y las condiciones de retención de la pieza en la bancada de máquina, y un segundo paso de cálculo (16, 17, 18, 19) en el que se calculan valores de corrección dependiendo de dichos datos,
- 5
- caracterizado** porque:
- 10 dicho primer paso (15) incluye seleccionar una condición de carga estándar de entre una pluralidad de condiciones de carga estándar; y
- 15 dicho segundo paso incluye los pasos de transformar la condición de carga estándar seleccionada a combinaciones lineales de casos de carga básica y calcular valores correlacionados con la deformación de la bancada de máquina (2) bajo la carga de la pieza como una combinación lineal de valores correspondientes resultantes de condiciones de carga básica predeterminadas.
2. El método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho segundo paso incluye el paso (18) de calcular datos de corrección para corregir un mapa de compensación geométrica previamente almacenado (13).
- 20
3. El método según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque las condiciones de carga predeterminadas se definen aplicando una carga preestablecida (F) en respectivos puntos preestablecidos de una superficie de trabajo (3) de dicha bancada de máquina (2).
- 25
4. El método según la reivindicación 3, **caracterizado** porque dichos puntos preestablecidos definen una rejilla en una superficie de trabajo (3) de dicha bancada de máquina (2).
- 30
5. El método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichas condiciones de carga estándar incluyen al menos una condición de descansar en tres puntos.
- 35
6. El método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichas condiciones de carga estándar incluyen al menos una condición de descansar en cuatro puntos en los vértices de un rectángulo orientado paralelo a dos ejes de coordenadas (X, Y) de la superficie de trabajo (3).
- 40
7. El método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichas condiciones de carga estándar incluyen al menos una condición de descansar en n puntos con una carga conocida en cada uno de ellos.
- 45
8. El método según la reivindicación 5, **caracterizado** porque dichas condiciones de carga estándar incluyen al menos una condición de descanso distribuido sobre una zona rectangular orientada paralela a dos ejes de coordenadas (X, Y) de la superficie de trabajo (3) y aproximadas con un número entero de mallas de la rejilla.
- 50
9. El método según la reivindicación 5, **caracterizado** porque dichas condiciones de carga estándar incluyen al menos una condición de descanso distribuido uniformemente sobre una zona aproximada con un número entero de mallas de dicha rejilla.
- 55
10. El método según alguna de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dichos valores de corrección son calculados en base a un modelo simplificado de la máquina que tiene en cuenta un número reducido de componentes de error.
- 60
11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9 para la compensación de los errores en una máquina medidora cartesiana incluyendo un carro principal (5) móvil con respecto a dicha superficie de trabajo a lo largo de un primer eje (Y), y al menos un segundo carro (9) soportado por dicho carro principal (5) y móvil con respecto a éste a lo largo de un segundo eje (X) ortogonal al primer eje (Y) y paralelo a dicha superficie de trabajo (3), **caracterizado** porque dichos valores de corrección son calculados en base a un modelo simplificado de la máquina que tiene en cuenta solamente las rotaciones de dicho carro principal (5) alrededor de dichos ejes (X, Y).
12. Una máquina medidora incluyendo una bancada de máquina (2) y una unidad móvil (4) para mover un sensor de medición (11) con respecto a dicha bancada de máquina (2), **caracterizada** por incluir un sistema compensador para compensar los errores de medición que derivan de las deformaciones de la bancada de máquina producidas por la carga ejercida por la pieza a medir en la bancada de máquina, operando el sistema compensador según el método de alguna de las reivindicaciones precedentes.

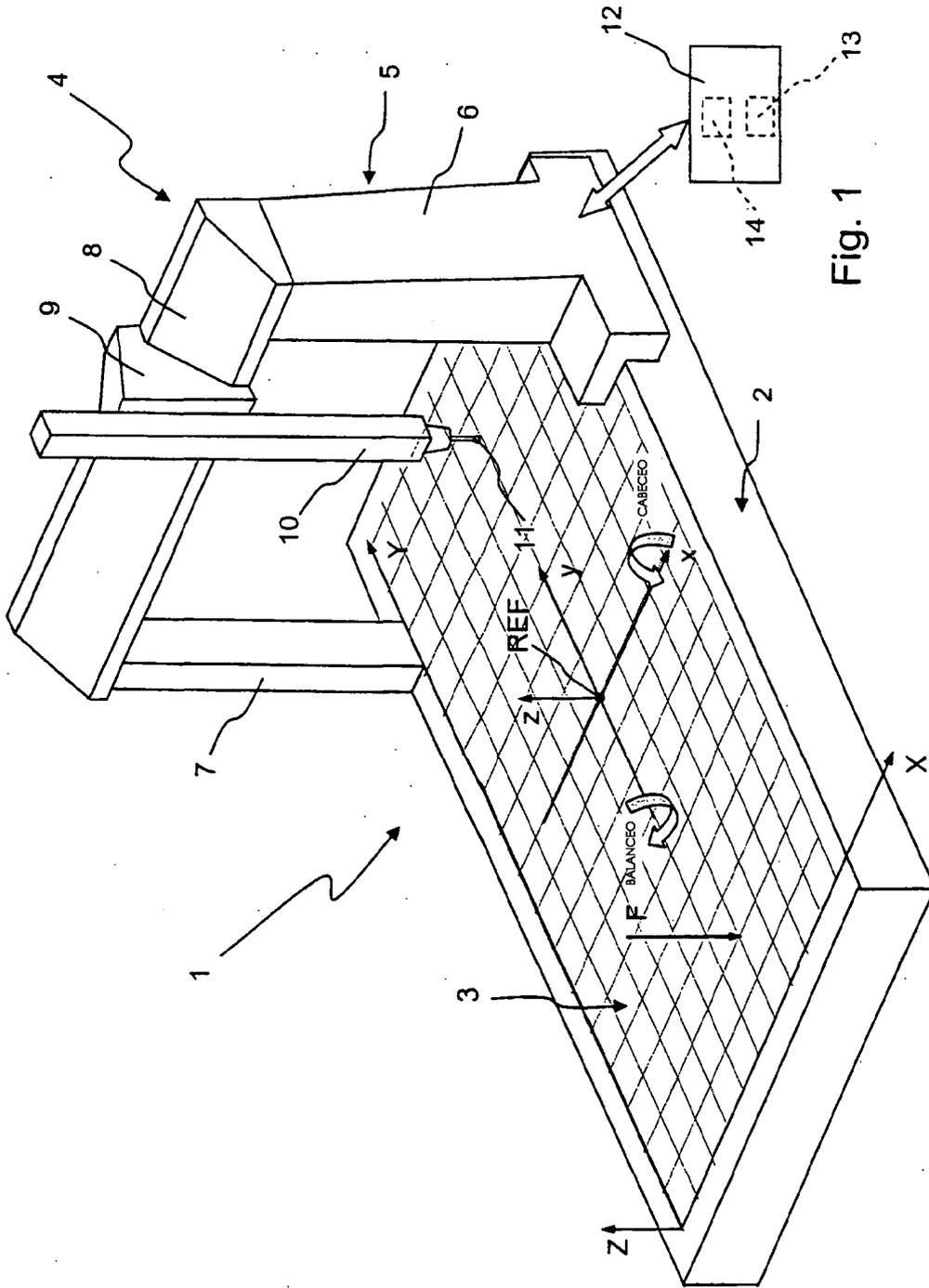


Fig. 1

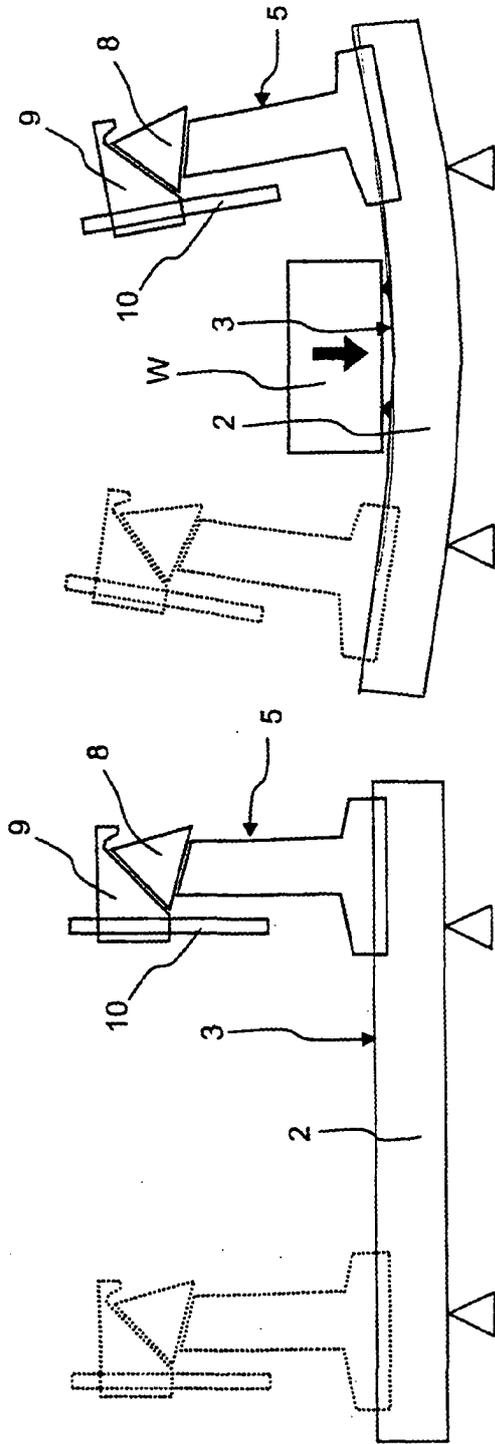


Fig. 3

Fig. 2

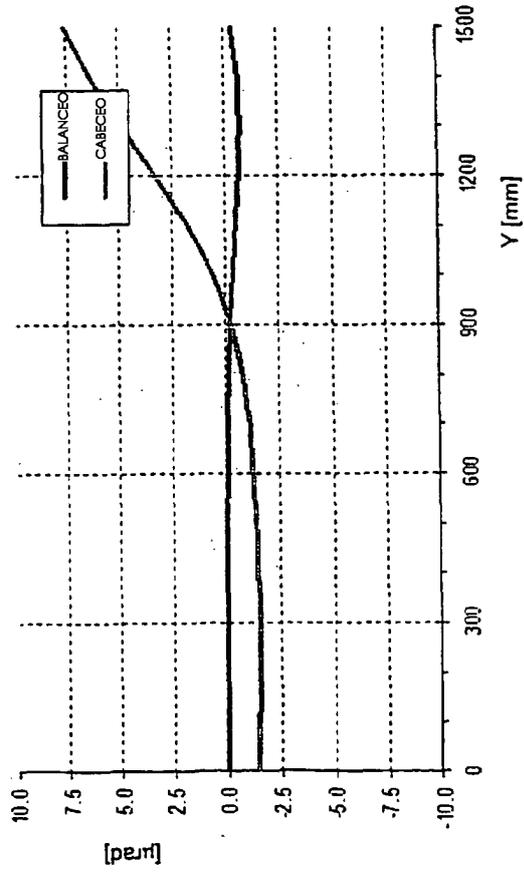


Fig. 4

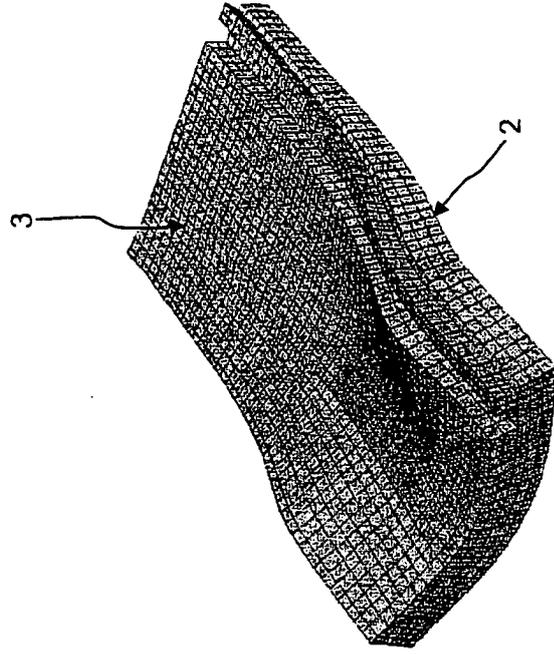


Fig. 5

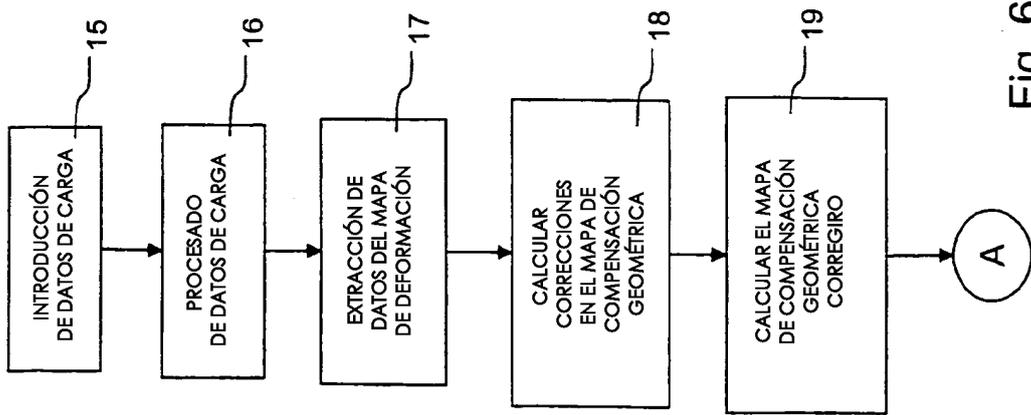


Fig. 6

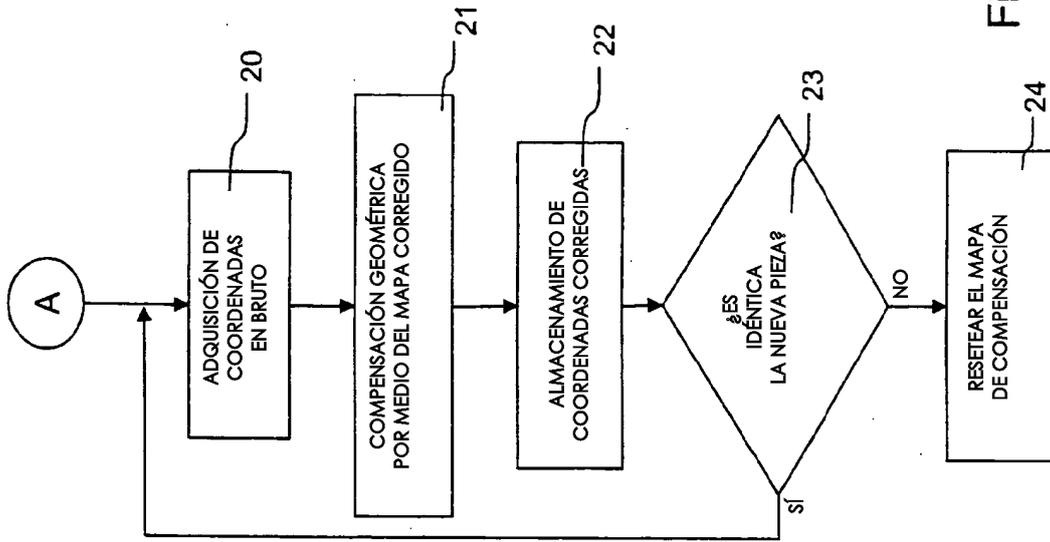


Fig. 7