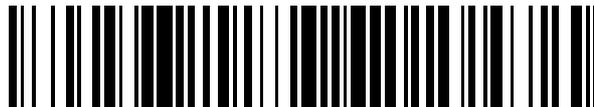


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 919**

51 Int. Cl.:

**G01B 5/00** (2006.01)

**G01B 21/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2010 E 10425404 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2013 EP 2472216**

54 Título: **Máquina de medición de coordenadas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.12.2013**

73 Titular/es:

**HEXAGON METROLOGY S.P.A. (100.0%)**  
**Via Vittime di Piazza della Loggia 6**  
**10024 Moncalieri, IT**

72 Inventor/es:

**VERDI, MICHELE y**  
**TARIZZO, ALBERTO**

74 Agente/Representante:

**ZEA CHECA, Bernabé**

**ES 2 435 919 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**

Máquina de medición de coordenadas

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una máquina de medición de coordenadas.

Estado de la técnica

10

Tal como es conocido, las máquinas de medición de coordenadas comprenden, en general, una plataforma diseñada para sostener la pieza de trabajo a medir y una unidad móvil para desplazar un sensor de medición respecto a la plataforma.

15 Más concretamente, la unidad móvil comprende, generalmente, un primer carro, que puede moverse sobre la plataforma a lo largo de unas guías paralelas a un primer eje, un segundo carro, dispuesto en el primer carro y puede moverse a lo largo de un segundo eje perpendicular al primer eje, y un tercer carro, que va dispuesto en el segundo carro y puede moverse respecto al mismo a lo largo de un tercer eje perpendicular a los dos primeros ejes. El sensor de medición va dispuesto en el tercer carro.

20

En máquinas del tipo que se ha descrito brevemente antes, la plataforma tiene el doble objetivo de soportar la pieza de trabajo y definir las guías para el primer carro.

Esto implica varios inconvenientes.

25

En primer lugar, el posicionamiento de la pieza de trabajo en la plataforma, en particular en el caso en el que el peso de la pieza de trabajo es considerable, implica la deformación de la propia plataforma, lo que provoca una deformación de las guías y por lo tanto induce errores de medición.

30 Además, el movimiento de los carros de la unidad móvil y, en particular, del carro principal, a lo largo de las guías da lugar a deformaciones en la plataforma y, por lo tanto, altera la posición de la pieza de trabajo. Se producen, de este modo, otros errores de medición.

Con el fin de mantener las deformaciones de la plataforma dentro de unos límites, normalmente la propia plataforma se realiza de un material mineral duro, típicamente granito.

35

Para solucionar por lo menos parcialmente los problemas relacionados con el peso de la pieza de trabajo, se han propuesto soluciones en las que la plataforma de granito está desacoplada de la estructura de soporte.

40 WO 89/03505 describe una máquina de medición que comprende una base metálica, que lleva las guías para la unidad móvil y que, apoyándose en la misma, hay una mesa de trabajo de granito.

GB-A-2080954 describe una máquina de medición en la que una mesa de soporte de la pieza de trabajo realizada en un material mineral duro queda restringida a una base metálica subyacente, provista de unas guías para la unidad móvil, a través de unos elementos para el posicionamiento sin tolerancias y para no transmitir fuerzas.

45

Los inconvenientes asociados al uso de plataformas de granito vienen dados por el coste, el peso y la dificultad de disponibilidad de granito en un corto período de tiempo.

50 Además, ambas soluciones descritas anteriormente requieren estructuras de base complejas y costosas.

WO 2009/139014 describe una máquina de medición de coordenadas en la que, con el fin de solucionar los problemas mencionados anteriormente, la plataforma comprende una estructura metálica perimetral provista de unas guías para la unidad móvil y una mesa de soporte de la pieza de trabajo alojada en el interior de la estructura, en la que la mesa de soporte de la pieza de trabajo y la estructura quedan restringidas entre sí por medio de unos limitadores de tipo determinados estáticamente que desdoblán sus deformaciones.

55

De este modo, la mesa de soporte de la pieza de trabajo puede realizarse en un material no metrológico, por ejemplo cemento.

60

Aunque se presentan estas ventajas antes mencionadas, la estructura de la máquina resulta, sin embargo, relativamente compleja.

JP-A-60029604 describe un dispositivo conocido para medir automáticamente la deformación en una superficie de asiento de una base de un aparato.

65

Objetivo de la invención

El objetivo de la presente invención es disponer una máquina de medición simplificada que permita superar los  
5 inconvenientes mencionados anteriormente.

El objetivo antes mencionado se consigue mediante una máquina de medición de coordenadas de acuerdo con la reivindicación 1.

10 Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la presente invención se describen a continuación algunas realizaciones preferidas a modo de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

15 La figura 1 es una vista en perspectiva y esquemática de una máquina de medición de acuerdo con la presente invención;

Las figuras 2 y 3 son representaciones esquemáticas de modos de deformación de una plataforma de la máquina de la figura 1;

20 La figura 4 es una vista en perspectiva de una plataforma de una máquina de medición de acuerdo con una primera realización de la invención;

Las figuras 5, 6 y 7 son, respectivamente, una vista en planta desde arriba, una vista lateral, y una vista frontal de la plataforma de la figura 4;

Las figuras 8, 9, 10 y 11 son secciones de acuerdo con las líneas VIII-VIII, IX-IX, XX y XII-XII;

25 La figura 12 es una vista lateral parcial de una segunda realización de una máquina de medición de acuerdo con la presente invención;

La figura 13 es una vista frontal parcialmente en sección, a escala ampliada, de la máquina de la figura 12;

Las figuras 14 y 15 son vistas similares a la de la figura 13 de máquinas de medición de acuerdo con dos realizaciones adicionales de la invención.

30 Con referencia a la figura 1, se ha designado en conjunto por 1 una máquina de medición que comprende una plataforma 2 y una unidad móvil 3. La unidad móvil 3 comprende:

- un primer carro 4, que tiene forma de puente y puede moverse a lo largo de la plataforma 2 paralelo a un primer eje X longitudinal respecto a la propia plataforma, que forma parte de un conjunto de tres ejes de coordenadas X, Y, Z;

35 - un segundo carro 5, que puede moverse a lo largo de un elemento transversal 6 del primer carro 4 paralelo al eje Y; y

- un cabezal de medición 7 dispuesto en el segundo carro 5, que puede moverse verticalmente respecto al mismo a lo largo del eje Z y está diseñado para llevar una herramienta de medición (no ilustrada).

40 Más precisamente, el primer carro 4 comprende un par de postes 8, 9, que sostienen el elemento transversal 6 y pueden moverse a lo largo de una guía principal 10 y un camino de deslizamiento 11, respectivamente, que son paralelos al eje X y están dispuestos en los bordes longitudinales opuestos de la plataforma 2.

De acuerdo con la presente invención, las deformaciones de la plataforma se detectan y se compensan, en  
45 funcionamiento, a través de una pluralidad de sensores S1 - S6, que miden el desplazamiento vertical de correspondientes puntos de la plataforma 2 respecto a un plano de referencia sustancialmente horizontal  $\pi$ . La expresión "sustancialmente horizontal" se entiende en el sentido de que en su realización práctica el plano  $\pi$  puede experimentar desplazamientos rígidos menores respecto a una posición perfectamente horizontal, tal como se describirá a continuación.

50 Las lecturas de los sensores S1-S6 se establecen a cero en el momento en el cual se lleva a cabo la compensación geométrica de la máquina. En consecuencia, en funcionamiento, todos los valores de desplazamiento como consecuencia de las deformaciones de la plataforma 2 y detectados por los sensores S1-S6 se entienden como variaciones respecto al cero inicial. Por lo tanto, el procesamiento de las lecturas de los sensores permite  
55 determinar, cada vez, una variación de la geometría de la plataforma respecto al estado inicial, descrito por el mapa de compensación geométrica.

En el ejemplo esquemático de la figura 1, los seis sensores S1-S6 están posicionados por debajo de la plataforma 2, cerca de las cuatro esquinas y en el centro de los lados longitudinales.

60 Gracias a la utilización de los sensores, es posible corregir deformaciones principales de la plataforma debido a diferentes motivos, tales como inestabilidad del material, aplicación del peso de la pieza de trabajo a medir, variaciones de temperatura del entorno, etc.

Por consiguiente, es posible utilizar materiales alternativos para la plataforma, es decir, que no presentan los requisitos de rigidez y estabilidad requeridos por aplicaciones metrológicas convencionales, tales como por ejemplo hormigón.

- 5 La figura 2 es una ilustración esquemática de la deformación por torsión de la plataforma, que provoca el balanceo del primer carro 4 a lo largo de su recorrido.

La deformación por torsión determina diferencias de lectura  $I_{Sn}$  entre los sensores (S1, S2, S3) dispuestos en un lado de la plataforma 2 y los sensores correspondientes (S4, S5, S6) dispuestos en el lado opuesto.

10

Dichas diferencias, divididas por la distancia transversal  $t$  entre los pares de sensores homólogos, representan un ángulo de giro alrededor del eje X para cada sección transversal de la plataforma 2 donde se aplican los sensores.

- 15 Evaluando las diferencias entre los ángulos de giro en las distintas secciones se excluye un posible giro rígido, y se obtiene una torsión de la plataforma. En particular, la torsión del primer tramo de la plataforma comprendido entre los pares de sensores S1-S4 y S2-S5 viene dada por la expresión:

$$((I_{S2} - I_{S5}) - (I_{S1} - I_{S4})) / t$$

- 20 Del mismo modo, la torsión del primer tramo de la plataforma comprendida entre los pares de sensores S2-S5 y S3-S6 viene dada por la expresión

$$((I_{S3} - I_{S6}) - (I_{S2} - I_{S5})) / t$$

- 25 El balanceo del primer carro 4, por lo tanto, puede corregirse introduciendo en el mapa de compensación de la máquina una variación apropiada basada en los ángulos de torsión calculados.

La figura 3 es una ilustración esquemática de la deformación a la flexión de la plataforma 2, que provoca inclinación del primer carro 4 a lo largo de su recorrido.

30

La deformación a la flexión da lugar a diferencias de lectura entre los sensores dispuestos en un lado y el mismo lado de la plataforma; se consideran, en particular, los sensores S1, S2, S3 dispuestos en el lado donde está situada la guía principal 10 del primer carro 4.

- 35 La diferencia entre la lectura  $I_{S2}$  del sensor central S2 y el promedio de las lecturas  $I_{S1}$ ,  $I_{S3}$  de los sensores extremos S1, S3 corresponde a la desviación vertical de la elástica seguido por dicho lado de la plataforma. Dicha elástica indica la deformación respecto a una configuración no deformada referida a los sensores extremos S1, S3. Por consiguiente, no depende de un posible giro rígido sino que tiene en cuenta exclusivamente la flexión real de la plataforma 2.

40

Suponiendo una tendencia lineal del ángulo de flexión, es posible calcular la curvatura correspondiente

$$1/R = (8 * (S2 - (S1 + S3 / 2))) / (\text{distance } S1 - S3)^2$$

- 45 La inclinación del primer carro 4, por lo tanto, puede corregirse introduciendo en el mapa de compensación de la máquina una variación adecuada en función de la curvatura calculada.

Las figuras 4 a 7 ilustran una primera realización práctica de la presente invención.

- 50 La plataforma 2, delimitada en la parte superior por una superficie plana 20, está provista de una ranura periférica 12 que define un asiento para una estructura anular 13 diseñada para definir el plano de referencia  $\pi$ .

Más concretamente, la estructura anular 13 está constituida por cuatro elementos metálicos seccionales 14, 15, 16, 17 con una sección transversal cuadrangular, soldados entre sí para formar una especie de estructura rectangular.

- 55 Los elementos seccionales 14, 15 quedan dispuestos en una dirección paralela al eje X, mientras que los elementos seccionales 16, 17 quedan dispuestos en una dirección paralela al eje Y.

- 60 Todos los elementos seccionales presentan preferiblemente una sección transversal rectangular hueca, y los elementos seccionales 16, 17 están soldados, por ejemplo soldados a tope, a los extremos de los elementos seccionales 14, 15.

La estructura anular 13 queda restringida a la plataforma 2 a través de un sistema de limitadores determinados estáticamente definidos por dos limitadores 20, 21 dispuestos a lo largo del elemento seccional 14, y por un limitador 22 en el centro del elemento seccional 15 (figura 5).

5 Las figuras 8, 9 y 10 son representaciones esquemáticas de los limitadores 20, 21, 22, que eliminan, respectivamente, tres grados de libertad, dos grados de libertad, y un grado de libertad.

De esta manera, la estructura anular 13 queda restringida a la plataforma 2 de manera que sus deformaciones se desdoblán. Por lo tanto, incluso en presencia de deformaciones de la plataforma 2, la estructura anular 13 como  
10 mucho puede quedar sometida a una roto-traslación respecto a la plataforma 2, pero no experimenta deformación.

En este caso, se utilizan ocho sensores S1-S8, cuatro de los cuales (S1, S2, S3, S4) se encuentran entre el elemento seccional 14 y la plataforma 2, y cuatro (S5, S6, S7, S8) se encuentran entre el elemento seccional 15 y la  
15 plataforma 2. De manera más precisa, cada uno de los sensores S1, ..., S8 está provisto de un cuerpo 23, fijado rígidamente a una pared superior 24 del elemento seccional correspondiente 14, 15 (figura 11) y un elemento móvil 25 que se apoya sobre una superficie 26 de la plataforma 2 que delimita la ranura 12 en la parte superior.

El plano  $\pi$ , por consiguiente, está definido por una superficie superior 27 de la estructura anular 13 que, gracias al sistema de limitadores determinados estáticamente, se mantiene plana, pero está sometida a roto-traslaciones,  
20 aunque menores, que pueden dar lugar a pequeñas desviaciones del plano  $\pi$  respecto a la horizontal.

El limitador 20 representado esquemáticamente en la figura 8 puede estar constituido convenientemente por un soporte bola-bola o bien un soporte de bola-cono; el limitador 21 representada esquemáticamente en la figura 9  
25 puede estar constituido convenientemente por un soporte bola-superficie ranurada; el limitador 22 representado esquemáticamente en la figura 10 puede estar constituido convenientemente por un soporte bola-plano.

Convenientemente, con el fin de hacer que los soportes mencionados anteriormente sean bidireccionales en una dirección vertical, pueden disponerse unos muelles (no ilustrados) entre la superficie superior 27 de la estructura  
30 anular 13 y la superficie 26 de la plataforma 2. Dichos muelles pueden incorporarse convenientemente en los sensores S1, S8 con el fin de cargar los elementos móviles 25 elásticamente contra la superficie 26.

Las figuras 12 y 13 ilustran otra realización de la invención, designada en conjunto por 30, en la cual se utilizan tres sensores S11, S12, S13 situados entre la estructura anular 13 y el primer carro 4, en lugar de la plataforma 2.

35 En particular, los sensores S11-S13 tienen el cuerpo 23 fijado al primer carro 4 y el elemento móvil 25 en contacto por deslizamiento con la superficie superior 27 de la estructura anular 13. Los postes 8 del primer carro 4 llevan los sensores S11, S12 y estos últimos tienen el elemento móvil 25 en contacto con el elemento seccional 14. El sensor S13 está dispuesto en el poste 9 del primer carro y tiene el elemento móvil 25 en contacto con el elemento seccional 15. Los sensores S11, S12 están alineados entre sí y separados una distancia entre sí en la dirección del eje X.  
40

De esta manera, es posible detectar la inclinación y el balanceo del primer carro 4 en tiempo real tras las deformaciones de la plataforma 2 a través de las desviaciones de los sensores S11-S13 respecto a la posición cero definida en el momento de la compensación geométrica de la máquina y, en consecuencia, compensar los errores de medición inducidos con ello. En el caso en el que es necesario tener en cuenta deformaciones de la plataforma  
45 inducidas por el peso o por las variaciones de temperatura, es posible actualizar el mapa de compensación geométrica de la máquina en tiempo real. Si, en cambio, es necesario compensar solamente la inestabilidad del material que constituye la plataforma 2, un muestreo en el tiempo a baja frecuencia es suficiente.

La figura 14 ilustra una realización diferente de la presente invención, designada en su conjunto por el número de  
50 referencia 31.

En este caso, la estructura anular 13 está "suspendida" de la plataforma 2, y dispuesta en una cavidad perimetral inferior 35 de la misma. Dos sensores S11 y S12 van dispuestos en el poste 8 del primer carro 4 y de nuevo  
55 dispuestos con su eje vertical, pero detectan una superficie inferior 36 en lugar de la superficie superior del elemento seccional 14. En comparación con la solución de las figuras 12, 13, la diferencia más importante está representada por el hecho de que, en lugar del sensor S13 montado en el poste 9, se utilizan sensores S15, S16 montados en el poste 8 del primer carro 4, en una posición adyacente a los sensores S11, S12, pero con su eje horizontal de manera que el elemento móvil 25 hará contacto una superficie lateral 37 del elemento seccional 14.

60 Los sensores S15, S16 detectan giros de balanceo y viraje, los cuales pueden descomponerse y corregirse analíticamente.

La figura 15 ilustra otra realización de la presente invención, designada en conjunto por 32.

En esta solución, la estructura anular 13 se encuentra alojada en una zanja perimetral 38 prevista en la superficie superior de la plataforma 2. Dicha zanja puede cubrirse efectivamente por un fuelle protector 39 de tipo convencional. La máquina comprende tres sensores S11, S12, S13 dispuestos en la estructura anular 13 e interactuando con ésta de manera similar a como se ha descrito con referencia a la solución de las figuras 12 y 13.

5 La máquina comprende, además, dos sensores S15, S16 dispuestos en el poste 8 en una posición adyacente a los sensores S11, S12, pero con su eje horizontal de manera que el elemento móvil 25 queda en contacto con una superficie lateral interna 40 del elemento seccional 14.

10 Los sensores S11-S13 tienen la función de detectar giros de inclinación y balanceo, los sensores S15, S16 tienen la función de detectar prevalentemente giros de viraje (con un pequeño componente de balanceo, que puede descomponerse analíticamente).

A partir de un examen de las características de las máquinas 1, 30, 31 y 32 son claras las ventajas que ofrece la presente invención.

15 Por medio del uso combinado de una estructura anular 13 restringida a la plataforma 2 de manera determinada estáticamente y una pluralidad de sensores Sn dispuestos entre dicha estructura 13 y la plataforma 2 o la unidad móvil 2 de la máquina, es posible determinar y compensar los errores de medición introducidos por las deformaciones de la plataforma 2 debido a diversos motivos, tales como el peso de la pieza de trabajo, el peso de la  
20 unidad móvil, la inestabilidad del material, etc.

Por consiguiente, es posible realizar la plataforma de un material "no metrológico", es decir, un material que no tenga características de rigidez y estabilidad típicas de aplicaciones metrológicas, tales como, por ejemplo, hormigón, y al mismo tiempo mantenga una estructura convencional de la máquina, con las guías para la unidad móvil 3 dispuestas  
25 directamente en la plataforma.

Por consiguiente, es posible lograr un rendimiento metrológico óptimo aunque reduciendo sustancialmente los costes de la máquina.

30 Finalmente, es evidente que pueden realizarse modificaciones y variaciones en la máquina sin apartarse por ello del ámbito de protección de la presente invención.

Por ejemplo, la plataforma puede realizarse en cualquier material, y, en particular, en cualquier material vertible no metálico, por ejemplo una resina con rellenos apropiados.

35 En el caso en que el material utilizado es hormigón u otro material que no presente los requisitos suficientes de rigidez, dureza, o estabilidad, la superficie de medición puede cubrirse con otro material, tal como granito, que tenga las características mencionadas anteriormente. Del mismo modo, las guías o los caminos pueden cubrirse con un material metálico o no metálico que tenga las características mecánicas necesarias, en particular, de resistencia al  
40 desgaste.

También, la estructura anular 13 puede realizarse de un material diferente, por ejemplo un material o compuesto de granito, que no se altere sustancialmente con la temperatura. En el caso en que la estructura anular 13 esté realizada en un material metálico, como en las realizaciones descritas, con el fin de reducir los efectos de la  
45 expansión térmica, es posible cerrar el asiento 12 y aislarlo térmicamente.

**REIVINDICACIONES**

1. Máquina de medición de coordenadas que comprende una plataforma (2) provista de una superficie de medición horizontal y una unidad (3) que puede moverse a lo largo de unas guías (10, 11) dispuestas en dicha plataforma (2),  
 5 estando caracterizada dicha máquina por el hecho de que comprende una estructura anular cerrada (13) que se extiende a lo largo de una zona perimetral (12, 35, 38) de la plataforma (2) y restringida a la misma a través de unos medios de restricción determinados estáticamente (20, 21, 22), y una pluralidad de sensores de desplazamiento (S1-S8; S11-S16) dispuestos entre dicha estructura anular (13) y la plataforma (2) o la unidad móvil (3) para detectar desplazamientos relativos respecto a un estado de referencia inicial.
- 10 2. Máquina según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que dicha plataforma (2) está realizada por lo menos prevalentemente de un material vertible no metálico.
3. Máquina según la reivindicación 2, caracterizada por el hecho de que dicho material vertible no metálico es  
 15 hormigón.
4. Máquina según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por el hecho de que dicha estructura anular (13) es rectangular.
- 20 5. Máquina según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por el hecho de que dicha estructura anular (13) está realizada en un material metálico.
6. Máquina según la reivindicación 5, caracterizada por el hecho de que dicha estructura anular (13) está constituida por cuatro elementos seccionales metálicos (14, 15, 16, 17) que constituyen sus lados y están fijados rígidamente  
 25 entre sí.
7. Máquina según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por el hecho de que la estructura anular (13) está alojada en un asiento perimetral (12, 38) de la plataforma (2).
- 30 8. Máquina según la reivindicación 7, caracterizada por el hecho de que el asiento perimetral (39) está cerrado por un protector (39).
9. Máquina según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, caracterizada por el hecho de que el asiento (12, 39) está aislado térmicamente.
- 35 10. Máquina según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, caracterizada por el hecho de que dicha estructura anular (13) se encuentra frente a una superficie anular plana (26) de dicha plataforma (2) paralela a dicha superficie de medición.
- 40 11. Máquina según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, caracterizada por el hecho de que dichos sensores (S15-S16) se encuentran dispuestos en la citada estructura anular (13) y están provistos de un elemento detector (25) con eje vertical dispuesto en contacto con dicha superficie anular.
12. Máquina según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada por el hecho de que dichos sensores  
 45 (S15-S16) están dispuestos en dicha unidad móvil (3) y están provistos de respectivos elementos detectores (25) dispuestos en contacto con dicha estructura anular (13).
13. Máquina según la reivindicación 12, caracterizada por el hecho de que dichos elementos detectores (25) están dispuestos con su eje vertical y están diseñados para detectar una superficie sustancialmente horizontal (27) de  
 50 dicha estructura anular (13).
14. Máquina según la reivindicación 12, caracterizada por el hecho de que dichos elementos detectores (25) están dispuestos con su eje horizontal y en contacto con una superficie sustancialmente vertical (40) de dicha estructura anular (13).
- 55 15. Procedimiento para compensar los errores de medición de una máquina de medición de coordenadas que comprende una plataforma (2) provista de una superficie de medición horizontal y una unidad (3) que puede moverse a lo largo de unas guías dispuestas en dicha plataforma (2), estando inducidos dichos errores por una deformación de la plataforma (2), estando caracterizado el procedimiento por el hecho de que comprende las etapas  
 60 de:
- disponer la máquina con una estructura cerrada anular (13) que se extiende a lo largo de una zona perimetral de la plataforma (2) y restringida a la misma a través de unos medios de restricción determinados estáticamente, y una pluralidad de sensores de desplazamiento (S1-S8; S11-S16)  
 65 dispuestos entre dicha estructura anular (13) y la plataforma (2) o la unidad móvil (3);

5

- realizar la compensación geométrica de la máquina;
- establecer a cero la lectura de los sensores (S1-S8, S11-S16) para definir un estado de referencia inicial;
- detectar a través de los sensores (S1-S8; S11-S16) desviaciones de la posición relativa entre dicha estructura anular (13) y la plataforma (2) o la unidad móvil (3); y
- actualizar la compensación geométrica de la máquina en base a las desviaciones detectadas por los sensores (S1-S8; S11-S16).

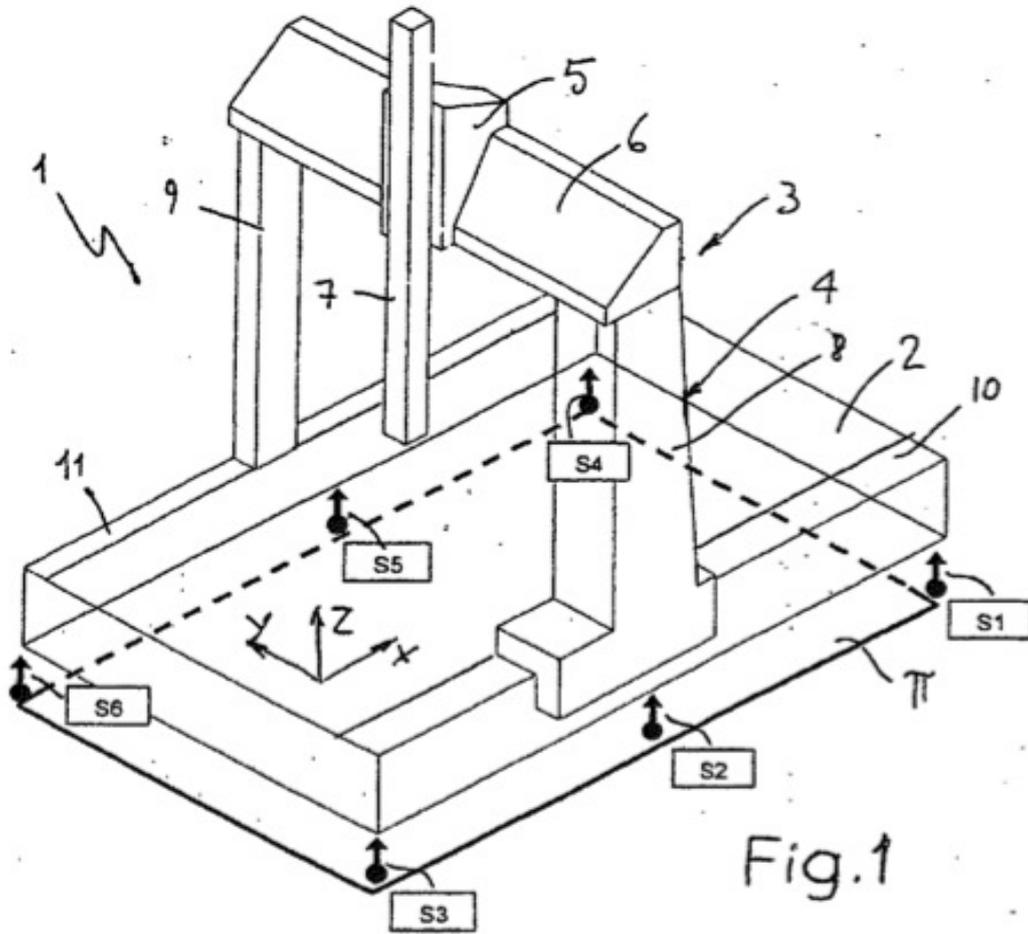


Fig. 1

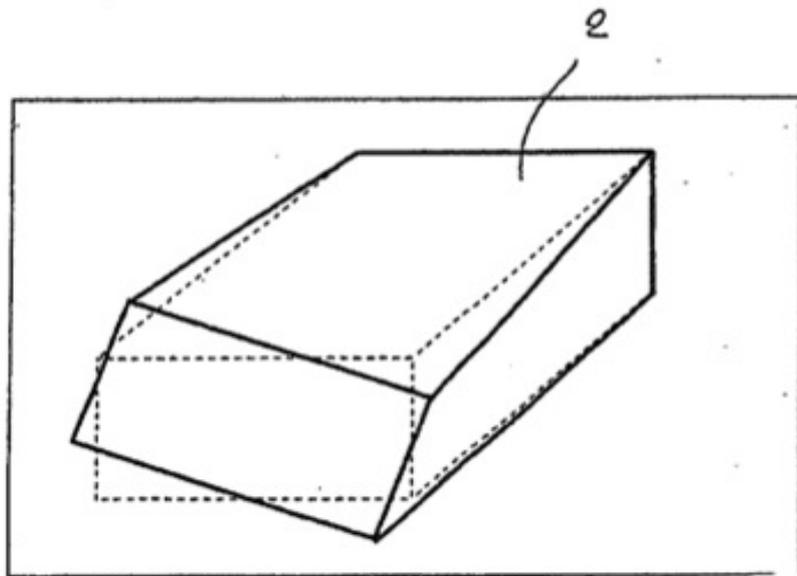


Fig. 2

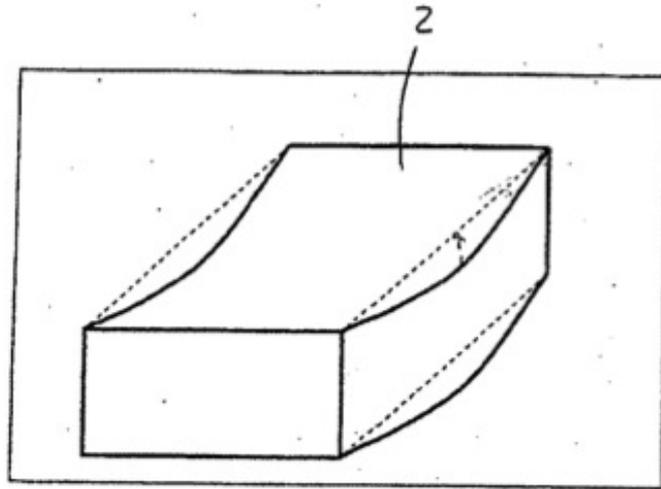


Fig. 3

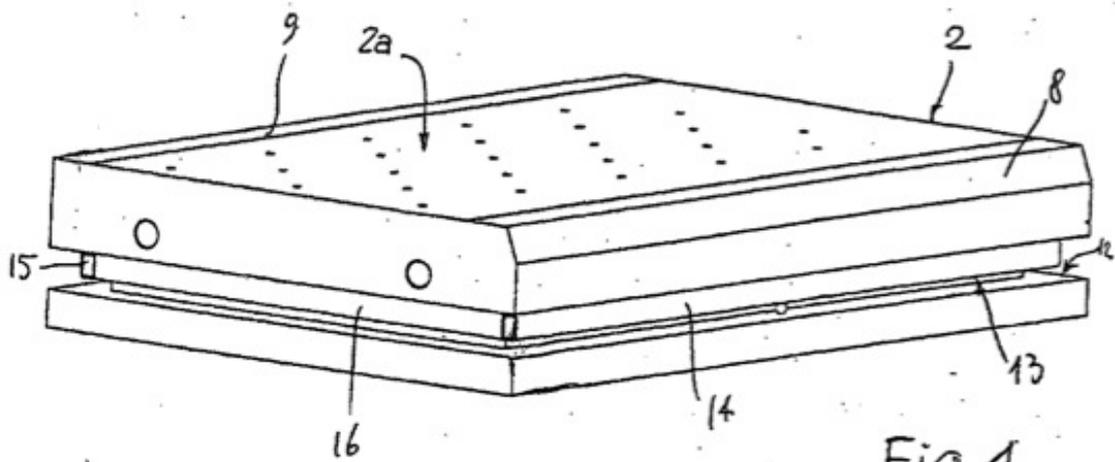
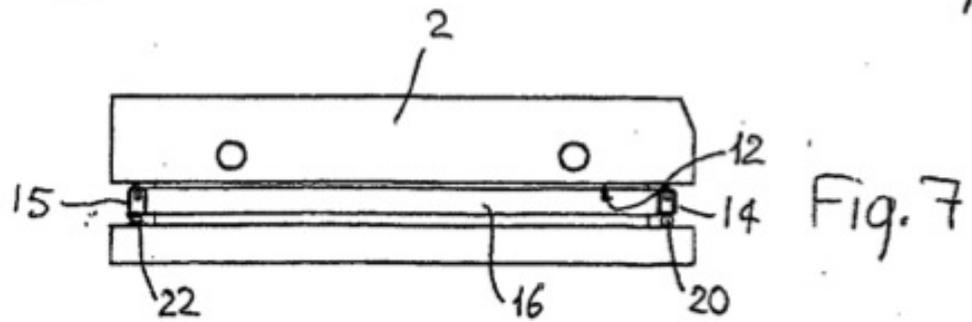
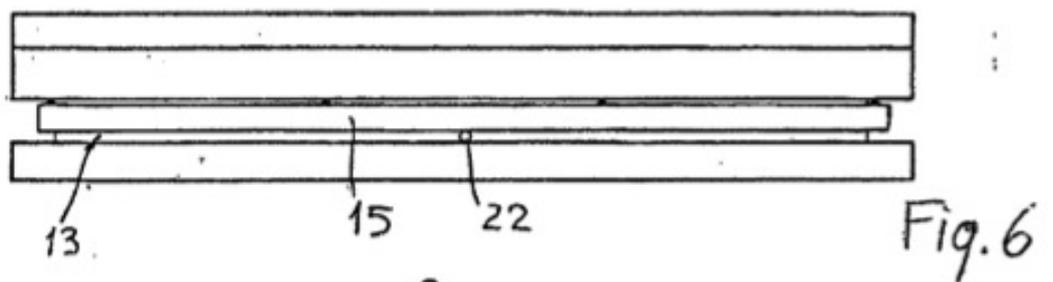
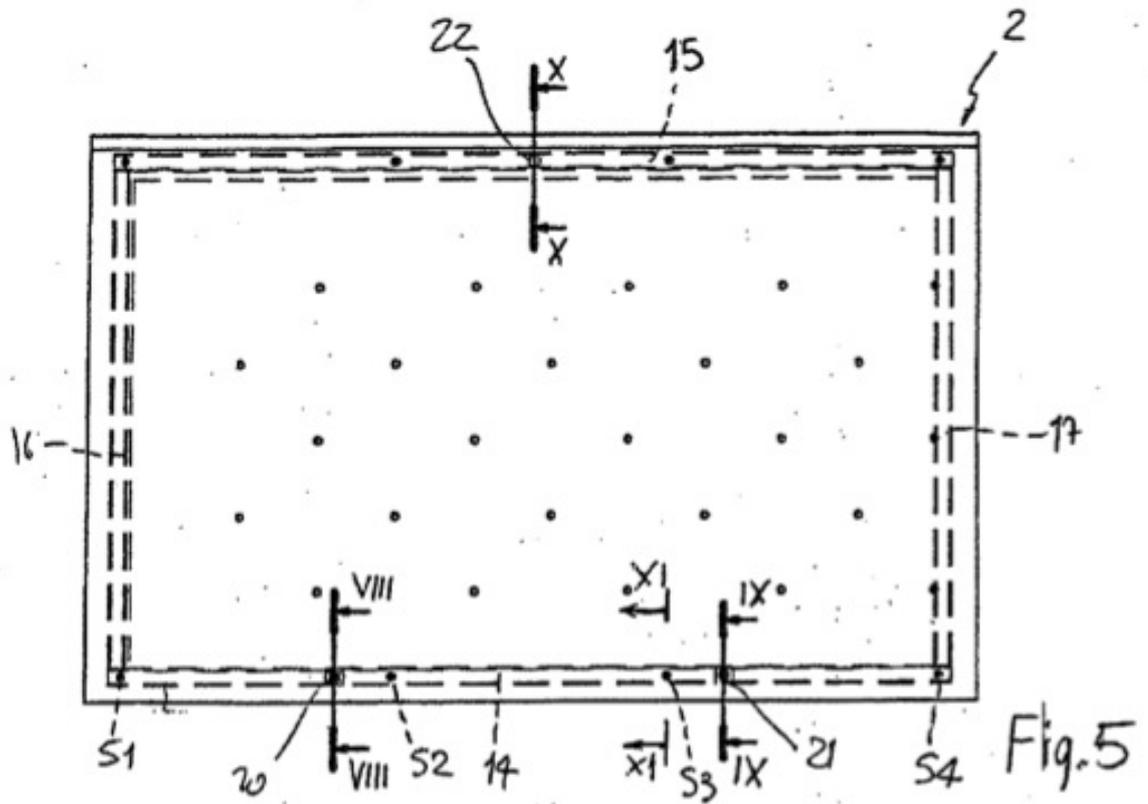


Fig. 4



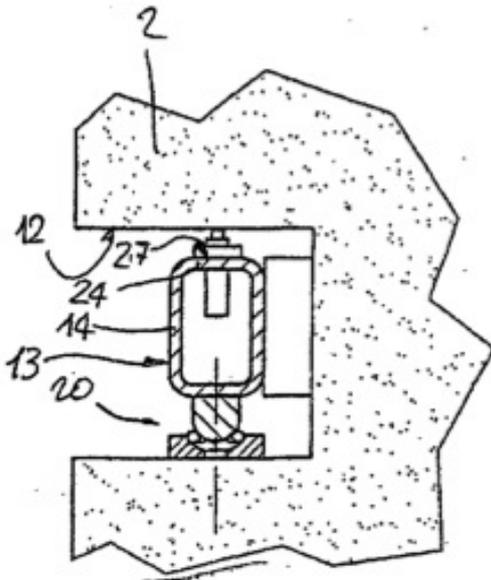


Fig. 8

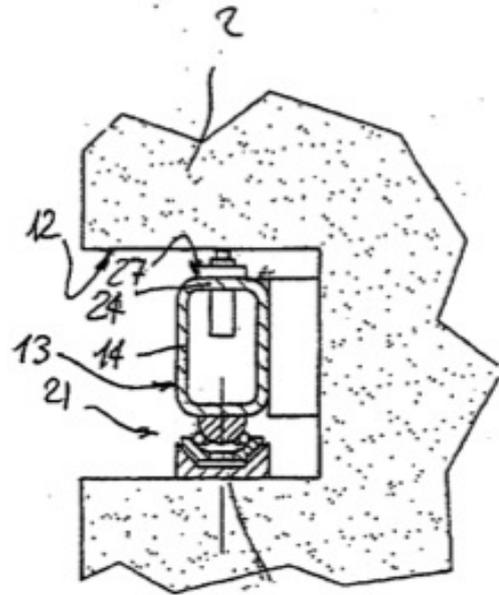


Fig. 9

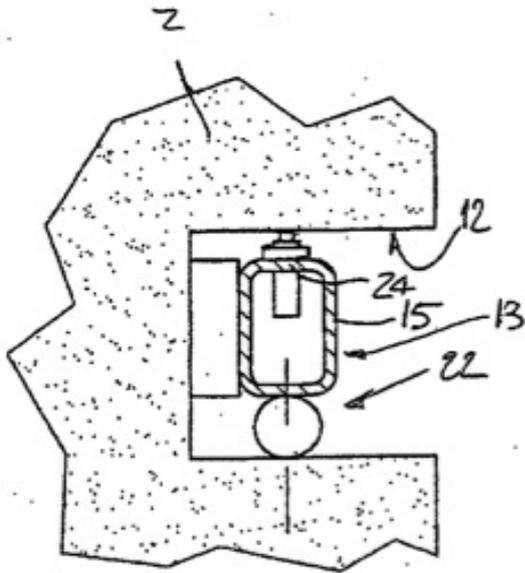


Fig. 10

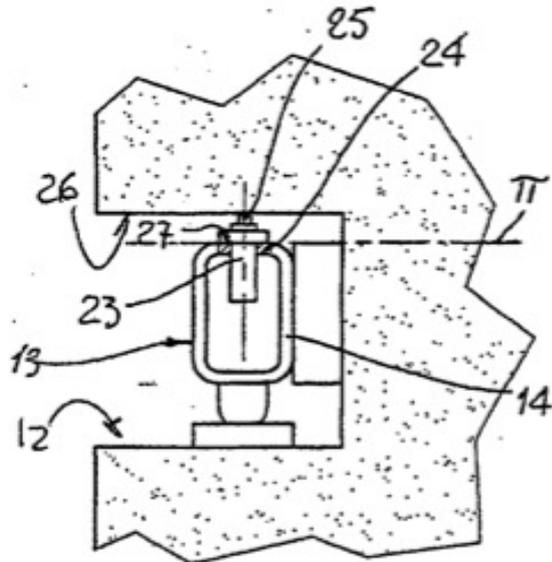
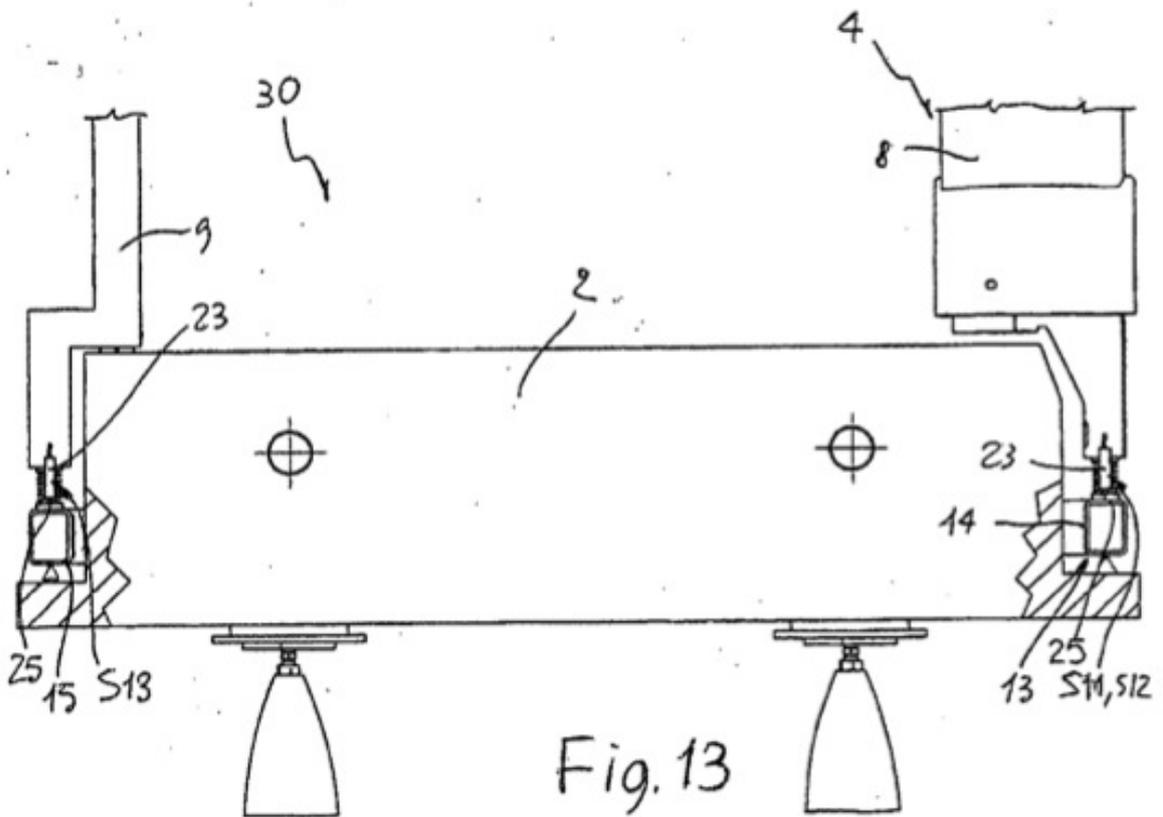
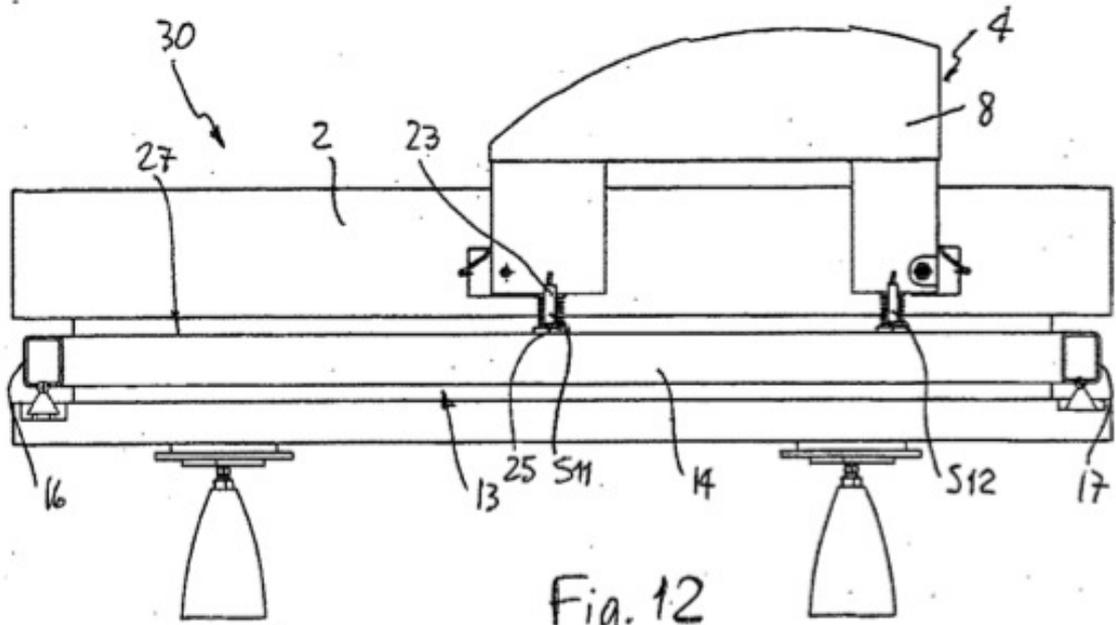


Fig. 11



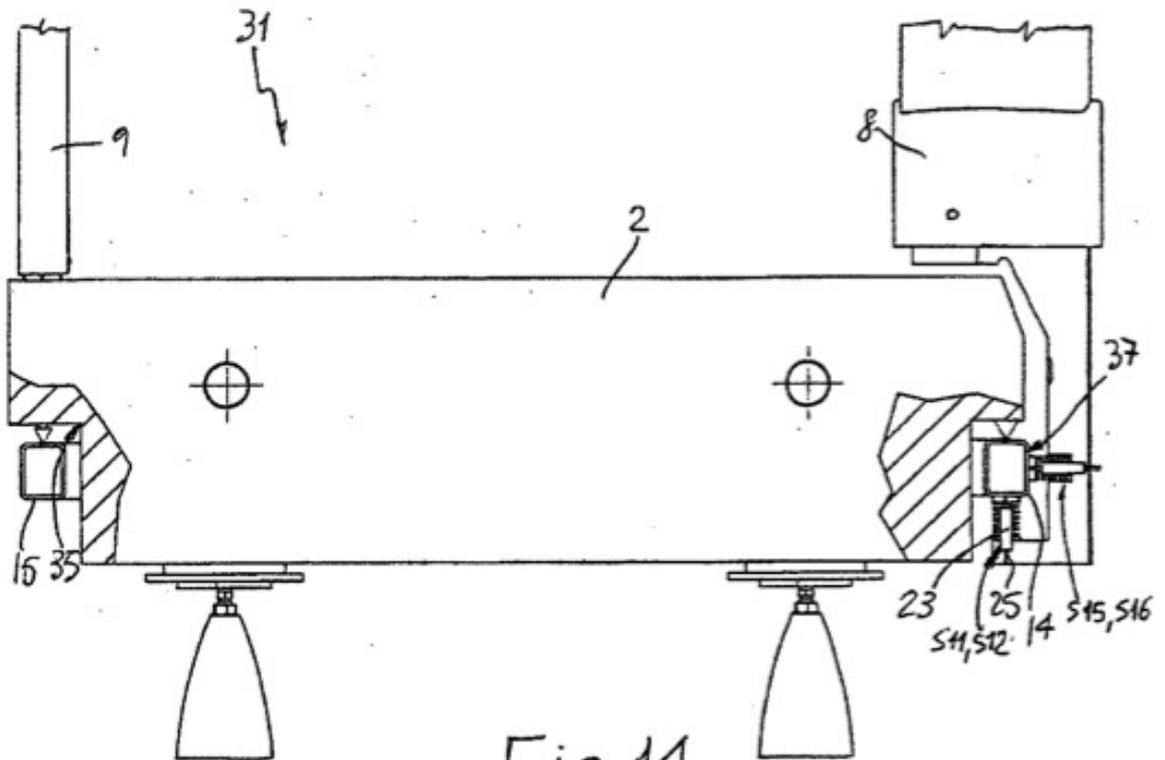


Fig. 14

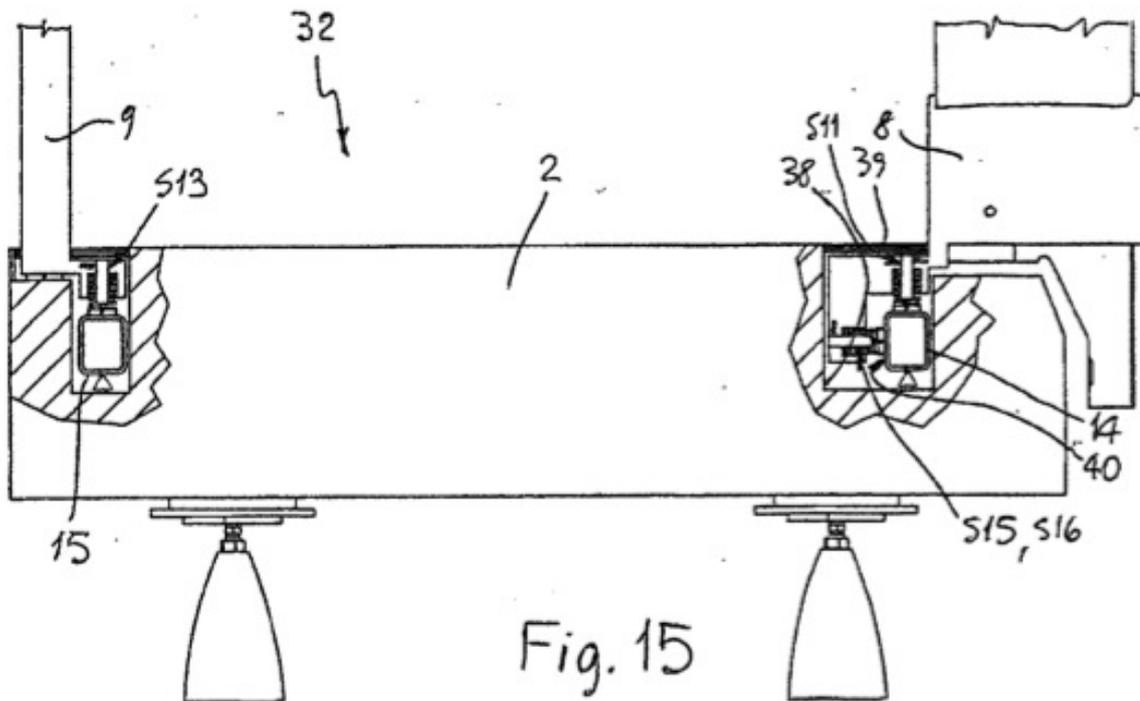


Fig. 15

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

*Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden 5 excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

- 10 • WO 8903505 A                      • WO 2009139014 A  
• GB 2080954 A                      • JP 60029604 A