

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 433**

51 Int. Cl.:

B23Q 1/54 (2006.01)

B23Q 3/18 (2006.01)

B23Q 17/22 (2006.01)

G01B 21/04 (2006.01)

G01B 5/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09151334 .1**

96 Fecha de presentación: **12.03.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **2050534**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.04.2009**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA CONTROLAR UN EJE GIRATORIO CON UN DISPOSITIVO DE DETECCIÓN AUTOCENTRANTE.**

30 Prioridad:
13.03.2002 ES 200200597

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.02.2012

73 Titular/es:
**IBS PRECISION ENGINEERING B.V.
ESP 201
5633 AD EINDHOVEN, NL**

72 Inventor/es:
**Trapet, Eugen;
Aguilar Martin, Juan José y
Spaan, Henny**

74 Agente: **Morales Durán, Carmen**

ES 2 375 433 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 controlar un eje giratorio con un dispositivo de detección autocentrante.

5 La invención se refiere a un procedimiento para analizar los ejes giratorios de maquinas herramientas (TM) y máquinas de medición por coordenadas (CM).

Antecedentes

10 Existen objetos de referencia y se utilizan en forma de placas de bolas y barras de bolas para controlar la colocación de las máquinas de medición por coordenadas (CM). Estos son muy económicos cuando se utilizan en las CM. Estos objetos no se pueden utilizar para controlar máquinas herramienta (TM) en la mayoría de los casos, ya sea porque carecen de un dispositivo de detección o, en muchas TM, del soporte lógico de medición adecuado. Estos problemas se resuelven mediante el uso de la presente invención, es decir, con el desarrollo de un dispositivo de
15 detección específico para pruebas de posicionamiento en TM.

La solicitud de patente del Reino Unido GB 2 197 478 describe un procedimiento para analizar los ejes giratorios de las máquinas de medición por coordenadas. El procedimiento comprende las etapas de colocar una esfera de referencia sobre una mesa giratoria de la máquina, colocar un dispositivo de auto-detección, que está dotado de una
20 sonda de detección, en el cabezal de la máquina, posicionar la mesa giratoria de la máquina en una posición angular, medir las coordenadas de las bolas con la sonda de detección, transferir los valores de desplazamiento a un ordenador, repetir las etapas de medición y transferencia con la mesa giratoria de la máquina colocada en diferentes posiciones angulares y procesar los valores de desplazamiento generados en el ordenador. Este procedimiento requiere mucho tiempo y es propenso a errores e imprecisiones de medición.

25 La solicitud de patente europea EP 1 146 314 A2 describe un procedimiento para la calibración cinemática paralela de máquinas herramientas (TM), que comprende las etapas de colocar múltiples esferas de referencia sobre una mesa giratoria de la máquina, colocar un dispositivo de auto-detección, que está dotado de ejes lineales, en el cabezal de la máquina, posicionar la mesa giratoria de la máquina en una posición angular, posicionar los ejes lineales del dispositivo de auto-detección en una posición conocida, de tal manera que al menos tres puntas del dispositivo de detección del dispositivo de detección autocentrante se pongan en contacto con las esferas de referencia y generen valores de desplazamiento, transferir los valores de desplazamiento a un ordenador, repetir las etapas de medición y transferencia con la mesa giratoria de la máquina colocada en diferentes posiciones angulares y procesar los valores de desplazamiento generados en el ordenador.
30

35 Problemas y funciones

El concepto básico de las pruebas de error de posicionamiento de las máquinas herramientas (TM) con objetos de referencia es que la herramienta se reemplaza por un dispositivo de detección, la máquina herramienta (TM) está programada para mover los ejes a las posiciones definidas colocando de esta manera el dispositivo de detección en contacto con las esferas de referencia y otros elementos de referencia en el objeto de referencia (este documento sólo se ocupa de las esferas de referencia).
40

Sin embargo, hay varios problemas que impiden que se utilicen los tipos conocidos de dispositivos de detección de las máquinas de medición por coordenadas (CM). En la mayoría de los casos no será posible utilizar un dispositivo de detección dinámica como es muy común en las CM. Este dispositivo de detección da un impulso - cuando toca el objeto - para leer los contadores de posición de la máquina de medición por coordenadas (CM). Su uso no es posible o no es cómodo ya sea debido a la falta de conexión con el control numérico de la señal del dispositivo de detección y/o la falta de posibilidad para la transferencia de los datos medidos en el equipo en el que las medidas de prueba deben ser evaluados.
45
50

Los controles de TM que poseen, de hecho, una entrada para ese tipo de dispositivo de detección no tienen el soporte lógico adecuado para una medición compleja. Sus algoritmos son muy limitados, por ejemplo, para poder hacer frente a las esferas de medición.
55

No sólo la programación sino también la ejecución de la medición es lento y complicado, si cada elemento de referencia se detecta con varios puntos, en lugar de ir con el TM sólo de un punto a otro, como es la forma en interferómetros láser que se utilizan cuando se controla una TM.

60 Para estas pruebas, sería conveniente contar con un dispositivo de detección que indique la desviación en X, Y, Z simultáneamente, para cada posición programada en la que el dispositivo de detección está en contacto con una esfera de referencia en un objeto de referencia como una barra de bolas. Por lo tanto, se podría programar fácilmente y los programas se ejecutarían con rapidez, y ni siquiera sería necesario conectar el ordenador o el dispositivo de detección al control numérico de la TM. Todo esto es posible con un dispositivo de detección auto-centrante. Este tipo de dispositivo de detección permite obtener, al mismo tiempo, el error de posición en tres
65 coordenadas cuando la TM con este dispositivo de detección se coloca sobre una esfera de referencia de una barra

de bolas o su equivalente. Las posiciones programadas deberían corresponderse a las posiciones reales (calibradas) de los centros de las esferas de referencia de la barra de bolas; si los mismos no corresponden, se deberán tomar en cuenta las desviaciones de los valores programados con respecto a los valores calibrados.

- 5 Los dispositivos de detección analógicos para las CM existen, que permiten ensamblar las puntas del dispositivo de detección auto-centrante en forma de tres bolas o un cono.

10 Pero ellos no son adecuados para las TM, debido a su falta de clasificación de medición. Tienen sólo una fracción de un milímetro, pero tienden a tener al menos 3 milímetros para compensar los errores de posicionamiento y la alineación defectuosa del objeto de referencia con respecto a los ejes de TM para facilitar la medición.

Estos dispositivos de detección no son adecuados ya sea porque tienen componentes móviles con grandes masas, creando el peligro de fuertes impactos en los objetos y problemas de vibraciones.

- 15 Esto sucede porque se construyen de una manera cinemática secuencial, lo que significa que hay tres sistemas de movimiento lineal (X, Y, Z): el primero lleva la barra, el segundo lleva al primero y a la barra, y el tercero lleva al segundo y al primero y a la barra. Por lo tanto, los componentes móviles tienen una gran cantidad de masa y deben ser de una precisión extremadamente alta debido a la adición de los errores de los componentes de la cadena cinemática entre la punta del dispositivo de detección y el cuerpo del dispositivo de detección que se une al cabezal de la TM.

Solución de acuerdo con la invención

La invención se define en la reivindicación 1.

- 25 Teniendo en cuenta que no es necesario medir ya sea cualquier tipo de superficie o cualquier tipo de topografía, puesto que los objetos siempre van a ser esferas de extrema dureza, baja rugosidad y poca forma de error, el sistema del dispositivo de detección autocentrante está abierto a la simplificación y se hace más adecuado para la tarea de auto-centrado en esferas de referencia con posiciones relativamente lejos de las posiciones del dispositivo de detección auto-centrante. Por esta razón, un concepto totalmente nuevo de un dispositivo de detección auto-centrante se podría desarrollar, en base a una cinemática paralela, lo que implica en este caso que la medición se realiza directamente sobre la superficie de la esfera de referencia por al menos tres sistemas de los sistemas de medición unidimensional que componen el dispositivo de detección auto-centrante tridimensional. De este modo se podrían reducir las masas de los componentes móviles, reducir el volumen del dispositivo de detección y reducir las fuerzas de detección. Al mismo tiempo, la precisión puede ser mejorada en comparación con un dispositivo de detección de secuencia cinemática a través de la falta de una "pila" de los ejes que suman errores. Los componentes con menor precisión, montaje más sencillo y calibración más rápida y sencilla del dispositivo de detección auto-centrante conducen también a un precio más bajo.

- 40 El dispositivo de detección auto-centrante contiene los siguientes componentes:

- al menos tres puntas del dispositivo de detección d que están en contacto con la esfera de referencia, con superficies generalmente esféricas, planas o cilíndricas - las alternativas no se limitan a estas formas, las puntas del dispositivo de detección deben ser de alta precisión y la geometría se debe reconocer.
- 45 • cada punta del dispositivo de detección se fija en una barra que se mueve cuando el dispositivo de detección auto-centrante se centra en una esfera de referencia; el movimiento puede ser lineal o giratorio, o una combinación entre lineal y giratorio.
 - en el caso de que se desee realizar un movimiento puramente lineal o giratorio, las barras son guiadas con gran precisión para que ejecuten un movimiento lineal o un movimiento de giro cuando entran en contacto y se auto-centran en una esfera de referencia.
 - 50 • tales movimientos deben ser en diferentes direcciones con el fin de tocar la esfera de referencia en los puntos que están lo suficientemente lejos unos de otros.
 - con el fin de mantener el contacto con la esfera de referencia, muelles pretensados, elementos neumáticos o hidráulicos, u otros elementos que sirven al mismo propósito, empujan las barras en la dirección de la esfera de referencia; si no hay una esfera de referencia en el rango de medición del dispositivo de detección auto-centrante, amortiguadores mecánicos limitan el movimiento de la barra.
 - 55 • el movimiento de cada barra se mide mediante un sensor de desplazamiento lineal o giratorio (de acuerdo con una alternativa de realización); si el sensor de desplazamiento es un sensor óptico incremental - sin limitar la invención a este tipo de sensor - la regla de lectura se coloca normalmente en el varilla y el cabezal de lectura fijo en el cuerpo del dispositivo de detección auto-centrante.
 - 60 • el mínimo de los tres desplazamientos medidos se transfiere a un programa de ordenador donde se calcula la posición del dispositivo de detección auto-centrante en relación con la esfera de referencia que se detecta; teniendo en cuenta los valores de desplazamiento y el modelo de la geometría de los componentes del dispositivo de detección auto-centrante.
 - 65 • dicho cálculo de la posición del dispositivo de detección auto-centrante en relación con la esfera de referencia

requiere conocer, por un lado, los valores indicados por los sensores de desplazamiento y, por el otro, los parámetros que describen con gran precisión la geometría del dispositivo de detección auto-centrante, es decir: la posición y orientación de cada uno de los elementos; estos parámetros se denominan " parámetros del modelo" del dispositivo de detección auto-centrante.

5 Dicho modelo depende de la forma en que se realiza el dispositivo de detección auto-centrante y que depende de la precisión que se desea obtener (más parámetros pueden ser necesarios si se requiere un mayor grado de precisión):

10 Para la creación de un dispositivo de detección auto-centrante con barras móviles lineales, los parámetros básicos son los siguientes:

- las coordenadas X, Y, Z del centro de la punta del dispositivo de detección
- la orientación del vector normal del plano de la punta del dispositivo de detección j, q
- 15 • la orientación del eje de la barra j, q

En total hay 21 parámetros más el diámetro de la esfera de referencia.

20 La invención ofrece las siguientes tres alternativas para obtener un mayor grado de precisión de los valores de los parámetros del modelo:

1. medirlos directamente con un sistema de medición independiente, tal como una CM

25 2. medirlos indirectamente, colocando el dispositivo de detección en contacto con una esfera de referencia y - mantener el contacto entre la esfera de referencia y el dispositivo de detección auto-centrante – mover el dispositivo de detección o la esfera de referencia a las posiciones conocidas (posiciones que dan diferentes desplazamientos relativos entre la esfera de referencia y el dispositivo de detección auto-centrante)

Alt. 1:

30 En el caso del dispositivo de detección auto-centrante con barras móviles lineales (11), la medida se toma de la orientación de las barras, las orientaciones de las puntas de los dispositivos de detección (12) y las coordenadas X, Y, Z del punto de intersección del eje de la varilla con el plano de contacto de la punta del dispositivo de detección.

35 Otra alternativa para medir los parámetros del modelo del dispositivo de detección es establecer directamente la relación entre las posiciones de las puntas del dispositivo de detección y los valores indicados por los sensores generan una tabla de correspondencia. Esto se hace con una CM. La tabla de correspondencia se inserta cuando el dispositivo de detección auto-centrante se utiliza para realizar la medición real.

40 Alt. 2.

La segunda alternativa de acuerdo con la invención consiste en mover el dispositivo de detección con una CM o TM específica en una serie de posiciones conocidas, mientras que las puntas del dispositivo de detección están en contacto con una esfera de referencia. Los valores indicados por los sensores de giro y las posiciones del dispositivo de detección auto-centrante se registran. Este procedimiento también permite la comprobación del dispositivo de detección auto-centrante, calibrado con antelación. Para el cálculo de los parámetros del modelo, un programa de un mejor tipo de ajuste de parámetros se utiliza, por ejemplo, de acuerdo con el procedimiento de mínimos cuadrados (procedimiento de Gauss) o un programa de ajuste de los parámetros mejor de acuerdo con el procedimiento Simplex.

50 Cambiar las posiciones de la herramienta en la base de tal manera que dan lugar cada vez a otras combinaciones de los elementos de fijación en la herramienta, y elementos de fijación en la base de apoyo, una serie de posiciones diferentes y conocidas de las esferas de calibración se realizan. Las posiciones de las esferas de calibración se miden con un sistema de medición independiente, por lo general con una máquina de medición por coordenadas (CM) La realización de una serie de mediciones con diferentes posiciones de la esfera de calibración produce los datos necesarios para calcular el mejor ajuste de los parámetros del modelo. Este procedimiento permite también controlar un dispositivo de detección auto-centrante calibrado previamente y ampliar su intervalo de calibración.

Dispositivo de detección auto-centrante con barras móviles lineales

60 La Figura 1 ilustra el principio de funcionamiento, y la Figura 2 el dispositivo de detección auto-centrante en su totalidad. Este párrafo se refiere a un dispositivo de detección auto-centrante que se compone de tres barras cilíndricas linealmente móviles (11), con una punta de detección plana y un sensor de desplazamiento lineal fijo en cada una de estas barras. Los ejes de movimiento de las barras tienen idealmente ángulos de 90° entre ellos y los ejes se cruzan ficticiamente en un punto en la parte exterior del cuerpo del dispositivo de detección auto-centrante. Este punto es más o menos el punto en el que se colocará el dispositivo de detección con respecto a cada esfera de

referencia que requiere ser medida. Las barras, guiadas linealmente con guías de precisión (13) se empujan por muelles pretensados en la dirección de dicho punto. Por lo tanto, las puntas del dispositivo de detección, que tienen sus planos de contacto perpendiculares a las barras, mantener contacto con dicha esfera de referencia, si ésta cae dentro del rango de medición del dispositivo de detección auto-centrante. Las barras llevan una regla óptica (17) que forma parte de un sensor de desplazamiento para la medición de las posiciones de la barra. Un cabezal de lectura (16) situado en el cuerpo del dispositivo de detección auto-centrante constituye la otra parte de este sensor. La invención no es dependiente del tipo de sensor de desplazamiento. Si no hay ninguna esfera en el rango de medición, las barras se encuentran posicionadas en su límite, tal como se ha definido por un amortiguador mecánico. Este límite exterior representa la posición CERO de la barra, en la que comienzan los contadores del sensor de desplazamiento.

Como las barras y las puntas del dispositivo de detección son elementos de gran precisión y como estos elementos son accesibles en el estado montado el dispositivo de detección, estos elementos se miden fácilmente con una CM con el fin de determinar los parámetros del modelo geométrico del dispositivo de detección auto-centrante. Dichos parámetros son las orientaciones de las barras, las orientaciones de las puntas del dispositivo de detección y las coordenadas de los puntos de intersección entre los ejes y los planos de contacto de las puntas del dispositivo de detección. Los cabezales de lectura (16) se conectan a una interfaz de contadores en el ordenador. Mediante la lectura de los valores de desplazamiento de los contadores, se calcula la posición de la esfera de referencia en un programa de ordenador, teniendo en cuenta que los valores de desplazamiento proporcionan los desplazamientos de las posiciones de los planos en relación a su posición CERO (paralelos entre sí) y el planos de las puntas del dispositivo de detección que son tangenciales a la esfera de referencia (con su diámetro conocido); sólo se mantiene para interceptar 3 planos para obtener el centro de la esfera de referencia.

Medir directamente todos los parámetros del modelo geométrico con una CM resulta ser difícil y requerir mucho tiempo en esta realización del dispositivo de detección auto-centrante. Por lo tanto, los parámetros del modelo se determinan indirectamente, es decir, colocando el dispositivo de detección auto-centrante por medio de una CM, y midiendo las posiciones de las esferas de referencia con el dispositivo de detección auto-centrante. Por lo tanto, con las posiciones del dispositivo de detección auto-centrante conocidas por las coordenadas indicadas por la CM, el conjunto de parámetros del modelo geométrico se calcula por medio de un programa de ajuste por mínimos cuadrados. Sin embargo, otros métodos para determinar los parámetros del modelo geométrico se pueden aplicar, es decir, 1), utilizando una herramienta de calibración o 2) el establecimiento de una tabla de correspondencia entre los valores indicados por los sensores de giro y las posiciones de las puntas del dispositivo de detección medidas por una CM.

35 Aplicación industrial

Hay varias aplicaciones industriales para la invención; la más importante de ellas es:

1. Analizar los ejes giratorios de las TM y CM, que miden con el dispositivo de detección auto-centrante los desplazamiento de una esfera de referencia colocada sobre la mesa giratoria cuando la mesa giratoria se coloca en varios ángulos, y el dispositivo de detección auto-centrante se posiciona con el dispositivo de detección auto-centrante colocado en el cabezal de la TM o de la CM en la posición conocida que en el caso ideal (sin errores de posicionamiento de los ejes) encontrará la esfera sin desplazamiento.

La prueba descrita, que se realiza con el dispositivo de detección auto-centrante es más económica que otras pruebas correspondientes. La razón de esto es que el dispositivo de detección auto-centrante no requiere conexión con el control numérico de la máquina que se tiene que analizar, porque se miden tres coordenadas a la vez, y debido a la programación de la máquina resulta ser mucho más simple que un dispositivo de detección que tiene que tocar cada esfera de referencia en un mínimo de 5 puntos diferentes en lugar de en un solo punto para ser programado con el nuevo dispositivo de detección de acuerdo con la invención. Medir con este dispositivo de detección de acuerdo con la invención también es más preciso porque la máquina que se tiene que analizar no está en movimiento como ocurre con los dispositivos de detección dinámica del tipo "impulso por disparo". Un movimiento durante la toma de posiciones conduce a errores adicionales debido a las vibraciones.

55 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1: Diagrama de una realización de un dispositivo de detección auto-centrante con cinemática paralela, con las barras lineales (11), puntas planas del dispositivo de detección (12), guías de barras (13), muelle pre-tensado (14) para mover la barra con su punta plana del dispositivo de detección (15) contra la esfera de referencia (3), la posición de la barra se mide con un sensor de desplazamiento lineal, que comprende un cabezal de lectura (16) y una regla de lectura óptica (17).

La Figura 2: Sistema de dispositivo de detección auto-centrante de acuerdo con la Figura 1, pero completo.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para analizar los ejes giratorios de las máquinas herramientas (TM) y las máquinas de medición por coordenadas (CM), que comprende una mesa giratoria y un cabezal, comprendiendo las etapas de:
- 5 A) colocar una esfera de referencia sobre una mesa giratoria de la máquina;
- B) colocar un dispositivo de detección auto-centrante para analizar los errores de posicionamiento de los ejes giratorios de las máquinas; teniendo al menos tres barras (11) capaces de moverse independientemente en forma lineal en diferentes direcciones y teniendo cada barra (11) una punta del dispositivo de detección (12); en el cabezal
- 10 de la máquina;
- C) posicionar la mesa giratoria de la máquina en una posición angular;
- D) posicionar el dispositivo de detección auto-centrante en una posición conocida, de tal manera que al menos tres puntas del dispositivo de detección (12) del dispositivo de detección auto-centrante están en contacto con la única esfera de referencia (3) y generar los valores de desplazamiento de las al menos tres barras (11);
- 15 E) transferir los valores de desplazamiento de las al menos tres barras (11) y la posición angular de la mesa giratoria de la máquina a un ordenador;
- F) repetir las etapas C) y E) con la mesa giratoria de la máquina colocada en diferentes posiciones angulares;
- H) procesar los valores de desplazamiento generados de las al menos tres barras (11) y las posiciones angulares de la mesa giratoria de la máquina en el ordenador,
- 20 en el que durante la etapa H) la posición del dispositivo de detección auto-centrante se calcula en relación con la única esfera de referencia (3) que se está detectando, tomando en cuenta los valores de desplazamiento de las al menos tres barras (11), las posiciones angulares correspondientes de la mesa giratoria de la máquina, y el modelo de geometría del dispositivo de detección auto-centrante.
- 25 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de detección auto-centrante contiene al menos tres barras (11), teniendo cada una de ellas una punta esférica o plana del dispositivo de detección (12), moviéndose estas barras (11) libremente a lo largo guías lineales (13).
- 30 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque los valores de desplazamiento generados en el ordenador se procesan con un modelo de procesamiento con al menos uno de los siguientes parámetros:
- las posiciones de dichas puntas del dispositivo de detección (12)
 - las orientaciones de dichas puntas del dispositivo de detección (12)
 - 35 - las posiciones de dichas barras (11)
 - las orientaciones de dichas barras (11)
 - las posiciones de dichos sensores de desplazamiento (16)
 - las orientaciones de dichos sensores de desplazamiento (16)
- 40 utilizándose estos parámetros para procesar los desplazamientos relativos de la única esfera de referencia (3, 33) en relación con el dispositivo de detección auto-centrante en base a las posiciones medidas por dichos sensores de desplazamiento lineal (16).
- 45 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque los parámetros del modelo se miden directamente en los componentes del dispositivo de detección auto-centrante después de ensamblarlos, utilizando los sistemas de medición independientes, tales como las CM.
- 50 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque los parámetros del modelo se derivan de mediciones reales de una única esfera de referencia (3) con el propio dispositivo de detección auto-centrante, colocando sucesivamente la única esfera de referencia (3) en diferentes posiciones en relación con el dispositivo de detección auto-centrante, y aplicar programas de búsqueda de solución numérica para calcular el conjunto de valores para dichos parámetros del modelo, que describen mejor la diferencia entre los desplazamientos medidos y los desplazamientos reales entre la única esfera (3) y el dispositivo de detección auto-centrante.

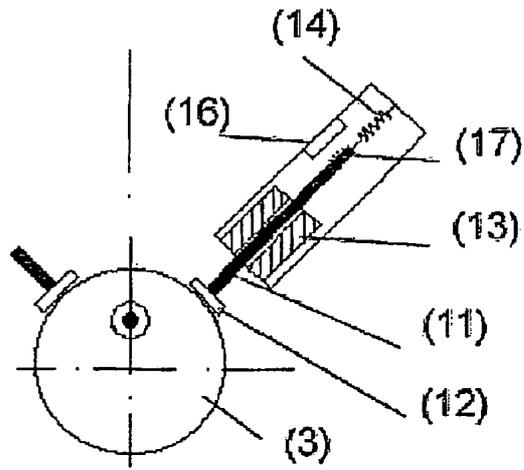


Fig. 1

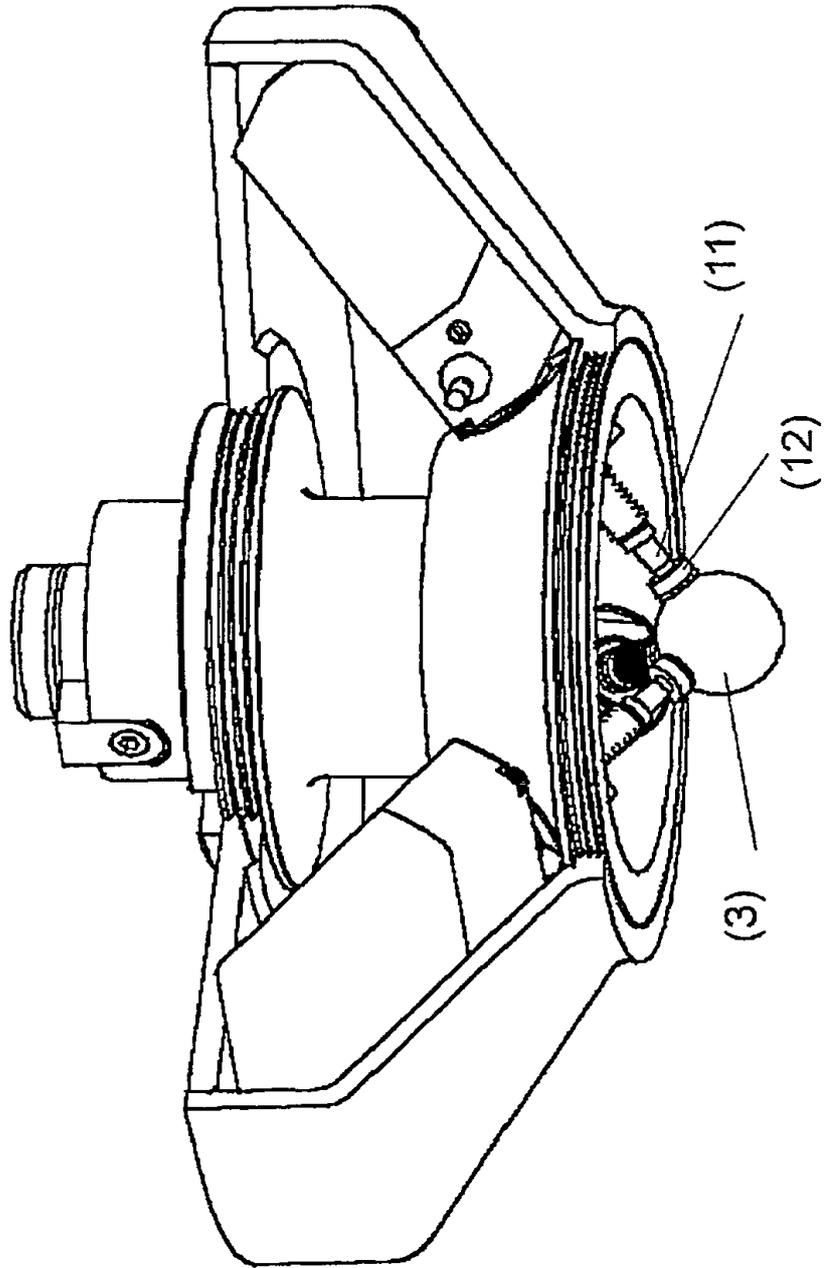


Fig. 2