

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 410 554**

51 Int. Cl.:

**G01M 1/04** (2006.01)

**G01M 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2003** **E 03771099 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2013** **EP 1525445**

54 Título: **Dispositivo de medición de desequilibrio**

30 Prioridad:

**25.07.2002 DE 10233917**

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

**02.07.2013**

73 Titular/es:

**FRANZ HAIMER MASCHINENBAU KG (100.0%)  
WEIHERSTRASSE 21  
86568 HOLLENBACH-IGENHAUSEN, DE**

72 Inventor/es:

**HAIMER, FRANZ**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 410 554 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo de medición de desequilibrio.

5 La invención se refiere a un dispositivo para medir el desequilibrio rotacional de un objeto, por ejemplo de un elemento de máquina o de un portaherramientas.

10 El husillo de máquinas-herramienta rotatorias modernas, por ejemplo taladradoras o fresadoras, trabajan a números de revoluciones muy elevados de 20.000 rev./min. y más. A estos números de revoluciones, incluso si sólo existe un ligero desequilibrio se producen elevadas fuerzas centrífugas que no sólo solicitan los cojinetes de husillo de la máquina-herramienta, sino además empeoran la durabilidad de la herramienta y el resultado de tratamiento. Por ello, habitualmente, el portaherramientas se equilibra en máquinas equilibradoras como se conocen por ejemplo por el documento WO00/45983, con o sin herramienta insertada, antes del uso en la máquina-herramienta.

15 Para poder medir el desequilibrio con la precisión suficiente, según el tamaño y el sentido, existen las máximas exigencias en cuanto a la ausencia de desequilibrio y el ajuste de la máquina equilibradora, dado que un desequilibrio propio de la máquina equilibradora falsificaría el resultado de medición. Maneras de reducir en gran medida el desequilibrio propio de la máquina equilibradora se describen en el documento WO00/45983.

20 Por el DE2700098A1 se conoce una máquina equilibradora en la que el objeto que ha de equilibrarse, en este caso una rueda de bicicleta, se dispone directamente sobre el árbol de un electromotor para evitar engranajes de unión adicionales entre el motor y el objeto que ha de ser equilibrado, que tienden a vibraciones parásitas. El motor se sujeta en una base de máquina a través de ballestas pudiendo orientarse transversalmente con respecto a su árbol y está pretensado por un resorte pretensor contra un convertidor de fuerza estacionario con respecto a la base de máquina. En una primera forma de realización, el motor se sujeta en un cuadro que a través de ballestas está suspendido en un segundo cuadro, estando sujeto el convertidor de fuerza entre los dos cuadros. En una segunda forma de realización, el motor está atornillado sobre una placa de soporte horizontal que se apoya en la base de máquina por una parte a través de un bulón roscado y por otra parte a través de dos convertidores de fuerza.

25 30 En el documento EP1239275A2 de prioridad más antigua, pero publicado posteriormente, se describe una máquina equilibradora, cuya unidad de husillo está fijada a través de bulones roscados a una placa de soporte estacionaria con respecto a la base de máquina. Entre un portahusillo en el que está colocado de forma giratoria el husillo que soporta el objeto que ha de ser desequilibrado y la placa de soporte están sujetos sensores de fuerza. El motor que acciona los husillos está sujeto de forma estacionaria en la base de máquina, por separado del portahusillo, y a través de un accionamiento de correa está acoplado con el husillo.

35 40 Por el DE4037745A1 se conoce una máquina equilibradora para herramientas rotatorias, cuyo husillo acoplable con la herramienta forma al mismo tiempo el rotor de un electromotor que acciona el husillo. Una carcasa de husillo que soporta el husillo de forma giratoria lleva un cilindro de aire comprimido, cuyo émbolo está desacoplado de una pinza de acoplamiento que introduce la herramienta rotatoria a tracción en un alojamiento en el lado del husillo, durante el equilibrado, pero que puede accionar la pinza de acoplamiento para dejar libre la herramienta rotacional. Finalmente, por el documento US4063461 se conoce una máquina equilibradora, cuyo husillo accionado por el electromotor, que soporta el objeto que ha de ser equilibrado, soporta un transductor angular. El transductor angular comprende un disco que rota con el husillo y que presenta marcas legibles en dos pistas concéntricas por dos sensores. Mientras una de las pistas comprende una multitud de marcas de paso angular equidistantes, la otra pista presenta una sola marca que representa una posición angular básica.

45 50 Mientras durante la fabricación de la máquina equilibradora puede garantizarse una alta precisión, en caso de una reparación "in situ" de máquinas convencionales no se puede lograr un grado de precisión correspondiente. No obstante, la devolución de la máquina equilibradora para el ajuste exacto en fábrica acarrea un elevado gasto por el peso total habitualmente elevado de la máquina.

55 La invención tiene el objetivo de proporcionar una manera de lograr una fácil reparación "in situ" de un dispositivo de medición de desequilibrio.

Partiendo de un dispositivo conocido por el documento DE2700098A1 para medir el desequilibrio rotacional de un objeto, este objetivo se consigue mediante las características indicadas en la reivindicación 1.

Un dispositivo de este tipo comprende

- 60 65
- una base de máquina,
  - una unidad de husillo con un portahusillo y con un husillo que está soportado de forma giratoria alrededor de un eje de giro en el portahusillo y que lleva en uno de sus dos extremos un acoplamiento para la fijación del objeto,
  - una suspensión de soporte que guía el portahusillo de forma orientable en un sentido de medición predeterminado para fuerzas de desequilibrio, transversalmente con respecto al sentido de medición predeterminado para fuerzas de desequilibrio, pero de forma rígida, para la fijación de la unidad de husillo a la

base de máquina;

- un electromotor que acciona el husillo de forma rotatoria y
- una disposición de sensores que durante la rotación del husillo mide la fuerza de desequilibrio en el sentido de medición predeterminado.

5 La unidad de husillo y el electromotor están reunidos formando un primer módulo premontado, y la suspensión de soporte y la disposición de sensores están reunidos formando un segundo módulo premontado. Los dos módulos llevan elementos de unión asignados uno a otro de forma indexada para la fijación separable de los módulos uno a otro durante el servicio.

10 Los componentes relevantes para la precisión de medición están reunidos formando módulos que pueden premontarse individualmente, por ejemplo en la fábrica de producción, y ajustarse y comprobarse según los requerimientos. En caso de un defecto de uno de los módulos, el módulo defectuoso puede reemplazarse in situ sin que sea necesario un ajuste posterior. Los elementos de unión asignados unos a otros de forma indexada, aseguran la alineación correcta de los módulos unos respecto a otros. En particular, no es necesario modificar in situ la base de máquina difícil de transportar por su peso normalmente elevado.

15 Los dos módulos pueden ser partes integrantes de una máquina equilibradora prevista exclusivamente para fines de equilibrado. Sin embargo, la invención no se limita a este caso de aplicación. Los dos módulos también pueden realizar la función de medición de desequilibrio en combinación con otras máquinas o aparatos. Por ejemplo, el dispositivo de medición de desequilibrio puede ser parte integrante de un aparato de contracción que introduce la herramienta por contracción en un portahusillo, tal como se describe por ejemplo en el documento WO01/89758A1. También resulta ventajosa la combinación del dispositivo de medición de desequilibrio con un aparato de ajuste previo que determina o ajusta la longitud de referencia de una herramienta sujeta en un portaherramientas. Finalmente, el dispositivo de medición de desequilibrio también puede ser parte integrante de la máquina-herramienta misma.

20 Otro objetivo es mejorar la ausencia de desequilibrio del dispositivo de medición de desequilibrio. Se ha mostrado que, en caso de un posible desequilibrio propio del motor, el electromotor reunido con el portahusillo formando un módulo puede generar vibraciones que reducen la precisión de medición. Si el electromotor está dispuesto de forma axialmente paralela al lado del husillo con un desplazamiento con respecto al eje de giro del husillo, lo que es deseable por razones de una estructura mecánica sencilla, el electromotor ejerce sobre la disposición de sensores, a través del portahusillo, un momento en voladizo modulado por posibles vibraciones por desequilibrio. Para mantener lo más bajo posible este momento en voladizo, para reducir el brazo de momento, el electromotor debe estar

35 dispuesto a la menor distancia posible con respecto a la disposición de sensores. Para este objetivo sirve que el electromotor esté dispuesto de tal forma que un plano que comprende los ejes de giro del electromotor y del husillo esté inclinado hacia un plano longitudinal axial, perpendicular con respecto al sentido de medición predeterminado, del husillo.

40 También sirve para reducir errores de medición causados por vibraciones de desequilibrio, si el electromotor y el portahusillo están abridados a un yugo de unión común en el mismo lado de éste, especialmente si el extremo del husillo, alejado del acoplamiento de fijación, se encuentra en unión de accionamiento con el electromotor mediante una correa de accionamiento sinfín. De esta manera, la correa de accionamiento puede disponerse muy cerca del yugo de unión, lo que favorece la estabilidad mecánica y la ausencia de vibraciones de la unión de accionamiento. No en último lugar, de esta manera resulta una estructura mecánica muy sencilla y fácil de montar del primer

45 módulo.

El acoplamiento de fijación de la unidad de husillo comprende convenientemente un dispositivo de accionamiento neumático tal como se describe por ejemplo en el documento WO00/45983. No obstante, la estructura del suministro de aire comprimido del dispositivo de accionamiento neumático puede simplificarse si este comprende un acoplamiento giratorio de aire comprimido sujeto en el portahusillo en engrane giratorio permanente con el husillo. Al contrario de lo descrito en el documento WO00/45983, se puede suprimir el aflojamiento del acoplamiento giratorio de aire comprimido durante la medición, si el acoplamiento giratorio está fijado con respecto al portahusillo que lleva el husillo, es decir, si el acoplamiento giratorio no se ve sometido a sollicitaciones por vibraciones radiales del husillo.

50 En una forma de realización preferible, la suspensión de soporte presenta dos elementos de soporte unidos entre ellos de forma orientable en el sentido de medición predeterminado, uno de los cuales puede unirse con el portahusillo, mientras que el otro puede unirse con la base de máquina. La disposición de sensores presenta al menos un sensor de fuerza sujeto entre los dos elementos de soporte. Un módulo de este tipo es mecánicamente estable y el sensor de fuerza puede alojarse de forma protegida entre los dos elementos de soporte.

60

Los elementos de soporte pueden estar dispuestos a una distancia uno respecto a otro y estar sujetos uno a otro por al menos un distanciador rígido en el sentido de medición y flexible transversalmente respecto a este al menos en el sentido de medición, pero especialmente por varios distanciadores de este tipo. Una suspensión de soporte de este tipo es mecánicamente estable y capaz de absorber el momento de peso del módulo, especialmente si el sentido de medición se extiende horizontalmente. Convenientemente, los distanciadores están realizados como ballestas, cuyo

65

plano de ballesta se extiende perpendicularmente con respecto al sentido de medición y que, por lo tanto, son sustancialmente flexibles exclusivamente en el sentido de medición. A este respecto, sin embargo, cabe señalar que los distanciadores tienen que ser flexibles sólo en medida muy pequeña, ya que los sensores de fuerza que pueden ser por ejemplo sensores de fuerza piezoeléctricos, necesitan recorridos de orientación extremadamente pequeños para la medición de fuerza. En principio, en lugar de las ballestas también pueden usarse bulones distanciadores o similares. Si los elementos de soporte están dispuestos transversalmente con respecto al sentido de medición, a una distancia uno de otro, los elementos de soporte tienen preferentemente salientes que sobresalen uno hacia otro por pares, entre los cuales está dispuesto el sensor de fuerza.

En una variante, los elementos de soporte de la suspensión de soporte pueden estar dispuestos a una distancia uno respecto a otro y estar sujetos uno a otro por al menos un distanciador flexible en el sentido de distancia que define el sentido de medición y sustancialmente rígido transversalmente con respecto a este. En esta forma de realización, para la medición de fuerza, los elementos de soporte son al menos ligeramente móviles en su sentido de distancia, en todo caso más móviles que en los demás sentidos previstos para la absorción de los momentos de peso del primer módulo. En esta forma de realización, el distanciador puede estar realizado por ejemplo como resorte de brazos en forma de U y, dado el caso, estar realizado en una sola pieza con los elementos de soporte.

Para poder medir magnitudes de desequilibrio distribuidas de forma irregular a lo largo del eje de giro, que por tanto provocan movimientos tambaleantes del eje de giro del husillo, la disposición de sensores presenta preferentemente dos sensores de fuerza dispuestos a una distancia entre ellos en el sentido del eje de giro del husillo, sujetos entre los dos elementos de soporte. Convenientemente, los sensores de fuerza están apoyados en los dos elementos de soporte, en simetría especular con respecto a un plano longitudinal axial, perpendicular con respecto al sentido de medición de fuerza, del husillo, de modo que los dos sensores de fuerza son sometidos o a presión o a tracción siempre por fuerzas en el mismo sentido. De esta manera, no tienen repercusión las diferencias de líneas características, dependientes del sentido de fuerza, de los dos sensores de fuerza, lo que favorece la precisión de medición. La precisión de medición se incrementa además si a cada sensor de fuerza está asignado un elemento de resorte que pretensa el sensor de fuerza en el sentido de medición de fuerza predeterminado. El pretensado permite el apoyo puntual del sensor de fuerza en el sentido de medición de fuerza, sujetándose por ejemplo entre dos puntas, de modo que no pueden introducirse en el sensor de fuerza fuerzas transversales que puedan falsificar el resultado de medición. También el elemento de resorte puede estar soportado entre puntas para evitar también aquí errores por fuerzas transversales.

En principio, el sensor de fuerza y el elemento de resorte asignado al mismo pueden estar sujetos en serie entre los dos elementos de soporte. Sin embargo, en el caso de esta realización, la fuerza de pretensado no puede ajustarse independientemente de la fuerza de reacción ejercida de esta manera sobre la suspensión del cojinete, por ejemplo sobre las ballestas de la misma. Por la fuerza de reacción sobre la suspensión de soporte se consigue un ajuste independiente del pretensado, si el sensor de fuerza y el elemento de resorte asignado al mismo están apoyados en serie uno respecto a otro y con un pretensado en uno de los dos elementos de soporte estando apoyado el otro elemento de soporte en el sensor de fuerza, en el recorrido de fuerza entre el sensor de fuerza y el elemento de resorte. El recorrido de la fuerza de reacción del elemento de resorte se cierra a través de ese primer elemento de resorte y no a través de su distanciador flexible.

Los elementos de unión que unen los dos módulos entre ellos de forma separable, aseguran una asignación indexada del eje de giro del husillo al sentido de medición del sensor de fuerza, a saber, preferentemente tanto con respecto a la distancia como al sentido. En una forma de realización preferible, los elementos de unión de los dos módulos tienen superficies de junta previstas para el contacto mutuo que permiten un posicionamiento predeterminado de los elementos de unión uno respecto a otro en el sentido de medición predeterminado y en al menos un sentido perpendicular a éste. Una unión especialmente exacta y no obstante fácil de soltar de los dos módulos hacen posibles medios de unión realizados como guía de cola de milano, especialmente si para la fijación se usan medios de apriete. Una guía de cola de milano de este tipo tiene parejas de superficies guía que se extienden en un ángulo agudo una respecto a otra y que permiten un posicionamiento exacto en dos sentidos de coordenadas perpendiculares uno respecto a otro. En el tercer sentido de coordenadas, convenientemente, está previsto en el sentido de deslizamiento de la guía de cola de milano un tope final indexado. Dado que, generalmente, el extremo del husillo del acoplamiento de fijación generalmente está accesible libremente, el montaje del primer módulo resulta mucho más fácil si el sentido de deslizamiento de la guía de cola de milano se extiende en el sentido del eje de giro del husillo.

Otra ventaja de una guía de cola de milano de este tipo es que ocupa relativamente poco espacio transversalmente con respecto al plano de separación. De esta manera, la unidad de husillo y por tanto también el electromotor pueden acercarse más a la disposición de sensores para reducir errores de medición provocados por momentos de desequilibrio. Especialmente, la guía de cola de milano puede presentar superficies de guía de cola de milano, una de las cuales esté conformada directamente en el portahusillo, especialmente si el portahusillo tiene un contorno exterior sustancialmente cilíndrico que envuelve por fuera la superficie de guía de cola de milano. Un portahusillo de este tipo puede fabricarse de manera muy sencilla incluyendo la superficie de guía de cola de milano, de forma íntegra, a partir de un tubo cilíndrico.

En principio, al montar los módulos, la guía de cola de milano puede enhebrarse desde sus extremos frontales opuestos. Sin embargo, dado que frecuentemente a los módulos están conectados además cables eléctricos o conductos neumáticos, cuya longitud tendría que tener en cuenta el recorrido de deslizamiento, resulta más ventajoso que las superficies de guía de cola de milano asignadas una a otra presenten escotaduras de bayoneta que permitan ensamblar los elementos de unión transversalmente con respecto al sentido de deslizamiento de la guía de cola de milano. Esta forma de realización facilita no en último lugar el montaje en caso de disponer de poco espacio. Se aspira a un acoplamiento a ser posible directo de la unidad de husillo a la disposición de sensores. Esto se consigue por ejemplo si los medios de unión están previstos en el portahusillo de la suspensión de soporte.

5  
10 El dispositivo de medición de desequilibrio determina el desequilibrio tanto según el tamaño como según la posición angular con respecto al eje de giro del husillo. Los dispositivos de medición convencionales tienen dos sensores de ángulo de giro separados, el primero de los cuales mide el ángulo de giro absoluto, mientras que el segundo registra una posición de referencia del husillo, es decir, una posición de punto cero, con respecto a la que el primer sensor de ángulo de giro ha de medir el ángulo de giro. La necesidad de tener que prever dos sensores de ángulo de giro aumenta no sólo el gasto de construcción, sino que dificulta el montaje durante el que han de ajustarse los dos sensores de ángulo de giro. Además, los sensores de ángulo de giro convencionales frecuentemente no están montados directamente en el husillo, sino por ejemplo en el electromotor, lo que conduce a errores de medición.

15  
20 Puede estar previsto que en uno de los extremos axiales del husillo, especialmente en el extremo que lleva el acoplamiento de fijación para el objeto esté fijado un elemento de superficie anular, cuya circunferencia esté previsto de un soporte de información magnético u óptico tanto para una información que representa el ángulo de giro como para una información que representa la posición de giro de punto cero, y que con el portahusillo esté unida una disposición de cabezales lectores para la lectura de dicha información. De esta manera, el husillo lleva de manera directa la información tanto para el sentido de giro como para la posición de punto cero, lo que repercute en la precisión de registro, y dicha información se registra mediante un único módulo de cabezal lector, lo que facilita el montaje.

25  
30 El soporte de información puede ser por ejemplo un recubrimiento de un material magnetizable usual en cintas magnéticas; pero también puede estar pegado directamente una cinta magnética o una cinta con información óptica, por ejemplo en forma de una escala de rayas, en la circunferencia del elemento de superficie anular por ejemplo cilíndrica. Preferentemente, el soporte de información lleva dos pistas de información axialmente adyacentes que explora por separado la disposición de cabezales lectores. Sin embargo, las dos informaciones también pueden estar registradas en una pista común y diferenciarse una de otra por su contenido de información separable electrónicamente.

35  
40 Si el soporte de información es una sección de cinta magnética pegada en la circunferencia del elemento de superficie anular, la sección de cinta magnética puede dotarse, antes de pegarse, de impulsos de magnetización que representen la división del ángulo de giro. Sin embargo, esta magnetización previa de la sección de cinta magnética antes de su aplicación tiene la desventaja de que un posible alargamiento de la sección de cinta magnética durante el pegado conduce a errores de medición posteriores. Además, pueden producirse errores de medición en la zona del punto de juntura de los dos extremos de la sección de cinta magnética que hacen tope uno con otro. Los errores de medición en la zona del punto de juntura se pueden evitar si los extremos de la sección de cinta magnética que hacen tope uno con otro están cortados oblicuamente en el plano de la cinta, es decir, si el punto de juntura se extiende a lo largo de una sección relativamente grande la circunferencia. Si en este caso, la información del ángulo de giro y, dado el caso, la información de la posición de giro de punto cero se escriben en la sección de cinta magnética después de pegarla, se consigue una precisión anular muy alta de la medición, a saber, también en la zona de la juntura de corte oblicuo.

45  
50 El soporte de información óptico puede leerse a luz incidente, es decir, reflectante. Sin embargo, los sensores ópticos trabajan con menos perturbaciones a trasluz en combinación con un soporte de información óptico explorable a trasluz, que tiene por ejemplo la forma de un disco anular examinable a trasluz.

55 Preferentemente, el elemento de superficie anular presenta en su superficie opuesta al husillo marcas de grado anular ópticas como ayuda para la alineación manual del husillo durante la aplicación de pesos equilibradores de desequilibrios o escotaduras equilibradoras.

En lo sucesivo se describen en detalle ejemplos de realización de la invención con la ayuda de un dibujo. Muestran:

60 La figura 1 una sección longitudinal axial a través de una máquina equilibradora para portaherramientas, vista a lo largo de una línea I-I en la figura 2;

la figura 2 una sección axial a través de la máquina equilibradora, vista a lo largo de una línea II-II en la figura 1;

65 la figura 3 una vista en sección de la máquina equilibradora, vista a lo largo de una línea III-III en la figura 2;

la figura 4 una vista en planta esquemática desde arriba de una guía de cola de milano de la máquina

equilibradora;

la figura 5 una representación parcial de un anillo portador de información;

la figura 6 una representación parcial de una variante del anillo portador de información y

5

la figura 7 una representación parcial de una variante de la máquina equilibradora.

La máquina equilibradora representada en las figuras 1 a 3 tiene una carcasa 1 que sirve de base de máquina y que para mayor estabilidad está hecha por colada de un material pesado, por ejemplo hormigón o similar, y que en una cámara 3 accesible desde arriba comprende una unidad de husillo 7 accionada por un electromotor 5. La unidad de husillo 7 tiene un husillo 11 rotatorio dispuesto con el eje de giro 9 vertical, que en su extremo superior presenta un adaptador de acoplamiento 13 recambiable con un orificio de alojamiento 15 céntrico con respecto al eje de giro 9, para la conexión de un portaherramientas normalizado, indicado por 17, que ha de ser equilibrado. El portaherramientas puede ser un portaherramientas de cono de gran inclinación convencional o un soporte de cono de vástago hueco. El husillo 11 está realizado como husillo hueco y comprende un dispositivo de fijación 19 que se describe en detalle a continuación y que con la ayuda de una pinza tensora 21 sujeta el portaherramientas 17 dentro del adaptador de acoplamiento 13 durante la medición de desequilibrio. El adaptador de acoplamiento 13 está fijado al husillo 11 mediante tornillos 23 y puede reemplazarse conforme al tipo del portaherramientas.

10

15

20

El husillo 11 está soportado sin juego, con dos rodamientos de bolas 25, 27 dispuestos a una distancia axial uno respecto a otro, en un portahusillo 29 tubular cilíndrico, compensándose un juego axial de los rodamientos mediante resortes pretensores 31 así como mediante una tuerca de resorte 33 que envuelve el husillo 11.

25

30

35

El electromotor 5 está dispuesto al lado de la unidad de husillo 7, de forma axialmente paralela con respecto al eje de giro 9, y abridado, junto al portahusillo 29, al mismo lado de un yugo de unión 35 que tiene sustancialmente forma de placa. El yugo de unión 35 presenta un orificio de paso 37 para una rueda de correa 41 asentada de forma no giratoria sobre un árbol 39 del electromotor 5, así como otro orificio de paso 43 para el husillo 11 que en su extremo opuesto al adaptador de acoplamiento 13 lleva otra rueda de correa 45. Un accionamiento de correa sinfín 47 establece la unión de accionamiento entre las ruedas de correa 41, 45 y, por tanto, entre el electromotor 5 y el husillo 11. Dado que la correa de accionamiento 47 se extiende muy cerca del yugo de unión 35, la unión de accionamiento es relativamente rígida. Dado que, como aún se va a explicar más adelante, la determinación de ángulo del vector de desequilibrio que ha de medirse se realiza directamente en el husillo 11 y no en el electromotor como se hace en los dispositivos de medición de desequilibrio convencionales, la correa de accionamiento también puede resbalar en cierta medida. Por consiguiente, no es necesario utilizar una compleja correa dentada, exenta de resbalamiento.

40

45

50

55

60

65

El módulo compuesto por el electromotor 5 y la unidad de husillo 7 se sujeta en la carcasa 1 mediante un alojamiento de soporte 49 fijado de forma separable al portahusillo 29. El alojamiento de soporte 49 comprende dos elementos de soporte 51, 53 que tienen sustancialmente forma de placa y que a través de varios elementos de ballesta 55 (figura 2) están dispuestos y fijados uno a otro a una distancia entre ellos. Los elementos de ballesta 55 se extienden en planos paralelos unos respecto a otros y con respecto al eje de giro 9, de modo que los elementos de ballesta 55 están rígidos tanto en el sentido de distancia de los elementos de soporte 51, 53 como en el sentido vertical, mientras que los elementos de soporte 51, 53 son ligeramente orientables en el sentido horizontal mediante fuerzas centrífugas de desequilibrio. De forma contigua al extremo superior del husillo 11 por una parte y de forma contigua al extremo inferior del husillo 11 por otra parte, entre salientes 57, 59 de los elementos de soporte 51, 53, que sobresalen por pares de los elementos de soporte 51, 53 respectivamente hacia el otro elemento de soporte, está sujeto respectivamente uno de dos sensores de fuerza 61 que miden las fuerzas de desequilibrio ejercidas por la unidad de husillo 7 en el sentido de medición horizontal, a través de los elementos de soporte 51, 53, sobre el extremo superior y el extremo inferior de la unidad de husillo 7. Para evitar fuerzas transversales, los sensores de fuerza 61 están en contacto de forma articulada con los salientes 57, 59 asignados, a través de bolas de apoyo 63. En uno de los elementos de soporte, en la figura 2 representado por el elemento de soporte 51, está previsto adicionalmente al saliente 57 otro saliente 65 entre los que engrana el saliente 59 del otro elemento de soporte 53. Entre los salientes 65 y 59 está sujeto un elemento pretensor 67 elástico que asegura cierto pretensado del sensor de fuerza 61. Tornillos de ajuste 69, 71, opuestos en el sentido de medición, situados en los salientes 57 y 65, permiten un ajuste de posición del sensor de fuerza 61 y un ajuste de la fuerza de pretensado del elemento pretensor 67. Cada uno de los dos sensores de fuerza 61 y el elemento pretensor elástico asignado están apoyados en serie con un pretensado en uno de los dos elementos de soporte, mientras que el otro elemento de soporte está apoyado en el recorrido de fuerza entre el sensor de fuerza 61 y el elemento pretensor 67 en el sensor de fuerza 61. De esta manera, queda garantizado que el recorrido de la fuerza de reacción del elemento pretensor 67 se cierre directamente a través de uno solo de los elementos de soporte y no se vean sometidos a sollicitaciones los elementos de ballesta 55. Los elementos de ballesta 55 están asignados por pares a los sensores de fuerza 61 e igualmente están opuestos por pares en el sentido de medición. Finalmente, para evitar fuerzas transversales, también los elementos pretensores 67 están soportados de forma articulada entre puntas, como se muestra por ejemplo en la figura 2.

Los sensores de fuerza 61 dispuestos en los extremos superior e inferior de la unidad de husillo 7 a una distancia entre ellos están apoyados en los dos elementos de soporte 51, 53 en simetría especular con respecto a un plano longitudinal axial del husillo 11, perpendicular con respecto al sentido de fuerza. Como en la figura 2 se muestra para el sensor de fuerza 61 superior, éste se apoya en el saliente 59 del elemento de soporte 53 del lado del husillo, visto en el sentido de las agujas del reloj, y en el saliente 57 del elemento de soporte 51 del lado de la carcasa, visto en el sentido contrario a las agujas del reloj. El sensor de fuerza 61 inferior, en cambio, está apoyado en el elemento de soporte 53 del lado de la carcasa, visto en el sentido de las agujas del reloj, y en el elemento de soporte 53 del lado del husillo, visto en el sentido contrario a las agujas del reloj. Por consiguiente, el recorrido de la fuerza de reacción del elemento pretensor 67 asignado al sensor de fuerza 61 inferior se cierra a través del elemento de soporte 53 del lado del husillo. Se entiende que puede cambiarse el modo de apoyo de los sensores de fuerza 61 inferior y superior. La ventaja de este modo de disposición es que durante un movimiento basculante del husillo 1, los dos sensores de fuerza 61 o se cargan de presión o se descargan de presión en el mismo sentido. Por lo tanto, las diferencias de línea característica, dependientes del sentido de fuerza, de los sensores de fuerza no influyen en el resultado de medición. Se entiende que los elementos pretensores 67 de los dos sensores de fuerza 61 igualmente están dispuestos en lados opuestos del plano de sección longitudinal axial mencionado.

De la misma manera en que la unidad de husillo 7 y el electromotor 5 están reunidos formando un módulo premontado en sí, también el alojamiento de soporte 49 está reunido con los sensores de fuerza 61 dispuestos entre los elementos de soporte 51, 53 formando un segundo módulo premontado que como módulo premontado está fijado a la carcasa 1. Para ello, el elemento de soporte 51 está atornillado a la carcasa 1 mediante tornillos 73 accesibles a través de agujeros 75 en el elemento de soporte 53 (figura 3).

El módulo compuesto por la unidad de husillo 7 y el electromotor 5 está indexado a su vez mediante una guía de cola de milano designada por 77 en su conjunto, es decir que está fijado de forma separable al elemento de soporte 53 alejado de la carcasa de la suspensión de soporte 49, en una posición predeterminada con respecto a ésta. La guía de cola de milano 77 tiene en el elemento de soporte 53 una ranura de guía de cola de milano que se extiende de forma axialmente paralela respecto al eje de giro 9 y en la que está guiada una cuña de cola de milano 81 de forma deslizable longitudinalmente. La cuña de cola de milano 81 puede fijarse con la ayuda de varios tornillos de apriete 83 distribuidos en el sentido longitudinal de la guía de cola de milano 77 y ajustables transversalmente con respecto al sentido longitudinal.

Como muestra la figura 4, tanto la ranura de guía de cola de milano 79 como la cuña de cola de milano 81 tienen varias escotaduras de bayoneta 85 y 87 que segmentan la ranura de cola de milano 79 y la cuña de cola de milano 81 en el sentido longitudinal. La figura 4 muestra en la mitad derecha la guía de cola de milano 77 en su posición final indexada en la que una espiga de tope 89 prevista en el elemento de soporte 53 fija la posición final de la unidad de husillo 7 con respecto a la suspensión de soporte 49 en el sentido de deslizamiento de la guía de cola de milano 77. Los segmentos de la cuña de cola de milano 81 solapan los segmentos de la ranura de cola de milano 79. Las escotaduras de bayoneta 85, 87 permiten juntar la unidad de husillo 7 transversalmente respecto al sentido de deslizamiento de la guía de cola de milano 77 cerca de su posición final, ya que, como muestra la figura 4 en su mitad izquierda, las escotaduras de bayoneta 85, 87 forman calados para los segmentos de la ranura de bayoneta 79 o de la cuña de bayoneta 81. La segmentación de la guía de cola de milano 77 facilita considerablemente el montaje.

El electromotor 5 suspendido en el alojamiento de soporte 49 a través de la unidad de husillo 7 ejerce sobre los sensores de fuerza 61 un momento en voladizo modulado por posibles vibraciones de desequilibrio del electromotor 5. El error de medición resultante puede reducirse si se reduce en la medida de lo posible el brazo del momento en voladizo, es decir, si el electromotor 5 se aproxima lo máximo posible al plano vertical que se extiende por el sentido de medición de fuerza de los sensores de fuerza 61. Como muestra por ejemplo la figura 2, para ello, los ejes de giro 9 del husillo 11 y el eje de giro del electromotor 5, no designado en concreto, están dispuestos de tal forma que se extienden transversalmente con respecto a un plano de sección longitudinal axial, perpendicular respecto al sentido de medición de fuerza. Si lo permite el espacio de construcción, el ángulo intermedio de estos planos eventualmente también puede ser inferior a 90°.

Otra reducción del brazo de momento se consigue si la cuña de cola de milano 81 se sitúa dentro del contorno cilíndrico del portahusillo 29, es decir, si está incorporado en la camisa exterior cilíndrica del portahusillo 29. Esta medida facilita además la fabricación.

El control electrónico, no representado en detalle, del dispositivo de medición de desequilibrio, incluidos los elementos de mando correspondientes, está alojado en una cámara 91 en forma de pupitre de la carcasa 1. Para determinar el desequilibrio según el tamaño y la posición angular, al control ha de transmitirse información tanto relativa a una posición de referencia predeterminada, es decir una posición de giro de punto cero del husillo 11 con respecto al portahusillo 29 y por tanto con respecto a la carcasa 1, como una información para la magnitud de la desviación del ángulo de giro de la posición de giro actual del husillo 11 desde esta posición de referencia. Para ello, a un extremo superior del husillo que soporta el adaptador de acoplador 13 está fijado un anillo portador de información 93 que en su superficie exterior circular cilíndrica lleva en forma de anillo una sección de cinta magnética 95. En la sección de cinta magnética 95 está escrita en intervalos angulares constantes información de

ángulos que es leída por una disposición de cabezales lectores 97 fijada de forma separable al portahusillo 29 y suministrada al control. La sección de cinta magnética 95 lleva tanto información que representa el ángulo de giro como la información para la posición de giro de punto cero. Aunque los dos tipos de información pueden estar grabadas en una pista común de la sección de cinta magnética 95, preferentemente están previstas dos pistas de información 99 adyacentes (figura 5), una de las cuales contiene la información de ángulo de giro, mientras que la otra contiene la información de posición de giro de punto cero. La disposición de cabezales lectores 97 tiene por tanto dos cabezales lectores asignados a las distintas pistas 99.

La sección de cinta magnética 95 está cerrada en el sentido circunferencial y, como muestra la figura 5, sus extremos que hacen tope uno con otro están cortados oblicuamente en el plano de la cinta formando una juntura de corte oblicuo 101 que se extiende en un ángulo agudo con respecto al sentido circunferencial del anillo 93. La información magnética se escribe en el anillo portador de información 93 después de pegar la sección de cinta magnética 95. Esto ofrece la ventaja de que a pesar de la juntura de corte oblicuo 101 se puede grabar información magnética también en esta zona. La juntura de corte oblicuo 101 reduce sólo la altura axial de la pista disponible para la grabación.

En la superficie accesible desde arriba del anillo portador de información 93 están dispuestas marcas ópticas de grado angular, por ejemplo en forma de rayas 103 radiales que permiten al usuario alinear el husillo manualmente con respecto a la posición de referencia.

El portaherramientas 17 insertado en el adaptador de acoplamiento 13 es fijado por la pinza 21 durante el funcionamiento. Para el accionamiento de la pinza 21, el husillo 11 está cerrado por una tapa 105 en su extremo inferior (figura 1) y forma un cilindro de aire comprimido, dentro del cual puede deslizarse de forma estanqueizada un émbolo de aire comprimido 107 para el accionamiento de la pinza 21. El suministro de aire comprimido se realiza a través de un acoplamiento giratorio de aire comprimido 109 en la tapa 105, que se encuentra en engrane giratorio permanente. El acoplamiento 109 se sujeta en un brazo de soporte 111 que a su vez está dispuesto dentro de la zona encerrada por la correa de accionamiento 47 y fijado al yugo de unión 35 y, por tanto, al portahusillo 29. De esta manera, se consigue que la correa de accionamiento 47 pueda cambiarse sin necesidad de desmontar el brazo de soporte 111. Dado que el acoplamiento giratorio 109 al que está fijado el portahusillo 29 que lleva el husillo 11 acompaña por tanto los movimientos radiales del husillo 11, el acoplamiento giratorio puede estar permanentemente en engrane, a diferencia de lo que es el caso en el documento WO00/45983. Para la descripción adicional de un ejemplo de realización adecuado de la pinza 21 y de sus órganos de accionamiento se hace referencia al documento WO00/45983.

A continuación, se describen variantes del dispositivo de medición de desequilibrio descrito anteriormente con la ayuda de las figuras 1 a 5. Los componentes de funcionamiento idéntico están designados por las cifras de referencia de las figuras 1 a 5, más una letra para su distinción. Para la descripción de la estructura y del modo de acción se hace referencia a la descripción de las figuras 1 a 5. Se entiende que los componentes no representados en estas figuras pueden existir también en las variantes.

La figura 6 muestra una variante de una disposición de medición que proporciona tanto una información de ángulos de giro como una información de posición de giro de punto cero. En el extremo superior del husillo está dispuesto a su vez un anillo portador de información 93a, desde cuya circunferencia sobresale radialmente un disco anular 113 provisto de información óptica de ángulos. La información de ángulos está grabada a su vez en dos pistas adyacentes radialmente, no representadas en detalle, y es leída en procedimiento de trasluz por la disposición de cabezales lectores 97a ópticos.

Se entiende que la información óptica también puede leerse en procedimiento de luz incidente, es decir, reflectante. Por otra parte, en lugar de información óptica, el disco anular 113 puede llevar también información magnética que como la información de circunferencia en el caso de la figura 5 también puede ser legible ópticamente. También en el ejemplo de realización de la figura 6, el anillo portador de información lleva en su superficie accesible desde arriba marcas ópticas de grados angulares 103a para la alineación manual del husillo con respecto a la posición de referencia.

La figura 7 muestra una variante del dispositivo de medición de desequilibrio que comprende dos módulos premontados en sí. También en esta forma de realización, el electromotor 5b y la unidad de husillo 7b forman un módulo premontado y están abridados por sus extremos, de forma equiaxial radialmente uno al lado de otro, al yugo de unión 35b. Para la unión de accionamiento están previstas poleas de correa 41b, 45b, a través de las que se mueve la correa 47b. Este módulo está fijado mediante la unión de cola de milano 77b, de forma separable e indexada, al segundo módulo premontado, compuesto por la suspensión de soporte 49b y la disposición de sensores 61b. La unión de cola de milano 77b tiene a su vez una ranura de cola de milano 79b y una cuña de cola de milano 81b y puede estar segmentada en forma de bayoneta y fijada mediante tornillos de apriete 83b según la forma de realización descrita en relación con las figuras 1 a 5.

A diferencia de la forma de realización descrita anteriormente, los sensores de fuerza 61b sujetos entre elementos de soporte 51b, 53b registran fuerzas de desequilibrio en el sentido de la distancia de los elementos de soporte 51b,



53b y para ello están unidos en una sola pieza con un resorte de brazos 115 en forma de U. El resorte de brazos 115 absorbe el momento en voladizo del módulo formado por el motor 5b y la unidad de husillo 7b, fijado al elemento de soporte 53b. También en este caso, para reducir el brazo de momento, el electromotor 5b está montado de forma próxima al resorte de brazos 115. Se entiende que también en esta forma de realización pueden estar dispuestos dos sensores de fuerza con un desplazamiento uno respecto a otro en el sentido del eje de giro 9b para poder registrar vibraciones basculantes. La suspensión de los sensores de fuerza 61b entre los elementos de soporte 51b, 53b puede corresponder a la variantes de las figuras 1 a 5.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para medir el desequilibrio rotacional de un objeto, que comprende

- 5 - una base de máquina (1),
- una unidad de husillo (7) con un portahusillo (29) y con un husillo (11) que está soportado de forma giratoria alrededor de un eje de giro (9) en el portahusillo (29) y que lleva en uno de sus dos extremos un acoplamiento (13) para la fijación del objeto (17),
- 10 - una suspensión de soporte (49) que guía el portahusillo (29) de forma orientable en un sentido de medición predeterminado para fuerzas de desequilibrio, mediante la cual la unidad de husillo (7) puede fijarse a la base de máquina (1);
- un electromotor (5) que acciona el husillo (11) de forma rotatoria y
- una disposición de sensores (61) que durante la rotación del husillo (11) mide la fuerza de desequilibrio en el sentido de medición predeterminado.

15 donde la unidad de husillo (7) y el electromotor (5) están reunidos formando un primer módulo premontado y la suspensión de soporte (49) y la disposición de sensores (61) forman un segundo módulo, y donde los dos módulos llevan elementos de unión (77) asignados uno a otro de forma indexada para la fijación separable de los módulos uno a otro durante el servicio, **caracterizado por que** también el segundo módulo está realizado como módulo premontado que está fijado como módulo a la base de máquina (1) pudiendo desmontarse.

2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el electromotor (5) está dispuesto y fijado al portahusillo (29) de forma axialmente paralela al lado del husillo (11) con un desplazamiento con respecto al eje de giro (9) del husillo (11).

25 3. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el electromotor (5) está dispuesto de tal forma que un plano que comprende los ejes de giro del electromotor (5) y del husillo (11) está inclinado hacia un plano longitudinal axial, perpendicular con respecto al sentido de medición predeterminado, del husillo (11).

30 4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el electromotor (5) y el portahusillo (29) están abridados a un yugo de unión (35) común en el mismo lado de éste.

35 5. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el extremo del husillo (11), alejado del acoplamiento de fijación (13), se encuentra en unión de accionamiento con el electromotor (5) mediante una correa de accionamiento (47) sinfín.

40 6. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el acoplamiento de fijación (13) de la unidad de husillo (1) presenta un dispositivo de accionamiento neumático, cuyo suministro de aire comprimido comprende un acoplamiento giratorio de aire comprimido que está sujeto en el portahusillo (29) estando en engrane giratorio permanente con el husillo (5).

45 7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por que** el acoplamiento de giro de aire comprimido (109) está previsto de forma céntrica respecto al eje de giro (9) del husillo (11) en un brazo de soporte (111) dispuesto exclusivamente dentro de la zona envuelta por la correa de accionamiento (47).

50 8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la suspensión de soporte (49) comprende dos elementos de soporte (51, 53) unidos entre ellos de forma orientable, uno de los cuales puede unirse con el portahusillo (29), mientras que el otro puede unirse con la base de máquina (1), y porque la disposición de sensores (61) presenta al menos un sensor de fuerza sujeto entre los dos elementos de soporte (51, 53).

55 9. Dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado por que** los elementos de soporte (51, 53) están dispuestos a una distancia uno respecto a otro y se mantienen unidos por al menos un distanciador (55) rígido en el sentido de distancia y flexible transversalmente con respecto a este al menos en el sentido de medición, especialmente por varios distanciadores (55) de este tipo.

10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado por que** los distanciadores (55) están realizados como ballestas, cuyo plano de ballesta se extiende perpendicularmente con respecto al sentido de medición.

60 11. Dispositivo según la reivindicación 9 ó 10, **caracterizado por que** los elementos de soporte (51, 53) presentan salientes (57, 59) que sobresalen uno hacia otro por pares y entre los que está dispuesto el sensor de fuerza.

65 12. Dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado por que** los elementos de soporte (51b, 53b) están dispuestos a una distancia uno respecto a otro y se mantienen unidos por al menos un distanciador (115) flexible en el sentido de distancia que define el sentido de medición y sustancialmente rígido transversalmente con respecto a este.

13. Dispositivo según la reivindicación 12, **caracterizado por que** el distanciador (115) está realizado como resorte de brazos en forma de U.
- 5 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizado por que** la disposición de sensores (61) presenta dos sensores de fuerza que están dispuestos a una distancia entre ellos en el sentido del eje de giro (9) del husillo (11) y sujetos entre los dos elementos de soporte (51, 53) y que están apoyados en simetría especular en los dos elementos de soporte (51, 53) con respecto a un plano longitudinal axial, perpendicular con respecto al sentido de medición de fuerza, del husillo (11).
- 10 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 14, **caracterizado por que** a cada sensor de fuerza (61) está asignado un elemento de resorte (67) que pretensa el sensor de fuerza (61) en el sentido de medición de fuerza predeterminado.
- 15 16. Dispositivo según la reivindicación 15, **caracterizado por que** el sensor de fuerza (61) y el elemento de resorte (67) asignado están apoyados en serie en uno de los dos elementos de soporte (51, 53) estando pretensados, y el otro elementos de soporte (51) está apoyado en el sensor de fuerza (61) en el recorrido de fuerza entre el sensor de fuerza (61) y el elemento de resorte (67).
- 20 17. Dispositivo según la reivindicación 15 ó 16, **caracterizado por que** el sensor de fuerza (61) o/y el elemento de resorte (67) están sujetos bilateralmente entre soportes articulados, especialmente bolas o puntas, en el sentido de medición de fuerza.
- 25 18. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizado por que** los elementos de unión (77) de los dos módulos presentan superficies de junta (79, 81) previstos para el contacto mutuo que permiten un posicionamiento predeterminado en el sentido de medición predeterminado y en al menos un sentido perpendicular respecto a este.
- 30 19. Dispositivo según la reivindicación 18, **caracterizado por que** los elementos de unión están realizados como guía de cola de milano (77) y comprenden medios de apriete (83) para la fijación.
- 35 20. Dispositivo según la reivindicación 19, **caracterizado por que** el sentido de deslizamiento de la guía de cola de milano (77) se extiende en el sentido del eje de giro (9) del husillo (11).
- 40 21. Dispositivo según la reivindicación 19 ó 20, **caracterizado por que** la guía de cola de milano (77) presenta superficies de junta de cola de milano (79, 81), una (81) de las cuales está conformada directamente en el portahusillo (29).
- 45 22. Dispositivo según la reivindicación 21, **caracterizado por que** el portahusillo (29) tiene sustancialmente un contorno exterior cilíndrico que encierra por fuera la superficie guía de cola de milano (81).
- 50 23. Dispositivo según una de las reivindicaciones 19 a 22, **caracterizado por que** a la guía de cola de milano (77) está asignado en el sentido de deslizamiento un tope final (89) indexado.
- 55 24. Dispositivo según una de las reivindicaciones 19 a 23, **caracterizado por que** la guía de cola de milano (77) presenta superficies de guía de cola de milano (79, 81) asignadas una a otra, con escotaduras de bayoneta (85, 87) que permiten su ensamblaje transversalmente con respecto al sentido de deslizamiento de la guía de cola de milano (77).
- 60 25. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 24, **caracterizado por que** los elementos de unión (77) están previstos en el portahusillo (29) y en la suspensión de soporte (49).
- 65 26. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 25, **caracterizado por que** a uno de los extremos axiales del husillo (11), especialmente en el extremo que soporta el acoplamiento de fijación (13) para el objeto (17), está fijado un elemento de superficie anular (93), cuya circunferencia está provista de un soporte de información (95; 113) magnético u óptico tanto para una información que representa el ángulo de giro como para una información que representa la posición de giro de punto cero y porque con el portahusillo (29) está unida una disposición de cabezales lectores (97; 972) para la lectura de dicha información.
27. Dispositivo según la reivindicación 26, **caracterizado por que** el soporte de información (95; 113) presenta dos pistas de información (99) una al lado de otra que la disposición de cabezales lectores (97; 97a) explora por separado.
28. Dispositivo según la reivindicación 26 ó 27, **caracterizado por que** el soporte de información está realizado como sección de cinta magnética (95) que está pegada en la circunferencia del elemento de superficie anular (93) y cuyos extremos que hacen tope uno con otro están cortados oblicuamente en el plano de la cinta.

29. Dispositivo según la reivindicación 28, **caracterizado por que** la información que presenta el ángulo de giro o/y la posición de giro de punto cero solapa también la zona de la junta de corte oblicuo (101) de la sección de cinta magnética (95).

5 30. Dispositivo según la reivindicación 26 ó 27, **caracterizado por que** el soporte de información está realizado como soporte de información óptico, explorable a trasluz, especialmente en forma de un disco anular (113).

31. Dispositivo según una de las reivindicaciones 26 a 30, **caracterizado por que** el elemento de superficie anular (93) presenta en su superficie opuesta al husillo (11) marcas ópticas de grado angular (103).

10

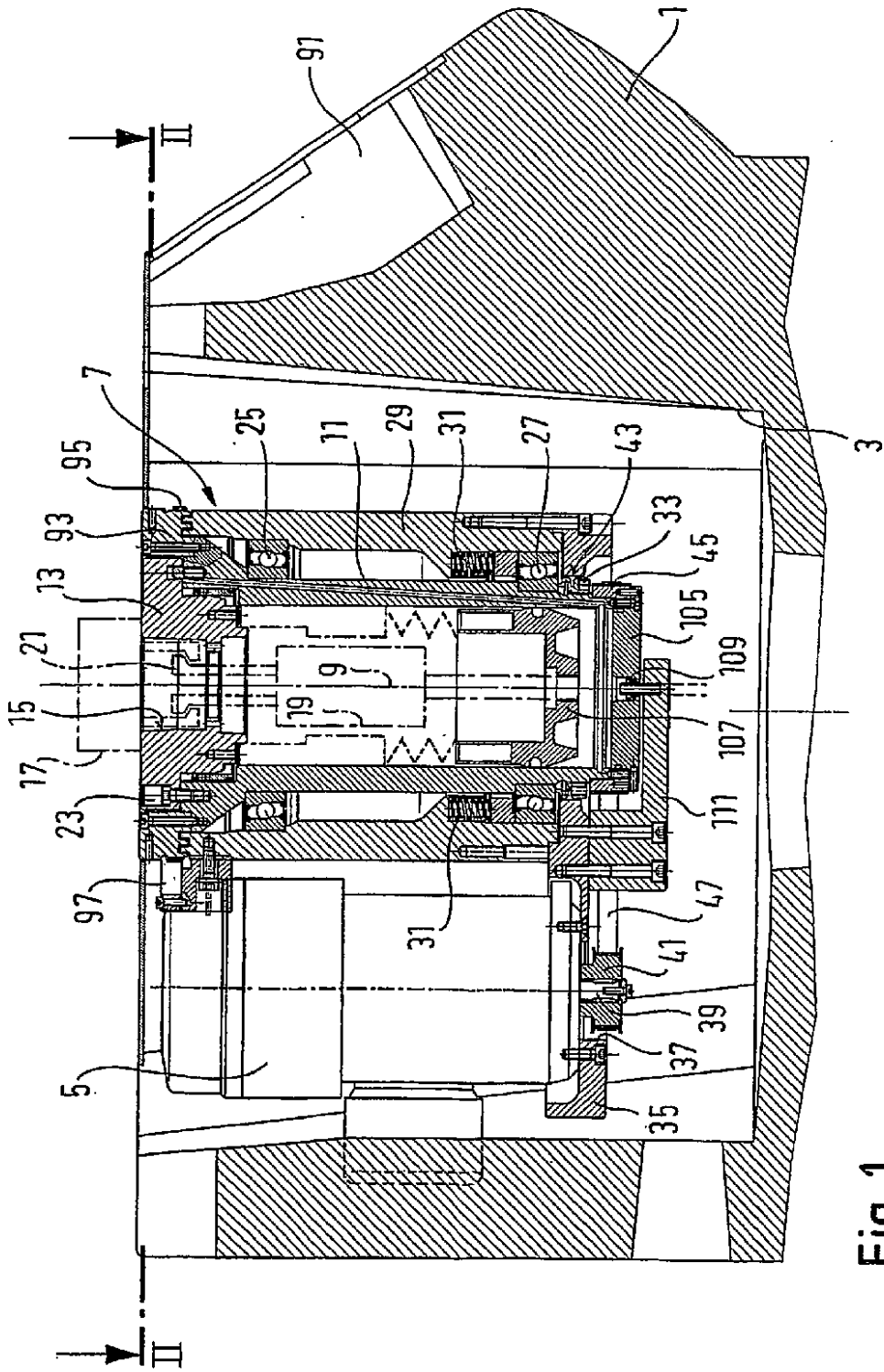
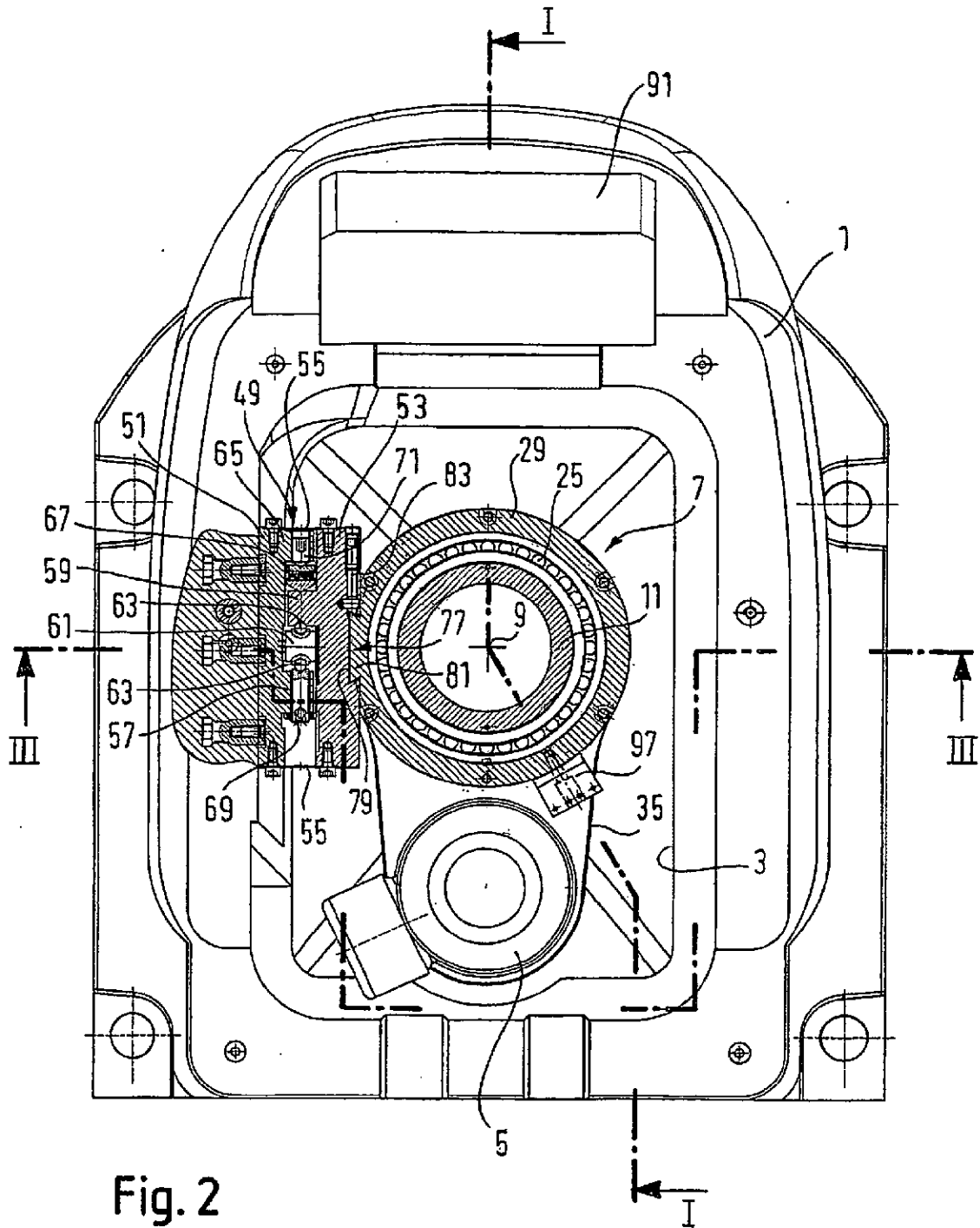


Fig. 1



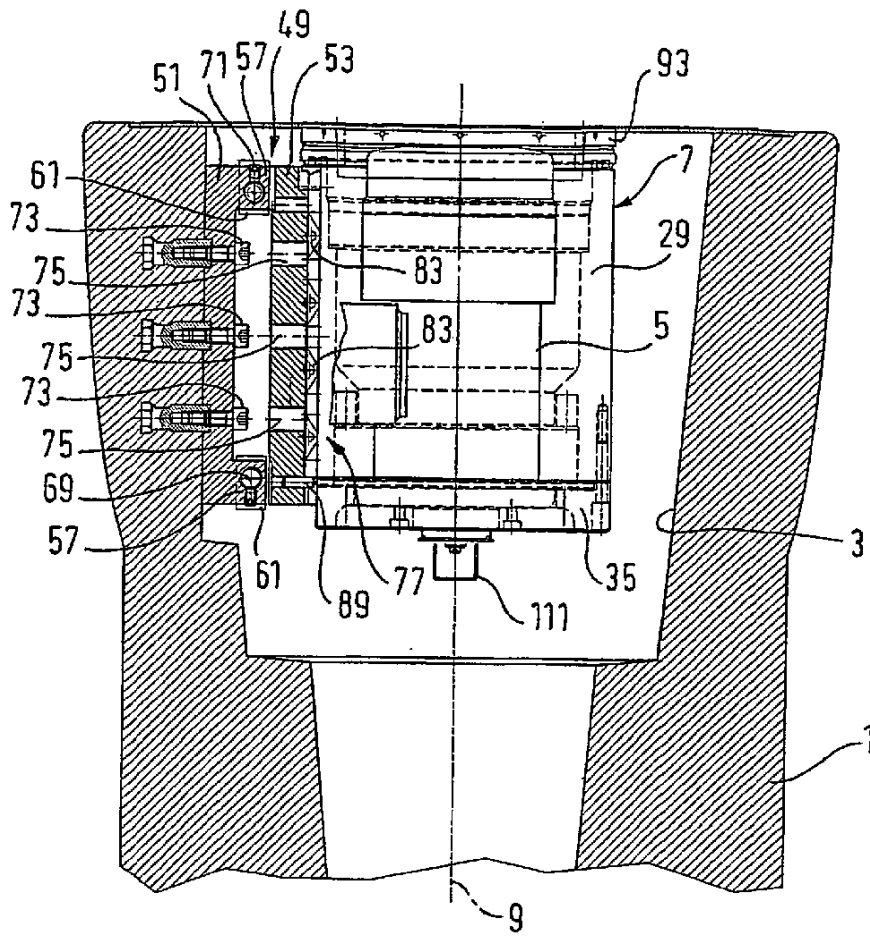


Fig. 3

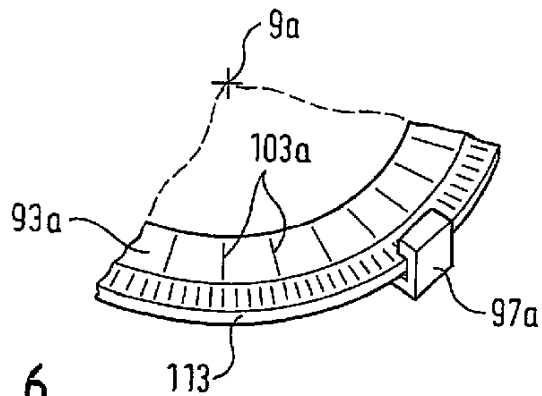


Fig. 6

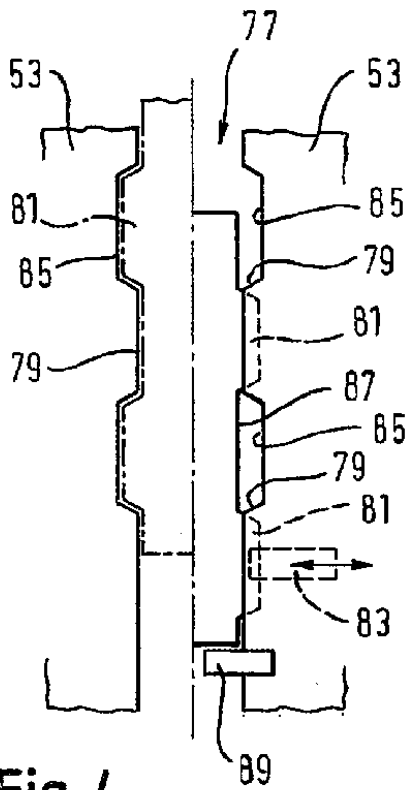


Fig. 4

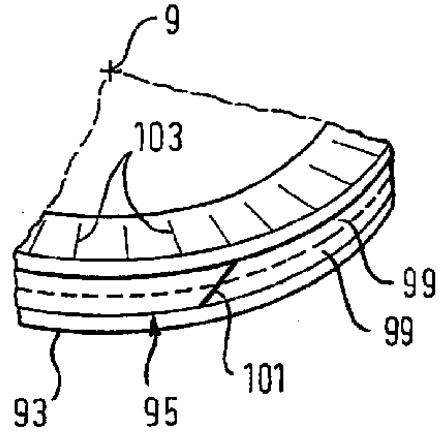


Fig. 5

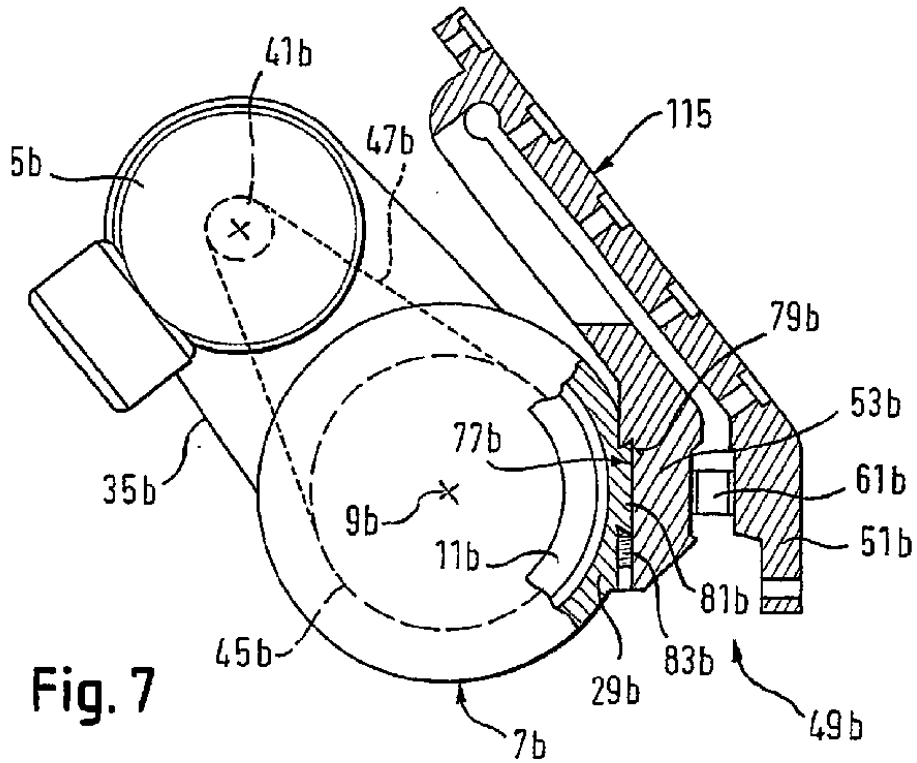


Fig. 7