

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 870**

51 Int. Cl.:

G01B 5/20 (2006.01)

G01B 11/24 (2006.01)

G01B 21/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2019** **PCT/IB2019/060289**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2020** **WO20115621**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2019** **E 19817418 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2024** **EP 3890922**

54 Título: **Sistema y procedimiento de medición del perfil de una pieza**

30 Prioridad:

04.12.2018 CH 14902018

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.06.2024

73 Titular/es:

WATCHOUTCORP SA (100.0%)
Avenue des Découvertes 18
1400 Yverdon-les-Bains, CH

72 Inventor/es:

JACOT, PHILIPPE;
LAPORTE, SÉBASTIEN y
PERRET, FRÉDÉRIC

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 972 870 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

Sistema y procedimiento de medición del perfil de una pieza

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de la medición de las dimensiones de un objeto o de una pieza. En particular, la presente invención se refiere al campo de la determinación mediante sensor (táctil o no táctil) de las dimensiones de un objeto o de una pieza.

Este tipo de medición se utiliza en muchos campos que aplican la metrología dimensional, entre ellos, en particular, pero no exclusivamente, el campo del mecanizado de piezas, en particular mediante máquina-herramienta o cualquier otro mecanizado por retirada de material, pero también para fabricación por adición de material. Esta medición es también útil en particular en el caso de control de desgaste o cuando tienen lugar operaciones de mantenimiento.

En el campo de la máquina-herramienta, existe una necesidad de conocer con precisión las dimensiones y/o el perfil de una pieza, con el fin de asegurar un rango de mecanizado de acuerdo con el plan de mecanizado desarrollado durante la elaboración.

Estado de la técnica

Se han propuesto diferentes sistemas destinados a medir las coordenadas de un objeto de manera optotáctil, en particular unos sistemas que comprenden una sonda flexible.

El documento US2005259271A usa un escáner en forma de un cabezal de palpación montado en una extensión de sonda flexible. Un primer sistema óptico que forma una unidad monobloque con el escáner detecta la posición del cabezal de palpación en un plano x, y, mientras que un segundo sistema óptico autónomo detecta la posición del cabezal de palpación en la dirección z.

Los documentos US2016370172A y US2005000102A presentan unos sistemas de medición de coordenadas que comprenden un cabezal de palpación cuya posición es seguida por un sensor óptico montado coaxialmente con la sonda. En el documento US2016370172A, la sonda está provista de una extensión flexible con un elemento de contacto que se desvía al contacto con la pieza y que lleva una marca de referencia ubicada en la alineación vertical de la parte táctil de la sonda. En el documento US2005000102A, el instrumento de medición de coordenadas comprende un cabezal de palpación montado en una extensión y cuya posición es identificada por un sistema óptico cuyo eje óptico está alineado con el cabezal de palpación.

En estas soluciones, no es posible, o no siempre es posible, medir el desplazamiento del cabezal de palpación en las tres direcciones del espacio, en particular si el cabezal de palpación está oculto, en particular en un rebaje o un taladro de la pieza.

El documento US2009144999A describe una sonda para la medición del contorno interior de una pieza hueca. Esta sonda comprende una barra cuyo extremo inferior lleva un cabezal de palpación que entra en contacto con la superficie a medir y cuyo extremo superior emerge de la pieza y lleva una diana cuya posición es localizada por un sensor óptico, en particular por láser. La barra se hace móvil por montaje sobre una articulación esférica que ofrece también un grado de libertad en traslación. Esta disposición requiere un soporte para la articulación esférica que está montada en la pieza a medir, lo cual genera una manipulación suplementaria. Además, la calibración de la sonda exige un montaje preciso y reproducible de la sonda/soporte sobre la pieza a medir.

El documento US2018094914 se refiere a un sistema de medición del perfil externo de una pieza: una punta de medición sigue táctilmente el contorno de la pieza y un sistema de cámaras permite seguir el desplazamiento de la punta de medición. El documento DE19824107 se refiere a un procedimiento para de determinación óptica de la rugosidad de la superficie: la posición del elemento palpador se detecta con la ayuda de un sensor óptico. El documento US2018018778 se refiere a un sistema de medición de movimiento de una máquina de medición de coordenadas o de un máquina-herramienta: varias cámaras toman imágenes de la parte inferior de una sonda susceptible de entrar en contacto con una pieza y que lleva unas marcas que forman una estructura a visualizar. El documento DE102015205569 se refiere a la graduación de una parte móvil de una máquina de medición tridimensional determinando el error midiendo la desviación de una esfera de referencia mediante unos sensores cuyos ejes ópticos se cruzan en un punto de referencia. El documento US2008239327 se refiere a un procedimiento para la graduación global de un sistema de medición por palpador táctil de múltiples vistas basado en la visión, utilizando unos marcadores en un palpador.

Las soluciones de la técnica anterior dependen de tomas de medición con respecto a unos puntos de referencia exteriores a la pieza y al sistema de medición, es decir, que unas mediciones intermedias con respecto a unos ejes de precisión intervienen en el proceso de medición. Esto añade unas etapas en la toma de mediciones y conlleva

la acumulación de incertidumbres, incluso de errores de medición, de ahí la aportación de un resultado final que se refiere a la medición que no es tan preciso como se desea.

Estas soluciones no permiten por lo tanto disponer de un dispositivo rápido de realiza y de utilizar, y sobre todo que permita medir fácilmente el perfil, en particular el perfil interno, de un objeto o de una pieza, y en particular de una pieza hueca.

Además, estas soluciones no siempre son de una precisión suficiente para determinadas aplicaciones.

10 Breve resumen de la invención

Un objetivo de la presente invención es proponer una tecnología de medición que permita efectuar una medición del perfil, y en particular del perfil interno de un objeto o de una pieza, sin las limitaciones de las técnicas de medición conocidas.

Otro objetivo de la invención es proponer una tecnología que permita efectuar una medición del perfil, y en particular del perfil interno de un objeto o de una pieza, que proporcione una medición muy precisa de las partes de una pieza.

Otro objetivo de la invención es proponer una tecnología que permita efectuar la medición del perfil, y en particular del perfil interno de un objeto o de una pieza, en un mínimo de etapas de medición.

Según la invención, estos objetivos se alcanzan en particular por medio de un sistema de medición de un perfil externo de una pieza o del perfil interno de una pieza hueca, que comprende:

- una pieza cuyo perfil interno o externo se va a medir,
- un sensor que comprende una sonda, y un primer elemento de referencia solidario con la sonda a través de una parte de soporte, una base y un sistema de guiado que une la sonda con la base permitiendo un desplazamiento relativo entre ellos según por lo menos un grado de libertad que define una dirección de medición,
- estando dicho sensor dispuesto con respecto a la pieza de manera que cuando tiene lugar el desplazamiento del sensor con respecto a la pieza según una dirección diferente de la dirección de medición, dicha sonda sea apta para seguir el contorno interno o externo de la pieza mientras que el primer elemento de referencia sea apto para permanecer en el exterior de la pieza efectuando un recorrido que reproduce el recorrido de la sonda (a lo largo del contorno interno o externo de la pieza, y
- un dispositivo de toma de imágenes apto para tomar unas imágenes que representan por lo menos una parte del exterior de la pieza y el primer elemento de referencia, mediante el cual, por comparación entre las imágenes tomadas por el dispositivo de toma de imágenes, el desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia y la parte del exterior de la pieza en dicha dirección de medición se detecta mediante unos medios de cálculo, y un desplazamiento relativo entre la sonda y la base, que corresponde a una desviación en la dirección de medición a lo largo del perfil medido de la pieza se deduce de dicho desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia y la parte del exterior de la pieza (50) en dicha dirección de medición.

Esta solución presenta, en particular, la ventaja con respecto a la técnica anterior de no necesitar identificar directamente la posición de la sonda o de un cabezal de palpación que estaría en contacto con el perfil de la pieza, ya que es el primer elemento de referencia, que permanece en todos los casos en el exterior de la pieza durante la medición, el que es apto para reproducir el desplazamiento de la sonda y que sirve como elemento de referencia para la determinación de la posición del punto de contacto entre la cara de la pieza y la sonda. Así, el primer elemento de referencia sirve como elemento de referencia para la posición de la sonda con respecto al sistema de referencia que es la propia pieza.

Esto se produce, en primer lugar, en caso de determinación del perfil externo de una pieza o de determinación del perfil interno de una pieza hueca, ya sea que la pieza hueca sea una abertura pasante o no (orificio pasante u orificio ciego). Asimismo, en segundo lugar, en el caso de la determinación del perfil interno de una pieza, gracias a la desviación espacial entre la sonda y el primer elemento de referencia, se puede dejar la sonda en el interior de la pieza, en una parte hueca, manteniendo al mismo tiempo el primer elemento de referencia en el exterior de la pieza, lo cual permite mantener el acceso (por ejemplo, ópticamente o por contacto) al primer elemento de referencia y facilitar así en gran medida la determinación de la posición de la sonda mediante la determinación de la posición del primer elemento de referencia con respecto a la pieza.

La sonda presenta así por lo menos un grado de libertad con respecto a la pieza, cuando el sistema de medición está inmóvil, en la posición de medición del perfil de una pieza, y durante el movimiento de la pieza con respecto

al sistema de medición. Esta posibilidad de movimiento de la sonda (o parte móvil del sensor) con respecto al resto del sistema de medición le permite seguir el contorno (perfil interno o perfil externo) de la pieza a controlar. Se comprende que el dispositivo de toma de imágenes presenta un campo óptico (o campo de visión) tal que permite ver y, por lo tanto, tomar una imagen que comprende al mismo tiempo una parte del exterior de la pieza y el primer elemento de referencia. De este modo, la toma de imágenes sucesivas cuando tiene lugar el movimiento de la pieza con respecto al sistema de medición permite que el dispositivo de toma de imágenes vea mediante el movimiento del primer elemento de referencia en el campo de visión, cuál es el perfil correspondiente a este recorrido del primer elemento de referencia.

Según una disposición, el contorno interno o el contorno externo, o al mismo tiempo el contorno interno y el contorno externo de la pieza forman una cara de revolución alrededor de un eje. Este eje es, por ejemplo, un eje paralelo al eje principal del sensor.

Según la invención, el sensor comprende además una base y un sistema de guiado que une la sonda con la base. De esta manera, se obtiene un movimiento controlado de la sonda con respecto al resto del sistema de medición cuando éste está en una posición de medición con respecto a una pieza.

Según una disposición posible, dicho sistema de guiado permite un único grado de libertad entre la sonda y la base. Así, se dispone de un sistema de medición sencillo en su diseño y que permite que la sonda siga la variación del contorno de la pieza en una dirección autorizada por el grado de libertad, lo cual es conveniente y suficiente en un gran número de casos.

Según otra disposición, dicho sistema de medición comprende además un segundo elemento de referencia solidario con la base y dispuesto en el exterior de la pieza, estando dicho segundo elemento de referencia colocado de manera que el dispositivo de toma de imágenes sea apto para ver simultáneamente dicho primer elemento de referencia, dicho segundo elemento de referencia y dicha parte del exterior de la pieza. En efecto, el segundo elemento de referencia permanece en todos los casos en el exterior de la pieza de la que se mide el perfil interno o externo. Esta disposición permite disponer, con el segundo elemento de referencia, de un elemento inmóvil del sistema de medición, que sirve como otro punto de referencia fijo con respecto al cual se pueden visualizar (a través del dispositivo de toma de imágenes) los desplazamientos del primer elemento de referencia, y, en consecuencia, los desplazamientos de la sonda, en particular en por lo menos una dirección permitida por el sistema de guiado.

Según una primera posibilidad de realización de la invención, la sonda comprende un cabezal de palpación apto para seguir y detectar el contorno interno o externo de la pieza por contacto. Dicho cabezal de palpación sigue físicamente el contorno de la pieza a medir, y en particular el contorno interno, y por lo tanto oculto, cuando tiene lugar la medición del contorno interno.

Según una segunda posibilidad de realización de la invención, la sonda comprende un cabezal de detección apto para seguir y detectar el contorno interno o externo de la pieza sin contacto. Por ejemplo, de manera no limitativa, se trata de una sonda que funciona de manera óptica (cabezal de detección óptico), o también, por ejemplo, un sensor de proximidad (cabezal de detección de distancia o de proximidad) o incluso un sensor electromagnético o acústico (cabezal de detección electromagnético o acústico).

Según una disposición, el dispositivo de toma de imágenes comprende una cámara y una fuente luminosa apta para iluminar simultáneamente dicha parte del exterior de la pieza y el primer elemento de referencia. Esta disposición permite, en particular cuando la sonda está dispuesta en una pieza hueca y el primer elemento de referencia está dispuesto fuera de la pieza, permitir que la cámara proporcione una imagen suficientemente contrastada.

Según una disposición, la cámara presenta un campo de visión que permite ver dicha parte del exterior de la pieza y el primer elemento de referencia. Esta disposición permite, en particular cuando la sonda está dispuesta en una pieza hueca y el primer elemento de referencia está dispuesto fuera de la pieza, permitir que la cámara proporcione una imagen de la parte del exterior de la pieza y del primer elemento de referencia.

Según una disposición, el sistema de guiado comprende unos medios de retorno que permiten el retorno de la parte móvil del sensor, y, por lo tanto, de la sonda, a una posición de reposo con respecto a la base cuando la sonda ya no está en interacción con el contorno interno o externo de la pieza. Así, durante la interacción entre la sonda y el contorno de la pieza, a saber, en particular, la palpación o puesta en contacto con apoyo cuando la sonda es un cabezal de palpación, se garantiza una interacción efectiva (en particular un contacto efectivo) garantizando una posición de la sonda, por lo tanto del primer elemento de referencia, que corresponde al contorno de la pieza. Si se trata de una interacción sin contacto, se garantiza una detección efectiva entre la sonda y el primer elemento de referencia para permitir la medición. Además, cuando se efectúa la medición, estos medios de retorno permiten que la parte móvil del sensor, y por lo tanto la sonda, vuelva a una posición de reposo, en la que no hay sollicitación (mecánica o de otro tipo) en el sistema de medición, en particular en la cadena de transmisión (en particular la cadena cinemática) entre el primer elemento de referencia y la sonda. Estos medios de retorno

pueden adoptar varias formas, entre las cuales y de manera no limitativa, por lo menos uno o varios de los siguientes elementos: elemento deformable y elástico, lámina de resorte (plana, curvilínea, en forma de espiral, u otra, etc.), resorte helicoidal, etc. Estos medios de retorno también pueden resultar de la estructura del sistema de guiado que genera un retorno natural a esta posición de reposo debido a la simple gravedad.

Según una disposición, el sistema de guiado comprende entre la sonda (parte móvil del sensor) y la base, una unión deslizante o bien una unión basculante, tal como un pivote con unos elementos mecánicos, unos elementos magnéticos, unos elementos hidráulicos, etc.

La invención se refiere también a un procedimiento de medición del perfil de una pieza, en particular con el sistema de medición o de determinación de perfil de una pieza tal como se describe en el presente texto. En particular, la invención se refiere a un procedimiento de medición del perfil interno de una pieza con la ayuda de un sistema de medición tal como se describe en el presente texto. Según una posibilidad, el procedimiento de medición de un perfil de una pieza hueca comprende las etapas siguientes:

- i) suministrar un sensor que comprende una sonda y un primer elemento de referencia solidario con la sonda, una base y un sistema de guiado que une la sonda con la base permitiendo un desplazamiento relativo entre ellos según por lo menos un grado de libertad que define una dirección de medición, y de un dispositivo de toma de imágenes,
- ii) suministrar una pieza cuyo perfil se desea determinar,
- iii) colocar el sensor de manera que la sonda detecte un punto del contorno de la pieza mientras que el primer elemento de referencia está en el exterior de la pieza y en el campo de visión del dispositivo de toma de imágenes,
- iv) activar el sistema de toma de imágenes y formar una imagen que representa por lo menos una parte del exterior de la pieza y dicho elemento de referencia,
- v) desplazar el sensor con respecto a la pieza según un movimiento en una dirección diferente de la dirección de medición y que permite que la sonda permanezca en el interior de la pieza y siga el contorno de la pieza, mientras que el primer elemento de referencia permanece fuera de la pieza efectuando el mismo movimiento que la sonda,
- vi) efectuar las etapas iv) y v) para otros puntos del contorno de la pieza.

La invención se refiere también a un procedimiento de medición del perfil externo de una pieza, en particular con la ayuda de un sistema de medición tal como el descrito en el presente texto. Según una posibilidad, el procedimiento de medición de un perfil externo de una pieza comprende las etapas siguientes:

- i) suministrar un sensor que comprende una sonda, un primer elemento de referencia solidario con la sonda, una base y un sistema de guiado que une la sonda con la base permitiendo un desplazamiento relativo entre ellos según por lo menos un grado de libertad que define una dirección de medición, y suministrar un dispositivo de toma de imágenes,
- ii) suministrar una pieza cuyo perfil externo se desea determinar,
- iii) colocar el sensor de manera que la sonda esté en el exterior de la pieza y detecte un punto del perfil externo de la pieza mientras que el primer elemento de referencia está también en el exterior de la pieza y en el campo de visión del dispositivo de toma de imágenes,
- iv) activar el sistema de toma de imágenes y formar una imagen que representa por lo menos una parte del exterior de la pieza y dicho elemento de referencia,
- v) desplazar el sensor con respecto a la pieza según un movimiento en una dirección diferente a la dirección de medición y que permita que la sonda siga el contorno externo de la pieza, mientras que el primer elemento de referencia permanece fuera de la pieza efectuando el mismo movimiento que la sonda,
- vi) efectuar las etapas iv) y v) para otros puntos del contorno externo de la pieza.

De manera general, la invención se refiere también a un procedimiento de medición del perfil, en particular interno o externo, de una pieza. Según una posibilidad, dicho procedimiento de medición de un perfil de una pieza comprende las etapas siguientes:

- i) suministrar un sensor que comprende una sonda, un primer elemento de referencia solidario con la sonda, una base y un sistema de guiado que une la sonda con la base permitiendo un desplazamiento relativo

entre ellos según por lo menos un grado de libertad que define una dirección de medición, y suministrar un dispositivo de toma de imágenes,

ii) suministrar una pieza cuyo perfil se desea determinar,

iii) colocar el sensor de manera que la sonda detecte un punto del contorno de la pieza mientras el primer elemento de referencia está en el exterior de la pieza y en el campo de visión del dispositivo de toma de imágenes,

iv) activar el sistema de toma de imágenes y formar una imagen que representa por lo menos una parte del exterior de la pieza y dicho elemento de referencia,

v) desplazar el sensor con respecto a la pieza según un movimiento en una dirección diferente a la dirección de medición y que permite que la sonda siga el contorno de la pieza, mientras que el primer elemento de referencia permanece fuera de la pieza efectuando el mismo movimiento que la sonda,

vi) efectuar las etapas iv) y v) para otros puntos del contorno de la pieza.

Según una disposición suplementaria de cada uno de estos procedimientos de medición, según la invención, unos medios de cálculo efectúan además las etapas siguientes:

a) para cada imagen formada por dicho dispositivo de toma de imágenes, calcular la posición relativa entre el primer elemento de referencia y la parte del exterior de la pieza, y

b) reconstituir el perfil (interno o externo) medido de la pieza a partir de dichas posiciones relativas del primer elemento de referencia calculadas sucesivamente. Con este fin, los medios de cálculo efectúan también las etapas siguientes:

- comparar imágenes tomadas por el dispositivo de toma de imágenes con el fin de detectar el desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia y la parte del exterior de la pieza en dicha dirección de medición, y

- deducir un desplazamiento relativo entre la sonda y la base que corresponde a una desviación en la dirección de medición a lo largo del perfil medido de la pieza.

Breve descripción de las figuras

En la descripción ilustrada por las figuras adjuntas se indican unos ejemplos de realización de la invención, en las que:

la figura 1 ilustra, en perspectiva, un primer modo de realización del sistema de medición según la presente invención,

la figura 2 ilustra la vista parcial en sección según la dirección II de la figura 1 del sistema de medición según el primer modo de realización de la presente invención,

las figuras 3 a 5 ilustran, frontalmente, las diferentes etapas de medición con el sistema de medición de la figura 1,

la figura 6 ilustra, en sección y frontalmente, el principio de una utilización del sistema de medición de la figura 1 para medir el perfil interno de una pieza,

la figura 7 ilustra, en perspectiva y de manera esquemática, el principio de un procedimiento de medición con el sistema de medición según el primer modo de realización de la presente invención de la figura 1, en el caso de la medición del perfil interno de una pieza,

la figura 8 ilustra frontalmente una variante del primer modo de realización del sistema de medición según la presente invención,

la figura 9 representa de manera más esquemática, frontalmente, la variante del primer modo de realización del sistema de medición según la presente invención, que ilustra el principio de la medición efectuada en el caso de un perfil interno de una pieza,

las figuras 10A y 10B muestran las etapas del procedimiento de medición con la variante según la figura 9 del primer modo de realización del sistema de medición según la presente invención,

las figuras 11 y 12 representan esquemáticamente el principio general del sistema de medición según la presente invención,

las figuras 13A y 13B ilustran las etapas de medición con un segundo modo de realización del sistema de medición según la presente invención,

las figuras 14A y 14B ilustran las etapas de medición con un tercer modo de realización del sistema de medición según la presente invención,

las figuras 15A y 15B ilustran las etapas de medición con un cuarto modo de realización del sistema de medición según la presente invención,

las figuras 16 y 17A a 17F muestran respectivamente el dispositivo de toma de imágenes que se puede utilizar en el sistema de medición según la invención y las etapas de tratamiento o de análisis posible de la imagen tomada por el dispositivo de toma de imágenes cuando tiene lugar la realización del procedimiento de medición según la presente invención.

Ejemplo(s) de modos de realización de la invención

Si se hace referencia a la figura 1, se representa un sistema de medición 100 que comprende un sensor 110 según la presente invención en su posición de reposo, sin contacto con una pieza a medir. El sensor 110 comprende una base 112, en este caso en forma de un prisma en forma de paralelepípedo rectangular, rígido y casi indeformable. La dimensión más grande de esta base 112 define el eje Y, o eje de medición. Se distingue sobre esta base 112, según este eje Y, un primer extremo 112a (a la derecha en las figuras 1 a 7) y un segundo extremo 112b (a la izquierda en las figuras 1 a 7).

En lo alto de la base 112, el sensor 110 comprende una parte de soporte 114 que presenta una forma y unas dimensiones cercanas a las de la base 112. Esta parte de soporte 114 también es rígida y casi indeformable. Se distingue en esta parte de soporte 114, según este eje Y, un primer extremo 114a (a la derecha en las figuras 1 a 7) y un segundo extremo 114b (a la izquierda en las figuras 1 a 7).

Un sistema de guiado 140 deformable y elástico une la base 112 y la parte de soporte 114 del sensor 110 según un eje Z o eje principal del sensor 110, siendo este eje Z vertical en las figuras y cuando tiene lugar la toma de medición. La base 112 y la parte de soporte 114 están alineadas entre sí según el eje Z en la posición de reposo del sensor 110.

En la alineación del eje principal Z del sensor 110, la parte de soporte 114 se prolonga, desde su lado girado de manera opuesta a la base 112, por una varilla de palpación 122 y por una varilla de un primer elemento de referencia 131, también partes del sensor 110. Esta varilla de palpación 122 y esta varilla de un primer elemento de referencia 131 están montadas por uno de sus extremos libres en la parte de soporte 114. En la posición de reposo, la varilla de palpación 122 y la varilla de un primer elemento de referencia 131 son paralelas entre sí y al eje principal Z. La varilla de palpación 122 y la varilla de un primer elemento de referencia 131 están distantes (y equidistantes) una de la otra según el eje de medición Y por una distancia Y0 (véase la figura 6). Así, la varilla de palpación 122 y la varilla de un primer elemento de referencia 131 definen un plano (Y, Z).

Así, en la posición de reposo del sensor 110, la dirección ortogonal a las varillas de palpación 122 y del primer elemento de referencia 131 y que pasa por estas dos varillas 122 y 131 es el eje de medición Y. Se define un eje transversal X que es ortogonal al plano (Z, Y) y que es ortogonal a la varilla de palpación 122 y a la varilla del primer elemento de referencia 131. Los ejes X, Y y Z definen un punto de referencia ortogonal, preferentemente ortonormal. Estas varillas 122 y 131 son, por ejemplo, unas varillas metálicas, en particular de acero.

El extremo libre (extremo inferior en las figuras 1 y 2 a 8) de la varilla de palpación 122 termina en un cabezal de palpación 123 que forma un cabezal de sonda 120 para el sensor 110 del sistema de medición 100. Este cabezal de palpación 123 es, por ejemplo, de metal, y en particular del mismo metal o aleación metálica que la varilla de palpación 122. El cabezal de palpación 123 está, por ejemplo (véase la figura 6), formado por una esfera con el eje de la varilla de palpación 21 pasando por el centro de la esfera. En un modo de realización alternativo visible en las figuras 1, 3 a 5 y 7, el cabezal de palpación 123 está formado por una parte de una esfera, en este caso una semiesfera, montada sobre el lado del extremo libre de la varilla de palpación 122 que está girado en dirección de la varilla del primer elemento de referencia 131: en otras palabras, el eje de la semiesfera (cabezal de palpación 123) está orientado según el eje Y. En todos los casos, el cabezal de palpación 123 presenta una parte que sobresale de la varilla de palpación 122, en la dirección Y, y en dirección a la varilla del primer elemento de referencia 131. Es decir que existe una parte del cabezal de palpación 123 que sobresale más allá de la varilla de palpación 122 según el eje Y, estando esta parte sobresaliente del cabezal de palpación 123 girada hacia la varilla de referencia 24 (cabezal de referencia 25). De esta manera, como se verá más adelante, el cabezal de palpación 123 puede entrar en contacto con una superficie de una pieza sin que la varilla de palpación 122 esté también en contacto con la superficie de la pieza.

El extremo libre (extremo inferior en las figuras 1 y 3 a 8) de la varilla del primer elemento de referencia 131 termina en un primer elemento de referencia 130. Este primer elemento de referencia 130 es, por ejemplo, de metal, y en particular del mismo metal o aleación metálica que la varilla del primer elemento de referencia 131. El primer elemento de referencia 130 está, por ejemplo (véanse las figuras 1 a 7) formado por una esfera con el eje de la varilla del primer elemento de referencia 131 pasando por el centro de la esfera.

Así, en el modo de realización representado en las figuras 1 a 8, el cabezal de palpación 123 está montado en el extremo libre de la varilla de palpación 122 y el primer elemento de referencia 130 está montado en el extremo libre de la varilla del primer elemento de referencia 131. Asimismo, en el modo de realización representado en las figuras 1 a 8, la varilla de palpación 122 y la varilla del primer elemento de referencia 131 son de la misma longitud, o, más exactamente, sobresalen de la parte de soporte 114 en una misma longitud según el eje Z. De esta manera, el cabezal de palpación 123 y el primer elemento de referencia 130 están distantes de la parte de soporte 114 por una misma distancia Z0 (véase la figura 6). En otras palabras, el cabezal de palpación 123 y el primer elemento de referencia 130 están por debajo y a la misma distancia de la parte de soporte 114.

Para permitir orientar el desplazamiento según el eje Y del cabezal de palpación 123 sobre el primer elemento de referencia 130, el sistema de guiado 140 que une la parte de soporte 114 a la base 112 es deformable y elástico por lo menos según el eje Y. Son posibles diferentes modos de realización: entre los cuales, uno o varios elementos elásticos montados entre la parte de soporte 114 y la base 112. En el caso de los modos de realización ilustrados en las figuras 1 a 8, se utilizan dos láminas de resorte 141, 142 a título de sistema de guiado 140. Estas dos láminas de resorte 141, 142 son idénticas y, en la posición de reposo del sensor 110, paralelas entre sí, al eje principal Z y al eje transversal X. En otras palabras, el plano de las láminas de resorte 141, 142 en reposo es paralelo al plano X, Z, por lo tanto el plano de las láminas de resorte 141, 142 en reposo es ortogonal al eje Y. Como se puede observar en la figura 1, una primera lámina de resorte 141 está montada entre el primer extremo 112a de la base 112 y el primer extremo 114a de la parte de soporte 114. Una segunda lámina de resorte 142 está montada entre el segundo extremo 112b de la base 112 y el segundo extremo 114b de la parte de soporte 114. Alternativamente, se podrían utilizar cuatro láminas de resorte paralelas entre sí y a los ejes Z y X, y montadas de dos en dos, un par de láminas de resorte montado entre el primer extremo 112a de la base 112 y el primer extremo 114a de la parte de soporte 114 y otro par de láminas de resorte montado entre el segundo extremo 112b de la base 112 y el segundo extremo 114b de la parte de soporte 114.

Con esta disposición, en la posición de reposo del sensor 110 (posición de reposo del sistema de medición 100), se forma un marco con la base 112, la parte de soporte 114 y las dos láminas de resorte 141 y 142. Este marco forma un rectángulo en el plano (Y, Z) en la posición de reposo del sensor 110, con la longitud del rectángulo paralela al eje Z y a la anchura del rectángulo paralela al eje Y. Con esta disposición, en la posición de medición del sensor 110, se puede deformar este rectángulo como se puede apreciar en la figura 5. En esta situación, la base 112 y la parte de soporte 114 permanecen paralelas entre sí y al eje Y, con una desviación dY1 según el eje Y de la parte de soporte 114 y de las varillas (cabezales) del primer elemento de referencia 131 (130) y del segundo elemento de referencia 151 (150), y las láminas de resorte 141 y 142 están deformadas. En esta posición de medición, el perfil deformado de las láminas de resorte 141 y 142 comprende en el plano (X, Z) dos partes extremas sustancialmente rectilíneas y una parte central que forma una curva con un punto de inflexión.

Así, la parte móvil del sensor 110 forma una sonda 120 que comprende la parte de soporte 114 y los elementos que están unidos a ella: la varilla de palpación 122, el cabezal de palpación 123, el primer elemento de referencia (varilla 130 y cabezal 131) y el sistema de guiado 140 (láminas de resorte 141 y 142). Cuando se vuelve a pasar de la posición de medición a la posición de reposo, es decir, que el cabezal de palpación 123 ya no está en contacto con la cara de la pieza, las láminas de resorte 141 y 142 recuperan su forma inicial rectilínea, y la parte de soporte 114 vuelve a la vertical de la base 112.

Según el modo de realización representado en las figuras 1 a 5 y 8, el sistema de guiado 140 comprende además una barra 143 cuyo primer extremo 143a (extremo superior en las figuras) está fijado de manera solidaria con la base 112 y cuyo segundo extremo 143b (extremo inferior en las figuras) está montado en la parte de soporte 114 mediante una unión deslizante por lo menos según la dirección Y. En este modo de realización, la conexión entre el segundo extremo 143b de la barra 140c es la parte de soporte 114 y también deslizante según la dirección Z, lo cual permite absorber la deformación de las láminas de resorte 141, 142 o más generalmente del sistema de guiado 140 según la dirección Z.

En la práctica, en la disposición representada en las figuras 1 a 5 y 8, la parte de soporte 114 comprende una ranura 114c frente a la base 112, abierta sobre la cara superior de la parte de soporte 114. Como se puede observar en la figura 2, la ranura 114c presenta una anchura l0 suficiente según el eje X para alojar sin movimiento libre el extremo libre o segundo extremo 143a de la barra 143. Como se puede apreciar en la figura 2, la ranura 114c presenta una longitud L0 según el eje Y para alojar y permitir el desplazamiento del extremo libre o segundo extremo 143b de la barra 143 hacia el primer extremo 114a o el segundo extremo 114b de la parte de soporte 114 según una distancia máxima preestablecida que corresponde al máximo admisible para la desviación dY1 (dY1_{máx}). Así, si la barra 143 presenta una forma de cilindro con una sección circular de diámetro D, la ranura 114c presenta

una anchura I_0 igual o sustancialmente superior a D (I_0 está comprendida entre D y $1,05D$), y una longitud L_0 igual a $D+2(dY1_{\max})$. Por lo tanto, esta ranura 114c es de forma general alargada según el eje Y. A título de ejemplo, esta ranura 114c puede ser rectangular, ovalada u oblonga (ojal). Esta ranura 114c es desembocante o no desembocante (ranura ciega) en la cara inferior de la parte de soporte 114. A título de ejemplo, el máximo admisible para la desviación $dY1$ ($dY1_{\max}$) es de unos pocos milímetros, por ejemplo 2, 5, 7 o 10 milímetros, a la derecha y a la izquierda en las figuras 2 a 5.

Se hace referencia a las figuras 3 a 5, que muestran el sensor 110 en el caso de la medición del perfil externo de una pieza 50, por lo tanto de una cara 51 de la pieza que forma una cara externa 51. Preferentemente, esta pieza 50 es una pieza de revolución alrededor del eje Z, para la cara a medir, es decir, para la cara externa 51 (y eventualmente también para la cara interna 54).

De una manera más general, este procedimiento de medición del perfil externo de una pieza comprende las etapas siguientes:

- a) se proporciona un sensor 110 tal como se describe en el presente texto,
- b) se proporciona una pieza 50 cuyo perfil externo se desea determinar, es decir, la medición del perfil de la cara 51 (cara externa),
- c) se proporciona un dispositivo de toma de imágenes 160 (sensor externo como en la figura 7) apto para determinar la posición del primer elemento de referencia 130 (en este caso, como se observa en la figura 3, el sensor 110 está en posición de reposo, con la parte de soporte 114 y la base 112 en la posición inicial, alineadas una por encima de la otra según el eje Z)
- d) se coloca el cabezal de palpación 123 contra la cara externa 51, mientras que el primer elemento de referencia 130 permanece a distancia, es decir en el exterior de dicha pieza 50 (movimiento según la flecha F1 de la figura 3, por acercamiento entre el sensor 110 y la cara externa 51 de la pieza 50, según el eje Y, para llegar a la posición intermedia de la figura 4 en la que el sistema de guiado 140 no se deforma)
- e) se desplaza el sensor 110 de manera que el cabezal de palpación 123 permanezca en contacto con la cara externa 51 de la pieza, con la base 112 que se desplaza con respecto a la parte de soporte 114 y con respecto a la pieza 50 según el eje Y (desplazamiento relativo entre la sonda 120 y la base 112), (movimiento según la flecha F1 de la figura 4, con la base 112 del sensor 110 que se desplaza con respecto a la pieza 50 según el eje Y en una distancia $dY1$, para llegar a la posición de medición del sensor 110), y
- f) se identifica la posición del primer elemento de referencia 130 mediante dicho dispositivo de toma de imágenes 160, lo cual permite determinar la posición del cabezal de palpación 123 en la cara 51 de la pieza 50, y
- g) se desplaza el sensor 110 de manera que el cabezal de palpación 123 de la sonda 120 llegue a otra ubicación de la cara externa 51 de la pieza 50 conservando el contacto entre el cabezal de palpación 123 y la cara externa 51 de la pieza 50 (en la figura 5, desplazamiento vertical según el eje Z según la flecha F2, pero éste puede ser un desplazamiento según la dirección X y/o en la dirección Y según la geometría de la pieza 50), y después se reproducen las etapas f) y g) hasta el final de la determinación del perfil externo (o de la parte del perfil externo) de la pieza 50.

En el caso de una pieza 50 hueca (taladro, rebaje, orificio, lumbrera, alojamiento 52), se procede de manera similar, colocando el cabezal de palpación 123 de la sonda 120 en el interior de la pieza 50 (en el alojamiento 52), contra la cara interna 54 de la pieza 50 mientras que el primer elemento de referencia 130 permanece en el exterior de la pieza 50, como se explica en relación a las figuras 6 y 7. En la figura 6, la pieza 50 comprende un orificio pasante 52 como alojamiento, y en la figura 7, la pieza presenta un orificio ciego 52 como alojamiento. Preferentemente, esta pieza 50 es una pieza de revolución alrededor del eje Z, para la cara a medir, es decir, para la cara interna 54 (y eventualmente también para la cara externa 51).

En este caso, este procedimiento de medición del perfil interno de una pieza 50 comprende las etapas siguientes (véanse, las figuras 6 y 7):

- a) se proporciona un sensor 110,
- b) se proporciona una pieza hueca 50 cuyo perfil interno se desea determinar (cara interna 54 del alojamiento 52),
- c) se proporciona un dispositivo de toma de imágenes 160 (sensor externo como en la figura 7) apto para determinar la posición del primer elemento de referencia 130,

- d) se coloca el cabezal de palpación 123 en el interior de dicha pieza hueca 50, con el cabezal de palpación 123 contra la cara interna 54, mientras que el primer elemento de referencia 130 permanece en el exterior de dicha pieza hueca 50 (en este caso, como se observa en la figura 6, el sensor 110 está en posición de reposo, con la sonda 120, y en particular la parte de soporte 114 y la base 112, en la posición inicial, la parte de soporte 114 y la base 112 alineadas una por encima de la otra según el eje Z),
- e) se desplaza el sensor 110 de manera que el cabezal de palpación 123 entre (o permanezca) en contacto con la cara interna 54 de la pieza 50, y
- f) se identifica la nueva posición del primer elemento de referencia 130 por dicho dispositivo de toma de imágenes 160, lo cual permite determinar la nueva posición del cabezal de palpación 123 en la pieza 50, y
- g) se desplaza el sensor 110 a otra ubicación en la cara interna 54 de la pieza 50 manteniendo el contacto entre el cabezal de palpación 123 y la cara interna 54 de la pieza 50, y después se reproducen las etapas f) y g) hasta el final de la determinación del perfil interno de la pieza 50.

El dispositivo de toma de imágenes 160 (sensor externo) sirve para localizar y determinar la posición del primer elemento de referencia 130 y la variación de su posición, cada vez que el sensor 110 se desplaza con respecto a la cara 51 o 54 de la pieza 50 a medir, por lo tanto, que el cabezal de palpación 123 se desplaza sobre la cara a medir 51 o 54. En efecto, en el caso de la figura 7, si la nueva posición del primer elemento de referencia 130 corresponde estrictamente a un desplazamiento según Z conforme al del sensor 110, entonces la nueva posición del cabezal de palpación 123, es decir, el nuevo punto medido del perfil interno de la pieza 50, permanece en la misma posición en Y que anteriormente ($dY=0$). En otro caso no representado, en el que la cara 54 a medir no es paralela a la dirección vertical Z, sino que corresponde, por ejemplo, a un tronco de cono de eje Z, entonces después del desplazamiento según el eje vertical Z del sensor 110, la nueva posición del primer elemento de referencia 130 corresponde no sólo a un desplazamiento según Z conforme al del sensor 110, sino también a un desplazamiento según Y, entonces la nueva posición del cabezal de palpación 123, es decir, el nuevo punto medido del perfil interno de la pieza 50 llega a una nueva posición en Y con respecto a la posición anterior del sensor (dY no es 0). Con este fin, el dispositivo de toma de imágenes 160 comprende un sensor óptico. En este caso, se puede tomar un dispositivo de toma de imágenes 160 cuyo eje óptico O está dispuesto de manera ortogonal al plano (Y, Z) (véase la figura 7), para poder detectar los desplazamientos del primer elemento de referencia 130 (y por lo tanto, indirectamente, del cabezal de palpación 123) según el eje Y.

Dicho dispositivo de toma de imágenes 160 está formado, por ejemplo, por un sistema óptico, en particular un sistema óptico centrado, que comprende un conjunto de componentes ópticos y un sistema de adquisición de imágenes. Dicho sistema de adquisición de imágenes permite tomar fotografías y/o vídeos y es, por ejemplo, una cámara o un aparato fotográfico, en particular un aparato fotográfico digital.

El dispositivo de toma de imágenes 160 presenta unas propiedades intrínsecas que le permiten disponer de un campo de visión 162 que recubre el primer elemento de referencia 130 situado en el exterior de la pieza 50. Se puede apreciar en la figura 6 la proyección en el plano (Y, Z) del campo de visión 162 o ángulo sólido a través del cual el dispositivo de toma de imágenes 160 es sensible a las radiaciones electromagnéticas (luz). En el caso representado en la figura 6, el campo de visión 162 del dispositivo de toma de imágenes 160 comprende el primer elemento de referencia 130, y también recubre o abarca la pieza 50 o por lo menos la parte de la pieza 50 que comprende la cara a medir 54 (cara interna 54), en particular la parte de la cara externa situada en el plano (Y, Z) del campo de visión 162 y que corresponde a la cara a medir (si es la cara externa 51) o frente a la cara a medir 54 (si es la cara interna 54).

Según una variante del primer modo de realización ilustrado en la figura 8, el sensor 110' comprende además un segundo elemento de referencia 150 montado de manera solidaria con la base 112 y situado cerca del primer elemento de referencia 130, y en todo caso, en el exterior de la pieza 50 (delante y por encima del primer elemento de referencia 130 en la disposición de la figura 8). Más precisamente, la varilla del segundo elemento de referencia 151 está fijada en el lado de la base 112 que forma el primer extremo 112a de la base y que se sitúa por encima del primer extremo de la parte de soporte 114 y del primer elemento de referencia 130. Además, la forma y la longitud de la varilla del segundo elemento de referencia 151 que une rígidamente la base 112 al segundo elemento de referencia 150 están dispuestas para evitar cualquier contacto y cualquier colisión entre el primer elemento de referencia 130 y el segundo elemento de referencia 150. En este ejemplo de realización, el segundo elemento de referencia 150 es una esfera de tamaño similar a la esfera que constituye el primer elemento de referencia 130. En el presente texto, el sensor que lleva la referencia 110' corresponde por lo tanto al caso de la presencia de un segundo elemento de referencia 150 que coopera con el primer elemento de referencia 130 para permitir que se realice la medición. En efecto, se entiende que el segundo elemento de referencia 150, que es solidario con la base 112, está fijo con respecto a esta base 112, mientras que la sonda 120 y en particular el primer elemento de referencia 13 es móvil con respecto a la base 112.

Gracias a este segundo elemento de referencia 150, se puede detectar la desviación según el eje Y del cabezal de palpación 123, debiéndose dicha desviación (no representada) a la flexión de la varilla de palpación 122 cuando tiene

lugar el apoyo del cabezal de palpación 123 contra una cara a medir 51 o 54. En este caso, en los procedimientos de medición descritos anteriormente, se proporciona además un segundo elemento de referencia 150, montado de manera solidaria con la base 112 y situado cerca del primer elemento de referencia 130, y en el que durante la etapa f) de medición, se detecta además el desplazamiento relativo (en particular según el eje Y) entre el primer elemento de referencia 130 y el segundo elemento de referencia 150, y se tiene en cuenta este desplazamiento relativo en la determinación de la posición del cabezal de palpación 123. Por lo tanto, se entiende que el campo de visión 162 del dispositivo de toma de imágenes 160 también comprende el segundo elemento de referencia 150.

Dicho segundo elemento de referencia 150 también es útil además para la medición del perfil externo, ya que es susceptible de producirse el mismo fenómeno de flexión según el eje Y de la varilla de palpación 122, y esto siempre sin que exista una flexión cualquiera de la varilla del primer elemento de referencia 131, ya que el primer elemento de referencia 130 no está en contacto con una superficie, por lo tanto no está sometido a un apoyo que pudiera generar una fuerza de retorno por parte de la superficie y por lo tanto una deformación por flexión de la varilla del primer elemento de referencia 131.

En el caso de esta variante del primer modo de realización, el procedimiento de medición del perfil interno de una pieza 50 comprende las etapas siguientes (véanse las figuras 9, 10A y 10B):

- a) se proporciona un sensor 110' tal como se describe anteriormente,
- b) se proporciona una pieza hueca 50 cuyo perfil interno se desea determinar (cara interna 54 del alojamiento 52),
- c) se proporciona un dispositivo de toma de imágenes 160 (sensor externo como en la figura 9) apto para determinar la posición relativa entre el primer elemento de referencia 130 y el segundo elemento de referencia 150,
- d) se coloca el cabezal de palpación 123 en el interior de dicha pieza hueca 50, con el cabezal de palpación 123 contra la cara interna 54, mientras que el primer elemento de referencia 130 y el segundo elemento de referencia 150 permanecen en el exterior de dicha pieza hueca 50 (en este caso, como se observa en la figura 10A, el sensor 110' está en la posición de reposo, con la parte de soporte 114 y la base 112 en la posición inicial, alineadas una por encima de la otra según el eje Z, así como el primer elemento de referencia 130 y el segundo elemento de referencia 150 alineados uno por encima del otro según el eje Z en una línea de referencia R),
- e) se desplaza el sensor 110' con respecto a la pieza 50 según el eje Y (flecha F1, figura 10B) de manera que el cabezal de palpación 123 entre (o permanezca) en contacto con la cara interna 54 de la pieza 50: esto genera una fuerza de apoyo (flecha A) del primer elemento de referencia 130 contra la cara interna 54 y la deformación de las láminas de resorte 141 y 142 con un desplazamiento opuesto y de la misma intensidad (flecha F3) de la parte de soporte 114 con respecto a la base 112, esto genera una desviación dY1 en la dirección Y del primer elemento de referencia 130 con respecto al segundo elemento de referencia 150 (figura 10B con desviación en la dirección Y, en el sentido de la flecha F3 de toda la sonda 120), y
- f) se identifica la posición del primer elemento de referencia 130 con respecto al segundo elemento de referencia 150 mediante dicho dispositivo de toma de imágenes 160, lo cual permite determinar la posición del cabezal de palpación 123 en la pieza 50, y
- g) se desplaza el sensor 110' en la dirección Z (dirección vertical) a otra ubicación en la cara interna 54 de la pieza 50 manteniendo el contacto entre el cabezal de palpación 123 y la cara interna 54 de la pieza 50, y después se reproducen las etapas f) y g) hasta el final de la determinación del perfil interno de la pieza 50.

De esta forma, como se aprecia en la figura 9, se construye punto por punto a medida que avanzan las sucesivas posiciones tomadas por el primer elemento de referencia 130, una línea de medición M que representa el contorno interno de la cara interna 54. Se entiende que se utiliza como referencia la línea de referencia R vertical que pasa por el segundo elemento de referencia 150 (por ejemplo por su centro u otro punto), y que la línea de medición M es una transposición en el exterior de la pieza 50 de la línea C (figura 9) del contorno interno (perfil interno) a medir.

En este primer modo de realización, el sensor 110 o 110' forma, con la base 112 que forma la referencia fija en el sensor, una estructura de deformación paralela que comprende una por encima de la otra en paralelo la base 112 y la parte de soporte 114, que son cada una indeformables, y las dos láminas de resorte 141 y 142 deformables según la dirección horizontal Y. Esto permite definir un eje de medición, en este caso el eje Y, y permite aplicar una fuerza de apoyo del cabezal de palpación 123 sobre la pieza 50. Esta fuerza de apoyo depende de las características de las láminas de resorte 141 y 142 (longitud, anchura, grosor) y de su deformación.

En este primer modo de realización, pero también de manera general, la invención permite, como se aprecia en la figura 11, seguir muy precisamente el contorno interno (o externo) de la pieza 50 a lo largo de la cara interna 54

(externa 51), mediante el cabezal de palpación 123 de la sonda 120 que permanece en contacto con la pieza 50. En los modos de realización presentados, la reconstitución y el seguimiento del contorno se efectúa en la dirección vertical Z (orientación de la línea de medición M y de la línea de contorno C a reconstituir), pero se puede considerar efectuar esta reconstitución y este seguimiento del contorno según otra dirección, en particular una dirección horizontal, por ejemplo según la dirección X, u otra dirección en el plano (X, Y), o también según una primera de estas direcciones anteriores para una parte del contorno, y después, según una segunda de estas direcciones anteriores, para cambiar la parte del contorno y volver a la primera de estas direcciones anteriores para visualizar esta nueva parte de contorno. A pesar de que este cabezal de palpación 123 es invisible desde el exterior de la pieza 50, y esto debido a su posición en el interior del alojamiento 52, la invención permite visualizar su desplazamiento en la cara a medir 54, y esto a través del primer elemento de referencia 130. El sistema de guiado 140 permite un desplazamiento del cabezal de palpación 123 con respecto a la base 112 en una o varias direcciones.

La invención permite, a través del dispositivo de toma de imágenes 160 que está dispuesto con un campo de visión 162 que incluye el primer elemento de referencia 130 y el contorno exterior de la pieza y/o el segundo elemento de referencia 150, tomar imágenes sucesivas cuando tiene lugar el desplazamiento del primer elemento de referencia 130 y medir su posición relativa con respecto al contorno exterior de la pieza 50 (y eventualmente con respecto al segundo elemento de referencia 150). Estas imágenes permiten formar punto por punto la línea de medición M, lo cual reconstituye la línea C del contorno interno a medir. Esto resulta posible porque el sistema de medición transfiere el desplazamiento del cabezal de palpación 123 cuando sigue el contorno interno (o externo) de la pieza 50, y por lo tanto el perfil interno (o externo) de la pieza 50, al primer elemento de referencia 130 que está en el exterior de la pieza. La línea de medición M en la figura 9 corresponde al perfil interno de la pieza 50 a lo largo de la dirección vertical Z en una ubicación (un punto) de la pieza (del alojamiento 52) en un plano horizontal paralelo al plano (X, Y). Para reconstituir todo el perfil interno (externo) de la pieza 50, es decir, toda la superficie de la cara interna (externa) 54 (52), se deben repetir las etapas de medición para reconstituir otra línea de medición M' que pasa por otra ubicación (un punto) de la pieza (del alojamiento 52) en este plano horizontal paralelo al plano (X, Y), y así sucesivamente para el número de puntos necesarios. La reconstitución de la línea de medición M equivale a reproducir fuera de la pieza 50 el contorno de un "tramo" de la pieza 50 en un plano paralelo al eje vertical Z y ortogonal al plano (X, Y). Reconstituyendo también otros tramos, estando situado cada tramo del contorno de la pieza 20 en otro plano paralelo al eje vertical Z y ortogonal al plano (X, Y), desviado en un ángulo theta del plano del tramo previamente reconstituido, se obtiene mediante la suma de imágenes la yuxtaposición de las líneas de medición M, M', etc. en un espacio tridimensional. Esto es tanto más rápido en el caso de una pieza 50 de revolución que se puede reconstituir en unos pocos tramos.

Se efectúa una etapa preliminar de calibración preliminar con el fin de determinar exactamente la posición relativa entre el primer elemento de referencia 130 y la posición del cabezal de palpación 123, lo cual permite transferir a continuación la línea M de medición para obtener la línea C del contorno interno que se busca medir y que es invisible desde el exterior de la pieza. Con este fin, según una posibilidad, se efectúa, con el dispositivo de toma de imágenes 160, una toma de imagen del sensor 110 o 110' sin la pieza 50, con el fin de definir la posición relativa del primer elemento de referencia 130 y del cabezal de palpación 123 en la posición de reposo del sensor 110 o 110'.

El sensor 110 o 110' puede estar sujeto por su base 112 por un órgano de prensión o un órgano de soporte (representado de manera esquemática en la figura 12) y desplazado mediante cualquier sistema de desplazamiento tal como un brazo articulado mandado por unos sistemas de mando y unos árboles motorizados 170 con el fin de permitir el desplazamiento relativo entre el sensor 110 o 110' y la pieza 50 según:

- un movimiento horizontal según el eje Y según la flecha F1 en la figura 12, y/o
- un movimiento vertical según el eje Z según la flecha F2 en la figura 12.

Se hace referencia ahora a las figuras 13A y 13B que representan un sistema de medición 200 según un segundo modo de realización de la invención. En este caso, los elementos del sistema de medición 200 similares a los del primer modo de realización presentado anteriormente (sistema de medición 100) llevan un signo de referencia que es el del primer modo de realización aumentado en un valor de 100. Se vuelve a encontrar un sensor 210 que comprende:

- una parte de soporte 214 prolongada verticalmente hacia la parte inferior de una varilla de palpación 222 que lleva en su extremo libre un cabezal de palpación 223 y en paralelo una varilla del primer elemento de referencia 231 que lleva en su extremo libre el primer elemento de referencia 230,
- una base 232 prolongada verticalmente hacia la parte inferior de una varilla 251 del segundo elemento de referencia que lleva en su extremo libre un segundo elemento de referencia 250. Una variante no representada podría no comprender este segundo elemento de referencia 250, sino solo la base 232.

La parte de soporte 214 y la base 212 se colocan una delante de la otra (según la dirección horizontal X) con un sistema de guiado 240 que permite un movimiento de rotación entre ellas alrededor de un eje P paralelo a la dirección horizontal X. Esta dirección X es ortogonal a la dirección horizontal Y de medición que separa entre sí el cabezal de palpación 223 y el primer elemento de referencia 230. Con este fin, el sistema de guiado 240 que une

la parte de soporte 214 y la base 212 puede tener varios diseños, y en particular comprender un árbol (no representado) paralelo al eje P y dispuesto por encima (la vertical en las figuras 13A y 13B, es decir, según la dirección Z) del cabezal de palpación 223. Este árbol atraviesa la parte de soporte 214 y la base 212, y está montado fijo con respecto a una de las dos de entre la parte de soporte 214 y la base 212 y está montado de forma móvil con respecto a la otra de las dos de entre la parte de soporte 214 y la base 212, lo cual constituye un rodamiento. El sistema de guiado 240 comprende además opcionalmente un resorte espiral (no representado) de eje paralelo al eje P (eventualmente coaxial con el eje P) que rodea dicho árbol con su extremo interior fijado al árbol y su extremo exterior fijado a la otra de las dos de entre la parte de soporte 214 y la base 212. Este movimiento de rotación del sistema de guiado 240 alrededor del eje P (véase la flecha F3 en las figuras 13A y 13B) se facilita por la presencia de una mazarota 241 unida al exterior de la parte de soporte 214, con una desviación según la dirección Y entre la parte de soporte 214 y la mazarota 241. Así, esta mazarota 241 sirve como contrapeso al conjunto formado por el cabezal de palpación 223 y el primer elemento de referencia 230. Se puede modificar la masa de esta mazarota 241 así como la distancia L1 que la separa del árbol (del eje P), y por lo tanto del cabezal de palpación 223, y de manera que forme un brazo de palanca regulable.

En este caso, la sonda 220 (cabezal de palpación 223 en el extremo libre de la varilla de palpación 222) está unida a la parte fija del sistema de medición mediante un sistema de guiado 240 que permite únicamente una rotación con respecto a un eje P ortogonal a la dirección Y de la medición. Por lo tanto, se trata en este caso de un sistema de guiado 240 pivotante. Evidentemente, son posibles otros diseños para este sistema de guiado pivotante entre la sonda 220 y la parte fija del sensor 210 (por ejemplo, la base 212), que forma un sistema de guiado 240 que permite un movimiento de rotación entre ellas alrededor de un eje P paralelo a la dirección horizontal X.

Se forma así una estructura de tipo péndulo que funciona del mismo modo que el sensor 110' según la variante del primer modo de realización y permite definir un eje de medición, según la dirección Y. Esta estructura permite asegurar una fuerza de apoyo A constante y extremadamente débil del cabezal de palpación 223 sobre la cara interna 54 (o externa 51) de la pieza, y esto sea cual sea la deformación del resorte espiral. En este caso, el sistema de guiado 240 permite un grado de libertad de la sonda 220 que es un movimiento de rotación alrededor del eje P, paralelo al eje X. El retorno a la posición de reposo de la sonda 220 (en particular de la parte de soporte 214 y de los elementos que le están unidos) se efectúa por simple gravedad una vez que el cabezal de palpación 223 ya no está en contacto con una cara de la pieza 50. La utilización de este sensor 210 en asociación con un dispositivo de toma de imágenes 160 permite constituir un sistema de medición del perfil de una pieza según un procedimiento de medición idéntico al ya descrito en relación con el primer modo de realización.

Dicha disposición forma un sistema de medición 200 en el que:

- la pieza 50 es hueca y el contorno interno de la pieza 50 forma una cara 54 de revolución alrededor de un eje de revolución (este eje de revolución es, por ejemplo, paralelo al eje principal del sensor 110, por ejemplo según el eje Z),
- la sonda 220 comprende un cabezal de palpación 223 apto para detectar por contacto el contorno interno de la pieza 50 y seguir el contorno interno de la pieza 50 con un grado de libertad según una dirección de medición (dirección Y) perpendicular a dicho eje de revolución, separando esta dirección de medición (dirección Y) entre sí el cabezal de palpación 223 y el primer elemento de referencia 230,
- el sistema de guiado 240 comprende una unión basculante entre la sonda 220 y la base 212 alrededor de un eje (P) perpendicular a dicho eje de revolución y ortogonal a la dirección de medición (dirección Y).

Se entiende que este sistema de medición 200 comprende además un segundo elemento de referencia 250 solidario con la base 212 y situado en el exterior de la pieza, siendo el dispositivo de toma de imágenes 160 apto para tomar una imagen que comprende además el segundo elemento de referencia 250, por lo que la variación de la posición relativa entre el primer elemento de referencia 230 y el segundo elemento de referencia 250 permite la medición del perfil del contorno interno de la pieza 50.

Una disposición tal como la de las figuras 13A y 13B permite la realización de un procedimiento de medición tal como se ha descrito anteriormente, en el que se efectúan además las etapas siguientes:

- se comparan las imágenes tomadas por el dispositivo de toma de imágenes 160 con el fin de detectar el desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia 130 y la parte del exterior de la pieza 50 en dicha dirección de medición, y
- se deduce un desplazamiento relativo entre la sonda 120 y la base 112 que corresponde a una desviación en la dirección de medición a lo largo del perfil medido de la pieza 50.

En particular, cuando la pieza 50 es hueca y el contorno interno de la pieza 50 forma una cara 54 de revolución alrededor de un eje de revolución (en particular un eje de revolución paralelo a dicho eje principal Z del sensor 110),

- la sonda 220 comprende un cabezal de palpación 223 apto para detectar por contacto el contorno interno de la pieza 50 y seguir el contorno interno de la pieza 50 con un grado de libertad en una dirección Y de medición perpendicular a dicho eje de revolución (en particular una dirección Y de medición perpendicular al eje principal Z del sensor 110), separando esta dirección Y de medición entre sí el cabezal de palpación 223 y el primer elemento de referencia 230,
- el sistema de guiado 240 comprende una unión basculante entre la sonda 220 y la base 212 alrededor de un eje P perpendicular a dicho eje de revolución y ortogonal a la dirección Y de medición.

En el modo de realización ilustrado en las figuras 13A y 13B, el sensor 210 comprende además un segundo elemento de referencia 250 solidario con la base 212 y situado en el exterior de la pieza 50, siendo apto el dispositivo de toma de imágenes 160 para tomar una imagen que comprende además el segundo elemento de referencia 250, por lo que la variación de la posición relativa entre el primer elemento de referencia 230 y el segundo elemento de referencia 250 permite la medición del perfil del contorno interno de la pieza 50.

Se hace referencia ahora a las figuras 14A y 14B que representan un sistema de medición 300 según un tercer modo de realización de la invención. En este caso, los elementos del sistema de medición 300 similares a los del primer modo de realización presentado anteriormente llevan un signo de referencia que es el del primer modo de realización aumentado en un valor de 200. Se vuelve a encontrar un sensor 310 que comprende:

- una parte de soporte 314 prolongada verticalmente hacia la parte inferior de una varilla de palpación 322 que lleva en su extremo libre un cabezal de palpación 323 y en paralelo por una varilla del primer elemento de referencia 331 que lleva en su extremo libre el primer elemento de referencia 330, esta parte de soporte 314 presenta una forma general de L con el vástago de la L orientado según la dirección vertical Z y la base de la L paralela a la dirección Y, y que lleva el cabezal de palpación 323 y el primer elemento de referencia 330,
- una base 312 prolongada verticalmente hacia la parte inferior de una varilla 351 del segundo elemento de referencia que lleva en su extremo libre un segundo elemento de referencia 350. Una variante no representada podría no comprender este segundo elemento de referencia 350, sino sólo la base 312.

La parte de soporte 314 y la base 312 son móviles una con respecto a la otra en dirección al eje de medición horizontal Y, según un movimiento de traslación. En este caso, la base 312 presenta una forma de estribo, en particular una forma de U invertida, con la base de la U paralela a la dirección Y, y las dos ramas de la U paralelas a la dirección Z. Una de las dos ramas de la U de la base 312 se prolonga por la varilla 351 del segundo elemento de referencia y por el segundo elemento de referencia 350. Dos piezas de guiado paralelas entre sí y a la dirección Y unen una a la otra las dos ramas de la U para permitir el movimiento de traslación de la parte de soporte 314. Más precisamente, un rail 344 forma la primera pieza de guiado en forma de una varilla que presenta preferentemente una sección circular y sobre la cual está montada la parte de soporte 314 a nivel de una abertura pasante en la parte del vástago de la L. Asimismo, una corredera 345 forma la segunda pieza de guiado en forma de varilla paralela al rail 344. Para cooperar en traslación con la corredera 345, esta otra parte del vástago de la L presenta, por ejemplo, una escotadura para rodear parcialmente la corredera 345 o bien una abertura pasante que forma un paso para la corredera 345.

Con el fin de ejercer una fuerza de apoyo (flecha A) por el cabezal de palpación 323 sobre la cara interna (o externa) 54 (51) de la pieza que está orientada por ejemplo según la dirección vertical, y permitir el retorno a la posición de reposo (figura 14A) de la parte de soporte 314 con respecto a la base a lo largo del eje Y, se utilizan dos resortes de compresión 346 y 347 que forman unos medios de retorno de la parte de soporte 314. Estos resortes 346 y 348 están montados en el rail a uno y otro lado de la parte de soporte 314. Estos resortes 346 y 347 comprenden un extremo en contacto y en apoyo sobre la parte de soporte 314 (un resorte para cada cara) y un extremo en contacto y en apoyo sobre la base 312 (apoyándose cada resorte sobre una rama diferente de la U de la base 312). Son, por ejemplo, como en el ejemplo representado en las figuras 14A y 14B, dos resortes helicoidales 346 y 347. En el ejemplo representado en las figuras 14A y 14B, son dos resortes 346 y 347 de iguales longitud y resistencia a la compresión por unidad de longitud, lo cual coloca la posición de reposo (véase la figura 14A) de la parte de soporte 314 entre los dos brazos (extremos según la dirección de medición Y) de la base 312. Sin embargo, se pueden adaptar las características geométricas y/o físicas de cada resorte 346 y 347 según las necesidades específicas. Se entiende que, en esta disposición, la fuerza de apoyo A del cabezal de palpación 323 sobre la pieza 50 depende de la deformación de los resortes 346 y 347: así, en el caso de la figura 14B, el cabezal de palpación 323 se apoya sobre la cara interna 54 de la pieza 50, en la zona de la derecha en la figura sobre una parte de la cara interna 54 vertical, tal como se ve por el dispositivo de toma de imágenes; en este caso, el sensor 310 se ha desviado en traslación hacia la derecha con respecto a la pieza 50, lo cual ha desplazado la parte de soporte 314 con respecto a la base 312 hacia la izquierda en la distancia dY1 (véase la figura 14B) y comprimido (más) el primer resorte 346 situado a la izquierda de la parte de soporte 314. Se vuelve a encontrar este desplazamiento dY1 entre el primer elemento de referencia 330 solidario con la parte de soporte 314 y el segundo elemento de referencia 350 solidario con la base 312.

Se hace referencia ahora a las figuras 15A y 15B que representan un sistema de medición 400 según un cuarto modo de realización de la invención. En este caso, los elementos del sistema de medición 400 similares a los del sistema de medición 300 según el tercer modo de realización presentado anteriormente llevan un signo de referencia que es el del tercer modo de realización aumentado en un valor de 100. Se vuelve a encontrar un sensor 410 que comprende:

- una parte de soporte 414 prolongada verticalmente hacia la parte inferior de una varilla de palpación 422 que lleva en su extremo libre un cabezal de palpación 423 y en paralelo por una varilla del primer elemento de referencia 431 que lleva en su extremo libre el primer elemento de referencia 430, esta parte de soporte 414 presenta una forma general de una U tumbada con la base de la U orientada según la dirección vertical Z, la rama superior de la U orientada según la dirección Y, y la rama inferior de la U (que lleva el cabezal de palpación 423 y el primer elemento de referencia 430) también orientada paralelamente a la dirección Y,
- una base 412 prolongada verticalmente hacia la parte inferior de una varilla 451 del segundo elemento de referencia que lleva en su extremo libre un segundo elemento de referencia 450. Una variante no representada podría no comprender este segundo elemento de referencia 450, sino sólo la base 412.

La parte de soporte 414 y la base 412 son móviles la una con respecto a la otra en dirección del eje de medición que es esta vez el eje vertical Z, según un movimiento de traslación. En este caso, la base 412 presenta asimismo una forma de estribo, en particular una forma de U tumbada, con la base de la U paralela a la vertical Z y las dos ramas de la U paralelas a la dirección del eje Y; la abertura de la U de la parte de soporte 414 está girada en dirección a la base 412; la abertura de la U de la base 412 está girada en dirección a la parte de soporte 414; una de las dos ramas de la U de la base 412 (rama inferior) se prolonga por la varilla 451 del segundo elemento de referencia y por el segundo elemento de referencia 450, y se encuentra parcialmente dispuesta en el alojamiento delimitado por la parte de soporte 414, por lo menos en proyección en el plano de la figura 15A o 15B, es decir, visto en la dirección X por el dispositivo de toma de imágenes 160 (no representado). Dos piezas de guiado paralelas entre sí y a la dirección Z unen una a la otra las dos ramas de la U de la base 412 para permitir el movimiento de traslación de la parte de soporte 414. Más precisamente, un rail 444 forma la primera pieza de guiado en forma de una varilla que presenta preferentemente una sección circular y sobre la cual está montada la parte de soporte 414 a nivel de una abertura pasante en la parte de la otra de las dos ramas de la U de la base 412 (rama superior). Asimismo, una corredera 445 forma la segunda pieza de guiado en forma de varilla paralela al rail 444. Para cooperar en traslación con la corredera 445, esta otra parte de la otra de las dos ramas de la U de la base 412 (rama superior) presenta, por ejemplo, una escotadura para rodear parcialmente la corredera 445 o bien una abertura pasante que forma un paso para la corredera 445.

Con el fin de ejercer una fuerza de apoyo (flecha A) por el cabezal de palpación 423 sobre una parte de la cara interna (o externa) 54 (51) de la pieza que está orientada, por ejemplo, según la dirección horizontal y permitir el retorno a la posición de reposo (figura 15A) de la parte de soporte 414 con respecto a la base 412 a lo largo del eje vertical Z, se utilizan dos resortes de compresión 446 y 447 que forman unos medios de retorno de la parte de soporte 412. Estos resortes 446 y 447 están montados en el rail 444 a uno y otro lado de la rama superior de la parte de soporte 414. Estos resortes 446 y 448 comprenden un extremo en contacto y en apoyo sobre la parte de soporte 414 y un extremo en contacto y en apoyo sobre la base 412 (apoyándose cada resorte sobre una rama diferente de la base 412). Son, por ejemplo, como en el ejemplo representado en las figuras 15A y 15B, dos resortes helicoidales 446 y 447. En el ejemplo representado en las figuras 15A y 15B, son dos resortes 446 y 447 de iguales longitud y resistencia a la compresión por unidad de longitud, lo cual coloca la posición de reposo (véase la figura 15A) de la parte de soporte 414 entre los dos brazos (extremos según la dirección de medición Z) de la base 412. Sin embargo, se pueden adaptar las características geométricas y/o físicas de cada resorte 446 y 447 según las necesidades específicas. Se entiende que en esta disposición, la fuerza de apoyo A del cabezal de palpación 423 sobre la pieza 50 depende de la deformación de los resortes: así, en el caso de la figura 15B, el cabezal de palpación 423 se apoya sobre la cara interna 54 de la pieza 50, en la zona de la derecha de la figura, que comprende un reborde entrante, en una parte de superficie horizontal que es, en este caso, tal como se ve por el dispositivo de toma de imágenes; en este caso, el sensor 410 se ha desplazado en traslación hacia arriba en la dirección Z con respecto a la pieza 50, lo cual ha desplazado la parte de soporte 414 con respecto a la base 412 hacia abajo en la distancia dZ1 (véase la figura 15B) y comprimido (más) el segundo resorte 447 situado bajo la rama superior de la parte de soporte 414. Se vuelve a encontrar este desplazamiento dZ1 entre el primer elemento de referencia 430 solidario con la parte de soporte 414 y el segundo elemento de referencia 450 solidario con la base 412.

Como se representa esquemáticamente en la figura 16, un dispositivo de toma de imágenes 160 utilizado en el sistema de medición según la invención, por ejemplo según uno de los modos de realización representados en las figuras y descritas anteriormente, comprende:

- una cámara y un conjunto de lentes que permiten colocar el plano focal de este dispositivo de toma de imágenes 160 en la pieza 50 y en el primer elemento de referencia 130 (230, 330, 430) pero también, llegado el caso, en el segundo elemento de referencia 150 (250, 350, 450). Con el fin de mejorar el contraste

de la imagen tomada por el dispositivo de toma de imágenes 160, en su campo de visión 162, se coloca en un modo de realización tal como se representa en la figura 16, una fuente de luz 164 en iluminación trasera con respecto al objeto (o a los objetos) observado(s) por el dispositivo de toma de imágenes 160. De esta manera, el o los objetos presentes en el campo de visión 162 (de la cámara) del dispositivo de toma de imágenes 160 se colocan entre el dispositivo de toma de imágenes 160 y la fuente de luz 164. Esta retroiluminación da una imagen tal como la de la figura 17A (para una parte de esfera que es, por ejemplo, el cabezal de palpación), con un degradado de gris u oscuro/claro entre la pieza y el exterior de la pieza. Un tratamiento de esta imagen permite (figuras 17B a 17F) obtener una imagen después del tratamiento I que permite delimitar muy precisamente la posición del contorno de este o estos objetos visibles por el dispositivo de toma de imágenes 160 (figura 17F).

En la descripción anterior, se ha descrito una técnica en la que la determinación de la posición del primer elemento de referencia 130 (y, llegado el caso, de la posición del segundo elemento de referencia 150) se efectúa de manera óptica mediante el dispositivo de toma de imágenes 160. La presente invención también se puede aplicar a la determinación de la posición del primer elemento de referencia 130 (y, llegado el caso, de la posición del segundo elemento de referencia 150) de otra manera, y en particular por contacto entre otro tipo de sensor y el primer elemento de referencia 130, y, llegado el caso, de la posición del segundo elemento de referencia 150). Se debe observar que cuando la determinación de la posición del primer elemento de referencia 130 y, llegado el caso, de la posición del segundo elemento de referencia 150) se efectúa de manera óptica, permite librarse de una deformación suplementaria de la varilla 131 (151) del primer (segundo) elemento de referencia 130 (150) y por lo tanto de un desplazamiento del primer (segundo) elemento de referencia 130 (150) que modificaría la medición.

Se pueden señalar unos puntos comunes entre la totalidad o parte de estos modos de realización. En particular entre el sistema de medición del primer modo de realización 100 (con el sensor 110 o la variante con el sensor 110' acoplado con el segundo elemento de referencia 150), del segundo modo de realización 200 y del tercer modo de realización 300, dicho sistema de guiado 140, 240, 340 es un sistema flexible por lo menos según la dirección Y, en el caso del sistema de medición del cuarto modo de realización 400, dicho sistema de guiado 440 es un sistema flexible por lo menos según la dirección Z.

Asimismo, en particular entre el sistema de medición del primer modo de realización 100, del segundo modo de realización 200, del tercer modo de realización 300, y del cuarto modo de realización 400, se aplican una u otra, o varias, de las siguientes disposiciones A a J para un sensor también objeto de la presente invención, o para un sistema de medición objeto de la presente invención, y comprendiendo dicho sensor:

*Disposición A: el sensor forma un dispositivo de palpación mecánico apto para ser utilizado para la determinación del perfil interno de una pieza 50, que comprende:

- una base,
- una parte de soporte unida de manera elástica a la base mediante un sistema de guiado,
- un cabezal de palpación montado a través de una varilla de palpación en la parte de soporte,
- un cabezal de referencia montado a través de una varilla de referencia en la parte de soporte, en el que:
 - el cabezal de referencia y el cabezal de palpación están situados en el lado de la parte de soporte opuesto a dicha base,
 - la varilla de referencia y la varilla de palpación están dispuestas en un plano Y, Z, siendo, en la posición de reposo del dispositivo, paralelas entre sí y a una dirección Z.

*Disposición B: dicho sistema de guiado está dispuesto de manera que cuando el cabezal de palpación entra y permanece en contacto con una superficie de la pieza, un desplazamiento relativo entre el cabezal de palpación y la base es transmitido por lo menos parcialmente al cabezal de referencia a través del sistema de guiado.

*Disposición C: dicho sistema de guiado está dispuesto de manera que cuando el cabezal de palpación entra y permanece en contacto con una superficie no paralela al plano Y, Z, cualquier desplazamiento relativo entre el cabezal de palpación y la base según la dirección Y es transmitido por lo menos parcialmente al cabezal de referencia a través del sistema de guiado.

*Disposición D: dicho sistema de guiado comprende por lo menos un elemento que forma un resorte. En particular, el sistema de guiado comprende dos láminas de resorte paralelas entre sí y que unen dicha parte de soporte a dicha base, siendo el plano de cada lámina de resorte, en la posición de reposo del dispositivo, ortogonal a la dirección Y.

*Disposición E: el cabezal de palpación está montado en el extremo libre de la varilla de palpación y el cabezal de referencia (primer elemento de referencia) está montado en el extremo libre de la varilla de referencia.

*Disposición F: la varilla de palpación y la varilla de referencia tienen la misma longitud

*Disposición G: dispositivo que comprende además un indicador de calibración (segundo elemento de referencia) montado de manera solidaria con la base y situado cerca del cabezal de referencia.

Este indicador de calibración (segundo elemento de referencia) permite detectar la desviación en Y (o en Z, o en X) del cabezal de palpación.

*Disposición H: un sistema de medición comprende dicho dispositivo de palpación mecánico y un dispositivo externo con un sensor externo (tal como, por ejemplo, un dispositivo de toma de imágenes) apto para determinar la posición del cabezal de referencia (primer elemento de referencia).

*Disposición I: dicho sistema de medición en el que el sensor externo es un dispositivo óptico con un sensor óptico, cuyo eje óptico está dispuesto de manera ortogonal al plano (Y, Z).

*Disposición J: la dirección de medición es ortogonal a dicho eje principal (Z) del sensor (110), por ejemplo según la dirección horizontal Y.

El primer modo de realización 100, el segundo modo de realización 200, el tercer modo de realización 300, y el cuarto modo de realización 400 del sistema de medición tales como los descritos anteriormente comprenden un sensor mecánico, por lo tanto son unos ejemplos de una tecnología de determinación de perfil por contacto. Sin embargo, el sistema de medición según la presente invención también se puede presentar como un sistema sin contacto.

Dicho sistema de medición según la presente invención puede equipar un banco de medición, una estación de control de piezas durante el mecanizado e incluso puede estar integrado como un módulo de una máquina-herramienta.

Números de referencia empleados en las figuras

X	Eje transversal
Y	Eje de medición
Z	Eje principal (vertical)
Y0	Distancia que separa la varilla de palpación de la varilla del primer elemento de referencia
Z0	Distancia que separa el cabezal de palpación y el primer elemento de referencia de la parte de soporte
dY1	Desviación entre la base y la parte de soporte en la posición de medición
I0	Anchura de ranura 114c
L0	Longitud de ranura 114c
F1	Flecha (desplazamiento del sensor 110)
F2	Flecha (desplazamiento del sensor 110)
F3	Flecha (desplazamiento de la parte de soporte con respecto a la base 112)
A	Flecha (fuerza de apoyo del primer elemento de referencia 130 sobre la pieza 50)
R	Línea de referencia (vertical que pasa por el segundo elemento de referencia 150)
M	Línea de medición del perfil interno de la cara interna 54
C	Línea que sigue el perfil interno a medir
50	Pieza
51	Cara a medir (cara externa)
52	Alojamiento (orificio, taladro, etc.)
54	Cara a medir (cara interna)
100	Sistema de medición (primer modo de realización)
110	Sensor
110'	Sensor
112	Base
112a	Primer extremo
112b	Segundo extremo
114	Parte de soporte
114a	Primer extremo de la parte de soporte
114b	Segundo extremo de la parte de soporte
114c	Ranura
120	Sonda
122	Varilla de palpación
123	Cabezal de palpación
130	Primer elemento de referencia

	131 Varilla del primer elemento de referencia.
	140 Sistema de guiado
	141 Primera lámina de resorte
	142 Segunda lámina de resorte
5	143 Barra
	143a Primer extremo de la barra
	143b Segundo extremo de la barra
	150 Segundo elemento de referencia
	151 Varilla del segundo elemento de referencia.
10	160 Dispositivo de toma de imágenes
	162 Campo de visión del dispositivo de toma de imágenes
	164 Fuente de luz
	I Imagen después del tratamiento
	200 Sistema de medición (segundo modo de realización)
15	210 Sensor
	212 Base
	214 Parte de soporte
	220 Sonda
	222 Varilla de palpación
20	223 Cabezal de palpación
	230 Primer elemento de referencia
	231 Varilla del primer elemento de referencia
	240 Sistema de guiado
	241 Mazarota
25	250 Segundo elemento de referencia
	251 Varilla del segundo elemento de referencia.
	P Eje de rotación entre 214 y 212
	L1 Longitud del brazo de palanca
	300 Sistema de medición (tercer modo de realización)
30	310 Sensor
	312 Base (en forma de estribo)
	314 Parte de soporte (carro móvil deslizante en forma de L)
	320 Sonda
	322 Varilla de palpación
35	323 Cabezal de palpación
	330 Primer elemento de referencia
	331 Varilla del primer elemento de referencia
	340 Sistema de guiado
	344 Rail
40	345 Corredera
	346 Primer resorte helicoidal
	347 Segundo resorte helicoidal
	350 Segundo elemento de referencia
	351 Varilla del segundo elemento de referencia
45	400 Sistema de medición (tercer modo de realización)
	410 Sensor
	412 Base (en forma de estribo)
	414 Parte de soporte (carro móvil deslizante en forma de U)
	420 Sonda
50	422 Varilla de palpación
	423 Cabezal de palpación
	430 Primer elemento de referencia
	431 Varilla del primer elemento de referencia.
	440 Sistema de guiado
55	444 Rail
	445 Corredera
	446 Primer resorte helicoidal
	447 Segundo resorte helicoidal
	450 Segundo elemento de referencia
60	451 Varilla del segundo elemento de referencia

REIVINDICACIONES

1. Sistema de medición (100; 200; 300; 400) de un perfil externo de una pieza (50) o de un perfil interno de una pieza hueca (50), que comprende:

- una pieza (50) cuyo perfil interno o externo se va a medir,
- un sensor (110, 110'; 210; 310; 410) que comprende una sonda (120; 220; 320; 420), un primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) solidario con la sonda (120; 220; 320; 420) a través de una parte de soporte (114; 214; 314; 414), una base (112; 212; 312; 412) y un sistema de guiado (140; 240; 340; 440) que une la sonda (120; 220; 320; 420) con la base (112; 212; 312; 412), permitiendo un desplazamiento relativo entre ellos según por lo menos un grado de libertad que define una dirección de medición,
- estando dicho sensor (110, 110'; 210; 310; 410) dispuesto con respecto a la pieza (50) de manera que cuando tiene lugar el desplazamiento del sensor con respecto a la pieza según una dirección diferente de la dirección de medición, dicha sonda (120; 220; 320; 420) sea apta para seguir el contorno interno o externo de la pieza (50), mientras que el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) es apto para permanecer en el exterior de la pieza (50), efectuando un recorrido que reproduce el recorrido de la sonda (120; 220; 320; 420) a lo largo del contorno interno o externo de la pieza (50), y
- un dispositivo de toma de imágenes (160) apto para tomar unas imágenes que representan por lo menos una parte del exterior de la pieza (50) y el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430),
- unos medios de cálculo configurados para
 - detectar el desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) y la parte del exterior de la pieza (50) en dicha dirección de medición comparando las imágenes tomadas por el dispositivo de toma de imágenes (160), y
 - deducir un desplazamiento relativo entre la sonda (120; 220; 320; 420) y la base (112; 212; 312; 412) que corresponde a una desviación en la dirección de medición a lo largo del perfil medido de la pieza (50) a partir de dicho desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) y la parte del exterior de la pieza (50) en dicha dirección de medición.

2. Sistema de medición (100; 200; 300; 400) según la reivindicación 1, en el que el contorno interno o el contorno exterior de la pieza (50) forma una cara de revolución alrededor de un eje.

3. Sistema de medición (100; 200; 300; 400) según la reivindicación 1 o 2, en el que dicho sistema de guiado (140; 240; 340; 440) permite un único grado de libertad entre la sonda (120; 220; 320; 420) y la base (112; 212; 312; 412).

4. Sistema de medición (100; 200; 300; 400) según la reivindicación 1 o 2 o 3, que comprende además un segundo elemento de referencia (150; 250; 350; 450) solidario con la base (112; 212; 312; 412) y dispuesto en el exterior de la pieza (50), estando dicho segundo elemento de referencia (150; 250; 350; 450) colocado de manera que el dispositivo de toma de imágenes (160) sea apto para ver simultáneamente dicho primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430), dicho segundo elemento de referencia (150; 250; 350; 450) y dicha parte del exterior de la pieza (50).

5. Sistema de medición (100; 200; 300; 400) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la sonda (120; 220; 320; 420) comprende un cabezal de palpación (123) apto para seguir y detectar el contorno interno o externo de la pieza (50) por contacto.

6. Sistema de medición (100; 200; 300; 400) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la sonda (120; 220; 320; 420) comprende un cabezal de detección apto para seguir y detectar el contorno interno o externo de la pieza (50) sin contacto.

7. Sistema de medición (100; 200; 300; 400) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el dispositivo de toma de imágenes (160) comprende una cámara y una fuente luminosa (164) apta para iluminar simultáneamente dicha parte del exterior de la pieza (50) y el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430).

8. Sistema de medición (100; 200; 300; 400) según la reivindicación 7, en el que la cámara presenta un campo (162) de visión que permite ver dicha parte del exterior de la pieza (50) y el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430).

9. Sistema de medición (100; 200; 300; 400) según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, en el que el sistema de guiado (140; 240; 340; 440) comprende unos medios de retorno que permiten el retorno de la sonda

(120; 220; 320; 420) a una posición de reposo con respecto a la base (112; 212; 312; 412) cuando la sonda (120; 220; 320; 420) ya no está en interacción con el contorno interno o externo de la pieza (50).

5 10. Sistema de medición (100; 200; 300; 400) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el sistema de guiado (140; 240; 340; 440) comprende entre la sonda (120; 220; 320; 420) y la base (112; 212; 312; 412) una unión deslizante o bien una unión basculante.

11. Sistema de medición (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que:

- 10 - la pieza (50) es hueca y el contorno interno de la pieza (50) forma una cara (54) de revolución alrededor de un eje de revolución,
- 15 - la sonda (220) comprende un cabezal de palpación (223) apto para detectar por contacto el contorno interno de la pieza (50) y para seguir el contorno interno de la pieza (50) con un grado de libertad según una dirección (Y) de medición perpendicular a dicho eje de revolución, separando esta dirección (Y) de medición entre sí el cabezal de palpación (223) y el primer elemento de referencia (230),
- 20 - el sistema de guiado (240) comprende una unión basculante entre la sonda (120; 220; 320; 420) y la base (112; 212; 312; 412) alrededor de un eje (P) perpendicular a dicho eje de revolución y ortogonal a la dirección (Y) de medición.

25 12. Sistema de medición (200) según la reivindicación anterior, que comprende además un segundo elemento de referencia (250) solidario con la base (212) y situado en el exterior de la pieza, siendo el dispositivo de toma de imágenes (160) apto para tomar una imagen que comprende además el segundo elemento de referencia (250), por lo que la variación de la posición relativa entre el primer elemento de referencia (230) y el segundo elemento de referencia (250) permite la medición del perfil del contorno interno de la pieza (50).

13. Procedimiento de medición de un perfil interno de una pieza (50) hueca, que comprende las etapas siguientes:

- 30 i) suministrar un sensor (110, 110'; 210; 310; 410) que comprende una sonda (120; 220; 320; 420), un primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) solidario con la sonda (120; 220; 320; 420), una base (112; 212; 312; 412) y un sistema de guiado (140; 240; 340; 440) que une la sonda (120; 220; 320; 420) con la base (112; 212; 312; 412) permitiendo un desplazamiento relativo entre ellos según por lo menos un grado de libertad que define una dirección de medición, y suministrar un dispositivo de toma de imágenes (160),
- 35 ii) suministrar una pieza (50) hueca cuyo perfil interno se desea determinar,
- 40 iii) colocar el sensor (110, 110'; 210; 310; 410) de manera que la sonda (120; 220; 320; 420) esté en el interior de la pieza (50) y detecte un punto del perfil interno de la pieza (50), mientras que el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) está en el exterior de la pieza (50) y en el campo de visión del dispositivo de toma de imágenes (160),
- 45 iv) activar el sistema de toma de imágenes y formación de una imagen que representa por lo menos una parte del exterior de la pieza (50) y dicho elemento de referencia,
- 50 v) desplazar el sensor (110, 110'; 210; 310; 410) con respecto a la pieza (50) según un movimiento en una dirección diferente a la dirección de medición y que permite que la sonda (120; 220; 320; 420) permanezca en el interior de la pieza y siga el contorno interno de la pieza (50), mientras que el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) permanece fuera de la pieza (50), efectuando el mismo movimiento que la sonda (120; 220; 320; 420),
- vi) efectuar las etapas iv) y v) para otros puntos del contorno interno de la pieza (50),

en el que unos medios de cálculo efectúan además las etapas siguientes:

- 55 a) para cada imagen formada por dicho dispositivo de toma de imágenes (160), calcular la posición relativa entre el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) y la parte del exterior de la pieza (50), y
- 60 b) reconstituir el perfil medido de la pieza (50) a partir de dichas posiciones relativas del primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) calculadas sucesivamente,

y en el que los medios de cálculo efectúan además las etapas siguientes:

- 65 - comparar las imágenes tomadas por el dispositivo de toma de imágenes (160) con el fin de detectar el desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) y la parte del exterior de la pieza (50) en dicha dirección de medición, y

- deducir partir de dicho desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia y la parte del exterior de la pieza de un desplazamiento relativo entre la sonda (120; 220; 320; 420) y la base (112; 212; 312; 412) que corresponde a un desplazamiento en la dirección de medición a lo largo del perfil medido de la pieza (50).

14. Procedimiento de medición de un perfil externo de una pieza (50), que comprende las etapas siguientes:

- i) suministrar un sensor (110, 110'; 210; 310; 410) que comprende una sonda (120; 220; 320; 420), un primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) solidario con la sonda (120; 220; 320; 420), una base (112; 212; 312; 412) y un sistema de guiado (140; 240; 340; 440) que une la sonda (120; 220; 320; 420) con la base (112; 212; 312; 412) permitiendo un desplazamiento relativo entre ellos según por lo menos un grado de libertad que define una dirección de medición, y suministrar un dispositivo de toma de imágenes (160),
- ii) suministrar una pieza (50) cuyo perfil externo se desea determinar,
- iii) colocar el sensor (110, 110'; 210; 310; 410) de manera que la sonda (120; 220; 320; 420) esté en el exterior de la pieza (50) y detecte un punto del perfil externo de la pieza (50), mientras que el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) también está en el exterior de la pieza (50) y en el campo de visión del dispositivo de toma de imágenes (160),
- iv) activar el sistema de toma de imágenes y formar una imagen que representa por lo menos una parte del exterior de la pieza (50) y dicho elemento de referencia,
- v) desplazar el sensor (110, 110'; 210; 310; 410) con respecto a la pieza (50) según un movimiento en una dirección diferente a la dirección de medición y que permite que la sonda (120; 220; 320; 420) siga el contorno externo de la pieza (50), mientras que el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) permanece fuera de la pieza (50) efectuando el mismo movimiento que la sonda (120; 220; 320; 420),
- vi) efectuar las etapas iv) y v) para otros puntos del contorno externo de la pieza (50),

en el que unos medios de cálculo efectúan además las etapas siguientes:

- a) para cada imagen formada por dicho dispositivo de toma de imágenes (160), calcular la posición relativa entre el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) y la parte del exterior de la pieza (50), y
- b) reconstituir el perfil medido de la pieza (50) a partir de dichas posiciones relativas del primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) calculadas sucesivamente,

y en el que los medios de cálculo efectúan además las etapas siguientes:

- comparar las imágenes tomadas por el dispositivo de toma de imágenes (160) con el fin de detectar el desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) y la parte del exterior de la pieza (50) en dicha dirección de medición, y
- deducir, a partir de dicho desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia y la parte del exterior de la pieza, un desplazamiento relativo entre la sonda (120; 220; 320; 420) y la base (112; 212; 312; 412) que corresponde a un desplazamiento en la dirección de medición a lo largo del perfil medido de la pieza (50).

15. Procedimiento de medición de un perfil de una pieza (50), que comprende las etapas siguientes:

- i) suministrar un sensor (110, 110'; 210; 310; 410) que comprende una sonda (120; 220; 320; 420), un primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) solidario con la sonda (120; 220; 320; 420), una base (112; 212; 312; 412) y un sistema de guiado (140; 240; 340; 440) que une la sonda (120; 220; 320; 420) con la base (112; 212; 312; 412) permitiendo el desplazamiento relativo entre ellos según por lo menos un grado de libertad que define una dirección de medición, y suministrar un dispositivo de toma de imágenes (160),
- ii) suministrar una pieza (50) cuyo perfil se desea determinar,
- iii) colocar el sensor (110, 110'; 210; 310; 410) de manera que la sonda (120; 220; 320; 420) detecte un punto del contorno de la pieza (50) mientras que el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) está en el exterior de la pieza (50) y en el campo de visión del dispositivo de toma de imágenes (160),
- iv) activar el sistema de toma de imágenes y formar una imagen que representa por lo menos una parte del exterior de la pieza (50) y dicho elemento de referencia,

v) desplazar el sensor (110, 110'; 210; 310; 410) con respecto a la pieza (50) según un movimiento en una dirección diferente a la dirección de medición y que permite que la sonda (120; 220; 320; 420) siga el contorno de la pieza (50), mientras que el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) permanece fuera de la pieza (50) efectuando el mismo movimiento que la sonda (120; 220; 320; 420),

vi) efectuar las etapas iv) y v) para otros puntos del contorno de la pieza (50),

en el que unos medios de cálculo efectúan además las etapas siguientes:

a) para cada imagen formada por dicho dispositivo de toma de imágenes (160), calcular la posición relativa entre el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) y la parte del exterior de la pieza (50), y

b) reconstituir el perfil medido de la pieza (50) a partir de dichas posiciones relativas del primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) calculadas sucesivamente,

y en el que los medios de cálculo efectúan además las etapas siguientes:

- comparar las imágenes tomadas por el dispositivo de toma de imágenes (160) con el fin de detectar el desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia (130; 230; 330; 430) y la parte del exterior de la pieza (50) en dicha dirección de medición, y

- deducir, a partir de dicho desplazamiento relativo entre el primer elemento de referencia y la parte del exterior de la pieza, un desplazamiento relativo entre la sonda (120; 220; 320; 420) y la base (112; 212; 312; 412) que corresponde a un desplazamiento en la dirección de medición a lo largo del perfil medido de la pieza (50).

16. Procedimiento de medición según la reivindicación 14, en el que la pieza (50) es hueca y el contorno interno de la pieza (50) forma una cara (54) de revolución alrededor de un eje de revolución,

- la sonda (220) comprende un cabezal de palpación (223) apto para detectar por contacto el contorno interno de la pieza (50) y para seguir el contorno interno de la pieza (50) con un grado de libertad según una dirección (Y) de medición perpendicular a dicho eje de revolución, separando esta dirección (Y) de medición entre sí el cabezal de palpación (223) y el primer elemento de referencia (230),

- el sistema de guiado (240) comprende una unión basculante entre la sonda (120; 220; 320; 420) y la base (112; 212; 312; 412) alrededor de un eje (P) perpendicular a dicho eje de revolución y ortogonal a la dirección (Y) de medición.

17. Procedimiento de medición según la reivindicación 16, en el que el sensor (110, 110'; 210; 310; 410) comprende además un segundo elemento de referencia (250) solidario con la base (212) y situado en el exterior de la pieza (50), siendo el dispositivo de toma de imágenes (160) apto para tomar una imagen que comprende además el segundo elemento de referencia (250), por lo que la variación de la posición relativa entre el primer elemento de referencia (230) y el segundo elemento de referencia (250) permite la medición del perfil del contorno interno de la pieza (50).

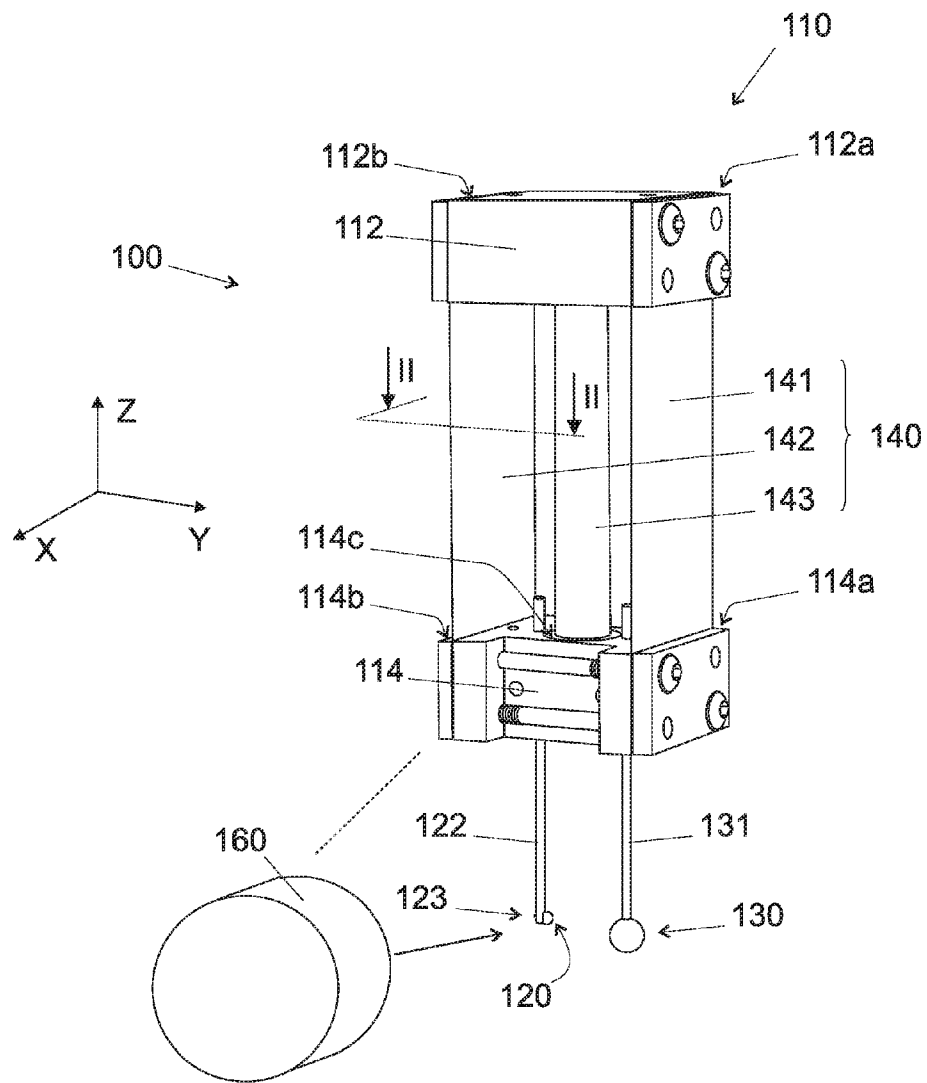


Fig. 1

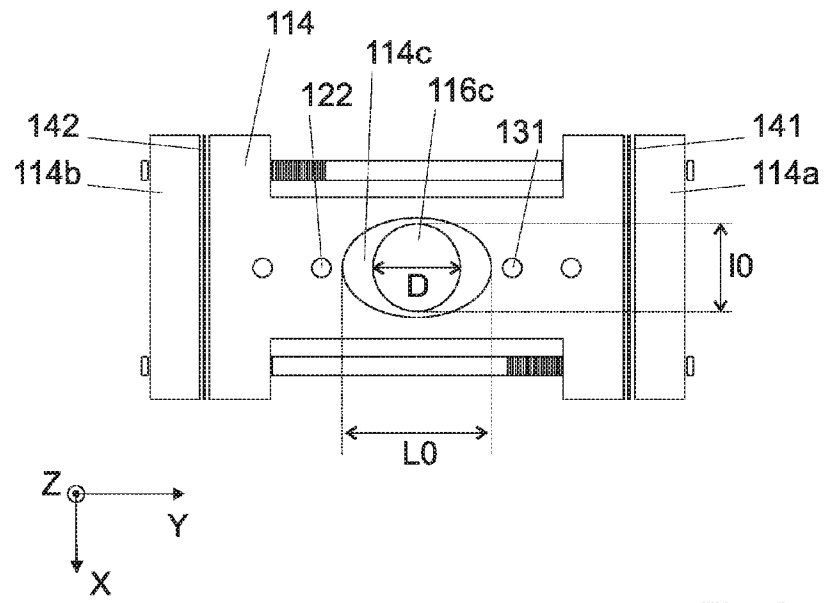


Fig. 2

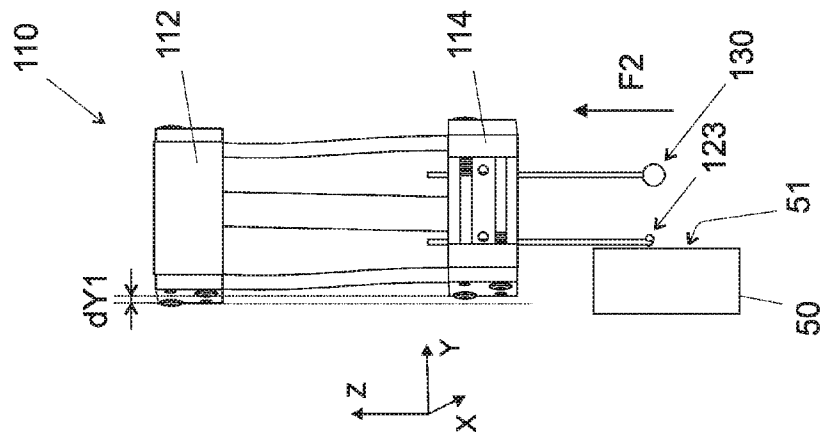


Fig. 5

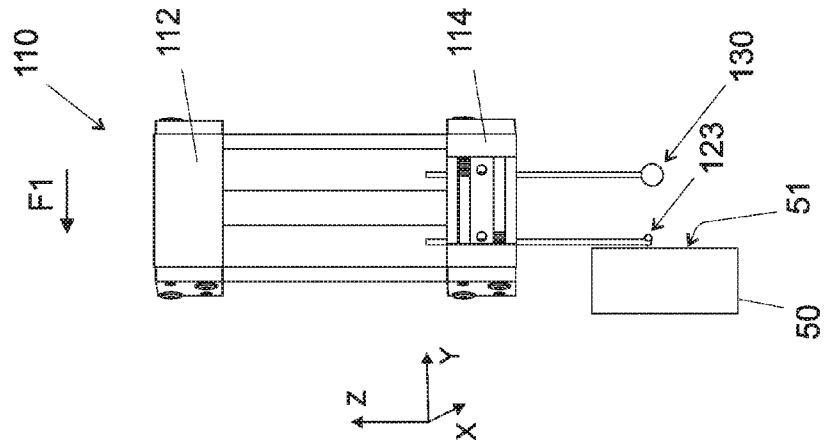


Fig. 4

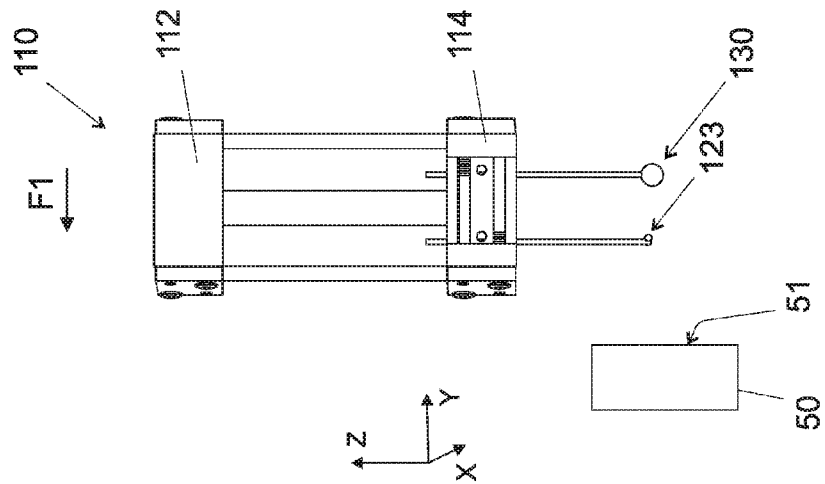


Fig. 3

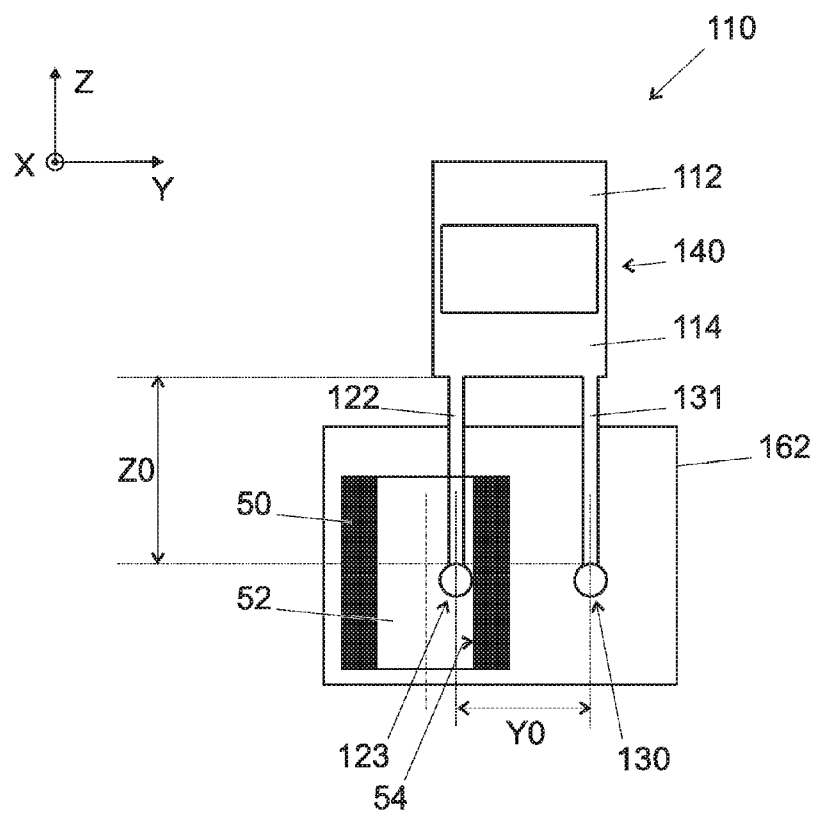


Fig. 6

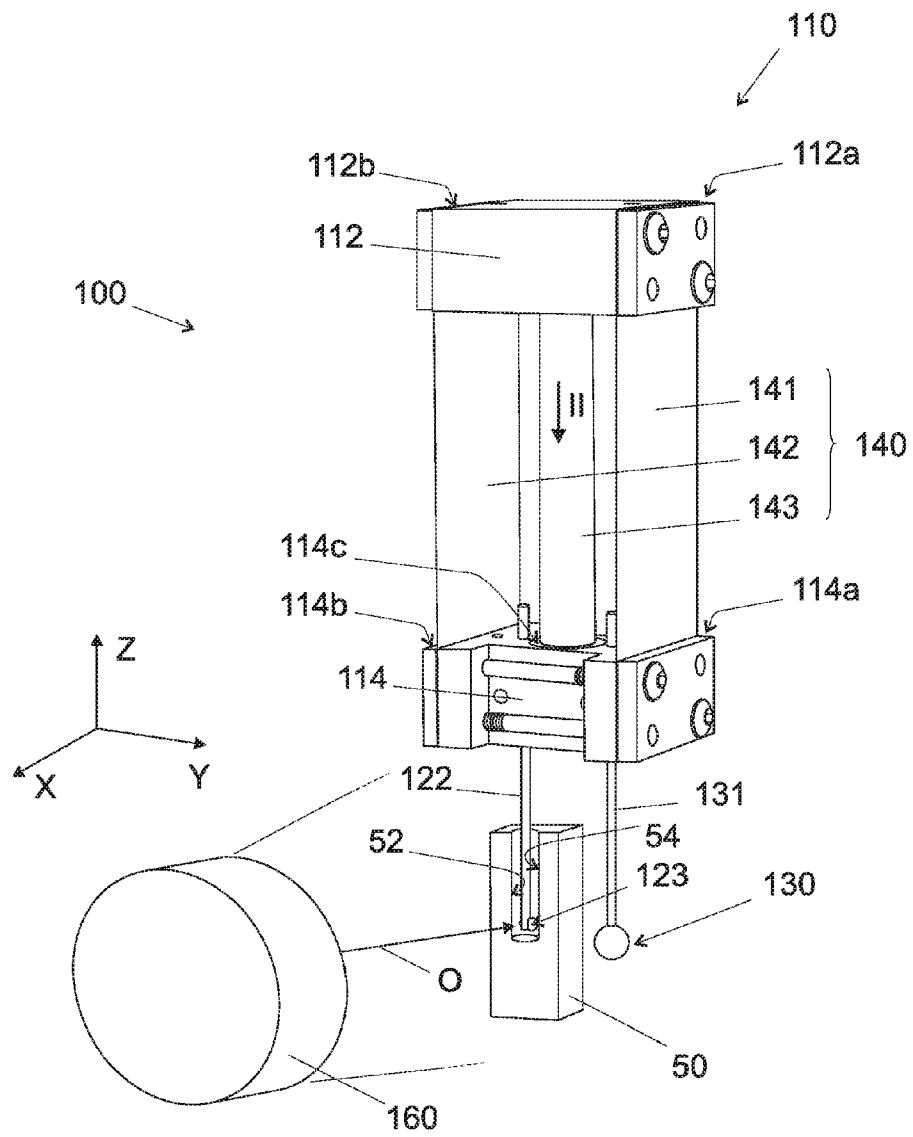


Fig. 7

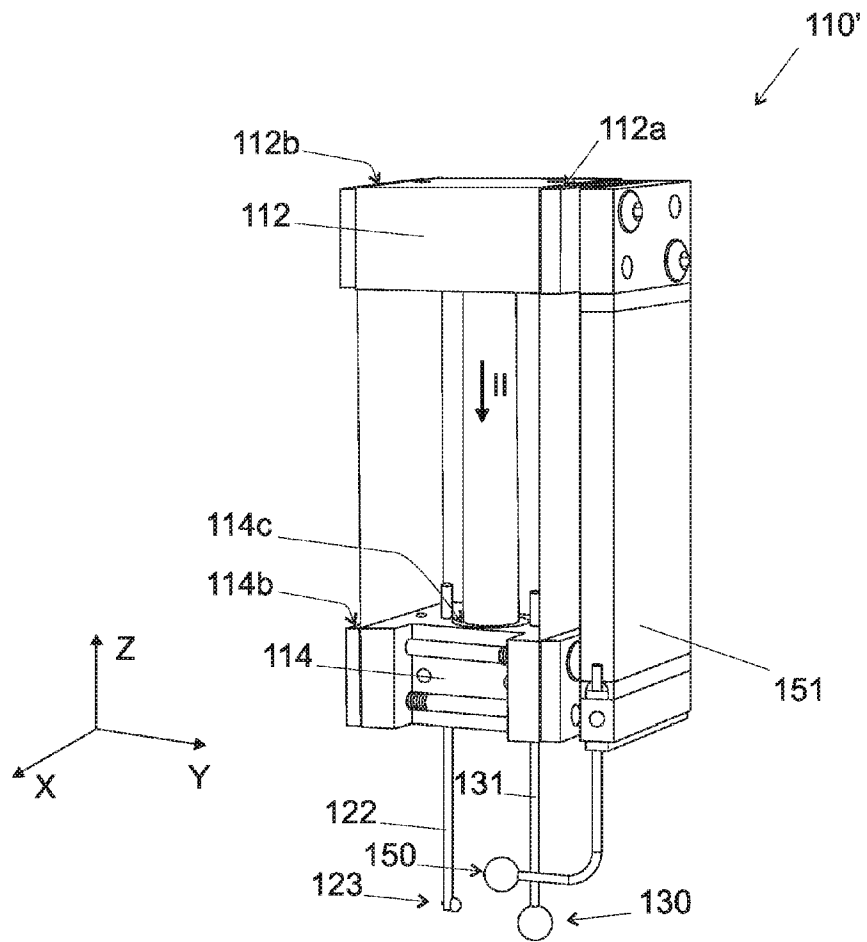


Fig. 8

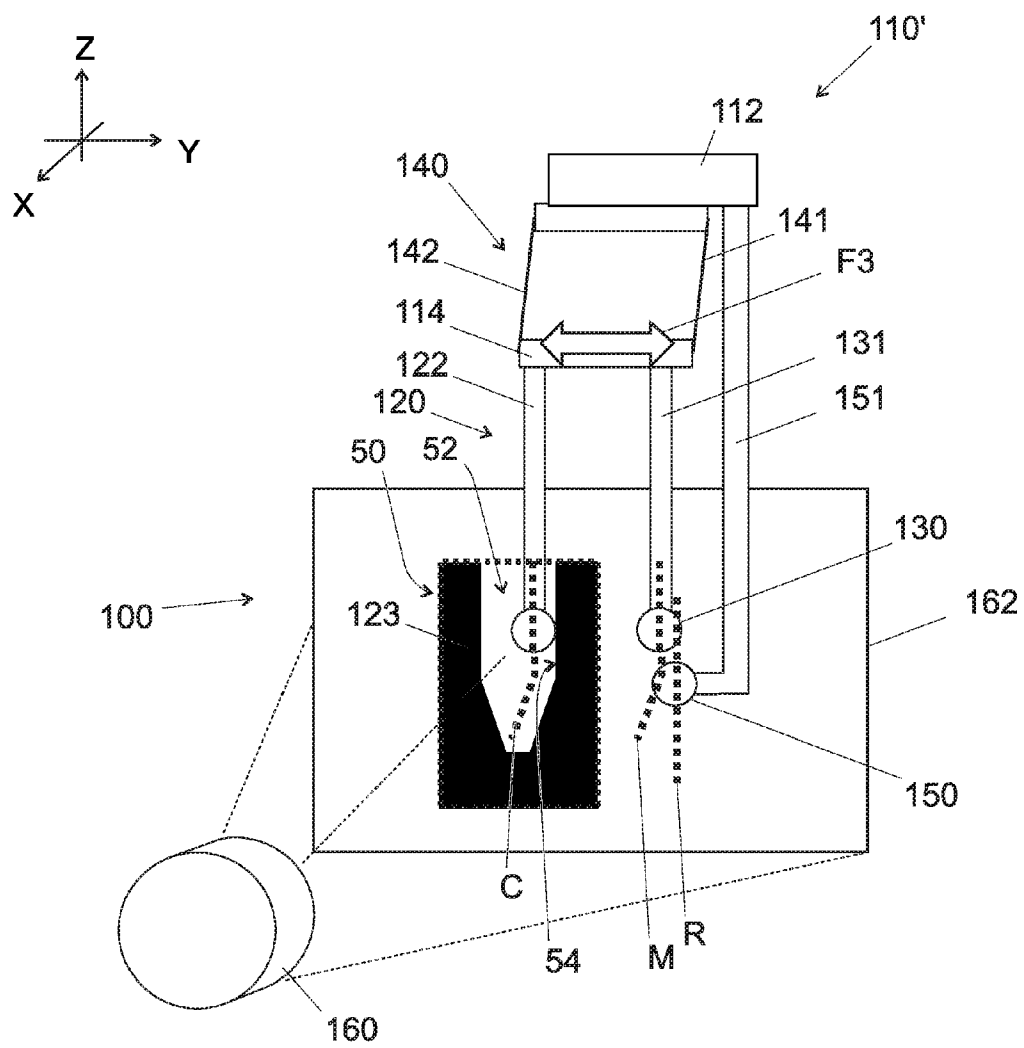
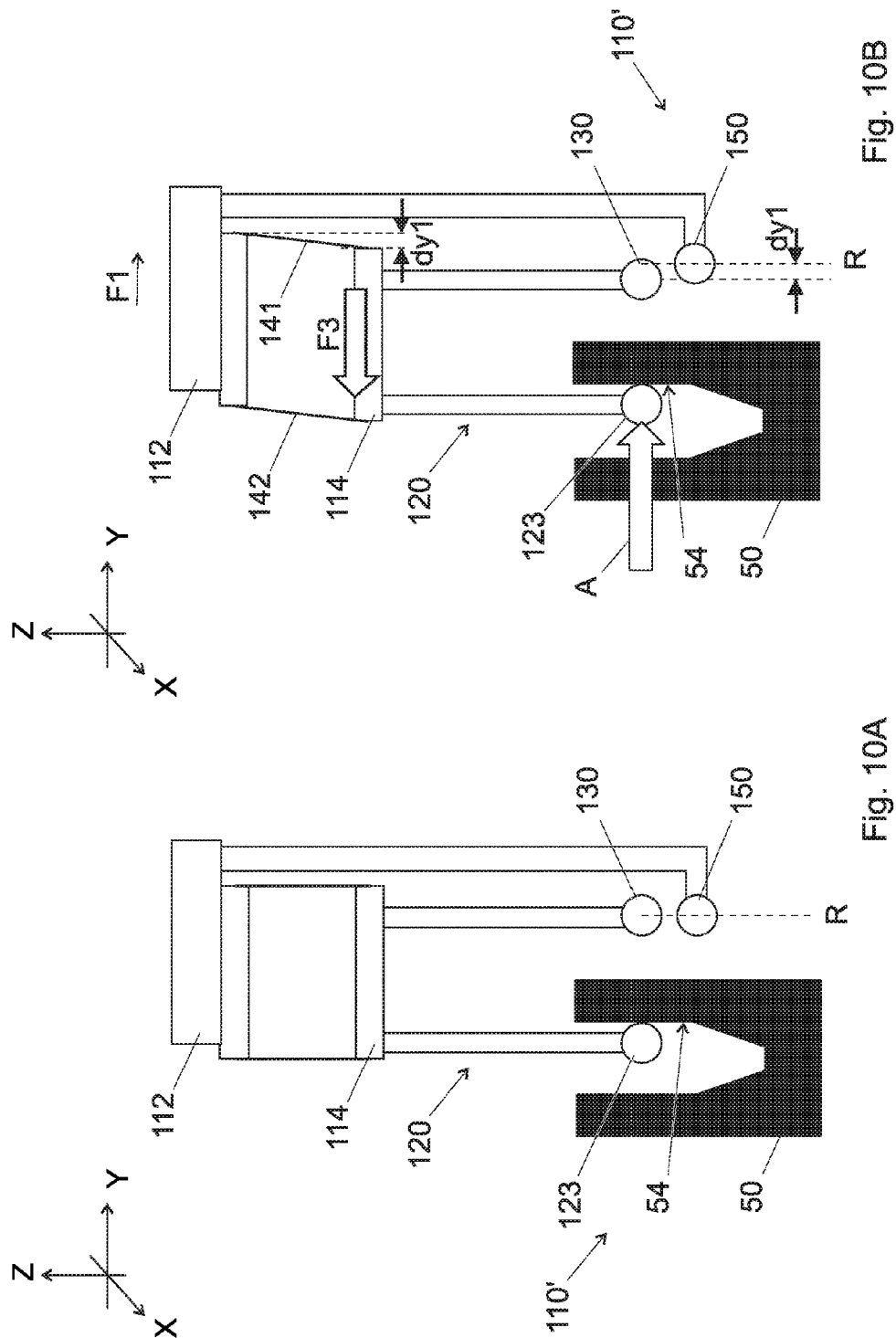


Fig. 9



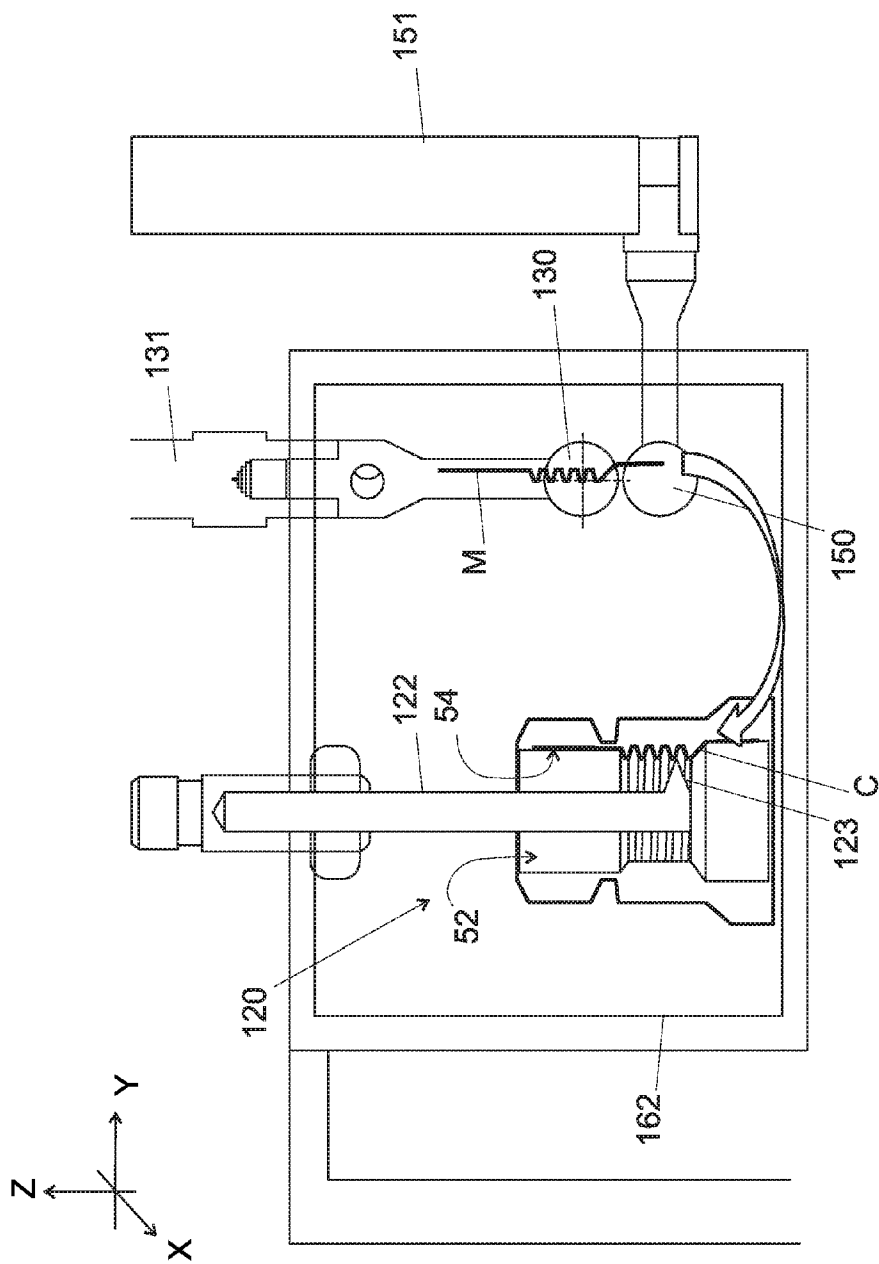


Fig. 11

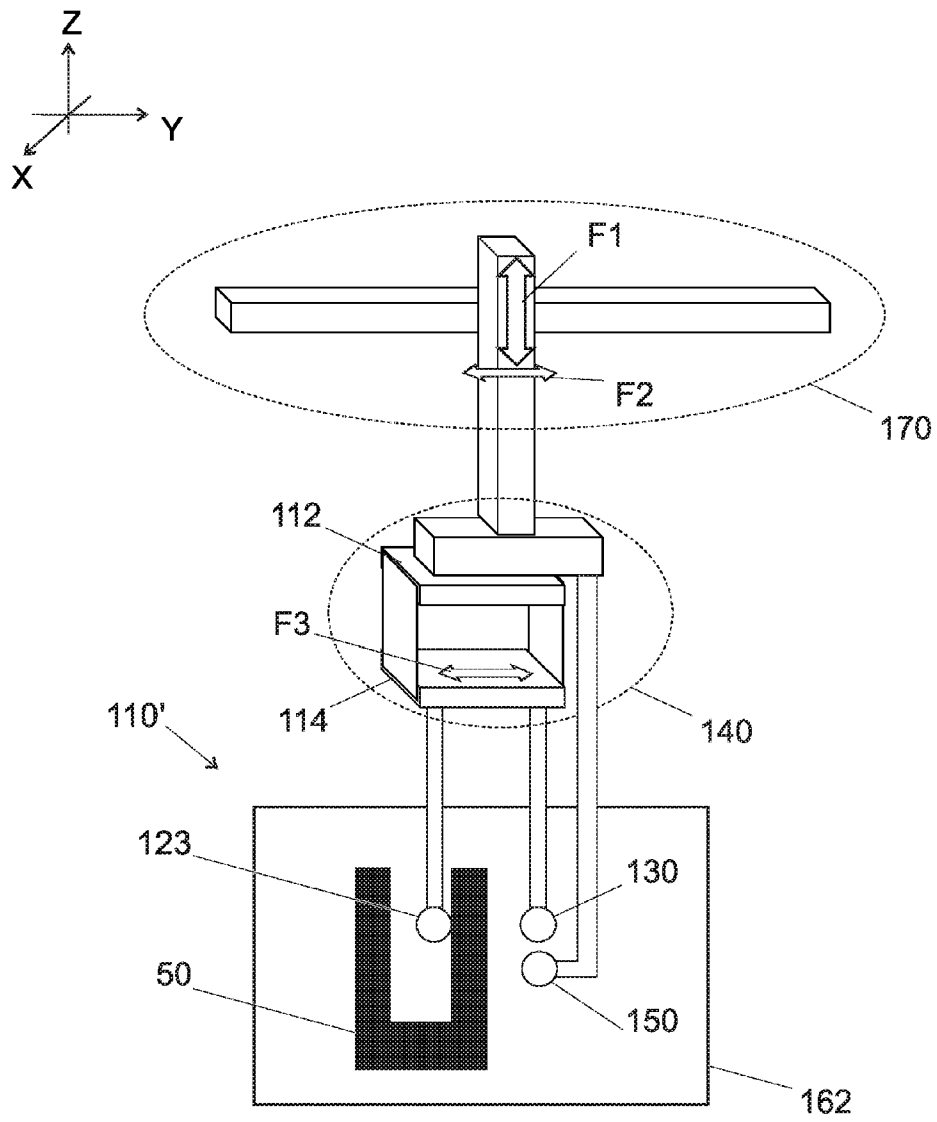


Fig. 12

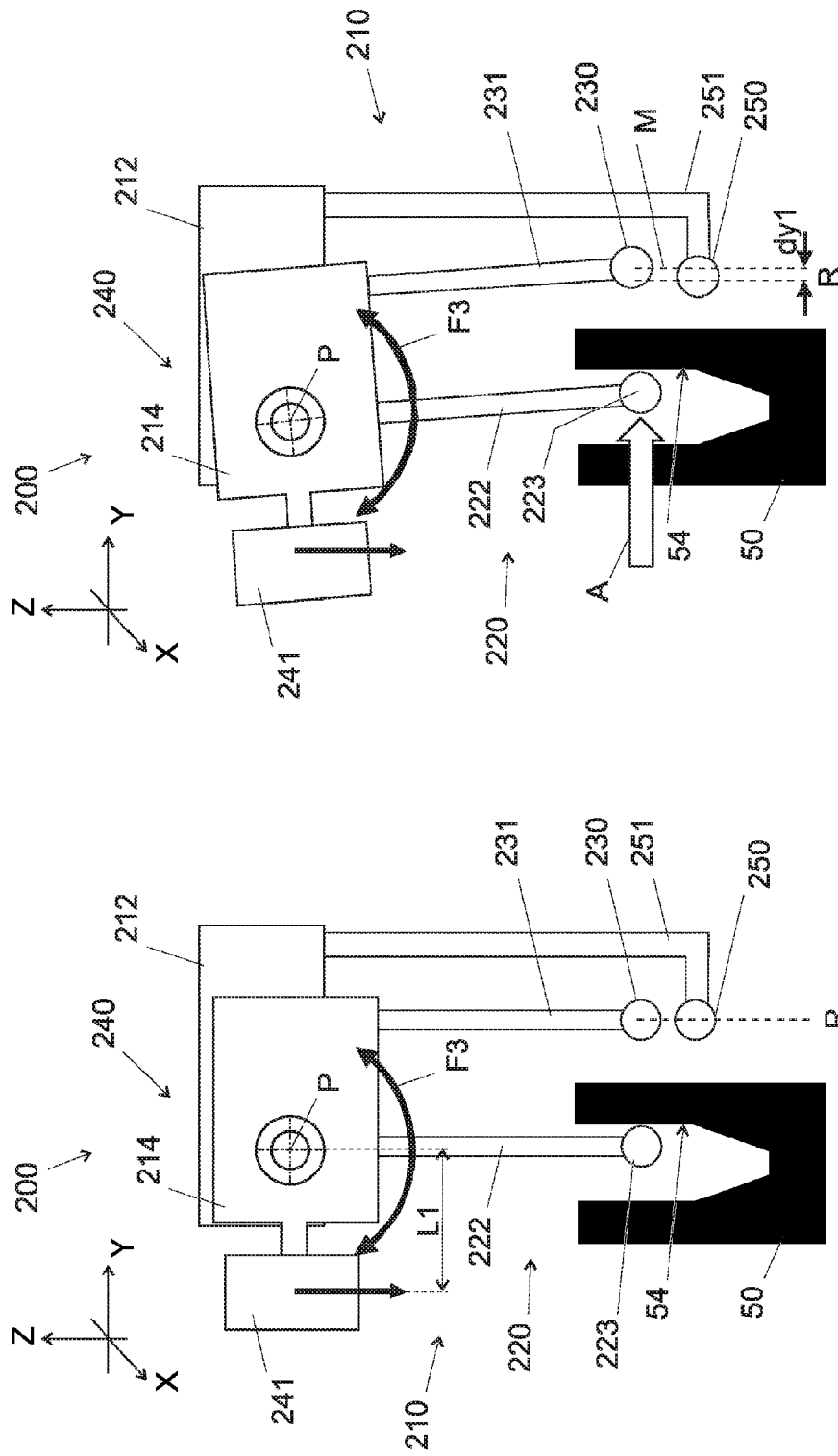


Fig. 13B

Fig. 13A

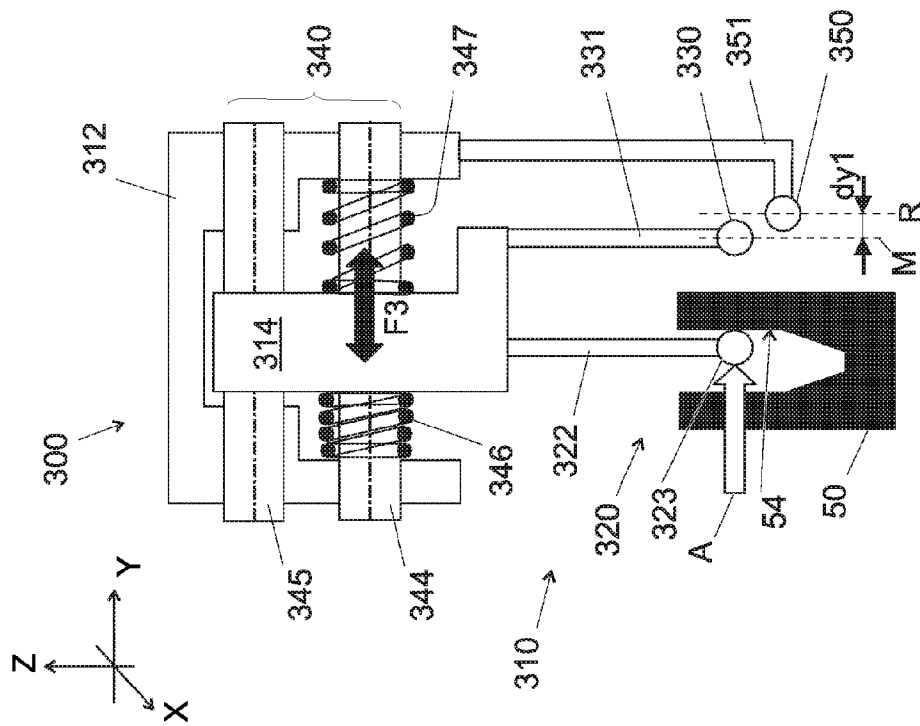


Fig. 14B

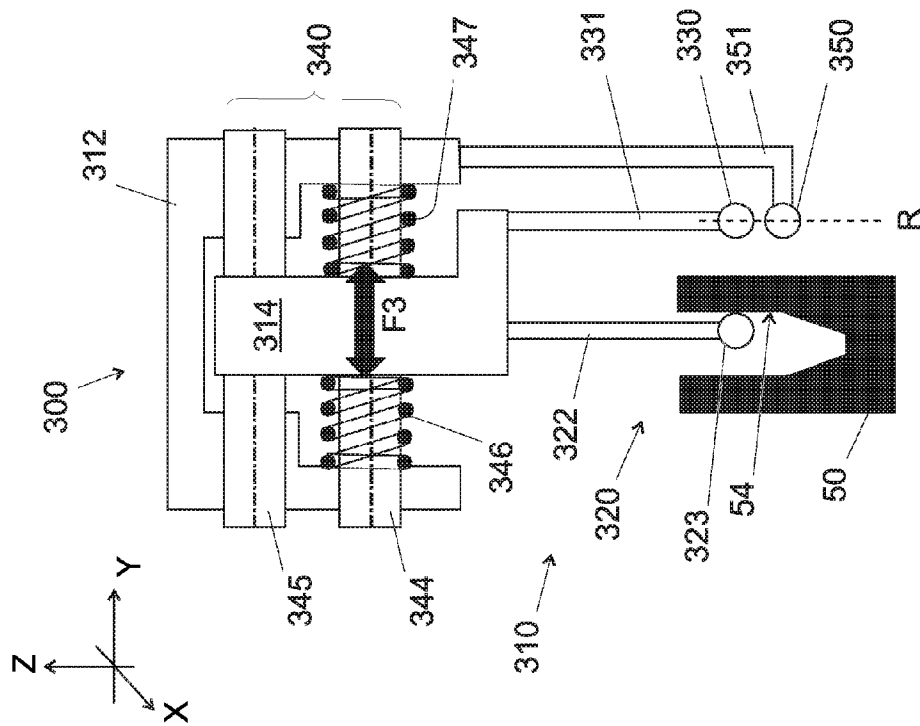


Fig. 14A

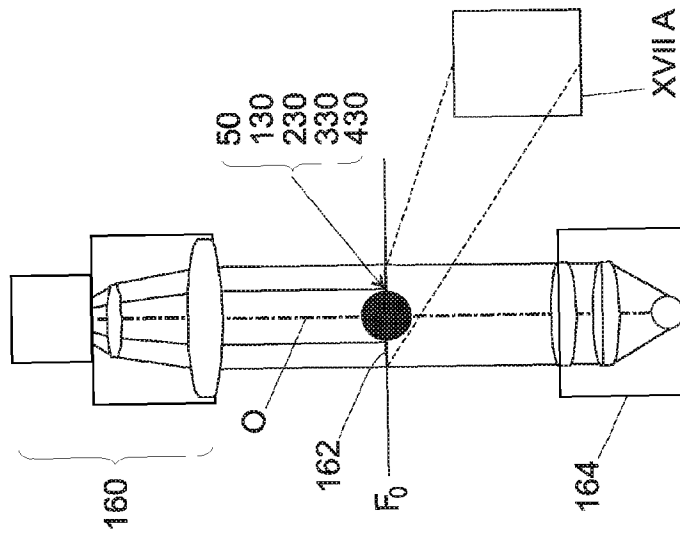


Fig. 16

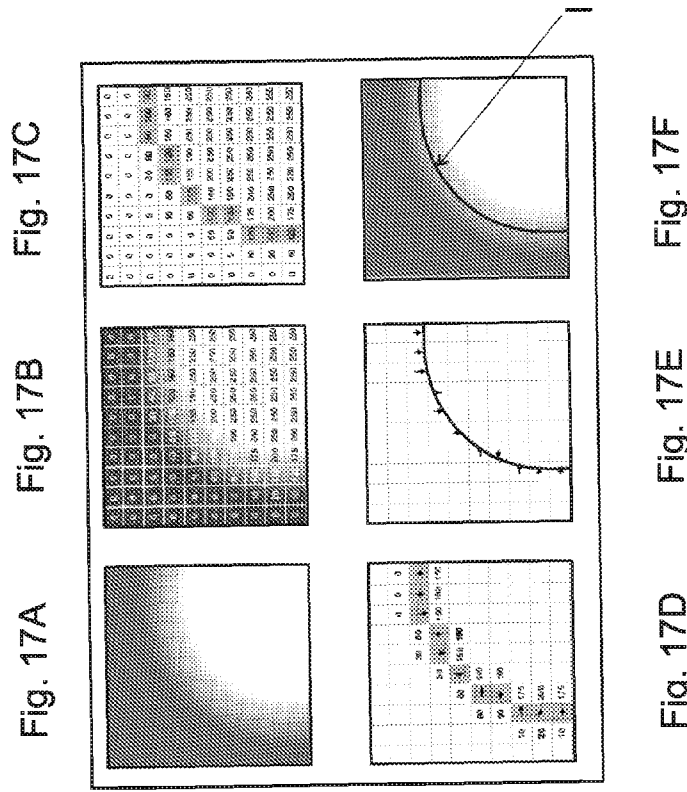


Fig. 17A

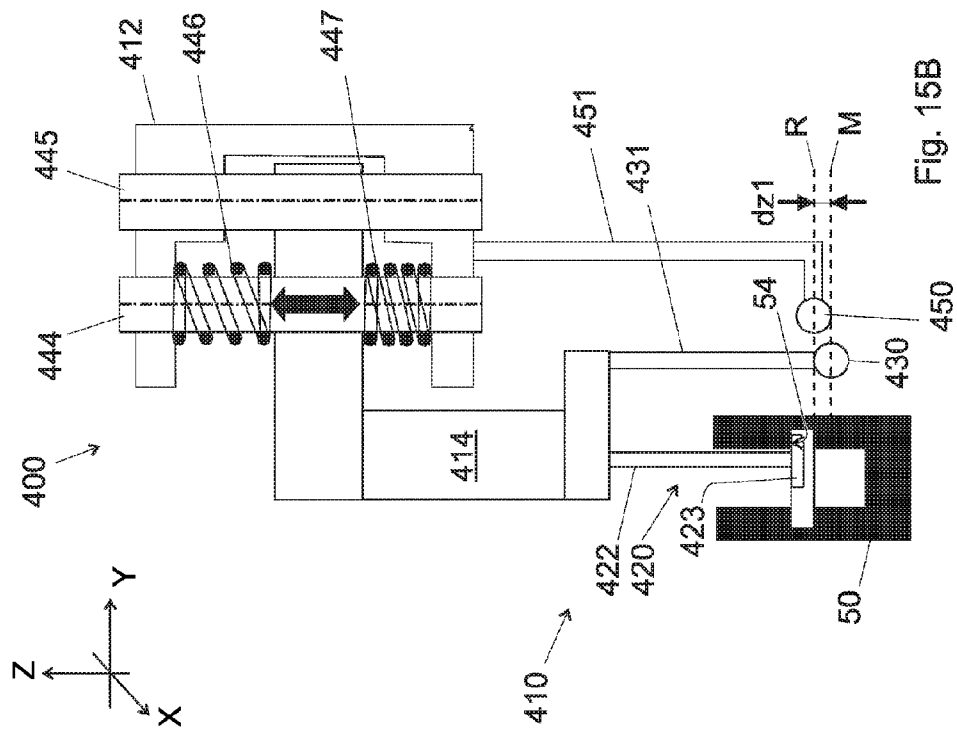
Fig. 17B

Fig. 17C

Fig. 17F

Fig. 17E

Fig. 17D





 ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

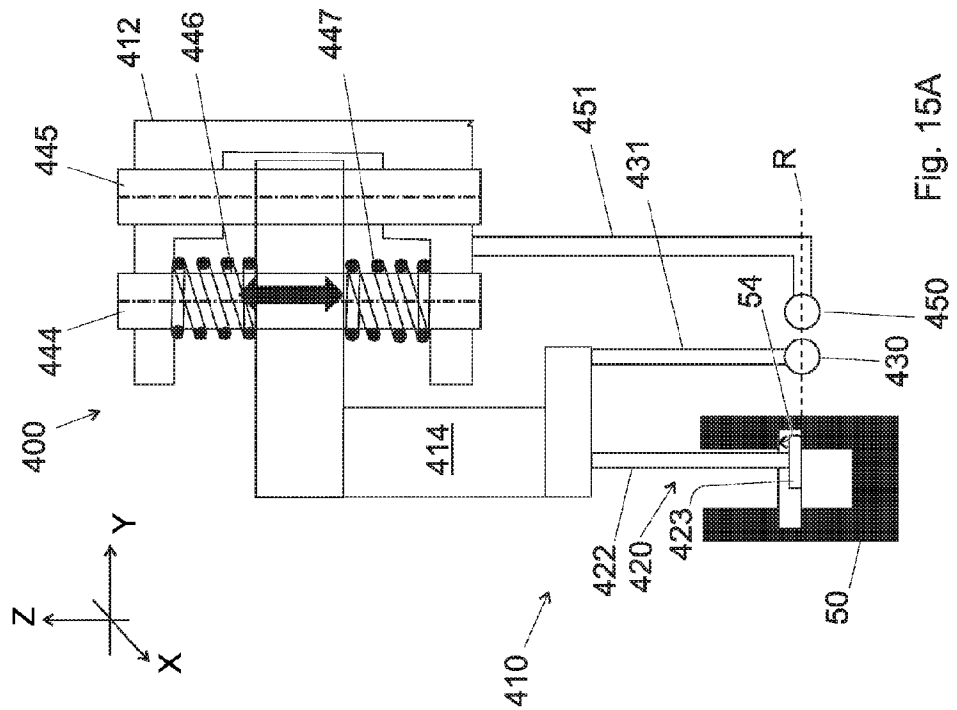


Fig. 15A