

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 910 957**

51 Int. Cl.:

G01B 11/06 (2006.01)

G01B 11/08 (2006.01)

G01B 11/12 (2006.01)

G01B 11/24 (2006.01)

B23Q 17/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2019 E 19194827 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2022 EP 3628963**

54 Título: **Sistema de medición y método de fabricación de un eje con orificio**

30 Prioridad:

27.09.2018 JP 2018181455

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

17.05.2022

73 Titular/es:

**HITACHI METALS, LTD. (100.0%)
2-70, Konan 1-chome
Minato-ku, Tokyo 108-8224, JP**

72 Inventor/es:

**WATANABE, MASAHIRO;
UTSUMI, KOJI;
FUJIHARA, SHIGEYOSHI;
OMURO, YUSUKE y
KAYAMA, SHINJI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 910 957 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 de medición y método de fabricación de un eje con orificio

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la Invención

La presente invención se refiere a un método y a un sistema para la medición de un objeto, que es un eje con un orificio, tal como un eje hueco (al que se hace referencia también como orificio pasante) o un eje con un orificio ciego, y a un método de fabricación del objeto.

2. Descripción de la técnica relacionada

En el pasado, los extremos del eje podían medirse con un micrómetro o un dispositivo similar en un caso en el que el eje de la periferia interior de un eje hueco o un eje con un orificio ciego y el eje de la periferia exterior del mismo deben coincidir entre sí de manera precisa. Sin embargo, debido a que un instrumento de medición no puede entrar en la parte media del eje, se ha requerido un esfuerzo para medir un espesor con ondas ultrasónicas para medir el grado de coincidencia de los ejes.

Existe un dispositivo descrito en el documento JP 2013-164273 A como un dispositivo que puede medir el diámetro interior de un eje hueco. El dispositivo incluye un cabezal de medición que se sostiene en el extremo de una varilla, que debe insertarse en una pieza de trabajo y que mide ópticamente la forma de la sección transversal interior de un objeto usando un láser y una cámara; o un cabezal de medición que puede escanear la superficie de la sección transversal interior mediante la rotación de un medidor de desplazamiento con contacto.

En el documento JP 2013-164273 A, en una técnica descrita solo se midió el diámetro interior de un eje hueco y no pudo medirse el espesor del eje hueco.

Mientras, debido a que la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas cambia debido a una variación en el material en una técnica tal como el método en la técnica relacionada que aplica ondas ultrasónicas desde la periferia exterior y mide directamente un espesor a partir del tiempo de propagación de las ondas ultrasónicas reflejadas en la periferia interior, existe un problema en el sentido de que la técnica tiene un error del orden de 0,1 mm. Además, debido a que es necesario mecanizar la superficie de un material para dejarla lisa para aplicar ondas ultrasónicas al material, existe también un problema en el sentido de que se requiere un proceso adicional para medir el espesor.

El documento EP 3 351 894 A1 describe un sistema de medición y de mecanizado para elementos tubulares, que emplea triangulación láser para medir las distancias entre un sensor láser y el extremo tubular. El documento EP 2 905 576 A1 describe un dispositivo de medición de forma relacionado con la presente invención.

SUMARIO DE LA INVENCION

La invención se ha realizado teniendo en cuenta las circunstancias indicadas anteriormente, y un objeto de la invención es proporcionar un sistema que pueda medir de manera precisa el espesor de un eje con un orificio y un método de fabricación de un eje con un orificio. Otros objetos de la invención se harán evidentes en las realizaciones.

El sistema de medición de la presente invención se define en la reivindicación 1. El método de fabricación de la presente invención se define en la reivindicación 6.

En las reivindicaciones dependientes se exponen otras características ventajosas.

Según la invención, es posible proporcionar un sistema que pueda medir de manera precisa el espesor de un eje con un orificio, y un método de fabricación de un eje con un orificio.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama que ilustra la estructura de un sistema de medición de la invención;

La Figura 2 es una vista ampliada de una unidad de cabezal de medición del sistema de medición de la invención;

La Figura 3 es una vista ampliada que ilustra un ejemplo no reivindicado de una estructura de una unidad de cabezal de medición de un sistema de medición;

La Figura 4 es un diagrama que ilustra la definición de diversas distancias entre la unidad de cabezal de medición del sistema de medición y una pieza de trabajo;

Las Figuras 5A y 5B son diagramas que ilustran ejemplos de los datos de salida de un dispositivo de determinación de distancia de la invención;

La Figura 6 es un diagrama que ilustra el flujo de una operación de medición de la invención;

La Figura 7 es un diagrama que ilustra un ejemplo de un método de análisis/visualización para las distribuciones

de un diámetro interior, una forma exterior y un espesor de la invención;

La Figura 8 es un diagrama que ilustra otro ejemplo del método de análisis/visualización de para las distribuciones de un diámetro interior, una forma exterior y un espesor de la invención;

La Figura 9 es un diagrama que ilustra un problema en un caso en el que deben medirse un diámetro interior y un diámetro exterior en el sistema de medición de la invención;

La Figura 10 es un diagrama que ilustra una realización en la que se usa una sonda de contacto para obtener de manera precisa un diámetro interior y un diámetro exterior en el sistema de medición de la invención;

Las Figuras 11A, 11B, 11C, 11D y 11E son diagramas que ilustran una realización en la que se añade luz de medición adicional en un cabezal de medición para una periferia interior para obtener de manera precisa un diámetro interior y un diámetro exterior en el sistema de medición de la invención; y

Las Figuras 12A, 12B y 12C son diagramas que ilustran un ejemplo de un método de mecanizado de una periferia exterior usando el resultado de la medición del sistema de medición de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

A continuación, las realizaciones y los ejemplos se describirán con referencia a los dibujos. Mientras, en las siguientes realizaciones se describirá a modo de ejemplo un eje hueco, que incluye un orificio pasante en el mismo, pero pueden usarse también objetos a ser medidos que incluyen otros orificios, tales como un orificio ciego, como un objeto.

[Primera realización]

La Figura 1 ilustra la estructura completa de un sistema de medición de la invención que está instalado en un aparato 201 de mecanizado. El sistema de medición es un sistema que incluye un instrumento 100 de medición, un dispositivo 101 de determinación de distancia y un dispositivo 102 de control de medición. Mientras, el instrumento 100 de medición incluye cabezales 106 y 107 de medición, varillas 104 y 105 y una base 103 de instrumento de medición, tal como se describe más adelante. El dispositivo 101 de determinación de distancia genera luz de medición y envía la luz de medición a los conectores 109 de la base 103 de instrumento de medición a través de dos fibras 110 ópticas. La base 103 de instrumento de medición envía la luz de medición a los cabezales 106 y 107 de medición a través de fibras 108 ópticas. El cabezal 106 de medición es un cabezal de medición para una periferia exterior, y el cabezal 107 de medición es un cabezal de medición para una periferia interior. Los cabezales 106 y 107 de medición irradian la parte periférica exterior y la parte periférica interior de un objeto 300 a ser medido (un ejemplo de la sección transversal de un eje hueco se ilustra en la Figura 1) con la luz de medición, respectivamente; condensan la luz, que es reflejada por el objeto 300 a ser medido y que vuelve de nuevo; y hacen que la luz condensada vuelva al dispositivo 101 de determinación de distancia a través de las fibras 108 ópticas, los conectores 109 y las fibras 110 ópticas.

El cabezal 106 de medición para una periferia exterior está sujetado en la base 103 de instrumento de medición por la varilla 104 para una periferia exterior y el cabezal 107 de medición para una periferia interior está sujetado en la base 103 de instrumento de medición por la varilla 105 para una periferia interior, de manera que se forme un instrumento 100 de medición, en su conjunto. El instrumento 100 de medición está montado sobre un eje de herramienta (un carro que sujeta una fresa y que es móvil) o un contrapunto 204 del aparato 201 de mecanizado (por ejemplo, un torno) y que está sujeto horizontalmente. Por ejemplo, un eje hueco, que es el objeto 300 a ser medido, se monta en un husillo (eje giratorio) 202 del aparato 201 de mecanizado mediante un mandril 203. El objeto 300 a ser medido puede ser soportado desde debajo y los lados izquierdo y derecho por un soporte 205 de pieza, según sea necesario. Mientras, en un caso el que el aparato 201 de mecanizado es un torno que incluye un portafresas, el instrumento 100 de medición puede estar montado en el portafresas. En la siguiente descripción, se describirá un caso en el que el instrumento de medición está montado en el contrapunto 204.

Las posiciones del instrumento 100 de medición en una dirección x y en una dirección y de la Figura 1 se ajustan mediante el eje de la herramienta o el contrapunto 204 de manera que un eje 210 de rotación del husillo 202 del aparato 201 de mecanizado (al que se hace referencia, en adelante, simplemente como un eje 210 de rotación) y el centro del cabezal 107 de medición para una periferia interior (el centro de la sección transversal xy del cabezal 107 de medición para una periferia interior a ser insertado en la parte periférica interior del objeto 300 a ser medido) coincidan sustancialmente uno con el otro. El instrumento 100 de medición es movido adicionalmente en la dirección -z de la Figura 1 por el eje de la herramienta o el contrapunto 204, de manera que el cabezal 107 de medición para una periferia interior se inserte en el objeto 300 a ser medido y el cabezal 106 de medición para una periferia exterior se inserte en el exterior del objeto 300 a ser medido mientras se evita el soporte 205 de pieza.

En un estado en el que el cabezal 106 de medición para una periferia exterior y el cabezal 107 de medición para una periferia interior se insertan hasta una posición apropiada del objeto 300 a ser medido, el objeto 300 a ser medido se hace girar mediante la rotación del husillo. 202. Las distancias a la superficie periférica exterior y a la superficie periférica interior del objeto 300 a ser medido son medidas durante la rotación por el cabezal 106 de medición para una periferia exterior y el cabezal 107 de medición para una periferia interior, de manera que puedan realizarse la medición de las distribuciones angulares de una desviación del diámetro interior, una desviación del diámetro exterior y un espesor en la posición. En este momento, en un caso en el que las posiciones en las que un usuario desea medir el objeto 300 a ser

medido están presentes en N secciones transversales, la operación indicada anteriormente puede realizarse en las posiciones correspondientes a los números entre paréntesis, es decir, (1), (2), (3), ..., (N) ilustradas en la Figura 1 en un estado en el que los cabezales están insertados.

En este caso, el control del aparato 201 de mecanizado (por ejemplo, la posición (más específicamente, el ángulo de rotación) del eje hueco y la posición del contrapunto) es realizado por un dispositivo 220 de control de tipo NC (control numérico). Mientras se supervisan los datos de posición en cada eje del aparato 201 de mecanizado obtenidos desde el dispositivo 220 de control de tipo NC, el dispositivo 102 de control de medición recibe los datos de distancia medidos, que son medidos por y emitidos desde el dispositivo 101 de determinación de distancia, y realiza el procesamiento de los datos de medición. El ángulo de rotación del eje hueco puede ser cambiado manualmente por un trabajador o puede cambiarse la posición del instrumento 100 de medición, pero la precisión de la medición se mejora adicionalmente en un caso en el que se usa la operación estable del dispositivo 220 de control de tipo NC. Además, los datos NC para el mecanizado de corrección/acabado pueden generarse en base a los datos medidos, tales como las excentricidades de la forma interior y la forma exterior, que se obtienen desde el dispositivo 102 de control de medición.

<<Método de medición de distancia>>

Según la invención, los métodos indicados anteriormente pueden utilizarse como un método de medición de una distancia. Uno de estos métodos es un método de medición del tiempo requerido en un caso en el que se aplica luz a un objeto a ser medido y vuelve. El método de medición de una distancia puede incluir OCT (tomografía de coherencia óptica) o FMCW (onda continua modulada en frecuencia). Además, un método de medición del tiempo que ha transcurrido hasta que se recibe un pulso o una ráfaga de luz después de la aplicación del pulso o ráfaga de luz, tal como un método TOF (tiempo de vuelo), y métodos de medición de la fase de una señal recibida después la aplicación de luz de intensidad modulada continuamente, tal como un método de cambio de fase y un método de determinación de distancia usando peines de frecuencias ópticas, pueden usarse como el método de medición de una distancia según la invención.

En ejemplos no reivindicados, existe también un método de medición de desenfoque. En ejemplos no reivindicados adicionales, pueden usarse un método de detección de errores de enfoque astigmático, un método de filo de cuchillo y un método de holografía conoscópica, además de un método confocal con fuente de luz blanca que se describirá más adelante.

En otros ejemplos no reivindicados, existe también un denominado método de triangulación de franjas de luz en el que un objeto se irradia con luz láser y se mide oblicuamente la posición de un punto, que brilla sobre la superficie del objeto por la dispersión, para medir una distancia mediante triangulación.

<<Cabezal de medición>>

El cabezal 106 de medición para una periferia exterior y el cabezal 107 de medición para una periferia interior se describirán detalladamente, a continuación, con referencia a la Figura 2. La luz, que se envía desde cada fibra 108 óptica, se emite a un espacio desde un extremo 120 de fibra óptica. La luz emitida es convertida en luz condensada por una lente 121. Esta luz es desviada por un espejo 122 reflectante, y es aplicada al objeto 300 a ser medido a través de una ventana 123 de protección. La luz, que es reflejada o dispersada por la superficie del objeto a ser medido, vuelve a la ventana 123 de protección, al espejo 122 reflectante y a la lente 121 a lo largo de una trayectoria óptica original, y vuelve a la fibra 108 óptica desde el extremo 120 de fibra óptica. La descripción anterior se aplica igualmente a la luz 150 de medición del cabezal 106 de medición para una periferia exterior y a la luz 151 de medición del cabezal 107 de medición para una periferia interior. Mientras, debido a que se emplea el espejo 122 reflectante, la fibra 108 óptica que se extiende desde el extremo 120 de fibra óptica se extiende sustancialmente paralela a la varilla 104 y no necesita ser desviada. Como resultado, debido a que las alturas del cabezal 106 de medición para una periferia exterior y del cabezal 107 de medición para una periferia interior pueden hacerse pequeñas, puede medirse un eje hueco que incluye un orificio que tiene un diámetro pequeño. En ejemplos no reivindicados, el espejo reflectante puede omitirse y la fibra 108 óptica puede doblarse de manera que la luz se aplique desde el extremo 120 de fibra óptica en una dirección vertical en el plano del papel.

En este caso, en la primera realización, una lente para láser puede usarse como la lente 121, el láser puede usarse como la luz de medición, y se usa uno de entre OCT, FMCW, TOF, un método de cambio de fase o un método de determinación de distancia que usa peines de frecuencias ópticas para detectar un cambio en la posición de la superficie del objeto 300 a ser medido como una distancia.

En un caso no reivindicado en el que una lente que tiene una gran aberración cromática se usa como la lente 121 y se usa luz de banda ancha como la luz de medición como otro método, una distancia focal varía en función de la longitud de onda y la luz, que vuelve de nuevo al dispositivo 101 de determinación de distancia desde el extremo 120 de la fibra óptica, de la luz de medición aplicada al objeto 300 a ser medido, es luz que tiene una componente de longitud de onda enfocada exactamente sobre la superficie de una pieza de trabajo. El dispositivo de determinación de distancia está

formado por un espectroscopio para detectar la longitud de onda de la luz de retorno, de manera que pueda obtenerse una distancia.

Además, se describirá todavía otro método de medición de una distancia con referencia a la Figura 3. Cada uno de entre el cabezal 106 de medición para una periferia exterior y el cabezal 107 de medición para una periferia interior tiene la siguiente estructura interior. La luz emitida desde un elemento 140 emisor de luz de alto brillo, tal como un diodo láser, es convertida en luz convergente por una lente 141 y es aplicada a un objeto 300 a ser medido como luz 150 o 151 de medición. La luz, que es dispersada por la superficie del objeto 300 a ser medido, es condensada por una lente 142 y forma una imagen sobre un sensor 143 de imagen lineal. Debido a que la posición de formación de la imagen cambia dependiendo de la distancia a una posición en la que la luz se aplica al objeto 300 a ser medido, puede medirse una distancia.

La luz 150' de medición para una periferia exterior en un caso en el que el objeto 300 a ser medido no está presente se ilustra en la Figura 3 mediante una línea de puntos. Tal como se ilustra en la Figura 3, en el caso en el que el objeto 300 a ser medido no está presente, la luz 150' de medición es dispersada por la superficie de la ventana 123 de protección del cabezal 107 de medición para una periferia interior, viaja a lo largo de una trayectoria 152 ilustrada mediante una línea de puntos, y forma una imagen sobre el sensor 143 de imagen lineal. Por consiguiente, una posición de formación de imagen sobre el sensor 143 de imagen lineal, orientada hacia el lado izquierdo inferior en la Figura 3, se desplaza hacia el lado izquierdo. Un método de medición de una distancia que usa el principio de triangulación de esta manera se denomina generalmente un método de triangulación de franjas de luz. Mientras, en el caso de esta estructura no reivindicada, los miembros que conectan el dispositivo 101 de determinación de distancia a los cabezales 106 y 107 de medición no son las fibras 108 y 110 ópticas y, por el contrario, las señales de accionamiento de los elementos 140 emisores de luz de alto brillo y las señales de accionamiento/lectura del sensor 143 de imagen lineal se transmiten y se reciben a través de cables 108' eléctricos.

Debido a que todos los métodos de medición de distancia indicados anteriormente pueden medir una distancia con luz y sin contacto, los cabezales de medición sujetos por las varillas 104 y 105 alargadas no se doblan por contacto a diferencia del caso de un instrumento de medición de tipo de contacto. Por esta razón, todos los métodos de medición de distancia indicados anteriormente son preferibles. En los métodos de medición de distancia, a excepción del método de triangulación de franjas de luz, el cabezal tiene una estructura muy simple y puede hacerse fácilmente ligera y compacta, y el cable está formado por una fibra óptica y es también ligero. Por consiguiente, los métodos de medición de distancia, a excepción del método de triangulación de franjas de luz, son más preferidos en términos de sujeción del cabezal por el extremo de la varilla alargada y de inserción del cabezal en el objeto 300 estrecho a ser medido.

Las posiciones de la superficie periférica interior y de la superficie periférica exterior de un objeto alargado a ser medido (eje hueco) podrían medirse simultáneamente desde el interior y desde el exterior mediante la estructura indicada anteriormente. Mientras, los cabezales 106 y 107 de medición pueden hacerse ligeros y compactos, tal como se ha descrito anteriormente, pero las varillas 104 y 105 son largas. Por esta razón, es preferible que cada una de las varillas 104 y 105 esté formada por un tubo hueco para reducir la flexión. En particular, es más preferible el uso de una resina reforzada con fibra, tal como CFRP (plástico reforzado con fibra de carbono), ya que la resistencia específica, que es una relación entre el módulo de elasticidad y un peso específico, de la resina reforzada con fibra es mayor que la de un material de acero inoxidable y la amortiguación de vibraciones de la resina reforzada con fibra es también mayor que la de un material de acero inoxidable. Anteriormente, se han descrito las estructuras de dos tipos de cabezales 106 y 107 de medición en la primera realización, pero la estructura de los cabezales 106 y 107 de medición ilustrada en la Figura 2 se describirá en la primera realización y en una segunda realización y en otras realizaciones que se describirán más adelante a modo de ejemplo o como base de la expansión. Sin embargo, la primera realización y una segunda realización y otras realizaciones que se describirán más adelante pueden emplear, en ejemplos no reivindicados, los cabezales 106 y 107 de medición ilustrados en la Figura 3 o cabezales 106 y 107 de medición que tienen otras estructuras.

<<Dispositivo de determinación de distancia>>

Varias configuraciones se consideran como la configuración de hardware del dispositivo 101 de determinación de distancia en base a una diferencia en los métodos de medición de distancia indicados anteriormente. Mientras, en un caso en el que la luz se envía a los cabezales 106 y 107 de medición a través de fibras ópticas, tal como en la Figura 2 y similares, el dispositivo 101 de determinación de distancia incluye una fuente de luz láser. Aunque no se ilustra, la luz láser generada desde una fuente de luz láser es dividida por un semiespejo y una parte de la luz láser pasa a través de la fibra óptica y el cabezal de medición, es reflejada por el objeto a ser medido y vuelve al dispositivo 101 de determinación de distancia de nuevo en un caso en el que, por ejemplo, se emplea OCT. La otra parte de la luz láser es reflejada por un espejo de referencia, se superpone a la luz láser que vuelve y un fotodetector toma una señal de pulsación de interferencia. Se realiza la conversión AD; se obtiene una distancia a partir de la frecuencia de la señal de pulsación (en otras palabras, se mide una distancia) mediante una función lógica provista, por ejemplo, en FPGA; y los datos de distancia se emiten al dispositivo 102 de control de medición.

<<Dispositivo de control de medición>>

No se ilustra la configuración de hardware del dispositivo 102 de control de medición, pero se usa un ordenador de propósito general que incluye un procesador (CPU), una memoria, un dispositivo de almacenamiento auxiliar, un dispositivo de entrada, un dispositivo de salida y una interfaz de comunicación. Múltiples funciones de procesamiento para medir ópticamente las formas de las periferias interior y exterior de un eje hueco o un eje con un orificio ciego y procesamiento para generar datos NC para el mecanizado de corrección/acabado usado para el acabado de un eje que tiene una alta coaxialidad de una periferia interior y una periferia exterior se realizan mediante la ejecución de un programa almacenado en el dispositivo de almacenamiento auxiliar. Mientras, puede emplearse también una configuración en la que las funciones respectivas realizadas por el procesador (CPU) y la memoria están dispersadas en múltiples circuitos integrados o una configuración en la que un circuito electrónico dedicado (DSP) realiza cada función. Mientras, el dispositivo de control de medición puede ser el dispositivo 220 de control de tipo NC o puede ser otro dispositivo, tal como se ilustra en la Figura 1. El dispositivo 102 de control de medición puede transmitir una instrucción para cambiar el ángulo de rotación o el número de rotación del husillo 202 y una instrucción para cambiar la posición del contrapunto 204 para el cambio de la posición del instrumento 100 de medición al dispositivo 220 de control de tipo NC, como algunos tipos de procesamiento que se requieren para realizar el procesamiento. Además, el dispositivo de control de medición puede transmitir estas instrucciones a un trabajador (por ejemplo, se considera la visualización de estas instrucciones o la transmisión de un correo).

Además, el procesamiento de señales del dispositivo 101 de determinación de distancia se describirá con referencia a las Figuras 5A y 5B. Aunque se use cualquiera de los principios de medición indicados anteriormente, se obtienen los datos ilustrados en las Figuras 5A y 5B que representan una relación entre una distancia y la intensidad detectada de la luz reflejada o dispersada. Las intensidades de la luz reflejada o dispersada por el interior y el exterior de la ventana 123 de protección y el objeto 300 a ser medido son elevadas, tal como se ilustra en la Figura 5A. Debido a que los datos de intensidad son discretos con respecto a una distancia, la resolución de una distancia se reduce en el caso en el que solo se usan datos relacionados con los picos. Por esta razón, en un caso en el que se seleccionan al menos tres puntos de datos alrededor de cada pico y se realiza una interpolación, puede mejorarse la resolución de una distancia medida. Por ejemplo, se aplica una función cuadrática a los datos de los tres puntos alrededor de cada pico para obtener las posiciones de los vértices de los mismos, de manera que se realice la interpolación de una distancia. De manera alternativa, puede emplearse un método de realización de la interpolación de una distancia mediante la obtención de los centroides de los puntos de datos que exceden un determinado umbral. Además, como punto de datos, puede usarse la intensidad de la luz reflejada o dispersada, puede usarse la raíz cuadrada de la misma y puede usarse también el logaritmo de la misma.

Además, una variación en el desplazamiento de una distancia, que es causada por el dispositivo 101 de determinación de distancia, la expansión térmica causada por la temperatura entre los extremos 120 de la fibra óptica y el espejo 122 reflectante, o similar, se incluye en una distancia a ser medida. Mientras, las diferencias individuales de rigidez y de masa de la varilla y del cabezal de medición están relacionadas también con una variación en el desplazamiento de una distancia, además de las causas indicadas anteriormente. Para hacer frente a estas, los picos causados por la reflexión y la dispersión en la superficie de la ventana 123 de protección del cabezal de medición se detectan, además de una distancia al objeto 300 a ser medido, y las distancias correspondientes a los picos se obtienen y se restan de los datos de distancia acerca del objeto 300 a ser medido. Por consiguiente, puede medirse de manera precisa una distancia desde la superficie de la ventana 123 de protección. Las superficies de la ventana de protección están presentes en el interior y el exterior del cabezal de medición, es decir, en dos posiciones, pero las posiciones aproximadas de las mismas se determinan de antemano y no cambian de manera significativa. Por consiguiente, en un caso en el que el exterior de la ventana se usa como una referencia (el exterior de la ventana se usa como una referencia en esta realización), puede realizarse el mismo procesamiento de interpolación que la distancia del objeto a ser medido usando datos medidos en las proximidades del pico correspondiente a este para calcular una distancia de referencia. El revestimiento antirreflectante correspondiente a una longitud de onda específica puede realizarse solo sobre la superficie de la ventana, que no se usa como una referencia, para eliminar la luz reflejada adicional. Además, debido a que la posición de la ventana, que corresponde a una distancia de referencia, no cambia repentinamente, los datos de distancia sobre la superficie de la ventana pueden promediarse en el tiempo para mejorar la precisión de la distancia de referencia. Mientras, una distancia de referencia puede calcularse mientras se usa el interior de la ventana como una referencia, pero es más preferible el uso del exterior de la ventana como una referencia, ya que la posición del exterior de la ventana puede confirmarse de manera precisa en base a la apariencia del instrumento 100 de medición.

Además, en un caso en el que el objeto 300 a ser medido no está presente, el otro cabezal de medición se detecta como en la Figura 5B, tal como se ilustra mediante la luz 150' de medición que se ilustra en la Figura 3 mediante una línea de puntos. Por consiguiente, en un caso en el que esta distancia se calcula de la misma manera que la usada para obtener una distancia a la superficie de la ventana del cabezal de medición, puede medirse una distancia entre los cabezales 106 y 107 de medición. Una distancia entre los cabezales 106 y 107 de medición puede cambiar con el tiempo debido a la deformación de las varillas 104 y 105 largas causada por el entorno, tal como la temperatura. Por esta razón, en un caso

el que la distancia entre los cabezales 106 y 107 de medición se mide en una posición en el exterior del eje 300 hueco, que es un objeto a ser medido, en una posición indicada mediante un número entre paréntesis, es decir, (0) ilustrado en la Figura 1 antes de la medición del objeto a ser medido, puede suprimirse un error en un espesor a ser medido, causado por un cambio en la distancia entre los cabezales 106 y 107 de medición. El procesamiento para medir la distancia (exactamente, una distancia S) (al que se hace referencia también como procesamiento de corrección) puede realizarse sin retirar el instrumento 100 de medición desde el aparato 201 de mecanizado, es decir, el procesamiento de corrección puede realizarse independientemente de un error de montaje y de un error de desprendimiento del instrumento 100 de medición.

A continuación, se describirá detalladamente el procesamiento de determinación de distancia con referencia a la Figura 4. La distancia S entre las superficies exteriores de las ventanas de protección del cabezal 106 de medición para una periferia exterior y el cabezal 107 de medición para una periferia interior se obtiene mediante el procesamiento de determinación de distancia en un estado en el que el objeto 300 a ser medido no está presente. Con respecto a los datos de determinación de distancia en un estado en el que el objeto a ser medido está presente, una distancia O entre la superficie exterior de la ventana 123 de protección del cabezal 106 de medición para una periferia exterior y la superficie periférica exterior del objeto 300 a ser medido es obtenida por el cabezal 106 de medición para una periferia exterior. Además, una distancia I entre la superficie exterior de la ventana 123 de protección del cabezal 107 de medición para una periferia interior y la superficie periférica interior del objeto 300 a ser medido es obtenida por el cabezal 107 de medición para una periferia interior. Por consiguiente, un espesor T a ser medido del objeto 300 a ser medido puede calcularse a partir de " $T = S - O - I$ ". En un caso en el que una distancia entre el eje 210 de rotación y la superficie exterior de la ventana de protección del cabezal 107 de medición para una periferia interior se indica mediante Δ (debido a que el instrumento 100 de medición se mueve en la dirección -z y el cabezal 107 de medición para una periferia interior se inserta en el orificio del objeto 300 a ser medido de manera que el centro del cabezal 107 de medición para una periferia interior coincida sustancialmente con el eje 210 de rotación, el valor aproximado de Δ se determina a partir de la forma del cabezal 107 de medición para una periferia interior), una distancia l_c entre el eje 210 de rotación y la superficie periférica interior del objeto 300 a ser medido puede calcularse a partir de " $l_c = I + \Delta$ " y una distancia O_c entre el eje 210 de rotación y la superficie periférica exterior del objeto 300 a ser medido puede calcularse a partir de " $O_c = S + \Delta - O$ ".

$O(\theta)$ e $I(\theta)$ se miden como una función del ángulo θ de rotación mientras que el objeto 300 a ser medido se hace girar alrededor del eje 210 de rotación. $T(\theta)$, que puede calcularse a partir de este resultado, es la distribución del espesor. $O_c(\theta)$ e $l_c(\theta)$ se representan en coordenadas polares, de manera que se obtienen la forma de la sección transversal de la periferia exterior y la forma de la sección transversal de la periferia interior. Este aspecto se ilustra en la Figura 7. En este ejemplo, los resultados medidos en las secciones transversales de (1), (2) y (3) ilustradas en la Figura 1 se superponen y se ilustran en gráficos (se ilustra un ejemplo en el que hay presente una pequeña diferencia en las formas de las tres secciones transversales). Mientras, con el fin de enfatizar los errores, $l_c(\theta)$, $O_c(\theta)$ y $T(\theta)$ pueden no representarse en coordenadas polares, tal como son, y pueden representarse los errores $l_c(\theta) - l_o$, $O_c(\theta) - O_o$, y $T(\theta) - T_o$ con respecto a la distancia de referencia. Estos gráficos pueden mostrarse en una pantalla del dispositivo 102 de control de medición para que sean entendidos fácilmente por un usuario.

Se ajusta un círculo a los datos de cada uno de entre el diámetro interior y el diámetro exterior de la Figura 7 de manera que el valor de evaluación de cada error sea mínimo (la aproximación de un círculo usando un método de mínimos cuadrados), y se obtienen la posición central y el diámetro de cada círculo. Como resultado, se obtienen la excentricidad de cada círculo, la dirección de la excentricidad y el diámetro de cada círculo. Además, tanto la vibración periférica interior como la vibración periférica exterior pueden calcularse a partir de una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo en una rotación de cada uno de los diámetros interior y exterior.

Además, las posiciones centrales de los círculos de las secciones transversales respectivas obtenidas anteriormente se representan de manera que un eje horizontal represente la coordenada de una sección transversal [(1), (2), (3), ...] y un eje vertical represente la coordenada X o la coordenada Y de la posición central. Como resultado, se obtienen los gráficos de la Figura 8. Es posible ver un estado en el que la superficie periférica interior y la superficie periférica exterior son excéntricas y están inclinadas en los gráficos. Estos gráficos pueden mostrarse en la pantalla del dispositivo 102 de control de medición para que un usuario los entienda fácilmente.

La Figura 6 ilustra un ejemplo del flujo del procesamiento de medición del dispositivo 102 de control de medición.

En un caso en el que se inicia la medición (S501), el dispositivo 102 de control de medición establece primero a 0 (S502) un número de sección transversal (un número de sección transversal significa un número entre paréntesis que representa una posición de medición ilustrada en la Figura 1. La coordenada Z de una posición de sección transversal a ser medida se define por adelantado para cada número de sección transversal. Una posición fuera del objeto 300 a ser medido se define particularmente como un número de sección transversal 0 para corregir la distancia S entre los cabezales de medición).

En S503, el dispositivo 102 de control de medición controla el movimiento del eje de la herramienta o el contrapunto 204 en la dirección -z para posicionar los cabezales 106 y 107 de medición del instrumento 100 de medición en la posición (0). Después del posicionamiento, el dispositivo 102 de control de medición mide la distancia S entre las superficies exteriores de las ventanas de protección del cabezal 106 de medición para una periferia exterior y el cabezal 107 de medición para una periferia interior mediante el dispositivo 101 de determinación de distancia. El dispositivo 102 de control de medición registra el valor de corrección de la distancia S.

En S504, el dispositivo 102 de control de medición establece un número de sección transversal a 1.

En S505, el dispositivo 102 de control de medición controla el movimiento del eje de la herramienta o el contrapunto 204 en la dirección -z para posicionar los cabezales 106 y 107 de medición del instrumento 100 de medición en la posición de una coordenada Z que se define de antemano para corresponder al valor variable de un número de sección transversal.

En S506, el dispositivo 102 de control de medición inicia la rotación a velocidad constante del husillo 202 del aparato 201 de mecanizado.

En S507, el dispositivo 102 de control de medición registra la distancia O entre la superficie exterior de la ventana del cabezal 106 de medición para una periferia exterior y la superficie periférica exterior del objeto 300 a ser medido y la distancia I entre la superficie exterior de la ventana del cabezal 107 de medición para una periferia interior y la superficie periférica interior del objeto 300 a ser medido, que se obtienen a partir del dispositivo 101 de determinación de distancia, cada tiempo de muestreo predeterminado (o en un intervalo δ de un ángulo de rotación predeterminado) de manera que las distancias correspondan al ángulo θ de rotación del husillo 202.

En S508, el dispositivo 102 de control de medición determina si los datos (θ , O, I) correspondientes a una rotación del husillo 202 se registran o no cada vez que se registra (θ , O, I) en S507. Si los datos (θ , O, I) correspondientes a una rotación del husillo 202 se registran, el dispositivo 102 de control de medición detiene la rotación del husillo 202 y hace que el procesamiento de la medición pase a S509. Si todavía no se han registrado los datos (θ , O, I) correspondientes a una rotación del husillo 202, el dispositivo 102 de control de medición hace que el procesamiento de la medición pase de nuevo a S507.

En S509, el dispositivo 102 de control de medición determina si un número de sección transversal alcanza o no el número N de secciones transversales cuya medición está programada (el dispositivo 102 de control de medición determina si la medición de una rotación termina o no en todas las N secciones transversales programadas). Si un número de sección transversal no alcanza el número N de secciones transversales cuya medición está programada, el dispositivo 102 de control de medición hace que el procesamiento de la medición pase a S510. Si un número de sección transversal alcanza el número N de secciones transversales cuya medición está programada, el dispositivo 102 de control de medición hace que el procesamiento de la medición pase a S511.

En S510, el dispositivo 102 de control de medición aumenta en 1 un número de sección transversal y hace que el procesamiento de la medición pase a S505.

En S511, el dispositivo 102 de control de medición realiza el procesamiento de datos para las distribuciones del diámetro interior, el diámetro exterior y el espesor en las N posiciones de sección transversal del objeto 300 a ser medido en base a todos los datos (θ , O, I) registrados de cada sección transversal y el valor de corrección de la distancia S; y emite, por ejemplo, los gráficos ilustrados en las Figuras 7 y 8 a un dispositivo de visualización o un elemento similar.

En S512, el dispositivo 102 de control de medición termina el procesamiento de medición.

[Segunda realización]

A continuación, se describirá una realización en la que los valores de los diámetros interior y exterior son más precisos, con referencia a las Figuras 9 y 10. El instrumento 100 de medición es movido en la dirección -Z por el eje de la herramienta o el contrapunto 204 del aparato 201 de mecanizado y realiza la medición, pero se produce un ligero cabeceo o guiñada (α) con el movimiento del eje de la herramienta o el contrapunto. 204 en la dirección -Z. Debido a que las varillas 104 y 105 que sujetan los cabezales 106 y 107 de medición son largas, aunque α es normalmente una inclinación que no causa ningún problema, las posiciones de los cabezales 106 y 107 de medición en una dirección Y cambian ligeramente, tal como se ilustra de manera exagerada en la Figura 9. La cantidad de cambio corresponde a $L\alpha$ en un caso en el que la longitud de cada una de las varillas 104 y 105 se indica mediante L. En un caso en el que L es 1.000 mm o más, $L\alpha$ es un desplazamiento de 0,1 mm aunque, por ejemplo, α sea de 100 microradianes. Esto significa que el valor de un desplazamiento Δ entre el eje 210 de rotación y la superficie de la ventana 123 de protección del cabezal 107 de medición para una periferia interior definida en la Figura 4 cambia con el movimiento del eje de la herramienta o el contrapunto 204 en dirección -z. Este aspecto se ilustra en un gráfico en la parte inferior de la Figura 9. Aunque Δ cambia, la distribución del espesor, la vibración periférica externa/vibración periférica interior y el valor de

excentricidad no se ven afectados, pero los valores medidos de los diámetros exterior e interior se ven afectados. Por esta razón, se produce un error.

Por consiguiente, se ha ideado un método de corrección de Δ mediante otro método, tal como se ilustra en la Figura 10.

En este caso, una sonda 206 de contacto (una sonda de contacto está adaptada para emitir una posición en un espacio en el tiempo en el que un cabezal de medición toca un objeto a ser medido) se sujeta en el eje 204 de la herramienta en lugar del instrumento 100 de medición. Por consiguiente, se mide la posición de la superficie periférica exterior del objeto 300 a ser medido, y Δ puede determinarse de manera que este valor sea igual a la posición ($O_c = S + \Delta - O$) de la superficie periférica exterior del objeto 300 a ser medido, que se define en la Figura 4 y medido por el cabezal 106 de medición para una periferia exterior. Debido a que los valores de S y O son conocidos, se determina que el valor de Δ es constante en cada posición en la dirección Z. Preferiblemente, la sonda de contacto se mueve a las posiciones de (1) a (N) en la dirección Z donde una sección transversal deber ser medida por el instrumento 100 de medición de la invención, y realiza la medición.

En un caso en el que un cambio en Δ es pequeño durante el movimiento del eje 204 de la herramienta en la dirección -Z, por ejemplo, Δ se mide, por ejemplo, en cada uno de ambos extremos del objeto 300 a ser medido mediante una medición usando la sonda de contacto y los valores Δ en las posiciones intermedias en la dirección Z pueden obtenerse a partir de una interpolación lineal de Δ obtenida en ambos extremos del objeto 300 a ser medido. De manera alternativa, Δ se mide en cada uno de los tres puntos, es decir, ambos extremos y el punto medio del objeto 300 a ser medido, y los valores Δ en las posiciones intermedias en la dirección Z pueden obtenerse a partir del Δ medido mediante una interpolación cuadrática. Además, en un caso en el que la precisión de la medición donde un cambio en Δ debe depender de la posición de medición en un eje Z es baja, solo el valor de Δ que no depende de la posición en la dirección Z, tal como la deformación de la varilla 104 para una periferia exterior y la varilla 105 para una periferia interior del instrumento 100 de medición con el tiempo y una variación en el agarre del instrumento 100 de medición usando el eje de la herramienta o el contrapunto 204, puede corregirse. En este caso, la medición usando la sonda de contacto puede realizarse solo en un punto de la periferia exterior del objeto 300 a ser medido. De manera alternativa, la superficie periférica interior del objeto 300 a ser medido es tocada por la sonda de contacto en una posición cercana a la parte de extremo del objeto 300 a ser medido ilustrado en (1) en la Figura 1, y el valor de Δ puede determinarse de manera que esta posición sea igual a " $I_c = I + \Delta$ ".

La medición para la corrección de Δ ha sido realizada por la sonda 206 de contacto anterior. Sin embargo, como otra realización, en lugar de una sonda de contacto, puede prepararse un cabezal de medición, que es similar a un dispositivo de medición de diámetro interior/exterior y que está formado por un medidor de desplazamiento óptico sin contacto, y puede sostenerse en el eje 204 de la herramienta con una distancia corta al igual que la sonda 206 de contacto, y puede medir una distancia en lugar de la sonda táctil.

De manera alternativa, como otra realización, O_c no es medida por la sonda de contacto, un trabajador mide un diámetro exterior con un micrómetro o similar, y el valor de Δ puede determinarse de manera que el valor del diámetro exterior sea igual al valor de un diámetro exterior, que se obtiene en un caso en el que un círculo se ajusta a los datos $O_c(\theta)$ correspondientes en la coordenada Z. Es decir, el valor de $\{(\text{el diámetro exterior medido con un micrómetro}) - (\text{el diámetro exterior obtenido a partir del ajuste de círculo})\} / 2$ puede sumarse al valor de Δ . Δ puede corregirse en todos los puntos (1) a (N). Sin embargo, el valor de Δ puede corregirse solo en ambos extremos para reducir el esfuerzo y puede realizarse una interpolación, o el valor de Δ puede medirse en tres puntos, es decir, en ambos extremos y en el punto medio y el valor de Δ en las posiciones intermedias en la dirección Z puede obtenerse a partir del valor de Δ medido mediante la interpolación cuadrática. De manera alternativa, en un caso en el que no es necesario que Δ dependa de una posición en el eje Z, un diámetro exterior o un diámetro interior se mide solo en un punto y el valor de Δ puede determinarse de manera que el valor medido sea igual al valor del diámetro exterior o del diámetro interior en un caso en el que se ajusta un círculo.

[Tercera realización]

En la segunda realización, un desplazamiento del valor medido del diámetro interior/diámetro exterior se corrige usando el resultado de medición de otro instrumento de medición, tal como una sonda de contacto o un micrómetro. Sin embargo, en las Figuras 11A, 11B, 11C, 11D y 11E se ilustra una realización en la que un desplazamiento del valor medido del diámetro interior/diámetro exterior se corrige usando el instrumento 100 de medición.

Se proporcionan dos o más conjuntos de fibras 108 ópticas, extremos 120 de fibra óptica, lentes 121, espejos 122 y ventanas 123 de protección del cabezal 107 de medición para una periferia interior de manera que pueda emitirse radialmente una luz 151' de medición adicional. La Figura 11C ilustra una estructura en el caso de dos conjuntos de los mismos, la Figura 11D ilustra una estructura en el caso de cuatro conjuntos de los mismos y la Figura 11E ilustra una estructura en el caso de tres conjuntos de los mismos.

La Figura 11A es un diagrama que ilustra la estructura completa en el caso de dos conjuntos de los mismos. En este

caso, una fibra 108 óptica para una periferia exterior y dos fibras 108 ópticas para una periferia interior, es decir, las fibras 108 ópticas de un total de tres canales se reenvían a los conectores 109 y se conectan al dispositivo 101 de determinación de distancia a través de fibras 110 ópticas de tres canales. Los números de las fibras 108 y 110 ópticas y los conectores 109 aumentan tanto como un aumento del número de piezas de la luz 151' de medición para una periferia interior. Mientras, los números de los conectores 109 y de las fibras 110 ópticas que se preparan son iguales al número de piezas de luz de medición en la Figura 11A, pero se sobreentiende que pueden usarse un conector y un cable capaz de conectar múltiples canales de fibra óptica.

En el caso de la Figura 11C, el valor medido del diámetro interior se obtiene a partir de la suma de la suma de los valores de medición de distancia de la luz 151 y 151' de medición y una distancia entre las superficies de las ventanas 123 de protección. En este caso, se parte de la premisa de que la posición del cabezal 107 de medición para una periferia interior en una dirección horizontal (dirección x) coincide sustancialmente con el centro de la periferia interior. En un caso en el que un error del valor medido del diámetro interior causado por el desplazamiento de la posición central no puede ignorarse, la medición se realiza mientras el instrumento 100 de medición es movido en la dirección horizontal (dirección x) por un soporte de instrumento de medición, el eje de la herramienta y el contrapunto 204 de manera que la medición se realice en una posición en la que el valor calculado del diámetro interior es el mayor.

En los casos de las Figuras 11D y 11E, los datos, que se obtienen a partir de la suma del valor de medición de distancia de cada luz (151, 151') de medición y una distancia radial entre la superficie de la ventana 123 de protección y el centro del cabezal 107 de medición para una periferia interior, se obtienen en un número igual al número de piezas de la luz de medición. Es decir, se obtienen la dirección de cada luz de medición y una distancia radial entre el centro del cabezal de medición y una posición en la que la periferia interior se irradia con luz de medición. En un caso en el que se ajusta un círculo a estos datos representados en las coordenadas polares, el valor del diámetro interior se obtiene de manera precisa.

Los valores del diámetro interior en las posiciones (1), (2), ..., (N) de medición respectivas, que se obtienen de esta manera, pueden usarse para determinar el valor de Δ de manera que el radio del diámetro interior sea igual a " $r_c = r + \Delta$ ". En un caso en el que el diámetro exterior se calcula a partir de los datos medidos del cabezal 106 de medición para una periferia exterior usando este valor, el diámetro exterior puede calcularse también de manera precisa.

[Ejemplo]

A continuación, se describirá, con referencia a las Figuras 12A, 12B y 12C, un ejemplo de mecanizado que utiliza el resultado de medición del sistema de medición de la invención. Los componentes comunes a los componentes descritos en la Figura 1 no se ilustran, pero una herramienta 290 es sujeta por el eje 204 de la herramienta. La herramienta 290 puede ser una fresa (herramienta de corte) o puede ser una herramienta giratoria. En un caso en el que se usa la herramienta de corte, el mecanizado se denomina torneado. En el caso en el que se usa la herramienta giratoria, el mecanizado se denomina fresado.

La Figura 12A ilustra esquemáticamente un caso en el que la periferia interior de una pieza 300 de trabajo (un eje hueco en este ejemplo) es excéntrica con relación a la periferia exterior de la pieza de trabajo hacia arriba, y la excentricidad de la periferia interior aumenta hacia el lado derecho de la pieza de trabajo. Este estado se produce en un caso en el que el eje central de la periferia interior de la pieza de trabajo no coincide con el eje 210 de rotación del husillo 202 (el eje central de la periferia exterior de la pieza de trabajo) durante el corte de la parte exterior de la pieza de trabajo. Un caso en el que la pieza 300 de trabajo se monta de nuevo en el husillo 202 después del corte de la periferia interior o se usa otro método de corte sin la rotación del husillo 202 se considera como un ejemplo de una causa. En un caso en el que se usa el sistema de medición de la invención, el estado excéntrico entre el eje central de la periferia exterior y el eje central de la periferia interior (por ejemplo, la excentricidad (que puede incluir la dirección de la excentricidad)) puede medirse de manera precisa en el aparato 201 de mecanizado. Generalmente, la mayoría de los componentes de eje hueco y los componentes de eje con orificios ciegos deben mecanizarse sin dicha excentricidad. En un caso en el que se usa la invención, el mecanizado puede realizarse según la excentricidad de la periferia interior de manera que el eje de la periferia interior y el eje de la periferia exterior sean coaxiales entre sí (es decir, los ejes centrales coincidan entre sí). Se describirá este ejemplo.

La Figura 12B ilustra un método de reducción de la excentricidad mediante la realización de un torneado excéntrico o un fresado excéntrico. La herramienta 290 mecaniza una cara 310 de mandril mientras se mueve en una dirección vertical de la Figura 12B en sincronización con el ángulo del husillo 202 de manera que el eje central de la cara 310 de mandril y el eje central de una superficie periférica interior correspondiente a la cara 310 de mandril (una superficie periférica interior incluida en un cilindro en un caso en el que el cilindro que incluye la cara de mandril en una superficie lateral está definido) coincidan entre sí (o se reduce la excentricidad entre los ejes centrales). Una superficie 311 de soporte-recepción de pieza de trabajo se mecaniza también de manera similar. A continuación, en un caso en el que la cara 310 de mandril es agarrada por el mandril 203 y la superficie 311 de soporte-recepción de pieza de trabajo es recibida por el soporte 205 de pieza, puede hacerse que el eje de rotación del husillo 202 y el eje central de la periferia interior coincidan

entre sí. En este estado, el torneado o fresado se realiza sobre toda la superficie periférica exterior de la pieza 300 de trabajo. Mediante dicho ejemplo puede producirse un eje 300 hueco que tiene una alta coaxialidad de las periferias interior y exterior.

- 5 A continuación, con referencia a la Figura 12C, se describirá otro ejemplo que produce un eje que tiene una alta coaxialidad de las periferias interior y exterior. En este caso, un aparato 201 de mecanizado es un aparato de mecanizado que incluye mecanismos de mandril en ambos extremos del mismo. Las distancias de ajuste de los mandriles 203 y 203' se ajustan de manera que el eje de una superficie periférica interior obtenido por el sistema de medición de la invención coincida con el eje 210 de rotación, y los mandriles se muevan. En este estado, el torneado o fresado se realiza sobre toda la superficie periférica exterior de la pieza 300 de trabajo. Mediante dicho ejemplo, puede producirse también un eje 300 hueco que tiene una alta coaxialidad de las periferias interior y exterior.

- 10 Mientras, en ambos ejemplos de las Figuras 12B y 12C, se sobreentiende que la cara del mandril y la superficie de soporte/recepción de la pieza de trabajo, cuyas periferias exteriores todavía no están mecanizadas, deben someterse finalmente a un mecanizado de acabado.

[Cuarta realización]

- 20 En la descripción de la Figura 1 de la primera realización, 201 indica el aparato de mecanizado, y el aparato de mecanizado mueve el instrumento 100 de medición mediante el eje de la herramienta o el contrapunto 204 para insertar el instrumento 100 de medición en el objeto 300 a ser medido (un eje hueco en la primera realización), y gira el objeto a ser medido mediante el eje 202 giratorio para medir el objeto a ser medido. Sin embargo, como otra realización, el aparato 201 de mecanizado puede formarse como un aparato de medición dedicado. En este caso, como en un caso en el que el aparato de mecanizado está formado por un aparato de mecanizado, el aparato de mecanizado puede mover el instrumento 100 de medición mediante el soporte 204 de instrumento de medición para realizar simultáneamente la medición de un diámetro interior y un diámetro exterior. Sin embargo, como otra estructura, el aparato de mecanizado puede mover el husillo 202 de un objeto a ser medido en la dirección Z sin el movimiento del instrumento 100 de medición para medir cada sección transversal.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de medición para medir una distancia desde un objeto (300) a ser medido que incluye un orificio y fijado a un husillo (202) de un aparato (201) de mecanizado, comprendiendo el sistema de medición:

5 un instrumento (100) de medición;
un dispositivo (102) de control de medición; y
un dispositivo (101) de determinación de distancia conectado al dispositivo de control de medición,
10 en el que el instrumento de medición incluye una base (103) a ser fijada a un eje de la herramienta, un portafresas o un contrapunto (204) del aparato de mecanizado, una primera varilla (105) conectada a la base, una segunda varilla (104) conectada a la base, un primer cabezal (107) de medición fijado a la primera varilla y adaptado para irradiar sobre el objeto a ser medido con luz de medición emitida desde un extremo de una primera fibra (108) óptica conectada al dispositivo de determinación de distancia, y un segundo cabezal (106) de medición fijado a la segunda varilla y adaptado para irradiar el objeto a ser medido con luz de medición emitida desde un extremo (120) de una segunda fibra (108) óptica conectada al dispositivo de determinación de distancia,
15 en el que cada uno de los cabezales de medición primero y segundo comprende una lente (121) para convertir la luz emitida desde el extremo de la fibra óptica respectiva de entre las fibras ópticas primera y segunda en luz condensada, un espejo (122) reflectante para desviar la luz desde la lente, y una ventana (123) de protección adaptada para transmitir la luz desde el espejo reflectante a una superficie del objeto a ser medido y para devolver la luz reflejada o dispersada desde la superficie a la fibra óptica respectiva de entre las fibras ópticas primera y segunda a lo largo de la misma trayectoria óptica;
20 en el que el dispositivo de determinación de distancia incluye una fuente de luz de la luz de medición y está adaptado para medir una distancia al objeto a ser medido en base a la luz reflejada o dispersada de las luces de medición que vuelven desde los cabezales de medición primero y segundo, y
25 el dispositivo de control de medición está adaptado para ejecutar una primera operación para adquirir una distancia I entre la ventana de protección del primer cabezal de medición y una superficie periférica interior del orificio del objeto a ser medido desde el dispositivo de determinación de distancia, una segunda operación para adquirir una distancia O entre la ventana de protección del segundo cabezal de medición y una superficie periférica exterior del objeto a ser medido desde el dispositivo de determinación de distancia, y una tercera operación para calcular el espesor del objeto a ser medido en base a la distancia I, la distancia O, y una distancia entre los cabezales de medición primero y segundo;
30 en el que el dispositivo de determinación de distancia está adaptado para usar un método de medición de distancia basado en OCT, tomografía de coherencia óptica o FMCW, onda continua modulada en frecuencia, o TOF, tiempo de vuelo, o desplazamiento de fase, o determinación de distancia usando peines de frecuencias ópticas para las operaciones primera y segunda del dispositivo de control de medición.

2. Sistema de medición según la reivindicación 1,
40 en el que el dispositivo (102) de control de medición está adaptado para ejecutar una quinta operación para adquirir una distancia medida de una distancia entre la ventana (123) de protección de uno cualquiera de los cabezales (107, 106) de medición primero y segundo y la ventana de protección del otro cabezal de medición, y una sexta operación de corrección de la distancia entre los cabezales de medición primero y segundo.

3. Sistema de medición según la reivindicación 2,
45 en el que las distancias desde los cabezales (107, 106) de medición primero y segundo, que se emiten desde el dispositivo (101) de determinación de distancia, son distancias desde las superficies exteriores de las ventanas (123) de protección de los cabezales de medición respectivos.

4. Sistema de medición según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
50 en el que el dispositivo (102) de control de medición está adaptado para transmitir una instrucción para girar el eje (202) a un número predeterminado de rotaciones o para girar el eje hasta un ángulo de rotación predeterminado a un dispositivo de control de tipo NC del aparato (201) de mecanizado o un trabajador del aparato de mecanizado antes de ejecutar las operaciones primera a tercera, y para transmitir una instrucción para mover el eje de la herramienta, el portafresas o el contrapunto (204) a lo largo de un eje (210) de rotación del husillo del aparato de mecanizado al dispositivo de control de tipo NC del aparato de mecanizado o el trabajador del aparato de mecanizado en el momento de ejecutar las operaciones primera a tercera.
55

5. Sistema de medición según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,
60 en el que el primer cabezal (107) de medición está adaptado para aplicar luz de medición en múltiples direcciones, el dispositivo (101) de determinación de distancia está adaptado para medir distancias al objeto (300) a ser medido en las múltiples direcciones, y
el dispositivo (102) de control de medición está adaptado para calcular un diámetro interior del orificio del objeto a

ser medido ajustando las distancias en las múltiples direcciones a un círculo.

6. Método de fabricación de un eje con un orificio mediante un aparato (201) de mecanizado, comprendiendo el método:

- 5 A: fijar un instrumento (100) de medición a un eje de herramienta, un portafresas o un contrapunto (204) del aparato de mecanizado, incluyendo el instrumento de medición un primer cabezal (107) de medición que aplica luz de medición, una primera varilla (105) que fija el primer cabezal de medición, un segundo cabezal (106) de medición que aplica luz de medición, y una segunda varilla (104) que fija el segundo cabezal de medición, en el que cada uno de los cabezales de medición primero y segundo comprende una lente (121) para convertir la luz emitida desde un extremo de una fibra óptica de entre las fibras (108) ópticas primera y segunda respectivas en luz condensada, un espejo (122) reflectante para desviar la luz desde la lente, y una ventana (123) de protección que transmite la luz desde el espejo reflectante a una superficie del objeto a ser medido y para devolver la luz reflejada o dispersada desde la superficie a la fibra óptica respectiva de entre las fibras ópticas primera y segunda a lo largo de la misma trayectoria óptica;
 - 10 B: adquirir una distancia I entre la ventana de protección del primer cabezal de medición y una superficie periférica interior del orificio del eje en base a la luz reflejada o dispersada de la luz de medición que vuelve desde el primer cabezal de medición;
 - 15 C: adquirir una distancia O entre la ventana de protección del segundo cabezal de medición y una superficie periférica exterior del eje en base a la luz reflejada o dispersada de la luz de medición que vuelve desde el segundo cabezal de medición;
 - 20 D: calcular las distribuciones de un diámetro interior, un diámetro exterior y un espesor en múltiples posiciones de la sección transversal del eje, que se está mecanizando, en base a la distancia I, la distancia O y una distancia entre los cabezales de medición primero y segundo;
 - 25 E: calcular una excentricidad entre un eje central de una periferia interior y un eje central de una periferia exterior del eje, que se está mecanizando, en base a las distribuciones del diámetro interior, el diámetro exterior y el espesor en las múltiples posiciones de sección transversal;
 - 30 F: mecanizar una primera superficie periférica exterior y una segunda superficie periférica exterior mediante torneado excéntrico o fresado excéntrico en base a una dirección de la excentricidad;
 - 35 G: agarrar la primera superficie periférica exterior con un mandril (203) de un husillo (202) del aparato de mecanizado;
 - H: recibir la segunda superficie periférica exterior en un soporte de pieza de trabajo del aparato de mecanizado; y
 - I: mecanizar la superficie periférica exterior del eje a lo largo de un eje de rotación del husillo;
- en el que la distancia I y O en las etapas B y C anteriores se adquieren usando un método de medición de distancia basado en OCT, tomografía de coherencia óptica o FMCW, onda continua modulada en frecuencia o TOF, tiempo de vuelo, o desplazamiento de fase, o determinación de distancia usando peines de frecuencias ópticas.

FIG. 1

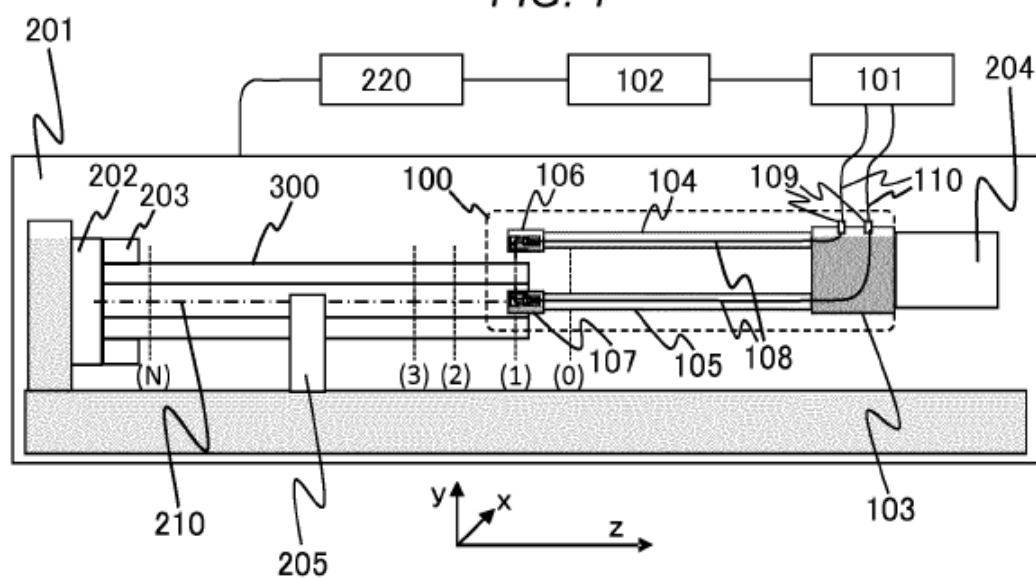


FIG. 2

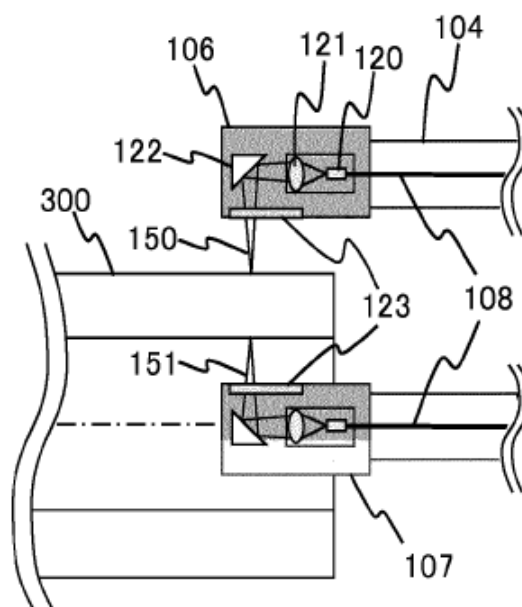


FIG. 3

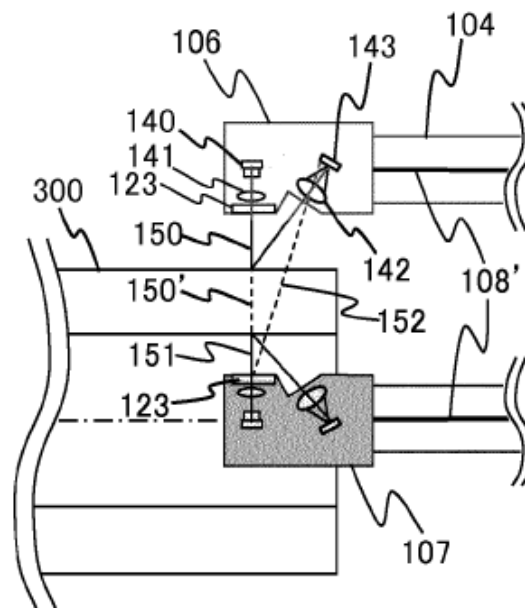


FIG. 4

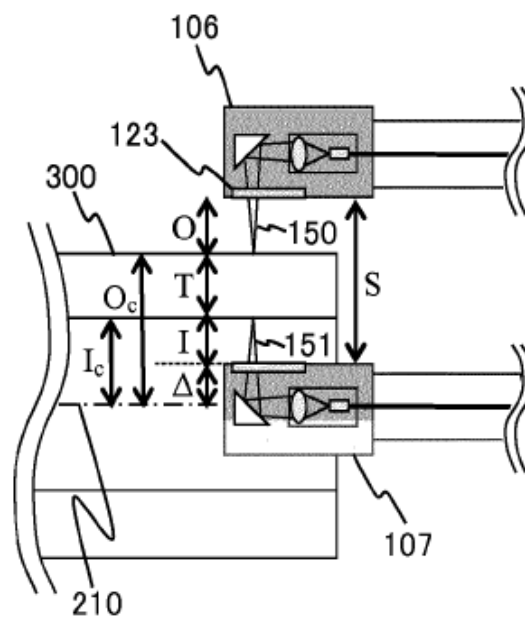


FIG. 5A

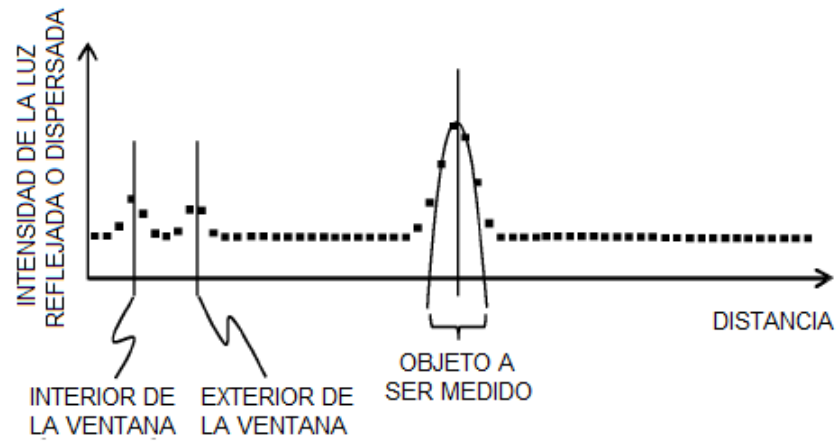


FIG. 5B

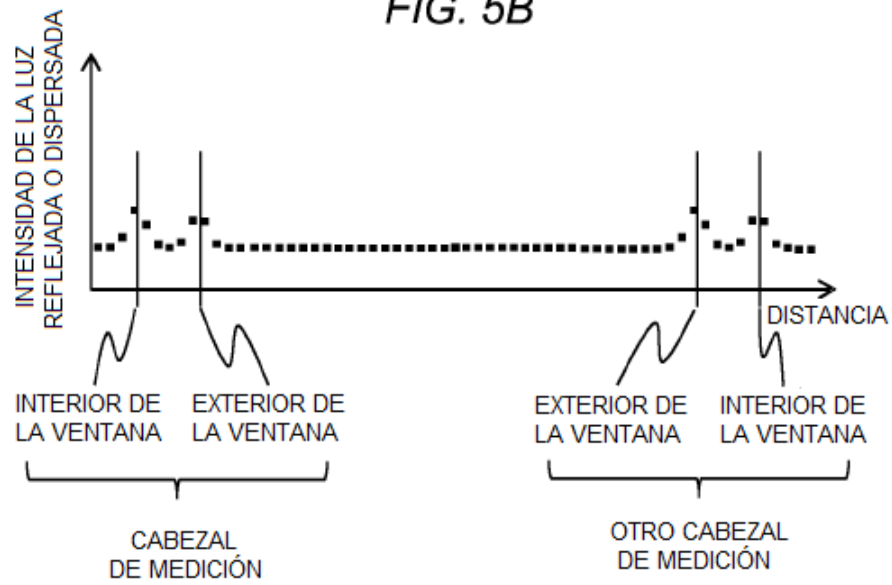


FIG. 6

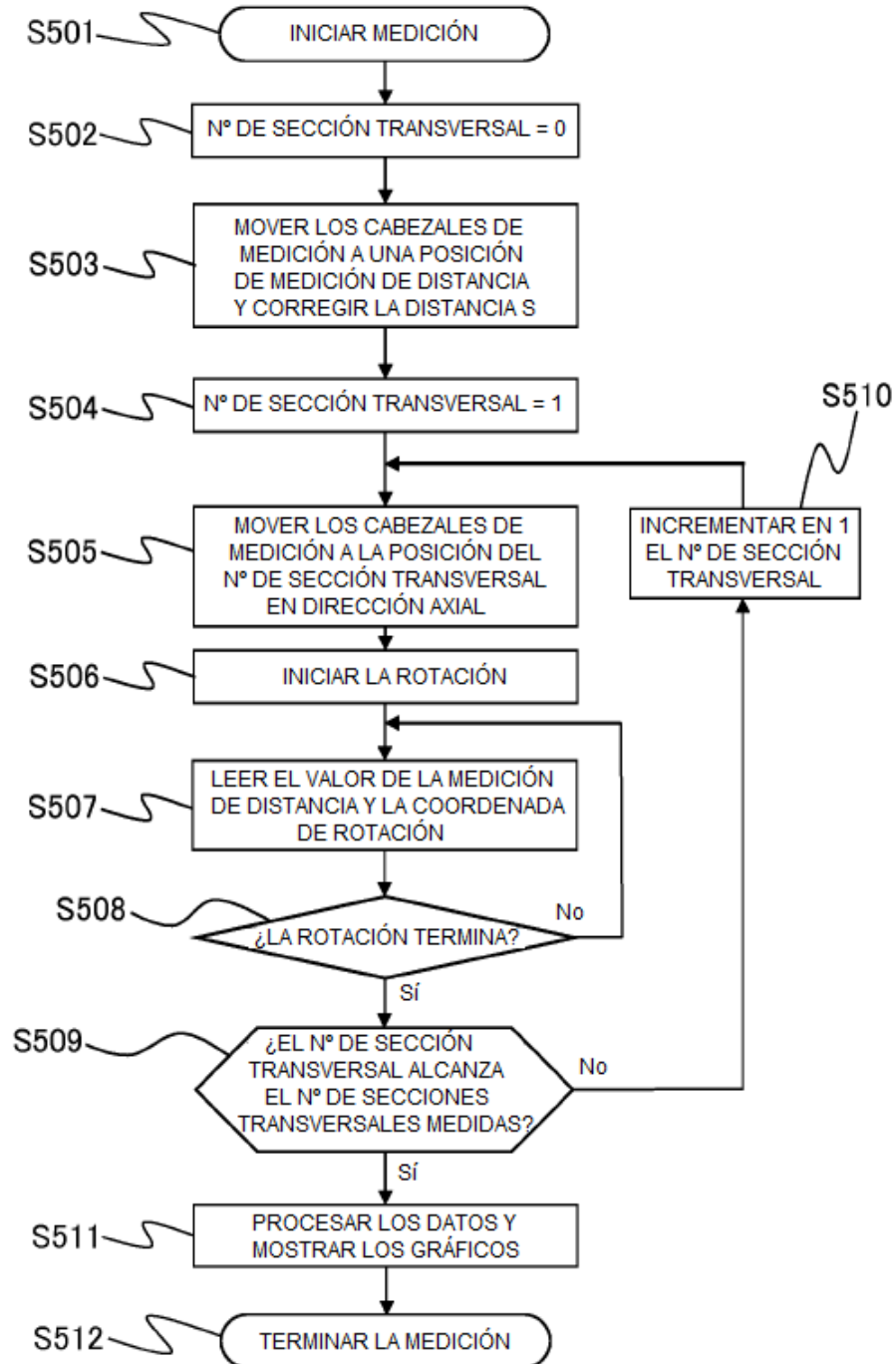


FIG. 7

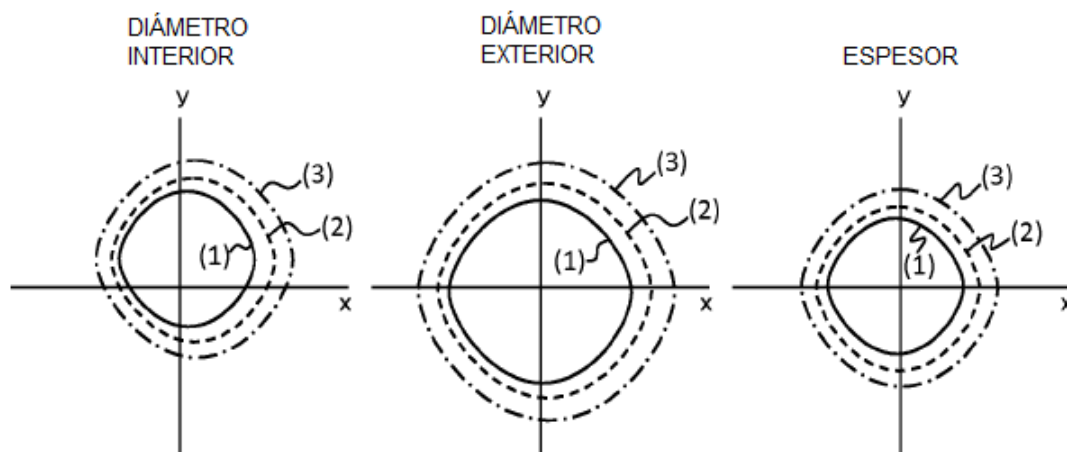


FIG. 8

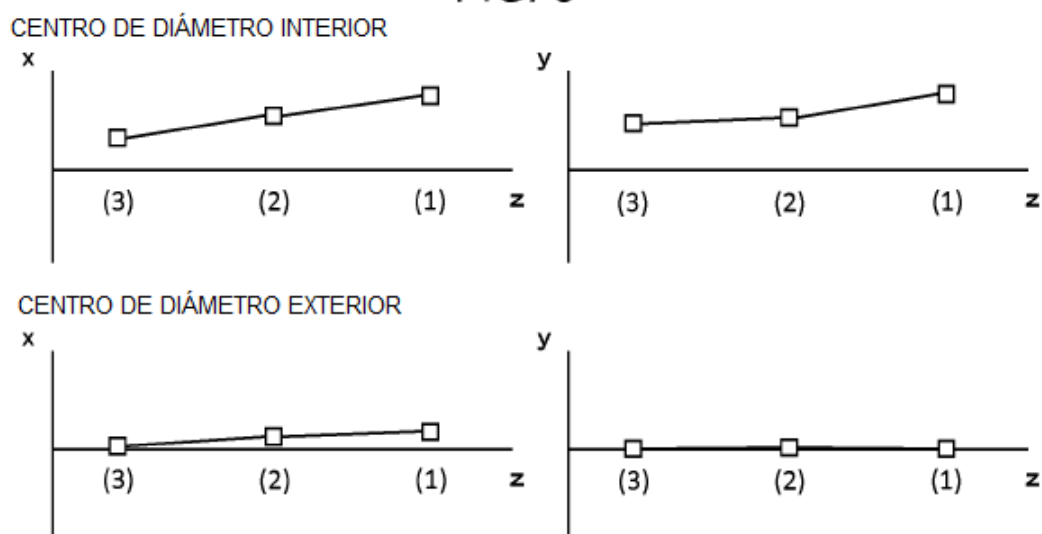


FIG. 9

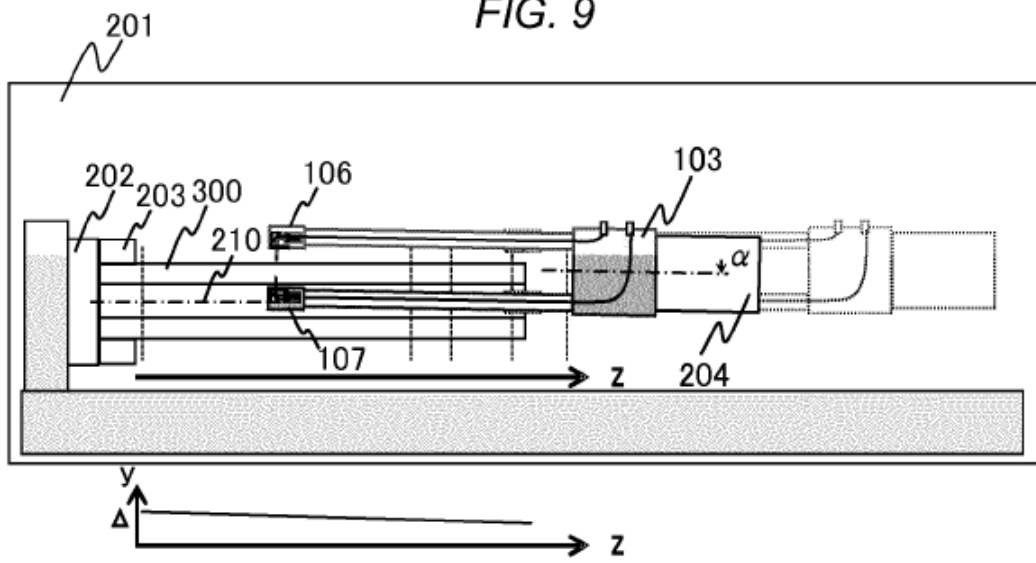


FIG. 10

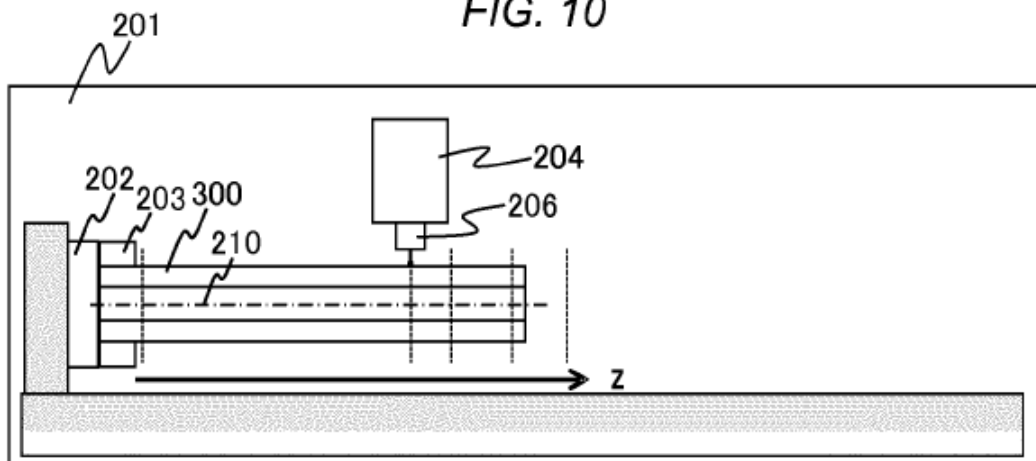


FIG. 11A

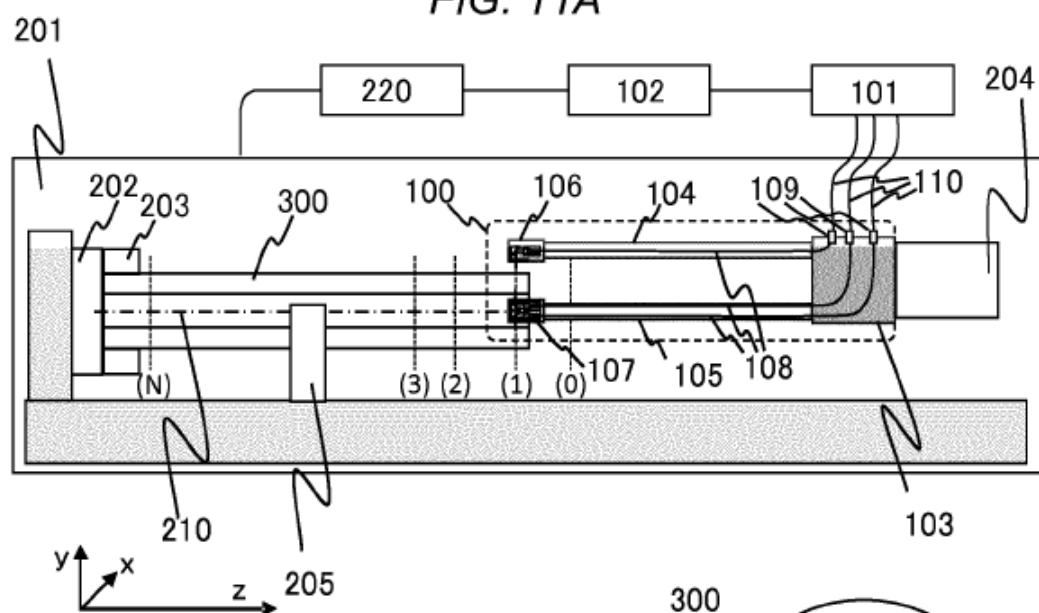


FIG. 11B

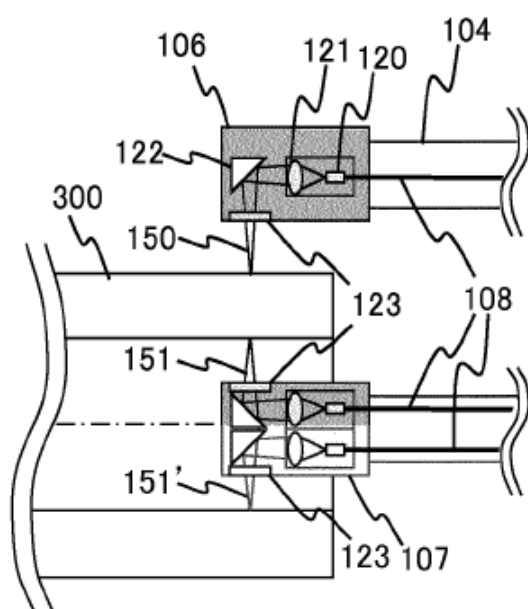


FIG. 11C

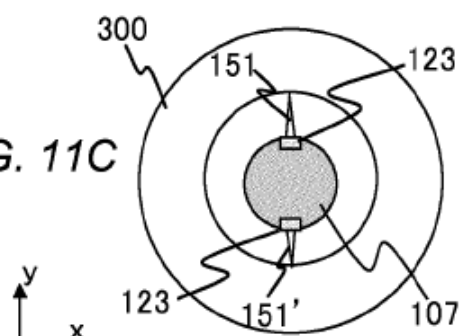


FIG. 11D

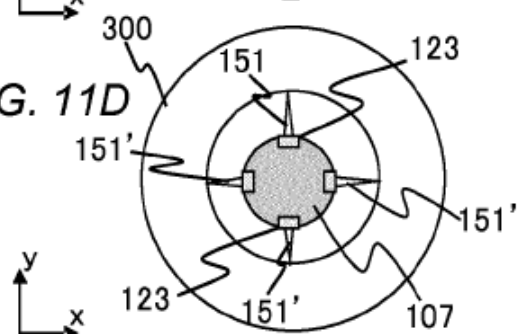


FIG. 11E

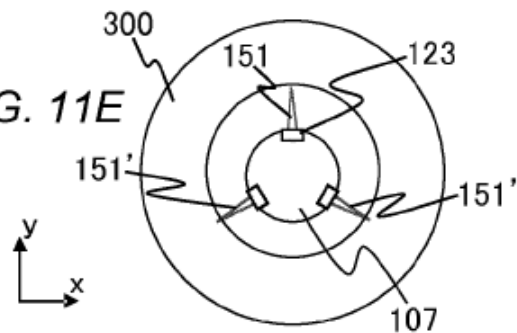


FIG. 12A

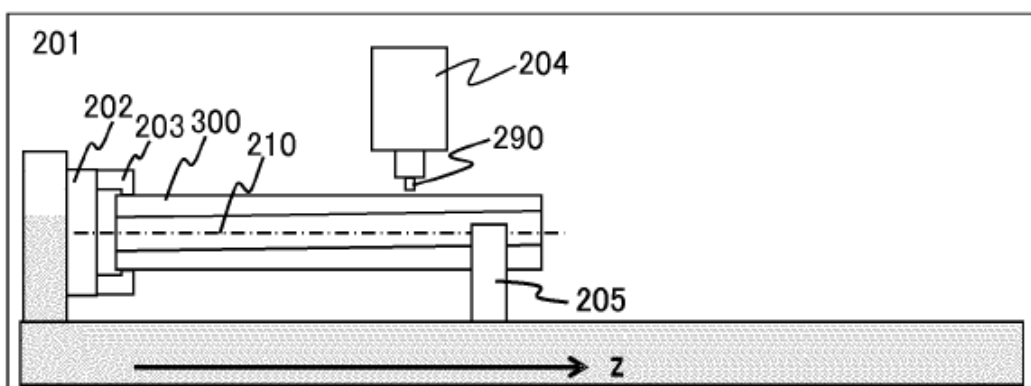


FIG. 12B

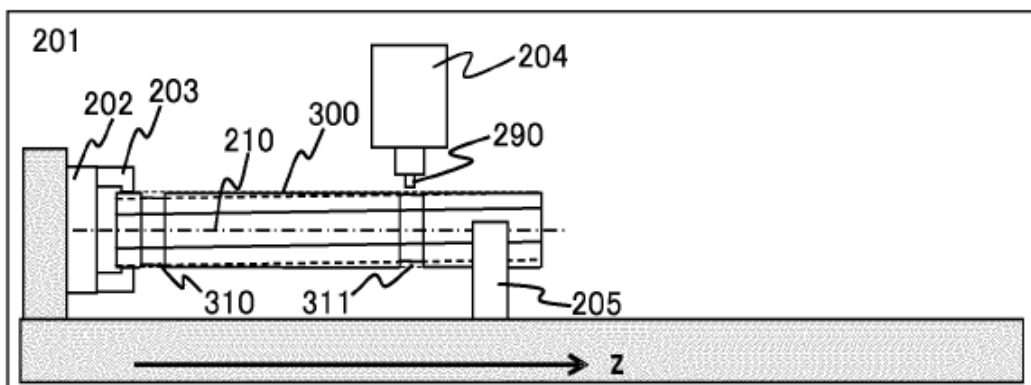


FIG. 12C

