

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 803 751**

51 Int. Cl.:

**G01B 11/245** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.11.2016 PCT/EP2016/076337**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.05.2017 WO17076854**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2016 E 16800893 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020 EP 3371549**

54 Título: **Dispositivo de control tridimensional sin contacto de una pieza mecánica con dentado**

30 Prioridad:

**02.11.2015 FR 1560485**

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

**29.01.2021**

73 Titular/es:

**DWFRITZ AUTOMATION, INC. (100.0%)  
9600 SW Boeckman Road  
Wilsonville OR 97070, US**

72 Inventor/es:

**LE NEEL, DIDIER**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

**ES 2 803 751 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo de control tridimensional sin contacto de una pieza mecánica con dentado

5 **1. Campo de la invención**

El campo de la invención es el de la medición dimensional de piezas mecánicas con dentado.

10 La invención se refiere más particularmente a un dispositivo de control tridimensional sin contacto de una pieza mecánica con dentado, tal como una rueda dentada, un piñón dentado o un árbol dentado por ejemplo.

15 En la continuación de la descripción, el término "pieza mecánica dentada" se utiliza para cubrir todas las piezas que pueden formar parte de un engranaje o sistema de engranajes, de una transmisión por piñón, por cremallera o similar. Se entiende por dentado, la parte dentada de la pieza mecánica en cuestión.

**2. Antecedentes tecnológicos**

20 Las piezas mecánicas con dentado que componen generalmente un sistema de engranajes son muy utilizadas en los encofrados de la mecánica para transmitir movimientos, tales como la aeronáutica, la automoción, la relojería, por ejemplo. Estas piezas mecánicas deben ser realizadas con una gran precisión en sus dimensiones o su forma, y de calidad conveniente y constante.

25 Por lo tanto, es conveniente prever un control dimensional de cada una de estas piezas para saber si respetan las tolerancias de fabricación requeridas. Este control se efectúa generalmente en la cadena de fabricación e implica un cierto número de características dimensionales, a saber: la forma y/o la dimensión de los dentados, el paso entre cada dentado, la orientación de los dentados con respecto al eje principal de la pieza, etc.

30 Una solución habitual consiste en controlar estas piezas a la salida de la fabricación, o bien manualmente o bien utilizando unas máquinas de control dimensional automatizado, tales como las máquinas de palpación mecánica. Estas últimas permiten adquirir las dimensiones y la forma de una pieza, y después controlarlas.

35 Sin embargo, la inspección visual de las piezas no responde ni a las cadencias de producción elevadas, ni a los requisitos de calidad de ciertos campos industriales, la aeronáutica y la automoción en particular, siendo ciertos defectos difícilmente detectables a simple vista.

40 Las soluciones de palpado mecánico requieren por otro lado un proceso de control discontinuo, que necesita un tiempo de control relativamente largo. Además, las piezas con dentado presentan generalmente una forma compleja (los dentados pueden presentar una forma y una inclinación con respecto al eje de la pieza particulares por ejemplo) que necesitan la utilización de máquinas separadas para permitir un control de la totalidad de las características dimensionales de estas piezas, lo cual no es óptimo. Además, los sistemas de control sin contacto actuales no permiten alcanzar las precisiones y las cadencias impuestas por la industria manufacturera.

45 Por lo tanto, sería deseable proponer una máquina de control automático capaz de controlar de manera precisa, reproducible y rápida todas las características dimensionales de piezas mecánicas con dentado.

50 El documento DE 10 2010 021 421 A1 describe un dispositivo de control tridimensional óptico de una pieza mecánica circular con dentado y el documento DE 41 42 676 A1 describe un dispositivo de medición óptica de las dos caras de cada diente de una pieza mecánica circular con dentado.

**3. Objetivos de la invención**

55 La invención, en por lo menos un modo de realización, tiene por objetivo en particular paliar los diferentes inconvenientes de estas técnicas de la técnica anterior de medición y de control dimensional.

Más precisamente, en por lo menos un modo de realización de la invención, un objetivo es proporcionar un dispositivo de control que permita un control tridimensional automático, completo, rápido y sin contacto de una pieza mecánica con dentado.

**4. Exposición de la invención**

60 En un modo de realización particular de la invención, se propone según la reivindicación 1 un dispositivo de control tridimensional sin contacto de una pieza mecánica circular con dentado que tiene un eje principal de rotación, teniendo los dientes de dicho dentado un grosor y una profundidad definidos, teniendo cada diente una primera y una segunda caras. Dicho dispositivo es tal que comprende:

- 65 - unos medios de barrido de cada uno de dichos dientes, comprendiendo dichos medios de barrido por lo

menos un primer par de módulos de medición láser y unos medios de accionamiento en rotación alrededor del eje principal de dicha pieza con respecto a los módulos de medición láser o a la inversa;

- 5 - por lo menos un módulo de medición láser adicional configurado para medir el eje principal de rotación de dicha pieza;
- unos medios de construcción de una representación tridimensional virtual de dicha pieza a partir de datos procedentes de dichos medios de barrido;
- 10 - unos medios de control dimensional a partir de dicha representación tridimensional virtual reconstruida;
- comprendiendo cada par de módulos de medición láser un primer módulo orientado hacia una primera cara de un diente y un segundo módulo orientado hacia una segunda cara de un diente;

15 estando dichos módulos de medición láser orientados con respecto a dicha pieza de manera que durante una rotación de dichos módulos o de dicha pieza alrededor del eje principal, dichos medios de barrido barran dichas primera y segunda caras de cada diente por todo su grosor y profundidad.

20 Así, gracias a una disposición ingeniosa de por lo menos un par de módulos de medición láser, el dispositivo de control tridimensional según la invención permite realizar de manera automática y sin contacto un barrido completo y preciso del dentado de la pieza mecánica que debe ser controlada. Un control de la totalidad de las características dimensionales de la pieza se puede efectuar entonces a partir de los puntos de medición procedentes de los medios de barrido.

25 Contrariamente a las soluciones existentes, el dispositivo según la invención permite determinar una nube de puntos de medición de la pieza en tres dimensiones y en algunos segundos sobre el conjunto de su superficie. En función de la tecnología láser embarcada en los módulos de medición y del procedimiento de construcción de representación tridimensional y de control asociado, es posible realizar un control de pieza ultrarrápido (duración comprendida aproximadamente entre 1 y 5 segundos).

30 Según una característica particular, cada módulo de medición láser comprende una fuente de emisión de un haz láser orientado con respecto al eje principal de rotación y con respecto a un eje radial de dicha pieza, y un receptor de haz láser orientado para capturar el haz láser procedente de dicha pieza.

35 Una de las condiciones sobre la orientación de módulos es que el eje de orientación del haz láser de los módulos puede estar inclinado con respecto al eje radial y al eje principal de rotación, pero no debe ser ortogonal al eje principal de rotación.

40 Según un aspecto particular de la invención, el haz láser está orientado con respecto al eje principal de rotación en un primer ángulo comprendido entre 10 y 45 grados y con respecto al eje radial en un segundo ángulo comprendido entre 10 y 45 grados.

45 Según una característica particular, dichos medios de barrido comprenden unos medios de accionamiento en traslación de la pieza mecánica a lo largo del eje principal con respecto a los módulos de medición láser o a la inversa.

50 Así, en los casos en los que una pieza mecánica, tal como una rueda dentada, tuviera un dentado de grosor tal que el tamaño del haz láser de los medios de barrido permita únicamente un barrido parcial del grosor del dentado, se puede realizar un movimiento de traslación de la pieza con respecto a los módulos de medición o a la inversa a lo largo del eje principal para asegurar un barrido completo por todo el grosor del dentado.

55 El dispositivo en esta configuración puede prever por lo tanto un movimiento simultáneo o secuencial en rotación y en traslación de la pieza con respecto a los módulos de medición láser o a la inversa.

Según una configuración particular, siendo dicha pieza mecánica circular con dentado un árbol con dentado dispuesto a lo largo del eje principal y que comprende una pluralidad de dentados colocados unos tras otros según el eje principal de rotación, dichos medios de barrido son tales que comprenden unos medios de accionamiento en traslación de la pieza mecánica a lo largo del eje principal con respecto a los módulos de medición láser o a la inversa.

60 Los medios de accionamiento permiten un barrido de dichas primera y segunda caras de cada diente por todo su grosor y profundidad y para cada dentado. Esta configuración permite realizar un barrido secuenciado de los diferentes dentados presentes en diferentes niveles en la pieza (como es el caso de los árboles con dentado múltiple, por ejemplo).

65 Esta configuración permite además barrer las partes restantes del árbol exentas de dentados, por todo su contorno (durante la rotación) y toda su altura (durante la traslación), en particular para determinar la posición del eje principal de rotación de la pieza.

5 Según una alternativa, siendo dicha pieza mecánica circular con dentado un árbol con dentado dispuesto a lo largo del eje principal y que comprende una pluralidad de dentados colocados uno tras otro según el eje principal, dichos medios de barrido son tales que comprenden por lo menos un segundo par de módulos de medición láser colocado cada uno a nivel de cada dentado de dicha pluralidad para permitir un barrido de dichas primera y segunda caras de cada diente por todo su grosor y profundidad y para cada diente.

10 Esta configuración permite realizar un barrido simultáneo del conjunto de los dientes colocados en diferentes niveles a lo largo del eje principal de la pieza (como es el caso de los árboles con dentado múltiple, por ejemplo), lo cual permite reducir el tiempo de control de la pieza.

15 Según un aspecto particular de la invención, dichos medios de barrido comprenden además por lo menos un tercer par de módulos de medición láser orientados con respecto a dicha pieza de manera que durante la rotación de dichos módulos o de dicha pieza alrededor del eje principal y durante la traslación de dichos módulos o de dicha pieza con respecto al eje principal, dichos medios de barrido barran además dicho árbol por todo su contorno y su altura.

Esto permite determinar con precisión la posición del eje principal de rotación de la pieza.

20 Según otro aspecto particular de la invención, dicha pieza mecánica circular con dentado comprende un orificio circular que tiene como eje el eje principal de rotación de dicha pieza, y dicho módulo de medición láser adicional está orientado con respecto a dicha pieza de manera que durante la rotación de dichos módulos o de dicha pieza alrededor del eje principal, dichos medios de barrido barran el orificio por toda su superficie.

25 Así, esto permite controlar otras partes esenciales de una pieza mecánica con dentado con la simple adición de un módulo de medición láser. Permite en particular determinar la posición exacta del eje principal de la pieza que debe ser controlada. El orificio puede ser pasante o no pasante, presentar una superficie lisa o no lisa, con unas ranuras o un terrajado por ejemplo.

30 Según una característica particular, la pieza mecánica circular con dentado pertenece al grupo que comprende:

- pieza con dentado recto;
- pieza con dentado helicoidal;
- pieza con dentado en forma de espiga.

35 Esta lista no es exhaustiva.

Según un aspecto particularmente ventajoso de la invención, los módulos de medición están provistos de una fuente de emisión láser de tipo línea.

40 El láser de línea permite obtener un campo de barrido suficiente para cubrir toda la profundidad de los dientes de la pieza.

## 5. Listado de las figuras

45 Otras características y ventajas de la invención aparecerán con la lectura de la descripción siguiente, dada a título de ejemplo indicativo y no limitativo, y de los dibujos adjuntos, en los que:

50 - la figura 1 representa una vista en perspectiva de un conjunto de módulos de medición de un dispositivo de control tridimensional, según un modo de realización particular de la invención, que realiza un barrido de la superficie de una rueda dentada;

- las figuras 2A-2F son unas vistas esquemáticas que muestran diferentes fases del proceso de barrido láser de la rueda dentada ilustrada en el marco del modo de realización de la figura 1;

55 - la figura 3 presenta, en forma de bloques funcionales, la estructura esquemática de un dispositivo de control tridimensional según un modo de realización particular de la invención;

60 - la figura 4 representa una vista en perspectiva de un dispositivo de control tridimensional que realiza un barrido de la superficie de un árbol con dentado múltiple según un modo de realización particular de la invención;

- las figuras 5A-5C representan unas vistas parciales y detalladas del dispositivo de control ilustrado en la figura 4;

65 - la figura 6 representa un esquema que ilustra una orientación particular de un haz láser para un módulo de medición que barre una cara de diente.

## 6. Descripción detallada

5 En todas las figuras del presente documento, los elementos y etapas idénticos están designados con el mismo número de referencia.

10 Se presenta en relación con las figuras 1, 2A a 2D la estructura y el funcionamiento de un dispositivo de control tridimensional sin contacto 10, según un modo de realización particular de la invención, adaptado para el control de piezas mecánicas circulares con dentado que se presentan en forma de una rueda dentada (o piñón) 20.

15 El dispositivo de control 10 comprende, en el modo de realización ilustrado en la figura 1, un portaobjetos 11 que está montado móvil en rotación con respecto a un bastidor (no ilustrado en la figura). El portaobjetos 11 asegura el mantenimiento de la rueda dentada 20 que debe ser controlada dentro del dispositivo. El portaobjetos 11 coopera con un sistema que permite accionar el portaobjetos en rotación, formando el conjunto unos medios de accionamiento en rotación de la rueda dentada según la invención.

20 De manera general, una rueda dentada 20 presenta un eje principal de rotación Z y un eje radial X ortogonal al eje Z. Cada diente de la rueda dentada 20 tiene un grosor  $e$  dado a lo largo del eje principal (que corresponde al segmento AB) y una profundidad  $p$  dada a lo largo del eje radial (que corresponde al segmento AC). Cada diente presenta asimismo dos caras principales  $F_A$  y  $F_B$ . En este ejemplo, el grosor de la rueda dentada 20 es de 2,5 cm y su profundidad de 1 cm por ejemplo.

25 La rueda dentada 20 es una pieza anular provista de un dentado externo y de un orificio pasante a lo largo de su eje principal. Este orificio puede presentar una pared interna lisa o terrajada por ejemplo.

30 En la figura 1, el dispositivo de control 10 según la invención utiliza cuatro módulos de medición láser dedicados al control del dentado de la rueda dentada 20, a saber: un primer par de módulos de medición láser 12A-12B dedicado a una primera medición de superficie de los dientes de la rueda dentada 20 y un segundo par de módulos de medición láser 13A-13B dedicado a una segunda medición de la superficie de los dientes de la rueda dentada 20. Más particularmente, cada par de módulos de medición láser (12A-12B; 13A-13B) está constituido por un primer módulo (12A; 13A) orientado hacia una primera cara  $F_A$  de un diente del dentado y por un segundo módulo orientado hacia la segunda cara de otro diente del dentado. Los primeros módulos 12A y 13A están dispuestos así sustancialmente más arriba con respecto a la rueda dentada 20 y los segundos módulos 12B y 13B están dispuestos sustancialmente más abajo con respecto a esta.

35 Para un par de módulos de medición dado, los dos módulos de medición para un par dado están dispuestos de manera que midan un mismo diente del dentado o dos dientes distintos del dentado como es el caso en la figura 1. Cada módulo de medición láser de los dos pares de módulos representados en la presente memoria es solidario con un bastidor por medio de un soporte (no ilustrado), que puede ser configurable o modulable en función de la pieza que debe ser controlada y de sus características dimensionales. Esto permite orientar cada módulo de medición convenientemente en función de la cara de los dientes a la que está asociado y de las dimensiones de la rueda dentada 20.

40 En el ejemplo ilustrado en la presente memoria, los módulos de medición láser 12A, 12B, 13A y 13B son fijos y es el portaobjetos 11 el que es móvil en rotación alrededor del eje principal Z de la rueda dentada 20. Evidentemente, se podría prever una variante de realización en la que el portaobjetos 11 es fijo y es el bastidor al que están fijados solidariamente los módulos el que es móvil en rotación alrededor del eje principal Z de la rueda dentada 20.

45 El conjunto de los módulos de medición láser ilustrados en la presente memoria constituye los medios de barrido láser del dispositivo según la invención. Los medios de barrido láser están asociados a unos medios de tratamiento de mediciones adquiridas por los medios de barrido, (cuyo principio se detalla a continuación en relación con la figura 3) para reconstruir la superficie tridimensional de la rueda dentada y realizar un control dimensional de esta.

50 Según la invención, los módulos de medición láser 12A, 12B, 13A y 13B están orientados con respecto a la rueda dentada 20 de manera que durante una rotación de la rueda dentada 20 alrededor de su eje principal Z, los medios de barrido barran las primera y segunda caras principales  $F_A$  y  $F_B$  de cada diente del dentado por todo su grosor  $e$  y profundidad  $p$ .

55 Las figuras 2A a 2F representan diferentes fases del proceso de barrido láser de la rueda dentada 20 para un módulo de medición láser dado, tal como el módulo 12B por ejemplo. Solo se ilustra en este caso el haz láser emitido por el módulo de medición por razones de legibilidad de los dibujos.

60 El módulo de medición 12B es, en este ejemplo, un módulo de medición láser que funciona según el principio de la triangulación láser. De manera conocida, dicho módulo de medición es apto para medir una distancia por cálculo angular. Cubre por otro lado un amplio intervalo de medición y presenta una alta resolución. Se pueden utilizar evidentemente otras tecnologías conocidas diferentes de la triangulación láser sin apartarse por ello del marco de

la invención. El módulo de medición 12B comprende una fuente de emisión láser 121, por ejemplo un diodo láser, que proyecta un haz láser plano 16 sobre una de las caras de los dientes que deben ser barridos (cara principal  $F_B$  en este caso) y un receptor láser 122, por ejemplo, un sensor de tipo CCD (por "*Charge-Coupled Device*" en inglés) o CMOS (por "*Complementarity Metal-Oxide-Semiconductor*" en inglés). La fuente de emisión láser y el receptor láser correspondiente están situados sobre la misma cara del módulo de medición, estando esta cara orientada hacia la rueda dentada 20.

Los otros módulos de medición 12A, 13A y 13B son, preferentemente, idénticos. De manera general, para maximizar la calidad del barrido láser, los módulos de medición para cada par deben ser de tecnología idéntica.

Cuando el portaobjetos 11 (y por lo tanto la rueda dentada 20) es puesto en rotación, el haz láser emitido por la fuente es reflejado sobre la cara  $F_B$  de la rueda dentada 20 cuya posición o alejamiento con respecto a la fuente láser (es decir, con respecto al módulo de medición 12B) se desea conocer. El receptor láser 122 está orientado para captar el haz láser que procede de la rueda dentada 20. El haz láser reflejado alcanza el receptor 122 bajo un ángulo que depende de la distancia. La posición del haz láser reflejado sobre el receptor 122, así como la distancia que separa la fuente y el receptor del módulo de medición 12B, permiten deducir unas informaciones de distancia para cada punto de medición adquirido.

La intersección entre el haz láser 16 y la cara  $F_B$  del diente forma una línea láser de barrido 18 que se desplaza sobre la cara barrida  $F_B$  a medida que la rueda dentada 20 gira alrededor de su eje principal, como se ilustra en las figuras 2A a 2F.

Más particularmente, según la invención, el módulo de medición 12B está dispuesto de manera que la fuente de emisión 121 esté orientada con respecto al eje principal de rotación Z por un lado, y con respecto a un eje radial X de la rueda dentada 20 por otro lado, para que la línea de láser 18 cubra toda la profundidad del dentado  $p$  (es decir, desde la cabeza hasta el pie de cada diente) y que la línea de láser 18 barra todo el grosor del dentado e a medida que tiene lugar la rotación de la rueda dentada 20.

En otras palabras, el módulo de medición 12B está dispuesto con respecto a la rueda dentada 20 de manera que la línea de láser 18 cubra toda la profundidad de los dientes, estando el barrido de los dientes por su grosor asegurado gracias a la rotación de la rueda dentada 20.

Una de las condiciones sobre la orientación de los módulos es que el eje de orientación del haz láser de los módulos puede estar inclinado con respecto al eje radial y al eje principal de rotación, pero no debe ser ortogonal al eje principal de rotación.

La figura 6 ilustra un ejemplo particular de orientación del haz láser del módulo de medición 12B con respecto a la cara de uno de los dientes en curso de barrido. Se anota P el plano que contiene el eje principal Z y el eje radial X. El módulo de medición 12B está orientado hacia la segunda cara  $F_B$  de manera que el haz láser esté inclinado hacia arriba con respecto al eje radial X en un ángulo  $\theta_x$  comprendido entre 10 y 45 grados (por ejemplo 30 grados) y en un ángulo  $\theta_z$  con respecto al eje principal de rotación Z comprendido entre 10 y 45 grados (por ejemplo 20 grados). Los ángulos  $\theta_x$  y  $\theta_z$  dependen en particular del ángulo de inclinación  $\alpha$  de los dientes del dentado (o ángulo de hélice). El ángulo de inclinación  $\alpha$  varía normalmente entre 15 y 30 grados por ejemplo para las piezas del tipo piñón.

El mismo principio se aplica al primer módulo 12A del par de módulos de medición 12A y 12B, debiendo el haz láser de dicho módulo 12A estar inclinado hacia abajo con respecto al eje radial X en el ángulo  $\theta_x$  para enfrentarse a la cara del diente correspondiente  $F_A$ .

Por último, con el fin de realizar un barrido de la rueda dentada 20 en su conjunto (y no únicamente a nivel del dentado de la pieza), los medios de barrido comprenden un quinto módulo de medición láser 14, distinto de los dos pares de módulos 12A-12B y 13A-13B, colocado sustancialmente más arriba con respecto a la rueda dentada 20, de manera que permita un barrido láser a nivel de la superficie superior de la rueda dentada 20, y más precisamente a nivel del orificio pasante. Las mediciones procedentes de este módulo de medición 14 permiten en particular medir el eje principal de rotación de la rueda dentada 20 y controlar las dimensiones del orificio pasante. El funcionamiento del módulo de medición 14 es idéntico al descrito anteriormente para los otros módulos de medición.

Se debe observar que, en los casos en los que la rueda dentada que debe ser controlada tuviera un dentado de grosor tal que el tamaño del haz láser de los medios de barrido permita únicamente un barrido parcial del grosor del dentado cuando tiene lugar la rotación, se puede prever que los medios de barrido estén provistos además de medios de accionamiento en traslación de la rueda dentada 20 a lo largo del eje principal Z con respecto a los módulos de medición láser (o a la inversa), para asegurar un barrido completo por todo el grosor del dentado. Por lo tanto, se puede considerar prever un movimiento simultáneo o secuenciado en rotación y en traslación de la pieza con respecto a los módulos de medición láser (o a la inversa).

El número de pares de módulos de medición no está limitado al ejemplo ilustrado anteriormente. Se podría prever un número mayor (es decir, superior a 2) o menor (es decir, inferior a 2) sin apartarse por ello del marco de la invención, en particular según la complejidad de la forma de la pieza mecánica, el número de puntos de medición deseados y/o el tiempo de tratamiento deseado, y/u otros parámetros que el experto en la materia juzgue conveniente tener en cuenta.

5

Se presenta ahora, en relación con la figura 3, en forma de bloques funcionales, las características genéricas de un dispositivo de control tridimensional 100 según un modo de realización particular de la invención.

10

El dispositivo de control 100 comprende unos medios de barrido 110 de cada uno de los dientes del dentado de la pieza que debe ser controlada. Estos medios de barrido están equipados con módulos de medición láser y con los medios de accionamiento tales como los descritos anteriormente en relación con las figuras 1, 2A a 2F.

15

El dispositivo de control 100 comprende unos medios de construcción 120 de una representación tridimensional virtual de la pieza a partir de los datos (o puntos de medición) procedentes de los medios de barrido 110. Para ello, el dispositivo de control 100 utiliza un programa de tratamiento de la nube de puntos y de representación tridimensional virtual de la pieza que debe ser controlada. Los datos procedentes de los módulos se presentan en forma de nubes de puntos de coordenadas definidas en un espacio de tres dimensiones. El tiempo necesario para la obtención de los puntos es relativamente corto (entre 1 y 30 millones de puntos, según el número de módulos de medición, siendo estos puntos adquiridos en un intervalo de tiempo comprendido entre 1 s y 5 s). Generalmente, una única rotación de 360 grados de la pieza (a la altitud en la que es necesaria una medición de la pieza) es suficiente para adquirir el conjunto de los puntos de medición necesarios para la reconstrucción 3D y para el control dimensional de la pieza.

20

25

El dispositivo de control 100 comprende unos medios de control dimensional 130 de la pieza en función de la representación tridimensional virtual obtenida por los medios de construcción 120. Los medios de control 130 están configurados para suministrar 140 por lo menos una magnitud representativa de una dimensión de la pieza mecánica o una información de aceptación o de rechazo de la pieza sometida al control en función del resultado del control realizado por los medios de control 130 (respeto o no de las tolerancias dimensionales y/o geométricas impuestas, etc.).

30

Este tipo de dispositivo de control se integra fácilmente en una línea de producción.

35

Se presenta ahora en relación con las figuras 4, 5A a 5C la estructura y el funcionamiento de un dispositivo de control tridimensional 1 sin contacto adaptado para el control de piezas mecánicas circulares con dentado que se presentan en forma de un árbol con dentado múltiple 5.

40

El dispositivo de control 1 comprende dos brazos verticales 6A y 6B en forma de puntas que aseguran el mantenimiento del árbol con dentado 5 en cada uno de sus extremos según su eje de rotación principal. El brazo 6B coopera con un sistema de accionamiento doble de rotación y traslación, que permite la puesta en rotación y/o en traslación del árbol con dentado 5 con respecto al bastidor 7, que es fijo. El brazo 6A coopera con un sistema de accionamiento simple en traslación (guiado en traslación del árbol a lo largo de su eje principal). Estos elementos forman los medios de accionamiento en rotación y en traslación del dispositivo según la invención.

45

El árbol con dentado 5 presentado en este caso comprende tres dentados 50, 51 y 52 colocados en diferentes niveles del árbol según el eje principal de rotación Z. El eje radial del dentado 50 por ejemplo está anotado X, y es ortogonal a Z. Cada dentado puede ser de diferente tipo (dentado helicoidal, recto, en forma de espiga, etc.) y presentar diferentes dimensiones.

50

En la continuación de la descripción, se describirá en primer lugar el dispositivo para realizar un control del dentado helicoidal 50 del árbol 5.

55

El dispositivo de control 1 según la invención utiliza cuatro módulos de medición láser para controlar el dentado 50 del árbol 5, a saber: un primer par de módulos de medición láser 2A-2B dedicado a una primera medición de la superficie de los dientes del dentado 50 y un segundo par de módulos de medición láser 3A-3B dedicado a una segunda medición de superficie de los dientes del dentado 50. Más particularmente, cada par de módulos de medición láser (2A-2B; 3A-3B) está constituido por un primer módulo (2A; 3A) orientado hacia una primera cara  $F_A$  de un diente del dentado y por un segundo módulo orientado hacia la segunda cara de otro diente del dentado, según el mismo principio que el desarrollado anteriormente en relación con la rueda dentada (figuras 1, 2A a 2F). Así, según la invención, los módulos de medición láser 2A, 2B, 3A y 3B están orientados con respecto al dentado 50 de manera que durante una rotación del árbol 5 alrededor de su eje principal Z, los medios de barrido aseguren un barrido de las primera y segunda caras principales  $F_A$  y  $F_B$  de cada diente del dentado 50 por todo su grosor y profundidad.

60

65

Además de los medios de accionamiento en rotación, están previstos en el dispositivo de control 1 unos medios de accionamiento en traslación del árbol con dentado 5, para poder guiar el árbol a lo largo de su eje principal Z,

5 durante la rotación del árbol con dentado 5 o no (un movimiento de traslación del árbol se puede realizar simultáneamente o no con un movimiento de rotación). Esto permite asegurar por un lado un barrido completo por todo el grosor de un dentado cuando presenta un dentado de grosor tal que el tamaño del haz láser de los módulos de medición no permita cubrir todo el grosor del dentado. Por otro lado, los medios de accionamiento en traslación pueden ser activados para desplazar la pieza a lo largo del eje principal para permitir un barrido y una adquisición de los puntos de medición de los demás dentados 51 y 52 del árbol (esto tiene por efecto permitir un barrido de las primera y segunda caras principales de cada diente por todo su grosor y profundidad, y para cada dentado) y, eventualmente, de las demás partes de la pieza con el fin de realizar un control completo del árbol con dentado 5. Se debe observar que para realizar un barrido secuenciado de los dentados 50, 51 y 52 por los mismos pares de módulos de medición, el tipo de perfil y las dimensiones deben ser sustancialmente similares. Depende del campo de medición de los módulos de medición utilizados en el dispositivo de control (pudiendo el campo de medición variar efectivamente de algunos milímetros a algunos centímetros en función de la tecnología de los módulos de medición). Llegado el caso, la orientación de los módulos de medición láser 2A, 2B, 3A, 3B deberá ser adaptada en función del tipo de dentado del cual está provista la pieza. Se podrá prever una mecánica de orientación automática de módulos para adaptarse en tiempo real a la forma y a las dimensiones de la pieza mecánica que debe ser controlada.

20 Esta configuración permite realizar un barrido secuenciado de las diferentes partes del árbol 5, incluidos todos los dentados.

25 A título de alternativa a esta configuración, los medios de barrido pueden comprender por lo menos otro par de módulos de medición láser (no ilustrado en las figuras) colocado a nivel de cada dentado del árbol para permitir un barrido y una adquisición de puntos de medición de las caras de cada diente de cada dentado por todo su grosor y profundidad (orientación de los módulos configurables en tiempo real).

Esta configuración permite realizar un barrido simultáneo del conjunto de los dentados colocados en diferentes niveles a lo largo del eje principal del árbol con dentado 6, reduciendo así el tiempo de control de la pieza.

30 Así, el dispositivo según la invención permite un control automático, completo y sin contacto de una pieza que puede tener una forma compleja, en particular con varios niveles de dentado, que pueden tener diferentes perfiles de dientes, diferentes dimensiones (profundidad, grosor, diámetro, etc.)

35 Además, los medios de barrido pueden ser configurados para barrer, además de los dentados, la superficie de las partes restantes del árbol 5, con el fin de permitir determinar la posición del eje principal de rotación de la pieza. En una variante de realización, esta operación de barrido está asegurada por los módulos de medición adicionales 4A, 4B, 4C, 4D, dispuestos de manera fija con respecto al bastidor 7 y perpendiculares con respecto al eje de la pieza. La superficie de dichas partes restantes del árbol 5 se controla activando los medios de accionamiento en rotación y los medios de accionamiento en traslación del árbol 5 con respecto a los módulos de medición de manera que se barra la superficie de dichas partes restantes por todo su contorno y por toda su altura respectivamente.



**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Dispositivo de control tridimensional sin contacto de una pieza mecánica circular con dentado (20) que presenta un eje principal de rotación (Z), presentando los dientes de dicho dentado un grosor y una profundidad definidos, presentando cada diente una primera y una segunda caras ( $F_A$ ,  $F_B$ ), comprendiendo dicho dispositivo:
- unos medios de barrido de dicha pieza que comprenden:
    - 10 \* por lo menos un primer par de módulos de medición láser (12A, 12B) y unos medios de accionamiento en rotación (11) alrededor del eje principal de dicha pieza con respecto a los módulos de medición láser, o a la inversa;
    - 15 \* por lo menos un módulo de medición láser adicional (14) configurado para medir el eje principal de dicha pieza;
  - unos medios de construcción de una representación tridimensional virtual de dicha pieza a partir de datos procedentes de dichos medios de barrido;
  - 20 - unos medios de control dimensional a partir de dicha representación tridimensional virtual reconstruida;
  - comprendiendo cada par de módulos de medición láser un primer módulo (12A) orientado hacia una primera cara ( $F_A$ ) de un diente y un segundo módulo (12B) orientado hacia una segunda cara ( $F_B$ ) de un diente;
- 25 estando dichos módulos de medición láser orientados con respecto a dicha pieza de manera que durante una rotación de dichos módulos o de dicha pieza alrededor del eje principal, dichos medios de barrido barran dichas primera y segunda caras de cada diente por todo su grosor y profundidad.
- 30 2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que cada módulo de medición láser comprende una fuente de emisión de un haz láser orientado con respecto al eje principal de rotación y con respecto a un eje radial (X) de dicha pieza, y un receptor de haz láser orientado para captar el haz láser que procede de dicha pieza.
- 35 3. Dispositivo según la reivindicación 2, en el que el haz láser está orientado con respecto al eje principal de rotación en un primer ángulo comprendido entre 10 y 45 grados y con respecto al eje radial en un segundo ángulo comprendido entre 10 y 45 grados.
- 40 4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dichos medios de barrido comprenden unos medios de accionamiento en traslación de la pieza mecánica a lo largo del eje principal con respecto a los módulos de medición láser, o a la inversa.
- 45 5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que siendo dicha pieza mecánica circular con dentado un árbol con dentado dispuesto a lo largo del eje principal y comprendiendo una pluralidad de dentados colocados unos tras otros según el eje principal de rotación, dichos medios de barrido comprenden unos medios de accionamiento en traslación de la pieza mecánica a lo largo del eje principal con respecto a los módulos de medición láser, o a la inversa.
- 50 6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha pieza mecánica circular con dentado es un árbol con dentado dispuesto a lo largo del eje principal y que comprende una pluralidad de dentados colocados unos tras otros según el eje principal, y en el que dichos medios de barrido comprenden por lo menos un segundo par de módulos de medición láser colocado cada uno al nivel de cada dentado de dicha pluralidad para permitir un barrido de dichas primera y segunda caras de cada diente por todo su grosor y profundidad y para cada dentado.
- 55 7. Dispositivo según la reivindicación 6, en el que dichos medios de barrido comprenden además por lo menos un tercer par de módulos de medición láser orientados con respecto a dicha pieza de manera que durante la rotación de dichos módulos o de dicha pieza alrededor del eje principal y durante la traslación de dichos módulos o de dicha pieza en relación con el eje principal, dichos medios de barrido barran además dicho árbol por todo su contorno y su altura.
- 60 8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicha pieza mecánica circular con dentado es una rueda dentada que comprende un orificio circular que presenta por eje el eje principal de rotación de dicha pieza, y en el que dicho por lo menos un módulo de medición láser adicional está orientado con respecto a dicha pieza de manera que durante la rotación de dichos módulos o de dicha pieza alrededor del eje principal, dichos medios de barrido barran el orificio por toda su superficie.
- 65 9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la pieza mecánica circular con dentado pertenece al grupo que comprende:

- pieza con dentado recto,
- pieza con dentado helicoidal,
- pieza con dentado en forma de espiga.

5

10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que los módulos de medición están provistos de una fuente de emisión láser de tipo línea.

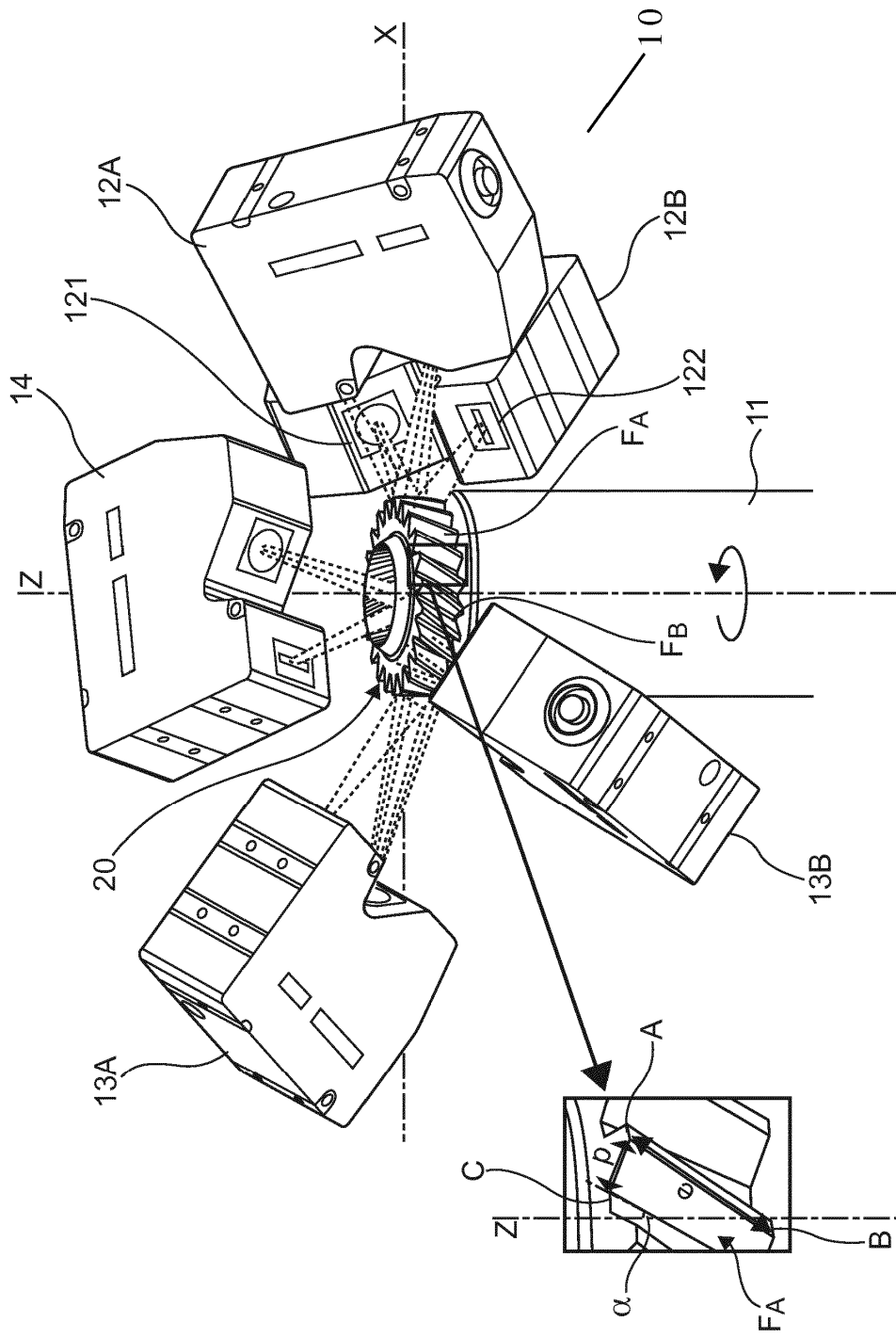


Fig. 1

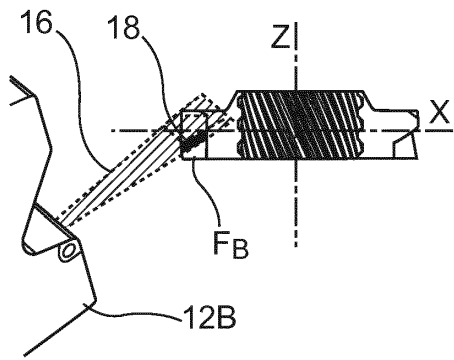


Fig. 2A

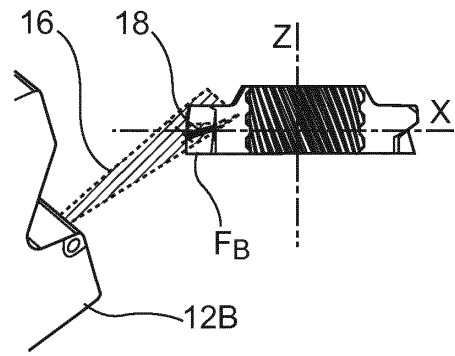


Fig. 2D

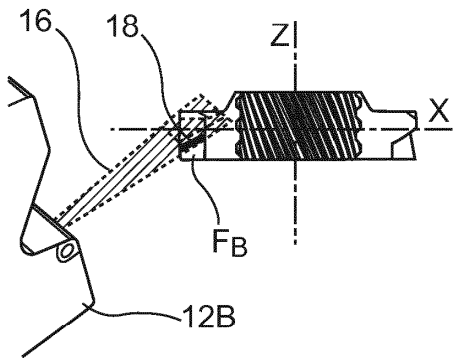


Fig. 2B

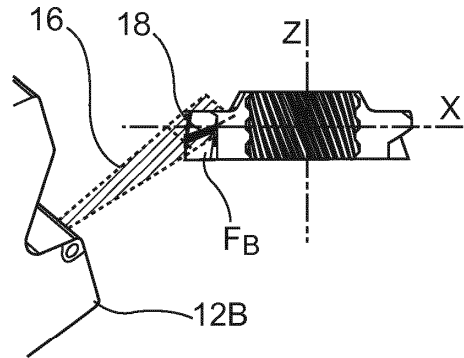


Fig. 2E

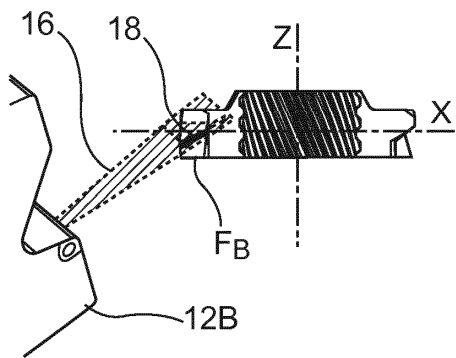


Fig. 2C

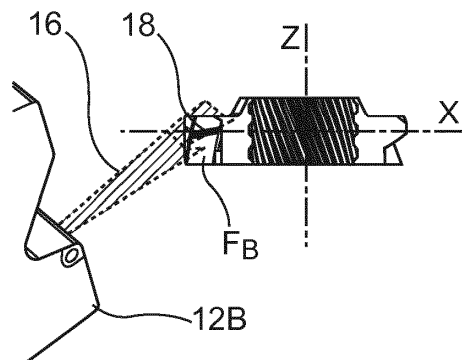


Fig. 2F

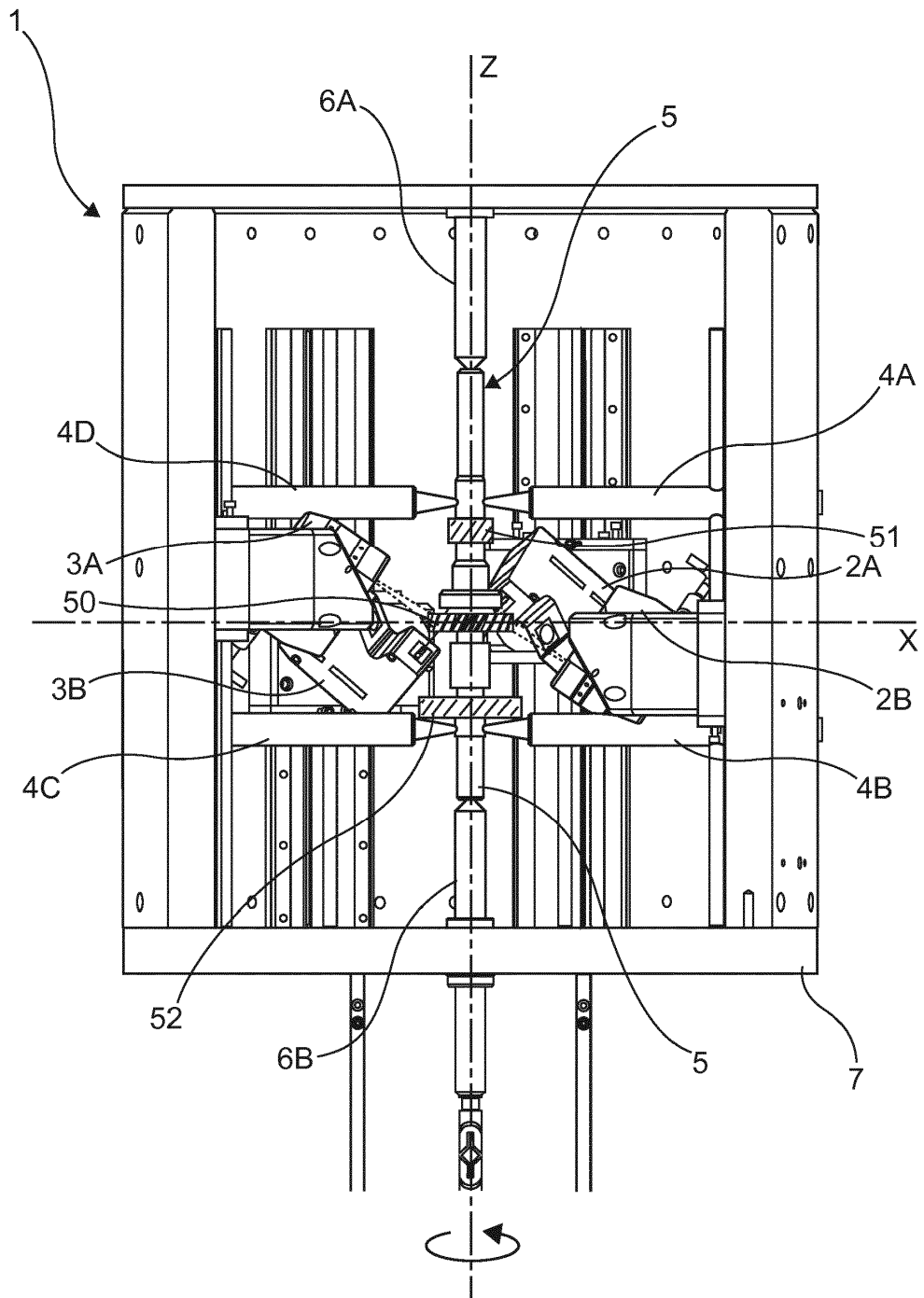


Fig. 4

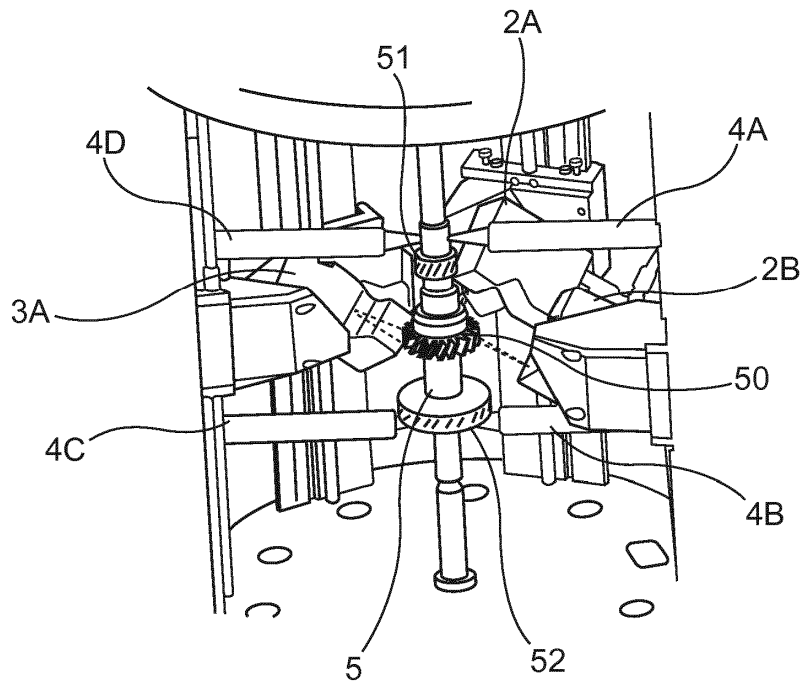


Fig. 5A

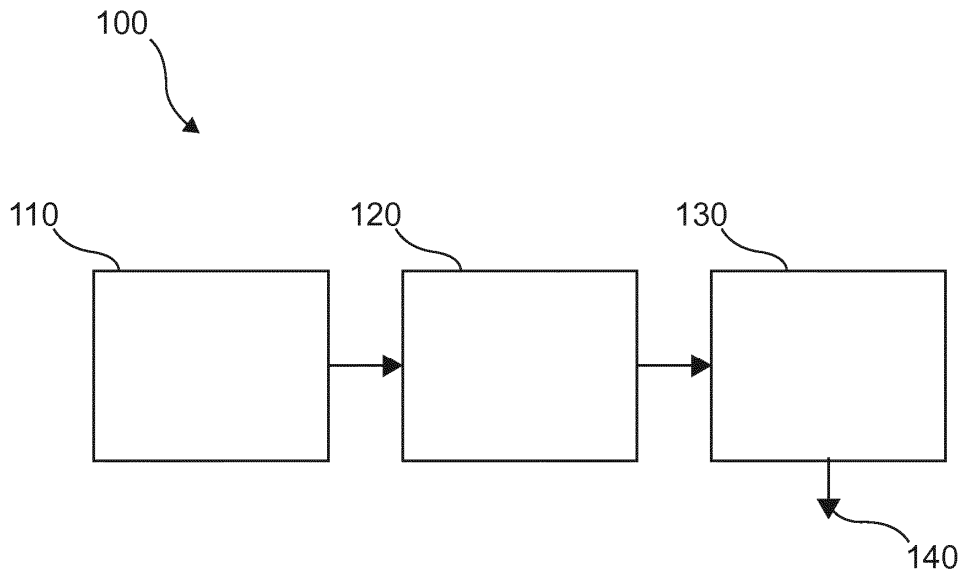


Fig. 3

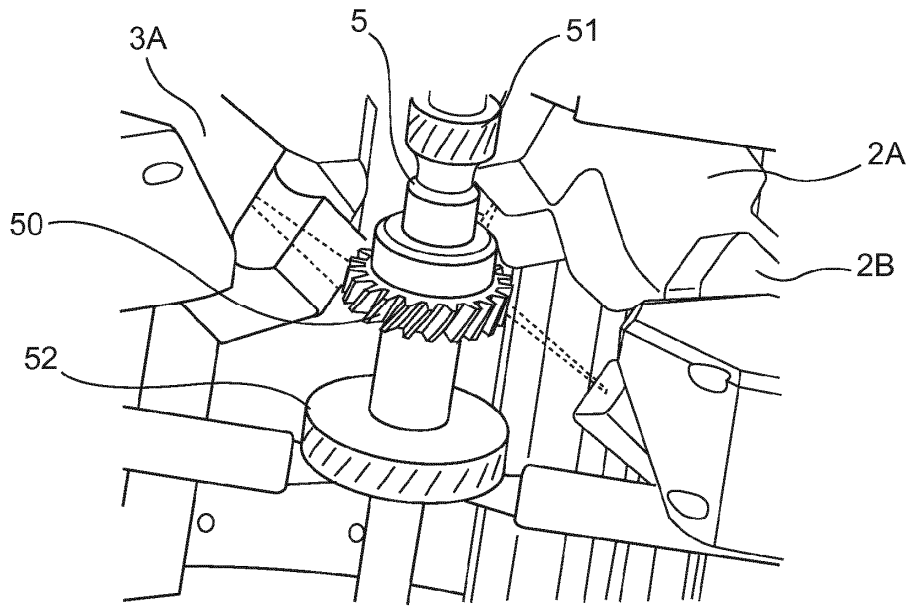


Fig. 5B

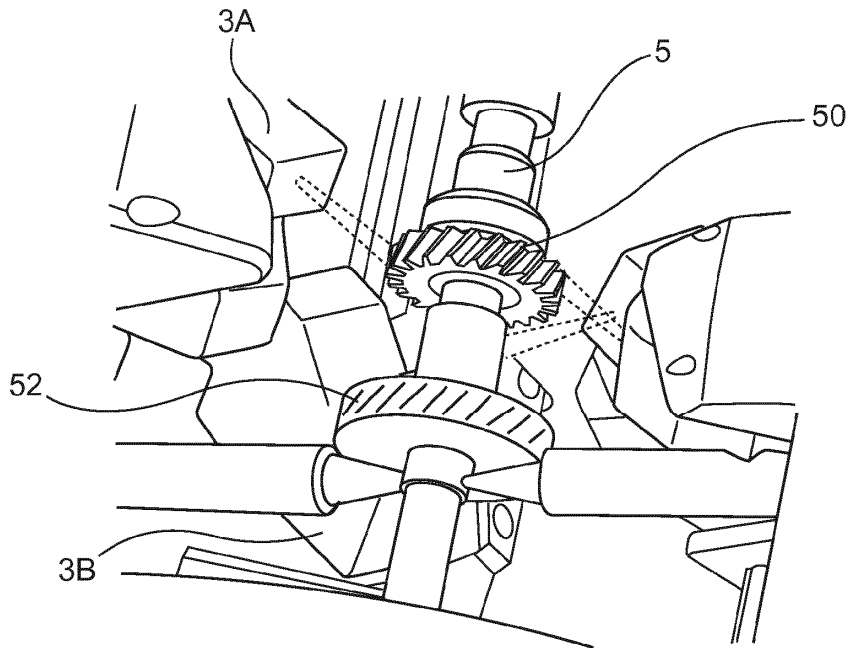


Fig. 5C

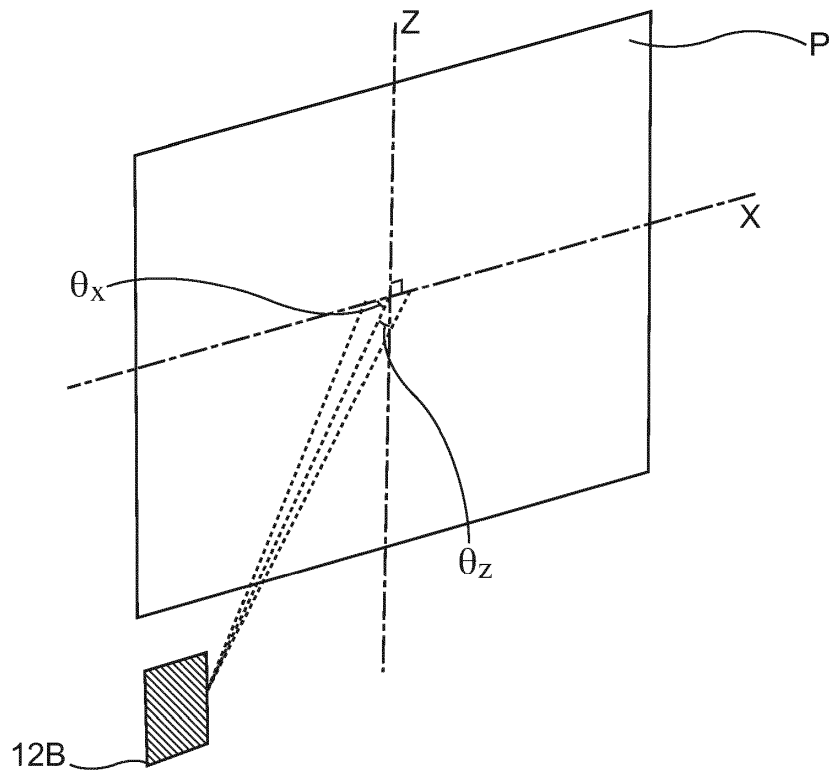


Fig. 6