

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 913 330**

51 Int. Cl.:

G01B 11/245 (2006.01)

G01B 11/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.11.2016** **PCT/EP2016/076336**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.05.2017** **WO17076853**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2016** **E 16801143 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2022** **EP 3390961**

54 Título: **Dispositivo de control tridimensional sin contacto con las palas para turbomáquinas, en particular para reactores o turbinas de aeronaves**

30 Prioridad:

02.11.2015 FR 1560486

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

01.06.2022

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:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 913 330 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 con las palas para turbomáquinas, en particular para reactores o turbinas de aeronaves

1. Campo de la invención

5 El campo de la invención es el de la medida dimensional.

La invención se refiere más particularmente a un dispositivo de control tridimensional sin contacto con las palas de una turbomáquina, por ejemplo de un reactor, de una turbina, de un compresor o de una bomba.

10 En general, una turbomáquina es una máquina, un dispositivo o un aparato que actúa sobre un fluido o que acciona un fluido a través de un elemento giratorio. Se produce un intercambio de energía entre el órgano giratorio que gira alrededor de su eje de rotación y un fluido en flujo permanente. Las turbomáquinas pueden ser receptoras (turbinas hidráulicas, turbinas de gas (aeromotores) por ejemplo) o generadoras (reactor, turbina aerodinámica, bombas centrífugas, compresores, ventiladores, hélices de propulsión, por ejemplo).

15 La invención se aplica en particular, pero no exclusivamente, a las técnicas de control de las palas utilizadas en el campo de la aeronáutica (para asegurar la propulsión de una aeronave, por ejemplo), en el campo naval (para asegurar la propulsión de un navío, por ejemplo). También se puede aplicar a las técnicas de control de las palas utilizadas en el campo de la energía aerodinámica o hidrodinámica (para transformar la energía de desplazamiento de un fluido en energía motriz).

2. Antecedentes tecnológicos

20 En el resto de este documento, se presta una atención más particular a describir el problema existente en el campo de los reactores de las aeronaves, al que se han enfrentado los inventores de la presente solicitud de patente. Por supuesto, la invención no se limita a este campo particular de aplicación, sino que es de interés para cualquier técnica de control de las palas para una turbomáquina que enfrenta un problema parecido o similar.

25 As palas de los reactores, de los turborreactores o incluso de las turbinas son piezas mecánicas muy utilizadas para aplicaciones aeronáuticas. Su función es transmitir energía cinética a un fluido (gas) cuando se acopla a un motor y así propulsar la aeronave.

Un turborreactor, por ejemplo, consiste generalmente en un conjunto de palas que concurren sobre un eje de rotación y están dispuestas en un plano sensiblemente perpendicular a este eje. El número de palas varía según las aplicaciones.

Durante su fabricación, las palas deben ser fabricadas con una precisión muy alta en sus dimensiones o en su forma, y con una calidad adecuada y constante.

30 Por tanto, es necesario prever un control dimensional de cada una de estas piezas para saber si cumplen con las tolerancias de fabricación exigidas. Este control se realiza generalmente en la línea de producción e implica un cierto número de características dimensionales.

35 Una solución clásica consiste en comprobar estas piezas al final de la fabricación, ya sea manualmente o utilizando máquinas de control dimensional automatizadas, como las máquinas de palpación mecánica. Estas últimas permiten conocer las dimensiones y la forma de una pieza y luego controlarlas.

Sin embargo, la inspección visual de las piezas no cumple ni con las altas cadencias de producción ni con los requisitos de calidad exigidos en aeronáutica, siendo algunos defectos difíciles de detectar a simple vista.

40 Las soluciones de palpación mecánica, por otro lado, requieren un proceso de inspección discontinuo, lo que exige un tiempo de control relativamente largo. Además, las palas de la hélice pueden tener una forma y un perfil relativamente complejos, lo que dificulta el proceso de control y requiere el uso de máquinas diferentes para permitir el control de todas las características dimensionales de estas piezas. Además, los actuales sistemas de control sin contacto no permiten alcanzar las precisiones y las cadencias impuestas por la industria manufacturera.

45 CN 104567679 A presenta un dispositivo para la medida en 3D de una pala de una turbomáquina que comprende un módulo de medida láser por triangulación, un medio de accionamiento de la pala en rotación, un medio de accionamiento del módulo láser en traslación y un medio de construcción de una representación 3D de la pala a partir de los datos del módulo de medida láser.

Sería por tanto deseable disponer de una máquina de control automático capaz de controlar de manera precisa, reproducible y rápida todas las características dimensionales de las palas de una turbomáquina.

3. Objetivos de la invención

50 La invención, en al menos un modo de realización, tiene especialmente por objetivo paliar los diversos inconvenientes

de estas técnicas anteriores de medida y de control dimensional.

Más concretamente, en al menos un modo de realización de la invención, un objetivo es el de proporcionar un dispositivo de control tridimensional que permita el control dimensional automático, completo y sin contacto con las palas para una turbomáquina.

5 4. Exposición de la invención

En un modo de realización particular de la invención, se propone un dispositivo de control tridimensional sin contacto con las palas de una turbomáquina, por ejemplo, un reactor, una turbina, un compresor o una bomba, comprendiendo dicha pala un cuerpo que se extiende radialmente a lo largo de un eje principal, entre la raíz de una pala y un cabezal de la pala con una altura definida, y que comprende una primera y una segunda caras principales terminadas por un borde de ataque y un borde de salida. El dispositivo de control es tal que comprende:

- unos medios de barrido de dicha pala, comprendiendo dichos medios de barrido al menos un primer par de módulos de medida láser y unos medios de accionamiento en rotación alrededor del eje principal de dicha pala con respecto a los módulos de medida láser o viceversa y unos medios de accionamiento en traslación a lo largo del eje principal de dicha pala con respecto a los módulos de medida láser o viceversa;
- unos medios de construcción de una representación tridimensional virtual de dicha pala a partir de los datos procedentes de dichos medios de barrido;
- unos medios de control dimensional a partir de dicha representación tridimensional virtual reconstruida;
- comprendiendo cada par de módulos de medida láser un primer módulo orientado hacia una primera cara (F_A) de dicha pala y un segundo módulo orientado hacia una segunda cara (F_B) de una pala;

estando orientados dichos módulos de medida láser con respecto a dicha pala de modo que:

- durante una rotación de dichos módulos o de dicha pala alrededor del eje principal, dichos medios de barrido barran las caras primera y segunda de dicha pala en toda la circunferencia de dicha pala, y
- durante una traslación de dichos módulos o de dicha pala a lo largo del eje principal, dichos medios de barrido barran la primera y la segunda caras de dicha pala sobre toda su altura.

Así, gracias a una disposición inteligente de al menos un par de módulos de medida láser, el dispositivo de control tridimensional según la invención permite realizar automáticamente y sin contacto un barrido completo y preciso de toda la pala a controlar. A continuación, se puede realizar un control de todas las características dimensionales de la pala utilizando los puntos de medida de los medios de barrido.

Por lo tanto, el dispositivo puede proporcionar un movimiento simultáneo de rotación y de traslación de la pala con respecto a los módulos de medida láser o viceversa.

Así, a diferencia de las soluciones existentes, el dispositivo según la invención permite determinar una nube de puntos de medida de la pala en tres dimensiones y en pocos segundos sobre toda su superficie. Dependiendo de la tecnología láser integrada en los módulos de medida y del proceso de construcción de la representación tridimensional y del control asociado, es posible realizar un control de pala ultrarrápido (duración aproximada entre 1 y 5 segundos).

Según un aspecto particular de la invención, cada módulo de medida láser comprende una fuente de emisión de un haz de láser orientado con respecto al eje principal y con respecto a un eje tangencial de dicha pala, y un receptor del haz de láser dirigido a captar el haz de láser de dicha pala.

Según una característica particular, el haz de láser está orientado con respecto al eje principal un primer ángulo comprendido entre 10 y 45 grados y con respecto al eje tangencial un segundo ángulo comprendido entre 10 y 45 grados.

Según una característica particular, los medios de accionamiento en rotación y los medios de accionamiento en traslación se activan simultánea o secuencialmente.

Así, es posible realizar las operaciones de barrido (y por tanto la adquisición de los puntos de medida) con accionamiento de rotación y traslación simultáneo de dicha pala con respecto a los módulos de medida láser o viceversa o con rotación y traslación independientes, sucediéndose en un orden preestablecido.

Según una característica particular, los módulos están provistos de una fuente de emisión láser del tipo lineal.

5. Lista de figuras

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

- la figura 1 representa una vista en perspectiva de un dispositivo de control tridimensional según un modo particular de realización de la invención;
- las figuras 2A-2C representan vistas parciales y detalladas del dispositivo de control ilustrado en la figura 1;
- las figuras 3A-3F son vistas de la pala de la turbina sujeta a control tridimensional durante las diferentes fases del barrido láser como se ilustra en las figuras 1, 2A, 2B y 2C;
- la figura 4 presenta, en forma de bloques funcionales, la estructura esquemática de un dispositivo de control tridimensional según una realización particular de la invención;
- La figura 5 presenta una vista detallada de un módulo de medida durante el barrido de una de las caras principales de la pala a controlar.

6. Descripción detallada

En todas las figuras de este documento, los elementos idénticos se designan con el mismo número de referencia.

Presentamos en relación con las **figuras 1, 2A a 2C** la estructura y el funcionamiento de un dispositivo de control tridimensional sin contacto 1, según un modo de realización particular de la invención. La pieza mecánica sujeta al control tridimensional aquí es una pala de una turbina o de un reactor de un avión 5.

Por supuesto, este es un ejemplo ilustrativo, se pueden considerar otros tipos de palas para otras aplicaciones sin apartarse del alcance de la invención.

La pala comprende generalmente un cuerpo 50 que se extiende radialmente a lo largo de un eje principal (Z) entre una raíz de la pala 51 y un cabezal de la pala 52 con una altura definida h, y que comprende una primera y una segunda caras principales F_A y F_B terminadas por un borde de ataque 53 y un borde de salida 54. La primera cara F_A , comúnmente llamada intradós, es de forma sensiblemente cóncava, y la segunda cara F_B comúnmente llamada extradós, de forma sensiblemente convexa. La estructura de la pala 5 se ilustra con más detalle en las figuras 3A y 3F.

El término "radialmente" se usa porque una pala generalmente consta de un cuerpo que se extiende radialmente desde el órgano giratorio de la turbina (eje o cubo, por ejemplo).

El dispositivo de control 1 comprende, en la realización aquí ilustrada, dos brazos verticales 6A y 6B para sujetar la pala 5 a controlar dentro del marco 7 a lo largo de su eje principal Z. El brazo de sujeción 6A sujeta la pala al nivel de su cabezal 51 y el brazo de sujeción 6B sujeta la pala al nivel de su pie 52. Los dos brazos de sujeción 6A y 6B además están montados para poder girar alrededor del eje principal Z con respecto al marco 7 del dispositivo (flecha referenciada 30) y móviles en traslación a lo largo del eje principal Z con respecto al marco 7 del dispositivo (flecha referenciada 40). Para ello, los dos brazos de sujeción 6A y 6B cooperan con un doble sistema de accionamiento de giro y traslación (no representado), que permite el giro y/o la traslación de la pala 5 con respecto del bastidor 7, que es fijo.

Son posibles varias implementaciones materiales: por ejemplo, el brazo 6B puede cooperar con un sistema de accionamiento doble en rotación y en traslación, y el brazo 6A puede cooperar con un sencillo sistema de accionamiento en traslación para guiar la pala a lo largo de su eje principal. Para determinadas configuraciones de la pala, cabe señalar que sólo es necesario el brazo de sujeción 6B para asegurar el accionamiento de la pala en rotación y en traslación.

Los brazos 6A y 6B y el sistema o los sistemas de accionamiento asociados forman los medios de accionamiento en rotación y en traslación del dispositivo según la invención.

Además, el dispositivo de control 1 según la invención implementa cuatro módulos de medida láser dedicados a la medida y al control de la pala 5: un primer par de módulos de medida láser 2A-2B dedicado a una primera medida superficial de la pala 5 y un segundo par de módulos de medida láser 3A-3B dedicado a una segunda medida superficial de la pala 5. Más particularmente, cada par de módulos de medición láser (2A-2B; 3A-3B) consta de un primer módulo (2A; 3A) orientado hacia la cara intradós F_A de la pala 5 y un segundo módulo orientado hacia la cara extradós F_B de la pala 5.

Consideremos el eje X como el eje tangencial a las caras principales y ortogonal al eje Z principal al nivel de una línea de medida sobre la pala. Así, los primeros módulos 2A y 3A están sensiblemente inclinados hacia arriba con respecto al eje tangencial X de la pala 5 y los segundos módulos 2B y 3B están sensiblemente inclinados hacia abajo con respecto al eje tangencial X de la pala 5.

Cada módulo de medida láser de cada una de las dos parejas de módulos 2A-2B y 3A-3B que aquí se muestran es solidario con el chasis mediante un soporte que puede ser configurable o modulable según el tipo de lámina a controlar y sus características dimensionales. Esto permite orientar adecuadamente cada módulo de medida según la forma y las dimensiones de la pala a controlar. La orientación de los módulos de medida láser 2A, 2B, 3A, 3B deberá adaptarse según la forma y las dimensiones de las caras de la pala 5 y a la capacidad de cobertura láser (campo de medida) de los módulos de medida utilizados en el dispositivo de control (la cobertura del láser en realidad puede variar de unos

pocos milímetros a unos pocos centímetros, dependiendo de la tecnología implementada por los módulos de medida). Podría contemplarse una motorización automatizada de los soportes de los módulos para permitir una orientación en tiempo real de los módulos con respecto a la superficie de la pala.

En el ejemplo ilustrado aquí, los módulos de medida láser 2A, 2B, 3A y 3B son fijos y es la pala 5 la que es móvil en rotación y en traslación con respecto al eje principal Z de la pala 5. Por supuesto, se podría contemplar una variante de realización en la que la pala 5 esté fija y sea el bastidor al que van fijados los módulos de medida el que está montado móvil en rotación y en traslación alrededor del eje principal Z de la pala 5.

Todos los módulos de medida láser ilustrados aquí, así como los medios de accionamiento de rotación y traslación mencionados anteriormente, constituyen los medios de barrido del dispositivo según la invención. Los medios de barrido están asociados a unos medios de tratamiento de las medidas adquiridas por los medios de barrido (cuyo principio se detalla más adelante en relación con la figura 4) para reconstruir la superficie tridimensional de la pala 5 y realizar un control dimensional de la misma.

Según la invención, los módulos de medida láser 2A, 2B, 3A y 3B están orientados con respecto a la pala 5 de manera que durante una rotación de la pala 5 alrededor de su eje principal Z, los medios de barrido barran las caras del intradós F_A y extradós F_B sobre toda la circunferencia de la pala (barrido sobre el ancho de las caras F_A y F_B) y que durante una traslación de la pala 5 a lo largo de su eje principal Z, los medios de barrido barran las caras del intradós F_A y extradós F_B de la pala 5 sobre toda su altura h .

Las figuras 3A à 3F representan diferentes fases del proceso de barrido láser de la pala de la turbina 5. La figura 5 muestra con más detalle el módulo de medida 2B durante el barrido láser de la cara extradós F_B de la pala de la turbina 5.

El módulo de medida 2B es, en este ejemplo, un módulo de medida láser que funciona según el principio de triangulación láser. De manera ya conocida, un módulo de medida de este tipo es capaz de medir una distancia por cálculo angular. También cubre un amplio rango de medida y tiene una alta resolución. Por supuesto, se pueden utilizar otras tecnologías conocidas de triangulación láser sin apartarse del alcance de la invención. El módulo de medida 2B comprende una fuente de emisión láser 21, por ejemplo un diodo láser, que proyecta un haz de láser plano 16 sobre una de las caras de las palas a barrer (cara principal F_B aquí) y un receptor láser 22, por ejemplo un sensor tipo CCD (por "*Dispositivo de carga acoplada*" en inglés) o CMOS (para "*Complementariedad Metal-Óxido-Semiconductor*" en inglés). La fuente de emisión láser y el correspondiente receptor láser se encuentran en la misma cara del módulo de medida, estando orientada esta cara hacia la pala 5.

Los otros módulos de medición 2A, 3A y 3B son preferiblemente idénticos. En general, para maximizar la calidad del barrido láser, los módulos de medida de cada par deben ser de tecnología idéntica.

Cuando se activa la fase de barrido, el haz de láser emitido por la fuente se refleja en la cara F_B de la pala cuya posición o distancia con respecto a la fuente láser (es decir, con respecto al módulo de medida 2B) se desea conocer. El receptor de láser 22 está orientado para captar el haz de láser procedente de la pala 5. El haz de láser reflejado incide en el receptor 22 con un ángulo que es función de la distancia. La posición del haz de láser reflejado en el receptor 22 así como la distancia que separa la fuente y el receptor del módulo de medida 2B, permiten deducir informaciones de la distancia para cada punto de medida adquirido.

La intersección entre el haz de láser 16 y la cara F_B de la pala forma una línea de láser de barrido 18 que se mueve sobre la cara barrida F_B a medida que la pala 5 gira alrededor de su eje principal Z y a medida que la pala 5 se traslada a lo largo de su eje principal Z. El barrido de la pala 5 sobre su periferia está asegurado por la rotación de la pala con respecto a los módulos de medida alrededor de su eje principal Z y el barrido de la pala 5 sobre toda su altura está asegurado gracias a la traslación de la pala 5 con respecto a los módulos de medida.

En general, se puede prever realizar las operaciones de barrido (y por tanto de adquisición de los puntos de medida) de la pala de la turbina 5:

- mediante un accionamiento simultáneo en rotación y en traslación de la pala 5 con respecto a los módulos de medida láser 2A, 2B, 3A, 3B (o viceversa), permitiendo asegurar un barrido completo de la pala 5, o
- mediante accionamientos en rotación y en traslación independientes de la pala 5 con respecto a los módulos de medida láser 2A, 2B, 3A, 3B (o viceversa) sucediéndose en un orden preestablecido, permitiendo asegurar un barrido completo de la pala 5.

Según un aspecto particular de la invención, el módulo de medida 2B está orientado hacia la segunda cara F_B de modo que el haz de láser se incline hacia arriba con respecto al eje tangencial X un ángulo θ_x comprendido entre 10 y 45 grados (por ejemplo, 30 grados) y un ángulo θ_z con respecto al eje principal de rotación Z comprendido entre 10 y 45 grados (por ejemplo, 20 grados). Los ángulos θ_x y θ_z dependen en particular del ángulo de inclinación de la cara de la pala a controlar.

El mismo principio se aplica al primer módulo 2A de la pareja de módulos de medida 2A y 2B, debiendo el haz de láser

de dicho módulo 2A estar inclinado hacia abajo con respecto al eje tangencial X el ángulo θ_x para hacer frente a la cara de la pala correspondiente F_A .

Hay que observar que el número de pares de módulos de medida no se limita al ejemplo ilustrado anteriormente. Podría preverse un número mayor (es decir mayor que 2) o menor (es decir menor que 2) sin salirse del ámbito de la invención, dependiendo en particular de la complejidad de la forma de la pala, del número de puntos de medida deseado y/o del tiempo de tratamiento deseado, y/o de otros parámetros que el experto en la materia considere conveniente tener en cuenta.

Se presentan ahora, en relación con la figura 4, en forma de bloques funcionales, las características genéricas de un dispositivo de control tridimensional 10 según una realización particular de la invención.

El dispositivo de control 10 comprende unos medios de barrido de la pala a controlar. Estos medios de barrido están equipados con unos módulos de medida láser y con unos medios de accionamiento como se ha descrito anteriormente en relación con la figura 1.

El dispositivo de control 10 comprende unos medios de construcción 12 de una representación tridimensional virtual de la pala a partir de los datos (o puntos de medida) emitidos por los medios de barrido 11. Para ello, el dispositivo de control 10 implementa una lógica de procesamiento de nubes de puntos y de representación tridimensional virtual de la pala a controlar. Los datos de los módulos están en forma de nubes de puntos de coordenadas definidas en un espacio tridimensional. El tiempo necesario para registrar los puntos es relativamente corto (entre 1 y 30 millones de puntos, dependiendo del número de módulos de medida, adquiriéndose estos puntos en un intervalo de tiempo de entre 1 s y 5 s). Generalmente, una única rotación de 360 grados de la pala (a la altura en la que sea necesaria una medida de la pala) es suficiente para adquirir todos los puntos de medida necesarios para la reconstrucción 3D y para el control dimensional de la pala.

El dispositivo de control 10 comprende unos medios de control dimensional 13 de la pala en función de la representación tridimensional virtual obtenida por los medios de construcción 12. Los medios de control 13 están configurados para proporcionar 14 al menos una cantidad representativa de una dimensión de la pala o una información de aceptación o de rechazo de la pala sujeta a control en función del resultado del control realizado por los medios de control 13 (cumplimiento o incumplimiento de las tolerancias dimensionales y/o geométricas impuestas, etc.).

Tal dispositivo de control se integra fácilmente en una línea de producción.

Así, el dispositivo según la invención permite un control automático, completo y sin contacto con las palas de las turbinas de las aeronaves, y más generalmente de las turbomáquinas, que puedan presentar formas y dimensiones diversas.

Finalmente, para permitir determinar la posición del eje principal de la pala, el dispositivo de control 1 puede prever la presencia de uno o más módulos de medida adicionales 4A, 4B, 4C, 4D, dispuestos de manera fija con respecto al marco 7 y perpendiculares a los brazos de sujeción 6A y 6B. Esto se consigue activando los medios de accionamiento en rotación y los medios de accionamiento en traslación de la pala 5 para barrer la superficie del brazo de sujeción 6A y 6B respectivamente sobre toda su periferia y sobre una altura dada.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para el control tridimensional sin contacto de una pala (5) para una turbomáquina, comprendiendo dicha pala un cuerpo que se extiende radialmente a lo largo de un eje principal (Z) entre una raíz de la pala y un cabezal de la pala con una altura definida, y que comprende una primera y una segunda caras principales terminadas en un borde de ataque y en un borde de salida, comprendiendo dicho dispositivo unos medios de barrido de dicha pala, unos medios de construcción de una representación tridimensional virtual de dicha pala a partir de los datos procedentes de los medios de barrido y unos medios de control dimensional a partir de la representación tridimensional virtual reconstruida, estando dicho dispositivo caracterizado por que dichos medios de barrido comprenden:
 - al menos un primer par de módulos de medida láser (2A, 2B), unos medios de accionamiento en rotación y unos medios de accionamiento en traslación, los medios de accionamiento en rotación para accionar, alrededor del eje principal, dicha pala con respecto a los módulos de medida láser o viceversa, y los medios de accionamiento en traslación para accionar, en traslación a lo largo del eje principal, dicha pala con respecto a los módulos de medida o viceversa,
 - en el que cada módulo de medida láser (2A, 2B) comprende una fuente de emisión de un haz de láser y un receptor de un haz de láser, estando orientado el haz de láser con respecto al eje principal (Z) y con respecto a un eje tangencial (X) de dicha pala, estando orientado el receptor del haz de láser para capturar el haz de láser procedente de dicha pala, estando orientado el primer módulo de medida láser de tal manera que su haz de láser esté inclinado hacia abajo con respecto a una primera cara (F_A) de dicha pala, estando orientado el segundo módulo de medida láser de tal forma que su haz de láser esté inclinado hacia arriba con respecto a una segunda cara (F_B) de dicha pala, estando orientados el primer y segundo módulo de medida láser con respecto a la primera y segunda caras (F_A; F_B) de dicha pala para que:
 - durante una rotación de dichos módulos o de dicha pala alrededor del eje principal, dichos medios de barrido barran la primera y la segunda caras de dicha pala sobre toda la periferia de dicha pala, y
 - durante una traslación de dichos módulos o de dicha pala a lo largo del eje principal, dichos medios de barrido barran la primera y la segunda caras de dicha pala sobre toda su altura;
 - al menos un brazo de sujeción vertical (6A, 6B) de sujeción de dicha pala y al menos un módulo de medida láser adicional (4A, 4B, 4C, 4D), orientado perpendicularmente al citado al menos un brazo de sujeción, extendiéndose el citado al menos un brazo de sujeción a lo largo del eje principal (Z) y cooperando con dichos medios de accionamiento de rotación y traslación, de manera que, para realizar una medida de la posición del eje principal:
 - durante una rotación de dicha pala alrededor del eje principal, el citado al menos un módulo de medición láser adicional barra la superficie del citado al menos un brazo de sujeción sobre su periferia, y
 - durante una traslación de dicha pala a lo largo del eje principal, el citado al menos un módulo de medida láser adicional barra la superficie del citado al menos un brazo de sujeción sobre una altura dada.
 - sosteniendo el brazo sobre una altura dada,
 - y por que los citados medios de construcción tienen en cuenta la medida de la posición del eje principal.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el haz de láser está orientado con respecto al eje principal un primer ángulo de entre 10 y 45 grados y con respecto al eje tangencial un segundo ángulo de entre 10 y 45 grados.
 3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, en el que los medios de accionamiento en rotación y los medios de accionamiento en traslación se activan simultánea o secuencialmente.
 4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los módulos están equipados con una fuente de emisión láser del tipo lineal.
 5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además un marco (7) al que se fija el citado al menos un módulo de medida láser adicional (4A, 4B, 4C, 4D).
 6. Dispositivo según la reivindicación 5, en el que cada módulo de medida láser (2A, 2B) es solidario con el marco (7).

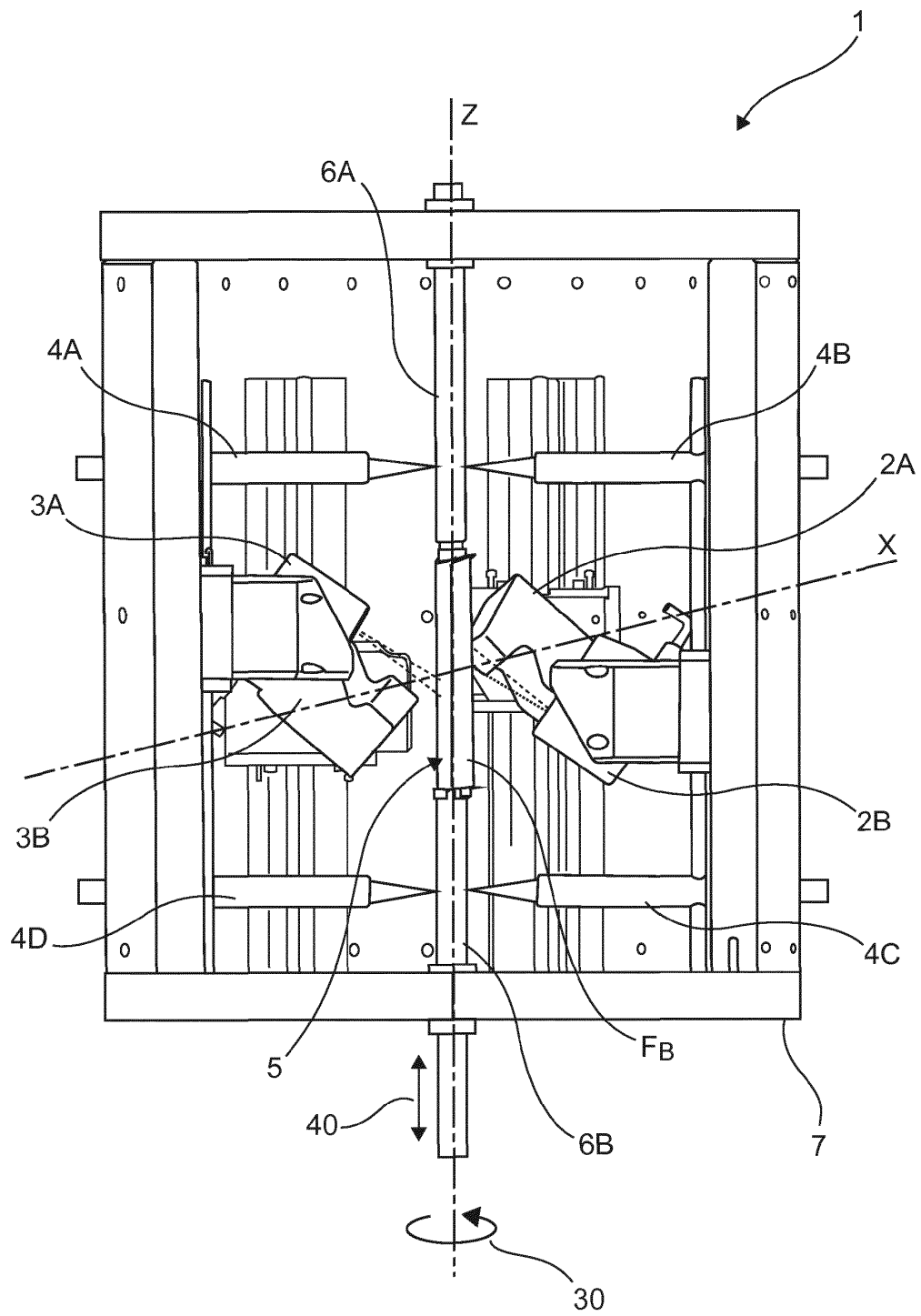


Fig. 1

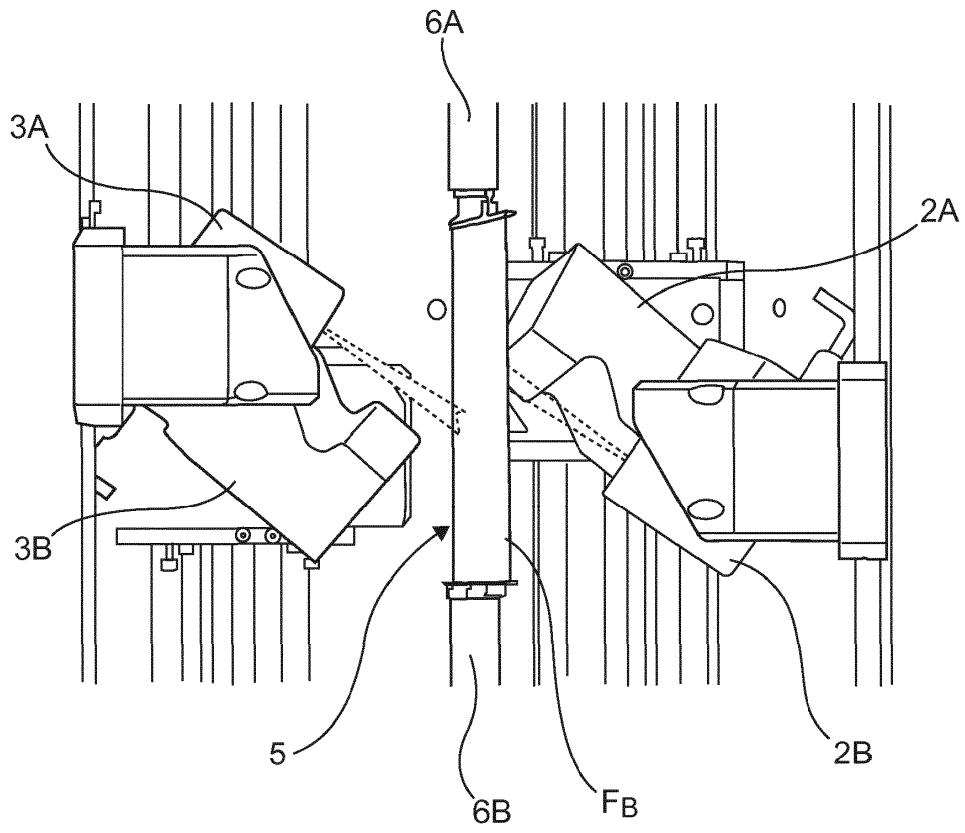


Fig. 2A

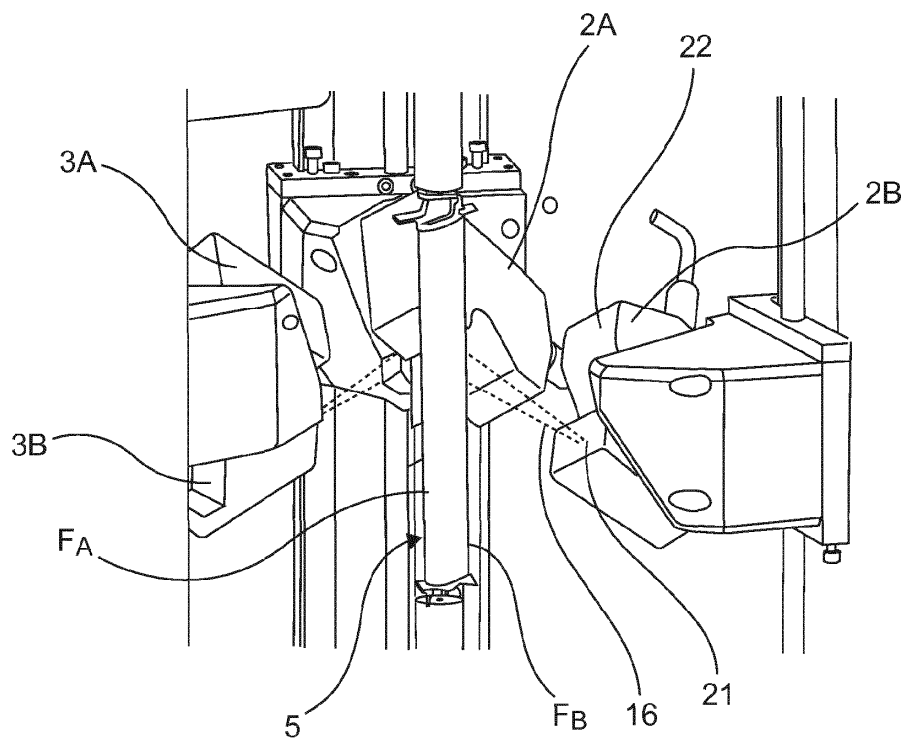


Fig. 2B

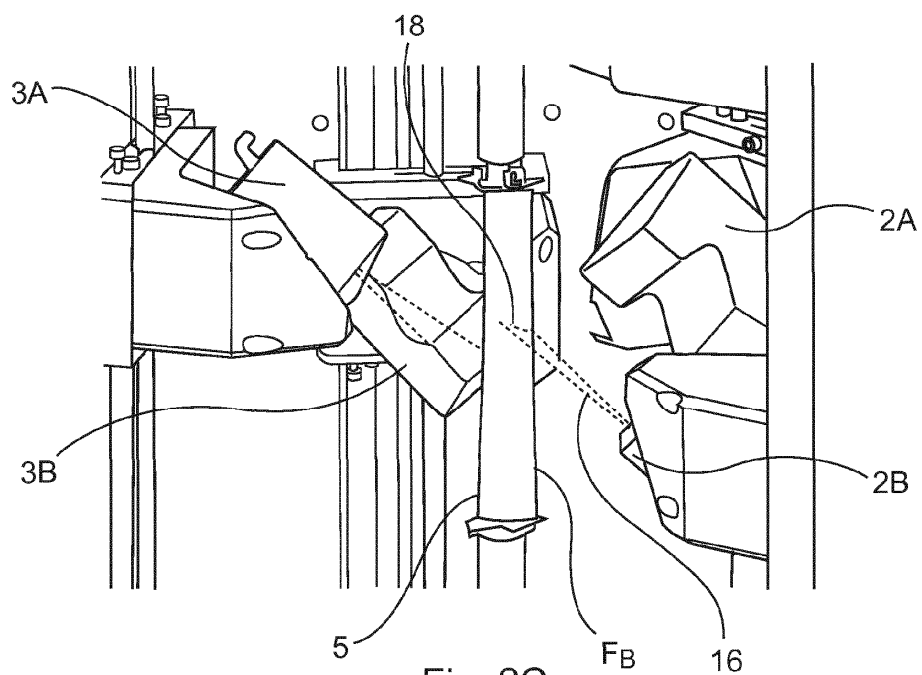


Fig. 2C

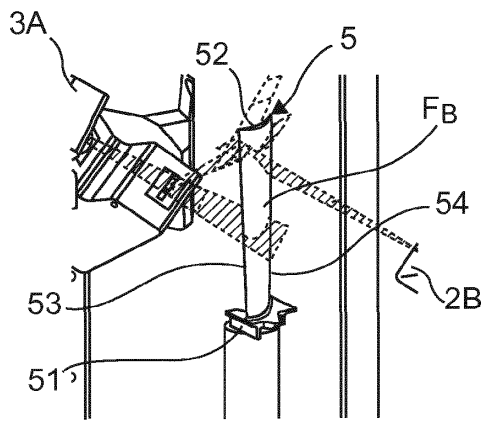


Fig. 3A

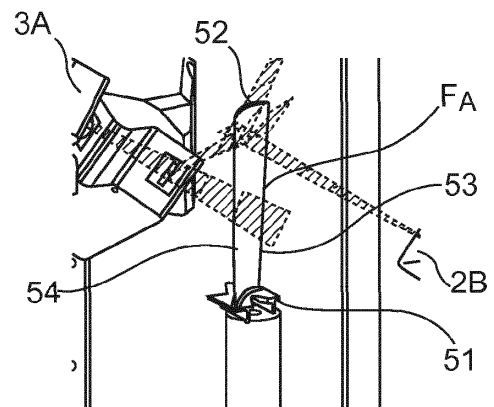


Fig. 3D

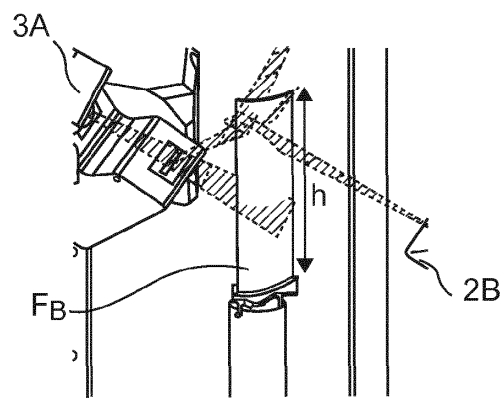


Fig. 3B

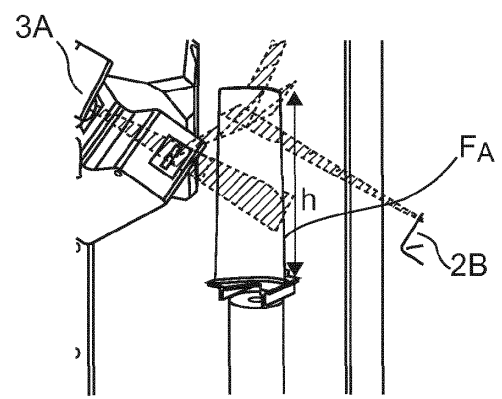


Fig. 3E

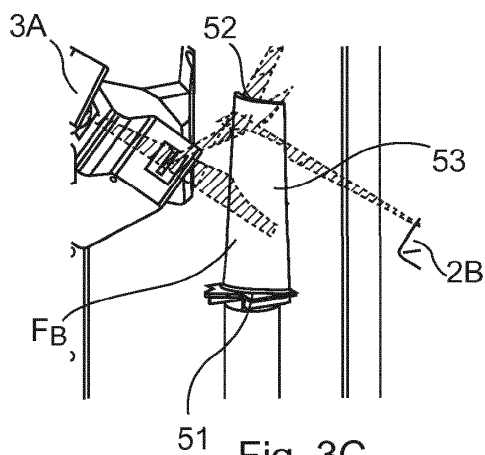


Fig. 3C

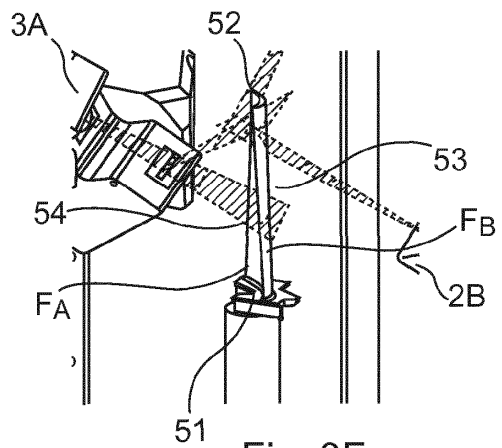


Fig. 3F

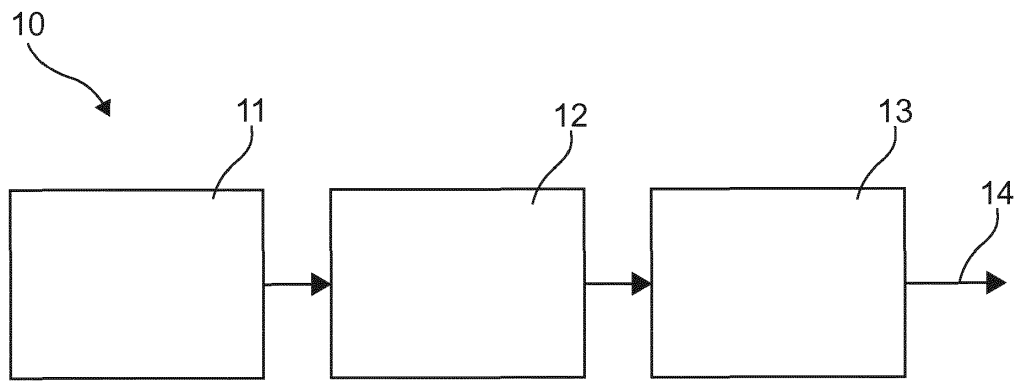


Fig. 4

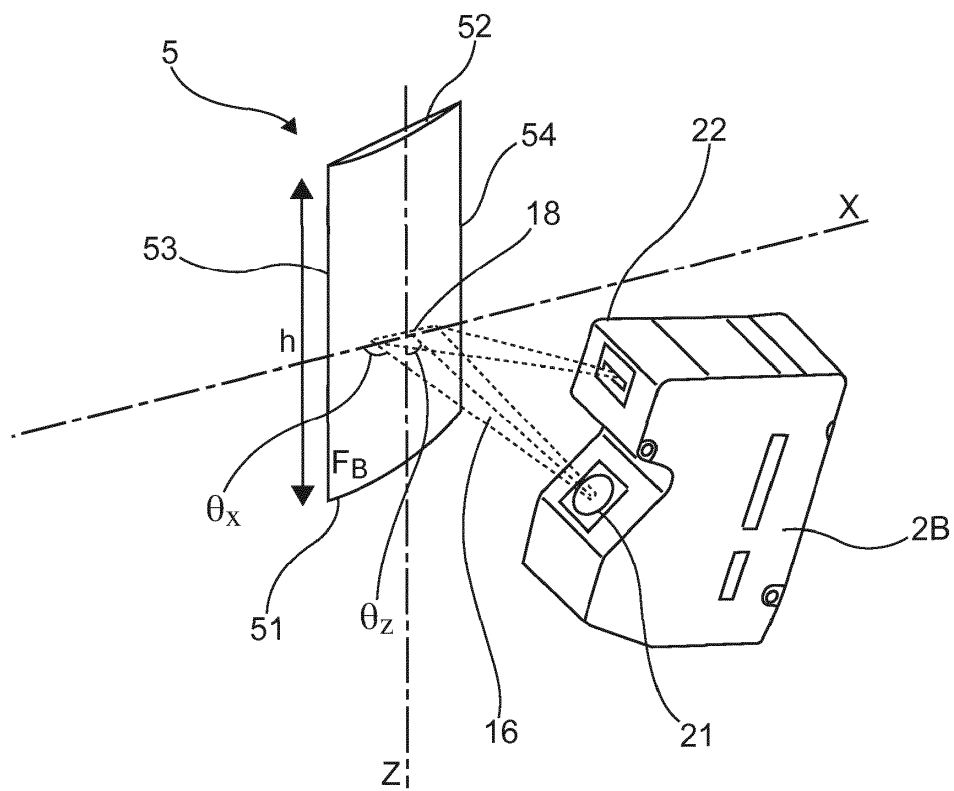


Fig. 5