

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 242**

51 Int. Cl.:

G01N 21/954 (2006.01)

G01N 21/88 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.12.2019** **E 19425101 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2024** **EP 3845890**

54 Título: **Herramienta para la inspección visual del interior de las cámaras de combustión de las turbinas de gas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.09.2024

73 Titular/es:
ANSALDO ENERGIA S.P.A. (100.0%)
Via Nicola Lorenzi 8
16152 Genova, IT

72 Inventor/es:
PIGNONE, ENRICO y
OLIVA, MAXIMILIANO

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 980 242 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

Herramienta para la inspección visual del interior de las cámaras de combustión de las turbinas de gas

5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a una herramienta para la inspección visual del interior de las cámaras de combustión de turbinas de gas.

10 Antecedentes de la invención

Como se sabe, las cámaras de combustión de las turbinas de gas están provistas de escudos térmicos que protegen la estructura de las máquinas de temperaturas extremadamente altas que se alcanzan en funcionamiento y que pueden superar los 1000°C. Sin embargo, los escudos térmicos también pueden sufrir daños por estar continuamente expuestos a estrés térmico y requieren inspección y mantenimiento regulares si se detectan defectos críticos. De hecho, no solo los defectos en los escudos térmicos reducen drásticamente la efectividad de la protección, sino que una rotura de una porción del escudo térmico también puede causar daños catastróficos en las partes aguas abajo de la máquina, especialmente en la sección de la turbina. El riesgo de daños catastróficos es aún mayor para las cámaras de combustión en las que el escudo térmico está formado por baldosas cerámicas. En estos casos, las grietas pueden expandirse y provocar un colapso repentino de parte o de toda la estructura de la baldosa. Por lo tanto, los bloques duros pueden entrar en el canal de flujo y causar daños importantes.

Por lo tanto, la inspección de rutina del estado del escudo térmico es crucial, de modo que se puedan identificar defectos en una etapa temprana y se pueda establecer un programa de seguimiento y mantenimiento para prevenir eventos adversos. Además, en el caso de un evento de apagado automático (por el sistema de protección de la turbina de gas) después de la detección de altas aceleraciones, la inspección del interior de la cámara de combustión es obligatoria. Esto se debe a que, en este caso, la probabilidad de que las baldosas cerámicas hayan sido dañadas por altas aceleraciones no es despreciable. A pesar de la importancia del problema, en la mayoría de los casos la inspección es realizada visualmente por operadores altamente capacitados del fabricante de turbinas de gas (OEM) (los llamados juzgadores) con muy poco soporte de herramientas auxiliares. Para buscar defectos, los operadores utilizan fuentes de luz portátiles (por ejemplo, una linterna) para iluminar las baldosas desde diferentes ángulos y buscar efectos de superficie, como sombras o líneas de luz. Tales efectos son, de hecho, indicativos de irregularidades que no se esperan en las baldosas intactas. Como resultado, el resultado de la inspección depende en gran medida de la habilidad de los operadores. En ausencia de un juzgador del fabricante de la turbina de gas (OEM), el resultado de la inspección no es lo suficientemente predecible y repetible. Esperar la disponibilidad de un especialista en juzgar alarga el tiempo de reinicio de la planta, provocando así daños económicos por falta de producción. Usando operadores ya disponibles en el sitio, la mitigación del riesgo puede no ser satisfactoria.

US 2010/177191 A1 describe una herramienta portátil de ayuda a la inspección para ayudar a la inspección de cámaras de combustión de turbinas de gas. La herramienta comprende un marco, que delimita internamente una ventana de inspección y un ensamble de captura de imágenes, conectado al marco y orientado para capturar imágenes a través de la ventana de inspección. Las fuentes de luz están conectadas al marco alrededor de la ventana de inspección y están configuradas para emitir luz direccionalmente fuera de la ventana de inspección de modo que solo la luz dispersa llegue al ensamble de captura de imágenes. Una porción de agarre manual permite el agarre por parte de un usuario. Otros ejemplos de herramientas de inspección conocidas se describen en US 9 255 526 B2, US 8 602 722 B2 y US 2017/031492 A1.

Breve descripción de la invención

Es un objetivo de la presente invención proporcionar una herramienta que permita superar o al menos atenuar las limitaciones descritas.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un kit de ayuda a la inspección que comprende una herramienta portátil de ayuda a la inspección para ayudar a la inspección de las cámaras de combustión de las turbinas de gas, la herramienta de ayuda a la inspección comprende:

un marco, que delimita internamente una ventana de inspección;
un ensamble de captura de imágenes, conectado al marco y orientado para capturar imágenes a través de la ventana de inspección;
una pluralidad de fuentes de luz unidas a una superficie interna del marco alrededor de la ventana de inspección y configuradas para emitir luz direccionalmente de acuerdo con un patrón de iluminación de campo oscuro fuera de la ventana de inspección y lejos del ensamble de captura de imágenes;
una unidad de control a bordo, configurada para activar selectivamente las fuentes de luz y sincronizar la captura de imágenes del ensamble de captura de imágenes con la activación de las fuentes de luz; y
una porción de sujeción manual para que la sostenga un usuario;
caracterizado por una prenda de vestir y cordones que conectan la herramienta de ayuda de inspección a la prenda de

vestir, por lo que la herramienta de ayuda de inspección puede colgarse de la prenda de vestir cuando un usuario usa la prenda de vestir.

Los usuarios pueden mover libremente las manos cuando sea necesario cambiar de posición para inspeccionar otra parte del escudo térmico, lo cual es extremadamente conveniente en un espacio tan estrecho como la cámara de combustión de una turbina de gas.

La herramienta portátil permite al usuario capturar fácilmente imágenes de cada baldosa en un escudo térmico de una cámara de combustión de una turbina de gas. El tamaño y el peso de la herramienta pueden diseñarse fácilmente para hacer que el uso de la herramienta sea simple, conveniente y no agotador para el usuario, que tiene que trabajar en un espacio estrecho e incómodo. Las imágenes se capturan en condiciones de iluminación de campo oscuro, que son favorables para el procesamiento automático de imágenes con el fin de buscar defectos superficiales. Por lo tanto, el proceso de identificación de defectos superficiales se hace sustancialmente independiente de la habilidad del usuario y, por lo tanto, es más predecible y repetible. Además, no es necesario realizar un procesamiento de imágenes pesado directamente en la unidad de control a bordo. Las imágenes de inspección pueden enviarse fácilmente a una unidad de control remoto a través de una conexión inalámbrica almacenada o en la unidad de control a bordo y descargarse a la unidad de control remoto una vez que se complete la inspección. Por lo tanto, la funcionalidad de la unidad de control a bordo puede limitarse al control del patrón de captura de imágenes e iluminación de campo oscuro y puede lograrse a través de dispositivos comunes, bastante económicos y pequeños, como una tableta o incluso un teléfono inteligente. Por otro lado, el procesamiento de imágenes puede llevarse a cabo a través de herramientas sofisticadas en una estación de procesamiento remota, donde la potencia de procesamiento no es un problema. Por lo tanto, la búsqueda de defectos superficiales no solo es repetible, sino que también puede ser extremadamente precisa. El seguimiento y el mantenimiento de las cámaras de combustión pueden mejorarse significativamente.

De acuerdo con un aspecto de la invención, la herramienta comprende una estructura de soporte conectada al marco y configurada para soportar el ensamble de captura de imágenes en una posición de inspección, en la que un campo de visión del ensamble de captura de imágenes incluye al menos parte de la ventana de inspección.

Por lo tanto, el ensamble de captura de imágenes está soportado en la posición de captura correcta con respecto al marco. La posición puede calibrarse y ajustarse en un laboratorio o sala de trabajo, por lo que puede ser extremadamente precisa. El usuario solo necesita posicionar el marco con respecto a la baldosa, lo cual es simple debido a la facilidad de manejo de la herramienta.

De acuerdo con un aspecto de la invención, la estructura de soporte comprende un miembro de montaje y puntales que tienen extremos opuestos conectados al marco y al miembro de montaje, y en donde el ensamble de captura de imágenes está conectado al miembro de montaje.

La estructura de soporte tiene una configuración simple pero efectiva para mantener el ensamble de captura de imágenes en la posición correcta.

De acuerdo con un aspecto de la invención, el miembro de montaje está conectado a los extremos de los puntales de modo que el miembro de montaje se pueda mover hacia y desde el marco entre una posición retraída, en la que el miembro de montaje está más cerca del marco, y una posición extraída, en la que el miembro de montaje está más distante del marco y el ensamble de captura de imágenes está en una posición de uso.

La configuración compacta de la herramienta ayuda a los usuarios a entrar o moverse por las cámaras de combustión, que son muy estrechas. El tamaño reducido permite una mayor libertad de movimiento. La herramienta se puede colocar en la configuración de uso cuando el usuario esté listo para comenzar la adquisición de imágenes.

De acuerdo con un aspecto de la invención, la unidad de control a bordo está provista de una pantalla a bordo y está configurada para mostrar imágenes vistas por el ensamble de captura de imágenes en la pantalla a bordo.

La pantalla ayuda y puede guiar a los usuarios en la realización de la inspección. La pantalla puede estar provista de una funcionalidad de vista previa en vivo, que ayuda al posicionamiento preciso de la herramienta. La pantalla también puede ser una pantalla táctil, lo que también proporciona una interfaz de entrada y control fácil de usar.

De acuerdo con un aspecto de la invención, la pantalla a bordo está conectada a la estructura de soporte mediante una junta que permite la rotación alrededor de un primer eje de rotación y un segundo eje de rotación, perpendicular al primer eje de rotación.

La pantalla se puede girar para que sea fácilmente visible y accesible en cualquier lugar de una cámara de combustión. Dado que las cámaras de combustión ofrecen un espacio interior muy estrecho, la orientación de la pantalla puede resultar muy útil para los usuarios.

De acuerdo con un aspecto de la invención, la porción de sujeción manual está configurada para permitir la sujeción con cuatro dedos de la pantalla integrada, dejando así el pulgar del usuario libre para proporcionar comandos a través de elementos de entrada de comandos.

La herramienta puede colocarse y controlarse con una sola mano, dejando así una mano del usuario libre, por ejemplo, para mantener el equilibrio, lo que es extremadamente conveniente para trabajar en el espacio muy estrecho de una cámara de combustión de una turbina de gas. La disposición no es agotadora para los usuarios y facilita el manejo de la herramienta.

De acuerdo con un aspecto de la invención, la porción de sujeción manual comprende al menos uno de:

una empuñadura definida por una porción de la estructura de soporte;

una placa de montaje y un orificio para la mano, en forma de una abertura pasante alargada en la placa de montaje que se extiende a lo largo de un lado de la unidad de control a bordo y está configurada para permitir que un usuario inserte los dedos y sostenga la pantalla a bordo y la placa de montaje agarrando una cara de la placa de montaje opuesta a la pantalla a bordo;

una cavidad y un asa en una superficie posterior de una carcasa de la unidad de control a bordo, en donde la cavidad está abierta a lo largo de un lado de la unidad de control a bordo y está configurada para permitir que un usuario inserte los dedos y sostenga la unidad de control a bordo agarrando una cara posterior de la unidad de control a bordo;

una placa de montaje y un mango en una cara de la placa de montaje, en donde el mango se extiende a lo largo de los lados de la placa de montaje y de la unidad de control a bordo y está configurado para permitir que un usuario agarre los mangos con los dedos índice, medio, anular y meñique y sostenga la unidad de control a bordo y la placa de montaje con una sola mano;

una manija en una cara de la carcasa de la unidad de control a bordo, en donde la manija se extiende a lo largo de un lado de la unidad de control a bordo y está configurada para permitir que un usuario agarre las manijas con los dedos índice, medio, anular y meñique y sostenga la unidad de control a bordo con una sola mano.

De acuerdo con un aspecto de la invención, el ensamble de captura de imágenes tiene un eje óptico y las fuentes de luz están orientadas para emitir luz en direcciones tales que la luz reflejada por una superficie uniforme perpendicular al eje óptico no es recibida por el ensamble de captura de imágenes.

De acuerdo con un aspecto de la invención, las fuentes de luz comprenden fuentes de LED y están dispuestas en una pluralidad de anillos alrededor de la ventana de inspección, en donde los anillos de fuentes de luz están ubicados en posiciones axiales respectivas de acuerdo con el eje óptico y las fuentes de luz de cada anillo son activables independientemente de las fuentes de luz de los otros anillos.

Con la configuración de las fuentes de luz y el eje óptico del ensamble de captura de imágenes, se aprovecha la iluminación de campo oscuro para enfatizar los defectos de la superficie, que pueden identificarse automáticamente mediante el procesamiento de imágenes.

De acuerdo con un aspecto de la invención, el ensamble de captura de imágenes comprende un sensor de imagen dispuesto para recibir luz a través de la ventana de inspección.

La disposición permite capturar imágenes de las baldosas de protección térmica con un margen de error muy bajo para el posicionamiento, el enfoque y la estabilidad durante la adquisición de imágenes.

De acuerdo con un aspecto de la invención, el ensamble de captura de imágenes comprende una pluralidad de sensores de imagen dispuestos adyacentes entre sí para recibir luz a través de las porciones respectivas de la ventana de inspección, siendo las porciones de la ventana de inspección al menos en parte distintas entre sí.

Dado que solo es necesario que las porciones de cada sensor de la imagen objetivo (baldosa) estén dentro del campo de visión de cada sensor, los sensores pueden ubicarse más cerca del objetivo, lo que da como resultado una disposición más compacta.

De acuerdo con un aspecto de la invención, el marco comprende una pared lateral que converge hacia el ensamble de captura de imágenes.

La inclinación de la pared lateral favorece el montaje de las fuentes de luz con el ángulo adecuado para proporcionar un patrón de iluminación de campo oscuro.

De acuerdo con un aspecto de la invención, la herramienta comprende un sensor de orientación configurado para detectar la orientación en el espacio, en donde la unidad de control a bordo está configurada para asociar las imágenes capturadas por el ensamble de captura de imágenes con los datos de orientación del sensor de orientación en el momento de la captura.

Las baldosas de una cámara de combustión anular se pueden identificar unívocamente por su orientación en el espacio tridimensional. Los datos de orientación asociados a las imágenes permiten localizar las baldosas sin error. Las imágenes pueden procesarse fuera de línea y almacenarse y recuperarse en una etapa posterior si es necesario. Siempre es posible asociar correctamente imágenes con baldosas reales en función de los datos de orientación.

De acuerdo con un aspecto de la invención, la unidad de control a bordo comprende un módulo de comunicación configurado para la comunicación con el exterior, en particular a través de comunicación inalámbrica.

Las imágenes pueden enviarse de manera segura y fácil a una unidad de control remoto con suficiente potencia de cálculo para realizar un procesamiento de imágenes sofisticado. La unidad de control a bordo no necesita alojar algoritmos de procesamiento pesado y, por lo tanto, puede proporcionarse como un dispositivo relativamente simple y económico, en beneficio del costo y la facilidad de uso.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, que muestran alguna realización no limitativa de la misma, en los que:

la figura 1 es una vista lateral, con partes retiradas para mayor claridad, de una herramienta portátil de ayuda a la inspección para ayudar a la inspección de cámaras de combustión de turbinas de gas utilizadas en un kit de ayuda a la inspección de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 2 es una vista posterior de la herramienta de la figura 1.

la figura 3 es una vista frontal de la herramienta de la figura 1;

la figura 4 es una vista inferior de la herramienta de la figura 1.

la figura 5 es una representación simplificada de la disposición del sensor de la herramienta de la figura 1;

la figura 6 es una representación simplificada de la disposición de sensores de una herramienta portátil de ayuda a la inspección para ayudar a la inspección de cámaras de combustión de turbinas de gas para su uso en un kit de ayuda a la inspección de acuerdo con otra realización de la presente invención;

la figura 7 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema de inspección para la inspección de cámaras de combustión de turbinas de gas que incluye la herramienta de la figura 1;

la figura 8 es una vista frontal de una herramienta portátil de ayuda a la inspección para ayudar a la inspección de cámaras de combustión de turbinas de gas para su uso en un kit de ayuda a la inspección de acuerdo con otra realización de la presente invención;

la figura 9 es una vista lateral de la herramienta de la figura 8.

la figura 10 es una vista posterior de una herramienta portátil de ayuda a la inspección para ayudar a la inspección de cámaras de combustión de turbinas de gas para su uso en un kit de ayuda a la inspección de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

la figura 11 es una vista lateral de la herramienta de la figura 10.

la figura 12 es una vista posterior de una herramienta portátil de ayuda a la inspección para ayudar a la inspección de cámaras de combustión de turbinas de gas para su uso en un kit de ayuda a la inspección de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

la figura 13 es una vista en perspectiva de un detalle ampliado de la herramienta de la figura 12;

la figura 14 es una vista en perspectiva de un detalle de una herramienta portátil de ayuda a la inspección para ayudar a la inspección de cámaras de combustión de turbinas de gas para su uso en un kit de ayuda a la inspección de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

la figura 15 muestra la herramienta de la figura 1 en uso en una cámara de combustión de una turbina de gas; y

la figura 16 es una vista simplificada de un kit de ayuda para la inspección de acuerdo con una realización de la presente invención y que incluye la herramienta de la figura 1.

Descripción detallada de la invención

Con referencia a las figuras 1-4, una herramienta portátil de ayuda a la inspección para ayudar a la inspección de las cámaras de combustión de las turbinas de gas se designa con el número 1. La herramienta de ayuda a la inspección 1 comprende un marco 2, un ensamble de captura de imágenes 3, una unidad de control a bordo 5 y empuñaduras 7.

El marco 2 se extiende a lo largo de una trayectoria cerrada y delimita internamente una ventana de inspección 8. En el ejemplo de las figuras 1-4, el marco 2 es cuadrangular (ver figura 4) y la ventana de inspección 8 es ligeramente más ancha que una baldosa 500 de un escudo térmico de una turbina de gas (figura 1). Las baldosas 500 generalmente tienen lados de alrededor de 15 cm a 20 cm. Por ejemplo, el marco 2 es cuadrado y un lado de la ventana de inspección 8 mide 22 cm. Sin embargo, el marco 2 no necesita ser rectangular ni extenderse a lo largo de una trayectoria estrictamente cerrada. Por ejemplo, en el marco podría ser circular, ovalado o en forma de C o tener cualquier otra forma de acuerdo con las preferencias de diseño.

Además, el marco 2 tiene una pared lateral que converge hacia el ensamble de captura de imágenes 3, por ejemplo, en forma de un tronco piramidal y está provisto de pasadores ajustables 9 para acoplarse a una superficie a inspeccionar.

El ensamble de captura de imágenes 3 está conectado al marco 2 mediante una estructura de soporte 10 y está orientado de modo que un campo de visión del ensamble de captura de imágenes 3 incluya al menos parte de la ventana de inspección 8. Por lo tanto, las imágenes se capturan a través de la ventana de inspección 8. En un ejemplo, la estructura de soporte 10 comprende una pluralidad de puntales 11, por ejemplo, dos o tres, como en el ejemplo descrito en la presente, y una placa de montaje 12. Los puntales 11 tienen extremos opuestos conectados al marco 2 y a la placa de

montaje 12, que está soportada centralmente con respecto a la ventana de inspección 8 en un lado del marco 2 opuesto a los pasadores 9. Los puntales 11 están conformados para definir las empuñaduras 7, que son empuñaduras de una sola mano. En otros ejemplos no mostrados en la presente, las empuñaduras 7 pueden formarse en algunos o solo uno de los puntales 11, o formarse como asas unidas, por ejemplo, al marco 2.

El ensamble de captura de imágenes 3 está conectado a la placa de montaje 12 y está orientado con un sistema de lentes 15 hacia el marco 2, de modo que se reciba luz y se puedan capturar imágenes a través de la ventana de inspección 8.

En un ejemplo (véase también la figura 5), el ensamble de captura de imágenes 3 comprende un único dispositivo de captura de imágenes con un único sensor de imágenes 17 (véase la figura 2) centrado con respecto a la ventana de inspección 8. En otro ejemplo (figura 6), el ensamble de captura de imágenes, aquí indicado por 3', comprende una pluralidad de sensores de imagen 17 dispuestos adyacentes entre sí para recibir luz a través de las porciones respectivas P de la ventana de inspección 8. Las porciones P de la ventana de inspección 8 correspondientes a los respectivos sensores de imagen 17 son al menos en parte distintas entre sí y pueden, como máximo, superponerse a lo largo de los respectivos bordes comunes.

Con referencia a las figuras 1 y 4, la herramienta 1 también comprende una pluralidad de fuentes de luz 18 unidas a una superficie interna 2a del marco 2 alrededor de la ventana de inspección 8 y configuradas para emitir luz direccionalmente de acuerdo con un patrón de iluminación de campo oscuro fuera de la ventana de inspección 8 y lejos del ensamble de captura de imágenes 3.

Las fuentes de luz 18 pueden ser, por ejemplo, fuentes de LED y, en un ejemplo, están organizadas en anillos 19 alrededor de la ventana de inspección 8 (tres en el ejemplo de las figuras 1-4). Los anillos 19 de las fuentes de luz 18 están ubicados en posiciones axiales diferentes respectivas de acuerdo con un eje óptico O del ensamble de captura de imágenes 3 (véase la figura 1). Además, las fuentes de luz 18 de cada anillo 19 se pueden activar independientemente de las fuentes de luz 18 de los otros anillos 19. En un ejemplo, las fuentes de luz 18 se pueden activar independientemente entre sí incluso dentro del mismo anillo 19 de las fuentes de luz 18.

Las fuentes de luz 18 están orientadas para emitir luz en direcciones tales que la luz reflejada por una superficie uniforme perpendicular al eje óptico O no es recibida por el ensamble de captura de imágenes 3. Solo la luz dispersada por defectos superficiales, como grietas, arañazos o grabados, puede ser detectada por el ensamble de captura de imágenes 3. La superficie uniforme puede ser una baldosa de un escudo térmico de una turbina de gas.

La unidad de control a bordo 5, por ejemplo, una tableta, un teléfono inteligente o un dispositivo de control dedicado, está acoplada en comunicación con el ensamble de captura de imágenes 3 y las fuentes de luz 18 y está configurada para activar selectivamente las fuentes de luz 18 de acuerdo con un patrón de iluminación de campo oscuro. La unidad de control a bordo 5 está configurada además para sincronizar la captura de imágenes del ensamble de captura de imágenes 3 con la activación de las fuentes de luz 18. Los parámetros de captura de imágenes, como el tiempo de exposición y la apertura del diafragma, también pueden controlarse mediante la unidad de control a bordo 5.

La unidad de control a bordo 5 está provista de una pantalla a bordo 20 y está configurada para mostrar imágenes vistas por el ensamble de captura de imágenes 3 en la pantalla a bordo 20. La pantalla a bordo 20 y la unidad de control a bordo 5 pueden integrarse en una única carcasa 21 (véase también la figura 7), como en los ejemplos ilustrados en la presente, o también proporcionarse como una pantalla independiente acoplada en comunicación con la unidad de control a bordo 5. En un ejemplo, el ensamble de captura de imágenes 3 está provisto de una función de vista previa en vivo y las imágenes en vivo se pueden mostrar en la pantalla a bordo 20, que por lo tanto se puede utilizar como un visor para lograr un posicionamiento fino y preciso de la herramienta 1 con respecto a las baldosas que se van a inspeccionar. Las líneas de referencia 20a se pueden mostrar en la pantalla a bordo 20 para mejorar aún más la precisión del posicionamiento (figura 3). La pantalla integrada 20 puede ser una pantalla táctil y también se puede utilizar como una interfaz de entrada para los comandos del usuario, como el comando de disparo.

La unidad de control a bordo 5 y la pantalla a bordo 20 están conectadas a la estructura de soporte 10 mediante una placa de montaje 22a y una junta 22b que permite la rotación de la placa de montaje 22a y la pantalla a bordo 20 alrededor de dos ejes de rotación perpendiculares R1, R2, para facilitar el uso de la herramienta 1 en el espacio muy estrecho de una cámara de combustión de una turbina de gas.

La herramienta 1 también está provista de un sensor de orientación 23 (figura 7) fijado rígidamente al marco 2 y configurado para detectar la orientación en el espacio con respecto a tres ejes. El sensor de orientación 23 puede ser, por ejemplo, un acelerómetro, inclinómetro o giroscopio de tres ejes, o una combinación de acelerómetros, inclinómetros o giroscopios de un solo eje o dos ejes. Además, el sensor de orientación 23 puede estar unido directamente al marco 2, o a la estructura de soporte 10 o puede estar integrado en la unidad de control a bordo 5 y la unidad de control a bordo 5 a su vez está fijada rígidamente a la estructura de soporte 10. La unidad de control a bordo 5 está configurada para recibir datos de orientación 3D OD del sensor de orientación 23 y para asociar las imágenes de inspección img capturadas por el ensamble de captura de imágenes 3 con los respectivos datos de orientación 3D OD recibidos en el momento en que se capturan las imágenes de inspección IMG. Las baldosas de una cámara de combustión anular, para las que la herramienta 1 es especialmente beneficiosa, se pueden identificar unívocamente por su orientación. Como se muestra en

la figura 15, de hecho, las baldosas 500 del escudo térmico 501 de una cámara de combustión 502 están dispuestas en matrices anulares adyacentes 505 alrededor del eje central de la turbina de gas. Cada matriz de baldosas se identifica por la inclinación única de las baldosas en la dirección axial y las baldosas en cada matriz se identifican a su vez por su posición angular sobre el eje central.

La unidad de control a bordo 5 comprende un módulo de comunicación 25 configurado para la comunicación con el exterior, en particular a través de comunicación inalámbrica (véase la figura 7). En particular, el módulo de comunicación 25 permite la comunicación bidireccional con una unidad de control remoto 26, que puede ser, por ejemplo, un ordenador personal, una estación de trabajo o un ordenador central. La unidad de control remoto 26 está provista de suficiente potencia de procesamiento para realizar el procesamiento de imágenes en tiempo real para la búsqueda de defectos superficiales en las imágenes de inspección IMG de las baldosas de escudo térmico capturadas por el ensamble de captura de imágenes 3, en función de la suposición de iluminación de campo oscuro. En un ejemplo, además, la unidad de control remoto 26 está configurada para realizar un análisis de evaluación de riesgos para baldosas de imágenes de inspección IMG, una vez que se han identificado los defectos de la superficie. Por ejemplo, un nivel de riesgo en un rango puede estar asociado a las baldosas dependiendo del número, la ubicación y la dimensión de los defectos detectados, como las grietas. Se devuelve un nivel de riesgo RL a la herramienta 1 y se muestra en la pantalla de a bordo 20, de modo que el usuario puede marcar las baldosas para su mantenimiento o seguimiento según sea necesario. Las imágenes de inspección img también se pueden almacenar en un dispositivo de almacenamiento remoto 28 de la unidad de control remoto 26 para el procesamiento fuera de línea y el registro del historial de inspección, así como en un dispositivo de almacenamiento a bordo 29 de la unidad de control a bordo 5, al menos temporalmente. En ausencia de conexiones inalámbricas, por ejemplo, las imágenes de inspección IMG pueden descargarse a la unidad de control remoto 26 una vez que se completa la inspección para el procesamiento fuera de línea.

El peso de la herramienta 1 puede ser típicamente de unos pocos kilogramos, por ejemplo, 1 o 2 kg, y puede sujetarse y colocarse fácilmente para su inspección con una sola mano incluso en lugares difíciles, debido también a las pequeñas dimensiones, la forma y la provisión de la empuñadura.

De acuerdo con las figuras 8 y 9, donde las partes idénticas a las partes ya descritas se designan con los mismos números de referencia, una herramienta portátil de ayuda a la inspección 100 para ayudar a la inspección de las cámaras de combustión de las turbinas de gas comprende el marco 2, el ensamble de captura de imágenes 3, la unidad de control a bordo 5 con la pantalla a bordo 20, las fuentes de luz 18 y el sensor de orientación 23, aquí no mostrados.

El ensamble de captura de imágenes 3 está conectado al marco 2 mediante una estructura de soporte 110 y está orientado de modo que un campo de visión del ensamble de captura de imágenes 3 incluya al menos parte de la ventana de inspección 8. Por lo tanto, las imágenes se capturan a través de la ventana de inspección 8. La estructura de soporte 110 comprende una pluralidad de puntales 111 y un miembro de montaje 112, que puede tener la forma de un cuerpo en forma de copa ubicado en los extremos de los puntales 111 y sostiene el ensamble de captura de imágenes 3. El miembro de montaje 112 puede conectarse de forma deslizante a los extremos de los puntales 111 para poder acercarse y alejarse del marco 2. Por ejemplo, los extremos de los puntales 111 pueden estar provistos de lengüetas 113 que se acoplan a las guías 114 en el miembro de montaje 112. El miembro de montaje 112 puede tener una posición retraída para el transporte, en la que el miembro de montaje 112 está más cerca del marco 2 y la herramienta 100 es más compacta, y una posición extraída para su uso, en la que el miembro de montaje 112 está más distante del marco 2 y el ensamble de captura de imágenes 3 está en la posición operativa correcta. Como alternativa, se puede incluir la conexión deslizante de las pestañas y guías, componentes telescópicos.

La unidad de control a bordo 5 y la pantalla a bordo 20 están conectadas a la estructura de soporte 10 mediante una placa de montaje 122a y una junta 122b que permite la rotación de la placa de montaje 122a y la pantalla a bordo 20 alrededor de dos ejes de rotación perpendiculares R1, R2.

La placa de montaje 122a es más ancha que una carcasa 21 de la unidad de control a bordo 5 y tiene orificios para las manos 107 a lo largo de lados opuestos de la unidad de control a bordo 5. Los orificios para las manos 107 son alargados a través de aberturas que se extienden paralelas a los lados respectivos de la carcasa 21 de la unidad de control a bordo 5. Los orificios para las manos 107 están configurados para permitir que un usuario inserte los dedos índice, medio, anular y meñique y sostenga la unidad de control a bordo 5 y la placa de montaje 122a desde la parte posterior, es decir, agarrando una cara de la placa de montaje 122a opuesta a la unidad de control a bordo 5. Al mismo tiempo, el pulgar del usuario está en el lado de la carcasa 21 con la pantalla integrada 20 y es libre para proporcionar comandos a través de elementos de entrada de comandos reales o elementos de entrada de comandos virtuales, tales como botones, teclado, menús desplegables, barras de desplazamiento, cajas de entrada y similares. En particular (véase también la figura 3), los elementos de entrada de comandos pueden proporcionarse como elementos virtuales 20b en una pantalla táctil o como elementos reales 20c en la carcasa de la unidad de control a bordo 5. Por lo tanto, el usuario puede colocar, sostener y controlar la herramienta 100 con una sola mano, mientras que la otra mano está completamente libre.

De acuerdo con el ejemplo que se muestra en las figuras 10 y 11, una herramienta portátil de ayuda a la inspección 200 para ayudar a la inspección de las cámaras de combustión de las turbinas de gas comprende el marco 2, el ensamble de captura de imágenes 3, la unidad de control a bordo 5 con la pantalla integrada a bordo 20, las fuentes de luz 18 y el sensor de orientación 23, aquí no mostrados. El ensamble de captura de imágenes 3 está conectado al marco 2 a través

de la estructura de soporte 110 de las figuras 8 y 9. Además, la unidad de control a bordo 5 está conectada a la estructura de soporte 110 mediante una placa de montaje 222a y una junta 222b que permite la rotación de la placa de montaje 222a y la pantalla a bordo 20 alrededor de dos ejes de rotación perpendiculares R1, R2. La unidad de control a bordo 5 está fijada a la placa de montaje 222a a una distancia de la misma y está provista de cavidades 207 en una superficie trasera 21a de la carcasa 21 en el espacio entre la unidad de control a bordo 5 y la placa de montaje 222a. La superficie posterior 21a de la carcasa 21 es opuesta a una cara con la pantalla a bordo 20. Las cavidades 207 están abiertas a lo largo de los lados de la unidad de control a bordo 5 y están configuradas para permitir que un usuario inserte los dedos índice, medio, anular y meñique y sostenga la unidad de control a bordo 5 desde la parte posterior, es decir, agarrando la cara posterior de la unidad de control a bordo 5. El pulgar del usuario está en el lado frontal de la unidad de control a bordo 5 con la pantalla a bordo 20 y es libre de proporcionar comandos a través de elementos de entrada de comandos reales o virtuales (no mostrados), como botones, teclado, menús desplegables, barras de desplazamiento, cajas de entrada y similares.

De acuerdo con el ejemplo que se muestra en las figuras 12 y 13, una herramienta portátil de ayuda a la inspección 300 para ayudar a la inspección de las cámaras de combustión de las turbinas de gas comprende el marco 2, el ensamble de captura de imágenes 3, la unidad de control a bordo 5 con la pantalla integrada a bordo 20, las fuentes de luz 18 y el sensor de orientación 23, aquí no mostrados. El ensamble de captura de imágenes 3 está conectado al marco 2 a través de la estructura de soporte 110 de las figuras 8 y 9. Además, la unidad de control a bordo 5 está conectada a la estructura de soporte 110 mediante una placa de montaje 322a y una junta (no se muestra) que permite la rotación de la placa de montaje 322a y la pantalla a bordo 20 alrededor de dos ejes de rotación perpendiculares R1, R2.

La unidad de control a bordo 5 está fijada a la placa de montaje 322a, que está provista de asas 307 en una cara posterior. Las asas 307 se extienden a lo largo de los lados de la placa de montaje 322a y de la unidad de control a bordo 5 y están configuradas para permitir que un usuario agarre las asas 307 con los dedos índice, medio, anular y meñique y sostenga la unidad de control a bordo 5 y la placa de montaje 322a con una sola mano. Al mismo tiempo, el pulgar del usuario está en el lado de la unidad de control a bordo 5 con la pantalla a bordo 20 y es libre de proporcionar comandos a través de elementos de entrada de comandos reales o virtuales (no mostrados), tales como botones, teclado, menús desplegables, barras de desplazamiento, cajas de entrada y similares. En un ejemplo, las asas (407 en la figura 14) podrían unirse directamente a la carcasa 21 de la unidad de control a bordo 5.

Con referencia a la figura 16, un kit de ayuda a la inspección 30 para ayudar a la inspección de cámaras de combustión de turbinas de gas de acuerdo con una realización de la presente invención comprende la herramienta de ayuda a la inspección 1, una pieza de prenda 31 y cuerdas 32 que conectan la herramienta 1 a la pieza de prenda 31. La pieza de prenda 31 puede ser, por ejemplo, un chaleco como en la figura 9, una chaqueta, un cinturón, un arnés de pecho o similar. Las cuerdas 32 pueden estar conectadas a la herramienta 1 y a la pieza de prenda 31 mediante anillos o bucles 33, 34, por ejemplo. Por lo tanto, la herramienta 1 se puede colgar de la pieza de prenda 31 cuando la pieza de prenda 31 es usada por un usuario durante la inspección. Esto permite al usuario tener las manos libres cuando es necesario cambiar de posición para la inspección de otra parte del escudo térmico, lo cual es extremadamente conveniente en un espacio tan estrecho como una cámara de combustión de una turbina de gas.

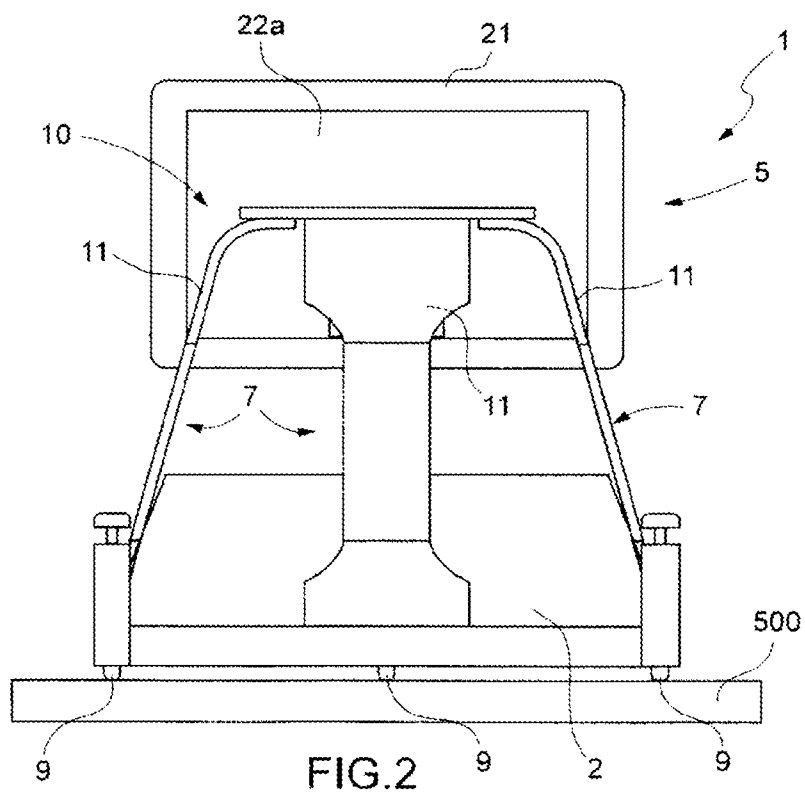
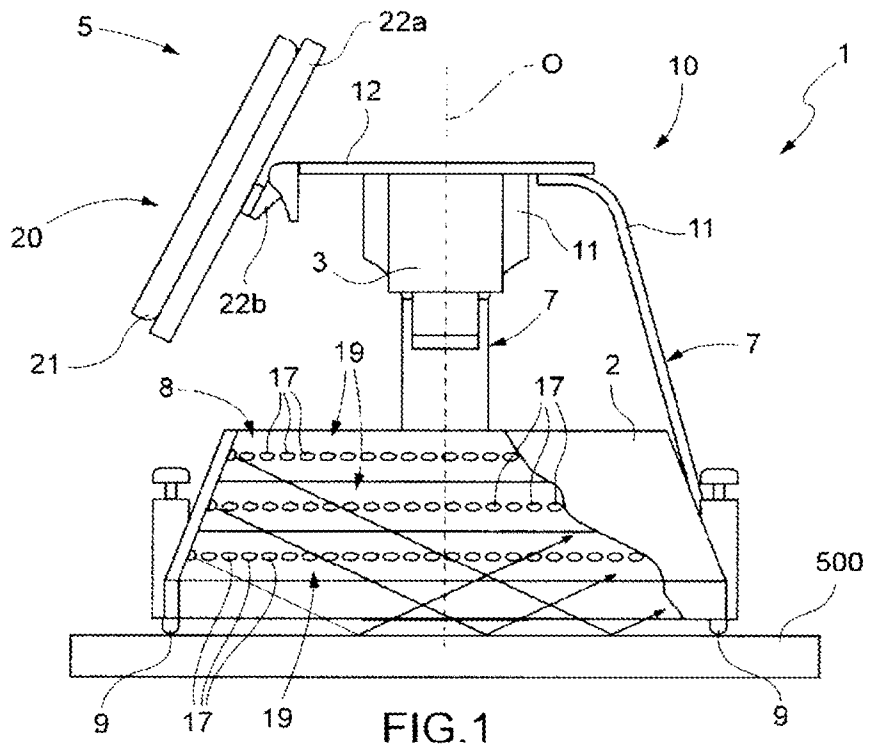
Finalmente, es evidente que se pueden realizar cambios y variaciones en la turbina de gas y el método descrito e ilustrado sin apartarse del alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas.

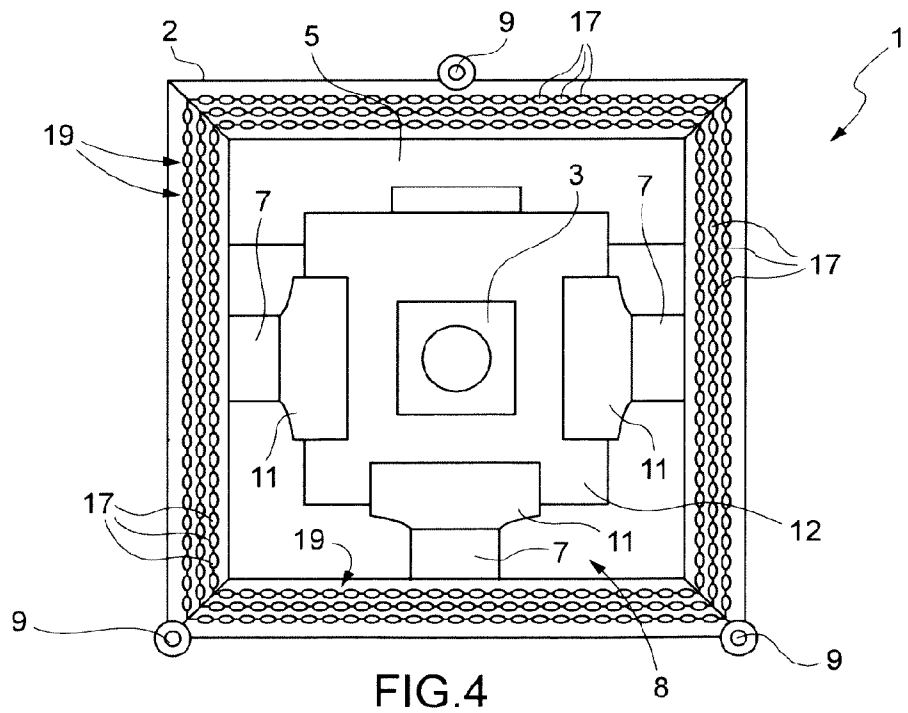
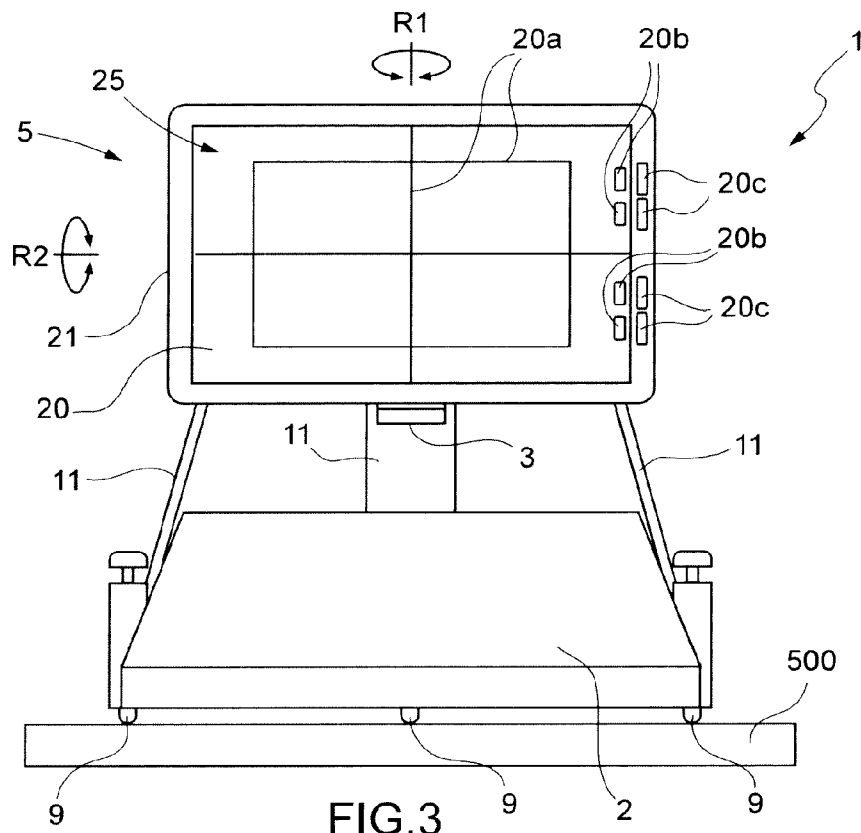
En particular, se entiende que cualquiera de las herramientas descritas puede usarse en el kit de la figura 16

REIVINDICACIONES

1. Un kit de ayuda a la inspección que comprende una herramienta portátil de ayuda a la inspección para ayudar a la inspección de las cámaras de combustión de las turbinas de gas, la herramienta de ayuda a la inspección (1) comprende:
5 un marco (2), que delimita internamente una ventana de inspección (8);
un ensamble de captura de imágenes (3; 3'), conectado al marco (2) y orientado para capturar imágenes a través de la ventana de inspección (8);
una pluralidad de fuentes de luz (18) unidas a una superficie interna del marco (2) alrededor de la ventana de inspección (8) y configuradas para emitir luz direccionalmente de acuerdo con un patrón de iluminación de campo oscuro fuera de la
10 ventana de inspección (8) y lejos del ensamble de captura de imágenes (3; 3');
una unidad de control a bordo (5), configurada para activar selectivamente las fuentes de luz (18) y sincronizar la captura de imágenes del ensamble de captura de imágenes (3; 3') con la activación de las fuentes de luz (18); y
una porción de sujeción manual (7; 107; 207; 307) para que la sujete un usuario;
15 caracterizado por una pieza de prenda (31) y cuerdas (32) que conectan la herramienta de ayuda a la inspección (1) a la pieza de prenda (31), por lo que la herramienta de ayuda a la inspección (1) se puede colgar a la pieza de prenda (31) cuando la pieza de prenda (31) es usada por un usuario.
2. El kit como se reivindica en la reivindicación 1, que comprende una estructura de soporte (10; 110) conectada al marco (2) y configurada para soportar el ensamble de captura de imágenes (3; 3') en una posición de inspección, en la que un campo de visión del ensamble de captura de imágenes (3; 3') incluye al menos parte de la ventana de inspección (8).
3. El kit de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la estructura de soporte (10; 110) comprende un miembro de montaje (12; 112) y puntales (11; 111) que tienen extremos opuestos conectados al marco (2) y al miembro de montaje (12; 112),
25 y en donde el ensamble de captura de imágenes (3; 3') está conectado al miembro de montaje (12; 112).
4. El kit de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el miembro de montaje (112) está conectado a los extremos de los puntales (111) de modo que el miembro de montaje (112) se puede mover hacia y desde el marco (2) entre una posición retraída, en la que el miembro de montaje (112) está más cerca del marco (2), y una posición extraída, en la que el
30 miembro de montaje (112) está más distante del marco (2) y el ensamble de captura de imágenes (3) está en una posición de uso.
5. El kit de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, que comprende una pantalla a bordo (20) conectada a la estructura de soporte (10; 110), en donde la unidad de control a bordo (5) está configurada para mostrar imágenes vistas por el ensamble de captura de imágenes (3; 3') en la pantalla a bordo (20).
35
6. El kit de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la pantalla a bordo está conectada a la estructura de soporte (10; 110) mediante una junta (22b; 122b; 222b) que permite la rotación alrededor de un primer eje de rotación (R1) y un segundo eje de rotación (R2), perpendicular al primer eje de rotación (R1).
40
7. El kit de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en donde la porción de sujeción manual (107; 207; 307) está configurada para permitir la sujeción con cuatro dedos de la pantalla integrada (20), dejando así el pulgar del usuario libre para proporcionar comandos a través de los elementos de entrada de comandos (20b; 20c).
8. El kit de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en donde la porción de sujeción manual (7; 107; 207; 307) comprende al menos uno de:
45 una empuñadura (7) definida por una porción de la estructura de soporte (10);
una placa de montaje (122a) y un orificio para la mano (107), en forma de una abertura pasante alargada en la placa de montaje (122a) que se extiende a lo largo de un lado de la unidad de control a bordo (5) y está configurada para permitir que un usuario inserte los dedos y sostenga la pantalla a bordo (20) y la placa de montaje (122a) agarrando una cara de la placa de montaje (122a) opuesta a la pantalla a bordo (20);
una cavidad (207) en una superficie posterior (21a) de una carcasa (21) de la unidad de control a bordo (5), en donde la cavidad (207) está abierta a lo largo de un lado de la unidad de control a bordo (5) y está configurada para permitir que
50 un usuario inserte los dedos y sostenga la unidad de control a bordo (5) agarrando una cara posterior de la unidad de control a bordo (5);
una placa de montaje (322a) y un mango (307) en una cara de la placa de montaje (322a), en donde el mango (307) se extiende a lo largo de los lados de la placa de montaje (322a) y de la unidad de control a bordo (5) y está configurado para permitir que un usuario agarre el mango (307) con los dedos índice, medio, anular y meñique;
60 un mango (407) en una cara de la carcasa (21) de la unidad de control a bordo (5), en donde el mango (307) se extiende a lo largo de un lado de la unidad de control a bordo (5) y está configurado para permitir que un usuario agarre el mango (407) con los dedos índice, medio, anular y meñique.
9. El kit de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el ensamble de captura de imágenes (3; 3') tiene un eje óptico (O) y las fuentes de luz (18) están orientadas para emitir luz en direcciones tales que la luz reflejada por una superficie uniforme perpendicular al eje óptico (O) no es recibida por el ensamble de captura de imágenes (3; 3').
65

- 5 10. El kit de acuerdo con la reivindicación 9, en donde las fuentes de luz (18) comprenden fuentes LED y están dispuestas en una pluralidad de anillos (19) alrededor de la ventana de inspección (8), en donde los anillos (19) de las fuentes de luz (18) están ubicados en posiciones axiales respectivas de acuerdo con el eje óptico (O) y las fuentes de luz (18) de cada anillo (19) son activables independientemente de las fuentes de luz (18) de los otros anillos (19).
11. El kit de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el ensamble de captura de imágenes (3; 3') comprende un sensor de imágenes (17) dispuesto para recibir luz a través de la ventana de inspección (8).
- 10 12. El kit de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el ensamble de captura de imágenes (3; 3') comprende una pluralidad de sensores de imagen (17) dispuestos adyacentes entre sí para recibir luz a través de las porciones respectivas (P) de la ventana de inspección (8), las porciones (P) de la ventana de inspección (8) siendo al menos en parte distintas entre sí.
- 15 13. El kit de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sensor de orientación (23) configurado para detectar la orientación en el espacio, en donde la unidad de control a bordo (5) está configurada para asociar las imágenes de inspección (IMG) capturadas por el ensamble de captura de imágenes (3; 3') con los datos de orientación (OD) del sensor de orientación (23) en el momento de la captura.
- 20 14. El kit de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad de control a bordo (5) comprende un módulo de comunicación (25) configurado para la comunicación con el exterior, en particular a través de comunicación inalámbrica.





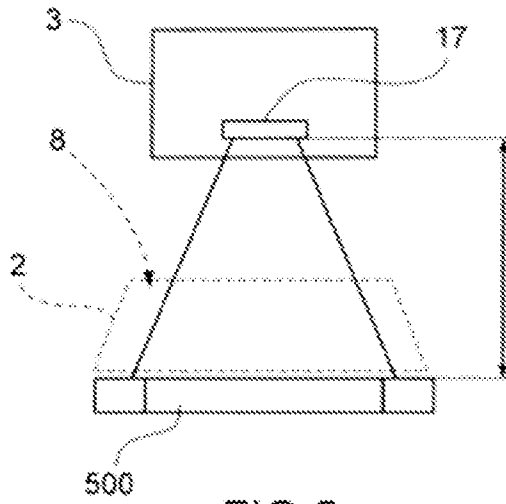


FIG. 5

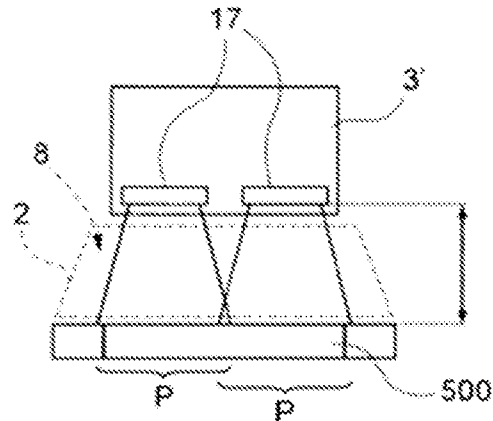


FIG. 6

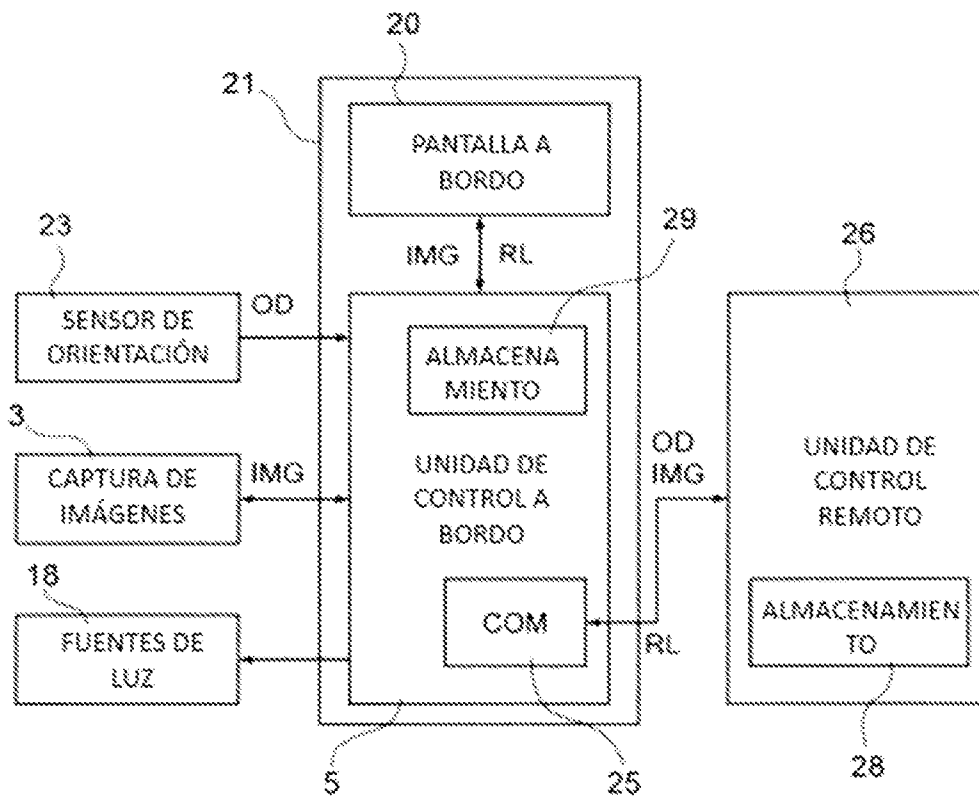
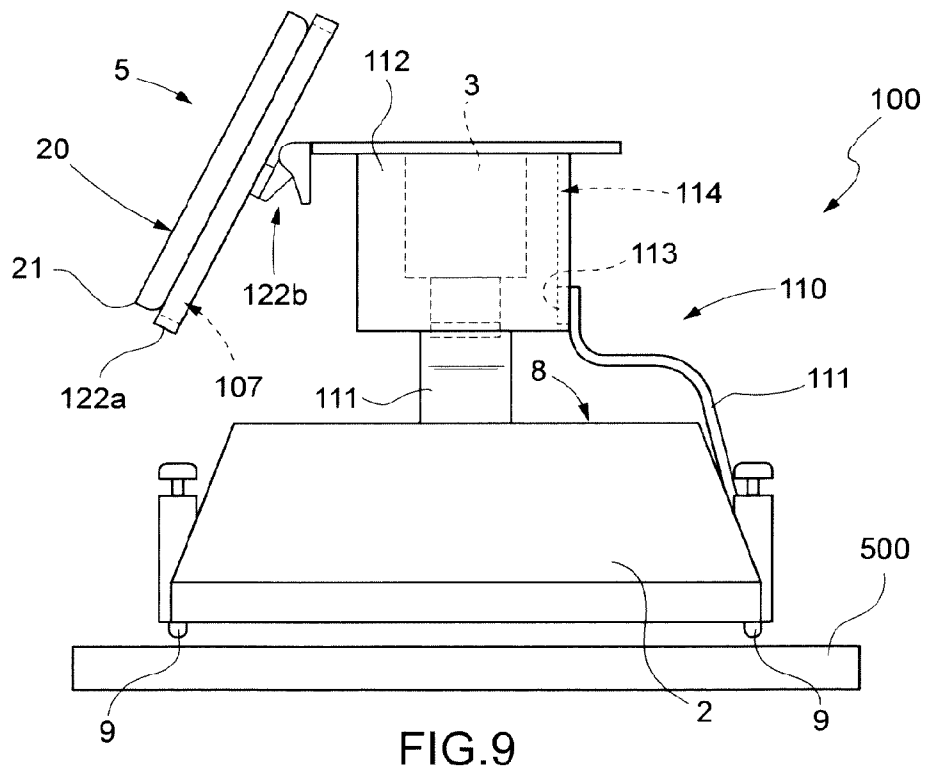
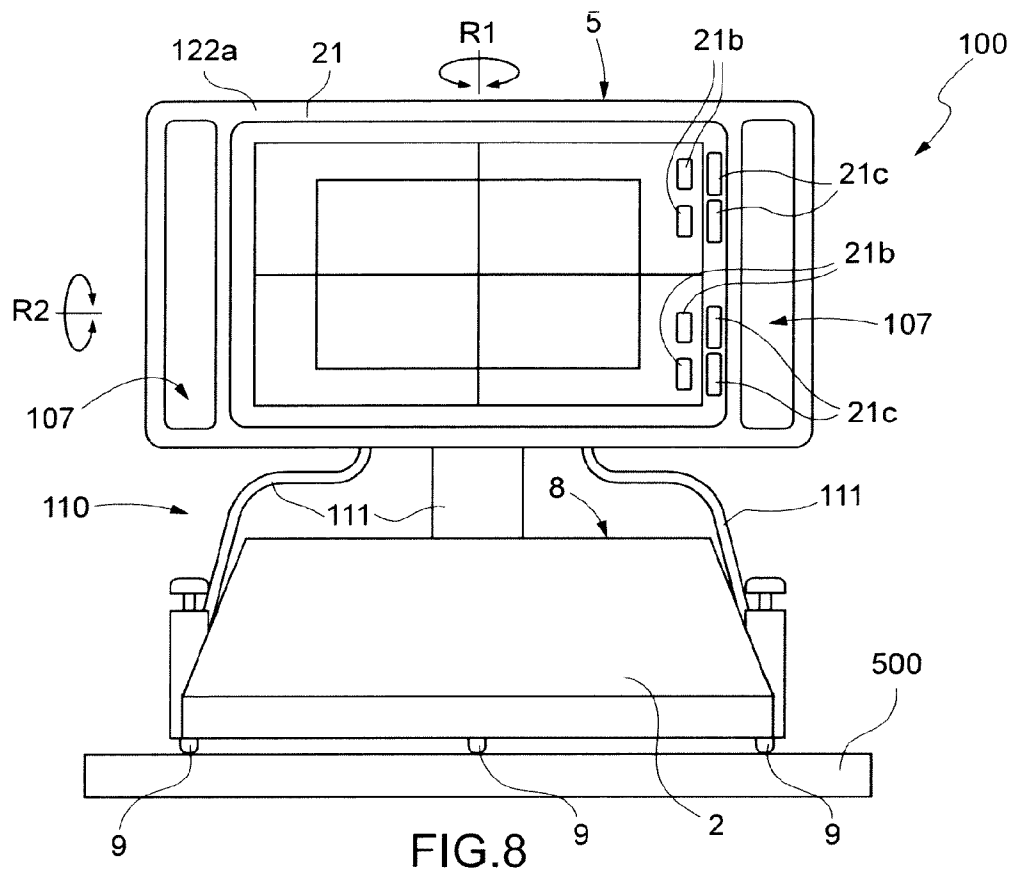
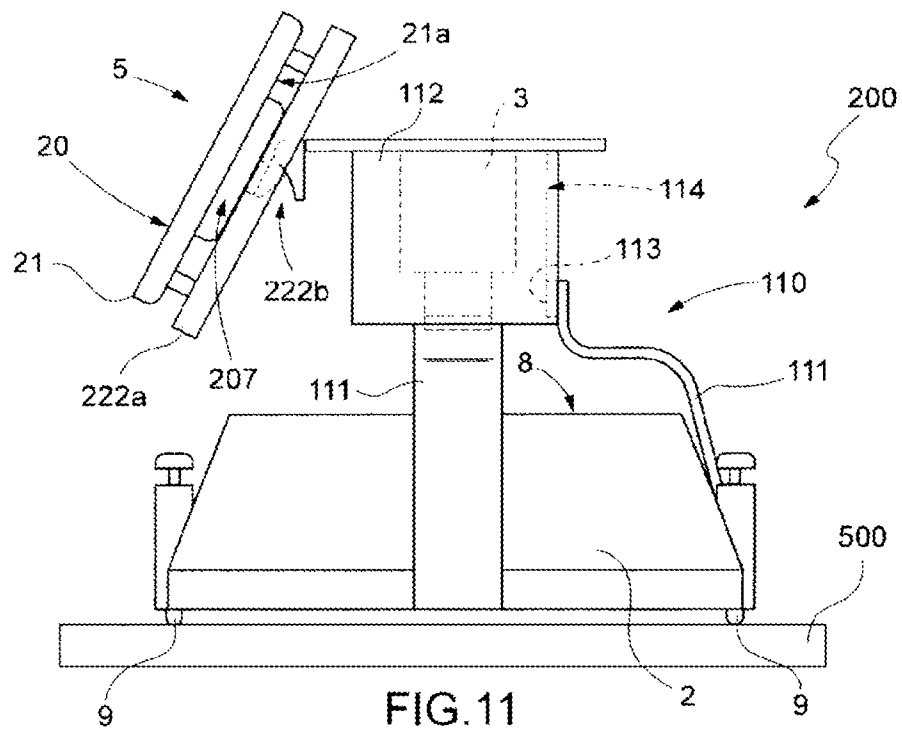
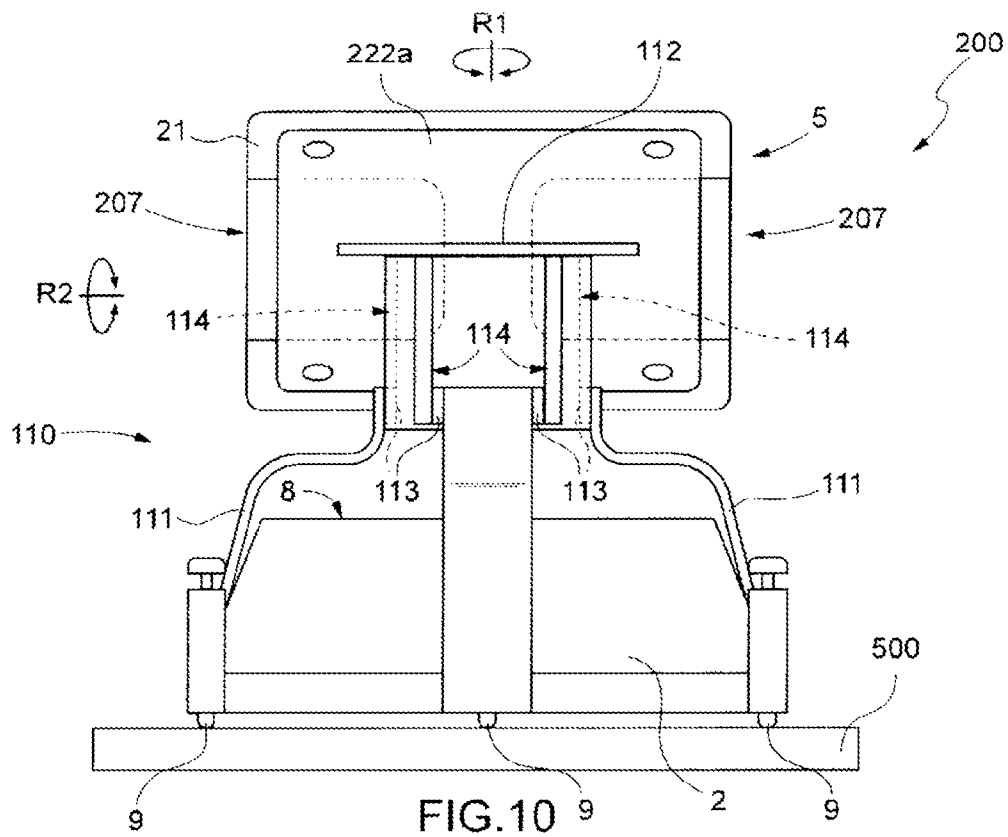
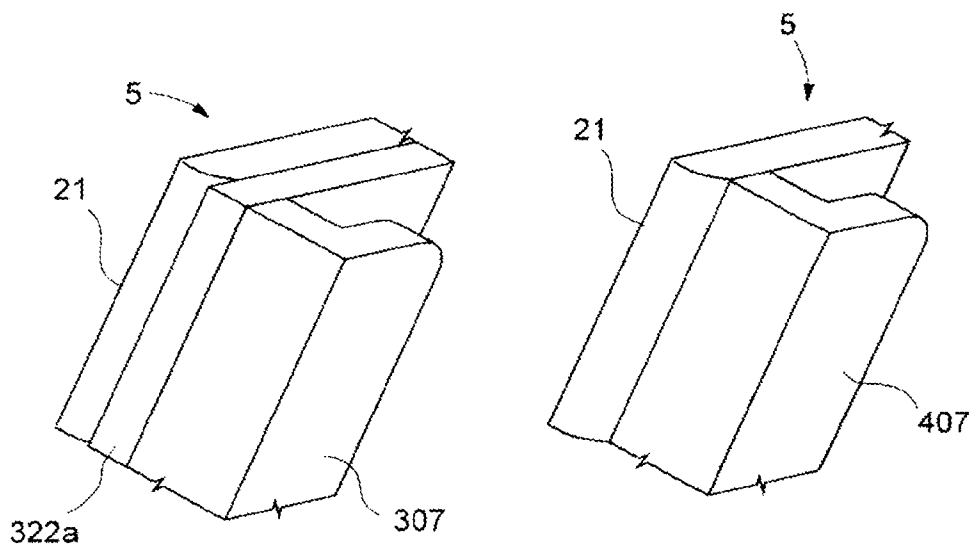
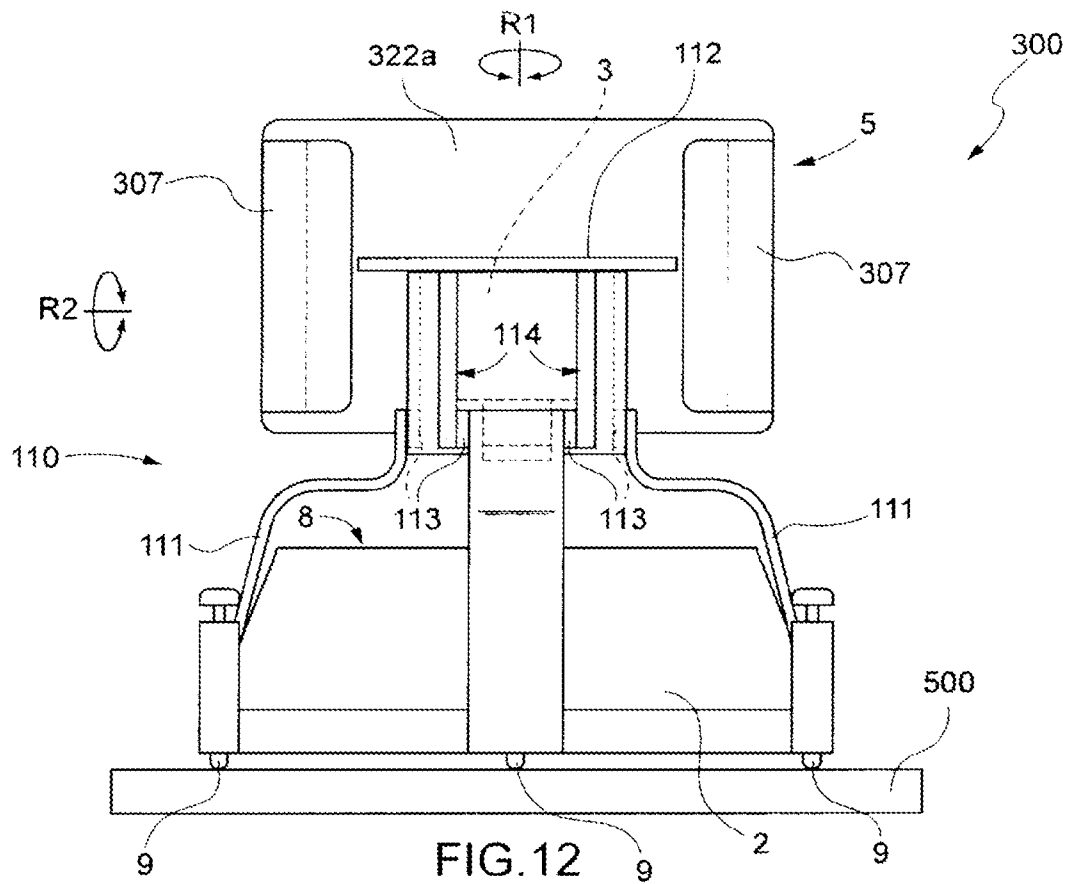


FIG. 7





1190002



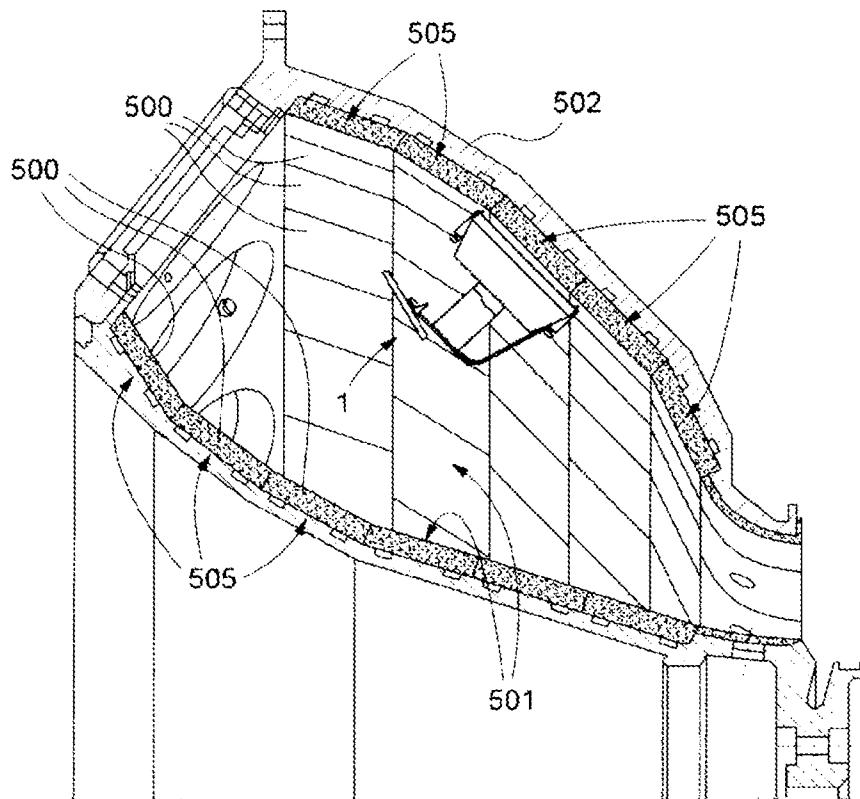


FIG.15

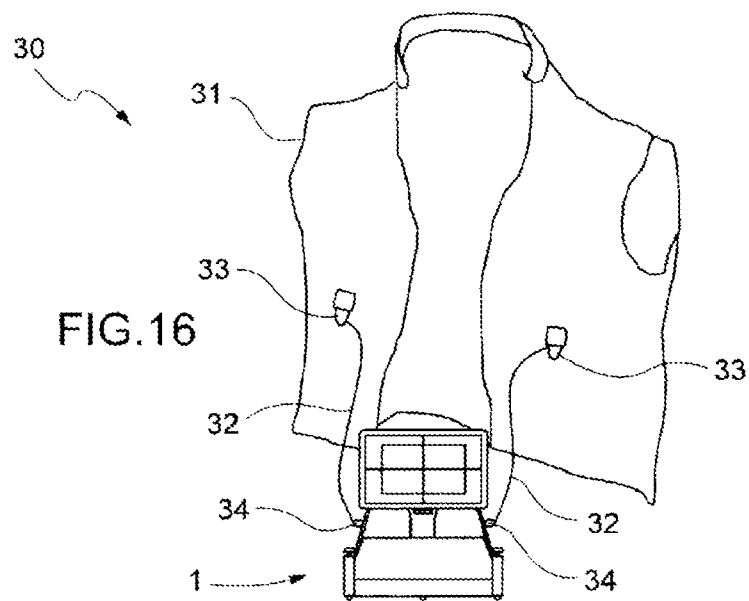


FIG.16