(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 310 433**

(21) Número de solicitud: 200600068

(51) Int. Cl.:

G02B 26/10 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)
G01S 17/46 (2006.01)
G01S 17/48 (2006.01)
B23Q 35/128 (2006.01)
B23K 26/02 (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación: **12.01.2006**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **01.01.2009**

Fecha de la concesión: **18.09.2009**

Fecha de modificación de las reivindicaciones: **15.09.2009**

(45) Fecha de anuncio de la concesión: **13.10.2009**

(45) Fecha de publicación del folleto de la patente: **13.10.2009**

(73) Titular/es: **FUNDACIÓN ROBOTIKER**
Parque Tecnológico, Edif. 202
48170 Zamudio, Vizcaya, ES

(72) Inventor/es: **Gutiérrez Olabarría, José Ángel;**
Picón Ruiz, Artzai;
Bereciartua Pérez, Aránzazu y
Pérez Larrazabal, José

(74) Agente: **Carpintero López, Francisco**

(54) Título: **Procedimiento de escaneo en tres dimensiones para piezas de revolución y dispositivos utilizados.**

(57) Resumen:
Procedimiento de escaneo en tres dimensiones para piezas de revolución y dispositivos utilizados.
La invención contempla un procedimiento y un dispositivo de escaneo tridimensional para piezas de revolución, que utiliza una cámara (11) y unos emisores láser (12, 12') montados en un elemento de sujeción (13), al que está conectado por un extremo un eje de giro (14) y por el otro a un motor (15) con encoder, siendo el eje de giro (14) susceptible de posicionarse sustancialmente en paralelo con respecto al eje de revolución de la pieza (30), habiéndose realizado previamente una calibración previa para corregir las desviaciones reales entre ejes. El motor (15) hace girar el elemento de sujeción (13) y, por tanto, el conjunto de cámara (11) y emisores láser (12, 12'), a determinada distancia respecto a dicha pieza (30), estando la cámara (11) a una distancia y un ángulo determinados con respecto a los emisores láser (12, 12'). Otro aspecto de la invención se refiere a un dispositivo para el calibrado requerido antes de efectuar el barrido giratorio.

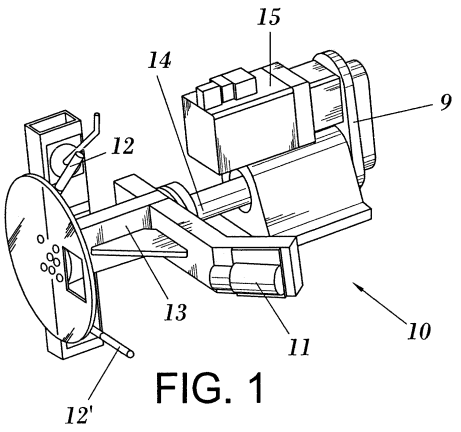

FIG. 1

ES 2 310 433 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de escaneo en tres dimensiones para piezas de revolución y dispositivos utilizados.

Objeto de la invención

La presente invención se enmarca dentro del campo de las técnicas ópticas de exploración superficial y medida de cuerpos en tres dimensiones, aplicables al sector dedicado en general a la fabricación y/o el montaje de piezas con geometría de revolución, tales como tubos metálicos, especialmente casquillos con doble biselado, por ejemplo, para la industria de las tuberías de acero sin soldadura.

El objeto principal de la invención es permitir el escaneo tridimensional de piezas de revolución con precisión, eliminando la captación de zonas de sombra por la cámara de visión artificial que registra imágenes de una pieza configurada como cuerpo de revolución, gracias a un barrido giratorio que se efectúa por medio de uno o más emisores láser que giran conjuntamente con dicha cámara a cierta distancia y alrededor de la pieza.

Antecedentes de la invención

En la actualidad, son bien conocidas las técnicas de Visión Artificial, que se emplean para obtener información de una imagen capturada, utilizando una cámara digital con su óptica, un ordenador, una tarjeta capturadora de imagen y un software personalizado para la aplicación requerida. Los principales ámbitos de utilidad de la Visión Artificial son:

- Medición: Medir las dimensiones de una pieza, diámetros, etc. y determinar la planicie de las superficies de la pieza.
- Guiado: Guiar robots para localizar o ensamblar piezas, del recorrido de rollos de papel, tela, cartón.
- Identificación: Identificar piezas o productos por su perfil, forma o color, y realización de reconocimiento de patrones.
- Inspección: Determinar la Presencia-ausencia de piezas en ensamblaje, Orientación de piezas, localizar defectos superficiales.

De sus funcionalidades, se deriva que la Visión Artificial por ordenador tiene aplicación en la mayoría de los sectores industriales, resultando especialmente útil en cualquier sistema de producción en serie, por ejemplo:

- Automoción y auxiliares.
- Envases, embalajes y plásticos.
- Componentes eléctricos y electrónicos.
- Metalurgia y derivados.
- Farmacia y equipos médicos.
- Fabricación textil y calzado.
- Mecanizados industriales.

En particular, para la realización de medidas dimensionales en piezas de producción, las exigencias de control son cada vez más elevadas, por lo que los controles no tridimensionales dejan de ser suficientes.

Hoy en día, este tipo de medidas de alta precisión se llevan a cabo por medio de palpadores manuales o relojes comparadores. Con estos métodos, existen dificultades para acceder a algunas zonas, ya que la calidad de la medida depende de la calidad de contacto. Es muy difícil obtener resoluciones elevadas, pues la más pequeña rugosidad o falta de rectificación en el elemento a estudiar, implica la pérdida de centésimas, décimas e incluso milímetros.

Por otro lado, en el caso particular de la medición de dimensiones de un tubo o casquillo, el cual puede disponer de bisel externo e interno, en la pretensión de controlar con suficiente exactitud tanto las medidas del propio casquillo como las de los biseles, la apreciación de las zonas del biselado externo e interno con estos métodos no es posible de forma automática y es necesaria su estimación por un operario cualificado. La posibilidad de ubicación de un palpador o reloj comparador para controlar, en especial, el bisel interior (también para el resto de las variables) es reducida, ya que se requiere ubicar el tubo con cuidado y mucha precisión, factores que en un proceso de fabricación automatizado a cierta velocidad es muy complicado.

Con vistas a salvar estas dificultades, para la medición de los biseles se utilizan métodos de proyección de perfiles. El proyector de perfiles es un aparato que proyecta el perfil del elemento observando sus dimensiones con una fuerte amplificación, permitiendo un movimiento y enfoque controlado para su mejor inspección. El problema que presenta este sistema es que en cada instante sólo se puede llevar a cabo la proyección de un perfil, es decir, de un diámetro del tubo, con lo que su emplazamiento y medida lleva muchísimo tiempo, impensable para inspeccionar toda la producción. Para la medición de los biseles interiores sería necesario pues un ensayo destructivo que consiste en el corte del tubo en dos mitades antes de proceder a la medida del bisel. Además, estas mediciones corresponden exclusivamente a un perfil, en vez de a la totalidad del casquillo, es decir, se puede juzgar la bondad o no del casquillo a través un único punto. Por lo tanto, se necesitarían varias medidas para poder estudiar la tendencia del corte (mediante promedios, viendo tendencias en todos los diámetros), por lo que no es un método operativo para inspección continua.

Los procedimientos de medida mediante visión convencional, usando la cámara e iluminación apropiadas, son sólo adecuados para medidas planas, esto es, en dos dimensiones (2D). Así, es posible controlar las dimensiones de diámetros, espesores mediante visión 2D,..., pero no es posible captar la tercera dimensión, es decir, por ejemplo, el bisel interior o exterior del casquillo, ya que no podría percibirse el bisel al quedar su dimensión proyectada sobre el plano anterior, constituyendo el diámetro exterior del tubo.

Por consiguiente, para estos casos hay que recurrir a la visión tridimensional (3D) que ofrecen las técnicas de Visión Artificial. Existen diversas técnicas de obtención de información 3D por procedimientos ópticos, entre las que destacan la estereovisión, triangulación óptica y proyección de patrones.

La estereovisión se fundamenta en la forma en que el ser humano y otros seres vivos obtenemos información tridimensional, a partir de las diferencias de imagen del mismo elemento objetivo experimentadas por n (2 ó más) sensores ubicados en posiciones conocidas y constantes respectivamente. Aun cuando es una técnica conceptualmente intuitiva, presenta graves inconvenientes por la dificultad de identificar dichos objetos comunes (esquinas, objetos, etc) en escenarios generales. Es por ello que su uso está limitado a entornos controlados.

La triangulación óptica es un método de obtención de información 3D sin contacto, a partir de métodos ópticos, es decir empleando fuentes de iluminación y sensores ópticos. Se trata de un método no intrusivo con los objetos en estudio (NDT: "Non-Destructive Testing"). Es una de las técnicas más extendidas para inspección tridimensional y se fundamenta en la variación que experimenta la reflexión de patrón luminoso en función de la disposición del conjunto iluminación- observador y la distancia al objeto a observar. Se emplea habitualmente en ingeniería inversa, aunque también sirve en simulación de procesos, control de calidad y medida en fabricación. Está basada en el uso de la información obtenida de la variación de posición (relación de ángulos y longitudes) que experimenta la reflexión de un haz luminoso en función de la disposición del conjunto láser-observador y la distancia al objeto a observar.

Como muestras de la aplicación del método de triangulación óptica, cabe citar las invenciones recogidas en las solicitudes de Patente Española ES 9601994 y de Patente Estadounidense US 2005/0111009. El documento ES 9601994 se refiere a un escáner que dispone de uno o varios emisores láser y dos microcámaras, situadas a una distancia entre sí tal que los errores propios de las mismas son promediados al actuar simultáneamente, mientras que cuando una de las cámaras queda en "sombra" al visualizar una zona de la pieza a inspeccionar, la otra cámara sigue operativa para proporcionar toda la información a un ordenador. En la solicitud US 2005/0111009, se describe un método basado en la triangulación láser aplicado a la medida tridimensional de una pieza cilíndrica de aluminio o del calibre de unas vías de tren, por medio del cálculo en tiempo real con una tarjeta FPGA de las coordenadas XY de determinados puntos de la línea de luz reflejada en la superficie del objeto a examinar y captada por un grupo o array de fotodetectores. Otro ejemplo es el montaje para generar imágenes 3D que contempla la Patente en Estados Unidos US 4645348, constituido por un array de sensores ópticos actuando en colaboración con una fuente luminosa, montados todos los componentes en una única carcasa que permite la calibración interna de dichos componentes. Otros ejemplos de sistemas de triangulación óptica láser se describen en las patentes estadounidenses US 5276546 y US 5173796.

Otra técnica que también pueden emplearse en la inspección tridimensional de piezas consiste en el uso de escáneres láser de barrido lineal, pero los escáneres lineales cuentan con el inconveniente de presentar zonas de "sombra" de medida dependiendo de la geometría del objeto de estudio. Además, el algoritmo de extracción de perfiles varía dependiendo de la zona de inspección. En este sentido, merece mención la solicitud de Patente Internacional PCT WO 93/08448, donde se describe un sistema que utiliza dos cámaras colocadas en posiciones distintas pero conocidas que captan un barrido lineal del láser sobre el objeto inspeccionado, sin necesidad de mover el sistema de posicionamiento, para aumentar la velocidad del proceso a la vez que se reducen los datos enviados al ordenador que lleva el programa CAD.

No obstante, ninguna de las técnicas conocidas para la inspección tridimensional resulta del todo precisa para el escaneado de piezas con geometría de revolución, sin que se presenten las inevitables zonas de "sombra" en el barrido óptico o escaneo de algunas geometrías, lo cual se solucionaría realizando un barrido giratorio, en vez de lineal.

La patente estadounidense US 3970781 describe un sistema de medida tridimensional de tubos cilíndricos. Para ello, se hace rotar un tubo sobre su eje a la vez que se desplaza un láser a lo largo de un eje paralelo al eje del tubo, obteniéndose así una medida con trayectoria helicoidal de la superficie externa del tubo.

Descripción de la invención

La presente invención viene a resolver de manera eficaz la problemática anteriormente expuesta, en todos y cada uno de los diferentes aspectos comentados, constituyendo una solución ventajosa frente a los antecedentes que permite el escaneo de piezas de revolución para sus medidas en tres dimensiones, basándose en la triangulación óptica pero realizando con un fuente láser múltiple, preferentemente doble, un barrido giratorio que se ajusta a la geometría de la pieza.

La solución que aquí se propone está concebida en especial para solventar el escaneo de piezas geométricas complejas, tomando como ejemplo un tubo con doble biselado, interno y externo. Mientras que un escaneado por barrido lineal generaría como secciones vistas por el escáner, cada una con sus condiciones de reflexión y sombras, las cuerdas de la periferia del tubo, en un escaneo tridimensional con barrido giratorio como el que se preconiza, las secciones del escáner son seudodiámetros en vez de cuerdas de una circunferencia. En el caso ideal de que el eje de giro del barrido que se realiza según esta invención coincide exactamente con el eje de revolución de la pieza escaneada, las secciones obtenidas son propiamente diámetros de la pieza. Cuando el giro del barrido se hace en un eje ligeramente desplazado respecto al mencionado eje de dicha pieza, como ocurre en la práctica, las secciones dadas por el escáner de barrido giratorio no son estrictamente diámetros de la circunferencia de la pieza sino seudodiámetros, pero todas las secciones presentan condiciones similares de reflexión y sombras. Esta peculiar característica de las secciones resultantes de un barrido giratorio representa una ventaja fundamental frente a un escaneo lineal, en su aplicación a piezas tubulares con respectivos biselados en sus correspondientes bordes externo e interno, donde las primeras secciones del barrido láser de modo lineal cortan únicamente y de forma tangencial el bisel exterior del tubo, las secciones centrales cortan perpendicularmente sus dos paredes y las últimas secciones vuelven a cortar tangencialmente el bisel exterior pero además con sombra.

Un aspecto de la invención es pues un procedimiento de escaneo en tres dimensiones para piezas de revolución, basado en la triangulación óptica mediante láser, utilizando una cámara de visión artificial que define un plano de cámara y al menos un emisor láser que define un plano láser, caracterizado porque comprende una fase de barrido giratorio que determina unos perfiles (los seudodiámetros) de la pieza de revolución mediante cortes del plano láser con dicha pieza, que se realiza con un escáner tridimensional de barrido giratorio como el que se va a describir más adelante.

Tras la fase de barrido giratorio, el procedimiento de escaneo propuesto determina unos puntos de proyección del corte en el plano de cámara, definidos en píxeles, entre el plano láser y el borde de la pieza de revolución. Después, se convierten dichos puntos de proyección en píxeles a puntos de proyección en el plano láser definidos en medidas de longitud (milímetros), mediante la relación entre el plano láser y el plano de cámara que se establece en una fase de calibración previa. A continuación, se realiza una corrección geométrica del plano láser con respecto al eje de giro del barrido, puesto que es prácticamente imposible hacer coincidir este eje con el eje real de giro del sistema, por lo que el plano láser no realiza trayectorias circulares Esta fase es necesaria, por tanto, para determinar la posición real del plano láser en el espacio. Por último, el procedimiento de escaneo determina la posición real de los puntos de proyección definidos en medidas de longitud (milímetros) en un sistema tridimensional de coordenadas absoluto, a partir de los cuales puede generarse una imagen tridimensional de la pieza escaneada y posteriormente efectuar sobre ella las medidas convenientes, procesables por un sistema informático convencional mediante un programa de ordenador (software) específicamente desarrollado para la aplicación.

Antes de la fase del barrido giratorio, se efectúa una calibración de los dispositivos utilizados en el procedimiento descrito para poder relacionar el espacio real, donde se establece el sistema tridimensional de coordenadas absoluto tomado como referencia, con el espacio capturado por la cámara de visión artificial. El proceso de calibración comprende una primera fase, que denominamos calibración bidimensional, donde se hace uso de un dispositivo de calibrado adaptado, conforme se explica más adelante en otro aspecto de la invención, para esta función y conseguir un sistema tridimensional de coordenadas en el plano láser que sirve de referencia. La calibración bidimensional convierte un sistema tridimensional de coordenadas en el plano de cámara, establecido como referencia en el espacio abarcado por la cámara, a un sistema de referencia en el plano láser, compensando posibles efectos de perspectiva y aberración que puede introducir la propia cámara. Seguidamente se procede a una calibración del plano láser que relaciona el sistema de referencia obtenido en el plano láser de acuerdo a la fase anterior con el sistema de coordenadas absoluto definido en el espacio real. Para realizar este segundo calibrado, se utiliza una pieza de revolución patrón, que es un objeto con una geometría similar al de las piezas que realmente se van a escasear en las fases ulteriores y descritas.

Otro aspecto de la invención es un dispositivo de calibrado para el escaneo en tres dimensiones de piezas con geometría de revolución, que se concibe expresamente para ser empleado en la fase de calibración bidimensional anteriormente descrita. Dicho dispositivo de calibrado consiste en un cuerpo de revolución con un cabezal cónico dotado de una pluralidad de escalonados concéntricos, montado en un soporte triédrico de posicionamiento preciso, avanzando progresivamente una cierta distancia por un eje del soporte triédrico dispuesto en concordancia con el plano láser. A partir de las medidas derivadas de este escaneo sobre el dispositivo de calibrado, se puede realizar una conversión de los puntos de proyección del corte entre el plano láser y plano de cámara definidos en píxeles a un sistema de referencia en el plano láser, con el cual se determinan los puntos definidos en medidas de longitud (milímetros).

Un último aspecto de la invención pero no menos importante es un dispositivo de escaneo tridimensional para piezas de revolución, con el que se implementa el procedimiento explicado. El dispositivo de escaneo comprende medios de captación de imágenes, preferiblemente una cámara de visión artificial, montados en un elemento mecánico equilibrado de sujeción y junto con unas fuentes de iluminación, preferentemente uno o más emisores láseres para iluminar mejor todas las zonas de la pieza a escanear. La propiedad esencial de tal dispositivo de escaneo es que incorpora un eje de giro conectado al elemento de sujeción del conjunto cámara-láser por un extremo y por el otro a un servomotor, siendo el eje de giro susceptible de posicionarse sustancialmente en paralelo con respecto al eje de revolución de la pieza, aunque no tienen necesariamente que coincidir ambos ejes. El servomotor, compuesto preferentemente por un motor paso a paso, un mecanismo de transmisión del movimiento, un codificador electro-opto-mecánico o encoder y un controlador electrónico hace girar el elemento de sujeción a determinada distancia respecto a la pieza de revolución. En dicho elemento de sujeción los medios de captación de imágenes están montados a una distancia y un ángulo determinados con respecto a las fuentes de iluminación (principio de triangulación óptica), estando a su vez el conjunto enfocado hacia la pieza de revolución para girar a cierta distancia (diferente a la distancia de separación entre los medios de captación de imágenes y las fuentes de iluminación) con respecto a dicha pieza, produciéndose así el barrido giratorio.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de figuras en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una vista en perspectiva del dispositivo de escaneado, según un aspecto de la invención y una realización preferida.

La figura 2.- Muestra una representación gráfica de la actuación del dispositivo de escaneado, según la realización presentada en la figura anterior, al realizar el barrido giratorio de acuerdo al objeto de la invención.

La figura 3.- Muestra una representación esquemática de los planos definidos respectivamente por la cámara y el láser del dispositivo de escaneado, ilustrando los respectivos sistemas tridimensionales de referencia en el espacio.

La figura 4.- Muestra una vista en perspectiva del dispositivo de calibrado, según una realización preferente de otro aspecto de la invención.

La figura 5.- Muestra un diagrama de bloques del procedimiento de escaneado con de acuerdo al objeto de la invención.

Realización preferente de la invención

A la vista de la Figura 1, puede describirse como una de las posibles realizaciones de la invención, un dispositivo de escaneo tridimensional (10) para piezas de revolución (30) que comprende:

- Unas fuentes de iluminación que garantizan una reflexión del haz de luz suficiente incluso en las zonas inclinadas presentes en la geometría de la pieza (30), para evitar errores de medida por zonas de oclusión. Por ello, es deseable disponer de una fuente luminosa doble consistente en una pareja de emisores láser (12, 12'), que están dispuestos, a cierta distancia y con la orientación conveniente hacia dicha pieza (30), en un soporte equilibrado o elemento de sujeción (13).

- Unos medios de captación de imágenes, que se concretan en una cámara (11) de visión artificial, con una elevada resolución, por ejemplo, 1536x512 píxeles, con posibilidad de división subpíxel 1/10 en el eje Z de coordenadas.

- Un eje de giro (14) conectado por un extremo al elemento de sujeción (13) del conjunto cámara (11) más emisores láser (12, 12'), mientras que por el otro extremo está asociado a un servomotor, con el que dicho conjunto puede girar de modo rectificado y permanentemente con una desviación menor de 0.005 mm.:

- El servomotor, que a su vez se compone de un motor (15) paso a paso, un mecanismo de transmisión (9) del movimiento, un sensor encoder que cuantifica el desplazamiento angular y la velocidad de giro, para mover el motor (15) y conectado al eje de giro (14) transmitiendo los pulsos de salida del encoder directamente a la cámara (11). Además, el servomotor controla el movimiento del motor (15) a través de unas tarjetas electrónicas de adquisición de datos. El encoder y las tarjetas de entrada/salida no vienen representadas en la Figura 1.

Todos los componentes del dispositivo de escaneo tridimensional (10) están convenientemente alimentados y conectados entre sí mediante el cableado de un armario eléctrico diseñado al efecto. El diseño del conjunto mecánico que constituye este dispositivo de escaneo tridimensional (10) se ha hecho teniendo en cuenta todos los grados de libertad necesarios para obtener una gran precisión mecánica, ajustando de manera óptima los componentes para alcanzar una alta resolución, de al menos 0.01 mm, a la vez que se permite un control preciso del ángulo de giro, el alineamiento y enfoque de los emisores láseres (12, 12').

De acuerdo se representa en la Figura 2, el dispositivo de escaneo tridimensional (10) realiza un barrido giratorio alrededor de la pieza de revolución (30) a inspeccionar, ocasionado por la acción del servomotor al provocar la rotación del elemento de sujeción (13) y, por tanto, de todo el conjunto cámara (11) y emisores láser (12, 12'), respecto de dicha pieza (30), obteniendo tantos perfiles de la pieza (30) como se deseen sin más que girar oro paso el motor (15) que mueve el eje de giro (14). Así, los emisores láser (12, 12') que definen un plano láser (16) giran, produciéndose el corte del plano láser (16) con las diversas zonas de la pieza (30), dando lugar a los distintos perfiles, captados desde la perspectiva de la cámara (11), desplazada una cierta distancia y con un ángulo determinado con respecto al plano láser (16), la cual a su vez define un plano de cámara (17) donde se enmarcan los perfiles de la pieza (30) vistos desde esa cámara (11). Las mediciones tridimensionales se realizan mediante la triangulación de los puntos cortados por el plano láser (16) y captados en el plano de cámara (17).

Durante el proceso de barrido giratorio, provocando una rotación controlada del plano láser (16), se obtiene la posición en el espacio tridimensional de todos los puntos de la pieza (30), mediante la modelización adecuada de este giro, conociendo la posición real de este plano láser (16). Para ello, es necesaria una calibración previa del mismo, debido a que, en la práctica, el plano láser (16) no es coincidente con el eje de giro (14) del conjunto cámara (11) - emisores láser (12, 12').

Primeramente, se efectúa una calibración bidimensional, donde los puntos de proyección del corte entre el plano láser (16) con la pieza (30) recogidos en el plano de cámara (17), por tanto, definidos en píxeles según un sistema tridimensional de coordenadas de la cámara (18) establecido de referencia, se convierten a puntos en un sistema tridimensional de coordenadas del láser (19), conforme se ilustra en la Figura 3. Esta calibración del sistema tridimensional de coordenadas en el plano láser (19) para poder medir los puntos de corte en milímetros se realiza por medio de un dispositivo de calibrado tridimensional (20) ilustrado en la Figura 4.

El dispositivo de calibrado tridimensional (20) sirve como sistema universal de posicionamiento para relacionar ambos sistemas de coordenadas (18, 19), al mismo tiempo que compensa los efectos de perspectiva y aberración que origina la cámara (11). Dicho dispositivo de calibrado tridimensional (20) es un cuerpo de revolución con un cabezal cónico (21) dotado de una pluralidad de escalonados concéntricos (22), montado en un soporte triédrico de posicionamiento preciso. Avanzando mediante uno de los ejes del triedro perteneciente al plano láser (16) progresivamente, cada 2+-0.005 mm, se obtienen más de 500 parejas de relaciones entre puntos del sistema de coordenadas de la cámara (18) con los puntos del sistema de coordenadas en el plano láser (19).

Tras la fase de calibración bidimensional realizada con el dispositivo de calibrado tridimensional (20), se conoce la posición de los puntos de la pieza (30) definidos en el sistema de coordenadas en el plano láser (19), pero para determinar la posición real de dichos puntos en un sistema tridimensional de coordenadas absoluto XYZ, previamente hay que conocer la posición y orientación del plano láser (16) en cada giro, esto es, en cada pulso del encoder que da el dispositivo de escaneo tridimensional (10). Para ello, se utiliza una pieza de revolución patrón, similar a la pieza (30), con la que se calibra el sistema tridimensional de coordenadas absoluto definido en el espacio con relación al sistema tridimensional de coordenadas en el plano láser (19).

En el supuesto ideal de que el eje de giro del plano láser (16) coincidiera con el eje de revolución de la pieza (30), las ecuaciones de posición del plano láser (16), suponiendo N pulsos de encoder por vuelta serían:

$$\text{Coordenadasabsolutas} = f\ (\text{CoordenadasPlanoLáser, pulsoEncoder})$$

$$X_{Absoluta} = X_{láser} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot n / N)$$

$$Y_{Absoluta} = Y_{láser} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot n / N)$$

$$Z_{Absoluta} = Z_{láser}$$

Sin embargo, el plano láser (16) realmente realiza movimientos respecto a un eje de giro desconocido, debido a las holguras mecánicas del eje del motor (15), por lo que es complejo conocer la situación del plano láser (16) respecto del eje de giro (14) en cada momento. Para modelizar de forma general la posición del plano láser respecto al eje de giro se calculan unos parámetros (X0, YO, Alfa, Beta, Gamma) que conforman la ecuación de paso entre el sistema de coordenadas láser (19) y el sistema de referencia absoluto.

$$\text{Coordenadasabsolutas} = f\ (\text{CoordenadasPlanoLáser, pulsoEncoder}, X_0, Y_0, \alpha, \beta, \gamma)$$

Una vez conocida la posición de cada punto en el espacio siguiendo estos procesos de calibrado, se tiene relacionado el espacio real con el detectado por la focal de la cámara y ya puede procederse a completar el procedimiento de escaneo en tres dimensiones que se resume en la Figura 5, reuniendo todas las fases como sigue:

(1) calibración previa, primero con el dispositivo de calibrado (20) y seguidamente con una pieza patrón;

(2) determinación de los perfiles de la pieza de revolución (30) que se requieren mediante el barrido giratorio con el dispositivo de escaneado (10);

(3) extracción de los puntos de proyección del corte en el plano de cámara (17), definidos en píxeles, correspondientes al borde de la pieza (30);

(4) conversión de los puntos en píxeles a puntos de proyección en el plano láser (16) definidos en medidas de longitud, usualmente milímetros;

(5) cálculo de la posición real del plano láser (16) en el espacio y establecimiento de los puntos de interés en el sistema tridimensional de coordenadas absoluto;

(6) generación de la imagen en tres dimensiones que corresponde a la pieza (30);

(7) filtrado de puntos y ajuste a las circunferencias, para el caso de piezas (30) de sección circular, para extraer medidas tales como radios, circularidad, concentricidad, espesor mínimo, espesor máximo, ángulo de bisel,...

Efectivamente, a partir de la imagen tridimensional obtenida de la pieza de revolución (30), por medio de un software específicamente desarrollado para la aplicación, pueden realizarse operaciones posteriores: El filtrado de puntos se refiere a la eliminación de ruidos o puntos espúreos alejados de la media de las mediciones obtenidas, una vez determinados los puntos de una pieza (30) cilíndrica en el sistema de coordenadas absoluto. Con ello, se puede proceder a la obtención de la ecuación tridimensional de la circunferencia asociada a la periferia de la pieza (30). A partir de tales ecuaciones de circunferencia perfectas, efectuando numerosos cortes con el láser por planos perpendiculares a las circunferencias según distintos ángulos, de 0 a 180, se obtienen los puntos de corte de dichos planos con cada una de las circunferencias y se pueden extraer datos sobre las dimensiones deseadas de la pieza (30).

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de escaneo tridimensional para piezas de revolución, que comprendiendo medios de captación de imágenes y fuentes de iluminación montados conjuntamente en un elemento mecánico equilibrado de sujeción (13), se **caracteriza** porque adicionalmente comprende un eje de giro (14) conectado al elemento de sujeción (13) por un extremo y por el otro a un servomotor, siendo el eje de giro (14) susceptible de posicionarse sustancialmente en paralelo con respecto al eje de revolución de una pieza (30) y hacer girar alrededor del eje de revolución de dicha pieza (30) el elemento de sujeción (13) y por tanto dichos medios de captación de imágenes y fuentes de iluminación a determinada distancia respecto a dicha pieza (30), mediante la acción del servomotor, de modo que los medios de captación de imágenes se mantienen a una distancia y un ángulo determinados con respecto a las fuentes de iluminación orientadas hacia la pieza de revolución.

2. Dispositivo de escaneo según reivindicación 1, **caracterizado** porque los medios de captación de imágenes constan de al menos una cámara (11) de visión artificial.

3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las fuentes de iluminación constan de al menos un emisor láser (12, 12').

4. Dispositivo de calibrado para el escaneo en tres dimensiones de piezas con geometría de revolución, donde utilizando una cámara (11) de visión artificial que define un plano de cámara (17) y al menos un emisor láser (12, 12') que define un plano láser (16) se determinan unos puntos de proyección del corte entre el plano láser (16) y plano de cámara (17) definidos en píxeles, **caracterizado** porque consiste en un cuerpo de revolución con un cabezal cónico (21) dotado de una pluralidad de escalonados concéntricos (22), montado en un soporte triédrico de posicionamiento preciso, sobre el que se realiza un escaneo avanzando progresivamente una cierta distancia por un eje del soporte triédrico dispuesto en concordancia con el plano láser (16) y mediante el cual se determinan los puntos de proyección definidos en medidas de longitud.

5. Procedimiento de escaneo en tres dimensiones para piezas de revolución, basado en la triangulación óptica mediante láser, utilizando una cámara (11) de visión artificial que define un plano de cámara (17) y al menos un emisor láser (12, 12') que define un plano láser (16), **caracterizado** porque comprende las siguientes fases:

- determinar unos perfiles de una pieza de revolución (30) mediante cortes del plano láser (16) con dicha pieza (30) producidos por un barrido giratorio con un dispositivo de escaneo (10) conforme se describe en las reivindicaciones 1 a 3, haciendo girar la cámara (11) junto con el emisor láser (12, 12') a determinada distancia respecto a la pieza de revolución (30) y de modo que la cámara (11) se mantiene a una distancia y un ángulo determinados con respecto al emisor láser (12, 12');

- determinar unos puntos de proyección del corte en el plano de cámara (17), definidos en píxeles, entre el plano láser (16) y el borde de la pieza de revolución (30);

- convertir los puntos de proyección en píxeles a puntos de proyección en el plano láser (16) definidos en medidas de longitud, mediante la relación entre el plano láser (16) y el plano de cámara (17);

- determinar la posición real del plano láser (16) con el cálculo de la corrección geométrica entre el eje de giro (14) del conjunto cámara (11)- emisor láser (12, 12') y el plano láser (16);

- determinar la posición real de los puntos de proyección definidos en medidas de longitud en un sistema tridimensional de coordenadas absoluto.

6. Procedimiento de escaneo según reivindicación 5 **caracterizado** porque adicionalmente comprende, antes de la fase de determinación de los perfiles de la pieza de revolución mediante el barrido giratorio, las siguientes fases:

- calibrar un sistema tridimensional de coordenadas en el plano láser con relación a un sistema tridimensional de coordenadas en el plano de cámara establecido como referencia, utilizando un dispositivo de calibrado (20) según se describe en la reivindicación 4;

- calibrar el sistema tridimensional de coordenadas absoluto en el espacio con relación al sistema tridimensional de coordenadas en el plano láser (16), utilizando una pieza de revolución patrón.

7. Procedimiento de escaneo según cualquiera de las reivindicaciones 5 ó 6, **caracterizado** porque adicionalmente comprende, después de la fase de determinación de la posición real de los puntos de proyección, una fase de generación de la imagen tridimensional de dicha pieza de revolución (30).

8. Procedimiento de escaneo según cualquiera de las reivindicaciones 5, 6 ó 7, **caracterizado** porque adicionalmente comprende, después de la fase de determinación de la posición real de los puntos de proyección, una fase de filtrado de dichos puntos para extraer medidas de la pieza de revolución (30).

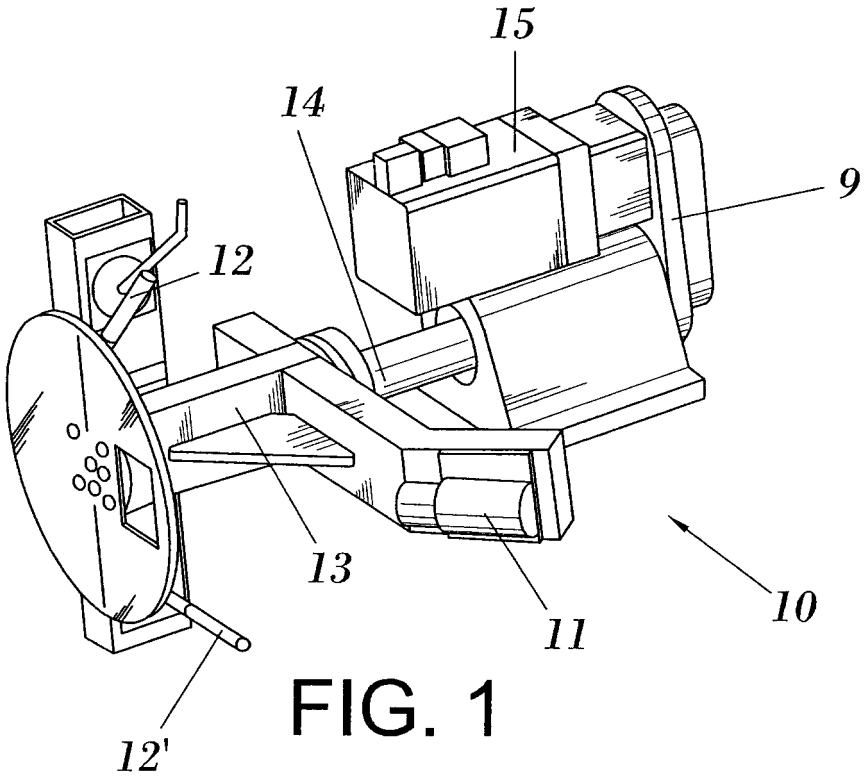

FIG. 1

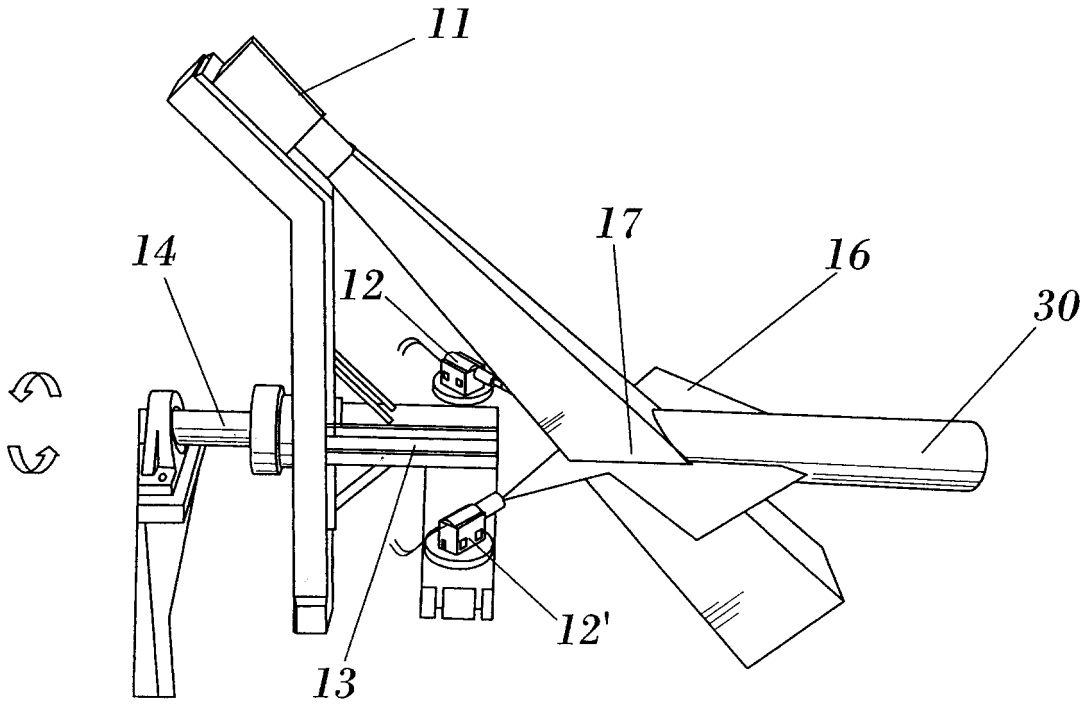

FIG. 2

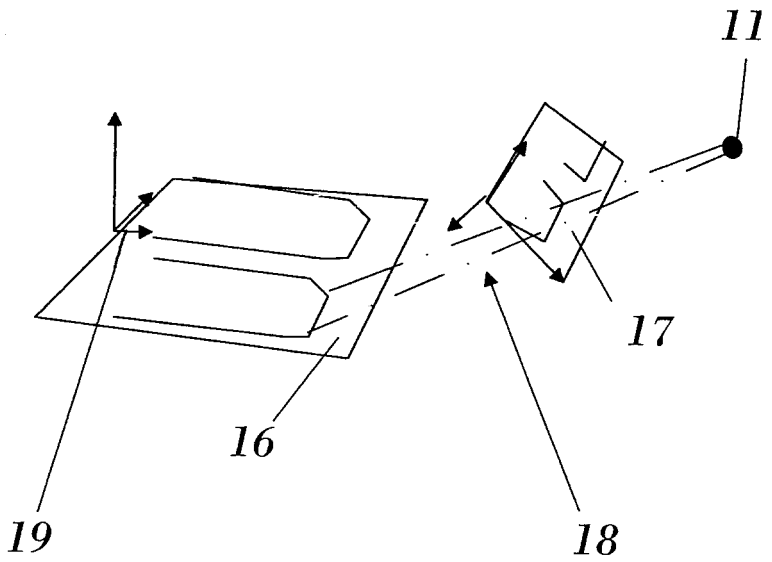

FIG. 3

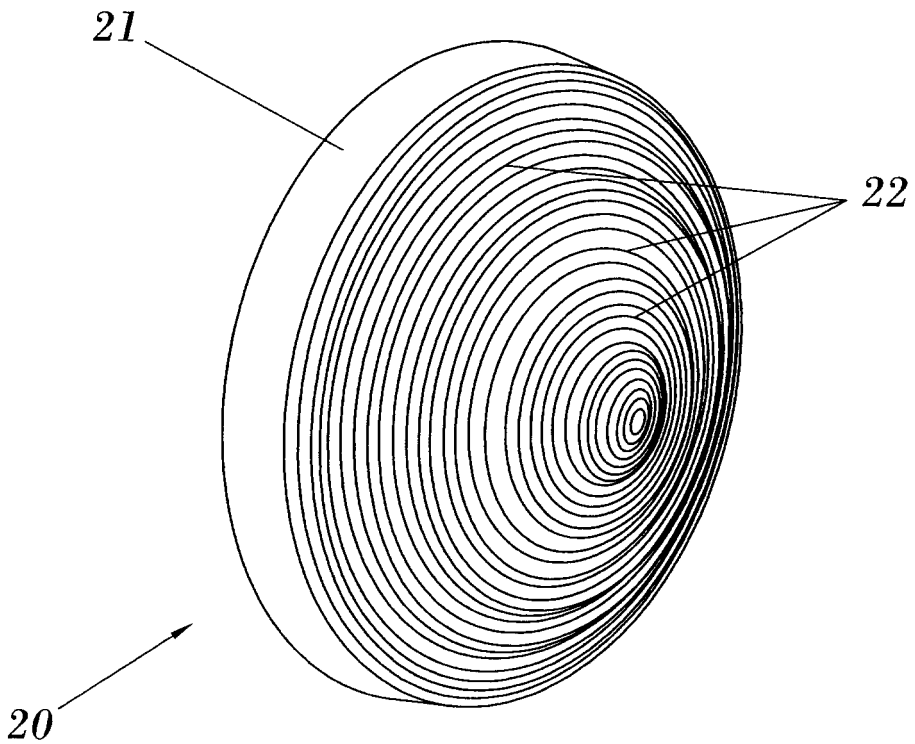

FIG. 4

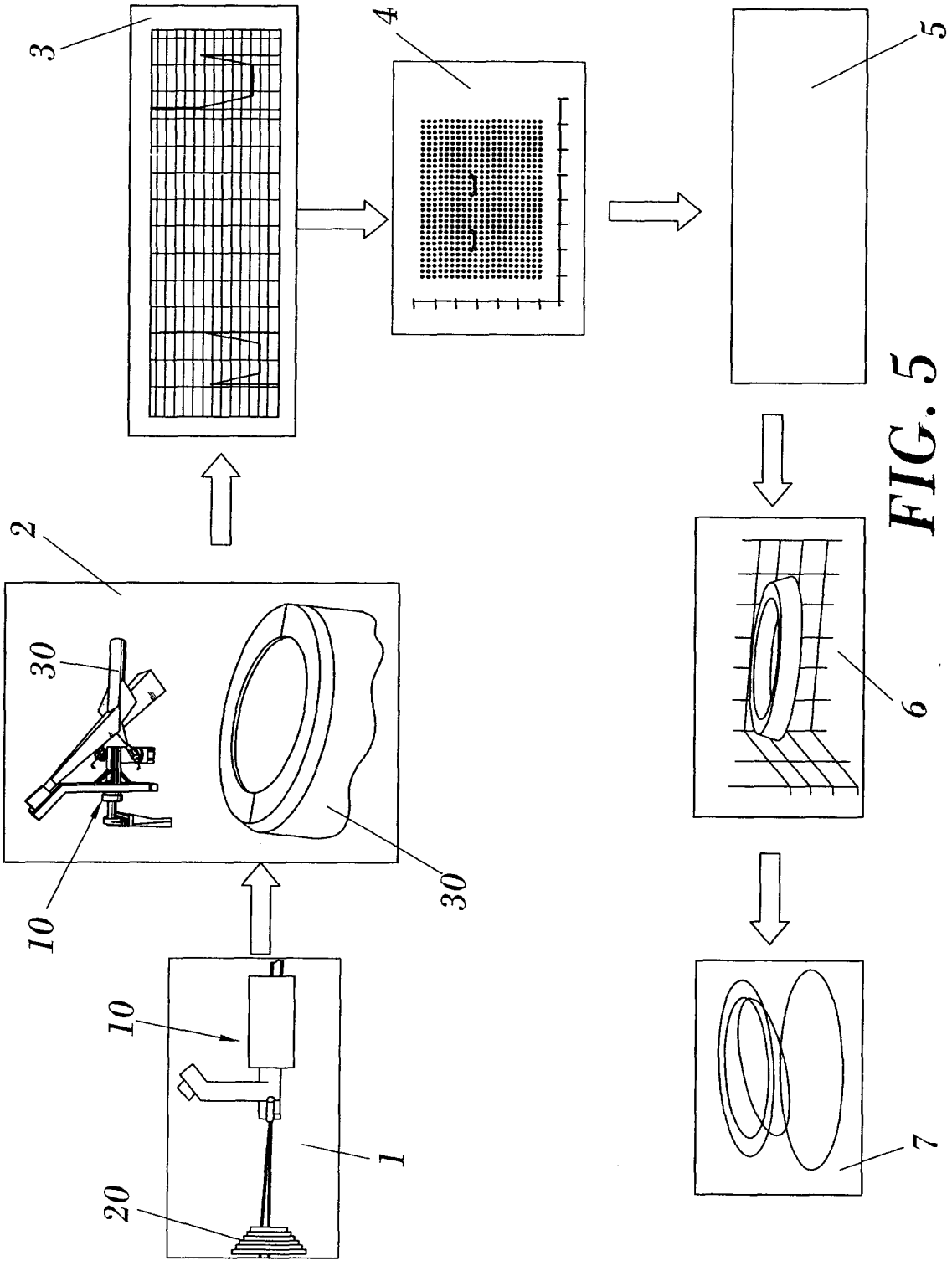

FIG. 5

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) ES 2 310 433

(21) Nº de solicitud: 200600068

(22) Fecha de presentación de la solicitud: **12.01.2006**

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 3970781 A (DALTON et al.) 20.07.1976, columnas 1,2; columna 3, líneas 1-25,50-61; reivindicaciones; figuras.	1
A	US 5276546 A (PALM et al.) 04.01.1994	1
A	US 5173796 A (PALM et al.) 22.12.1992	1
A	US 2005111009 A1 (KEIGHTLEY et al.) 26.05.2005	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
12.12.2008	Mª C. González Vasserot	1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G02B 26/10 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)
G01S 17/46 (2006.01)
G01S 17/48 (2006.01)
B23Q 35/128 (2006.01)
B23K 26/02 (2006.01)