



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 259 521**

21 Número de solicitud: 200402490

51 Int. Cl.:
G01B 11/06 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación: **19.10.2004**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **01.10.2006**

Fecha de la concesión: **16.05.2007**

45 Fecha de anuncio de la concesión: **01.06.2007**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:
01.06.2007

73 Titular/es: **Universidad de Málaga**
Plaza de El Ejido, s/n
29013 Málaga, ES

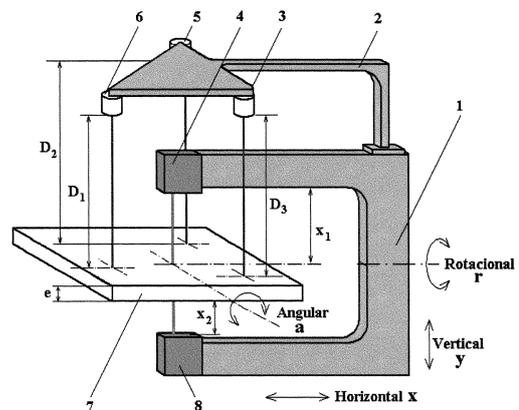
72 Inventor/es: **González Spínola, Carlos;**
López García, Javier;
García Vacas, Francisco;
Gago Bohórquez, Alfonso;
Bonelo Sánchez, José M. y
Martín Pérez, Carlos

74 Agente: **No consta**

54 Título: **Sistema mecánico-electrónico para la medición por láser del espesor de láminas en movimiento con corrección de perpendicularidad.**

57 Resumen:

Sistema mecánico-electrónico para la medición por láser del espesor de láminas en movimiento con corrección de perpendicularidad. Consiste en un cabezal (1) en forma de "C", dos sensores láser (4) y (8) enfrentados, tres sensores sonar (3),(5) y (6) dispuestos en posición triangular y fijados al cabezal (1) mediante soporte (2), autómata de control y medios mecánicos para el posicionamiento del cabezal (1) según eje horizontal (x), eje vertical (y), eje rotacional (r) y eje angular (a), mediante los cuales se asegura la perpendicularidad del haz de los sensores láser (4) y (8) con respecto de la superficie del material (7) cuyo espesor (e) se desea medir.



ES 2 259 521 B1

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

ES 2 259 521 B1

DESCRIPCIÓN

Sistema mecánico-electrónico para la medición por láser del espesor de láminas en movimiento con corrección de perpendicularidad.

5 Sector de la técnica

10 El sistema estaría encuadrado en el sector mecánico-electrónico con utilización de sensores y más concretamente en sistemas para la medición de espesor de alta precisión, sin contacto y en movimiento en líneas de producción de bobinas de materiales tales como papel, acero, acero inoxidable o cualquier otro que pueda ser presentado en láminas o enrollado en bobinas.

Estado de la técnica

15 Son conocidos sistemas de medición de espesor que emplean palpadores mecánicos ya sean automáticos o manuales, sensores láser, instrumentos basados en rayos-X, en rayos- γ o cualquier otro tipo de fuentes radioactivas sobre todo en entornos industriales y más concretamente en líneas de producción de acero.

20 Pero cuando se requiere realizar una medida de espesor de alta precisión, en modo continuo, sin detener el proceso de producción, sin contacto y en entornos industriales, el uso del sensor láser es ideal por su elevada precisión además de tener un menor coste y un menor nivel de peligrosidad con respecto a los sistemas de medida radioactivos indicados anteriormente.

25 El empleo de sensores láser no es tan fácil como los fabricantes y suministradores sugieren ya que para obtener una medida aprovechando la gran resolución del láser es necesario tener en cuenta los factores que afectan a la precisión de la medida. Entre otros podemos destacar los siguientes:

- Entorno industrial de la aplicación.
- 30 • La corta distancia focal del láser con respecto a la superficie de medida con el riesgo que implica un posible choque contra la pieza en movimiento.
- El ángulo de incidencia del haz láser.
- 35 • El tipo de superficie y acabado del material a medir.
- La no linealidad de los sensores láser.
- 40 • Efectos de dilatación.

Por lo tanto para que la medida realizada sea de calidad es necesario que la superficie del objeto cuyo espesor se desea medir este dentro del rango de medida o foco del sensor y además que el ángulo de incidencia del láser sobre dicha superficie sea lo más perpendicular posible asegurando la uniformidad en las condiciones de la medida. Si además tenemos en cuenta que es necesario realizar la medida del espesor de una lámina que se encuentra en movimiento en la cual varían tanto el ángulo de entrada como su altura se hace necesario un sistema de medida que realice un seguimiento en cuanto a altura e inclinación se refiere para aprovechar al máximo la resolución de la medida suministrada por el láser.

50 Que se conozca, no existe ningún sistema que permita realizar con alta precisión la medición del espesor con corrección de perpendicularidad de una lámina de material en movimiento empleando sensores de medición por láser.

Descripción de la invención

55 Se trata de un sistema mecánico-electrónico mediante el cual podemos determinar el espesor de una chapa, por ejemplo, de acero que se encuentra en movimiento y sometida a distintos esfuerzos de tensión tanto laterales como longitudinales por parte de los rodillos tractores. Ello provoca que la superficie del material a medir tenga altura y ángulos variables. El sistema objeto de esta invención es capaz de adaptarse a estas variaciones y mediante un conjunto de sensores y elementos mecánicos asegura que la posición relativa de la lámina y el soporte así como el ángulo de incidencia del haz de luz láser sea lo más perpendicular posible, obteniendo con ello unos mejores resultados.

60 Para realizar el seguimiento del material se ha dotado al cabezal (1) de 4 grados de libertad, a saber:

- Movimiento de translación según eje (x) - es el encargado de acercar el cabezal (1) hacia el borde del material a medir (7).
- 65 • Movimiento vertical según eje (y) - se encarga de centrar el cabezal (1) para que ambos sensores láser (4) y (8) estén enfocados permanentemente dentro de su rango de medida.

ES 2 259 521 B1

- Movimiento angular o de cabeceo según eje (a) - se encarga de controlar el ángulo C formado por el haz de la luz láser y el plano de la superficie del material a medir (7).
- Movimiento rotacional o de balanceo según eje (r) - se encarga de regular el ángulo B de incidencia de la luz láser formado por el haz de la luz láser y el plano formado por la superficie del material a medir (7).

El sistema utiliza dos sensores láser (4) y (8) de alta resolución. Cada sensor mide la distancia a cada superficie de la lámina o pieza (7) cuyo espesor (e) se desea medir mientras ésta se va desplazando entre dichos sensores. En la Fig.3 podemos ver que si (d) es la distancia entre la pareja de sensores láser, (x_1) es la distancia medida por el sensor (4) y (x_2) es la distancia medida por el sensor (8), el espesor puede obtenerse a partir de la siguiente expresión:

$$e = d - x_1 - x_2$$

Además se utilizan 3 sensores de ultrasonidos con una resolución inferior a la del láser pero que es suficiente para suministrar información sobre la orientación del cabezal (1) con respecto al material (7).

Estos sensores se han dispuesto en los vértices de un triángulo equilátero de lado L de forma que su baricentro y el punto de incidencia del láser sobre la lámina estén situados sobre el mismo eje perpendicular al plano del triángulo. Si expresamos por D_1 , D_2 y D_3 las distancias entre los sensores de ultrasonidos y el plano de la superficie (7), tenemos que las relaciones geométricas que permiten determinar los ángulos B, C y la distancia F entre el sensor láser y la superficie de medida (7) son las siguientes:

$$\text{ángulo B} = \text{arcSeno} ((D_1 + D_2)/2 \cdot L)$$

$$\text{ángulo C} = \text{arcSeno} ((2 \cdot D_3 - (D_1 + D_2))/(L \cdot 3^{1/2}))$$

$$\text{distancia F} = (D_1 + D_2 + D_3)/3$$

Por otra parte el soporte se mantiene a una distancia constante del borde de la lámina mediante dos sensores o fotocélulas de reflexión. Cuando una de ellas esta activada, es decir, la barrera fotoeléctrica esta cortada por la lámina y la otra no esta activada, es decir, la barrera fotoeléctrica no es cortada por la lámina, entonces indica que el cabezal de medida esta posicionado correctamente y que puede comenzar el proceso de medida.

Descripción de los dibujos

La Figura 1 es un esquema de los elementos que intervienen en el sistema de la invención. Además muestra los 4 grados de libertad según eje (x) (movimiento horizontal), según eje (y) (movimiento vertical), según eje (a) (movimiento angular) y según eje (r) (movimiento rotacional) otorgados al cabezal de medida (1).

La Figura 2 muestra los ángulos B y C del haz de luz láser y además la distancia F de dicho sensor con respecto a la superficie de medida.

La Figura 3 muestra como se calcula el espesor de una lámina de material empleando dos sensores láser.

La Figura 4 describe el mecanismo de seguimiento del borde del material (7) cuyo espesor se desea medir.

Exposición detallada de la invención

El sistema láser de la invención se utiliza en particular para medir el espesor de materiales (7) cuya presentación final o de distribución sea en láminas y que se desplaza a lo largo de una línea de producción.

El sistema comprende un cabezal de medida (1) en el cual van montados dos sensores láser (4) y (8) además de tres sensores sonar (3), (5) y (6) fijados al cabezal (1) mediante un soporte (2).

El cabezal (1) dispone de elementos mecánicos para lograr un posicionamiento perpendicular del haz láser con respecto al plano de la superficie cuyo espesor se desea medir.

El conjunto del sistema mecánico se puede dividir en 3 subconjuntos:

- Subconjunto que comprende el movimiento vertical o según eje (y) y además el movimiento de translación o según eje (x).
- Subconjunto de cabeceo o según eje angular (a).
- Subconjunto de balanceo o según eje rotacional (r).

ES 2 259 521 B1

Todos los movimientos realizados por el cabezal (1) son implementados mediante motores gobernados por un autómata de control industrial. Dicho autómata conoce siempre la posición del cabezal en función de la información suministrada por los sensores del sistema.

5 Para controlar el movimiento del cabezal (1) según el eje (x) se emplean 2 sensores de barrera fotoeléctrica para realizar un seguimiento permanente del borde de la lámina o chapa de material (7) cuyo espesor se desea determinar. Mediante estos sensores de barrera el cabezal (1) se posiciona siempre a una distancia constante de dicho borde. El mecanismo es el siguiente:

10 *Caso 1)* (Figura 4 a). Si uno de los sensores está activo, es decir, la barrera fotoeléctrica es cortada por la lámina de material (7) y el otro sensor no está activado, es decir, la barrera fotoeléctrica no es cortada por la lámina (7), entonces el posicionamiento del cabezal de medida (1) es el correcto.

15 *Caso 2)* (Figura 4 b). Si ninguno de los sensores de barrera está activo, entonces el autómata de control activa el motor correspondiente al eje (x) para acercar el cabezal (1) buscando el borde y entrar en el Caso 1.

20 *Caso 3)* (Figura 4 c). Si ambos sensores están activos el cabezal (1) debe retirarse del borde de la lámina (7) hasta entrar en el Caso 1.

25 Para el movimiento vertical según el eje (y) se utiliza un conjunto mecánico de husillos con tuerca además de 3 sensores que pueden ser, por ejemplo, de tipo inductivo, dos de ellos en los extremos del recorrido como finales de carrera y un tercero situado en el centro del recorrido y que se utiliza tanto como posición de reposo como de partida del sistema mecánico.

30 Para el movimiento horizontal según el eje (x) se ha optado por un sistema mecánico compuesto de poleas y correa además de otros de 3 sensores inductivos, dos de ellos en los extremos del recorrido como finales de carrera y un tercero situado en el centro del recorrido y que se utiliza como posición de reposo y de partida del sistema mecánico.

35 Para controlar el movimiento según el eje (a) y el eje (r) se emplean 3 sensores sonar o de ultrasonidos. El autómata de control actúa sobre dos motores de modo que la medida suministrada por cada uno de los sensores sonar (3), (5) y (6) sea la misma. Ello indicará una alineación perpendicular del haz láser de los sensores (4) y (8) con respecto de la superficie de la lámina.

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 259 521 B1

REIVINDICACIONES

5 1. Sistema mecánico-electrónico para la medición por láser del espesor de laminas en movimiento con corrección de perpendicularidad, que contiene:

- 10 a) dos sensores láser (4) y (8) enfrentados y montados sobre el cabezal (1), encargados de medir la distancia hasta cada una de las dos superficies de la lámina (7) cuyo espesor (e) se desea medir.
- 15 b) tres sensores sonar (3), (5) y (6) situados en los vértices de un triángulo equilátero donde el baricentro del triángulo formado por dichos sensores coincide con el haz de luz de los sensores láser (4) y (8).
- 20 c) dos sensores de barrera montados también sobre el cabezal (1) para asegurar un posicionamiento constante de dicho cabezal (1) con respecto del borde del material (7).
- 25 d) un soporte (2) que une el cabezal (1) con los tres sensores sonar (3), (5) y (6) dispuestos en posición triangular.
- 30 e) autómata de control y medios mecánicos, a través de los cuales, a partir de los datos de posición suministrados por los sensores láser (4) y (8) se asegura el correcto enfoque de dichos sensores y a partir de los datos de posición suministrados por los sensores sonar (3), (5) y (6) se asegura la perpendicularidad del haz de los sensores láser (4) y (8) con respecto de la superficie de la lámina (7) cuyo espesor (e) se desea medir.
- 35 f) cabezal de medida (1) en forma de "C" que realiza un seguimiento continuo en tiempo real y preciso de la lámina cuyo espesor se desea medir y para ello dispone de movimiento según 4 ejes:
- Movimiento horizontal según eje (x) a partir de la información obtenida de los sensores de barrera para la aproximación del cabezal (1) hacia el borde de la lámina.
 - Movimiento en altura según eje (y) a partir de la información obtenida de los sensores sonar (3), (5) y (6) junto con los sensores láser (4) y (8) para un enfoque correcto de los mismos.
 - Movimiento en inclinación o rotacional según eje (r) y movimiento angular según eje (a), a partir de la información obtenida de los sensores sonar (3), (5) y (6) que permiten que el haz de luz de los sensores láser (4) y (8) siempre este orientado perpendicularmente con respecto a la superficie del material (7) cuyo espesor se desea medir.
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

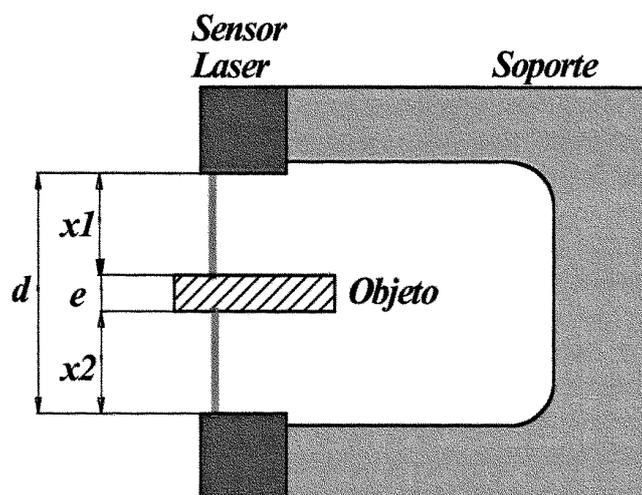


Figura 3

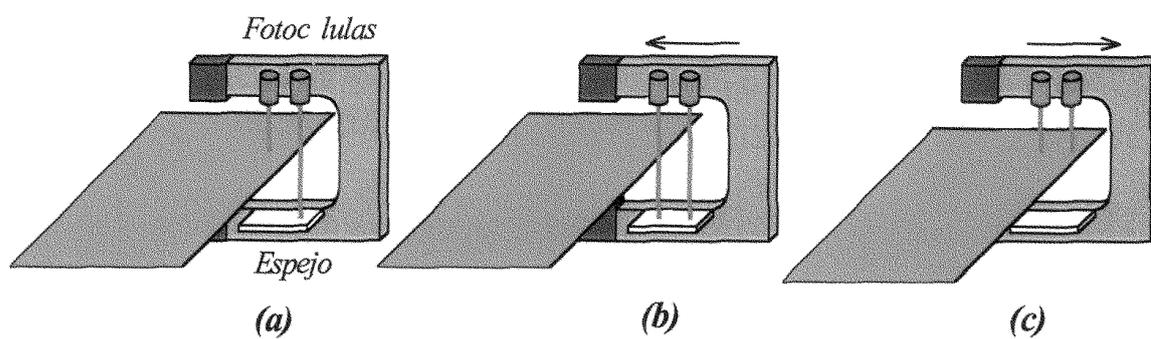


Figura 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 259 521

② Nº de solicitud: 200402490

③ Fecha de presentación de la solicitud: 19.10.2004

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01B 11/06** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	Edigar S.A. "Sistema Automático de Adquisición de Medidas en Láminas de Acero"(SPINOLA et al.) 02.12.1996 (http://electronica.frba.utn.edu.ar/electrotecnia/0797.pdf)	1
A	DE 10060144 A1 (DER DILLINGER HUETTENWERKE) 13.06.2002, resumen; figura 1.	1
A	WO 9603616 A1 (WANGNER SYSTEMS CORP) 08.02.1996, página 2, línea 20 - página 4, línea 20; figuras 2,3.	1
A	US 2003007161 A1 (BOWIES) 09.01.2003, párrafos 14-34; figuras 1-2.	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

31.08.2006

Examinador

J. Olalde Sánchez

Página

1/1

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
4 de Mayo de 2006 (04.05.2006)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2006/045867 A2

(51) Clasificación Internacional de Patentes: Sin clasificar

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2005/000557

(22) Fecha de presentación internacional:
19 de Octubre de 2005 (19.10.2005)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P200402490 19 de Octubre de 2004 (19.10.2004) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA [ES/ES]; Plaza de El Ejido S7N, E-29071 Málaga (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente):
GONZÁLEZ SPÍNOLA, Carlos [ES/ES]; Dpto. de Electrónica, Complejo Tecnológico, Campus de Teatinos, E-29071 Málaga (ES). LÓPEZ GARCÍA, Javier

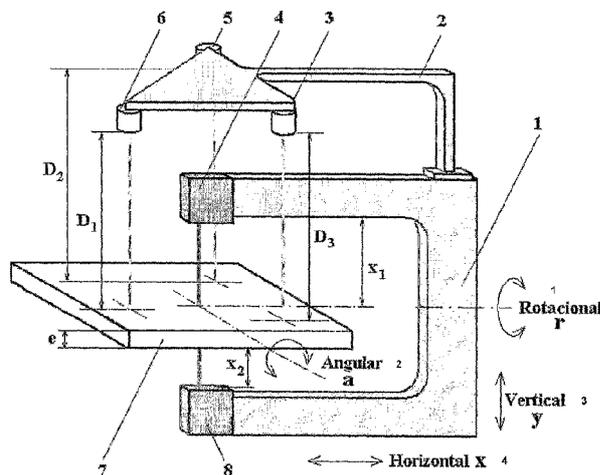
[ES/ES]; Dpto. de Electrónica, Complejo Tecnológico, Campus de Teatinos, E-29071 Málaga (ES). GARCÍA VACAS, Francisco [ES/ES]; Dpto. de Ingeniería Mecánica y Mecánica de Fluidos, E.T.S. de Ingenieros Industriales, Campus de Teatinos, E-29071 Málaga (ES). GAGO BOHÓRGUEZ, Alfonso [ES/ES]; Dpto. de Electrónica, Complejo Tecnológico, Campus de Teatinos, E-29071 Málaga (ES). BONELO, SÁNCHEZ, Jose María [ES/ES]; Dpto. Matemáticas, E. Politécnica Superior (Algeciras), Av. Ramón PUYOL, E-11202 Cádiz (ES). MARTÍN PEREZ, Carlos [ES/ES]; URBANIZACIÓN SEGHERS., PARCELA 17, Nº 3, 29680 ESTEPONA (MÁLAGA) (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: MECHANICAL-ELECTRONIC SYSTEM FOR THE LASER MEASUREMENT OF THE THICKNESS OF MOVING SHEETS WITH PERPENDICULARITY CORRECTION

(54) Título: SISTEMA MECÁNICO-ELECTRÓNICO PARA LA MEDICIÓN POR LÁSER DEL ESPESOR DE LAMINAS EN MOVIMIENTO CON CORRECCIÓN DE PERPENDICULARIDAD



1 ROTACIONAL R
2 ANGULAR A
3 VERTICAL Y
4 HORIZONTAL X

(57) Abstract: The invention relates to a mechanical-electronic system for the laser measurement of the thickness of moving sheets with perpendicularity correction. The inventive system comprises: a C-shaped head (1); two opposing laser sensors (4 and 8); three sonar sensors (3, 5 and 6) which are arranged in a triangle and which are fixed to the head (1) by means of a support (2); a control automaton and mechanical means for positioning the head (1) along a horizontal axis (x), a vertical axis (y), a rotational axis (r) and an angular axis (a), which are used to ensure that the beam from the laser sensors (4 and 8) is perpendicular to the surface of the material (7) of which the thickness (e) is to be measured.

[Continúa en la página siguiente]



WO 2006/045867 A2