



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 373**

51 Int. Cl.:
H04N 7/18 (2006.01)
G01N 21/952 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03790201 .2**
96 Fecha de presentación : **26.11.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1582068**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.10.2005**

54 Título: **Aparato y método para detectar los detalles de superficie de una pieza de trabajo tal como una barra de metal laminada/estirada.**

30 Prioridad: **03.12.2002 US 430549 P**
27.12.2002 US 331050

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.05.2011

73 Titular/es: **OG TECHNOLOGIES, Inc.**
4300 Varsity Drive, Suite C
Ann Arbor, Michigan 48108, US

72 Inventor/es: **Chang, Tzyy-Shuh;**
Huang, Hsun-Hau y
Gutchess, Daniel

74 Agente: **Aznárez Urbieto, Pablo**

ES 2 359 373 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

Aparato y método para detectar los detalles de superficie de una pieza de trabajo tal como una barra de metal laminada/estirada.

5

Antecedentes de la invención**1. Campo relacionado**

La presente invención se refiere en general a un sistema de imágenes que puede captar imágenes de los detalles de superficie de una pieza de trabajo, como por ejemplo una barra de metal laminada/estirada.

2. Descripción del estado de la técnica relacionado

Es bien conocida la técnica de producción de una barra de metal mediante un proceso mecánico, como por ejemplo la laminación o el estiramiento. Dicha barra de metal es diferente de una chapa, tocho o banda de metal (en lo sucesivo denominado “plano de metal”), ya que la sección transversal de la barra posee una relación más pequeña entre su circunferencia y el área de sección transversal, de forma que la barra puede rotar/girar alrededor de un eje longitudinal mientras se desplaza hacia delante longitudinalmente. Por ejemplo, las formas de barra mostradas en la Figura 2 poseen una relación entre la circunferencia y el área de sección transversal igual o inferior a 4,25 cuando el área de la sección transversal es una unidad para la forma dada. La forma de dicha barra de metal, cuando se observa en sección transversal, puede ser redondeada, ovalada o poligonal, mostrándose como un hexágono, octágono o cuadrado en la Figura 2. Normalmente una barra de metal de este tipo recibe la denominación de “productos alargados”, más que “productos planos”, como se denominan en industrias afines. Procesos tales como la laminación, el estiramiento, la extrusión y similares (tal y como se utilizan en esta divulgación y denominados en lo sucesivo un “proceso de reducción”) describen las formas de reducir las dimensiones de sección transversal de la pieza de trabajo metálica a través del contacto mecánico entre las herramientas aplicables, como por ejemplo rodillos y matrices de estiramiento, y la pieza de trabajo. Estos procesos de reducción son de naturaleza generalmente continua o sustancialmente continua.

En la industria de la producción de metales, la presencia o ausencia de defectos de superficie constituye un criterio relevante que se utiliza para evaluar los productos de metal. Por ejemplo, los defectos de superficie suponen la mitad de piezas defectuosas externas (es decir, que son rechazadas por el cliente) en la industria de barras y varillas de acero. Sin embargo, el estado de la técnica convencional no proporciona medios fiables para detectar dichos defectos. Existen varios problemas que los enfoques de inspección tradicionales no han podido subsanar.

35

En primer lugar, cuando la inspección se produce mientras los productos de barra de metal están “calientes”, la temperatura puede ser de hasta 1.100°C, lo que impide el uso de un gran número de tecnologías de inspección. En segundo lugar, la velocidad de desplazamiento de la barra de metal que se ha descrito anteriormente puede alcanzar, en el momento presente, hasta 100 m/s, varias veces más rápida que la velocidad de la banda de metal más rápida y casi 100 veces más rápida que la de una chapa o tocho de metal. Asimismo, se prevén incrementos de velocidad en un futuro próximo de entre 150 m/s y 200 m/s. Los enfoques convencionales de inspección simplemente no pueden adaptarse a unas velocidades de desplazamiento tan altas. En tercer lugar, una barra de metal de alta temperatura, como por ejemplo la descrita anteriormente, normalmente está confinada en un conducto de sección para impedir la deformación de la barra. La deformación o alabeo se produce cuando una barra de metal caliente de alta velocidad se mueve libremente fuera del conducto. Por consiguiente, el espacio para un dispositivo de inspección es sumamente limitado.

45

Aunque se conocen las técnicas para aplicar varios enfoques de captación de imágenes a la inspección de planos de metal fundidos o laminados, las tecnologías de imágenes no se han utilizado hasta el presente en la inspección de productos alargados (es decir, barras de metal). Se considera que los sistemas convencionales de imágenes no pueden utilizarse para la inspección de barras metálicas y similares, ya que la geometría de las barras de metal invalida la iluminación y los diseños de imágenes que se usan para resaltar/captar defectos en las superficies planas. En la Figura 4 se ilustran las diferencias en la aplicación de iluminación y captación de imágenes entre una pieza de trabajo plana y una pieza de trabajo redonda. Por lo que respecta a la pieza de trabajo que no es plana, la libertad en la alineación óptica y las gamas de alcance óptico desaparecen cuando el objeto de interés no posee una superficie plana. Por ejemplo, la línea de imagen y la línea de iluminación pueden no estar superpuestas si la luz o la cámara están inclinadas, como se muestra, por ejemplo, en la Figura 4. Asimismo, las barras de metal normalmente se encuentran a una temperatura más alta que los planos de metal. La disipación de calor de un objeto es proporcional al área expuesta a los medios de enfriamiento, como por ejemplo el aire ambiente o el agua pulverizada. El área de un plano de metal es varias veces más grande que el área de una barra de metal, asumiendo que el plano y la barra sean del mismo material y ambos posean la misma densidad de unidad longitudinal y área de sección transversal.

60

Sin embargo, son conocidas las técnicas de uso de instrumentos basados en imágenes para el control/medición del calibre de barras (medición de sombras), el establecimiento de la existencia/presencia de barras y la medición de la velocidad de desplazamiento de barras en el proceso de reducción.

65

También se utilizan dispositivos electromagnéticos, como por ejemplo instrumentos basados en corrientes de Foucault, en el ámbito de la evaluación de productos largos. Los sistemas de detección basados en corrientes de Foucault

son utilizados para la detección de imperfecciones de superficie en el proceso de reducción en inspecciones en línea. Este enfoque posee un índice elevado de respuesta y es capaz de funcionar en un entorno de línea de producción de alto rendimiento (por ejemplo, un kilómetro de barras de acero caliente por minuto). Con todo, este enfoque presenta varios inconvenientes. En primer lugar, debe estar situado muy cerca de la superficie caliente (normalmente a menos de 2,5 mm). Por consiguiente, resulta sensible a las vibraciones y a la temperatura. Además, no es cuantitativo, ya que no es capaz de describir la naturaleza del defecto detectado. Por último, los enfoques basados en corrientes de Foucault no pueden detectar determinados tipos de defectos. Por consiguiente, la industria del metal no utiliza los resultados de la inspección de los dispositivos de corrientes de Foucault para evaluar de una forma determinante la calidad de un producto específico. En su lugar, únicamente se utilizan los resultados de instrumentos basados en corrientes de Foucault para un análisis cualitativo, como por ejemplo “este lote de barras de acero es, en general, peor que el lote producido la semana pasada”, en el proceso de reducción, por ejemplo a efectos del control de procesos.

Otro enfoque que se utiliza en el estado de la técnica se sirve de los sensores ultrasónicos. Este enfoque sustituye los sensores de corrientes de Foucault por sensores ultrasónicos. Sin embargo, un gran número de las restricciones asociadas con los instrumentos basados en corrientes de Foucault, como por ejemplo la pequeña distancia de trabajo, también es aplicable a este enfoque.

Otras tecnologías de inspección utilizadas en el estado de la técnica incluyen la captación de imágenes mediante penetrante magnético, circunflujo [sic] e imágenes infrarrojas con calentamiento por inducción. Sin embargo, el uso de estas tecnologías está restringido. En primer lugar, estas técnicas sólo pueden utilizarse en barras de metal “frías”. Es decir, estas tecnologías no pueden utilizarse para una inspección en línea durante o poco después de las aplicaciones de laminación en caliente. Asimismo, se deben descascarillar las barras de metal antes de proceder a su inspección. Además, el uso de penetrante magnético resulta complicado e incómodo. Este proceso se basa normalmente en la observación humana mediante una iluminación ultravioleta, en vez de la captación de imágenes y detección automáticas. El dispositivo de circunflujo consiste en una unidad basada en corrientes de Foucault, diseñada con un cabezal de detección rotatorio. Este mecanismo de rotación limita la aplicación del dispositivo en una inspección de barras de metal con altas velocidades de desplazamiento, que normalmente se utiliza a aproximadamente 3 m/s. Este dispositivo también es costoso debido al diseño del cabezal móvil de detección. La combinación de calentamiento por inducción e imágenes infrarrojas se basa en el hecho de que la corriente de inducción sólo se forma en la superficie de la barra de metal y los defectos de superficie en la barra de metal producirán una mayor resistencia eléctrica. Por consiguiente, las zonas con defectos de superficie se calentarán más rápidamente que otras áreas. Existen problemas asociados con este enfoque, (a) este calentamiento más rápido es un efecto pasajero y por lo tanto el tiempo que se tarda en captar imágenes resulta un factor crítico, y (b) los sensores de infrarrojos no están disponibles para índices de datos muy altos y, por lo tanto, no pueden funcionar con barras de metal con una alta velocidad de desplazamiento.

En WO 99/54715 se divulga un aparato para la detección de defectos en la superficie exterior de materiales alargados, en particular alambre recubierto de esmalte. Este aparato comprende un cabezal óptico a través del cual pasa el material. El cabezal óptico incluye: medios para emitir luz sobre el material, medios para recoger la luz reflejada del material y medios para realizar un seguimiento de los cambios en la luz reflejada con el fin de indicar la presencia de defectos. Se utiliza un ordenador para registrar los defectos, sus características y su posición en una longitud del material.

Por supuesto, es posible realizar una inspección después de la fabricación de las barras de metal. Sin embargo, a menudo no es posible la inspección posterior a la fabricación, debido a que el producto es largo y está enrollado, por lo que las superficies de la barra no son accesibles para tecnologías de inspección en frío.

En la actualidad, la inspección en tiempo real de las barras de metal fabricadas con procesos de reducción es muy limitada. En general, los fabricantes suelen entregar las barras de metal a sus clientes, incluso cuando un sistema de inspección en línea de corrientes de Foucault convencional registra indicios de defectos. Ello suele tener como resultado que los clientes realicen quejas en un periodo comprendido entre tres y seis meses, debido a defectos de superficie en los productos de barras metálicas que no son perceptibles inmediatamente para los clientes. Dichas quejas resultan costosas para los proveedores de barras de metal (es decir, los fabricantes). Los proveedores de barras de metal deben reembolsar a los clientes por el lote/rollo entero o compartir los gastos de la mano de obra adicional para inspeccionar las partes fabricadas a partir del lote/rollo de barra de metal.

Por lo tanto, existe la necesidad de un aparato y método para reducir al mínimo o eliminar uno o varios de los problemas indicados anteriormente.

Resumen de la invención

Uno de los objetivos de la presente invención es subsanar uno o varios de los problemas mencionados anteriormente y asociados con los enfoques convencionales para un aparato basado en imágenes adecuado para su uso en línea o fuera de línea y cuyo fin es detectar los defectos de superficie en las barras de metal laminadas/estiradas.

La presente invención tiene como objetivo resolver uno o varios de los problemas asociados con los sistemas convencionales de inspección de barras de metal, así como los problemas asociados con la aplicación de los sistemas de inspección de planos de metal a las barras de metal para la inspección no destructiva de defectos de superficie en barras de metal a través del uso de un sistema de imágenes.

ES 2 359 373 T3

Una ventaja de la presente invención es que puede utilizarse de manera eficaz en la producción de barras de metal con las características mencionadas anteriormente, a saber, aquellas que pueden encontrarse a una temperatura de fabricación, o tal vez incluso estar lo suficientemente calientes como para producir una radiación auto-emitida, así como aquellas sometidas a una rotación relativa a un eje longitudinal y que pueden desplazarse potencialmente a una velocidad muy elevada. Otras ventajas de la presente invención incluyen: (i) se puede utilizar de forma eficaz para captar imágenes y detectar defectos en superficies no planas; (ii) se puede utilizar para inspeccionar las barras de metal con independencia de su temperatura; (iii) se puede utilizar para inspeccionar las barras de metal que se desplazan a velocidades de 100 m/s o más rápidas; (iv) proporciona una mayor distancia de trabajo con respecto a la superficie de la barra de metal, reduciendo así al mínimo o eliminado los problemas indicados en *Antecedentes de la invención* para los instrumentos basados en corrientes de Foucault; (v) proporciona una salida que comprende datos cuantitativos con imágenes de zonas defectuosas verificables; (vi) proporciona una inspección de la pieza de trabajo incluso antes de que se forme cascarilla en su superficie; (vii) es adecuada para su uso en la inspección en cualquier fase (entre los soportes de reducción o al final de la línea) en el proceso de reducción, al no estar afectada por los efectos temporales o basarse en los mismos; (viii) proporciona una información de calidad de la superficie en tiempo real o en casi tiempo real; (ix) proporciona un sistema que no posee ningún cabezal de detección móvil, reduciendo así al mínimo o eliminando los problemas de los componentes móviles que se indican en *Antecedentes de la invención*; y (x) proporciona un sistema que requiere sólo un espacio muy pequeño (inferior a 50 mm) capaz de funcionar entre las secciones de conducto de guía de las barras de metal. Sin embargo, un aparato y/o método no necesita contar con todas las ventajas anteriores, ni siquiera con una mayoría de las mismas. La invención se encuentra limitada únicamente por las reivindicaciones que se adjuntan.

Se proporciona un sistema para captar imágenes de una barra alargada que se extiende a lo largo de un eje longitudinal. Este sistema incluye un ensamblaje de adquisición de imágenes, un ensamblaje de luz de línea y una unidad informática. El ensamblaje de adquisición de imágenes posee un campo visual configurado para captar imágenes de una primera anchura predeterminada sobre una circunferencia de una superficie de la barra con el fin de definir una franja de imágenes. Se configura adicionalmente el ensamblaje de adquisición de imágenes para producir datos de imágenes que se correspondan con la franja de imágenes adquiridas.

Se configura el ensamblaje de línea de luz para proyectar una franja de línea de luz con una segunda anchura predeterminada en la superficie de la barra. Se ubica el ensamblaje de línea de luz, por ejemplo por alineación, en relación con el ensamblaje de adquisición de imágenes, de manera que la franja de imágenes se encuentra dentro de la franja de línea de luz. También se configura el ensamblaje de línea de luz de manera que una intensidad de luz sea sustancialmente uniforme a lo largo de la franja de imágenes cuando cada uno de los sensores de adquisición de imágenes recoge la luz.

Por último, se acopla la unidad informática al ensamblaje de adquisición de imágenes y se configura para recibir datos de imágenes relativos a una pluralidad de franjas de imágenes adquiridas por el ensamblaje de adquisición de imágenes a medida que la barra se desplaza a lo largo del eje longitudinal. También se configura la unidad informática para procesar los datos de imágenes con el fin de detectar características de superficie predeterminadas de la barra. En una realización preferida, las características detectadas son defectos de superficie y el ensamblaje de adquisición de imágenes incluye n cámaras digitales -donde n es el número entero 3 o un número superior- dispuestas de tal manera que un campo visual combinado de las cámaras se corresponde con la franja de imágenes.

También se presenta un método de captación de imágenes de una barra de metal.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá la presente invención, a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos que se adjuntan, en los que se utilizan números de referencia similares para identificar componentes idénticos en diferentes figuras:

En la Figura 1 se muestra una vista esquemática y de diagrama de bloques de una realización de la presente invención.

En la Figura 2 se muestran vistas transversales de ejemplos de geometrías de piezas de trabajo que pueden ser inspeccionadas por una realización de acuerdo con la presente invención.

En la Figura 3 se muestra una geometría transversal de un plano de metal.

La Figura 4 es una vista esquemática que ilustra un esquema de iluminación convencional aplicado a un plano de metal y a una barra.

La Figura 5 son vistas en perspectiva simplificadas que ilustran una barra limitada durante sus desplazamientos por un conducto, y un espacio entre conductos adyacentes en el que se puede ubicar una realización de acuerdo con la invención.

La Figura 6 es una vista en planta simplificada que ilustra una cobertura de imágenes en una barra de metal utilizando una sola cámara.

ES 2 359 373 T3

La Figura 7 es una vista en planta simplificada que ilustra una cobertura de imágenes en una barra de metal utilizando una cámara y una lente telecéntrica.

La Figura 8 es una vista en planta simplificada que ilustra una variación de longitud de arco basada en una proyección de redes del mismo tamaño, como por ejemplo una línea de píxeles, en un perfil de barra.

La Figura 9 es una vista en planta simplificada que ilustra una configuración de iluminación para una superficie de barra de acuerdo con la presente invención.

La Figura 10 es una vista en planta simplificada que ilustra, en mayor detalle, la configuración de iluminación de la Figura 9.

La Figura 11 es una vista en perspectiva simplificada de una barra de metal con respecto a la cual se utiliza la configuración de iluminación de la presente invención.

La Figura 12 es una vista en planta simplificada que ilustra la configuración de iluminación en la dirección de circunferencia, según se dirige hacia una superficie de la barra.

La Figura 13A ilustra un defecto de superficie junto con algún ruido de superficie.

La Figura 13B ilustra un ejemplo de resultado de un paso de procesamiento de imágenes de acuerdo con la invención, tal y como se aplica a la imagen de la Figura 13A.

Las Figuras 14A-14C ilustran ejemplos de defectos de superficies alargadas que pueden ser encontrados en barras de metal y que pueden ser detectados por una realización de la invención, de conformidad con la presente invención.

Las Figuras 15A-15C ilustran defectos de superficies relativamente cortas que pueden ser encontrados en barras de metal y que pueden ser detectados por una realización de la invención, de conformidad con la presente invención.

30 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La presente invención permite la inspección automatizada de barras de metal para localizar defectos de superficie a medida que las barras de metal son laminadas, estiradas o sometidas a procesos similares (es decir, el proceso de reducción descrito en *Antecedentes de la invención*). La Figura 1 ilustra de manera esquemática una realización preferida de acuerdo con la presente invención.

Antes de proceder a una descripción detallada de la presente invención, haciendo referencia a los dibujos, estableceremos una perspectiva general. La presente invención ofrece las siguientes características:

1. Es capaz de funcionar con barras de metal fabricadas mediante procesos de reducción de diferentes geometrías transversales;
2. Es capaz de funcionar con barras de metal en línea a una temperatura de barra de hasta 1.650°C;
3. Es capaz de funcionar con barras de metal que se desplazan a una velocidad de 100 m/s o superior;
4. Es capaz de detectar defectos de superficie cuyas dimensiones críticas pueden ser tan reducidas como 0,025 mm;
5. Es capaz de notificar la naturaleza del defecto, como por ejemplo su tamaño, ubicación (en la barra), imagen y similares;
6. Es capaz de adaptarse a diferentes tamaños de barras, por ejemplo entre 5 mm y 250 mm, con unos ajustes mínimos;
7. Es capaz de proporcionar resultados de inspección en tiempo real o en tiempo casi real;
8. Es capaz de funcionar con una pequeña ventana de acceso (inferior a 50 mm) para el objeto de destino;
9. No posee partes móviles mientras realiza la inspección; y
10. Ofrece un funcionamiento continuo en plantas comerciales de producción de metal del sector de la industria pesada.

En la Figura 1 se muestra una vista esquemática de diagrama de bloques de un sistema de acuerdo con la presente invención. En la Figura 1 se muestra un ensamblaje de luz de línea que puede incluir al menos una fuente de luz (2), un conducto de luz (4), una pluralidad de luces de línea (6) y una pluralidad correspondiente de amplificadores ópticos (8). La Figura 1 muestra asimismo una unidad informática (10) y un ensamblaje de adquisición de imágenes que puede incluir una pluralidad de cámaras (12), todas ellas con su lente correspondiente (14).

ES 2 359 373 T3

Si continuamos haciendo referencia a la Figura 1, en la misma se muestra una pieza de trabajo u objeto que están siendo sometidos a inspección, por ejemplo una barra de metal alargada (16) que se extiende a lo largo de un eje longitudinal y se desplaza a lo largo de su dirección longitudinal (20) a una velocidad de hasta 100 m/s o más rápida, mientras que la barra (16) atraviesa un proceso de reducción. La barra de metal (16) puede estar fabricada a partir de cualquier material seleccionado de entre un grupo de materiales que comprenden el acero, el acero inoxidable, el aluminio, el titanio, el níquel, el cobre, el bronce o cualquier otro metal y/o sus aleaciones. La barra (16) puede ser sólida o hueca. Normalmente, dicha barra de metal (16) se está desplazando dentro de un conducto, como se muestra en mayor detalle en el conducto 24 en la Figura 5 (pero no se muestra en la Figura 1). Se define un espacio (26), mostrado en la Figura 5, entre dos conductos adyacentes (24), que normalmente es muy pequeño, por ejemplo comprendido entre aproximadamente 20 y 50 mm, tomado en la dirección axial para el tránsito a alta velocidad de barras de metal (16). Deberá tenerse en cuenta que la barra de metal (16) puede encontrarse a una temperatura elevada, por ejemplo de hasta 1.100°C para un proceso de laminación en caliente. También deberá tenerse en cuenta que la barra de metal (16), debido a su forma geométrica, tiene tendencia a girar/rotar alrededor de su eje longitudinal en la dirección indicada por la flecha (21) en la Figura 1 cuando se desplaza en la dirección (20). Esta posibilidad de rotación, entre otros factores, ha presentado problemas para los sistemas de captación de imágenes convencionales. Como se describirá en mayor detalle más adelante, la presente invención subsana este problema con el fin de proporcionar un sistema de captación de imágenes que sea robusto por lo que respecta al giro y/o rotación.

Con el fin de detectar defectos de superficie en la barra (16), de acuerdo con la presente invención se debe proporcionar un sistema de imágenes que posea determinadas características, como se describe más adelante. Por lo que respecta a la Figura 1, el sistema de imágenes incluye un ensamblaje de adquisición de imágenes que comprende preferentemente n cámaras de imágenes (12), en el que n es el número entero 3 o un número superior. Se ha seleccionado el parámetro n para que sea 3 o un número superior basándose en el análisis que se indica a continuación. Cada cámara (12) está configurada para abarcar un recorrido de circunferencia de al menos 120° con el fin de captar imágenes de toda la superficie de la barra (16). Es decir, el ensamblaje de adquisición de imágenes posee un campo visual compuesto o combinado configurado para captar imágenes de toda la circunferencia de la superficie de la barra (16) con el fin de definir una franja de imágenes (18). Como se describe más adelante, el ensamblaje de adquisición de imágenes está configurado adicionalmente para producir datos de imágenes basados en la franja de imágenes (18). A continuación se expone el análisis del parámetro n para el número de cámaras.

Como se muestra en la Figura 6, una lente normal (14) asociada con la cámara (12) tendrá un ángulo de visión (campo visual) formado por las dos líneas visuales tangenciales (28) que se extienden desde un punto focal de lente (14) hasta la superficie de la barra (16). Este ángulo de visión, cuando se proyecta en una superficie no plana, como por ejemplo la mostrada en la Figura 6, tendrá como resultado una cobertura circular (30) inferior a 180° y resultará insuficiente para abarcar 360° con sólo dos lentes/unidades de cámara cuando las lentes no son telecéntricas.

En la Figura 7 se muestra una configuración con una lente telecéntrica (14'). Aunque se utilizara una verdadera lente telecéntrica, que recoge líneas visuales que son paralelas, no se podría proporcionar de forma práctica un sistema de dos lentes/cámaras debido a la variación de longitud de arco. En concreto, las líneas visuales (28) son paralelas con la adición de una lente telecéntrica (14') a la lente (14). En este caso, la cobertura circular (30) es de 360°. En teoría, puede abarcarse toda la superficie de la barra de forma redondeada (16) utilizando únicamente dos lentes/unidades de cámara. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, se produce un problema de tamaños no uniformes de píxeles.

Como se ilustra en la Figura 8, las líneas visuales espaciadas uniformemente (34), tal y como se derivan de un sensor de imágenes espaciado uniformemente (32) que posee una pluralidad de píxeles, pueden tener como resultado una longitud de arco irregular (36) en la superficie de la barra (16), de píxel a píxel. El espaciado regular constituye una configuración muy normal en un sensor de imágenes, como por ejemplo un chip CCD. Puede calcularse la longitud de arco (36) usando la ecuación (1) que se muestra a continuación:

$$\text{ECN(1): } S = p / \cos(\theta)$$

en la que S es la longitud de arco (36) mapeada al píxel en posición y , p es el grado de inclinación del conjunto de píxeles o el tamaño de píxel, y θ es el ángulo proyectado que se puede derivar de

$$\text{ECN(2): } \theta = \arcsen(y / r), \text{ en la que } y \leq r \text{ y } r \text{ es el radio de la barra de metal (16).}$$

En la Figura 8 se puede apreciar que a medida que $y \rightarrow r$, entonces $\theta \rightarrow 90^\circ$. A medida que $\theta \rightarrow 90^\circ$, S (longitud de arco, 36) se aproximará a infinito basada en la ECN (1). En realidad, S será aún un número finito. Sin embargo, S será sustancialmente (varias veces) mayor que p , el tamaño de píxel. Es decir, la resolución de imagen en esta área se deteriorará tanto que este enfoque no es viable. Cabe destacar que puede aplicarse el mismo análisis de longitud de arco a la mitad inferior de la Figura 8, en cuyo caso $y \rightarrow -r$.

ES 2 359 373 T3

Con tres cámaras, se puede establecer θ a 60° . Cuando $\theta = 60^\circ$, S (longitud de arco, 36) (en las posiciones de 12 en punto y 6 en punto en la Figura 8) es sólo $2p$, un deterioro aceptable y controlable en la resolución de imagen. Si se desea obtener una mejor resolución de imagen, se pueden utilizar cuatro o cinco cámaras, o incluso más (es decir, el parámetro n indicado anteriormente puede ser un número entero igual a 4, 5 o superior). Todas las combinaciones de lente (14)/cámara (12), como se ilustran en la Figura 1, están configuradas preferentemente de manera que se colocan todas las combinaciones de lentes/cámaras a lo largo de un trayecto circular (22) que es concéntrico a la geometría circular de la barra de metal de ejemplo (16), de manera que las distancias de trabajo, la distancia desde cada lente (14) a la superficie de metal más cercana, son las mismas o casi las mismas para todas las combinaciones de lentes/cámaras. Cabe destacar que el trayecto (22) puede continuar siendo circular si la barra de metal no es circular, por ejemplo un hexágono, con el fin de funcionar en general con la misma línea de fabricación. Un especialista en este campo podrá apreciar que, si así se desea, es posible ajustar la trayectoria (22) a la forma geométrica exacta de la barra.

Para adaptarse a la velocidad de desplazamiento potencialmente muy elevada de la barra de metal (16) se utilizan preferentemente cámaras con un elevado índice de datos (12). Por consiguiente, las cámaras (12) en el sistema son preferentemente cámaras digitales con salidas digitales a una unidad informática (10). Este formato de salida digital es deseable para adaptarse a un entorno difícil y obtener una fidelidad de señal. La unidad informática (10) puede recibir esta señal de imagen de formato digital a través de canales de comunicación estándares, como por ejemplo IEEE-1394 (también llamado FireWire), Camera Link o puertos USB, o una interfaz especial denominada capturador de imágenes (en inglés, *frame grabber*). Preferentemente, cada cámara (12) es capaz de generar 10.000.000 (ó 10 Mega) píxeles por segundo, posibilitando así la identificación de características de defecto con dimensiones de 0,025 mm x 0,5 mm. No obstante, deberá tenerse en cuenta que para detectar características de mayor tamaño se necesitará una resolución reducida, y por lo tanto se requerirá una tasa de datos reducida (en píxeles por segundo). Se prefieren las cámaras de exploración de líneas o cámaras lineales, aunque se pueden utilizar las cámaras de exploración de áreas (no entrelazadas) progresivas cuando la barra (16) no se está desplazando a gran velocidad. Las cámaras lineales poseen una ventaja con respecto a las cámaras de exploración de áreas, ya que las primeras sólo requieren una línea de iluminación, en lugar de un área de iluminación. Ello simplifica la complejidad de iluminación causada por la superficie no plana. En caso de utilizar exploraciones de líneas, todas las cámaras en la Figura 1 estarán alineadas de forma que sus líneas de imágenes formen un anillo circular, una franja de imágenes (18), sobre la barra (16). Esta alineación es necesaria para abordar el problema del giro y/o rotación (elemento 21). Si no se produce esta alineación, el movimiento de giro o rotación puede tener como consecuencia una cobertura incompleta de la superficie de la barra.

Una vez más, por lo que respecta a la Figura 1, cada cámara tendrá una lente (14) para recoger la luz reflejada en la superficie de la barra. Se prefieren las lentes telecéntricas (lentes que recogen rayos de luz de imágenes paralelos, como se ilustra en la Figura 7) para conseguir una distribución de longitud de arco más uniforme, aunque también se pueden utilizar lentes normales. Asimismo, se pueden configurar las cámaras (12) para incluir un objetivo de diafragma que controle la exposición, y también se prefiere configurarlas (si se incluye) con el uso de una configuración de objetivo de diafragma predeterminado para obtener una mayor profundidad de foco/campo en la aplicación.

Si continuamos haciendo referencia a la Figura 1, el sistema de imágenes, de conformidad con la presente invención, también incluye un ensamblaje de luces de línea configurado para proyectar una franja de línea de luz sobre la superficie de la barra de metal (16). Preferentemente, el ensamblaje de luces de línea incluye una pluralidad de luces de línea (6). Estas luces de línea (6) pueden ser fuentes de luz individuales, como por ejemplo láseres, o dispositivos de suministro de luz, como por ejemplo luces de fibra óptica, como se muestra en la Figura 1. Los dispositivos de suministro de luz deben funcionar con al menos una fuente de luz, como se muestra en la Figura 1. Se puede utilizar más de una fuente de luz si se necesita una mayor densidad de luz para la iluminación. Para las barras de metal (16) que se desplazan a una velocidad muy alta, las cámaras pueden estar privadas de luz debido a unas velocidades muy elevadas de línea/imágenes, lo que equivale a un tiempo de exposición relativamente corto. Por consiguiente, se puede utilizar un amplificador óptico (8) para cada luz de línea con el fin de concentrar la luz e incrementar la intensidad de luz. Este amplificador (8) puede ser una lente cilíndrica o una lente semicilíndrica. Para utilizar el sistema de imágenes de acuerdo con la presente invención para barras de metal (16) que se encuentran a una temperatura elevada, las líneas de luz y los amplificadores deben estar fabricados con materiales especiales configurados para soportar estas temperaturas elevadas. A tal fin, cada luz de línea (6), por ejemplo, puede estar configurada para tener su propia ventana de vidrio. En el caso de luz de línea de fibra óptica, el material que une las fibras debe ser capaz de soportar temperaturas elevadas, como por ejemplo epoxi de alta temperatura. Los amplificadores (8) también deben fabricarse con materiales que puedan soportar altas temperaturas. Entre los materiales que pueden utilizarse figuran el vidrio, el Pyrex, el cristal, el zafiro y productos similares.

La Figura 9 es una vista superior de la realización preferida mostrada en la Figura 1. Para hacer frente a la privación de luz, es importante la alineación entre las luces de línea y las cámaras. Como se ilustra en la Figura 9, la superficie de la barra de metal (16) tras el proceso de reducción y antes de, por ejemplo, un proceso de descascarillado, puede ser tratada como si fuera una superficie reflectante. Por consiguiente, es aplicable la ley óptica expuesta en la ecuación (3):

ECN (3): “ángulo de incidencia = ángulo de reflexión”

ES 2 359 373 T3

Preferentemente se utiliza la ECN (3) en una realización preferida para incrementar al máximo la luz reflejada que es captada por la pluralidad de cámaras (12). Cada una de las luces de línea (6) emitirá el rayo de luz (40), que es incrementado por un amplificador (8) y proyectado a la superficie de la barra de metal (16). El rayo de luz (40) es reflejado en la trayectoria (42), recibido por la lente (14) y, finalmente, la cámara (12). Cabe destacar que en la Figura 9, la barra de metal (16) se desplaza en la dirección (20). Los rayos de luz (40 y 42) proyectados y reflejados forman un ángulo (44) dividido en partes iguales por la línea perpendicular a la superficie de la barra de metal (16). Este ángulo (44) debe ser lo más pequeño posible, debido al problema de iluminación descrito anteriormente asociado con una superficie no plana, como se ilustra en la Figura 4. En la Figura 4, la línea de luz (18') y la línea de imagen (18) no se solapan en una superficie no plana. Lo ideal es que el ángulo (44) en la Figura 9 sea de 0°. Como esto solo se puede lograr utilizando un divisor de haz, resulta menos práctico hacerlo así cuando el sistema está privado de luz debido a las pérdidas de energía intrínsecas impuestas por la utilización de un divisor de haz, por ejemplo. La eficacia más alta que un divisor de haz puede obtener es de un 25%, asumiendo una pérdida de transmisión de 0%. Por consiguiente, se selecciona preferentemente el ángulo (44) para que sea razonablemente pequeño, por ejemplo 1° o una cantidad aproximada. Si es necesario, se puede utilizar un espejo reflectante (38) para ayudar a dirigir la cámara y la luz a un ángulo pequeño (44). Esta es otra razón para utilizar cámaras lineales en esta aplicación. Las cámaras lineales solo necesitan una trayectoria de imagen (42) con una pequeña anchura, por ejemplo entre 5 y 30 micrones. Se puede mantener el ángulo (44) muy reducido con esta característica de trayectoria de imagen pequeña.

La Figura 10 muestra en mayor detalle una parte de la configuración de iluminación de la Figura 9. Como se ha mencionado anteriormente, el ángulo (44) no será de 0° a menos que se utilice un divisor de haz. Por consiguiente, cada luz de línea (6) debe poseer una anchura sustancial W (elemento 41 en la Figura 10). Se puede observar que en la Figura 10 la barra de metal (16) posee una línea central (46). La línea (48) indica la marca de 60° en la superficie de la barra, empezando desde el límite tangencial en el lado izquierdo de la barra, como se muestra en la Figura 10, e incrementándose hacia la derecha. Una cámara debe poder captar imágenes de la barra de metal (16) para la parte superior de esta línea de marca de 60° (48). En una realización con tres cámaras son aplicables los cálculos anteriores. Si se utilizan más cámaras, la línea (48) puede representar 45° en un sistema con cuatro cámaras, 36° en un sistema con cinco cámaras, etcétera. Si se diseña simétricamente, la cámara también puede captar imágenes de la mitad inferior de la barra de metal (16) para 60°. Para obtener esta cobertura, el ancho de la línea de luz (W) debe ser mayor que un umbral basado en:

$$\text{ECN (4): } W \geq 2 \cdot r \cdot (1 - \cos 60^\circ) \cdot \sin \alpha$$

en el que r es el radio de barra y α es el ángulo de incidencia (mitad del ángulo (44)). El ángulo de 60° puede ser reemplazado por otro ángulo si se utiliza un número diferente de cámaras que no sea tres en el sistema de captación de imágenes de la invención. Este concepto se ilustra adicionalmente en la Figura 11, en la que la línea de imagen (42) está claramente curvada de manera diferente, aunque sigue estando incluida dentro de la cobertura de la línea de luz (40). En otras palabras, el ensamblaje de adquisición de imágenes (por ejemplo, la pluralidad de cámaras en la realización preferida) capta una franja de imágenes (18) que posee una primera anchura predeterminada sobre toda la circunferencia de la superficie de la barra (16). El ensamblaje de luz de línea (por ejemplo, la pluralidad de fuentes de luz de línea en la realización preferida) proyecta una franja de línea de luz sobre la superficie de la barra (16) que posee una segunda anchura predeterminada. Se dispone el ensamblaje de luz de línea de forma que quede alineado en relación con el ensamblaje de adquisición de imágenes para que la franja de imágenes se encuentre dentro de la franja de línea de luz. De esta manera se soluciona el problema de las superficies no planas.

Adicionalmente, se deben ubicar estas luces de línea de forma que la intensidad de luz, tal y como se refleja desde un punto en la superficie de barra a la cámara que cubre ese punto, sea uniforme para todos los puntos en la franja de imágenes (18) (Figura 1). En la Figura 12 se muestra una ilustración más detallada. Toda la iluminación debe ser acorde con la ley descrita en la ECN (3). En la Figura 12 se ilustra esta configuración para una cámara. Deberá tenerse en cuenta que esta configuración puede duplicarse para otras cámaras utilizadas en el sistema de imágenes de la invención. Basándose en la ECN (3), la perpendicular a la superficie (50) debe dividir uniformemente el ángulo formado por el rayo de luz de incidencia (40) y el rayo de luz reflejado (42). Como se muestra en la Figura 12, un iluminador (52) incluye preferentemente una superficie curvada. Un iluminador (52) es un dispositivo cuyos rayos de luz emitidos (perpendiculares a esta superficie curvada en el punto de emisión) serán reflejados por la superficie de la barra (16) al sensor de imágenes en la cámara (12) y la lente (14), basándose en la ECN (3). Cabe destacar que no es necesario que la curva (52) sea circular. Esta curva (52) depende de la distancia entre la curva (52) y la superficie de la barra (16) (es decir, el objetivo). La curva (52) puede no ser una curva homogénea si la barra no es circular. Aunque se puede fabricar un iluminador con curva (52) sirviéndose de tecnologías modernas, sólo se puede utilizar este iluminador con barras (16) con el diámetro designado. En algunas aplicaciones no resulta práctico. Una alternativa es simular dicho efecto de iluminación con un conjunto de líneas de luz (6 y 8), como se muestra en la Figura 12. Es posible ajustar cada combinación de línea de luz/amplificador, de manera que se pueda volver a ajustar la dirección de las mismas, como se muestra en el punto 54, con el fin de adaptarse a objetivos con diámetros diferentes. El enfoque de línea de luz también resulta beneficioso en el caso de que la barra (16) no sea circular.

Si nos fijamos de nuevo en la Figura 1, se acopla una unidad informática (10) a una pluralidad de cámaras (12). La unidad informática (10) está configurada para recibir los datos de imágenes correspondientes a una pluralidad de

ES 2 359 373 T3

franjas de imágenes (18) adquiridas sucesivamente por las cámaras (12) a medida que la barra (16) se desplaza a lo largo del eje longitudinal en la dirección (20) (la dirección (20) se muestra de manera óptima en la Figura 1). Se pueden utilizar capturadores de imágenes para recibir las señales de imágenes. Sin embargo, preferentemente las cámaras (12) en el sistema son cámaras digitales, como se ha indicado anteriormente. La unidad informática puede comprender uno o varios ordenadores con el fin de proporcionar la suficiente potencia de computación para procesar los datos de imágenes. Se puede utilizar un hardware de procesamiento de imágenes en conjunción con el software para lograr una mayor velocidad de computación. Si se utilizan ordenadores múltiples, se pueden vincular los mismos mediante enlaces tales como TCP/IP o protocolos similares.

En cualquier caso, la unidad informática (10) está configurada para procesar los datos de imágenes con el fin de detectar características predeterminadas de la superficie de la barra (16). En una realización preferida, las características son defectos de superficie. Por consiguiente, se procesarán los datos de imágenes para localizar defectos. Dichos defectos se muestran a modo de ejemplo en las Figuras 13A-13B. Estas imágenes contienen, típicamente, defectos reales (por ejemplo, punto 302) y ruido, como por ejemplo arañazos (por ejemplo, elemento 304). Se utilizan algoritmos de procesamiento de imágenes, implementados en códigos informáticos como C, C++, códigos máquina y otros lenguajes de programación, o implementados en lógica de hardware, para filtrar el ruido y detectar los verdaderos defectos, como se muestra en 306. Los defectos que se identifican pueden ser alargados y tener una pronunciada relación entre dimensiones, como se muestra en las Figuras 14A-14C, donde el elemento 308 puede tener una longitud de 1.000 mm, y el elemento 310 puede indicar una anchura de 0,050 mm. O los defectos pueden ser cortos y tener una relación entre dimensiones de casi 1 a 1, como se muestra en las Figuras 15A-15C. Aunque estos algoritmos son conocidos en el estado de la técnica, se describirán a rasgos generales. Una primera capa de procesamiento puede incluir una comparación de contraste local en la imagen, por ejemplo al comparar un primer umbral predeterminado con el contraste local. Una segunda capa de procesamiento puede incluir la aplicación de un segundo umbral predeterminado para detectar la naturaleza del defecto, como por ejemplo el tamaño, la ubicación, la longitud, la anchura y similares.

La realización preferida descrita e ilustrada en relación con la Figura 1 también poseerá una protección contra el polvo, el agua, las vibraciones y otros factores perjudiciales en una planta de procesamiento de metal típica, como por ejemplo una planta de laminación en caliente o una planta de estiramiento en frío.

Los expertos en este campo se percatarán de la posibilidad de una restricción adicional en la barra y el uso independiente de sistemas de tres o más cámaras individuales en la línea de proceso de reducción para la inspección.

Los expertos en este campo también se percatarán de que la cobertura (es decir, la inspección) de una parte de la superficie de la barra que sea menor que la circunferencia total puede resultar suficientemente útil a efectos de controlar el proceso estadístico en la línea de proceso de reducción.

Los expertos en este campo también se darán cuenta de que se puede utilizar una cámara de exploración de áreas de velocidad muy alta (elevada tasa de datos y elevada velocidad de imágenes) en lugar de las cámaras de exploración de líneas si solo se utiliza una parte determinada de cada una de las imágenes de exploración de áreas para el procesamiento.

También se podrá apreciar que si las barras de metal se encuentran a una temperatura elevada, se puede utilizar un filtro óptico en conjunción con la lente, de manera que solo se utilicen determinadas longitudes de onda en los rayos de luz reflejados (42) (en la Figura 12) para transmitir la información de superficie de las barras de metal. Dichas longitudes de onda son aquellas que no son emitidas, o no son emitidas principalmente, por las barras de metal en la temperatura elevada mencionada anteriormente. Para las barras de metal que se encuentran a una temperatura de 1.650°C o inferior, se puede utilizar una longitud de onda de 436 nm. En este caso, se utilizará un filtro de interferencia de 436 nm con la lente. Esta longitud de onda puede variar con la temperatura. Cuando la temperatura disminuye, se puede utilizar una longitud de onda más larga.

En otra variación adicional, se puede configurar el ensamblaje de línea de luz para incluir una luz estroboscópica, en la que la unidad informática (10) sincroniza la iluminación (es decir, la luz estroboscópica) con la función de captura de imagen realizada por el ensamblaje de adquisición de imágenes (por ejemplo, las cámaras (12) en la realización preferida).

En Otra realización adicional, se configura la unidad informática (10) para mantener un registro continuo de los defectos detectados, incluidos (i) una ubicación respectiva de cada defecto detectado en relación con una posición de "inicio", como por ejemplo el extremo delantero, sobre la barra (16) que está siendo fabricada a través de procesos que reducen mecánicamente el área transversal de las barras de metal; (ii) una notación respectiva de la naturaleza del defecto detectado, como por ejemplo el tamaño, la forma y el contraste; y (iii) opcionalmente, una imagen exacta de la ubicación y las inmediaciones del defecto detectado. El registro puede resultar útil para el proveedor/fabricante, por ejemplo a la hora de determinar un descuento inicial, y puede proporcionarse al cliente (por ejemplo, en un disquete o en otro medio electrónico) para su uso en un procesamiento adicional, por ejemplo para determinar qué partes del rollo se deben evitar o deben ser sometidas a operaciones adicionales.

REIVINDICACIONES

5 1. Un sistema para captar imágenes de una barra alargada (16) que se extiende y mueve a lo largo de un eje longitudinal (20) en un proceso de fabricación. Dicho sistema incluye una unidad informática (10) y se **caracteriza** por los siguientes elementos:

10 un ensamblaje de adquisición de imágenes que posee un campo visual configurado para captar imágenes de una primera anchura predeterminada en una circunferencia de una superficie de la mencionada barra (16) mientras ésta se mueve con el fin de definir una franja de imágenes (18) y producir datos de imágenes que se corresponden a la misma. Dicho ensamblaje de adquisición de imágenes incluye n cámaras digitales (12), donde n es un número entero 3 o un número superior, dispuestas de tal manera que un campo visual combinado de dichas cámaras se corresponde con la mencionada franja de imágenes (18). Dichas cámaras comprenden cámaras de lineales (12);

15 un ensamblaje de línea de luz configurado para proyectar una franja de línea de luz que y posee una segunda anchura predeterminada en la superficie de dicha barra (16). El mencionado ensamblaje de línea de luz está ubicado en relación con el mencionado ensamblaje de adquisición de imágenes de manera que dicha franja de imágenes (18) se encuentra dentro de la franja de línea de luz. También se configura el ensamblaje de línea de luz de manera que una intensidad de luz es sustancialmente uniforme a lo largo de la franja de imágenes. Dicho ensamblaje de línea de luz comprende una pluralidad de combinaciones de luces de línea y amplificadores ópticos, siendo cada una de estas combinaciones ajustable; y

20 dicha unidad informática (10) acoplada al ensamblaje de adquisición de imágenes está configurada para recibir datos de imágenes correspondientes a una pluralidad de franjas de imágenes adquiridas por el ensamblaje de adquisición de imágenes a medida que la barra (16) se desplaza a lo largo del eje longitudinal (20). También se configura la unidad informática (10) para procesar los datos de imágenes con el fin de detectar características de superficie predeterminadas de la barra (16).

25 2. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 1, en el que el mencionado acoplamiento entre el ensamblaje de adquisición de imágenes y la unidad informática comprende al menos uno de los siguientes elementos: un capturador de imágenes (en inglés, *frame grabber*) de formato digital, un canal IEEE-1394, un puerto USB o un puerto de Camera Link.

30 3. Un sistema, tal y como se describe en las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el mencionado ensamblaje de adquisición de imágenes también incluye filtros ópticos interpuestos entre dichas cámaras y barra (16) configurados para permitir selectivamente que longitudes de onda predeterminadas lleguen a las cámaras (12), de manera que las mencionadas características de la barra (16) no queden oscurecidas cuando dicha barra (16) se encuentre a una temperatura predeterminada o superior, en la que dicha barra autoemite un espectro característico de radiación electromagnética (EMR).

35 4. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 1, en el que dicho ensamblaje de línea de luz incluye un iluminador que comprende fibras ópticas configuradas para emitir luz generada desde una o varias fuentes de luz (6).

40 5. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 1, en el que las mencionadas fuentes de luz de línea (6) comprenden láseres con elementos ópticos de generación de líneas asociados con los mismos.

45 6. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 1, en el que los mencionados amplificadores ópticos (8) están destinados a ser utilizados con las mencionadas fuentes de línea de luz (6) y están configurados para incrementar una intensidad de luz de iluminación.

50 7. Un sistema, tal y como se describe en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las mencionadas características detectadas incluyen defectos de superficie que comprenden al menos un primer defecto con una relación entre dimensiones grande o un segundo defecto con una relación entre dimensiones pequeña.

55 8. Un sistema, tal y como se describe en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad informática (10) está configurada para mantener un registro de los defectos detectados, incluida una ubicación respectiva de cada defecto detectado en relación con una posición de "inicio" de la mencionada barra.

60 9. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 8, en el que el mencionado registro incluye una notación respectiva de la naturaleza de cada defecto detectado, incluidos al menos uno de los siguientes elementos: el tamaño, la forma o el nivel de contraste de cada defecto detectado.

65 10. Un sistema, tal y como se describe en las reivindicaciones 8 ó 9, en el que la mencionada barra (16) es de un metal fabricado mediante un proceso que reduce mecánicamente un área transversal de dicha barra.

11. Un sistema, tal y como se describe en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mencionada unidad informática (10) comprende una pluralidad de ordenadores.

ES 2 359 373 T3

12. Un sistema, tal y como se describe en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mencionada unidad informática (10) incluye al menos uno de los siguientes elementos: (i) una primera unidad de hardware que incorpora un proceso informático o instrucciones, como por ejemplo un ASIC y/o FPGA; (ii) una segunda unidad de hardware que ejecuta códigos de software, como por ejemplo un CPU y/o un DSP; y (iii) una combinación de las mencionadas primera y segunda unidades de hardware.
13. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 7, en el que la mencionada unidad informática (10) está configurada para diferenciar entre los mencionados defectos de superficie y los ruidos de superficie.
14. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 10, en el que la mencionada barra de metal posee un área transversal asociada con la misma. Dicha barra de metal posee una relación entre la mencionada circunferencia y el área transversal que es inferior o igual a 4,25 cuando el área transversal es una unidad para una forma seleccionada de entre un grupo que comprende una forma redondeada, una ovalada y una poligonal.
15. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 14, en el que la mencionada barra de metal se encuentra a una temperatura elevada de hasta 1.650°C.
16. Un sistema, tal y como se describe en las reivindicaciones 14 ó 15, en el que la mencionada barra de metal está fabricada a partir de cualquier material seleccionado de entre un grupo de materiales que comprenden el acero, el acero inoxidable, el aluminio, el titanio, el níquel, el cobre, el bronce o cualquier otro metal y/o sus aleaciones.
17. Un sistema, tal y como se describe en las reivindicaciones comprendidas entre la 14 y la 16, en el que dicha barra de metal es hueca.
18. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 1, en el que los mencionados datos de imágenes son apropiados para fines de control estadístico de procesos (CEP).
19. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 3, en el que las J mencionadas longitudes de onda comprenden una longitud de onda de 436 nm cuando la temperatura de la mencionada barra se encuentra a 1.650°C o a una temperatura inferior.
20. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 4, que comprende materiales que pueden soportar temperaturas elevadas, como por ejemplo epoxi de alta temperatura y fibras de vidrio.
21. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 6, en el que los mencionados amplificadores ópticos (8) comprenden lentes cilíndricas y/o semi-cilíndricas de material de vidrio seleccionado entre Pyrex y zafiro.
22. Un sistema, tal y como se describe en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el ensamblaje de línea de luz incluye una pluralidad de fuentes de luz de línea (6). Cada fuente proyecta rayos de luz a un primer ángulo predeterminado en relación con una línea perpendicular desde la superficie de la barra sobre la que dichos rayos de luz inciden, y en el que los ejes principales respectivos de dichas cámaras (12) están colocados en un segundo ángulo predeterminado en relación con la mencionada línea perpendicular, siendo el primer y el segundo ángulos predeterminados iguales.
23. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 22, en el que los mencionados primer y segundo ángulos predeterminados son de aproximadamente un grado.
24. Un método para captar imágenes de una barra de metal (16) que se mueve y extiende a lo largo de un eje longitudinal (20). Dicho método comprende los pasos de:
- (A) proyectar, utilizando una pluralidad de combinaciones de luz de línea y amplificador óptico que son ajustables, una franja de línea de luz que posee una primera anchura predeterminada sobre una circunferencia o parte de una circunferencia de una superficie de la barra de metal (16) que se mueve en una dirección del eje longitudinal;
 - (B) capturar, utilizando una pluralidad de cámaras lineales digitales (12), una franja de imágenes (18) que poseen una segunda anchura predeterminada ubicada dentro de la franja de línea de luz en el proceso de movimiento de la barra de metal (16) en la que la intensidad de luz es sustancialmente uniforme a lo largo de la franja de imágenes (18) y en el que la segunda anchura predeterminada se corresponde con una exploración de líneas de las cámaras lineales (12);
 - (C) repetir los pasos (A) y (B) para obtener una imagen de un área de superficie de la barra de metal (16);
 - (D) analizar la imagen para localizar características, de acuerdo con criterios definidos previamente.

ES 2 359 373 T3

25. Un método, tal y como se describe en la reivindicación 24, en el que el mencionado paso de proyección incluye los subpasos de:

5 definir una línea perpendicular desde la superficie de la barra de metal (16) en el punto de incidencia de la franja de línea de luz;

determinar un ángulo relativo a la línea perpendicular; y

10 proyectar rayos de luz en el ángulo determinado relativo a la línea perpendicular para definir la franja de línea de luz.

26. Un método, tal y como se describe en la reivindicación 25, en el que el paso mencionado de captura incluye los subpasos de:

15 configurar un ensamblaje de adquisición de imágenes de manera que un eje principal de adquisición de imagen es igual al ángulo predeterminado.

20 27. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 1, en el que la mencionada unidad informática (10) está configurada para procesar una pluralidad de franjas de imágenes (18) que definen dichos datos de imágenes con el fin de detectar características de superficie predeterminadas que abarcan múltiples franjas de imágenes de la mencionada barra (16).

25 28. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 1, en el que las mencionadas características predeterminadas de superficie incluyen defectos de superficie. La mencionada unidad informática (10) también está configurada para mantener un registro de los defectos detectados, incluidos: (i) una ubicación respectiva de cada defecto detectado en relación con una posición de inicio de la mencionada barra; (ii) una notación respectiva de la naturaleza del defecto detectado, como por ejemplo el tamaño, la forma y el nivel de contraste; y (iii) una imagen exacta de un sitio en dicha
30 barra (16) en las inmediaciones del defecto detectado.

29. Un sistema, tal y como se describe en la reivindicación 1, en el que las mencionadas características detectadas incluyen defectos de superficie y la mencionada unidad informática (10) está configurada adicionalmente para mantener un registro de dichos defectos detectados, incluidos:

35 (i) una ubicación respectiva de cada defecto detectado en relación con una posición de inicio de la mencionada barra (16) y

40 (ii) una notación respectiva de la naturaleza del defecto detectado, como por ejemplo el tamaño, la forma o el nivel de contraste de cada defecto detectado.

45

50

55

60

65

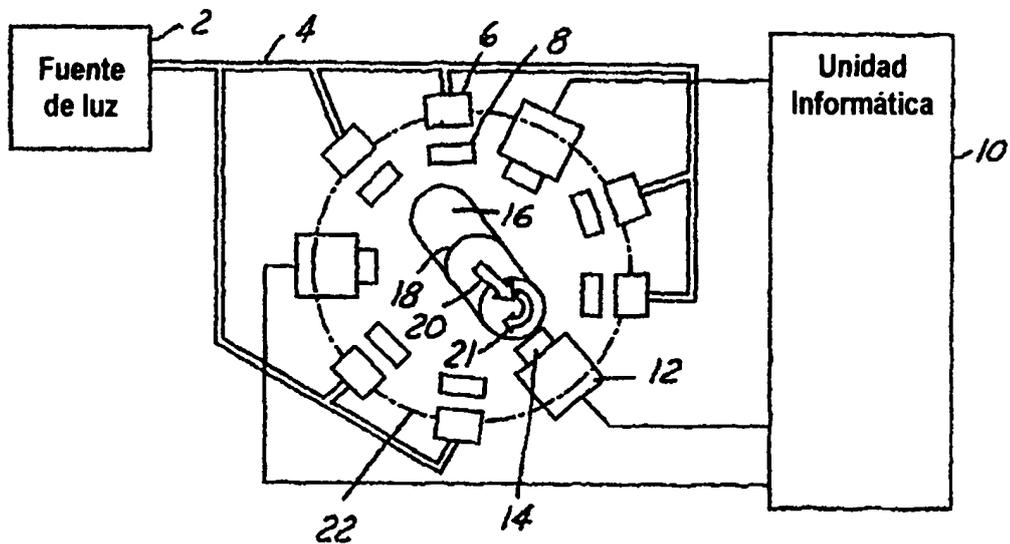


FIG. 1

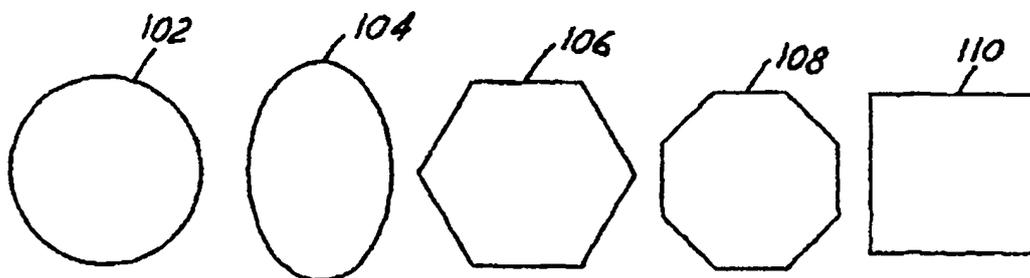


FIG. 2

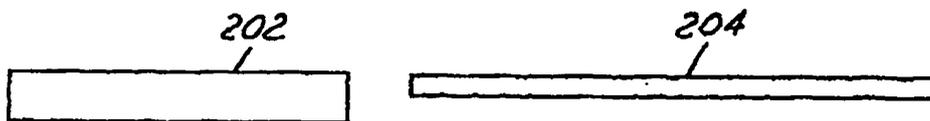


FIG. 3

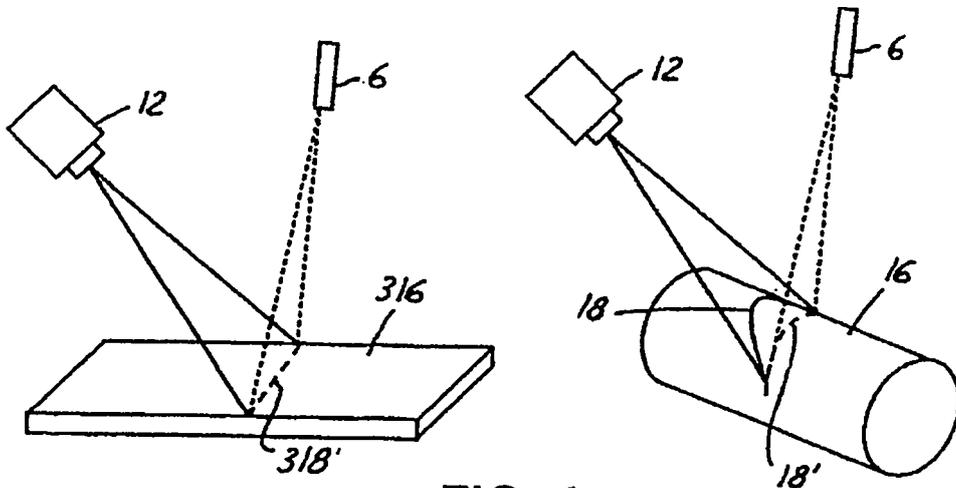


FIG. 4

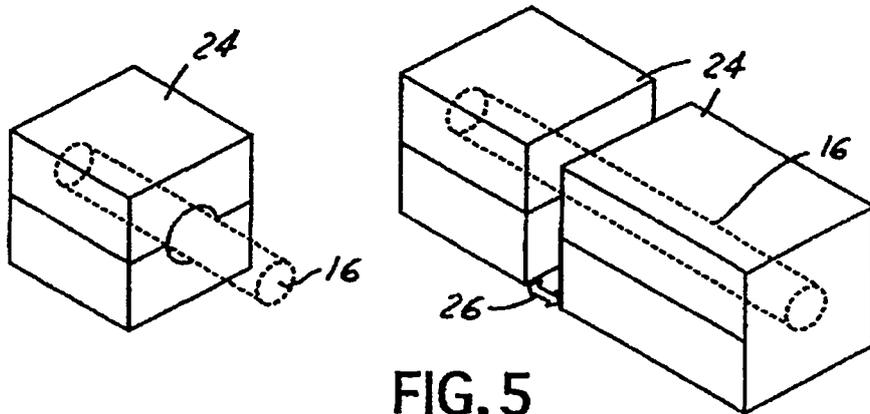


FIG. 5

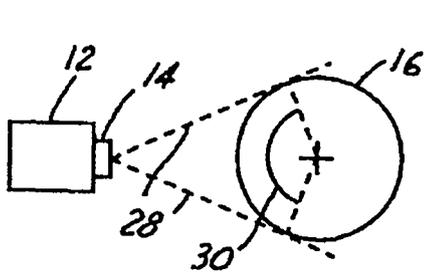


FIG. 6

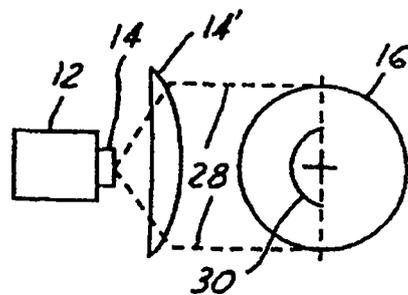


FIG. 7

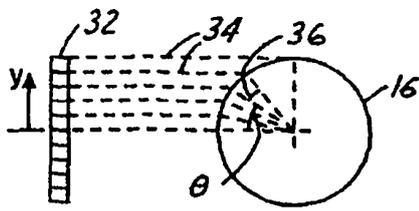


FIG. 8

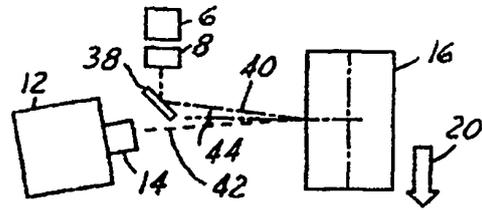


FIG. 9

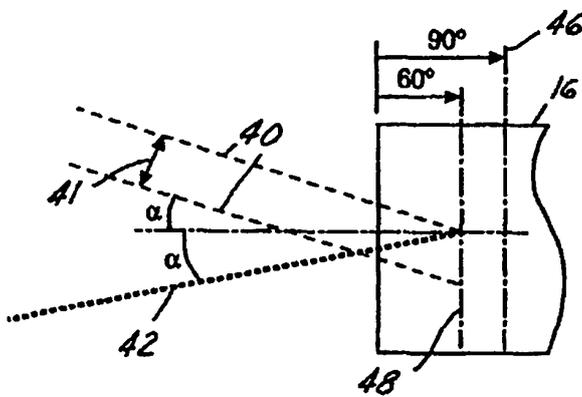


FIG. 10

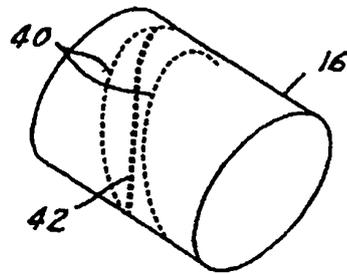


FIG. 11

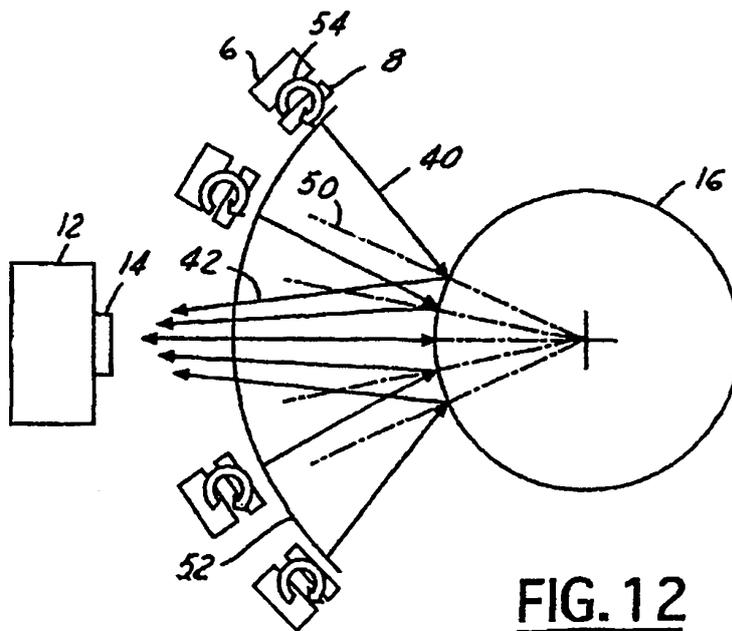


FIG. 12

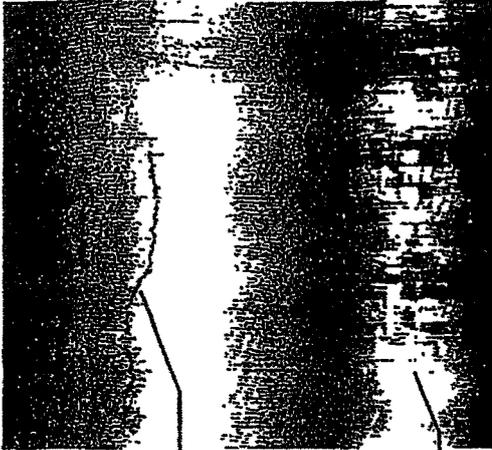


FIG.13A



FIG.13B

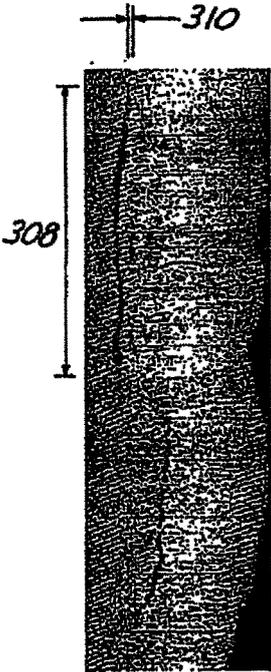


FIG.14A



FIG. 14B



FIG.14C

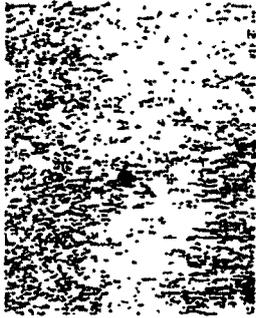


FIG.15A



FIG.15B



FIG.15C