

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 584 153**

51 Int. Cl.:

G01V 5/00 (2006.01)

G01N 23/04 (2006.01)

G01T 7/00 (2006.01)

B65G 17/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2013 E 13174101 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2818898**

54 Título: **Procedimiento de funcionamiento de un sistema de inspección radiográfica con una cadena transportadora modular**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.09.2016

73 Titular/es:

**METTLER-TOLEDO SAFELINE X-RAY LIMITED
(100.0%)
Greenfield Royston Business Park
Royston, Hertfordshire SG8 5HN, GB**

72 Inventor/es:

**WANG, XINCHI y
KING, NIGEL JOHN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 584 153 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

Procedimiento de funcionamiento de un sistema de inspección radiográfica con una cadena transportadora modular

5 Antecedentes de la invención y técnica anterior relacionada

La invención se refiere al campo de los sistemas de inspección radiográfica en los que los artículos bajo inspección se trasladan sobre un transportador en bucle continuo a través de una máquina de rayos X u otro sistema de escáner radiográfico. En particular, la invención se refiere a un procedimiento de funcionamiento de un sistema de inspección radiográfica en el que el transportador en bucle continuo es una cadena transportadora modular, y el objeto específico de la invención es un procedimiento de anular el efecto que las variaciones de transmitancia de la cadena transportadora tienen sobre la imagen radiográfica producida por el sistema de escáner. Además, la invención también se refiere a un sistema de inspección radiográfica con las características necesarias para llevar a cabo el procedimiento.

15 La expresión "cadena transportadora" en el presente contexto significa un dispositivo transportador en bucle continuo análogo a una cinta transportadora, pero con la diferencia de que una cadena transportadora está comprendida por una multitud de segmentos o eslabones rígidos que están conectados entre sí en un circuito cerrado en el que cada eslabón está articulado con bisagras a un siguiente eslabón y a un eslabón anterior. Los segmentos pueden ser todos idénticos entre sí o un grupo de segmentos diferentes pueden repetirse de forma idéntica alrededor de la cadena transportadora. El segmento individual o el grupo de segmentos que se repite de forma idéntica se denomina en el presente documento módulo o segmento modular y, en consecuencia, la cadena transportadora se denomina cadena transportadora modular.

25 La transmitancia de la radiación del transportador de bucle continuo entra en juego en sistemas de inspección cuya disposición geométrica es tal que al menos parte de la radiación del escáner pasa no solamente a través de los productos bajo inspección y del espacio de aire que los rodea, sino que también atraviesa el transportador de bucle continuo. Este tipo de sistema de inspección se utiliza por ejemplo para la detección de cuerpos extraños en productos alimenticios y bebidas embotelladas o enlatadas. De particular preocupación son los fragmentos de metal y de vidrio en los productos líquidos. Debido a su mayor densidad respecto al líquido, tales cuerpos extraños se recogerán en la parte inferior del recipiente. Además, si el recipiente tiene una parte inferior en forma de cúpula, los cuerpos extraños tenderán a asentarse en el perímetro, donde la parte inferior se encuentra con la pared lateral del recipiente. Por lo tanto, es muy importante para el sistema de escáner radiográfico estar configurado y dispuesto en relación con el transportador de bucle continuo de tal manera que toda la superficie inferior en el interior de cada contenedor esté abarcada por la exploración. En consecuencia, es necesario el uso de una disposición de escáner en la que al menos parte de la radiación pase a través de la parte inferior del recipiente y, por tanto, también a través de la zona del transportador en bucle continuo en el que está colocado el envase o cualquier otro objeto que vaya a inspeccionarse.

40 En una disposición típica, los rayos utilizados para la inspección pueden proceder, por ejemplo, de una fuente situada encima y al lado de la trayectoria del transportador, entran en el recipiente en un ángulo oblicuo a través de la pared lateral, salen a través de la parte inferior del recipiente y pasan a través del transportador para ser recibidos por un sistema de cámaras que está conectado a un sistema de procesamiento de imágenes. Como alternativa, por ejemplo, si se inspeccionan objetos que no están ni embotellados ni enlatados, la fuente de radiación puede estar dispuesta verticalmente encima, y el detector de radiación verticalmente debajo, del transportador.

50 Si el sistema de inspección radiográfica es un sistema de rayos X, los rayos pueden ser recibidos, por ejemplo, por un intensificador de imágenes de rayos X y cámara, o por un sensor de una matriz lineal de rayos X que, en respuesta, envía una señal al sistema de procesamiento de imágenes. Típicamente, la radiación de formación de imágenes se origina como un haz plano con forma de abanico de los rayos de una fuente localizada, es decir, una fuente de radiación del tamaño de un punto y es recibida por una matriz lineal de fotodiodos que se denominan colectivamente como detector, en el que el haz de radiación con forma de abanico y la matriz lineal de fotodiodos se encuentran en un plano común, también denominado plano de exploración, que discurre sustancialmente ortogonal a la dirección de desplazamiento del transportador que lleva los artículos que van a ser inspeccionados. Aunque los artículos bajo inspección avanzan ante el plano de exploración, la matriz lineal de fotodiodos es activada por una secuencia continua de pulsos discretos, y la frecuencia de los pulsos se coordina con la velocidad del transportador de modo que la secuencia de señales recibidas por la matriz de detectores se puede traducir en un patrón de puntos de la trama con diferentes valores de brillo expresados, por ejemplo, en términos de una escala de brillo de cero a 255, representando una imagen sombreada transparente de los cuerpos materiales entre la fuente de radiación y el detector de radiación. Si un artículo escaneado contiene objetos extraños tales como fragmentos de metal, que tienen una transmitancia inferior a los rayos de exploración que el artículo escaneado, la imagen radiográfica mostrará tales objetos extraños como zonas más oscuras dentro de la imagen sombreada transparente del artículo escaneado.

65 En el estado actual de la técnica, los transportadores de bucle continuo que se utilizan como dispositivos de transporte en los sistemas de inspección radiográfica son en la mayor parte de los casos cintas textiles poliméricas.

Este tipo de transportador tiene la ventaja de que la calidad de la imagen de rayos X se ve menos afectada por el mismo, debido al espesor constante y a la uniformidad de la cinta. Sin embargo, hay una serie de fuertes argumentos contra las cintas textiles poliméricas y en favor de las cadenas transportadoras modulares, en concreto:

- 5 - Existe una fuerte resistencia al uso de cintas textiles en particular en la industria del embotellado y del enlatado, porque son fácilmente dañadas y se desgastan rápidamente. En comparación, las cadenas transportadoras que consisten en elementos plásticos rígidos (típicamente de resina de acetato o de polipropileno) que están unidas entre sí en un bucle continuo son mucho más fuertes y menos fácilmente dañadas por los recipientes duros de metal o de vidrio.
- 10 - Las cadenas transportadoras están mejor adaptadas para artículos de mucho peso, como bloques de queso, ya que es posible conducir la cadena transportadora con ruedas dentadas que se engranan directamente con el perfil de la cadena.
- 15 - Los segmentos de una cadena transportadora pueden estar abisagrados entre sí de tal manera que la cadena tiene una flexibilidad unilateral para formar un bucle alrededor de las ruedas dentadas de accionamiento, mientras que es rígida frente a la flexión en la dirección opuesta. Esta última propiedad elimina la necesidad de mecanismos de guiado que pueden ser poco fiables en aplicaciones de trabajo continuo.
- 20 - Las cadenas transportadoras son más fáciles de sustituir o reparar que las cintas, porque la cadena se puede abrir retirando uno de los pasadores de bisagra por los que los segmentos modulares de la cadena están unidos entre sí.
- 25 - Las cadenas transportadoras pueden estar diseñadas para ser de seguimiento automático y discurrir a nivel con los lados de la estructura de soporte del transportador. Esta última característica es importante, ya que permite que los productos sean fácilmente transferidos de lado entre transportadores lateralmente adyacentes.

Sin embargo, el uso de transportadoras de cadena habituales con eslabones de plástico de la cadena es problemático en los sistemas de inspección radiográfica, porque los eslabones de la cadena pueden interferir con la imagen de los rayos X. Hasta ahora, si se quería someter a rayos X un producto moviéndose en una cadena transportadora, la imagen resultante era degradada por las variaciones en la transmitancia de la cadena transportadora superpuesta sobre el producto, por ejemplo debido a bisagras u otras conexiones entre los segmentos de la cadena o por las características del perfil diseñadas para endurecer los segmentos de la cadena. Si este problema de la interferencia de la imagen puede ser resuelto, los beneficios de las cadenas transportadoras modulares listados anteriormente se pueden aplicar a los sistemas de inspección radiográfica.

En el documento US 2012/0128133 A1, que es propiedad del mismo cesionario de la presente invención, el problema de las variaciones de transmitancia se resuelve por una cadena transportadora en la que los segmentos de cadena están configurados, en esencia, como placas rígidas de espesor uniforme y la densidad que se extiende sobre la anchura de la cadena transportadora, en la que los segmentos se solapan entre sí al presentarlos a la radiación del escáner como una banda de transmitancia uniforme sustancialmente sin pausas y en la que los conectores o bisagras que unen los segmentos entre sí (y que tienen una menor transmitancia que las zonas planas de los segmentos) están situados fuera de la banda que es atravesada por la radiación de escáner. Así, las conexiones entre los segmentos están situadas preferentemente en las dos zonas de los bordes laterales de la cadena transportadora.

En una cadena transportadora de acuerdo con el concepto anterior, la ausencia de bisagras o de cualquier otra característica de refuerzo en la zona homogénea central de la banda reduce la rigidez de los segmentos de la cadena con respecto a la flexión transversal y, por lo tanto, limita la anchura del transportador que se puede realizar en un diseño funcional.

Otra solución se ofrece en la solicitud de patente europea EP 2711694 A1 que es igualmente propiedad del cesionario de la presente invención.

En resumen, se describe un procedimiento de funcionamiento de un sistema de inspección radiográfica que está diseñado específicamente para un sistema en el que una cadena transportadora con segmentos de la cadena modulares idénticos está transportando artículos bajo inspección.

El procedimiento de la solicitud de patente europea EP 2711694 A1 abarca dos modos de funcionamiento del sistema de inspección radiográfica. En un primer modo, denominado modo de calibración, una imagen de un segmento modular de la cadena transportadora vacía es registrada y almacenada en forma de datos digitales de píxel, denominados datos de calibración.

La razón de por qué los datos de calibración son registrados solo para un segmento modular es que el conjunto de datos de calibración se repite de forma idéntica para cada segmento modular de la cadena. En un segundo modo, denominado modo de inspección, una imagen de los artículos bajo inspección con el fondo de la cadena transportadora se registra en forma de datos digitales de píxel, denominados datos de imagen sin procesar. Inmediatamente, es decir, después de que cada fila de píxeles ha sido registrada, los datos de imagen sin procesar son procesados aritméticamente en una imagen de salida clara anulando el fondo que interfiere de la cadena transportadora con la ayuda de los datos de calibración.

Con el fin de poder correlacionar geoméricamente los datos de imagen sin procesar recogidos en el modo de inspección con los datos de calibración recogidos y almacenados en el modo de calibración, cada punto de la trama de la imagen radiográfica tiene que estar registrado en términos de coordenadas x/y respecto al segmento modular, de modo que cada valor de píxel se puede almacenar junto con su dirección x/y.

5 La coordenada x del registro en la dirección transversal del segmento modular (paralelo al pasador de la bisagra) puede basarse simplemente en la posición de la matriz del fotodiodo asociado con esa ubicación dentro de la imagen radiográfica.

10 Para la coordenada y del registro en la dirección longitudinal de la cadena (es decir, en la dirección de movimiento del transportador) la solicitud de patente europea EP 2711694 A1 propone el concepto de una característica de registro físico que es bien parte de la cadena o bien se mueve junto con la cadena. En una realización preferida, la característica de registro se realiza como una parte de borde lateral en forma de rampa formada en el segmento modular. En funcionamiento, el borde en forma de rampa intercepta un sector marginal del haz de radiación en forma de abanico, de modo que la imagen recibida por la matriz de sensores será representativa de la altura de la rampa, desde la que la coordenada y de registro longitudinal puede ser calculada directamente por el procesador.

20 En el procedimiento anterior y en el aparato de acuerdo con la solicitud de patente europea EP 2711694 A1, la característica de registro físico como se ejemplifica por la rampa es una característica que no está presente normalmente en una cadena transportadora y se añade con el único propósito de proporcionar una referencia de registro en la dirección y longitudinal de la cadena transportadora. A los autores de la invención se les ocurrió que, como alternativa a la adición de una característica física de la cadena transportadora, los datos de imagen sin procesar recopilados en el modo de inspección también podrían ser geoméricamente correlacionados con los datos de calibración mediante el uso de técnicas conocidas de coincidencia de imágenes e interpolación de imágenes para registrar una imagen de inspección directamente contra la imagen de fondo almacenada sin la ayuda de un registro físico diseñado expresamente.

25 El documento WO2009/114928 desvela la eliminación de la contribución debida a la cinta y bandeja transportadoras de la imagen radiográfica del objeto que se encuentra en la bandeja.

30 Objeto de la invención

Teniendo en cuenta el enorme potencial visto de las técnicas de coincidencia e interpolación de imágenes como una solución al problema de registrar con precisión una imagen de inspección frente a una imagen de calibración en el procedimiento de inspección radiográfica del producto, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar una alternativa viable a la utilización de una característica física de registro físico diseñado expresamente para hacer coincidir geoméricamente las imágenes sin procesar de los artículos inspeccionados con la imagen de fondo de la cadena transportadora modular.

40 Sumario de la invención

45 El objetivo declarado de la invención se cumple mediante un procedimiento de calibración y funcionamiento de un sistema de inspección radiográfica de acuerdo con la reivindicación 1 independiente y mediante un sistema de inspección radiográfica que tiene las capacidades necesarias como se expone en la reivindicación 13. Las características de detalles y particularidades desarrolladas adicionales de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

50 El procedimiento de acuerdo con la invención es diseñado para su uso en un sistema de inspección radiográfica con una fuente de radiación que emite rayos de exploración, además de un detector de radiación que recibe los rayos de exploración y los transforma en señales del detector, con un procesador que genera una imagen radiográfica basada en las señales del detector, y con una cadena transportadora modular con segmentos modulares idénticos que están conectados en un circuito cerrado, en el que artículos bajo inspección son transportados sobre la cadena transportadora modular a través de un espacio que es atravesado por los rayos de exploración. De acuerdo con la invención, el procedimiento lleva a cabo la tarea de eliminar de dicha imagen radiográfica una imagen de fondo que es originada esencialmente por los segmentos de la cadena transportadora y por factores inherentes en el detector de radiación. Como resultado, se obtiene una imagen de salida que muestra los artículos bajo inspección sin la imagen de fondo interferente de la cadena transportadora.

60 En esencia, el procedimiento abarca dos modos de funcionamiento del sistema de inspección radiográfica, es decir, un modo de calibración y un modo de inspección.

65 En el modo de calibración, los datos que reflejan la influencia de la fuente de radiación y del detector de radiación, así como los datos de imagen para al menos uno de los segmentos modulares son adquiridos por el sistema de inspección radiográfica y digitalmente procesados en datos de calibración que después se almacenan como una imagen de la plantilla en una memoria del sistema de inspección radiográfica. La imagen de la plantilla podría basarse en uno cualquiera de los segmentos modulares individuales, seleccionados al azar. Sin embargo, para

permitir tolerancias de fabricación y, en consecuencia, ligeras variaciones que puedan existir entre los segmentos, puede ser deseable muestrear múltiples segmentos y la media de los datos. Así, la plantilla puede representar un material compuesto de una pluralidad de segmentos modulares o incluso la totalidad de los segmentos modulares de la cadena transportadora.

5 En una primera etapa C1) del modo de calibración, las señales oscuras de los fotodiodos individuales de la matriz de detectores se determinan midiendo sus respectivas corrientes de diodo, mientras la fuente de radiación está apagada. Las "corrientes oscuras" respectivas de cada diodo se almacenan en la memoria como valores de nivel
10 oscuras. Posteriormente, para cada valor de brillo adquirido en las etapas C2) e I1) por cualquiera de los fotodiodos, el valor de nivel de oscuridad almacenado respectivo para ese diodo se restará de la corriente del diodo medida, de modo que el valor neto resultante de la corriente será cero para todos los diodos si la fuente de radiación está apagada.

15 En una segunda etapa C2) del modo de calibración, se adquieren datos de la imagen del segmento sin procesar para uno de los segmentos modulares incluyendo partes de borde adyacentes del segmento modular inmediatamente anterior y del inmediatamente siguiente. Los datos de la imagen del segmento sin procesar son retenidos en una matriz de datos de una imagen de segmento sin procesar del segmento modular que incluye partes de borde adyacentes de segmentos modulares vecinos.

20 En una tercera etapa C3) del modo de calibración, los datos retenidos en la etapa C2) se procesan digitalmente en una imagen de plantilla normalizada que se referencia a al menos una característica claramente definible que se produce de forma idéntica en la imagen radiográfica de cada uno de los segmentos modulares. La imagen normalizada de la plantilla se almacena como una matriz de datos digitales en un archivo de memoria del procesador.
25

En el modo de inspección, las imágenes radiográficas de los artículos bajo inspección con el fondo de la cadena transportadora son adquiridas por el sistema de inspección radiográfica en forma de datos de imagen digital sin procesar. Los datos de imagen sin procesar son procesados aritméticamente, con la ayuda de los datos de imagen de plantilla almacenados previamente, en imágenes claras de salida de los artículos solos sin el fondo interferente de la cadena transportadora.
30

En una primera etapa I1) del modo de inspección, se adquiere una imagen radiográfica sin procesar, un artículo a la vez e incluyendo todos los segmentos de la cadena transportadora que en la imagen radiográfica están al menos parcialmente solapados por el artículo. La imagen radiográfica sin procesar es retenida en una matriz de datos bidimensional.
35

En una segunda etapa I2) del modo de inspección, la imagen digital sin procesar se procesa aritméticamente en una imagen digital normalizada que se hace referencia a al menos una característica claramente definible, de modo que la imagen digital normalizada y la imagen de plantilla normalizada están referenciadas congruentemente con respecto a la al menos una característica claramente definible.
40

En una tercera etapa I3) del modo de inspección, la imagen digital normalizada y la imagen de la plantilla normalizada se combinan en un procedimiento aritmético que elimina el fondo de la cadena transportadora de la imagen digital normalizada mediante la aplicación a esta última de una corrección correspondiente a la imagen de la plantilla normalizada.
45

Cada uno de las etapas C1), C2), C3), I1), I2), I3) se explicará a continuación con más detalle después de que se hayan abarcado los conceptos y terminología necesarios.

50 El procedimiento se aprovecha del hecho de que la cadena transportadora está constituida por un bucle continuo de segmentos modulares idénticos. Por lo tanto, es suficiente en el modo de calibración adquirir, procesar y almacenar los datos para solo uno cualquiera de los segmentos modulares en vez de adquirir los datos de toda una cadena con normalmente varios cientos de segmentos, que necesitaría una inconmensurablemente mayor cantidad de tiempo para el modo de calibración y requeriría una prohibitiva cantidad de capacidad de memoria para almacenar los datos de imagen de plantilla.
55

El procedimiento de acuerdo con la invención se realiza preferentemente con un sistema de inspección radiográfica que tiene una fuente de radiación de una configuración espacialmente concentrada, es decir, una fuente de radiación localizada o de tamaño de punto y un detector de radiación en forma de una matriz lineal de fotodiodos dispuestos a intervalos regulares, en el que la fuente de radiación y el detector de radiación están enfrenados entre sí a los lados de la cadena transportadora modular, en el que los rayos de exploración surgen como un haz plano con forma de abanico de la fuente de radiación hacia el detector de radiación y en el que el haz de radiación con forma de abanico y la matriz lineal de fotodiodos se encuentran en un plano de exploración común que discurre sustancialmente ortogonal a la dirección de desplazamiento de la cadena transportadora.
60
65

Además, en un sistema de inspección radiográfica que puede funcionar para realizar el procedimiento de la invención, la radiación de escáner es generada por la fuente de radiación en una corriente continua de la radiación al menos durante períodos de tiempo cuando un artículo se mueve a través del plano de exploración, mientras que durante los mismos tiempos el detector de radiación es activado por pulsos para generar señales del detector, en el que la temporización de los pulsos está sincronizada con el movimiento de la cadena transportadora de modo que los puntos en el tiempo cuando el haz plano con forma de abanico de la radiación está produciendo una señal de salida del detector de radiación que corresponde a intervalos de desplazamiento uniformes de la cadena transportadora. Tales pulsos pueden ser generados normalmente por un codificador rotatorio o lineal.

A cada pulso de activación individual, la radiación recibida por los fotodiodos individuales de la matriz de detectores se transforma en una línea de puntos de imagen sustancialmente equidistantes. Cuando los pulsos de activación están sincronizados con el movimiento de la cadena transportadora, cualquier serie de pulsos de activación sucesivos producirá una serie de líneas paralelas sustancialmente equidistantes de los puntos de imagen, de modo que el resultado será una trama de líneas y columnas de puntos de imagen, en la que cada línea de puntos de imagen está asociada con un pulso de activación que se produce en un punto determinado del movimiento de desplazamiento de la cadena transportadora, y cada columna de puntos de imagen está asociada con un fotodiodo específico en la matriz lineal de fotodiodos. Cada punto de la imagen en la trama puede estar referenciado por una coordenada x de la trama en términos de intervalos de trama en la dirección perpendicular a la dirección de desplazamiento de la cadena transportadora, y por una coordenada y en términos de intervalos de trama en la dirección de desplazamiento de la cadena transportadora, en la que un origen del sistema de coordenadas x/y se puede colocar en una intersección arbitrariamente seleccionada de una fila de la trama y de una columna de la trama, por ejemplo asignando $x=0$ a la columna de la trama asociada con el fotodiodo en un extremo de la matriz de fotodiodos, y asignando $y=0$ a la primera fila de la trama registrada durante un período de tiempo finito durante el que un artículo se mueve a través del plano de exploración. Cada punto de la imagen en la trama se caracteriza individualmente por un nivel de brillo que se puede expresar en forma digital como un valor de brillo $B(x,y)$, de modo que la totalidad de todos los valores $B(x,y)$ de brillo puede ser procesada y almacenada como una matriz de datos bidimensional.

Un valor $B(x,y)$ de brillo de un punto de la imagen en una posición (x,y) de la trama se determina por los siguientes factores:

1. una señal oscura y sensibilidad lumínica individualmente diferentes de cada fotodiodo en la matriz de detectores;
2. una distancia individualmente diferente de cada fotodiodo con respecto a la fuente del haz de radiación en forma de abanico;
3. una cantidad individualmente diferente de la intensidad de la radiación perdida a lo largo de la trayectoria de un rayo desde la fuente de la radiación para cada fotodiodo debido a la absorción en la cadena transportadora; y
4. una cantidad individualmente diferente de la intensidad de la radiación perdida a lo largo de la trayectoria de los rayos de la fuente de radiación para cada fotodiodo debido a la absorción en un artículo bajo inspección.

Así, podría decirse que el procedimiento de acuerdo con la invención realiza la tarea de anular los primeros tres de los cuatro factores determinantes en una imagen radiográfica sin procesar, es decir, sin tratar, de modo que la imagen procesada resultante representa solo las cantidades de radiación que eran realmente absorbidas en el artículo bajo inspección.

En realizaciones preferidas de la invención, cada segmento modular tiene una zona sustancialmente plana y relativamente delgada, con una alta y sustancialmente uniforme transmisibilidad a la radiación. Esta zona plana tiene forma sustancialmente rectangular, que se extiende en la dirección x sobre la anchura total de la cadena transportadora y que se extiende en la dirección y desde una bisagra a la siguiente. En la imagen radiográfica, las zonas planas de los segmentos modulares aparecen como zonas claras, mientras que la característica claramente definible antes mencionada que se produce de manera idéntica en la imagen radiográfica de cada uno de los segmentos modulares consiste en una banda oscura que representa la imagen de una bisagra, de modo que, en cualquier imagen radiográfica tomada durante el funcionamiento del sistema de inspección radiográfica la sucesión de segmentos modulares forma un patrón de franjas paralelas claras y oscuras que discurren transversales a la dirección de desplazamiento de la cadena transportadora.

Para una realización de este tipo de la invención, donde las partes planas y las bisagras de los segmentos modulares producen una imagen radiográfica de franjas paralelas claras y oscuras, las etapas C1), C2), C3), I1), I2), I3) del procedimiento de acuerdo con la invención, se pueden definir ahora más concretamente como sigue:

La etapa C1) del modo de calibración conlleva las operaciones:

- desconectar la fuente de radiación,
- medir una corriente del diodo para cada fotodiodo de la matriz lineal de fotodiodos,

- digitalizar la corriente del diodo y almacenarla en una matriz de memoria unidimensional como la señal $D(x)$ oscura para el diodo en la posición x de la matriz.

A continuación en el modo de calibración sigue la etapa C2) con estas operaciones:

- 5
- conectar la fuente de radiación y poner en marcha la cadena transportadora,
 - adquirir datos de la imagen del segmento sin procesar que abarcan uno de los segmentos modulares incluyendo toda la extensión de las dos franjas oscuras que representan las bisagras que conectan el segmento modular con el segmento modular inmediatamente anterior y el inmediatamente siguiente, y recoger los datos de la imagen del segmento sin procesar en una matriz de datos bidimensional $RSI(x,y)$, en la que un origen del sistema de coordenadas x/y se puede definir, por ejemplo, asignando $x=0$ a la columna de trama asociada con el fotodiodo en un extremo de la matriz de fotodiodos, y asignando $y=0$ a la primera línea de puntos de trama registrados en la adquisición de los datos de la imagen del segmento sin procesar.
- 10

La etapa C3) del modo de calibración conlleva una serie de operaciones aritméticas, es decir:

- 15
- sustraer la señal $D(x)$ oscura del valor $RSI(x,y)$ de la imagen sin procesar del segmento para obtener un valor $NSI(x,y)$ neto de la imagen del segmento para cada ubicación x/y ;
 - en la matriz de datos $NSI(x,y)$ identificar las partes que representan las franjas oscuras;
 - identificar una zona luminosa entre las franjas oscuras y calcular una matriz $L(x)$ de calibración lineal promediando los valores $NSI(x,y)$ netos de la imagen del segmento para cada ubicación x dentro de dicha zona luminosa;
 - calcular un factor $G(x)=k/L(x)$ de ganancia para cada posición x de fotodiodo, en la que k es un factor de normalización (p. ej., $k=255$ en el caso de los datos de 8 bits);
 - multiplicar cada valor $NSI(x,y)$ neto de la imagen del segmento por el factor $G(x)$ de ganancia para la posición x respectiva para obtener valores $NOS(x,y)=G(x) \cdot NSI(x,y)$ de la imagen normalizada del segmento;
 - basándose en los valores $NOS(x,y)$ de la imagen normalizada del segmento, calcular dentro de cada una de las dos franjas oscuras una línea del centroide de una intensidad de imagen ponderada dentro de una fracción de un intervalo de trama en la dirección y ;
 - transformar los valores $NOS(x,y)$ de la imagen del segmento normalizados en valores $NCT(x,y_n)$ de la plantilla de calibración normalizados referenciados a una trama (x,y_n) de coordenadas normalizada en la que la coordenada y_n se origina en la línea del centroide y se escala en términos de intervalo periódico (o una fracción del mismo) entre dos líneas del centroide, y en el que el valor de brillo asignado a cada valor $NCT(x,y_n)$ de la plantilla de calibración normalizada se obtiene por interpolación entre los valores $NOS(x,y)$ de la imagen normalizada del segmento adyacente; y
 - almacenar los valores normalizados de la plantilla de calibración en una matriz $NCT(x,y_n)$ de memoria como la imagen digital de la plantilla.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45

La trama (x,y_n) de coordenadas normalizada es un aspecto fundamental de la presente invención, por que se proporciona el marco de la imagen de plantilla así como los medios de registro para cada punto de la trama dentro de la imagen de plantilla. El marco está formado por las dos líneas de centroide que representan las bisagras para los segmentos modulares vecinos, y por las dos columnas de los bordes de los puntos de la trama que representan, respectivamente, el primero y el último diodo en la matriz de detectores. Cuando el haz plano con forma de abanico de la radiación se extiende fuera de la anchura de la cadena transportadora en ambos lados de este último, el origen $x=0$ y el punto final $x=n$ (en el que $n+1$ es el número de fotodiodos de la matriz de detectores) de la coordenada x de la plantilla se encuentran en lados opuestos fuera de la anchura de la cadena transportadora. En otras palabras, la imagen de la plantilla representa no solo el segmento modular de la cadena transportadora, sino también las anchuras adicionales del espacio de aire en ambos lados de la cadena transportadora que son atravesadas por los rayos de formación de imágenes. El intervalo de trama, así como el origen del eje y_n pueden ser arbitrariamente seleccionados, por ejemplo mediante la definición del intervalo y_n de escala como $1/100$ del intervalo entre las líneas de centroide que forman el marco de la plantilla y asignando $y_n=0$ a la línea de centroide que representa la primera bisagra que pasaba a través del plano de exploración e $y_n=100$ al borde opuesto del marco de la plantilla, que representa al mismo tiempo la coordenada $y_n=0$ de la plantilla para el siguiente segmento modular.

50

55

60

En el modo de funcionamiento normal, denominado en el presente documento modo de inspección, se realizan las siguientes etapas de forma consecutiva para cada artículo que pasa a través del plano de exploración:

65

La etapa I1) incluye estas operaciones:

- detectar la aproximación de un artículo por el plano de exploración;

5 - adquirir una imagen radiográfica sin procesar del artículo incluyendo la extensión total de todos los segmentos de la cadena transportadora que en la imagen radiográfica están solapados, al menos parcialmente, por el artículo, y retener los datos de imagen sin procesar en forma de una matriz $RID(x,y)$ de datos de valores sin procesar del brillo, en la que el sistema de coordenadas x/y se puede definir de una manera análoga a la etapa C2).

10 La etapa I2) del modo de inspección incluye las operaciones:

- sustraer las señales $D(x)$ oscuras de los datos $RID(x,y)$ sin procesar de la imagen para producir datos $NID(x,y)$ netos de la imagen;

15 - multiplicar cada valor $NID(x,y)$ neto de la imagen por el factor $G(x)$ de ganancia para la posición x respectiva para obtener valores $NOI(x,y)=G(x) \cdot NID(x,y)$ normalizados de la imagen;

20 - identificar, en la matriz $NOI(x,y)$ de datos, las partes que representan las franjas oscuras y aplicar el cálculo de la línea del centroide de una intensidad de imagen ponderada a esas partes de las franjas oscuras que no están solapadas por la imagen de un artículo bajo inspección;

25 - transformar la matriz $NOI(x,y)$ de datos en una matriz $TRI(x,y_n)$ de imagen referenciada a la plantilla que referencia a la trama (x,y_n) de coordenadas de la imagen de plantilla que representa, p. ej., el primer segmento modular completo en el fondo subyacente, en el que el valor de brillo asignado a cada punto de la trama en la matriz $TRI(x,y_n)$ de la imagen referenciada a la plantilla se obtiene por interpolación entre los valores $NOI(x,y)$ de los datos de imagen normalizada adyacente.

La etapa I3) del modo de inspección incluye las operaciones:

30 - combinar la matriz $TRI(x,y_n)$ de la imagen referenciada a la plantilla y la matriz $NCT(x,y_n)$ de plantilla de calibración normalizada en un procedimiento aritmético que elimina el fondo de las bisagras de la imagen digital referenciada a la plantilla, en la que para cada ubicación (x,y_n) de la trama el valor $TRI(x,y_n)$ de píxel respectivo se corrige de forma individual basándose en el valor $NCT(x,y_n)$ correspondiente de la matriz de la plantilla de calibración, dando como resultado una imagen radiográfica final del artículo sin el fondo de la cadena transportadora modular;

35 - analizar la imagen radiográfica final por la presencia de irregularidades tales como objetos extraños que pueden estar contenidos en el artículo.

40 El alcance de la presente invención también abarca un sistema de inspección radiográfica configurado para realizar el procedimiento de acuerdo con cualquiera de los aspectos tratados en la descripción anterior. En particular, el sistema de inspección radiográfica de acuerdo con la invención está equipado por un lado con una cadena transportadora modular con segmentos modulares idénticos en la que cada uno de los segmentos modulares idénticos comprende al menos un elemento que se presentará como una característica de la imagen destacada y claramente definida en la imagen radiográfica, y por otro lado con un procesador capaz de establecer una trama de la plantilla normalizada y una imagen de la plantilla del segmento modular basada en la característica de la imagen destacada y claramente definida, y aplicar la plantilla a la tarea de eliminar el fondo de la cadena transportadora de la imagen de un artículo bajo inspección.

50 En una realización preferida del sistema de inspección radiográfica, la al menos una característica de la imagen destacada y claramente definida consiste en franjas oscuras paralelas y equidistantes en la imagen radiográfica de la cadena transportadora modular, en la que las franjas oscuras representan las bisagras que conectan cada segmento de la cadena modular a un segmento precedente y a uno inmediatamente siguiente en el bucle continuo de la cadena transportadora.

55 Se prefiere, además, si cada segmento modular tiene una zona sustancialmente plana y relativamente delgada, con una alta y sustancialmente uniforme transmisibilidad a la radiación. Esta zona plana tiene forma sustancialmente rectangular, que se extiende en la dirección x sobre toda la anchura de la cadena transportadora y que se extiende en la dirección y de una bisagra a la siguiente. En la imagen radiográfica, las zonas planas de los segmentos modulares aparecen como zonas claras, de modo que la sucesión de segmentos modulares forma un patrón de franjas paralelas claras y oscuras que discurren transversales a la dirección de desplazamiento de la cadena transportadora de cualquier imagen radiográfica sin tratar tomada durante el funcionamiento del sistema de inspección radiográfica.

65 En realizaciones preferidas del sistema de inspección radiográfica, la radiación consiste en rayos X debido a su capacidad para penetrar objetos que son impenetrables para la luz visible. Dado que los fotodiodos de la matriz de

detectores tienen una sensibilidad espectral que es la mayor para luz con una longitud de onda más larga que los rayos X, preferentemente llevan un revestimiento fluorescente diseñado para transformar los rayos X en luz de una longitud de onda adaptada a la sensibilidad espectral de los fotodiodos.

5 Breve descripción de los dibujos

La siguiente descripción de realizaciones y detalles específicos de la invención se apoya en los dibujos adjuntos, en los que

10 La Figura 1 ilustra un sistema de inspección radiográfica con las características necesarias para poner en práctica el procedimiento;

La Figura 1A representa un detalle ampliado de la Figura 1;

15 Las Figuras 2A, 2B, 2C representan diferentes vistas de una parte de la cadena transportadora en un sistema de inspección radiográfica según la invención;

La Figura 3 representa una cadena transportadora modular del tipo utilizado en una realización preferida de la invención;

20 La Figura 4A representa la imagen radiográfica de una cadena transportadora vacía, en la que las franjas oscuras equidistantes representan las bisagras y las líneas rectas delgadas en las franjas oscuras representan las líneas del centroide;

25 La Figura 4B representa una imagen de la plantilla normalizada derivada de la imagen radiográfica de la Figura 4A, que incluye el marco de la plantilla y la trama de la plantilla;

La Figura 5A muestra una imagen radiográfica sin tratar de un artículo inspeccionado, incluido el fondo de franjas oscuras; y

30 La Figura 5B muestra la imagen de la Figura 5A después de que el fondo ha sido eliminado mediante el procedimiento de acuerdo con la invención.

35 Descripción detallada de realizaciones específicas de la Invención

Las Figuras 1 y 1A ilustran un sistema 1 de inspección radiográfica de una configuración adecuada para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención. Los elementos principales del sistema 1 de inspección radiográfica son la cadena 2 transportadora modular (mostrada en sección transversal con su dirección de transporte orientada hacia el observador), un artículo 3 que es transportado sobre la cadena 2 transportadora, una fuente 4 de radiación, y un detector 5 con una matriz 7 de fotodiodo lineal. La fuente 4 de radiación es de tamaño punto, que se extiende preferentemente sobre una zona de aproximadamente 1 mm^2 y genera rayos de formación de imágenes que surgen como un haz plano con forma de abanico de la fuente 4 de radiación hacia la matriz 7 de fotodiodos del detector 5. Un segmento 8 del abanico de rayos de formación de imágenes pasa a través del artículo 3, y un segmento 9 de los rayos de formación de imágenes pasa solo a través de la cadena 2 transportadora sin atravesar el artículo 3. Las señales producidas por los fotodiodos de la matriz 7 en respuesta a un pulso de activación se transforman mediante un ordenador o procesador (no mostrado en el dibujo) del sistema 1 de inspección radiográfica en una línea de puntos de una imagen radiográfica con forma de trama que representa la cadena 2 transportadora modular y los artículos 3 que son transportados sobre la misma. Cuando la cadena 2 transportadora con los artículos 3 se está moviendo de forma continua, cada pulso de activación, tales pulsos son normalmente generados por un codificador rotatorio o lineal, recibido por el detector 5 de radiación produce una nueva línea de la imagen radiográfica con forma de trama.

La Figura 2A muestra dos segmentos 21 de la cadena 2 transportadora modular en una vista en perspectiva dirigida a la superficie de transporte de la cadena transportadora, mientras que la Figura 2B representa una vista en perspectiva dirigida a la parte inferior y la Figura 2C representa una vista lateral de los segmentos 21 de la cadena transportadora. Los segmentos 21 están conectados entre sí por medio de bisagras 22 con pasadores 23 de bisagra que se extienden sobre toda la anchura de la cadena 2 transportadora. Aunque las bisagras 22 y los pasadores 23 de bisagra deben ser transparentes a la radiación de formación de imágenes del sistema de inspección, deberían ser no obstante de suficiente densidad óptica para presentarse como franjas oscuras cuyas líneas del centroide de brillo ponderado (véase la Figura 4A) pudieran determinarse de forma fiable.

La Figura 3 representa una cadena 30 transportadora modular del tipo utilizado en una realización preferida de la invención. La vista se dirige a la parte inferior de la cadena 30 transportadora, de la que los contornos de las bisagras 32 sobresalen como crestas pronunciadas, en contraste con el lado superior o lado de transporte de la cadena 30 transportadora, que es una superficie plana. Excepto para las bisagras 32, los segmentos 31 modulares son planos y de un pequeño y uniforme espesor.

La Figura 4A representa una imagen 40 radiográfica de la cadena 30 transportadora vacía de la Figura 3 tal y como aparecería, por ejemplo, en el sistema 1 de inspección de la Figura 1 después de los procedimientos de normalización del modo de calibración. En los NOS(x,y) de la imagen normalizada, las zonas 33 planas de los segmentos 31 de la cadena transportadora tienen el mismo nivel de intensidad de la imagen, por ejemplo de 255, cuando el espacio de aire adyacente que está atravesado por una parte de la radiación de exploración, lo que significa que la calibración ha anulado el efecto radiográfico de las partes planas de los segmentos del transportador. Las partes 32 más sólidas de la bisagra de los segmentos 31 de la cadena 30 transportadora aparecen como franjas 41 paralelas oscuras. La ubicación de las líneas 42 centrales de estas franjas 41 oscuras en relación con una trama de la imagen no calibrada sin procesar ha sido determinada por un cálculo del centroide de brillo ponderado que proporciona un nivel sub-píxel de exactitud.

La Figura 4B ilustra cómo una imagen 45 de plantilla puede ser definida en el procedimiento de normalización del modo de calibración. La imagen 45 de plantilla está delimitada por un marco de plantilla que está formado por las dos líneas 42 centrales que representan a las bisagras 32 que conectan el segmento 31 modular con los segmentos modulares vecinos, y por las dos columnas 46 del borde de los puntos de la trama que representan, respectivamente, el primero y el último diodo de la matriz de detectores. Cuando el haz plano con forma de abanico de la radiación se extiende fuera de la anchura de la cadena transportadora a ambos lados del último, el origen $x=0$ y el punto final $x=n$ (en el que $n+1$ es el número de fotodiodos en la matriz de detectores) de la coordenada x de la plantilla se encuentran en lados opuestos fuera de la anchura de la cadena transportadora. En otras palabras, la imagen de plantilla representa no solo el segmento modular de las cadenas transportadoras, sino también las anchuras adicionales de espacio de aire a ambos lados de la cadena transportadora que también son atravesadas por los rayos de formación de imágenes. El intervalo de trama en el eje y_n puede ser seleccionado arbitrariamente, por ejemplo, como $1/100$ del intervalo entre las líneas 42 centrales que forman el marco de la plantilla, estableciendo por ejemplo $y_n=0$ para la línea central de la primera bisagra registrada en la exploración y $y_n=100$ para el borde opuesto del marco de la plantilla, que representa al mismo tiempo la coordenada $y_n=0$ de la plantilla para el siguiente segmento 31 modular.

La Figura 5A muestra una imagen 50 radiográfica intermedia de un artículo inspeccionado, en la que se han determinado las líneas 42 centrales de las franjas 41 oscuras y se ha establecido el sistema de coordenadas de trama normalizado, de modo que el fondo se puede registrar para la imagen de la plantilla, o en este caso, un compuesto de tres imágenes de la plantilla completa que se unen entre sí para representar el fondo en esta imagen del artículo.

La Figura 5B muestra el resultado del procedimiento de acuerdo con la invención: la imagen 51 radiográfica final del artículo 3 de la Figura 5A después de que se han eliminado las franjas 41 de fondo.

Aunque la invención se ha descrito a través de la presentación de ejemplos específicos de realizaciones, será evidente para el lector que numerosas realizaciones variantes adicionales se podrían desarrollar a partir de las enseñanzas de la presente invención combinando, por ejemplo, las características de los ejemplos individuales entre sí y/o intercambiando las unidades funcionales individuales entre las realizaciones descritas en el presente documento. Por ejemplo, el concepto inventivo es aplicable a la radiación de cualquier longitud de onda que pueda penetrar un objeto bajo inspección, así como la cadena transportadora. Puede utilizarse un detector de radiación que no sea una matriz de fotodiodos lineal, tal como un detector de radiación en formato 2D, por ejemplo una matriz de fotodiodos de una superficie, un intensificador de imagen, una placa de formación de imágenes de panel plano o una pantalla de centelleo en combinación con una cámara, así como otras soluciones concebibles para el registro de una imagen, en el que el procedimiento inventivo de anular el fondo de un dispositivo transportador de la imagen radiográfica sigue siendo completamente aplicable. No hace falta decir que tales realizaciones variantes se consideran incluidas en el alcance de la presente invención.

Lista de símbolos de referencia

- 1 sistema de inspección radiográfica
- 2 cadena transportadora modular
- 3 artículo bajo inspección
- 4 fuente de radiación
- 5 detector de radiación
- 7 matriz lineal de fotodiodos
- 8 segmento en abanico de rayos que pasan a través del artículo
- 9 segmento en abanico de rayos que pasan solo a través de la cadena
- 21 segmento de la cadena transportadora modular
- 22 bisagra que conecta los segmentos 21
- 23 pasador de bisagra
- 30 cadena transportadora modular
- 31 segmentos modulares de 30
- 32 bisagras de los segmentos modulares
- 33 zona plana del segmento modular

	40	imagen radiográfica de la cadena 30 transportadora vacía
	41	franjas paralelas oscuras
	42	líneas centrales de 41
	45	imagen de plantilla
5	46	columnas de borde de los puntos de la trama
	50	imagen radiográfica normalizada
	51	resultado del procedimiento: imagen radiográfica final
	x	coordenada de registro transversal
	y	coordenada de registro longitudinal
10	y_n	coordenada de registro longitudinal normalizada

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de funcionamiento de un sistema (1) de inspección radiográfica con una fuente (4) de radiación que emite rayos de exploración, además con un detector (5) de radiación que recibe los rayos de exploración y los transforma en señales del detector, con un procesador que genera una imagen (50) radiográfica basada en las señales del detector, y con una cadena (2) transportadora modular que comprende segmentos (21) modulares idénticos que están abisagrados entre sí en un circuito cerrado, que sirve para transportar artículos (3) bajo inspección a través de un espacio que es atravesado por rayos de exploración, sirviendo dicho procedimiento para eliminar de la imagen (50) radiográfica una imagen (42) de fondo que es originada concretamente por los segmentos (21) de la cadena transportadora y por factores inherentes en el detector (5) de la radiación, en el que el procedimiento comprende un modo de calibración con las etapas de:

C1) adquirir datos de calibración digitales a través de la determinación de las señales oscuras de los fotodiodos individuales de la matriz de detectores mediante la medición de sus respectivas corrientes de diodo mientras la fuente de radiación está apagada y retener dichos datos de calibración digitales en una matriz de datos unidimensional,

C2) adquirir datos de imagen sin procesar para uno de los segmentos (21) modulares incluidas las partes de borde adyacentes del segmento (21) modular inmediatamente anterior y del inmediatamente siguiente y retener los datos de la imagen sin procesar en una primera matriz de datos bidimensional como una imagen digital sin procesar del segmento (21) modular,

C3) procesar digitalmente los datos retenidos en las etapas C1) y C2) en datos de calibración normalizados que están referenciados a al menos una característica claramente definible que se produce de manera idéntica en la imagen radiográfica de cada uno de los segmentos (21) modulares y almacenar dichos datos de calibración normalizados en un archivo de datos de calibración como una imagen de plantilla digital,

y en el que el procedimiento comprende, además, un modo de inspección con las etapas de:

I1) adquirir una imagen radiográfica en forma de datos de imagen digital sin procesar de una sección de la cadena (2) transportadora con al menos un artículo (3) desplazándose sobre la misma y retener los datos de imagen digital sin procesar en una segunda matriz de datos bidimensional como una imagen digital sin procesar del artículo (3) con el fondo de dicha sección de la cadena (2) transportadora,

I2) procesar aritméticamente la imagen digital sin procesar en una imagen digital normalizada que está referenciada a dicha al menos una característica claramente definible y retener la imagen digital normalizada del artículo (3) con el fondo de la sección de la cadena (2) transportadora en una matriz de datos bidimensional, e

I3) retirar el fondo de la cadena (2) transportadora de la imagen digital normalizada aplicando a esta última una corrección correspondiente a la imagen de plantilla digital.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la fuente (4) de radiación tiene una configuración espacialmente concentrada y el detector (5) de radiación comprende una matriz lineal de fotodiodos (7) dispuestos a intervalos regulares, estando enfrentados entre sí dicha fuente (4) de radiación y dicho detector (5) de radiación a los lados de la cadena (2) transportadora modular, en el que los rayos de exploración surgen como un haz plano con forma de abanico de la fuente (4) de radiación hacia el detector (5) de radiación, encontrándose dicho haz de radiación con forma de abanico y dicha matriz lineal de fotodiodos (7) en un plano de exploración común que discurre sustancialmente ortogonal a la dirección de desplazamiento de la cadena (2) transportadora.

3. El procedimiento según la reivindicación 2 en el que, mientras que los artículos (3) bajo inspección avanzan sobre la cadena (2) transportadora a través del plano de exploración, la radiación del escáner es generada por la fuente de radiación en una corriente continua de radiación mientras que el detector de radiación es activado por pulsos para generar señales de detector, en el que la temporización de los pulsos está sincronizada con el movimiento de la cadena (2) transportadora de modo que los tiempos en los que el haz plano con forma de abanico de la radiación se transforma en una señal de salida del detector de radiación corresponden a intervalos de desplazamiento uniformes de la cadena (2) transportadora y los artículos (3) que están siendo transportados sobre la misma.

4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que, en cada pulso de activación individual, la radiación recibida por los fotodiodos (7) de la matriz (5) de detectores se transforma en una línea de puntos de imagen sustancialmente equidistantes y la secuencia de pulsos de activación origina una serie de líneas paralelas sustancialmente equidistantes de puntos de imagen que van a generarse, de modo que dichas líneas de puntos de imagen forman una imagen sin procesar en forma de una trama de líneas y columnas de puntos de imagen, en el que cada línea de puntos de imagen está asociada con un pulso de activación que se produce en un punto dado en el tiempo y cada columna de puntos de imagen está asociada con un fotodiodo específico en la matriz lineal de fotodiodos, en el que cada punto de imagen en dicha trama está referenciado por una coordenada (x) de registro en términos de intervalos de trama en la dirección perpendicular a la dirección de desplazamiento de la cadena (2) transportadora, y por una coordenada (y) de registro en términos de intervalos de trama en la dirección de desplazamiento de la cadena (2) transportadora, en el que un origen del sistema de coordenadas x/y se puede situar en una intersección seleccionada arbitrariamente de una línea de trama y de una columna de trama, y en el que

además cada punto de imagen se caracteriza individualmente por un nivel de brillo que se puede expresar en forma digital como un valor de brillo.

5. El procedimiento según la reivindicación 4, en el que dicho valor de brillo se determina por:

- una señal oscura y sensibilidad luminosa individualmente diferentes de cada fotodiodo (7) en la matriz (5) de detectores;
- una distancia individualmente diferente de cada fotodiodo con respecto a la fuente (4) de radiación;
- una cantidad individualmente diferente de intensidad de radiación perdida a lo largo de una trayectoria de los rayos desde la fuente de radiación hasta cada fotodiodo debido a la absorción en la cadena transportadora; y
- una cantidad individualmente diferente de intensidad de la radiación perdida a lo largo de la trayectoria de los rayos desde la fuente de radiación hasta cada fotodiodo debido a la absorción en un artículo (3) bajo inspección.

6. El procedimiento según la reivindicación 4 o 5, en el que cada segmento modular tiene una zona sustancialmente plana y relativamente delgada con alta y sustancialmente uniforme transmisibilidad a la radiación, en el que dicha zona plana tiene forma sustancialmente rectangular, que se extiende en la dirección x sobre toda la anchura de la cadena transportadora y que se extiende en la dirección y desde una bisagra a la siguiente, en el que, en la imagen radiográfica, las zonas planas de los segmentos modulares aparecen como zonas claras mientras que las bisagras aparecen como franjas oscuras, de modo que en la imagen radiográfica la sucesión de segmentos modulares forma un patrón de franjas paralelas claras y oscuras que discurren transversales a la dirección de desplazamiento de la cadena transportadora, en el que dichas franjas paralelas oscuras representan la característica claramente definible a la que pueden estar referenciados los datos de la imagen radiográfica normalizada .

7. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la etapa C1) comprende:

- desconectar la fuente de radiación;
- medir una corriente de diodo para cada fotodiodo de la matriz lineal de fotodiodos;
- digitalizar dicha corriente de diodo y almacenarla en una matriz de memoria unidimensional como la señal D(x) oscura de dicho diodo.

8. El procedimiento según la reivindicación 6 o 7, en el que la etapa C2) comprende:

- conectar la fuente (4) de radiación y poner en marcha la cadena (2) transportadora;
- adquirir datos de la imagen del segmento sin procesar para uno de los segmentos (21) modulares incluyendo la extensión total de las dos franjas oscuras que representan el segmento modular inmediatamente precedente y el inmediatamente siguiente, y recoger los datos RSI(x,y) de la imagen del segmento sin procesar en una matriz de datos bidimensional.

9. El procedimiento según la reivindicación 8, en el que la etapa C3) comprende:

- sustraer la señal D(x) oscura del valor RSI(x,y) de la imagen del segmento sin procesar para obtener un valor NSI(x,y) neto de la imagen del segmento para cada ubicación x/y;
- en la matriz NSI(x,y) de datos identificar las partes que representan las franjas oscuras, identificar además una zona clara entre las franjas oscuras y calcular una matriz L(x) de calibración lineal promediando los valores NSI(x,y) netos de la imagen del segmento para cada ubicación x dentro de dicha zona clara;
- calcular un factor $G(x)=k/L(x)$ de ganancia para cada posición x de fotodiodo, en el que k es un factor de normalización;
- multiplicar cada valor NSI(x,y) neto de la imagen del segmento por el factor G(x) de ganancia para la posición x respectiva para obtener valores NOS(x,y)=G(x)·NSI(x,y) de la imagen normalizada del segmento;
- basándose en los valores NOS(x,y) de la imagen normalizada del segmento, calcular dentro de cada una de las dos franjas oscuras una línea del centroide de una intensidad de imagen ponderada dentro de una fracción de un intervalo de trama en la dirección y;
- transformar los valores NOS(x,y) de la imagen normalizada del segmento en valores NCT(x,y_n) de la plantilla de calibración normalizada referenciados a una trama (x,y_n) de coordenadas normalizada en la que la coordenada y_n se origina en la línea del centroide y se escala en términos de intervalo periódico entre dos líneas del centroide, y en el que el valor de brillo asignado a cada valor NCT(x,y_n) de la plantilla de calibración normalizado se obtiene por interpolación entre valores NOS(x,y) de la imagen del segmento normalizados adyacentes; y
- almacenar los valores de la plantilla de calibración normalizada en una matriz NCT(x,y_n) de memoria como imagen de plantilla digital.

10. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la etapa I1) comprende:

- detectar la aproximación de un artículo (3) al plano de exploración;
- adquirir la imagen radiográfica de los artículos (3) con el fondo subyacente de la cadena transportadora modular en forma de una matriz RID(x,y) de datos de los datos de imagen sin procesar.

11. El procedimiento según la reivindicación 10, en el que la etapa I2) comprende:

- sustraer las señales $D(x)$ oscuras de los datos $RID(x,y)$ de imagen sin procesar para producir datos $NID(x,y)$ netos de la imagen;
- multiplicar cada valor $NID(x,y)$ de imagen neto por el factor $G(x)$ de ganancia para la posición x respectiva para obtener valores $NOI(x,y)=G(x) \cdot NID(x,y)$ de la imagen normalizada;
- en la matriz $NOI(x,y)$ de datos identificar las partes que representan las franjas oscuras y aplicar el cálculo de la línea del centroide de una intensidad de imagen ponderada para aquellas partes de las franjas oscuras que no están solapadas por la imagen de un artículo bajo inspección;
- transformar la matriz $NOI(x,y)$ de datos en una matriz $TRI(x,y_n)$ de la imagen referenciada a la plantilla que se referencia a la trama (x,y_n) de coordenadas de la imagen de plantilla que representa, p. ej., el primer segmento modular completo en el fondo subyacente, en el que el valor de brillo asignado a cada punto de trama en la matriz $TRI(x,y_n)$ de la imagen referenciada a la plantilla se obtiene por interpolación entre valores $NOI(x,y)$ de los datos de la imagen normalizada adyacente.

12. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que la etapa I3) comprende:

- combinar la matriz $TRI(x,y_n)$ de la imagen referenciada a la plantilla y la matriz $NCT(x,y_n)$ de la plantilla de calibración normalizada en un procedimiento aritmético que elimina el fondo de las bisagras de la imagen digital referenciada a la plantilla, en el que para cada ubicación (x,y_n) de la trama el valor $TRI(x,y_n)$ de píxel respectivo se corrige de forma individual basándose en el valor $NCT(x,y_n)$ correspondiente de la matriz de la plantilla de calibración, dando como resultado una imagen radiográfica final del artículo sin el fondo de la cadena transportadora modular; y
- analizar la imagen radiográfica final en cuanto a la presencia de irregularidades tales como objetos extraños que puedan estar contenidos en el artículo.

13. Un sistema (1) de inspección radiográfica, que comprende una fuente (4) de radiación que emite rayos de exploración, un detector (5) de radiación en forma de una matriz (7) de fotodiodos que recibe los rayos de exploración y los transforma en señales del detector, un procesador que genera una imagen radiográfica basada en las señales del detector y que está configurado para realizar las etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12; comprendiendo el sistema (1) de inspección radiográfica además una cadena (2) transportadora modular con segmentos (21) modulares idénticos que están dispuestos entre la fuente (4) de radiación y el detector (5) de radiación y que sirve para transportar artículos (3) bajo inspección, en el que cada uno de los segmentos (21) modulares idénticos comprende al menos un elemento que se presentará como una característica de la imagen destacada y claramente definida en la imagen radiográfica.

14. El sistema de inspección radiográfica según la reivindicación 13, en el que cada segmento modular tiene una zona sustancialmente plana y relativamente delgada con alta y sustancialmente uniforme transmisibilidad a la radiación, en el que dicha zona plana tiene forma sustancialmente rectangular, que se extiende en la dirección x sobre toda la anchura de la cadena transportadora y que se extiende en la dirección y desde una bisagra a la siguiente, en el que, en la imagen radiográfica, las zonas planas de los segmentos modulares aparecen como zonas claras, mientras que las bisagras aparecen como franjas oscuras, de modo que en la imagen radiográfica la sucesión de segmentos modulares forma un patrón de franjas paralelas claras y oscuras que discurren transversales a la dirección de desplazamiento de la cadena transportadora, en el que dichas franjas paralelas oscuras representan la característica claramente definible de referencia para los datos de imagen radiográfica normalizada.

15. El sistema de inspección radiográfica según la reivindicación 13 o 14, en el que la radiación comprende rayos X y en el que los fotodiodos, que tienen una sensibilidad espectral que es la mayor para luz con una longitud de onda mayor que los rayos X, comprenden un revestimiento fluorescente diseñado para transformar los rayos X en luz de una longitud de onda adaptada a la sensibilidad espectral de los fotodiodos.

FIGURA 1

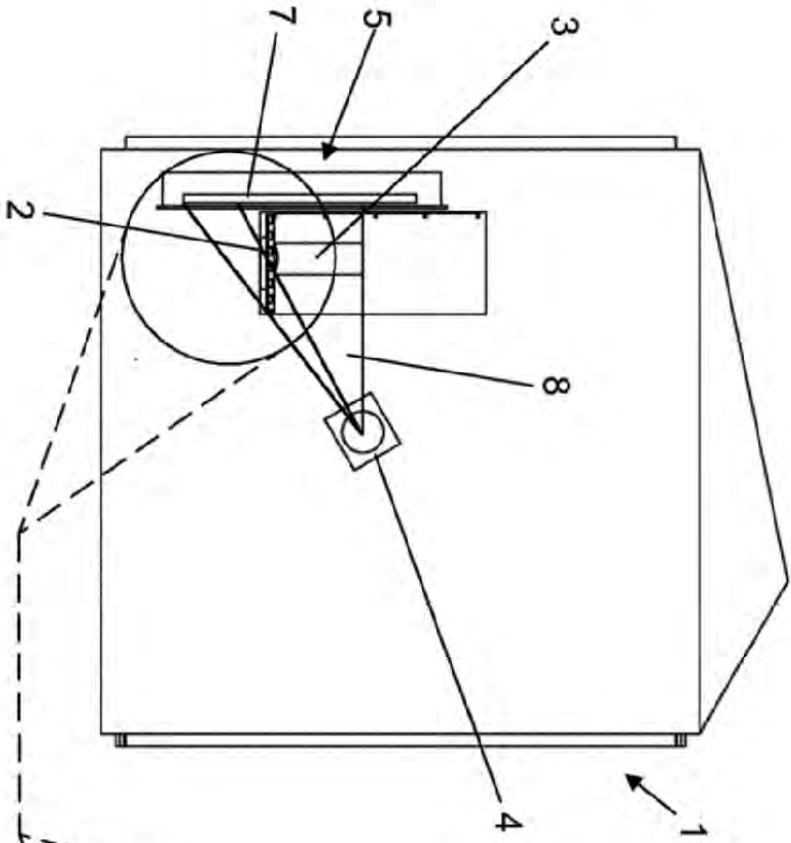
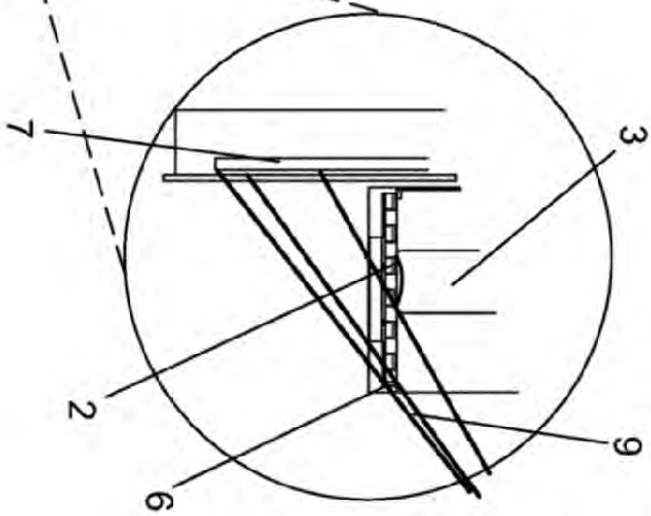


FIGURA 1A



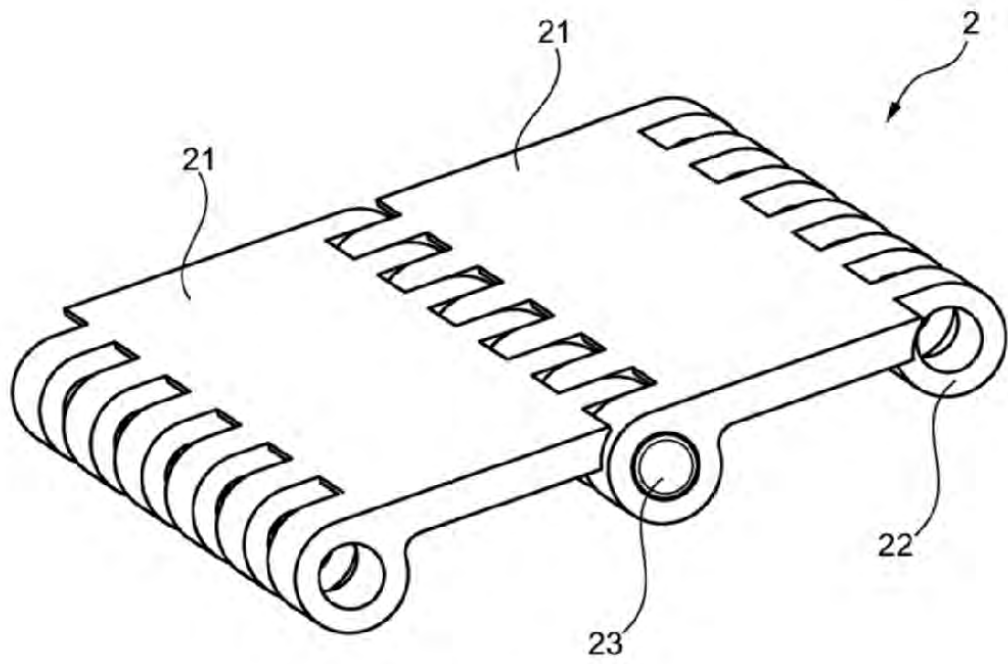


FIGURA 2A

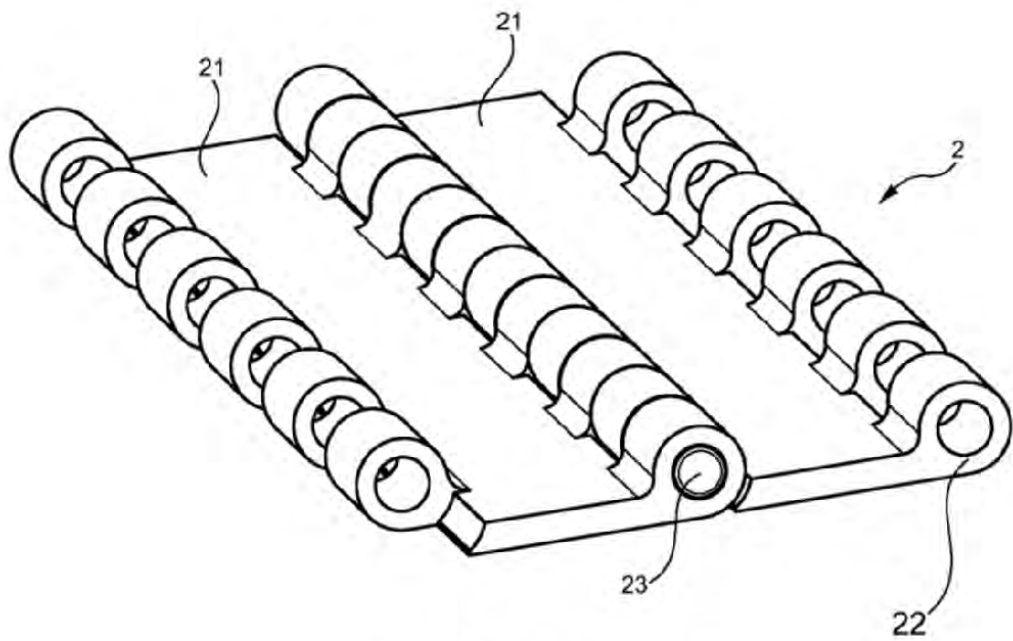


FIGURA 2B

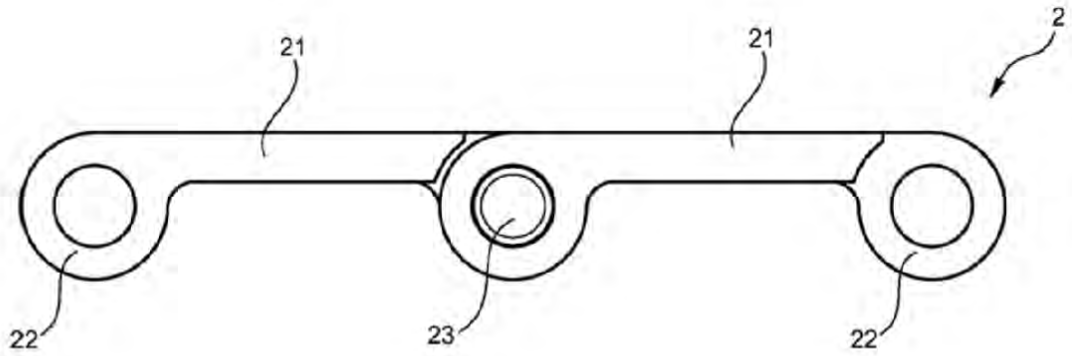


FIGURA 2C

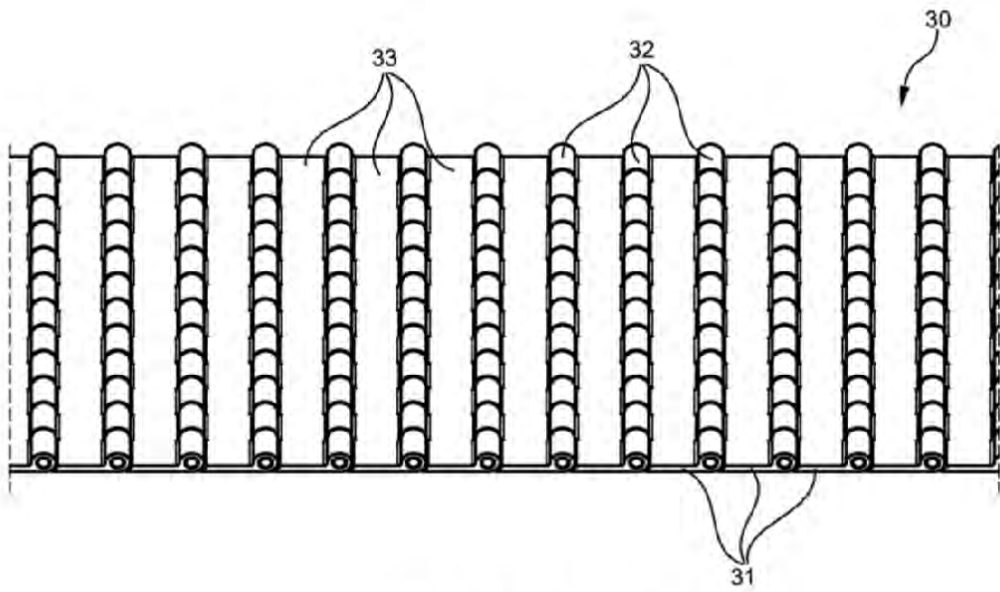


FIGURA 3

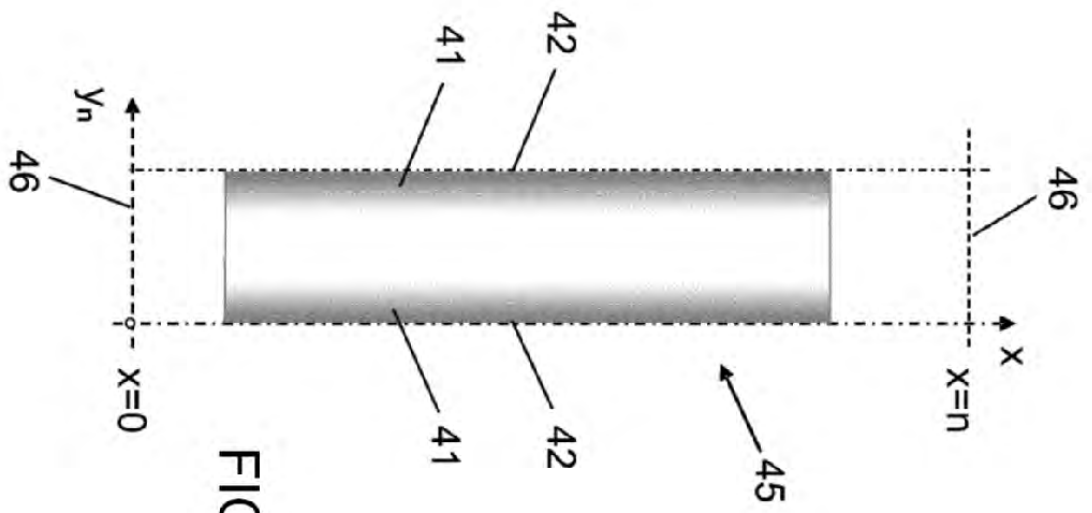
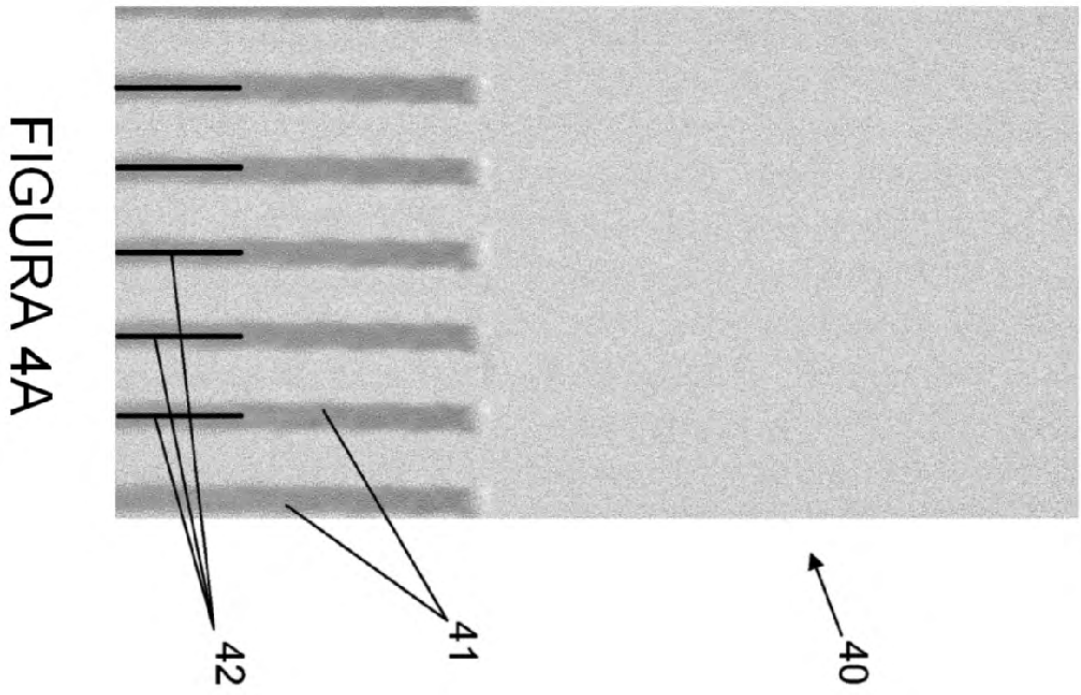


FIGURA 5A

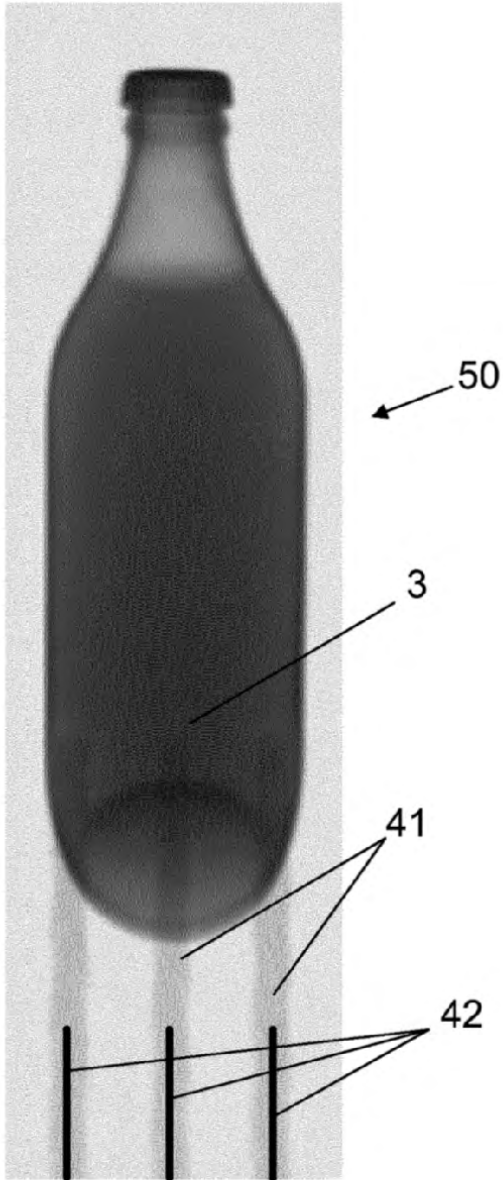


FIGURA 5B

