

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 472**

51 Int. Cl.:

**G01N 23/04** (2006.01)

**G01V 5/00** (2006.01)

**B65G 17/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.09.2013 PCT/EP2013/069586**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.03.2014 WO14044802**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.09.2013 E 13765734 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2898314**

54 Título: **Método de funcionamiento de un sistema de inspección radiográfico con una cadena transportadora modular**

30 Prioridad:

**21.09.2012 EP 12185507**

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

**13.09.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BRIDGER, NICK y  
KING, NIGEL**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 632 472 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

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

5 Antecedentes del invento y técnica anterior relacionada

10 El invento está relacionado con el ámbito de sistemas de inspección radiográfica en los que los artículos bajo inspección se desplazan en un transportador de bucle infinito a través de una máquina de rayos X u otro sistema de escáner radiográfico. En particular, el invento trata de un método de funcionamiento de un sistema de inspección radiográfico en el que el transportador de bucle infinito es una cadena transportadora modular y el objeto específico del invento es un método para anular el efecto consistente en que las variaciones de transmisión de la cadena transportadora provocan en la imagen radiográfica producida por el sistema de escáner. Asimismo, el invento trata también de un sistema de inspección radiográfico con las características requeridas para llevar a cabo el procedimiento.

15 El término "cadena transportadora" en el presente contexto comprende desde un dispositivo transportador de bucle infinito análogo hasta una cinta transportadora, pero con la diferencia de que una cadena transportadora está compuesta por una multitud de segmentos rígidos o eslabones que están conectados entre sí en un bucle cerrado en el que cada eslabón se articula de manera abisagrada a un eslabón siguiente y un eslabón precedente. Los segmentos pueden ser todos idénticos entre sí, o un grupo de segmentos disímiles pueden estar repetidos idénticamente alrededor de la cadena transportadora. El segmento individual o grupo de segmentos repetidos idénticamente se denomina aquí como un módulo o como segmento modular y, por consiguiente, la cadena transportadora se denomina cadena transportadora modular.

25 La transmitancia de la radiación del transportador de bucle infinito entra en juego en sistemas de inspección cuya disposición geométrica es tal que al menos parte de la radiación del escáner pasa, no sólo a través del producto bajo inspección y el espacio de aire que los rodea, sino que también atraviesa el transportador de bucle infinito. Este tipo de sistema de inspección se utiliza, por ejemplo, para la detección de cuerpos extraños en alimentos y bebidas embotellados o enlatados. Especialmente preocupantes son los fragmentos de metal y vidrio en productos líquidos. Debido a su mayor densidad con respecto al líquido, tales cuerpos extraños se acumularán en el fondo del recipiente. Además, si el recipiente tiene un fondo abovedado, los cuerpos extraños tendrán tendencia a asentarse en el perímetro donde el fondo coincide con la pared lateral del recipiente. Por lo tanto, es muy importante que el sistema de escáner radiográfico sea configurado y dispuesto en relación con el transportador de bucle infinito de tal manera que toda la superficie inferior interna de cada recipiente esté cubierta por el escaneado. Por consiguiente, es necesario utilizar una disposición de escáner en la que al menos parte de la radiación pase a través del fondo del recipiente y, por lo tanto, también a través del área del transportador de bucle infinito en el que se coloca el contenedor o cualquier otro objeto a inspeccionar.

40 En una disposición típica, la radiación utilizada para la inspección puede, por ejemplo, originarse desde una fuente de radiación situada por encima de la trayectoria del transportador, pasar a un ángulo oblicuo a través de la pared lateral dentro del recipiente, salir a través del fondo del recipiente y pasar a través del transportador, para ser recibida por un sistema de detección conectado a un sistema de procesamiento de imágenes. Alternativamente, por ejemplo, cuando se inspeccionan objetos que no están embotellados ni enlatados, la fuente de radiación puede estar dispuesta verticalmente por encima del transportador y el detector de radiación verticalmente por debajo de dicho transportador.

50 Si el sistema de inspección radiográfico es un sistema de rayos X, los rayos pueden ser recibidos, por ejemplo, por un intensificador de imagen de rayos X y una cámara, o por un sensor de línea de rayos X, o por un sensor de agrupación de área de rayos X, que a su vez pasan una señal al sistema de procesamiento de imágenes. Normalmente, la radiación de formación de imágenes se origina como un haz plano en forma de abanico de una fuente de radiación localizada, es decir, una fuente de radiación de tamaño de punto y es recibida por una matriz lineal de fotodiodos que son denominados colectivamente como un detector de radiación, en el que el haz de radiación en forma de abanico y el conjunto lineal de fotodiodos se encuentran en un plano común, también denominado como plano de escaneo, discurriendo sustancialmente de manera ortogonal hacia la dirección de desplazamiento del transportador que lleva los artículos a inspeccionar. Mientras los artículos bajo inspección se mueven a través del plano de escaneo, el conjunto lineal de fotodiodos es activado por una secuencia continua de impulsos discretos y la frecuencia de impulsos es coordinada con la velocidad del transportador, de manera que la secuencia de señales recibidas por el conjunto de detectores de radiación puede ser traducida en un patrón de puntos de trama con diferentes valores de luminosidad expresados por ejemplo, en términos de una escala de brillo de cero a 255, representando una imagen de sombra transparente de los cuerpos materiales entre la fuente de radiación y el detector de radiación. Si un objeto escaneado contiene objetos extraños tales como fragmentos metálicos, los cuales tienen una transmitancia menor a los rayos de escaneo que al artículo escaneado, la imagen

radiográfica mostrará tales objetos extraños como áreas más oscuras dentro de la imagen de sombra transparente del artículo escaneado.

5 En el estado de la técnica actual, los transportadores de bucle infinito que se utilizan como dispositivos de transporte en sistemas de inspección radiográfica son en la mayoría de los casos, cintas de tejido de polímero. Este tipo de transportador tiene la ventaja de que la calidad de la imagen de rayos X se ve menos afectada por este, debido al espesor constante y a la uniformidad de la correa. Sin embargo, hay una serie de fuertes argumentos en contra de las cintas de tela de polímero y en favor de las cadenas transportadoras modulares, específicamente:

10 - existe una fuerte resistencia al uso de cintas de tela, particularmente en la industria de envasado y enlatado, debido a que son fácilmente dañadas y se desgastan rápidamente. Comparativamente, las cadenas transportadoras compuestas por elementos de plástico rígido (típicamente de resina acetal o polipropileno) los cuales están unidos entre sí en un bucle infinito son mucho más fuertes y tienen menor facilidad de ser dañados por los recipientes de metal duro o de vidrio.

15 - las cadenas transportadoras son más adecuadas para artículos pesados tales como bloques de queso, ya que es posible conducir la cadena transportadora con piñones encajando directamente con el perfil de la cadena.

20 - los segmentos de una cadena transportadora pueden estar articulados entre sí, de tal manera que la cadena tenga una flexibilidad unilateral para rodear los piñones de accionamiento estando rígida contra la flexión en la dirección opuesta. Esta última propiedad elimina la necesidad de mecanismos de guiado que puedan ser poco fiables en aplicaciones de servicio continuo.

25 - las cadenas transportadoras son más fáciles de reemplazar o reparar que las correas, puesto que la cadena puede ser abierta mediante la eliminación de uno de los pasadores de bisagra mediante el cual los elementos modulares de la cadena están unidos entre sí.

30 - las cadenas transportadoras pueden ser diseñadas para ser de autoseguimiento y para desplazarse a ras con los lados de la estructura de soporte del transportador. Esta última característica es importante porque permite que los productos se transfieran fácilmente de lado entre transportadores lateralmente adyacentes.

35 Sin embargo, el uso de transportadores de cadena habituales con eslabones de cadena plástico es problemático en los sistemas de inspección radiográfica, porque los eslabones de cadena pueden interferir con la imagen de rayos X. Hasta ahora, si se quería hacer radiografiar un producto que se desplazaba sobre una cadena transportadora, la imagen resultante se degradaba por las variaciones de la transmitancia de la cadena transportadora superpuesta al producto, por ejemplo debido a bisagras u otras conexiones entre los segmentos de cadena o por características de perfil diseñadas para rigidizar los segmentos de cadena. Si este problema de interferencia de imagen puede ser resuelto, los beneficios de las cadenas transportadoras modulares enumeradas anteriormente pueden ser aplicados a los sistemas de inspección radiográfica.

40 En el documento US 2012/0128133 A1, el cual pertenece al mismo cesionario del presente invento, el problema de las variaciones de transmitancia se resuelve a través de una cadena transportadora en la que los segmentos de cadena están configurados esencialmente como placas rígidas de espesor y densidad uniformes, extendiéndose sobre el ancho de la cadena transportadora, en la cual los segmentos se solapan entre sí para presentarse a la radiación del escáner como una banda sustancialmente sin huecos de transmitancia uniforme y en la que los conectores o bisagras que unen los segmentos entre sí (y que tienen una transmitancia inferior a la áreas planas de los segmentos) se encuentran fuera de la banda atravesada por la radiación del escáner. De este modo, las conexiones entre los segmentos están situadas preferentemente en las dos zonas fronterizas laterales de la cadena transportadora.

50 En una cadena transportadora de acuerdo con el concepto anterior, la ausencia de bisagras u otras características de rigidización en el área central de la banda homogénea, reduce la rigidez de los segmentos de cadena con respecto a la flexión transversal y por lo tanto limita el ancho del transportador que pueda efectuarse en un diseño práctico. Un tratamiento para los efectos de fondo en la imagen radiográfica en sistemas de inspección de vanguardia, ya es conocido en la medida en que tales efectos de fondo son causados por la variación en la señal oscura y en el beneficio entre los fotodiodos individuales que constituyen un detector de radiación lineal. Parte de esta variación se debe a diferencias aleatorias en las propiedades de los propios diodos, mientras que otra parte se debe a las diferentes longitudes de las trayectorias de rayos que irradian en forma de abanico desde una fuente de radiación localizada a los fotodiodos individuales. De acuerdo con la ley del cuadrado inverso, cuanto más corta es la trayectoria de rayos desde la fuente de radiación hacia un diodo de sensor dado, más fuerte es la radiación recibida por el diodo. Con el fin de crear una imagen uniforme a través del área escaneada, el efecto de estas variaciones, se anula a través de una llamada calibración del detector de radiación o normalización del detector de radiación.

En la primera de las dos etapas de la calibración del detector de radiación, las señales oscuras de los fotodiodos individuales de la matriz de detectores de radiación, se determinan midiendo sus respectivas corrientes de diodo mientras se desconecta la fuente de radiación. Los valores de brillo respectivos para la señal oscura de cada diodo se almacenan en la memoria. Posteriormente, en el modo de funcionamiento del sistema de inspección, el valor de nivel oscuro almacenado se resta de la señal de cada diodo, de manera que el nivel oscuro de cada diodo corresponde a una señal neta igual a cero.

En la segunda etapa de la calibración del detector de radiación, se determinan las señales de los diodos individuales de la matriz de detectores de radiación con la fuente de radiación encendida y únicamente con la cinta transportadora vacía situada en la trayectoria de rayos entre la fuente de radiación y el detector de radiación. Estas señales representan el nivel de brillo máximo respectivo para cada diodo individual. Cada señal es digitalizada, el respectivo valor de nivel oscuro es restado y se utilizan los valores de señal neta resultantes para calcular y almacenar factores de normalización para diodos individuales. Como resultado de la calibración, los valores de la señal de nivel oscuro normalizado para todos los diodos, serán todos igual a cero y los niveles máximos de brillo de todos los fotodiodos corresponderán todos a un valor normalizado idéntico, por ejemplo 255 si se expresa en términos de un bit de 8 bits en número binario.

En el modo de funcionamiento del sistema de inspección radiográfico, el valor de medición bruto de cada diodo se convierte primero en un valor neto restando el valor de la señal oscura almacenada y luego en un valor normalizado multiplicando el valor neto por el factor normalizado almacenado para el respectivo diodo.

A medida que se realiza la calibración con el transportador en posición, la reducción de brillo debida al transportador se incluye automáticamente en los resultados normalizados, de manera que en el caso de una cinta transportadora, un fondo de nivel de gris constante en la imagen radiográfica causada por la absorción radiográfica de la correa ya es anulada en los valores de brillo normalizados.

#### Objeto del invento

Teniendo en cuenta las limitaciones de un sistema de inspección radiográfico con una cadena transportadora según el documento US 2012/0128133 A1, y además en vista del hecho de que el estado de la técnica ya ofrece un método para anular la imagen de fondo en sistemas de inspección con transportadores de cinta convencionales a través de un procedimiento de calibración, el presente invento tiene por tanto el objetivo de proporcionar un método y un sistema de inspección radiográfico con un modo de calibración desarrollado adicional capaz de anular la imagen de fondo en un sistema de inspección con una cadena transportadora modular.

El documento WO 2009/114928 describe un sistema de inspección de radiación teniendo una fuente de radiación, una cinta transportadora de bucle cerrado y un detector. Las bandejas se colocan libremente en la cinta transportadora. La imagen de radiación de la bandeja y de la cinta transportadora vacía se resta de la imagen sin procesar para generar una imagen substraída en segundo plano. Una característica de registro en la bandeja es utilizada para alinear las imágenes antes de la resta.

#### Resumen del invento

El método según el invento, está diseñado para su uso en un sistema de inspección radiográfico con una fuente de radiación emitiendo rayos de exploración, además con un detector de radiación recibiendo los rayos de exploración y convirtiéndolos en señales de detector, con un procesador generando una imagen radiográfica basada en las señales de detector de radiación y con una cadena transportadora modular con segmentos modulares idénticos conectados en un bucle cerrado en el que cada segmento modular comprende una característica de registro, donde los artículos bajo inspección son transportados en la cadena transportadora modular a través de un espacio que es atravesado por los rayos de escaneo. De acuerdo con el invento, el método lleva a cabo la tarea de eliminar de dicha imagen radiográfica una imagen de fondo que es causada esencialmente por los segmentos de la cadena transportadora y por factores inherentes al detector de radiación. Como resultado, una imagen de salida es obtenida la cual muestra los artículos bajo inspección sin la imagen de fondo de interferencia de la cadena transportadora.

En esencia, el método abarca dos modos de funcionamiento del sistema de inspección radiográfico, es decir, un modo de calibración y un modo de inspección.

En el modo de calibración, los datos que reflejan la influencia de la fuente de radiación y el detector de radiación, así como los datos de imagen para uno de los segmentos modulares, son adquiridos por el sistema de inspección radiográfico y procesados digitalmente como datos de calibración que son almacenados a continuación en una memoria del sistema de inspección radiográfico.

Esto implica adquirir datos de calibración digital a través de la determinación de las señales oscuras de los fotodiodos individuales de la matriz de detectores de radiación midiendo sus respectivas corrientes de diodo

mientras la fuente de radiación es apagada, digitalizando dicha corriente de diodo y reteniendo dichos datos de calibración digital en un conjunto de datos unidimensional, adquiriendo datos de imagen en bruto para uno de los segmentos modulares del transportador vacío y reteniendo los datos de imagen en bruto en un primer conjunto de datos bidimensionales como una imagen digital en bruto del segmento modular y procesando digitalmente los datos retenidos en los pasos anteriores.

En el modo de inspección, la imagen radiográfica de los artículos bajo inspección con el fondo de la cadena transportadora es adquirida por el sistema de inspección radiográfico en forma de datos de imagen digital en bruto y los datos de imagen digital en bruto son retenidos en un segundo conjunto de datos bidimensionales como una imagen digital en bruto del artículo con el fondo de la cadena transportadora. Los datos de imagen en bruto son procesados aritméticamente con la ayuda de los datos de calibración previamente almacenados en una imagen de salida clara sin el fondo de interferencia de la cadena transportadora.

Con el fin de poder correlacionar geoméricamente los datos de imagen en bruto recogidos en el modo de inspección con los datos de calibración recogidos y almacenados en el modo de calibración, cada segmento modular tiene una característica de registro a través de la cual, una ubicación dentro de cualquier imagen radiográfica es referenciada al segmento modular subyacente con una coordenada de registro longitudinal y, en una dirección de transporte de la cadena transportadora.

El método aprovecha el hecho de que la cadena transportadora está constituida por un bucle sin fin de segmentos modulares idénticos. Por lo tanto, en el modo de calibración es suficiente adquirir, procesar y almacenar los datos para cualquiera de los segmentos modulares en lugar de adquirir los datos de toda una cadena con, normalmente, varios cientos de segmentos, lo que requeriría una cantidad de tiempo considerablemente mayor para el modo de calibración y una cantidad prohibitiva de capacidad de memoria para los datos de calibración.

En modelos de fabricación preferentes, un sistema de inspección radiográfico pudiendo ser accionado de acuerdo con el método del invento, está equipado con una fuente de radiación de tamaño de punto y con un detector de radiación constituido por un conjunto lineal de fotodiodos estando distanciados a una distancia uniforme del uno al otro. La fuente de radiación y el detector de radiación son enfrentados entre sí a través de la cadena transportadora modular. La fuente de radiación genera rayos de exploración la cual emana una especie de haz plano en forma de abanico desde la fuente de radiación hasta el detector de radiación. La disposición espacial de la fuente de radiación y del detector de radiación, es tal que el haz de radiación en forma de abanico y el conjunto lineal de fotodiodos se encuentran en un plano de exploración común que preferentemente se extiende sustancialmente de manera ortogonal a la dirección de desplazamiento de la cadena transportadora. En otro modelo de fabricación de la disposición, la fuente de radiación puede ser colocada verticalmente por encima de la cadena transportadora y el detector de radiación verticalmente por debajo de la cadena transportadora.

Ventajosamente, debido a la naturaleza del detector de radiación como un conjunto lineal de fotodiodos, una ubicación dentro de cualquier imagen radiográfica puede ser referenciada además en la dirección transversal de la cadena transportadora con una coordenada de registro transversal x correspondiente a la posición de matriz del fotodiodo asociado con esa localización dentro de la imagen radiográfica.

Mientras los artículos bajo inspección se desplazan sobre la cadena transportadora a través del plano de exploración, el conjunto de fotodiodos es accionado por una secuencia continua de impulsos generados por un reloj interno o por un dispositivo codificador, en el que la temporización de los impulsos puede estar sincronizada con el movimiento de la cadena transportadora, de modo que el conjunto de fotodiodos lineales genere señales de detección a intervalos uniformemente espaciados. En un modelo de fabricación alternativo, mientras los artículos bajo inspección se mueven a través del plano de exploración, la radiación de escáner puede generarse en una secuencia continua de impulsos discretos y la frecuencia de impulsos está coordinada con la velocidad de la cadena transportadora, de modo que la secuencia de señales recibida por el conjunto de detectores de radiación pueda traducirse en un patrón de puntos de trama con diferentes valores de brillo.

Por ejemplo, para sincronizar las señales de detección del conjunto de fotodiodos con el movimiento de la cadena transportadora, los impulsos podrían ser activados a intervalos uniformes predeterminados de la coordenada de registro y, de manera que la sincronización de las señales de detección sería en efecto controlado por la mencionada característica de registro.

Cada vez que el conjunto lineal de fotodiodos recibe un impulso de disparo, produce una línea de puntos de imagen de la imagen radiográfica y toda la corriente secuencial de impulsos de disparo, da como resultado una imagen en forma de trama continua de los objetos que viajan sobre el transportador, así como de la propia cadena transportadora, en la que cada punto de imagen es referenciado espacialmente mediante coordenadas de registro x e y como se ha descrito anteriormente. La imagen misma deriva de los diferentes niveles respectivos de brillo de los puntos de imagen en la trama. El brillo de un punto de imagen es expresado preferentemente como un valor de brillo

en forma digital. Por consiguiente, el conjunto de datos que caracteriza un punto de imagen contiene las coordenadas de registro y el nivel de brillo del punto de imagen.

5 En un sistema en el que una imagen radiográfica es formada de acuerdo con la descripción anterior, los factores que determinan los niveles de brillo de los puntos de imagen individuales son:

- La señal oscura individualmente diferente y la diferente sensibilidad a la radiación de cada fotodiodo en la matriz de detectores de radiación;

10 - La distancia individualmente diferente de cada fotodiodo de la fuente de radiación;

- La cantidad individualmente diferente de intensidad de radiación perdida a lo largo de la trayectoria de rayos desde la fuente de radiación a cada fotodiodo debido a la absorción en la cadena transportadora; y

15 - La cantidad individualmente diferente de intensidad de radiación perdida a lo largo de la trayectoria de rayos desde la fuente de radiación a cada fotodiodo debido a la absorción en un artículo bajo inspección.

20 Por consiguiente, en una primera etapa del modo de calibración del método de acuerdo con el invento, la fuente de radiación se desconecta y se mide una corriente de diodo para cada diodo en el conjunto de detectores de radiación. La señal de corriente de diodo se digitaliza y se almacena en memoria junto con la coordenada de registro transversal  $x$  como la señal oscura  $D(x)$  del diodo respectivo.

25 En una segunda etapa del modo de calibración, la fuente de radiación emite radiación, el detector de radiación recibe impulsos de disparo para generar señales de detección y la cadena transportadora está en movimiento. Los datos de imagen para un segmento de la cadena transportadora vacía se obtienen como una matriz  $x/y$  de valores de calibración de brillo bruto  $RBC(x, y)$ . Un valor de calibración neto de brillo  $NBC(x, y)$  es calculado para cada posición  $x$  /  $y$  de la matriz, restando la señal oscura  $D(x)$  del valor brillo de la calibración de brillo  $RBC(x, y)$ . El valor recíproco  $1 / NBC(x, y)$  (o un múltiplo  $k / NBC(x, y)$ , donde  $k$  es un factor de normalización arbitrariamente seleccionado) es almacenado como factor de calibración de brillo  $C(x, y)$  para su respectiva ubicación.

30 En el modo de inspección, los datos de imagen en bruto para la cadena transportadora con los artículos bajo inspección, se adquieren como una corriente continua de valores de brillo netos, cada uno de los cuales puede convertirse inmediatamente en un valor de salida normalizado rescatando primero la señal oscura  $D(x)$  para el fotodiodo respectivo y luego multiplicando el valor de brillo neto resultante con el factor de calibración  $C(x, y)$  para la posición respectiva. Los valores de salida normalizados se ponen a disposición para visualización y / o para un procesamiento posterior y como resultado, mientras los artículos bajo inspección se desplazan a través del plano formado por los rayos de exploración, formándose una imagen de trama continua en la que los artículos bajo inspección pueden verse sin la imagen de fondo de la cadena transportadora.

35 40 Un sistema de inspección radiográfico en el que se implementa el método de acuerdo con la descripción anterior incluye una fuente de radiación que emite rayos de exploración, un detector de radiación en forma de un conjunto de fotodiodos que recibe los rayos de exploración y los convierte en señales de detector, una imagen radiográfica basada en las señales del detector y una cadena transportadora modular con segmentos modulares idénticos, estando conectados en un circuito cerrado, cuya cadena transportadora modular está dispuesta entre la fuente de radiación y el detector de radiación sirviendo para transportar artículos bajo inspección, comprendiendo en cada uno de los segmentos modulares idénticos, una característica de registro por la que una localización dentro de la imagen radiográfica puede ser referenciada al segmento modular subyacente de dicha ubicación con una coordenada de registro longitudinal y en una dirección de transporte de la cadena transportadora.

45 50 En un modelo de fabricación preferente del sistema de inspección radiográfico, la característica de registro es realizada como una parte de borde lateral en forma de rampa formada en el segmento modular, en el que la radiación pasa a través de la característica de registro en forma de rampa. Esto es ventajoso, ya que puede hacerse uso de la radiación ya instalada.

55 un sensor óptico, un sensor de láser, un sensor de inducción magnética, un sensor de perfil magnético, una sección de regla dentada formada en el segmento modular o como un patrón de temporización circular codificado conectado a un piñón de la cadena transportadora.

60 En modelos de fabricación preferentes de un sistema de inspección radiográfico de acuerdo con el invento, la radiación emitida por la fuente de radiación está en el rango espectral de rayos X, mientras que los fotodiodos del detector de radiación tienen una sensibilidad espectral, la cual es mayor para una luz con una longitud de onda más larga que los rayos X. Los fotodiodos están preferentemente cubiertos con una capa de material fluorescente, la cual

sirve para convertir los rayos X en luz de una longitud de onda adaptada a la sensibilidad espectral de los fotodiodos.

#### Breve descripción de los dibujos

5 La siguiente descripción de modelos de fabricación y detalles específicos del invento está apoyada por los dibujos adjuntos, en los que:

10 la figura 1, ilustra un sistema de inspección radiográfica con las características requeridas para implementar el método;

la figura 1A, representa un detalle ampliado de la figura 1;

las figuras 2A, 2B, 2C representan vistas diferentes de una parte de la cadena transportadora en un sistema de inspección radiográfico de acuerdo con el invento; y

15 las Figuras 3A, 3B, 3C representan imágenes radiográficas de (A) la cadena transportadora vacía, (B) un artículo bajo inspección con el fondo de la cadena transportadora, y (C) un artículo bajo inspección en el que el fondo se ha eliminado de acuerdo con el método del presente invento.

#### Descripción detallada de las realizaciones específicas del invento

20 Las figuras 1 y 1 A ilustran un sistema de inspección radiográfico 1 de una configuración adecuada para llevar a cabo el método según el invento. Los elementos principales del sistema de inspección radiográfico 1 son la cadena transportadora modular 2 (mostrada en sección transversal con su dirección de transporte orientada hacia el observador), un artículo 3 transportado en la cadena transportadora 2, una fuente de radiación 4, un detector de radiación 5 con un conjunto de fotodiodos lineales 7 y una característica de registro en forma de rampa 6 como se muestra en detalle en las figuras 2A, 2B y 2C. La fuente de radiación 4 genera rayos de exploración los cuales emanan como una especie de haz plano en forma de abanico desde la fuente de radiación 4 hacia el conjunto de fotodiodos 7 del detector de radiación 5. Un segmento 8 del abanico de rayos de imagen pasa a través del artículo 3 y un segmento 9 de los rayos de imagen pasa a través de la característica de registro en forma de rampa 6. Las señales producidas por los fotodiodos en el conjunto 7 en respuesta a un impulso de disparo son convertidas por un ordenador o procesador (no mostrado en el dibujo) del sistema de inspección radiográfico 1 en una línea de puntos de imagen de una imagen radiográfica en forma de trama que representa la cadena transportadora modular 2 y los artículos 3 sobre la misma. A medida que la cadena transportadora 2 con los artículos 3 se mueve continuamente, cada impulso de disparo recibido por el detector de radiación 5 produce una nueva línea de la imagen radiográfica en forma de trama.

35 La figura 2A muestra dos segmentos 21 de la cadena transportadora modular 2 en una vista en perspectiva dirigida hacia la superficie de transporte de la cadena transportadora 2, mientras que la figura 2B representa una vista en perspectiva dirigida hacia la parte inferior y la figura 2C representa una vista lateral de los segmentos de la cadena transportadora modular 21. Los segmentos 21 están conectados entre sí por bisagras 22 las cuales se extienden sobre todo el ancho de la cadena transportadora 2. Un pasador de bisagra 23 está fabricado preferentemente del mismo material que los segmentos. Cada segmento 21 tiene una característica de registro 6 en forma de una parte de borde lateral en forma de rampa 6. Puesto que la altura  $h$  del borde lateral en forma de rampa 6 es una característica lineal de la distancia y desde el extremo del segmento de cadena, la coordenada de registro y para cualquier posición P en el segmento de cadena modular 2 y en la imagen radiográfica (ver figuras 3A-C), puede ser establecida por medio de la altura asociada  $h$  de la parte de borde 6.

40 La figura 3A representa una imagen radiográfica 31 de la cadena transportadora vacía 2 de las figuras 2A-C, tal como aparecería por ejemplo en el sistema de inspección 1 de la figura 1, si se usara el método convencional de normalización de detector de radiación, en lugar de la anulación de fondo según el invento. Las partes pesadas de bisagra 22 de los segmentos 21 de la cadena transportadora 2, aparecen como rayas paralelas oscuras y las partes de borde 6 aparecen como triángulos oscuros. Se muestra una ubicación P con sus coordenadas de registro  $x$ , y más la altura asociada  $h$  de la imagen de borde triangular, para ilustrar la relación lineal entre  $h$  e  $y$ , por lo que la coordenada  $y$  de P puede establecerse determinando  $h$ . Como es evidente a partir del dibujo, las posiciones análogas P con coordenadas de registro  $x$  e  $y$  idénticas se repiten continuamente desde un segmento de la cadena transportadora modular 2 a la siguiente.

55 La figura 3B representa una imagen radiográfica 32 de la cadena transportadora 2 con un artículo 3, de nuevo tal y como aparecería en el sistema de inspección 1 de la figura 1, si se usara el método convencional de normalización de detector de radiación en lugar del método de anulación de fondo según el invento. La imagen oscura del artículo 3 aparece superpuesta sobre la imagen de fondo de los segmentos 21 de la cadena transportadora 2.

60 La figura 3C representa la imagen de salida 33, que el sistema de inspección radiográfico 1 generará del mismo artículo 3 y cadena transportadora 2 si se utiliza el método de procesamiento de señales según el invento. A medida

que se ha anulado la imagen de fondo a rayas de los segmentos de cadena transportadora 21, la imagen de salida 33 del artículo 3 está exenta del fondo interferente.

5 A pesar de que el invento ha sido descrito a través de la presentación de ejemplos específicos de modelos de fabricación, será evidente para el lector que se podrían desarrollar numerosas variantes de los modelos de fabricación a partir de las enseñanzas del presente invento, por ejemplo, combinando las características de los ejemplos individuales entre sí y/o intercambiando unidades funcionales individuales entre los modelos de fabricación descritos en la presente memoria. Por ejemplo, el concepto del invento es aplicable a la radiación de cualquier longitud de onda que puede ser transmitida, al menos parcialmente, por un objeto bajo inspección y/o la cadena transportadora. Un dispositivo de radiación distinto al de un conjunto de fotodiodos lineales, como un detector de radiación de formato 2D, como por ejemplo, matrices de fotodiodos de área, intensificadores de imagen, placas de imagen de panel plano, pantalla de centelleo y cámara, etc., pudiéndose aplicar la característica de registro y su modo de funcionamiento. No hace falta decir que cualquiera de tales variantes del modelo de fabricación se considera que forman parte del presente invento

15

Lista de números de referencia

- |    |    |  |
|----|----|--|
|    | 1  | sistema de inspección radiográfico                             |
|    | 2  | cadena transportadora modular                                  |
| 20 | 3  | artículo bajo inspección                                       |
|    | 4  | fuelle de radiación  |
|    | 5  | detector de radiación  |
|    | 6  | característica de registro                                     |
|    | 7  | conjunto lineal de fotodiodos                                  |
| 25 | 8  | segmento de abanico de rayos que pasan por 3                   |
|    | 9  | segmento de abanico de rayos que pasan por 6                   |
|    | 21 | segmento de la cadena transportadora modular 2                 |
|    | 22 | segmentos de conexión de bisagra 21                            |
|    | 23 | bisagra  |
| 30 | X  | coordenada de registro transversal                             |
|    | Y  | coordenada de registro longitudinal                            |
|    | P  | ubicación dentro de la imagen radiográfica, punto de la imagen |

**REIVINDICACIONES**

5 1. Método para operar un sistema de inspección radiográfico (1) con una fuente de radiación (4) que emite rayos de  
 escaneo, además con un detector de radiación (5) recibiendo los rayos de escaneo y convirtiéndolos en señales de  
 detector, con un procesador que genera una imagen radiográfica (31, 32, 33) basada en las señales de detección, y  
 con una cadena transportadora modular (2), comprendiendo segmentos modulares idénticos (21) conectados en bucle  
 cerrado, sirviendo para transportar artículos (3) bajo inspección a través de un espacio que es atravesado por los rayos  
 10 de escaneo, comprendiendo cada segmento modular (21) una característica de registro (6); sirviendo dicho método  
 para eliminar de la imagen radiográfica (32) una imagen de fondo (31) que es causada esencialmente por los  
 segmentos modulares de la cadena transportadora (21) y por factores inherentes al detector de radiación (5),  
 comprendiendo el método un modo de calibración mediante los siguientes pasos:

15 C1) registrar datos de calibración digital a través de la determinación de las señales oscuras de los fotodiodos  
 individuales del conjunto de detectores de radiación (5) midiendo sus respectivas corrientes de diodo mientras se  
 desconecta la fuente de radiación (4), digitalizando dicha corriente de diodo y reteniendo dichos datos de calibración  
 digital en una matriz de datos unidimensional,

20 C2) registrar datos de imagen en bruto para uno de los segmentos modulares (21) del transportador vacío y retener los  
 datos de imagen en bruto en una primera matriz de datos bidimensionales como una imagen digital en bruto del  
 segmento modular (21),

C3) procesar digitalmente los datos retenidos en los pasos C1) y C2) reflejando la influencia de la fuente de radiación  
 (4) y del detector de radiación (5) y de los datos de imagen para uno de los segmentos modulares (21) en datos de  
 calibración y almacenando dichos datos de calibración en una memoria del sistema de inspección radiográfico (1),

25 comprendiendo el método además, un modo de inspección con los siguientes pasos:

I1 adquirir una imagen radiográfica en forma de datos de imagen digital en bruto de los artículos (3) desplazándose en  
 la cadena transportadora (2) y reteniendo los datos de imagen digital en bruto en una segunda matriz de datos  
 30 bidimensionales en forma de imagen digital en bruto del artículo (3) con el fondo de la cadena transportadora (2), y

I2 procesar aritméticamente los datos de imagen digital en bruto con la ayuda de los datos de calibración en una  
 emisión clara de imagen (33) sin dicha imagen de fondo (31),

35 y comprendiendo el método además, la referenciación de una ubicación (P) dentro de cualquier imagen radiográfica  
 hacia el segmento modular subyacente (21) con una coordenada de registro longitudinal (y) en una dirección de  
 transporte de la cadena transportadora (2).

40 2. Método según la reivindicación 1, siendo la fuente de radiación (4) una configuración de tamaño de punto y el  
 detector de radiación (5) comprende un conjunto lineal de fotodiodos (7) dispuestos a intervalos regulares, estando  
 dicha fuente de radiación (4) y dicha radiación (5) enfrentados entre sí a través de la cadena transportadora modular  
 (2), saliendo los rayos de escaneo como un haz plano en forma de abanico desde la fuente de radiación (4) hacia el  
 detector de radiación (5), estando dicho haz de radiación en forma de abanico (7) y dicho conjunto lineal de fotodiodos  
 situados en un plano de escaneo común, extendiéndose sustancialmente ortogonal a la dirección de desplazamiento de  
 la cadena transportadora (2).

45 3. Método según la reivindicación 2, donde una ubicación (P) dentro de la imagen radiográfica puede ser referenciada  
 además en una dirección transversal de la cadena transportadora con una coordenada de registro transversal (x)  
 correspondiente a una posición de matriz (x) del fotodiodo asociado con dicha ubicación.

50 4. Método según las reivindicaciones 1 a 3, donde, mientras los artículos (3) se desplazan bajo inspección en la cadena  
 transportadora (2) a través del plano de escaneo, la radiación de escáner es generada por la fuente de radiación en un  
 flujo continuo de radiación, mientras el detector de radiación es activado mediante pulsos para generar señales de  
 detección, estando la temporización de los impulsos sincronizada con el movimiento de la cadena transportadora (2) de  
 manera que los tiempos en los que el haz de radiación en forma de abanico es convertido en una señal de salida del  
 55 detector de radiación, correspondan a intervalos uniformes de la cadena transportadora (2) y a los artículos (3) que se  
 transportan sobre la misma.

60 5. Método según la reivindicación 4, donde la sincronización entre los impulsos de activación y el movimiento de la  
 cadena transportadora (2) se efectúa generando los impulsos de disparo a intervalos uniformes predeterminados de la  
 coordenada de registro (y), de manera que la sincronización de los impulsos de activación es controlada por la  
 característica de registro (6).

6. Método según la reivindicación 4 y 5, donde en cada impulso de activación individual, la radiación recibida por los  
 fotodiodos (7) del conjunto de detectores de radiación (5) se convierte en una línea de puntos de imagen

- sustancialmente equidistantes y la secuencia de impulsos de disparo provoca que se genere una serie de líneas paralelas sustancialmente equidistantes de puntos de imagen, de manera que dichas líneas de puntos de imagen forman la imagen radiográfica en forma de una trama de líneas y columnas de puntos de imagen, en donde cada línea de puntos de imagen está asociada con un impulso de activación que se produce en un punto dado en el tiempo y cada columna de puntos de imagen es asociada con un fotodiodo específico en el conjunto lineal de fotodiodos, estando cada punto de imagen referenciado espacialmente mediante coordenadas de registro (x, y) contra un segmento modular subyacente (21) de la cadena transportadora (2), y estando además cada punto de imagen caracterizado individualmente por un nivel de brillo que puede ser expresado en forma digital como un valor de brillo.
- 5
7. Método según la reivindicación 6, donde el nivel de brillo de un punto de imagen se determina mediante:
- una señal oscura individualmente diferente y sensibilidad a la luz de cada fotodiodo (7) en el conjunto de detección de radiación (5);
  - una distancia individualmente diferente de cada fotodiodo de la fuente de radiación (4);
  - una cantidad de intensidad de radiación diferente individualmente perdida a lo largo de una trayectoria de rayos desde la fuente de radiación hacia cada fotodiodo debido a la absorción en la cadena transportadora (2); y
  - una cantidad de intensidad de radiación diferente individualmente perdida a lo largo de la trayectoria de rayos desde la fuente de radiación hacia cada fotodiodo debido a la absorción en un artículo (3) bajo inspección.
- 10
- 15
8. Método según la reivindicación 1, donde en el modo de calibración, la etapa de adquirir datos de imagen para uno de los segmentos modulares (21) comprende: girar la fuente de radiación (4) y poner en movimiento la cadena transportadora (2), adquirir datos de imagen para un segmento (21) de la cadena transportadora vacía (2) como un conjunto (x, y) de valores de calibración de brillo brutos RBC (x, y), calcular los valores de calibración de brillo neto NBC (x, y) para cada localización (x, y) substrayendo la señal oscura D (x) del valor neto de calibración de brillo RBC (x, y), calcular un factor de calibración de brillo  $C(x,y) = k/NBC(x,y)$  y almacenar el factor de calibración de brillo en una matriz de memoria C (x, y), donde k es un factor de normalización arbitrariamente seleccionado.
- 20
- 25
9. Método según la reivindicación 8, donde en el modo de inspección, la etapa de adquirir una imagen radiográfica en forma de datos de imagen digital en bruto de los artículos (3) que se desplazan en la cadena transportadora (2) comprende: adquirir la imagen radiográfica de los artículos con el fondo subyacente de la cadena transportadora modular (2) en la forma de puntos de imagen (P), referenciar cada punto de imagen (P) a la dirección de fondo subyacente por medio de las coordenadas de registro (x, y), y digitalizar el nivel de brillo de cada punto de imagen (P) en un valor de brillo bruto RBV (x, y).
- 30
10. Método según la reivindicación 9, donde en el modo de inspección, la etapa de procesar aritméticamente los datos de imagen digital en bruto con la ayuda de los datos de calibración, en una imagen de salida clara sin la imagen de fondo comprende: substrair la señal oscura D (x) del valor de brillo bruto RBV (x, y) para producir un valor neto de brillo NBV (x, y), calcular un valor de brillo normalizado CBV (x, y) = C (x, y) x NBV (x, y) y añadir un nuevo punto de trama con un valor de brillo normalizado CBV (x, y) a la imagen de salida continua del sistema de inspección radiográfico (1).
- 35
11. Sistema de inspección radiográfico (1) configurado para realizar el método según una de las reivindicaciones 1 a 10, comprendiendo una fuente de radiación (4) que emite rayos de escaneo, un detector de radiación (5) en forma de un conjunto de fotodiodos (7) que recibe los rayos escaneados y los convierte en señales de detector, un procesador que genera una imagen radiográfica basada en las señales de detector y una cadena transportadora modular (2) con segmentos modulares idénticos (21), estando conectados en un circuito cerrado, cuya cadena transportadora modular (2) está dispuesta entre la fuente de radiación (4) y el detector de radiación (5) sirviendo para transportar artículos (3) bajo inspección, comprendiendo cada uno de los segmentos modulares idénticos (21) una característica de registro (6) por lo que una ubicación (P) dentro de la imagen radiográfica puede referenciarse al segmento modular subyacente (21) con una coordenada de registro longitudinal (y) en la dirección de transporte de la cadena transportadora (2).
- 40
- 45
12. Sistema de inspección radiográfico según la reivindicación 11, donde la característica de registro comprende una parte de borde lateral (6) en forma de rampa formada sobre el segmento modular (21).
- 50
13. Sistema de inspección radiográfico según la reivindicación 11, donde la característica de registro comprende un segmento lineal dentado conformado en el segmento modular (21).
- 55
14. Sistema de inspección radiográfico según la reivindicación 11, donde la característica de registro comprende una configuración de sincronización circular codificada conectada a un accionamiento de piñón de la cadena transportadora (2).
- 60
15. Sistema de inspección radiográfico según una de las reivindicaciones 11 a 14, comprendiendo la radiación rayos X, y presentando los fotodiodos una sensibilidad espectral que es mayor para luz con una longitud de onda más larga que los rayos X, comprendiendo un revestimiento fluorescente diseñado para convertir los rayos X en luz de una longitud de onda adaptada a la sensibilidad espectral de los fotodiodos.

Fig. 1

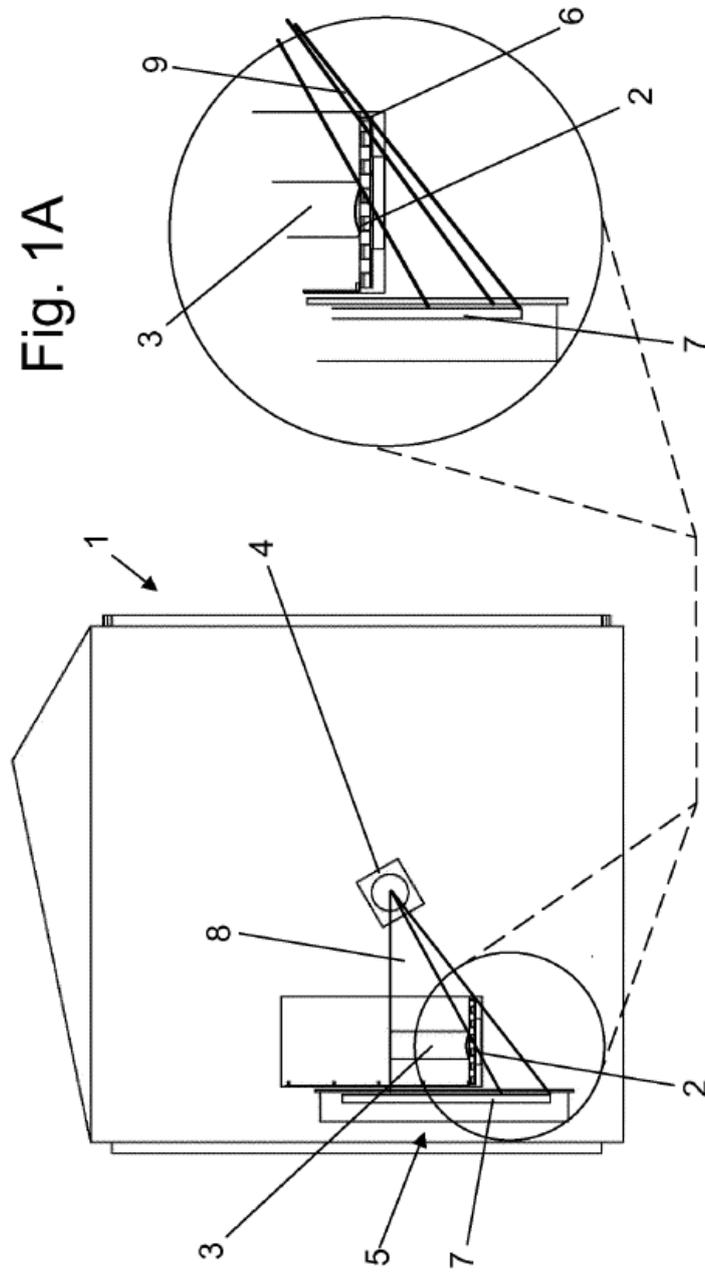


Fig. 2A

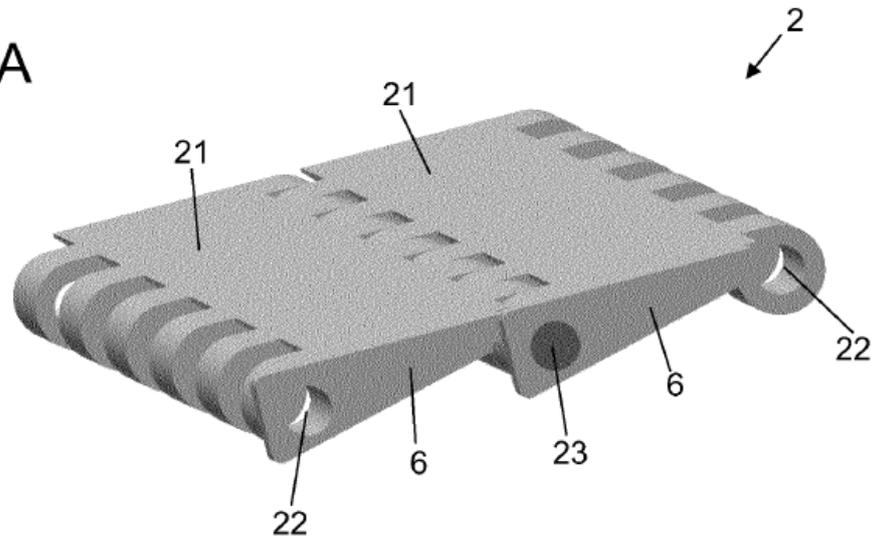


Fig. 2B

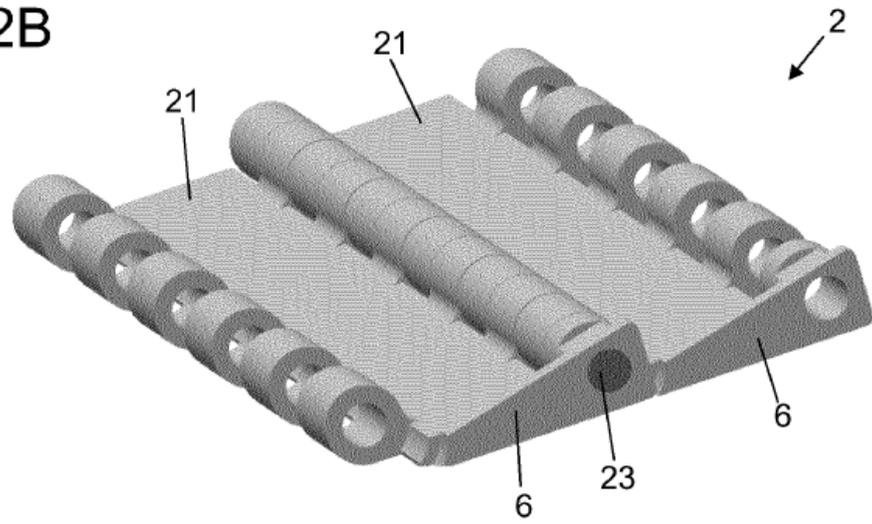


Fig. 2C

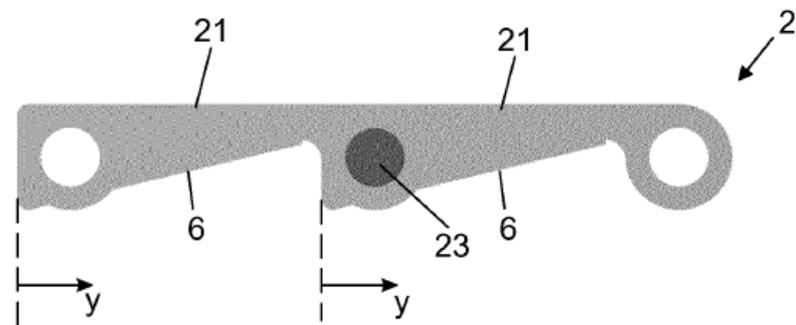


Fig. 3A

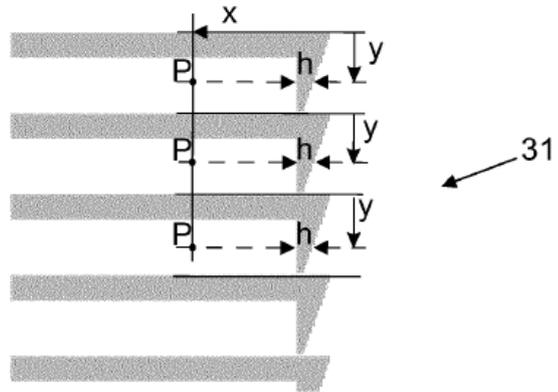


Fig. 3B

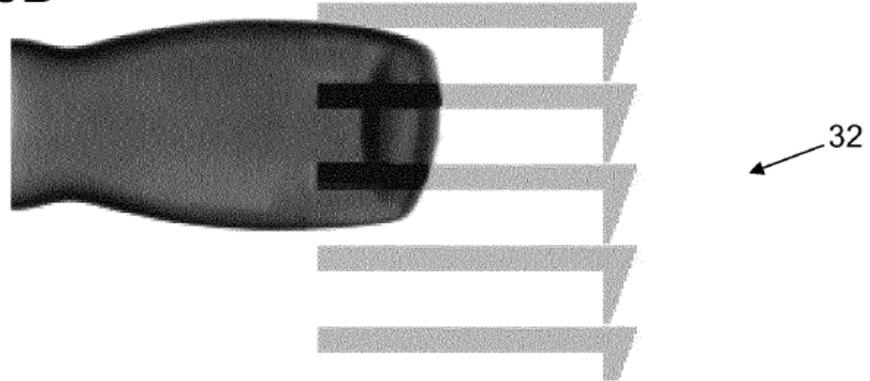


Fig. 3C

