

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 480**

51 Int. Cl.:

**G01N 23/04** (2008.01)

**G01N 23/083** (2008.01)

**G01N 23/06** (2008.01)

**G01N 33/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2009** **E 09180863 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018** **EP 2343536**

54 Título: **Detección de una anomalía en un material biológico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.12.2018**

73 Titular/es:

**MANTEX IP AB (100.0%)  
Torshamnsgatan 30F  
164 40 Kista, SE**

72 Inventor/es:

**KULLENBERG, RAGNAR;  
ULLBERG, ANDERS;  
ODÉN, ERIK y  
DANIELSSON, FREDRIK**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 694 480 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**

Detección de una anomalía en un material biológico

5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a un método y a un aparato para detectar una anomalía en la forma de objetos inorgánicos de piedra, metal y/o vidrio en un material biológico, tal como madera.

10 Antecedentes

En la industria de la madera y de la celulosa a menudo es deseable ser capaces de detectar una anomalía en un material biológico. La anomalía puede ser una anomalía orgánica, tal como podredumbre, ataques de insectos, nudos, azulado o anillos anuales en la madera. La anomalía también puede ser un objeto inorgánico, tal como piedra, metal o vidrio, presente en el material biológico.

15 La detección de anomalías orgánicas puede, por ejemplo, ser útil para poder clasificar material biológico de calidad inferior para garantizar que un producto final cumpla con un estándar específico. La detección de objetos inorgánicos presentes en el material biológico, por otro lado, se puede requerir con el fin de eliminar el objeto inorgánico, ya que podría dañar las máquinas para cortar, moler o clasificar el material biológico y podría causar detenciones costosas.

20 Con el fin de detectar metal o piedra en un flujo de material de tipo madera, se sabe con anterioridad que se debe permitir que penetre la radiación electromagnética en el flujo de material de tipo madera y, por lo tanto, se mida la intensidad y se calcule la cantidad de intensidad original que se ha absorbido. Dado que el coeficiente de absorción normalmente es más alto para el metal o la piedra que para la madera, una elevada absorción de intensidad puede indicar la presencia de piedra o de metal. Un ejemplo de tal método y dispositivo se encuentra en el documento EP 1 484 612. Este método y dispositivo conocido usa la radiación de una única longitud de onda, y los resultados son impredecibles. Normalmente, un umbral de absorción de intensidad usado para indicar la presencia de piedra o de metal es o bien demasiado alto, de manera que algunos objetos inorgánicos no se detectan, lo que puede dar como resultado el daño a las máquinas y detenciones costosas debido a las averías, o bien, si el umbral de absorción de intensidad se reduce en un intento de evitar objetos inorgánicos no detectados, tiende a haber un número significativo de falsas alarmas que da como resultado una gran cantidad de detenciones cortas pero innecesarias. Además, la sensibilidad de este método es insuficiente para la detección de anomalías orgánicas.

35 El documento WO 97/35175 desvela un método para el uso de la radiación de varios niveles de energía con el fin de distinguir entre, por ejemplo, diferentes tipos de material en la madera, etc. Sin embargo, este método principalmente está pensado para determinar la calidad de troncos de árboles y similares, y no está pensado ni es adecuado para controlar, por ejemplo, material preprocesado en un proceso industrial.

40 El documento US 3 452 193 desvela un método y un aparato para determinar el contenido de humedad en madera verde y similares. Con este fin, se pasa una pieza de madera por una estación de control fija. En la estación de control, los rayos X colimados en un lápiz de haz se dirigen a través de la madera, y se detecta la energía transmitida y se analiza para determinar el contenido de humedad.

45 El documento US 6 449 334 desvela un método para determinar el contenido de grasa o de hueso de carne cortada o procesada. Esto se hace analizando la absorción fotoeléctrica y la dispersión de Compton para la radiación de dos energías diferentes. Este método es útil para determinar el contenido de dos constituyentes bien definidos, tales como carne y hueso.

50 Por lo tanto, hay una necesidad por un método y un aparato que se pueda usar de manera conveniente en un proceso industrial para detectar anomalías de manera fiable en un material biológico, tal como material biológico preprocesado.

Sumario de la invención

55 Es, por lo tanto, un objeto de la presente invención, proporcionar un método mejorado y un aparato para detectar de manera fiable anomalías en la forma de objetos inorgánicos de piedra, metal y/o vidrio en un material biológico, y en particular, material biológico preprocesado, que supere o al menos mejore los problemas tratados anteriormente de la técnica anterior.

60 Este objeto se logra por medio de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con la invención, se proporciona un método para la detección de una anomalía en la forma de objetos inorgánicos de piedra, metal y/o vidrio en un material biológico, tal como se define en la reivindicación 1.

65 El método comprende las etapas de: irradiar al material biológico con radiación electromagnética de al menos dos niveles de energía diferentes; medir la cantidad de radiación transmitida a través del material biológico a los niveles

de energía; determinar, para cada nivel de energía, un valor de transmisión a través del material biológico basado en la radiación a través del material biológico; irradiar un material de referencia de un espesor predeterminado con radiación electromagnética de los niveles de energía; medir la cantidad de radiación transmitida a través del material de referencia a los niveles de energía; determinar, para cada nivel de energía, un valor de referencia de calibración basado en la radiación transmitida a través del material de referencia; determinar, para cada nivel de energía, un valor de transmisión calibrado basado en una proporción entre el valor de transmisión determinado a través del material biológico para el nivel de energía y el valor de referencia de calibración determinado para el nivel de energía; determinar un valor del material basado en una relación entre el valor de transmisión calibrado para los niveles de energía; y determinar la presencia de una anomalía en el material biológico basada en una comparación entre el valor del material determinado y un valor del material esperado para el material biológico.

La presente invención es particularmente útil para detectar anomalías en virutas de madera, pero también se puede usar para otras formas de madera, así como para otros tipos de material biológico, tales como celulosa, combustible de biomasa, etc. La invención es particularmente útil para material biológico en una forma preprocesada, tal como en un estado líquido o en forma separada, y preferentemente en la forma de virutas.

La anomalía es una anomalía inorgánica de piedra, de vidrio o de metales.

Mediante la determinación de la cantidad de radiación transmitida a través del material biológico a los dos niveles de energía en relación con un valor de referencia de calibración se puede asegurar que siempre se cuenta con una calibración adecuada. Preferentemente se puede usar aire o aluminio como el material de referencia.

La presente invención se basa en el conocimiento de que mediante la determinación de la cantidad de radiación transmitida a través del material biológico en relación con un valor de referencia de calibración y el uso de una relación entre la radiación electromagnética de al menos dos niveles de energía diferentes transmitidos a través del material biológico, se puede lograr una medida más precisa y fiable. Además, en comparación con, por ejemplo, el método tratado anteriormente desvelado en el documento WO 97/35175 por los mismos inventores, con la presente invención tampoco hay necesidad de determinar los coeficientes de atenuación separados del material. En su lugar, se obtiene una medida relativa, que es mucho menos sensible a las perturbaciones, etc. Además, por lo tanto, no es necesario determinar el espesor del material. Más aún, el cociente analizado por medio de la presente invención es más sensible, y proporciona información más útil, que las energías individuales tomadas por sí solas.

Los al menos dos niveles de energía diferentes son ambos preferentemente de longitudes de onda de radiación de rayos X. Además, la radiación de ambos niveles de energía se emiten preferentemente desde una única fuente de radiación que opera en el intervalo de energía de 20 - 150 kVp. En este caso, kVp (kilovoltaje del pico) denota el voltaje máximo aplicado a través de un tubo de rayos X. Determina la energía cinética de los electrones acelerados en el tubo de rayos X y el pico energético del espectro de emisión de rayos X. El voltaje real a través del tubo puede fluctuar.

La radiación de la muestra del material biológico con radiación electromagnética de al menos dos niveles de energía diferentes preferentemente comprende una primera radiación con un primer nivel de energía, y una segunda radiación posterior con un segundo nivel de energía. Como alternativa, la fuente de radiación puede comprender dos o varios tubos de radiación yuxtapuestos separados que radian bien de manera simultánea o de manera secuencial. Preferentemente, la radiación de diferente longitud de onda atraviesa el material que se va a medir a lo largo de esencialmente la misma trayectoria.

El método/aparato de acuerdo con la presente invención se adecúa muy bien al uso en medidas en línea a lo largo de líneas de cintas transportadoras en donde se transporta el material, en tuberías, etc. Sin embargo, también es muy útil para medir una pieza de madera, por ejemplo, para determinar la calidad de la madera o para medir las muestras de material dispuesto en recipientes de muestra, por ejemplo, para probar la muestra en industrias de procesado, en medidas de campo, etc.

El valor del material se basa en un K-valor para el material biológico, el K-valor se calcula como:

$$K = \frac{\ln(N_{01}/N_1)}{\ln(N_{02}/N_2)}$$

en donde  $N_{01}$ ,  $N_{02}$  son valores de referencia calibrados para la transmisión a los dos niveles de energía y  $N_1$ ,  $N_2$  son los valores de transmisión a través del material biológico a los niveles de energía, y la presencia de una anomalía en el material biológico se determina basándose en una comparación entre el K-valor calculado y un K-valor esperado para el material biológico. Los presentes inventores han descubierto que el K-valor es relativamente estable para objetos inorgánicos de un tamaño relativamente pequeño. Por consiguiente, una ventaja con el uso del K-valor es que los objetos inorgánicos de un tamaño relativamente pequeño se pueden detectar de manera fiable. El K-valor esperado puede ser el K-valor del material circundante. Por ejemplo, si el K-valor para una parte del material tiene una desviación que supera una desviación predeterminada (por ejemplo, supera  $\pm 0,4$ ) esto puede indicar un objeto inorgánico. El K-valor esperado también puede ser un intervalo de K-valor predeterminado que se establece durante la inicialización. Por ejemplo, el K-valor predeterminado puede estar por debajo de 2,0, por encima de 1,5 o en un intervalo de 1,5 a

2.0. Como alternativa, el intervalo de K-valor se puede determinar mediante la determinación de un K-valor para el material biológico a un contenido de humedad que es típico en el proceso de control (por ejemplo, al 30 %) y el establecimiento del intervalo de K-valor como este K-valor más/menos una desviación predeterminada (por ejemplo,  $\pm 0,4$ ).

5 También es posible usar dos o más criterios a la vez, con el fin de, por ejemplo, distinguir entre diferentes tipos de anomalías, o diferentes cantidades de anomalías. Esto, por ejemplo, se puede usar para iniciar diferentes tipos de alarmas o de acciones en función del tipo y de la gravedad de las anomalías.

10 De acuerdo con una realización alternativa, el método puede comprender adicionalmente la determinación del contenido de humedad del material biológico, en donde el valor del material esperado para el material biológico puede ser adaptativo al contenido de humedad del material biológico. Dado que el coeficiente de absorción del material biológico y, por lo tanto, el K-valor del material biológico, normalmente depende del contenido de humedad del material biológico, de este modo se puede lograr una detección más fiable de anomalías en el material biológico.

15 El método puede comprender adicionalmente el uso de una señal de alarma para indicar que se ha detectado una anomalía. La señal de alarma puede desencadenar de manera automática la detención de un proceso controlado, y/o alertar a un operador mediante una señal sonora y/o un indicador visual, tal como una lámpara que parpadea.

20 El método puede comprender adicionalmente la determinación de un tamaño de la anomalía. Una ventaja es que las anomalías que son tan pequeñas que no ponen en peligro el proceso se pueden ignorar. Además, o como alternativa, las anomalías de diferente naturaleza, tales como ser de diferentes materiales y/o de diferentes tamaños, también se pueden identificar y tratar de manera diferente. Por ejemplo, las anomalías menos graves se pueden ignorar o simplemente se indican en un reporte del registro, mientras que las anomalías más graves pueden activar una alarma, una detención del transporte del material y similares.

El material biológico se transporta sobre una línea de cintas transportadoras, en donde el material biológico se irradia con radiación electromagnética de al menos dos niveles de energía diferentes en un plano sustancialmente perpendicular a una dirección de avance de la línea de cintas transportadoras.

30 La cantidad de radiación transmitida a través del material biológico a los dos niveles de energía se determina para una pluralidad de trayectorias de radiación que penetran el material biológico en el plano sustancialmente perpendicular a la dirección de avance de dicha línea de cintas transportadoras. Las trayectorias de radiación preferentemente pueden ser sustancialmente paralelas entre sí.

35 La línea de cintas transportadoras tiene una anchura en una dirección perpendicular a la dirección de avance y las trayectorias de radiación se distribuyen a través de la anchura de la línea de cintas transportadoras. Una ventaja es que todo el material que pasa se puede controlar de manera eficaz.

40 El tamaño de la anomalía detectada se puede determinar basándose en su extensión transversal y longitudinal, en donde la extensión transversal se puede determinar basándose en el número de trayectorias de radiación para las que el valor del material determinado se desvía del valor del material esperado para el material biológico, y la extensión longitudinal se puede determinar basándose en la duración durante la cual el valor del material determinado se desvía del valor del material esperado para el material biológico.

45 El método puede comprender además la provisión de una imagen que visualice la anomalía en el material biológico, basándose la visualización en el K-valor calculado. Por ejemplo, los K-valores se pueden traducir a una imagen de escala de grises en donde el tono de cada píxel se basa en un K-valor. Por tanto, se puede usar la visualización para el análisis óptico de las anomalías, por ejemplo, para determinar el tipo y/o el tamaño de la anomalía con la que se cuenta.

50 La cantidad de radiación transmitida a través del material biológico en los dos niveles de energía se puede determinar durante al menos dos trayectorias de radiación que penetran el material biológico en diferentes ángulos, permitiendo, por lo tanto, el estudio de la anomalía en múltiples dimensiones.

55 Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes a partir de y se aclararán con referencia a las realizaciones descritas en lo sucesivo en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

60 Con fines de ejemplificación, la invención se describirá en más detalle a continuación con referencia a las realizaciones de la misma ilustradas en las figuras adjuntas, en las que:

65 La Fig. 1 ilustra de manera esquemática un dispositivo de medición para la detección de una anomalía en un material biológico transportado sobre una línea de cintas transportadoras; y la Fig. 2 es un gráfico que muestra cómo varía el K-valor debido al diámetro de un objeto de vidrio;

las Fig. 3a-b ilustran de manera esquemática una realización de la invención en la que el material que se va a medir se dispone en un envase de muestra;

la Fig. 4 ilustra de manera esquemática una realización en donde el material se irradia en diferentes ángulos para permitir el estudio del material en múltiples dimensiones.

5

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La Fig. 1 ilustra de manera esquemática una realización de un dispositivo de medición 100 para la detección de una anomalía 101 presente en un material biológico 102 transportado sobre una línea de cintas transportadoras 103. El material biológico 102 puede ser normalmente virutas de madera, y la anomalía es un objeto inorgánico de piedra, de metal o de vidrio presente en el material biológico. Para escanear todo el material que ha pasado por el dispositivo de medición, el dispositivo de medición comprende una fuente de radiación 104 adaptada para irradiar una zona diana 105 que se extiende a través de la anchura de la línea de cintas transportadoras. La fuente de radiación 104 está adaptada para proporcionar radiación de al menos dos niveles energéticos /longitudes de onda diferentes. Preferentemente, la fuente de radiación es un tubo de rayos C para la provisión de radiación de rayos X de dos o más longitudes de onda diferentes. Preferentemente, el tubo de rayos X opera en el intervalo de 20-150 kVp. La fuente de radiación 104 se controla por medio de un controlador 106.

10

15

20

25

Como alternativa, la fuente de radiación 104 puede consistir en dos o varios tubos de radiación yuxtapuestos separados, en donde las fuentes de radiación yuxtapuestas irradian las diferentes longitudes de onda bien de manera simultánea o de manera secuencial. Sin embargo, preferentemente, la radiación de diferente longitud de onda atraviesa el material que se va a medir a lo largo de esencialmente la misma trayectoria. Cuando la radiación de dos (o más) longitudes de onda se emite de manera simultánea desde la fuente de radiación, preferentemente se debería de medir de manera individual la intensidad de las dos señales. Esto se puede realizar directamente mediante disposiciones de manera que ciertas partes del detector por filtración solo midan la radiación que tiene un cierto nivel de energía, mientras que otras miden otros niveles de energía. También se puede realizar mediante el posterior tratamiento de las señales, que permite que las señales superpuestas se separen.

30

35

En el lado opuesto de la zona diana 105, un detector 107 está dispuesto para recibir radiación transmitida a través del material localizado en la zona diana 105. El detector es preferentemente un detector semiconductor que comprende una serie lineal de zonas de detector semiconductor 107a-c distribuidas a través de la anchura de la línea de las cintas transportadoras. El número de zonas de detector puede variar debido al tamaño de las anomalías que se deberían detectar. En este caso se puede asumir que la serie lineal tiene 1024 zonas de detector (o píxeles) por 20 cm. Esto permite que se identifiquen objetos inorgánicos con un tamaño del orden de 1 mm. El detector 107 está conectado a una unidad de control 108 con un procesador, por ejemplo, un ordenador personal común. La unidad de control recibe los datos de la detección desde el detector a través de una interfaz adecuada, tal como a través de un puerto de USB.

40

En funcionamiento, la fuente de radiación 104 irradia el material en la zona diana 105 con radiación electromagnética de al menos dos niveles de energía diferentes. Esto se puede lograr mediante la irradiación de manera secuencial del material con radiación de una primera longitud de onda, y la radiación de una segunda longitud de onda, es decir, la fuente de radiación inicialmente emite rayos que tiene una longitud de onda y después, mediante la alteración del voltaje a través del tubo de radiación, de una longitud de onda diferente.

45

Para cada nivel de energía, la cantidad de radiación transmitida a través del material localizado en la zona diana 105 se mide en el lado opuesto de la zona diana 105 mediante las zonas de detector 107a-c del detector, en donde cada zona de detector 107a-c recibe radiación que ha penetrado el material 102 junto a lo largo de una diferente trayectoria de radiación 109a-c.

50

55

Con el fin de obtener un valor de referencia para la calibración, se prefiere medir un material de referencia. Esto puede lograrse, por ejemplo, midiendo sin ningún material biológico presente. Por tanto, en este caso, se obtiene una medida de referencia con aire como material de referencia. Como alternativa, el material biológico se puede reemplazar con un material de referencia de propiedades conocidas, tal como aluminio. Las medidas de referencia se pueden obtener antes de la medición del material biológico, durante la inicialización, o de manera repetida durante el proceso. Como alternativa, las medidas de referencia se pueden obtener mediante la relocalización de la fuente de radiación 104 y el detector 107 en una localización próxima a la línea de las cintas transportadoras, de manera que la radiación pase solo a través del aire en su camino desde la fuente de radiación hacia el detector. También es posible usar fuentes de radiación y detectores adicionales situados en uno o ambos lados de la cinta transportadora.

60

Basándose en estas medidas de referencia, los valores de referencia de calibración se determinan como:

$$N_{01,02} = N_{\text{Aire}1,2} \exp(\mu X)$$

65

en donde  $N_{01}$  y  $N_{02}$  son los valores de referencia de calibración para el nivel de energía 1 y 2, respectivamente,  $N_{\text{Aire}1}$  y  $N_{\text{Aire}2}$  son los valores de transmisión detectados tras el paso a través de la distancia de aire conocida,  $\mu$  es el coeficiente de atenuación conocido para el aire ( $\text{cm}^{-1}$ ) y  $x$  es la distancia conocida de aire (cm) que separa la fuente de radiación y el detector.

## ES 2 694 480 T3

Se determina un K-valor para el material para la radiación recibida por cada zona del detector 107a-c. El K-valor se calcula como:

$$K = \frac{\ln(N_{01}/N_1)}{\ln(N_{02}/N_2)}$$

5 en donde  $N_{01}$ ,  $N_{02}$  son los valores de referencia calibrados para la transmisión a los dos niveles de energía y  $N_1$ ,  $N_2$  son los valores de transmisión a través del material biológico a los niveles de energía.

10 Posteriormente, se determina la presencia de una anomalía 101 en el material biológico por la unidad de control 108 mediante la comparación del K-valor calculado para cada área del detector 107a-c con un K-valor esperado para el material. Esto se puede lograr determinando si una parte del material en la zona diana tiene un K-valor que se desvía del material circundante con más de la desviación predeterminada, por ejemplo, se desvía del material circundante con más de  $\pm 0,4$ .

15 Como alternativa, el K-valor esperado puede ser un intervalo de K-valor predeterminado que se determina de forma experimental y durante la inicialización se almacena en una base de datos a la que se puede acceder mediante la unidad de control 108. Los K-valores ejemplares para los materiales biológicos típicos normalmente usados por la industria de la madera y de la celulosa se especifican a continuación en la tabla.

Sustancias orgánicas	K-valor (al 30 % de contenido de humedad)
Pino	1,71
Abeto	1,7
Eucalipto	1,77
Abedul	1,73
Virutas de tocón	1,83
Turba	1,92

20 Como comparación, los K-valores ejemplares para unos pocos objetos inorgánicos se especifican en la tabla a continuación.

Sustancias inorgánicas	K-valor
Piedra	2,2-2,7
Vidrio	2,1-2,5
Latón	2,3-2,5
Aluminio	2,0-2,2
Acero	1,1-1,3

25 Los K-valores tratados anteriormente se relacionan con los voltajes específicos aplicados al tubo de rayos X para generar la radiación a los dos niveles de energía. Si se usan diferentes voltajes, los valores exactos para el K-valor serían naturalmente diferentes. Sin embargo, los principios tratados anteriormente que subyacen a la presente invención seguirán siendo los mismos.

30 En relación con los K-valores para el material inorgánico, cabe destacar que estos normalmente son también estables para objetos inorgánicos relativamente pequeños, permitiendo de este modo que los objetos orgánicos de un tamaño relativamente pequeño se detecten de manera fiable. Esto se ejemplifica en la Fig. 2, que ilustra el K-valor para objetos de vidrio de diferentes diámetros. En este caso, parece que el K-valor para el vidrio es estable para un diámetro por encima de los 6 mm.

35 De las tablas anteriores parece que, para identificar objetos inorgánicos presentes en el material biológico, el intervalo de K-valor predeterminado se puede establecer preferentemente en un intervalo de 1,5 a 2,0. Por lo tanto, si el K-valor calculado cae fuera de este intervalo, es un indicativo de que un objeto inorgánico puede estar presente en el material biológico.

40 Como alternativa, el intervalo de K-valor predeterminado se puede definir como el K-valor al 30 % de contenido de humedad más/menos una desviación predeterminada (por ejemplo,  $\pm 0,4$ ).

Opcionalmente, la fiabilidad del dispositivo de medida se puede mejorar adicionalmente mediante la medida del contenido de humedad del material biológico y proporcionando un intervalo de K-valor predeterminado adaptativo al contenido de humedad. El contenido de humedad se puede estimar, por ejemplo, mediante las mismas medidas de radiación a dos niveles de energía diferentes, tal como se describe en la solicitud de PCT con el número de solicitud EP2009/062767 por el mismo solicitante, incorporando dicho documento a modo de referencia en el presente documento.

Como se ha detectado un objeto inorgánico, su tamaño se determina preferentemente. El tamaño se puede determinar basándose en la extensión longitudinal y transversal del objeto inorgánico. La extensión transversal se determina en este caso mediante el número de trayectorias de radiación para las que el K-valor calculado se desvía del K-valor predeterminado esperado, es decir, el número de zonas del detector 107a-c para las que el K-valor calculado se desvía del K-valor predeterminado esperado. La extensión longitudinal del objeto inorgánico se calcula en este caso a partir de la duración durante la cual el K-valor calculado se desvía del K-valor predeterminado esperado, y de una velocidad conocida de la línea de cintas transportadoras.

Cuando el objeto inorgánico detectado supera un tamaño mínimo predeterminado, la unidad de control 108 proporciona una señal de alarma que detiene el proceso controlado y que avisa a un operador.

Opcionalmente, la unidad de control 108 puede proporcionar una imagen de la parte del material biológico en donde se ha detectado el objeto inorgánico, permitiendo al operador analizar de forma visual el objeto inorgánico identificado. La imagen preferentemente se basa en los K-valores calculados. Por ejemplo, los K-valores se pueden usar para generar una imagen de escala de grises en donde el tono de cada píxel se basa en el correspondiente K-valor. Si es necesario, el objeto inorgánico identificado se puede extraer después del material biológico, antes de que se reanude el proceso.

Las Fig. 3a-b ilustran de manera esquemática una realización alternativa de un dispositivo de medida de acuerdo con la invención. El dispositivo de medida 100 comprende una fuente de radiación 104 para irradiar una zona diana con al menos dos niveles de energía. La fuente de radiación se controla por medio de un controlador 106. Un detector 107 está dispuesto en el lado opuesto del área diana. El detector está conectado a una unidad de control 108 que recibe los datos de la detección del detector. En esta realización, el material a medir se dispone en un envase de muestra 301. El envase de muestra se dispone después en un transportador 302, que se puede mover, de tal manera que el envase de muestra se mueve a través de la zona diana, y, por lo tanto, a través de la trayectoria de radiación 109. El transportador se mueve por medio de una cinta transportadora 103.

Durante el funcionamiento, el envase de muestra se mueve a través de la zona diana, de manera que preferentemente se escanea todo el material en el envase de muestra. Con el primer paso, la muestra del material se irradia con radiación de una primera longitud de onda, y en el segundo paso, durante el movimiento de vuelta, con radiación de una segunda longitud de onda. Con el fin de obtener un valor de referencia para la calibración, se prefiere medir un material de referencia, preferentemente una cantidad predeterminada de aluminio, al comienzo y al final del paso del mismo envase de muestra.

Basándose en estas medidas de referencia, los valores de referencia de calibración se determinan como:

$$N_{01,02} = N_{A1,2} \exp(\mu x)$$

en donde  $N_{01}$  y  $N_{02}$  son los valores de referencia de calibración para el nivel de energía 1 y 2, respectivamente,  $N_{A1}$  y  $N_{A2}$  son los valores de transmisión detectados tras el paso a través del espesor conocido de aluminio,  $\mu$  es el coeficiente de atenuación conocido para el aluminio ( $\text{cm}^{-1}$ ) y  $x$  es el espesor conocido del aluminio (cm).

Posteriormente, se puede calcular un K-valor para el material biológico como:

$$K = \frac{\ln(N_{01}/N_1)}{\ln(N_{02}/N_2)}$$

en donde  $N_{01}$ ,  $N_{02}$  son los valores de referencia calibrados para la transmisión a los dos niveles de energía y  $N_1$ ,  $N_2$  son los valores de transmisión a través del material biológico a los niveles de energía.

La presencia de un objeto inorgánico se puede determinar entonces mediante comparación del K-valor calculado con un K-valor predeterminado esperado para el material biológico tal como se ha descrito anteriormente para la realización ilustrada en la Fig. 1.

Aunque las realizaciones descritas anteriormente describen la detección de un objeto inorgánico presente en virutas de madera, el K-valor también se puede usar adicionalmente para detectar anomalías orgánicas tales como podredumbre, ataques de insectos, nudos, azulado o anillos anuales en una pieza de madera, para ser capaces de determinar la calidad de la madera. Además, la calidad de la madera se puede estudiar en tres dimensiones mediante la irradiación del material en ángulos diferentes. La Fig. 4 ilustra de manera esquemática como se puede lograr esto

usando una primera 104a y una segunda 104b fuente de radiación que tienen asociado un primer 401 y un segundo 402 detector. En este caso, el ángulo entre una trayectoria de radiación 403 de la salida de radiación por la primera fuente de radiación y la trayectoria de radiación 404 de la salida de radiación por la segunda radiación es de 90°. Nótese que cada fuente de radiación irradia el material con al menos dos niveles de energía para ser capaz de determinar un K-valor. En lugar de usar múltiples fuentes de radiación, la pieza de madera medida se puede rotar en relación con la fuente de radiación con el fin de irradiar el material en diferentes ángulos.

Ahora se han descrito realizaciones específicas de la invención. Sin embargo, son posibles varias alternativas, como sería evidente para alguien experto en la materia. Por ejemplo, la radiación no necesita ser de rayos X, sino que se pueden usar otros tipos de radiación electromagnética.

Además, las trayectorias de radiación a través del material se pueden disponer de varias maneras. Por ejemplo, las trayectorias de radiación se pueden disponer a lo largo de líneas paralelas, para formar una zona de medición de tipo "cortina". También es posible usar multitud de trayectorias no paralelas, por ejemplo, que se extienden desde una única fuente de radiación hacia una multitud de detectores dispersos, para formar una zona de medición de tipo "en forma de abanico". De manera similar, también sería posible usar multitud de puntos emergentes de radiación separados, y un único punto de detección, o similares. También son factibles muchos otros tipos de geometrías para las trayectorias.

Estas y otras modificaciones obvias se deben considerar dentro del alcance de la presente invención, tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas. Cabe destacar que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran en vez de limitar la invención, y que los expertos en la materia serán capaces de diseñar muchas realizaciones alternativas sin alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, cualquier signo de referencia colocado entre paréntesis no debería interpretarse como limitante de la reivindicación. La palabra "comprendiendo" no excluye la presencia de otros elementos o etapas de los enumerados en la reivindicación. La palabra "uno" o "una" que precede a un elemento no excluye la presencia de multitud de tales elementos. Además, una única unidad puede realizar las funciones de varios medios enunciados en las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar una anomalía inorgánica en un material biológico, que comprende las etapas de:

- 5 irradiar al material biológico con radiación electromagnética de al menos dos niveles de energía diferentes; medir la cantidad de radiación transmitida a través de dicho material biológico a dichos niveles de energía; determinar, para cada nivel de energía, un valor de transmisión a través del material biológico basado en la radiación a través de dicho material biológico;
- 10 irradiar, antes o después de la irradiación de dicho material biológico, un material de referencia de un espesor predeterminado con radiación electromagnética de dichos niveles de energía;
- medir la cantidad de radiación transmitida a través de dicho material de referencia a dichos niveles de energía; determinar, para cada nivel de energía, un valor de referencia de calibración basado en la radiación transmitida a través de dicho material de referencia;
- 15 determinar, para cada nivel de energía, un valor de transmisión calibrado basado en una proporción entre dicho valor de transmisión determinado a través del material biológico para el nivel de energía y dicho valor de referencia de calibración determinado para el nivel de energía;
- determinar un valor del material basado en una relación entre el valor de transmisión calibrado para dichos niveles de energía; y
- 20 determinar la presencia de una anomalía en dicho material biológico basada en una comparación entre el valor del material determinado y un valor del material esperado para dicho material biológico, en donde el valor del material se basa en un K-valor para dicho material biológico, dicho K-valor se calcula como:

$$K = \frac{\ln(N_{01}/N_1)}{\ln(N_{02}/N_2)}$$

- 25 en donde  $N_{01}$ ,  $N_{02}$  son los valores de referencia calibrados para la transmisión a los dos niveles de energía y  $N_1$ ,  $N_2$  son los valores de transmisión a través del material biológico a dichos niveles de energía, y la presencia de una anomalía en dicho material biológico se determina basándose en una comparación entre dicho K-valor calculado y un K-valor esperado para dicho material biológico, caracterizado por que el material biológico se transporta sobre una línea de cintas transportadoras, en donde el material biológico se irradia con radiación electromagnética de al
- 30 menos dos niveles de energía diferentes en un plano sustancialmente perpendicular a una dirección de avance de dicha línea de cintas transportadoras, determinando la cantidad de radiación transmitida a través de dicho material biológico a los dos niveles de energía para una pluralidad de trayectorias de radiación que penetran dicho material biológico en dicho plano sustancialmente perpendicular a la dirección de avance de dicha línea de cintas transportadoras, y en donde dicha línea de cintas transportadoras tiene una anchura en una dirección perpendicular a la dirección de avance, en donde dichas trayectorias de radiación se distribuyen a través de la anchura de dicha línea de cintas de transporte; en que la anomalía inorgánica es un objeto inorgánico de al menos uno de piedra, metal y vidrio.

40 2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente la determinación del contenido de humedad de dicho material biológico, en donde el valor del material esperado para dicho material biológico se adapta al contenido de humedad de dicho material biológico.

45 3. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente el uso de una señal de alarma para indicar que se ha detectado una anomalía.

4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente la determinación de un tamaño de dicha anomalía.

50 5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde un tamaño de la anomalía detectada se determina basándose en su extensión transversal y longitudinal, en donde la extensión transversal se determina basándose en el número de trayectorias de radiación para las que el valor del material determinado se desvía del valor del material esperado para dicho material biológico, y la extensión longitudinal se determina basándose en la duración durante la cual el valor del material determinado se desvía del valor del material esperado para dicho material biológico.

55 6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente proporcionar una imagen del material biológico irradiado que visualiza la anomalía en dicho material biológico, basándose dicha visualización en el K-valor calculado.

60 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la cantidad de radiación transmitida a través del dicho material biológico en dichos dos niveles de energía se determina durante al menos dos trayectorias de radiación que penetran dicho material biológico en diferentes ángulos, permitiendo, por lo tanto, el estudio de la anomalía en múltiples dimensiones.

65 8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los al menos dos niveles de energía diferentes son ambos de longitudes de onda de radiación de rayos X.

9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la radiación de dichos niveles de energía se emiten desde una única fuente de radiación que opera en el intervalo de energía de 20 - 150 kVp.

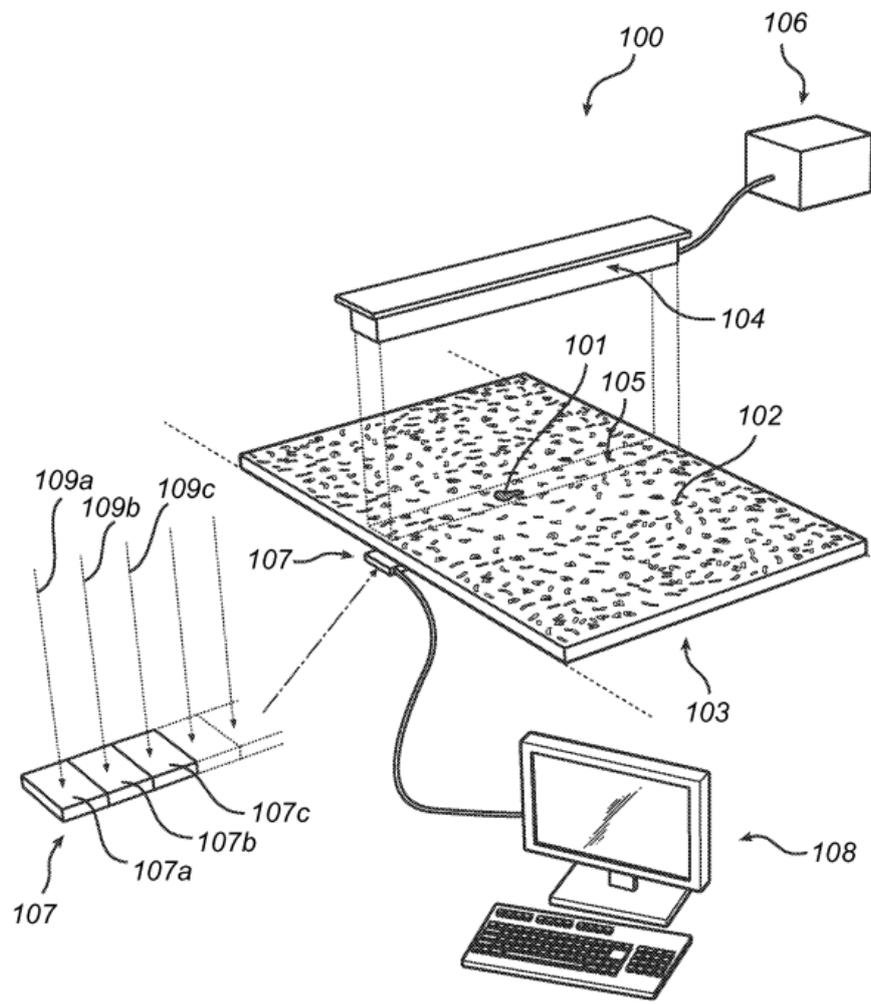
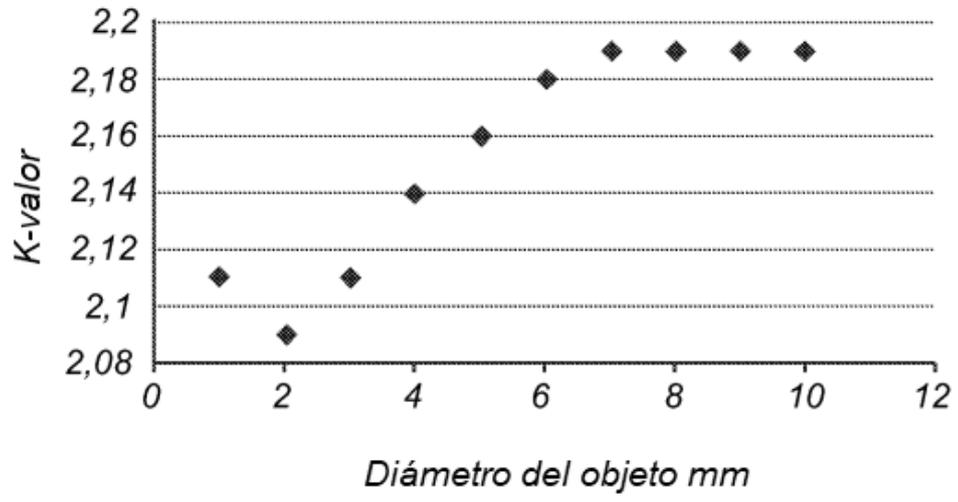


Fig. 1



*Fig. 2*

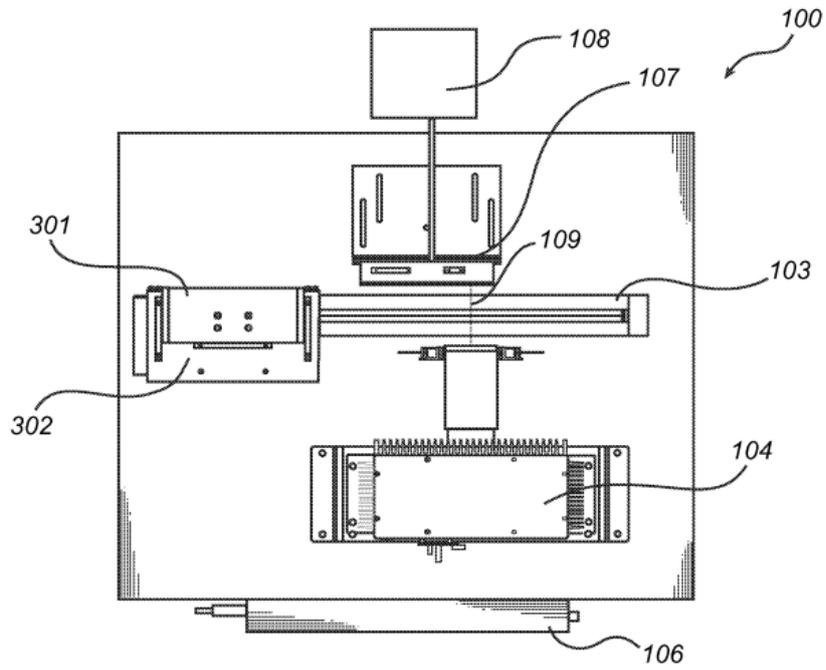


Fig. 3a

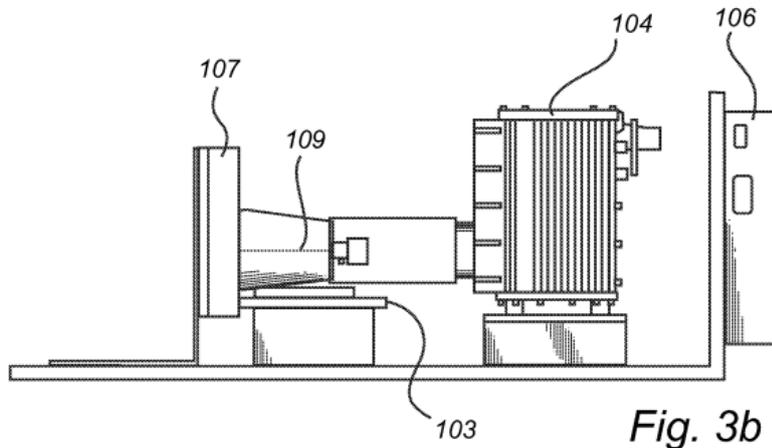


Fig. 3b

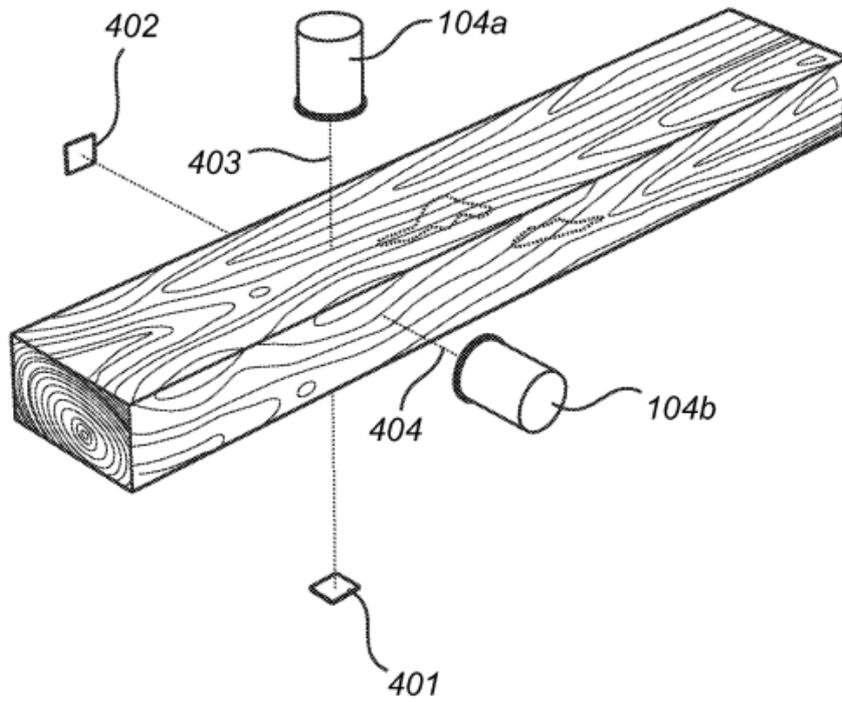


Fig. 4