

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 988**

51 Int. Cl.:
G01N 9/24 (2006.01)
G01N 23/06 (2006.01)
G01N 33/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **97914725 .3**
96 Fecha de presentación: **20.03.1997**
97 Número de publicación de la solicitud: **0958492**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.11.1999**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para medir la densidad**

30 Prioridad:
21.03.1996 SE 9601083

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.03.2012

73 Titular/es:
**MANTEX AB
TORSHAMNSGATAN 30 F
164 40 KISTA, SE**

72 Inventor/es:
**Ragnar Kullenberg y
Anders Ullberg**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 376 988 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 y dispositivo para medir la densidad.

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para medir la densidad y distinguir áreas de diferentes densidades en un objeto de material sólido, líquido o gaseoso, que se quiere medir, comprendiendo dicho dispositivo una fuente de radiación que emite radiación electromagnética, un sensor para medir la intensidad de la radiación tras su paso a través del objeto a medir, y una unidad de cálculo.

Antecedentes

10 En muchas ocasiones resulta interesante poder medir la densidad de los materiales sin dañarlos o cambiarlos, y poder determinar la presencia y la cantidad de materiales que tienen distintas densidades. Por ejemplo, dentro de la industria forestal, la posibilidad de distinguir entre diferentes calidades cobra cada vez más importancia. Ya en la fase de tala resulta importante conocer la densidad de los troncos, por un lado a fin de poder detectar directamente y rechazar las partes que se han podrido o dañado de cualquier otra manera, y que en consecuencia carecen de valor, y por otro lado para poder calcular el precio de la madera (que al menos en Suecia, hoy en día, se determina en base a la densidad y no al volumen). También resulta interesante medir la densidad en los aserraderos. Un mayor conocimiento sobre los troncos hace que resulte más fácil clasificar los troncos, permitiendo apartar los troncos dañados, que presenten demasiados nudos o sean resinosos.

15 También en otros sectores las mediciones de este tipo pueden ser de gran importancia. Por ejemplo, hacen que resulte fácil determinar la calidad del aceite a fin de estimar la cantidad de agua, impurezas metálicas y otros componentes que contiene el mismo, lo cual es importante a fin de permitir realizar los cambios de aceite de los motores a intervalos lo suficientemente frecuentes y evitar desgastes y averías. Además, el procedimiento puede usarse en la manipulación de desechos para clasificarlos por tipos, para determinar la calidad de elementos de la construcción, y así sucesivamente.

20 Con el fin de medir la densidad, hace tiempo que se conoce el procedimiento de permitir que la radiación electromagnética penetre el objeto a medir y a continuación medir la intensidad y calcular la cantidad de intensidad original que se ha absorbido. Se pueden encontrar ejemplos de dichos procedimientos y dispositivos en los documentos SE 466 365, JP 01-250 743, DE 28 46 702, US 3 136 892 y US 5 105 453. Sin excepción, en estos ejemplos sólo se usa radiación de una única longitud de onda, y en consecuencia sólo se obtiene una indicación de la intensidad de la radiación a lo largo del recorrido de cada radiación a través del objeto a medir. Esta indicación puede usarse para determinar la densidad media del objeto a medir y la variación de la misma a lo largo del objeto, pero no permite distinguir la presencia o la cantidad de distintos tipos de materiales en cada medición. De acuerdo con los ejemplos proporcionados, dicha información sólo puede obtenerse a partir de un gran número de recorridos de radiación que partan de distintos puntos (tomografía).

25 El documento EP 0 236 623 desvela un dispositivo para medir el contenido gaseoso y acuoso de un objeto en forma de aceite crudo, usando radiación con tres longitudes de onda para determinar la presencia y cantidad de hasta tres constituyentes distintos. Como caso especial, en la que la longitud del recorrido del haz de radiación es fija, invariable y conocida, sólo se usan dos energías de fotones diferentes. Sin embargo, este documento no desvela ninguna medición de la longitud del recorrido del haz de radiación, y no tiene por objeto usar activamente la medición del espesor como una manera de eliminar la necesidad de una longitud de onda de radiación.

Objeto de la Invención

30 El objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo y un procedimiento para medir la densidad, permitiendo la presencia y la cantidad de distintos tipos de materiales a determinar de forma práctica y sencilla. Este objeto se logra mediante un dispositivo y un procedimiento que se definen en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los Dibujos

35 En los dibujos:

La Fig. 1 es una vista esquemática de una variedad móvil del objeto inventivo para medir la densidad y determinar la presencia y la cantidad de distintas áreas de densidad en troncos, y:

La Fig. 2 es una vista esquemática de una variedad estacionaria del objeto inventivo para medir la correspondiente densidad.

Descripción de realizaciones Preferidas

40 A continuación se explican dos realizaciones preferidas actualmente, a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos.

La Fig. 1 ilustra un dispositivo móvil para medir la densidad de troncos, de acuerdo con la invención. El dispositivo comprende dos brazos 1, 2 que se conectan de forma móvil, de manera que permitan realizar lecturas con respecto a la distancia entre dos puntos predeterminados, uno en cada brazo. Los brazos podrían, por ejemplo, unirse entre sí, de la manera que se ilustra en la Fig. 1. De acuerdo con dicha figura, los brazos 1, 2 se sujetan a una pieza 3 principal, a modo de vástagos, de manera que uno de los vástagos del brazo 2 se conecta rígidamente con la pieza principal, mientras que el brazo 1 opuesto se une de forma móvil a la pieza 3, principal, mediante una pieza 4 de interconexión. De esta manera, se forman calibres mediante los cuales puede leerse la posición de la pieza 4 de interconexión con respecto a la pieza 3 principal, para establecer el espaciado entre los brazos 1, 2. La lectura puede realizarse manualmente, pero preferentemente debería realizarse automáticamente, tras lo cual el resultado se envía mediante cables eléctricos a una interfaz 7 de medición y desde ahí hasta una unidad 8 de cálculo. Sin embargo, el calibre de medición podría tener una configuración diferente. Los brazos podrían, por ejemplo, ser giratorios el uno con respecto al otro, con lo que podría convertirse el ángulo que forman los brazos entre sí para establecer la distancia entre dos puntos, uno en cada brazo 1, 2.

Uno de los brazos 1, 2 soporta una fuente 5 de radiación por el extremo del mismo que no se une con la pieza 3, principal. La fuente de radiación tiene por objeto emitir radiación electromagnética, preferentemente dentro del intervalo de los rayos X y que tenga al menos dos longitudes de onda diferentes. La emisión puede hacerse secuencialmente, es decir, la fuente 5 de radiación inicialmente emite rayos que tienen una longitud de onda, y después, alterando la tensión a lo largo del tubo de radiación, una longitud de onda diferente. Como alternativa, la fuente 5 de radiación puede consistir en dos o varios tubos de radiación separados y yuxtapuestos que radian bien simultáneamente o secuencialmente. Lo importante es, sin embargo, que la radiación con distintas longitudes de onda atraviesa el objeto a medir básicamente a lo largo del mismo recorrido. El otro brazo 2 soporta un sensor 6 para medir la intensidad de la radiación que emite la fuente de radiación. El sensor 6 puede consistir en varios sensores parciales independientes. Cuando la fuente 5 de radiación emite radiación con dos (o más) longitudes de onda simultáneamente, la intensidad de las dos señales debe entonces medirse individualmente. Esto puede lograrse directamente tomando disposiciones de manera que ciertos sensores parciales sólo midan por filtración, la radiación que tiene cierto nivel de energía, mientras que los otros miden los demás niveles de energía. También puede lograrse mediante el subsiguiente tratamiento de las señales, permitiendo que las señales superpuestas puedan separarse. Los resultados de la medición se transmiten hasta el interfaz 7 de medición y a desde ahí a la unidad 8 de cálculo. La interfaz 7 de medición, de acuerdo con la Fig. 1 comprende una fuente de tensión para la fuente 5 de radiación. De un modo que se describirá más adelante con más detalle, la unidad 8 de cálculo puede entonces computar la presencia y cantidad de los distintos tipos de materiales.

Durante su uso, los calibres se adosan al objeto 9 que se quiere medir, tras lo cual se lee el diámetro del objeto y los datos de las mediciones obtenidas de este modo, se transfieren a la unidad 8 de cálculo. La fuente 5 de radiación se activa entonces, la energía de radiación penetra a través del objeto 9 a medir y alcanza el sensor 6. El sensor registra la intensidad de la radiación incidente y los datos resultantes se transfieren también a la unidad 8 de cálculo que computa y presenta los resultados finales.

La ventaja con que se encuentra esta realización del dispositivo, es que puede conectarse por ejemplo, a máquinas de transporte de troncos de manera muy sencilla, permitiendo al conductor determinar directamente, en la cabina, la calidad del tronco de un árbol en cuestión. De esta manera puede establecer si el tronco padece podredumbre interna o cualquier otro tipo de deterioro, y el grado de densidad del material maderero, y también es capaz de obtener otra información de interés, ya en la etapa de transporte de los troncos. Además, resulta ventajoso usar radiación de rayos x, cuya energía es lo bastante baja como para minimizar los riesgos de que el personal a cargo se exponga a la radiación, y sin embargo lo bastante alta como para penetrar el objeto 9 a medir.

Otra, realización estacionaria se ilustra en la Fig. 2. En el dispositivo estacionario, la fuente 12 de radiación y el sensor 13, se montan en un bastidor 11. Preferentemente, el bastidor 11 se extiende alrededor del objeto 18 a medir. El bastidor 11 puede configurarse como escudo protector alrededor de la fuente 12 de radiación, a fin de reducir los peligros de la radiación para el personal en las inmediaciones, y preferentemente consiste en un material absorbente de radiación, como el plomo. La fuente 12 de radiación, y el sensor 13, pueden configurarse de una manera equivalente a la realización de la Fig. 1. Como alternativa, el sensor 13 puede tener una extensión mayor que permita la recepción de la radiación desde un mayor número de recorridos de radiación. De esta manera el objeto entero 18 a medir, puede irradiarse y medirse directamente, en vez de efectuar mediciones a lo largo de un único recorrido de radiación a través del objeto a medir. Los datos de las mediciones del sensor 13 se transfieren a la interfaz 17 de medición y a una unidad 16 de cálculo, y el grupo electrógeno y el generador relativos a la fuente de radiación se designan con la referencia 17 en la Fig. 2.

Para su uso dentro de por ejemplo, las industrias de pasta de madera y aserraderos, los objetos a medir se mueven convenientemente pasando por el equipo de medición sobre una cinta transportadora o similar.

Opcionalmente, la fuente 12 de radiación también podría dividirse en varios tubos de radiación separados entre sí, incluyendo sensores 13 asociados que se activan al ritmo del movimiento del objeto 18 a medir, de manera que el recorrido de la radiación a través del objeto 18 a medir, siga siendo básicamente el mismo.

A fin de determinar la extensión del objeto 18 a medir, y por lo tanto la longitud del recorrido de radiación a través del

objeto a medir, se usan láseres 14, 15, de acuerdo con la realización mostrada. Los láseres emiten pulsos láser contra el objeto 18 a medir, a un lado y a otro del mismo, en el área donde se tiene por objeto que penetre la energía de radiación. Al medir el tiempo necesario para que los pulsos láser se reflejen desde el objeto 18 a medir, es posible computar la distancia, y por lo tanto la extensión del objeto que se está midiendo. Sin embargo, obviamente es posible usar procedimientos alternativos para medir la extensión del objeto 18 a medir, tales como mediciones mecánicas, mediciones por radiación, usando rayos paralelos que no penetren en el objeto a medir, como luz corriente, sensores sensibles a la luz, y así sucesivamente.

A continuación se describen varios procedimientos para medir con la ayuda de dispositivos de acuerdo con la invención. Tal y como ya se ha mencionado, se realizan al menos tres mediciones, a saber, se mide la longitud del recorrido de la radiación a través del objeto, al igual que la intensidad de la radiación emitida con al menos dos longitudes de onda diferentes después de que la energía de radiación penetre a través del objeto a medir. El objeto absorberá la energía de radiación hasta cierto punto de manera que la intensidad se reduce. La magnitud de la reducción depende por un lado de la longitud del recorrido a través del objeto, y por otro lado de la naturaleza del material del objeto. El aspecto de la dependencia del material se basa en el hecho de que las características del coeficiente de atenuación difieren para distintos materiales. Además, el coeficiente de atenuación de cada material individual depende de la longitud de onda de la radiación, y esta dependencia difiere en distintos materiales. En consecuencia, pueden establecerse las siguientes ecuaciones con respecto a la intensidad de la radiación que se mide tras penetrar a través del objeto a medir:

$$N_1 = N_{0,1} \exp(-\mu_{1,1}t_1 - \mu_{2,1}t_2 - \mu_{3,1}t_3)$$

$$N_2 = N_{0,2} \exp(-\mu_{1,2}t_1 - \mu_{2,2}t_2 - \mu_{3,2}t_3)$$

en las que N_1 es la intensidad de la radiación que se mide tras su paso a través del objeto a medir con respecto al nivel 1 de longitud de onda, $N_{0,1}$ es la intensidad de radiación que se mide con respecto al nivel 1 de longitud de onda sin pasar a través del objeto, $\mu_{x,1}$ es el coeficiente de atenuación másico (coeficientes de atenuación divididos por la densidad del material) con respecto a cada material x y el nivel de longitud de onda (cm^2/g) y t_x es el espesor del material x que se mide en masa por unidad de área (g/cm^2), en el que el índice 1 anterior, en este caso varía de 1 a 2 y el índice x de 1 a 3.

Dado que se conoce la longitud del recorrido de la radiación a través del objeto a medir, también puede establecerse la siguiente ecuación:

$$T = \frac{t_1}{\rho_1} + \frac{t_2}{\rho_2} + \frac{t_3}{\rho_3}$$

en la que T es el espesor total (cm) y ρ_1 es la densidad del material 1, 1 en este caso varía de 1 a 3. Con la ayuda de estas tres ecuaciones y puesto que se conocen las densidades y los coeficientes de atenuación de los materiales que se incluyen, es posible determinar la presencia y las cantidades de estos materiales. De acuerdo con este ejemplo que implica la medición con dos longitudes de onda, resultando en tres ecuaciones, es posible determinar hasta tres variables desconocidas. En consecuencia, el procedimiento es idóneo para analizar cuerpos a medir que comprendan hasta tres materiales distintos. Para determinar sistemas más complejos, pueden llevarse a cabo mediciones con un mayor número de niveles de longitud de onda y hablando en términos generales, es posible determinar en el caso de N mediciones a diferentes longitudes de onda, un número $N+1$ de variables desconocidas.

Obviamente, es posible usar, en su lugar, los datos de las mediciones para estimar la densidad del objeto a medir, o variaciones en el objeto. En ese caso se usa el coeficiente de atenuación de los materiales que incluye el objeto (en vez del coeficiente de atenuación másico), lo que permite a su vez, medir el espesor en términos de unidades de longitud. De esta manera, no es necesario un conocimiento avanzado de las densidades de los materiales incluidos.

Por supuesto pueden concebirse varias variedades de las realizaciones anteriormente descritas. Por ejemplo, el dispositivo y el procedimiento, de acuerdo con la invención, puede configurarse en parte de distintas formas, como ya se ha mencionado anteriormente, y además, el dispositivo puede adaptarse para la medición de líquidos, otros tipos de materiales sólidos, o gases. Debe considerarse que dichas modificaciones de la invención entran dentro del alcance de la invención tal y como ésta última se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para medir la densidad o determinar la presencia y las cantidades de materiales de diferentes densidades en un objeto (9, 18) a medir, consistiendo dicho objeto, al menos principalmente, en un material sólido y que tiene un espesor variable, comprendiendo dicho dispositivo al menos una fuente (5, 12) de radiación para emitir radiación electromagnética, y al menos un sensor (6, 13) para medir la intensidad de la radiación tras su paso a través del objeto (9, 18) a medir, y conectándose a una unidad (8, 16) de cálculo, **caracterizado porque** la radiación se emite al menos con dos longitudes de onda, y **porque** el dispositivo comprende medios de medición para determinar la extensión del objeto (9, 18) entre la fuente (5, 12) de radiación y el sensor (6, 13), y **porque** la unidad (8, 16) de cálculo se dispone para calcular la presencia y la cantidad de hasta N+1 tipos diferentes de material, en base a los datos de medición que se reciben del sensor (6, 13) con respecto a un número N de diferentes longitudes de onda de radiación, el espesor del objeto (9, 18), y el conocimiento de los coeficientes de atenuación de los tipos de material implicados.
2. Un dispositivo, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** es móvil y **porque** los medios de medición comprenden dos brazos (1, 2) interconectados, que se disponen para un movimiento relativo y para soportar el sensor (6) y la fuente (5) de radiación, respectivamente, comunicándose dicho sensor y dicha fuente de radiación, y **porque** dichos brazos (1, 2) se disponen, debido a sus posiciones mutuas, para proporcionar información sobre la extensión del objeto (9) a medir, cuando los brazos (1, 2) se llevan hasta una posición lo más próxima posible el uno del otro, a uno y otro lado del objeto (9) a medir.
3. Un dispositivo, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** es estacionario y **porque** los medios de medición comprenden láseres (14, 15) que se posicionan en una relación básicamente opuesta, adyacentes a la fuente (12) de radiación y el sensor (13) respectivamente, usándose los haces de luz que emite el láser y que el objeto (18) que se está midiendo refleja de vuelta, para calcular el espesor del objeto (18).
4. Un dispositivo, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la radiación electromagnética se encuentra dentro del intervalo de radiación de los rayos X.
5. Un procedimiento para medir la densidad, que comprende la radiación de rayos electromagnéticos a través de un objeto (9, 18) a medir y la medición de la intensidad de la radiación del lado por el que salen los rayos del objeto (9, 18) a medir, **caracterizado porque** mide la extensión del objeto (9, 18) a lo largo del recorrido de la radiación que atraviesa el objeto y efectúa la radiación al menos con dos longitudes de onda diferentes, y calcula la presencia y cantidad de hasta al menos tres N+1 tipos diferentes de materiales, en base a los datos de medición de la radiación a N longitudes de onda diferentes, de la extensión del objeto (9, 18) a medir y de los coeficientes de atenuación conocidos de los tipos de material que incluye el objeto a medir.

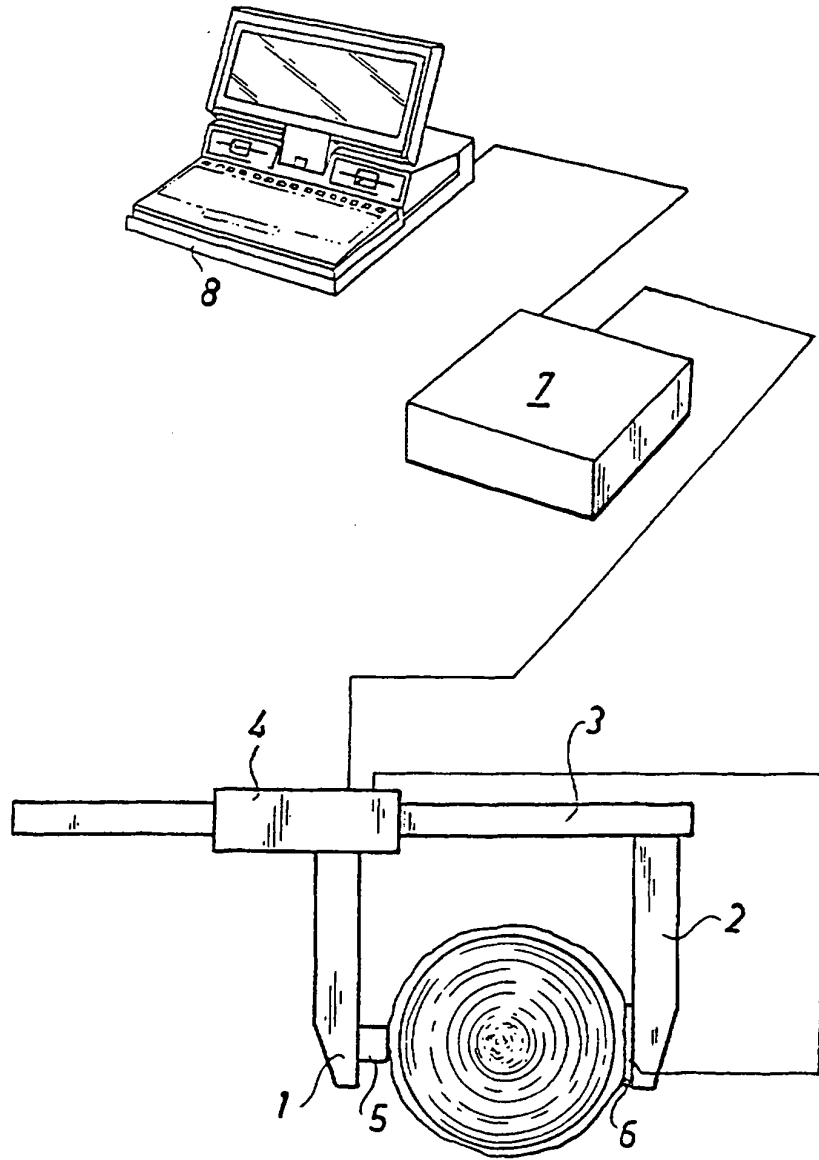


Fig. 1

Fig. 2

