

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 954 293**

51 Int. Cl.:

**G01N 22/04**

(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2018** **PCT/FR2018/051766**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.01.2019** **WO19012232**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2018** **E 18749041 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2023** **EP 3652525**

54 Título: **Método para cuantificar la humedad en una estera de fibras**

30 Prioridad:

**13.07.2017 FR 1770753**

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

**21.11.2023**

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN ISOVER (100.0%)  
Tour Saint-Gobain, 12 place de l'Iris  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**D'HERIN BYTNER, FRÉDÉRIC;  
ROUBIN, MARC;  
SOTERAS, FIONA;  
COSSALTER, LAURE y  
GAUBIL, MICHEL**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 954 293 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 para cuantificar la humedad en una estera de fibras

5

La invención se refiere a productos a base de fibras, en particular, a base de fibras minerales o vegetales, por ejemplo, fibras de roca, vidrio, algodón, madera o cáñamo y, en particular, tales productos fabricados usando un manto de fibras unidas por un aglutinante.

10 La invención se refiere, más específicamente, a un proceso para cuantificar la humedad en dicho manto de fibras, y a un proceso para fabricar un producto a base de fibras unidas por un aglutinante, usando dicho proceso.

Los productos de aislamiento actualmente comercializados consisten típicamente en paneles, tableros, rollos o productos de forma tubular o de otra forma obtenidos a partir de un manto de fibras, por ejemplo, de fibras minerales tales como fibras de vidrio o fibras de piedra, consolidadas por un aglutinante orgánico o mineral.

15

El proceso para fabricar un manto de fibras de este tipo es bien conocido y generalmente comprende la serie de etapas siguientes:

20 – la fusión del material mineral,

– la conversión en fibras, también denominada fibrado, por ejemplo, mediante la denominada técnica de fibrado rotatorio usando elementos de fibrado rotacional,

25 – la adición de un aglutinante a las fibras,

– la recogida de las fibras impregnadas con el aglutinante habitualmente en una cámara de recepción que comprende, en el lado opuesto del dispositivo de fibrado, un transportador equipado en la parte inferior del mismo con cajas de succión mantenidas al vacío,

30

– el transporte de las fibras sobre una superficie de recepción, en forma de una capa más gruesa o más delgada denominada manto,

35 – generalmente un tratamiento térmico de reticulación o polimerización, llevado a cabo en un horno de secado, destinado para proporcionar al manto su cohesión,

– una preparación final de los productos resultantes.

40 Dentro del contexto de la monitorización del proceso de fabricación como se acaba de describir, es necesario llevar a cabo de forma continua procedimientos de monitorización, sobre al menos una parte y preferentemente en toda la producción, con el fin de garantizar una buena calidad del manto.

La solicitud de patente WO 2006/023137 describe, por ejemplo, un proceso para monitorizar el proceso basándose en una medición por medios espectroscópicos de la humedad presente en el manto de fibras impregnado con el aglutinante, antes del tratamiento térmico de reticulación en el horno de secado. Al comparar el contenido de humedad medido con un valor de referencia, el ajuste de al menos un parámetro permite la monitorización continua del proceso.

45

Cabe señalar que la importancia y la necesidad de un proceso de monitorización eficaz en los procesos para fabricar mantos de fibras minerales aumentan aún más actualmente debido al deseo de desarrollar, como reemplazo de las resinas de fenol-formaldehído utilizadas actualmente, aglutinantes alternativos que permiten reducir los riesgos de liberación de formaldehído durante el curado del aglutinante. Dentro de este contexto, se están estudiando actualmente los aglutinantes de diferente naturaleza química, en particular, obtenidos de polímeros policarboxílicos y polioles tales como resinas acrílicas, por ejemplo, como se describe en la solicitud WO 2006/023137.

50

55 Con estos aglutinantes alternativos, incluso más que con los aglutinantes de fenol-formaldehído, la monitorización y la optimización de la cantidad de agua y su distribución en el producto no curado es esencial para el control del proceso con el fin de garantizar la calidad deseada en el producto final.

Específicamente, con el fin de evitar una polimerización y un endurecimiento demasiado prematuro de los aglutinantes alternativos y con el fin de reducir la viscosidad de los mismos, es necesario aumentar sustancialmente, en comparación con los aglutinantes de fenol-formaldehído, la proporción de agua presente en la solución añadida a las fibras, lo que da como resultado mayores dificultades con respecto a la eliminación del agua residual potencialmente presente en el producto acabado al salir de la línea y, por lo tanto, hace que la presencia de medios de monitorización precisos sea incluso más esencial.

60

El objetivo de la presente invención es mejorar la precisión de las operaciones de monitorización y la regulación de las líneas de producción para fabricar productos a base de fibras unidas por un aglutinante, para garantizar una calidad óptima del producto final.

5 En primer lugar, un objeto de la invención es un proceso para cuantificar la humedad en un manto de fibras, en particular, un manto de fibras que se mueve a lo largo de un plano de ejecución (X, Y) y una dirección de la máquina (X), que comprende:

- la emisión de una onda electromagnética incidente hacia el manto, por al menos un emisor,
- 10 – la recepción de la onda electromagnética transmitida a través del manto, por al menos un receptor,
- la identificación de una variación de al menos un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente,
- 15 – la determinación de un valor representativo de la humedad en el manto de fibras, en función de dicha variación y del volumen eficaz de manto que ha interactuado efectivamente con la onda incidente.

Una onda electromagnética que pasa a través de un manto de fibras ve modificados algunos de sus parámetros durante este cruce. Estas modificaciones son una función de la cantidad de agua real, de vidrio y de aglutinante que encuentra la onda, y, en menor medida, de la temperatura ambiente y de la humedad ambiente.

Al tener en cuenta, en los cálculos de humedad, el volumen eficaz de manto que ha interactuado efectivamente con la onda incidente, es posible determinar con gran precisión la cantidad de agua en el manto y, por lo tanto, regular de manera más efectiva los parámetros del proceso de fabricación de manto con el fin de asegurar que se elimina toda el agua del producto final. Para productos del tipo de aglutinante alternativo mencionado anteriormente, más particularmente, la gestión precisa de la humedad corriente arriba del horno de secado también permite mejorar las cualidades intrínsecas del producto final, en particular, las propiedades mecánicas del mismo.

La onda electromagnética incidente es típicamente, aunque de forma no limitativa, una microonda, es decir, una onda que tiene una frecuencia entre 1 y 300 GHz.

La onda electromagnética incidente es preferentemente una onda que tiene una frecuencia entre 1 y 50 GHz, aún más preferentemente entre 1 y 10 GHz.

35 Según un ejemplo de implementación, una variación de un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente es un desplazamiento de fase.

Según otro ejemplo, una variación de un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente es un cambio en la amplitud.

40 Según un ejemplo, el valor representativo de la humedad en el manto de fibras corresponde a la cantidad de agua real (por ejemplo expresada en kg) que ha interactuado con la onda incidente (cuando pasa a través del manto), que se denomina más abajo como cantidad de agua eficaz.

45 Según un ejemplo, el proceso comprende además una medición de un valor representativo del gramaje del manto, ventajosamente corriente abajo del horno de secado y preferentemente al final de la línea, en el producto final. Se entiende que el gramaje significa la masa de vidrio y aglutinante por unidad de área. Se entiende que el valor representativo del gramaje significa el gramaje o cualquier valor que permita obtener información sobre este gramaje.

50 Según un ejemplo, el proceso comprende además una medición del espesor del manto, ocasional o ventajosamente en tiempo real y de forma continua, preferentemente en línea con el emisor o en sus proximidades.

Según un ejemplo, la determinación de un valor representativo de la humedad en el manto de fibras es una función de la variación identificada de la onda, del gramaje y del espesor del manto.

55 La cantidad de agua eficaz se determina, por ejemplo, por medio de una relación matemática que da la variación de un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente en función de al menos la cantidad de agua eficaz, el gramaje y el espesor del manto, siendo los coeficientes de dicha relación previamente determinados mediante la regresión de una serie de mediciones realizadas con muestras de humedad relativa, espesor y gramaje conocidos o medidos, siendo la cantidad de agua eficaz una función del volumen eficaz de manto que ha interactuado efectivamente con la onda incidente.

Según una realización, la cantidad eficaz de agua se aborda mediante una relación del tipo:

$$F = a \cdot H + b \cdot G + c \cdot E + \delta \quad (1)$$

65 Con:

F siendo la variación de la onda

H siendo la cantidad de agua eficaz (en kg)

G siendo el gramaje (en kg/m<sup>2</sup>)

E siendo el espesor (en m)

los coeficientes a, b, c, δ siendo determinados previamente mediante regresión lineal a partir de una serie de mediciones realizadas con muestras de humedad relativa, espesor y gramaje conocidos o medidos, siendo la cantidad de agua eficaz una función del volumen eficaz de manto que ha interactuado efectivamente con la onda incidente.

Según otra realización, la cantidad de agua se puede abordar mediante una regresión no lineal (polinomial, exponencial, etc.).

Más específicamente, la cantidad de agua eficaz se calcula a partir de la humedad relativa, el gramaje, el espesor y, de acuerdo con la invención, el volumen eficaz de manto que ha interactuado efectivamente con la onda incidente, según la siguiente relación:

$$H = H_r \cdot (G/E) / (1 - H_r) \cdot V_{eff} \quad (2)$$

Con:

H siendo la cantidad de agua eficaz (en kg)

Hr siendo la humedad relativa (en %)

G siendo el gramaje (en kg/m<sup>2</sup>)

E siendo el espesor del manto (en m)

Veff siendo el volumen eficaz (en m<sup>3</sup>)

Según un ejemplo ventajoso, el proceso de cuantificación de humedad comprende además una medición de la temperatura ambiente y/o de la humedad ambiente. En otras palabras, la temperatura ambiente y/o la humedad ambiente se miden, preferentemente en las proximidades del emisor, y un valor representativo de la humedad en el manto de fibras se determina también como una función de este(os) valor(es) de temperatura y/o humedad. La cantidad de agua eficaz se determina en este caso por medio de una relación del tipo:

$$F = a' \cdot H + b' \cdot G + c' \cdot E + d' \cdot T + e' \cdot H_a + \delta' \quad (1')$$

Con:

F siendo la variación de la onda

H siendo la cantidad de agua eficaz (en kg)

G siendo el gramaje (en kg/m<sup>2</sup>)

E siendo el espesor (en m)

T siendo la temperatura ambiente

Ha siendo la humedad ambiente

Según un ejemplo, el proceso comprende una etapa de calibración anterior para establecer una relación entre la variación de un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente y una cantidad de agua real que interactúa con una onda electromagnética incidente que pasa a través del manto, que se denomina cantidad de agua eficaz, teniendo en cuenta dicha relación el volumen eficaz de manto que ha interactuado efectivamente con la onda incidente.

Típicamente, la etapa de calibración consiste en analizar una pluralidad de muestras de material fibroso al tiempo que se determina, para cada uno:

– la humedad relativa, el gramaje, el espesor,

– una variación (desplazamiento de fase y/o variación en la amplitud de la onda en particular) de al menos un parámetro de una onda electromagnética que la atraviesa

5 – el volumen eficaz de material fibroso que efectivamente pasa por la onda

a continuación, en determinar, mediante regresión multiparámetro (por ejemplo, regresión lineal), una relación en particular del tipo (1) o (1') anterior entre la variación de la onda, el gramaje, el espesor y la cantidad de agua eficaz, siendo la cantidad de agua eficaz calculada a partir de la humedad relativa, el gramaje, el espesor y, de acuerdo con la invención, el volumen eficaz de manto que ha interactuado efectivamente con la onda incidente.

Ventajosamente, dicha relación también puede tener en cuenta la humedad ambiente y/o la temperatura ambiente.

Según un ejemplo, la etapa de calibración comprende una etapa de estimación, mediante pruebas o por simulación digital, del volumen eficaz de manto que interactúa con la onda electromagnética.

Según la invención, el volumen eficaz de manto está definido por el espesor del manto y por una sección transversal eficaz de manto, definida en cada punto del espesor (en cada plano del manto paralelo a las caras principales del manto), correspondiente a la sección transversal que interactúa con la onda electromagnética.

Por tanto, la etapa de estimar el volumen eficaz de manto comprende una etapa de estimar la sección transversal eficaz de manto que interactúa con la onda electromagnética.

El espesor del manto puede ser el espesor nominal del manto, conocido previamente como un parámetro de la línea de fabricación, o un espesor medido en una muestra.

La sección transversal eficaz puede estimarse mediante simulación digital, o mediante pruebas experimentales.

Depende:

- de la posición relativa del emisor y del receptor,
- de la posición del manto entre el emisor y el receptor, y
- del espesor del manto.

Durante la etapa de calibración, uno u otro de estos parámetros o los tres pueden tenerse en cuenta.

Se ha observado que la sección transversal eficaz es típicamente rectangular.

El volumen eficaz puede tener una sección transversal constante en todo el espesor del manto.

El volumen eficaz también puede tener una sección transversal variable en todo el espesor del manto. En este caso, la sección transversal eficaz aumenta gradualmente a lo largo de al menos una parte del espesor del manto: el volumen eficaz se ensancha desde el emisor hacia el receptor, a lo largo de al menos una parte del espesor del manto. El volumen eficaz tiene típicamente una forma general de cono truncado o de cono truncado doble. Cabe señalar que el término cono se entiende en este punto como un cono de revolución, un cono piramidal o cualquier cono. Preferentemente, la curva directriz del cono es generalmente un escalado del contorno de la superficie de emisión (en adelante, superficie útil) del emisor.

Según un ejemplo, la sección transversal eficaz se estima mediante pruebas experimentales de tipo “papel secante”, que consiste en colocar, entre el emisor y el receptor, al menos una muestra fibrosa plana, también denominada papel secante, de la cual se varían las dimensiones (dimensiones transversales, es decir, típicamente las dimensiones de longitud y/o anchura, por ejemplo, en el caso de un rectángulo), en observar para cada configuración de la muestra una variación característica de al menos un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente (evolución del desplazamiento de fase o del cambio en la amplitud de la onda, por ejemplo), y en deducir de ello las dimensiones máximas de la(s) muestra(s) para las cuales hay una evolución de dicho parámetro de la (s) muestra (s) para las que existe una evolución de dicho parámetro de la onda (denominado sección transversal eficaz).

Preferentemente, se coloca una pluralidad de muestras apiladas entre el emisor y el receptor, y las dimensiones de cada muestra se modifican gradualmente, una muestra tras otra, observando cada vez una variación característica de la onda con el fin de determinar para cada muestra la sección transversal máxima para la que existe una evolución.

Se ha determinado experimentalmente que el volumen eficaz se aproxima ventajosamente mediante una sucesión de conos truncados colocados entre el emisor y el receptor, comprendiendo dicha sucesión de conos truncados al menos dos conos truncados, cuyas grandes bases coinciden entre sí (formando una gran base común). Según una

disposición particular, estos dos conos son simétricos con respecto a sus bases grandes (su base grande común) y sus bases grandes son equidistantes (su base grande común es equidistante) del emisor y del receptor.

Si se desea obtener un valor de humedad relativa, el proceso puede comprender además una etapa de recalcular la humedad relativa del manto (en otras palabras, la relación expresada en % de la masa de agua contenida en una muestra de manto a la masa total de esta muestra), teniendo en cuenta la cantidad eficaz de agua y un volumen eficaz de manto que ha interactuado con la onda electromagnética incidente.

A continuación, la humedad relativa se obtiene mediante la fórmula:

$$Hr = H / [H + (G/E) \cdot V_{eff}] \quad (3)$$

Con:

Hr siendo la humedad relativa (en %)

H siendo la cantidad de agua eficaz (en kg)

G siendo el gramaje (en kg/m<sup>2</sup>)

E siendo el espesor del manto (en m)

Veff siendo el volumen eficaz (en m<sup>3</sup>)

Según un ejemplo de implementación, el manto de fibras es transportado por un primer miembro de transporte y por un segundo miembro de transporte separado del primer miembro por una zona de medición, y el emisor y el receptor están posicionados respectivamente por encima y por debajo del manto, en dicha zona de medición.

Para el resto de la descripción, se define una dirección lateral Y como la dirección ortogonal a la dirección de la máquina X del manto y paralela al plano de ejecución. Una dirección transversal Z es ortogonal a X e Y.

Posteriormente, se mide una longitud en la dirección de la máquina X y una anchura en dicha dirección lateral Y. Se mide una altura o espesor en la dirección transversal Z.

Según un ejemplo, al menos dos subconjuntos de medición que comprenden cada uno un emisor y un receptor están distribuidos en la dirección lateral del manto, preferentemente a cada lado de un plano medio del manto, en otras palabras, un plano ortogonal al plano de ejecución y que pasa por el centro del mismo.

Ventajosamente, se elige el espacio entre los emisores de dos subconjuntos de medición adyacentes para evitar interferencias.

Por otra parte, ventajosamente, cada subconjunto de medición está ubicado preferentemente a una distancia de un extremo lateral del manto igual a al menos una vez la dimensión transversal máxima del emisor, más preferentemente aún 1,5 veces esta dimensión transversal máxima. Si, por ejemplo, el emisor tiene una sección transversal rectangular, se ubica preferentemente a una distancia del borde lateral del manto al menos igual a la longitud de su diagonal, más preferentemente aún al menos igual a 1,5 veces la longitud de su diagonal.

Según una posible configuración, tres subconjuntos de medición que comprenden cada uno un emisor y un receptor están distribuidos a lo largo de la anchura del manto, preferentemente con un subconjunto alineado con el plano medio del manto y los dos otros ubicados a cada lado de dicho plano medio.

Según otra posible configuración, se puede prever la colocación de subconjuntos de medición separados regularmente en toda la anchura del manto, por ejemplo, separados a una distancia igual a 60 cm.

La ubicación de los puntos húmedos en la anchura del grosor permite que sea posible controlar los parámetros del proceso corriente arriba de una manera dirigida con el fin de ajustar localmente las propiedades del manto, o de seleccionar partes corriente abajo del producto a desechar. Específicamente, al salir del horno de secado, un manto se corta típicamente en dos o cuatro tiras de igual anchura respectivamente a la mitad o a un cuarto de la anchura del manto. El conocimiento de los puntos húmedos del manto en toda su anchura permite desechar únicamente la(s) tira(s) considerada(s) defectuosa(s).

Opcionalmente, el proceso comprende la determinación de una diferencia de humedad entre al menos dos zonas del manto que están alineadas en la dirección lateral, preferentemente dos zonas ubicadas a cada lado del plano medio del manto.

La invención también se refiere a un proceso para fabricar un producto a base de fibras unidas por un aglutinante, que comprende una etapa de fibrado, una etapa de adición de aglutinante, una etapa de recogida y transporte de fibras impregnadas con aglutinante, y una etapa de reticulación del aglutinante, comprendiendo el proceso además,

antes de la etapa de reticulación, una etapa de cuantificación de la humedad en el manto de fibras, usando el proceso descrito anteriormente.

5 Según un ejemplo, el proceso de fabricación comprende además un circuito de realimentación que actúa sobre uno de los parámetros de dicho proceso en función de la humedad cuantificada del manto.

10 Por ejemplo, el proceso comprende además una etapa de regulación de al menos un parámetro elegido de la composición del aglutinante y, en particular, la proporción de agua en el aglutinante, la cantidad de aglutinante, la temperatura de reticulación, la duración de la etapa de reticulación, o una velocidad o caudal de aire impuesto durante la etapa de reticulación, en función de la humedad cuantificada del manto.

Las fibras son, por ejemplo, fibras minerales, en particular, fibras de vidrio o roca, o fibras vegetales, en particular, fibras de madera, algodón o cáñamo.

15 Los detalles de la invención se comprenderán mejor tras la lectura de la siguiente descripción de una implementación del presente proceso dentro del equipo para fabricar un manto de lana mineral. En el contexto de la presente invención, otras realizaciones son por supuesto posibles, la siguiente descripción se proporciona únicamente a modo de ilustración y no tiene que considerarse como limitativa en cualquiera de sus aspectos descritos.

20 La figura 1 representa una visión general del equipo para fabricar un manto de lana mineral, que incorpora la presente invención.

La figura 2 es una vista esquemática más detallada del medio de transporte del equipo de la figura 1.

25 La figura 3 es una vista en sección transversal a lo largo del plano III de la figura 2.

La figura 4 muestra una variante de modelado de un volumen eficaz del manto.

30 La figura 5 representa los resultados de la prueba en forma de curva que da el volumen determinado por el método del papel secante en función del espesor del manto, para un posicionamiento emisor/manto/receptor dado.

La figura 6 representa los resultados de la prueba en forma de curva que da el volumen determinado por el método del papel secante en función de la separación relativa entre el emisor y el receptor, para un espesor de manto dado.

35 Las figuras 7A y 7B muestran (respectivamente, en perspectiva y como una vista a lo largo de la dirección de la máquina X) el volumen eficaz estimado durante las pruebas del tipo "papel secante" en una configuración dada.

En la figura 1 se representa esquemáticamente el equipo 100 para la fabricación de productos a base de fibras, en particular, a base de un manto de lana mineral.

40 El equipo comprende un dispositivo 10 de tecnología conocida, que permite el fibrado de la roca o del vidrio.

45 Según un proceso bien conocido, se pulveriza un compuesto de unión o aglutinante sobre las fibras 12 así obtenidas, en una cámara 16 de recepción, por medios 18 dedicados para mezclar e inyectar los diversos constituyentes (resina, agua, adyuvantes, etc.). A continuación, las fibras se recogen en forma de un manto o capa 14, en la cámara de recepción 16, en un transportador equipado en la parte inferior de la misma con cajas de succión mantenidas al vacío (no representadas).

50 El manto 14 de fibra se envía acto seguido mediante medios 20 de transporte a un horno de secado 22, donde la temperatura del aire es, por ejemplo, del orden de 300 °C, con una temperatura en el núcleo del manto cercana a los 250 °C.

En el horno de secado, el exceso de agua se evapora y el aglutinante se polimeriza.

55 El manto 14' de fibra así obtenido se transporta luego a una unidad 24 para la preparación final de los productos resultantes, que comprende, por ejemplo, un corte del manto para obtener bloques que luego podrán disponerse como tableros o en un rollo, y opcionalmente el envase de los tableros o rollos así obtenidos, por ejemplo, la envoltura de los mismos mediante una película de plástico.

60 Según la invención, la humedad en el manto se cuantifica con precisión corriente arriba del horno de secado 22 por reticulación.

Esta cuantificación de humedad se lleva a cabo mediante un dispositivo automatizado 40 descrito con mayor detalle posteriormente con referencia a las figuras 2 y 3, colocado ventajosamente a nivel de los medios 20 de transporte.

65 En el ejemplo mostrado, el dispositivo de cuantificación de humedad comprende dos subconjuntos de medición 42c (a la izquierda) y 42d (a la derecha), que permiten cuantificar la humedad en los dos extremos laterales del manto. La

invención se describirá posteriormente más particularmente con referencia a uno de estos subconjuntos 42c. Obviamente, toda la descripción correspondiente puede transponerse al segundo subconjunto 42d.

5 Se observará además que, según una variante, el dispositivo también podría comprender un mayor número de subconjuntos 42a... 42n, distribuidos a lo largo de la anchura del manto 14.

10 Como se muestra en la figura 2, los medios de transporte 20 comprenden un primer y un segundo miembro de transporte 30, 32 en forma de correas sin fin montadas alrededor de ejes paralelos, y accionadas por un motor. Cada uno comprende una cara principal respectivamente 30a, 32a, en este caso, una cara superior, destinada a soportar el manto 14 de fibra mineral. De manera equivalente, podrían ser transportadores de cadena o transportadores de mesa de rodillos o cualquier otro medio de transporte adecuado.

15 Los primer y segundo transportadores 30, 32 están separados entre sí y separados, en la dirección de la máquina X del manto, por la zona 34 de medición.

El espacio entre el primer miembro de transporte y el segundo miembro de transporte se denomina d en la figura 2. Típicamente está entre 10 y 30 cm.

20 El manto 14 de fibra está, en su conjunto, en forma de una tira continua que tiene dos caras 14a, 14b principales paralelas, una de las cuales (14b) está en contacto con los transportadores 30, 32. Tiene una anchura l (por ejemplo, entre 1 y 3 metros) y un espesor e (por ejemplo, entre 10 y 60 centímetros), como se muestra en la figura 3.

En cualquier punto del manto, un plano de ejecución se define tangente a una de las caras principales 14a, 14b del mismo.

25 Además, localmente se define una dirección lateral Y como la dirección ortogonal a la dirección de la máquina X del tapete y paralela a dicho plano de ejecución en el mismo punto.

En el ejemplo que se muestra, el subconjunto 42c de medición (a la izquierda en las figuras 2 y 3) comprende, en la zona 34 de medición:

- 30 – un emisor 44c colocado debajo del manto 14 (orientado hacia la cara 14b inferior en las figuras), en las proximidades de un borde 14c lateral del manto, en particular a una distancia d1 de este borde, típicamente del orden de 50 cm, preferentemente igual al menos a una vez la diagonal del emisor, o incluso 1,5 veces,
- 35 – un receptor 46c colocado en el lado opuesto del manto (orientado hacia la cara 14a superior en las figuras)
- un sensor 50c de temperatura ambiente,
- un sensor 52c de humedad ambiente, y
- 40 – un sensor 54c de espesor de manto.

45 Un sensor 56 de gramaje se proporciona adicionalmente corriente abajo del horno de secado por reticulación, para la medición en el producto acabado (véase la figura 1).

La figura 3 es una sección transversal a lo largo del plano III de la figura 2, que muestra las disposiciones mencionadas anteriormente.

50 El emisor 44c es adecuado para emitir una microonda incidente hacia el manto.

El receptor 46c se coloca orientado hacia el emisor 44c. Por lo tanto, se alinea con el emisor 44c, en una dirección ortogonal al plano de ejecución del manto.

55 Se observará que, aunque, en el ejemplo mostrado, el emisor está por debajo del manto y el receptor anterior, también es posible una configuración invertida.

La distancia Htot entre el emisor y el receptor es típicamente del orden de 50 a 100 cm, preferentemente de entre 70 y 100 cm, por ejemplo entre 90 y 100 cm.

60 La distancia H1 entre la cara inferior del manto y el emisor está, por ejemplo, comprendida entre 0 y 10 cm.

El receptor 46c es adecuado para recibir la onda transmitida que sale del manto y, en el ejemplo, para identificar una variación de un parámetro de la onda, tal como un desplazamiento de fase o una variación en la amplitud.

Como se muestra en la figura 2, el receptor 46c, el sensor 50c de temperatura, el sensor 52c de humedad, el sensor 54c de espesor de manto y el sensor de gramaje están conectados a una unidad 60 de procesamiento de datos, por ejemplo, un ordenador, cuyo funcionamiento se describirá con mayor detalle posteriormente.

- 5 La unidad 60 de procesamiento de datos comprende o está conectada a los datos 62 de calibración, que establecen una relación entre un desplazamiento de fase de la onda emitida por el emisor 44c y/o una variación de la amplitud de la misma, y la cantidad de agua que ha interactuado con la onda (cantidad de agua eficaz).

10 Los datos de calibración 62 se determinan durante una etapa de calibración anterior, que comprende típicamente las siguientes etapas:

- Etapla 1: se proporciona una pluralidad de muestras de material fibroso de gramaje y espesor conocidos o medidos

Esta etapa se lleva a cabo, en base a productos, en intervalos limitados de espesor definido y gramaje definido.

- 15 • Etapla 2: la humedad relativa de estas muestras se determina experimentalmente

A continuación se describe un ejemplo del protocolo:

- 20 1) se extrae una muestra de alrededor de 50 a 80 g,
- 2) la muestra completa se introduce en una bolsa de plástico herméticamente sellada con el fin de evitar las fluctuaciones de humedad vinculadas a la evaporación,
- 25 3) se saca la muestra de la bolsa y se pesa su peso M1 (o peso inicial), preferentemente con una precisión de 0,01 gramos,
- 4) la muestra se coloca en un horno ventilado, durante 1 h ± 5 min a 105 °C ± 2 °C,
- 30 5) la muestra se saca del horno y se seca durante 30 minutos en un desecador,
- 6) la muestra se pesa una vez más para determinar su peso M2,
- 7) la humedad relativa Hr, expresada en porcentaje, se calcula mediante la fórmula:

35 
$$Hr = (M1 - M2) / M1 \cdot 100 \quad (3)$$

- Etapla 3: Cada muestra se somete a la radiación de una onda electromagnética incidente y se identifica una variación de al menos un parámetro de la onda transmitida por la muestra con respecto a la onda incidente

- 40 • Etapla 4: Se estima el volumen eficaz de cada muestra

El volumen eficaz es una función de la altura del manto y de la sección transversal eficaz del manto que interactúa efectivamente con la onda.

45 La altura del manto se mide, por ejemplo, en tiempo real, por un sensor de altura.

La sección transversal eficaz puede, a su vez, modelarse como se describirá más adelante:

- 50 Un emisor de microondas tiene típicamente una sección transversal de forma cuadrada, con una anchura l1. Sin embargo, como variante, el emisor puede tener una sección transversal de cualquier forma.

Si se considera el emisor 44c en la figura 3, el volumen del manto cuya sección transversal corresponde a la del emisor se define mediante líneas discontinuas. Es un paralelepípedo rectangular con una base l1 x l1 y una altura e, correspondiente al espesor del manto.

55 En realidad, se ha observado que la onda incidente interactúa con las zonas del manto 14 ubicadas fuera de este volumen.

60 Por ejemplo, podría considerarse que la sección transversal eficaz es constante a lo largo del espesor del manto, que es de la misma naturaleza geométrica que la sección transversal del emisor, pero que es una ampliación del mismo, como se muestra en la figura 3.

La sección transversal eficaz del manto, que tiene una anchura l2 > l1, puede estimarse mediante mediciones de tipo de papel de secante como se define a continuación:

65

Partiendo de la hipótesis anterior de que la sección transversal eficaz del manto es constante en todo el espesor del manto, es posible, por ejemplo, determinar esta sección transversal colocando sucesivamente, entre el emisor y el receptor, muestras fibrosas planas, también denominadas papeles secantes, (recubiertas de plástico con el fin de evitar la evaporación) con un espesor igual al del manto pero con dimensiones laterales cada vez mayores. Al observar la evolución del desplazamiento de fase o del cambio en la amplitud de la onda (o de cualquier otra variación característica), es posible determinar la sección transversal máxima para la que se produce una evolución de una de las características de la onda (denominada sección transversal eficaz). Se entiende que para cualquier muestra que tenga una sección transversal mayor que esta sección transversal eficaz, la onda interactúa con el manto sólo sobre la parte de la muestra correspondiente a esta sección transversal eficaz, pero no con el resto de la muestra. Aunque la muestra es de mayor tamaño, la cantidad de agua que pasa por la onda, por lo tanto, permanece igual.

Preferentemente, y en particular en los casos donde la distancia  $H_{tot}$  entre el(los) emisor(es) y el(los) receptor(es) es mayor que un valor predeterminado típicamente igual a 60 cm, el volumen eficaz se estima considerando la sección transversal eficaz como variable a lo largo del espesor del manto.

En este caso, la sección transversal eficaz se estima en una pluralidad de planos paralelos a las caras principales del manto; se coloca una pluralidad de muestras en capas, entre el emisor y el receptor, luego las dimensiones de cada muestra varían gradualmente, una muestra tras otra, observando cada vez la evolución del desplazamiento de fase o del cambio en la amplitud de la onda (o de cualquier otra variación característica) con el fin de determinar para cada muestra la sección transversal máxima para la que existe una evolución.

Se ha observado que un modelado óptimo del volumen eficaz consiste en una pirámide truncada doble como se muestra en la figura 4 o en las figuras 7A y 7B.

Cabe señalar que el volumen depende del espesor del manto por un lado, y de la distancia relativa entre el emisor y el receptor y la separación del mismo con respecto al manto por otro lado.

Las figuras 7A y 7B dan los resultados obtenidos por pruebas de tipo "papel secante" descritas anteriormente, en una configuración de línea dada.

En esta configuración particular, el emisor y el receptor están separados por una distancia  $H_{tot}$  igual a 96 cm.

El emisor y el receptor tienen superficies útiles opuestas que son rectangulares, que tienen una anchura  $I_1$  igual a 92 cm (medida en la dirección lateral) y una longitud  $L_1$  igual a 125 cm (medida en la dirección de la máquina).

En el ejemplo, la distancia  $H_1$  entre la cara inferior del manto y la superficie útil del emisor es igual a 10 cm.

El volumen atravesado por la onda incidente se aproxima mediante una pirámide truncada doble con bases rectangulares que está centrada alrededor de un mismo eje transversal paralelo al eje Z que conecta el emisor y el receptor.

En el ejemplo, esta pirámide truncada doble se descompone de la siguiente forma:

- una primera pirámide truncada 81 que tiene una altura  $H_2$  igual a 38 cm, de la que
  - o la pequeña base coincide con la cara inferior del manto (y, por lo tanto, paralela a las caras principales 30a, 32a de los transportadores 30, 32) y tiene una anchura  $I_3$  igual a 20 cm y una longitud  $L_3$  igual a 15 cm
  - o la base grande tiene una anchura  $I_4$  igual a 28 cm y una longitud  $L_4$  igual a 21 cm.

Una segunda pirámide truncada 82, que tiene las mismas dimensiones que la primera pirámide, las primera y segunda pirámides son simétricas con respecto a su gran base común.

La figura 5 representa los resultados de la prueba en forma de curva que da el volumen determinado por el método del papel secante en función del espesor del manto, para un posicionamiento emisor/manto/receptor dado.

La figura 6 representa los resultados de la prueba en forma de curva que da el volumen eficaz total determinado por el método del papel secante en función de la separación relativa entre el emisor y el receptor.

- Etapas 5: La cantidad de agua eficaz que ha interactuado con la onda está determinada por la fórmula

$$H = H_r \cdot (G/E) / (1 - H_r) \cdot V_{eff} \quad (2)$$

Con:

H siendo la cantidad de agua eficaz (en kg)

Hr siendo la humedad relativa (en %)

G siendo el gramaje (en kg/m<sup>2</sup>)

5 E siendo el espesor del manto (en m)

Veff siendo el volumen eficaz (en m<sup>3</sup>)

10 • Etapas 6: Todos los resultados se compilan y se determina de forma ventajosa una relación del siguiente tipo, por ejemplo, mediante regresión lineal

$$F = a' \cdot H + b' \cdot G + c' \cdot E + d' \cdot T + e' \cdot Ha + \delta' \quad (1')$$

Con:

15

F siendo la variación de la onda

H siendo la cantidad de agua eficaz (en kg)

20

G siendo el gramaje (en kg/m<sup>2</sup>)

E siendo el espesor (en m)

T siendo la temperatura ambiente

25

Ha siendo la humedad ambiente

Esta regresión lineal se realiza normalmente a partir de productos, es decir, una regresión para una combinación dada de gramaje/espesor/humedad en un intervalo definido.

30

La unidad 60 de procesamiento comprende medios 64 de cálculo que usan estos datos de calibración y, en particular, la relación (1') anterior, para calcular en tiempo real, en función del espesor, del gramaje, de la temperatura y humedad ambiente, y de las variaciones de al menos un parámetro de la onda incidente emitida por el emisor 44c, la cantidad de agua eficaz que eficazmente pasa por la onda incidente.

35

El proceso para cuantificar la humedad en el manto se lleva a cabo finalmente de la siguiente manera:

40 Cuando una onda incidente es emitida por un emisor 44c, 44d, el receptor 46c, 46d correspondiente adquiere la señal correspondiente a la onda transmitida, y determina el desplazamiento de fase o la variación en la amplitud de la onda. Al mismo tiempo, los sensores 50c, 50d miden la temperatura y la humedad ambiente; 52c, 52d. Esta información se envía a la unidad 60 de procesamiento de datos que, con la ayuda de los medios 64 de cálculo, determina la cantidad de agua eficaz.

45

Después del procesamiento por la unidad 60, la información sobre la humedad se transmite a un dispositivo 70 de control que luego puede modificar continuamente y muy rápidamente al menos uno de los parámetros que actúan sobre una etapa del proceso de fabricación, por ejemplo, a través de las líneas 72, 74, 76 de control. Dicho parámetro puede ser, por ejemplo, aunque sin limitación, la cantidad de aglutinante inyectada, la composición inicial de la mezcla y, en particular, la cantidad de agua presente con la resina (línea 72 de control), la temperatura del horno de secado o el tiempo de permanencia en el horno de secado (línea 76), la velocidad o caudal del aire del horno de secado, etc.

50

En el ejemplo mostrado, la presencia de dos subconjuntos 42c, 42d de medición permite determinar una diferencia de humedad derecha/izquierda en el manto y, por lo tanto, evaluar la homogeneidad de la producción.

55

Ventajosamente, los dos subconjuntos son perfectamente simétricos en relación con un plano medio del manto. Por ejemplo, la distancia entre los receptores 46c, 46d es ventajosamente idéntica a la distancia d2 que separa los dos emisores 44c, 44d.

60

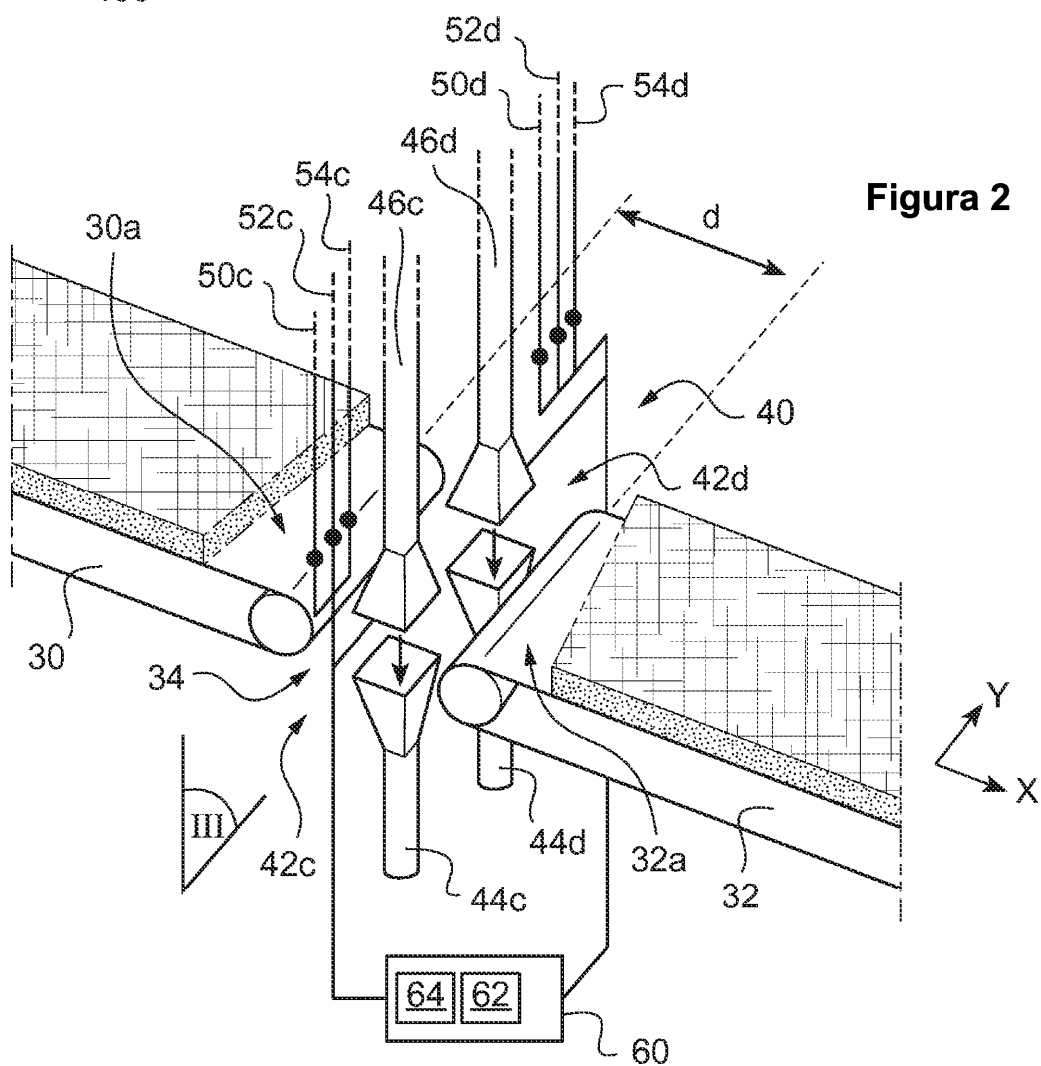
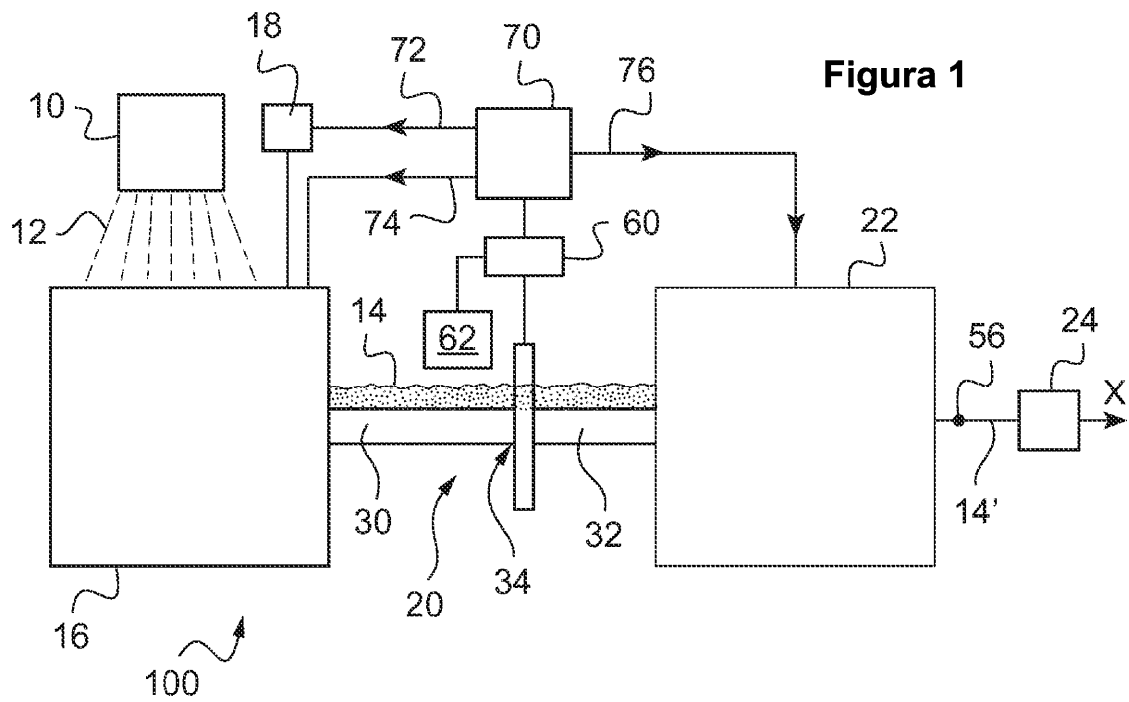
Asimismo, ventajosamente, la distancia d2 que separa los dos emisores 44c, 44d se elige de manera que se eviten las interferencias entre las ondas que emanan de cada emisor (distancia d3 entre los volúmenes eficaces de los subconjuntos 42c, 42d superior a 0, véase la figura 3 o 4).

# REIVINDICACIONES

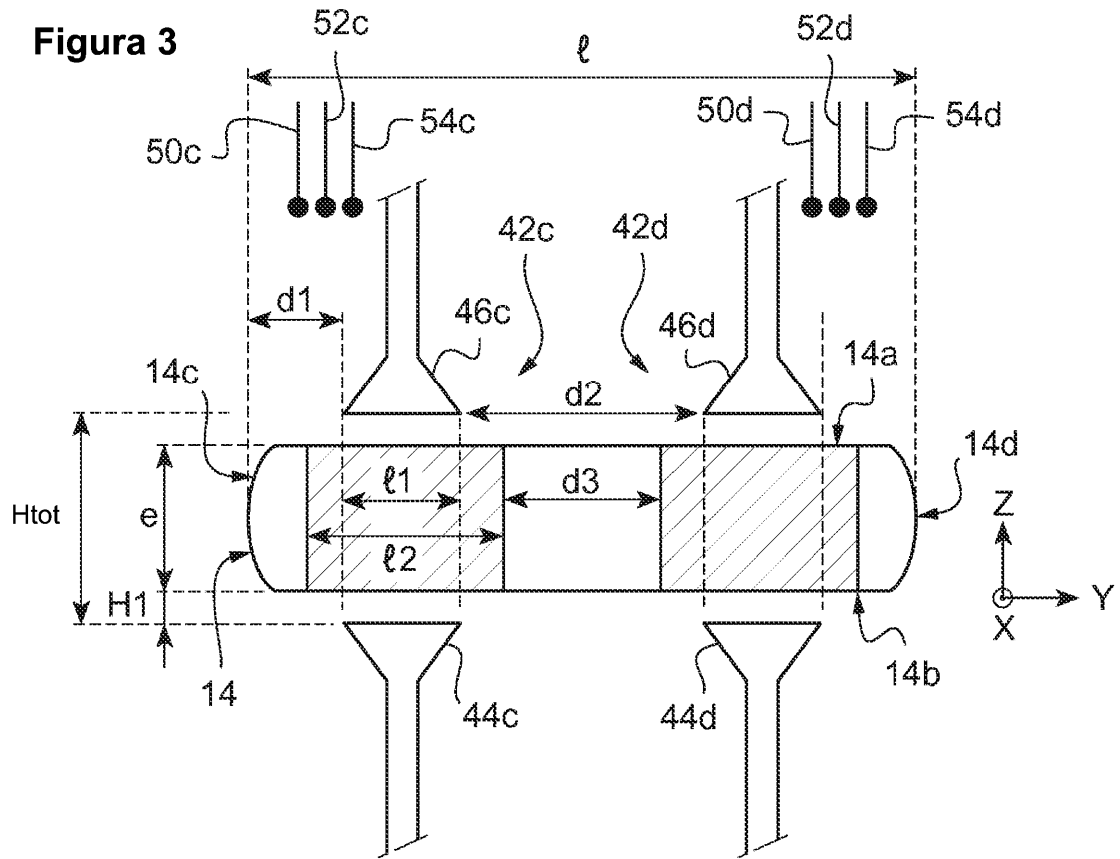
1. Un proceso para cuantificar la humedad en un manto (14) de fibras, que comprende:
  - 5 -la emisión de una onda electromagnética incidente hacia el manto, por al menos un emisor (44c, 44d),  
-la recepción de la onda electromagnética transmitida a través del manto, por al menos un receptor,  
-la identificación de una variación de al menos un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente, en donde dicho proceso se **caracteriza porque** comprende la siguiente etapa:
    - 10 -la determinación de un valor representativo de la humedad en el manto de fibras, en función de dicha variación y del volumen eficaz de manto que ha interactuado efectivamente con la onda incidente, en donde el volumen eficaz del manto está definido por el espesor del manto y por una sección transversal eficaz de manto, definida en cada punto del espesor en cada plano del manto paralelo a las caras principales del manto, correspondiente a la sección transversal que interactúa con la onda electromagnética.
2. El proceso según la reivindicación 1, en donde la onda incidente es una microonda.
- 20 3. El proceso según la reivindicación 1 o 2, en donde una variación de un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente es un desplazamiento de fase.
4. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde una variación de un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente es un cambio en la amplitud.
- 25 5. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el valor representativo de la humedad en el manto de fibras corresponde a la cantidad de agua real que ha interactuado con la onda incidente, denominada cantidad de agua eficaz.
- 30 6. El proceso según la reivindicación 5, en donde la cantidad de agua eficaz se determina por medio de una relación matemática que da la variación de un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente en función de al menos la cantidad de agua eficaz, el gramaje y el espesor del manto, siendo los coeficientes de dicha relación previamente determinados mediante la regresión de una serie de mediciones realizadas con muestras de humedad relativa, espesor y gramaje conocidos o medidos, siendo la cantidad de agua eficaz una función del volumen eficaz de manto que ha interactuado efectivamente con la onda incidente.
- 35 7. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además una medición del gramaje del manto.
- 40 8. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además una medición del espesor del manto.
9. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además una medición de la humedad ambiente y/o temperatura ambiente.
- 45 10. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende una etapa de calibración anterior para establecer una relación entre la variación de un parámetro de la onda transmitida con respecto a la onda incidente y una cantidad de agua real que interactúa con una onda electromagnética incidente que pasa a través del manto, denominada cantidad de agua eficaz, teniendo dicha relación en cuenta el volumen eficaz de manto que ha interactuado efectivamente con la onda incidente.
- 50 11. El proceso según la reivindicación 10, en donde la etapa de calibración comprende una etapa de estimación, mediante pruebas o mediante simulación numérica, del volumen eficaz de manto interactuando con la onda electromagnética.
- 55 12. El proceso según la reivindicación 11, en donde la etapa de estimación del volumen eficaz de manto comprende una etapa de estimación, mediante pruebas o mediante simulación numérica, de la sección transversal eficaz de manto interactuando con la onda electromagnética.
- 60 13. El proceso según la reivindicación 11 o 12, en donde el volumen eficaz tiene una sección transversal variable en todo el espesor del manto.
14. El proceso según la reivindicación 11 o 12, en donde el volumen eficaz tiene una forma general de cono truncado o de cono truncado doble.

65

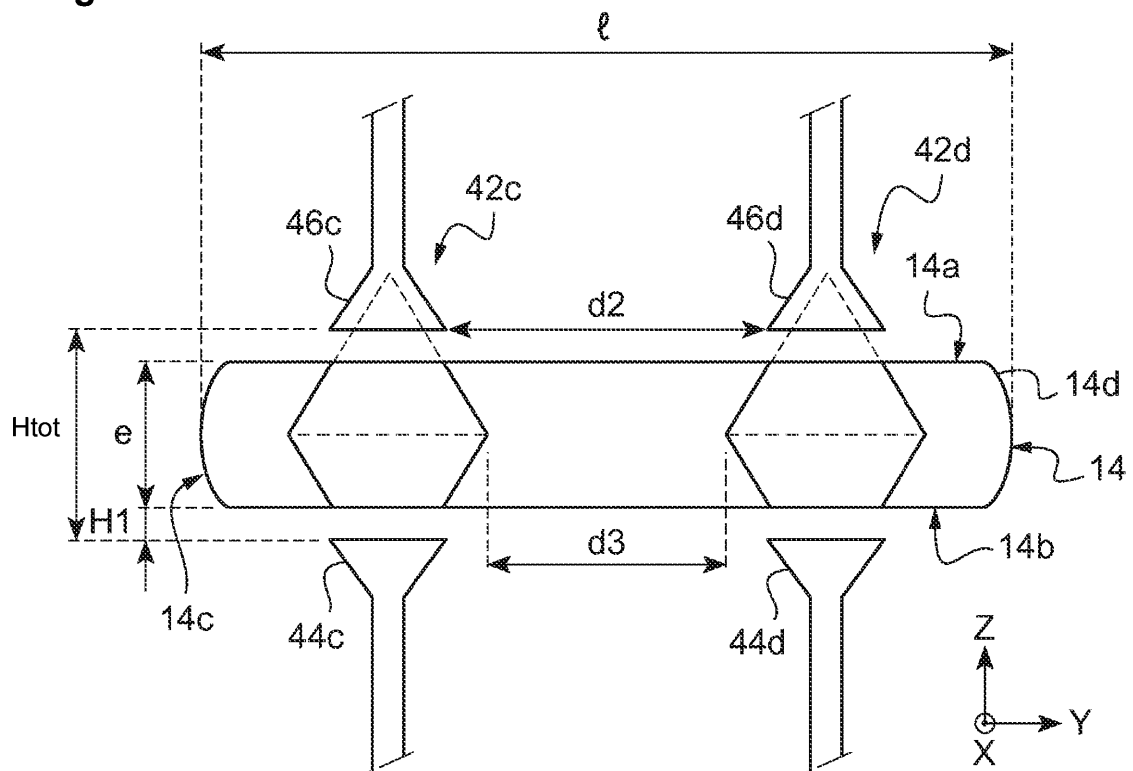
15. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en donde el manto de fibras es transportado por un primer miembro (30) de transporte y por un segundo miembro (32) de transporte separado del primer miembro por una zona (34) de medición, y el emisor y el receptor están posicionados respectivamente por encima y por debajo del manto, en dicha zona de medición.
- 5 16. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en donde el manto de fibras se mueve a lo largo de un plano de ejecución (X, Y) y una dirección de la máquina (X) y al menos dos subconjuntos (42c, 42d) de medición que comprenden cada uno un emisor (44c, 44d) y un receptor (46c, 46d) que están distribuidos en una dirección lateral del manto ortogonal a la dirección de la máquina (X) y paralela al plano de ejecución.
- 10 17. El proceso según la reivindicación 16, que comprende la determinación de una diferencia de humedad entre al menos dos zonas del manto que están alineadas en la dirección lateral, preferentemente distribuidas a cada lado de un plano medio del manto.
- 15 18. Un proceso para fabricar un producto a base de fibras unidas por un aglutinante, que comprende una etapa de fibrado, una etapa de adición del aglutinante, una etapa de recogida y transporte de las fibras impregnadas con aglutinante, y una etapa de reticulación del aglutinante, comprendiendo el proceso además, antes de la etapa de reticulación, una etapa de cuantificación de la humedad en el manto de fibras, usando el proceso según se reivindica en una de las reivindicaciones anteriores.
- 20 19. El proceso según la reivindicación 18, que comprende además una etapa de regulación de al menos un parámetro elegido de la composición del aglutinante y, en particular, la proporción de agua en el aglutinante, la cantidad de aglutinante, la temperatura de reticulación, la duración de la etapa de reticulación, o una velocidad o caudal de aire impuesto durante la etapa de reticulación, en función de la humedad cuantificada del manto.
- 25 20. El proceso según la reivindicación 18 o 19, en donde las fibras son fibras de vidrio, roca, madera, algodón o cáñamo.



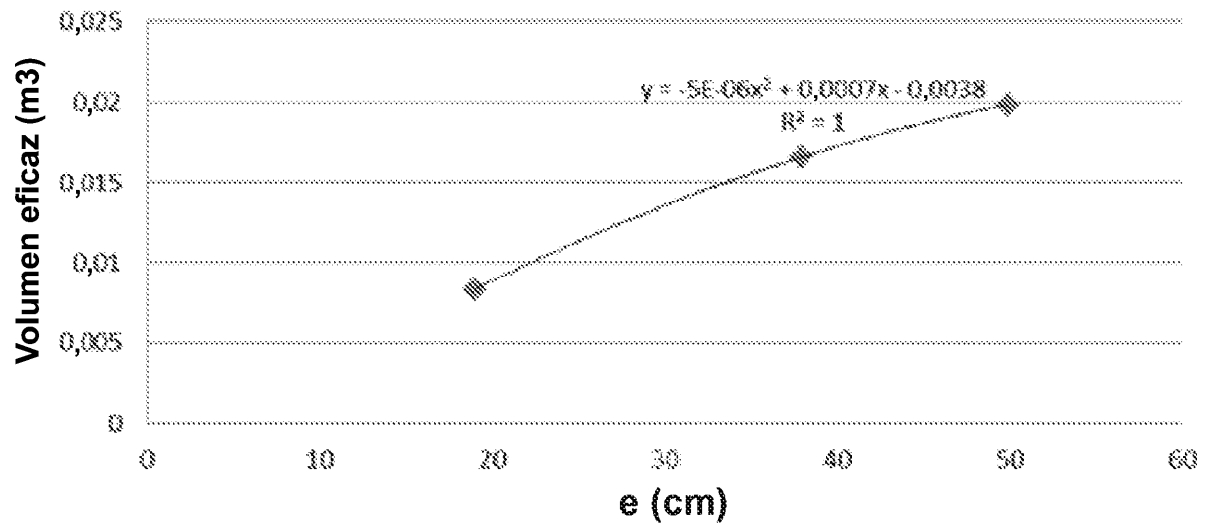
**Figura 3**



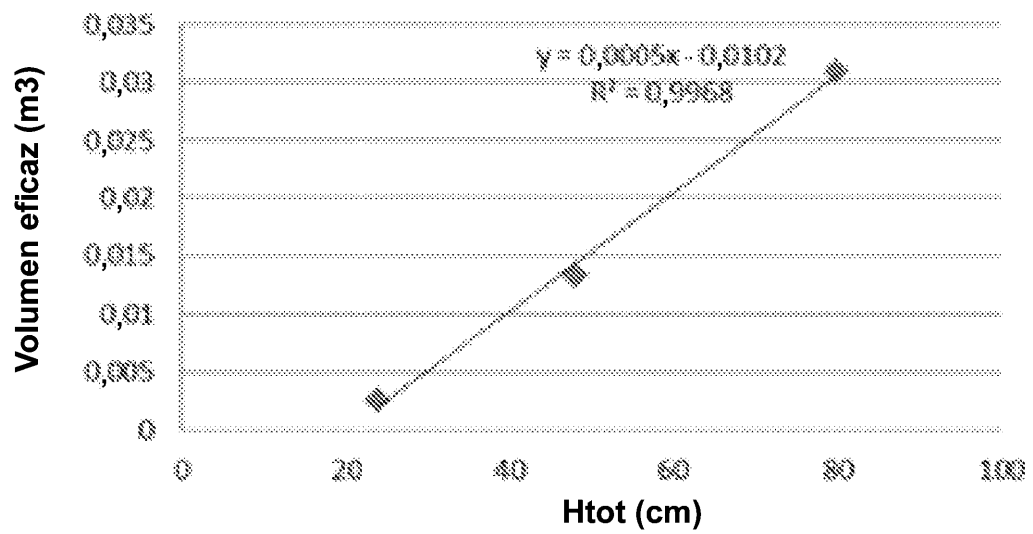
**Figura 4**

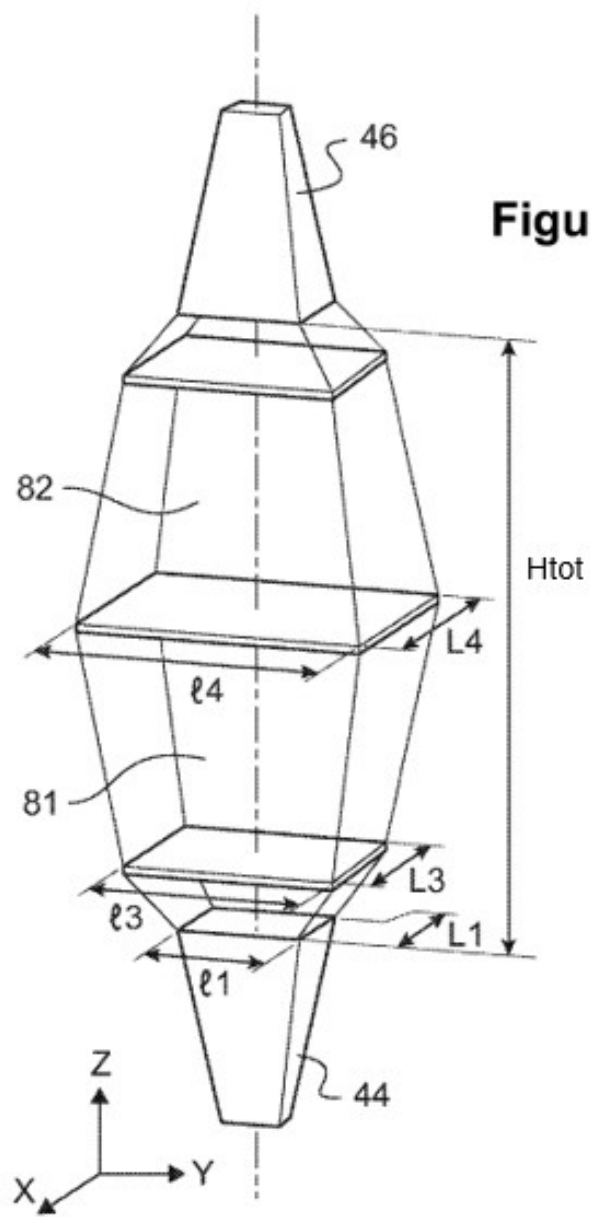


**Figura 5**



**Figura 6**





**Figura 7A**

**Figura 7B**

