

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 350**

51 Int. Cl.:

D21J 3/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2022** **E 22154829 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2024** **EP 4036307**

54 Título: **Aparato y método para la preparación de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional de fibras orgánicas naturales**

30 Prioridad:

02.02.2021 EP 21154700

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.12.2024

73 Titular/es:

FIBRITECH SP. Z O.O. (100.0%)
Tawulkowa 27
04-953 Warszawa, PL

72 Inventor/es:

BRZYSKI, RAFAL;
ZIÓLKOWSKI, MICHAŁ;
SZAFRAŃSKI, MATEUSZ;
HOŁOVIN, ANDRII;
JEZAK, MONIKA;
SOSIŃSKI, JAKUB;
PRZYBYSZEWski, PAWEŁ y
CIAMULSKI, TOMASZ

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 992 350 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

Aparato y método para la preparación de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional de fibras orgánicas naturales

Campo técnico

La presente invención se refiere a un aparato y a un método para la preparación de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional a partir de fibras orgánicas naturales desfibradas utilizando energía electromagnética (EM).

Antecedentes de la técnica

Se han utilizado ampliamente fibras orgánicas naturales de origen vegetal o animal durante muchos años en muchas industrias, tales como la industria del papel y la madera, debido a propiedades mecánicas ventajosas que incluyen buena resistencia a la tracción, bajo peso y rigidez específica, pero también debido a su carácter renovable y capacidad para descomponerse por bacterias, lo que las hace respetuosas con el medio ambiente.

En la industria del papel, las fibras de celulosa utilizadas como materia prima se humedecen, se convierten en una pulpa, se prensan y se secan dando hojas de papel que presentan una forma sustancialmente plana, estando las fibras orientadas sustancialmente en la dirección del plano de la hoja, lo que da como resultado un producto que presenta una buena resistencia a la tracción en dicha dirección del plano de la hoja. La compresión en hojas delgadas de papel permite la eliminación eficaz de agua del material, mientras que la producción de hojas más gruesas está limitada y requiere más energía para secar el producto final.

Recientemente, técnicas de formación de espuma se han convertido en objeto de interés en la producción de productos ligeros para aislamiento térmico y absorción de sonido. Burke *et al.*, "Properties of lightweight fibrous structures made by a novel foam-forming technique", (2019), Cellulose 26, 2529-2539, describen un método para la producción de estructuras fibrosas ligeras de bajas densidades. El método se basa en la utilización de espuma líquida como medio portador para fibras Kraft dispersadas mediante drenaje lento y secado hasta que ha desaparecido toda la espuma. El procedimiento dio como resultado muestras a granel cuya altura (hasta 25 mm) y densidad se controlaron mediante la concentración inicial de fibras y la fracción líquida de la espuma. El problema de este método es la degradación de la espuma durante el drenaje del exceso de agua y el largo tiempo requerido para el drenaje y el secado para preservar la mayor parte de la estructura en forma de banda inicial sujeta por la espuma.

Timofeev *et al.*, "Drying of foam-formed mats from virgin pine fibers", (2016), Drying Technology, 34:10, 1210-1218, describen el secado de esteras formadas con espuma a partir de fibras de pino vírgenes utilizando las etapas de preparación de la espuma de fibras, drenaje del líquido y secado con la utilización de diferentes métodos de secado, concretamente secado convectivo en el horno, secado por impacto asistido por vacío, secado por impacto-infrarrojos combinado y secado a través del aire. Se observó contracción del producto final en todos los métodos de secado sometidos a prueba con la contracción más baja observada para las técnicas combinadas.

Alimadadi *et al.*, "3D-oriented fiber networks made by foam forming", (2016), Cellulose 23, 661-671, describen un método de formación de formas para crear las redes de orientación de fibras 3D (3DFN). El método descrito da como resultado la producción de hojas que presentan una orientación de fibras fuera del plano con alto volumen y baja densidad mediante la creación de la orientación de fibras 3D en la espuma y manteniendo la orientación durante las fases de formación, prensado y secado.

Las fibras de madera se utilizan mucho para la fabricación de tableros de fibras (tales como, MDF o HDF), sin embargo, con el fin de obtener las propiedades deseadas del tablero de fibras, las fibras se mezclan con un aglutinante sintético y se les da forma de paneles mediante prensado en caliente. Los aglutinantes sintéticos utilizados en la producción de tableros de fibras no son respetuosos con el medio ambiente y tales materiales presentan utilidades limitadas.

El documento US 2001024716A1 divulga un método de producción de una estructura fibrosa absorbente abierta de baja densidad que comprende combinar fibras hidrófilas con una composición estructurante para formar una mezcla, comprendiendo dicha composición estructurante un material aglutinante y una fase eliminable; producir una espuma dentro de dicha mezcla y unir dichas fibras junto con enlaces sustancialmente insolubles en agua en una red porosa continua, en la que dicho material aglutinante estabiliza la red porosa. Se describen diversas técnicas de secado no compresivo, incluidos secado al aire y secado por microondas, para evacuar la fase eliminable. Sin embargo, dichas técnicas de secado requieren que esencialmente toda la fase eliminable se transforme de una fase líquida a una fase de vapor, lo que consume tiempo o es caro en cuanto a demanda de energía.

El documento WO 2018237279 divulga estructuras perforadas, tales como, moldes para fabricar materiales a base

de fibras haciendo pasar gas o líquido a través de la estructura perforada, donde diferentes conjuntos de perforaciones se agrupan en zonas para formar una forma que es conforme al producto. Ejemplos de los productos que pueden obtenerse con dichos moldes se limitan a estructuras de grosor relativamente pequeño tales como cartón, bandejas, envases conformes, productos de higiene femenina o pañales.

Existe la necesidad de proporcionar métodos de fabricación de estructuras de banda fibrosa tridimensional biodegradable de formas arbitrarias y propiedades fácilmente controlables, tales como densidad y rigidez. La formación de tales materiales utilizando fibras de celulosa desfibradas y otros componentes biodegradables todavía presenta un reto.

Se conoce bien en la industria de los productos a base de fibras que el secado requiere gastar grandes cantidades de energía para evacuar agua u otros disolventes utilizados en el procesamiento de productos a base de fibras. Por otra parte, el transporte y la transferencia de suspensiones fibrosas es más conveniente utilizando suspensiones que presentan un alto contenido de agua. La disminución del contenido de agua en dichas suspensiones fibrosas puede conducir a la obstrucción del equipo o a propiedades no deseadas del producto final. Por estos motivos, a menudo se utilizan suspensiones fibrosas de alto contenido de agua y dicha agua se elimina preferentemente por filtración, ya que la eliminación del agua por evaporación consume mucha energía. Aparte del agua, se utilizan compuestos orgánicos volátiles (VOC) como portador o disolvente líquido, los que permite reducir la temperatura necesaria para su evaporación. Sin embargo, los compuestos orgánicos volátiles no son respetuosos con el medio ambiente y se han hecho intentos para desarrollar procesos más ecológicos.

Teóricamente, se necesitan tanto como 0,6 kWh por cada kg de agua para su evaporación. Esto no incluye la energía necesaria para calentar el agua hasta el punto de ebullición. En la práctica, se necesita más de 1 kWh por cada kg de agua para su eliminación en procesos industriales.

Sumario de la invención

Los autores de la presente invención encontraron inesperadamente que pueden obtenerse diversos productos de red de fibras biodegradables tridimensionales con baja demanda de energía proporcionando energía electromagnética a una disolución acuosa espumada de fibras orgánicas naturales dentro de un molde poroso.

Un aspecto de la presente invención es proporcionar un aparato para la preparación de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional utilizando energía electromagnética.

Otro aspecto de la presente invención es proporcionar un método para la preparación de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional utilizando energía electromagnética. Según estos aspectos, el aparato y el método permiten controlar la densidad y anisotropía dentro del producto y darle cualquier forma. En un aspecto particular, el aparato y método permiten tiempos de formación muy cortos del producto. Además, el aparato permite la automatización y la producción a gran escala de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional.

El aparato y método según estos aspectos de la presente invención se definen mediante las reivindicaciones independientes. Se definen formas de realización preferibles en reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describen formas de realización preferidas de la presente invención con respecto a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra el método según una forma de realización,

la figura 2 ilustra un molde cerrado según una forma de realización,

la figura 3 es un ejemplo que ilustra el interior de un molde,

la figura 4 ilustra un molde según una forma de realización en sección transversal con indicación de gradientes de presión,

la figura 5 muestra la curva de retención de agua para el material según una forma de realización,

la figura 6 ilustra diferentes formas de realización de una integración de molde con un dispositivo de suministro de campo electromagnético (EM), vista en sección transversal,

la figura 7 ilustra un aparato según una forma de realización, en vista explosionada,

la figura 8 ilustra la forma de realización de la figura 7 en vista explosionada,

la figura 9 ilustra el producto preparado según el ejemplo 1,

la figura 10 ilustra el producto preparado según el ejemplo 2,

5 la figura 11 ilustra el producto preparado según el ejemplo 3.

Descripción de formas de realización

10 Se observa que las referencias en la memoria a "una forma de realización", "otra forma de realización", etc., indican que la forma de realización descrita puede incluir una o más características. Adicionalmente, cuando se describen características en relación con una forma de realización, debe entenderse que tales características pueden utilizarse también en relación con otras formas de realización ya se describan explícitamente o no a menos que se indique claramente lo contrario.

15 En un primer aspecto, se proporciona un aparato para la preparación de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional, comprendiendo el aparato: un molde que comprende una pluralidad de poros y configurado para ser llenado con fibras orgánicas naturales espumadas en disolución acuosa, un proveedor de energía electromagnética para proporcionar energía electromagnética a las fibras orgánicas naturales espumadas dentro del molde, y un componente controlador configurado para controlar la energía electromagnética proporcionada por el proveedor de energía electromagnética para controlar una acumulación de presión internamente dentro del molde, en el que el producto de red de fibras biodegradables tridimensional se prepara basándose en la evaluación de líquido y vapor del molde a través de los poros por la energía electromagnética proporcionada.

25 Los poros del molde son los suficientemente pequeños de manera que el líquido evaporado dentro de los moldes da como resultado una acumulación de presión dentro del molde mediante la aplicación de la energía electromagnética. El proveedor de energía electromagnética, por tanto, es capaz preferentemente de calentar dieléctricamente la disolución acuosa dentro del molde hasta que se forma vapor, lo que provoca la acumulación de presión. El líquido y el vapor se evacúan a través de los poros del molde, conformando de ese modo las fibras orgánicas naturales en su red tridimensional y secando la disolución.

30 En una forma de realización preferida, una proporción de superficie de los poros con respecto a la superficie que encapsula el volumen dentro del molde es pequeña, de manera que puede acumularse presión interna, en el que la proporción ideal es preferentemente dependiente del tamaño del molde. Este es el caso porque la razón de superficie con respecto a volumen difiere entre diferentes volúmenes de molde.

35 Para un volumen de molde interno de hasta 1 litro, la proporción de superficie de los poros, en una forma de realización, está comprendida entre el 0.2 % y el 20 %, preferentemente entre el 1 % y el 15 % y lo más preferentemente, entre el 4 % y el 12 %. Para el volumen de entre 1 litro y 10 litros, la proporción de superficie de los poros, en una forma de realización, está comprendida entre el 0.5 % y el 40 %, preferentemente entre el 2 % y el 20 % y lo más preferentemente entre el 6 % y el 14 %, y para el volumen de entre 10 litros y 100 litros, la proporción de superficie de los poros, en una forma de realización, está comprendida entre el 1 % y el 60 %, preferentemente, entre el 4 % y el 40 % y lo más preferentemente entre el 10 % y el 30 %.

45 En una forma de realización incluso más preferida, se considera la forma del molde además de su volumen para determinar la proporción de superficie más apropiada de los poros.

50 En una forma de realización preferida, el componente controlador está configurado para controlar la energía electromagnética en función de una distribución y/o tamaño de los poros del molde y una presión deseada dentro del molde.

55 La distribución y/o tamaño de los poros es el factor en los moldes que permite que el líquido/vapor salga del molde. Poros demasiado grandes hacen que la masa se escape del molde con las fibras. Los poros demasiado pequeños pueden obstruirse demasiado fácilmente. Además, cabe mencionar que un orificio (poro) con un área de 2 mm² es capaz de suprimir el flujo de gas (vapor) o fluido (agua o líquido) menos que dos orificios con la misma suma de superficie, es decir, 1 mm² + 1 mm².

60 En una forma de realización preferida, el tamaño de poro está comprendido entre 0.2 mm y 3 mm, preferentemente entre 0.5 mm y 2 mm y lo más preferentemente entre 0.8 mm y 1.5 mm.

65 En una forma de realización preferida, los poros están conformados como orificios redondos y el diámetro de los poros es de entre 0.2 mm y 3 mm, preferentemente entre 0.5 mm y 2 mm y lo más preferentemente entre 0.8 mm y 1.5 mm. Aunque también son viables otras formas de poros, se ha mostrado que la forma óptima de los poros es redonda.

Este intervalo permite que las fibras permanezcan dentro del molde y no se escapen, mientras que, al mismo

tiempo, los poros son lo suficientemente grandes como para evitar una obstrucción sustancial de los poros.

En una forma de realización preferida, el molde comprende o consiste en un material dieléctrico que presenta un punto de reblandecimiento por encima de 100 °C.

El material dieléctrico no interfiere con el campo electromagnético (alterno) y permite que la energía electromagnética no se absorba por el molde sino por el contenido del molde. En una forma de realización preferida, el molde comprende o consiste en metal, en el que el molde es una parte funcional del proveedor de energía electromagnética.

Si el molde comprende o consiste en metal, puede ayudar, por ejemplo, a generar un campo electromagnético para proporcionar la energía electromagnética.

La figura 6 ilustra diferentes formas de realización a), b), c) y d) de una integración de molde con el proveedor de energía electromagnética, denominado dispositivo de suministro de campo electromagnético (EM), en vista en sección transversal:

a) El dispositivo de EM es un molde al mismo tiempo y el material llena completamente la cavidad de EM; esta versión es adecuada para su implementación como un molde abierto-cerrado, es decir, un molde poroso que puede cerrarse y abrirse para retirar el producto final. El dispositivo de EM que actúa como molde y que rodea la cavidad está provisto entonces de poros según sea necesario.

b) El molde se fabrica por separado de la cavidad de EM y se inserta dentro de la misma. En este ejemplo, el molde está preferentemente hecho de material dieléctrico para no interferir con el campo electromagnético.

En los casos a) y b), el dispositivo de EM comprende preferentemente una "cavidad cerrada", la energía electromagnética puede proporcionarse a la cavidad utilizando un magnetrón de cavidad como se conoce de los hornos microondas. Es necesario abrir la cavidad para acceder al producto terminado.

En los casos c) y d), se ilustra un dispositivo de EM diferente que forma una "cavidad de túnel".

c) El molde se introduce entre unas placas paralelas de un condensador de EM o en un túnel de EM. La cavidad de túnel formada por las placas paralelas de túnel de EM no está limitada en una dirección espacial, en el ejemplo de la figura 6 en la dirección horizontal. Por tanto, el material de molde puede insertarse en la cavidad sin necesidad de abrir la cavidad. Por ejemplo, esto permite un proceso continuo de movimiento del molde a través del túnel o, en una forma de realización diferente, de movimiento solo del material fibroso a través del molde y el túnel. En este último caso, no solo la cavidad de túnel de EM se abre en una dirección espacial, sino que también el molde se abre en la misma dirección espacial.

d) Faltan las paredes superior e inferior del molde, que son reemplazadas por partes del dispositivo de EM; esta realización también puede no presentar paredes de molde verticales para la producción continua de material a granel capturado entre placas paralelas o a través del túnel de EM. Una vista en perspectiva de este ejemplo también se ilustra en la figura 7 y se describirá a continuación.

En una forma de realización preferida, el proveedor de energía electromagnética comprende una cavidad y está configurado para proporcionar energía electromagnética, en particular un campo electromagnético alterno de radiofrecuencia (RF), onda de radio o radiación electromagnética de microondas, sobre la cavidad.

En una forma de realización, la cavidad es una cavidad cerrada o una cavidad de túnel y la radiación electromagnética que provoca un calentamiento dieléctrico se genera según sea apropiado basándose en el dispositivo electromagnético seleccionado.

Las longitudes de onda de la radiación electromagnética no están particularmente limitadas. Preferentemente, se elige una longitud de onda que actúa calentando eficientemente el material fibroso orgánico natural espumado. Para este fin, se elige preferentemente una frecuencia de la radiación electromagnética por debajo de 300 GHz y en particular entre 10 MHz y 300 GHz.

En una forma de realización, el molde limita por lo menos parte de la cavidad de manera que las fibras orgánicas naturales espumadas en disolución acuosa llenan completamente la cavidad del proveedor de energía electromagnética. Este ejemplo se ilustra en la vista a) de la figura 6.

En una forma de realización, el molde se implementa como un molde poroso cerrado, en el que el producto final se retira del molde después de abrir el molde poroso cerrado. El molde según esta forma de realización puede integrar o no opcionalmente partes de las paredes de la cavidad del proveedor de energía electromagnética. Puede utilizarse con proveedores de energía electromagnética de cavidad cerrada y cavidad de túnel.

En una forma de realización, el proveedor de energía electromagnética comprende dos placas sustancialmente paralelas que actúan como electrodos. Estos electrodos pueden ser también parte integral del molde y luego comprender poros, véase la vista d) de la figura 6, o estar separados del molde, véase la vista c) del molde.

5 En una forma de realización, el molde se fabrica separado del proveedor de energía electromagnética y puede insertarse en y retirarse del mismo. Esta realización es una alternativa a integrar el molde y el proveedor de energía electromagnética y facilitar el cambio de forma y disposición del producto final.

10 En una forma de realización, por lo menos una de las caras del molde está formada de una sola pieza por uno de los electrodos.

En una forma de realización, el molde se abre en una dirección espacial tal como para permitir la producción continua de material a granel a lo largo de esa dirección.

15 En el ejemplo de la figura 7, que desarrolla adicionalmente la vista d) de la figura 6, se ilustra una vista en perspectiva explosionada de un aparato 10 para la preparación de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional.

20 El aparato 10 comprende un molde 20 que está integrado parcialmente con una cavidad de túnel de un proveedor de energía electromagnética 30. Un material a granel 40 de fibras orgánicas naturales espumadas en disolución acuosa se inserta en la cavidad de túnel a lo largo de una dirección indicada con una flecha A. El proveedor de energía electromagnética 30 comprende en este ejemplo dos electrodos de placas paralelas 32, 34. Junto con las caras dieléctricas 22, 24, el material 40 está restringido en cuatro direcciones y solo la dirección A está abierta. El tamaño de las superficies abiertas es pequeño en comparación con las superficies restantes, de manera que puede
25 acumularse presión según se desee.

Mientras pasa a través de la cavidad de túnel, se proporciona al material 40 energía electromagnética, se acumula la presión requerida y se evacua el vapor a través de los poros 26, 36 en los electrodos 32, 34 y las caras dieléctricas 22, 24, respectivamente.

30 La aplicación de la energía electromagnética se controla mediante un controlador 50, que, en este ejemplo, se ilustra en conexión cableada con los electrodos 32, 34. Debe observarse que la distribución de los poros 26, 36 es solo a modo de ejemplo y esquemática. Además, la forma y conformación de los electrodos 32, 34 y las restantes caras 22, 24 no son limitativas y pueden variarse según se desee.

35 La figura 8 ilustra el aparato 10 de la figura 7 en una vista explosionada.

Según otro aspecto amplio, la presente invención proporciona un método para la preparación de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional, comprendiendo el método las siguientes etapas:

- 40
- a. espumar fibras orgánicas naturales en una disolución acuosa para obtener una disolución acuosa espumada;
 - 45 b. llenar un molde con la disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a), en el que el molde presenta una pluralidad de poros;
 - c. formar un producto de red de fibras biodegradables tridimensional proporcionando energía electromagnética a la disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a) para controlar una acumulación de presión internamente dentro del molde;

50 en el que la pluralidad de poros está adaptada para evacuar el líquido y vapor generados al proporcionar energía electromagnética a las fibras orgánicas naturales espumadas.

55 En una forma de realización preferida, durante la provisión de la energía electromagnética a las fibras orgánicas naturales espumadas en la etapa c), por lo menos una parte del líquido y vapor que se evacuan a través de la pluralidad de poros se retira fuera de la zona de operación de energía electromagnética.

60 Durante la provisión de la energía electromagnética a la disolución acuosa espumada en un molde, la pluralidad de poros permite descargar no solo vapor, sino también agua o líquido comprendido en un molde fuera de la zona de la operación de energía electromagnética. Debido al hecho de que este fenómeno tiene lugar en las fases tempranas de provisión de energía electromagnética, una parte del líquido que se evacua a través de los poros presenta una temperatura relativamente baja y, por tanto, una parte significativa del agua contenida en la forma se evacua sin necesidad de su evaporación. Por tanto, la demanda de energía se reduce por la energía necesaria para calentar todo el líquido hasta el punto de ebullición del agua y la energía necesaria para la transición de fase
65 de esta masa a un estado gaseoso (vapor).

El método según una forma de realización de la invención permite utilizar suspensiones fibrosas que presentan un alto contenido de agua, que pueden transportarse fácilmente durante las fases iniciales de formación de un producto fibroso, ya que dicha agua puede eliminarse eficazmente durante la etapa de proporcionar energía electromagnética a la disolución acuosa espumada en un molde poroso. Por tanto, la formación del producto fibroso y la eliminación de agua se combinan en una etapa, lo que reduce significativamente el consumo de energía y simplifica el proceso.

En una forma de realización preferida, la viscosidad de una disolución acuosa espumada en la etapa a) se mantiene baja durante la provisión de energía electromagnética en la etapa c). La viscosidad de una disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a) se controla preferentemente mediante la utilización de aditivos no fibrosos biodegradables, tales como, los descritos en la presente memoria. Una baja viscosidad de la espuma facilita la descarga de líquido y vapor de los poros del molde durante la acumulación de presión dentro del molde. Por lo menos una parte de un líquido y vapor que se evacúan de los poros puede retirarse continuamente fuera de una zona de operación de energía electromagnética. Esta parte de un líquido y vapor ya no absorbe energía electromagnética, lo que mejora significativamente la eficiencia energética del proceso.

En una forma de realización preferida, el molde presenta una pluralidad de poros presentando cada uno un tamaño de poro de 0.01 a 3 mm, preferentemente de 0.5 a 2 mm, lo más preferentemente de 0.8 a 1.5 mm.

En una forma de realización preferida, una proporción de un área total de poros con respecto a un volumen de molde interno está comprendido entre 0.05 y 0.15 cm⁻¹, preferentemente está comprendido entre 0.05 y 0.1 cm⁻¹, lo más preferentemente es de 0.1 cm⁻¹.

En una forma de realización preferida, una proporción de superficie de los poros con respecto a la superficie que encapsula el volumen dentro del molde es pequeña de manera que puede acumularse presión interna, en donde

- a. para un volumen de molde interno de hasta 1 litro, la proporción de superficie de los poros está comprendida entre el 0.2 % y el 20 %, preferentemente entre el 1 % y el 15 % y lo más preferentemente entre el 4 % y el 12 %, y
- b. para el volumen de entre 1 litro y 10 litros, la proporción de superficie de los poros está comprendida entre el 0.5 % y el 40 %, preferentemente entre el 2 % y el 20 % y lo más preferentemente entre el 6 % y el 14 %, y
- c. para el volumen de entre 10 litros y 100 litros, la proporción de superficie de los poros está comprendida entre el 1 % y el 60 %, preferentemente entre el 4 % y el 40 % y lo más preferentemente entre el 10 % y el 30 %.

En una forma de realización preferida, una densidad de potencia de energía electromagnética proporcionada a las fibras orgánicas naturales espumadas en la etapa c) es de 0.5 a 100 kW por kg de la disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a), preferentemente es de 1 a 25 kW por kg de la disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a), lo más preferentemente de 2 a 5 kW por kg de la disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a).

Según el método de la presente invención, la espumación de fibras orgánicas naturales se realiza en una disolución acuosa. Los parámetros de la espuma, y particularmente el grado de espumación, presentan un efecto significativo sobre la estructura interna del producto de red de fibras final preparado mediante el método de la presente invención. La espuma es un buen medio de dispersión para fibras en la red tridimensional y puede utilizarse cualquier método adecuado de espumación conocido en la técnica anterior para el método según la presente invención. El tamaño de las burbujas de espuma determina la distribución de fibras en el espacio tridimensional. Por tanto, controlar las burbujas permite obtener un gradiente de densidad controlado en el producto de red de fibras preparado mediante el método de la presente invención.

En una forma de realización, la espumación de fibras orgánicas naturales en disolución acuosa se realiza introduciendo un gas en la pulpa.

El tamaño y la homogeneidad de las burbujas de espuma se ven influenciados por las diferentes fases del proceso de formación. La fase de preparación del lote de material proporciona la posibilidad de conformar el carácter de la espuma añadiendo a la masa algunos aditivos: los agentes de soplado aumentan la cantidad del gas que llena las burbujas, los tensioactivos controlan la susceptibilidad de la espuma a la espumación. La apropiada selección de estabilizadores de espuma permite que la espuma mantenga las propiedades deseadas hasta que las fibras se vuelven rígidas y asumen el papel de un esqueleto de soporte de una estructura que, hasta ahora, se ha mantenido por burbujas que se desvanecen.

En una forma de realización, una disolución acuosa utilizada para espumar fibras orgánicas naturales comprende por lo menos un aditivo no fibroso biodegradable que comprende un estabilizador de espuma, agente espumante,

agente de soplado biodegradable o una combinación de los mismos.

Con el método de la presente invención, pueden utilizarse estabilizadores de espuma biodegradables en forma de polisacáridos. En particular, quitosano y/o agar son estabilizadores de espuma biodegradables preferibles. Su objetivo principal de los estabilizadores de espuma es extender la vida de la espuma húmeda y soportar la estabilidad mecánica del producto final.

Con el método de la presente invención, pueden utilizarse agentes espumantes biodegradables que cumplan con las normas medioambientales. En particular, el glucósido de coco es un agente espumante preferido.

También pueden utilizarse agentes de soplado biodegradables introducidos en la disolución acuosa como ayuda en la formación de espuma. Los agentes de soplado preferidos son carbonato de sodio y bicarbonato de sodio, que presentan un impacto mínimo sobre el medio ambiente.

En otra forma de realización, la disolución acuosa utilizada para espumar fibras orgánicas naturales comprende además por lo menos un aditivo adicional para controlar las propiedades biomecánicas del producto de red de fibras obtenido, en el que dicho aditivo adicional comprende un polisacárido, derivado de polisacárido, lignina, derivado de lignina, celulosa y un derivado de celulosa.

Otros aditivos no fibrosos pueden utilizarse con el método de la presente invención para definir parámetros finales del material. Algunos de los aditivos presentan un doble papel, como estabilizador de material y potenciadores de espuma. Preferentemente, se utilizan biomateriales, que pueden disolverse por lo menos parcialmente en agua. Aditivos no fibrosos preferidos son agar y quitosano, polisacáridos, que ayudan con el control de la humedad y la rigidez del producto. El gel de agar actúa como estabilizador de espuma, que extiende la vida de la espuma húmeda, y después de la formación electromagnética actúa como agente de pegado, mejorando la resistencia de las uniones entre las fibras.

Pueden añadirse aditivos hidrófilos (por ejemplo, quitosano) para utilizaciones agrícolas del producto obtenido mediante el método según la presente invención, para mantener la humedad durante un tiempo prolongado. Pueden utilizarse aditivos biológicos (por ejemplo, extracto de pomelo) para la extensión del ciclo de vida del material.

Pueden añadirse aditivos hidrófobos insolubles en agua (por ejemplo, polvos minerales) para crear disoluciones para aplicaciones de construcción para repelencia al agua.

En una forma de realización, se utilizan polisacáridos como aditivo de espuma para aumentar la durabilidad del producto de red de fibras después del proceso de formación. Los polisacáridos adecuados comprenden agarosa, quitosano y una combinación de los mismos. La agarosa estabiliza mecánicamente el material después de la formación, reforzando las uniones entre las fibras y sujetando mecánicamente su superficie. El quitosano, además de realizar la función de refuerzo mecánico, se conoce por sus propiedades biocidas, protege el material contra un envejecimiento biológico excesivo.

En otra forma de realización, también se utiliza almidón como aditivo de espuma, que aumenta la rigidez del material después del proceso de moldeo.

El almidón es un posible aditivo, que presenta un impacto sobre las propiedades mecánicas del material final. Hace que la capa externa sea más rígida y quebradiza.

En una forma de realización, se utiliza lignina como aditivo. Puede introducirse lignina para aumentar la resistencia mecánica y la resistencia al agua del producto final.

Además, en la presente invención, pueden utilizarse derivados químicos y mecánicos de celulosa como estabilizadores mecánicos o modificadores de la superficie de la fibra. Los ejemplos incluyen éteres de celulosa, por ejemplo, metilcelulosa y etilcelulosa, conocidos por su utilización como modificadores de la reología industriales. Pueden utilizarse como agentes estabilizantes de espuma y modificadores de las interacciones entre el producto de red de fibras y disolventes, polares o no polares. Otros derivados de celulosa que incluyen hidroxipropilmetilcelulosa y nanofibrillas de celulosa son aditivos adecuados utilizando el método según la presente invención.

El método según una forma de realización de la invención permite controlar el gradiente de densidad del producto de red de fibras biodegradables tridimensional en cualquier dirección en todo el espacio del molde.

El gradiente de densidad del producto de red de fibras biodegradables tridimensional preparado mediante el método según la presente invención se controla mediante la disposición de la pluralidad de poros en un molde. El gradiente de densidad del producto de red de fibras biodegradables tridimensional preparado mediante el método según la presente invención también se controla por el tipo y/o la densidad de potencia de energía electromagnética

proporcionada a las fibras orgánicas naturales espumadas. Preferentemente, el gradiente de densidad del producto de red de fibras biodegradables tridimensional preparado mediante el método según la presente invención se controla por la disposición de la pluralidad de poros en un molde y por el tipo y/o la densidad de potencia de energía electromagnética proporcionada a las fibras orgánicas naturales espumadas. Un molde con menos poros que presenta fibras espumadas sometidas a energía electromagnética con mayores densidades de potencia de energía electromagnética da como resultado la obtención de un mayor gradiente de densidad en el producto de red de fibras biodegradables tridimensional.

La densidad del producto de red de fibras preparado mediante el método según la presente invención también se controla por la densidad de la espuma. La disminución de la densidad de la espuma conduce a un producto de red de fibras con menor densidad, y con mayor gradiente de densidad.

La provisión de energía electromagnética a las fibras orgánicas naturales espumadas en un molde con una pluralidad de poros da como resultado el calentamiento volumétrico de las fibras orgánicas naturales espumadas, que conduce a la generación de vapor y al aumento en la presión. Esto da como resultado una reorientación de las fibras en cierta dirección desde el interior del molde. Estas direcciones son controladas por la disposición de los poros adaptados para evacuar agua y vapor. Más generalmente, los poros están adaptados para evacuar líquido y vapor. La disposición de los poros comprende el tamaño de poro, la forma de poro, la dirección de poro, el número de poros en el molde, la distancia desde los poros. La disposición de los poros establece la dirección de la trayectoria de liberación de vapor que provoca la compactación de las fibras en las paredes del molde, conduciendo al refuerzo del producto de red de fibras final. El gradiente de densidad del producto de red de fibras se controla por tanto en un amplio intervalo. Mantener la presión distribuida uniformemente dentro del molde y a un bajo nivel proporciona una densidad más uniforme del producto de red de fibras.

Por otro lado, con presiones más altas y/o distribución de presión menos uniforme, se obtiene un gradiente de densidad más alto en el producto de red de fibras. En un ejemplo específico, el método proporciona un producto de red de fibras biodegradables tridimensional, que está vacío en el interior. Además, la densidad de la estructura se controla por la cantidad de fibras orgánicas naturales introducidas en el molde.

La provisión de energía electromagnética comprende una o más fases, preferentemente una fase inicial y una fase final. Durante la fase inicial, se suministra energía electromagnética intensamente para alcanzar el punto de ebullición del agua, lo que da como resultado forzar el exceso de agua fuera del molde. Esta fase inicial ahorra energía y tiempo requeridos para evaporar el agua restante, que debe eliminarse y conserva la estructura de malla/banda fibrosa para que no se colapse/contraiga dentro del molde. Durante la fase final de provisión de energía electromagnética, se crean enlaces entre las fibras orgánicas naturales formando un producto de red de fibras. En función de las propiedades deseadas del producto de red de fibras, pueden requerirse diferentes niveles de energía electromagnética en fases consecutivas, por ejemplo, con el fin de evitar el sobrecalentamiento local del material.

En la presente invención, solo se utilizan fibras orgánicas naturales como materia prima. Estas fibras orgánicas naturales pueden ser de cualquier tipo y tamaño. Las propiedades físicas y mecánicas del producto de red de fibras preparado según la presente invención, tales como resistencia y flexibilidad, pueden controlarse mediante la proporción de diferentes fibras. Se produce una situación similar con las propiedades biológicas del producto de red de fibras obtenidas con la presente invención. La combinación de diferentes proporciones de fibras presentará un impacto significativo sobre la resistencia biológica.

Como ejemplo, pueden utilizarse fibras de celulosa pura, así como fibras lignocelulósicas que se han desfibrado mecánicamente, como fibras orgánicas naturales para la presente invención. Pueden utilizarse fibras de celulosa similares a las utilizadas en la producción de papel (después de eliminar la lignina), fibras vegetales y otras fibras orgánicas, cuya multiversidad se espera debido a su naturaleza. Además, son adecuadas fibras lignocelulósicas que se fraccionan mecánicamente (sin eliminar la lignina).

Pueden utilizarse fibras orgánicas naturales de un tipo o como mezcla de diferentes tipos de fibras con la presente invención (por ejemplo, en peso: 50 % de fibras de celulosa, 50 % de fibras de cáñamo, una composición que es más resistente al agrietamiento que un 100 % de celulosa). La resistencia al agrietamiento se logra incorporando fibras naturales largas (hasta 30 mm) en la espuma. El mecanismo probable es que hay un aumento en la interacción entre un mayor número de fibras por volumen del producto.

En una forma de realización, el contenido de fibras orgánicas naturales en el producto de red de fibras tridimensional es de por lo menos un 95 % en base seca.

En una forma de realización, la longitud de las fibras orgánicas naturales está comprendida entre 0.1 cm y 3.0 cm.

En una forma de realización, las fibras orgánicas naturales son fibras de celulosa.

En otra forma de realización, las fibras orgánicas naturales son fibras lignocelulósicas.

Aún, en otra forma de realización, las fibras orgánicas naturales son una combinación de fibras de celulosa y fibras lignocelulósicas.

5 Haciendo referencia a la figura 1, se ilustra el método de la presente invención, en el que, en la etapa inicial de preparación de fibras, fibras orgánicas naturales de partida, tales como fibras de celulosa, se desfibran utilizando métodos ya conocidos. Las fibras orgánicas naturales desfibradas obtenidas se suspenden en agua para obtener una disolución acuosa.

10 A continuación, se lleva a cabo la agregación y espumación de las fibras orgánicas naturales en disolución acuosa. Existen muchos métodos que apoyan la creación de espuma durante esta fase. Podría realizarse inyectando un gas a través de boquillas, sacudiendo/por ultrasonidos, mezclando mecánicamente o aumentando la saturación de gas aumentando la presión en la cámara de mezclado (generando sobrepresión en relación con la presión del proceso de formación). En esta etapa, pueden añadirse aditivos adicionales.

15 A continuación, se lleva a cabo el llenado del molde y se colocan fibras orgánicas naturales espumadas en un molde de tamaño y forma arbitrarios. El molde tridimensional se utiliza para controlar la forma del producto de red de fibras así como para limitar la expansión del material espumado durante el proceso termodinámico rápido (escalado de la velocidad de producción). El molde presenta una pluralidad de poros para permitir la evaporación de vapor y gases durante la formación. El número de poros y su tamaño permite el control del gradiente de densidad y otras características físicas del producto de red de fibras obtenido en el método según la presente invención. Los poros pueden ser pequeños, pero también pueden presentar una forma de paredes o partes de las paredes del molde que faltan. El molde está hecho de un material que presenta un punto de reblandecimiento por encima de 100 °C. En una forma de realización, el molde está hecho por lo menos parcialmente de un material dieléctrico seleccionado de entre PVC, PVL, silicio, PTFE, PTFE GF30, PP-H, PEEK, cerámica, o una combinación de los mismos. En una forma de realización preferida, el molde está hecho de material dieléctrico, que presenta un punto de reblandecimiento por encima de 100 °C.

30 A continuación, se realiza la formación del material por EM como se representa en la figura 1. Durante esta etapa, se proporciona energía electromagnética a las fibras orgánicas naturales espumadas en el molde. El tipo de energía electromagnética en cuanto a frecuencia y densidad de potencia se adapta a las propiedades deseadas del producto de red de fibras final preparado.

35 En la etapa de formación de material por EM, algunas de las burbujas de espuma se degradan, sin embargo, la mayoría de las burbujas crecen como resultado de un aumento en el volumen de los gases con el aumento de la temperatura. Cuando el proceso alcanza el punto de ebullición, la degradación de las burbujas antiguas ya no importa, ya que se forman intensamente otras nuevas en todo el volumen del molde. No permiten que la red de fibras se colapse hasta que sea lo suficientemente rígida como para mantener una estructura estable.

40 En una forma de realización, se proporciona energía electromagnética que presenta una frecuencia en un intervalo de 10 a 100 MHz a las fibras orgánicas naturales espumadas. Este intervalo de frecuencia es preferible para la implementación de un dispositivo de suministro de energía electromagnética en forma de condensador de placas paralelas o condensador de placas casi paralelas. La relación de la longitud de onda con el tamaño del dispositivo permite tal implementación. Dicha implementación permite la automatización de la formación de material en un proceso continuo, mientras el material se mueve a lo largo de las placas paralelas. El condensador es una implementación popular en la industria alrededor del intervalo de frecuencia de 27 a 35 MHz. Otra ventaja de este intervalo de frecuencia es que la energía electromagnética puede disiparse mejor en pérdidas en material fibroso orgánico natural y aditivos poliméricos.

50 En otra forma de realización, se proporciona energía electromagnética que presenta una frecuencia en un intervalo de 300 MHz - 25 GHz a las fibras orgánicas naturales espumadas. Este intervalo de frecuencia es preferible para la implementación de un dispositivo de suministro de energía electromagnética en forma de un resonador, habitualmente construido como una cavidad cerrada o un túnel con la resonancia dentro del túnel. Otra ventaja de este intervalo de frecuencia es que la energía electromagnética puede disiparse mejor en el agua, especialmente a una resonancia de 2.4 GHz de las partículas de agua. Las resonancias de túnel son una implementación popular en la industria alrededor de la frecuencia de 900 MHz.

60 En otra forma de realización, la energía electromagnética utilizada para formar un producto de red de fibras biodegradables tridimensional presenta una frecuencia en un intervalo de 24.00 GHz – 24.25 GHz.

Preferentemente, en el método según la invención, se proporciona energía electromagnética uniformemente. Esto puede lograrse mediante una combinación de la técnica de generación de campo electromagnético uniforme y el movimiento físico (longitudinal o rotaciones) del molde dentro del campo electromagnético semiuniforme.

65 Preferentemente, mientras las fibras orgánicas naturales se someten a energía electromagnética, se utiliza un sistema de ventilación, que permite la eliminación de la humedad del espacio que rodea la forma. La eficiencia de

la ventilación aumenta para tiempos de formación más cortos (pueden aplicarse potencias más altas de energía electromagnética). El suministro de aire caliente puede optimizar adicionalmente el proceso de formación en combinación con el suministro de energía electromagnética.

5 Cuando comienzan a formarse enlaces entre las fibras y comienza a desaparecer la espuma (comienza la forma estable del material), el molde puede desempaquetarse opcionalmente y puede realizarse un secado adicional del producto de red de fibras obtenido aplicando un flujo de aire seco y calentamiento convencional (con o sin aplicación de energía electromagnética). Esta etapa opcional se marca como secado auxiliar en la figura 1.

10 Haciendo referencia a la figura 2, se ilustra la forma de un molde cerrado según una forma de realización. Tres de las cuatro paredes son planas y perpendiculares entre sí, la cuarta es esférica. Todas las superficies externas presentan vectores normales diferentes. En las dos paredes planas y la esférica hay poros en forma de orificios redondos perforados a través de las paredes. Los diámetros de esos orificios y la densidad de distribución varían.

15 En la figura 3, se ilustra el interior de un molde de la figura 2 para una mejor comprensión de la invención. Las paredes del molde limitan y determinan la forma del material formado. Son por sí mismas impermeables al vapor de agua, pero gracias a los orificios, el vapor de agua escapa a través de tres de las cuatro paredes del molde.

20 La figura 4 muestra una sección transversal del molde según una forma de realización (la misma que la mostrada en la figura 3 y la figura 4) con una indicación de gradientes de presión en función de la forma del molde y las colocaciones de los poros. Durante el proceso de formación por EM, la temperatura del material espumoso dentro del molde aumenta simultáneamente a través de todo el volumen del molde. Esto se debe a que se acumula energía EM sobre todo el volumen de material espumoso, es decir, por toda la masa contenida en el molde. Cuando la temperatura alcanza el punto de ebullición del agua, comienza un proceso intenso de formación de vapor de agua, cuanto más intensa es la densidad de potencia utilizada en el proceso. Esto crea una acumulación de presión que busca escapar a través de los poros en las paredes del molde. Las líneas de las corrientes de flujo de vapor están conformadas por gradientes de presión, y las que se encuentran en el área de los poros coinciden con los vectores normales a las superficies de la pared en estos lugares. Esas líneas de flujo de vapor generan presión sobre las fibras, que están húmedas en la primera fase del proceso y son susceptibles de desplazamiento y aplastamiento. Es por eso por lo que la densidad del producto de red de fibras final puede ser no uniforme. Además, pueden distinguirse muchas direcciones a lo largo de las cuales aumenta la densidad. Estos gradientes de densidad coinciden con los gradientes de presión mostrados en la figura 4.

35 Cabe destacar que, cuanto mayor sea la zona abierta total local del molde, menores serán los gradientes de presión que genera. La tasa de escape de vapor, sin embargo, también depende del tamaño de los poros individuales, su forma y la densidad de su distribución. Como se ilustra en la figura 4, fluirán más vapor a través del área de los poros en la pared esférica al mismo tiempo que a través de las áreas abiertas restantes del molde. Esto se debe al diámetro mucho mayor de los poros en la pared esférica y a un número relativamente grande de ellos. Sin embargo, la distribución de densidad en el producto obtenido a partir de tal molde presenta un gradiente de densidad de material más pequeño desde el lado esférico, pero permanece mucho más uniforme en un área grande, similar a la distribución de gradiente de presión mostrada en la figura 4. Los fragmentos de un producto de red de fibras final obtenido según una forma de realización, que estaba ubicado adyacente a las paredes planas en las regiones correspondientes a los poros en el molde, presentan una mayor densidad del material, el producto de red de fibras se fortalece, pero solo en un área pequeña cubierta por la "acción" de los poros del molde. Es significativo que desde el lado de la tercera pared plana, que es adyacente a la pared sólida (sin poros) del molde, es más difícil distinguir una clara diferenciación de la densidad, el gradiente de densidad está ausente, y el producto de red de fibras obtenido es más blando.

50 En el estado de la técnica, los poros en la parte inferior del molde podrían servir normalmente como orificios de drenaje para la eliminación del exceso de agua por gravitación o por aplicación adicional de vacío. Sin embargo, tal proceso conduce habitualmente a cierta degradación de la espuma. En el método de formación presentado, la etapa de drenaje no se utiliza y el exceso de agua se fuerza fuera del molde mediante la aplicación de energía electromagnética a un nivel que provoca que el agua hierva dentro del molde.

55 En una forma de realización, las partes del molde están compuestas de partes metálicas del dispositivo de suministro de campo electromagnético. Por ejemplo, las placas metálicas paralelas de un condensador también pueden servir como paredes superior o inferior del molde, lo que permite formar láminas de material más grandes.

60 En otra forma de realización, las partes del molde o dispositivo de suministro de campo electromagnético presentan elementos móviles que permiten automatizar el proceso de fabricación del relleno de material en el molde, desplazándose a través del molde o extrayéndolo del molde después de la formación del producto de red de fibras final.

65 Para comprender mejor la invención, se divulga, pero no se reivindica, un producto de red de fibras biodegradables tridimensional preparado mediante el método según la presente invención. Dicho producto se prepara a partir de fibras orgánicas naturales espumadas utilizando energía electromagnética, en el que el producto de red de fibras

presenta una densidad de 8 a 150 kg/m³ y una porosidad total de más del 90 %.

Algunos aspectos del producto de red de fibras biodegradables tridimensional preparado mediante el método según la presente invención se darán a conocer ahora para ilustrar la invención.

En un aspecto divulgado, el producto presenta una densidad de 8 -a90 kg/m³, preferentemente una densidad de 8 - 70 kg/m³, más preferentemente una densidad de 8 a 50 kg/m³, lo más preferentemente una densidad de 8 a 30 kg/m³.

El producto de red de fibras biodegradables tridimensional dado a conocer en la presente memoria puede caracterizarse además por una o más de las siguientes características:

- falta de homogeneidad local de la densidad del material (el gradiente de densidad puede controlarse mediante la entrada de potencia y la geometría del molde);
- relación de alta rigidez con respecto al peso aumentando la densidad en la capa externa de la estructura, formando eficazmente la carcasa;
- alta porosidad (la estructura es similar a un hueso y está hecha de fibras entrecruzadas y entrelazadas, proporcionando un soporte mecánico sólido, con una gran parte de espacio libre para la implementación potencial de otras sustancias);
- memoria de forma (la estructura se comporta muy elásticamente en una amplia gama de deformaciones (por ejemplo, una manta húmeda con dimensiones h = 4 cm, d = 4 cm, cuando se comprime hasta h = 70 %, vuelve hasta aproximadamente h = 96 %);
- alta estabilidad dimensional bajo la influencia de la humedad (después de la saturación con agua, el cambio de dimensiones lineales preferentemente no excede aprox. el 1 %;
- completamente biodegradable.

Las propiedades físicas de la estructura según la divulgación pueden determinarse mediante el método descrito por la estación de investigación en Naaldwijk Países Bajos (Wever '2002). Normas utilizadas: PN-EN 13039 - determinación del contenido de materia orgánica, PN-EN 13041 - determinación de la porosidad total, densidad de volumen, contracción, capacidad de agua y aire a un potencial de agua de -10 cm de H₂O.

En un aspecto dado a conocer, se proporciona un producto de red de fibras preparado mediante el método de la presente invención que presenta las siguientes características:

- Densidad: 65-75 [kg/m³];
- pH 6.3-6.8;
- EC (conductividad eléctrica) 0.07-0.10 [mS/cm];
- porosidad general de más del 95 %;
- el volumen de agua al potencial de agua de -10 cm de más del 45 %;
- el volumen de aire al potencial de agua de -10 cm de más del 48 %;

La figura 5 muestra la curva de retención de agua para el producto de red de fibras según una forma de realización de la presente invención. El eje X representa un potencial de 0 a -10 cm de H₂O, el eje Y representa el volumen de agua (% en volumen). El producto de red de fibras según la forma de realización de la presente invención se caracteriza por una alta capacidad de agua y aire de más del 45 %, lo que favorece el crecimiento de plantas jóvenes tales como plántulas. El producto de red de fibras sometido a prueba en forma de cubos también presenta un pH apropiado de 6-7 y se caracteriza por una EC muy baja, lo que facilita en gran medida la selección de la fertilización óptima. En una forma de realización, la densidad preferida del producto de red de fibras es de aproximadamente 70 kg/m³ (en el intervalo de 65-75 kg/m³). El producto de red de fibras con tal densidad presenta las propiedades de aire-agua más ventajosas, similares a las de la lana mineral.

El producto de red de fibras biodegradables tridimensional de la presente divulgación puede utilizarse preferentemente como sustrato de crecimiento vegetal, medio de filtración, relleno y/o estructura de amortiguación acústica y mecánica.

Las formas de realización y los ejemplos de la presente invención deben considerarse en todos los aspectos como meramente ilustrativos y no restrictivos. Por tanto, la presente invención puede realizarse en otras formas específicas sin desviarse de su esencia y la presente invención, que va a estar limitada únicamente por el alcance de las reivindicaciones.

Ejemplos

Ejemplo 1

El producto preparado según el ejemplo 1 se ilustra en la figura 9.

El producto se preparó según las siguientes etapas:

1. Se suspendió en agua celulosa de papel desfibrada en húmedo con dimensiones de fibra promedio de 3 mm de longitud y 0.01 mm de diámetro agua, alcanzando una concentración de celulosa del 12 %.
2. Se utilizó glucósido de coco puro como agente espumante.
3. Como aglutinante 1, que aumenta la rigidez del producto terminado, se utilizó una disolución acuosa al 10 % de almidón de maíz, preparada disolviendo el almidón en agua en ebullición.
4. Se utilizó carbonato de sodio como agente de soplado.
5. Se combinaron en un recipiente 170 g de celulosa al 12 %, 0.8 g de glucósido de coco, 20 g de carbonato de sodio y 120 g de almidón al 10 %.
6. Se espumó la mezcla en una mezcladora de alta velocidad para obtener una espuma con una densidad de 600 g/dm³.
7. Se colocaron 100 g de espuma en un molde cuboide de teflón con dimensiones de 5 cm × 6.5 cm × 8 cm y orificios de ventilación de 1.5 mm distribuidos uniformemente en toda la superficie, con una densidad 4 orificios/cm². La espuma en el molde se colocó entonces en un campo electromagnético de 2.4 GHz, 1850 W, durante 8 minutos.
8. Después de 8 minutos, se retiró el producto del molde.
9. El producto terminado pesaba 5.7 g.

El método presentado en el ejemplo 1 hace posible obtener estructuras con alta resistencia mecánica y alta resistencia a impactos en relación con su masa.

Ejemplo 2

El producto preparado según el ejemplo 2 se ilustra en la figura 10.

El producto se preparó según las siguientes etapas:

1. Se ajustó celulosa de fabricación de papel desfibrada húmeda con dimensiones de fibra promedio de 3 mm de longitud y 0.01 mm de diámetro a una concentración del 12 %.
2. Se esterilizaron fibras de cáñamo de dimensiones promedio de 15 mm de longitud y 0.1 mm de diámetro, durante 60 minutos en una disolución en ebullición de peróxido de hidrógeno al 1 %, se secaron hasta un 5 % de humedad y luego se desfibraron en eso en un molino de laboratorio de alta velocidad.
3. Se utilizó una disolución de agar al 1 % en agua desmineralizada como aglutinante 1.
4. Como aglutinante 2, se utilizó una disolución de quitosano al 1.5 % en ácido acético al 1 %.
5. Se utilizó glucósido de coco puro como agente espumante.
6. Se combinaron en un recipiente 170 g de celulosa al 12 %, 7 g de fibras de cáñamo, 0.4 g de glucósido de coco, 150 g de disolución de agar al 0.5 %, 10 g de disolución de quitosano al 1.5 % en ácido acético al 1.5 %.
7. Se espumó la mezcla en una mezcladora de alta velocidad para obtener una espuma con una densidad de 600 g/dm³.

8. Se colocaron 50 g de la espuma en un cuboide de teflón con dimensiones de 3 cm × 6 cm × 10 cm y orificios de ventilación de 1.6 mm uniformemente distribuidos en toda la superficie, con una densidad 5 orificios/cm². La espuma en el molde se colocó entonces en un campo electromagnético de 2.4 GHz, 1850 W durante 5 minutos.

9. El producto terminado pesaba 8.7 g.

El gradiente de densidad más alto está en las paredes externas del producto y alcanza 15 kg/m³ en cada 1 mm hacia la dirección externa. El método del ejemplo 2 permite obtener un material con mayor flexibilidad y se caracteriza por un alto aislamiento acústico.

Ejemplo 3

El producto preparado según el ejemplo 3 se ilustra en la figura 11.

El producto se preparó según las siguientes etapas:

1. Se suspendió en agua pulpa de madera con una longitud promedio de 3 mm y un grosor promedio de 0.1 mm para obtener una concentración del 12 %.
2. Se desfibraron en seco fibras de lino de 15 mm de longitud y 0.1 mm de diámetro en un molino de laboratorio de alta velocidad.
3. Como aglutinante, se utilizó una disolución de agar al 1 % en agua desmineralizada.
4. Se utilizó glucósido de coco puro al 100 % como agente espumante.
5. Se combinaron en un recipiente 175 g de pulpa de madera al 12 %, 14 g de fibras de lino, 0.8 g de glucósido de coco, 150 g de disolución de agar al 1 %.
6. Se espumó la mezcla en una mezcladora de alta velocidad para obtener una espuma con una densidad de 600 g/dm³.
7. Se colocaron 40 g de la espuma en una multiforma de teflón en 4 moldes cilíndricos que presentaban dimensiones internas: longitud = 4 cm, altura = 4 cm y orificios de ventilación de 2 mm uniformemente distribuidos en toda la superficie, con una densidad 7 orificios/cm². La espuma en el molde se colocó entonces en un campo electromagnético de 27 MHz, 1 kW durante 4 minutos.
8. El producto terminado pesaba 3.8 g.

El método proporcionado en el ejemplo 3 permite obtener un material con buena absorción de agua y una relación de aire-agua favorable para el crecimiento de plantas.

Ejemplo 4

La muestra del producto se preparó según las siguientes etapas:

1. Se suspendió en agua celulosa de papel desfibrada en húmedo con dimensiones de fibra promedio de 3 mm de longitud y 0.01 mm de diámetro, alcanzando una concentración de celulosa del 12 %.
2. Se desfibraron mecánicamente fibras de cáñamo secas con dimensiones de fibra máx. de 40 mm de longitud y 4 mm de diámetro.
2. Se utilizó una disolución de glucósido de coco acuosa al 25 % como agente espumante.
3. Como estabilizadores de espuma se utilizaron una disolución de agar acuosa al 1 % y una disolución de quitosano al 1.5 % en ácido fórmico al 0.6 %.
4. Se combinaron en un recipiente 350 g de celulosa al 12 %, 14 g de fibras de cáñamo, 20 g de disolución de quitosano al 1.5 %, 150 g de disolución de fosfato de sodio acuosa al 1.5 %, 150 g de disolución de agar acuosa al 1 % y 1.6 g de disolución de glucósido de coco acuosa al 25 %.
5. Se espumó la mezcla en una mezcladora de alta velocidad para obtener una espuma con una densidad de 500 kg/m³.

6. Se colocaron 300.1 g de espuma en un molde cuboide de PEEK con dimensiones de 102 mm x 102 mm x 60 mm y orificios de ventilación de 1.6 mm uniformemente distribuidos en toda la superficie, la zona de los orificios es del 16 % de la zona de molde.
- 5 7. La espuma en el molde se colocó entonces en un campo electromagnético de 2.4 GHz, 3 kW.
8. Durante la ejecución del campo electromagnético con flujo de aire, el escape del líquido y vapor se retiró fuera del funcionamiento del campo electromagnético.
- 10 9. El tiempo desde la aparición de la primera gota del líquido sobre la superficie del molde hasta el final del escape fue de 71 s.
10. En el momento del final del escape, se retiró el molde del campo electromagnético, el producto terminado pesaba 131.9 g.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para la preparación de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional, comprendiendo el aparato:

un molde que comprende una pluralidad de poros y configurado para ser llenado con fibras orgánicas naturales espumadas en disolución acuosa;

un proveedor de energía electromagnética para proporcionar energía electromagnética a las fibras orgánicas naturales espumadas dentro del molde; y

un componente controlador configurado para controlar la energía electromagnética proporcionada por el proveedor de energía electromagnética para controlar una acumulación de presión internamente dentro del molde, siendo el producto de red de fibras biodegradables tridimensional preparado basándose en la evacuación de líquido y vapor del molde a través de los poros por la energía electromagnética proporcionada.

2. Aparato según la reivindicación 1, en el que una proporción de superficie de los poros con respecto a la superficie que encapsula el volumen dentro del molde es pequeña de manera que pueda acumularse presión interna, en el que

a. para un volumen de molde interno de hasta 1 litro, la proporción de superficie de los poros está comprendida entre el 0.2 % y el 20 %, preferentemente entre el 1 % y el 15 % y lo más preferentemente entre el 4 % y el 12 %, y

b. para el volumen de entre 1 litro y 10 litros, la proporción de superficie de los poros está comprendida entre el 0.5 % y el 40 %, preferentemente entre el 2 % y el 20 % y lo más preferentemente entre el 6 % y el 14 %, y

c. para el volumen de entre 10 litros y 100 litros, la proporción de superficie de los poros está comprendida entre el 1 % y el 60 %, preferentemente entre el 4 % y el 40 % y lo más preferentemente entre el 10 % y el 30 %.

3. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el componente controlador está configurado para controlar la energía electromagnética en función de una distribución y/o tamaño de los poros del molde y una presión deseada dentro del molde.

4. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los poros están conformados como orificios redondos y un diámetro de los poros está comprendido entre 0.2 mm y 3 mm, preferentemente entre 0.5 mm y 2 mm y lo más preferentemente entre 0.8 mm y 1.5 mm.

5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el molde comprende o consiste en un material dieléctrico que presenta un punto de reblandecimiento por encima de 100 °C.

6. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el molde comprende o consiste en metal, en el que el molde es una parte funcional del proveedor de energía electromagnética.

7. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el proveedor de energía electromagnética comprende una cavidad y está configurado para proporcionar energía electromagnética, en particular un campo electromagnético alterno de radiofrecuencia (RF), onda de radio o radiación electromagnética de microondas, sobre la cavidad.

8. Aparato según la reivindicación 7, en el que el molde limita por lo menos parte de la cavidad de manera que las fibras orgánicas naturales espumadas en disolución acuosa llenen completamente la cavidad del proveedor de energía electromagnética.

9. Aparato según la reivindicación 7 u 8, en el que el molde está implementado como un molde poroso cerrado, en el que el producto final se retira del molde después de abrir el molde poroso cerrado.

10. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el proveedor de energía electromagnética comprende dos placas sustancialmente paralelas que actúan como electrodos.

11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el molde se fabrica separado del proveedor de energía electromagnética y puede insertarse y retirarse del mismo.

12. Aparato según la reivindicación 10, en el que por lo menos una de las caras del molde está formada de una sola pieza por uno de los electrodos.

13. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el molde está abierto en una dirección espacial, de manera que se permita la producción continua de material a granel a lo largo de esa dirección.

14. Método para la preparación de un producto de red de fibras biodegradables tridimensional, comprendiendo el método las siguientes etapas:

a. espumar fibras orgánicas naturales en una disolución acuosa para obtener una disolución acuosa espumada;

b. llenar un molde con la disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a), en la que el molde presenta una pluralidad de poros;

c. formar un producto de red de fibras biodegradables tridimensional proporcionando energía electromagnética a la disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a) para controlar una acumulación de presión internamente dentro del molde;

en el que la pluralidad de poros está adaptada para evacuar el líquido y vapor generados proporcionando energía electromagnética a las fibras orgánicas naturales espumadas.

15. Método según la reivindicación 14, en el que durante la provisión de la energía electromagnética a las fibras orgánicas naturales espumadas en la etapa c), por lo menos una parte del líquido y el vapor que se evacuan a través de la pluralidad de poros se retira fuera de la zona de operación de energía electromagnética.

16. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 15, en el que el molde presenta una pluralidad de poros presentando cada uno un tamaño de poro de 0.01 a 3 mm, preferentemente de 0.5 a 2 mm, lo más preferentemente de 0.8 a 1.5 mm.

17. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que una proporción de un área total de poros con respecto a un volumen de molde interno está comprendida entre 0.05 y 0.15 cm⁻¹, preferentemente está comprendida entre 0.05 y 0.1 cm⁻¹, lo más preferentemente es de 0.1 cm⁻¹.

18. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que una proporción de superficie de los poros con respecto a la superficie que encapsula el volumen dentro del molde es pequeña de manera que pueda acumularse presión interna, en el que

a. para un volumen de molde interno de hasta 1 litro, la proporción de superficie de los poros está comprendida entre el 0.2 % y el 20 %, preferentemente entre el 1 % y el 15 % y lo más preferentemente entre el 4 % y el 12 %, y

b. para el volumen de entre 1 litro y 10 litros, la proporción de superficie de los poros está comprendida entre el 0.5 % y el 40 %, preferentemente entre el 2 % y el 20 % y lo más preferentemente entre el 6 % y el 14 %, y

c. para el volumen de entre 10 litros y 100 litros, la proporción de superficie de los poros está comprendida entre el 1 % y el 60 %, preferentemente entre el 4 % y el 40 % y lo más preferentemente entre el 10 % y el 30 %.

19. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, en el que una densidad de potencia de energía electromagnética proporcionada a las fibras orgánicas naturales espumadas en la etapa c) es de 0.5 a 100 kW por kg de la disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a), preferentemente es de 1 a 25 kW por kg de la disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a), lo más preferentemente de 2 a 5 kW por kg de la disolución acuosa espumada obtenida en la etapa a).

20. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19, en el que una disolución acuosa utilizada para espumar fibras orgánicas naturales comprende por lo menos un aditivo no fibroso biodegradable seleccionado de entre un estabilizador de espuma, un tensioactivo, un agente de soplado biodegradable o una combinación de los mismos.

21. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20, en el que una disolución acuosa utilizada para espumar fibras orgánicas naturales comprende además añadir por lo menos un aditivo adicional para controlar las propiedades biomecánicas del producto de red de fibras, en el que dicho aditivo adicional se selecciona de entre un polisacárido, derivado de polisacárido, lignina, derivado de lignina, celulosa y un derivado de celulosa.

22. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 21, en el que una disolución acuosa utilizada para espumar fibras orgánicas naturales comprende quitosano y/o agar.

23. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 22, en el que una disolución acuosa utilizada para espumar fibras orgánicas naturales comprende glucósido de coco.

5 24. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 23, en el que el molde está realizado a partir de un material dieléctrico, que presenta un punto de reblandecimiento por encima de 100 °C.

10 25. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 24, en el que la energía electromagnética utilizada para formar un producto de red de fibras biodegradables tridimensional presenta una frecuencia en un intervalo de 10 a 100 MHz.

15 26. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 25, en el que la energía electromagnética utilizada para formar un producto de red de fibras biodegradables tridimensional presenta una frecuencia en un intervalo de 300 MHz a 25 GHz.

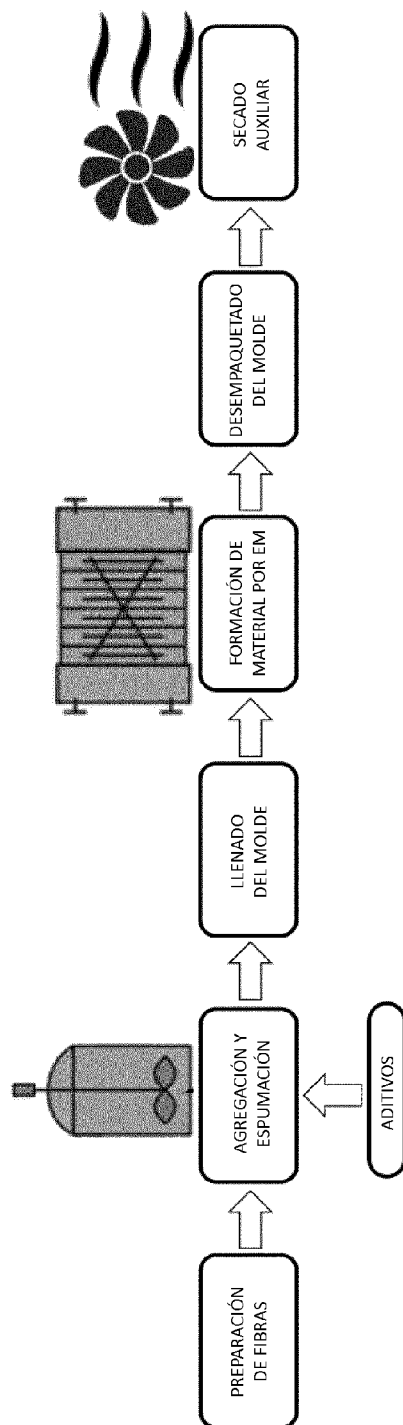


Fig. 1

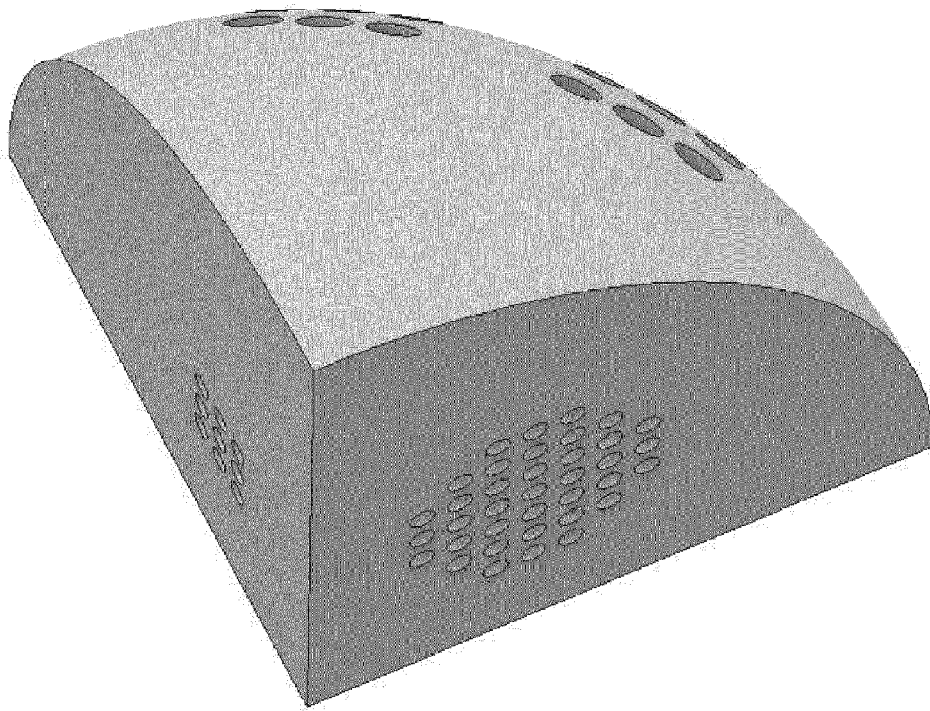


Fig. 2

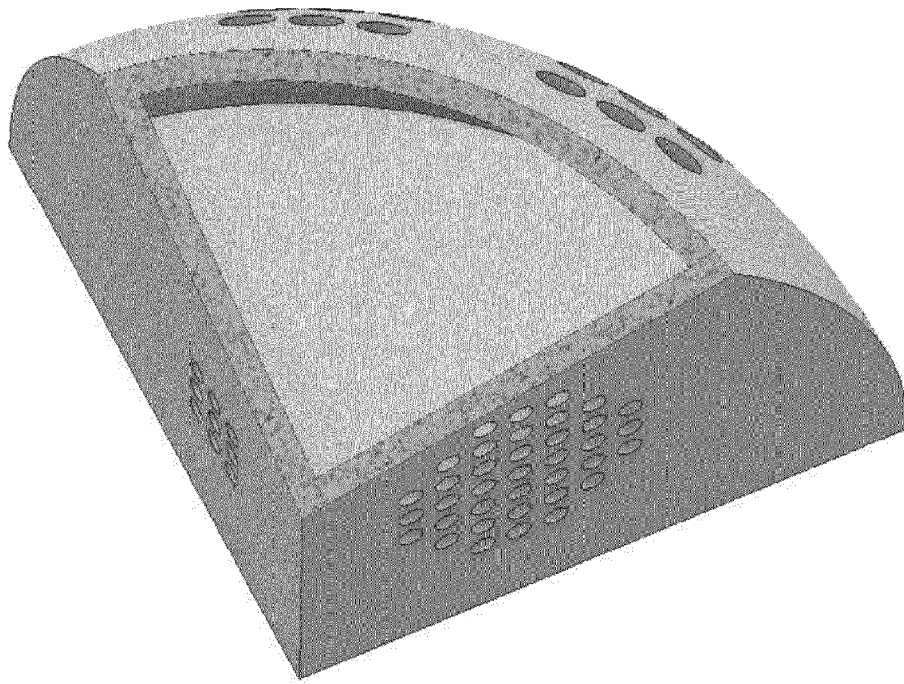


Fig. 3

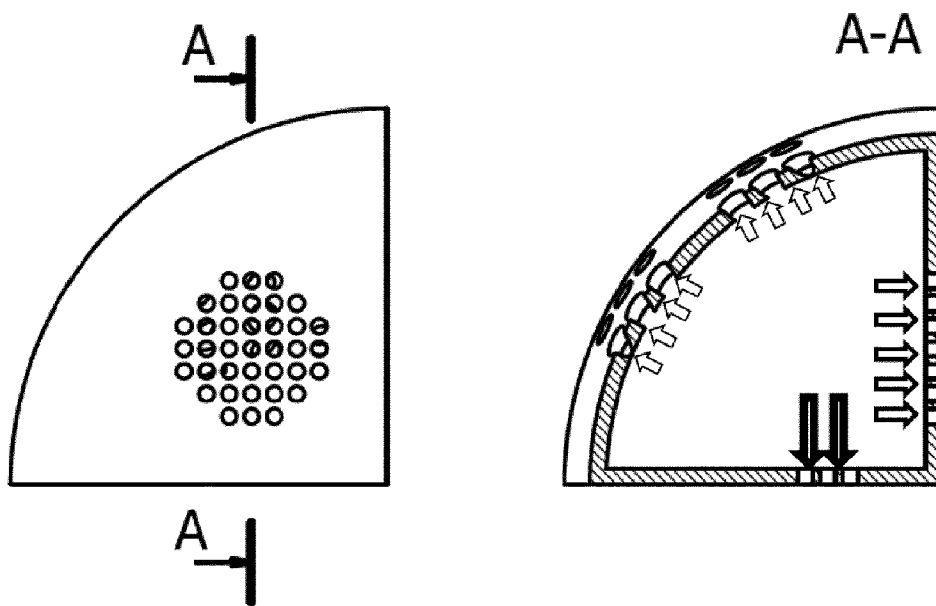


Fig. 4

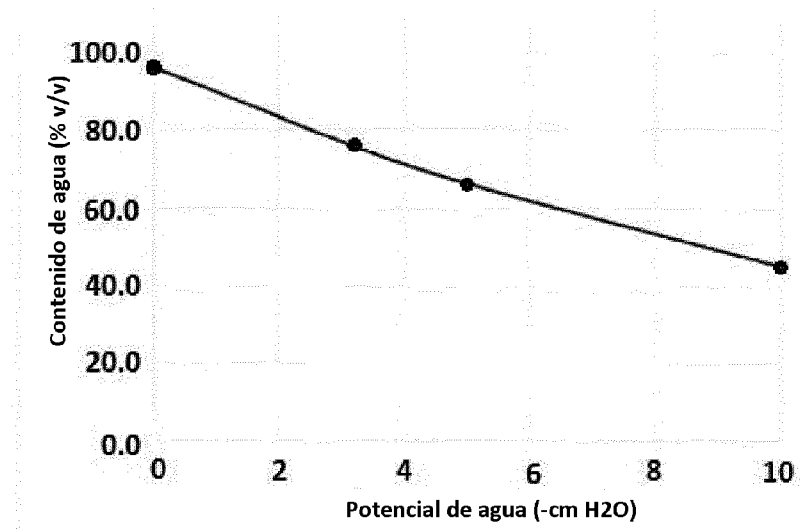


Gráfico 1 - Retención de agua en relación con el potencial de agua

Fig. 5

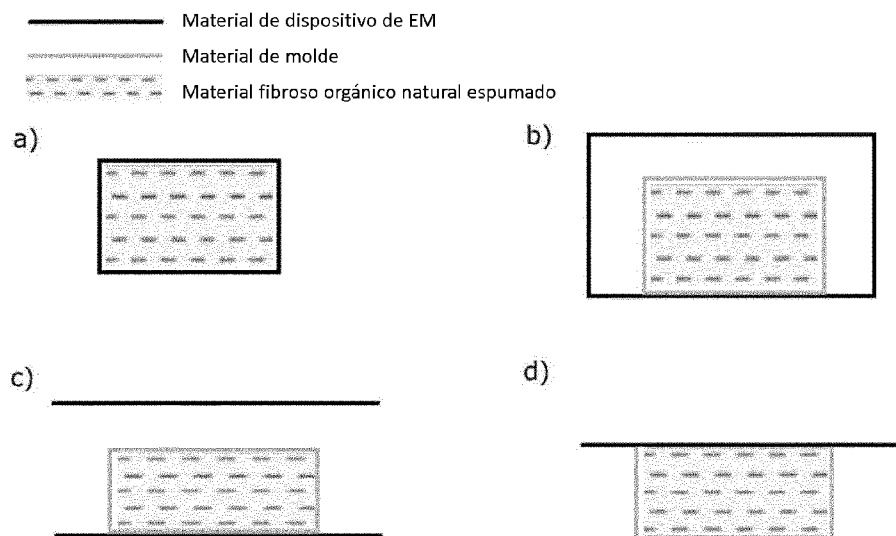


Fig. 6

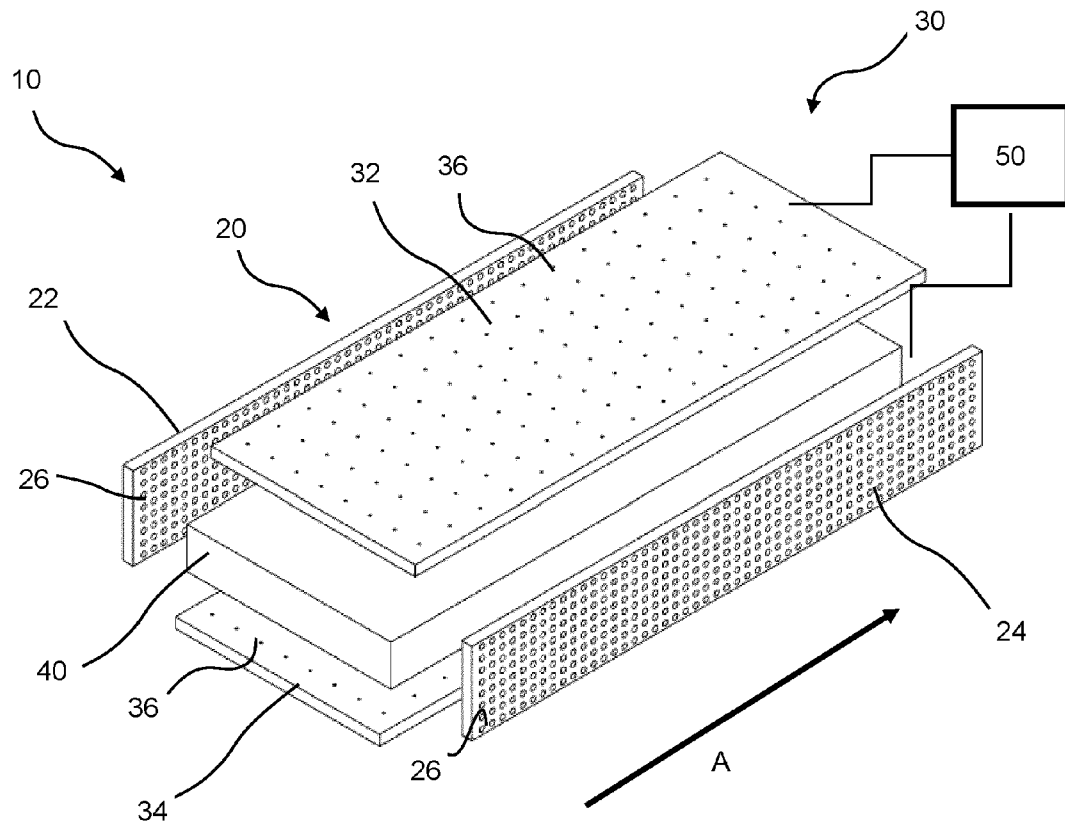


Fig. 7

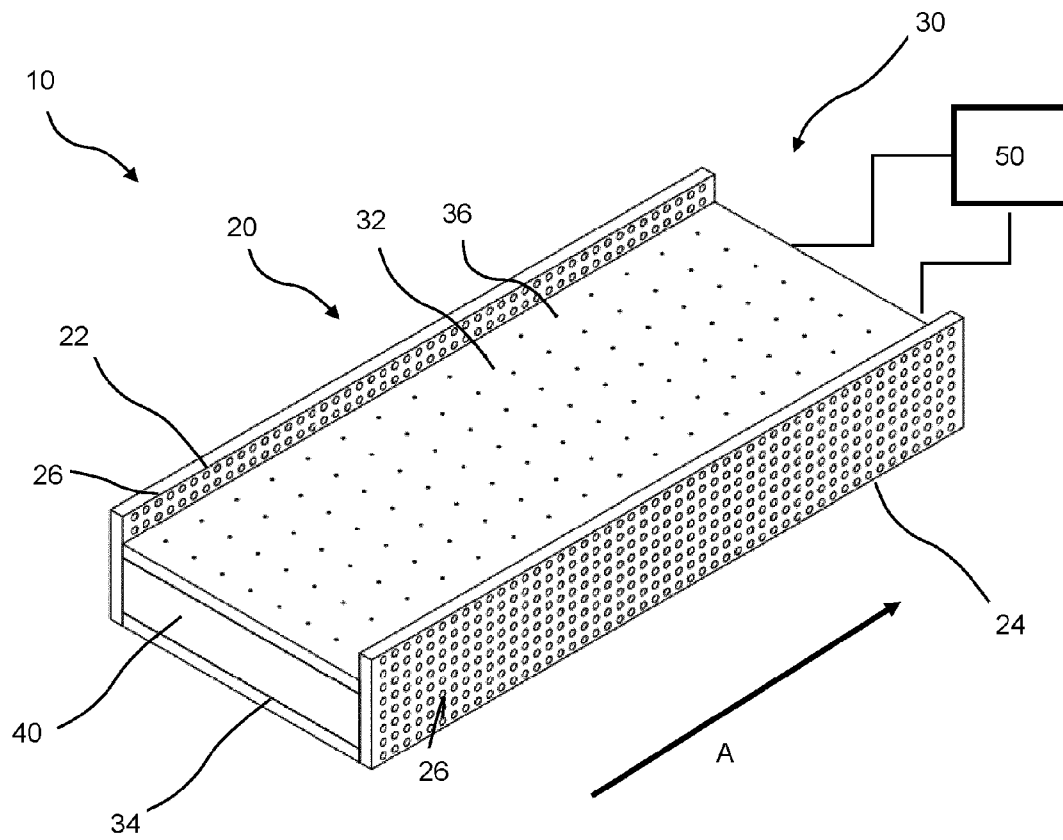


Fig. 8

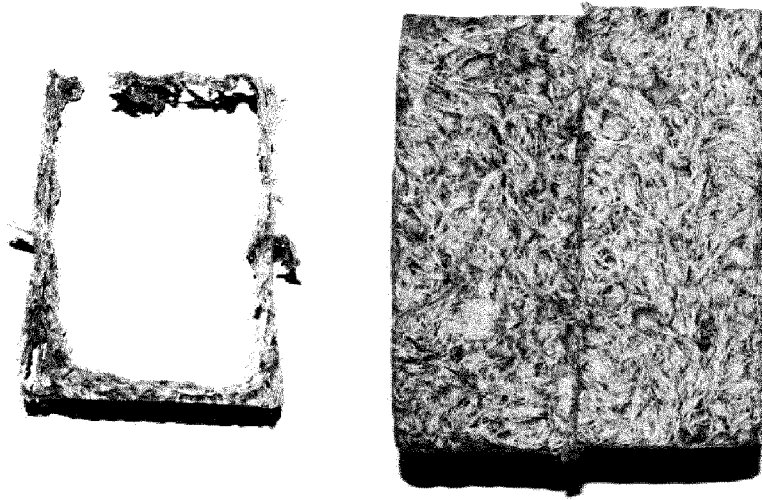


Fig. 9



Fig. 10

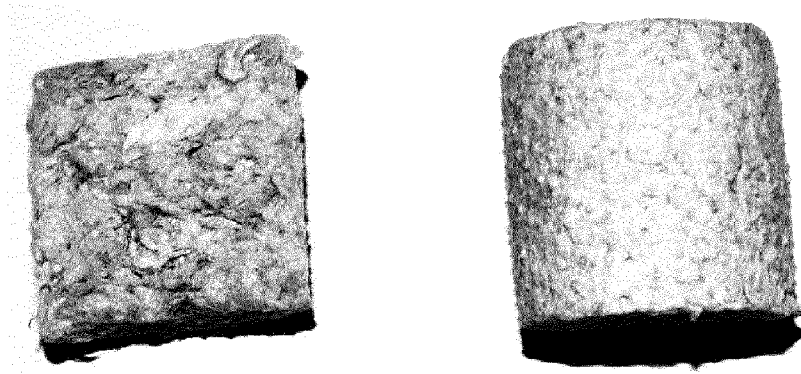


Fig. 11