

PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE LODOS RESIDUALES DE FIBROCEMENTO Y COMPOSICIONES DE FIBROCEMENTO BIODEGRADABLE OBTENIDAS

Campo de la invención

La presente invención pertenece al campo de los procesos químicos y consiste en la transformación de lodos residuales obtenidos de la producción de fibrocemento hasta obtener un material biodegradable, y el producto allí obtenido. El material biodegradable corresponde a un compuesto de textura moldeable, útil en la construcción de cubiertas o de embalajes. Este compuesto y proceso pueden ser empleados en la industria de la construcción, empaques, saneamiento ambiental y manejo de residuos industriales.

Antecedentes de la invención

El fibrocemento es un material de construcción compuesto por una mezcla de cemento y arena, que funcionan como un aglomerante inorgánico hidráulico, reforzado con fibras de amianto, fibras minerales y/o fibras vegetales ricas en celulosa. Este material facilita una serie de rasgos que incluyen homogeneidad, resistencia mecánica, resistencia al agrietamiento, escaso peso, un grado de flexibilidad, poder aislante elevado, y es incombustible. También se puede teñir con colorantes. Los productos de fibra de cemento se utilizan generalmente para el revestimiento, cubiertas y conducciones para tuberías.

El fibrocemento también es conocido como asbestocemento, uralita, internit o [eternit](#). La composición y los parámetros de producción de estos productos juegan un papel importante en su costo, desempeño y fuerza. El fibrocemento está reforzado con fibras, que en su estado de plástico fresco, puede tomar diferentes formas, proporcionando así flexibilidad extendida al diseño. El rendimiento de los productos de fibrocemento en condiciones climáticas severas, alta tenacidad con un

espesor mínimo, inflamabilidad, resistencia biológica, resistencia al hielo y permeabilidad al vapor, han allanado el camino para un uso extendido.

El espectro de productos de fibrocemento incluye láminas planas, hojas onduladas, laminados, pizarras de teja, tablones y otros tipos de nicho. Estos productos se utilizan en la agricultura, industrias, residenciales, no residenciales, comerciales y otras aplicaciones.

Sin embargo, pese a sus ventajas como elemento de construcción su uso se ha reducido debido a normas ambientales, (esto es para los elementos fabricados con asbesto) que han prohibido el uso del amianto o asbesto para este tipo de material, pues estos compuestos son considerados cancerígenos para los humanos.

Por ello, las empresas que producen elementos para cubiertas y revestimientos han realizado modificaciones a sus productos y procesos de fabricación de fibrocemento con el ánimo de reemplazar los compuestos de asbesto o amianto, por fibras que refuercen la mezcla de mortero de cemento (cemento y arena) y le den su tenacidad. Así, se han incluido fibras de vidrio, fibras vinílicas o fibras de celulosa en reemplazo.

La producción de este tipo de fibrocemento amigable con el ambiente y la salud, aún obtiene como producto residual lodos, cuya composición es cemento, impermeabilizantes y celulosa, que presentan un reto para lograr su disposición final.

Si los lodos son enviados a rellenos sanitarios, es necesario realizar primero un proceso de secado que permita liberar la humedad estos lodos, para evitar erosión, generando más costos. Este secado produce un material prácticamente inmanejable, en el sentido de que forma una pasta de difícil degradación. Así mismo, el lodo residual no es degradable, por lo que su disposición final es compleja.

En el estado de la técnica se conocen algunos procesos que han intentado facilitar la disposición o transformación de estos lodos de fabricación de fibrocemento. Una primera aproximación se ha realizado tratando de mejorar los procesos de mezcla y estabilización de los preparados de fibrocemento, tratando así de disminuir los lodos residuales, entre los documentos de patente con este objetivo se destacan los siguientes:

La patente CA1325141 enseña un método para preparar material de asbesto cemento borato, donde se realiza un tratamiento con ácido bórico con el fin de realizar mezclas de asbesto y cemento en medio más secos y así disminuir la cantidad de lodo residual obtenido. Sin embargo, pese a que la preparación con ácido bórico se realiza con menor cantidad de agua, los lodos se siguen produciendo y ahora con residuos borato.

Así mismo, la solicitud de patente WO2009/135279 enseña un método para fabricar productos de construcción reforzados con fibra a base de compuestos de fibrocemento que utilizan fibras inorgánicas, con o sin fibras poliméricas naturales o sintéticas como materiales de refuerzo suplementarios. Esta invención describe la formulación, el método de fabricación y los productos finales de fibrocemento que utilizan fibras vítreas de escoria inorgánicas tratadas térmicamente y estabilizadas, procedentes de plantas de hornos de hierro o derivados, pero sin limitarse a éstas, con agentes de acoplamiento de xilano, aditivos y catalizadores, para reforzar compuestos de cemento Portland.

El documento MX2012/007722 divulga un producto de fibrocemento el cual incluye una fibra de pasta de madera tratada con celulosa; la fibra es tratada con carboximetilcelulosa fibrilada o carboxietilcelulosa y cloruro de poli(dialildimetilamonio); la fibra puede ser blanqueada o parcialmente blanqueada, refinada o no refinada o una mezcla de fibra refinada y no refinada.

ES2149598 enseña un procedimiento para la eliminación de residuos de fibrocemento, en particular cementos de asbesto, consiste en someter el producto a un ligero triturado grueso e introducir el producto resultante en la zona de entrada de un horno tubular giratorio a una temperatura de al menos 800°C, mezclándolo preferentemente con el flujo normal del material principal para la producción de cemento. La ventaja del proceso según los inventores es que, por un lado se emplea poca energía y por otro, las medidas de protección frente a las fibras liberadas durante la trituración gruesa son más fáciles de adoptar que durante la trituración para obtener polvo.

También se ha realizado tratamiento de lodos residuales añadiendo compuestos químicos de distinto origen, tal como enseñan los siguientes documentos:

ES8603912 divulga un procedimiento mejorado de preparación de homo y copolímeros de acrilamida, solubles en agua, a partir de los monómeros respectivos por un método de polimerización en emulsión y presentados en forma de elevada concentración y con propiedades de estabilidad y disolución a las concentraciones de uso. Estos polímeros tienen aplicaciones como floculantes en aguas de procesos industriales y municipales y para la industria minera; como recuperadores de aceites, de fibras de papel, cartón y fibro-cemento, deshidratación de lodos; y como retenedores de fibras.

El documento EP0545850 propone añadir residuos de la descomposición del asbesto con ácidos inorgánicos que contienen flúor, en particular ácido fluorhídrico o ácido hexafluosilícico, en la fabricación de materiales de construcción. Por ejemplo, el amianto cemento que ha sido descontaminado de esta manera puede ser utilizado para la fabricación de cemento capaz de fijar, reemplazando las materias primas (caliza, arcilla, marga, marga arcillosa y otras) parcialmente o completamente por el cemento de amianto descontaminado. Los residuos también se pueden utilizar, junto con aglutinantes hidráulicos o no hidráulicos, para la fabricación de materiales de construcción no cocidos. De acuerdo con los inventores

la ventaja de este tratamiento es que la eliminación del residuo de asbesto descompuesto en vertederos se vuelve innecesaria.

De manera similar, el documento EP0658526 plantea que el cemento de asbesto o los residuos formados en su descomposición se han colocado hasta el momento en un vertedero. La invención propone someter el cemento de asbesto a un proceso de sinterización a una temperatura comprendida entre 800 y 1200°C utilizando una ayuda de sinterización seleccionada del grupo que consiste en CaF₂ y fluoruros de aluminio complejos, por ejemplo en el contexto de la producción de cemento. El cemento de asbesto así tratado ya no tiene que ser colocado en un relleno sanitario, sino que se convierte en material de fijación libre de amianto (fijable).

La patente US5676750 muestra un proceso de tratamiento y utilización respetuosa con el medio ambiente de productos de fibrocemento que incluyen un proceso térmico para transformar el componente de amianto. Esto se consigue mediante una reducción gruesa de los productos de amianto cemento en condiciones de *black side* con vacío mantenido. A continuación, se tritura el material a una harina de amianto-cemento y se alimenta a la zona de llama del horno rotatorio de una línea de producción de escoria de cemento. La transformación térmica del componente de amianto tiene lugar a temperaturas de aproximadamente 1800 °C en la zona del quemador. La sustancia residual modificada se convierte en un componente de la escoria de cemento debido a la asimilación en la carga del horno.

Como se observa, en el campo técnico existe aún la necesidad de conseguir un adecuado manejo de los residuos de productos de fibrocemento, que tengan o no presencia de amianto, de manera que el tratamiento de estos residuos para lograr la reducción de las fibras contaminantes, no requiera transformaciones en horno a alta temperatura, puesto que implica un alto consumo energético; o adición de sustancias corrosivas, que conllevan un difícil manejo ambiental.

Descripción general de la invención

Para resolver este problema técnico, la presente invención enseña un proceso de transformación de residuos de plantas de fabricación de fibrocemento, que emplea un compuesto orgánico de hongos macromicetos, para atrapar las fibras de asbesto, fibras acrílicas, y/o celulósicas, que hacen parte de estos residuos, creando al final un producto biodegradable, que no presente riesgos para el ambiente y que puede ser empleado como material para construcción o embalajes.

En una modalidad de la invención, se presenta el proceso de transformación de residuos de fibrocemento que contempla las etapas de moldeo, tratamiento térmico moderado, inoculado con micelio de macromicetos, incubación, secado y por último se impermeabiliza, donde se pueden emplear fibras de origen inorgánico o mezcla de fibras de origen orgánico e inorgánico, que dan lugar a dos productos finales de fibrocemento con características diferentes.

En una segunda modalidad de la invención se presenta un compuesto de fibrocemento biodegradable obtenido a través del proceso de la invención, que comprende las fibras descartadas de lodos de fabricación de fibrocemento y micelios de macromicetos. Este material es maleable, tiene dureza media y es rígido, de manera que puede ser empleado como material para construcción.

En otra realización de la invención es un compuesto de fibrocemento biodegradable flexible obtenido a través del proceso de la invención, que comprende fibras descartadas de lodos de fabricación de fibrocemento, fibras orgánicas, provenientes principalmente de material lignocelulósico, y micelios de macromicetos. Este material es más flexible, con baja dureza, de manera que puede ser empleado como material para construcción y embalajes.

Listado de figuras

FIGURA 1. Diagrama de flujo del proceso de transformación de lodos de fibrocemento aquí revelado, mostrando las diferentes etapas involucradas y las principales condiciones de laboratorio empleadas.

FIGURA 2. Corresponde a una fotografía que permite apreciar la composición de fibrocemento biodegradable rígido, a) vista frontal; b) vista lateral.

FIGURA 3. Corresponde a una fotografía que permite apreciar la composición de fibrocemento biodegradable de apariencia rugosa y con flexibilidad media.

Descripción detallada de la invención

Las fábricas de fibrocemento que producen tejas, paneles separadores, cubiertas para tejados y otros, tienen como residuo lodos, cuya composición es cemento, impermeabilizantes y fibras inorgánicas u orgánicas, con las siguientes características físicas aproximadas:

Densidad: 1.13 g/cm³

Humedad: 64%

pH: 13

Variables de algunas de las materiales primas a considerar:

Densidad del Cemento gris: entre 3,10 gr/cm³ y 3,15 gr/cm³

Densidad media de aserrines de madera: 197,2 kg/m³

Entre los posibles tipos de fibras empleadas para la fabricación de fibrocemento están las fibras inorgánicas, tipo fibra de vidrio, fibra acrílica, PVA (poliacetato de vinilo), fibras minerales (silicatos) o amianto (asbesto). Esta última, ya poco empleada debido a las restricciones en normativa ambiental y de salud ocupacional.

En cuanto a las fibras orgánicas empleadas, la celulosa, es la de mayor uso, y formas relacionadas esta, como la hemicelulosa.

El contenido de cada una de estas fibras varía de acuerdo con el proceso de fabricación de cada planta de fibrocemento. Sin embargo, en los lodos residuales de fibrocemento el porcentaje de fibras de tipo orgánico y/o inorgánico es por lo general del 7%, aunque puede tener porcentajes entre el 2 y el 12% de acuerdo con los tipos de fibras empleadas. En general, si el fibrocemento se prepara con fibras de celulosa, es necesaria una mayor cantidad de fibra para lograr el refuerzo deseado en el cemento, por lo que el contenido en el lodo residual también es mayor.

La presente invención consiste en un compuesto biodegradable elaborado a partir de lodos residuales de los procesos de producción de fibrocemento y su proceso de fabricación.

Mecanismo de interacción de los macromicetos con los lodos de fibrocemento

La adsorción en un sistema con adsorbente conteniendo actividad biológica, se logra a través de la interacción entre las fibras y metales presentes en el fibrocemento y la pared fúngica.

La estructura de la pared fúngica permite que los metales sean adsorbidos en ésta. Así, la *galactosamina* proporciona enlaces con grupo amino, la *N-acetilglucosamina*: proporciona enlaces hidroxil, el *β -glucano(1-6)* proporciona enlaces carboxilo y las proteínas de la pared celular proporcionan enlaces sulfhidrilo (Morales y Ruíz, 2008).

En la presente invención, además de la estructura de la pared fúngica otros mecanismos que favorecen la reacción de las hifas de macromicetos con el asbesto y/o fibras sintéticas u orgánicas que hacen parte de los lodos residuales de preparación de fibrocementos, son: el intercambio iónico en la pared celular de los hongos, que implica que al captar iones metálicos por parte de la pared celular va acompañado de la liberación al medio de cationes tales como Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+1} , Na^{+1} e H^{+1} hasta alcanzar el equilibrio de la reacción (Iqbal and Asma, 2007); la quelación, pues la secreción de ácido oxálico, que presentan los macromicetos en su desarrollo micelial constituyen una fortaleza en su poder quelante de iones metálicos.

Específicamente, en la invención se tiene que el asbesto ($\text{Mg}_6[(\text{OH})_8/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$, el crisotilo ($3\text{MgO}, 2\text{SiO}_2, 2\text{H}_2\text{O}$) y la forsterita (Mg_2SiO_4), en contacto con la pared fúngica, pierden los cationes Mg^{+2} ; y por quelación los macromicetos atrapan los iones de sílice. Para otras clases de asbesto, tales como amosita ($5,5\text{FeO}, 1,5\text{MgO}, 8\text{SiO}_2$), crocidolita ($\text{Na}_2\text{O}, \text{Fe}_2\text{O}_3, 3\text{FeO}, 8\text{SiO}_2, \text{H}_2\text{O}$), antofilita

(7MgO,8SiO₂, H₂O), tremolita (2CaO ,5MgO ,8SiO₂, H₂O) y/o actinolita o actinota (2CaO,4MgO, FeO, 8SiO₂, H₂O), al ponerse en contacto con la pared fúngica, pierden los iones Mg ⁺², Ca ⁺², Na ⁺², y por quelación los macromicetos atrapan los iones de hierro y sílice. Para el caso de fibras sintéticas el mecanismo de interacción es exactamente el mismo.

Proceso de la invención

El proceso general de transformación de lodos de fibrocemento tiene las siguientes etapas fundamentales (Figura 1):

- a) Verter los lodos en un molde;
- b) Someter lodo a tratamiento térmico entre 50°C y 100°C;
- c) Enfriar hasta temperatura ambiente;
- d) Inocular con micelio de macromicetos;
- e) Incubar hasta lograr cubrimiento de lodo con micelios;
- f) Secar el producto;
- g) Impermeabilizar.

Los lodos son vertidos en moldes tipo lámina, bandeja o recipiente plástico/acrílico con cualquier forma, esto dependerá de la forma final que se pretende obtener que puede ser en dos dimensiones, tipo lámina o en tres dimensiones, tal como un preformado.

Una forma preferida de molde, son recipientes plásticos de tamaño de 50 por 50 cm. que presenta un cubrimiento rápido, pero módulos de 1,20m x 2,40m son posibles para el producto rígido. La capa de lodo que se adiciona puede estar entre 1cm y hasta 3 cm. El grueso de esta capa de lodo está determinado por el grueso final del producto que se desee.

El tratamiento térmico inicial contemplado para los lodos puede ser realizado por contacto (en un horno), calentamiento por convección (aire o gas caliente),

calentamiento por radiación (luz infrarroja). De manera preferida se emplea el calentamiento con vapor, realizando tratamiento térmico entre 50°C y 100°C por un tiempo entre 3 a 12 horas, más preferiblemente se realiza entre 60 °C y 90°C, por un tiempo de 8 horas o más.

Como se evidencia, este tratamiento térmico corresponde a un calentamiento moderado, en ningún caso se requiere el calentamiento a altas temperaturas, entre los 800°C y 1800°C, que usualmente se realiza en el estado de la técnica para transformar las fibras de este tipo de lodos residuales de fibrocemento.

El micelio o hifa inoculado corresponde a micelio de hongos macromicetos, seleccionado entre especies tales como *Pleurotus spp.*, *Ganoderma spp.*, *Corolius versicolor spp*, *Lentinula sp.*

Los micelios pueden ser inoculados secos o húmedos, de acuerdo con el grado de humedad que aún tenga el residuo de fibrocemento, si está húmedo se puede adicionar el micelio seco, pero si el residuo está seco se adicionan los micelios húmedos. Lo que se busca es lograr las condiciones ambientales para que el inoculo prospere y logre incubarse de manera que se incrementa su volumen hasta obtener una incubación completa, esto es cuando el micelio de macromiceto invade todo el material formando un tejido que amarra todo el espesor del lodo.

Este crecimiento se logra en un periodo de incubación entre 15 a 45 días, de acuerdo con la especie de hongo empleada y el grueso del material a incubar. La temperatura para la incubación es entre 25°C y 32°C, una temperatura preferida es a 30°C.

El secado del material obtenido, se realiza: en secado por contacto (en un horno), secado por convención (aire o gas caliente), secado por radiación (radiación solar, luz infrarroja). Se obtienen mejores resultados cuándo se realiza un secado controlado con aire caliente, evitando resquebrajamiento de la superficie con temperaturas muy altas y/o aire a alta velocidad.

Por último, se realiza la impermeabilización del material, mediante la adición de algunos productos naturales, conocidos en la formación de biopolímeros, como son: aceites, de linaza, girasol, higuera, soja y/o palma; y/o almidón, especialmente almidón de yuca; o productos sintéticos como la silicona. Una combinación preferida para realizar la impermeabilización es aceite de linaza y/o almidón de yuca.

El proceso de transformación de lodos de fibrocemento contempla dos realizaciones alternativas, de acuerdo con la materia prima empleada. Una primera alternativa es el proceso de transformación de los lodos con micelios; y la segunda alternativa, es el proceso de transformación de los lodos con adición de material orgánico, tipo residuos de cosecha o residuos lignocelulolíticos, y micelios.

De acuerdo con el material inicial que se emplea para el proceso de transformación de lodos de fibrocemento, se produce dos clases nuevas y diferentes de material.

El proceso detallado para la primera alternativa del proceso de transformación de lodos residuales de fibrocemento, que emplea solo micelio de micelios es como sigue:

- a) Los lodos son acopiados tal y como salen del proceso en moldes;
- b) El material es sometido a tratamiento térmico a temperaturas de 60 a 80°C;
- c) Se deja enfriar a temperatura ambiente, preferiblemente a 30 °C;
- d) Se siembra con micelios;
- e) Se deja en incubación durante 15 a 45 días;
- f) Se deshidrata al sol por 14 días o con aire caliente durante 24 horas a temperatura máxima de 55 °C, hasta alcanzar un máximo de 9% de humedad;
- g) Se impermeabiliza;

El espesor del lodo colocado en cada molde puede variar entre 1cm y 3 cms.

El lodo es sometido a tratamiento térmico a temperaturas de 60 a 80°C entre 6 a 10 horas, preferiblemente durante 8 horas. Además, este tratamiento se realiza preferiblemente con vapor.

El tiempo de incubación dependerá de la cantidad de lodo a procesar, las especies inoculadas y la temperatura de incubación.

De este proceso se obtiene un producto de aspecto un poco rugoso en su superficie, firme, resistente y rígido. Con una densidad menor a la de los lodos secos. Este producto puede ser utilizado para hacer paneles de división, cielo raso, pisos u otros objetos.

Proceso detallado para la segunda alternativa del proceso de transformación de lodos residuales de fibrocemento, que emplea micelio de macromicetos y adición de residuos orgánicos:

- a) Los lodos son acopiados tal y como salen del proceso;
- b) Se mezclan con residuos orgánicos de cosecha o en general con residuos lignocelulolíticos en proporción 1:1 en peso seco;
- c) El material es sometido a tratamiento térmico con temperaturas de 60°C a 80°C;
- d) Se deja enfriar a temperatura ambiente, preferiblemente a 30 °C;
- e) Se siembra con macromicetos;
- f) Se deja incubar por 15 a 30 días;
- g) Se deshidrata por 5 días al sol o 10 a 12 horas con aire caliente hasta alcanzar un máximo de 9% de humedad;
- h) Se impermeabiliza;

En una realización preferida el material es sometido a tratamiento térmico con temperaturas de 60°C a 80°C durante 8 horas.

De este proceso se obtiene un material con baja densidad (menor a la obtenida con los lodos solos luego de tratados con macromicetos), rugoso, liviano resistente y con flexibilidad media. Este producto puede ser utilizado como material de empaque, cielos rasos, adoquines, estibas u otros objetos.

En conclusión, el proceso es el mismo, en las alternativas realizadas se modifican: la materia prima, el tiempo de proceso de incubación (que depende del grueso de la mezcla y de la densidad inicial), y el tiempo de secado.

Caracterización del material obtenido

El material de la invención es un compuesto de fibrocemento biodegradable más resistente que la madera y los aglomerados y más liviano que ellos, en tanto los lodos residuales le aportan la resistencia y el micelio de macromicetos le aportan el tejido interno, mayor porosidad y características inherentes a los biopolímeros.

Es un material biodegradable que tanto en su composición como en el proceso de fabricación no tiene impactos ambientales. Por el contrario, la composición lograda en la invención, al tener micelios de macromicetos como parte de su estructura captura metales tales como aluminio, presente en el lodo residual, evitando así eventos como la aluminosis.

La aluminosis es una de las principales enfermedades estructurales que afectan al cemento. El cemento aluminoso, formado por una mezcla de caliza y bauxita, debe su resistencia a un aluminato cálcico que a temperaturas superiores a los 25 grados se disocia en otro aluminato, hidróxido de aluminio y agua. Este segundo aluminato es de menor volumen, el material se hace más poroso, y a la larga provoca fisuras y pérdida de resistencia en las vigas, por lo que el cemento presente en el lodo residual por lo general era descartado como material de construcción. El material de fibrocemento biodegradable aquí obtenido supera esta condición.

La composición de fibrocemento biodegradable permanece homogénea y estable. Su proceso de degradación se realiza en un tiempo similar al de los biopolímeros (La pared celular es compuesta por polisacáridos por ej: cascara de frutos), y en condiciones de alto contenido de humedad, temperaturas altas y microorganismos. Es bueno aclarar que si el material está en ambiente seco a bajas temperaturas y en ausencia de microorganismos su duración es muy alta.

En las condiciones óptimas para su degradación, el material podría tardar en descomponerse entre 4 y 5 años para el material rígido; y entre 2 y 3 años para el material mezclado con los residuos orgánicos.

El residuo final de esta degradación no libera al ambiente las fibras capturadas por los micelios presentes en el material, por lo que es seguro para el medio ambiente.

El material obtenido del proceso de transformación sólo con macromicetos, es un producto de aspecto rugoso en su superficie, firme y resistente. Con una densidad menor a la de los lodos secos. Este material, aquí denominado compuesto de fibrocemento biodegradable puede ser empleado para elaborar cielo raso u otros objetos que requieran una conformación laminar firme (Figura 2).

En cuanto el material con mezcla de residuos orgánicos, especialmente lignocelulósicos de cosecha es aún más liviano, flexible pero menos resistente al peso que los lodos solos. El material obtenido, aquí denominado compuesto de fibrocemento biodegradable con flexibilidad media, posee buenas condiciones acústicas, térmicas y es de baja inflamabilidad.

Este segundo producto es un compuesto de fibrocemento biodegradable con flexibilidad media y baja densidad, menor a la densidad obtenida con los lodos solos luego de tratados con macromicetos, es liviano y resistente. Este producto se podría utilizar para material de empaque, cielos rasos, estibas y otros objetos que requieran una conformación tridimensional (Figura 3).

La siguiente tabla resume las principales características del material obtenido por los dos procesos aquí revelados:

Característica	Compuesto de lodos + macromicetos	Compuesto de lodos + residuos lignocelulosicos + macromicetos
Textura	Lisa	Rugosa
Densidad	2,90 – 3,0	1.60-1,80
pH	10 – 11	7-9

EJEMPLOS

Ejemplo 1. Proceso para producir compuesto de fibrocemento biodegradable

Para este proceso se vierten los lodos tal como salen del proceso de fabricación de fibrocemento.

1-MOLDEO

Alternativa 1a) Los lodos se vierten en moldes de acero inoxidable con camisa de vapor para su tratamiento térmico, la camisa de vapor es también en acero inoxidable y permite que los lodos eleven su temperatura entre 60°C y 90°C, durante 8 horas.

Alternativa 1b) Los lodos se vierten en moldes de plástico y luego son introducidos en un túnel de pasteurización donde se someten a tratamiento térmico a temperaturas entre 60°C y 90°C por 8 horas.

2- ENFRIADO E INOCULADO

Alternativa 1a) Los moldes se dejan enfriar hasta temperatura de 30°C y se siembran con macromicetos en una proporción de inóculo de 5% en peso, respecto al peso de los lodos.

Alternativa 1b) El túnel de pasteurizado se ventila para bajar la temperatura y al obtener temperaturas de 35°C se sacan los moldes y se siembran con macromicetos en una cantidad de 5% en peso, respecto al peso de los lodos.

3-INCUBACION

La mezcla sembrada es incubada a 35°C durante 30 a 45 días hasta que el micelio penetre el material y su apariencia sea blanca. La mezcla sigue en los moldes.

4-SECADO

Los moldes son sometidos a aire caliente en un túnel de secado a una temperatura de 55°C durante 24 horas, hasta obtener una humedad final del material del 9%.

5-DESMOLDE- Al secar el material se encoge y se puede desmoldar.

6-IMPERMEABILIZADO- El material es impermeabilizado con aceite de linaza, almidón de yuca u otro impermeabilizante.

El compuesto biodegradable obtenido, es tal como el que se aprecia en la figura 2.

Ejemplo 2. Proceso para producir compuesto de fibrocemento biodegradable flexible

0-MEZCLADO – Los lodos son mezclados de inmediato a la salida del proceso de fabricación del fibrocemento (para evitar su fraguado), con residuos lignocelulósicos de cosecha, o residuos de exocarpio de frutos, la relación de mezcla es

1:1 en peso. Esta etapa se realiza en una mezcladora ribbon -blender preferiblemente.

1-MOLDEO

Alternativa 1a) La mezcla se vierte en moldes de acero inoxidable con camisa de vapor para su tratamiento térmico, la camisa de vapor es también en acero inoxidable y permite que los lodos eleven su temperatura entre 60°C y 90°C durante 8 horas.

Alternativa 1b) La mezcla se vierten en moldes de plástico y luego son introducidos en un túnel de pasteurización donde se someten a tratamiento térmico a temperaturas entre 60°C y 90°C por 8 horas.

2- ENFRIADO E INOCULADO

Alternativa 1a) Los moldes se dejan enfriar hasta temperatura de 30°C y se siembran con macromicetos en una proporción de inóculo de 5% en peso al peso de los lodos.

Alternativa 1b) El túnel de pasteurizado se ventila para bajar la temperatura hasta obtener temperaturas de 35°C, se sacan los moldes y se siembran con macromicetos en una cantidad de 5% en peso sobre el peso de los lodos.

3-INCUBACION

La mezcla sembrada es incubada a 35°C durante 30 a 45 días hasta que el micelio penetre el material y su apariencia sea blanca. La mezcla sigue en los moldes.

4-SECADO

Los moldes son sometidos a aire caliente en un túnel de secado a una temperatura de 55°C durante 24 horas, hasta obtener una humedad final del material del 9%.

5-DESMOLDE- Al secar el material se encoge y se puede desmoldar

6-IMPERMEABILIZADO- El material es impermeabilizado con aceite de linaza, almidón de yuca u otro impermeabilizante.

El compuesto biodegradable flexible obtenido, es tal como el que se aprecia en la figura 3.

Se considera no necesario hacer más extensa esta descripción para que un experto en la materia comprenda el alcance y las ventajas de la invención. Los materiales, parámetros y condiciones del proceso y productos revelados serán susceptibles de variación siempre y cuando ello no suponga alteración en la forma esencial del invento. Todos los términos técnicos y científicos aquí empleados tienen el mismo significado tal como comúnmente los entienden aquellos expertos en la técnica. Todas las publicaciones, solicitudes de patente y patentes y otras referencias mencionadas, quedan incorporadas por referencia en su totalidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Morales, Diana M. y Ruíz, Johana (2008). *Determinación de la capacidad de remoción de cadmio, plomo y níquel por hongos de la podredumbre blanca inmovilizados*. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.

Iqbal, M., and Asma, S. (2007). Production of an immobilized hybrid biosorbent for the sorption of Ni(II) from aqueous solution. *Process Biochem.* Vol 42, 148-157