

**MÉTODOS PARA PRODUCIR PRODUCTOS DE CEMENTO DE FIBRA CON
DESECHOS DE CEMENTO DE FIBRA**

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con métodos para la producción de productos de cemento de fibra fresca que contienen material de desecho de cemento de fibra. Más particularmente, la presente invención proporciona métodos para la producción de productos de cemento de fibra fresca, al menos comprenden las etapas de proporcionar material de cemento de fibra curada triturada (es decir, un polvo de desecho de cemento de fibra adecuado) y, posteriormente, formar un producto de cemento de fibra fresca para usar el material de cemento de fibra curada triturada como una de las materias primas. La presente invención se relaciona, además, con productos de cemento de fibra fresca obtenidos por esos métodos, así como para usos de estos productos de cemento de fibra en la industria de la construcción.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El material de cemento de fibra es un material compuesto que comprende, típicamente, cemento, fibras de celulosa y al menos uno de arena de sílice, fibras sintéticas y cargas. Se usa ampliamente en la

construcción y puede tomar la forma de una pluralidad de productos, tales como, por ejemplo, láminas corrugadas para techos, pequeñas láminas para tejas (lajas), láminas para apartaderos, enchapado, placas, etc.

El material de desecho de cemento de fibra curada tiene una composición química similar a los productos de cemento de fibra fresca correspondientes a partir de los cuales se deriva los desechos y, por lo tanto, idealmente podría reciclarse y reusarse. Los documentos de patente de la técnica anterior US20080168927 y US20080072796 se relacionan con métodos para reciclar desechos de material de cemento de fibra.

Sin embargo, es un gran desafío reciclar material de desecho de productos de cemento de fibra curada, p. ej., productos terminados que están fuera de especificación, desechos de demolición y/o construcción y lo similar.

Por ejemplo, es muy difícil producir un buen material de cemento de fibra triturada a partir de desechos de cemento de fibra, que son adecuados para usarse como un ingrediente para la producción de productos de cemento de fibra fresca.

También, actualmente no se conocen las características de proceso que son necesarias para producir productos de cemento de fibra de buena calidad a partir de material de desecho de cemento de fibra triturada. Cualquier intento en el pasado de usar material de desecho

molido para la producción de productos de cemento de fibra fresca, dio lugar a productos que no cumplían los requisitos de calidad prescritos por los reglamentos nacionales. De hecho, el uso de una cierta cantidad de desechos de cemento de fibra en productos nuevos resultó en un aumento en la absorción de agua y/o una resistencia mecánica baja del producto final, lo que hizo que estos productos no sean utilizables por diferentes razones (mayor riesgo de mohos, movimiento hídrico extenso (incluidos, p. ej., hinchamiento) y agrietamiento).

Sin embargo, la reutilización de desechos de cemento de fibra para varios fines nuevos sigue siendo el principal, si no es el único, método para evitar la eliminación de grandes corrientes de desechos de cemento de fibra.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Es un objetivo de la presente invención proporcionar métodos novedosos y mejorados para la producción de productos de cemento de fibra fresca al usar material de desecho de cemento de fibra curada triturada como una de las materias primas.

A este respecto, los inventores de la presente han desarrollado métodos para la producción de productos de cemento de fibra fresca cualitativamente excelentes que

usan el material de desecho de cemento de fibra curada. En particular, estos métodos comprenden al menos las etapas de producir desechos de cemento de fibra curada triturada, formar un producto de cemento de fibra verde fresca que contiene los desechos de cemento de fibra curada triturada como una materia prima y, posteriormente, curar el producto de cemento de fibra verde mediante autoclave.

Se observó que los productos de cemento de fibra curada por autoclave producidos por los métodos de la presente invención muestran una resistencia mecánica mayor y una densidad menor cuando se comparan con productos de cemento de fibra curada por autoclave que no contienen cualquier material de desecho, mientras que el grado de absorción de agua fue similar en comparación con los productos de cemento de fibra curada por autoclave que no contienen cualquier material de desecho.

Por lo tanto, con los métodos de la presente invención, los inventores han descubierto una nueva forma de procesar desechos de cemento de fibra en productos frescos sin afectar la absorción de agua y, al mismo tiempo, aumentar la resistencia mecánica y disminuir la densidad de los productos de cemento de fibra.

La propiedad de densidad disminuida permanece como un aspecto esencial con respecto a mejorar la funcionalidad de los productos de cemento de fibra en general.

En un primer aspecto, la presente invención proporciona métodos para fabricar productos de cemento de fibra fresca que comprenden material de desecho de cemento de fibra curada, los métodos comprenden al menos las etapas de:

- (a) proporcionar un polvo de desecho de cemento de fibra curada al triturar el material de desecho de cemento de fibra curada;
- (b) proporcionar una suspensión acuosa de cemento de fibra que comprende agua, aglutinante cementoso, fibras naturales o sintéticas y el polvo de desecho de cemento de fibra curada;
- (c) formar una hoja de cemento de fibra verde a partir de la suspensión acuosa de cemento de fibra; y
- (d) curar por autoclave la hoja de cemento de fibra verde para proporcionar, de esta manera, un producto de cemento de fibra fresca.

En modalidades particulares de los métodos de acuerdo con la invención, la etapa de proporcionar una suspensión acuosa de cemento de fibra comprende mezclar al menos agua, aglutinante cementoso, fibras naturales o sintéticas y el polvo de cemento de fibra curada, de tal manera que el polvo de desecho de cemento de fibra curada está presente en la suspensión acuosa de cemento de fibra

en un cantidad de entre aproximadamente 5 M% y aproximadamente 40 M% de desecho de cemento de fibra triturada, que puede producirse como se explica presente más adelante en la presente descripción. En modalidades particulares adicionales, tal suspensión de cemento de fibra comprende entre aproximadamente 5 M% y aproximadamente 30 M% de polvo de desecho de cemento de fibra triturada, tal como entre aproximadamente 5 M% y aproximadamente 15 M% de polvo de cemento de fibra curada. En otras modalidades particulares, la suspensión de cemento de fibra para la producción de los productos de cemento de fibra fresca curada por autoclave de acuerdo con los métodos de la presente invención comprende menos de aproximadamente 15 M% de polvo de cemento de fibra curada producido de acuerdo con los métodos de la invención, tal como menos que aproximadamente 10 M% de polvo de cemento de fibra curada, con mayor preferencia, menos de aproximadamente 5 M% del polvo de cemento de fibra curada. Con respecto a lo anterior, la unidad "M%" se refiere al porcentaje de masa del componente sobre la masa seca total de la composición, es decir, todos los componentes excepto agua libre.

En modalidades particulares, los métodos de acuerdo con la invención comprenden, además, la etapa de prensar la hoja de cemento de fibra verde antes del curado por aire. En modalidades particulares adicionales,

la etapa de prensar la hoja de cemento de fibra verde comprende comprimir la hoja de cemento de fibra verde con una presión de entre aproximadamente 100 kg/cm^2 y 300 kg/m^2 , tal como entre aproximadamente 200 kg/cm^2 y 300 kg/cm^2 , tal como a aproximadamente 230 kg/cm^2 .

En modalidades particulares de los métodos de acuerdo con la invención, la etapa de prensar la hoja de cemento de fibra verde comprende comprimir la hoja de cemento de fibra verde durante un período de tiempo de al menos 300 segundos, tal como al menos 500 segundos, tal como al menos 600 segundos o al menos 700 segundos. En modalidades particulares adicionales de la invención, la etapa de prensar la hoja de cemento de fibra verde comprende comprimir la hoja de cemento de fibra verde durante un periodo de tiempo de entre aproximadamente 300 segundos y aproximadamente 700 segundos. En estas modalidades particulares, los métodos de la presente invención tienen un efecto técnico adicional que la resistencia específica de los productos de cemento de fibra fresca curada en autoclave producidos aumenta en comparación con los productos no prensados también producidos con los métodos de la presente invención.

En modalidades particulares de los métodos de acuerdo con la invención, la etapa de proporcionar polvo de desecho de cemento de fibra curada comprende triturar un producto de cemento de fibra curada por aire o

producto de cemento de fibra curada por autoclave o triturar una mezcla de productos de cemento de fibra curada por aire o cemento de fibra curada por autoclave. En modalidades particulares adicionales de los métodos de acuerdo con la invención, la etapa de proporcionar polvo de cemento de fibra curada comprende triturar un producto de cemento de fibra curada por aire o un producto de cemento de fibra curada por autoclave o triturar una mezcla de productos de cemento de fibra curada por aire o por autoclave usando un molino de péndulo.

En modalidades particulares adicionales, la etapa de proporcionar polvo de desecho de cemento de fibra curada comprende triturar un producto de cemento de fibra curada por aire. En aun modalidades particulares adicionales de los métodos de acuerdo con la invención, la etapa de proporcionar polvo de cemento de fibra curada comprende triturar un producto de cemento de fibra curada por aire con un molino de péndulo.

En un segundo aspecto, la presente invención proporciona un producto de cemento de fibra curada por aire obtenidos usando los métodos de acuerdo con la presente invención.

En un tercer aspecto, la presente invención proporciona el uso de los productos de cementos de fibra curada con aire, tal como se obtienen mediante los métodos de la invención, como material de construcción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La **Figura 1** muestra las curvas de distribución del tamaño de partícula de partículas de cemento y de polvo de cemento de fibra triturada como se produce por los métodos de acuerdo con la presente invención. Las muestras de cemento así como las muestras de laja de cemento de fibra curada por aire se molieron usando un molino de rodillos tipo molino pendular del Grupo Poittemill (FR). La distribución del tamaño de partícula se midió para ambos tipos de muestras a través de difracción láser en dispersión seca a 3 bar con un Malvern MasterSizer 2000. La Figura 2 muestra el porcentaje de volumen de partículas más pequeñas en función del tamaño de partícula.

La **Figura 2** muestra las curvas de distribución del tamaño de la partícula de partículas de cemento y de polvo de cemento de fibra triturada como se producen por los métodos de acuerdo con la presente invención. Las muestras de cemento así como las muestras de laja de cemento de fibra curada por aire se molieron usando un molino de rodillos tipo molino pendular del Grupo Poittemill (FR). La distribución del tamaño de partícula se midió para ambos tipos de muestras a través de difracción láser en dispersión seca a 3 bar con un Malvern MasterSizer 2000. La Figura 3 muestra el porcentaje de volumen de partículas en función de la clase de tamaño de partícula.

La **Figura 3** muestra las curvas de distribución del tamaño de partícula de partículas de cuarzo de sílice y de polvo de cemento de fibra triturada como se produce por los métodos de acuerdo con la presente invención. Las muestras de cuarzo de sílice así como las muestras de laja de cemento de fibra curada por aire se molieron usando un molino de rodillos tipo molino pendular del Grupo Poittemill (FR). La distribución del tamaño de partícula se midió para ambos tipos de muestras a través de difracción láser en dispersión seca a 3 bar con un Malvern MasterSizer 2000. La Figura 4 muestra el porcentaje de volumen de partículas más pequeñas en función del tamaño de partícula.

La **Figura 4** muestra las curvas de distribución del tamaño de partícula de partículas de cemento y polvo de cemento de fibra triturada como se producen por los métodos de acuerdo con la presente invención. Las muestras de cuarzo de sílice así como las muestras de laja de cemento de fibra curada por aire se molieron usando un molino de rodillos tipo molino pendular del Grupo Poittemill (FR). La distribución del tamaño de partícula se midió para ambos tipos de muestras a través de difracción láser en dispersión seca a 3 bar con un Malvern MasterSizer 2000. La Figura 5 muestra el porcentaje de volumen de partículas en función de la clase de tamaño de partícula.

La **Figura 5** es una imagen que muestra la morfología de partícula del polvo de cemento de fibra

triturada obtenido por los métodos de la invención, que tiene un comportamiento fluido similar al comportamiento fluido del polvo cementoso, harina de sílice o harina de piedra caliza.

La **Figura 6** representa la resistencia a la flexión normalizada por densidad (módulo de ruptura; MOR) de 6 muestras de prueba diferentes (muestras 2, 3, 4, 6, 7 y 8 de las cuales la formulación se presenta en la Tabla 1) y las dos muestras de referencia (muestras 1 y 5 de las cuales la formulación se presenta en la Tabla 1). El módulo de ruptura (MOR; expresado en $\text{Pa}=\text{kg}/\text{m}.\text{s}^2$) se midió usando un aparato UTS/INSTRON (tipo 3345; cel=5000 N).

La **Figura 7** muestra el movimiento hídrico (expresado como encogimiento/expansión (en mm/m)) de 6 muestras de prueba diferentes (muestras 2, 3, 4, 6, 7 y 8 de las cuales la formulación se presenta en la Tabla 1) y dos muestras de referencia (muestras 1 y 5 de las cuales la formulación se presenta en la Tabla 1). El movimiento hídrico se midió al saturar las muestras durante 72 horas en agua del grifo. El peso y dimensiones (longitud y ancho) de las muestras se determinaron posteriormente en condiciones saturadas. Posteriormente, las muestras se colocaron a secar durante 48 horas a aproximadamente 105 °C. Para cada una de las muestras secas, se determinó nuevamente el peso y las dimensiones (longitud y ancho). El movimiento hídrico para cada muestra se calcula

dividiendo la diferencia en dimensiones (longitud o ancho) entre condiciones secas y condiciones saturadas por la dimensión total (longitud o ancho, respectivamente).

La **Figura 8** muestra el contenido de agua de 6 muestras de prueba diferentes de 6 muestras de prueba diferentes (muestras 2, 3, 4, 6, 7 y 8 de las cuales la formulación se presenta en la Tabla 1) y dos muestras de referencia (muestras 1 y 5 de las cuales la formulación se presenta en la Tabla 1). La absorción de agua se midió usando una prueba de Karsten como se describe en la presente descripción en mayor detalle.

La **Figura 9** es una imagen SEM (microscopía electrónica de barrido) de una muestra de producto de cemento de fibra curada por autoclave, que comprende desechos de cemento de fibra curada por aire (caracterizado por las fibras de PVA claramente visibles en el producto) fabricado de acuerdo con los métodos de la presente invención.

Los mismos signos de referencia se refieren a elementos iguales, similares o análogos en las diferentes figuras.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se describirá con respecto a modalidades particulares.

Cabe señalar que el término “que comprende”, usado en las reivindicaciones, no debe interpretarse como restringido a los medios que enumerados a continuación; no excluye otros elementos ni etapas. Por lo tanto, debe interpretarse como especifica la presencia de las características, etapas o componentes tal como se mencionan, pero no excluye la presencia o adición de uno o más otras características, etapas o componentes, o grupos de estos. Por lo tanto, el alcance de la expresión “un dispositivo que comprende los medios A y B” no debe limitarse a los dispositivos que consisten en solamente los componentes A y B. Esto significa que con respecto a la presente invención, los únicos componentes relevantes del dispositivo son A y B.

A lo largo de esta especificación, se hace referencia a “una modalidad” o “una modalidad”. Dichas referencias indican que una característica particular descrita en relación con la modalidad se incluye en al menos una modalidad de la presente invención. Por lo tanto, las apariencias de las frases “en una modalidad” o “en una modalidad” en varios lugares a lo largo de esta

especificación no necesariamente se refieren a la misma modalidad, aunque podrían hacerlo. Además, las características o características particulares pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más modalidades, como sería evidente para un experto en la técnica.

Los siguientes términos se proporcionan únicamente para ayudar en la comprensión de la invención.

Tal como se usa en la presente descripción, las formas singulares “un”, “una”, y “la” incluyen referencias tanto singulares como plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

Los términos “que comprenden”, “comprende” y “comprendidos”, como se usa en la presente descripción son sinónimos de “incluyendo”, “incluye” o “que contiene”, “contiene”, y son inclusivos o abiertos y no excluyen miembros, elementos o etapas del método adicionales.

La recitación de rangos numéricos por puntos finales incluye todos los números y fracciones subsumidas dentro de los rangos respectivos, así como los puntos finales mencionados.

El término “aproximadamente”, como se usa en la presente descripción cuando se refiere a un valor medible, tal como un parámetro, una cantidad, una duración temporal, y lo similar, se entiende que abarca

variaciones de $\pm 10\%$ o menos, preferentemente $\pm 5\%$ o menos, con mayor preferencia, $\pm 1\%$ o menos, y aún con mayor preferencia $\pm 0,1\%$ o menos de y desde el valor especificado, en la medida en que tales variaciones son apropiadas para realizar en la invención descrita. Debe entenderse que el valor al que se refiere el modificador “aproximadamente” también se refiere, también se describe específica y preferentemente.

Los términos “suspensión cementosa (fibra)”, “suspensión de cemento (fibra)”, “suspensión cementosa de fibra” o “suspensión de cemento de fibra”, como se hace mencionan en la presente descripción, se refieren, generalmente, a suspensiones que al menos comprenden agua, fibras y cemento. La suspensión de cemento de fibra, como se usa en el contexto de la presente invención, puede también comprender otros componentes, tales como pero no limitados a, piedra caliza, tiza, cal viva, cal apagada o hidratada, arena molida, harina de arena de sílice, harina de cuarzo, sílice amorfa, sílice de humo condensada, microsílice, metacaolín, wollastonita, mica, perlita, vermiculita, hidróxido de aluminico, pigmentos, agentes antiespumantes, floclulantes, y otros aditivos.

“Fibra (s)” presentes en la suspensión de cemento de fibra, como se describe en la presente descripción, puede ser, por ejemplo, fibras de proceso y/o fibras de

refuerzo, que ambas pueden ser fibras orgánicas (típicamente, fibras de celulosa) o fibras sintéticas (alcohol polivinílico, poliacrilonitrilo, polipropileno, poliamida, poliéster, policarbonato, etc.).

“Cemento” presente en la suspensión de cemento de fibra, como se describe en la presente descripción, puede ser, por ejemplo, pero no se limitan a, cemento Portland, cemento con alto contenido de alúmina, cemento trass, cemento de escoria, yeso, silicatos de calcio formados por tratamiento por autoclave y combinaciones de aglutinantes particulares. En modalidades más particulares, el cemento en los productos de la invención es el cemento Portland.

El término “permeable al agua”, como se usa en la presente descripción, cuando se refiere a una banda de transporte permeable al agua (región de a) generalmente significa que el material del cual está hecha la banda se hace permeable al agua (región de esta) permite que el agua fluya a través de su estructura en cierto punto.

El término “densidad aparente”, como se menciona en la presente descripción, debe entenderse como la propiedad de un polvo o gránulos, u otro sólido particulado, especialmente con referencia a componentes minerales (partículas de cemento, partículas de relleno o partículas de sílice). La densidad aparente se expresa en kilogramos por metro cúbico ($1 \text{ g/ml} = 1000 \text{ kg/m}^3$) o en gramos por mililitro (g/ml) debido a que las mediciones

se realizan usando cilindros. También puede expresarse en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3). La densidad aparente se define como el peso de una cierta cantidad de partículas de un material específico dividido por el volumen total de partículas que ocupa. El volumen total incluye el volumen de partículas, el volumen vacío entre partículas y el volumen de poros internos. La densidad aparente de los polvos a que se refiere la presente descripción también se denomina densidad de “asentamiento libre” o “vertido”, es decir, la densidad aparente medida después de verter el polvo, sin aplicar ningún proceso de compactación adicional.

La densidad aparente de un polvo puede determinarse mediante cualquier método estándar para medir la densidad aparente como se conoce a la persona con experiencia.

Por ejemplo, la densidad aparente de un polvo puede determinarse midiendo el volumen de una masa conocida de la muestra en polvo, que puede haber pasado a través de un tamiz, en un cilindro graduado (descrito a continuación como método A) o mediante la medición de la masa de un volumen conocido de polvo que se ha pasado a un recipiente de medición (descrito a continuación como método B).

Método A. Medición en un cilindro graduado

Procedimiento. Pasar una cantidad de polvo suficiente para completar la prueba a través de un tamiz con aberturas mayores o iguales a 1,0 mm, si es necesario, para romper los aglomerados que pueden haberse formado durante el almacenamiento; esto debe hacerse suavemente para evitar cambiar la naturaleza del material. En un cilindro graduado seco de 250 ml (legible a 2 ml), introduzca suavemente, sin compactar, aproximadamente 100 g de la muestra de prueba (m) pesado con precisión de 0,1 %. Nivele cuidadosamente el polvo sin compactar, si es necesario, y lea el volumen aparente (V_0) a la unidad graduada más cercana. Calcular la densidad aparente en (g/ml) usando la fórmula m/V_0 . Generalmente, las determinaciones replicadas son deseables para la determinación de esta propiedad.

Si la densidad del polvo es demasiado baja o demasiado alta, de tal manera que la muestra de prueba tenga un volumen aparente sin explotar de más de 250 ml o menos de 150 ml, no es posible usar 100 g de muestra de polvo. Por lo tanto, se debe seleccionar una cantidad diferente de polvo como muestra de prueba, de modo que su volumen aparente sin explotar sea de 150 ml a 250 ml (volumen aparente mayor o igual al 60 % del volumen total del cilindro); la masa de la muestra de prueba se especifica en la expresión de resultados.

Para las muestras de prueba que tienen un volumen aparente entre 50 ml y 100 ml se puede usar un cilindro de 100 ml de lectura a 1 ml; el volumen del cilindro se especifica en la expresión de resultados.

Método B. Medición en un recipiente

Aparato. El aparato consiste en un recipiente cilíndrico de acero inoxidable de 100 ml. *Procedimiento.* Pasar una cantidad de polvo suficiente para completar la prueba través de un tamiz de 1,0 mm, si es necesario, para romper los aglomerados que se hayan formado durante el almacenamiento y permitir que la muestra obtenida fluya libremente hacia el recipiente de medición hasta que se desborde. Cuidadosamente raspar el exceso de polvo de la parte superior del recipiente. Determinar la masa (M_0) del polvo hasta el 0,1 % más cercano restando la masa previamente determinada del recipiente de medición vacío. Calcular la densidad aparente (g/ml) usando la fórmula de $M_0/100$ y registrar el promedio de tres determinaciones con tres muestras de polvo diferentes.

Como se usa en la presente descripción, una “hoja (de cemento de fibra)” u “hoja de cemento de fibra” u “hoja”, y también denominada panel o placa, debe entenderse como un elemento plano, generalmente rectangular, con un panel de cemento de fibra o lámina de cemento de fibra que se proporciona fuera del material de

cemento de fibra. El panel o la lámina tienen dos caras o superficies principales, siendo las superficies con el área superficial más grande. La hoja puede usarse para proporcionar una superficie exterior a paredes, tanto internas como externas, de un edificio o construcción, p. ej., como placa de fachada, revestimiento, etc.

La presente invención se relaciona con métodos novedosos y mejorados para la producción de productos de cemento de fibra fresca curada por autoclave usando material de desecho de cemento de fibra curada triturada como una de las materias primas.

En particular, los inventores descubrieron que, al combinar al menos las etapas de producir desechos de cemento de fibra curada triturada, seguido por formar un producto de cemento de fibra verde fresca que contiene los desechos de cemento de fibra curada triturada como materia prima y, posteriormente, curar el producto de cemento de fibra verde por autoclave, puede producirse un producto de cemento de fibra de excelente calidad, comenzando por el material de desecho de cemento de fibra. Más específicamente, se observó que la absorción de agua de los productos frescos producidos de acuerdo con los métodos de la presente invención permaneció estable, mientras que la resistencia mecánica aumentó y la densidad se redujo, al comparar con productos de cemento de fibra que no contienen ningún material de desecho. Esta observación está en

contraste con lo que normalmente se observa cuando se trata de disminuir la densidad de productos de cemento de fibra por métodos conocidos donde, típicamente, una densidad menor resulta en una pérdida no deseada de resistencia mecánica y aumento de absorción de agua.

La ventaja principal de producir hojas o placas de cemento de fibra con densidades menores en comparación con productos de cemento de fibra convencionales (es decir, que no contienen desechos o no reciclados) es que los productos obtenidos por los métodos de acuerdo con la presente invención son más ligeros que los productos que no contienen desechos de dimensión igual y, como consecuencia, tienen una capacidad de trabajo mejorada. La capacidad de trabajo abarca la facilidad con que se maneja e instala la placa.

En un primer aspecto, la presente invención proporciona métodos para fabricar productos de cemento de fibra fresca que comprenden material de desecho de cemento de fibra curada, los métodos comprenden al menos las etapas de:

- (a) proporcionar un polvo de desecho de cemento de fibra curada al triturar el material de desecho de cemento de fibra curada;
- (b) proporcionar una suspensión acuosa de cemento de fibra que comprende agua, aglutinante

cementoso, fibras naturales o sintéticas y el polvo de desecho de cemento de fibra curada;

(c) formar una hoja de cemento de fibra verde a partir de la suspensión acuosa de cemento de fibra; y

(d) curar por autoclave la hoja de cemento de fibra verde para proporcionar, de esta manera, un producto de cemento de fibra fresca.

La primera etapa en los métodos de acuerdo con la presente invención comprende proporcionar un polvo de cemento de fibra curada al triturar material de cemento de fibra curada.

El material de cemento de fibra curada es, típicamente, material de desecho, p. ej., desechos de demolición, desechos de producción de la planta de producción de cemento de fibra, desechos de las obras de construcción o productos de cemento de fibra rechazados. El material de cemento de fibra curada triturada, típicamente, en forma de polvo de cemento de fibra curada, puede usarse como materia prima para productos de cemento de fibra fresca curada por autoclave, en los cuales el polvo de cemento de fibra curada es reciclado.

El polvo cemento de fibra curada para usarse en productos de cemento de fibra fresca curada en autoclave de acuerdo con la invención puede ser polvo de desecho de

cemento de fibra triturada curada por aire o polvo de desecho de cemento de fibra triturada curada por autoclave o una mezcla de ambos el polvo de desecho de cemento de fibra triturada curada por aire o autoclave

En ciertas modalidades particulares, triturar el material de cemento de fibra curada se realiza haciendo uso de un molino pendular. En modalidades particulares adicionales, los métodos para la producción de material de cemento de fibra curada triturada comprenden, además, la etapa de secar el material de cemento de fibra curada durante la trituración en el molino pendular. En aun modalidades particulares adicionales, la etapa de secar el material de cemento de fibra curada durante la trituración en el molino pendular se lleva a cabo al inyectar aire caliente en el molino pendular durante la trituración.

En modalidades particulares, el material de cemento de fibra curada para usarse como material de partida para la producción de material de cemento de fibra curada triturada tiene un contenido de agua menor o igual a aproximadamente 10 % en peso. En modalidades particulares adicionales, el material de cemento de fibra curada para uso como material de partida para la producción de material de cemento de fibra triturada tiene un contenido de agua menor o igual a aproximadamente 10 % en peso, tal como menor que o igual a aproximadamente 8 % en peso, por

ejemplo, menor que o igual a aproximadamente 6 % en peso, tal como menor que o igual a aproximadamente 5 % en peso.

En ciertas modalidades particulares, el material de cemento de fibra curada para usarse como material de partida para la producción de material de cemento de fibra curada triturada es material de cemento de fibra curada por aire.

Alternativamente, el producto de cemento de fibra curada en autoclave puede ser triturado para proporcionar el polvo de cemento de fibra curada. Una combinación de cemento de fibra curada por aire y curada por autoclave puede ser triturada, o polvo de cemento de fibra curada por aire y polvo de cemento de fibra curada por autoclave pueden combinarse para proporcionar el polvo de cemento de fibra curada.

Una de las ventajas más importantes del polvo de cemento de fibra triturada producida de acuerdo con los métodos de la invención es que las partículas tienen una textura granulada, similar a la arena y tienen un comportamiento fluido similar al comportamiento fluido y la densidad aparente (como se define en la presente descripción) de polvo cementoso, harina de sílice o harina de piedra caliza (ver, por ejemplo, la Figura 5). En modalidades particulares, el polvo triturado como se produce mediante los métodos de acuerdo con la presente invención se caracteriza específicamente por una densidad

aparente de 1000 kg/m^3 y 1600 kg/m^3 , y preferentemente, entre 1000 kg/m^3 y 1300 kg/m^3 .

De esta manera, el polvo es adecuado para reciclarse en los productos de cemento de fibra fresca curada por autoclave sin la necesidad realizar cambios importantes en el proceso de producción (p. ej., el proceso Hatschek) para producir productos de cemento de fibra fresca curada.

Además, las partículas de polvo de cemento de fibra curada de la invención tienen una distribución de tamaño de partícula, que es similar a la distribución de tamaño de partícula un material cementoso aglutinante (p. ej., cemento) o una fuente silícea (p. ej., arena o cuarzo) o un material de relleno (p. ej., CaCO_3). En modalidades particulares, las partículas de polvo de cemento de fibra curada producidas se caracterizan por una distribución de tamaño de partícula que es similar a la distribución de tamaño de partícula de cemento (ver, por ejemplo, las Figuras 1 y 2). En modalidades particulares, las partículas de polvo de cemento de fibra curada producidas se caracterizan por una distribución de tamaño de partícula que es similar a la distribución de tamaño de partícula de una fuente silícea (ver, por ejemplo, las Figuras 3 y 4).

Con “la igualación de la distribución del tamaño de partícula” de diferentes materiales, tales como cemento, cargas, materiales silíceos (p. ej., arena) y el

producto de cemento de fibra triturado, como se usa en la presente descripción significa que estos materiales pueden usarse juntos en un proceso para proporcionar una suspensión de cemento de fibra para fabricar productos de cemento de fibra fresca curada en autoclave, en particular mediante el uso de un proceso Hatschek, sin la necesidad de cambiar radicalmente la configuración del proceso.

Por lo tanto, el polvo de cemento de fibra curada puede reemplazar parte de la carga, tal como caliza, y/o cemento usado para proporcionar las hojas de cemento de fibras frescas curadas por autoclave. El polvo de cemento de fibra curada puede reemplazar parte del cemento y/o puede reemplazar parte de la fuente silícea (p. ej., parte de la arena molida) y/o puede reemplazar parte de las cargas (p. ej., caliza molida) típicamente usada en productos de cemento de fibra curada por autoclave.

Preferentemente, el material de cemento de fibra curada, que se proporciona como el material de partida para la producción de material de cemento de fibra curada triturada, se proporciona en partes que tienen un tamaño máximo de no más de 5 cm, típicamente como piezas rectangulares con un lado de no más de 3 cm o incluso no más de 2 cm, antes de ser trituradas, por ejemplo, mediante el uso de un molino de péndulo. En este contexto, una parte con un tamaño no mayor que A cm significa que la longitud más larga de la partícula no es mayor que A cm.

En las Figuras. 1 a 4 se representan las distribuciones del tamaño de partícula de las lajas de cemento de fibra curada molida en comparación con las partículas de cemento (Figuras 1 y 2) y en comparación con partículas de sílice (Figuras 3 y 4). Las lajas de cemento de fibra curada por aire, que pueden obtenerse como Alterna de Eternit NV Bélgica, se trituraron previamente de tal manera que no superan los 2 por 2 cm. La humedad total del material de desecho de cemento de fibra curada previamente triturado, en este caso material de cemento de fibra curada por aire, fue aproximadamente 5 % -6 % en peso sobre el peso seco.

El % en peso basado en el peso seco es la diferencia de peso entre el material como las muestras y el material seco en un horno ventilado a 105 °C hasta que se obtiene un peso constante.

Este material previamente triturado se alimentó a una velocidad de flujo de aproximadamente 350 kg/hr a aproximadamente 800 kg/hr a un molino de rodillos de tipo molino pendular del Grupo Poittemill (FR), en el cual el material se trituró a una velocidad de rotación de entre aproximadamente 100 y aproximadamente 400 tr/min. Para compensar la humedad del material previamente triturado, se alimentó de aire caliente (a una temperatura entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 100 °C) junto con el material previamente triturado, para suprimir

instantáneamente la humedad del material previamente triturado y el polvo de cemento de fibra molida obtenida.

A medida que se obtuvo el material de cemento de fibra curada triturada, de la cual se obtuvo la curva de distribución del tamaño de partícula, medida mediante difracción de rayo láser sobre el material dispersado seco a 3 bar por medio del aparato Malvern mastersizer 2000.

Este polvo de cemento de fibra obtenido por medio de molienda pendular tuvo una buena consistencia (no lanosa o esponjosa), una densidad aparente adecuada (entre aproximadamente 1000 kg/m^3 y aproximadamente 1300 kg/m^3) y una buena distribución de partículas, para usarse en la producción de productos de cemento de fibra fresca. Sin estar atados a ninguna hipótesis o teoría, los presentes inventores creen que la molienda pendular, tal como se usa en los métodos de acuerdo con la presente invención proporciona un nuevo y mejorado polvo de desecho de cemento de fibra triturada porque con esta técnica los desechos de cemento de fibra son aplastadas o aplanadas como opuestas a otras técnicas de molienda, que típicamente se muelen mediante trituración o molienda.

En modalidades particulares, la distribución de partículas deseada del material de cemento de fibra curada triturada de acuerdo con los métodos de la presente invención puede obtenerse moliendo el material de cemento de fibra curada en ausencia de arena u otra

fuentes de sílice. Esto facilita, además, que el material de cemento de fibra curada triturada se use como buena materia prima para los productos de cemento de fibra curada por autoclave.

En otras modalidades particulares, la trituración del material de cemento de fibra curada se realiza en el denominado estado seco, es decir, el material de cemento de fibra curada proporcionado no se pone en suspensión de un líquido (típicamente agua) para permitir la molienda, como es el caso de algunas otras técnicas de molienda. Como resultado, se proporciona un material de cemento de fibra curada triturada relativamente seca en forma de polvo. Esto facilita el almacenamiento de un producto intermedio antes de usarlo, p. ej., al fabricar material de desecho de cemento de fibra fresca curada, siendo material de desecho de cemento de fibra fresca curada por autoclave.

La segunda etapa de los métodos de acuerdo con la presente invención comprende proporcionar una suspensión acuosa de cemento de fibra que comprende agua, aglutinante cementoso, fibras naturales o sintéticas y el polvo de cemento de fibra curada.

En modalidades particulares, la suspensión de cemento de fibra comprende al menos 5 M% de polvo de cemento de fibra curada, ventajosamente al menos 10 M% del polvo de cemento de fibra curada. En modalidades particulares adicionales, la suspensión de cemento de

fibra comprende, preferentemente, menos de 40 M% de polvo de cemento de fibra curada, ventajosamente, menos de 35 M% de polvo de cemento de fibra curada, más ventajosamente, menos de 20 M% de polvo de cemento de fibra curada, incluso menos de 15 M%.

En modalidades particulares adicionales de los métodos de acuerdo con la invención, la etapa de proporcionar una suspensión acuosa de cemento de fibra comprende mezclar al menos agua, aglutinante cementoso, fibras naturales o sintéticas y el polvo de cemento de fibra curada, de tal manera que el polvo de cemento de fibra curada esté presente en la suspensión acuosa de cemento de fibra en una cantidad de entre aproximadamente 5 M% y aproximadamente 40 M%, preferentemente entre aproximadamente 5 M% y aproximadamente 30 M%, con mayor preferencia, entre aproximadamente 5 M% y aproximadamente 20 M%, con la máxima preferencia entre aproximadamente 5 M% y aproximadamente 15 M% de la base seca de la suspensión.

Con respecto a lo anterior, la unidad "M%" se refiere al porcentaje de masa del componente sobre la masa seca total de la composición, es decir, todos los componentes excepto agua.

En la siguiente etapa de los métodos de la presente invención, los materiales de cemento de fibra fresca o productos se fabrican de suspensión de cemento

de fibra, que se forma en un denominado producto de cemento de fibra verde.

La suspensión de cemento de fibra comprende, típicamente, agua, fibras de proceso y refuerzo que pueden ser, ambas, fibras orgánicas naturales (típicamente, fibras de celulosa) y fibras orgánicas sintéticas (alcohol polivinílico, poliacrilonitrilo, prolipropileno, poliamida, poliéster, policarbonato, polietileno, etc.), cuyas fibras pueden tratarse superficialmente (químicamente o mecánicamente) o no, fibras inorgánicas sintéticas, tales como vidrio, cemento, p. ej., cemento Portland, piedra caliza, tiza, cal viva, cal apagada o hidratada, arena molida, harina de arena de sílice, harina de cuarzo, sílice amorfa, sílice de humo condensada, microsílice, metacaolín, wollastonita, mica, perlita, vermiculita, hidróxido de aluminio, agentes antiespumantes, floculantes y otros aditivos, tales como agentes de hidrofobación o repelentes de agua. Opcionalmente, puede agregarse un aditivo de color (p. ej., pigmentos) para obtener un producto de cemento de fibra que se denomina coloreado en la masa.

Los productos de cemento de fibra, también denominados hojas de cemento de fibra o paneles de cemento de fibra, usualmente se fabrican usando el proceso muy conocido de Hatschek, el proceso de flujo o el proceso Magnani o combinaciones adecuadas de estos.

En modalidades particulares, los productos de cemento de fibra verde se prensan, opcionalmente, antes del curado.

En modalidades particulares, la etapa opcional de prensar el producto de cemento de fibra verde se realiza mediante el uso de una o más prensas mecánicas, incluidas, pero sin limitarse a, una o más prensas de cargas superpuestas.

En modalidades particulares, la etapa opcional de prensar el producto de cemento de fibra verde se realiza a una presión de entre aproximadamente 180 kg/cm² y aproximadamente 250 kg/cm², tal como entre aproximadamente 200 kg/cm² y aproximadamente 240 kg/cm², tal como aproximadamente 230 kg/cm².

En modalidades particulares de los métodos de acuerdo con la invención, la etapa opcional de prensar el producto de cemento de fibra verde comprende comprimir la hoja de cemento de fibra verde durante un periodo de tiempo de entre aproximadamente 5 minutos y aproximadamente 15 minutos, tal como entre aproximadamente 5 minutos y aproximadamente 10 minutos, tal como entre aproximadamente 5 minutos y aproximadamente 7 minutos, preferentemente, aproximadamente 6 minutos.

La presión aplicada a la hoja de cemento de fibra verde, es decir, no curada, causa que la densidad

de la hoja de cemento de fibra verde aumente (ver, por ejemplo, la Tabla 2).

La densidad de los productos finales de cemento de fibra obtenidos usando los métodos de acuerdo con la presente invención puede variar de aproximadamente 1,0 kg/dm³ a aproximadamente 2,5 kg/dm³, tal como de aproximadamente 1,3 kg/dm³ a aproximadamente 2,0 kg/dm³, preferentemente, aproximadamente 1,5 kg/dm³.

En modalidades particulares, la hoja de cemento de fibra verde no prensada puede tener un grosor en el intervalo de aproximadamente 3 mm y aproximadamente 25 mm, tal como entre aproximadamente 4 mm y aproximadamente 20 mm, tal como entre aproximadamente 4 mm y aproximadamente 12 mm, preferentemente, aproximadamente 5 mm.

En modalidades particulares, la hoja de cemento de fibra verde prensadas tiene un grosor en el intervalo de entre aproximadamente 2 mm y aproximadamente 20 mm, tal como entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 15 mm, tal como entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 10 mm, preferentemente, aproximadamente 4 mm.

Finalmente, los métodos de la presente invención comprender la etapa de curar por autoclave la hoja de cemento de fibra comprimida para proporcionar, de esta manera, un producto de cemento de fibra fresca curada por autoclave.

El producto de cemento de fibra “verde”, después de fabricarse por un proceso de proporción de hojas, tal como el proceso Hatschek y prensarse, puede primero ser precurado al aire, después de lo cual el producto precurado se cura adicionalmente por autoclave hasta que logra su resistencia final.

Después de suministrarse, las hojas verdes frescas pueden apilarse con hojas metálicas colocadas entre las hojas de cemento de fibras verdes apiladas y prensadas en forma apilada. Alternativamente, las hojas verdes frescas pueden prensarse individualmente y, después de eso, apilarse con hojas metálicas colocadas entre las hojas de cemento de fibra verde apiladas y prensadas. Las hojas verdes frescas pueden formarse como onduladas, antes de apilarse con hojas metálicas formadas intermedias colocadas entre las hojas de cemento de fibra. Para las hojas formadas, p. ej., onduladas, las hojas se prensan, típicamente, individualmente.

La etapa de precurado puede tardar varias horas, p. ej., entre aproximadamente 1 hora y 10 horas, tal como entre 2 horas y 8 horas, tal como entre 3 horas y 5 horas, preferentemente, aproximadamente 4 horas, durante el cual la temperatura de las hojas aumenta debido a la reacción exotérmica de curado del cemento. El precurado puede realizarse en condiciones controladas que controlan la humedad, la temperatura o ambas.

Después de una primera etapa de 'precurado', curar las hojas verdes al aire en forma apilada con hojas metálicas intermedias, las hojas pueden reapilarse mientras se retiran las hojas metálicas de entre las hojas precuradas de cemento de fibra verde. Después de retirar las placas metálicas, las hojas precuradas de cemento de fibra verde se curan, además, al aire durante una etapa de curado, que puede tardar varios días, típicamente, de 2 a 4 semanas.

El grosor de los productos finales de cemento de fibra obtenidas usando los métodos de acuerdo con la presente invención puede variar de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 20 mm, tal como de aproximadamente 7 mm a aproximadamente 13 mm.

La longitud y ancho de los productos finales de cemento de fibra obtenidos usando los métodos de acuerdo con la presente invención pueden variar de aproximadamente 1 metro a aproximadamente 1,7 metros de ancho y de aproximadamente 1 metro a aproximadamente 3,6 metros de longitud.

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona productos de cemento de fibra curada por autoclave obtenidos usando los métodos de la invención.

En aún un aspecto adicional, la presente invención proporciona usos de los productos de cemento de

fibra curada por autoclave obtenidos usando los métodos de la invención, como un material de construcción.

Es una ventaja de ciertas modalidades de la presente invención que las hojas de cemento de fibra curada por autoclave resultantes sean adecuadas y puedan usarse como placas, hojas, plantones de construcción, etc., que requieren la presencia de una gran cantidad de cemento.

La invención se explicará ahora en mayor detalle con referencia a los siguientes ejemplos.

Ejemplos

Se apreciará que los siguientes ejemplos, dados con propósitos ilustrativos, no deben interpretarse como limitantes del alcance de esta invención. Aunque solo unas pocas modalidades ilustrativas de esta invención se han descrito en detalle anteriormente, los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que son posibles muchas modificaciones en las modalidades ilustrativas sin apartarse materialmente de las enseñanzas y ventajas novedosas de esta invención. En consecuencia, todas estas modificaciones pretenden incluirse dentro del alcance de esta invención, que se define en las siguientes reivindicaciones y todos los equivalentes de estas. Además, se reconoce que muchas modalidades pueden ser concebidas, que no logran todas las ventajas de algunas modalidades, pero la ausencia de una ventaja particular

no deberá interpretarse necesariamente que tal modalidad se encuentra fuera del alcance de la presente invención.

Ejemplo 1: Producción de polvo de cemento triturado curado por aire producido con un molino pendular de acuerdo con los métodos de la invención.

En modalidades particulares, la distribución de partículas deseada del material de cemento de fibra curada triturada por aire de acuerdo con los métodos de la presente invención puede obtenerse moliendo material de cemento curado por aire en ausencia de arena u otra fuente de sílice. Esto facilita, además, el material de cemento de fibra curada triturada que se usa como buena materia prima para el material de desecho de cemento de fibra curada por aire fresco y curado con autoclave.

En modalidades particulares adicionales, la trituración del material de cemento de fibra curada se realiza en el denominado estado seco a una humedad de entre aproximadamente 5 % a aproximadamente 10 %, preferentemente entre aproximadamente 5 % a aproximadamente 6 %. El material de cemento de fibra curada provisto no debe llevarse a la suspensión de un líquido (típicamente agua) para permitir la molienda, como es el caso de algunas otras técnicas de molienda. Como resultado, se proporciona un material de cemento de fibra curada triturada relativamente seca en forma de polvo. Esto facilita el almacenamiento de

un producto intermedio antes de usarlo, p. ej., fabricar el material de desecho de cemento de fibra fresca curada, siendo material de desecho de cemento de fibra curada por aire fresco y curado por autoclave.

El polvo de cemento de fibra curada obtenido al triturar el material de cemento de fibra curada de acuerdo con los métodos de la presente invención tiene una distribución de tamaño de partícula como se muestra, por ejemplo, en las Figuras 1 a 4. Como puede derivarse de las Figuras 1 a 4, la distribución de partículas es similar a la de los materiales de partida frescos estándar para producir cemento de fibra, p. ej., partículas cementosas, partículas de sílice molidas y/o partículas de cal molida.

En modalidades particulares de los métodos de la presente invención, el material de cemento de fibra curada se alimenta a un molino pendular (es decir, para triturar) como partes que tienen un tamaño máximo no mayor que 5 cm, típicamente, como piezas rectangulares con un lado no mayor que 3 cm o incluso no mayor que 2 cm. En el contexto de la presente invención, una parte con un tamaño no mayor que A cm significa que la longitud más larga de la partícula no es mayor que A cm.

En las Figuras. 1 a 4 se representan las distribuciones del tamaño de partícula de las lajas de cemento de fibra curada molida en comparación con las partículas de cemento (Figuras 1 y 2) y en comparación

con partículas de sílice (Figuras 3 y 4). Las lajas de cemento de fibra curada por aire, que pueden obtenerse como Alterna de Eternit NV Bélgica, se trituraron previamente de tal manera que no superan los 2 por 2 cm. La humedad total del material de desecho de cemento de fibra curada previamente triturado, en este caso material de cemento de fibra curada por aire, fue aproximadamente 5 % -6 % en peso sobre el peso seco.

El % en peso basado en el peso seco es la diferencia de peso entre el material como las muestras y el material seco en un horno ventilado a 105 °C hasta que se obtiene un peso constante.

Este material previamente triturado se alimentó a una velocidad de flujo de aproximadamente 350 kg/hr a aproximadamente 800 kg/hr a un molino de rodillos de tipo molino pendular del Grupo Poittemill (FR), en el cual el material se trituró a una velocidad de rotación de entre aproximadamente 100 y aproximadamente 400 tr/min. Para compensar la humedad del material previamente triturado, se alimentó de aire caliente (a una temperatura entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 100 °C) junto con el material previamente triturado, para suprimir instantáneamente la humedad del material previamente triturado y el polvo de cemento de fibra molida obtenida.

A medida que se obtuvo el material de cemento de fibra curada triturada, de la cual se obtuvo la curva de

distribución del tamaño de partícula, medida mediante difracción de rayo láser sobre el material dispersado seco a 3 bar por medio del aparato Malvern mastersizer 2000.

Este polvo de cemento de fibra obtenido por medio de molienda pendular tuvo una buena consistencia (no lanosa o esponjosa; ver, p. ej., la Figura 5), una densidad aparente adecuada (entre aproximadamente 1000 kg/m³ y aproximadamente 1300 kg/m³) y una buena distribución de partícula, para usarse en la producción de productos de cemento de fibra fresca.

Ejemplo 2: Producción de productos de cemento de fibra curadas por autoclave que comprenden de 10 M% a 30 M% de polvo de cemento de fibra triturada curada por aire como se produce de acuerdo con los métodos de la invención

El polvo de desecho de cemento de fibra curada por aire, obtenido como se describe en el Ejemplo 1, se usó para producir productos de cemento de fibra de Cedral curada por autoclave y productos de cemento de fibra Tectiva

Se produjo una serie de 6 muestras de suspensión de prueba (ver la Tabla 1 a continuación: muestras 2, 3, 4, 6, 7 y 8), en donde al menos parte o toda la fuente silícea (es decir, cuarzo), o al menos parte del cemento, o parte de ambas la fuente silícea (es decir, cuarzo) y el cemento, se reemplazó por polvo de cemento de fibra

curada por aire triturada obtenido usando el método de trituración explicado en el Ejemplo 1. Además, se produjeron 2 muestras de suspensión de referencia (ver la Tabla 1 a continuación: muestras 1 y 5) que no contenían ningún polvo de desecho triturado curado por aire.

Como tal, se obtuvieron las siguientes formulaciones de suspensión de cemento de 8 fibras:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Celulosa	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
Silicato de CA	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Relleno de CaCO ₃	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Cuarzo	50,3	44,3	38,3	32,3	39,0	33,0	27,0	21,0
Pigmento	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Caolín	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Cemento	38,0	34,0	30,0	26,0	35,3	31,3	27,3	23,3
Desechos de cemento de fibra	0,0	10,0	20,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Desechos de Tectiva de cemento de fibra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	20,0	30,0
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabla 1 - M% de formulaciones de cemento de fibra de las

muestras 1 a 8 (PVA: fibra de alcohol polivinílico

Kuraray A8; celulosa: Solombala UKP 60 °SR; sílice de

humo condensada: EMSAC 500S Elkem materiales Ltd.;

relleno de CaCO₃: Calcitec 2001S, Carmeuse SA; Cement:

CEMI 42,5 N, CBR SA, Lixhe)

Las formulaciones de suspensión de cemento de fibra como se presentan en la Tabla 1 se usaron para proporcionar láminas verdes de cemento de fibra en una

máquina de producción de Hatschek de última generación. Las láminas verdes se comprimieron a 230 kg/cm^2 y se curaron por autoclave.

Las láminas curadas por autoclave se cortaron posteriormente en las dimensiones apropiadas y se recubrieron, para proporcionar muestras de Cedral y muestras de Tectiva como se produjeron y obtuvieron de Eternit N.V.

Las láminas curadas por autoclave formadas se analizaron para sus características físico-mecánicas, es decir, módulo de ruptura (MOR). El módulo de ruptura (MOR; expresado en $\text{Pa}=\text{kg/m.s}^2$) se midió usando un aparato UTS/INSTRON (tipo 3345; cel=5000 N).

La densidad de las muestras se midió primero saturando las muestras durante 72 horas en agua del grifo. El peso de muestras se determinó posteriormente tanto en condiciones saturadas y sumergidas. Posteriormente, las muestras se colocaron a secar durante 48 horas a aproximadamente 105°C . Para cada una de las muestras secas, se determinó nuevamente el peso. La densidad (X) para cada muestra se calculó dividiendo el peso seco (C) por la diferencia entre el peso sumergido (B) y el peso saturado (A), de acuerdo con la siguiente fórmula: $X=C/(A-B)$.

Finalmente, se determinó la absorción de agua, medida por una prueba de Karsten. La prueba se realizó

tanto en condiciones de secado por aire y saturación en agua (la condición de secado por aire se obtiene al acondicionar las muestras en un horno ventilado a 40 °C durante 3 días; la condición saturación en agua se obtiene por inmersión de las muestras en agua del grifo a temperatura ambiente y presión atmosférica durante 3 días).

Para cada una de las muestras secadas por aire y saturadas en agua, se determinó el espesor de la muestra. Posteriormente, se fijó un tubo de Karsten en una región central de cada muestra usando silicona. Después de 24 horas, el tubo de Karsten se llenó con agua desmineralizada y se cerró para evitar la evaporación. La absorción de agua (es decir, el volumen de agua absorbida del tubo de Karsten por la muestra) se determinó después de 1, 2, 4, 6, 8, 24, 32 y 48 horas.

Los resultados se presentan en las Figuras 6 a 8.

Como puede derivarse del gráfico en la Figura 6, que representa la resistencia a la flexión normalizada por densidad (módulo de ruptura; MOR) de las 6 muestras de prueba diferentes (2, 3, 4, 6, 7 y 8 de las cuales la formulación se presenta en la Tabla 1) y las dos muestras de referencia (1 y 5 de las cuales la formulación se presenta en la Tabla 1) puede concluirse que la resistencia a la flexión normalizada por densidad o el módulo de ruptura (MOR/d^2) es mayor en las muestras de prueba en comparación con las muestras de referencia.

Esto significa que la muestras que comprenden el polvo de desecho de cemento de fibra triturada curada por aire en cantidades de entre 10 M% y 30 M% como se producen según los métodos de la presente invención tienen una mayor resistencia con muestras de referencia que no contienen ningún polvo de desecho.

Además, tanto para los revestimientos de cemento de fibra de Cedral, así como para los tableros de cemento de fibra Tectiva, puede concluirse que el movimiento hídrico no es significativamente diferente de las referencias (ver la Figura 7). Esto representa un resultado muy notable, especialmente dado el hecho de que la absorción de agua es mayor en las muestras de prueba que en las referencias (ver la Figura 8).

Finalmente, se determinó que la densidad de las muestras de prueba fue significativamente menor en comparación con las muestras de referencia que no contienen polvo de desecho (datos no mostrados).

Por lo tanto, a partir de lo anterior, se puede concluir que los productos de cemento de fibra curada por autoclave que comprenden de 10 M% a 30 M% de polvo de desechos de cemento de fibra triturada y curada por aire, como los producidos por los métodos de la presente invención, son mejores que los productos de cemento de fibra de referencia que no comprenden ningún polvo de desecho triturado.

A partir de las imágenes de los productos de autoclave fabricados como se describe en los presentes ejemplos, puede observarse que los productos curados por autoclave contienen residuos de cemento de fibra curada por aire. De hecho, solo el material curado por aire contiene, típicamente, fibras de PVA, las cuales fibras PVA también están presentes en los productos curados por autoclave reciclados producidos de acuerdo con los métodos de la invención (ver la Figura 9), pero que no están presentes en productos frescos curados por autoclave.

Debe entenderse que, aunque se han analizado modalidades y/o materiales preferidos para proporcionar modalidades de acuerdo con la presente invención, pueden realizarse varias modificaciones o cambios sin desviarse del alcance y espíritu de esta invención.

Debe entenderse que, aunque se han analizado modalidades y/o materiales preferidos para proporcionar modalidades de acuerdo con la presente invención, pueden realizarse varias modificaciones o cambios sin desviarse del alcance y espíritu de esta invención.