

PROCESO PARA PRODUCIR PLACAS DE YESO RESISTENTES AL AGUA
CON POLVO DE FIBROCEMENTO

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se refiere a un proceso para producir placas de yeso resistentes al agua formadas por un núcleo de yeso intercalado entre dos revestimientos. Las placas de yeso obtenidas mediante el proceso de la presente invención tienen una mayor resistencia al agua y usan polvo de fibrocemento curado. La invención también se refiere al uso de polvo de
10 fibrocemento con poli(metilhidrogeno)siloxano.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

 El material fibrocemento (FC) es un material compuesto que comprende normalmente cemento, fibras de celulosa y al menos uno de arena de sílice, fibras sintéticas y rellenos. Se usa ampliamente en construcción y puede
15 adoptar la forma de una pluralidad de productos, tales como, por ejemplo, láminas corrugadas para tejados, láminas pequeñas para tejas (pizarras), láminas para revestimientos, recubrimientos, tableros, etc.

 El material de desecho de fibrocemento curado tiene una composición química similar a los correspondientes productos de fibrocemento fresco de los
20 que se deriva el residuo y, por lo tanto, podría, e idealmente debería, reciclarse y reutilizarse. Sin embargo, reciclar material de desecho de productos de fibrocemento curado, por ejemplo, productos acabados que están fuera de especificación, residuos de demolición y/o construcción y similares, sigue siendo un desafío importante. Sin embargo, la reutilización de residuos de
25 fibrocemento para diversos fines nuevos sigue siendo el enfoque principal, si

no el único, para evitar la eliminación de grandes flujos de residuos de fibrocemento.

Las placas de yeso son placas particularmente útiles para la industria de la construcción, aunque no se limitan a ella, que comprenden un núcleo hecho de yeso con diversos aditivos en menores cantidades, intercalado entre los
5 revestimientos inferior y superior, generalmente hechos de papel y/o tejido de fibra de vidrio. Pueden producirse de forma continua en largas líneas de producción, cortarse a la longitud deseada y secarse en una secadora.

Una suspensión de sulfato de calcio calcinado hemihidrato (o estuco) en
10 agua con los aditivos deseados, tales como aceleradores, refuerzos fibrosos y similares, se dispensa de forma continua sobre un revestimiento inferior que se desplaza sobre un transportador. Se controla el grosor de la capa de suspensión en el revestimiento inferior y se coloca un revestimiento superior sobre la parte superior de una superficie libre de la suspensión, para formar
15 una estructura de sándwich con un núcleo formado por la suspensión intercalada entre los revestimientos inferior y superior. Se deja que el estuco calcinado en el núcleo experimente una reacción de hidratación para formar una placa de yeso de fraguado con sulfato de calcio hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) que se reemplaza progresivamente por sulfato de calcio
20 dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a medida que avanza la reacción de hidratación.

Una vez que el núcleo se ha fraguado en una estructura razonablemente dura, la placa de yeso de fraguado continuo se corta a la longitud deseada, antes de introducirla en una secadora para completar la reacción de hidratación y eliminar cualquier exceso de agua presente en el núcleo.

25 De acuerdo con la aplicación final, algunas placas de yeso requieren una

mayor resistencia al agua, ya que se sabe que las placas de yeso normales pueden perder su resistencia cuando se exponen a una gran cantidad de humedad.

Para mejorar la resistencia a la humedad de una placa de yeso, la
5 silicona y, en particular, el poli(metilhidrogeno)siloxano (PHMS) es bien conocido como agente hidrófugo. El aumento del pH de la suspensión potencia el efecto del PHMS.

De hecho, el documento EP1112986 describe el uso de PHMS y cemento Portland para producir placas de yeso resistentes al agua. El
10 hidrógeno metil siloxano utilizado se reticula para formar una red de silicona en el material. La polimerización de siloxano en silicona requiere agua como reactivo. Durante el secado de una placa, se elimina el agua libre, reduciendo así el agua disponible para la reacción. Por lo tanto, el siloxano sin reaccionar no continuará la reacción de reticulación después de que la placa se haya
15 secado por completo. Si la reacción de reticulación es demasiado lenta y el tiempo de procesamiento de la placa demasiado corto, el siloxano no polimerizará. También surgirán dificultades si la reacción se produce demasiado rápido. Si el siloxano comienza a reticularse durante su alimentación en la suspensión, se formará una silicona de tipo gel que es difícil
20 de dispersar uniformemente en toda la suspensión y, por lo tanto, en la matriz de material. Además, si la reacción de polimerización se completa antes de que se complete la rehidratación del hemihidrato, se bloqueará el contacto de la superficie de los cristales de hemihidrato con el agua necesaria para que continúe la rehidratación, provocando una reducción de la resistencia del
25 material. El control del tiempo de reticulación para que coincida con el tiempo

de proceso es un factor importante. Sin embargo, la cantidad de cemento Portland como catalizador para el curado está limitada al 2 % en relación con el estuco porque una cantidad mayor sería peligrosa, especialmente en el caso de una placa de yeso producida no por filtración de torta sino por un proceso en
5 línea en el que las placas de yeso entran en una secadora después de unos minutos.

El documento US2014/0178 624 describe un método para fabricar una placa de yeso resistente al agua que comprende un hidróxido con siloxano. Para minimizar la producción de hidrógeno, parte del hidróxido se reemplaza
10 por siliconato.

Buscando reciclar residuos de FC, se ha descubierto sorprendentemente que el uso de polvo de placa de fibrocemento podría usarse en una gran cantidad con una cantidad limitada de hidrógeno producido y se observó un aumento de la repelencia al agua resultante no sólo de un aumento del pH.

15 Como la dosificación correcta de cemento fresco es muy delicada de conseguir, la mayoría de las veces el uso de cemento conlleva más desventajas que ventajas con respecto a los beneficios esperados. El cemento es tan reactivo con la silicona que una ligera sobredosificación libera una cantidad muy alta de gas (H_2) en un corto periodo de tiempo. Esto tiene dos
20 consecuencias negativas principales: una es un problema potencial de seguridad relacionado con el gas H_2 y la otra es un problema de calidad, ya que el gas liberado puede destruir la unión entre el papel y el núcleo de yeso. Además, la rápida reacción de la silicona puede tener también al menos una consecuencia negativa que es la hidrofugación demasiado rápida de la placa
25 en el proceso. A continuación, el agua se expulsa de la placa, lo que interfiere

con el proceso de hidratación y el equilibrio de humedad del núcleo en la parte húmedo final del proceso donde el agua es crucial.

El uso de polvo de fibrocemento elude estas consecuencias negativas ya que la dosificación se controla con mayor facilidad. La sobredosificación de polvo de fibrocemento curado es mucho menos crítica que para el cemento. Además, la hidrofobización de las placas producidas es mayor que la esperada únicamente con un aumento del pH.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención se define en las reivindicaciones independientes adjuntas. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes. En particular, la presente invención se refiere a un proceso para producir placas de yeso resistentes al agua que comprende las siguientes etapas,

- alimentar una suspensión de yeso (1g) que comprende estuco, agua, poli(alquilhidrogeno)siloxano, polvo de fibrocemento curado y aditivos sobre un revestimiento inferior (21) colocado sobre un transportador (7) en movimiento,
- aplicar un revestimiento superior (22) sobre una superficie libre de la suspensión de yeso para formar una estructura de sándwich con un núcleo (1c) hecho de la suspensión de yeso intercalado entre los revestimientos superior e inferior (21, 22),
- fraguar por hidratación la suspensión de yeso (1g) que forma el núcleo (1c) para formar una placa de yeso de fraguado en el transportador,
- cortar la placa de yeso de fraguado a las dimensiones deseadas para obtener placas de yeso cortadas (1cp),

- secar las placas de yeso cortadas en una estación de secado (11) para obtener las placas de yeso (1),

en donde el polvo de fibrocemento curado en una cantidad del 0,5 al 10 % en peso, preferiblemente del 2 al 8, lo más preferiblemente del 3 al 5 % en peso

5 con respecto al estuco.

En una realización preferida, la suspensión de yeso comprende 100 partes de estuco y entre 60 y 90 partes de agua.

En una realización preferida, el poli(alquilhidrogeno)siloxano es poli(metilhidrogeno)siloxano (PMHS), la cantidad de PHMS está entre el 0,05 y
10 el 2 % en peso, lo más preferiblemente entre el 0,1 y el 1 % en peso con respecto al estuco.

El fibrocemento puede curarse al aire o curarse en autoclave. En una realización preferida, el polvo de fibrocemento curado se cura en autoclave.

En una realización preferida, el pH de la suspensión está entre 9 y 11,5.
15 El pH se mide de acuerdo con el método de ensayo ME-A5-005.

El fibrocemento curado puede tener diferente granulometría de acuerdo con los residuos de los que proviene. En una realización preferida, el polvo de fibrocemento tiene un d50 por debajo de 100 μm , preferiblemente por debajo de 50 μm , lo más preferiblemente por debajo de 40 μm .

20 En una realización preferida, la suspensión no comprende cenizas volantes ni arcilla añadida.

La invención también se refiere a placas de yeso obtenidas mediante el proceso descrito anteriormente.

La invención también se refiere al uso de fibrocemento curado con
25 PHMS para proporcionar placas de yeso resistentes al agua que tienen una

absorción de agua según la norma EN520-2009 por debajo del 5 %.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FIGURA

La **figura 1** muestra una vista lateral de un ejemplo de línea de producción configurada para llevar a cabo el proceso de la presente invención.

5 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un proceso para producir placas de yeso resistentes al agua (1) que comprende las siguientes etapas,

- alimentar una suspensión de yeso (1g) que comprende estuco, agua, poli(alquilhidrogeno)siloxano, polvo de fibrocemento curado y aditivos sobre un revestimiento inferior (21) colocado sobre un transportador (7) en movimiento,
- aplicar un revestimiento superior (22) sobre una superficie libre de la suspensión de yeso para formar una estructura de sándwich con un núcleo (1c) hecho de la suspensión de yeso intercalado entre los revestimientos superior e inferior (21, 22),
- fraguar por hidratación la suspensión de yeso (1g) que forma el núcleo (1c) para formar una placa de yeso de fraguado en el transportador,
- cortar la placa de yeso de fraguado a las dimensiones deseadas para obtener placas de yeso cortadas (1cp),
- secar las placas de yeso cortadas en una estación de secado (11) para obtener las placas de yeso (1),

El polvo de fibrocemento curado se añade en una cantidad del 0,5 al 10 % en peso, preferiblemente del 2 al 8, lo más preferiblemente del 3 al 5 % en peso con respecto al estuco.

Debe entenderse que la expresión placa de yeso "resistente al agua" significa

la capacidad de una placa de yeso para limitar la absorción de agua por la placa de yeso, al tiempo que conserva la estabilidad dimensional y la integridad mecánica del elemento estructural en cuestión.

Según la norma NF EN520+A1,2009, la absorción total de agua de una
5 placa de yeso debe ser inferior al 5 %.

La suspensión de yeso comprende estuco o yeso calcinado en forma de sulfato de calcio hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), agua y aditivos, incluyendo un acelerador, retardador, refuerzo de fibra, fluidificante y almidón. Para obtener estuco, se puede utilizar yeso natural o sintético. El yeso natural se puede
10 obtener a partir de roca de yeso o arena de yeso. El yeso sintético normalmente procede de la desulfuración de gases de combustión (FGD) o de la producción de ácido fosfórico. El estuco comprende más del 70 % en peso de sulfato de calcio hemihidrato β , preferiblemente más del 80 %, lo más preferiblemente más del 90 % en peso con respecto al peso del estuco.

15 El aditivo hidrófugo es poli(metilhidrogeno)siloxano (PHMS), en forma de un oligómero (varias decenas o más de unidades de siloxano), en forma de aceite o de emulsión acuosa.

El polvo de material de fibrocemento curado es normalmente un material de desecho que procede de residuos de fibrocemento curado triturado o se
20 produce directamente en el proceso de la placa de fibrocemento, por ejemplo, cuando se lija la placa.

El polvo de fibrocemento curado para su uso en el proceso de fabricación de placas de yeso, preferiblemente, aunque no necesariamente, es polvo de fibrocemento curado en autoclave. Como alternativa, el producto de
25 fibrocemento curado puede ser polvo de fibrocemento curado al aire.

Las partículas de polvo de fibrocemento curado de la invención tienen una distribución de tamaño de partícula que es similar a la distribución de tamaño de partícula de un material aglutinante cementoso (por ejemplo, cemento) o una fuente silícea (por ejemplo, arena o cuarzo) o un material de relleno (por ejemplo, CaCO_3). En realizaciones particulares, las partículas de polvo de fibrocemento curado producidas se caracterizan por una distribución de tamaño de partícula que es similar a la distribución de tamaño de partícula del cemento. En realizaciones particulares, las partículas de polvo de fibrocemento curado producidas se caracterizan por una distribución de tamaño de partícula que es similar a la distribución de tamaño de partícula de una fuente silícea.

Un ejemplo de una composición química en % en peso de uno de los fibrocementos curados en autoclave es el siguiente (en % en m)

LOI 1000 °C	17,2
C orgánico	4,5 % correspondiente a 10,1 de contenido de celulosa
CO_2	2,46
SiO_2	45,71
CaO	25,96
MgO	0,73
Al_2O_3	5,8
Mn_2O_3	3,86
K_2O	0,24
SO_3	0,46
Fe_2O_3	3,86

Na ₂ O	0,19
P ₂ O ₅	0,16
TiO ₂	0,18

Tabla 1

El tamaño de partícula se puede expresar mediante d₅₀. El término "d₅₀", en el sentido de la presente invención, es una medida para el tamaño de partícula promedio y se define como se indica a continuación: el 50 % (en número) de las partículas (por ejemplo, granos) en la muestra correspondiente tienen un tamaño que es igual o menor que el valor d₅₀ dado. El término "tamaño de partícula" representa especialmente el diámetro de una esfera cuyo volumen es idéntico al de la partícula en consideración que tiene una forma arbitraria. Los tamaños de partícula a los que se hace referencia en el presente documento se pueden medir usando espectrometría de difracción láser (LOS). La distribución del tamaño de partícula se midió mediante difracción de haz láser en dispersión seca a 3 bar con un Malvern MasterSizer 2000.

LÍNEA DE PRODUCCIÓN CONTINUA

En la figura 1 se ilustra esquemáticamente una línea de producción para la producción continua de placas de yeso adecuadas para la presente invención. Comprende un rollo de revestimiento inferior (21) configurado para alimentar continuamente un transportador (7) con el revestimiento inferior (21). Una unidad de dispensación de suspensión (3) está situada por encima del revestimiento inferior (21) a medida que se transporta por el transportador (7) y está configurada para verter una suspensión de yeso (1g) sobre una cara interior del revestimiento inferior (21), orientada hacia arriba. Una cuchilla

niveladora (5) o rodillo está dispuesta aguas abajo de la unidad de dispensación de suspensión (3) para controlar el grosor de la capa de suspensión depositada sobre el revestimiento inferior (21). Un rollo de revestimiento superior está situado sobre el transportador, aguas abajo de la
5 cuchilla niveladora (5), y está configurado para aplicar el revestimiento superior (22) sobre la superficie libre de la suspensión de yeso (1g) para formar una estructura de sándwich con un núcleo (1c) hecho de la suspensión de yeso intercalado entre los revestimientos superior e inferior (21, 22).

Una unidad de corte (9) está situada a una distancia de corte (L) de la
10 unidad de dispensación de suspensión (3) y está configurada para cortar la placa de yeso de fraguado continuo en paneles de longitud específica denominados placas de yeso cortadas (1cp). Las placas de yeso cortadas (1cp) se conducen a continuación a una estación de secado (11).

La reacción de hidratación que transforma el hemihidrato de calcio en
15 yeso de acuerdo con la reacción $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + 1\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ casi ha terminado (alrededor del 97 % de hidratación) cuando la placa llega a la estación de secado (11).

La estación de secado (11) está situada aguas abajo de la unidad de corte (9). Está configurada para secar las placas de yeso cortadas (1cp)
20 durante un periodo de secado suficiente para evaporar suavemente cualquier exceso de agua, que se requería para formar la suspensión inicial. Después de que las placas de yeso (1) se hayan secado, se recortan y apilan para formar palés listos para su uso (no mostrados).

La repelencia al agua del PHMS aumenta cuando el compuesto de silicio
25 se cura o se reticula. Sin embargo, esto va acompañado de un

desprendimiento significativo de hidrógeno, que es particularmente peligroso si este hidrógeno está confinado en la secadora.

La invención se describe e ilustra con más detalle por los siguientes ejemplos. Los ejemplos no deben interpretarse como una limitación de la invención.

EJEMPLOS

Se llevaron a cabo una serie de experimentos usando polvos de estuco y FC.

10

Estuco	pH medido (solución acuosa al 5 % a 20 °C)
Estuco A de ref.	7,1
Estuco B de ref.	7,7
Estuco C	8,6
Polvo de FC A	11,7
Polvo de FC B	11,1

Tabla 2

El PHMS usado en los ejemplos es Wacker SILRES® BS 94.

Todos los % en peso se expresan con respecto al peso del estuco.

15 **Producción de HIDRÓGENO**

Para evaluar la liberación potencial de hidrógeno cuando se usa fibrocemento, se realizó un ensayo usando un instrumento calcímetro. El polvo de FC curado y el PHMS se pusieron en contacto entre sí, en agua a 20 °C en

el reactor, en las mismas proporciones relativas que en la receta de la Tabla 5. El desprendimiento de hidrógeno se monitoriza a lo largo del tiempo, a una temperatura controlada de 20 °C.

Se mide el volumen total de hidrógeno desprendido después de tres
5 horas.

A continuación, este volumen se convierte en un volumen de gas equivalente liberado por 1 m² de placa de 12,5 mm.

	peso	Equivalente en una composición de yeso % en peso	PHMS	H2 (L)
Polvo de FC A	0,26 g	2	0,1 g	1,8
CaO	0,1 g	0,8	0,1 g	4,5

Tabla 3

10

El volumen de H2 producido es inferior al obtenido con una mezcla en la que el CaO es un componente principal del cemento.

Entrada de agua en muestras de prisma de 4 x 4 x 16;

Los primeros ensayos se llevaron a cabo preparando muestras de
15 prisma usando dos tipos diferentes de estuco, la misma cantidad de PHMS (0,74 % en peso) y diferentes cantidades de polvo de FC. Al calificar una placa de yeso resistente al agua, el valor objetivo para la absorción de agua después de 2 horas de inmersión de la placa de yeso resistente al agua es inferior al 5 %. Los ensayos de inmersión se realizaron según la norma EN520+A1; se

sigue dicha norma a menos que se especifique lo contrario.

Estuco	FC	% en peso de Polvo de FC	Absorción de agua después de 2 h	pH (en la suspensión)
A de ref.	A	0	6,03	6,9
A	A	1,4	1,55	9,8
A	A	4,3	1,49	10,3
B de ref.	B	0	26,31	6,7
B	B	1	10,17	7,8
B	B	3	4,85	9,3
B	B	5	2,84	9,6
B	B	7	1,95	9,8

Tabla 4

- 5 El polvo de FC tiene un impacto positivo en la hidrofobización de la silicona en las formulaciones de prisma de yeso, independientemente del origen del yeso. Dependiendo de la fuente de yeso, el rendimiento del PHMS por sí solo varía enormemente.

10 **Absorción de agua en miniplacas de laboratorio (316 mm x 316 mm x 12,5 mm)**

- 15 Se fabrican miniplacas de laboratorio que tienen un grosor de 12,5 mm mezclando los ingredientes como se indica en la tabla 5 en una suspensión de yeso. La suspensión se mezcló usando una mezcladora adecuada tal como una mezcladora de tipo hélice, se vertió en un molde y se dejó hidratar y fraguar entre dos revestimientos. Después del fraguado, el molde se retiró y la

miniplaca se secó en un horno de secado con circulación de aire caliente. En esta preparación, la secuencia temporal para la mezcla, el vertido y el secado imita la del proceso industrial. El tamaño de la superficie de la muestra es de $1/10 \text{ m}^2$.

5

Componente	g
Estuco	1200
acelerador	8
almidón	7,25
retardador	0,03
Polvo de FC	25,9
agua	880
espuma de agua	110
agente espumante	0,4
fluidificador	4,54
agua repelente BS94	9,67

Tabla 5

También se ha medido la absorción de agua realizada según la norma NF EN520-A+ 2009 después de 24 y 48 horas de inmersión total para obtener más información sobre el comportamiento a largo plazo de las formulaciones ensayadas.

10

Estuco	PHMS % en peso	Polvo de FC	Polvo de FC % en peso	Absorci ón de agua despué s de 2 h	Absorció n de agua después de 24 h	Absorció n de agua después de 48 h	pH (en la suspensi ón)
C de ref.	0,74	A	0	6,6	14,9	15,3	7,4
C	0,74	A	2	2,3	5,6	6,1	9,5
B	0,74	B	2	3,29	6,34	8,18	9,3
B	0,74	B	5	3,2	7,4	9,43	9,1

Tabla 6

Los resultados confirman el efecto positivo del polvo de PHMS/FC observado en las muestras de prisma.

- 5 La Tabla 7 demuestra que el aumento del pH no es el único responsable de la mejora de la resistencia al agua de la placa de yeso.

	Estuco	pH de la suspensión	PHMS (%)	Polvo de FC (%)	Ca(OH) ₂	Absorción de agua 2H
Ref. 1	D	6,3	0,74	0	0	6,3
Ref. 2	D	10,7	0,74	0	0,1	4,7
1	D	9,7	0,74	2	0	4

Tabla 7

La Ref. 2 muestra una mejora de la resistencia al agua de la placa de yeso obtenida al aumentar el pH. De acuerdo con la invención, la muestra 1 presenta una mejor resistencia al agua que la Ref. 2 con un pH más bajo. El inventor cree que, además del efecto del pH, el polvo de FC proporciona una adherencia superficial que permite una mejor distribución del PHMS en la suspensión.

REF	DESCRIPCIÓN
1	placa de yeso
1c	núcleo
1cp	Placa de yeso cortada
1g	Suspensión de yeso
1cp	placas de yeso cortadas
3	Unidad de dispensación de suspensión
5	Cuchilla niveladora
7	transportador
9	Unidad de corte
11	Estación de secado
21	Revestimiento inferior
22	Revestimiento superior
30	Estación de enfriamiento