

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 454 193**

51 Int. Cl.:

C04B 38/02 (2006.01)

C04B 22/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.01.2004 E 04702259 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2013 EP 1594818**

54 Título: **Productos cementosos**

30 Prioridad:

15.01.2003 AU 2003900156

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

09.04.2014

73 Titular/es:

**HYSSIL PTY LTD. (100.0%)
c/o Davies Collison Cave, 1 Nicholson Street
Melbourne VIC 3000 , AU**

72 Inventor/es:

**MAK, SWEE LIANG;
SHAPIRO, GENRIETTA;
RITCHIE, DAVID JAMES BELL;
BANKS, RODNEY WILLIAM y
QUICK, GEOFFREY WILLIAM**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 454 193 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Productos cementosos

- 5 La presente invención se refiere a un producto cementoso, a procesos para la preparación de tales productos y a los usos de los productos.

10 Los productos cementosos se usan en una amplia diversidad de aplicaciones dependiendo de sus propiedades. Para productos cementosos ligeros, dos propiedades importantes son la resistencia y la densidad. Para aplicaciones de soporte de carga, es deseable una resistencia a la compresión relativamente alta y una densidad relativamente baja. La resistencia a la compresión de materiales a base de cemento convencionales, como el hormigón usado en la industria de la construcción, varía típicamente de 15 a 50 MPa (aunque productos con resistencias a la compresión en el intervalo de 15 a 25 MPa proporcionarán con frecuencia capacidades de soporte de carga útiles). La densidad del "hormigón de peso normal" varía típicamente entre 2.300 y 2.600 kg/m³. Los productos cementosos denominados "ligeros" pueden tener densidades de entre 300 y 1.800 kg/m³, usándose estos últimos principalmente como materiales aislantes térmicos. En este contexto, sería deseable proporcionar un producto cementoso con una densidad reducida, sin comprometer excesivamente su resistencia a la compresión.

20 Una manera de hacer esto es sustituir un volumen significativo del material por constituyentes de relativamente menor densidad relativa. En los casos en los que se usan áridos gruesos ligeros para sustituir los áridos de peso normal, el producto se conoce como hormigón de áridos ligeros (HAL). Típicamente, esta estrategia produce un hormigón con densidades aparentes en el intervalo de 1.400 a 2.000 kg/cm³, con variaciones de la densidad controladas a través del tipo y el volumen de los áridos ligeros usados, es decir, cambiando el diseño de la mezcla del hormigón. Sería deseable proporcionar un método mediante el cual pudiera manipularse la densidad de una formulación cementosa individual. También se sabe que algunos áridos ligeros son químicamente reactivos y, por lo tanto, se necesita un mayor grado de control de calidad en la producción de los HAL.

30 Otros intentos de reducir la densidad de los productos cementosos han implicado la introducción de huecos o burbujas de baja densidad en la mezcla cementosa y los productos resultantes se conocen normalmente como hormigones "celulares". Típicamente, estos tienen densidades en el intervalo de 500 a 1.000 kg/m³, pero su resistencia a la compresión es raramente superior a 5 MPa. En consecuencia, a menudo son inadecuados para aplicaciones de soporte de carga. De hecho, una de las principales aplicaciones de estos productos es para aislamiento térmico. Sería deseable proporcionar productos cementosos con densidades similares pero con mejor resistencia a la compresión. Además, con el fin de promover un mejor endurecimiento, algunos hormigones celulares se preparan típicamente con el uso de autoclaves de alta presión. Los costes de los equipos requeridos son muy altos y sería deseable proporcionar modos alternativos para la preparación de productos cementosos de baja densidad adecuados con el uso de técnicas relativamente sencillas y menos costosas.

40 La presente invención busca proporcionar un método para la preparación de un producto cementoso que satisfaga las necesidades mencionadas anteriormente y supere las desventajas asociadas con las técnicas del estado de la técnica descritas.

45 Por consiguiente, la presente invención proporciona un método para la preparación de un producto cementoso poroso, método que comprende, en el orden siguiente:

- (a) formar una premezcla cementosa que comprende arena como árido mediante mezclado de los componentes de la premezcla con agua,
- (b) mezclar la premezcla cementosa formada en (a) con un agente generador de gas termoactivado y vaciar inmediatamente la premezcla en la configuración deseada en un encofrado, en el que la premezcla es suficientemente viscosa para conseguir la retención de burbujas de gas, pero no tan viscosa como para inhibir la formación de burbujas de gas, en el que el encofrado se llena del 30 al 50 % por debajo de su volumen,
- (c) permitir la generación de burbujas de gas dentro de la premezcla por una reacción en la que interviene el agente generador de gas termoactivado, lo que causa la expansión de la premezcla en el encofrado,
- (d) causar el colapso de la premezcla en expansión en su superficie superior poniéndola en contacto con una tapa de encofrado o sometiendo la superficie superior a un alisado, enrasado y/o apisonado con rodillo, y
- (e) curar la premezcla;

60 en el que las burbujas de gas se generan y/o colapsan en lugares específicos dentro de la premezcla, con el fin de producir un perfil de porosidad a lo largo de una sección transversal del producto, de modo que dicho producto comprende una región central de densidad relativamente baja y regiones exteriores de mayor densidad.

65 De acuerdo con la invención, es posible variar la densidad de una premezcla dada variando el volumen y la

distribución de las burbujas de gas presentes en el producto final. Esto hace posible preparar productos con relaciones variables entre resistencia y densidad a partir de una única composición de premezcla.

5 Los productos cementosos de la presente invención se forman a partir de una premezcla de componentes cementosos convencionales. Estos incluyen el cemento de Pórtland, cenizas volantes, humo de sílice, otros aditivos minerales, cargas y mezclas químicas. La premezcla puede formularse con aglutinantes y cargas orgánicos y/o inorgánicos apropiados, incluidos polímeros orgánicos e inorgánicos conocidos en la técnica que satisfacen los requisitos de rendimiento. Todos estos componentes descritos están disponibles comercialmente. La premezcla se prepara por las técnicas habituales, mezclando los diversos componentes con agua. Después, la premezcla se vacía después en un encofrado (molde) que refleja la configuración deseada del producto final.

15 La generación de las burbujas de gas en la premezcla resulta en un aumento de volumen de dicha premezcla. Con el fin de conseguir el perfil de porosidad requerido, se llevan a cabo una o más etapas para causar la generación y/o el colapso de las burbujas de gas en lugares específicos dentro de la premezcla.

20 Las burbujas de gas se generan por incorporación de un agente generador de gas termoactivado en la premezcla. Dicho agente se incorpora en la premezcla en la etapa de mezclado. Preferentemente, el agente generador de gas es polvo de aluminio o un reactivo generador de gas que incluye polvo de aluminio. El aluminio reacciona con los álcalis presentes en la lechada de cemento para producir hidrógeno gaseoso. La reacción se activa por calor, siendo la temperatura de activación óptima de 35 a 45 °C. Los agentes generadores de gas adecuados para su incorporación en la premezcla están disponibles comercialmente. La cuantía de la gasificación puede manipularse variando la cantidad del agente generador de gas incluido en la premezcla. El uso de este tipo de técnica causa la generación de gas en toda la premezcla, de modo que para conseguir el perfil de porosidad requerido se emplea la migración y el colapso de las burbujas. Esto se trata en mayor detalle a continuación.

25 Al usar un agente generador de gas termoactivado, el método supone normalmente una elevación rápida de la temperatura de la premezcla hasta el intervalo de temperaturas necesario para que se produzca la generación de gas. La premezcla puede calentarse de diversas maneras y dicho calentamiento puede llevarse a cabo al mezclar los componentes de la premezcla con agua (típicamente, en un plazo de 5 a 20 minutos después de añadir el agua a los componentes de la premezcla) y/o al vaciar la premezcla en el encofrado. La elevación de la temperatura de la premezcla puede conseguirse mediante el uso de materiales precalentados y/o mediante explotación de la energía impartida por el aparato usado para el mezclado, como un mezclador de gran cizalladura.

30 El mezclado de gran cizalladura puede aplicarse también para controlar la temperatura y/o la reología de la premezcla, de modo que esta experimente el cambio de volumen deseado durante la gasificación.

35 Preferentemente, la invención supone el uso de formulaciones de mezcla que proporcionan una vida útil de aplicación suficiente para que el inicio de la generación de gas tenga lugar solo después de que la premezcla se haya vertido en el encofrado. Por consiguiente, la viscosidad de la premezcla también es un factor importante para conseguir el perfil de porosidad deseado en el producto final. Idealmente, cuando se vierte en el encofrado, la premezcla tiene una viscosidad equilibrada, de modo que las burbujas de gas pueden generarse con facilidad y migrar (ascender) a través de la premezcla, sin desprenderse completamente de la masa de la premezcla. La migración de las burbujas es importante para producir el perfil de porosidad deseado y es posible controlar la migración de las burbujas manipulando la viscosidad. Una premezcla de gran viscosidad puede impedir la formación y el ascenso de las burbujas, mientras que una premezcla demasiado poco densa resultará en una pérdida de burbujas de la matriz de la premezcla. En la práctica, la viscosidad puede controlarse variando la temperatura de la mezcla, mezclando materiales finos en la premezcla para obtener la clasificación de partículas deseada para unas propiedades de flujo óptimas y/o incorporando en la premezcla aditivos apropiados, como aditivos o mezclas minerales o químicos. Por ejemplo, una mezcla superplastificante puede proporcionar suficiente fluidez a la premezcla para nivelarse por sí misma, mientras que retiene la viscosidad necesaria para permitir la migración y la retención de las burbujas. El uso de mezclas superplastificantes para regular la viscosidad con el fin de conseguir una gasificación y un cambio de volumen óptimos también confiere el beneficio adicional de hacer posible la preparación de la premezcla con un contenido de agua relativamente bajo. Una ventaja del uso de una premezcla con un contenido de agua relativamente bajo es el contenido relativamente bajo de humedad libre residual en el producto después de finalizar el curado primario. Un efecto clave de tener un contenido relativamente bajo de humedad libre residual es una reducción del grado de contracción debido al secado progresivo.

40 Otra ventaja potencial es que el producto puede alcanzar un estado de humedad en equilibrio con el entorno ambiental de manera relativamente más rápida, en comparación con productos que tienen un alto contenido de humedad libre residual (como es el caso de muchos productos tratados en autoclave). Este alcance relativamente más rápido del equilibrio del estado de humedad permite pintar, recubrir o acabar la superficie más rápidamente, por ejemplo, con azulejos u otros recubrimientos, sin preocuparse por la pérdida de humedad a largo plazo.

65 Para dar forma a la premezcla en la configuración deseada se usa un encofrado. Dado que el espumado resulta en un aumento de volumen de la premezcla, el encofrado se llena del 30 al 50 % por debajo del volumen de dicho molde de encofrado. En la realización descrita anteriormente, la premezcla formada se confina en el encofrado con

el fin de contribuir al perfil de porosidad deseado. Esencialmente, el confinamiento supone el uso de un encofrado con una tapa para contener el ascenso de la premezcla y causar el colapso de la mezcla en expansión en contacto con la tapa. Alternativamente, el colapso de la mezcla en expansión puede conseguirse por técnicas como enrasado, alisado y/o apisonado con rodillo. Dependiendo del equipo usado, el enrasado y/o el alisado pueden

5 llevarse a cabo con vibración. En este caso, puede requerirse la aplicación repetida de estas técnicas para conseguir el efecto deseado. Se apreciará que estas técnicas son en sí mismas formas de "confinamiento", dado que promueven el colapso de las burbujas (en la superficie de la premezcla). Las superficies de las paredes del encofrado pueden también causar el colapso de la mezcla en expansión en contacto con dichas superficies. El

10 colapso de la mezcla en expansión resulta en la producción de una corteza relativamente densa en las superficies exteriores del producto. El suelo del encofrado puede causar también cierto grado de colapso de las burbujas, aunque es probable que la migración de las burbujas alejándose del suelo sea responsable de la formación de una región exterior menos porosa en esa zona. El uso de una técnica de vibración apropiada también contribuirá a la migración ascendente de las burbujas y ayudará a densificar la región de la corteza del fondo en contacto con el encofrado.

15 Para un confinamiento adecuado, la tapa y las superficies del encofrado en contacto con la premezcla deben ser suficientemente rígidas y presentar suficiente estabilidad térmica para proporcionar resistencia frente a la presión de levantamiento y a cualquier calor generado durante la gasificación de la premezcla. La tapa del encofrado se fabrica preferentemente de tal manera que permita la disipación de gas cuando las burbujas de gas colapsan en la

20 superficie de contacto entre la premezcla y la tapa. Por ejemplo, la tapa puede estar revestida con una membrana semiporosa de tela o malla para facilitar la disipación de gas. Las diversas superficies del encofrado en contacto con la premezcla (incluida la tapa) pueden incluir un relieve superficial con el fin de producir una superficie estampada en el producto.

25 En una realización de la invención, la totalidad del encofrado puede someterse a vibración vertical y/o lateralmente con una frecuencia (por ejemplo, de 50 Hz en el caso de vibración vertical y de 1 a 5 Hz en el caso de vibración lateral) y amplitud apropiadas, con el fin de conseguir una distribución uniforme de la lechada dentro del encofrado, controlar la distribución transversal de las burbujas y/o mejorar la calidad de acabado de las superficies del producto. La vibración puede contribuir a la migración de las burbujas de gas hacia arriba a través de la premezcla, lo que

30 resulta en un aumento de la densidad en las regiones inferiores de dicha premezcla. La vibración puede conducir asimismo a un aumento de la densidad en las regiones superiores de la premezcla, causado por la migración de las burbujas y su colapso debido al confinamiento. Según se ha señalado, el confinamiento de la superficie superior de la premezcla puede conseguirse mediante el uso de una tapa o por enrasado, alisado y/o apisonado con rodillo.

35 Es posible producir un producto con un perfil de porosidad en etapas definido proporcionando capas individuales (o estratos) con la porosidad requerida. Por ejemplo, puede formarse una capa con una porosidad relativamente baja (alta densidad) en el fondo del un encofrado mediante una de las técnicas descritas. Después, puede introducirse y procesarse (según se describe en este documento) más premezcla con el fin de producir una capa/región de mayor porosidad. Esto puede repetirse para proporcionar capas discretas con el perfil de porosidad diseñado. Puede que

40 se requiera un curado parcial de las capas "individuales" para evitar la mezcla de dichas capas individuales. El producto resultante tiene límites relativamente definidos entre las regiones de diferente porosidad, pero es monolítico y es poco probable que sufra problemas de incompatibilidad entre dichas regiones.

45 La gasificación de la premezcla resulta en una reducción de la resistencia proporcional a la reducción de la densidad causada por dicha gasificación. Por lo tanto, de acuerdo con la invención, para una premezcla dada de una resistencia específica concreta, es posible de acuerdo con la invención preparar productos con diferentes relaciones entre resistencia y densidad variando la cuantía de la gasificación. También es posible controlar la densidad (y la resistencia) del producto formado de acuerdo con la presente invención variando la medida en la que colapsan las burbujas generadas en la premezcla. Esto puede conseguirse variando el grado de confinamiento de la premezcla

50 en expansión. Para un volumen inicial dado de la premezcla antes de que comience la expansión en un volumen fijo de molde de encofrado, el grado de confinamiento que se consigue en último término se rige por la cantidad de cambio de volumen adicional que se permite que tenga lugar dentro del encofrado confinado. Una premezcla a la que se permite expandirse más mostrará una menor densidad en comparación con una premezcla a la que se permite expandirse menos. Por lo tanto, la variación del confinamiento de la premezcla en expansión ofrece un modo cómodo y relativamente sencillo de influir en las características del producto. Ventajosamente, por lo tanto, la invención permite adaptar las propiedades del producto cementoso, específicamente la relación entre resistencia y densidad, sin tener que cambiar el diseño de la mezcla. Por consiguiente, en otra realización, la presente invención proporciona un método para la preparación de al menos dos productos cementosos que se forman a partir de una única (es decir, la misma) premezcla y tienen una relación entre resistencia y densidad diferente. En esta realización,

60 los al menos dos productos cementosos se forman de acuerdo con el método descrito en este documento y la relación entre resistencia y densidad de cada producto cementoso se controla variando el grado de confinamiento de la premezcla a medida que se expande a causa de la generación de burbujas de gas dentro de la matriz. Los productos preparados mediante el método de vaciado confinado pueden presentar una resistencia a la flexión el 30 % superior, resistencias a la compresión de hasta el 15 % superiores y una capacidad de absorción de agua de

65 hasta el 50 % inferior a las de un producto preparado convencionalmente.

La relación entre resistencia y densidad de los productos cementosos formados de acuerdo con la presente invención puede conseguirse también sobre la base de la selección de la resistencia de la premezcla. Por lo tanto, para premezclas de densidad similar y gasificadas en la misma medida durante la formación del producto, una premezcla de una resistencia relativamente dará lugar a un producto de mayor relación entre resistencia y densidad que una premezcla de resistencia relativamente baja. Esto permite una mayor flexibilidad en la preparación de productos, ya que la variación solamente de la densidad de una única premezcla (por gasificación) puede no resultar en un producto con la relación entre resistencia y densidad deseada. Después de haber conseguido el perfil de porosidad deseado, el método implica el curado por calor de la premezcla para conseguir la resistencia requerida para su manejo, transporte y rendimiento en servicio. El curado por calor tiene lugar típicamente a presión atmosférica. Típicamente, la resistencia a un día del producto después del curado por vapor está en el intervalo de 8 a 10 MPa, pero puede exceder los 15 MPa dependiendo del diseño de la mezcla.

Antes del curado, la superficie superior del producto puede acabarse por técnicas convencionales como cortado, enrasado, alisado y/o apisonado con rodillo. Según se ha señalado anteriormente, el enrasado y el alisado pueden implicar la vibración del listón o la llana usados. Este acabado puede ayudar a producir un acabado de superficie lisa, adecuado para un tratamiento superficial como la pintura. Sin embargo, puede que esto no sea necesario si el producto tiene ya propiedades superficiales adecuadas.

Ventajosamente, el método de la invención resulta en un producto cementoso con un perfil de porosidad característico y esto puede conferir propiedades beneficiosas al producto. Por lo tanto, el producto tiene relativamente menos material de matriz en su zona central (debido a la mayor porosidad en la misma) y más material de matriz en las regiones exteriores (debido a la menor porosidad en las mismas). Esta estructura puede conferir propiedades de soporte de carga ventajosas en comparación con un producto de cemento monolítico (en bloque) con la misma forma macroscópica, pero con porosidad y densidad homogéneas. La distribución del material de matriz en el producto formado de acuerdo con la invención puede hacer que el producto se comporte como un componente de sección en doble T y esto puede conducir como resultado a una mejora de la resistencia a la flexión y al doblado. Los productos de la invención tienen regiones exteriores densas y esta estructura puede conferir también ventajas en cuanto a las propiedades del producto. La presencia de regiones exteriores densas, preferentemente como cortezas exteriores densas consolidadas, puede conferir resistencia a impactos, resistencia a la abrasión y resistencia a la absorción de agua. La presencia de cortezas exteriores lisas (como pueden prepararse por un acabado de precurado) puede significar también que el producto es más apto para un tratamiento superficial como la pintura, sin necesidad de enlucir la superficie. Existe una tendencia a preparar algunos productos de hormigón celular mediante el corte de bloques monolíticos, de modo que se exponen los poros y los huecos en la superficie del producto. Los productos de la presente invención son superiores debido a la presencia de regiones exteriores densas y preferentemente consolidadas en el producto. También puede aplicarse una amplia gama de acabados arquitectónicos decorativos, estampados o texturas durante el vaciado, ya sea colocando plantillas o inclusiones adecuados en el fondo del encofrado antes del vaciado o aplicando estos en la parte superior antes del endurecimiento del producto.

La presente invención proporciona también un producto de cemento poroso con el tipo de perfil de porosidad según se describe en este documento. Estos productos pueden prepararse por el método de la presente invención.

Se apreciará que el perfil de porosidad de los productos formados de acuerdo con la presente invención puede variar dependiendo de la sección transversal a través del producto a lo largo de la cual se determina dicho perfil. La orientación de la sección transversal en la que se observa el perfil de porosidad está relacionada con la manera en la que se preparan los productos, como debería quedar claro a partir de la descripción anterior del método de la invención. En ciertas secciones transversales, los productos de la presente invención no mostrarán ninguna variación significativa de la porosidad. Por ejemplo, probablemente existirá muy poca variación de la porosidad en una sección transversal perpendicular a la sección transversal en la que se observa el perfil de porosidad deseado.

En los productos cementosos porosos de la invención, la porosidad es relativamente baja en las superficies exteriores del producto y aumenta al alejarse de las superficies exteriores a lo largo de la sección transversal relevante. Esto significa que, en dicha sección transversal, los productos tienen una región central con una densidad relativamente baja (más porosa) y regiones exteriores de mayor densidad (menos porosas). Típicamente, el tamaño de poro medio también varía gradualmente a lo largo de la sección transversal relevante. Esto significa que, a lo largo de dicha sección transversal, la porosidad aumenta al alejarse de la superficie exterior del producto, tiene su máximo en algún punto dentro de la masa del producto y disminuye hacia la superficie exterior. Una distribución tal puede representarse por una curva relativamente regular (de la distancia a lo largo de la sección transversal frente a la porosidad). Idealmente, la distribución puede ser regular y simétrica, como la representada por una curva de distribución normal en forma de campana, aunque en la práctica, la curva de distribución es probablemente asimétrica. Por lo tanto, puede que la máxima porosidad no se produzca de hecho en el punto medio de la sección transversal relevante. Sin embargo, es importante que el producto incluya regiones exteriores relativamente densas y una región interior (o central) relativamente menos densa.

En una realización, la porosidad varía en etapas a lo largo de la sección transversal relevante, representando cada etapa una clara demarcación entre regiones a lo largo de la sección transversal con un tamaño de poro medio

concreto. En los términos más simples, el producto puede comprender una región exterior con una porosidad relativamente baja, una región interior con mayor porosidad y otra región exterior con una porosidad relativamente baja (que puede ser igual o diferente a la de la región exterior mencionada en primer lugar).

- 5 El perfil de porosidad de un producto dado puede determinarse por técnicas de análisis de imágenes, bien conocidas en la técnica. En la práctica, el producto se corta a lo largo de una sección transversal seleccionada y se obtiene una imagen de la sección transversal que se segmenta digitalmente en capas. Después se cuentan los poros (que aparecen como huecos o burbujas) y el área de poros se expresa como porcentaje con respecto al área total del segmento que se examina. El valor obtenido es una estimación de la porosidad del segmento. Puede desarrollarse un perfil de porosidad de una sección transversal concreta representando el porcentaje de porosidad frente a la posición a lo largo de la sección transversal (a menudo, en este caso se usa la profundidad desde la superficie superior de la muestra a lo largo de la sección transversal). Según se explica anteriormente, la porosidad aumenta a lo largo de la sección transversal relevante al alejarse de las superficies exteriores del producto.
- 10
- 15 Típicamente, la máxima porosidad de los productos de acuerdo con la presente invención es del 25 al 60 %, preferentemente del 25 al 45 %. El máximo se observa generalmente en una región que corresponde a un porcentaje del 20 al 80 %, preferentemente del 40 al 60 % a lo largo del espesor de la sección transversal elegida. La mínima porosidad de los productos de acuerdo con la invención es normalmente inferior al 20 %, preferentemente inferior al 10 %. El mínimo se observa generalmente en las regiones exteriores del producto, por ejemplo, a una distancia del 20 % o menos, preferentemente del 40 % o menos a lo largo del espesor de la sección transversal con respecto a las superficies exteriores del producto. Se apreciará que esto implica que los productos incluirán una región central relativamente porosa de baja densidad y regiones exteriores relativamente no porosas de alta densidad. Una porosidad inferior al 10 % corresponde a una estructura relativamente densa y esto puede observarse en las superficies exteriores del producto que se extienden hacia el interior a lo largo de la sección transversal relevante. Cuando está presente, el espesor de esta capa (o corteza) densa es típicamente de aproximadamente el 10 % del espesor del producto a lo largo de la sección transversal.
- 20
- 25

En una realización preferida, la premezcla usada es una premezcla de alta resistencia con una resistencia a la compresión de 60 a 120 MPa (en forma no gasificada). Una premezcla tal hace posible producir productos con una relación entre resistencia y densidad relativamente alta. Por lo tanto, tales productos tienen típicamente una densidad relativamente baja, por ejemplo, densidades en seco en el intervalo de 1.000 a 1.500 kg/m³ y una resistencia a la compresión relativamente alta, por ejemplo, en el intervalo de 10 a 25 MPa. Tales productos tienen una resistencia a la compresión suficiente para un rendimiento de soporte de carga, pero con un peso significativamente reducido. De hecho, la presente invención hace posible la preparación de productos con una relación entre resistencia y densidad que es prácticamente el doble de la de los productos cementosos ligeros existentes usados en la industria de la construcción.

30

35

Un producto gasificado preparado con una premezcla de resistencia relativamente alta puede tener un contenido de agua relativamente bajo, por ejemplo, del 12-15 % (después del curado, los productos tratados en autoclave tienden a tener un contenido de humedad del 25-35 %). Este bajo contenido de agua residual puede conseguirse como resultado del uso de un superplastificante. El producto obtenido muestra ventajosamente una resistencia temprana relativamente alta, especialmente con la ayuda de un curado acelerado por calor, el uso de un cemento de alta resistencia temprana u otros agentes o mezclas acelerantes apropiados. Una relativamente alta velocidad de desarrollo de resistencia temprana ofrece la ventaja de minimizar el daño durante el desencofrado, así como de minimizar el riesgo de daños por manejo, desconchados y roturas durante las actividades de transporte y construcción, así como de levantamiento e instalación. Tales tipos de daños se observan normalmente en muchos productos ligeros con una relación entre resistencia y densidad relativamente baja. Por lo tanto, la formación de un producto cementoso de resistencia relativamente alta puede ser beneficioso incluso cuando dichas propiedades no se necesitan para requisitos funcionales o de rendimiento (por ejemplo, la aplicación puede no ser de soporte de carga).

40

45

50

En la presente invención, el uso de una premezcla de resistencia relativamente alta hace posible la preparación de productos con una resistencia a un día no muy alejada de la resistencia del producto a 28 días. Por ejemplo, el uso de una premezcla de resistencia relativamente alta puede resultar en un producto con una resistencia a un día del 75-90 % de la resistencia después de 28 días. Típicamente, el uso de una premezcla de resistencia relativamente alta resulta en productos con resistencias a la flexión y a la compresión a un día en el producto gasificado de al menos 3 y al menos 15 MPa, respectivamente. Estas propiedades se obtienen normalmente en condiciones de curado acelerado por calor. El producto puede producirse por curado por calor a presión atmosférica. Este valor de la resistencia a un día excede los requisitos de la "resistencia en verde" usados generalmente como guía para la retirada del encofrado en la preparación de hormigón prefabricado. Por ejemplo, los paneles de hormigón de densidad normal pueden desencofrarse y levantarse cuando su resistencia a la compresión tiene un valor próximo a 12-15 MPa.

55

60

En cuanto a las propiedades mecánicas, los productos de la invención muestran generalmente resistencias a la flexión de 3-4 MPa para resistencias a la compresión de 15-20 MPa, por ejemplo, de 15-18 MPa, para densidades del producto de 1.300-1.500 kg/m³. Este resultado para la resistencia a la flexión es significativamente superior al

65

normalmente alcanzado en hormigón de densidad normal de resistencias a la compresión similares y puede atribuirse a la presencia de una corteza exterior relativamente densa en el producto.

5 De acuerdo con la invención, es posible preparar productos con una conductividad térmica de 0,3-0,6 W/m.K para densidades en seco del producto de 900-1.300 kg/m³, por ejemplo, de 0,3-0,5 W/m.K para densidades en seco del producto de 900-1.200 kg/m³. Esta es entre tres y seis veces inferior a la del hormigón de peso normal de la misma resistencia. El objetivo de muchos materiales existentes es conseguir un equilibrio entre resistencia, peso y rendimiento térmico mediante el laminado de materiales de distintas densidades en una acción compuesta, por ejemplo, una lámina de cemento fibroso con relleno de una lámina de hormigón con poliestireno. Estos materiales compuestos tienen desventajas definidas debido a incompatibilidad de los materiales, una adhesión potencialmente pobre entre las capas del material compuesto, una reciclabilidad reducida por el contenido de material mixto y tasas de envejecimiento variables y una contracción diferencial para las diferentes capas de materiales dentro del material compuesto. Los productos cementosos de la presente invención evitan todos estos problemas.

15 En resumen y sin un orden especial, las ventajas clave asociadas con la presente invención con respecto a la tecnología convencional incluyen las siguientes:

20 1. La invención puede aplicarse para la preparación de productos con una alta relación entre resistencia y densidad mediante la gasificación de una matriz cementosa de muy alta resistencia.

2. El proceso por el que se preparan los productos tiene gran flexibilidad, basada en una gasificación confinada/contenida que produce diferentes calidades/grados de producto con una única instalación y un único diseño de la mezcla.

25 3. El control de la eficiencia del vaciado y la gasificación puede conseguirse a través del uso de superplastificantes de alto rendimiento para regular la reología de la mezcla. Esto permite producir productos con un contenido de agua relativamente bajo con las consiguientes ventajas en cuanto a resistencia temprana y contenido reducido de humedad libre residual.

30 4. La invención puede aplicarse a la preparación de un producto monolítico con cortezas exteriores relativamente fuertes sin los problemas de los materiales compuestos laminados que usan capas separadas de material de diferente densidad. Tales materiales compuestos muestran con frecuencia incompatibilidad/deslaminación en las superficies de contacto de los materiales.

35 5. El proceso de preparación de la invención es un proceso con necesidades energéticas relativamente bajas en comparación con el uso de (vapor) autoclaves para la preparación de tales productos. Los autoclaves tienden a ser extremadamente costosos y pueden introducir un exceso de humedad en el producto formado. Esto puede tener un efecto adverso en la estabilidad dimensional del producto en servicio a medida que dicho producto se seca. Además, el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio hídrico puede tener consecuencias para la contracción del producto así como la calidad del acabado superficial.

45 Los productos de la presente invención pueden tomar diversas formas, dependiendo del uso previsto. Por ejemplo, los productos pueden proporcionarse en forma de losas planas, paneles de pared, tejas, sistemas de bloques y adoquines. Los productos se adecúan especialmente al uso en la industria de la construcción como materiales de construcción y, en particular, en aplicaciones de soporte de carga. En ello, la invención puede proporcionar una serie de ventajas, por ejemplo:

(a) reducción del uso de materiales;

50 (b) reducción de las cargas muertas estructurales, lo que afecta al tamaño de los cimientos y los elementos estructurales;

(c) mejora potencial del rendimiento térmico;

55 (d) mejora del rendimiento bajo cargas dinámicas, por ejemplo, terremotos;

(e) mejora de la eficiencia de la construcción a través de una reducción de las necesidades de elevación de cargas y de uso de grúas.

60 (f) reducción de la energía de transporte; y

(g) mejora de la resistencia al fuego.

65 Los productos cementosos de la presente invención pueden incluir componentes de refuerzo convencionales, como barras o mallas de acero, que pueden requerirse en ciertas aplicaciones. En este caso, el/los elemento/s de refuerzo se coloca/n apropiadamente en la premezcla durante la preparación del producto cementoso según se describe en

este documento. Normalmente, el/los elemento/s de refuerzo se mantendrá/n en la posición deseada en la premezcla hasta que se haya producido el curado adecuado. En este caso, el/los elemento/s de refuerzo puede/n unirse o apoyarse en el encofrado en el que se introduce la premezcla. Se apreciará que la metodología descrita en este documento para conseguir un perfil de porosidad deseado puede variar dependiendo del tipo y/o la orientación del/los elemento/s de refuerzo usado/s en una premezcla. Por ejemplo, puede que no sea posible distribuir las burbujas de gas en una premezcla mediante un tubo de inyección si el/los elemento/s de refuerzo impide/n el movimiento necesario del tubo a través de la premezcla.

Cuando se usan refuerzos de acero o similares, una densa corteza exterior en el producto puede contribuir también a la durabilidad de dicho producto al proporcionar resistencia al agua, con lo que se minimiza o impide la corrosión del/los elemento/s de refuerzo.

Los ejemplos siguientes no limitantes ilustran la presente invención.

15 **Ejemplo 1**

Una mezcla adecuada presenta la formulación siguiente:

- Cemento de Pórtland - 75-100 % con respecto al peso total de aglutinantes.
- Cenizas volantes - 0-15 % con respecto al peso total de aglutinantes.
- Humo de sílice - 0-10 % con respecto al peso total de aglutinantes.
- Harina de sílice - 0-10 % con respecto al peso total de cargas de áridos finos.
- Arena - una arena de sílice bien clasificada, de grano relativamente fino o equivalente, con un tamaño máximo no superior a 600 μm , con relaciones ponderales entre arena y aglutinante de 1:1 hasta 2:1, siendo preferible el menor contenido de arena cuando se producen mezclas con relaciones entre resistencia y densidad relativamente altas. La clasificación de la arena puede modificarse para incorporar un pequeño porcentaje (de hasta el 30 %) de materiales relativamente más gruesos en el intervalo de tamaños de 1,2 a 2,4 mm para mejorar la compactación y atenuar la contracción en su caso.
- Agua en cantidades de entre 270 y 330 l/m^3 de mezcla de mortero fresco.
- Superplastificantes - en el intervalo de 10 a 20 l/m^3 de mezcla fresca en el caso de superplastificantes de lignosulfonato de alto rendimiento o de 5 a 10 l/m^3 de mezcla fresca en el caso de superplastificantes de policarboxilato La dosis usada está relacionada con el control de la viscosidad de la mezcla para hacer posible que se nivele por sí misma para facilitar el vaciado, pero con suficiente viscosidad para atrapar las burbujas de gas que se generan.
- Un compuesto de aireación/gasificación a base de aluminio a entre el 0,1 y el 0,2 % con respecto al peso del contenido de cemento de Pórtland.

Los morteros sin espumar producidos de acuerdo con las proporciones de mezcla relativas descritas alcanzan típicamente resistencias a la compresión de entre 60 y 120 MPa a edades de entre 7 y 28 días, dependiendo del método de curado. Con la introducción de las burbujas de gas, las mezclas de mortero con resistencias a la compresión en el intervalo de 60 a 120 MPa producirán un producto ligero acabado con una resistencia a la compresión de entre 10 y 25 MPa y densidades por secado al aire en el intervalo de 1.000 a 1.500 kg/m^3 . El uso de una matriz de resistencia relativamente alta en el mortero sin espumar también hace posible obtener una resistencia temprana relativamente alta en el producto expandido, lo que permite retirar el producto del encofrado con menor riesgo de rotura. Típicamente, la resistencia a un día del producto espumado después del curado es de aproximadamente el 75-90 % de su resistencia a 28 días.

55 **Ejemplo 2** - Formación de un producto acabado a partir de una premezcla adecuada

En este ejemplo se produce un panel de aproximadamente 0,6 m de anchura y 1,8 m de longitud con un espesor de 75-100 mm.

En términos generales, el método implica el mezclado de los materiales húmedos y secos mediante un proceso de mezclado adecuado, el vertido de la premezcla en el molde de encofrado con confinamiento, aplicación de compactación por vibración según se requiera, el acabado de la superficie según se requiera y el curado del producto, así como el desencofrado después del periodo de curado. El ciclo de producción total usado dura aproximadamente 22 horas y la tabla siguiente muestra lo que implica.

ES 2 454 193 T3

Actividad	Duración de la actividad (h)	Duración acumulada del proceso (h)
Mezclado	0,25	0,25
Vaciado	0,25	0,5
Tiempo de espera antes del acabado	1,5-3,5	2-4
Acabado	0,25	2,25-4,25
Transporte a la cámara de curado	0,25	2,5-4,5
Curado por calor (más enfriamiento)	16	18,5-20,5
Desencofrado	0,5	19-21
Limpieza del encofrado para el siguiente vertido	1	20-22
Duración total del ciclo		20-22

- Los aglutinantes que contienen puzolanas muy finas como el humo de sílice pueden requerir periodos más largos para fraguar antes del acabado debido a su mayor contenido de superplastificantes. Sin embargo, la extensión del periodo de fraguado se atenúa por la elevada temperatura de la mezcla fresca en el molde, que es típicamente de 35-40 °C en las condiciones estándar de laboratorio.

La etapa de mezclado supone una serie de etapas individuales según se ilustra en la tabla siguiente

Etapa	Acción	Duración de la etapa (min)
1	Añadir toda el agua de la mezcla en el recipiente de mezclado con aproximadamente el 75 % del superplastificante requerido. (La temperatura del agua de mezcla es de 70 °C)	0
2	Comenzar el mezclado a baja velocidad y añadir gradualmente todo el cemento durante un periodo de tres minutos	2-3
3	Añadir los otros materiales del aglutinante (por ejemplo, humo de sílice o harina de sílice) durante los dos minutos siguientes. Aumentar la velocidad del mezclador	1-2
4	Añadir la arena en los tres minutos siguientes - mezclar a alta velocidad. Añadir el 25 % restante de superplastificante (periodo de reposo opcional de aproximadamente un minuto, raspar las paredes en caso necesario)	2-3
5	Continuar el mezclado durante otros 2-3 minutos con el mezclador a alta velocidad	2-3
6	Añadir la suspensión de aluminio y mezclar durante 30-60 s a alta velocidad	0,5-1
7	Detener el mezclador y colocar el recipiente de mezcla para el vertido	1
8	Llevar a cabo el vertido en el molde de encofrado	1

- 10 La premezcla fresca se vierte en el molde de encofrado, llenándolo por debajo de su capacidad al nivel requerido (típicamente aproximadamente al 70 % del espesor final del producto). Se aplica una vibración apropiada verticalmente (por ejemplo, de 50 Hz) y/o lateralmente (por ejemplo, de 1 a 5 Hz) para promover la nivelación de la mezcla por sí misma y mantener su consistencia y reología durante la producción de gas con el fin de conseguir el cambio de volumen requerido. Un conjunto de placa superior se coloca sobre el encofrado y se fija para proporcionar confinamiento. La placa superior se retira a los 30-60 min después del vaciado, tiempo en el no se produce ningún cambio de volumen residual y la mezcla formada es suficientemente firme para retirar la placa superior. Este periodo puede variar dependiendo de las condiciones de temperatura ambiente, con un periodo ligeramente superior requerido en condiciones más frías.
- 15
- 20 Cuando se usa una placa de confinamiento superior, la superficie superior formada es plana y solo se requieren unos recortes mínimos para eliminar el exceso de mortero en el perímetro lateral. Esta superficie puede acabarse por diversos métodos. Sin embargo, preferentemente se apisona con un rodillo de acero liso, lo que contribuye a formar una costra densa en la superficie superior.
- 25 El tiempo requerido antes de que tenga lugar el acabado puede depender significativamente del diseño de la mezcla, las condiciones de temperatura ambiente y la temperatura del producto durante el proceso de fraguado. Típicamente, los paneles pueden acabarse en un plazo de dos horas después del vaciado. Adicionalmente, el tiempo necesario para el acabado puede variar también con el método usado para el acabado de la superficie, por ejemplo, el enrasado, alisado y apisonamiento con rodillo que pueden usarse para introducir un efecto de

confinamiento. La influencia de estos materiales y de los parámetros de preparación sobre el tiempo requerido antes del acabado puede verificarse experimentalmente dependiendo de los diseños de la mezcla usados en realidad y de las condiciones de preparación. En paneles preparados sin confinamiento, el exceso de material por encima del encofrado puede cortarse o eliminarse por enrasado y el producto puede acabarse de la misma manera que el panel confinado.

El encofrado se traslada a las cámaras de curado después de las operaciones de acabado. Esto tiene lugar típicamente entre dos y cuatro horas después del vaciado. Es necesario tener cuidado al hacerlo, ya que el mortero no está todavía suficientemente endurecido para resistir sacudidas bruscas u otras cargas de impacto debidas al transporte. La rigidez de las bases del encofrado también contribuirá a atenuar cualquier flexión que pueda causar el agrietamiento prematuro de los paneles. Las formas laterales permanecen en el encofrado y solo se retiran al completarse el ciclo de curado.

El curado por calor se usa para obtener un ciclo de producción realista en un periodo de 24 horas, de modo que el encofrado pueda volverse a usar con una velocidad razonable. Típicamente, la temperatura del producto al comienzo del ciclo de curado es de entre 35 y 40 °C. La temperatura del producto se controla durante la etapa de curado por calor por medio de un termopar incorporado que está conectado a un sistema de control por ordenador. Un perfil de temperaturas típico medido en el punto medio dentro de una muestra de 100 mm de espesor se muestra en la figura 1. Las características principales de este perfil de temperaturas son:

- una fase de calentamiento a una velocidad media de 15 °C/h
- una temperatura máxima de aproximadamente 70 °C
- una fase de enfriamiento gradual a aproximadamente 30-40 °C antes del desencofrado

En el proceso mostrado, la cámara se enfrió por sí misma durante un periodo de tiempo después de cerrar la entrada de vapor. La madurez acumulada del producto en el momento del desencofrado es de aproximadamente 500 °C.h (la madurez acumulada se calcula como la suma de la temperatura y el tiempo, es decir $E(T-T_0) \delta t$, en donde $T_0 = 0$ °C). El calentamiento y enfriamiento graduales simulan un escenario de curado posible en la práctica en el que una pila de productos se desplaza a través de un túnel de curado por calor que nominalmente está a menor temperatura en los extremos de entrada y salida pero tiene una sección relativamente caliente en el interior.

Ejemplo 3

El ejemplo siguiente describe la formación y propiedades de un producto de panel, típicamente de 0,6 m de anchura x 1,8 m de longitud y con espesores entre 75 y 100 mm. El producto se prepara mediante la metodología del ejemplo 2, con una formulación de mezcla de la composición indicada a continuación. Los paneles se refuerzan con una capa de refuerzo de malla de acero colocada centralmente a mitad del espesor. En caso de elementos estructurales de soporte de carga se usa una malla del tipo F62, mientras que en todos los demás casos se usa una malla del tipo F42 nominal.

	Cantidades por m ³ de mezcla sin airear (cantidades por m ³ en mezcla aireada)
Cemento de tipo GP (kg)	865 (502)
Humo de sílice (kg)	96,2 (56)
Arena (kg)	961,6 (557)
Agua (kg)	309,1 (180)
Superplastificante (Adva 135) (l)	9,6 (5,5)
Pasta de aluminio (Eckart AC-33) (kg)	0,7-1,1 (0,5-0,7)
Rendimiento de producto fresco (kg/m ³)	2.245
Densidad en húmedo de la premezcla (kg/m ³)	1.300

Los datos de rendimiento típicos de los paneles producidos incluyen:

- Una densidad en seco del panel (en condiciones estándar de laboratorio) de entre 1.300 y 1.500 kg/m³ con una resistencia a la compresión de hasta 20 MPa y resistencias a la flexión de hasta 4 MPa.
- Una contracción por secado a 56 días relativamente baja de 500 ppm de tensión, con una contracción final prevista inferior a la contracción de diseño típica a 30 años para ambientes interiores.

ES 2 454 193 T3

- Una conductividad térmica relativamente baja de 0,6 W/m.K, entre dos y tres veces inferior a la del hormigón de densidad normal.
- 5
- Buen aislamiento contra el fuego de más de dos horas.
 - Buen potencial de durabilidad con una profundidad de capacidad de absorción de agua a 24 h de aproximadamente 10 mm, que excede los requisitos de la norma AS3600 para la clasificación de exposición B2.
- 10
- Buena resistencia frente a impactos fuertes, proporcionando este producto una resistencia al impacto equivalente a la de un hormigón de densidad normal y resistencia similar y siendo solo un 30 % menos resistente cuando se compara con un hormigón de densidad normal y doble resistencia.
- 15
- Buena resistencia a la extracción, superior a 3 kN, lo que proporciona suficiente capacidad para la fijación de accesorios de pared (por ejemplo, armarios de cocina) con un peso de 200 kg por m lineal.
 - No debería mostrar diferencias en cuanto a tasas de pérdida de servicio en las condiciones de manejo en comparación con un hormigón de resistencia normal o un hormigón de densidad normal.
- 20
- Una capacidad adecuada para resistir cargas de viento para el estado límite de agotamiento de la resistencia y el estado límite de servicio.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la preparación de un producto cementoso poroso, método que comprende, en el orden siguiente:
- 5 (a) formar una premezcla cementosa que comprende arena como árido mediante mezclado de los componentes de la premezcla con agua,
- (b) mezclar la premezcla cementosa formada en (a) con un agente generador de gas termoactivado y vaciar inmediatamente la premezcla en la configuración deseada en un encofrado, en el que la mezcla es suficientemente
10 viscosa para conseguir la retención de burbujas de gas, pero no tan viscosa como para inhibir la formación de burbujas de gas, en el que el encofrado se llena del 30 al 50 % por debajo de su volumen,
- (c) permitir la generación de burbujas de gas dentro de la premezcla por una reacción en la que interviene el agente generador de gas termoactivado, lo que causa la expansión de la premezcla en el encofrado,
15
- (d) causar el colapso de la premezcla en expansión en su superficie superior poniéndola en contacto con una tapa de encofrado o sometiendo la superficie superior a un alisado, enrasado y/o apisonado con rodillo, y
- (e) curar la premezcla;
20
- en el que las burbujas de gas se generan y/o colapsan en lugares específicos dentro de la premezcla, con el fin de producir un perfil de porosidad a lo largo de una sección transversal del producto, de modo que dicho producto comprende una región central de densidad relativamente baja y regiones exteriores de mayor densidad.
- 25 2. El método de la reivindicación 1, en el que el producto cementoso poroso se prepara sin una etapa de tratamiento en autoclave.
3. El método de la reivindicación 1, en el que la premezcla cementosa comprende un material árido y el material árido consiste en arena y supone hasta el 30 % en peso con respecto al peso total de áridos de materiales más
30 gruesos en el intervalo de tamaños de 1,2 a 2,4 mm.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la tapa del encofrado se fabrica preferentemente de tal manera que permita la disipación de gas cuando las burbujas de gas colapsan en la superficie de contacto entre la premezcla y la tapa.
35
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que, después del vaciado pero antes del curado, el encofrado se somete a vibración vertical y/o lateralmente con una frecuencia y amplitud apropiadas, con el fin de conseguir una distribución uniforme de la premezcla dentro del encofrado, controlar la distribución transversal de las burbujas y/o mejorar la calidad del acabado de las superficies del producto.
40
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la viscosidad de la premezcla se controla variando la temperatura de dicha premezcla, mezclando materiales finos en la premezcla para obtener la clasificación de partículas deseada para unas propiedades de flujo óptimas y/o incorporando en la premezcla aditivos apropiados.
- 45 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la viscosidad de la premezcla se controla por incorporación de un superplastificante en dicha premezcla.
8. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la relación entre resistencia y densidad del producto cementoso se controla variando la medida en que se gasifica la premezcla.
50
9. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la relación entre resistencia y densidad del producto cementoso se controla variando el grado de confinamiento de la premezcla a medida que se expande a causa de la generación de burbujas de gas dentro de la matriz.
- 55 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la relación entre resistencia y densidad del producto cementoso se controla por selección basada en la resistencia de la premezcla.
11. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el producto cementoso tiene una corteza exterior densa consolidada.
60
12. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la premezcla es una premezcla de alta resistencia con una resistencia a la compresión de 60 a 120 MPa (en forma no gasificada).
- 65 13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la premezcla se usa para preparar un producto cementoso con una densidad en seco de 1.000 a 1.500 kg/m³ y una resistencia a la compresión de 10 a 25 MPa.

ES 2 454 193 T3

14. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el producto cementoso tiene una resistencia a un día del 75-90 % de su resistencia a 28 días.
- 5 15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el producto se cura por calor a presión atmosférica.
16. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el producto cementoso muestra una resistencia a la flexión de 3-4 MPa para resistencias a la compresión de 15-20 MPa y densidades del producto de 1.300-1.500 kg/m³.
- 10 17. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el producto cementoso tiene una conductividad térmica de 0,3-0,6 W/m.K para densidades en seco del producto de 900-1.300 kg/m³.
18. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se usa mezclado de gran cizalladura para variar la temperatura y/o la reología de la premezcla, con lo que puede controlarse al viscosidad de dicha premezcla.
- 15 19. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el producto cementoso tiene un contenido de agua residual relativamente bajo
- 20 20. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el producto cementoso se prepara en forma de una losa plana, un panel de pared, una teja, un sistema de bloques o un adoquín.
21. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el encofrado incluye un relieve superficial con el fin de producir una superficie estampada en el producto.
- 25 22. Un método para la preparación de al menos dos productos cementosos que se forman a partir de una única premezcla cementosa y que tienen una relación entre resistencia y densidad diferente, en el que el método comprende la formación de cada producto cementoso de acuerdo con el método reivindicado en la reivindicación 1, en el que la relación entre resistencia y densidad en cada producto cementoso se controla variando el grado de confinamiento de la premezcla a medida que se expande a causa de la generación de burbujas de gas dentro de la matriz.
- 30 23. Uso de un producto cementoso obtenido por el método reivindicado en la reivindicación 1 en la industria de la construcción como material de construcción.

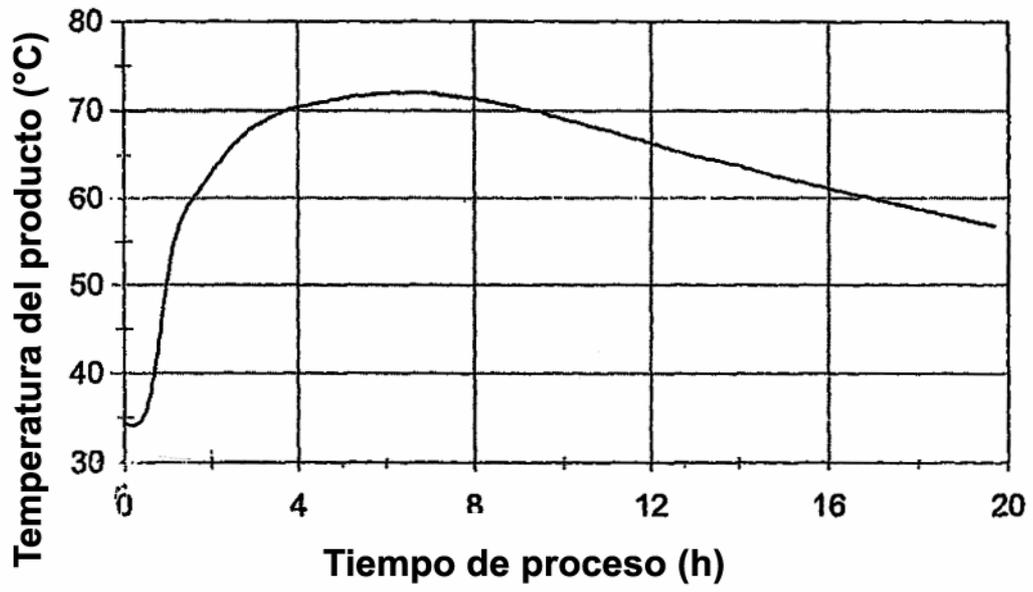


FIGURA 1