

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 469 940**

51 Int. Cl.:

C04B 7/32 (2006.01)

C04B 7/345 (2006.01)

C04B 28/02 (2006.01)

C04B 28/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2010 E 10707605 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014 EP 2391589**

54 Título: **Clínker sulfoaluminoso y procedimiento para su preparación**

30 Prioridad:

28.01.2009 FR 0950506

21.10.2009 FR 0957387

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

20.06.2014

73 Titular/es:

**VICAT (100.0%)
Tour Manhattan 6 place de l'Iris
92095 Paris La Défense, FR**

72 Inventor/es:

**PASQUIER, MICHEL;
BARNES-DAVIN, LAURY y
BEAUVENT, GUY**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 469 940 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

Clínker sulfoaluminoso y procedimiento para su preparación.

5 La presente invención tiene por objeto un nuevo clínker sulfoaluminoso, un procedimiento de preparación de este clínker, así como la utilización del clínker para la preparación de ligante hidráulico y, a continuación, de lechada, hormigón o mortero.

10 La fabricación de los ligantes hidráulicos, y en particular la de los cementos, consiste esencialmente en una calcinación de una mezcla de materias primas cuidadosamente seleccionadas y dosificadas, también conocida por el término "crudo". La cocción de este crudo proporciona un producto intermedio, el clínker, que, triturado con eventuales adiciones minerales, proporciona cemento. El tipo de cemento fabricado depende de la naturaleza y de las proporciones de las materias primas, así como del procedimiento de cocción. Se distinguen varios tipos de cementos: los cementos Portland (que representan la gran mayoría de los cementos producidos en el mundo), los
15 cementos aluminosos (o de aluminato de calcio), los cementos rápidos naturales, los cementos sulfoaluminosos, los cementos sulfobelíticos y otras variedades intermedias. Como estas familias no están totalmente separadas, es preferible describirlas por sus constituyentes químicos y mineralógicos.

20 Los cementos más extendidos son los cementos Portland. Los cementos Portland se obtienen a partir de clínker Portland, obtenidos después de la clinkerización a una temperatura del orden de 1450°C de un crudo rico en carbonato de calcio en un horno.

25 La preparación de tales cementos presenta la desventaja de liberar mucho CO₂. La industria del cemento busca por lo tanto, actualmente, una alternativa válida al cemento Portland, es decir unos cementos que presenten al menos las mismas características de resistencia y de calidad que los cementos Portland, pero que, durante su producción, liberen menos CO₂.

30 Para ello, estos últimos años, las investigaciones se han orientado hacia los cementos denominados sulfoaluminosos y sulfobelíticos, que liberan menos CO₂ que los cementos Portland durante su producción.

Siendo el clínker el resultado de una calcinación a alta temperatura, los elementos están esencialmente presentes en forma de óxidos. Los clínters que permiten la preparación de cementos sulfoaluminosos o de cementos sulfobelíticos se relacionan con un procedimiento de fabricación de un clínker a partir de un crudo constituido por
35 una mezcla que comprende los compuestos CaCO₃, Al₂O₃, y/o Al(OH)₃, CaSO₄, SiO₂, Fe₂O₃ y/o un producto que contiene sílice o silicatos tal como la arcilla, estando todos estos compuestos presentes en forma anhidra o hidratada, individualmente o en combinación.

40 El documento EP 0 039 613 A describe la utilización de boro en los clínker Portland con el fin de disminuir la temperatura de clinkerización, sin embargo, este documento no describe ningún clínker sulfoaluminoso que contiene una fase C₁₁S₄B.

45 En el contexto de estas investigaciones, se han descrito numerosos clínters sulfoaluminosos. Se puede citar por ejemplo la solicitud de patente internacional WO-A-2006/018569 que describe unos clínters sulfoaluminosos belíticos que comprenden del 5 al 25% de fase aluminoferrita cálcica de una composición que corresponde a la fórmula general C₂AF_(1-x), con x comprendido entre 0,2 y 0,8; del 15 al 35% de fase sulfoaluminato de calcio "yee' limite" (C₄A₃\$); del 40 al 75% de belita (C₂S); y del 0,01 al 10% de una o varias fases menores. Como se menciona en esta solicitud de patente, tales clínters contienen, en comparación con la fase alita (C₃S), el principal componente de los cementos Portland, una cantidad más elevada de fase belita (C₂S), lo que es muy beneficioso, ya que conduce a la reducción de las emisiones industriales de CO₂ y del consumo energético. Por otro lado, la belita contribuye al desarrollo de la resistencia a largo plazo del cemento sulfoaluminoso belítico. Sin embargo, esta
50 solicitud de patente no menciona la presencia de fases silicato de calcio dopado con boro C₁₁S₄B y sulfoaluminato de calcio dopado con hierro C₄A_{3-y}\$F_y. Además, no se describe nada en la presente solicitud de patente en referencia a la presencia del polimorfo C₂S_α en la fase C₂S.

55 Ahora bien, el polimorfismo de belita (C₂S) rige su reactividad o su hidraulicidad. Las soluciones sólidas con unos elementos menores tales como el boro, el sodio o el potasio conducen, en una cierta medida, a hacer variar la naturaleza cristalográfica de la belita. La presencia de estos elementos menores, comúnmente denominados mineralizadores, puede también cambiar las temperaturas a las que aparecen ciertas variedades polimórficas.

60 La reactividad de la belita es variable y depende de su forma. En la bibliografía científica, los polimorfos de C₂S aparecen de la siguiente manera, en función de la temperatura:

C ₂ S _γ	C ₂ S _β	C ₂ S _{α'low} (C ₂ S _{α'1})	C ₂ S _{α'high} (C ₂ S _{α'h})	C ₂ S _α
	500°C	675°C	1177°C	1425°C

- La reactividad hidráulica, es decir la velocidad de fraguado y el aumento de la resistencia mecánica, disminuye del polimorfo C_2S_α al polimorfo C_2S_γ . En el caso de los clínkers Portland, la belita, esencialmente representada por el polimorfo C_2S_β , contribuye a la resistencia mecánica a la compresión a largo plazo, es decir en un plazo de 28 días y mucho más. El polimorfo C_2S_α es más reactivo que el polímero C_2S_β y presenta una reactividad que se aproxima a la de la alita C_3S , fase mayoritaria del clínker Portland. El polimorfo C_2S^α representa además una alternativa interesante al C_3S de los clínkers Portland, ya que permite aproximar la reactividad limitando al mismo tiempo las emisiones de CO_2 debidas a una estequiometría menor en calcio y necesitando por lo tanto menos carbonato para fabricarlo. Por lo tanto, es deseable en un clínker que el polimorfo C_2S_α esté presente en la fase C_2S .
- Por otra parte, la presencia de la fase sulfoaluminato de calcio "yee'limite" $C_4A_3\$$ o de la fase sulfoaluminato de calcio dopado con hierro $C_4A_{3-y}\$F_y$ es necesaria para el fraguado y para la resistencia mecánica a la compresión a muy corto plazo del cemento preparado a partir del clínker.
- La presencia simultánea en el clínker de la belita que contiene el polimorfo C_2S_α y de la fase sulfoaluminato de calcio "yee'limite" $C_4A_3\$$ o de la fase sulfoaluminato de calcio dopado con hierro $C_4A_{3-y}\$F_y$ es por lo tanto necesaria para la preparación de un cemento de calidad.
- Ahora bien, el polimorfo C_2S_α aparece a mucho más de $1425^\circ C$. Para alcanzar tal temperatura, se necesita una gran cantidad de energía, lo que conlleva emisiones de CO_2 importantes durante la preparación del clínker. Además, a esta temperatura, la fase sulfoaluminato de calcio "yee'limite" $C_4A_3\$$ está ya fuertemente reabsorbida en Mayenita $C_{12}A_7$, perjudicial para la calidad final del clínker. Además, esta reabsorción está acompañada de una liberación de SO_2 incompatible con la conducta de una instalación industrial respetuosa con el medioambiente. Se observan unos fenómenos idénticos para la fase sulfoaluminato de calcio dopado con hierro $C_4A_{3-y}\$F_y$.
- En consecuencia, conciliar la presencia de "yee'limite" ($C_4A_3\$$) o de sulfoaluminato de calcio dopado con hierro $C_4A_{3-y}\$F_y$, y de belita reactiva (C_2S_α) es imposible trabajando a la temperatura a la que aparece esta última ($1425^\circ C$). Además, las emisiones de CO_2 y de SO_2 durante la preparación de un clínker a tal temperatura siguen siendo demasiado importantes frente a las restricciones ecológicas actuales y futuras.
- Por lo tanto, existe una necesidad de identificar nuevos clínkers que puedan ser preparados a temperaturas más bajas que $1425^\circ C$ y que aseguren al mismo tiempo la presencia de belita (C_2S) que contenga el polimorfo C_2S_α y de "yee'limite" ($C_4A_3\$$) o de sulfoaluminato de calcio dopado con hierro $C_4A_{3-y}\$F_y$.
- Por otra parte, durante la preparación de clínkers, el experto en la materia debe regularmente hacer frente a unas problemáticas de adhesión de los materiales a las paredes del horno durante la cocción de los crudos. Estos fenómenos de adhesión se deben principalmente a la presencia de hierro en los crudos utilizados para la preparación. Por lo tanto, existe también una necesidad de identificar nuevos clínkers que puedan ser preparados a partir de crudos ricos en hierro sin aumentar por ello la aparición de los fenómenos de adhesión.
- Se han descubierto actualmente nuevos clínkers sulfoaluminosos que permiten resolver estos problemas técnicos, y que permiten en particular la obtención de belita C_2S que contiene el polimorfo C_2S_α a unas temperaturas ampliamente inferiores a $1425^\circ C$, permitiendo así la obtención de un clínker que contiene al mismo tiempo una fase C_2S que contiene el polimorfo C_2S_α y una fase sulfoaluminato de calcio "yee'limite" $C_4A_3\$$ o una fase sulfoaluminato de calcio dopado con hierro $C_4A_{3-y}\$F_y$, reduciendo al mismo tiempo fuertemente las emisiones de CO_2 durante su preparación.
- Además, se ha observado de manera muy sorprendente que tales clínker permitían la preparación de cementos que presentan un tiempo de fraguado reducido en comparación con los cementos preparados a partir de clínkers descritos en la solicitud de patente internacional WO 2006/018569, manteniendo al mismo tiempo una reactividad hidráulica y una resistencia al menos comparables a las de estos mismos cementos. Los cementos así preparados presentan por lo tanto la ventaja de poder ser utilizados cuando el uso necesita rapidez o reactividad en clima frío. La rapidez es necesaria en particular durante la realización de elementos de hormigón en fábrica de prefabricación en la que la rotación de los moldes es un elemento determinante para la buena rentabilidad del sitio y durante la utilización de hormigón listo para usar que presentan un fraguado y una cinética de aumento en la resistencia rápidos en obras en las que se requiere un ritmo rápido. En climas fríos también es necesaria una reactividad incrementada, en particular para las obras invernales o efectuadas en altitud en la que el fraguado debe intervenir antes que la posible congelación del elemento de hormigón.
- Por otra parte, tales clínkers permiten reducir las emisiones de CO_2 en aproximadamente el 35% durante su preparación en comparación con clínkers de tipo Portland.
- Finalmente, se ha observado que la presencia simultánea de la fase aluminoferrita cálcica de una composición que corresponde a la fórmula general $C_2A_xF_{(1-x)}$ y de la fase sulfoaluminato de calcio dopado con hierro $C_4A_{3-y}\$F_y$ en los clínkers según la presente invención permitía cocer unos crudos que tienen un contenido en hierro elevado sin que se observe por ello ningún aumento de los fenómenos de adhesión. Esta característica de los clínkers según la

presente invención permite la utilización de una gama más amplia de materiales para prepararlo, tales como por ejemplo bauxita rica en hierro.

5 La presente invención tiene por lo tanto por objeto un clínker sulfoaluminoso que comprende como composición física, con respecto al peso total del clínker:

- del 5 al 25% de fase aluminoferrita cálcica de una composición que corresponde a la fórmula general $C_2A_xF_{(1-x)}$, con x variando de 0,2 a 0,8;
- 10 - del 15 al 35% de fase sulfoaluminato de calcio eventualmente dopado con hierro que corresponde a la fórmula $C_4A_{3-y}\$F_y$ con y variando de 0 a 0,5;
- del 10 al 50% de belita C_2S , conteniendo dicha belita al menos 3% de polimorfo C_2S_α , y
- 15 - del 2 al 25% de silicato de calcio dopado con boro que corresponde a la fórmula $C_{11}S_4B$.

20 El clínker según la presente invención permite la preparación de cementos que presentan una reactividad hidráulica y una resistencia incrementada en comparación con unos cementos descritos en la técnica anterior. Además, el clínker según la presente invención se puede preparar a temperaturas que no superan los 1350°C, lo que limita, por un lado, las emisiones de CO_2 y, por otro lado, la destrucción de la fase $C_4A_{3-y}\$F_y$. Finalmente, los clínkers según la invención se pueden preparar a partir de crudos que tienen un contenido en hierro elevado sin que se observe por ello ningún aumento de los fenómenos de adhesión.

25 En el contexto de la presente invención, las anotaciones siguientes son adoptadas para designar los componentes mineralógicos del cemento:

- C representa CaO ;
- A representa Al_2O_3 ;
- F representa Fe_2O_3 ;
- 30 - S representa SiO_2 ; y
- \$ representa SO_3 .

35 Así, por ejemplo, la fase sulfoaluminato de calcio eventualmente dopado con hierro designado por $C_4A_{3-y}\$F_y$ corresponde en realidad a una fase $(CaO)_4.(Al_2O_3)_{3-y}.SO_3.(Fe_2O_3)_y$.

Además, en el contexto de la presente invención, las proporciones expresadas en % corresponden a unos porcentajes máxicos con relación al peso total de la entidad (clínker o ligante hidráulico) considerada.

40 Preferentemente, la presente invención tiene por objeto un clínker sulfoaluminoso en el que las características siguientes se seleccionan solas o en combinación:

- el clínker contiene del 10 al 20% de fase aluminoferrita cálcica $C_2A_xF_{(1-x)}$;
- el clínker contiene del 20 al 30% de fase sulfoaluminato de calcio eventualmente dopado con hierro $C_4A_{3-y}\$F_y$;
- 45 - el clínker contiene del 10 al 35% de belita C_2S , conteniendo dicha belita al menos el 3% de polimorfo C_2S_α ; y
- el clínker contiene del 5 al 25% de silicato de calcio dopado con boro $C_{11}S_4B$.

50 Más preferentemente, la presente invención tiene por objeto un clínker sulfoaluminoso en el que las características siguientes se seleccionan solas o en combinación:

- el clínker contiene del 10 al 20% de fase aluminoferrita cálcica $C_2A_xF_{(1-x)}$;
- 55 - el clínker contiene del 20 al 30% de fase sulfoaluminato de calcio eventualmente dopado con hierro $C_4A_{3-y}\$F_y$;
- el clínker contiene del 10 al 35% de belita C_2S , conteniendo dicha belita al menos el 3% de polimorfo C_2S_α ; y
- 60 - el clínker contiene del 10 al 25% de silicato de calcio dopado con boro $C_{11}S_4B$.

65 Preferentemente, la presente invención tiene por objeto un clínker sulfoaluminoso tal como el descrito anteriormente, en el que la belita C_2S contiene al menos el 5%, preferentemente al menos el 10%, más preferentemente al menos el 20%, más preferentemente al menos el 30%, aún más preferentemente al menos el 40%, y de manera muy preferida al menos el 50% de polimorfo C_2S_α .

Otras fases minoritarias pueden aparecer en la constitución del clínker. Estas fases menores pueden estar constituidas de cal libre CaO, de anhídrita C\$, de gelenita C₂AS, de mayenita C₁₂A₇, de periclase MgO, de perovskita CT, C₃FT, C₄FT₂. De manera preferida, el clínker según la invención contiene:

- 5
- menos del 3% de CaO, preferentemente menos del 1% de CaO;
 - menos del 5% de C\$, preferentemente menos del 2% de C\$; y/o
 - menos del 10% de C₂AS, preferentemente menos del 5% de C₂AS.

10 La presente invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de preparación de un clínker tal como el descrito anteriormente, que comprende las etapas siguientes:

- 15
- preparación de un crudo por dosificación de las materias primas con el fin de aportar las cantidades de elementos necesarios para la obtención de la composición física deseada,
 - mezcla (eventualmente por cotrituración) de las materias primas,
 - cocción de la mezcla de las materias primas a una temperatura comprendida entre 1250°C y 1350°C, y
 - 20 - enfriamiento rápido del clínker.

Preferentemente, la etapa de cocción del procedimiento según la presente invención se lleva a cabo a una temperatura comprendida entre 1280°C y 1340°C.

25 El clínker según la presente invención se puede preparar a partir de diferentes materias primas, tales como los lodos rojos, la bauxita, la caliza, el yeso o cualquier otra fuente de sulfato de calcio, el ácido bórico, la colemanita, el borato hidratado de sodio, las margas arcillo-calcáreas o los subproductos de la industria del aluminio y de la alúmina.

30 Es fundamental la calidad de la cocción, y en particular el respeto en cualquier punto de una atmósfera oxidante y de temperaturas máximas de 1350°C. La preparación de los clínkers según la invención se hará por lo tanto en un horno que permite el respeto de estas condiciones. A título de ejemplo de hornos apropiados para preparar los clínkers según la presente invención, se puede citar el horno descrito en la solicitud de patente internacional publicada con el número WO-A-2009/122065. El horno descrito en esta solicitud de patente es particularmente apropiado para la preparación de clínkers según la invención, ya que contribuye a la aparición de la cinética de las fases finalmente deseadas.

35 El clínker según la presente invención se puede utilizar para preparar un ligante hidráulico, por ejemplo un cemento, por trituración y eventual adición de yeso, de anhídrita o de hemihidrato. La presente invención se refiere por lo tanto también a un ligante hidráulico que comprende un clínker tal como el descrito anteriormente en forma triturada. Preferentemente, el ligante hidráulico según la presente invención comprende también una adición de yeso, de anhídrita o de hemihidrato, en proporciones que pueden ir hasta el 20%.

40 El ligante hidráulico según la presente invención puede también comprender unas adiciones del mismo tipo que las utilizadas para el cemento Portland, tales como, por ejemplo, la caliza, las puzolanas naturales y artificiales, la escoria de horno alto, las cenizas volantes de chimeneas carbón y los humos de sílice. Esta adición se realiza por mezclado antes o después de la trituración de los constituyentes, por mezclado de los polvos o por cotrituración. El fraguado del ligante es entonces resultado de la activación de las adiciones por el clínker. En consecuencia, el ahorro de CO₂ con respecto a un cemento de tipo CEM 1 (según la norma EN 197-1) puede ser considerable, yendo hasta el 90% de reducción de las emisiones de CO₂, según el contenido en adición.

45 Finalmente, la presente invención se refiere también a los diferentes productos preparados a partir del ligante descrito anteriormente, en particular las lechadas, los hormigones y los morteros. Así, la presente invención tiene también por objeto una lechada, un hormigón o un mortero que comprende el ligante hidráulico tal como se ha descrito anteriormente.

50 La presente invención se puede ilustrar de manera no limitativa por los ejemplos siguientes:

Ejemplo 1

55 Se realizó un crudo con las materias primas siguientes, de las que se detallan los análisis químicos:

60

	Caliza	Lodo rojo	Bauxita	Yeso	Ácido bórico
SiO ₂ (en %)	2,75	7,1	26,11	0,33	
Al ₂ O ₃ (en %)	0,19	13,04	39	0,31	
CaO (en %)	52,85	4,51	2	30,31	
MgO (en %)	0,64	0,17	0,22	0,02	

ES 2 469 940 T3

	Caliza	Lodo rojo	Bauxita	Yeso	Ácido bórico
Fe ₂ O ₃ (en %)	0,37	49,52	16,22	0,13	
TiO ₂ (en %)	0,04	10,54	1,89	0,04	
K ₂ O (en %)	0,12	0,08	0,22	0,06	
Na ₂ O (en %)	0,08	4,2	0,05	0,3	0
P ₂ O ₅ (en %)	0,02	0,45	0,18	0,42	
Mn ₂ O ₃ (en %)	0,01	0,08	0,07		
SO ₃ (en %)	0,33	0,26	0,05	46,58	
B ₂ O ₃ (en %)	0	0	0	0	56,29
Otros no volátiles (en %)	0,04	0	0,04	1,54	
Pérdida por fuego (en %)	42,18	9,72	13,7	19,91	43,66
Total (en %)	99,62	99,67	99,75	99,95	99,95

Se entiende por pérdida por fuego, la pérdida de masa observada después de la cocción a 950°C.

Lodo rojo: residuos industriales del tratamiento de la bauxita mediante el procedimiento Bayer (Rio Tinto).

Fases cristalográficas: Fe₂O₃, goetita, rutila, perovskita, cuarzo, gipsita, boehmita, portlandita, calcita, cancrinita.

Bauxita: de la compañía Sodicapei: B40, es decir ± 40% de Al₂O₃.

Yeso: subproducto industrial procedente de la fabricación de ácido fosfórico.

Ácido bórico técnico

Se efectuó una mezcla íntima en las proporciones siguientes (superando todo 100 µm):

	%
Caliza	57,26
Lodo rojo	8,5
Bauxita	25,6
Yeso	5,1
Ácido bórico	3,4

Se realiza una cocción en un horno continuo a 1290°C durante 30 minutos.

Las fases cristalinas obtenidas son las siguientes:

Composición mineralógica	%
C ₄ A _{2,85} S _{0,15} F	28,0
C ₂ S _{αh}	3,8
C ₂ A _{0,6} F _{1,4}	11,8
C ₃ FT	14,3
C ₂ S _α	14,8
C ₁₁ S ₄ B	23,6
MgO / Periclasa	1,4
C ₂ AS / Gehlenita	2,4

Ejemplo 2

El clínker obtenido en el ejemplo 1 se trituró con 6% de yeso de tal manera que el diámetro medio sea de 10,5 µm.

El comienzo del fraguado y el final del fraguado se determinaron con el método de la aguja de Vicat.

Se han constituido unas probetas de 2x2x2 cm en pasta pura a E/C=0,3 y aplastadas en diferentes plazos.

Los resultados se reúnen en la tabla siguiente:

Principio de fraguado	61 minutos	
Fin de fraguado	82 minutos	
Resistencia en compresión	6 horas	10,1 Mpa
	1 día	43,8 Mpa
	4 días	54,9 Mpa
	8 días	63,2 Mpa
	28 días	73,3 Mpa

El cemento así preparado permite conciliar unos rendimientos tempranos elevados teniendo al mismo tiempo un tiempo de utilización confortable (comienzo del fraguado a 61 min.).

Ejemplo 3

Se ha realizado un crudo con las materias primas siguientes, de las cuales se detallan los análisis químicos y las cantidades relativas.

5

	Bauxita Weipa	Yeso	Relleno calizo	Sílice Sifraco	Lodo rojo	Ácido bórico
SiO ₂ (en %)	6,47	0,51	0,51	99,53	7,60	
Al ₂ O ₃ (en %)	53,79	0,23	0,12	0,13	12,68	
CaO (en %)	1,43	31,34	54,70	0,28	5,92	
MgO (en %)	0,17	0,06	0,49	0,05	0,22	
Fe ₂ O ₃ (en %)	9,80	0,10	0,31	0,03	46,53	
TiO ₂ (en %)	2,70	0,04	0,01	0,01	11,20	
K ₂ O (en %)	0,03	0,04	0,03	0,01	0,10	
Na ₂ O (en %)	0,08	0,29	0,08	0,06	3,81	
P ₂ O ₅ (en %)	0,10	1,08	0,03	0,00	0,51	
Mn ₂ O ₃ (en %)	0,02	0,02	0,01	0,01	0,08	
SO ₃ (en %)	0,07	44,78	0,14	0,01	0,23	
B ₂ O ₃ (en %)						56,31
Otros no volátiles (en %)	0,00	1,36	0,05	0,00	0,07	
Pérdida por fuego a 950°C (en %)	25,23	19,92	43,50	0,21	10,60	43,69
Total (en %)	99,89	99,77	99,98	100,33	99,55	100

Para preparar este crudo, se efectuó una mezcla íntima en las proporciones siguientes:

Bauxita Weipa	Yeso	Relleno calizo	Sílice Sifraco	Barro rojo	Ácido bórico
18,37%	5,11%	57,62%	7,02%	11,69%	0,18%

10 Esta composición se cuece respetando el protocolo siguiente:

- desde la temperatura ambiente hasta 950°C con una pendiente de 15°C/min.,
- parada de 30 minutos a 950°C,
- desde 950°C hasta 1300°C, con una pendiente de 5°C/min.,
- 15 - parada de 30 minutos a 1300°C,
- seguido de un retorno a la temperatura ambiente en 10 minutos.

El análisis mineralógico del clínker así obtenido es el siguiente:

Composición mineralógica	%
C ₄ A ₃ \$	28,4
C ₂ S _{αh}	10,2
C ₂ A _{0,3} F _{0,7}	16,7
C ₄ FT ₂	11,4
C ₂ S _α	3,3
C ₂ S _β	23,6
C ₁₁ S ₄ B	2,4
C ₁₂ A ₇	1,4
Na ₂ SO ₄	0,9
C ₂ AS / Gehlenita	1,7

20

Ejemplo 4

El clínker del ejemplo 3 se tritura con 5% de yeso adicional. Los rendimientos son evaluados según la norma EN 197-1 y normas de ensayo asociadas a esta.

25

Se realizan unas barras de mortero de 4x4x16 a E/C= 0,5, el tiempo de fraguado se mide gracias a la aguja Vicat.

Los resultados se reúnen en la tabla siguiente

Principio de fraguado	75 minutos	
Fin de fraguado	105 minutos	
Resistencia en compresión	6 horas	7,5 Mpa
	1 día	18,5 Mpa
	7 días	39,5 Mpa
	28 días	55,2 Mpa

5 El cemento preparado a partir del clinker de la invención presenta por lo tanto un tiempo de fraguado reducido en comparación con los cementos preparados a partir de los clínters descritos en la solicitud de patente internacional WO 2006/018569, manteniendo al mismo tiempo una reactividad hidráulica y una resistencia al menos comparable a las de estos mismos cementos.

REIVINDICACIONES

1. Clínter sulfoaluminoso que comprende como composición fásica, con respecto al peso total del clínter:
 - 5 - de 5 a 25% de fase aluminoferrita cálcica de una composición que corresponde a la fórmula general $C_2A_xF_{(1-x)}$, con x variando de 0,2 a 0,8;
 - de 15 a 35% de fase sulfoaluminato de calcio eventualmente dopado con hierro que corresponde a la fórmula $C_4A_{3-y}F_y$ con y variando de 0 a 0,5;
 - 10 - de 10 a 50% de belita C_2S , conteniendo dicha belita al menos 3% de polimorfo C_2S_α , y
 - de 2 a 25% de silicato de calcio dopado con boro que corresponde a la fórmula $C_{11}S_4B$.
- 15 2. Clínter según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende de 10 a 20% de fase aluminoferrita cálcica $C_2A_xF_{(1-x)}$.
3. Clínter según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque comprende de 20 a 30% de fase sulfoaluminato de calcio eventualmente dopado con hierro $C_4A_{3-y}F_y$.
- 20 4. Clínter según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque comprende de 10 a 35% de belita C_2S , conteniendo dicha belita al menos 3% de polimorfo C_2S_α .
5. Clínter según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque comprende de 5 a 25% de silicato de calcio dopado con boro $C_{11}S_4B$.
- 25 6. Clínter según la reivindicación 5, caracterizado porque comprende de 10 a 25% de silicato de calcio dopado con boro $C_{11}S_4B$.
- 30 7. Clínter según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la belita C_2S contiene al menos 30% de polimorfo C_2S_α .
8. Clínter según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la belita C_2S contiene al menos 50% de polimorfo C_2S_α .
- 35 9. Clínter según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque comprende menos de 3% de CaO, menos de 5% de C\$ y/o menos de 10% de C_2AS .
- 40 10. Procedimiento de preparación de un clínter según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque comprende las etapas siguientes:
 - preparar un crudo por dosificación de las materias primas con el fin de aportar las cantidades de elementos necesarias para la obtención de la composición fásica deseada,
 - 45 - mezclar las materias primas,
 - cocer la mezcla de las materias primas a una temperatura comprendida entre 1250°C y 1350°C, y
 - 50 - enfriar de manera rápida el clínter.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque la etapa de cocción se efectúa a una temperatura comprendida entre 1280°C y 1340°C.
- 55 12. Ligante hidráulico que comprende un clínter según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.
13. Lechada que comprende un ligante hidráulico según la reivindicación 12.
14. Hormigón que comprende un ligante hidráulico según la reivindicación 12.
- 60 15. Mortero que comprende un ligante hidráulico según la reivindicación 12.