

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 470**

51 Int. Cl.:

**C04B 28/06** (2006.01)

**C04B 7/32** (2006.01)

**C04B 111/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.09.2014 PCT/EP2014/002367**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.03.2015 WO15032483**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2014 E 14758787 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 3041808**

54 Título: **Aglutinante que comprende cemento de sulfoaluminato de calcio y un compuesto de magnesio**

30 Prioridad:

**03.09.2013 EP 13004312**

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

**14.06.2018**

73 Titular/es:

**HEIDELBERGCEMENT AG (100.0%)  
Berliner Strasse 6  
69120 Heidelberg, DE**

72 Inventor/es:

**BULLERJAHN, FRANK;  
BEN HAH, MOHSEN;  
SCHMITT, DIRK y  
MIKANOVIC, INGRID**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 672 470 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

Aglutinante que comprende cemento de sulfoaluminato de calcio y un compuesto de magnesio.

La presente invención se refiere a un aglutinante que comprende tipos de cemento/clinker en base a sulfoaluminato de calcio (CSA) y un compuesto de magnesio, a un método para mejorar el desarrollo de resistencia y/o aumentar la resistencia compresiva de estructuras de edificios fabricados a partir de aglutinantes en base a CSA y al uso de compuestos de magnesio como aditivos para aumentar la resistencia compresiva de aglutinantes de CSA hidratados.

Los cementos de sulfoaluminato de calcio (CSA) se fabrican con clinkers que incluyen y e limita ( $\text{Ca}_4(\text{AlO}_2)_6\text{SO}_4$  o  $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$  en notación química del cemento) como una fase mayor. Estos aglutinantes se usan como constituyentes en cementos expansivos, en cementos de resistencia temprana ultra alta y en cementos de "energía baja". La hidratación de cementos CSA conduce a la formación de principalmente etringita y/o monofases como por ejemplo monosulfato. El hidróxido de aluminio podría ser otro producto de hidratación de este aglutinante. La cantidad y la cinética de la formación dependen fuertemente de la composición del cemento como, por ejemplo, de la cantidad y tipo de fases presentes que tienen sulfato. Se obtienen propiedades físicas especiales (tales como comportamiento expansivo intencional o reacción rápida) al ajustar la disponibilidad de iones de calcio y sulfato. El uso de cemento CSA como una alternativa de baja energía al cemento Portland ha sido pionero en China, donde se producen varios millones de toneladas por año. La demanda de energía para la producción es más baja debido a las menores temperaturas requeridas del horno para reacciones, la mejor triturabilidad y la cantidad más baja de piedra caliza en la mezcla cruda, que necesita ser endotérmicamente descarbonatada. Además, el contenido de piedra caliza más bajo y el consumo de combustible más bajo conducen a una emisión de  $\text{CO}_2$  de aproximadamente la mitad de la del clinker de cemento Portland.

Dentro del contexto de la presente invención, el clinker significará un producto de sinterizado que se obtiene al quemar una mezcla de materia prima a una temperatura elevada y que contiene al menos una fase hidráulicamente reactiva. El cemento denota un clinker que se tritura agregando o no componentes adicionales. El aglutinante o mezcla de aglutinante denota una mezcla que se endurece hidráulicamente y que comprende cemento y típicamente, pero no necesariamente, componentes adicionales triturados finamente y que se usa después de agregar agua, opcionalmente mezclas y/o aditivos y agregado. Un clinker puede ya contener todas las fases necesarias o deseadas y usarse directamente como un aglutinante después de ser triturado para obtener un cemento.

Otro abordaje para ahorrar energía y materias primas valiosas es la aplicación de materias primas secundarias o productos derivados industriales como componentes de harina cruda para reemplazar las materias primas en base a mineral primario durante la producción del clinker.

En un abordaje adicional los materiales cementicios complementarios, que a menudo son productos derivados industriales o materiales de desechos, se usan para reemplazar partes del clinker durante la producción de cemento y así ahorrar energía y fuentes de materia prima primaria. Estos materiales cementicios complementarios muy a menudo poseen una reactividad puzolánica o hidráulica latente y contribuyen al desempeño mecánico de estos aglutinantes compuestos.

El documento KR101246407 describe cemento de sulfato de magnesio y sulfoaluminato de calcio.

Los materiales cementicios complementarios pueden dividirse en materiales hidráulicos latentes y puzolanas. Los materiales hidráulicos latentes no son hidráulicos por sí mismos o reaccionan solo muy lentamente. Necesitan una activación para reaccionar hidráulicamente en periodos de tiempo útiles. La activación se logra típicamente mediante (la adición de) compuestos de metal alcalinotérreo (por ejemplo,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ , etc.) o sulfato ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , etc.) proporcionando materiales, que son capaces de soportar la formación hidratos de silicato de calcio (aluminio) y/o etringita y/u otros, como por ejemplo fases  $\text{AF}_m$  (stratlingita, monosulfato, monocarbonato, hemicarbonato, etc.) o mineral similar a la zeolita, etc. Las puzolanas son materiales silíceos o alumino-silíceos que reaccionan con el calcio de otros componentes de un aglutinante para formar hidratos de silicato de calcio. La distinción anterior no siempre se aplica estrictamente, es decir, muchas cenizas volantes contienen cantidades considerables de calcio y son, por lo tanto, materiales hidráulicos latentes. Sin embargo, en general son designadas puzolanas. Para la presente invención la distinción no es importante y ambas se resumen como materiales cementicios complementarios, parcialmente abreviados SCM en la presente.

Materiales cementicios complementarios típicos son puzolanas naturales o artificiales y materiales hidráulicos latentes, por ejemplo, pero no exclusivamente escoria de alto horno granulada molida y puzolanas naturales o artificiales, por ejemplo pero no exclusivamente cenizas volantes tipo-C y/o tipo-F, arcillas o esquistos calcinados, tierra de trass, polvo de ladrillos, vidrios artificiales, humo de sílice, y residuos de materia orgánica quemada rica en sílice tal como ceniza de cáscara de arroz o mezclas de los mismos.

Aunque hubo algunas sugerencias de agregar SCM a cementos CSA, esta práctica se usa principalmente para cemento Portland. La utilidad de la adición de SCM se basa en la activación de SCM por hidróxido de calcio alcalino liberado durante el endurecimiento del cemento Portland o a la reacción de SCM con hidróxido de calcio,

respectivamente. Ya que el cemento de sulfoaluminato de calcio es menos alcalino y no libera cantidades significativas de hidróxido de calcio, no se espera que una adición de SCM sea tan útil como lo es para el cemento Portland.

5 Un problema general de cementos compuestos es la mayor demanda de resistencia temprana alta. El tiempo otorgado para la construcción disminuye continuamente. En la fabricación de elementos de construcción se desea un desencofrado rápido para optimizar la rentabilidad de la inversión. Por lo tanto, se requieren aglutinantes que proporcionen resistencia temprana alta, por supuesto sin disminuir la resistencia, durabilidad o docilidad finales. Sigue siendo el objeto proporcionar cementos que tengan un impacto ambiental mínimo con respecto a la energía y materias primas naturales.

10 Un aumento en la resistencia temprana o un desarrollo de resistencia mejorado pueden alcanzarse con aditivos. Por ejemplo, el hormigón lanzado a menudo contiene mezclas que aceleran el fraguado y/o endurecimiento, como compuestos de aluminio, compuestos de calcio o alcanolaminas. Estas mezclas tienen que ser cuidadosamente medidas, ya que algunas de ellas pueden actuar como retardantes cuando se usan en una sobredosis.

15 Un ejemplo para el uso de un acelerador en un cemento de sulfoaluminato-belita de calcio especial es el documento EP 2 105 419 A1. Se propone una combinación de sales de calcio con alcanolaminas para mejorar la resistencia de 7 días y especialmente la resistencia de 28 días de cementos de un clinker que comprende 5 a 25% de fase de aluminoferrito de calcio, 15 a 35% de fase de sulfoaluminato de calcio, 40 a 75% de belita y 0,01 a 10% de fases menores. Paralelamente, en el documento US 2011/0041736 A1, la sal de calcio es opcional. La propuesta requiere el uso de un contenido puro. No se establece el uso de SCMs ni la adición de compuestos de Mg.

20 El documento US 2013/0074736 propone complejos de metales con derivados de ácidos hidroxycarboxílicos como mezclas químicas para composiciones de cemento hidráulico para mejorar las propiedades de las composiciones de cemento, incluyendo fraguado, dureza, resistencia compresiva, encogimiento y resistencia a congelado-descongelado. Los efectos son únicamente atribuidos al anión complejo. Además no es posible en general inferir un efecto para mejorar la resistencia en cemento de sulfoaluminato de calcio (belita) del efecto que muestra una sustancia en el cemento Portland (compuesto). Un ejemplo para diferentes efectos es  $\text{CaCl}_2$  que es un acelerador en cemento Portland pero es retardante en cemento de sulfoaluminato de calcio.

Aún existe una necesidad de proporcionar aglutinantes de CSA, especialmente aglutinantes compuestos en base a CSA, con resistencia compresiva temprana y/o tardía aumentada.

30 Sorprendentemente, se ha encontrado que los iones de magnesio, en particular la adición de MgO quemado a temperatura baja (temperatura en el rango de 300 a < 750°C) o media (temperatura en el rango de 750 a < 1100°C), un compuesto de magnesio amorfo (por ejemplo, en base a  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , MgO,  $\text{MgCO}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ , hidratos de silicato de magnesio), hidróxidos de magnesio como por ejemplo  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  y/o sales de magnesio inorgánicas como por ejemplo  $\text{MgCO}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ , con z en el rango de 1 a 3, y  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  y formiato o acetato de magnesio, son capaces de aumentar e incluso acelerar el desarrollo de resistencia compresiva de cementos compuestos en base a CSA. Al reemplazar, por ejemplo, hasta el 10% de un cemento compuesto por MgO se logran los siguientes beneficios (i) reemplazo de incluso más clinker/cemento por MgO reactivo (solo calcinado a 700°C), (ii) posible resistencia inicial más alta y (iii) resistencia final más alta además de (iv) durabilidad posiblemente mejorada (microestructura más densa, más fases estables formadas (por ejemplo, compuestos similares a la hidrotalcita) tampón de carbonato ( $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgCO}_3$ ), etc.).

40 Otro parámetro importante del cemento y hormigón es la resistencia a varios ataques físicos y químicos. Especialmente, la carbonatación o, mejor, la resistencia a la carbonatación, juega un papel esencial para la durabilidad, por ejemplo, del hormigón, ya que está asociada con la corrosión de refuerzos de acero y también con fenómenos de encogimiento.

45 La carbonatación en productos en base a cemento Portland (OPC) es en principio el resultado de la disolución de  $\text{CO}_2$  en el fluido de poros del hormigón y la interacción resultante principalmente con hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) e hidrato de silicato de calcio (C-S-H) para formar calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). El hidróxido de calcio e hidrato de silicato de calcio (C-S-H) representan los productos de la hidratación de OPC, por lo cual el hidróxido de calcio representa el tampón de carbonato principal para "proteger" otros hidratos de cemento presentes y en general evitar/reducir la corrosión de refuerzos de acero.

50 En aglutinantes en base a CSA, el hidróxido de calcio está típicamente ausente o solo presente en cantidades pequeñas, en etapas posteriores de la hidratación debido a la reacción de  $\text{C}_2\text{S}$ , y como resultado de esto falta un tampón de carbonato sofisticado. Para permitir una mejor protección de, por ejemplo, refuerzos de acero, la adición de compuestos de magnesio podría conducir a propiedades mejoradas significativas en ese sentido. Por ejemplo, la adición de MgO a productos en base a CSA conduciría, durante la hidratación, a la formación de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  e hidróxidos doble laminares en base a magnesio, como por ejemplo, hidrotalcita o quintinita. Ambas fases pueden reaccionar con  $\text{CO}_2$  y unirlos permanentemente dentro de su estructura de cristal.

Por lo tanto, el objeto anterior se resuelve mediante un aglutinante que comprende cemento de sulfoaluminato de calcio y un compuesto de magnesio de acuerdo con la reivindicación 1, mediante un método para mejorar el

desarrollo de la resistencia y/o aumentar la resistencia compresiva de estructuras de edificios de aglutinantes de CSA que comprenden una adición de compuestos que proporcionan iones de magnesio durante la hidratación de acuerdo con la reivindicación 13, y al uso de compuestos de magnesio como aditivos para aumentar la resistencia compresiva de aglutinantes de CSA hidratados de acuerdo con la reivindicación 14.

5 Una ventaja importante es la mejora de la captación de carbonato o el potencial del tampón de carbonato de dichos aglutinantes.

La adición de compuestos de magnesio permite aumentar la resistencia compresiva de cementos y aglutinantes de CSA hidratados. Es especialmente beneficioso que los aglutinantes comprendan cemento CSA y materiales cementicios complementarios. Por consiguiente, se logra un ahorro de energía y recursos de materia prima natural considerable, así como una reducción de emisión de CO<sub>2</sub>, sin tener que sacrificar la resistencia compresiva.

Para simplificar la descripción, se usan las siguientes abreviaturas que son comunes en la industria del cemento: H – H<sub>2</sub>O, C – CaO, A – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, F – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, M – MgO, S – SiO<sub>2</sub> y \$ – SO<sub>3</sub>. Adicionalmente, los compuestos se indican en general en las formas puras de los mismos, sin establecer explícitamente series de soluciones sólidas/sustituciones por iones ajenos y similares, como es costumbre en materiales técnicos e industriales. Cualquier experto en la técnica comprenderá que la composición de las fases mencionadas por nombre en la presente invención puede variar, dependiendo de la química de la harina cruda y el tipo de producción, debido a la sustitución por varios iones ajenos, estando dichos compuestos de la misma manera cubiertos por el alcance de la presente invención.

Los cementos o clinkers de sulfoaluminato de calcio contienen principalmente polimorfos de ye'elimita. Dependiendo de la materia prima usada y la temperatura de quemado típicamente también contienen belita, ferritas y/o aluminatos, anhidrita y pueden contener adicionalmente ternesita, ver por ejemplo, el documento WO 2013/023728 A2. La fabricación de los cementos de sulfoaluminato de calcio ocurre en una manera conocida por sí misma. Típicamente las materias primas se mezclan en cantidades apropiadas, se trituran y queman en un horno para proporcionar un clinker. El clinker se tritura entonces, en general junto con sulfato de calcio y opcionalmente algunos o todos los otros componentes, para proporcionar el cemento. También es posible una trituración separada y puede ser ventajosa cuando la triturabilidad de los componentes es bastante diferente. El sulfato puede ser yeso, basanita, anhidrita o mezclas de los mismos con las cuales se usa preferiblemente la anhidrita.

Los clinkers y cementos de sulfoaluminato de calcio que contienen C<sub>4</sub>A<sub>3</sub>\$ como fase principal son conocidos y están disponibles en diferentes calidades/composiciones. Para la presente invención todos son adecuados. Por ejemplo, los siguientes productos están disponibles / son conocidos (en el mercado):

30 BCSAF de Lafarge:

Belita (α; +/-β) C <sub>2</sub> S	40 – 75%;	Ye'elimita C <sub>4</sub> A <sub>3</sub> \$	15 – 35%;
Ferrita C <sub>2</sub> (A,F)	5 – 25%;	Fases menores	0,1 – 10%

35 Rockfast® de Lafarge:

Belita (α; +/-β) C <sub>2</sub> S	0 – 10%;	Ye'elimita C <sub>4</sub> A <sub>3</sub> \$	50 – 65%
Aluminato CA	10 – 25%;	Gehlenita C <sub>2</sub> AS	10 – 25%;
Ferrita C <sub>2</sub> (A,F)	0 – 10%;	Fases menores	0 – 10%

40 Alipre® de Italcementi:

Belita (α; +/-β) C <sub>2</sub> S	10 – 25%;	Ye'elimita C <sub>4</sub> A <sub>3</sub> \$	50 – 65%;
Anhidrita C\$	0 – 25%;	Fases menores	1 – 20%

45 CSA de Cemex:

Belita (α; +/-β) C <sub>2</sub> S	10 – 30%;	Ye'elimita C <sub>4</sub> A <sub>3</sub> \$	20 – 40%
Anhidrita C\$	>1%;	Alita C <sub>3</sub> S	>1 – 30%;
Cal viva CaO	<0,5 – 6%;	Portlandita Ca(OH) <sub>2</sub>	0 – 7%;
Fases menores	0 – 10%		

## ES 2 672 470 T3

### CSA de Denka®

Belita ( $\alpha$ ; +/- $\beta$ ) $C_2S$	0 – 10%;	Ye'elimita $C_4A_3\$$	15 – 25%;
Anhidrita $C_2(A,F)$	30 – 40%;	Portlandita $Ca(OH)_2$	20 – 35%;
Cal viva $CaO$	1 – 10%;	Fases menores	0 – 10%

5

### CSA de China Tipo II y III

Belita ( $\alpha$ ; +/- $\beta$ ) $C_2S$	10 – 25%;	Ye'elimita $C_4A_3\$$	60 – 70%;
Ferrita $C_2(A,F)$	1 – 15%;	Fases menores	1 – 15%

10

### CSA de Barnstone

Belita ( $\alpha$ ; +/- $\beta$ ) $C_2S$	22%;	Ye'elimita $C_4A_3\$$	60%;
Aluminato $C_{12}A_7$	5%;	Alita $C_3S$	8%;
Ferrita $C_2(A,F)$	4%;	Fases menores	1%

15

### BCT de HeidelbergCement

Belita ( $\alpha$ ; +/- $\beta$ ) $C_2S$	1 – 80%;	Ye'elimita $\Sigma C_4A_3\$$	5 – 70%;
Ternesita $C_5S_2\$$	5 – 75%;	Fases menores	0 – 30%.

20

El cemento de sulfoaluminato de calcio típicamente comprende 10 - 100% en peso, preferiblemente 20 – 80% en peso y más preferiblemente 25 a 50% en peso de  $C_4A_{3-x}F_x\$$ , estando x en el rango de 0 a 2, preferiblemente de 0,05 a 1 y más preferiblemente de 0,1 a 0,6, 0 - 70% en peso, preferiblemente 10 a 60% en peso y más preferiblemente 20 a 50% en peso de  $C_2S$ , 0 - 30% en peso, preferiblemente 1 a 15% en peso y más preferiblemente 3 a 10% en peso de aluminatos, 0 - 30% en peso, preferiblemente 3 a 25% en peso y más preferiblemente 5 a 15% en peso de ferritas, 0 - 30% en peso preferiblemente 3 a 25% en peso y más preferiblemente 5 a 15% en peso de ternesita, 0 - 30% en peso preferiblemente 5 a 25% en peso y más preferiblemente 8 a 20% en peso de sulfato de calcio y hasta 20% en peso de fases menores. Los aluminatos son preferiblemente, pero no exclusivamente,  $C_3A$ ,  $CA$ ,  $C_{12}A_7$ ,  $CA_2$ , fases de aluminato amorfo y mezclas de los mismos. Las ferritas son preferiblemente  $C_2A_yF_{1-y}$ , estando y en el rango de 0,2 a 0,8, preferiblemente de 0,4 a 0,6, especialmente en la forma de  $C_4AF$ ,  $C_2F$ ,  $CF$ ,  $CF_2$ , fases ferríticas amorfas o mezclas de los mismos.

25

30

La invención es beneficiosa para todos los tipos de cementos de sulfoaluminato de calcio, tanto los ricos como los escasos en belita, así como con diferentes cantidades de aluminatos y ferritas. La invención es especialmente beneficiosa para aglutinantes compuestos que comprenden cemento CSA y uno o más SCM.

35

Preferidos son los aglutinantes compuestos, en donde el contenido de los materiales cementicios complementarios varía de 10 a 90% en peso, preferiblemente de 20 a 80% en peso. La cantidad de materiales hidráulicos latentes varía de 0 a 100% en peso, preferiblemente de 20 a 80% en peso y más preferiblemente de 30 – 70% en peso del contenido total de los materiales cementicios complementarios. El contenido de materiales puzolánicos varía de 0 a 40% en peso, preferiblemente de 5 a 35% en peso y más preferiblemente de 10 – 30% en peso del contenido total de los materiales cementicios complementarios.

40

Por razones de reactividad, se prefiere agregar menos SCM cuando la cantidad de materiales puzolánicos en el SCM es más alta. Por ejemplo, cuando el SCM contiene solo materiales puzolánicos es preferido usar de 10 a 40% en peso, especialmente de 20 a 30% en peso de SCM en el aglutinante compuesto. Con solo materiales hidráulicos latentes como SCM el contenido de SCM, en el aglutinante puede ser de 10 hasta 90% en peso, preferiblemente se usan 30 a 60% en peso. Específicamente, se prefiere que el contenido de los materiales cementicios complementarios varíe de 30 a 60% en peso del aglutinante para materiales cementicios complementarios que comprenden al menos 70% en peso de materiales hidráulicos latentes. Para materiales cementicios complementarios que comprenden al menos 70% en peso de materiales puzolánicos el contenido de los materiales cementicios complementarios varía de 10 a 30% en peso del aglutinante.

45

Los materiales cementicios complementarios pueden elegirse de todos los materiales disponibles que muestren propiedades puzolánicas o hidráulicas latentes. Son preferidas las escorias de alto horno granuladas molidas, cenizas volantes tipo C y F y puzolanas naturales, arcillas calcinadas, vidrios artificiales, otras escorias que no sean

escorias de alto horno granuladas molidas. Especialmente preferidos son los vidrios artificiales ricos en calcio, cenizas volantes tipo C y escorias de alto horno granuladas molidas.

5 Se prefiere adicionalmente, cuando el aglutinante compuesto tiene una fineza, de acuerdo con la distribución de tamaño de partícula (PSD) determinada por granulometría láser, con una  $d_{90} \leq 90 \mu\text{m}$ , preferiblemente una  $d_{90} \leq 60 \mu\text{m}$  y más preferiblemente una  $d_{90} \leq 40 \mu\text{m}$ . El Parámetro de Rosin-Rammler (pendiente)  $n$  puede variar de 0,7 a 1,5, preferiblemente de 0,8 a 1,3 y más preferiblemente de 0,9 a 1,15. La fineza de los otros materiales como por ejemplo los SCM o aditivos puede ajustarse a las finezas típicamente usadas en plantas de cemento y/u optimizadas con respecto a una PSD del aglutinante total para reducir la pendiente  $n$  a valores por debajo de 1,1, preferiblemente por debajo de 1,0 y más preferiblemente por debajo de 0,9. Como resultado de esto la demanda de agua general  
10 podría disminuirse para alcanzar una buena docilidad.

El cemento de acuerdo con la invención se obtiene mediante trituración del clinker, con o sin adición de sustancias adicionales. En general, el sulfato de calcio se agrega antes o durante la trituración cuando no se desea su contenido en el clinker. También puede agregarse después de la trituración.

15 En una realización preferida, la relación ponderal  $R_{S/(Y+A+F)}$  entre sulfato de calcio y ye'elimita, aluminatos y ferritas en el cemento CSA o el aglutinante compuesto se mantiene en el rango de 0,1 a 0,9. Preferiblemente, la relación se fija de 0,20 a menos de 0,9, especialmente preferiblemente de 0,3 a 0,85.  $R_{S/(Y+A+F)}$  especialmente significa  $\text{CaSO}_4 / (\Sigma \text{ye'elimita} + \Sigma \text{aluminatos} + \Sigma \text{ferritas})$ , en donde

- sulfato de calcio significa la cantidad de sulfato de calcio anhidro que se origina de  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$ , y  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  presentes en el aglutinante,

20 - ye'elimita significa el contenido de  $\text{C}_4\text{A}_3\text{-xF}_x$ , estando  $x$  en el rango de 0 a 2,  $\text{C}_4\text{A}_3$  con otras sustituciones con uno o más iones ajenos o mezclas de los mismos;

-  $\Sigma$  aluminatos representa la suma de todas las fases en base a aluminatos de calcio, preferiblemente significa el contenido de CA,  $\text{C}_{12}\text{A}_7$ ,  $\text{CA}_2$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ , fases de aluminato amorfo o mezclas de los mismos, y

25 -  $\Sigma$  ferritas representa la suma de todas las fases en base a óxido de calcio y óxido de hierro, preferiblemente significa el contenido de  $\text{C}_2\text{A}_y\text{F}_{1-y}$ , estando  $y$  en el rango de 0,2 a 0,8,  $\text{C}_2\text{F}$ , CF,  $\text{CF}_2$ , fases ferríticas amorfas o mezclas de las mismas.

30 Las fases tales como  $\text{C}_4\text{A}_3\text{-xF}_x$ ,  $\text{C}_2\text{A}_y\text{F}_{1-y}$ , CA,  $\text{C}_{12}\text{A}_7$ ,  $\text{CA}_2$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_2\text{F}$ , CF,  $\text{CF}_2$ , etc. pueden ser cristalinas, parcialmente cristalinas o amorfas. Las fases mencionadas podrían contener y típicamente contienen sustituciones con iones ajenos (u otros iones ajenos adicionales que los establecidos explícitamente), como es común en materiales técnicos. En el caso de fases que contienen C, A y F no importa si son consideradas como aluminatos o como ferritas, siempre que estén incluidas y no sean calculadas dos veces.

Los iones de magnesio pueden proporcionarse mediante cualquiera de los siguientes compuestos de magnesio que muestran solubilidad adecuada en el aglutinante tras el mezclado del aglutinante con agua:

- MgO quemado a temperatura baja ( $300 < 750^\circ\text{C}$ ) a media ( $750$  a  $1100^\circ\text{C}$ ),

35 - hidróxido de magnesio

- sales de magnesio de ácidos inorgánicos, a saber, nitrato, hidrogenocarbonato o  $\text{MgCO}_3 \cdot w\text{H}_2\text{O}$ , estando  $w$  en el rango de 1 a 3,  $x\text{MgCO}_3 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ , estando  $x$  en el rango de 1 a 4, típicamente aproximadamente 4,  $y$  en el rango de 0,5 a 2, típicamente aproximadamente 1, y  $z$  en el rango de 0 a 5, típicamente aproximadamente 4 a 5, según lo cual para  $x$ ,  $y$  y  $z$  también son posibles valores no enteros

40 - formiato o acetato de magnesio

- un compuesto de magnesio amorfo (por ejemplo, en base a  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , MgO,  $\text{MgCO}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ ,  $x\text{MgCO}_3 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ , hidratos de silicato de magnesio o mezclas de los mismos)

- SCM rico en MgO, es decir con un contenido de MgO > 10% en peso

- mezclas de dos o más de los anteriores.

45 Dentro del alcance de la presente invención los citratos y aluminatos de citrato se excluyen como ácidos orgánicos. También se ha notado que la periclasa eventualmente contenida en un cemento o un SCM no es útil como compuesto de magnesio debido a la alta temperatura de quemado a la que fue expuesto típicamente. El límite superior de la temperatura de quemado para MgO útil es  $1100^\circ\text{C}$ , preferiblemente  $1000^\circ\text{C}$ .

50 De acuerdo con la invención se usan 0,5 a 20% en peso del compuesto de magnesio calculado como MgO en relación con la masa total del aglutinante, preferiblemente de 1 a 15% en peso, especialmente preferiblemente de 3 a 10% en peso.

- El aglutinante de acuerdo con la invención puede comprender, además, componentes elegidos de, por ejemplo, pero no exclusivamente, cemento Portland o clinker de cemento Portland, piedra caliza, ternesita y sales alcalinas y/o de calcio. El contenido de un cemento Portland, clinker de cemento Portland, piedra caliza, ternesita y/o dolomita contenido varía de 1 a 20%, preferiblemente de 3 a 20% en peso y más preferiblemente de 5 a 15% en peso. El contenido de una sal alcalina y/o sal de calcio contenida varía de 0,01% a 5% en peso, preferiblemente de 0,1 a 3% en peso y más preferiblemente de 0,5 a 2% en peso.
- Más aun, mezclas y/o aditivos comunes pueden estar presentes en el aglutinante y/o su mezcla con agua. Las mezclas se agregan típicamente en una cantidad de 0,01 hasta 5% en peso, preferiblemente de 0,1 a 3% en peso y más preferiblemente de 0,5 a 2% en peso en relación con el aglutinante.
- Naturalmente, las cantidades de todos los componentes de una mezcla específica suman 100%, es decir, las cantidades de componentes individuales de una mezcla se eligen de manera que la mezcla contenga una suma de 100%.
- Las mezclas se agregan en general al hormigón, argamasa, etc. hechos con un aglutinante, pero las secas también pueden agregarse al aglutinante. Las mezclas típicamente son las siguientes:
- 15 - Aceleradores, que aceleran la hidratación (endurecimiento), como  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ .
  - Retardantes que ralentizan la hidratación. Retardantes de poliol típicos son azúcar, sacarosa, gluconato de sodio, glucosa, ácido cítrico y ácido tartárico.
  - Aireantes que agregan y atrapan burbujas de aire, lo que reduce el daño durante los ciclos de congelado-descongelado, aumentando la durabilidad.
  - Plastificantes que aumentan la docilidad del plástico u hormigón "fresco", permitiendo que se coloque más fácilmente con menos esfuerzo de consolidación. Un plastificante típico es lignosulfonato. Los plastificantes pueden usarse para reducir el contenido de agua de un hormigón mientras se mantiene la docilidad y a veces se denominan reductores de agua debido a este uso. Dicho tratamiento mejora sus características de durabilidad y resistencia.
  - 25 - Superplastificantes (también denominados reductores de agua de alto rango) son una clase de plastificantes que tienen menos efectos perjudiciales y pueden usarse para aumentar la docilidad más de lo que es práctico con plastificantes tradicionales. Los compuestos usados como superplastificantes incluyen condensado de formaldehído de naftaleno sulfonado, condensado de formaldehído de melamina sulfonada, condensado de formaldehído de acetona y éteres de policarboxilato.
  - 30 - Pueden usarse pigmentos para cambiar el color del hormigón con fines estéticos.
  - Inhibidores de corrosión son usados para minimizar la corrosión de acero y barras de acero en hormigón.
  - Agentes adhesivos se usan para crear una unión entre el hormigón viejo y el nuevo (típicamente un tipo de polímero).
  - 35 - Auxiliares de bombeo mejoran la bombeabilidad, espesan la pasta y reducen la separación y sangrado.
- Preferiblemente están comprendidos superplastificantes y/o retardantes. Típicamente, los superplastificantes y/o retardantes se agregan en las cantidades comúnmente conocidas, por ejemplo, 0,05 a 1% en peso, preferiblemente 0,05 a 0,5% en peso, con respecto al cemento CSA más, si es aplicable, a la suma de cualquier SCM y/o componente hidráulico adicional agregado.
- Aditivos típicos son por ejemplo pero no exclusivamente rellenos, fibras, telas/textiles y vidrio triturado o molido. Rellenos son por ejemplo, cuarzo, piedra caliza, dolomita, cenizas volantes inertes y/o cristalinas. Las fibras son por ejemplo fibras de acero, fibras de vidrio o fibras de plástico.
- El aglutinante de acuerdo con la invención puede usarse para fabricar hormigón, argamasa, yeso y otros materiales de construcción de fraguado hidráulico. También es útil para fabricar composiciones químicas de construcción especial como adhesivos para baldosas, revestimientos de piso, etc. El uso puede ocurrir de la misma manera que los aglutinantes o cementos conocidos.
- El método para mejorar el desarrollo de resistencia de acuerdo con la invención comprende agregar un compuesto de magnesio a un aglutinante en base a CSA. El compuesto de magnesio se agrega preferiblemente al cemento CSA, es decir el clinker de CSA molido, junto con cualquier SCM. De hecho, el compuesto de magnesio también puede proporcionarse (al menos en parte) por un SCM agregado. Es por supuesto posible agregar también el compuesto de magnesio a un aglutinante directamente antes de agregar agua y cualquier ingrediente adicional deseado, como agregado.

Un aspecto adicional de la presente invención es el uso de compuestos de magnesio como aditivo para acelerar el desarrollo de resistencia o aumentar la resistencia compresiva de aglutinantes de CSA hidratados. Con este fin, cualquier compuesto de magnesio descrito anteriormente puede agregarse a un material de construcción de fraguado hidráulico o una composición química de construcción especial en cualquier momento antes de agregar agua o junto con el agua.

La invención se ilustrará adicionalmente con referencia a los ejemplos que siguen a continuación, sin restringir el alcance a las realizaciones específicas descritas. Si no se especifica de otro modo, toda cantidad en % o partes es en peso y, en caso de duda, se refiere al peso total de la composición/mezcla referida.

La invención incluye, además, todas las combinaciones descritas y especialmente de características preferidas que no se excluyen entre sí. Una caracterización como "aproximadamente", "alrededor de" o una expresión similar en relación con un valor numérico significa que se incluyen valores hasta 10% más altos o más bajos, preferiblemente valores hasta 5% más altos y más bajos, y en cualquier caso valores al menos hasta 1% más altos o más bajos, siendo el valor exacto el valor o límite más preferido.

Ejemplo 1

A partir de un cemento CSA y escoria con la composición que se muestra en las tablas 1a y 1b se mezclaron aglutinantes compuestos. El cemento básico está compuesto de aproximadamente 79,9% en peso de clinker triturado y 20% en peso de anhidrita. El aglutinante A está compuesto por 74,5% en peso de cemento y 25,5% de escoria, el aglutinante B de 20,5% en peso de escoria y 5% en peso de MgO quemado suave (1h a 700°C), el aglutinante C de 20,5% en peso de escoria y 5% en peso de Mg(OH)<sub>2</sub> y el aglutinante D 25,5% en peso de cuarzo (relleno inerte). Los aglutinantes A y D son ejemplos comparativos.

Tabla 1a

Fase	contenido promedio en CSA
$\Sigma C_4A_{3-x}F_x$	35%
$\Sigma C_2S$	45%
$\Sigma$ Ferritas	< 1%
$\Sigma$ Aluminatos	11%
otros	10%

Tabla 1b

	Clinker	Anhidrita	Escoria
	g/100g		
LOI 1050°C	0,13	3,65	0,40
SiO <sub>2</sub>	16,57	2,04	40,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,88	0,6	7,77
TiO <sub>2</sub>	0,99	0,02	0,30
MnO	0,04	0	0,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,30	0,22	0,78
CaO	46,93	38,3	37,90
MgO	1,30	1,45	9,51
K <sub>2</sub> O	0,43	0,15	0,55

## ES 2 672 470 T3

Na <sub>2</sub> O	0,16	0	0,36
SO <sub>3</sub>	6,60	52,3	1,47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,20	0,02	0,02

5 El desarrollo de resistencia se midió como se describió en EN 196-1 en argamasa al crear cubos de 2 cm de longitud de borde de una mezcla de 2 partes (en peso) de cemento, 3 partes de arena (ISS1, Ø tamaño de 1 mm) y 1 parte de agua. La relación agua/aglutinante fue de 0,5. La velocidad de carga se ajustó a 0,4 kN/s. Los resultados se muestran en la tabla 2. Los ejemplos A y D en la Tabla 2 son ejemplos comparativos.

Tabla 2

No.	cemento (incl. sulfato)	escoria	MgO	Mg(OH) <sub>2</sub>	cuarzo	resistencia [MPa] después de					
						1d	2d	7d	28d	90d	360d
A	74,5%	25,5%				20,9	23,2	34,9	37,3	39,8	50,5
B	74,5%	20,5%	5%			20,7	21,5	35,6	46,2	47,3	52,5
C	74,5%	20,5%		5%		21,4	22,7	33,7	40,2	41,3	56,1
D	74,5%				25,5%	19,1	21,5	32,8	38,6	37,7	37,8

10 Puede observarse que MgO mejora significativamente y Mg(OH)<sub>2</sub> mejora levemente el desarrollo de la resistencia compresiva ya a los 28 días de hidratación. La muestra B alcanza aproximadamente 7 MPa más en comparación con la muestra A. Adicionalmente, las muestras A y D están muy cerca una de la otra lo que prueba que la escoria no contribuyó al desarrollo de resistencia y posiblemente al desarrollo de hidratación durante la escala de tiempo investigada.

### Ejemplo 2

15 A partir de un cemento CSA y escoria con la composición química que se muestra en las tablas 3a y 3b se mezclaron aglutinantes compuestos. El cemento básico está compuesto de aproximadamente 84% en peso de clinker triturado y 16% en peso de anhidrita. El aglutinante A está compuesto por 75% en peso de cemento y 25% de escoria, el aglutinante B de 25% en peso de cuarzo, el aglutinante C de 20% en peso de escoria y 5% en peso de MgO quemado suave (1h a 700°C) y el aglutinante D 20% en peso de cuarzo (relleno inerte) y 5% en peso de MgO quemado suave (1h a 700°C).

20

Tabla 3a

Fase	contenido promedio en CSA
Σ C <sub>4</sub> A <sub>3-x</sub> F <sub>x</sub> \$	22%
Σ C <sub>2</sub> S	60%
Σ Ferritas	11%
Σ Aluminatos	n.d.
Otros	7%
n.d. – no detectado	

Tabla 3b

	Clinker	Anhidrita	Escoria
--	---------	-----------	---------

ES 2 672 470 T3

	g/100g		
LOI 1050°C	0,21	3,65	0,40
SiO <sub>2</sub>	17,48	2,04	40,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,44	0,6	7,77
TiO <sub>2</sub>	0,82	0,02	0,30
MnO	0,13	0	0,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,64	0,22	0,78
CaO	51,82	38,3	37,90
MgO	2,80	1,45	9,51
K <sub>2</sub> O	0,38	0,15	0,55
Na <sub>2</sub> O	0,01	0	0,36
SO <sub>3</sub>	7,29	52,3	1,47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,02	0,02

El desarrollo de resistencia se midió como en el ejemplo 1 y los resultados se muestran en la tabla 4. Los ejemplos A y B en la Tabla 4 son comparativos.

Tabla 4

No.	cemento (incl. sulfato)	escoria	MgO	cuarzo	resistencia [MPa] después de					
					1d	2d	7d	28d	90d	360d
A	75%	25%			7,7	15,2	20,2	26,0	28,4	31,6
B	75%			25%	8,1	16,5	21,5	26,5	25,8	39,8
C	75%	20%	5%		9,7	11,2	21,5	29,4	32,3	66,5
D	75%		5%	20%	9,5	12,6	23,5	29,8	26,9	48,4

Puede observarse que MgO mejora el desarrollo de resistencia compresiva de manera mensurable a los 28 días de hidratación.

## REIVINDICACIONES

1. Un aglutinante que comprende cemento de sulfoaluminato de calcio y un compuesto de magnesio en donde el compuesto de magnesio se elige a partir de
  - MgO quemado a temperatura baja, es decir, 300 a < 750°C, a media, es decir, 750 a 1100°C,
- 5 - hidróxido de magnesio
  - sales de magnesio de ácidos inorgánicos, a saber, nitrato, hidrogenocarbonato o  $MgCO_3 \cdot zH_2O$ , estando z en el rango de 1 a 3,  $xMgCO_3 \cdot yMg(OH)_2 \cdot zH_2O$ , estando x en el rango de 1 a 4, y en el rango de 0,5 a 2 y z en el rango de 0 a 5
  - formiato o acetato de magnesio
- 10 - un compuesto de magnesio amorfo, es decir, en base a  $Mg(OH)_2$ , MgO,  $MgCO_3 \cdot zH_2O$ , hidratos de silicato de magnesio o mezclas de los mismos
  - SCM rico en MgO, es decir con un contenido de MgO > 10% en peso
  - mezclas de dos o más de los anteriores,
- 15 en donde el contenido de compuesto de magnesio calculado como MgO varía de 0,5 a 20% en peso en relación con la masa total del aglutinante.
2. El aglutinante de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el cemento de sulfoaluminato de calcio comprende 10 - 100% en peso de  $C_4A_3-xF_x$ , estando x en el rango de 0 a 2, preferiblemente de 0,05 a 1 y más preferiblemente de 0,1 a 0,6, 0 - 70% en peso de  $C_2S$ , 0 - 30% en peso de aluminatos seleccionados de  $C_3A$ , CA,  $C_{12}A_7$  y  $CA_2$ , una fase de aluminato amorfo o mezclas de los mismos, 0 - 30% en peso de ferritas seleccionadas de  $C_2A_yF_{1-y}$ , estando y en el rango de 0,2 a 0,8,  $C_2F$ , CF y  $CF_2$ , una fase férrica amorfa o mezclas de las mismas, 0 - 30% en peso de ternesita, 0 - 20% en peso de sulfato de calcio y hasta 20% en peso de fases menores.
- 20 3. El aglutinante de acuerdo con la reivindicación 2, en donde  $C_2A_yF_{1-y}$  está presente con y en el rango de 0,4 a 0,6, especialmente en la forma de  $C_4AF$ .
- 25 4. El aglutinante de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 3 que comprende, además, materiales cementicios complementarios.
5. El aglutinante de acuerdo con la reivindicación 4, en donde los materiales cementicios complementarios se eligen de puzolanas naturales o artificiales y materiales hidráulicos latentes, preferiblemente de escoria de alto horno granulada molida y cenizas volantes tipo-C y/ o tipo-F, arcillas calcinadas, esquistos calcinados, tierra de trass, vidrios artificiales, humo de sílice, y residuos de materia orgánica quemada rica en sílice, especialmente ceniza de cáscara de arroz, o mezclas de los mismos.
- 30 6. El aglutinante de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en donde el contenido de material cementicio complementario varía de 10 a 90% en peso en relación con la masa total del aglutinante, preferiblemente de 30 a 70% en peso.
- 35 7. El aglutinante de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el cemento de sulfoaluminato de calcio tiene una fineza, de acuerdo con la distribución de tamaño de partícula determinada por granulometría láser, con una  $d_{90} \leq 90 \mu m$ , preferiblemente una  $d_{90} \leq 60 \mu m$  y más preferiblemente una  $d_{90} \leq 40 \mu m$ , en donde el Parámetro de Rosin-Rammler (pendiente) n puede variar de 0,7 a 1,5, preferiblemente de 0,8 a 1,3 y más preferiblemente de 0,9 a 1,15.
- 40 8. El aglutinante de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 7 que comprende, además, al menos uno de cemento Portland, clinker de cemento Portland, piedra caliza, dolomita, cal, Portlandita, ternesita o mezclas de los mismos.
9. El aglutinante de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el contenido de compuesto de magnesio calculado como MgO varía de 1 a 15% en peso en relación con la masa total del aglutinante, preferiblemente de 3 a 10% en peso de la masa del aglutinante total.
- 45 10. El aglutinante de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la relación en masa entre el sulfato de calcio y la suma de ye'elimita, aluminatos y ferritas en el aglutinante varía de 0,1 a 0,9, preferiblemente de 0,20 a menos de 0,9 y especialmente preferiblemente de 0,3 a 0,85.
11. El aglutinante de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10 que comprende, además, aditivos, preferiblemente elegidos de rellenos, fibras, telas / textiles, vidrio triturado o molido y mezclas de los mismos.

12. El aglutinante de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 11 que comprende, además, mezclas, preferiblemente elegidas de aceleradores, retardadores, plastificantes, superplastificantes, aireantes, pigmentos, inhibidores de corrosión, agentes adhesivos, auxiliares de bombeo y mezclas de los mismos, especialmente preferiblemente plastificantes y/o superplastificantes.
- 5 13. Un método para acelerar el desarrollo de la resistencia y/o aumentar la resistencia compresiva de estructuras de edificios fabricados a partir de aglutinantes de CSA, en donde un compuesto de magnesio elegido de
- MgO quemado a temperatura baja, de decir 300 a < 750°C, a media, es decir, 750 a 1100°C,
  - hidróxido de magnesio
- 10 - sales de magnesio de ácidos inorgánicos, a saber, nitrato, hidrogenocarbonato o  $MgCO_3 \cdot wH_2O$ , estando w en el rango de 1 a 3,  $xMgCO_3 \cdot yMg(OH)_2 \cdot zH_2O$ , estando x en el rango de 1 a 4, y en el rango de 0,5 a 2 y z en el rango de 0 a 5
- formiato o acetato de magnesio
  - un compuesto de magnesio amorfo, es decir, en base a  $Mg(OH)_2$ , MgO,  $MgCO_3 \cdot zH_2O$ , hidratos de silicato de magnesio o mezclas de los mismos
- 15 - SCM rico en MgO, es decir con un contenido de MgO > 10% en peso
- mezclas de dos o más de los anteriores
- se agrega al aglutinante, en donde el contenido de compuesto de magnesio calculado como MgO varía de 0,5 a 20% en peso en relación con la masa total del aglutinante.
14. El uso de compuestos de magnesio elegidos de
- 20 - MgO quemado a temperatura baja, es decir, 300 a 750°C, a media, es decir, 750 a 1100°C,
- hidróxido de magnesio
  - sales de magnesio de ácidos inorgánicos, a saber, nitrato, hidrogenocarbonato o  $MgCO_3 \cdot wH_2O$ , estando w en el rango de 1 a 3,  $xMgCO_3 \cdot yMg(OH)_2 \cdot zH_2O$ , estando x en el rango de 1 a 4, y en el rango de 0,5 a 2 y z en el rango de 0 a 5
- 25 - formiato o acetato de magnesio
- un compuesto de magnesio amorfo, es decir, en base a  $Mg(OH)_2$ , MgO,  $MgCO_3 \cdot zH_2O$ , hidratos de silicato de magnesio o mezclas de los mismos
  - SCM rico en MgO, es decir con un contenido de MgO > 10% en peso
  - mezclas de dos o más de los anteriores
- 30 como aditivos para aumentar la resistencia compresiva de aglutinantes de CSA hidratados, en donde el contenido de compuesto de magnesio calculado como MgO varía de 0,5 a 20% en peso en relación con la masa total del aglutinante.
- 35 15. El uso de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el compuesto de magnesio se agrega en una cantidad de 1 a 15% en peso, preferiblemente de 3 a 10% en peso, calculado como MgO y en relación con la masa total del aglutinante.