

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 042**

51 Int. Cl.:

C04B 28/02 (2006.01)

C04B 40/00 (2006.01)

C04B 28/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2008 E 13189323 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 2695865**

54 Título: **Ligante mineral y procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

27.08.2007 DE 102007040349

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

29.05.2017

73 Titular/es:

**DYCKERHOFF AG (100.0%)
Biebricher Strasse 69
65203 Wiesbaden, DE**

72 Inventor/es:

**PARKER, FRANK;
STRUNGE, JOSEF DR. y
DEUSE, THOMAS**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 614 042 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

Ligante mineral y procedimiento para su fabricación

5 La invención se refiere a un ligante mineral y a un procedimiento para su fabricación en especial a base de cementos normalizados, en especial para la fabricación de hormigones de fraguado rápido y/o de gran resistencia o de morteros o de suspensiones de cemento.

10 Los hormigones de fraguado rápido y/o de gran resistencia se denominan también hormigones de altas prestaciones, que solidifican y fraguan con rapidez (hormigones rápidos) o que proporcionan resistencias mecánicas mayores y son especialmente resistentes a los medios agresivos (hormigones de gran resistencia).

15 Los hormigones rápidos se fabrican por lo general con los llamados cementos rápidos de clínkeres especiales, que presentan en lo esencial por ejemplo sulfoaluminatos cálcicos, o a partir de cementos aluminosos o mezclas de cemento aluminoso con cemento Pórtland o los clínkeres especiales, en los que el fraguado rápido puede regularse por lo general mediante aditivos orgánicos. Tales aditivos son componentes extraños dentro de estas mezclas minerales, pueden tener efectos secundarios indeseados y reaccionan de manera incontrolable cuando hay diferencias de temperatura y/o variaciones en las materias primas, que pueden llegar incluso a efectos contrarios, tales como solidificación y fraguado lento o incluso la ausencia de solidificación y fraguado. En este sentido, este
20 diseño del cemento rápido es relativamente inadecuado en especial para la fabricación del hormigón de transporte.

25 Otro concepto de cemento rápido prevé un ligante hidráulico con un componente ligante fluido después de la adición de agua y solidificable y un componente acelerante que sirve para acelerar el fraguado, donde dicho componente acelerante deberá ser el hidróxido cálcico de gran finura con superficies específicas y/o tamaños de partícula determinados (documento EP 1 719 742 A1). En este documento se describe de forma resumida el estado de la técnica conocido en aquel momento para este ámbito industrial, señalándose que para la generación de la resistencia es determinante la formación acelerada de las fases de silicato cálcico hidratado a partir de los silicatos cálcicos de las partículas de cemento. Por lo tanto, el hidróxido cálcico de gran finura que se añada deberá acelerar por nucleación la formación del silicato cálcico hidratado (formación del CSH) que se inicia aproximadamente
30 después de 6 a 8 horas.

35 En el caso de los cementos rápidos con hidróxido cálcico como componente acelerante según el documento EP 1 719 742 A1 se corre el riesgo de una estabilidad insuficiente en almacenamiento. Como es sabido, el hidróxido cálcico se carbonata con la entrada del dióxido de carbono del aire. Como consecuencia de ello, el comportamiento de reacción de estos cementos rápidos no es constante. Por consiguiente, no siempre puede agotarse su gran potencial de fraguado rápido.

40 Para hormigones de gran resistencia y en especial firmes se emplean por lo general cementos Pórtland de bajo contenido de C_3A de la clase de resistencia 42,5 o 52,5R en combinación con microsílíce. El objetivo consiste en realizar ya en la fase seca un empaquetado esférico lo más compacto posible, que después de la adición de agua conduce entonces también a un aglutinante de cemento colocado con gran densidad de partículas. Además, la microsílíce, que se separa en forma de polvos volátiles durante la fabricación del ferrosilicio y se compone por ejemplo por un 85 a 98 % en peso de SiO_2 amorfo, tiene que reaccionar con el hidróxido cálcico ($Ca(OH)_2$), que no se libera hasta pasadas aproximadamente de 6 a 8 horas de la reacción de las fases de los clínkeres de cemento
45 (fases de silicato cálcico, en especial C_3S) con agua.

50 Mientras que las fases hidratadas se forman por ejemplo a partir de C_3A y C_3S de las partículas de clínker, la microsílíce y $Ca(OH)_2$ forman fases C-S-H adicionales, que crecen entonces hacia el interior de las cavidades huecas todavía disponibles y de este modo hacen que sea más compacta la matriz de ladrillo de cemento que fragua. Como resultado, gracias a esta reacción puzolánica entre la microsílíce y el $Ca(OH)_2$ se forman hormigones especialmente densos y por ello resistentes y duraderos con una resistencia a la compresión en parte extraordinariamente alta. El inconveniente del uso de microsílíce (polvo de sílice de la obtención del siliciuro de hierro) estriba en el color del hormigón, que por lo general es demasiado oscuro y desigual para el hormigón liso, así como la necesidad de un dispositivo dosificador separado, costoso y complicado.

55 El principio de reacción de la reacción puzolánica con por ejemplo microsílíce y $Ca(OH)_2$ se deduce esquemáticamente de las figuras 1a, b, c. En primer lugar existe una mezcla seca de partículas de cemento 1 y partículas de microsílíce 2 (figura 1a). Después de la mezcla con agua, tras la solidificación tiene lugar la fase de reposo o periodo de reposo de la mezcla, que el experto en la materia conoce, sin fraguado notable. Solo cuando han transcurrido aproximadamente de 6 a 8 horas se produce una reacción de fraguado de las fases de silicato, calcio y aluminato con agua, formándose por ejemplo los cristales de fases de CSH 3 aciculares, liberándose $Ca(OH)_2$ 4 (figura 1b). El $Ca(OH)_2$ reacciona con las partículas de microsílíce 2 y forma además cristales finos de fase C-S-H 5. Estos compactan la estructura del ladrillo de cemento que fragua y gracias a esta reacción puzolánica generan una estructura más densa con resistencias y durabilidades mayores (figura 1c).

65 Para el principio de reacción puzolánica conocido se dispone no solo de microsílíce, sino que se emplean también

otros componentes de SiO₂, tales como polvo de sílice, nanosílice, metacaolín o cenizas volátiles.

Una tecnología ulterior para la fabricación de hormigones de altas prestaciones, que con una base también solamente mineral permite aumentar la resistencia inicial y puede salir adelante sin reacciones puzolánicas, se basa en ligantes optimizados únicamente en la granulometría. Se emplean cementos normales que se combinan con cementos muy finos; cuya fabricación se conoce por ejemplo por el documento EP 0 696 558 B1. Los cementos muy finos tienen una finura de grano inferior a 20 µm y pueden fabricarse a escala industrial de forma económicamente viable con finuras de grano de hasta 2 µm.

Con esta tecnología y en función de la formulación se puede asegurar la producción de cementos de altas prestaciones para hormigones de gran resistencia inicial, cementos para hormigones de gran resistencia, en especial también para hormigones lisos de gran resistencia y cementos con una resistencia química especial, por ejemplo a medios agresivos. Son cementos normalizados de propiedades extraordinarias, que para ajustar la procesabilidad solamente exigen la presencia de aditivos.

En la figura 2 se representa de modo esquemático el principio de esta tecnología. Se reconocen los granos relativamente groseros del cemento normal, con tamaños de grano d₉₅ por ejemplo entre 25 y 30 µm e intercalados entre los granos groseros 6 los granos relativamente pequeños 7 del cemento muy fino, con tamaños de grano d₉₅ por ejemplo entre 2 y 20 µm. Este principio puede experimentar un complemento y un incremento de la resistencia inicial por ejemplo después de 6 a 8 horas con la adición de Ca(OH)₂ (documento EP 1 719 742 A1) o de ácido silícico de partículas finas.

Con ello se agota este principio, pero sin que puedan aumentarse las resistencias finales (véase el documento EP 1 719 742 A1, tabla 1: resistencias a la compresión después de 28 días) ni ajustarse o regularse antes las resistencias iniciales.

Por el documento EP 1 702 899 A2 se conoce un ligante para hormigones de altas prestaciones que contiene una mezcla de clínker de cemento molido y al menos un aditivo y/o aditivo de molienda, no superando la parte de clínker en el ligante el 65 % y estando ampliada la parte de la fracción de grano de 0-10 µm en el al menos un aditivo y/o aditivo de molienda. Son aditivos y/o aditivos de molienda por ejemplo escoria granulada de alto horno, ceniza volante, metacaolín, piedra caliza.

El documento DE 41 06 380 A1 describe un hormigón proyectado en el que se debe garantizar la reducción del rebote en caso de empleo de microsíllice mediante un pretratamiento de la microsíllice. La última se pretrata con 2-25 partes en peso de un líquido del grupo agua, alcanolamina, poliol y soluciones acuosas de aditivos de hormigón, alcanolamina, poliol o compuestos de celulosa solubles en agua. En particular, la microsíllice actúa en el procedimiento de inyección en seco cuando la microsíllice se ha tratado con agua o con una solución acuosa de aceleradores de la solidificación. Para el pretratamiento se puede usar entre otras cosas también hidróxido de calcio.

Por el documento DE 100 66 270 B4 se conoce un procedimiento para la producción de hormigón con celdillas, mezclándose el ligante de cemento y un componente de CaO reactivo, árido, que se compone de al menos un componente de SiO₂ reactivo fino y al menos un componente grosero de tal manera que presenta una equipartición de Graf, formador de gas y agua hasta dar una pasta de cemento, vertiéndose la pasta de cemento en moldes, haciendo que se hinche y se atiese y endureciéndose con vapor la masa atiesada, en el que

a) el componente de SiO₂ fino se emplea con una granulación de como máximo 60 µm y el componente de CaO y el componente SiO₂ fino se emplean en tal relación molar CaO/SiO₂ que en caso del endurecimiento con vapor se realiza una conversión en la medida de lo posible completa del componente de SiO₂ fino y el componente de CaO hasta dar fases de silicato cálcico hidratado y

b) el componente grosero del árido se emplea en una granulación de 30 a 400 µm, de tal manera que no reacciona sustancialmente con el componente de CaO y se incorpora como grano de apoyo en la matriz formada de las fases de silicato cálcico hidratado. El componente fino puede llegar hasta soportes criptocristalinos o de alta dispersión de SiO₂, tales como microsíllice.

El documento EP 0 616 986 A1 desvela un ligante hidráulico mineral que presenta un clínker de cemento con las fases de clínker C₃S, C₂S, C₃A y C₄AF, un componente sulfático, un componente de unión a agua, por ejemplo, CaO ligeramente calcinado y un componente reductor del rebote, por ejemplo, polvo de ácido silícico amorfo, así como solvente. De acuerdo con el ejemplo de realización del documento EP 0 616 986 A1 se mezclan cemento, yeso, semihidrato, CaO, sulfato de aluminio, sílice pirógena y solvente como premezcla con áridos y se preparan con un valor w/b de 0,38 con agua.

Por el documento EP 0 289 720 A2 se desprende un procedimiento para la preparación de una capa de hormigón proyectado en el que se mezcla una mezcla de hormigón proyectado de cemento, por ejemplo, cemento Pórtland, áridos y dado el caso áridos con aire de propulsión, cargándose el aire de propulsión con ácido silícico sintético. En el caso del ácido silícico se trata de ácido silícico pirógeno o precipitado. Los ácidos silícicos precipitados indicados a modo de ejemplo presentan en cada caso tamaños de partícula primaria medios de 18, 35 o 40 nm. De acuerdo

con el documento EP 0 289 720 A2 se aumenta la resistencia del hormigón ya que el ácido silícico de precipitación reacciona con el exceso de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ del hormigón de cemento formando silicatos cálcicos hidratados.

5 Por la publicación "Mechanical properties of silicone vulcanizates crosslinked with polymethylhydrosiloxanes, containing silica and calcium carbonate", ENGINEERING INFORMATION, INC., NEW YORK, NY, US;2006, FEJDYS M ET AL, se desprende un vulcanizado de silicona que como carga contiene ácido silícico precipitado en forma de Sipernat 310 con un tamaño de grano de $5,5 \mu\text{m}$ y CaCO_3 .

10 La publicación "Synthesis of Calcium Silicate Hydrate with $\text{Ca}/\text{Si}=2$ by Mechanochemical Treatment", JOURNAL OF THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY, BLACKWELL PUBLISHING, MALDEN, MA, US, tomo 80, N.º 2, 1 de enero de 1996 (01-01-1996), páginas 472-476 desvela una mezcla para la preparación de fases de CSH con un componente de SiO_2 en forma de ácido silícico precipitado y un componente de CaO .

15 Es objetivo de la invención desarrollar un ligante hidráulico, en especial estable en almacenamiento, de base mineral, con resistencias iniciales elevadas y resistencias finales más altas en comparación con los ligantes hidráulicos similares conocidos, que sea idóneo en especial para la fabricación no solo de hormigones rápidos, sino también muy resistentes y también en especial químicamente resistentes, pudiendo regularse el nivel de las resistencias de un modo sencillo.

20 Este objetivo se alcanza con las características de las reivindicaciones 1 y 15. Los perfeccionamientos ventajosos de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

25 Por tanto, la invención se resuelve mediante un ligante hidráulico mineral en forma de una mezcla seca de partida, en especial para la fabricación de hormigón o morteros o suspensiones de cemento a base de al menos un cemento, presentando el cemento fases de clínker, tales como en especial C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF , que con el agua forman fases hidratadas que fraguan para formar el ladrillo de cemento y presentando el cemento después del amasado con agua una fase de reposo de unas horas, en la que no tiene lugar ninguna reacción notable de fraguado. De acuerdo con la invención, el ligante además contiene

- 30 - al menos un componente de SiO_2 de partículas finas en forma de ácido silícico precipitado en forma de partículas de aglomerado con tamaños de grano entre 3 y $15 \mu\text{m}$
 - al menos un componente de CaO de partículas finas en forma de
 - óxido cálcico, que presenta del 90 al 99 % en peso de CaO y tamaños de grano entre $0,5$ y $100 \mu\text{m}$ y/o
 35 - cal hidratada con contenidos de CaO entre el 60 y el 75 % en peso y tamaños de grano entre $0,7$ y $100 \mu\text{m}$.

A este respecto, el al menos un componente de SiO_2 y el al menos un componente de CaO con el agua de amasado forman durante la fase de reposo fases de silicato cálcico hidratado que dan lugar a la resistencia inicial y que fraguan a causa de una reacción puzolánica.

40 Además, el objetivo se resuelve mediante un procedimiento para la fabricación de un ligante de este tipo, premezclándose el al menos un componente de SiO_2 con el al menos un componente de CaO y mezclándose después esta premezcla con el cemento.

45 Con los nuevos ligantes hidráulicos de acuerdo con la invención pueden generarse ahora resistencias iniciales elevadas ya en la fase de reposo de las mezclas que contienen agua, ya que el sistema es independiente del desarrollo de resistencia de las fases minerales del cemento. En este sentido, el sistema es también relativamente independiente del desarrollo de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de las fases minerales de cemento, en especial de C_3S . Por lo tanto se pueden emplear múltiples variedades de cemento o tipos de cemento que presentan diferentes mecanismos de reacción para el fraguado después de la fase de reposo. Pero para la fabricación de los ligantes hidráulicos de acuerdo con la invención se emplean con preferencia cementos Pórtland, cementos compuestos Pórtland y cementos de altos hornos, cuyo fraguado normal no se inicia hasta después de unas 6 a 8 horas debido a la reacción de las fases de cemento.

55 El principio de acuerdo con la invención se ilustra en las figuras 3a, b, c. La mezcla seca de partida del ligante hidráulico de acuerdo con la invención contiene partículas de cemento 8 relativamente groseras. Intercaladas entre estas partículas de cemento 8 se hallan las partículas 9 del componente de SiO_2 de partículas finas (como la harina) añadido y las partículas 10 del componente de CaO de partículas finas (como la harina) añadido (ver figura 3a). Después de la adición del agua se inicia la reacción entre el componente de SiO_2 y el componente de CaO . Se forman ya al cabo por ejemplo aproximadamente 1 hora fases de silicato cálcico 11 fraguantes, que tienen una finura suficiente (figura 3b), sin que resulte perjudicada la procesabilidad (reología). A continuación o incluso al final de esta primera fase de fraguado puzolánica, a partir de las partículas de cemento 8 se forma el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 12 y a continuación las fases C-S-H 13, estas últimas crecen hacia el interior de la estructura de fases C-S-H ya existente de la reacción puzolánica (figura 3c).

65 Se ha puesto de manifiesto que las reacciones de fraguado de las partículas de cemento se inician antes con

ES 2 614 042 T3

respecto a la fase de reposo cuando según la invención ya están presentes las fases de fraguado puzolánico. En este sentido, el sistema puzolánico actúa de modo sinérgico.

5 Es sorprendente que la reacción puzolánica no tenga ningún efecto negativo en la procesabilidad ni en el posterior fraguado de los minerales de cemento después de la fase de reposo.

Es también sorprendente que no solo que se puedan lograr resistencias iniciales en un momento anterior, sino también que las resistencias finales después de 28 días puedan incrementarse de modo notable.

10 Una forma de realización de la invención prevé combinar cementos normales de granulometría d_{95} entre 20 y 70, en especial d_{95} entre 25 y 35 μm , con el componente de SiO_2 y el componente de CaO . Según otra forma de realización de la invención se mezclan entre sí cementos normales con cementos muy finos, de granulometrías d_{95} entre 2 y 20 μm , en especial d_{95} entre 6 y 16 μm y se combinan con el componente de SiO_2 y de CaO . Finalmente, una tercera forma de realización de la invención prevé emplear al menos dos componentes de SiO_2 para el componente de SiO_2 ,
15 que se diferencian por su espectro de tamaños de grano y con preferencia también por su fabricación. Para ello se emplea un primer componente de SiO_2 con tamaños de grano de aglomerado d_{95} entre 3 y 15, en especial d_{95} entre 3 y 5 μm (tamaño medio de partícula, medido con un Multisizer capilar de 100 μm con arreglo a la norma ASTM C 690-1992) y un segundo componente con tamaños de partículas primarias entre 0,007 y 0,04 μm (de 7 a 40 nm de tamaño medio de las partículas primarias), en especial entre 0,01 y 0,02 μm . Con la proporción de las cantidades de
20 estos dos componentes puede regularse o controlarse de manera sencilla el desarrollo de la resistencia de la reacción puzolánica, porque los elementos finos del componente de SiO_2 de más finura reaccionan con mayor rapidez.

25 De partículas indica tamaños de partícula primaria $\leq 0,04 \mu\text{m}$. Los cementos normales tienen tamaños de grano d_{95} entre 20 y 70 μm y superficies específicas entre 0,3 y 0,8 m^2/g (Blaine) y los cementos muy finos, tamaños de grano d_{95} entre 2 y 20 μm y superficies específicas entre 1 y 5 m^2/g (BET).

30 Otra posibilidad sencilla de regulación consiste en el uso de distintos componentes de CaO , ya que el uso de CaO (cal viva) produce una reacción más rápida y mayores resistencias iniciales y resistencias finales que el uso de Ca(OH)_2 (cal hidratada). Al parecer, la reacción de apagado de CaO cuando se produce el contacto con el agua de amasado desempeña un papel esencial, ya que el Ca(OH)_2 resultante en estadio naciente genera condiciones de reacción especialmente favorables con el componente de SiO_2 .

35 Las composiciones especialmente efectivas de ligantes hidráulicos de acuerdo con la invención se recogen en la tabla 1.

Tabla 1

	tamaño de grano d_{95} (μm)	cantidad [partes en peso]
cemento normal	20 a 70 en especial 25 a 35	0 a 100 con preferencia 40 a 90 en especial 50 a 80
cemento muy fino y/o clínker molido muy fino y/o arena siderúrgica muy fina	2 a 20 en especial 6 a 16	0 a 100 con preferencia 1 a 50 en especial 25 a 30
primer componente de SiO_2 (partículas de aglomerado)	3 a 15 en especial 3 a 5	0 a 5 con preferencia 0,1 a 5 en especial 0,1 a 5
segundo componente de SiO_2 (partículas primarias)	0,007 a 0,04 en especial 0,01 a 0,02	0 a 5 con preferencia 0,1 a 5 en especial 0,1 a 3
componente CaO	0,5 a 100 en especial 20 a 80	0 a 15 con preferencia 0,1 a 15 en especial 0,1 a 5
componente Ca(OH)_2	0,7 a 100 en especial 0,7 a 35	0 a 15 con preferencia 0,1 a 15 en especial 0,1 a 5

40 Como cementos normales se emplean con preferencia los cementos Pórtland normalizados, los cementos compuestos Pórtland y los cementos de altos hornos, empleándose sobre todo los cementos Pórtland.

Se emplean sobre todo los cementos muy finos, que se fabrican con arreglo al documento EP 0 696 558 B1.

45 El primer componente de SiO_2 nanométrico es un ácido silícico sintético precipitado con una superficie específica (superficie específica (N_2) medida con areámetro con arreglo a la norma ISO 5794-1, anexo D) entre 50 y 750, en

especial entre 50 y 200 m²/g y el segundo componente de SiO₂ en particular un ácido silícico pirógeno (AEROSIL de la empresa Degussa) con una superficie específica (superficie BET con arreglo a la norma DIN 66136) entre 30 y 380, en especial entre 50 y 200 m²/g.

- 5 El componente CaO es cal viva, tal como cal fina blanca y/o cal viva hidráulica, o un hidróxido de calcio, preferentemente como cal apagada fina blanca y/o cal hidratada hidráulica. La superficie específica de la cal viva se sitúa con preferencia entre 1 y 3 m²/g (BET). La superficie específica de la cal hidratada se sitúa con preferencia entre 18 y 25 m²/g o superior (BET).
- 10 Según la invención se puede lograr de modo sencillo una estabilidad en almacenamiento especialmente grande de las mezclas de acuerdo con la invención si se realiza un mezclado previo de los ácidos silícicos sintéticos muy ligeros con el óxido de calcio y/o hidróxido de calcio relativamente pesado. Al parecer, el componente de ácido silícico protege los componentes de CaO de las reacciones prematuras con la humedad del aire y con el dióxido de carbono del aire.

15

REIVINDICACIONES

- 5 1. Ligante hidráulico mineral en forma de una mezcla seca de partida, en especial para la fabricación de hormigón o morteros o suspensiones de cemento, a base de al menos un cemento, presentando el cemento fases de clínker, tales como en especial C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF , que con el agua forman fases hidratadas que fraguan para formar un ladrillo de cemento y presentando el cemento después del amasado con agua una fase de reposo de unas horas, en la que no tiene lugar ninguna reacción notable de fraguado, caracterizado por
- 10 - al menos un componente de SiO_2 de partículas finas en forma de ácido silícico precipitado en forma de partículas de aglomerado con tamaños de grano entre 3 y 15 μm
 - al menos un componente de CaO de partículas finas en forma de
 -óxido cálcico, que presenta del 90 al 99 % en peso de CaO y tamaños de grano entre 0,5 y 100 μm y/o
 -cal hidratada con contenidos de CaO entre el 60 y el 75 % en peso y tamaños de grano entre 0,7 y 100 μm ,
- 15 formando el al menos un componente de SiO_2 y el al menos un componente de CaO con el agua de amasado durante la fase de reposo fases de silicato cálcico hidratado que dan lugar a una resistencia inicial y que fraguan a causa de una reacción puzolánica.
- 20 2. Ligante según la reivindicación 1, caracterizado por que el componente de SiO_2 está contenido en del 0,1 al 5 % en peso, en especial del 0,1 al 3 % en peso.
3. Ligante según la reivindicación 2, caracterizado por que el componente de SiO_2 presenta tamaños de grano entre 3 y 5 μm .
- 25 4. Ligante según una o varias de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por al menos dos componentes de SiO_2 distintos debido al proceso de fabricación, con distintos intervalos de tamaños de grano, siendo uno de los componentes de SiO_2 muy fino con tamaños de grano entre 0,007 y 0,04 μm y siendo el otro componente de SiO_2 más grosero y siendo el ácido silícico precipitado, ascendiendo la proporción de las cantidades en % en peso con preferencia a entre 1:1 y 1:50, en especial entre 1:2 y 1:5.
- 30 5. Ligante según una o varias de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el ácido silícico precipitado contiene del 94 al 99 % en peso de SiO_2 .
- 35 6. Ligante según una o varias de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que uno de los componentes de SiO_2 presenta tamaños de partícula primaria entre 0,007 y 0,04, particularmente entre 0,01 y 0,02 μm y es un ácido silícico pirógeno que contiene del 96 al 100 % en peso de SiO_2 .
- 40 7. Ligante según una o varias de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el componente de SiO_2 está contenido en cantidades del 0,1 al 5, en especial del 0,1 al 3 % en peso con respecto a la parte de cemento en el ligante.
- 45 8. Ligante según una o varias de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el óxido de calcio presenta del 95 al 98 % en peso de CaO .
- 50 9. Ligante según la reivindicación 8, caracterizado por que el componente de CaO presenta tamaños de grano entre 20 y 80 μm .
10. Ligante según una o varias de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que la cal hidratada presenta contenidos de CaO entre el 70 y el 75 % en peso.
- 55 11. Ligante según una o varias de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que el cemento es un cemento estándar según la norma EN 197 y/o DIN 1164 y tiene una finura normal con tamaños de grano d_{95} entre 20 y 70 μm y superficies específicas entre 0,3 y 0,8 m^2/g .
- 60 12. Ligante según la reivindicación 11, caracterizado por que el cemento es un cemento Pórtland o un cemento compuesto Pórtland o un cemento de altos hornos.
13. Ligante según la reivindicación 12, caracterizado por que además está presente de modo especial un cemento muy fino con finuras de tamaño de grano d_{95} entre 2 y 20 μm y una superficie específica de 1 a 5 m^2/g , fabricándose el cemento muy fino a partir de clínkeres de cemento Pórtland y/o arena siderúrgica molida muy fina.
- 65 14. Ligante según la reivindicación 13, caracterizado por que la proporción en peso entre cemento normal y cemento muy fino se sitúa entre 0:100 o 100:0 y 20:1, en especial entre 3:1 y 5:1.
15. Procedimiento para la fabricación de un ligante según una o varias de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado por la premezcla de al menos un componente de SiO_2 con el al menos un componente de CaO y mezcla posterior de

la premezcla con el cemento.

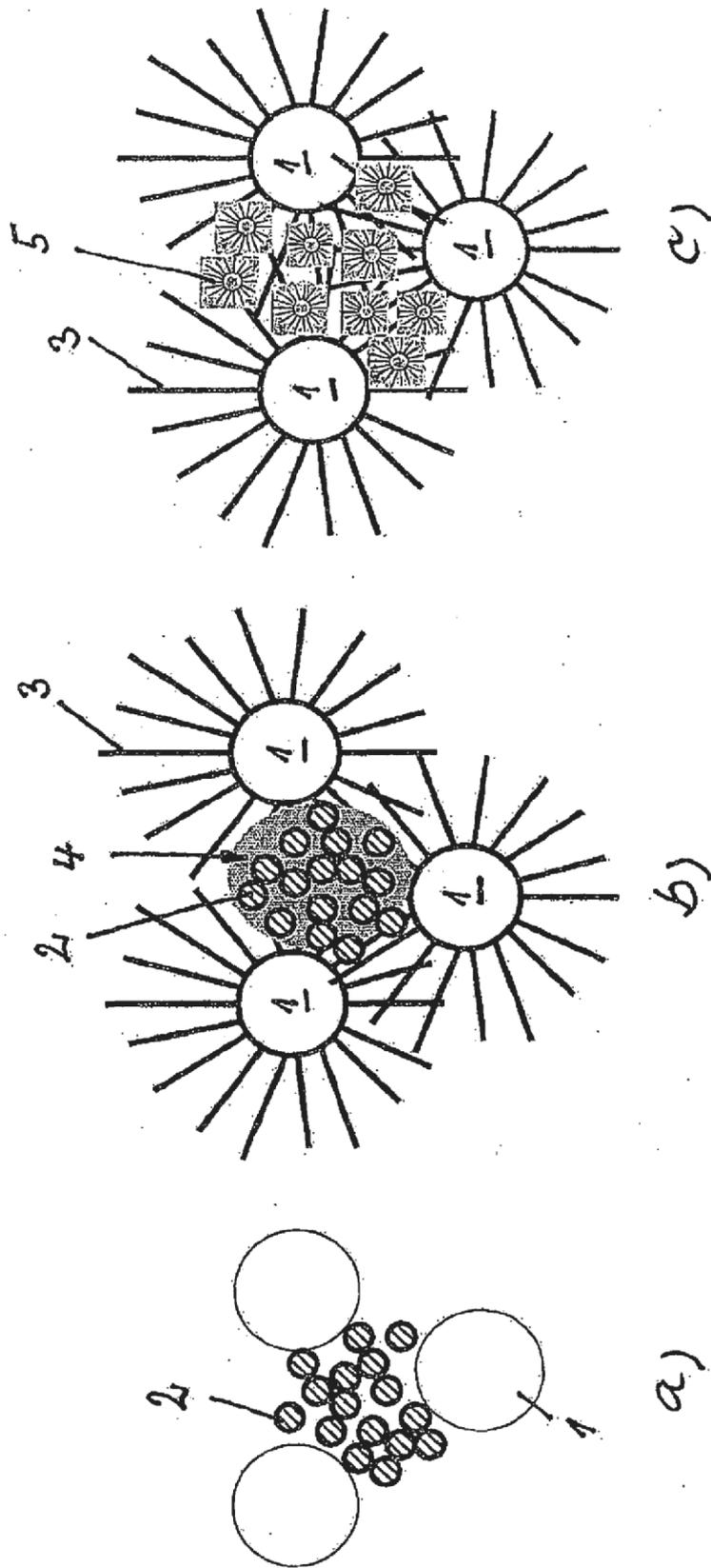


Fig. 1

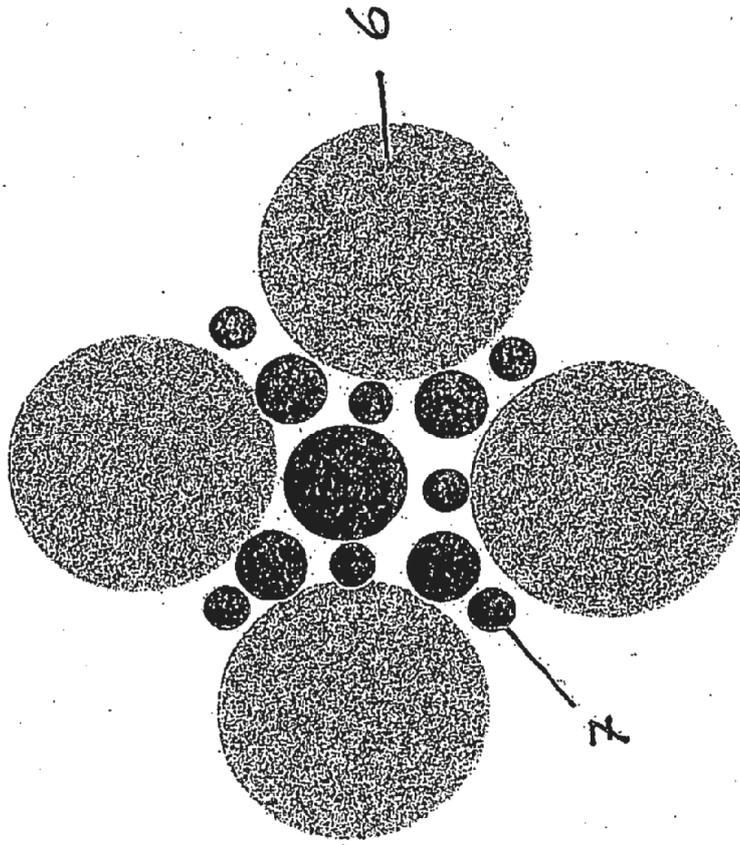


Fig. 2

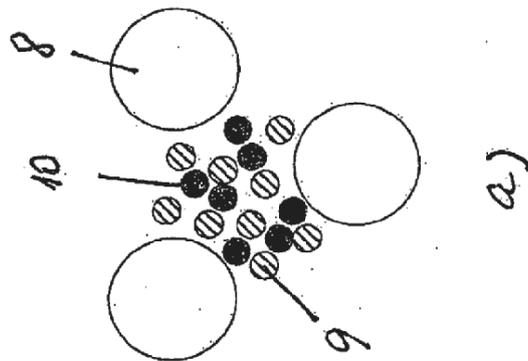
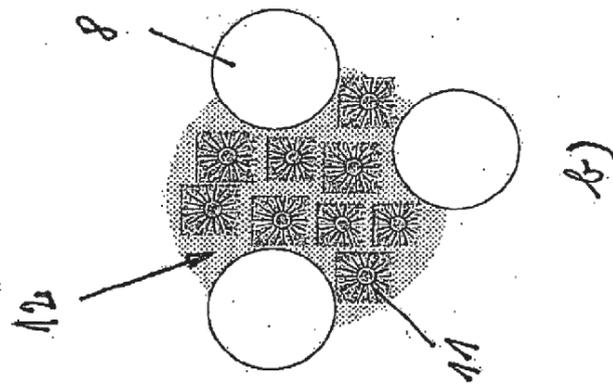
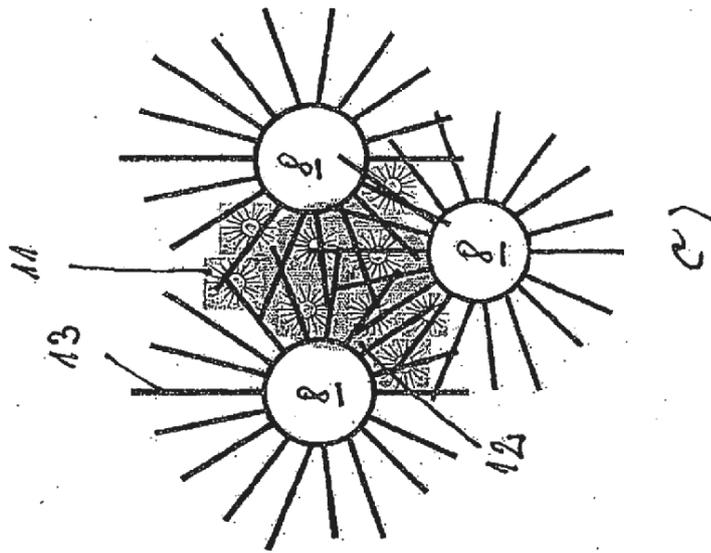


Fig. 3