

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 777**

51 Int. Cl.:

C04B 20/00 (2006.01)

C04B 111/23 (2006.01)

C04B 111/56 (2006.01)

C04B 28/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.07.2012 PCT/EP2012/003262**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2013 WO2013017269**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2012 E 12751447 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2739586**

54 Título: **Material de cemento con altas prestaciones mecánicas útil para producir conexiones subterráneas**

30 Prioridad:

01.08.2011 IT MI20111470

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

29.06.2017

73 Titular/es:

**ITALCEMENTI S.P.A. (100.0%)
Via G. Camozzi, 124
24121 Bergamo, IT**

72 Inventor/es:

**ALFANI, ROBERTA y
GHEZZI, ALBERTO**

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 620 777 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).

Material de cemento con altas prestaciones mecánicas útil para producir conexiones subterráneas

DESCRIPCIÓN

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a formulaciones de cemento con altas prestaciones mecánicas para la preparación de conexiones subterráneas.

10 **Estado de la técnica**

15 El cemento es uno de los materiales más utilizados para la producción de tuberías de alcantarillado y sistemas de vertidos; presenta una resistencia mecánica conveniente, pero es bastante sensible al ataque de ácidos, de modo que se sugiere su uso con unos pH mayores que 4-5 para evitar los problemas de degradación de la superficie interna.

20 Recientemente se han desarrollado nuevas tuberías de material de cemento extrusionados para sistemas de alcantarillado de pequeño espesor: estos productos son preferibles debido a su menor peso y mayor facilidad de manipulación, y estas características son útiles para el transporte y el montaje; sin embargo, el pequeño espesor (por ejemplo, 20-25 mm, con un diámetro nominal DN = 300 mm) requiere unos valores elevados de resistencia mecánica y, según cabe suponer, también frente a ácidos, que los materiales cementosos tradicionales no garantizan.

25 Por tanto, las investigaciones se dirigen a obtener materiales cementosos para tuberías finas, que tengan una resistencia mecánica mejorada y, según cabe esperar, química frente a los ácidos.

30 En la actualidad están disponibles revestimientos cementosos con mejor resistencia a ácidos, aunque con características mecánicas modestas; cf., por ejemplo, las mezclas sólidas basadas en escoria sulfoaluminosa o sulfo-hierro-aluminosa para la preparación de productos resistentes a ácidos en el documento WO2009/095734; estos materiales no tienen unas resistencias mecánicas muy buenas y su uso como materiales para tuberías, en especial tuberías de poco espesor, resulta difícil; en particular, esta mezcla, cuando se emplea para obtener conexiones de tubos, conduce a artículos manufacturados con malas propiedades mecánicas, por debajo de los límites impuestos por la norma UNI EN 588-1.

35 También se conocen materiales cementosos con alta resistencia mecánica, aunque no están particularmente protegidos frente a la corrosión ácida.

40 Por tanto, las tuberías fabricadas con los materiales cementosos tradicionales están expuestas a riesgos considerables de degradación y rotura a lo largo del tiempo.

45 Dichos problemas son particularmente evidentes cuando se producen conexiones cementosas que conectan dichas tuberías. De hecho, aunque pueden prepararse tuberías por extrusión de modo conveniente, las conexiones tienen una forma compleja que no puede obtenerse por medio de este procedimiento: se preparan mediante vaciado, vertiendo morteros en moldes adecuados: para este objetivo es necesario un producto cementoso con alta fluidez y capacidad de vertido, para que todos los huecos del molde se rellenen de modo uniforme. Se describen ejemplos de estos productos en las solicitudes de patente WO2005/080289 y CA 255 619; sin embargo, sus resistencias mecánicas no son convenientes para la preparación de artículos manufacturados de pequeño espesor.

50 En la actualidad, para enfrentarse a estos problemas, la única solución realista es sustituir el material cementoso por materiales diferentes, por ejemplo, gres; las tuberías de gres muestran, según las indicaciones de la norma UNI EN 295, 3ª parte, una elevada durabilidad cuando se someten a la acción agresiva de entornos muy ácidos, y una buena resistencia mecánica; sin embargo, estos materiales presentan un coste, en general, mayor.

55 Siguen siendo necesarios nuevos materiales cementosos que sean útiles para la preparación de conductos, en especial conductos de pequeño espesor, y, en concreto, conexiones, que tengan una elevada resistencia mecánica y, según cabe suponer, que también sean resistentes a ácidos.

60 **Sumario**

La presente invención persigue el objetivo de proporcionar un nuevo material de altas prestaciones para conexiones cementosas, que sea particularmente útil para conexiones de pequeño espesor. La invención también tiene el objetivo de mejorar la calidad de las tuberías subterráneas para el transporte de fluidos, mejorando la resistencia mecánica y, según cabe suponer, la resistencia a ácidos con respecto a sus conexiones. La invención también tiene

el objetivo de proporcionar un método mejorado para tender e instalar tuberías, que se caracteriza por el uso de conexiones cementosas, incluso de pequeño espesor, que están trazadas con precisión, tienen poco peso, son fácilmente transportables y prácticas, presentan una buena calidad de las conexiones, en particular con respecto a la resistencia mecánica y, según cabe suponer, a la resistencia a ácidos. Otro objetivo es proporcionar un proceso para preparar conexiones cementosas que presentan las características mencionadas anteriormente. Estos y otros objetivos se logran por medio de una nueva composición de cemento que comprende un ligante hidráulico, preferiblemente de tipo sulfoaluminoso, un agente superfluidificante, y un agregado que presenta una distribución granulométrica específica: esta distribución se obtiene mezclando al menos dos fracciones, en cantidades similares o equivalentes, que presentan un diámetro promedio de $X_0 > 0,5$ y al menos dos fracciones, en cantidades similares o equivalentes, que presentan un diámetro promedio de $X_0 < 0,5$. Las fracciones con $X_0 > 0,5$ representan del 20% al 50% en peso del total de agregados; las que presentan un $X_0 < 0,5$ representan el restante 50-80% en peso del total de agregados.

Dichas composiciones, a las que, de forma adecuada, se le añade agua, forman morteros con una elevada fluidez/expansibilidad/capacidad de vertido, que son adecuados para formar artículos manufacturados mediante vertido; los artículos manufacturados se caracterizan por unos elevados valores de resistencia mecánica y, según cabe suponer, de resistencia a ácidos. Por tanto, es posible formar conexiones y tuberías con dicho material, en particular de pequeño espesor, que son útiles para la preparación de conductos subterráneos, en particular conductos de alcantarillado.

Descripción detallada de la invención

La expresión "ligante hidráulico", tal como se emplea en la presente, identifica un material en polvo en estado sólido seco que, cuando se mezcla con agua, proporciona mezclas plásticas que pueden solidificarse y endurecerse, incluso bajo el agua, tales como un cemento, por ejemplo, cemento Portland; entre los diversos ligantes útiles para los objetivos de la invención se pueden mencionar los cementos blancos, grises o pigmentados definidos según la norma UNI EN 197.1, los denominados cementos de presas de contención, aglomerados cementosos y calizas hidráulicas, según se define en la ley italiana del 26 de mayo, 1965, N. 595, silicatos inorgánicos, etc.

Los ligantes hidráulicos se obtienen generalmente cociendo una escoria adecuada, por ejemplo, escoria de Portland.

En una realización preferida de la invención, se emplean ligantes hidráulicos sulfoaluminosos conocidos en la técnica. En general, se caracterizan por una fase de sulfoaluminato de calcio (fase de Klein o C4A3S); las otras fases generalmente son C_2S , C_4AF , CA, CA_2 , $C_{12}A_7$, CS y sin caliza. Los ejemplos preferidos de ligantes sulfoaluminosos se describen en los documentos WO2006/18569, EP 1306356, MI 2010A002110 y EP 181739; otros ligantes preferidos son los derivados de las escorias sulfoaluminosas de calcio descritas en la revista "Green Chemistry for sustainable cement production and Use", de John W. Phair, Green Chem., 2006, 8, 763-780, en particular en el capítulo 5.3, p. 776, y también las sulfoaluminosas de calcio descritas en el artículo "Calcium sulfoaluminates cements-low energy cements, special cements", J.H. Sharp et al., Advances in Cement Research, 1999, 11, n.1, pp. 3-13. Como alternativa, pueden utilizarse cementos aluminosos, sulfo-hierro-aluminosos, según se describe en Advances in Cement Research, 1999, 11, n.º 1, enero, 15-21. En una realización particularmente preferida de la invención, se emplea el cemento sulfoaluminoso Alipre® Cement de Italcementi como ligante. El uso de ligantes sulfoaluminosos aumenta las características de resistencia a ácidos del producto.

El agente superfluidificante puede elegirse con indiferencia entre las sustancias conocidas que poseen esta función; en particular, es posible utilizar un agente superfluidificante policarboxílico. En un aspecto preferido de la invención, se emplea un agente superfluidificante policarboxílico, tal como Mighty 21 PSD de KAO, o Cimfluid Adagio P1 de Axim France, o Melflux 1641F de BASF.

Los agregados según la presente invención (que también se definen como inertes o agregados inertes) puede elegirse, de modo conveniente, entre diversas fuentes: agregados calcáreos, silíceo-calcáreos, agregados de cuarzo, de mármol, de cualquier forma (triturados, esféricos), por ejemplo, serrín de mármol, y también del tipo aligerado para reducir el peso del artículo manufacturado final. En algunos casos, por ejemplo, en el caso de serrines de mármol coloreados, los agregados también poseen una función estética, y pueden conferir características cromáticas concretas y tonos o venas a los artículos manufacturados, que reproducen el aspecto de la piedra natural.

Una característica fundamental de la presente invención es la granulometría del agregado, que se define basándose en el diámetro característico X_0 , es decir, el hueco de malla (mm) del tamiz, que se corresponde con un paso acumulado de esa fracción concreta de igual a 63,2%. Los agregados útiles para los objetivos de la invención se derivan de la composición de:

- (a) al menos dos fracciones, en cantidades sustancialmente equivalentes, que presentan un diámetro promedio de $X_0 > 0,5$, y

(b) al menos dos fracciones, en cantidades sustancialmente equivalentes, que presentan un diámetro promedio de $X_0 < 0,5$.

5 Preferiblemente, dichas fracciones (a) se eligen entre las fracciones con un X_0 comprendido entre 0,5 y 2,5 mm; y dichas fracciones (b) se eligen entre las fracciones con un X_0 comprendido entre 0,06 y 0,5 mm.

El caso en que dichas fracciones (a) tienen el mismo valor de X_0 se excluye de la invención; el caso en que dichas fracciones (b) tienen el mismo valor de X_0 también se excluye.

10 Dichas fracciones (a) se diferencian entre sí en al menos 0,1 unidades de X_0 ; además, dichas fracciones (b) se diferencian entre sí en al menos 0,1 unidades de X_0 .

15 La expresión "sustancialmente equivalentes" empleada en la presente identifica a las fracciones en cantidades equivalentes, o variables dentro de un intervalo máximo del 63%, con respecto al peso del total de agregados.

El conjunto de las fracciones (a) representa del 20% al 50%, preferiblemente del 30% al 40% en peso del total de agregados; el conjunto de las fracciones (b) representa del 50% al 80%, preferiblemente del 60% al 70% en peso del total de agregados.

20 En una realización preferida de la invención, el conjunto de las fracciones (a) representa $34,5 \pm 3\%$ en peso del total de agregados; el conjunto de las fracciones (b) representa $65,5 \pm 3\%$ en peso del total de agregados.

25 Preferiblemente, dichas fracciones (a) se eligen entre las fracciones con los siguientes valores de X_0 : 0,73, 1,29, 1,80; dichas fracciones (b) se eligen entre las fracciones con los siguientes valores de X_0 : 0,27, 0,42; se pretende que todos estos valores de X_0 se aproximen en $\pm 0,07$, preferiblemente $\pm 0,05$.

Las fracciones útiles para componer los agregados de la invención son los agregados silíceo-calcáreos aluviales de Sataf:

- 30
- la fracción denominada "113" (0,20-0,35 mm), que tiene un $X_0 = 0,27$;
 - la fracción denominada "103" (0,60-0,80 mm), que tiene un $X_0 = 0,73$;
 - la fracción denominada "117/R" (1,50-2,50 mm) que tiene un $X_0 = 1,80$;
 - la fracción denominada "117/ F" (1,00-1,5 mm) que tiene un $X_0 = 1,29$;
- 35 y el agregado calcáreo de Cremaschi:
- denominado "polvo" (0-0,8 mm), que tiene un $X_0 = 0,42$.

40 Para simplificar los ejemplos según la invención, estos agregados se denominan, respectivamente, A, B, C, D, E.

45 Opcionalmente, las presentes composiciones de cemento pueden contener una o más sustancias auxiliares habituales en este campo, tales como, por ejemplo, cargas de origen mineral o pozzolánico, pigmentos de naturaleza orgánica y/o inorgánica u otros. Las cargas minerales o pozzolánicas incluyen, por ejemplo, microsilíce, sílice de pirólisis, escoria, cenizas volantes, metacaolín, pozzolanos naturales, calizas naturales, carbonatos de calcio precipitados, etc.

50 Además de dichos componentes, la composición puede contener diversos aditivos para amoldar las características del producto al objetivo específico. Los ejemplos de dichos aditivos pueden ser aditivos antiencogimiento, reguladores del endurecimiento, impermeabilizantes, agentes expansivos, agente aireantes, agentes que evitan la eflorescencia, etc. El artículo manufacturado según la presente invención también puede comprender un anhídrido o yeso. La mezcla cementosa de la invención también puede comprender fibras de diferente naturaleza, fibras inorgánicas, tales como fibras de vidrio y wollastonita, y fibras orgánicas, tales como fibras con una base de poli(alcohol vinílico), polipropileno, etc., que se eligen en función de la aplicación final.

55 Las presentes composiciones se proporcionan, de modo conveniente, como premezclas en estado seco; en el momento del uso se mezclan con agua y el agente superfluidificante (que se añaden por separado o se premezclan juntos) para formar un mortero; si el agente superfluidificante ya está incluido en la premezcla, el mortero se forma simplemente añadiendo agua.

60 La invención incluye dichas premezclas secas que comprenden dicho ligante hidráulico y agregados, y el posible agente superfluidificante.

Preferiblemente, en la premezcla está presente lo siguiente: de 25 a 50, más preferiblemente de 35 a 40 partes en peso de dicho ligante; de 40 a 60, más preferiblemente de 45 a 55 partes en peso de dicho agregado; de 0,05 a 1,00

partes en peso de agente superfluidificante, cuando esté presente en la premezcla y, como alternativa, sus partes en peso se añaden con agua en el momento de la preparación del mortero.

5 La invención también incluye un proceso para preparar dicha premezcla seca, que se caracteriza por mezclar dicho ligante hidráulico, agregado y posible agente superfluidificante; el agregado puede formarse directamente en esta etapa mediante la adición, por separado, de las diferentes fracciones (a) y (b) en las proporciones necesarias; o el agregado se prepara por separado mezclando dichas fracciones (a) y (b) y después añadiéndolas al resto de los componentes de la premezcla. El mezclado se realiza por medio de procedimientos y aparatos convencionales (por ejemplo, un mezclador de tipo planetario); el mezclado se realiza durante un tiempo variable, por ejemplo, entre 30 segundos y 5 minutos.

15 La invención también incluye las correspondientes composiciones fluidas (morteros) y el proceso para obtenerlas; este proceso comprende mezclar, con las cantidades adecuadas de agua (y agente superfluidificante cuando sea necesario), los componentes de la premezcla seca hasta la homogeneidad. El mezclado se realiza durante un tiempo variable, por ejemplo, entre 30 segundos y 10 minutos, en función del mezclador usado y de la temperatura externa.

20 Los morteros vertibles particularmente adecuados para formarse en moldes se obtienen empleando de 5 a 15, más preferiblemente de 11 a 12 partes en peso de agua, con respecto a dichas partes en peso de ligante, agregado y agente superfluidificante.

La proporción de agua/ligante está comprendida preferiblemente entre 0,05 y 1,0, más preferiblemente entre 0,1 y 0,5, aún más preferiblemente entre 0,2 y 0,4, en particular de aproximadamente 0,3.

25 Otro aspecto de la invención lo constituyen las manufacturas cementosas, generalmente conexiones, que comprenden la composición definida anteriormente en masa, y el proceso para obtenerlas. El término "conexión" empleado en la presente significa cualquier artículo manufacturado que tenga una forma adecuada para conectar una o más tuberías. Dichas conexiones generalmente se obtienen, aunque no exclusivamente, vertiendo los morteros descritos anteriormente en moldes adecuados, seguido de la consolidación, la formación y la curación. Preferiblemente se emplean moldes metálicos del tipo utilizado para aplicaciones cementosas, compuestos por dos mitades acopladas cuya superficie interna está revestida de silicona; los moldes generalmente se mantienen en posición vertical por medio de estructuras rígidas, por ejemplo, de yeso.

35 Las conexiones son preferiblemente las conexiones previstas para la colocación subterránea, generalmente para sistemas de alcantarillado: los espesores, los diámetros y las longitudes pertinentes son los que se emplean habitualmente para estos productos. Entre los tipos de conexiones que pueden producirse según la invención se pueden mencionar, por ejemplo, los codos a 90°, los elementos curvados con un ángulo de curvado entre 90° y 45°, codos con unión, elementos con forma de T, reducciones, aumentos, etc.; preferiblemente, tienen un espesor pequeño.

40 La expresión "espesor pequeño", empleada en el marco de la presente invención, indica un espesor generalmente comprendido entre 10 y 50 mm, preferiblemente entre 15 y 30 mm, o entre 20 y 25 mm; los artículos manufacturados con este espesor, obtenidos según la invención, cumplen los requisitos de prestaciones mecánicas definidos la norma UNI EN 588-1 y, por tanto, pueden usarse sin peligro.

45 La presente invención obtiene un beneficio concreto de los agregados; cuando se usan en las proporciones y granulometrías mencionadas anteriormente desempeñan un papel importante, aunque no exclusivo, para conferir elevadas resistencias mecánicas al artículo manufacturado terminado (en particular, alta resistencia compresiva y/o a la torcedura). Además, a pesar del considerable contenido en partes finas, con un $X_0 < 0,5$, se obtiene una elevada fluidez en el estado de mortero, sin fenómenos de segregación. Un efecto particularmente útil obtenido con la presente es la fluidez inicial muy elevada, unida a una velocidad de consolidación muy rápida: la elevada fluidez inicial resulta ventajosa para un vertido homogéneo del mortero en los moldes y una reproducción precisa del contorno y los intersticios del molde; al mismo tiempo, la velocidad de consolidación más rápida, combinada con el correspondiente aumento de la resistencia mecánica, permite una retirada más temprana de los moldes, y así se acelera el ciclo de producción. Además, de modo inesperado, la alta fluidez del mortero no afecta sensiblemente a las resistencias mecánicas finales del artículo manufacturado terminado, que permanecen en buen estado y dentro de los valores normales. Así, se obtiene un mortero muy fluido, con una elevada expansividad, que puede verse con facilidad/rapidez en los moldes, que reproduce, de forma precisa, la forma del molde en todos sus huecos, y que conduce a manufacturas formadas de modo preciso, en particular tuberías y/o conexiones, incluso de pequeño espesor, que presentan una elevada resistencia mecánica y, según cabe suponer, también son resistentes a ácidos.

60 Para una mejor comprensión de las características y las ventajas de la invención, a continuación se ofrecen algunos ejemplos no limitantes.

Parte experimental

1. Formación de los agregados

5 Para la composición de los agregados según la invención, se han empleado las siguientes fracciones, disponibles en el mercado:

- A: agregado silíceo-calcáreo aluvial de Sataf, fracción "113" (0,20-0,35 mm)
- B: agregado silíceo-calcáreo aluvial de Sataf, fracción "103" (0,60-0,80 mm)
- 10 C: agregado silíceo-calcáreo aluvial de Sataf, fracción "117R" (1,50-2,50 mm)
- D: agregado calcáreo de Cremasch, "polvo" (0-0,8 mm)
- E: agregado silíceo-calcáreo aluvial de Sataf, fracción 117/F (1,0-1,5 mm)

Tabla 1: Distribución granulométrica de las fracciones A, B, C, D, E

| Diámetro (mm) | A | B | C | D | E |
|--------------------|------|------|------|-----|------|
| 2,8 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2,36 | 100 | 100 | 97,6 | 100 | 100 |
| 2 | 100 | 100 | 87,3 | 100 | 100 |
| 1,7 | 100 | 100 | 41,8 | 100 | 99,4 |
| 1,4 | 100 | 100 | 8,3 | 100 | 88,5 |
| 1,18 | 100 | 100 | 1,3 | 100 | 36,6 |
| 1 | 100 | 99,8 | 0,3 | 100 | 7,8 |
| 0,8 | 100 | 91 | 0,3 | na | 0,7 |
| 0,6 | 100 | 26,5 | 0,3 | na | 0,2 |
| 0,5 | 100 | 6,4 | 0 | 76 | 0,1 |
| 0,425 | 100 | 2,6 | 0 | na | 0,1 |
| 0,3 | 85,2 | 0,1 | 0 | na | 0,1 |
| 0,25 | 51,8 | 0,1 | 0 | 48 | 0 |
| 0,212 | 30,2 | 0,1 | 0 | 41 | 0 |
| 0,15 | 13,3 | 0,1 | 0 | na | 0 |
| 0,125 | 4,3 | 0,1 | 0 | 33 | 0 |
| 0,1 | 2 | 0,1 | 0 | na | 0 |
| 0,075 | 0,3 | 0,1 | 0 | na | 0 |
| 0,063 | 0,1 | 0 | 0 | 23 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Na = no disponible | | | | | |

15 Dichas fracciones se mezclaron en las proporciones indicadas a continuación, obteniéndose tres agregados diferentes AG1, AG2, AG3, utilizados posteriormente para la preparación de morteros según la presente invención.

Tabla 2: Composición del agregado AG1

| | Fracciones | | | |
|---|------------|------|------|------|
| | A | B | C | D |
| X_0 | 0,27 | 0,73 | 1,80 | 0,42 |
| % de contenido en masa en la mezcla sólida de agregados | 34,5 | 17,2 | 17,2 | 31,1 |

20 *Tabla 3: Composición del agregado AG2*

| | Fracciones | | | |
|---|------------|------|------|------|
| | A | B | C | D |
| X_0 | 0,27 | 0,73 | 1,80 | 0,42 |
| % de contenido en masa en la mezcla sólida de agregados | 31,3 | 17,2 | 17,2 | 34,5 |

Tabla 4: Composición del agregado AG3

| | Fracciones | | | |
|-------|------------|------|------|------|
| | A | B | C | D |
| X_0 | 0,27 | 0,73 | 1,29 | 0,42 |

| | | | | |
|---|------|------|------|------|
| % de contenido en masa en la mezcla sólida de agregados | 34,4 | 17,2 | 17,2 | 31,2 |
|---|------|------|------|------|

2. Morteros 1- 5 según la invención

5 Los morteros útiles para la invención se prepararon introduciendo, en un mezclador de tipo planetario puesto en funcionamiento de modo adecuado: un ligante hidráulico, uno de los agregados AG1-3 preparados anteriormente, un agente superfluidificante, opcionalmente fibras de polipropileno, y agua. El mezclado duró aproximadamente 2 minutos, a 20 °C. De esta manera se produjeron cinco muestras de mortero vertible, que tienen las siguientes composiciones:

Tabla 5: Composición del mortero

| | Mortero 1 | Mortero 2 | Mortero 3 | Mortero 4 | Mortero 5 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ligante: Alipre T2 [%] | 37,2 | 37,0 | 37,0 | 40,0 | |
| Ligante: CEM I 52.5 [%] | | | | | 37,2 |
| Agregado AG1 (0,2-2,5 mm) [%] | 51,3 | | 51,0 | | 51,3 |
| Agregado AG2 (0,2-2,5 mm) [%] | | 51,1 | | | |
| Agregado AG3 (0,2-1,5 mm) [%] | | | | 48,1 | |
| Agente superfluidificante: Mighty 21 PSD (KAO) [%] | 0,2 | | 0,2 | | 0,2 |
| Agente superfluidificante: Cimfluido Adagio P1 (Axim) [%] | | 0,2 | | | |
| Agente superfluidificante: Melflux 1641F (BASF) [%] | | | | 0,3 | |
| Fibras de polipropileno [%] | | | 0,33 | | |
| Agua | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 |
| Proporción agua/ligante | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Masa de una unidad de volumen [kg/m ³] | 2400 | 2380 | 2390 | 2030 | 2100 |

10

Características de los morteros:

Mortero 1: ligante sulfoaluminoso

Mortero 2: ligante sulfoaluminoso + variación de agregado + cambio de agente superfluidificante

15

Mortero 3: ligante sulfoaluminoso + fibras

Mortero 4: ligante sulfoaluminoso + variación de agregado + cambio de agente superfluidificante

Mortero 5: ligante tradicional

3. Ensayos de resistencia compresiva

20

Con los morteros 1-5 descritos anteriormente se obtuvieron algunas piezas de ensayo con forma de prisma para medir la resistencia compresiva o a la torcedura según el método descrito en la norma UNI EN 196/1

Los resultados obtenidos se describen en la siguiente tabla.

25

Tabla 6: Valores de resistencia mecánica (MPa)

| | Mortero 1 | Mortero 2 | Mortero 3 | Mortero 4 | Mortero 5 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Fuerza compresiva 24 h | 22 | 9 | 20 | 12 | 15 |
| Fuerza compresiva 7 d | 120 | 105 | 1115 | 10 | 92 |
| Fuerza compresiva 28 d | 130 | 120 | 125 | 105 | 112 |
| | | | | | |
| Resistencia a la torcedura 24 h | 4 | 2,5 | 3 | 2,2 | 2 |
| Resistencia a la torcedura 7 d | 17 | 16,5 | 16 | 10 | 12 |
| Resistencia a la torcedura 28 d | 18 | 18 | 18,1 | 17 | 14 |

30 Se observó que los morteros 1-3 presentan un desarrollo óptimo de resistencias, en especial las resistencias tempranas, que siguen estando, en promedio, en el mismo nivel a pesar de las variaciones impuestas en las composiciones. El mortero 4, en que los agregados con un $X_0 > 0,5$ están granulométricamente menos diferenciados que los que presentan un $X_0 < 0,5$, tienen unas resistencias ligeramente menores, pero dentro de los límites de la norma. Se observa una reducción en la resistencia similar, también dentro de los límites de la norma, en el mortero 5.

4. Mortero comparativo MBVS (según la solicitud de patente MI 2004 A000226)

5 Según la solicitud de patente MI 2004 A000226, se preparó el mortero comparativo MBVS empleando la composición indicada en la tabla 9, que también muestra las resistencias compresivas pertinentes medidas como se describe en el punto 3; el mortero contiene el agregado AG4, cuyas fracciones granulométricas y distribuciones pertinentes se muestran en las tablas 7-8.

Tabla 7: Distribución granulométrica de las fracciones A, B, C, D

| Diámetro (mm) | A | B | C | D |
|---------------|------|------|------|------|
| 3,15 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 100 | 100 | 63,2 | 100 |
| 1,6 | 100 | 100 | 30,6 | 100 |
| 1 | 100 | 99,3 | 2,1 | 100 |
| 0,5 | 100 | 13,5 | 1,2 | 100 |
| 0,25 | 49,4 | 1,4 | 0,7 | 78,9 |
| 0,2 | 2,1 | 1,1 | 0,5 | 59,6 |
| 0,125 | 3,1 | 0,7 | 0,2 | 5,5 |
| 0,075 | 0,8 | 0,4 | 0,1 | 0 |
| 0,051 | 0 | 0 | 0 | 0 |

10

Tabla 8: Composición del agregado AG4

| | Fracciones de agregados | | | |
|---|-------------------------|------|----|------|
| | A | B | C | D |
| X_0 | 0,27 | 0,73 | 2 | 0,23 |
| % de contenido en masa en la mezcla sólida de agregados | 56,7 | 13,3 | 20 | 10 |

Tabla 9: Composición del mortero MBVS y resistencia compresiva

| | | |
|---|-------------|-----|
| CEM I 52.5 R [%] | 33,4 | |
| Suspensión de sílice de pirólisis (sustancia seca) [%] | 1,5 | |
| Escoria [%] | 8,7 | |
| Agregado AG4 [%] | 43,6 | |
| Agente superfluidificante acrílico (sustancia seca) [%] | 0,17 | |
| Agua [%] | 12,6 | |
| Proporción de agua/ligante | 0,29 | |
| Masa de una unidad de volumen [kg/m ³] | 2276 | |
| Resistencia compresiva (en prismas según UNI EN 196/1) [MPa] | 24 h | 34 |
| | 7 d | 94 |
| | 28 d | 105 |
| Resistencia a la torcedura (en prismas según UNI EN 196/1) [MPa] | 24 h | 3 |
| | 7 d | 12 |
| | 28 d | 16 |

15 Remitiéndose a la composición de AG4, se advierte que el porcentaje total de las fracciones A,D con un $X_0 < 0,5$ es equivalente al utilizado en los agregados AG1-3 de la invención; lo mismo sucede para el porcentaje total de las fracciones B,C con un $X_0 > 0,5$. Sin embargo, a diferencia de la presente invención, las fracciones A,D con un $X_0 < 0,5$ están presentes en cantidades muy diferentes entre sí, y lo mismo sucede para las fracciones B,C con un $X_0 > 0,5$.

20

Como resultado, se observa una reducción general en las resistencias, en comparación con los morteros 1-5 de la invención. En particular, se produce una reducción evidente (10-20%) de las resistencias compresivas a largo plazo (7 d, 28 d), y esto indica la formación de un producto final menos resistente.

25 **5. Mortero comparativo MBV (según la solicitud de patente MI 2004 A000227)**

Según la solicitud de patente MI 2004 A000227, se preparó el mortero comparativo MBV empleando la composición indicada en la tabla 12, que también muestra las resistencias compresivas pertinentes medidas como se describe en el punto 3; el mortero contiene el agregado AG5, cuyas fracciones granulométricas y distribuciones pertinentes se muestran en las tablas 10-11.

5

Tabla 10: Distribución granulométrica de las fracciones A, B

| Diámetro (mm) | A | B |
|---------------|------|------|
| 1,6 | 100 | 100 |
| 1 | 100 | 99,3 |
| 0,5 | 100 | 13,5 |
| 0,25 | 49,4 | 1,4 |
| 0,2 | 21,1 | 1,1 |
| 0,125 | 3,1 | 0,7 |
| 0,075 | 0,8 | 0,4 |
| 0,051 | 0 | 0 |

Tabla 11: Composición del agregado AG5

| | Fracciones de agregados | |
|---|-------------------------|------|
| | A | B |
| X_0 | 0,27 | 0,73 |
| % de contenido en masa en la mezcla sólida de agregados | 49 | 51 |

10

Tabla 12: Composición del mortero MBV y resistencia compresiva

| | | |
|---|-------------|------|
| CEM I 52.5 R [%] | 19,8 | |
| Scatto (ligante de endurecimiento rápido con base de fluoroaluminato de calcio) [%] | 18,6 | |
| Anhidrita [%] | 1,49 | |
| Suspensión de sílice de pirólisis (sustancia seca) [%] | 0,9 | |
| Ácido cítrico (1) [%] | 0,12 | |
| Agregado AG5 [%] | 44,20 | |
| Agente superfluidificante acrílico (sustancia seca) [%] | 0,48 | |
| Agua [%] | 14,40 | |
| Proporción de agua/ligante | 0,35 | |
| Masa de una unidad de volumen [kg/m^3] | 2214 | |
| Resistencia compresiva (en prismas según UNI EN 196/1) [MPa] | 3 h | 11,4 |
| | 8 h | 15,6 |
| | 24 h | 19,0 |
| | 7 d | 65,6 |
| | 28 d | 77,3 |
| (1) Añadido en una disolución acuosa al 50% en peso | | |

Remitiéndose a la composición de AG5, se advierte que, a diferencia de los agregados AG1-3 de la invención, solo una fracción A con un $X_0 < 0,5$ y solo una fracción B con un $X_0 > 0,5$ están presentes.

15 Remitiéndose a las prestaciones, se observa una reducción general en las resistencias, en comparación con los morteros 1-5 de la invención. En particular, se produce una reducción evidente (aproximadamente 40%) de las resistencias compresivas a largo plazo (7 d, 28 d).

6. Conexiones obtenidas mediante vertido en moldes

20

Los morteros en estado inmaduro, obtenidos como se describió anteriormente, se vertieron a través de una puerta adecuada, en moldes que tienen una geometría adecuada para la preparación de conexiones. La elevada fluidez permite que el molde se rellene de modo homogéneo, incluso sin aplicar vibraciones para consolidar la masa vertida. Después de 24 horas, el artículo manufacturado se retiró del molde y se sometió a la etapa de curación, en posición vertical, en una cámara acondicionada a 20 °C y 55% de humedad relativa.

25

Así, se produjeron conexiones cementosas con una forma precisa y un espesor pequeño (véase el ejemplo de la figura 1), que cumplen con las prestaciones mecánicas requeridas por la norma UNI EN 588-1, tal como se describe a continuación.

5

6.1 Conexiones resistentes a ácidos (mortero 1)

Con la formulación del mortero 1 indicada en la tabla 5, se obtuvieron conexiones para tuberías con un diámetro interno nominal (DN) de 200 mm y un espesor de 16 mm y 18 mm. La formulación, a pesar del alto contenido en agregados "finos" ($X_0 < 0,5$), presenta una elevada fluidez, medida según la norma UNI EN 1015-3 "Determinación de la consistencia del mortero inmaduro (mediante una tabla de concusión)" sin la ayuda de vibraciones, tal como se indica en la tabla 13. Esta fluidez se mantiene durante al menos 60 minutos, lo cual permite verter el mortero en moldes abiertos, incluso con formas geométricas complejas y espesores pequeños, tales como, por ejemplo, conexiones y elementos curvados para tuberías, sin dificultad.

15

Tabla 13: Medición de la expansibilidad

| Tiempo (min) | Expansión (mm) |
|--------------|----------------|
| 0 | 307 |
| 5 | 301 |
| 10 | 301 |
| 20 | 295 |
| 30 | 291 |
| 45 | 282 |
| 60 | 278 |

La formulación se vertió en un molde de silicona para obtener un artículo manufacturado estéticamente muy válido (conexión), con una superficie lisa y sin defectos/rugosidad en la superficie; de esta forma, fue posible obtener piezas con muy poco espesor y altas prestaciones mecánicas. El acabado superficial óptimo obtenido también fue debido a la alta presencia de agregados finos en la mezcla.

20

Las características mecánicas de la conexión obtenida permiten incluirla en la clase de resistencia más alta (120) proporcionada por la norma UNI EN 588-1 para los artículos manufacturados de "Tuberías de fibra-cemento para alcantarillado y sistemas de vertidos". Esta norma proporciona 3 clases de resistencia, en orden creciente 60-90-120: un artículo manufacturado, para ser incluido en estas clases, debe tener una resistencia compresiva mínima, expresada en KN/m, igual al producto de la clase de resistencia para el diámetro nominal DN; según esta indicación, una conexión con un DN, por ejemplo, de 200 mm, puede incluirse en la clase de resistencia más alta (120) si presenta una resistencia compresiva de al menos 24 KN/m. En la norma no se indican especificaciones acerca del espesor de la conexión, pero, de modo convencional, la norma se emplea con un espesor correspondiente al de la tubería o 20% mayor, como máximo, para el mismo DN (generalmente para un DN de 200 mm, el espesor deseado de la tubería es de 14 mm, así la conexión puede tener un espesor de hasta 17 mm), pero se requiere la misma clase de resistencia mecánica.

25

30

Como ejemplo, los valores obtenidos para dos conexiones obtenidas con la formulación del mortero 1, con un espesor de 16 mm y 18 mm, respectivamente, se indican en la tabla 14.

35

Tabla 14: Prestaciones mecánicas de las conexiones

| Espesor DN 200 | 18 mm | 16 mm |
|---------------------|--------|-------|
| Carga máxima (KN/m) | 32 | 26 |
| Clase | >> 120 | 120 |

40 Resistencia al ataque de ácidos

Junto con las elevadas prestaciones mecánicas, las conexiones obtenidas presentan unas excelentes características de resistencia al ataque químico por disoluciones de ácido sulfúrico; de hecho, después de sumergir durante 48 horas en una disolución de H_2SO_4 (0,5 mol/l, pH de aproximadamente 1), se observó una pérdida de peso de tan solo 0,4%.

45

6.2 Conexiones resistentes a ácidos con fibras (mortero 3)

Con la formulación del mortero 3 indicada en la tabla 5, se obtuvieron conexiones para tuberías con un diámetro

interno nominal (DN) de 200 mm y un espesor de 16 mm y 18 mm. La formulación, a pesar del alto contenido en agregados "finos" ($X_0 < 0,5$) y la presencia de fibras, presenta una elevada fluidez, medida según la norma UNI EN 1015-3 "Determinación de la consistencia del mortero inmaduro (mediante una tabla de concusión)" sin la ayuda de vibraciones, tal como se indica en la tabla 15. Esta fluidez se mantiene durante al menos 60 minutos, lo cual permite el vertido en moldes abiertos, incluso con formas geométricas complejas y espesores pequeños, por ejemplo, conexiones y elementos curvados para tuberías, sin dificultad.

Tabla 15: Medición de la expansibilidad

| Tiempo (min) | Expansión (mm) |
|--------------|----------------|
| 0 | 288 |
| 5 | 276 |
| 10 | 277 |
| 20 | 266 |
| 30 | 250 |
| 45 | 242 |
| 60 | 227 |

La formulación se vertió en un molde de silicona para obtener un artículo manufacturado estéticamente muy válido (conexión), con una superficie lisa y sin defectos/rugosidad en la superficie; de esta forma, fue posible obtener piezas con muy poco espesor y altas prestaciones mecánicas.

Las características mecánicas de la conexión obtenida permiten incluirla en la clase de resistencia más alta (120) proporcionada por la norma UNI EN 588-1 para los artículos manufacturados de "Tuberías de fibra-cemento para alcantarillado y sistemas de vertidos".

Como ejemplo, los valores obtenidos para dos conexiones obtenidas con la formulación del mortero 3, con un espesor de 16 mm y 18 mm, respectivamente, se indican en la tabla 16.

Tabla 16: Prestaciones mecánicas de las conexiones

| Espesor DN 200 | 18 mm | 16 mm |
|---------------------|--------|-------|
| Carga máxima (KN/m) | 30 | 25 |
| Clase | >> 120 | 120 |

Junto con las elevadas prestaciones mecánicas, las conexiones obtenidas presentan una fragilidad reducida durante la rotura compresiva, en comparación con las obtenidas en el ejemplo 4.

6.3 Conexiones sin resistencia a ácidos (mortero 5)

Con la formulación del mortero 5 indicada en la tabla 5, se obtuvieron conexiones para tuberías con un diámetro interno nominal (DN) de 200 mm y un espesor de 18 mm. La formulación de elevada fluidez permite obtener conexiones con las prestaciones mecánicas indicadas en la tabla 17.

Tabla 17: Prestaciones mecánicas de las conexiones

| Espesor DN 200 | 18 mm |
|---------------------|-------|
| Carga máxima (KN/m) | 26 |
| Clase | 120 |

Resistencia al ataque de ácidos

Las conexiones obtenidas no presentan resistencia al ataque de agentes químicos, tales como el ácido sulfúrico; de hecho, después de sumergir durante 48 horas en una disolución de H_2SO_4 (0,5 mol/l, pH de aproximadamente 1), se observó una pérdida de peso del 6%.

6.4 Conexiones sin resistencia a ácidos (mortero de referencia MBVS)

Con la formulación del mortero de referencia MBVS descrita en la tabla 9, se obtuvieron conexiones para tuberías con un diámetro interno nominal (DN) de 200 mm y un espesor de 16 mm y 18 mm. La formulación, a pesar de la elevada fluidez, no permitió obtener conexiones con prestaciones mecánicas convenientes, tal como se muestra en

la tabla 18.

Tabla 18: Prestaciones mecánicas de las conexiones

| | | |
|----------------------------|-------|-------|
| Espesor DN 200 | 18 mm | 16 mm |
| Carga máxima (KN/m) | 14 | 10 |
| Clase | 60-90 | < 60 |

5 *Resistencia al ataque de ácidos*

Las conexiones obtenidas no presentan resistencia al ataque de agentes químicos, tales como el ácido sulfúrico; de hecho, después de sumergir durante 48 horas en una disolución de H₂SO₄ (0,5 mol/l, pH de aproximadamente 1), se observó una pérdida de peso del 7%.

10

REIVINDICACIONES

1. Una composición de cemento, que comprende:
 - 5 (i) un ligante hidráulico,
 - (ii) un agregado que se obtiene de la mezcla de:
 - 10 a. al menos dos fracciones, presentes en cantidades sustancialmente equivalentes, que tienen un diámetro promedio de $X_0 > 0,5$ mm, que representan, consideradas como un todo, del 20 al 50% en peso del total de agregados;
 - b. al menos dos fracciones, presentes en cantidades sustancialmente equivalentes, que tienen un diámetro promedio de $X_0 < 0,5$ mm, que representan, consideradas como un todo, del 50 al 80% en peso del total de agregados,
 - 15 en la que el término "sustancialmente equivalente" define fracciones que están presentes en cantidades iguales entre sí, o variables dentro de un intervalo máximo del $\pm 3\%$ en peso del total de agregados, en la que dichas fracciones (a) se diferencian entre sí en al menos 0,1 unidades de X_0 , y dichas fracciones (b) se diferencian entre sí en al menos 0,1 unidades de X_0 .
- 20 2. La composición según la reivindicación 1, en la que las fracciones descritas en (ii) a. se seleccionan de las que presentan un diámetro promedio de X_0 : 0,73, 1,29, 1,80, y las fracciones descritas en (ii) b. se seleccionan de las que presentan un diámetro promedio de X_0 : 0,27, 0,42, y estos valores tienen una tolerancia de $\pm 0,07$.
- 25 3. La composición según las reivindicaciones 1-2, en la que las fracciones descritas en a. representan del 30 al 40% en peso de los agregados, y las fracciones descritas en b. representan del 60 al 70% en peso de los agregados.
4. La composición según las reivindicaciones 1-3, en la que las fracciones descritas en a. representan $34,5 \pm 3,0\%$ en peso de los agregados, y las fracciones descritas en b. representan $65,5 \pm 3,0\%$ en peso de los agregados.
- 30 5. La composición según las reivindicaciones 1-4, en la que los agregados se basan en caliza, sílice-caliza, cuarzo o mármol.
6. La composición según las reivindicaciones 1-5, en la que el ligante hidráulico es un ligante sulfoaluminoso.
- 35 7. La composición según las reivindicaciones 1-6, que comprende:
 - de 25 a 50 partes en peso de ligante (i),
 - de 40 a 60 partes en peso de agregados (ii).
- 40 8. La composición según las reivindicaciones 1-7, que comprende de 35 a 40 partes en peso de ligante (i), de 45 a 55 partes en peso de agregados (ii).
9. La composición según las reivindicaciones 1-8, que contiene de 0,05 a 1,00 partes en peso de un agente superfluidificante.
- 45 10. La composición según las reivindicaciones 1-9, que comprende de 5 a 15 partes en peso de agua.
11. La composición según la reivindicación 10, en forma de un mortero de cemento.
- 50 12. Una conexión cementosa fabricada en masa con la composición descrita en las reivindicaciones 1-11.
13. Una conexión cementosa según la reivindicación 12, que tiene un espesor comprendido entre 10 y 50 mm.
- 55 14. Una conexión cementosa según las reivindicaciones 12-13, conectada a una o más tuberías formadoras de conductos.
15. El uso de una composición según las reivindicaciones 1-11 para la preparación de la conexión cementosa descrita en las reivindicaciones 12-14.
- 60 16. El uso según la reivindicación 15, en el que dicha conexión se utiliza para aplicaciones subterráneas, en particular para el transporte de aguas residuales.
17. Un proceso para la preparación de una conexión cementosa según las reivindicaciones 12-14, que incluye verter en moldes la composición descrita en las reivindicaciones 1-11, en forma fluida.

FIGURA 1

