

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 230**

51 Int. Cl.:

**C04B 7/13** (2006.01)

**C04B 20/02** (2006.01)

**C04B 28/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2013 PCT/EP2013/054907**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.11.2016 WO2013135642**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2013 E 13712710 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 2828217**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de materiales cementantes suplementarios (SCMS)**

30 Prioridad:

**12.03.2012 SE 1250225**

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

**14.02.2017**

73 Titular/es:

**PROCEDO ENTERPRISES ETABLISSEMENT  
(100.0%)**

**P.O.Box 1611  
9490 Vaduz, LI**

72 Inventor/es:

**RONIN, VLADIMIR**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 601 230 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

Procedimiento de fabricación de materiales cementantes suplementarios (SCMS)

La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de materiales cementantes suplementarios (SCMs, por sus siglas en inglés), es decir, las puzolanas.

5 La ceniza volante es un material cementante suplementario, que es útil para la producción de hormigones, morteros y otras mezclas que comprenden el cemento. La ceniza volante es un subproducto de plantas generadoras de energía que queman carbón vegetal y se produce en todo el mundo en grandes cantidades cada año.

10 En la patente sueca n.º 532790 se describe un procedimiento que elimina las fluctuaciones en la calidad de la ceniza volante debido a las variaciones en las composiciones químicas del carbón vegetal y en los parámetros de los procedimientos de quemado del carbón vegetal. El procesamiento de las puzolanas, es decir, las cenizas volantes de acuerdo con el procedimiento patentado, mejora significativamente el funcionamiento del hormigón y proporciona un nivel más elevado de reemplazo del cemento Portland convencional, lo que conduce a beneficios económicos y ambientales significativos.

15 La ceniza volante normalmente contiene aproximadamente 85 % de componentes amorfos, vítreos, en la forma de partículas de cenizas. De acuerdo con ASTM C 618, la ceniza volante se clasifica en dos clases, la Clase C y la Clase F. La ceniza volante de la clase F típicamente contiene más del 70 % en peso de sílice, alúmina y óxidos férricos, mientras que la Clase C típicamente contiene entre 70 % y 50 %. La clase F se produce como un subproducto de la combustión del carbón vegetal bituminoso. La ceniza volante de la Clase C tiene un contenido de calcio más elevado y se produce como un subproducto de la combustión del carbón vegetal sub-bituminoso.

20 Una investigación exhaustiva ha demostrado que los hormigones con alto volumen de cenizas volantes, en donde el cemento Portland ha sido reemplazado por ceniza volante a un nivel por encima del 50 %, mostraron un desarrollo más elevado de la resistencia a largo plazo, una permeabilidad inferior al agua y a los gases, una resistencia elevada al ión cloruro, etc., en comparación con los hormigones de cemento Portland sin ceniza volante.

25 Al mismo tiempo, un hormigón con alto volumen de ceniza volante tiene desventajas significativas. Una desventaja son los tiempos de fraguado prolongados y el desarrollo de una resistencia lenta, insatisfactoria, durante el periodo de 0 a 28 días. Estos efectos negativos reducen significativamente el nivel de ceniza volante utilizada para el reemplazo del cemento Portland, por ejemplo aproximadamente 15 % en EE.UU.

30 Los problemas serios también están relacionados con la estabilidad del funcionamiento de la ceniza volante. Normalmente, las variaciones en la composición química del carbón vegetal y los cambios frecuentes en los parámetros operativos de las plantas generadoras de energía provocan, entre otras, la formación de las fases cristalinas y casi-cristalinas, las denominadas escorias, que conducen a la reducción en la reactividad de la ceniza volante, denominada actividad puzolánica.

35 Históricamente, las mezclas de piedra caliza-puzolana han sido utilizadas desde hace 2000 años por los antiguos romanos y un grupo de edificios antiguos como por ejemplo el Coliseo todavía tienen una buena forma. Al mismo tiempo, a pesar del hecho de que de acuerdo con el US Geological Survey pueden encontrarse miles de millones de toneladas de puzolana natural en el Oeste de EE.UU. y en la mayoría de las otras regiones del mundo. El uso de las puzolanas naturales en el hormigón en la industria de construcción moderna es muy limitado.

40 Las puzolanas naturales pertenecen a los materiales de origen volcánico y de origen sedimentario, tales como la tierra de diatomeas. De acuerdo con ASTM C 618, estas se designan como puzolanas de la Clase N. Las puzolanas naturales se describen en ACI 232.1R-00 como "Materias primas de puzolanas o puzolanas naturales calcinadas que cumplen con los requisitos aplicables para la clase del presente documento, tales como algunas tierras de diatomeas, esquistos y cuarzos opalinos; tobas y cenizas volcánicas o rocas pulverizadas volcánicas, cualquiera de las cuales pueden ser o no ser calcinaciones procesadas; y diversos materiales que requieren que la calcinación induzca propiedades satisfactorias, tales como algunas arcillas o esquistos".

45 La razón por la cual el uso de las puzolanas naturales es muy limitado puede explicarse por lo siguiente.

La microestructura de las partículas de puzolana natural está caracterizada por una porosidad elevada, lo que incrementa significativamente la demanda de agua de las mezclas de hormigón que contienen puzolanas naturales para lograr la capacidad de trabajo/fluidez requerida del hormigón. Sin embargo, los aumentos en la demanda del agua conducen al desarrollo de una resistencia a la compresión insatisfactoria.

50 Adicionalmente, la distribución no uniforme de los minerales activos, es decir, los materiales amorfos, por ejemplo debido al medio ambiente, tiene un impacto negativo adicional e inaceptable sobre el desarrollo de una resistencia negativa del hormigón con el contenido de la puzolana natural.

Se requiere una distribución optimizada del tamaño de partícula de la puzolana natural para lograr un funcionamiento consistente del hormigón, que contiene cantidades elevadas de puzolana. Una distribución de

partícula optimizada es tal que existen presentes fracciones finas y gruesas.

De acuerdo con el Informe del Instituto Americano del Hormigón (ACI por sus siglas en inglés) 232.1R-00 "Uso de las materias primas de puzolanas o las puzolanas naturales procesadas en el hormigón", las propiedades de las puzolanas naturales pueden variar considerablemente, dependiendo de su origen y, por lo tanto, en las proporciones variables de los minerales químicamente activos. Los minerales químicamente activos normalmente contienen materiales amorfos (por ejemplo, dióxido de silicio amorfo), que reaccionan con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento Portland (reacción puzolánica) y forman un gel de hidrato-silicato-calcio [gel C-H-S] - un producto semejante al producto resultante de la hidratación del cemento Portland.

La presente invención resuelve el problema de utilizar puzolanas naturales en el hormigón.

Por consiguiente, la presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de materiales cementantes suplementarios para el reemplazo del cemento Portland en la producción de morteros y hormigones, en donde los materiales cementantes suplementarios comprenden puzolanas naturales en forma de rocas y cenizas y de origen sedimentario, tales como la tierra de diatomeas.

La invención se caracteriza porque las puzolanas en el estado triturado se someten a un procesamiento mecánico altamente energético por medio de molienda en un equipo de molienda, por lo que las partículas de puzolana reciben impulsos mecánicos, y porque la molienda se realiza durante un tiempo predeterminado que conduce a una resistencia a la compresión de un cubo de 5,08 cm de lado de un mortero que comprende 80 % de cemento Portland y 20 % de puzolana natural en una proporción de 1:2,75 con respecto a la arena convencional y se requiere agua adicional para obtener un flujo del mortero de acuerdo con la norma americana ASTM C 109, que se ha compactado apropiadamente bajo vibración y endurecido a + 20 °C en la condición sellada, que después de 28 días es  $\geq 75$  % de la resistencia a la compresión de un cubo de 5,08 cm de lado, tratado como dicho cubo, de un mortero que comprende una proporción de 1:2.75 de cemento Portland:arena y agua adicional que corresponde a 48,5 % del peso del cemento Portland.

Esta prueba corresponde a la norma americana ASTM C 109.

La presente invención se describirá con mayor detalle a continuación.

La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de materiales cementantes suplementarios para el reemplazo del cemento Portland en la producción de morteros y hormigones, en donde los materiales cementantes comprenden puzolanas naturales en la forma de rocas y cenizas de origen volcánico y de origen sedimentario, tales como la tierra de diatomeas.

De acuerdo con la invención, dichas puzolanas en un estado triturado se someten a un procesamiento mecánico altamente energético por medio de la molienda en un equipo de molienda, por lo que las partículas de puzolana reciben impulsos mecánicos.

La molienda conduce a la modificación de sus propiedades superficiales en la forma de una reducción de la porosidad superficial y a la mejora de su reactividad química con el medio alcalino producido por la hidratación del cemento. Se ha observado que el tratamiento de las partículas de puzolana ocasiona que ocurra la fusión local de la superficie de las partículas, por lo que se crean zonas con un alto grado de amortización. Mediante este tratamiento se ha mostrado que las puzolanas naturales muestran un efecto sorprendentemente bueno cuando las puzolanas naturales así tratadas reemplazan algo de la cantidad del cemento Portland en una pasta de cemento, mortero y hormigón que comprende cemento Portland, puzolanas, arena y agua.

Además de acuerdo con la invención, la molienda se realiza durante un periodo de tiempo predeterminado, conduciendo a una resistencia a la compresión de un cubo de 5,08 cm de lado de un mortero que comprende 80 % de cemento Portland y 20 % de puzolana natural en una proporción de 1:2.75 con respecto a la arena convencional y se requiere agua adicional para obtener un flujo del mortero de acuerdo con la norma americana ASTM C 109, que se ha compactado apropiadamente bajo vibración y endurecido a + 20 °C en la condición sellada, que después de 28 días es  $\geq 75$  % de la resistencia a la compresión de un cubo de 5,08 cm de lado, tratado como dicho cubo, de un mortero que comprende una proporción de cemento Portland: arena de 1:2.75 y agua adicional que corresponde a 48,5 % del peso de cemento Portland.

La cantidad de agua requerida para obtener un flujo del mortero de acuerdo con ASTM C 109 puede variar, pero es aproximadamente de 40 % - 50 % del peso del cemento Portland y la puzolana.

La resistencia a la compresión cuando se utiliza puzolana natural corresponde a la resistencia que se obtiene cuando la ceniza volante se utiliza junto con el cemento Portland.

La presente invención puede lograrse con el uso de diferentes tipos de equipo de molienda, tal como un equipo de molienda del medio, por ejemplo un equipo de molienda agitado, centrífugo, con bolas para volteo o sin un medio, por ejemplo con la aplicación de un chorro de fluido, de impactos, con rodillos, con impulsos mecánicos de cizallamiento dominante aplicados a las partículas sometidas a procesamiento y combinado con clasificación neumática.

## ES 2 601 230 T3

La puzolana puede someterse a molienda en un equipo de molienda, que está adaptado al circuito abierto o cerrado para el material que se está moliendo.

Un tamaño de distribución de partícula preferido es:

- 5       $\leq 5$  micrómetros 15-50 %,
- $\leq 10$  micrómetros 30-65 %,
- $\leq 30$  micrómetros 90-95 %.

De acuerdo con una realización preferida, el cemento Portland, la ceniza volante de las Clases F o C, los cuarzos finos, los materiales finos de la cantera de granito, las fracciones finas del hormigón reciclado o las escorias de los altos hornos o sus mezclas, se añaden a la puzolana durante o después del procesamiento de la puzolana.

- 10    De acuerdo con otra realización preferida, el cemento Portland, la ceniza volante de las Clases F o C, los cuarzos finos, los materiales finos de la cantera de granito, las fracciones finas del hormigón reciclado o las escorias de los altos hornos o sus mezclas, se someten a pre-molienda para lograr la finura con una retención sobre el tamiz de 45 micrómetros que es menor que el 5 %.

- 15    De acuerdo con otra realización preferida más, se añaden agentes reductores acuosos, reguladores del tiempo de fraguado, y mezclas aceleradoras de la resistencia en la forma de polvo, a la puzolana durante o después de la molienda de la puzolana.

Se prefiere que el reemplazo del cemento Portland por la puzolana en el hormigón o mortero sea desde del 15 hasta aproximadamente el 70 %.

- 20    También se prefiere que la puzolana se someta a molienda en dicho equipo de molienda hasta una finura del producto final con una retención sobre un tamiz de 30 micrómetros que es menor que 5 %.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de fabricación de materiales cementantes suplementarios para el reemplazo del cemento Portland en la producción de morteros y hormigones, en donde los materiales cementantes comprenden puzolanas naturales en la forma de rocas y cenizas, **caracterizado porque** dichas puzolanas en el estado triturado se someten a un procesamiento mecánico altamente energético por medio de molienda en un equipo de molienda, por lo que las partículas de puzolana reciben impulsos mecánicos, y **porque** la molienda se realiza durante un tiempo predeterminado, y **porque** el producto final de la puzolana después de la molienda tiene la siguiente distribución del tamaño de partícula:
- 10      $\leq 5$  micrómetros 15-50 %,  
         $\leq 10$  micrómetros 30-65 %,
   
        $\leq 30$  micrómetros 90-95 %,
   
y **porque** una mezcla de puzolanas molidas, cemento Portland y agua da como resultado una resistencia a la compresión de un cubo de 5,08 cm de lado de un mortero que comprende 80 % de cemento Portland y 20 % de puzolana natural en una proporción de 1:2,75 con respecto a la arena convencional y se requiere agua adicional para obtener un flujo del mortero de acuerdo con la norma americana ASTM C 109, que se ha compactado apropiadamente bajo vibración y endurecido a + 20 °C en la condición sellada, que después de 28 días es  $\geq 75$  % de la resistencia a la compresión de un cubo de 5,08 cm de lado, tratado como dicho cubo, de un mortero que comprende una proporción de cemento Portland: arena de 1:2,75 y agua adicional que corresponde a 48,5 % del peso del cemento Portland.
- 15
- 20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el cemento Portland, la ceniza volante de las Clases F o C, los cuarzos finos, los materiales finos de la cantera de granito, las fracciones finas del hormigón reciclado o las escorias de los altos hornos o sus mezclas, se añaden a la puzolana durante o después del procesamiento de la puzolana.
- 25 3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 3, **caracterizado porque** el cemento Portland, la ceniza volante de las Clases F o C, los cuarzos finos, los materiales finos de la cantera de granito, las fracciones finas del hormigón reciclado o las escorias de los altos hornos o sus mezclas, se someten a pre-molienda para lograr finura con una retención sobre el tamiz de 45 micrómetros que sea menor que el 5 %.
- 30 4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** se añaden agentes reductores acuosos, reguladores del tiempo de fraguado, y mezclas aceleradoras de la resistencia en forma de polvo a la puzolana durante o después de la molienda de la puzolana.
- 35 5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizado porque** el reemplazo del cemento Portland por la puzolana en el hormigón o mortero es desde el 15 hasta aproximadamente el 70 %.
6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la puzolana se somete a molienda en dicho equipo de molienda hasta una finura del producto final con una retención sobre un tamiz de 30 micrómetros que es menor que 5 %.
7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la puzolana se somete a molienda en un equipo de molienda, que está adaptado a un circuito abierto o cerrado para el material que se va a moler.