

**NANOPARTÍCULA *CORE-SHELL* PARA EL DESARROLLO TEMPRANO DE LA
RESISTENCIA DEL CONCRETO, COMPOSICIÓN PARA FORMAR EL
CONCRETO, QUE INCLUYE LA MISMA, Y MÉTODO PARA PRODUCIR LA
MISMA**

5

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una nanopartícula *core-shell* y un método para producir la misma, y más particularmente, a una nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, que puede ajustar el tamaño de la nanopartícula *core-shell* de acuerdo con el tamaño de partícula del óxido de metal coloidal y se puede utilizar como un agente de resistencia temprana para acelerar el desarrollo temprano de la resistencia del concreto.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Un aditivo es un material que se añade además del cemento, agregado y agua, que son los materiales básicos para la producción de concreto, para dar un rendimiento especial al concreto o para mejorar las propiedades, y se refiere a un material cuya cantidad utilizada es menor que el 1% (con base en el contenido de sólidos) con respecto al cemento. Sin embargo, a pesar de la cantidad relativamente pequeña utilizada, el desarrollo de aditivos excelentes se reconoce

25

como uno de los factores más importantes en el desarrollo de materiales de concreto porque las propiedades físicas del concreto cambian significativamente dependiendo del aditivo utilizado. La convención actual de aditivos para concreto son

5 agentes reductores de agua inclusores de aire (AE, Air-Entraining), agentes reductores de agua de alto rendimiento y agentes reductores de agua AE de alto rendimiento; y tensioactivos sintéticos, ácidos sulfónicos de lignina, aditivos a base de naftalina, aditivos a base de melamina y

10 aditivos a base de ácido policarboxílico se utilizan como ingredientes principales, pero no garantizan la resistencia temprana o el rendimiento de la resistencia a plazo ultracorto del concreto.

Por otro lado, se requiere el uso de subproductos

15 industriales de bajo costo, tales como cenizas volantes y escorias de altos hornos, que pueden reducir la proporción de cemento y reemplazar el cemento cuando se produce concreto de cemento. La cantidad de subproductos industriales generados aumenta año tras año y anualmente se generan más de 20

20 millones de toneladas de subproductos industriales. En consecuencia, los subproductos industriales son deseables como sustitutos del cemento. Sin embargo, cuando se aplican subproductos industriales, existe un problema de que se reduce la resistencia temprana del concreto. Por lo tanto, la

25 necesidad de aditivos de resistencia temprana está surgiendo

gradualmente para resolver este problema.

Además, cuando se coloca el concreto en invierno, el desarrollo de la resistencia del concreto se retrasa significativamente y el periodo de construcción se alarga.

5 Para resolver este problema, se aplica calor alrededor del concreto colocado para acortar el tiempo de desarrollo de la resistencia. Sin embargo, dado que esto conduce a un aumento de los costos de construcción, es un problema importante acortar el tiempo de desarrollo de la resistencia del
10 concreto.

Además, en el concreto prefabricado que se produce vertiendo concreto en un molde, el desarrollo temprano de la resistencia del concreto es una parte importante. En particular, en los prefabricados, la resistencia del concreto
15 se desarrolla rápidamente por medio de curado al vapor utilizando vapor. En este momento, se consume una gran cantidad de energía. Puesto que el prefabricado es para producir concreto moldeado que tiene una cierta forma, la velocidad de rotación del molde utilizado es una de las
20 partes importantes. Por lo tanto, el desarrollo temprano de la resistencia del concreto es un factor importante para usar menos energía y aumentar la velocidad de rotación del molde.

Se aplican diferentes materiales para aumentar la resistencia temprana del concreto de cemento convencional.
25 Sin embargo, puesto que cada uno de los materiales requeridos

para producir concreto de cemento se mezcla al aplicar estos materiales, existe una desventaja de que es inconveniente de utilizar. Además, cuando estos materiales simplemente se mezclan, puede ocurrir un problema tal como precipitación y
5 reacción.

A este respecto, el Registro de Patente de Corea No. 10-1963579 divulga una composición de concreto desarrollado con resistencia temprana que es aplicable a una parte que requiere un desarrollo temprano de resistencia.
10

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Problema Técnico

La presente invención se ha elaborado en un esfuerzo por resolver los problemas de la técnica relacionada, y uno de
15 los objetivos de la presente invención es proporcionar una nanopartícula *core-shell* capaz de acelerar el desarrollo temprano de la resistencia de los materiales hidráulicos, particularmente el concreto, y una composición para formar el concreto que incluye la misma.

Además, un objetivo de la presente invención es
20 proporcionar un método para producir una nanopartícula *core-shell*, que sea capaz de ajustar el tamaño de la nanopartícula *core-shell* de acuerdo con el tamaño de partícula del óxido de metal coloidal.

25

Solución al Problema

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, un aspecto de la presente invención es proporcionar una nanopartícula *core-shell* que incluye: un núcleo (*core*) que
5 incluye un óxido de metal; y una capa (*shell*) colocada en la superficie del núcleo y que incluye un compuesto inorgánico que incluye calcio, en donde el óxido de metal incluye al menos un metal seleccionado del grupo que consta de metaloides, metales de transición, metales posteriores a la
10 transición y metales de lantano.

El óxido de metal puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de sílice (SiO_2), dióxido de titanio (TiO_2), óxido de cerio (CeO_2), óxido de zinc (ZnO),
óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido de circonio (ZrO_2), óxido de
15 manganeso (MnO_2), óxido de hierro (Fe_2O_3), óxido de vanadio (V_2O_5), óxido de estaño (SnO_2) y óxido de tungsteno (WO_3).

El compuesto inorgánico que incluye calcio puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de silicato de calcio, titanato de calcio, cerato de calcio, zincato de
20 calcio, aluminato de calcio, circonato de calcio, permanganato de calcio, ferrita de calcio, vanadato de calcio, estannato de calcio, tungstato de calcio y cualquier hidrato de los mismos.

La capa puede incluir además un compuesto a base de éter
25 de policarboxilato.

Otro aspecto de la presente invención es proporcionar una composición que forma el concreto que incluye un agregado, un aglutinante, un aditivo y agua, en donde el aditivo incluye la nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto.

Otro aspecto de la presente invención es proporcionar un método para producir una nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la resistencia, el método incluye producir una nanopartícula *core-shell* mediante la agitación de una primera solución que contiene un compuesto de calcio soluble en agua y una segunda solución que contiene un óxido de metal coloidal dispersable en agua.

Una relación (d:r) de un tamaño de partícula (d) del óxido de metal coloidal y un tamaño de partícula (r) de la nanopartícula *core-shell* puede ser de 1:1.005 a 1:30.

El compuesto de calcio soluble en agua puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de nitrato de calcio, cloruro de calcio, formiato de calcio, acetato de calcio, bicarbonato de calcio, bromuro de calcio, carbonato de calcio, citrato de calcio, clorato de calcio, fluoruro de calcio, gluconato de calcio, hidróxido de calcio, óxido de calcio, hipoclorito de calcio, yoduro de calcio, lactato de calcio, nitrito de calcio, oxalato de calcio, fosfato de calcio, propionato de calcio, silicato de calcio, estearato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de calcio

hemihidratado, sulfato de calcio dihidratado, sulfuro de calcio, tartrato de calcio, aluminato de calcio, silicato tricálcico, silicato dicálcico y cualquier hidrato de los mismos.

5 Cada una de la primera solución y la segunda solución puede incluir además de forma independiente al menos uno seleccionado del grupo que consta de un dispersante, un hidróxido de metal alcalino y cualquier combinación de los mismos.

10 El dispersante puede incluir un compuesto a base de éter de policarboxilato.

 El hidróxido de metal alcalino puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de potasio (KOH) e hidróxido de litio
15 (LiOH).

 La primera solución puede incluir además un dispersante, y la primera solución puede incluir de 50 a 150 partes en peso del dispersante con base en 100 partes en peso del compuesto de calcio soluble en agua.

20 La segunda solución puede incluir además un hidróxido de metal alcalino, y la segunda solución puede incluir de 100 a 200 partes en peso del hidróxido de metal alcalino con base en 100 partes en peso del óxido de metal coloidal dispersable en agua.

25 El método puede incluir además, después del paso de

producción de la nanopartícula *core-shell*, secar la nanopartícula *core-shell*.

Efectos Convenientes de la Divulgación

5 Una nanopartícula *core-shell* de acuerdo con la presente invención puede acelerar el desarrollo temprano de la resistencia de materiales hidráulicos, especialmente del concreto, y de esta manera puede utilizarse como un acelerador del desarrollo temprano de la resistencia, y tiene
10 un efecto de acortar el periodo de construcción y reducir los costos de construcción.

Además, un método para producir una nanopartícula *core-shell* de acuerdo con la presente invención tiene un efecto de ajustar el tamaño de la nanopartícula *core-shell* de acuerdo
15 con el tamaño de partícula del óxido de metal coloidal.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La **Figura 1** es un diagrama de flujo de un método para producir una nanopartícula *core-shell* para el desarrollo
20 temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

De aquí en adelante, la presente invención se describirá
25 más detalladamente. Sin embargo, la presente invención puede

ser incorporada de diferentes formas y no está limitada por las modalidades descritas en este documento, y la presente invención solo se define por las reivindicaciones que se describirán más adelante.

5 Además, los términos utilizados en este documento sólo se utilizan para describir modalidades específicas, y no pretenden limitar la presente invención. Las formas singulares "un", "una", "el/la", como se utilizan en este documento, pretenden incluir también las formas plurales, a
10 menos que el contexto lo indique claramente de otra manera. En la especificación de la presente invención, la frase "que incluye un determinado elemento" significa "que incluye además otros elementos" en lugar de excluir otros elementos a menos que se indique de otra manera.

15 Un primer aspecto de la presente solicitud proporciona una nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, que incluye un núcleo que incluye un óxido de metal y una capa colocada en la superficie del núcleo y que incluye un compuesto inorgánico
20 que incluye calcio.

De aquí en adelante, se describirá detalladamente la nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con el primer aspecto de la presente aplicación.

25 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,

la nanopartícula *core-shell* puede incluir un núcleo que incluya un óxido de metal.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el óxido de metal puede incluir al menos un metal
5 seleccionado del grupo que consta de metaloides, metales de transición, metales posteriores a la transición y metales de lantano.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el óxido de metal puede incluir al menos uno seleccionado del
10 grupo que consta de sílice (SiO_2), dióxido de titanio (TiO_2), óxido de cerio (CeO_2), óxido de zinc (ZnO), óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido de circonio (ZrO_2), óxido de manganeso (MnO_2), óxido de hierro (Fe_2O_3), óxido de vanadio (V_2O_5), óxido de estaño (SnO_2) y óxido de tungsteno (WO_3).

15 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el óxido de metal puede incluir preferiblemente sílice (SiO_2).

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la
20 resistencia del concreto puede incluir una capa colocada en la superficie del núcleo y que incluye un compuesto inorgánico que incluye calcio.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el compuesto inorgánico que incluye el calcio puede incluir
25 al menos uno seleccionado del grupo que consta de silicato de

calcio, titanato de calcio, cerato de calcio, zincato de calcio, aluminato de calcio, circonato de calcio, permanganato de calcio, ferrita de calcio, vanadato de calcio, estannato de calcio, tungstato de calcio y cualquier
5 hidrato de los mismos.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el compuesto inorgánico que incluye calcio puede incluir preferiblemente al menos uno seleccionado del grupo que consta de silicato de calcio e hidrato de silicato de calcio.

10 En general, en un proceso de hidratación de cemento, un compuesto de cemento reacciona con el agua para formar un hidrato y se fragua mientras pierde fluidez. A medida que pasa más tiempo, el proceso de hidratación continúa. La resistencia de la estructura aumenta a través de un proceso
15 de endurecimiento. En consecuencia, la hidratación y el endurecimiento (resistencia) forman una estrecha relación. El hidrato incluye silicato tricálcico (3CaOSiO_2) llamado alita (C_3S) y silicato dicálcico (2CaOSiO_2) comúnmente llamado belita (C_2S). El C_3S representa la mayor proporción del
20 compuesto de cemento. El C_2S reacciona con el agua para producir directamente hidróxido de calcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] e hidrato de silicato de calcio (C-S-H, De aquí en adelante abreviado como "CSH"). En este momento, se sabe que la tasa de producción inicial de CSH, que es el producto final de
25 hidratación del compuesto de cemento, tiene una gran

influencia con respecto a si la resistencia temprana del concreto está asegurada, y esto se conoce como el paso determinante de la tasa del proceso de hidratación, que generalmente toma tan solo 6 horas y tanto como 10 horas.

5 Por lo tanto, cuando la nanopartícula *core-shell* de acuerdo con la presente invención, que incluye el núcleo que incluye sílice (SiO_2) y la capa que incluye CSH, se mezcla con la mezcla de concreto, la nanopartícula *core-shell* actúa como una semilla de nucleación porque el material de la capa
10 incluye CSH. A medida que la nanopartícula *core-shell* se hace más grande, la nanopartícula *core-shell* llena un vacío entre las partículas de cemento y, de esta manera, es posible omitir el proceso inicial de hidratación del cemento, que es el paso existente determinante de la tasa. Por lo tanto, el
15 tiempo de curado del concreto puede reducirse drásticamente. Debido a esta adición, el periodo de construcción del sitio de construcción se puede acortar a 2/3 en comparación con el periodo de construcción existente, a través de la realización de un desarrollo temprano de resistencia que es imposible en
20 el concreto y el desarrollo de tecnología aplicada existentes. En consecuencia, hay una ventaja que puede aumentar la eficiencia del proceso y puede reducir drásticamente la energía.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
25 la nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la

resistencia del concreto puede incluir además un compuesto a base de éter de policarboxilato.

Un segundo aspecto de la presente solicitud proporciona una composición para formar el concreto que incluye
5 agregados, un aglutinante, un aditivo y agua.

De aquí en adelante, se describirá detalladamente la composición para formar el concreto de acuerdo con el segundo aspecto de la presente solicitud.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
10 la composición para formar el concreto puede incluir agregados.

El agregado es la base de la composición para formar el concreto y es un material mineral para la construcción que se puede aglomerar con el aglutinante para formar una sola masa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
15 el agregado incluido en la composición para formar el concreto puede incluir agregado fino y agregado grueso. En la presente especificación, el agregado fino se refiere a un agregado de un tamaño de partícula que pasa al 100% a través
20 de una malla estándar de 5 mm. En la presente especificación, el agregado grueso se refiere a un agregado de un tamaño de partícula que permanece al 100% en una malla estándar de 5 mm.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
25 el agregado fino puede incluir arena triturada, arena

natural, arena lavada, agregado reciclado que tenga un tamaño de partícula de 0.01 a 5 mm, o cualquier combinación de los mismos. De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el agregado fino puede ser preferiblemente arena
5 triturada, pero no se limita a la misma.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el agregado grueso puede incluir piedra triturada, escoria triturada, grava natural, grava triturada, agregado reciclado que tenga un tamaño de partícula de 5 a 25 mm, o cualquier
10 combinación de los mismos. De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el agregado grueso puede ser grava triturada, pero no se limita a la misma.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la cantidad del agregado puede ser de 60 a 90 partes en peso con base en 100 partes en peso de la cantidad total de la
15 composición para formar el concreto. Cuando la cantidad del agregado es menor a 60 partes en peso con base en 100 partes en peso de la cantidad total de la composición para formar el concreto, en el caso de producir concreto a partir de la
20 composición para formar el concreto, aumenta la resistencia a la compresión del concreto, pero aumenta los costos de producción del concreto. Cuando la cantidad del agregado es superior a 90 partes en peso con base en 100 partes en peso de la cantidad total de la composición para formar el
25 concreto, puede ocurrir una separación entre el agregado y el

aglutinante y puede deteriorarse la calidad del concreto.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la relación de agregado fino (S/A) de la composición para formar el concreto puede ser del 35 al 65%. La relación de
5 agregado fino (S/A) se refiere al porcentaje del volumen absoluto del agregado fino (S) con respecto al agregado total (A) (agregado fino + agregado grueso). Cuando la relación de agregado fino (S/A) de la composición para formar el concreto es menor que el 35%, la cantidad unitaria y la cantidad de
10 cemento unitaria disminuyen, lo que resulta en una disminución de la trabajabilidad. Además, existe el problema de convertirse en concreto rugoso y puede mostrar un fenómeno de separación de los otros materiales. Cuando la relación de agregado fino (S/A) de la composición para formar el concreto es mayor que el 65%, existe un problema en el que aumentan la
15 contracción por secado, las grietas de asentamiento y las grietas por contracción plástica.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la composición para formar el concreto puede incluir un
20 aglutinante.

El aglutinante sirve para impartir durabilidad y resistencia al concreto mejorando y manteniendo la adherencia entre los agregados (por ejemplo, el agregado fino o el agregado grueso) incluidos en la composición para formar el
25 concreto.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el aglutinante puede incluir cemento Portland ordinario, cemento Portland de resistencia temprana, cemento de cal, cemento de escoria, cemento de escoria de alto horno, cemento
5 puzolánico Portland, cenizas volantes, cenizas de fondo, cemento de yeso, humo de sílice, cemento de baja temperatura o cualquier combinación de los mismos.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el aglutinante puede incluir cemento Portland ordinario,
10 cemento de escoria, cemento de escoria de alto horno o cualquier combinación de los mismos, pero no se limita a los mismos.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la cantidad del aglutinante puede ser de 1 a 50 partes en
15 peso con base en 100 partes en peso de la cantidad total de la composición para formar el concreto. Cuando la cantidad del aglutinante está dentro del intervalo anterior con respecto a 100 partes en peso de la cantidad total de la composición para formar el concreto, se puede reducir los
20 costos de producción del concreto y se puede mejorar la impermeabilidad.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la relación agua-aglutinante (W/B, Water/Binder) de la
composición para formar el concreto puede ser del 20 al 60%.
25 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la

relación agua-aglutinante (W/B) de la composición para formar el concreto puede ser del 40 a 50%. La relación agua-aglutinante (W/B) se refiere al porcentaje de la cantidad de agua (W) con respecto al aglutinante (B). Cuando la relación

5 agua-aglutinante (W/B) de la composición para formar el concreto es menor que el 20%, puede reducirse la fluidez del concreto producido a partir de la composición para formar el concreto. Cuando la relación agua-aglutinante (W/B) de la composición para formar el concreto es mayor que el 60%, se

10 puede reducirse la durabilidad y la resistencia del concreto producido a partir de la composición para formar el concreto.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la composición para formar el concreto puede incluir un aditivo.

15 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el aditivo puede incluir una nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la nanopartícula *core-shell* puede incluir un núcleo que

20 incluye un óxido de metal y una capa colocada en la superficie del núcleo y que incluye un compuesto inorgánico que incluye calcio.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el óxido de metal puede incluir al menos un metal

25 seleccionado del grupo que consta de metaloides, metales de

transición, metales posteriores a la transición y metales de lantano.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el óxido de metal puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de sílice (SiO_2), dióxido de titanio (TiO_2),
5 óxido de cerio (CeO_2), óxido de zinc (ZnO), óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido de circonio (ZrO_2), óxido de manganeso (MnO_2), óxido de hierro (Fe_2O_3), óxido de vanadio (V_2O_5), óxido de estaño (SnO_2) y óxido de tungsteno (WO_3).

10 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el compuesto inorgánico que incluye el calcio puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de silicato de calcio, titanato de calcio, cerato de calcio, zincato de calcio, aluminato de calcio, circonato de calcio,
15 permanganato de calcio, ferrita de calcio, vanadato de calcio, estannato de calcio, tungstato de calcio y cualquier hidrato de los mismos.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el óxido de metal puede incluir preferiblemente sílice
20 (SiO_2), y el compuesto inorgánico que incluye calcio puede incluir preferiblemente al menos uno seleccionado del grupo que consta de silicato de calcio e hidrato de silicato de calcio.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
25 la nanopartícula *core-shell* puede proporcionarse como un

aditivo para acelerar el desarrollo temprano de la resistencia del concreto.

Cuando la nanopartícula *core-shell* que incluye el núcleo que incluye sílice (SiO_2) y la capa, que incluye al menos uno
5 seleccionado del grupo que consta de silicato de calcio e hidrato de silicato de calcio, se utiliza como el aditivo, la nanopartícula *core-shell* actúa como una semilla de nucleación. A medida que la nanopartícula *core-shell* se hace más grande, la nanopartícula *core-shell* llena un vacío entre
10 las partículas de cemento y, de esta manera, es posible omitir el proceso inicial de hidratación del cemento, que es el paso existente determinante de la tasa. Por lo tanto, el tiempo de curado del concreto puede reducirse drásticamente. Debido a esta adición, el periodo de construcción del sitio
15 de construcción se puede acortar a 2/3 en comparación con el periodo de construcción existente, a través de la realización de un desarrollo temprano de resistencia que es imposible en el concreto y el desarrollo de tecnología aplicada existentes. En consecuencia, hay una ventaja que puede
20 aumentar la eficiencia del proceso y puede reducir drásticamente la energía.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la composición para formar el concreto puede incluir agua.

Se puede utilizar cualquier agua siempre y cuando el
25 agua no contenga sustancias nocivas, por ejemplo, aceite,

ácido, álcali, sal y materia orgánica. El tipo de agua utilizable no es particularmente limitado, y se puede usar agua subterránea, agua del grifo y similares.

Un tercer aspecto de la presente solicitud proporciona
5 un método para producir una nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, el método incluye producir una nanopartícula *core-shell* mediante la agitación de una primera solución que contiene un compuesto de calcio soluble en agua y una segunda solución que contiene
10 un óxido de metal coloidal dispersable en agua.

De aquí en adelante, se describirá detalladamente el método para producir una nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con el tercer aspecto de la presente solicitud.

15 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el método para producir una nanopartícula *core-shell* puede incluir la producción de una nanopartícula *core-shell* mediante la agitación de una primera solución que contiene un compuesto de calcio soluble en agua y una segunda solución
20 que contiene un óxido de metal coloidal dispersable en agua.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el compuesto de calcio soluble en agua puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de nitrato de calcio, cloruro de calcio, formiato de calcio, acetato de calcio,
25 bicarbonato de calcio, bromuro de calcio, carbonato de

calcio, citrato de calcio, clorato de calcio, fluoruro de calcio, gluconato de calcio, hidróxido de calcio, óxido de calcio, hipoclorito de calcio, yoduro de calcio, lactato de calcio, nitrito de calcio, oxalato de calcio, fosfato de calcio, propionato de calcio, silicato de calcio, estearato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de calcio hemihidratado, sulfato de calcio dihidratado, sulfuro de calcio, tartrato de calcio, aluminato de calcio, silicato tricálcico, silicato dicálcico y cualquier hidrato de los mismos.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el compuesto de calcio soluble en agua puede incluir hidrato de nitrato de calcio y, preferiblemente, tetrahidrato de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, cada una de la primera solución y la segunda solución puede incluir además de forma independiente al menos uno seleccionado del grupo que consta de un dispersante, un hidróxido de metal alcalino y cualquier combinación de los mismos.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el dispersante puede incluir un dispersante polimérico.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el dispersante polimérico puede incluir un compuesto a base de éter de policarboxilato.

El dispersante puede inhibir la agregación entre partículas del compuesto de calcio soluble en agua, el óxido de metal coloidal dispersable en agua, el hidróxido de metal alcalino y similares utilizados en el método para producir
5 una nanopartícula *core-shell* de acuerdo con la presente invención, y puede separar las partículas mediante el uso de una fuerza repulsiva electrostática o física. En consecuencia, se puede desarrollar una resistencia uniforme en toda el área del concreto de cemento y se puede asegurar
10 una trabajabilidad suficiente mientras se reduce la cantidad de agua mezclada.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la primera solución puede incluir además el dispersante, y puede incluir de 50 a 150 partes en peso del dispersante con
15 base en 100 partes en peso del compuesto de calcio soluble en agua.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la nanopartícula *core-shell* puede producirse utilizando el óxido de metal coloidal dispersable en agua. La partícula de
20 óxido de metal puede formar el núcleo, y la superficie de la partícula de óxido de metal que es el núcleo puede reaccionar con el átomo de calcio del compuesto de calcio soluble en agua para producir la nanopartícula *core-shell*.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
25 el óxido de metal puede incluir al menos uno seleccionado del

grupo que consta de sílice (SiO_2), dióxido de titanio (TiO_2),
óxido de cerio (CeO_2), óxido de zinc (ZnO), óxido de aluminio
(Al_2O_3), óxido de circonio (ZrO_2), óxido de manganeso (MnO_2),
óxido de hierro (Fe_2O_3), óxido de vanadio (V_2O_5), óxido de
5 estaño (SnO_2) y óxido de tungsteno (WO_3).

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
la solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una
solución acuosa de sílice (SiO_2) coloidal. En este caso, se
puede producir la nanopartícula *core-shell* en la que sílice
10 (SiO_2) es el núcleo y la superficie de sílice (SiO_2) reacciona
con el átomo de calcio de manera que silicato de calcio o
hidrato de silicato de calcio es la capa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
la solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una
15 solución acuosa de dióxido de titanio (TiO_2) coloidal. En
este caso, se puede producir la nanopartícula *core-shell* en
la que el dióxido de titanio (TiO_2) es el núcleo y la
superficie del dióxido de titanio (TiO_2) reacciona con el
átomo de calcio de manera que titanato de calcio o hidrato de
20 titanato de calcio es la capa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la
solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una
solución acuosa de óxido de cerio (CeO_2) coloidal. En este
caso, se puede producir la nanopartícula *core-shell* en la que
25 el óxido de cerio (CeO_2) es el núcleo y la superficie del óxido

de cerio (CeO_2) reacciona con el átomo de calcio de manera que cerato de calcio o hidrato de cerato de calcio es la capa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una
5 solución acuosa de óxido de zinc (ZnO) coloidal. En este caso, se puede producir la nanopartícula *core-shell* en la que el óxido de zinc (ZnO) es el núcleo y la superficie del óxido de zinc (ZnO) reacciona con el átomo de calcio de manera que zincato de calcio o hidrato de zincato de calcio es la capa.

10 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una solución acuosa de óxido de aluminio (Al_2O_3) coloidal. En este caso, se puede producir la nanopartícula *core-shell* en la que el óxido de aluminio (Al_2O_3) es el núcleo y la superficie del
15 óxido de aluminio (Al_2O_3) reacciona con el átomo de calcio de manera que aluminato de calcio o hidrato de aluminato de calcio es la capa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una
20 solución acuosa de óxido de circonio (ZrO_2) coloidal. En este caso, se puede producir la nanopartícula *core-shell* en la que el óxido de circonio (ZrO_2) es el núcleo y la superficie del óxido de circonio (ZrO_2) reacciona con el átomo de calcio de manera que circonato de calcio o hidrato de circonato de
25 calcio es la capa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una solución acuosa de óxido de manganeso (MnO_2) coloidal. En este caso, se puede producir la nanopartícula *core-shell* en la que el óxido de manganeso (MnO_2) es el núcleo y la superficie del óxido de manganeso (MnO_2) reacciona con el átomo de calcio de manera que permanganato de calcio o hidrato de permanganato de calcio es la capa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una solución acuosa de óxido de hierro (Fe_2O_3) coloidal. En este caso, se puede producir la nanopartícula *core-shell* en la que el óxido de hierro (Fe_2O_3) es el núcleo y la superficie del óxido de hierro (Fe_2O_3) reacciona con el átomo de calcio de manera que ferrita de calcio o hidrato de ferrita de calcio es la capa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una solución acuosa de óxido de vanadio (V_2O_5) coloidal. En este caso, se puede producir la nanopartícula *core-shell* en la que el óxido de vanadio (V_2O_5) es el núcleo y la superficie del óxido de vanadio (V_2O_5) reacciona con el átomo de calcio de manera que vanadato de calcio o hidrato de vanadato de calcio es la capa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,

la solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una solución acuosa de óxido de estaño (SnO_2) coloidal. En este caso, se puede producir la nanopartícula *core-shell* en la que el óxido de estaño (SnO_2) es el núcleo y la superficie del
5 óxido de estaño (SnO_2) reacciona con el átomo de calcio de manera que estannato de calcio o hidrato de estannato de calcio es la capa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la solución acuosa de óxido de metal coloidal puede ser una
10 solución acuosa de óxido de tungsteno (WO_3) coloidal. En este caso, se puede producir la nanopartícula *core-shell* en la que el óxido de tungsteno (WO_3) es el núcleo y la superficie del óxido de tungsteno (WO_3) reacciona con el átomo de calcio de manera que tungstato de calcio o hidrato de tungstato de
15 calcio es la capa.

Como se describió anteriormente, puesto que el material del núcleo de la nanopartícula *core-shell* varía dependiendo del tipo de óxido de metal coloidal y la superficie del núcleo reacciona con el átomo de calcio, el material de la
20 capa también puede variar dependiendo del material del núcleo.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el óxido de metal coloidal dispersable en agua puede ser una solución acuosa de sílice coloidal, y la solución acuosa de
25 sílice coloidal puede tener un contenido de sólidos del 0.1

al 50% en peso y un tamaño de partícula promedio de 10 a 1,000 nm.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el hidróxido de metal alcalino puede incluir al menos uno
5 seleccionado del grupo que consta de hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de potasio (KOH) e hidróxido de litio (LiOH).

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el hidróxido de metal alcalino puede incluir hidróxido de
10 sodio (NaOH).

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la segunda solución puede incluir además el hidróxido de metal alcalino, y puede incluir de 100 a 200 partes en peso del hidróxido de metal alcalino con base en 100 partes en
15 peso del óxido de metal coloidal dispersable en agua.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el método puede incluir añadir agua a un reactor, añadir simultáneamente la primera solución y la segunda solución al reactor que contiene el agua, y agitar la primera solución y
20 la segunda solución en el reactor que contiene el agua.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la agitación puede ser una agitación mecánica, pero no se limita a la misma.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
25 el tamaño de la nanopartícula *core-shell* puede ajustarse de

acuerdo con el tamaño de la partícula de óxido de metal coloidal. La nanopartícula *core-shell* puede tener diferentes efectos de aceleración de la resistencia temprana de acuerdo con el tamaño y la composición de superficie de la misma.

5 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, una relación (d:r) del tamaño de partícula (d) del óxido de metal coloidal y el tamaño de partícula (r) de la nanopartícula *core-shell* puede ser de 1:1.005 a 1:30.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
10 se puede utilizar un compuesto de calcio soluble en agua, un dispersante, un óxido de metal coloidal dispersable en agua, agua y similares en el método para producir una nanopartícula *core-shell*. Con base en 0.01 a 50 partes en peso del compuesto de calcio soluble en agua, se pueden utilizar de
15 0.1 a 10 partes en peso del dispersante, de 0.01 a 10 partes en peso del óxido de metal coloidal dispersable en agua y de 24 a 99 partes en peso del agua.

Cuando la cantidad del dispersante utilizado es menor que 0.1 partes en peso, la viscosidad de la solución mezclada de la
20 primera solución y la segunda solución se vuelve demasiado alta, lo que dificulta la producción y el uso. Por el contrario, cuando la cantidad del dispersante es mayor que 10 partes en peso, la reducción de costos es baja y puede ocurrir una separación de fases entre los materiales utilizados para
25 producir la nanopartícula *core-shell*. Además, la resistencia se

reduce debido a la aparición de burbujas y se utilizan agentes antiespumantes innecesarios para resolver este problema. Además, una gran cantidad de dispersante puede provocar una disminución en la resistencia temprana del concreto.

5 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el método para producir una nanopartícula *core-shell* puede incluir además, después del paso de producción de la nanopartícula *core-shell*, secar la nanopartícula *core-shell*. Como paso de secado, se puede utilizar uno de los métodos de
10 secado convencionales. Se pueden utilizar métodos tales como secado natural, secado con aire caliente y liofilización, pero la presente invención no se limita a los mismos.

El método para producir una nanopartícula *core-shell* de acuerdo con el tercer aspecto de la presente solicitud se
15 caracteriza por utilizar el óxido de metal coloidal dispersable en agua, y preferiblemente la solución acuosa de sílice coloidal, y tiene un efecto de ajustar el tamaño de la nanopartícula *core-shell* al ajustar el tamaño de la nanopartícula de sílice coloidal. La nanopartícula *core-shell*
20 producida puede tener diferentes efectos de aceleración de la resistencia temprana de acuerdo con el tamaño y la composición de superficie de la misma. Además, el método para producir una nanopartícula *core-shell* es simple en el proceso y solo se tiene que ajustar el tamaño de la nanopartícula de
25 sílice coloidal para obtener el tamaño deseado de la

nanopartícula *core-shell*, obteniendo de esta manera un efecto en el que el tiempo y la energía requeridos para obtener el tamaño deseado de la nanopartícula *core-shell* son pocos y la productividad es excelente. La nanopartícula *core-shell* producida de acuerdo con el método para producir una nanopartícula *core-shell* tiene un efecto de acelerar el desarrollo temprano de la resistencia del concreto y, de esta manera, se puede utilizar como un aditivo para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, es decir, un agente de resistencia temprana.

De aquí en adelante, se describirán ejemplos de la presente invención para que los experimentados en la materia puedan llevar a cabo fácilmente la presente invención. Sin embargo, la presente invención puede implementarse de diferentes formas y no se limita a los ejemplos aquí descritos.

Ejemplos

Ejemplos de Producción 1 a 5: Producción de Nanopartículas *Core-Shell*

20 Ejemplo de Producción 1

Se midieron 100 g (0.4251 mol) de tetrahidrato de nitrato de calcio ($(\text{CaNO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, grado reactivo), 100 g de un dispersante a base de policarboxilato (disponible en Silk Road CNT) como un dispersante polimérico y 43 g de agua destilada en un vaso de precipitados de 500 ml, se agitaron

durante 30 minutos utilizando un agitador magnético, y de esta manera se disolvieron completamente para preparar una primera solución.

Se midieron 42 g (0.2125 mol) de solución acuosa de
5 nanosílice coloidal (CNS, Colloidal Nano-Silica) con un
tamaño de partícula promedio de 15 nm, 60 g de NaOH (50%)
como un agente tensioactivo de nanopartículas y 420 g de agua
destilada en un vaso de precipitados de 1,000 ml y se
agitaron durante 24 horas utilizando un agitador magnético
10 para preparar una segunda solución.

Después de medir 235 g de agua destilada y añadirla a un
reactor de matraz de cuatro cuellos de 2 litros, se produjo
una nanopartícula *core-shell* agitando la primera solución y
la segunda solución durante 120 minutos a 500 rpm utilizando
15 un agitador mecánico mientras se añadía simultáneamente la
primera solución y la segunda solución al reactor que
contenía el agua destilada.

Ejemplo de Producción 2

20 Se produjo una nanopartícula *core-shell* de la misma
manera que en el Ejemplo de Producción 1, excepto que se
utilizó una solución acuosa de nanosílice coloidal (CNS) con
un tamaño de partícula promedio de 45 nm en lugar de la
solución acuosa de nanosílice coloidal (CNS) con un tamaño de
25 partícula promedio de 15 nm del Ejemplo de Producción 1

Ejemplo de Producción 3

Se produjo una nanopartícula *core-shell* de la misma manera que en el Ejemplo de Producción 1, excepto que se utilizó una solución acuosa de nanosílice coloidal (CNS) con un tamaño de partícula promedio de 85 nm en lugar de la solución acuosa de nanosílice coloidal (CNS) con un tamaño de partícula promedio de 15 nm del Ejemplo de Producción 1

Las cantidades de $(\text{CaNO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, el dispersante a base de policarboxilato, el agua destilada, la solución acuosa de nanosílice coloidal, NaOH, y el tamaño de partícula del nanosílice coloidal, que se utilizaron en los Ejemplos de Producción 1 a 3, se muestran en la Tabla 1 de más adelante.

Tabla 1

Clasificación	Primera solución			Segunda solución				Reactor
	$(\text{CaNO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Dispersante a base de policarboxilato (50%)	Agua destilada	CNS	Tamaño de partícula de SiO_2	NaOH (50%)	Agua destilada	Agua destilada
Ejemplo de Producción 1	100 g	100 g	43 g	42 g	15 nm	60 g	420 g	235 g
Ejemplo de Producción 2	100 g	100 g	43 g	42 g	45 nm	60 g	420 g	235 g
Ejemplo de Producción 3	100 g	100 g	43 g	42 g	85 nm	60 g	420 g	235 g

Ejemplos 1 a 3: Composición para Formar el Concreto (incluyendo cemento semirresistente)

Ejemplo 1

Una composición que forma concreto que incluye la

nanopartícula *core-shell* producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 1 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 2 de más adelante.

5 Ejemplo 2

Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula *core-shell* producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 2 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 2 de más adelante.

10

Ejemplo 3

Una composición que forma concreto que incluye la nanopartícula *core-shell* producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 3 se produjo con la composición mostrada en la

15

Tabla 2

Clasificación	Nanopartícula <i>core-shell</i> utilizada	W/B (%)	S/A (%)	Peso unitario (kg/m³)				Aditivo (%)	Muestra (%)
				Agua	Cemento	Arena	Grava		
Ejemplo 1	Ejemplo de Producción 1	48.5	51	165	340	908	892	0.3	1.3
Ejemplo 2	Ejemplo de Producción 2								
Ejemplo 3	Ejemplo de Producción 3								
W/B: Agua/Aglutinante									
S/A: Porcentaje del volumen absoluto de agregado fino (S) con respecto al agregado total (A) (agregado fino + agregado grueso)									

20

25

Cemento: Cemento semirresistente (Asia Cement Co., Ltd.)
 Arena: Arena triturada
 Grava: Agregado grueso con diámetro de 25 mm
 Aditivo: Solución dispersante a base de policarboxilato (20%)
 Muestra: Nanopartículas *core-shell* producidas de acuerdo con los Ejemplos de Producción 1 a 3

5

Ejemplos 4 a 6: Composición para Formar el Concreto (incluyendo cemento Portland Ordinario (OPC, Ordinary Portland Cement))

Ejemplo 4

10 Una composición que forma el concreto que incluye la nanopartícula *core-shell* producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 1 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 3 de más adelante.

15 **Ejemplo 5**

 Una composición que forma el concreto que incluye la nanopartícula *core-shell* producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 2 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 3 de más adelante.

20

Ejemplo 6

 Una composición que forma el concreto que incluye la nanopartícula *core-shell* producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 3 se produjo con la composición mostrada en la
 25 Tabla 3 de más adelante.

Tabla 3

Clasificación	Nanopartícula <i>core-shell</i> utilizada	W/B (%)	S/A (%)	Peso unitario (kg/m³)				Aditivo (%)	Muestra (%)
				Agua	Cemento	Arena	Grava		
Ejemplo 4	Ejemplo de Producción 1	48.5	51	165	340	908	892	0.3	1.3
Ejemplo 5	Ejemplo de Producción 2								
Ejemplo 6	Ejemplo de Producción 3								

W/B: Agua/Aglutinante

S/A: Porcentaje del volumen absoluto de agregado fino (S) con respecto al agregado total (A) (agregado fino + agregado grueso)

Cemento: OPC (Ssangyong)

Arena: Arena triturada

Grava: Agregado grueso con diámetro de 25 mm

Aditivo: Solución dispersante a base de policarboxilato (20%)

Muestra: Nanopartículas *core-shell* producidas de acuerdo con los Ejemplos de Producción 1 a 3

Ejemplos Experimentales

Ejemplo experimental 1: Evaluación del Tamaño de Partícula

Los tamaños de partícula de las nanopartículas *core-shell* producidas de acuerdo con los Ejemplos de Producción 1 a 3 se midieron utilizando un analizador de tamaños de partícula (Malvern Instruments LTD. Zetasizer Nano ZSP). Los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 4 de más adelante.

Tabla 4

Clasificación	Tamaño de partícula (nm) promedio
Ejemplo de Producción 1	51
Ejemplo de Producción 2	106
Ejemplo de Producción 3	152

Haciendo referencia a la Tabla 4, en el caso de los Ejemplos de Producción 1 a 3, se confirmó que el tamaño de la nanopartícula *core-shell* producida se ajustó de acuerdo con el tamaño de la nanopartícula de sílice coloidal. Es decir, se confirmó que a medida que aumentaba el tamaño de la nanopartícula de sílice coloidal, aumentaba el tamaño de la nanopartícula *core-shell* producida.

Ejemplo Experimental 2: Evaluación del Desempeño del Concreto

Con el fin de evaluar el desempeño de resistencia temprana del concreto de las composiciones que forman concreto producidas de acuerdo con los Ejemplos 1 a 6, se midió la resistencia a la compresión para cada temperatura de curado y tiempo de curado. La resistencia a la compresión se comparó produciendo una composición para formar el concreto del Ejemplo de Control con la composición mostrada en la Tabla 5 de más adelante.

Tabla 5

Clasificación	W/B (%)	S/A (%)	Peso unitario (kg/m ³)				Aditivo (%)	Muestra (%)
			Agua	Cemento	Arena	Grava		
Control	48.5	51	165	340	908	892	1.1	-

Las temperaturas de curado de los Ejemplos 1 a 3 utilizando cemento semirresistente (Asia Cement Co., Ltd.) fueron de 13°C, y la resistencia a la compresión para cada

tiempo transcurrido (hr) se muestra en la Tabla 6 de más adelante.

Tabla 6

Clasificación	Resistencia a la compresión por cada tiempo transcurrido (hr) (MPa)					
	13	14	15	16	17	18
Control	0.83	1.54	2.11	3.28	4.34	5.15
Ejemplo 1	5.19	6.31	7.60	9.16	10.21	11.02
Ejemplo 2	5.35	6.25	7.53	9.04	10.15	11.11
Ejemplo 3	5.11	6.15	7.39	9.28	10.29	11.23

Las temperaturas de curado de los Ejemplos 4 a 6 utilizando OPC (Ssangyong) fueron de 15°C, y la resistencia a la compresión para cada tiempo transcurrido (hr) se muestra en la Tabla 7 de más adelante.

Tabla 7

Clasificación	Resistencia a la compresión por cada tiempo transcurrido (hr) (MPa)					
	21	22	23	24	25	26
Control	0.61	1.25	1.74	2.36	2.73	3.12
Ejemplo 4	3.44	4.05	4.46	5.25	6.01	6.84
Ejemplo 5	3.25	3.92	4.33	5.11	6.15	6.71
Ejemplo 6	3.56	4.11	4.29	5.36	6.22	6.96

Haciendo referencia a las Tablas 6 y 7 anteriores, se confirmó que el concreto producido mediante la adición de la nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con la presente invención tuvo una resistencia a la compresión mucho mejor

que el concreto (Control) al que no se añadió la nanopartícula *core-shell* . Se considera que este es el resultado que se obtiene cuando la nanopartícula *core-shell* acelera el desarrollo temprano de la resistencia del concreto. Por lo tanto, se confirmó que la nanopartícula *core-shell* para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con la presente invención podría utilizarse como un aditivo para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto. Además, la resistencia temprana se puede lograr utilizando la nanopartícula *core-shell* como el aditivo, y se puede proporcionar el efecto de acortar el periodo de construcción y reducir los costos de construcción.

La presente invención ha sido descrita detalladamente haciendo referencia a las modalidades preferidas y a los dibujos, pero el alcance de la idea técnica de la presente invención no se limita a estos dibujos y modalidades. En consecuencia, diferentes modificaciones o equivalentes de las mismas pueden estar dentro del alcance de la idea técnica de la presente invención. Por lo tanto, el alcance de la idea técnica de acuerdo con la presente invención debe ser interpretado por las reivindicaciones, y la idea técnica dentro de los equivalentes debe interpretarse que está dentro del alcance de la presente invención.

Aplicabilidad Industrial

Una nanopartícula *core-shell* de acuerdo con la presente invención puede acelerar el desarrollo temprano de la resistencia de los materiales hidráulicos, especialmente el concreto, y de esta manera se puede utilizar como un acelerador del desarrollo temprano de la resistencia, y tiene un efecto de acortar el periodo de construcción y reducir los costos de construcción. Por lo tanto, la nanopartícula *core-shell* de acuerdo con la presente invención es aplicable industrialmente.