



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 304 097**

② Número de solicitud: 200700280

⑤ Int. Cl.:
G01N 27/26 (2006.01)
G01N 7/00 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **29.01.2007**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.09.2008**

Fecha de la concesión: **29.07.2009**

⑭ Fecha de anuncio de la concesión: **13.08.2009**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente: **13.08.2009**

⑰ Titular/es: **Universidad de Sevilla
OTRI Pabellón de Brasil
Paseo de las Delicias, s/n
41013 Sevilla, ES**

⑱ Inventor/es: **Alejandro Sánchez, Francisco Javier;
Martín del Río, Juan Jesús y
Márquez Martínez, Gonzalo**

⑳ Agente: **No consta**

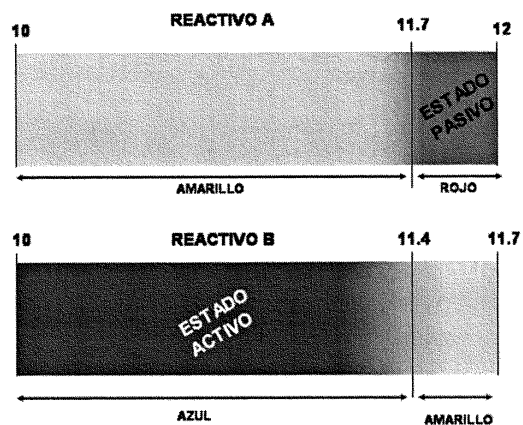
⑳ Título: **Kit para la determinación "in situ" del estado de pasivación de armaduras en hormigones armados o pretensados.**

㉑ Resumen:

Kit para la determinación "in situ" del estado de pasivación de armaduras en hormigones armados o pretensados.

La presente invención tiene por objeto un kit que comprende dos reactivos A y B, así como una carta de colores, que permiten determinar de una forma fiable y precisa, a través de medidas de pH aplicadas sobre un testigo de hormigón armado del elemento a tratar, tanto el estado pasivo como el activo del acero utilizado para la fabricación de hormigones armados o pretensados, con el fin de determinar el riesgo de corrosión. Los reactivos A y B, son disoluciones de los indicadores amarillo de alizarina R y carmín índigo, respectivamente.

El ámbito de aplicación de la presente invención se centraría en todo tipo de hormigones armados utilizados tanto en construcciones civiles como ingenieriles, sobre los que sea necesario realizar estudios de durabilidad por presentar signos de corrosión de armaduras u otros elementos de acero embebidos.



ES 2 304 097 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Kit para la determinación “*in situ*” del estado de pasivación de armaduras en hormigones armados o pretensados.

5 **Objeto de la invención**

La presente invención tiene por objeto un kit que comprende dos reactivos A y B, así como una carta de colores, que permiten determinar de una forma fiable y precisa, a través de medidas de pH aplicadas sobre un testigo de hormigón armado del elemento a tratar, tanto el estado pasivo como el activo del acero utilizado para la fabricación de hormigones armados o pretensados, con el fin de determinar el riesgo de corrosión. Los reactivos A y B, son disoluciones de los indicadores amarillo de alizarina R y carmín índigo, respectivamente.

El ámbito de aplicación de la presente invención se centraría en todo tipo de hormigones armados utilizados tanto en construcciones civiles como ingenieriles, sobre los que sea necesario realizar estudios de durabilidad por presentar signos de corrosión de armaduras u otros elementos de acero embebidos.

Estado de la técnica

En referencia a la durabilidad del hormigón armado, si bien la elevada alcalinidad del hormigón preserva al acero frente a la corrosión, la penetración de anhídrido carbónico (CO₂) través de los poros del hormigón causa la carbonatación del mismo y la desprotección del acero. La consecuencia es evidente: la corrosión electroquímica de las armaduras y los elevados costes asociados a la rehabilitación de las estructuras deterioradas.

El hormigón supone una barrera física que separa el acero de la atmósfera; de este modo, en la interfase acero-hormigón se forma una capa pasivante y autorregenerable (J.R. Gancedo *et al.*, “AES study of the passive layer formed on iron in saturated hydralime solutions”, *Corrosion, NACE*, 45, 1989, p. 976) debida a un proceso de carácter esencialmente electroquímico (K.K. Sagoe-Crentsil & F.P. Glasser, “Steele in concrete, Part I, a review of the electrochemical and thermodynamic aspects” *Glusser. Mag. Concrete Research*, 41, 1989, pp. 205-212) y basado en la elevada alcalinidad del hormigón (pH entre 12.5 y 13.5), provocada por los hidróxidos de calcio, sodio y potasio disueltos en la solución acuosa de la red de poros del mismo (P. Schiessl, “Corrosion of reinforcement”, *CEB boletín*, 152, 1984, pp. 73-93), así como en la existencia de un potencial electroquímico apropiado. El acero de este modo permanecerá indefinidamente pasivo, a menos que se produzca una disminución del valor de pH, necesaria para iniciar la destrucción del estado pasivo.

La desprotección de las armaduras del hormigón se debe fundamentalmente a su carbonatación, a la existencia de humedad y a la presencia de iones despasivantes, sobre todo cloruros. En cualquier caso, estos factores posibilitan que se produzca, local o generalizadamente, un pH en el hormigón por debajo de un valor crítico.

Tan pronto como el hormigón endurecido comienza a carbonatarse, incluso a concentraciones de dióxido de carbono atmosférico del 0.03% en volumen (I. Sirvent, “Tecnología y terapéutica del hormigón armado, Tomo F”; *Instituto Técnico de la Construcción, cap. VIII*, 1997, pp. 749-823) o similares, existirán en el hormigón dos zonas con valores de pH diferentes, una interna de pH superior a 12 y otra externa de pH cercano a 7. Cuando las armaduras se encuentran en la zona carbonatada, a valores de pH inferiores a 11, se produce la desaparición de la capa pasiva del acero (CEB Commission 5, “Strategies for testing and assessment of concrete structures”, *CEB boletín*, 243, 1998, pp. 76-92). Otros autores indican la necesidad de alcanzar en el hormigón un pH por encima de 11.7, e incluso 11.4 en ciertos casos, para que el acero esté totalmente protegido contra la corrosión (O.E. Gjorv, “Steel corrosion in reinforced and pretensed concrete structures”, *Nordisk betong*, 2, 1982, pp. 147-151; N. Saeki *et al.*, “Influence of carbonation and sea water on corrosion of steele in concrete”; *Trans. Jap. Concrete Inst.*, 6, 1984, pp. 155-162; L. Krajci & I. Janotka, “Measurement techniques for rapid assessment of carbonation in concrete”; *ACI Materials Journal*, 97, 2000, pp. 168-171).

Así mismo, la carbonatación puede provocar el aumento del cloruro libre en el hormigón en cantidad suficiente como para romper localmente las películas de óxidos de hierro pasivantes, desencadenando la corrosión en forma de picaduras (J.A. González, “Control de la corrosión: estudio y medida por técnicas electro químicas”; *CSIC, cap. XII*, 1989, pp. 323-365) donde se disuelve el acero.

La forma más frecuente y simple para determinar la pasivación o despasivación del acero en el hormigón armado o pretensado consiste en la aplicación “*in situ*” de un indicador que cambie de coloración en función del pH. Para ello se viene utilizando tradicionalmente una disolución de fenolftaleína al 1% en etanol, indicador que vira de incoloro a púrpura en el intervalo de pH que va desde 8.5 a 10.0. Si el hormigón en que se encuentra embebida la armadura adquiere la coloración púrpura, es indicativo de que ésta se encuentra pasivada, es decir, tiene una capa de óxido de hierro impermeable al oxígeno que la protege frente a la oxidación. En cambio, si no hay modificación del color, es indicativo de que la armadura de acero ha perdido la capa de pasivación, está activa y es posible su corrosión si las condiciones son favorables para ello. El test debe realizarse sobre la superficie limpia del testigo o muestra de hormigón recién extraída, para evitar la carbonatación superficial del mismo que provocaría un pH neutro y la consiguiente invalidez del test (J. Calavera, “Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado, Tomo F”, *INTEMAC, cap. X*, 1996, pp. 237-266).

Sin embargo, la reducción del pH del hormigón por carbonatación a valores comprendidos entre 9.0 y 11.4 supone, a pesar de la coloración rojiza-púrpura, la desaparición de la capa pasiva del acero, siendo estos valores significativamente distintos de los indicados por el test de la fenolftaleína. En definitiva, la fenolftaleína resulta totalmente fiable cuando establece el estado activo del acero de un hormigón armado (a pH inferiores a 8.5 es incolora y el acero está despasivado); pero no es concluyente si se pretende determinar la pasivación (en el intervalo pH comprendido entre 9.0 y 11.4 la fenolftaleína ha virado a púrpura y el acero está despasivado). Solo cuando el pH es superior a 11.7 dicho test vuelve a ser completamente fiable.

10 Descripción de las figuras

La Figura 1 muestra dos bandas con la transición de colores que se produce durante el viraje de cada uno de los dos reactivos, permitiendo determinar con el reactivo A, si hay pasivación (color rojo, pH superior a 11.7) y si hay activación con el reactivo B (color azul, a pH inferior a 11.4).

Descripción de la invención

La forma más frecuente y simple para determinar la pasivación o despasivación del acero en el hormigón armado o pretensado consiste en la aplicación "*in situ*" de un indicador que cambie de coloración en función del pH. Para ello se viene utilizando tradicionalmente una solución de fenolftaleína al 1% en etanol, indicador que vira de incoloro a rojo púrpura en el intervalo de pH que va desde 8.5 a 10.0. El hecho de que el hormigón en que se encuentra embebida la armadura adquiera la coloración púrpura, es indicativo de que ésta se encuentra pasivada, es decir, tiene una capa de óxido de hierro impermeable al oxígeno que la protege frente a la oxidación. En cambio, si no hay modificación de color, es indicativo de que la armadura de acero ha perdido la capa de pasivación, está activa y es posible la corrosión de la misma si las condiciones son favorables para ello.

Sin embargo, la despasivación del acero puede tener lugar en zonas no indicadas por el ensayo de la fenolftaleína: la reducción del pH del hormigón por carbonatación a valores inferiores a 11.4 supone la desaparición de la capa pasiva del acero, y esto puede suceder a valores significativamente distintos de los indicados por la fenolftaleína. En definitiva, este indicador resulta totalmente fiable cuando establece el estado activo del acero de un hormigón armado o pretensado (a pH inferiores a 8,5 es incolora y el acero está despasivado); pero no es concluyente si se pretende determinar la pasivación (en el intervalo pH comprendido entre 9.0 y 11.7 la fenolftaleína ha virado a púrpura y el acero está despasivado).

En consecuencia, se propone un kit compuesto por dos reactivos A y B que permiten determinar con gran fiabilidad tanto el estado pasivo (pH superior a 11.7) como el activo (pH inferior a 11.4) del acero utilizado para la fabricación hormigones armados o pretensados. Los reactivos propuestos son disoluciones de los indicadores: amarillo de alizarina R y carmín índigo, que son productos químicos comerciales que hasta la fecha han tenido aplicación en el área de la química analítica (indicadores para volumetrías) y en la industria alimentaria (carmín índigo es un aditivo colorante E-132), pero que no se han empleado en el área de la construcción.

El reactivo A comprende una primera disolución del indicador amarillo de alizarina R al 1% en cuatro partes de acetona por una de etanol, que vira de amarillo a rojizo en un rango de pH de 10,1 a 12,0, señalando de modo certero la pasivación del acero cuando se ha desarrollado completamente el color rojo. Por otro lado, el reactivo B es una solución de índigo carmina al 1% en acetona y agua a partes iguales, que vira de azul a amarillo en un rango de pH de 10.0 a 11.4, permite concluir sin lugar a dudas la existencia del estado activo del acero embebido en el hormigón.

Modo de realización de la invención

La presente solicitud de patente de invención comprende un Kit para la determinación precisa "*in situ*" del estado de pasivación de armaduras en hormigones armados o pretensados. La invención hace referencia a un método basado en el uso de un kit compuesto por dos disoluciones de sendos indicadores (reactivos "A" y "B") y una carta de colores que permiten determinar con total fiabilidad tanto el estado pasivo (pH superior a 11.7) como el activo (pH inferior a 11.4) de las armaduras de acero en hormigones. El mencionado kit comprende una primera disolución del indicador amarillo de alizarina R al 0,5% en una mezcla compuesta de 4 partes en volumen de acetona por una de etanol (reactivo "A"), que vira de amarillo a rojizo en un rango de pH de 10.1 a 12.0, señalando de modo certero la pasivación del acero cuando se ha desarrollado completamente el color rojo. Por otro lado, la disolución de carmín índigo al 0,5% en una mezcla de acetona y agua a partes iguales en volumen (reactivo "B"), que vira de azul a amarillo en un rango de pH de 10.0 a 11.4, permitiendo asegurar la existencia del estado activo del acero embebido en el hormigón.

También se aporta la descripción de la carta de colores (figura 1) incluida en el citado Kit, que permite elucidar con gran fiabilidad tanto el estado pasivo (pH superior a 11.7) como el activo (pH inferior a 11.4) de las armaduras.

ES 2 304 097 B2

Para la realización del ensayo, una vez extraído el testigo o muestra de hormigón armado del elemento constructivo, se procedería a su limpieza mediante cepillado, seguidamente se impregnaría un área superficial que abarcase toda la longitud del mismo con el reactivo "A". Transcurrido aproximadamente un minuto, si las armaduras embebidas se encuentran en la zona que adquiere una coloración rojiza, es indicativo de un estado de pasivación; en el caso de que la coloración sea amarillo-anaranjada, se procede a impregnar un área anexa similar a la anterior con el reactivo "B", evitando el solapamiento de ambas zonas. Transcurrido aproximadamente otro minuto, si las armaduras embebidas se encuentran en la zona que adquiere una coloración azul, es indicativo de un estado de activación, y consecuentemente, posible corrosión de las mismas. El estudio de colores y su interpretación se facilita mediante el uso de la carta de colores suministrada (Figura 1).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 304 097 B2

REIVINDICACIONES

5 1. Kit para la determinación “*in situ*” del estado de pasivación de armaduras en hormigones armados o pretensados, **caracterizado** porque comprende dos reactivos A y B, así como una carta de colores, que permiten determinar de una forma fiable y precisa, a través de medidas de pH aplicadas sobre un testigo de hormigón armado del elemento a tratar, tanto el estado pasivo como el activo del acero utilizado para la fabricación de hormigones armados.

10 2. Kit para la determinación “*in situ*” del estado de pasivación de armaduras en hormigones armados o pretensados, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el reactivo “A” comprende un 0.5% del indicador amarillo de alizarina R disuelto en una mezcla compuesta de cuatro partes en volumen de acetona por una de etanol.

15 3. Kit para la determinación “*in situ*” del estado de pasivación de armaduras en hormigones armados o pretensados, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el reactivo “B” comprende un 0.5% del indicador carmín índigo disuelto en una mezcla compuesta de acetona y agua a partes iguales en volumen.

20 4. Kit para la determinación “*in situ*” del estado de pasivación de armaduras en hormigones armados o pretensados, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque tras aplicar el reactivo A sobre la superficie de dicha muestra, el desarrollo completo de una coloración roja en la superficie del testigo de hormigón armado o pretensado, indica con total fiabilidad la pasivación del acero embebido en el hormigón a pH superior a 11.7.

25 5. Kit para la determinación “*in situ*” del estado de pasivación de armaduras en hormigones armados o pretensados, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque tras aplicar el reactivo B sobre la superficie de dicha muestra, el desarrollo completo de una coloración azul en la superficie del testigo de hormigón armado o pretensado, indica con total fiabilidad el estado activo del acero embebido en el hormigón a pH inferior a 11.4.

30

35

40

45

50

55

60

65

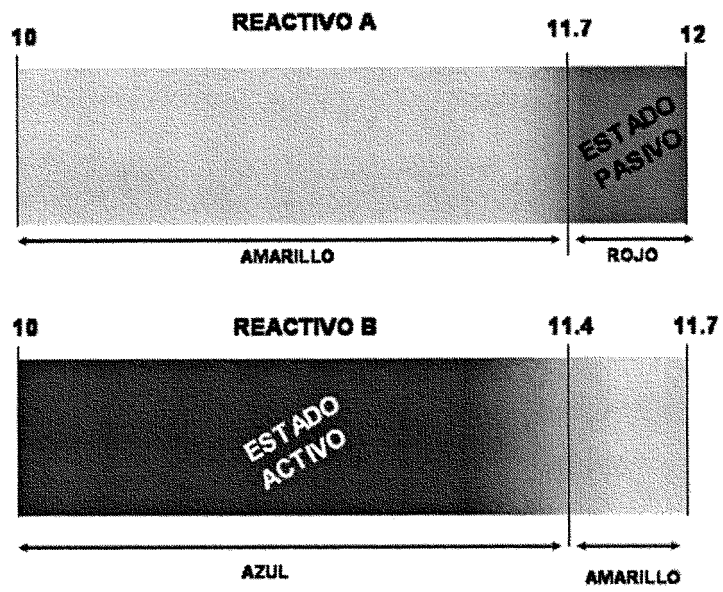


Figura 1



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 304 097

② Nº de solicitud: 200700280

③ Fecha de presentación de la solicitud: **29.01.2007**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01N 27/26** (2006.01)
G01N 7/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 382196 A1 (ORONZIO DE NORA) 16.08.1990, reivindicaciones 1-4.	1-5
A	US 4958130 A (MOCHIZUKI et al.) 18.09.1990, columna 2, líneas 23-43.	1-5
A	FR 2634887 A (ADVANCES TECHNOLOGIES INTERNATIONAL) 02.02.1990, página 1, líneas 1-6; reivindicación 1.	1-5
A	US 5180969 A (KWUN et al.) 19.01.1993, reivindicación 1.	1-5
A	US 5964992 A (SWETTE et al.) 12.10.1999, reivindicación 1.	1-5
A	US 7148706 A (SRINIVASAN et al.) 12.12.2006, resumen.	1-5

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

11.08.2008

Examinador

J. García-Cernuda Gallardo

Página

1/1