

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 456 740**

51 Int. Cl.:

**C04B 24/42** (2006.01)

**C04B 41/64** (2006.01)

**C04B 32/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2002 E 02023106 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2014 EP 1308428**

54 Título: **Inhibidor de la corrosión para hormigón armado**

30 Prioridad:

**05.11.2001 DE 10153803**

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

**23.04.2014**

73 Titular/es:

**EVONIK DEGUSSA GMBH (100.0%)  
Rellinghauser Strasse 1-11  
45128 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**STANDKE, BURKHARD, DR. y  
MCGETTIGAN, EDWARD**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 456 740 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

Inhibidor de la corrosión para hormigón armado

5 La presente invención se refiere a un agente con efecto inhibidor de la corrosión, a su uso y a un procedimiento para reducir la corrosión activa de la armadura de acero en hormigón. Además, la invención se refiere a un hormigón que puede obtenerse mediante el empleo de un agente de este tipo.

10 A pesar de que el hormigón armado es considerado generalmente como muy resistente, aparecen daños visibles en obras de hormigón que han de atribuirse a la corrosión de la armadura de acero, en ocasiones ya pocos años después de haber terminado la obra, a pesar de que habitualmente se planifica una vida de 100 años de un edificio de hormigón armado. A menudo se manifiestan deterioros visibles en la armadura de acero ya después de un tiempo menor que 20 años. La consecuencia de ello son costosos trabajos de saneamiento. Por lo tanto, existe una demanda realmente alta de inhibidores de la corrosión activos para hormigón armado.

15 En el pasado se acometieron para ello diferentes estrategias:

20 Hoy en día encuentran aplicación principalmente aditivos para hormigón inhibidores de la corrosión tales como nitritos de metales alcalinos o alcalinotérreos (documentos US 3 210 207, US 3 801 338, US 3 976 494, US 4 092 109 y US 4 365 999). Junto a su cuestionabilidad ecológica, al igual que también toxicológica, estos aditivos muestran el inconveniente de que son solubles en agua y pueden ser fácilmente arrastrados por lavado de materiales de construcción con aglutinante mineral sobre la base de cemento.

25 Además (documento US 4 726 914) se describen alcanolaminas en mezcla con alcoholes trivalentes o tetravalentes para la protección de superficies de acero. No obstante, no se describe el uso de sustancias de este tipo en materiales de construcción minerales con un aglutinante basado en cemento.

30 En el documento EP 0 209 978 A2 se describen inhibidores de la corrosión miscibles con agua a base de hidroxilaminas para la protección de la armadura de acero en el hormigón.

35 El documento CH 686 368 se refiere asimismo a inhibidores de la corrosión solubles en agua a base de hidroxilaminas, pero éstos, en limitación al documento EP 0 209 978 A2, se hacen reaccionar, sin embargo, antes de su empleo como inhibidor de la corrosión para hormigón armado, con ácidos carboxílicos con el fin de reducir la volatilidad de estas sustancias. Sin embargo, si se tiene en cuenta el elevado valor del pH de materiales de construcción ligados a cemento tales como hormigón, esta medida es, no obstante, más bien dudosa, dado que según el conocimiento químico general, en el caso de un pH elevado se vuelve a formar la amina libre.

40 Es indudable que las hidroxilaminas pueden reducir la corrosión en superficies de acero. Esto lo confirman, por ejemplo, las mediciones de la corriente de corrosión expuestas en los documentos mencionados.

45 Generalmente, una reducción de la corrosión es sólo imaginable cuando el inhibidor de la corrosión es añadido al aglutinante. Por lo tanto, debe ser empleado ya durante la producción del material de construcción. A este respecto, es desventajoso el que la aportación por mezclado del inhibidor de la corrosión modifica las propiedades reológicas del material de construcción ligado a cemento, p. ej. hormigón, lo cual aumenta la complejidad de las mezclas de hoy en día y, por lo tanto, no se desea por norma general. Además, la solubilidad en agua así como la presión de vapor de las sustancias utilizadas como inhibidores de la corrosión conducen a una movilidad indeseada en la matriz de cemento.

50 El principio activo puede perderse también por el arrastre por lavado. En la publicación con el título "Migrating Corrosion Inhibitor Blend for Reinforced Concrete Parte 2 – Inhibitor as Repair Strategy" (Corrosion-Vol. 56, N° 7, págs. 727 y siguientes) se comprobó que la acción de inhibidores de la corrosión solubles en agua según el documento CH 686 368 sobre la superficie de acero, el cual se encuentra en una matriz de cemento, no acarrea inequívocamente un efecto positivo sobre las corrientes de corrosión medibles. Como causa de ello es responsable, con elevada probabilidad, el hecho de que el inhibidor de la corrosión no puede difundirse en cantidad suficiente a través de la matriz de cemento, de modo que una concentración de inhibidor, suficiente para un efecto reductor de la corrosión, no puede acceder a la superficie de acero, a pesar de que el inhibidor podría actuar con una concentración elevada (10%) a lo largo de varias semanas. Tiempos de acción prolongados de este tipo no se pueden poner, además, en práctica. En el caso del tratamiento de la superficie de hormigón, por ejemplo con medidas de hidrofobización en el marco de la protección de edificios, los tiempos de contacto ascienden a sólo unos pocos minutos (agentes de impregnación líquidos) hasta algunas horas (agentes de impregnación pastosos).

Se puede comprobar que actualmente no existe inhibidor de la corrosión alguno para armaduras de acero en materiales de construcción minerales ligados a cemento (hormigón) que, en el caso de las estructuras existentes, pueda ser aplicado sobre la superficie del material de construcción e impida la corrosión de la armadura de acero en el caso de una corrosión activa existente.

Por lo tanto, existía la misión de habilitar un inhibidor de la corrosión para hormigón armado que pueda ser eventualmente aplicado sobre estructuras de hormigón existentes o pueda ser también añadido a la mezcla de hormigón y que amortigüe de manera eficaz las corrientes de corrosión en la armadura de acero, en particular también cuando los cloruros presentes y otras sustancias nocivas hayan podido ya desencadenar una corrosión.

El problema se resolvió de acuerdo con la invención de manera correspondiente a las características de las reivindicaciones.

Sorprendentemente, se encontró que un preparado, es decir, un agente a base alquilalcoxisilanos o bien alquilalcoxisiloxanos determina, en el caso de la aplicación, una clara reducción de las corrientes de corrosión medidas en la armadura de acero en el hormigón, incluso cuando el hormigón esté ya previamente dañado por los cloruros invasivos.

Así, se encontró también que determinados silanos y/o siloxanos organo-funcionales, los así denominados alquilalcoxisilanos o bien alquilalcoxisiloxanos, eventualmente en combinación con compuestos portadores de grupos amino que pueden ser solubles en alquilalcoxisilanos o bien alquilalcoxisiloxanos tales como, por ejemplo, de determinados aminosilanos o determinados aminoalcoholes y, eventualmente en combinación con ácidos carboxílicos o sales de ácidos carboxílicos solubles en alquilalcoxisilanos o bien alquilalcoxisiloxanos, preferiblemente ácido dinonilnaftalensulfónico, o de las sales de metales alcalinotérreos, en particular dinonilnaftalensulfonato de calcio o dinonilnaftalensulfonato de magnesio, o ácidos minerales solubles de manera correspondiente, mediante la acción sobre la superficie de materiales de construcción ligados a cemento armados con acero o mediante la incorporación directa de un agente de acuerdo con la invención, es decir, del presente agente en la mezcla de hormigón en la preparación del hormigón pueden reducir de manera persistente corrientes de corrosión en la armadura de acero e incluso pueden reducir drásticamente la corrosión existente, desencadenada, por ejemplo, por cloruros.

En este caso, se han de preferir alquilalcoxisilanos o bien alquilalcoxisiloxanos con un contenido en cloruro particularmente bajo. Preferiblemente, dichos silanos o bien siloxanos se emplean con un contenido en cloruro de menos de 100 ppm en peso, de manera particularmente preferida, aquellos con menos de 50 ppm en peso de cloruro, de manera muy particularmente preferida con menos de 10 ppm en peso de cloruro. Particularmente, al utilizar alquilalcoxisilanos o bien alquilalcoxisiloxanos que están esencialmente exentos de cloruro, es decir, productos de silano con menos de 3 ppm en peso de cloruro, se pueden conseguir extraordinarios resultados en el sentido de la presente invención.

Así, de manera ventajosa, se puede encontrar una reducción de las corrientes de corrosión observadas en la armadura de acero con respecto al hormigón no protegido correspondiente de más de 50%, preferiblemente de más de 80%, de manera particularmente preferida de más de 90%.

La inhibición de la corrosión sorprendentemente elevada, encontrada a través de la medición de la corriente de corrosión, se alcanza, de acuerdo con la invención, mediante alquilalcoxisilanos y/o -siloxanos, preferiblemente isobutiltrietoxisilano, octiltrietoxisilano o propiletroxisiloxanos poco viscosos, eventualmente en mezcla con compuestos portadores de grupos amino tales como aminosilanos, preferiblemente aminopropiltrietoxisilano, o aminoalcoholes, preferiblemente dietilaminoetanol, que pueden mezclarse con el sistema de silanos utilizados y/o eventualmente en mezcla con ácidos carboxílicos de cadena larga o sus sales de calcio o magnesio, preferiblemente dinonilnaftalensulfonato de calcio, así como eventualmente bajo la adición de otros componentes, por ejemplo disolventes o coadyuvantes de tratamiento.

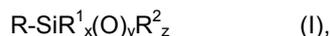
En general, un agente de acuerdo con la invención se puede preparar de manera sencilla y rentable mediante una buena mezcladura o bien agitación conjunta de los componentes de acuerdo con la invención, por ejemplo reuniendo dichos organosilanos o bien organosiloxanos así como, eventualmente, otros principios activos o bien combinaciones de principios activos y eventualmente un agente diluyente o, eventualmente, un coadyuvante de la reología. Ligeras turbideces que eventualmente se presentan durante el proceso de mezcladura se eliminan por norma general por filtrado.

El agente de acuerdo con la invención o al menos un principio activo contenido en el mismo es preferiblemente poco viscoso y tiene una buena capacidad de penetración. Preferiblemente, el agente de acuerdo con la invención o un principio activo contenido en el mismo, por ejemplo un compuesto de acuerdo con la fórmula I, o una correspondiente combinación de principios activos, presenta una viscosidad de 0,8 a 20 mPa.s, de manera particularmente preferida de 1,0 a 10 mPa.s

Para la mejora de las propiedades de aplicación, el presente agente puede formularse según procedimientos conocidos también en forma de emulsión acuosa poco o muy viscosa, permaneciendo en este caso invariable, por norma general, la viscosidad de la composición de principios activos - fase oleosa -. En este caso, se prefiere la formulación de los principios activos como emulsión acuosa y la adición al agua de amasado del hormigón, con el fin de garantizar una distribución lo más homogénea posible.

También, el agente de acuerdo con la invención puede contener, junto a los componentes de principios activos, como componentes adicionales, disolventes, agentes diluyentes, o bien solubilizantes tales como aceite mineral, hidrocarburos de bencina, alcoholes, en particular metanol, etanol, n-propanol, i-propanol, n-butanol, i-butanol, sec.-butanol, t-butanol, además adipato de diisotridecilo, agua, emulsionantes, coadyuvantes de la reología, eventualmente también coadyuvantes de espesamiento tales como arcilla finamente dividida, ácido silícico de precipitación, ácido silícico pirógeno o una mezcla correspondiente de los mismos.

Por lo tanto, objeto de la presente invención es un agente para la protección de hormigón armado frente a la corrosión de la armadura de acero, que se caracteriza por que el agente contiene, como componente A inhibidor de la corrosión, al menos un organosilano u organosiloxano de la fórmula general (I)



en donde

R es un grupo alquilo con 3 a 20 átomos de C lineal o ramificado,

R<sup>1</sup> es un grupo alquilo con 1 a 4 átomos de C lineal o ramificado,

R<sup>2</sup> es un grupo alcoxi con 1 a 4 átomos de C lineal o ramificado o un grupo hidroxilo, en donde los grupos R<sup>2</sup> pueden ser iguales o diferentes,

x es igual a 0, 1 ó 2,

y es igual a 0,0 a 1,5,

z es igual a 0, 1, 2 ó 3 y

(x+2y+z) = 3,

o una mezcla de los mismos, y como componente D contiene al menos un aminoalcohol de la fórmula general (III)



en donde

los grupos R<sup>9</sup> son iguales o diferentes y

R<sup>9</sup> representa un hidrógeno o un grupo alquilo con 1 a 20 átomos de C lineal o ramificado.

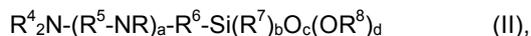
Ventajosamente, el componente D contiene HO-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> o HO-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub> o una mezcla de los mismos.

Condensados parciales preferidos a base organosilanos, es decir, organosiloxanos de la fórmula general (I) se conocen, por ejemplo, del documento DE 100 56 344 así como del documento DE 100 56 343.

Agentes que contienen como componente A n-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>10</sub>H<sub>21</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>10</sub>H<sub>21</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>10</sub>H<sub>21</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>10</sub>H<sub>21</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub> o condensados parciales a base de uno o varios de los alquilalcoxisilanos mencionados o una mezcla a base de los alquilalcoxisilanos mencionados, una mezcla a base de los condensados parciales o una mezcla a base de alquilalcoxisilanos y condensados parciales.

El agente puede contener como otro componente al menos un compuesto portador de grupos amino.

El agente puede contener como componente B al menos un aminosilano o aminosiloxano de la fórmula general (II)



5 en donde  
 los grupos  $R^4$  son iguales o diferentes y  
 $R^4$  representa un hidrógeno o un grupo alquilo con 1 a 20 átomos de C lineal o ramificado,  
 $R^5$  representa un grupo alquileo con 1 a 20 átomos de C lineal o ramificado,  
 $R^6$  representa un grupo alquileo con 1 a 20 átomos de C lineal o ramificado,  
 10  $R^7$  representa un grupo alquilo con 1 a 4 átomos de C lineal o ramificado, y  
 $R^8$  representa un hidrógeno o un grupo alquilo con 1 a 4 átomos de C lineal o ramificado, pudiendo  
 ser los grupos  $R^8$  iguales o diferentes,  
 a es igual a 0, 1, 2, 3 ó 4,  
 b es igual a 0, 1 ó 2,  
 15 c es igual a 0,0 a 1,5,  
 d es igual a 0, 1, 2 ó 3 y  
 $(b+2c+d) = 3$ ,  
 o una mezcla de los mismos.

20 El agente puede contener preferiblemente al componente B en una cantidad de 0 a 60% en peso referido al componente A, preferiblemente de 0,01 a 10% en peso, de manera particularmente preferida de 1 a 5% en peso, referido al componente A.

El agente puede contener como componente B  
 25  $NH_2(CH_2)_3Si(OC_2H_5)_3$ ,  $NH_2(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$ ,  $NH_2(CH_2)_3SiCH_3(OC_2H_5)_2$ ,  $NH_2(CH_2)_3SiCH_3(OCH_3)_2$ ,  
 $NH_2(CH_2)_2NH(CH_2)_3Si(OC_2H_5)_3$ ,  $NH_2(CH_2)_2NH(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$ ,  
 $NH_2(CH_2)_2NH(CH_2)_2NH(CH_2)_3Si(OC_2H_5)_3$ ,  $NH_2(CH_2)_2NH(CH_2)_2NH(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$ ,  
 $NH_2(CH_2)_2N[NH_2(CH_2)_2](CH_2)_3Si(OCH_3)_3$ ,  $NH_2(CH_2)_2NH(CH_2)_3Si(CH_3)(OCH_3)_2$ ,  
 $NH_2(CH_2)_2NH(CH_2)_3Si(CH_3)(OC_2H_5)_3$ ,  $C_4H_9NH(CH_2)_3Si(OC_2H_5)_3$ ,  $C_4H_9NH(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$ ,  
 30  $[(C_2H_5O)_3Si(CH_2)_3]_2NH$ ,  $[(C_2H_5O)_3Si(CH_2)_3]_3N$ ,  $[(CH_3O)_3Si(CH_2)_3]_2NH$ ,  $[(CH_3O)_3Si(CH_2)_3]_3N$  o condensados  
 parciales a base de uno o varios de los aminoalquilalcoxisilanos mencionados o una mezcla a base de los  
 aminoalquilalcoxisilanos mencionados, una mezcla a base de los condensados parciales o una mezcla a base de  
 aminoalquilalcoxisilanos y condensados parciales.

35 Preferiblemente, el agente contiene como componente C al menos un ácido carboxílico o la sal de un ácido carboxílico.

El agente puede contener como componente C ácido dinonilnaftalensulfónico o sus sales de metales alcalinotérreos o una mezcla de los mismos.

40 Preferiblemente, el agente contiene el componente C en una cantidad de 0 a 50% en peso referida al componente A, en particular en una cantidad de 0,01 a 10% en peso, ventajosamente en una cantidad de 0,5 a 5% en peso.

45 El agente contiene los componentes A y D o los componentes A, B y D o los componentes A, B, C y D como principios activos o bien combinaciones de principios activos para la inhibición de la corrosión en armaduras de acero en hormigón armado.

En el agente, los componentes A, B, C y/o D pueden emplearse como fase oleosa de una emulsión acuosa poco viscosa o muy viscosa.

50 El agente propiamente dicho o un principio activo contenido en el mismo o la combinación de principios activos contenida en el mismo es poco viscoso.

55 El agente puede contener, como componentes adicionales, adipato de isotridecilo, aceite mineral, hidrocarburos de bencina, alcoholes, agua, emulsionantes, coadyuvantes de reología, agentes espesantes o una mezcla de los mismos.

Además, es objeto de la presente invención el uso del agente de acuerdo con la invención para la protección de hormigón armado frente a la corrosión de la armadura de acero.

60

Objeto de la invención es también el uso de un agente para la inhibición de la corrosión en armaduras de acero en hormigón, en el que el agente se añade por mezclado al hormigón durante el proceso de fabricación.

5 Por norma general, los agentes de acuerdo con la invención presentan también una extraordinaria estabilidad al almacenamiento.

La aplicación del presente agente de acuerdo con la invención en forma poco viscosa a muy viscosa, es decir, en forma pastosa o, adicionalmente, en forma emulsionada, puede tener lugar ventajosamente mediante pulverización, aplicación con brocha, rodillo o rasqueta. En este caso, el agente de acuerdo con la invención se aplica de manera adecuada en una cantidad de más de 50 g/m<sup>2</sup>, preferiblemente de más de 100 g/m<sup>2</sup>, de manera particularmente preferida de más de 200 g/m<sup>2</sup> sobre la superficie de hormigón. Eventualmente, puede ser adecuada una aplicación múltiple con un tiempo de secado de, por ejemplo, 2 horas hasta aprox. 2 días entre los pasos de trabajo, en particular cuando no se pueda aplicar en un solo paso de trabajo la cantidad deseada de principio activo en virtud de una capacidad de absorción sólo escasa del sustrato.

15 Por consiguiente, es también objeto de la presente invención un procedimiento para reducir la corrosión de armaduras de acero en hormigón armado, el cual se caracteriza por que un agente de acuerdo con la invención se aplica sobre una superficie del hormigón armado.

20 La aplicación del agente tiene lugar, p. ej., mediante pulverización, aplicación con brocha, rodillo o rasqueta.

El agente se aplica preferiblemente en una cantidad mayor que 50 g/m<sup>2</sup> sobre la superficie del hormigón, en particular el agente se aplica en una cantidad de más de 100 g/m<sup>2</sup> sobre la superficie del hormigón, más preferiblemente en una cantidad de más de 200 g/m<sup>2</sup>.

25 Sin embargo, el agente de acuerdo con la invención también se puede incorporar directamente en el hormigón todavía no fraguado durante la preparación de una mezcla de hormigón.

Por lo tanto, objeto de la presente invención es asimismo el uso de un agente de acuerdo con la invención para la inhibición de la corrosión en armaduras de acero en hormigón, incorporando por mezclado el agente de acuerdo con la invención en el hormigón durante el proceso de fabricación. En este caso, se puede acreditar particularmente la adición al agua de amasado al hormigón de una emulsión de principios activos basada en agua. Referido a la mezcla de cemento, se emplean preferiblemente 0,5 a 3% en peso de principio activo, es decir, agente de acuerdo con la invención.

35 Además, es objeto de la invención un hormigón protegido frente a la corrosión de armaduras de acero, el cual se puede obtener según al menos una de las reivindicaciones 20 a 26.

Alquilalcoxisilanos o bien siloxanos se emplean habitualmente para la impregnación (hidrofobización) de materiales de construcción minerales porosos. El objetivo de esta medida es en este caso mantener alejada al agua y a las sustancias nocivas disueltas en la misma tales como, por ejemplo, cloruros. En el caso de la presente invención se reconoció frente a ello, de manera sorprendente y ventajosa, que mediante el empleo de agentes con contenido en alquilalcoxisilano o bien -siloxano especiales, que pueden disminuir de manera clara la corrosión en armaduras de acero en materiales de construcción minerales ligados a cemento, que se puede comprobar con ayuda de las corrientes de corrosión, en particular, que se puede detener o al menos amortiguar de manera eficaz la corrosión existente mediante el empleo del presente agente.

Además, se encontró que, de manera de acuerdo con la invención, mediante la aplicación de un sistema inhibidor líquido presente sobre superficies de hormigón se pueden reducir claramente las corrientes de corrosión en la armadura de acero, incluso en el caso de una corrosión activa existente e incluso en el caso de un hormigón dañado por grietas. La formulación de inhibidor líquida puede aplicarse directamente sobre la superficie del hormigón. Como métodos de aplicación se adecuan procedimientos conocidos tales como pulverización, inyección, colada, rodillos, pinceles y similares. La formulación de inhibidor también puede formularse como emulsión mediante procedimientos en sí conocidos y aplicarse de manera correspondiente. De manera adecuada, una emulsión de este tipo se aplica sobre la superficie del hormigón por medio de los procedimientos conocidos arriba descritos, pudiendo aplicarse mediante rasqueta también emulsiones pastosas y muy viscosas. Por norma general, se ha de tener en cuenta que en el hormigón puede penetrar una cantidad de producto suficiente con el fin de conseguir un efecto protector suficiente. Un efecto protector suficiente se alcanza, generalmente, cuando las corrientes de corrosión medibles disminuyen preferiblemente en más de un 80% con respecto a la superficie no protegida. Un efecto protector de este tipo se alcanza, por normal general, con los sistemas de inhibidor de

acuerdo con la invención, cuando la cantidad aplicada asciende preferiblemente a más de 200 g/m<sup>2</sup>. En este caso, se ha de garantizar generalmente que todo el material aplicado penetre en el hormigón. En este caso, es particularmente aconsejable una aplicación múltiple o la aplicación de productos de acuerdo con la invención muy viscosos tales como emulsiones pastosas o agentes inhibidores espesados mediante coadyuvantes de reología.

5 Para el espesamiento del agente inhibidor se adecuan, por ejemplo, sustancias sólidas finamente divididas tales como ácido silícico a la llama, ácido silícico pirógeno o determinados minerales arcillosos finamente divididos tales como caolín. En el caso de utilizar un agente de acuerdo con la invención muy viscoso pueden aplicarse en un paso de trabajo también sobre superficies verticales más de 200 g/m<sup>2</sup>, también sin grandes pérdidas de producto debido al goteo.

10

La presente invención se explica con mayor detalle en los siguientes Ejemplos y Ejemplos Comparativos.

### Ejemplos

#### 15 Mediciones de la corriente de corrosión:

Las mediciones de la corriente de corrosión pueden efectuarse por medio de procedimientos conocidos tales como, por ejemplo, el método de polarización lineal. Este procedimiento se adecua, en particular, para mediciones en las obras, dado que el sistema de aparatos de medición es portátil (p. ej. Gecor 6, James Instruments Inc.).

20

En el laboratorio se puede determinar la actividad de las disoluciones de inhibidor de la manera siguiente:

Preparación de probetas de hormigón armado con acero especiales

Aplicación del agente inhibidor

Almacenamiento en agua salina cíclico

25 Medición de la corrosión por medición de la tensión entre las armaduras de acero a lo largo de una resistencia de 10 Ohmios.

El proceso de medición, véase la Fig. 1, está concebido en base a procedimientos que son habituales en la FHWA (Administración Federal de Carreteras de EE.UU.). El procedimiento de medición puede configurarse de una manera similar a la práctica introduciendo en las probetas de hormigón microgrietas artificiales que llegan hasta la armadura de acero.

30

La relación agua/cemento de las probetas de hormigón utilizadas ascendió a 0,47. Las grietas artificiales pueden alcanzarse mediante la disposición de chapas de acero noble con un grosor de 0,03 mm durante la fabricación de las probetas. Las chapas se retiraron por norma general antes del fraguado completo del hormigón, de modo que se forma una grieta que alcanza hasta la armadura de acero y que abarca toda la longitud de la armadura de acero. La superficie de cada una de las varillas de armadura asciende, por lo general, a 126 mm<sup>2</sup>. La pérdida de peso de la armadura de acero mediante corrosión es directamente proporcional a la corriente de corrosión que se determina a lo largo de la tensión medida por medio de la ley de Ohm. La tensión medida o bien la corriente de corrosión determinada a partir de la misma puede considerarse, por lo tanto, como medida directa de la corrosión actual. Así, por ejemplo, una reducción de la tensión medida de un 10% significa una reducción de la cantidad de hierro que se pierde por la corrosión por unidad de tiempo, asimismo en un 10%. Con el fin de acceder rápidamente a resultados medibles y con el fin de simular relaciones en la realidad, las probetas se sometieron a un ensayo de almacenamiento cíclico en agua salina (disolución al 15% en peso de NaCl en agua). Esto simula por ejemplo la sollicitación de estructuras de hormigón reales con sales de deshielo o sal marina. Los ciclos de ensayo se realizaron durante 48 semanas. Un ciclo de ensayo consistía en 4 días de almacenamiento en agua salina a aprox. 20°C (para ello, las probetas, sólo se pusieron en contacto con agua salina en la superficie en la que se encontraban las grietas) y tres días de secado a aprox. 40°C. El cloruro que penetra en el hormigón daña la capa pasiva de la armadura de acero y conduce en el transcurso del ensayo a un aumento claro de las corrientes de corrosión medibles. Adicionalmente a las corrientes de corrosión se documentaron todas las variaciones ópticas en las probetas reconocibles desde fuera. Una armadura de acero que se oxida provoca en el ensayo, al igual que también en la práctica, una desaminación, formación de grietas, estrías de herrumbre pardas en la superficie hasta una destrucción completa de la probeta. Dentro del tiempo de ensayo de 48 semanas se simulan por lo tanto las relaciones que se manifiestan en la práctica en el espacio de aprox. 20 a 50 años (en función de la sollicitación).

35

40

45

50

55

Con ello, todo el ensayo elegido está extraordinariamente orientado a la práctica. Después de finalizar el ensayo, las armaduras de acero de las probetas se dejaron al descubierto y se examinaron en cuanto a la corrosión. El hormigón no protegido muestra ya al cabo de 12 semanas trazas de corrosión reconocibles desde el exterior. Los hierros de la armadura dejados al descubierto estaban seriamente corroídos. Las probetas de hormigón tratadas con el procedimiento reivindicado no presentaban, incluso de la finalización del ensayo (48 semanas) trazas de corrosión exterior de ningún tipo y en los hierros de la armadura dejados al descubierto no se podían reconocer

60

trazas de corrosión alguna o sólo trazas no esenciales. En una serie de ensayos pudo determinarse que el procedimiento reivindicado para la inhibición de la corrosión actúa también sobre hormigón ya previamente dañado con cloruro. Para ello, una probeta fue sometida a un almacenamiento en agua salina cíclico hasta que se podía comprobar una clara corrosión. A continuación, la superficie dañada con grietas y solicitada con cloruro fue tratada según el procedimiento reivindicado. El ciclo de ensayo se continuó con la probeta ya tratada. Sorprendentemente, se comprobó que también en el caso de estas condiciones de ensayo extremadamente duras, las corrientes de corrosión medidas disminuyen drásticamente. Esto significa: hormigón dañado con grietas y solicitado con cloruro puede ser protegido de manera eficaz con el procedimiento reivindicado frente a la corrosión de la armadura de acero.

#### Formulación de la mezcla de inhibidores y aplicación:

Alquilalcoxisilanos o correspondientes siloxanos se mezclan eventualmente con compuestos amino-funcionales y ácidos carboxílicos o sales de ácidos carboxílicos. La mezcla resultante es monofásica. Eventualmente, para el apoyo se agita y se caldea. Se han acreditado tiempos de mezcladura de 1 minuto hasta varias horas en un intervalo de temperaturas entre 20°C y el comienzo de la ebullición de la mezcla de alquilalcoxisilanos o la mezcla de alquilalcoxisiloxanos (hasta aprox. 180°C). En este caso, pueden ocurrir reacciones químicas. A modo de ejemplo se puede mencionar en este caso:



La mezcla monofásica resultante es, por norma general, líquida y poco viscosa (viscosidad, habitualmente < 10 mPa.s, por ejemplo < 5 mPa.s, en particular < 1,5 mPa.s). Para el ajuste de la viscosidad puede utilizarse adicionalmente un disolvente. Disolventes adecuados son, por ejemplo, alcoholes, preferiblemente etanol, metanol o isopropanol o hidrocarburos de bencina tal como bencina ligera o petróleo disolvente. La mezcla de inhibidores líquida se aplica directamente sobre la superficie del hormigón o se formula según procedimientos conocidos en forma de emulsión de aceite en agua y se aplica sobre la superficie del hormigón en forma de la emulsión acuosa. En el caso de emulsiones acuosas pueden emplearse, junto a emulsiones poco viscosas, también emulsiones muy viscosas. Emulsiones muy viscosas pueden ser en algunos casos ventajosas, en particular cuando en un paso de la aplicación se deba aplicar una elevada cantidad de producto. Importante para el procedimiento descrito es que en el hormigón penetre una cantidad suficiente de principio activo (no disolvente, no fase continua en el caso de emulsiones = agua). Con el fin de conseguir esto, se ha acreditado la aplicación múltiple, lo que significa que la formulación de inhibidor se aplica varias veces sobre la superficie del hormigón. En este caso, se ha de prestar atención a los tiempos de secado adecuados. La superficie debe tener al menos un aspecto seco antes de que se comience con la siguiente aplicación. Este modo de proceder se repite hasta que haya sido absorbido por el sustrato (hormigón) la cantidad de producto deseada. En el caso de hormigón normal se requieren, en la práctica, 1 a 6 aplicaciones individuales con el fin de absorber una cantidad total del principio activo inhibidor de al menos 150 g/m<sup>2</sup>. El número de las aplicaciones individuales depende de la porosidad del hormigón. Cuanto más denso sea el hormigón, tantas más aplicaciones individuales serán necesarias. La porosidad de la fase aglutinante del hormigón se caracteriza por la relación agua/cemento (w/c – siglas en inglés). Cuanto menor sea el valor w/c, tanto más densa será la fase de aglutinante del hormigón. Se prefiere particularmente una absorción del principio activo de más de 200 g/m<sup>2</sup>, de manera muy particularmente preferida una absorción de principio activo mayor que 400 g/m<sup>2</sup>.

#### **Ejemplo 1**

Tratamiento de hormigón con una mezcla a base de isobutiltrietoxisilano y dietilaminoetanol

980 g de isobutiltrietoxisilano se mezclaron con 20 g de dietilaminoetanol y se agitaron durante 30 minutos a 40°C. La viscosidad del producto ascendió a 1 mPa.s.

Probetas de hormigón provistas de grietas artificiales, armadas de acero y de aprox. 65 días de edad, de manera correspondiente a la Fig. 1 (30 x 30 x 18 cm), fueron tratadas en la superficie, en la que se encontraban grietas que discurrían longitudinales a la armadura de acero, con el inhibidor de la corrosión poco viscoso y líquido arriba descrito. Para ello, la superficie se pulverizó tres veces con en cada caso una cantidad de aplicación de 180 g/m<sup>2</sup>.

El tiempo de secado entre las distintas aplicaciones por pulverización ascendió en cada caso a 45 minutos. A continuación, la superficie de hormigón tratada fue provista de un reborde de Plexiglás. El reborde de Plexiglás fue hermetizado hasta el hormigón con una masa de estanqueidad plástica. En la tina, así resultante, se introdujo disolución acuosa de NaCl al 15% en peso. La corriente de corrosión de macrocélulas se determinó con ayuda de la ley de Ohm a través de la caída de tensión medida en una resistencia de 10 ohmios que estaba conectada entre las capas superior e inferior de la armadura de acero. En cada caso después de 4 días de sollicitación con agua salina a aprox. 20°C, se retiró la disolución salina y la probeta de hormigón se secó durante 3 días a aprox. 40°C. A continuación, se introdujo de nuevo NaCl en el reborde de Plexiglás y, con ello, se inició el siguiente ciclo de sollicitación salina. Los ciclos de sollicitación salina y de secado se repitieron hasta que se alcanzó un tiempo total de ensayo de 48 semanas. Las corrientes de corrosión medidas a través de la caída de tensión en una resistencia de 10 ohmios se documentaron a lo largo de todo el tiempo de ensayo.

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Corriente de corrosión	0,1 mA	0,2 mA	0,4 mA

Evaluación visual de la probeta de hormigón durante el ensayo y después de la finalización del ensayo:

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Evaluación visual	Ninguna modificación	Ninguna modificación	Ninguna modificación

Evaluación visual de la armadura de acero dejada al descubierto después de finalizado el ensayo: no se pueden comprobar trazas de corrosión significativas.

### **Ejemplo 2 (fuera de la invención)**

Tratamiento de hormigón con isobutiltrietoxisilano

Probetas de hormigón provistas de grietas artificiales, armadas de acero y de aprox. 65 días de edad, de manera correspondiente a la Fig. 1 (30 x 30 x 18 cm), fueron tratadas en la superficie, en la que se encontraban grietas que discurrían longitudinales a la armadura de acero, con isobutiltrietoxisilano. La pureza del producto ascendió a aprox. 95% (porcentaje en superficie del WLD (siglas alemanas de detector de la conductividad térmica por CG)). La superficie se pulverizó dos veces con en cada caso una cantidad de aplicación de 180 g/m<sup>2</sup>. El tiempo de secado entre las distintas aplicaciones por pulverización ascendió en cada caso a 45 minutos. A continuación, la superficie de hormigón tratada fue provista de un reborde de Plexiglás. El reborde de Plexiglás fue hermetizado hasta el hormigón con una masa de estanqueidad plástica. En la tina, así resultante, se introdujo disolución acuosa de NaCl al 15% en peso. La corriente de corrosión de macrocélulas se determinó con ayuda de la ley de Ohm a través de la caída de tensión medida en una resistencia de 10 ohmios que estaba conectada entre las capas superior e inferior de la armadura de acero. En cada caso después de 4 días de sollicitación con agua salina a aprox. 20°C, se retiró la disolución salina y la probeta de hormigón se secó durante 3 días a aprox. 40°C. A continuación, se introdujo de nuevo NaCl en el reborde de Plexiglás y, con ello, se inició el siguiente ciclo de sollicitación salina. Los ciclos de sollicitación salina y de secado se repitieron hasta que se alcanzó un tiempo total de ensayo de 48 semanas. Las corrientes de corrosión medidas a través de la caída de tensión en una resistencia de 10 ohmios se documentaron a lo largo de todo el tiempo de ensayo.

Desarrollo de las corrientes de corrosión en el espacio de tiempo del ensayo:

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Corriente de corrosión	150 mA	90 mA	180 mA

Evaluación visual de la probeta de hormigón durante el ensayo y después de la finalización del ensayo:

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Evaluación visual	Ninguna modificación	Ninguna modificación	Ninguna modificación

Evaluación visual de la armadura de acero dejada al descubierto después de finalizado el ensayo: ligeras trazas de corrosión, limitadas a los puntos de la armadura de acero en proximidad directa con las grietas artificiales.

### **Ejemplo 3 (fuera de la invención)**

Tratamiento de hormigón con una mezcla base de propilsiloxanos oligómeros y aminopropiltriethoxisilano.

980 g de un n-propiletoxosilano oligómero con un peso molecular medio de aprox. 600 g/mol y una viscosidad de 5 mPa.s, se mezclaron con 20 g de 3-aminopropiltrióxosilano y se agitaron durante 30 minutos a 40°C. La viscosidad del producto ascendió después de ello a aprox. 5 mPa.s.

5 Probetas de hormigón provistas de grietas artificiales, armadas de acero y de aprox. 65 días de edad, de manera correspondiente a la Fig. 1 (30 x 30 x 18 cm), fueron tratadas en la superficie, en la que se encuentran grietas que discurren longitudinales a la armadura de acero, con el inhibidor de la corrosión líquido y poco viscoso arriba descrito. Para ello, la superficie se pulverizó tres veces con en cada caso una cantidad de aplicación de aprox. 200 g/m<sup>2</sup>. El tiempo de secado entre las distintas aplicaciones por pulverización ascendió en cada caso a 90 minutos. A 10 continuación, la superficie de hormigón tratada fue provista de un reborde de Plexiglás. El reborde de Plexiglás fue hermetizado hasta el hormigón con una masa de estanqueidad plástica. En la tina, así resultante, se introdujo 15 disolución acuosa de NaCl al 15% en peso. La corriente de corrosión de macrocélulas se determinó con ayuda de la ley de Ohm a través de la caída de tensión medida en una resistencia de 10 ohmios que estaba conectada entre las capas superior e inferior de la armadura de acero. En cada caso después de 4 días de sollicitación con agua salina a aprox. 20°C, se retiró la disolución salina y la probeta de hormigón se secó durante 3 días a aprox. 40°C. A continuación, se introdujo de nuevo NaCl en el reborde de Plexiglás y, con ello, se inició el siguiente ciclo de sollicitación salina. Los ciclos de sollicitación salina y de secado se repitieron hasta que se alcanzó un tiempo total de ensayo de 48 semanas. Las corrientes de corrosión medidas a través de la caída de tensión en una resistencia 20 de 10 ohmios se documentaron a lo largo de todo el tiempo de ensayo.

Desarrollo de las corrientes de corrosión en el espacio de tiempo del ensayo:

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Corriente de corrosión	0,1 mA	0,6 mA	2,3 mA

25 Evaluación visual de la probeta de hormigón durante el ensayo y después de la finalización del ensayo:

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Evaluación visual	Ninguna modificación	Ninguna modificación	Ninguna modificación

Evaluación visual de la armadura de acero dejada al descubierto después de finalizado el ensayo: escasas huellas de corrosión en la proximidad de las grietas artificiales.

30 **Ejemplo 4**

Tratamiento de hormigón con una mezcla a base de isobutiltrióxosilano, dietilaminoetanol y la sal de magnesio del ácido dinonilnaftalensulfónico

35 960 g de un isobutiltrióxosilano se mezclaron con 20 g de dietilaminoetanol y 20 g de NA-SUL MG/DITA (dinonilnaftalensulfonato de magnesio en adipato de diisotridecilo, Lehmann & Voss & Co.) y se agitaron durante 30 minutos a 40°C. La viscosidad del producto ascendió después de ello a aprox. 1,5 mPa.s.

40 Probetas de hormigón provistas de grietas artificiales, armadas de acero y de aprox. 65 días de edad, de manera correspondiente a la Fig. 1 (30 x 30 x 18 cm), fueron tratadas en la superficie, en la que se encuentran grietas que discurren longitudinales a la armadura de acero, con el inhibidor de la corrosión líquido y poco viscoso arriba descrito. Para ello, la superficie se pulverizó tres veces con en cada caso una cantidad de aplicación de aprox. 150 g/m<sup>2</sup>. El tiempo de secado entre las distintas aplicaciones por pulverización ascendió en cada caso a 60 minutos. A 45 continuación, la superficie de hormigón tratada fue provista de un reborde de Plexiglás. El reborde de Plexiglás fue hermetizado hasta el hormigón con una masa de estanqueidad plástica. En la tina, así resultante, se introdujo disolución acuosa de NaCl al 15% en peso. La corriente de corrosión de macrocélulas se determinó con ayuda de la ley de Ohm a través de la caída de tensión medida en una resistencia de 10 ohmios que estaba conectada entre las capas superior e inferior de la armadura de acero. En cada caso después de 4 días de sollicitación con agua salina a aprox. 20°C, se retiró la disolución salina y la probeta de hormigón se secó durante 3 días a aprox. 40°C. A continuación, se introdujo de nuevo NaCl en el reborde de Plexiglás y, con ello, se inició el siguiente ciclo de sollicitación salina. Los ciclos de sollicitación salina y de secado se repitieron hasta que se alcanzó un tiempo total de ensayo de 48 semanas. Las corrientes de corrosión medidas a través de la caída de tensión en una resistencia 50 de 10 ohmios se documentaron a lo largo de todo el tiempo de ensayo.

55

Desarrollo de las corrientes de corrosión en el espacio de tiempo del ensayo:

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Corriente de corrosión	0,4 mA	0,1 mA	6,4 mA

Evaluación visual de la probeta de hormigón durante el ensayo y después de la finalización del ensayo:

5

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Evaluación visual	Ninguna modificación	Ninguna modificación	Ninguna modificación

**Ejemplo 5**

10 Tratamiento de hormigón solicitado con cloruro con una mezcla a base de isobutiltrietoxisilano y dietilaminoetanol

15 Probetas de hormigón de manera correspondiente a la Fig. 1 (30 x 30 x 18 cm) fueron provistas en la superficie, en la que se encontraban grietas que discurrían longitudinales a la armadura de acero, de un reborde de Plexiglás. El reborde de Plexiglás fue hermetizado hasta el hormigón con una masa de estanqueidad plástica. En la tina, así resultante, se introdujo disolución acuosa de NaCl al 15% en peso. La corriente de corrosión de macrocélulas se determinó con ayuda de la ley de Ohm a través de la caída de tensión medida en una resistencia de 10 ohmios que estaba conectada entre las capas superior e inferior de la armadura de acero. En cada caso después de 4 días de sollicitación con agua salina a aprox. 20°C, se retiró la disolución salina y la probeta de hormigón se secó durante 3 días a aprox. 40°C. A continuación, se introdujo de nuevo NaCl en el reborde de Plexiglás y, con ello, se inició el siguiente ciclo de sollicitación salina. Al cabo de 12 semanas, el hormigón ya sollicitado con cloruro, el cual, después de las mediciones de la corriente de corrosión, mostraba ya una clara corrosión activa de la armadura de acero, fue tratado con una disolución de inhibidor de manera correspondiente al Ejemplo 1. El producto líquido fue aplicado tres veces sobre la superficie de hormigón seca. Con ello, se consumieron en cada caso 180 g/m<sup>2</sup>. El tiempo de secado entre las aplicaciones individuales ascendió en cada caso a 45 minutos. Los ciclos de sollicitación salina y de secado se repitieron hasta que se alcanzó un tiempo total de ensayo de 48 semanas. Las corrientes de corrosión medidas a través de la caída de tensión en una resistencia de 10 ohmios se documentaron a lo largo de todo el tiempo de ensayo.

Desarrollo de las corrientes de corrosión en el espacio de tiempo del ensayo:

30

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Corriente de corrosión	548 mA	292 mA	15,1 mA

Después de la aplicación del inhibidor de la corrosión se reducen significativamente las corrientes de corrosión medidas.

Evaluación visual de la probeta de hormigón durante el ensayo y después de la finalización del ensayo:

35

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Evaluación visual	Ninguna modificación	Eflorescencias de óxido	Ligeras eflorescencias de óxido

Evaluación visual de la armadura de acero dejada al descubierto después de la finalización del ensayo: corrosión escasa en toda la superficie del hierro de la armadura.

40 **Ejemplo Comparativo 1**

Hormigón no tratado

45 Probetas de hormigón de manera correspondiente a la Fig. 1 (30 x 30 x 18 cm) fueron provistas en la superficie, en la que se encontraban grietas que discurrían longitudinales a la armadura de acero, de un reborde de Plexiglás. El reborde de Plexiglás fue hermetizado hasta el hormigón con una masa de estanqueidad plástica. En la tina, así resultante, se introdujo disolución acuosa de NaCl al 15% en peso. La corriente de corrosión de macrocélulas se determinó con ayuda de la ley de Ohm a través de la caída de tensión medida en una resistencia de 10 ohmios que estaba conectada entre las capas superior e inferior de la armadura de acero. En cada caso después de 4 días de sollicitación con agua salina a aprox. 20°C, se retiró la disolución salina y la probeta de hormigón se secó

## ES 2 456 740 T3

durante 3 días a aprox. 40°C. A continuación, se introdujo de nuevo NaCl en el reborde de Plexiglás y, con ello, se inició el siguiente ciclo de sollicitación salina. Los ciclos de sollicitación salina y de secado se repitieron hasta que se alcanzó un tiempo total de ensayo de 48 semanas. Las corrientes de corrosión medidas a través de la caída de tensión en una resistencia de 10 ohmios se documentaron a lo largo de todo el tiempo de ensayo.

5

Desarrollo de las corrientes de corrosión en el espacio de tiempo del ensayo:

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Corriente de corrosión	598 mA	299 mA	540 mA

Evaluación visual de la probeta de hormigón durante el ensayo y después de la finalización del ensayo:

Duración del ensayo	1 semana	12 semanas	48 semanas
Evaluación visual	Ninguna modificación	Eflorescencias de óxido	Fuertes eflorescencias de óxido

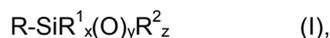
10

Evaluación visual de la armadura de acero dejada al descubierto después de la finalización del ensayo: corrosión intensa en toda la superficie del hierro de la armadura.

## REIVINDICACIONES

1. Agente para la protección de hormigón armado frente a la corrosión de la armadura de acero, caracterizado por que

5 el agente contiene, como componente A, al menos un organosilano u organosiloxano de la fórmula general (I)



en donde

10 R es un grupo alquilo con 3 a 20 átomos de C lineal o ramificado,  
 R<sup>1</sup> es un grupo alquilo con 1 a 4 átomos de C lineal o ramificado,  
 R<sup>2</sup> es un grupo alcoxi con 1 a 4 átomos de C lineal o ramificado o un grupo hidroxilo, en donde los grupos R<sup>2</sup> pueden ser iguales o diferentes,  
 x es igual a 0, 1 ó 2,  
 15 y es igual a 0,0 a 1,5,  
 z es igual a 0, 1, 2 ó 3 y  
 (x+2y+z) = 3,

o una mezcla de los mismos,

y

20 como componente D contiene al menos un aminoalcohol de la fórmula general (III)



en donde

25 los grupos R<sup>9</sup> son iguales o diferentes y  
 R<sup>9</sup> representa un hidrógeno o un grupo alquilo con 1 a 20 átomos de C lineal o ramificado.

2. Agente según la reivindicación 1, caracterizado por que el agente contiene, como componente A, n-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>10</sub>H<sub>21</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>10</sub>H<sub>21</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>10</sub>H<sub>21</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>10</sub>H<sub>21</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, n-C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, i-C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub> o una mezcla a base de los alquilalcoxisilanos mencionados.

35 3. Agente según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que el agente contiene, como componente C, ácido dinonilnaftalensulfónico o sus sales de metales alcalinotérreos o una mezcla de los mismos.

4. Agente según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el agente contiene el componente C en una cantidad de 0 a 50% en peso referida al componente A.

40 5. Agente según la reivindicación 4, caracterizado por que el agente contiene el componente C en una cantidad de 0,01 a 10% en peso referida al componente A.

45 6. Agente según la reivindicación 5, caracterizado por que el agente contiene el componente C en una cantidad de 0,5 a 5% en peso referida al componente A.

7. Agente según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el agente contiene como componente D HO-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> o HO-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub> o una mezcla de los mismos.

50 8. Agente según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el agente contiene como componentes adicionales, adipato de diisotridecilo, aceite mineral, hidrocarburos de bencina, alcoholes, agua, emulsionantes, coadyuvantes de la reología, coadyuvantes de espesamiento o una mezcla de los mismos.

55 9. Procedimiento para reducir la corrosión en armaduras de acero en hormigón armado, caracterizado por que sobre una superficie de hormigón armado se aplica un agente según una de las reivindicaciones 1 a 8.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que la aplicación del agente tiene lugar mediante pulverización, aplicación con brocha, rodillo o rasqueta.

11. Procedimiento según la reivindicación 9 ó 10, caracterizado por que el agente se aplica sobre la superficie de hormigón en una cantidad de más de 50 g/m<sup>2</sup>.
- 5 12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que el agente se aplica sobre la superficie de hormigón en una cantidad de más de 100 g/m<sup>2</sup>.
13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que el agente se aplica sobre la superficie de hormigón en una cantidad de más de 200 g/m<sup>2</sup>.
- 10 14. Uso de un agente según las reivindicaciones 1 a 8 para inhibir la corrosión en armaduras de acero en hormigón armado, añadiendo el agente por mezcla al hormigón durante el proceso de preparación.
- 15 15. Uso de un agente según las reivindicaciones 1 a 8, en donde el agente contiene los componentes A y D o los componentes A, D y C como principios activos o combinaciones de principios activos, para inhibir la corrosión en armaduras de acero en hormigón armado.
16. Hormigón, que se puede obtener aplicando un agente según una de las reivindicaciones 1 - 8 sobre una superficie de hormigón armado o añadiéndole por mezcla al hormigón durante el proceso de preparación.

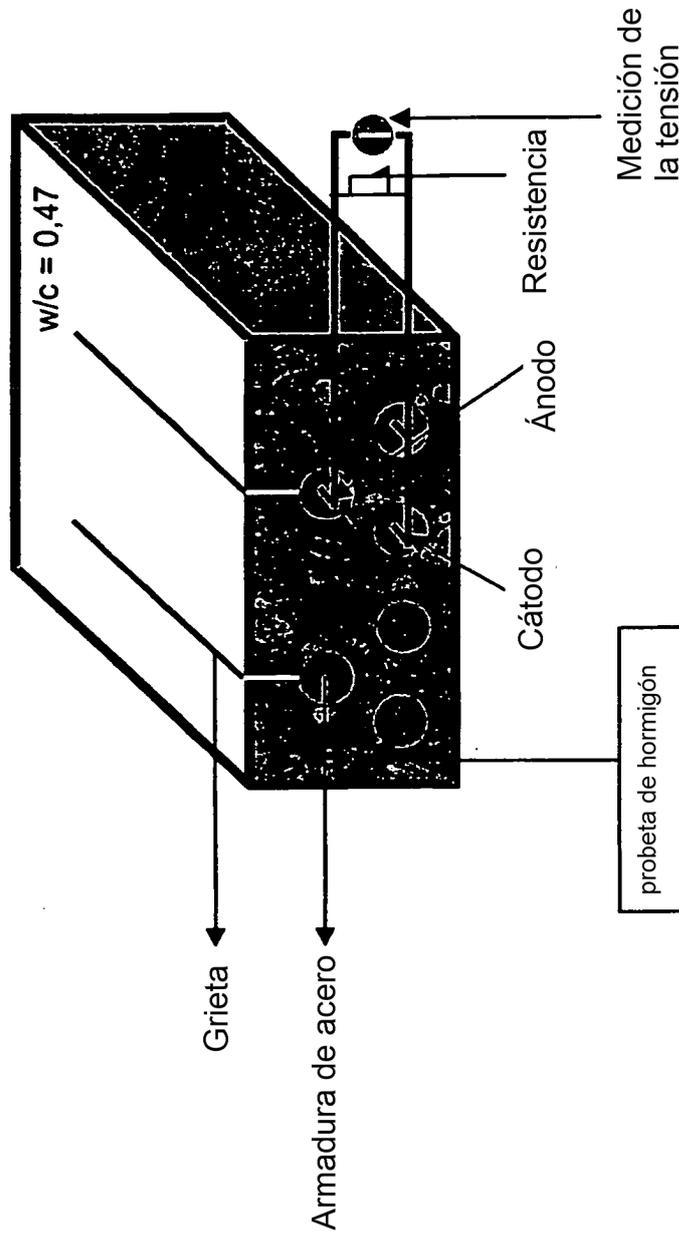


Figura 1:

Esquema del procedimiento para la medición de corrientes de corrosión en la armadura de acero en hormigón