

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 757 518**

51 Int. Cl.:

C09D 5/33	(2006.01)	G01N 21/91	(2006.01)
C09D 5/04	(2006.01)		
C09D 5/08	(2006.01)		
C09D 5/22	(2006.01)		
C09D 5/29	(2006.01)		
E04C 5/01	(2006.01)		
E04C 5/08	(2006.01)		
G01N 31/22	(2006.01)		
G01N 17/00	(2006.01)		
G01N 21/64	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2016 PCT/EP2016/074411**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.04.2017 WO17064094**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2016 E 16781755 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 3362524**

54 Título: **Agente protector contra la corrosión a base de aceite, cera o grasa, para una estructura metálica, en particular para acero pretensado**

30 Prioridad:

13.10.2015 EP 15189545

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

29.04.2020

73 Titular/es:

**WERTEC GMBH (100.0%)
Grüngasse 16
1050 Wien, AT**

72 Inventor/es:

FRÜHAUF, MARTIN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 757 518 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

Agente protector contra la corrosión a base de aceite, cera o grasa, para una estructura metálica, en particular para acero pretensado

5 El ámbito de la presente invención es el agente protector contra la corrosión tixotrópico a base de aceite, cera o grasa para superficies metálicas, en particular de acero pretensado.

10 En construcciones de hormigón se usan usualmente sistemas pretensados en forma de refuerzos o elementos pretensados. Al respecto, los elementos pretensados estirados son asegurados mediante su ancla o directamente mediante unión con el hormigón al hormigón, mediante lo cual este obtiene una carga de compresión. Este procedimiento compensa la carencia de resistencia a la tensión del hormigón y genera las tensiones de compresión de modo claramente más confiable. El sistema encuentra aplicación en geoanclas, construcciones de cobertura, construcciones de torres, construcción de puentes y muchas otras aplicaciones.

15 Para ello se usan por ejemplo dispositivos de tensión consistentes en barras, alambres o cordones individuales, usualmente de acero altamente resistente. En los diferentes tipos de acero pretensado, los más ampliamente difundidos son cordones de acero pretensado de 7 alambres. Actualmente son obtenibles en el mercado tres tipos de cordones: cordones no recubiertos, cordones con recubrimientos metálicos y no metálicos como protección contra la corrosión suministrada por el fabricante y cordones que están envueltos con plástico, en los cuales el espacio vacío entre la envoltura y el cordón está lleno con una masa protectora contra la corrosión. Estos últimos son conocidos por los expertos como monocordones.

20 El acero pretensado (por ejemplo monocordones), como se usa por ejemplo para hormigón pretensado (se habla aquí también de refuerzo), es muy sensible a la corrosión en particular debido a la elevada tensión de tracción. En el estado de la técnica se conocen masas protectoras contra la corrosión para acero pretensado, para ello son comunes diversas grasas así como ceras de la refinación de petróleo.

25 El documento DE 3806350 A1 divulga una masa de recubrimiento contra la corrosión para acero, en particular para acero de refuerzo en hormigón, que contiene los componentes de mezcla aceite de linaza, aceite de madera o aceite de linaza cocido, estearato de calcio, silicato de aluminio, plomo rojo, betún soplado, n-butanol, naftenato de cobalto y solventes en fracciones definidas.

30 El documento DE 3644414 A1 se refiere a una masa plástica para llenar el espacio vacío dentro de un tubo plástico relleno con una multiplicidad de alambres de acero o cordones de acero paralelos, como es usado por ejemplo como miembro de tensión para puentes de cables oblicuos o similares, consistente en un plástico ante todo no viscoso, por ejemplo de poliuretano, el cual por adición de un agente de curado pasa a un estado sólido, fácilmente maleable, en el que el plástico se mezcla en la fase líquida con partículas básicas, sólidas, finamente molidas, por ejemplo de cemento, cenizas volantes, o similares, y con partículas de poro cerrado, fácilmente maleables, compresibles, por ejemplo de espuma molida, corcho, o similares. La masa plástica de acuerdo con el documento DE 3644414 A1 es un agente protector contra la corrosión, como puede ser tomada por ejemplo del
35 segundo párrafo.

40 El documento EP 0105839 A2 divulga elementos de tensión con una envoltura plástica de dos capas, en la que la capa interna es maleable, estable al almacenamiento a temperatura ambiente y curable por vía térmica y la capa externa es una capa plástica curada por radiación. Tales elementos de tensión son adecuados para la fabricación de elementos de construcción de soporte, en particular para estructuras de soporte de hormigón y anclajes de roca. La envoltura plástica debería presentar una eficaz protección contra la corrosión, después del procesamiento hasta por ejemplo estructuras de soporte de hormigón.

En el campo de la presente invención se reconoció que es ventajoso cuando el acero pretensado presente en el hormigón pretensado puede ser tomado del hormigón pretensado, con el propósito de control (en particular para la corrosión) y dado el caso para el cambio.

45 De este modo, el documento DE 4106309 A1 se refiere a un procedimiento para la sustitución o para el control de refuerzos pretensados presentes en el tubo de envoltura, con subsiguiente unión en partes de hormigón pretensado. Al respecto, como material de unión sirve un material plástico termoplástico soluble o duroplástico soluble, el cual en cualquier momento modifica sus propiedades de unión por elevación de la temperatura o por un procedimiento de disolución con un solvente o por el uso de microorganismos que digieren el plástico, de modo
50 que el refuerzo unido previamente con resistencia al cizallamiento unido al cuerpo del hormigón, dado el caso puede ser retirado o controlado fácilmente. El material de unión debería proteger ante la corrosión u otros deterioros los elementos pretensados, de acuerdo con el ejemplo de realización.

Además, el documento EP 0771593 A2 se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la exposición y limpieza

de secciones de cordones de alambres de acero limitados por la longitud, que están rodeados por una masa protectora contra la corrosión, en particular grasa, e incluyendo ésta están rodeados por una envoltura plástica.

5 Los procedimientos del estado de la técnica para la comprobación de corrosión de acero pretensado dotado con masas protectoras contra la corrosión son muy laboriosos, porque por regla general requieren de la liberación del acero pretensado de la masa protectora contra la corrosión o incluso de la extracción del acero pretensado de la construcción del hormigón. Sin embargo, por regla general es necesario verificar la corrosión del acero pretensado en intervalos regulares de tiempo.

Con ello, un objetivo de la presente invención consiste en facilitar la verificación de la corrosión de acero pretensado provisto de una masa protectora contra la corrosión.

10 La presente invención pone a disposición un agente protector contra la corrosión (denominado a continuación también como masa protectora contra la corrosión) para una superficie metálica, en la que el agente protector contra la corrosión comprende un componente orgánico que es un aceite, grasa o cera y es tixotrópico. Este agente protector contra la corrosión es adecuado en particular para acero pretensado. El agente protector contra la corrosión de la presente invención se caracteriza porque es translúcido y además comprende un indicador. El
15 indicador reacciona sobre una corrosión de la superficie metálica, con un cambio de su espectro de absorción en el intervalo de la luz ultravioleta, la luz visible o la luz infrarroja; preferiblemente el indicador reacciona con cambio de color por una corrosión de la superficie metálica. En particular, el agente protector contra la corrosión comprende como indicador un indicador de color para cationes metálicos, en particular para cationes de hierro. En otros aspectos, la invención pone a disposición un procedimiento para el suministro de una estructura metálica con
20 agente protector contra la corrosión rodeada por un revestimiento, una estructura metálica equipada con el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención, un dispositivo de una estructura metálica y un procedimiento para la verificación de la corrosión de una estructura metálica.

La presente invención facilita la verificación de la corrosión de la superficie metálica (en particular de sistemas pretensados), en la cual la corrosión se hace visible o detectable también en acero pretensado no acabado o
25 superficie metálica no recubierta, cuando la superficie metálica está equipada con el mismo. El agente protector contra la corrosión sobre la superficie metálica protege la superficie metálica en una cierta medida contra la humedad que promueve la corrosión. Sin embargo, cuando la superficie metálica es abandonada a la humedad (es decir agua) y se corroe (por ejemplo, porque la función de barrera contra la humedad del agente protector contra la corrosión se ha deteriorado a lo largo del tiempo), por regla general entran iones metálicos en la solución acuosa; también al respecto el valor de pH de la solución puede modificarse. Cuando esta solución acuosa entra ahora en
30 contacto con el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención, ocurre un cambio del espectro de absorción de indicador en el intervalo de la luz ultravioleta, visible o infrarroja (por ejemplo ocurre un cambio de color del indicador), cuando forma por ejemplo un complejo coloreado con un catión metálico o, dependiendo del valor de pH, cambia su color. Si esto ocurre en suficiente extensión, es detectable o incluso visible a simple vista,
35 porque el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es permeable a la luz. De acuerdo con la invención, el oxígeno y el agua (que pueden conducir a la formación de óxido de hierro coloreado, es decir herrumbre) no son entendidos por naturaleza como posibles indicadores en el agente protector contra la corrosión, porque estos son aversos a la protección contra la corrosión.

40 En un aspecto de la presente invención descrito en más detalle posteriormente, se divulga un procedimiento de verificación de la corrosión (o un dispositivo para ello), que se basa en la interacción de ondas evanescentes, que son causadas por un rayo de luz en una fibra óptica, con un indicador. Para ello, el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es notablemente adecuado.

45 En el estado de la técnica se conocen incluso agentes o recubrimientos metálicos con el indicador de iones metálicos para alcances técnicos completamente diferentes, la presente invención es sugerida aunque no divulgada por:

50 El documento WO 2013/185131 A1 se refiere a recubrimientos metálicos inorgánicos por ejemplo en la construcción de aviones. Al respecto no se trata de un agente protector contra la corrosión permeable a la luz como como el de la presente invención, ni se establece en aquel documento alguna conexión con sistemas pretensionados o similares. Además, el objetivo del documento WO 2013/185131 A1 es uno completamente diferente al de la presente invención; consiste en que debería establecerse el grado de cobertura del recubrimiento metálico inorgánicos sobre la estructura metálica ("cobertura de cubrimiento").

55 El documento DE 10 2004 050 150 A1 se refiere a un agente de prueba de la corrosión, que es usado en unión con un dispositivo para la verificación del efecto protector de recubrimientos de superficies contra el ataque de corrosión, por la influencia del medio ambiente o los medios. Aquel documento trabaja, como como ya en el documento WO 2013/185131 A1 mencionado anteriormente, a su vez la inspección de recubrimientos metálicos sobre componentes metálicos. El solvente preferido en el agente de prueba de corrosión es agua, no se mencionan

solventes orgánicos. El agente de prueba de corrosión es también previsto sólo para la aplicación transitoria sobre el componente. Además, a partir de ello es claro que aquel agente de prueba de corrosión no es adecuado como agente protector contra la corrosión: Preferiblemente en el agente de prueba de corrosión de aquel documento, está presente una sal conductora, que incluso debería acelerar la corrosión.

5 El documento DE 10 2005 055 028 A1 se refiere a agentes y procedimientos para la verificación de recubrimientos protectores contra la corrosión y es técnicamente muy similar al del documento DE 10 2004 050 150 A1, tratado en el párrafo precedente. El agente contiene incluso sustancias químicas oxidantes, como rasgo esencial.

10 El documento de patente estadounidense número 5.646.400 se refiere a un dispositivo o un procedimiento para la detección o vigilancia de la corrosión en una estructura como un fuselaje de avión, con agentes ópticos. Sin embargo, el documento de patente no divulga ningún agente protector contra la corrosión, mucho menos un agente protector contra la corrosión que comprende un aceite, grasa o cera o incluso un agente tixotrópico protector contra la corrosión.

15 El documento US 2010/107741 A1 se refiere a una prueba colorimétrica de corrosión en un sistema de frenos. Al respecto, se toma una muestra del líquido de frenos que se encuentra en el sistema de frenos y se deja en contacto con un indicador de iones metálicos. Sin embargo, el líquido de frenos no es tixotrópico ni es usado con el propósito de protección contra la corrosión.

20 El documento de patente número 2.425.835 se refiere a un procedimiento para la detección de corrosión sobre una superficie metálica, en el que la superficie metálica es atomizada con una solución de aglutinante y un agente quelante de metales como indicador de fluorescencia, y la superficie es entonces dejada bajo radiación UV. Sin embargo, el solvente no es un agente protector contra la corrosión ni comprende un aceite, grasa o cera, mucho menos es tixotrópico.

25 El documento WO 2009/126802 A1 se refiere a un procedimiento para la detección de la corrosión o a un producto de ella. El procedimiento comprende esencialmente el suministro de un recubrimiento con un material que forma película y un agente de formación de complejos como indicador de iones metálicos, el suministro de un sustrato con el recubrimiento y la irradiación del recubrimiento para la detección de alguna corrosión. Sin embargo, el recubrimiento no comprende una grasa, aceite o cera, ni es tixotrópico.

30 El documento US 2003/068824 A1 se refiere a una composición que detecta la corrosión o un procedimiento de aplicación de la misma. Se divulga que la composición es un gel acuoso con un indicador de corrosión, con el cual puede estar recubierta una superficie del material. Sin embargo, la composición no es un agente de protección contra la corrosión ni comprende una grasa, aceite o cera, y menos es un tixotrópico.

35 El documento de divulgación DE 10 2009 006 258 A1 se refiere a un procedimiento para el tratamiento de uniones que pueden deteriorarse con la corrosión, en particular uniones de soldadura, de por lo menos dos componentes de un automóvil en el cual se ha aplicado un agente protector contra la corrosión en un espacio intermedio entre los al menos dos componentes. Aquel agente protector contra la corrosión puede ser tixotrópico. Aquel agente protector contra la corrosión puede ser un aceite o cera. Sin embargo en el documento no se divulga que aquel agente protector contra la corrosión sea permeable a la luz ni que aquel agente protector contra la corrosión comprenda un indicador que reaccione a una corrosión de la superficie metálica, con un cambio en su espectro de absorción en el intervalo de la luz ultravioleta, visible o infrarroja.

40 Los sistemas pretensados (por ejemplo acero pretensado) no unidos pueden estar colocados por dentro o por fuera de la estructura de soporte (corte transversal de hormigón). Los primeros son denominados como sistemas pretensados internos, los segundos son denominados como sistemas pretensados externos. Las masas protectoras contra la corrosión en sistemas pretensados no unidos, en particular para acero pretensado, deberían satisfacer usualmente dos objetivos principales, es decir el mejoramiento de las propiedades de deslizamiento de los elementos metálicos pretensados, para reducir las pérdidas por fricción en el arriostamiento y durante todo el tiempo de uso, y la disminución o inhibición de la corrosión de los elementos metálicos pretensados.

50 El componente orgánico del agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es un aceite, grasa o cera (o mezclas de ellos). El componente orgánico sirve, nueve veces de diez, como barrera contra la humedad (en otras palabras: para dar carácter hidrófobo a la superficie metálica) y en particular como lubricante. Por ello, usualmente el componente orgánico del agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es difícilmente soluble o incluso insoluble en agua. En particular se provee el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención a base de un aceite, una grasa o una cera, es decir el aceite, grasa o cera es, respecto a la totalidad de la masa, el componente principal del agente protector contra la corrosión y puede servir por ejemplo como solvente o vehículo.

Según una definición preferida de acuerdo con la invención, se denomina como aceite a una mezcla de sustancias

(o sustancia), cuando es líquida a una temperatura de 25 °C, es más viscosa que el agua y no se deja mezclar con agua (en un ensayo de mezcla, se forman fases separadas). Existen, entre otros, aceites grasos (mezclas de triglicéridos de ácidos grasos vegetales o animales), aceites minerales y aceites de silicona. Un representante de los últimos dos grupos, en particular un representante del grupo del aceite mineral, es preferido de acuerdo con la invención como componente orgánico.

Según una definición preferida de acuerdo con la invención, se denomina como grasa a una mezcla de sustancias (o sustancia), cuando incluye (o es) es al menos un triglicérido de ácidos grasos, es sólida a una temperatura de 25 °C y esencialmente no es soluble en agua. Entre otros, las grasas pueden ser de origen animal o vegetal.

Según una definición preferida de acuerdo con la invención, se denomina como cera a una mezcla de sustancias (o sustancia), cuando incluye ante todo por lo menos una sustancia con cadenas alquilo largas, insaturadas (usualmente > C₁₅) y en segundo lugar puede ser amasada a una temperatura de 20 °C - 25 °C y es sólida a dura quebradiza y a una temperatura de 40 °C- 45 °C funde hasta dar un líquido de baja viscosidad.

Sin más, el experto está en capacidad de elegir, en particular a partir de los aceites conocidos (por ejemplo aceites lubricantes), grasas (por ejemplo grasas lubricantes) y ceras, un componente orgánico adecuado para el agente protector contra la corrosión, en una concentración adecuada (y dado el caso con aditivos adecuados), de modo que también está dada la permeabilidad a la luz del agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención.

Puesto que en la corrosión de metales surgen cationes metálicos, en el sentido de la presente invención es particularmente adecuado un indicador para cationes metálicos. En consecuencia, en una forma preferida de realización de la presente invención, se causa la modificación del espectro de absorción del indicador, mediante enlace coordinado del indicador con un catión metálico (es decir formación de un complejo de catión metálico-indicador). En otra forma preferida de realización, el indicador del agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención puede dar un complejo coloreado con un catión metálico.

El agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es usado preferiblemente sobre una superficie de acero. En la corrosión de una superficie de acero surgen cationes de hierro. Por ello, es ventajoso de acuerdo con la invención cuando la modificación del espectro de absorción del indicador, es causada por enlace coordinado del indicador con un catión de hierro (es decir formación de un complejo de catión de hierro-indicador). En otra forma preferida de realización, el indicador del agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención puede dar un complejo coloreado con un catión de hierro.

Los indicadores de iones metálicos o indicadores de iones hierro son ya conocidos desde hace mucho en el estado de la técnica. Preferiblemente el indicador del agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es elegido de entre el grupo de las ftalocianinas, en particular 29H, 31H-tetrabenzó [b,g,l,q] [5,10,15,20]tetraazaporfina, y 1,10-fenantrolina, octilgalato, propilgalato, ácido salicílico, 2,2'-bipiridina y 5-metilresorcinol y mezclas de ellos. Las ftalocianinas, en particular 29H, 31H-tetrabenzó [b,g,l,q] [5,10,15,20]tetraazaporfina, son preferidas en particular como indicador en el sentido de la presente invención.

El indicador del agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es preferiblemente una sustancia química que reacciona sobre una corrosión de la superficie metálica, en particular debido a la formación de complejo, con una modificación de su espectro de absorción en el intervalo de la luz ultravioleta, visible o infrarroja, preferiblemente con cambio de color. Preferiblemente el indicador es un formador de complejos.

El agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es preferiblemente bombeado o inyectado (en particular en el espacio vacío entre el cordón y el revestimiento de un cordón envuelto en revestimiento, por ejemplo un monocordón). Por ello, ventajosamente el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención, en un intervalo de temperatura entre -25 °C y 80 °C, preferiblemente entre -10 °C y 50 °C, en particular entre -5 °C y 30 °C, es tixotrópico. O sea que esto facilita el bombeo o inyección a temperaturas ambiente corrientes.

Una solución técnica para la tixotropía del agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es la siguiente: en otra forma de realización en particular preferida de la presente invención, el agente protector contra la corrosión comprende un elastómero termoplástico como agente de tixotropía. Preferiblemente el elastómero termoplástico es un copolímero de dibloque, preferiblemente lineal, permeable a la luz, a base de estireno y etileno/propileno (S-E/P). Otros elastómeros termoplásticos permeables a la luz son familiares para los expertos.

En el curso de la presente invención se ha expuesto que como componente orgánico para el uso en un sistema de pretensado, era más adecuado un aceite que una grasa o cera. Por ello, el componente orgánico en el agente protector de acuerdo con la invención contra la corrosión es preferiblemente un aceite, preferiblemente un aceite de silicona o un aceite mineral, en particular un aceite mineral.

En otra realización preferida del agente protector de acuerdo con la invención contra la corrosión, el mencionado componente orgánico es un aceite base de los grupos I-V del American Petroleum Institute, preferiblemente II-V, más preferiblemente II-III, en particular II. Dicho aceite base del grupo II tiene como ventaja particular que es más claro (es decir más permeable a la luz) que un aceite del grupo I, pero el uso es más económico que el de un aceite del grupo III.

De modo conveniente, el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención comprende además un inhibidor de la corrosión y/o un antioxidante. Esto sirve para retardar o impedir adicionalmente la corrosión de la superficie metálica; además, para que el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención represente preferiblemente una barrera contra la humedad, lo cual es resultado de la presencia de un componente orgánico, elegido en particular de entre un aceite, grasa o cera. El inhibidor de la corrosión es elegido por ejemplo de ácido nonilfenoxiacético (por ejemplo IRGACOR® NPA, BASF SE), N-acilsarcosina (por ejemplo SARKOSIL® O, BASF SE), aminofosfatos (por ejemplo IRGALUBE® 349, BASF SE) y mezclas de ellos. El antioxidante es elegido por ejemplo de entre 2,2'-tiodietilenbis(3,5-di-tert-butil-hidroxihidrocinnamato) (por ejemplo BRAD-CHEM® 395, Brad-Chem Ltd.), alquildifenilamina (por ejemplo BRAD-CHEM® 332, Brad-Chem Ltd.), pentaeritritoltetrakis(3,5-di-tert-butil-4-hidroxihidrocinnamato) (BRAD-CHEM® 391, Brad-Chem Ltd.), octadecil-3-(3,5-di-tert-butil-4-hidroxifenil)propionato (BRAD-CHEM® 397, Brad-Chem Ltd.) y mezclas de ellos. En el estado de la técnica se conocen otros inhibidores de corrosión o antioxidantes. El experto está en capacidad sin más de elegir inhibidores de corrosión o antioxidantes adecuados, en una concentración adecuada, de modo que esencialmente se preserve la permeabilidad a la luz del agente protector de acuerdo con la invención contra la corrosión.

En otro aspecto de la presente invención se pone a disposición un procedimiento para el suministro de una estructura metálica con agente protector contra la corrosión, rodeada por un revestimiento. Este procedimiento se caracteriza porque el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es bombeado entre la estructura metálica y el revestimiento. Para ello es conveniente en particular, cuando el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención es tixotrópico, de modo que después del bombeo puede solidificarse nuevamente. La estructura metálica es preferiblemente un acero pretensado (en particular un cordón), y puede estar cubierta adicionalmente aún con una capa (por ejemplo una capa de zinc). El revestimiento es preferiblemente de plástico, más preferiblemente de un plástico termoplástico, por ejemplo polietileno, en particular polietileno de alta densidad ("HDPE").

En otro aspecto de la presente invención, se pone a disposición una estructura metálica. Esta se caracteriza porque está equipada con el agente protector de acuerdo con la invención contra la corrosión. La estructura metálica es preferiblemente un acero pretensado (en particular un cordón), y puede estar adicionalmente cubierta aun con una capa (por ejemplo una capa de zinc). La estructura metálica puede ser también un cable de alambre, en particular un cable de acero. En particular la estructura metálica está rodeada por un revestimiento y el agente protector contra la corrosión se encuentra entre el revestimiento y la estructura metálica. El revestimiento es preferiblemente de plástico, más preferiblemente de un plástico termoplástico, por ejemplo polietileno, en particular polietileno de alta densidad ("HDPE").

La detección del indicador, que debido a la corrosión ha tomado por ejemplo un determinado color, puede ocurrir por ejemplo por inspección a simple vista. Para ello, de modo ventajoso se suministra un revestimiento permeable a la luz de la estructura metálica.

Puesto que a veces después de la construcción la estructura metálica dotada con agente protector contra la corrosión ya no está disponible para la inspección a simple vista, porque es por ejemplo un acero pretensado dentro de una estructura de hormigón, pueden preverse también unidades de medición fotométrica, por ejemplo en intervalos regulares sobre la longitud total, en el agente protector contra la corrosión. En particular sin embargo es adecuado para la detección del indicador, el cual debido a una corrosión ha experimentado un cambio en su espectro de absorción (por ejemplo ha tomado un determinado color), un dispositivo que es divulgado a continuación.

En otro aspecto de la presente invención, se pone a disposición un dispositivo en una estructura metálica. El dispositivo comprende un elemento permeable a la luz, que es preferiblemente una fibra permeable a la luz, y un agente protector contra la corrosión, que se encuentra sobre una superficie de la estructura metálica. El dispositivo se caracteriza porque el agente protector contra la corrosión funciona como el agente protector contra la corrosión de acuerdo con la invención, en el que el elemento permeable a la luz está provisto como fibra óptica con una interfaz entre el elemento y el agente protector contra la corrosión. La estructura metálica es preferiblemente un acero pretensado (en particular un cordón), y puede estar recubierto adicionalmente aún con una capa (por ejemplo una capa de zinc). La estructura metálica puede ser también un cable de alambre, en particular un cable de acero. Preferiblemente la parte de estructura metálica es una estructura, en particular una construcción de hormigón.

- El dispositivo de acuerdo con la invención hace posible la detección del indicador, el cual ha reaccionado a una corrosión de la superficie metálica con una modificación del espectro de absorción (por ejemplo con la formación de un indicador coloreado o complejos de indicador de iones), en el agente protector contra la corrosión mediante interacción del indicador con un campo evanescente, el cual es generado por un rayo de luz en el elemento permeable a la luz provisto como fibra óptica. Por ello, el dispositivo de la presente invención es en particular bien adecuado para facilitar la verificación de la corrosión en la estructura metálica, entonces mediante el dispositivo se hace posible la verificación *in situ* de la estructura metálica, es decir por ejemplo sin que la estructura metálica (cuando es por ejemplo un acero pretensado) tenga que ser retirada de la construcción de hormigón. A continuación se ilustra una posibilidad, de implementación de la verificación:
- El agente protector contra la corrosión exhibe un índice de refracción n_2 . Entre el agente protector contra la corrosión del dispositivo y el elemento permeable a la luz del dispositivo existe una interfaz, por ejemplo una fibra permeable a la luz es conducida a lo largo del eje longitudinal de la estructura metálica, por el agente protector contra la corrosión. El elemento permeable a la luz (por ejemplo una fibra de vidrio) es implementado respecto a su índice de refracción n_1 (por ejemplo mediante suministro de un tipo determinado de fibra de vidrio) y su diámetro, de modo que cuando se acopla un rayo de luz al elemento permeable a la luz, en la interfaz ocurre reflexión total del rayo de luz - es decir el elemento permeable a la luz es a la fibra óptica. Cuando el rayo de luz es reflejado totalmente dentro de la fibra óptica en la interfaz, ocurre la evanescencia. Con ello, el rayo de luz puede entrar en interacción también con moléculas del agente protector contra la corrosión al otro lado de la interfaz y dado el caso puede ser absorbido por ésta. Si ahora debido a la corrosión ocurre un cambio del espectro de absorción a la longitud de onda λ_i (por ejemplo un cambio de color) en el indicador en el agente protector contra la corrosión en la cercanía de la interfaz (en los planos moleculares se encuentra en la cercanía de la interfaz por consiguiente por ejemplo complejos de indicador- Fe^{2+} , que absorben luz con la longitud de onda λ_i , es decir por ejemplo son coloreados), entonces por consiguiente después de la reflexión total en la interfaz, se disminuye la intensidad del rayo de luz a la longitud de onda λ_i .
- Por ejemplo en la primera verificación (por ejemplo igual después de terminar una estructura, en la cual se encuentra el dispositivo en la estructura metálica) se puede tomar un espectro de referencia de un rayo de luz acoplado. La verificación es repetida en intervalos regulares de tiempo, al respecto por ejemplo disminuciones de intensidad a la longitud de onda λ_i en el espectro tomado del rayo de luz, comparada con el espectro de referencia, son un indicio de corrosión de la estructura metálica.
- Concretamente, en el estado de la técnica se conocen fibras ópticas en relación con la verificación de la corrosión, sin embargo no en relación con un indicador, que reaccione a una corrosión de la superficie metálica con un cambio de su espectro de absorción en el intervalo de la luz ultravioleta, visible o infrarroja. De allí que del siguiente estado de la técnica no se anticipa la presente invención, aunque la sugiere:
- El documento WO 2004/031738 A1 se refiere a una fibra óptica como sensor de corrosión. La fibra óptica puede ser conducida por ejemplo de modo axial a lo largo de la superficie de la estructura que se vigila o ser curvada sobre la superficie de la estructura metálica que se vigila. Sin embargo, la fibra óptica está prevista sólo para la medición de la temperatura o la medición, si está presente líquido. En aquel documento no se divulga una medición de cambio de absorción de un indicador condicionado por la corrosión.
- El documento CN 203259173 U se refiere a un sensor de vigilancia en la corrosión, basado en una fibra óptica y que está previsto para el uso en puentes. La vigilancia de acuerdo con aquel documento no se fundamenta en detección de un cambio de absorción de un indicador.
- Además, el documento WO 98/40728 A1 y el documento DE 10 2012 207 179 A1 divulgan otros procedimientos o dispositivos para la vigilancia de la corrosión en estructuras, que no se fundamentan en fibras ópticas: el objetivo se fundamenta primero en la medición de impedancia sobre la superficie del ferrohormigón. En segundo lugar, el objeto es un tubo metálico, que posee una envoltura de por lo menos dos capas, protectora contra la corrosión, con una capa superior y una inferior, caracterizada porque la capa inferior está equipada de modo que ante un deterioro de la capa o las capas subyacente(s), puede detectarse una señal óptica o eléctrica.
- La reflexión total tiene lugar en la interfaz de un medio óptico más denso, con índice de refracción n_1 y un medio óptico más delgado con índice de refracción n_2 , cuando el ángulo de incidencia de la luz en el medio óptico más denso en la interfaz supera un determinado valor, el denominado ángulo límite de reflexión total. La concepción de una reflexión total de una onda, es decir completa, es una idealización, porque también en la práctica la radiación reflejada "completamente" siempre se pierde parcialmente para absorción. De acuerdo con ello, en el sentido de la invención el concepto de "reflexión total" es entendido según una interpretación práctica, como la hace el experto. El ángulo Θ_c límite de la reflexión total (este es determinado convencionalmente siempre partiendo de la normal, es decir la perpendicular, de la interfaz) es calculado como sigue a partir de los índices de refracción de los medios, n_2 y n_1 :

$$\theta_c = \arccos\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

5 Es consecuencia de ello que no se permite que el diámetro del elemento permeable a la luz (por ejemplo la fibra de vidrio) supere un cierto diámetro máximo, con ello preferiblemente en ningún evento de reflexión el ángulo θ_c límite está por debajo cuando un determinado rayo de luz se dispersa en el elemento.

Normalmente un medio permeable a la luz es hasta la fibra óptica, rodeándola por un material ópticamente más delgado y, debido una reflexión total en la interfaz, la luz que se esparce en el medio no puede escapar del medio y en lugar de ello es reflejada en un ángulo emergente igual al ángulo incidente, y así siempre se recupera hasta una nueva reflexión total en la interfaz, mientras la luz se esparce en el medio.

10 El fenómeno físico de la evanescencia es aplicado en numerosos procedimientos conocidos de medición. Un ejemplo de ello es la espectroscopía infrarroja ATR (*attenuated total reflection* - reflexión total atenuada), para la investigación de superficies en sustancias no transparentes como por ejemplo capas de laca.

15 Un parámetro central es la profundidad d_p de penetración de la onda evanescente. Esta está definida como la distancia de la interfaz, en la cual la amplitud del campo eléctrico corresponde sólo aún a 1/e-tel ($\approx 37\%$) de la amplitud en la interfaz. Para luz de longitud de onda λ y el ángulo Θ de incidencia surge como resultado en la transición del medio ópticamente más denso (por ejemplo el elemento permeable a la luz con índice de refracción n_1) a un medio ópticamente más delgado (por ejemplo el agente protector contra la corrosión con el índice de refracción n_2):

$$d_p = \frac{\lambda}{2\pi\sqrt{n_1^2 \sin^2(\Theta) - n_2^2}}$$

20 Para un ángulo Θ típico en el intervalo de 45° y una relación típica de índices de refracción puede estimarse que la profundidad de penetración es de aproximadamente 1/5 a 1/4 de la longitud de onda de la luz incidente, con lo cual la profundidad de penetración desciende con la creciente relación n_1/n_2 de índices de refracción.

25 Puesto que la profundidad de penetración en longitudes de onda de 380 nm a 780 nm (es decir en el intervalo visible de luz) está basado en por consiguiente por debajo del intervalo de los micrómetros, es conveniente aumentar la interfaz para elevar la sensibilidad de la medición. Por ello, en una forma preferida de realización del dispositivo, el elemento permeable a la luz es conducido a lo largo del eje longitudinal de la estructura metálica en el agente protector contra la corrosión, en el cual la longitud del elemento permeable a la luz en el agente protector contra la corrosión es preferiblemente al menos 50 %, preferiblemente al menos 60 %, más preferiblemente al menos 70 %, aún más preferiblemente al menos 80 %, en particular al menos 90 % de la longitud de la estructura metálica. En una forma de realización preferida en particular, el elemento permeable a la luz en el agente protector contra la corrosión está enrollado en la estructura metálica.

35 Además, el elemento permeable a la luz puede consistir dado el caso en varios materiales de diferentes densidades ópticas. Por ejemplo el elemento permeable a la luz puede consistir parcialmente en una fibra de vidrio como núcleo, revestida con un revestimiento de vidrio ópticamente más delgado.

En otro aspecto de la presente invención se suministra un procedimiento para la verificación de la corrosión en una estructura metálica, preferiblemente acero pretensado, en particular en forma de cordón. Este procedimiento está caracterizado porque la estructura metálica está equipada con el dispositivo de acuerdo con la invención y comprende:

- 40 - el acoplamiento de un rayo de luz al elemento del dispositivo permeable a la luz,
- el reflejo al menos parcial del rayo de luz en dicha interfaz entre el elemento y el agente protector contra la corrosión del dispositivo,
- el desacoplamiento del rayo de luz desde el elemento y
- la detección del rayo de luz desacoplado.

45 En todo caso, el rayo de luz que va a ser acoplado tiene que exhibir al menos una longitud de onda, en la cual por

corrosión tenga lugar un cambio del espectro de absorción. También tiene que tener lugar la detección al menos en esta longitud de onda. Convenientemente esta es una longitud de onda en la cual en ausencia de corrosión el agente protector contra la corrosión, absorbe sólo en extensión despreciable.

5 El rayo de luz que va a ser acoplado puede ser de banda ancha (por ejemplo luz blanca) o monocromático, por ejemplo con una longitud de onda en el máximo de absorción del indicador, cuando debido a la corrosión ha tomado un determinado color. El rayo de luz que va a ser acoplado puede ser luz en el intervalo visible para el ser humano (380 nm a 780 nm de longitud de onda) y/o en el ultravioleta (entre 10 nm y 380 nm, preferiblemente entre 100 y 380 nm, más preferiblemente entre 170 y 380 nm, aún más preferiblemente entre 190 y 380 nm, en particular entre 250 y 380 nm longitud de onda) o en el infrarrojo cercano (entre 780 nm y 10.000 nm, preferiblemente entre 780 y 3.500 nm, más preferiblemente entre 780 y 2.600 nm, aún más preferiblemente entre 780 y 1.400 nm, en particular entre 780 y 1.100 nm de longitud de onda).

15 Los expertos confían en las fuentes adecuadas de luz para la generación del rayo de luz acoplado (por ejemplo una lámpara incandescente con filamento de wolframio, una lámpara de relámpago de xenón, una lámpara de halógeno o un láser) y detectores adecuados para la detección del rayo de luz acoplado (por ejemplo una fotocelda o fotodiodo). También el experto está en capacidad, sin más, dado el caso de prever otros elementos ópticos como por ejemplo filtros de color, monocromadores, espejos de desvío o lentes antes del acoplamiento o después del desacoplamiento.

Otras definiciones:

20 La "luz ultravioleta" es de acuerdo con la invención, radiación electromagnética en un intervalo de longitud de onda entre 10 nm y 380 nm, preferiblemente entre 100 nm y 380 nm, más preferiblemente entre 170 nm y 380 nm, aún más preferiblemente entre 190 y 380 nm, en particular entre 250 nm y 380 nm.

La "luz visible" es de acuerdo con la invención, radiación electromagnética en un intervalo de longitud de onda entre 380 nm y 780 nm.

25 La "luz infrarroja" es de acuerdo con la invención, radiación electromagnética en el intervalo del infrarrojo cercano, en un intervalo de longitud de onda entre 780 nm y 10.000 nm, preferiblemente entre 780 nm y 3.500 nm, más preferiblemente entre 780 y 2.600 nm, aún más preferiblemente entre 780 nm y 1.400 nm, en particular entre 780 nm y 1.100 nm.

30 Se considera como "cambio de color" primero un cambio de un color a otro. En ausencia de corrosión, el indicador puede sin embargo ser también inicialmente incoloro y justo por la corrosión adoptar un color (por ejemplo enlace coordinado de un catión de hierro), también esto es denominado de acuerdo con la invención como cambio de color. También es imaginable un curso inverso, es decir el cambio del indicador de coloreado a incoloro, como consecuencia de la corrosión; también esto es denominado de acuerdo con la invención, como cambio de color.

35 La propiedad de acuerdo con la invención de la permeabilidad a la luz del agente protector contra la corrosión debe ser considerada en función del indicador elegido: la permeabilidad a la luz tiene que ser dada al menos para luz con una longitud de onda elegida, longitud de onda en la cual pueda cambiarse el espectro de absorción del indicador, dependiendo de la corrosión.

40 En una definición preferida de acuerdo con la invención, el concepto "permeable a la luz" es concebido como sigue: la extinción para una determinada longitud de onda es el logaritmo decimal de la relación de la intensidad de la radiación incidente en el medio, I_0 , a la intensidad de la radiación saliente (es decir detectada) del medio, I , para una determinada longitud de onda. La extinción de agua destilada para el espesor d de capa a 25°C a presión normal es, de acuerdo con la definición, 0 (es decir de acuerdo con la definición: $I_0=I$). Para intensidad no modificada de la radiación I_0 incidente (es decir usando la misma fuente de luz) para las mismas condiciones ambientales para el mismo espesor d de capa, se determina ahora la extinción relativa del agente protector contra la corrosión, en lo cual se mide la intensidad I_K ; la extinción relativa surge entonces como resultado del logaritmo decimal de la relación de I a I_K . Un agente protector contra la corrosión es válido como permeable a la luz, cuando para una longitud de onda electromagnética elegida (o un intervalo elegido de longitud de onda de ancho de por ejemplo 10 o 100 nm) dentro de 10 nm a 10.000 nm, preferiblemente dentro de 170 nm a 3.500 nm, más preferiblemente dentro de 190 nm a 2.600 nm, aún más preferiblemente dentro de 320 nm a 1.400 nm, en particular dentro de 380 nm a 780 nm, esta extinción relativa está por debajo de 4, preferiblemente por debajo de 1, más preferiblemente por debajo de 0,5, aún más preferiblemente por debajo de 0,25, en particular por debajo de 0,125 o incluso por debajo de 0,0625. (La extinción relativa puede ser también negativa, es decir el agente protector contra la corrosión es, para la longitud de onda en cuestión, más permeable a la luz que el agua). Un espesor d de capa corriente (por ello para ser preferido) para la determinación de la extinción es 1 cm, esto corresponde a una celda convencional en el laboratorio. La determinación de la extinción relativa puede ser ejecutada por ejemplo en el intervalo de longitudes de onda de 190 nm a 1.100 nm en un espectro común de

laboratorio con uso de celdas, en el que la muestra mencionada de agua sirve como el denominado "blanco"; también el experto puede ejecutar sin más, correspondientes series de dilución para agentes protectores contra la corrosión que tienen absorción más fuerte, para poder trabajar dentro del intervalo de linealidad fotométrica del espectrofotómetro.

- 5 En particular, en el sentido de la invención, "permeable a la luz" significa "transparente", es decir para la luz visible por el ser humano es esencialmente no es absorbida al menos en un intervalo de color elegido visible para el ser humano, en particular esencialmente no es absorbida en cada intervalo de color visible para el ser humano.

Mediante los siguientes ejemplos se ilustra además la presente invención, sobre la cual evidentemente no hay limitación.

10 **Ejemplo 1: Fabricación del agente protector contra la corrosión**

Receta:

Función	Producto	Fabricante	Ingrediente(s)	% en peso
Componente orgánico	Aceite base PURITY 1810	Petro-Canada		78,4
Elastómero termoplástico	G1701 E	Kraton Polymers	Copolímero de dibloque lineal a base de estireno y etileno/propileno (S-E/P)	18,0
Inhibidor de corrosión	IRGACOR® NPA	BASF SE	Ácido nonilfenoxiacético	1,5
Antioxidante	BRAD-CHEM® 395	Brad-Chem Ltd.	2,2'-tiodietilenbis(3,5-di-tert-butil-hidroxihiidrocinnamato)	0,6
Indicador	Solución saturada en aceite base PURITY 1810		29H,31H-tetrabenzo[b,g,l,q][5,10,15,20]tetraazaporfin a	1,5
				100

- 15 Previamente se preparó una solución saturada de indicador en una pequeña parte del aceite base. Además previamente se suspendió el elastómero termoplástico en otra pequeña parte del aceite base. Para la fabricación del agente protector contra la corrosión se procedió como sigue:

- 20 Se colocó previamente la parte predominante, residual del aceite base y se mezcló con el inhibidor de corrosión, el antioxidante y la solución de indicador, de acuerdo con la receta anterior. Entonces se añadió el elastómero suspendido de acuerdo con la receta anterior (calculado sobre el peso del elastómero aún no suspendido). Para la mezcla se usó un agitador de giro lento con rascadores de pared. El proceso fue acelerado mediante calentamiento del aceite base a 40 °C.

Mediante adición del elastómero se aumentó la viscosidad de la mezcla. La descarga del agente protector contra la corrosión ocurrió con ello mediante entrega forzada.

Ejemplo 2 -prueba de indicador de la corrosión

- 25 Para probar el agente protector contra la corrosión de acuerdo con el ejemplo 1 respecto su capacidad de indicar la corrosión, se colocó una esponja de acero ligeramente húmeda con posiciones oxidadas en un recipiente de vidrio claro. Se llenó este recipiente de vidrio después de ello con el agente protector contra la corrosión y se incubó a temperatura ambiente. Mediante la corrosión en progreso de la esponja metálica, en un periodo de dos días ocurrió la coloración rojo intenso del agente protector contra la corrosión, comenzando en los sitios del agente protector contra la corrosión cerca a las posiciones oxidadas de la esponja de acero. Con el tiempo, progresó la coloración en estas regiones siempre adicionalmente en el agente protector contra la corrosión.

Ejemplo 3 - Aplicaciones

ES 2 757 518 T3

- A) Para la fabricación de un monocordón se aplicó bajo presión el agente protector contra la corrosión preparado de acuerdo con el ejemplo 1, sobre un cordón de acero pretensado de siete alambres recubiertos en frío del producto St 1570/ 1770, en una cantidad de 60 gramos por metro de cordón. La cobertura del cordón ocurrió con polietileno.
- 5 B) Para el suministro de un cordón con agente protector contra la corrosión con revestimiento se bombeó el agente protector contra la corrosión fabricado de acuerdo con el ejemplo 1, con una bomba de rueda dentada operada con presión de aire con chapa de orden de impresión ("UNIPUMP 5:1 bomba de engranaje operada con aire", WERBA-CHEM GMBH) a una sobrepresión de 500 kPa, entre el revestimiento y el cordón.
- 10 C) Para el suministro de una cabeza de ancla de cordones con agente protector contra la corrosión, se bombeó el agente protector contra la corrosión fabricado de acuerdo con el ejemplo 1, con una bomba de rueda dentada operada con presión de aire con chapa de orden de impresión ("UNIPUMP 5:1 bomba de engranaje operada con aire", WERBA-CHEM GMBH) a una sobrepresión de 500 kPa, en la cabeza de ancla de cordones.

REIVINDICACIONES

1. Agente protector contra la corrosión para una superficie metálica, en donde el agente protector contra la corrosión comprende un componente orgánico que es un aceite, una grasa o una cera, y en donde el agente protector contra la corrosión es tixotrópico,
- 5 **caracterizado porque** el agente protector contra la corrosión es permeable a la luz y además comprende un indicador que reacciona a la corrosión de la superficie metálica con una modificación de su espectro de absorción en el intervalo de la luz ultravioleta, de la visible o de la infrarroja, en particular con un cambio de color.
2. Agente protector contra la corrosión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicho cambio del espectro de absorción es causado por el enlace coordinado del indicador con un catión metálico.
- 10 3. Agente protector contra la corrosión de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** el catión metálico es un catión hierro.
4. Agente protector contra la corrosión de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el indicador es elegido de entre el grupo de las ftalocianinas, en particular 29H,31H-tetrabenzob[*b,g,l,q*][5,10,15,20]tetraazaporfina, 1,10-fenantrolina, octilgalato, propilgalato, ácido salicílico, 2,2'-bipiridina, 5-metilresorcinol y mezclas de los mismos.
- 15 5. Agente protector contra la corrosión de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en un intervalo de temperatura de entre -25 °C y 80 °C, preferiblemente de entre -10 °C y 50 °C, en particular de entre -5 °C y 30 °C, es tixotrópico.
6. Agente protector contra la corrosión de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un elastómero termoplástico como agente de tixotropía.
- 20 7. Agente protector contra la corrosión de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el componente orgánico es un aceite base de los grupos I-V, preferiblemente II-V, más preferiblemente II-III, en particular II, del American Petroleum Institute.
8. Agente protector contra la corrosión de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende además un inhibidor de la corrosión y/o un antioxidante.
- 25 9. Procedimiento para proporcionar un agente protector contra la corrosión a una estructura metálica rodeada de un revestimiento,
- caracterizado porque** se bombea agente protector contra la corrosión de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores entre la estructura metálica y el revestimiento.
- 30 10. Estructura metálica, **caracterizada porque** está dotada del agente protector contra la corrosión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-8.
11. Estructura metálica de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizada porque** está rodeada de un revestimiento y el agente protector contra la corrosión se encuentra entre el revestimiento y la estructura metálica
- 35 12. Estructura metálica de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11, en donde la estructura metálica es un acero pretensado, en particular un cordón.
13. Dispositivo en una estructura metálica,
- que comprende un elemento permeable a la luz, en donde el elemento es preferiblemente una fibra permeable a la luz, y un agente protector contra la corrosión, el cual se encuentra sobre una superficie metálica de la estructura metálica,
- 40 **caracterizado porque** el agente protector contra la corrosión es implementado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 - 8,
- en donde el elemento es suministrado como fibra óptica con una interfaz entre el elemento y el agente protector contra la corrosión.
- 45 14. Procedimiento para la verificación de la corrosión en una estructura metálica, preferiblemente acero pretensado, en particular en forma de un cordón, **caracterizado porque** la estructura metálica está equipada con un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende

- el acoplamiento de un rayo de luz al elemento del dispositivo,
 - el reflejo al menos parcial del rayo de luz sobre dicha interfaz entre el elemento y el agente protector contra la corrosión del dispositivo,
 - el desacoplamiento del rayo de luz del elemento y
- 5 - la detección del rayo de luz desacoplado.