

zunchito

Nº 11 • MARZO 2007



EN PORTADA

Ley de Subcontratación en el Sector de la Construcción

ESPECIAL

**SISTEMAS DE PROTECCIÓN
CONTRA LA CORROSIÓN (Parte I)**



REPORTAJES

SISTEMAS DE PROTECCIÓN MEDIANTE EL USO DE INHIBIDORES DE CORROSIÓN MIGRATORIOS

Jesús Orte Crespo - Jefe del Departamento Técnico de Corrosión. Quimilock S.A.

Cualquier nueva estructura de hormigón armado está diseñada para tener una vida en servicio que supere los 50 años. Desafortunadamente, muchas estructuras no llegan a alcanzar este objetivo, precisando una reparación costosa y un mantenimiento de protección en el futuro.

Una de las causas que provoca deterioros en este tipo de estructuras es la corrosión de las armaduras, cuyo origen se encuentra principalmente en la carbonatación del hormigón y en la penetración a través de éste de iones cloruro. El resultado de este proceso conduce, si no se toman las medidas adecuadas, al debilitamiento de las estructuras como consecuencia de la pérdida de sección resistente de las armaduras, y al desprendimiento del recubrimiento como consecuencia del aumento de volumen que se produce

con la oxidación de las armaduras, lo que redonda en una aceleración del proceso.

Para paliar este problema existen, desde hace años, diferentes medidas de protección. Una de ellas es el empleo de inhibidores de corrosión, existiendo una amplia gama de productos que pueden clasificarse en diversos grupos en función de su aplicación y del tipo de proceso de corrosión existente. Quimilock S.A. es una empresa especializada en la prevención y resolución de los problemas derivados de la corrosión de las armaduras, utilizando para ello productos del tipo MCI (Migrating Corrosion Inhibitor) de Cortec Corporation, cuyas características y principios de funcionamiento van a exponerse a continuación.



DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TECNOLOGÍA MCI.

Los inhibidores de la corrosión migratorios (MCIs) están basados en la química del aminocarboxilato y de los aminoalcoholes. Estos inhibidores de tipo mixto, pues impiden la reacción en el ánodo y en el cátodo, presentan en condiciones normales una fase vapor que es controlada por la estructura del compuesto y el carácter de la cadena de átomos de la molécula. El vapor protector se expande dentro la estructura porosa del hormigón hasta que se alcanza el equilibrio, determinado por su presión vapor que oscila entre 10^{-3} a 10^{-5} mm Hg, momento en el que condensa dando lugar a una reacción de adsorción sobre la armadura que impide los procesos de corrosión.

TIPOS DE INHIBIDORES DE CORROSIÓN MIGRATORIOS

Los inhibidores de corrosión migratorios pueden dividirse en dos grandes grupos diferenciados entre sí por la química básica de su composición, y que proporcionan unos niveles de protección contra la corrosión diferentes.

Inhibidores de corrosión basados en aminoalcoholes.

Este tipo de inhibidores migratorios fueron los primeros que se desarrollaron por la industria. Se caracterizan por tener una carga parcial positiva (+) y otra negativa (-) dentro de la propia molécula, que hace que sea atraída por el acero aunque la carga de la molécula sea nula. Estas cargas parciales son atraídas por el cátodo y el ánodo, respectivamente, lo que hace que se reduzcan la corrosión. Este tipo de productos, según los estudios realizados, extiende ligeramente el tiempo de inicio de la corrosión y cuando ésta comienza disminuyen su velocidad a la mitad de la que se obtendría en el caso de no haberlos utilizado.

Inhibidores de corrosión basados en aminocarboxilatos.

Al igual que los aminoalcoholes este tipo de MCI tienen cargas parciales positivas (+) y negativas (-), con la diferencia de que parte de las moléculas reaccionan

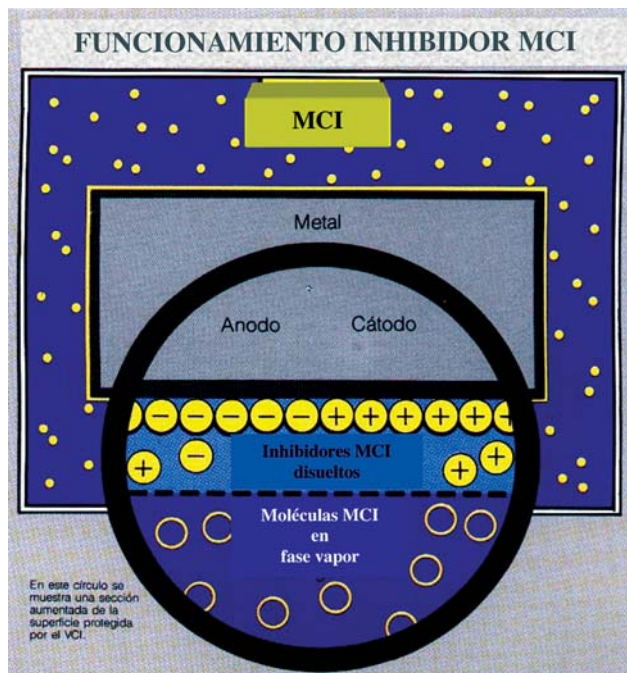


Figura 1.- Esquema del mecanismo de actuación de las moléculas de MCI sobre la superficie metálica. Se detalla la ordenación a modo de capa monomolecular, en la cual, se disponen cada una de las moléculas de MCI que han condensado y adsorbido sobre la superficie.

con el hormigón sellando los poros y evitando así la penetración de agentes agresivos procedentes del exterior. Al mismo tiempo, las moléculas libres N^+ y COO^- , con una afinidad con el acero mucho mayor que en el caso anterior, se ven atraídas por las áreas catódicas y anódicas del acero, proporcionando con este doble efecto un mayor nivel de reducción de la corrosión que en el caso anterior, llegando a triplicar el tiempo de inicio de la corrosión,

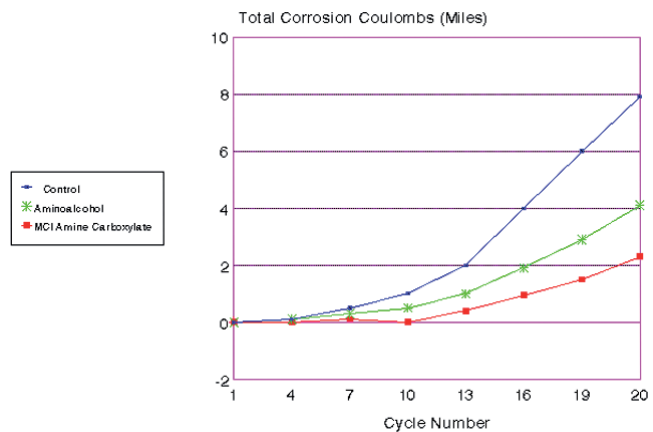


Figura 2.- Gráfica comparativa del poder de inhibición de la corrosión de los diferentes tipos de inhibidores MCI.



REPORTAJES

y reduciendo la velocidad de progresión de ésta hasta en cinco veces con relación al acero desnudo.

FORMAS DE APLICACIÓN

Los productos MCI pueden aplicarse de forma distinta en función del tipo de producto elegido, de la función principal del mismo, y de las necesidades de cada caso concreto. En principio vamos a distinguir entre aplicaciones realizadas cuando la obra ya está finalizada, y cuando ésta es obra nueva.

Protección anticorrosiva en obra finalizada.

La aplicación de inhibidores de corrosión migratorios MCI en estructuras ya construidas se lleva a cabo directamente sobre la superficie del hormigón, bien mediante pulverización, o bien mediante pintado con brocha o rodillo. Una vez aplicado, este compuesto orgánico migra a través de la estructura porosa endureci-



⇒ **Fotografías 1 y 2.**- Aplicación mediante rodillo y pistola de los inhibidores MCI.

da del hormigón hasta llegar a la armadura debido a los siguientes fenómenos:

- *Acción capilar:* el líquido penetra dentro del hormigón por presión osmótica y acción capilar.
- *Difusión de vapor:* el vapor se mueve a través del hormigón debido a gradientes de concentración.
- *Atracción iónica:* los iones viajan a través del hormigón atraídos por las áreas anódicas y catódicas de la armadura metálica debido a sus cargas positiva (+) y negativa (-).

Una vez que el MCI llega a la armadura el producto forma una capa monomolecular debido a un triple efecto:

- La separación en iones de las sales iónicas.
- La reacción y enlace con la superficie del metal.
- El establecimiento de una adsorción física.

Como consecuencia se produce una drástica reducción de la corrosión al producirse un cambio de potencial en las áreas anódicas y catódicas, formándose una capa hidrofóbica que impide la penetración de iones que causan la corrosión. El nitrógeno presente en las moléculas de MCI proporciona, además, un tenaz enlace sobre la armadura.

Estos productos pueden ir acompañados de otros compuestos que actúan directamente sobre el hormigón. Por ejemplo, pueden ir acompañados de microsílíce para efectuar un sellado de los poros superficiales, siendo especialmente recomendable en aquellas estructuras que pudieran estar expuestas a la acción de ciclos de hielo-deshielo, como pueden ser las de alta montaña, ya que este tipo de material impide la escamadura del hormigón.

También pueden ir acompañados de hidrofugantes para mejorar las características superficiales del hormigón.

Todos estos inhibidores permiten, tras su llegada a la armadura metálica, desplazar los iones cloruro que pudieran estar presentes en la superficie del acero, como ha podido

comprobarse en ensayos de espectroscopia de rayos-x realizados en estructuras con un inicio de corrosión.

Las dotaciones de este tipo de inhibidores varían en función del tipo de inhibidor usado, aminoalcohol o aminocarboxilato, y depende igualmente del tipo de soporte; generalmente los inhibidores más potentes (aminocarboxilato) precisan de una sola capa de aplicación, siendo sus consumos de aproximadamente 0,3 l/m² y capa; para productos menos potentes (aminoalcohol) se precisan un mayor número de capas con dosificaciones similares por capa.

Protección anticorrosiva en obra nueva.

La aplicación de inhibidores de corrosión migratorios MCI en estructuras de nueva construcción se lleva a cabo mediante la adición de los inhibidores directamente en el amasado del hormigón, sin que resulten afectadas las propiedades físicas de éste, o bien mediante el recubrimiento de la armadura, que proporciona una protección a ésta no sólo durante los periodos de almacenaje (hasta

5 años), sino también a lo largo del periodo de vida de servicio de la estructura, sin necesidad de tener que ser eliminado al no interferir en las condiciones de adherencia con el hormigón.

Estos productos suelen dosificarse en forma de polvo o líquido, pudiendo contener, como en el caso anterior, microsíllice para mejorar el sellado de los poros y reducir la red capilar del hormigón. La proporción en la que hay que dosificar estos productos al hormigón es muy reducida (0,6 l/m³), por lo que no es preciso llevar a cabo una especial vigilancia sobre la relación agua/cemento.

En el caso de los productos aplicados directamente sobre la armadura, se trata de un tipo de pintura al agua que forma una película que endurece tras un periodo de curado, no siendo pegajosa al tacto e impidiendo, por tanto, la adhesión de polvo e impurezas que pudieran dificultar las condiciones de adherencia con el hormigón.

Este recubrimiento se aplica en espesores de film seco que varían entre 5 y 25 µm dependiendo del tipo de protección que se quiera realizar, pudiendo ser pigmentado si así se requiere aunque en origen es transparente.



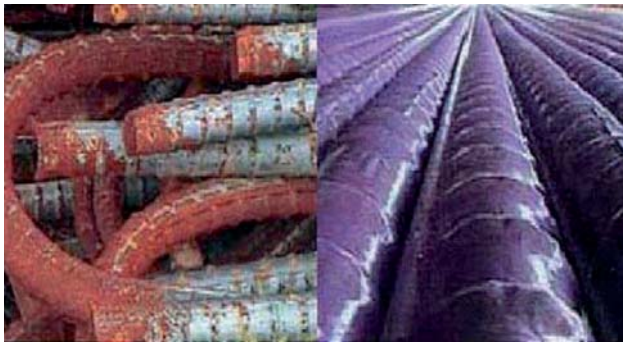
➡ **Fotografía 3.-** Aspecto de una estructura tras la aplicación superficial de los inhibidores MCI (Autopista de peaje A-6).



REPORTAJES



➔ **Fotografía 4.**-Incorporación durante el amasado de los inhibidores MCI en forma de polvo.



➔ **Fotografía 5.**- Barras antes y después de ser recubiertas con inhibidores MCI.

Los posibles defectos superficiales que pudieran experimentar las barras como consecuencia de los procesos de conformación de la armadura (doblado, soldadura, corte, etc.) son fácilmente reparables a través de una sencilla operación de retoque.

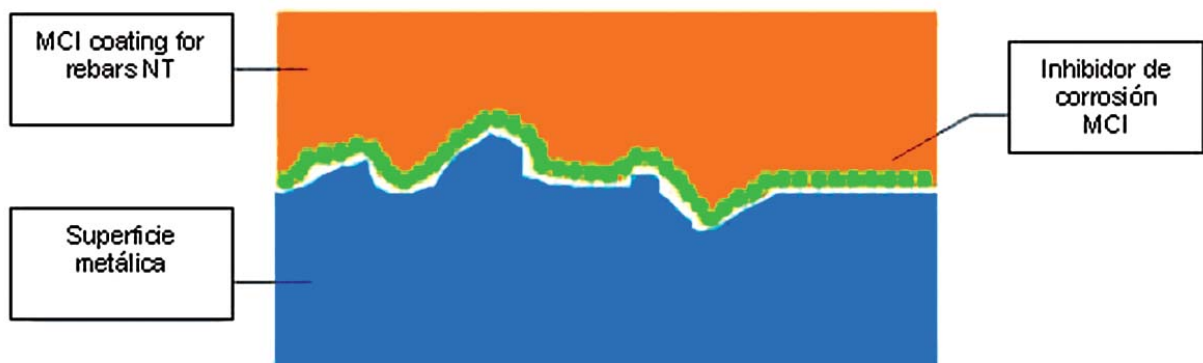
Reparación anticorrosiva en rehabilitaciones.

En actuaciones de rehabilitación de estructuras afectadas por fenómenos de corrosión es recomendable aplicar un sistema completo de reparación anticorrosiva, para lo cual pueden utilizarse productos inhibidores de la corrosión contenidos en morteros de reparación, lechadas pasivantes, inyecciones, etc. En aquellas zonas donde no se tiene un acceso directo sobre las armaduras es recomendable aplicar un producto de superficie mediante pulverización, brocha o rodillo, ya que puede penetrar hasta ellas contrarrestando el efecto de la corrosión que se haya podido producir y disminuyendo la velocidad de propagación de esta.

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PRODUCTOS MCI

Existen diferentes opciones a la hora de evaluar la efectividad de los inhibidores de corrosión MCI en el hormigón armado, tanto de aplicación en la propia masa como los de aplicación en superficie, pero la más habitual es la contenida en la norma ASTM G-109 "Standard Test Method for

SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA SUPERFICIE METÁLICA



➔ **Figura 3.**-Representación gráfica del mecanismo de actuación de las moléculas de MCI sobre la superficie metálica cuando se aplica como recubrimiento. La capa monomolecular formada realiza la función anticorrosiva.



Fotografías 6 y 7.- Dos ejemplos de aplicación de producto MCI como lechada y como mortero de reparación.

determining the effects of Chemical Admixtures on the corrosion of embedded Steel reinforcement in Concrete Exposed to Chloride environments”¹. Esta norma describe un procedimiento para determinar los efectos de los aditivos químicos sobre la corrosión de los metales en el hormigón. Esta norma permite evaluar, comparativamente, la acción de diferentes inhibidores, tanto en los aspectos relativos al momento de aparición de la corrosión, como en la progresión de ésta una vez iniciada, frente a los cloruros, determinando así su mayor o menor funcionalidad en función del caso concreto al que se vayan a aplicar.

A la hora de evaluar los recubrimientos de aplicación directa sobre las armaduras, se aplican los test habituales en recubrimientos de niebla salina (ASTM B-117) y de humedad (ASTM D-1748).

Control de calidad en obra.

Los diferentes métodos existentes para la evaluación del nivel de corrosión en el que se encuentra el acero de una estructura de hormigón, a través de potenciales e intensidades de corrosión, permiten comprobar el nivel de eficacia de los productos utilizados para prevenir ésta, o para contrarrestarla. Sin embargo, en otras ocasiones puede ser interesante comprobar, como es el caso de los inhibidores MCI, si éstos se han aplicado de forma eficaz y en las proporciones adecuadas, o que el producto está presente en aquellos casos en los que se ha aplicado directamente sobre la armadura.

Un procedimiento sencillo para llevar a cabo este tipo de comprobaciones consiste en la extracción de testigos de los elementos estructurales, que posteriormente se trocean y analizan por separado, detectando la presencia del inhibidor y la profundidad de penetración de éste, en su caso.

Este tipo de comprobaciones ha de llevarse a cabo una vez que ha transcurrido el tiempo necesario para que se produzca la migración del inhibidor hasta la superficie de la armadura. Como regla general este periodo suele ser del orden de dos meses, pudiendo variar en función del tipo de hormigón presente en el elemento. ■

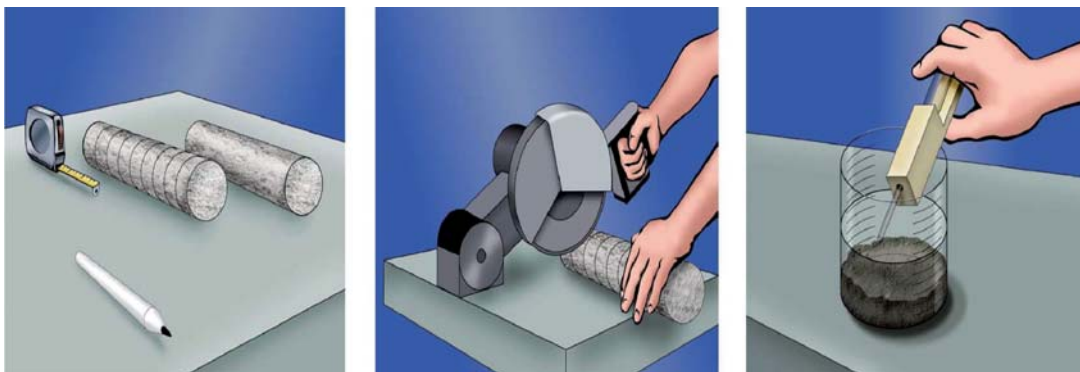


Figura 4.- Esquema de la determinación de la profundidad de penetración de los inhibidores MCI.

¹ASTM G-109: “Método de ensayo para la determinación de los efectos de los aditivos químicos en la corrosión de las armaduras de acero embebidas en hormigón expuesto a ambientes con cloruros”.