5

# Protección:
## Corrosión

Instituto Técnico
de la Estructura
en Acero



ITEA

# ÍNDICE DEL TOMO 5

# PROTECCIÓN: CORROSIÓN

Lección 5.1: Corrosión General ..... 1

1 CORROSIÓN ..... 4
1.1 Corrosión seca ..... 4
1.2 Corrosión húmeda ..... 4
1.3 ¿Por qué proteger el acero? ..... 5
2 PROTECCIÓN DE LOS ACEROS PARA ESTRUCTURAS ..... 8
2.1 Influencia del entorno y de las condiciones de la superficie ..... 8
2.2 ¿Proteger con qué? ..... 8
2.3 Preparación de la superficie ..... 8
2.4 Protección catódica ..... 10
2.5 Acero inoxidable ..... 10
2.6 Aceros resistentes a la corrosión atmosférica ..... 11
3 RESUMEN FINAL ..... 12
4 BIBLIOGRAFÍA ..... 12
5 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL ..... 13
APÉNDICE 1: Características de los revestimientos de pintura y metálicos ..... 15

Lección 5.2: Factores que Gobiernan la Protección del Acero ..... 19

1 ESPERANZA DE VIDA ..... 22
1.1 Tiempo probable transcurrido hasta el primer mantenimiento ..... 22
1.2 Vida entre distintos mantenimientos ..... 22
1.3 Estimación de la exigencia de vida ..... 22

2 PROYECTO ..... 24
2.1 Proyecto acorde con los sistemas de protección ..... 24
2.2 Dónde aplicar la protección ..... 25
2.3 Zonas especiales ..... 25
3 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE ..... 26
3.1 Desengrasado ..... 26
3.2 Eliminación de cascarilla y herrumbre ..... 26
3.3 Limpieza por chorro ..... 26
3.4 Norma sobre la limpieza por chorro ..... 27
3.5 Rugosidad superficial ..... 27
3.6 Bordes cortados con soplete ..... 28
3.7 Otros métodos de preparación de la superficie ..... 28
4 REVESTIMIENTOS SUPERFICIALES ..... 29
4.1 Sistemas de pintado ..... 29
4.2 Revestimientos metálicos ..... 30
4.3 Metalización ..... 31
4.4 Sistemas metálicos y de pintura ..... 32
5 MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS E INSTALACIONES ..... 33
6 RESUMEN FINAL ..... 37
7 BIBLIOGRAFÍA ..... 37
8 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL ..... 38
APÉNDICE 1: Factores que influyen en la elección del sistema de revestimiento ..... 39
APÉNDICE 2: Tipos de pintura ..... 43
TABLAS ..... 49

Lección 5.3: Protección Práctica contra la Corrosión de Edificios ..... 67

1 PROYECTO PRÁCTICO ..... 70
2 TRATAMIENTOS DE LAS CONEXIONES ..... 71
3 TRATAMIENTO DE LAS SOLDADURAS ..... 72
4 ENTORNOS EXTERNOS Y EXTERIORES DE EDIFICIOS ..... 73
5 ENTORNOS EN EL INTERIOR DE EDIFICIOS ..... 74
5.1 Estructura de acero oculta ..... 74
5.2 Estructura de acero en muros perimétricos ..... 74

6 CASOS ESPECIALES ..... 76
6.1 Acero en hormigón ..... 76
6.2 Secciones huecas ..... 76
6.3 Revestimiento ..... 76
7 RESUMEN FINAL ..... 78
8 BIBLIOGRAFÍA ..... 78
APÉNDICE 1: Exigencias del Eurocódigo 3 ..... 79
APÉNDICE 2 ..... 83
2.1 Superficies de contacto en las uniones atornilladas de resistencia por fricción ..... 85
2.2 Medios de unión ..... 85
2.3 Medios de unión con revestimiento metálico ..... 86
2.4 Conexiones atornilladas distintas a los pernos de gran apriete por fricción ..... 86
2.5 Aseguramiento del rendimiento satisfactorio de los medios de unión ..... 86

Lección 5.4: Protección contra la Corrosión de Puentes ..... 89

1 INTRODUCCIÓN ..... 92
2 CONDICIONES DE EXPOSICIÓN ..... 93
2.1 Entornos ..... 93
2.2 Factores que influyen en la corrosión ..... 93
2.3 Diversas zonas ..... 94
3 SISTEMAS DE PROTECCIÓN ..... 95
3.1 Sistemas de revestimiento para puentes ..... 95
3.2 Revestimientos metálicos (ver lección 5.2) ..... 95
3.3 Acero inoxidable ..... 95
3.4 Acero resistente a la corrosión atmosférica ..... 95
3.5 Secciones cerradas ..... 96
4 PROTECCIÓN DE DIVERSOS ELEMENTOS ..... 97
4.1 Estructuras bajo carga ..... 97
4.2 Cables y aparatos ..... 97
4.3 Elementos secundarios ..... 97

5 PROYECTO ..... 98
6 MANTENIMIENTO ..... 98
7 RESUMEN FINAL ..... 99
8 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL ..... 99

Lección 5.5: Corrosión en Plataformas Petrolíferas y Tablestacas ..... 101

1 PLATAFORMAS PETROLÍFERAS ..... 104
2 TABLESTACADO ..... 107
3 CORROSIÓN EN SUELOS ..... 109
4 MÉTODOS DE CONTROL DE LA CORROSIÓN ELÉCTRICOS ..... 110
5 ORGANISMOS AERÓBICOS Y ANAERÓBICOS ..... 112
6 RESUMEN FINAL ..... 113
7 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL ..... 113
DIAPOSITIVAS COMPLEMENTARIAS ..... 115

# ESDEP TOMO 5
# CORROSIÓN

## Lección 5.1: Corrosión General

## OBJETIVOS/CONTENIDO

Proporcionar a los jóvenes arquitectos e ingenieros una comprensión básica del proceso de corrosión y de los medios prácticos para proteger el acero para estructuras.

## CONOCIMIENTOS PREVIOS

Ninguno

## RESUMEN

Esta lección presenta la teoría de la corrosión de una manera muy sencilla. Se tratan brevemente las series y la corrosión galvánicas. Se expone la cuestión de por qué es necesaria la protección contra la corrosión del acero para estructuras y se describen los aspectos fundamentales relativos a dicha protección, por ejemplo el establecimiento del entorno, las posibilidades de revestimientos de protección, las opciones de preparación de las superficies y otros, tales como el lavado químico.

# 1. CORROSIÓN

Los metales más comunes se presentan en la naturaleza como compuestos metálicos. Los principales compuestos o minerales son óxidos y sulfuros.

El proceso de extracción es:

Compuesto → Metal

Los metales reaccionan espontáneamente con cualquier entorno líquido o gaseoso en el que se coloquen, formándose un producto de la corrosión muy similar al mineral original del que se obtuvo el metal. Así:

Mineral de hierro = Oxido de hierro

Herrumbre = Oxido de hierro más agua enlazada químicamente.

Los procesos de corrosión son reacciones químicas que tienen lugar en la superficie del metal y que obedecen a leyes químicas bien establecidas, lo cual es muy útil, ¡si se conocen!. La mayoría de nosotros no necesitamos conocerlas porque no nos enfrentamos diariamente a los problemas de la corrosión. El propósito de esta lección es describir los principales tipos de corrosión que se encuentran en edificios normales, estructuras, instalaciones, fábricas, etc.

Los productos de la corrosión pueden hacer de barrera entre el metal y lo que le rodea, ralentizando de hecho el ritmo de corrosión. Este fenómeno se observa con frecuencia cuando los metales se oxidan al descubierto, proceso conocido como "corrosión seca ("dry corrosion"). No cabe esperar que ocurra cuando los productos de la corrosión son solubles y ésta tiene lugar en un entorno acuoso, es decir "corrosión húmeda" ("wet corrosion"). Por ejemplo, en un entorno seco

cinc + oxígeno → óxido de cinc + agua + oxígeno

¡No ocurre gran cosa!

Pero añádase un condensado ácido (como sucede frecuentemente en entornos industriales) y

óxido de cinc + ácido sulfúrico → sulfato de cinc + agua → atención, exposición de cinc.

## 1.1 Corrosión seca

A temperatura ambiente, la mayoría de los metales tienen una capa muy fina de óxido como resultado de la reacción del metal con el oxígeno de la atmósfera. Los metales sometidos a calentamiento pueden muy bien llevar una capa más pesada, o ésta puede desprenderse. Por ejemplo, el acero que ha sido laminado en caliente posee una capa compleja de óxido físicamente inestable, pero que conserva un valor de protección a condición de que el acero permanezca al descubierto y que la capa siga siendo continua.

El cinc al descubierto tiene una película de óxido de cinc bastante protectora cuyo espesor aumenta lentamente. El aluminio tiene una capa de óxido delgada, de muy alta protección.

La corrosión seca puede parecer improbable, sin embargo, merece la pena recordar que incluso en condiciones totalmente secas tiene lugar algo de corrosión. Esta ha de eliminarse antes de aplicar cualquier forma de revestimiento de protección.

## 1.2 Corrosión húmeda

La "corrosión húmeda" tiene lugar en entornos húmedos, es decir, en los que la humedad relativa supera el 60%. Estos entornos pueden ser neutros, ácidos o alcalinos.

La destrucción del metal puede ser uniforme, o sea oxidación, localizada, es decir picadura, y corrosión bajo tensión. La destrucción se puede concentrar en zonas contiguas a un metal más noble o en puntos donde está limitado el suministro de oxígeno.

La corrosión húmeda es electro-química. Cuando se sumerge un metal en un líquido conductor (los compuestos de azufre en el agua de una atmósfera industrial, o el cloruro de sodio del agua en un ambiente marino), algunas zonas

muestran una resistencia eléctrica distinta a la del resto de la superficie (figura 1). Una corriente eléctrica "positiva" fluye desde las zonas de **ánodo** negativo (-) a las de **cátodo** positivo (+), lo que ocasiona la disolución o "corrosión" del **ánodo** (figura 2). En otras palabras, una "célula de corrosión" ("corrosion cell") podemos decir que es lo mismo que una batería de coche.

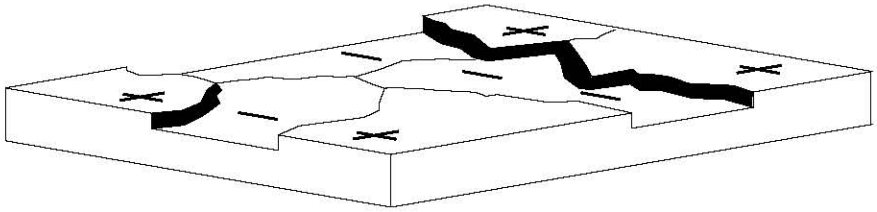

Figura 1

En la bibliografía relativa a la prevención contra la corrosión con frecuencia se utilizan los términos "galvánico" y "serie galvánica".

La **corrosión galvánica** es la destrucción del metal menos noble de dos que están unidos, es decir, en agua salada el cinc es menos noble que el acero dulce, gastándose rápidamente.

La **serie galvánica** es una lista de metales ordenados de acuerdo con su potencial de corrosión, empezando por el más susceptible a la misma y terminando por el menos activo. La lista simplificada que sigue demuestra por qué se utilizan el aluminio y el cinc como revestimientos para proteger el acero dulce, y el acero inoxidable para reemplazarlo en determinadas circunstancias.

Aluminio
Cinc
Hierro
Acero dulce
Acero inoxidable
Cobre
Plata
Oro
Platino

Los metales más activos, por ejemplo el aluminio y el cinc, se describen como poseedores de potenciales eléctricos negativos. Se les puede denominar anódicos. A los menos activos, por ejemplo el oro y el platino, se les denomina nobles o catódicos.

Cuando se conectan dos metales diferentes en presencia de un electrólito, el más noble (catódico) tiende a estar protegido, mientras que el más activo (anódico) se oxida rápidamente.

Conforme aumenta la diferencia de potencial entre dos metales distintos se incrementa también la posibilidad de corrosión galvánica.

En resumen, la corrosión de los metales constituye simplemente una reversión del proceso de su extracción. El 90% de la corrosión marina e industrial es electro-química, y la reacción se asemeja a la que tiene lugar en una batería de coche.

## 1.3 ¿Por qué proteger el acero?

El acero es básicamente una aleación de hierro y carbono, añadiéndose otros elementos según el método de procesamiento y el rendimiento final requerido. Los aceros para estructuras (aceros de contenido medio de carbono) contienen de 0,12% a 0,24% de carbono. Ya se ha dicho antes que el mineral de hierro es óxido de hierro, mientras que la herrumbre es óxido de

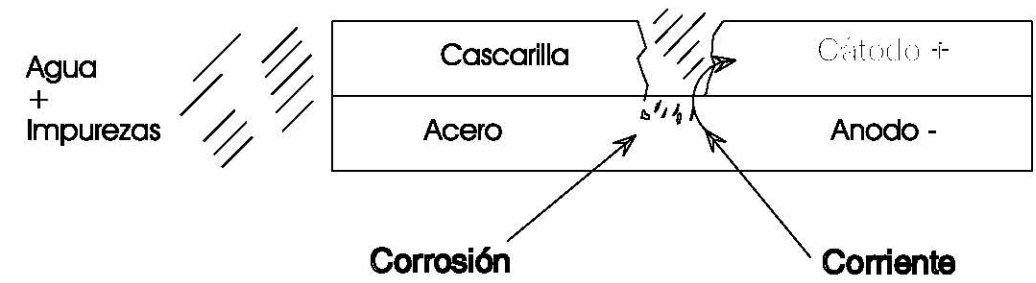


Figura 2

hierro más agua químicamente enlazada. El acero está hecho por el hombre, y es inestable. Se combina fácilmente con el oxígeno y el agua produciendo un óxido de hierro similar al mineral de hierro original anterior al afino.

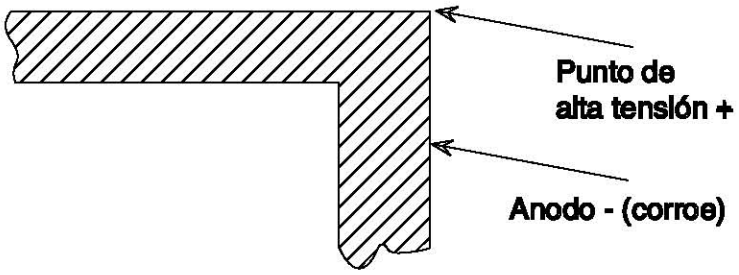


Figura 4

La corrosión electro-química puede alcanzar concentraciones elevadas en ciertos puntos. Si esto sucede, un grado elevado de destrucción en puntos que no representen más del 1% del área superficial total puede anular la utilidad del elemento de acero. Existen varias razones por las que la corrosión local puede concentrarse así:

- La primera razón está relacionada con la presencia de cascarilla de laminación (figura 2). La mayor parte del acero para estructuras empleado está laminado en caliente.

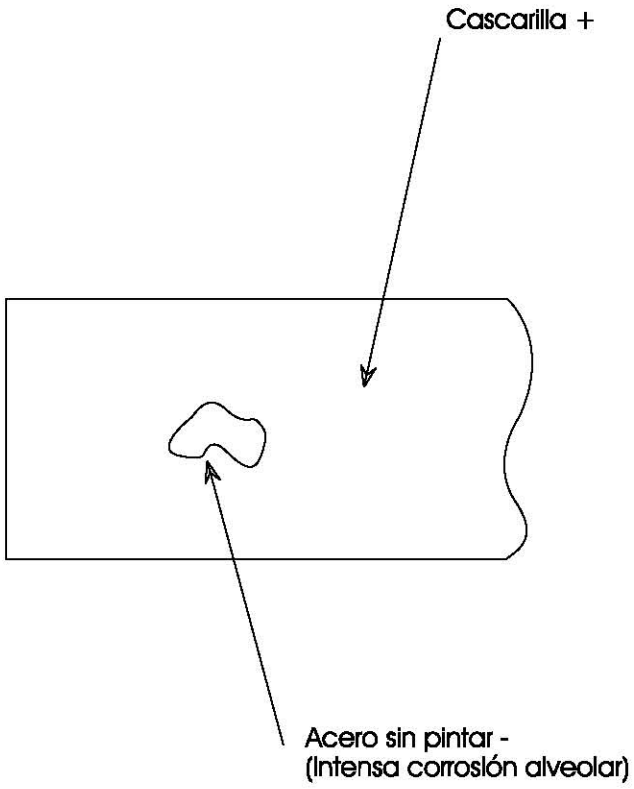


Figura 3

Al acero blanco caliente se le da la forma de perfiles estructurales haciéndole pasar entre cilindros de compresión. En algunas partes del proceso cae agua sobre el acero que se está conformando. Ambas situaciones hacen que sobre la superficie del acero se forme una capa de óxido.

La capa de óxido sobre el acero dulce (soldable) laminado en caliente se denomina cascarilla de laminación. Como ya se apuntó antes, es físicamente inestable. Constituye una entidad aparte del acero, de la misma manera que lo es una capa de pintura.

- Segunda: la cascarilla de laminación no es una capa continua, y no representa una barrera protectora.

- Tercera: la cascarilla de laminación es catódica y el acero anódico. Si existen algunas grietas en la capa de cascarilla, una pequeña condensación con impurezas disueltas que actúe como electrólito, y quizá algo de oxígeno disuelto, se forma una célula de corrosión en la que el acero se disuelve (oxida).

- Cuarta: la existencia de pequeñas zonas desnudas de acero en grandes parches de cascarilla de laminación intacta, es decir grandes zonas catódicas,

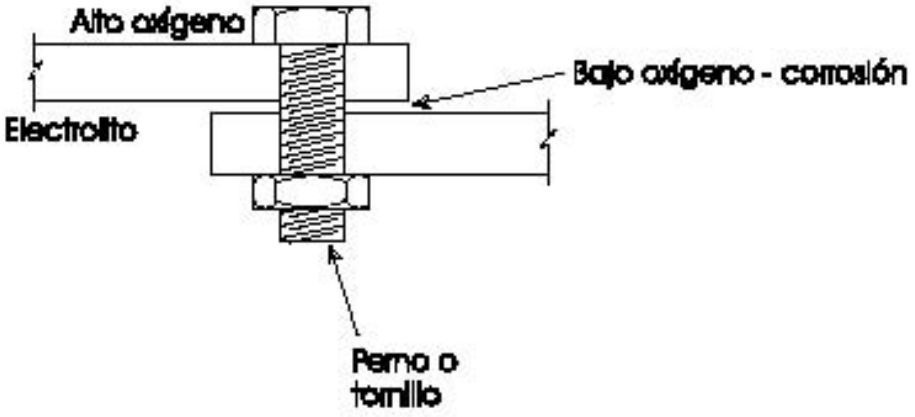


Figura 5

ocasiona un ataque intenso y una grave picadura del acero (figura 3).

- Quinta: el plegado en frío, la soldadura, etc. pueden dar lugar a zonas con tensiones elevadas y parches anódicos (-) y catódicos (+) adyacentes (figura 4).

- Sexta: en las zonas de baja concentración de oxígeno de una célula de corrosión tiene lugar una corrosión en hendiduras (figura 5).

- Séptima: incluso el acero conformado en frío posee zonas anódicas y catódicas que permiten la ocurrencia de la corrosión electro-química (figura 6).




Figura 6 Acero conformado en frío

## 2. PROTECCIÓN DE LOS ACEROS PARA ESTRUCTURAS

Existen algunas consideraciones prácticas fundamentales.

### 2.1 Influencia del entorno y de las condiciones de la superficie

Es más probable que tenga lugar la corrosión cuando están presentes uno o más de los siguientes factores:

- Humedad elevada, que proporciona el agua esencial; es decir, humedad superior al 60%.
- Contaminación atmosférica, que proporciona impurezas, por ejemplo sulfuros y cloruros.
- La presencia de cascarilla de laminación con grietas o discontinuidades; la cascarilla se convierte en el polo positivo (cátodo) y el acero en el negativo (ánodo), disolviendo o corroyendo el polo (ánodo) en la célula de corrosión.

Antes de decidir cómo proteger el acero se ha de responder a esta cuestión: "¿Proteger de qué?". La tabla 1 presenta entornos generales. La respuesta a lo siguiente ayudará a responder a lo anterior:

a) ¿Cuál es el entorno general?

b) ¿Es probable que el entorno cambie en un futuro previsible? Si es así, ¿cuál es la causa y de qué manera alterará el entorno general?

c) ¿Existe una contaminación local, por ejemplo de dióxido de azufre, que podría hacer el entorno más agresivo de lo que en principio parece?

d) De acuerdo con el entorno, ¿debe dividirse el proyecto en diferentes partes cuando se establezca el sistema o sistemas de protección, o se puede aplicar de modo genérico el caso más grave para simplificar las cosas?

e) ¿Qué condiciones especiales existen, por ejemplo salpicaduras de agua o charcos residuales, que pudieran descartar el uso de un revestimiento específico?

f) ¿Puede el sistema de protección escogido mantenerse de una manera eficaz y rentable durante la vida útil de la estructura o la instalación?

### 2.2 ¿Proteger con qué?

El modo más práctico de proteger el acero es la aplicación de otra capa que actúe como ánodo (es decir, que se disuelva preferiblemente en acero), como barrera, o como ambas cosas. Los revestimientos más comunes son las pinturas, la galvanización por inmersión en caliente, el metalizado con cinc o aluminio, y cualquiera de los tres últimos revestido con pintura. Sus características principales se resumen en el apéndice 1. A ellos se dedica la lección 5.2.

### 2.3 Preparación de la superficie

La preparación de la superficie ejerce una importante influencia en la determinación del valor protector de un sistema de revestimiento. En el caso de los revestimientos metálicos suele ser parte integral del proceso de fabricación y se incluye en las normas nacionales y europeas pertinentes. Con las pinturas, el tipo y modelo de preparación de la superficie debiera especificarse como parte del tratamiento de revestimiento de protección.

La importancia de eliminar la cascarilla de laminación ha quedado bien establecida. Los métodos empleados con este propósito y para eliminar la herrumbre, etc., son los siguientes:

### Corrosión atmosférica

Dado que la capa de cascarilla de laminación es una entidad aparte físicamente inestable que se rompe antes de abandonar los laminadores, existe todavía la práctica de "dejar el acero a la intemperie". Por desgracia, la duración de la corrosión atmosférica necesaria para eliminar la cascarilla del acero para estructuras depende del clima local, el tipo de cascarilla de laminación, su espesor, la forma y grosor del perfil y, cuando la corrosión atmosférica se produce una vez montado el acero. El tiempo necesario para eliminar el 90% de cascarilla de laminación de chapas de acero dulce de 9 mm de grosor, varía de seis meses en atmósferas industriales de Europa a más de cinco años en ciertas zonas de ultramar. Incluso en los entornos más agresivos, el completo descascarillado por corrosión atmosférica de la estructura no podría garantizarse en el plazo de un año. Recuérdese también que es en los agresivos entornos marinos o industriales en los que se encuentran las impurezas químicas que se disuelven en el agua para formar buenos electrólitos.

No se recomienda la corrosión atmosférica como método de preparación.

### Picado, Rascado y cepillado con alambre

El picado, rascado y cepillado con alambre son con mucho los métodos menos eficaces. No eliminan la herrumbre asentada profundamente ni la cascarilla de laminación firmemente adherida.

Los cepillos de alambre y rascadores mecánicos dan mejores resultados que las herramientas manuales, pero las calidades obtenidas son inferiores a las de los métodos alternativos que figuran a continuación.

### Pistolas neumáticas descascarilladoras

En el cuello de la pistola está dispuesto de manera suelta un grupo de agujas de acero endurecido. Accionadas por aire comprimido, las agujas se mueven adelante y atrás del cuello para pulverizar, literalmente, la superficie. Es una herramienta de preparación especialmente útil alrededor de tuercas, tornillos y cabezas de remaches. Es extremadamente lenta y no elimina la herrumbre profundamente asentada ni la cascarilla delgada de laminación.

### Decapado al soplete

Sobre la superficie se aplica una llama oxiacetilénica muy caliente. La dilatación diferencial hace que la cascarilla de laminación se desprenda. Es un proceso extremadamente lento, pero puede ser eficaz. No elimina la cascarilla de laminación estrechamente adherida, ni puede utilizarse sobre aceros de grosor inferior a 5 mm, pues puede causar pandeo. Además, puede "envejecer" ("burn-in") los productos químicos depositados sobre la superficie, ocasionando un fallo prematuro de la pintura. Su empleo como método de preparación ha sido eliminado en la práctica.

### Decapado ácido

Es un proceso de fábrica destinado a acero nuevo antes de su montaje. El acero se sumerge en ácido sulfúrico o clorhídrico caliente; tras el enjuague puede sumergirse en una solución débil de ácido fosfórico que deposita sobre la superficie del acero un revestimiento delgado de fosfato cristalino. Este revestimiento ofrece un muy bajo nivel de protección contra la corrosión, durante un período limitado. Esta forma de decapado ácido es una de las maneras más baratas y eficaces de eliminar toda la cascarilla de laminación y la herrumbre. No es una forma satisfactoria de preparación de la superficie para un uso bajo imprimaciones sofisticadas.

Las soluciones frías de decapado aplicadas in situ no son eficaces.

### Limpieza por chorro abrasivo

Es un método extremadamente eficaz de eliminar la cascarilla de laminación y la herrumbre. Un chorro de granalla, o de granalla cortante, de fundición de coquilla, se proyecta por aire o de forma centrífuga. Es un proceso relativamente barato cuando se lleva a cabo en fábrica pero puede resultar caro in situ, y no siempre es practicable en el acero ya montado.

Si se ha efectuado correctamente, este proceso deja el acero en una estado excelente para recibir sistemas de pintado y metalización. Su ventaja reside en el perfil que se obtiene y sobre el cual se adhieren correctamente las pinturas o revestimientos a aplicar.

**Otras consideraciones**

La **limpieza de la superficie**, referida a la eficacia de la eliminación de la cascarilla de laminación y la herrumbre, está tratada en las ilustraciones en perspectiva de ISO 8501 [1].

La **rugosidad superficial** es importante en relación con el perfil obtenido por chorro abrasivo, que hace que la superficie del acero se haga rugosa. La norma ISO 8503 Parte 1 establece paneles comparadores como medio de especificar la rugosidad superficial [2]. Estos paneles se utilizan para hacer comparaciones visuales y táctiles con la superficie limpiada por chorro.

El encargado de las especificaciones confunde demasiado a menudo la **limpieza química** con la limpieza superficial. La herrumbre formada en entornos industriales o marinos puede contener sales solubles. Estas sales se encuentran con frecuencia en picaduras de corrosión, raramente se eliminan mediante la limpieza por chorro abrasivo, y nunca por medio de una limpieza mecánica o manual. Si se aplica un revestimiento sobre ellas ocasionan un pronto fallo del mismo. Para limpiar los aceros contaminados químicamente se utilizan la limpieza por chorro abrasivo húmedo o el lavado con agua dulce a media/alta presión. En la actualidad, se están normalizando métodos estandarizados para determinar cualitativa o semicuantitativamente los niveles de cloruros, sulfatos o sales de hierro solubles en el acero recién limpiado por chorro. Se están desarrollando métodos que podrían incluirse en ISO 8502 [3, 4].

## 2.4 Protección catódica

Los fenómenos de corrosión galvánica y la serie galvánica son la base de la protección catódica (CP, "Cathodic Protection"), un sistema en el que la estructura que se ha de proteger se convierte en el cátodo. Por ejemplo, si se conectan en agua salada hierro y cobre, el hierro se oxida; si se conecta una pieza de cinc en el sistema, del cinc fluye una corriente al cobre y al hierro que convierte a este último en un cátodo, es decir, en el polo de la célula electroquímica que no se oxida.

La protección catódica mediante ánodos sacrificatorios se establece para proteger el acero en condiciones de inmersión. En instalaciones grandes, por ejemplo embarcaderos marinos, se emplea a menudo un sistema de "corriente impresa" (impressed current"). En este sistema el ánodo es inerte, por ejemplo grafito o titanio platinizado, y un suministro de corriente continua proporciona el voltaje.

La instalación de un sistema de protección catódica en una estructura sumergida o semi-sumergida requiere un asesoramiento experto. No obstante, un sistema CP implica tres puntos que se han de recordar.

a. ¡Para hacer su trabajo, los ánodos sacrificatorios deben oxidarse! Exigen pues una inspección regular para asegurarse de que son reemplazados antes de su completa desaparición.

b. Debe haber los suficientes ánodos para proporcionar una correcta densidad de corriente en toda la superficie que se ha de proteger.

c. En los sistemas que utilizan un suministro de corriente continua externo, la polaridad de la conexión eléctrica es vital. ¡Unas conexiones invertidas pueden causar una corrosión extremadamente rápida del elemento que el sistema se supone ha de proteger!

## 2.5 Acero inoxidable

Los aceros inoxidables pueden utilizarse para la decoración interior, fachadas, revesti-

mientos, medios de unión y equipamiento de edificios e instalaciones. La resistencia a la corrosión atmosférica asociada al acero inoxidable procede en gran medida de su contenido en cromo, que contribuye a formar una delgada capa protectora de óxido que es además estéticamente agradable.

En la actualidad se utilizan en edificios tres tipos de acero inoxidable, y debe decirse que los fallos en servicio se deben más a menudo a una especificación incorrecta que a debilidades inherentes a los productos (ver lecciones 22). ¡El acero inoxidable se oxida!

Los tres tipos poseen diferentes propiedades mecánicas que afectan al conformado, la soldadura y el rendimiento en servicio. Para hacer la mejor elección en una aplicación concreta se han de conocer el entorno, la probable frecuencia de limpieza, por ejemplo por aguas pluviales, las propiedades mecánicas necesarias durante la fabricación y el rendimiento exigido en servicio.

Los elementos de acero inoxidable son caros (diez veces el coste del acero al carbono) y merecen una consideración cuidadosa antes de efectuar la especificación, para asegurarse así de un aprovechamiento total de su potencial.

## 2.6 Aceros resistentes a la corrosión atmosférica

Estos aceros solo contienen un 1-2% de adiciones de aleación, por ejemplo cobre, cromo, níquel, fósforo. Pueden ser más resistentes a la corrosión que aceros no aleados similares. Sin embargo, el revestimiento protector solo se forma cuando el acero está sometido a un humedecimiento regular y durante ciclos. Interiores húmedos, situaciones sumergidas o enterradas, constituyen entornos no adecuados para el uso de los aceros resistentes a la corrosión atmosférica. Antes de especificar este tipo de acero es sin duda necesario el asesoramiento especializado de la industria del sector. Existen varias consideraciones generales:

a. para elementos de vida prolongada debe tenerse en cuenta un sobreespesor para la corrosión, pues la pérdida real varía con el entorno

b. deben evitarse las hendiduras y todo lo que puede retener agua o suciedad

c. cuando el acero comienza a oxidarse a la intemperie, pueden trasladarse hidróxidos de hierro a las superficies adyacentes y causar deformación

d. los medios de unión deberían hacerse de acero inoxidable

e. son necesarias varillas de soldadura específicas de baja aleación

f. para obtener una oxidación a la intemperie uniforme, puede ser necesario un chorreo global

g. estos aceros son inadecuados para un uso en entornos marinos e industriales agresivos.

## 3. RESUMEN FINAL

1. La corrosión obedece a leyes químicas establecidas. En condiciones "secas", es generalmente inactiva. En condiciones "húmedas" posee una elevada actividad.
2. Las condiciones "húmedas" en las que puede tener lugar la corrosión van de ácidas, pasando por neutras, hasta alcalinas.
3. La corrosión ocurre también entre metales distintos, siendo el menos noble (anódico) el primero en destruirse.
4. En condiciones "húmedas" el acero debe protegerse para prevenir la corrosión (reoxidación).
5. El entorno del acero determina el ritmo de corrosión y el grado de protección requerido; la accesibilidad determina el tipo de tratamiento preventivo de la corrosión adoptado.

## 4. BIBLIOGRAFÍA

[1] ISO 8501 Preparation of steel substrate before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness

[2] ISO 8503 Preparation of steel substrate before application of paints and related products - Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrate.

[3] ISO 8502 Preparation of steel substrate before application of paint and related products - Test for the assessment of surface cleanliness (in preparation).

[4] ISO 8504 Preparation of steel substrate before application of paints and related products - Surface preparation methods (in preparation).

## 5. BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL

1. Uhlig, H. H., "Corrosion and Corrosion Control", 3rd ed, 1985, John Wiley & Sons.

2. Durability of Steel Structures: Protection of Steel Structures and Buildings from Atmospheric Corrosion, ECSC Report 620.197, 1983.

3. "Controlling Corrosion", series of booklets published by the Department of Industry - Committee on Corrosion.

4. BCSA Publication: Steelwork Corrosion Protection Guide - Interior Environments (3rd Ed), 1989 (published jointly with BS, PRA and ZDA).

5. Steelwork Corrosion Protection Guide - Perimeter Walls (2nd Ed), 1989 (Published jointly with BS).

6. Steelwork Corrosion Protection Guide - Exterior Environments (2nd Ed), 1989 (published jointly with BS, PRA and ZDA).

7. Recommended Systems by: Joint publications

| | |
|---|---|
| a. `Building Interiors' | BCSA |
| b. Wall Cavities | BCSA (in preparation) |
| c. Exterior Steelwork | Paint Research Association (in preparation) |
| | Zinc Development Association. |

8. BS 5493 Code of practice for protective coating of iron and steel structured against corrosion.

9. DIN 55928:Part 5 Corrosion protection of steel structures by organic and metallic coatings Part 5 Coating materials and protective systems.

10. Norsk Standard NS 5415 Anti-corrosive paint systems for steel structures.

11. BS Draft for Development DD 24: Recommendations for methods of protection against corrosion on light section steel used in building.

12. ECCS No. 48 Protection against corrosion inside buildings

13. ECCS No. 50 Protection of steel structures against corrosion by coatings.

14. SSPC "Steel Structures Painting Council"

Vol I "Systems and Specifications"

Vol II "Good Painting Practice"

# Apéndice 1

## Características de los revestimientos de pintura y metálicos

Aspectos de la galvanización por inmersión en caliente y de la metalización que se han de considerar:

a. Vida predecible si el entorno se ha evaluado con precisión.

b. Sistemas de aplicación únicos (en algunos casos más sellado).

c. Tiempo reducido en el taller.

d. Buena resistencia a la abrasión.

e. Protección sacrificatoria del acero en las zonas expuestas al daño.

f. Buena resistencia a la corrosión.

g. No deberían utilizarse sin pintar fuera de la gama de pH de 5-12 para el cinc, y de 4-9 para el aluminio, o allí donde el metal se ve sometido a un ataque directo de productos químicos específicos.

La galvanización por inmersión en caliente posee aspectos adicionales:

h. La acción de aleación proporciona un buen enlace metalúrgico.

i. Revestimiento total en esquinas y bordes agudos. La composición del acero influye sobre el espesor.

j. Entre el cinc y la pintura aplicada después pueden surgir problemas que cabe solucionar mediante tratamientos previos especiales, imprimaciones o pinturas de aplicación directa de formulación especial.

Aspectos especiales de la metalización:

k. Puede aplicarse in situ.

l. El espesor del revestimiento puede ser el que se desee.

m. Pueden revestirse estructuras o instalaciones virtualmente de cualquier tamaño.

n. Es a menudo un mejor substrato que la galvanización por inmersión en caliente para los sistemas de pintado.

o. Debería sellarse si se ha de pintar sobre ella.

p. Independientemente del entorno, el metal con metalizado de aluminio se suministra mejor sellado de fábrica.

q. Cuando la exposición no es probable que sea agresiva, el acero metalizado con cinc no necesita ser sellado. Si hay alguna posibilidad requerirá la pintura o el sellado más adelante, por lo que debería sellarse al principio para evitar la formación de productos de la corrosión del cinc.

Los aspectos principales de los sistemas de pintado son:

a. Vida predecible si el entorno se ha evaluado con precisión.

b. No afectan a las propiedades mecánicas del acero.

c. Adecuados para uso en taller e in situ.

d. Pueden aplicarse a estructuras e instalaciones complejas.

e. Existen sistemas disponibles para proteger en la mayoría de entornos y condiciones.

f. Existe una amplia oferta de equipos de pintura.

g. La mayoría de las pinturas son fáciles de reparar y mantener.

h. Existe amplias gamas de colores para seguridad y decoración.

i. Las pinturas de alto rendimiento exigen una calidad elevada de la preparación de la superficie (normalmente limpieza por chorro abrasivo) y es posible que no toleren condiciones de pintura defectuosas.

# ESDEP TOMO 5
# CORROSIÓN

## Lección 5.2: Factores que Gobiernan la Protección del Acero