

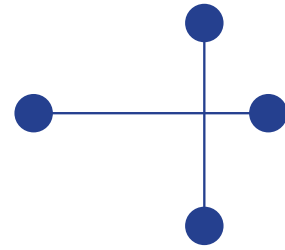
GALVANIZADO EN CALIENTE PARA PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

guía del especificador



GALVANIZADO EN CALIENTE PARA PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

guía del especificador



Corrosión

Qué y Porqué
Proceso de la Corrosión

Galvanizado en Caliente (HDG)

Historia
Proceso

Porqué los Especificadores Eligen HDG

Protección Contra la Corrosión
Barrera, Catódico, Pátina de Zinc

Durabilidad
Resistencia a la Abrasión
Protección Uniforme
Cobertura Completa

Longevidad
Atmósfera
Suelo
Agua
Concreto
Otros Ambientes

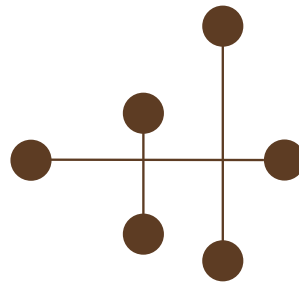
Disponibilidad y Versatilidad
Materiales Abundantes
Eficiencia
Flexibilidad

Estética
Natural/Mezcla
Aplicaciones en Arquitectura
Sistemas Dúplex

Sostenibilidad
Ambiental
Económico

Especificación de HDG

Conclusión



© 2015 American Galvanizers Association. El material que se provee en el presente documento se ha desarrollado para brindar información precisa y acreditada sobre el acero galvanizado posterior a su fabricación. Este material proporciona información general solamente y no está previsto como un sustituto para el examen y la verificación competentes profesionales en cuanto a idoneidad y aplicabilidad. La información que se provee aquí no está prevista como una representación o garantía por parte de la AGA. Cualquiera que emplee esta información asume toda responsabilidad que surja de tal uso.



Corrosión: qué y por qué

La corrosión y la reparación del daño por corrosión son problemas multimillonarios: las últimas estimaciones muestran que la corrosión metálica le cuesta a Estados Unidos aproximadamente \$423 mil millones (\$52 mil millones en Canadá), o cerca del 3% del PBI. Sin embargo, el costo de la corrosión va mucho más allá de lo exclusivamente financiero, también puede generar el desperdicio de recursos naturales, fallas peligrosas y muchos otros costos indirectos. La corrosión es un fenómeno natural que no puede eliminarse por completo nunca; no obstante, pensar que no puede hacerse nada es una idea equivocada. Los sistemas adecuados de protección contra la corrosión al inicio de un proyecto, como el galvanizado en caliente, pueden reducir en grado considerable estos costos anuales.

Por más de 100 años, se ha especificado el galvanizado en caliente después de la fabricación para combatir la corrosión del acero en los ambientes más duros en varios mercados. Aún así, la especificación y el uso de acero galvanizado en caliente evoluciona constantemente a medida que emergen nuevos mercados. Una vez pensado solo como un medio de protección contra la corrosión, el galvanizado en caliente ahora está especificado por una variedad de motivos, como su costo inicial, durabilidad, longevidad, disponibilidad, versatilidad, sostenibilidad e incluso estética. Comprender las características y el rendimiento del acero galvanizado en caliente facilitará y aumentará la especificación del revestimiento en aplicaciones donde el galvanizado mejora el proyecto.

proceso de la corrosión

La corrosión, que se define en términos simples como óxido, es la tendencia de los metales a volver a su estado natural de menor energía, la mena. La corrosión metálica es un proceso electromecánico, indicador de que implica reacciones químicas y el flujo de electrones. Un proceso electromecánico básico que impulsa la corrosión de los metales es la acción galvánica, donde la corriente se genera internamente mediante reacciones físicas y químicas que se dan entre los componentes de una celda.

La corrosión tiene un costo de US

\$423 mil millones

anuales



corrosión galvánica

Hay dos tipos principales de celdas galvánicas que ocasionan la corrosión: el par bimetálico y la celda de concentración. Un par bimetálico (*Ilustración 1*) es como una batería, que consiste en dos metales diferentes sumergidos en una solución de electrolitos. Una corriente eléctrica (flujo de electrones) se genera cuando los dos electrodos están conectados por un trayecto metálico continuo externo. Una celda de concentración consta de un ánodo y cátodo del mismo metal o aleación y una vía de corriente de retorno. La fuerza electromotora surge de la diferencia en concentración de las soluciones en contacto con el metal(es). En la celda galvánica hay cuatro elementos necesarios para que se produzca la corrosión:

- **Ánodo** - Electrodo donde se descargan iones negativos y se forman iones positivos, u ocurren otras reacciones oxidantes. La corrosión ocurre en el ánodo.
- **Cátodo** - Electrodo donde se descargan iones positivos y se forman iones negativos, u ocurren otras reacciones reductoras. El cátodo está protegido de la corrosión.
- **Electrolito** - Medio conductual donde el flujo de corriente está acompañado por movimiento de materia. Los electrolitos incluyen soluciones acuosas de ácidos, bases y sales.
- **Trayecto de corriente de retorno** - La trayectoria metálica que conecta el ánodo al cátodo. A menudo es el sustrato subyacente.

Quitar cualquiera de estos elementos detendrá el flujo de corriente y la corrosión galvánica no se producirá. Sustituir el ánodo o el cátodo por un metal diferente puede modificar la dirección de la corriente, lo que genera un cambio en los electrodos que experimentan la corrosión.

La Serie galvánica de metales lista metales y aleaciones en orden decreciente de actividad eléctrica. Los metales más cerca de la parte superior de la tabla son los “menos nobles” y tienen mayor tendencia a perder electrones que los metales en la parte inferior de la lista. El galvanizado en caliente explota este fenómeno al sacrificar zinc (ánodo) para proteger el acero subyacente (cátodo).

corrosión del acero

El proceso de corrosión que se lleva a cabo en una pieza de acero desnudo es muy complejo debido a las variaciones en la composición/estructura del acero, la presencia de impurezas por la instancia superior de acero reciclado, el estrés interno irregular o la exposición a un ambiente no uniforme.



Corriente Convencional

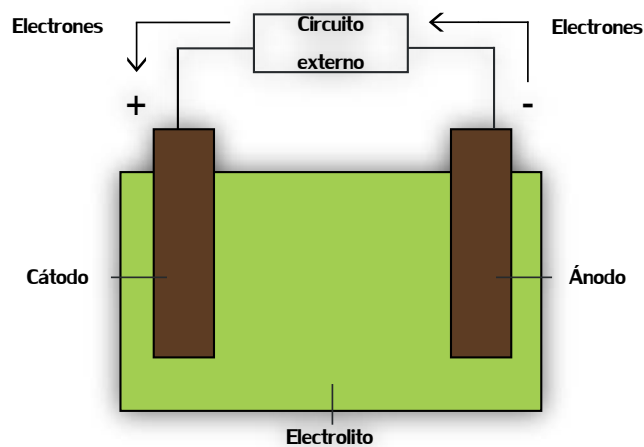
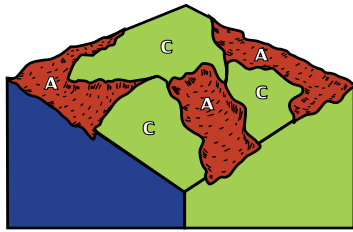


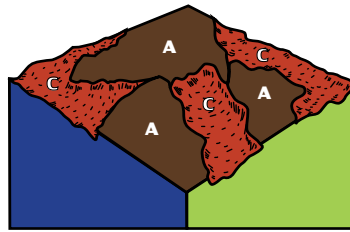
Ilustración 1: Par bimetálico

Para las áreas microscópicas del metal expuesto es fácil volverse relativamente anódicas o catódicas, y muchas de estas áreas pueden desarrollar una sección pequeña del metal expuesto. Por eso, es muy posible que se presenten diversos tipos de celdas de corrosión galvánica en la misma área pequeña de una pieza de metal bajo corrosión activa.

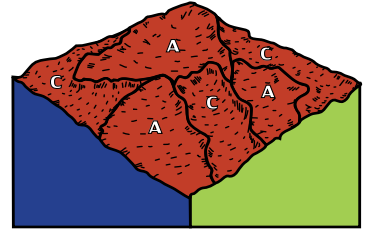




Mosaico de ánodos y cátodos, conectados eléctricamente por el acero subyacente.



La humedad en el aire brinda la trayectoria eléctrica entre ánodos y cátodos. Debido a diferencias en el potencial, la corriente eléctrica comienza a fluir a medida que se consumen las áreas anódicas. Los iones de hierro producidos en el ánodo se combinan con el ambiente para formar el óxido de hierro descascarado conocido como óxido.



Mientras las áreas anódicas se corroen, se expone un nuevo material de composición y estructura distintas. Esto genera un cambio de potenciales eléctricos y modifica la ubicación de lugares anódicos y catódicos. Con el tiempo, las áreas antes no corroídas son atacadas y esto provoca una corrosión de superficie uniforme. Este estado continúa hasta que el acero está consumido por completo.

Ilustración 2: Cambios en áreas catódicas y anódicas

A medida que progresa el proceso de corrosión, el electrolito puede cargarse debido a los materiales que se disuelven o se precipitan de la solución. Además, los productos de la corrosión pueden tender a desarrollarse en ciertas áreas del metal. Con el tiempo, puede haber un cambio en la ubicación de las áreas catódicas y anódicas, y las áreas antes no corroídas del metal son atacadas y se corroen (*Ilustración 2*).

La tasa de corrosión de los metales está controlada por factores como la temperatura, la humedad, el pH del electrolito y el potencial eléctrico y la resistencia de las áreas anódicas y catódicas.

Galvanizado en caliente (HDG) para la protección contra la corrosión

El galvanizado en caliente es el proceso de inmersión de acero o hierro fabricado en una caldera o baño de zinc fundido. El proceso es inherentemente simple, lo que brinda una ventaja distintiva en contraste con otros métodos de protección contra la corrosión. Con su origen hace más de 250 años, presentamos un recorrido más detallado de su historia y proceso.



historia del galvanizado

La historia registrada del galvanizado comienza en 1742, cuando P. J. Malouin, un químico francés, describió un método para revestir hierro al sumergirlo en zinc fundido en una presentación a la Real Academia Francesa. Treinta años después, Luigi Galvani, de aquí el nombre del galvanizado, descubrió más sobre el proceso electromecánico que se produce entre metales. La investigación de Galvani se extendió en 1829 cuando Michael Faraday descubrió la acción sacrificial del zinc, y en 1836, el ingeniero Sorel obtuvo una patente para el proceso de galvanizado inicial. Para 1850, la industria de galvanizado británica ya empleaba 10.000 toneladas de zinc al año para la protección del acero, y en 1870 se abrió la primera planta de galvanizado en Estados Unidos. En el presente, el galvanizado puede hallarse en casi toda aplicación e industria importantes donde se use hierro o acero. El galvanizado en caliente cuenta con una historia evidenciada y en crecimiento en diversas aplicaciones alrededor del mundo.



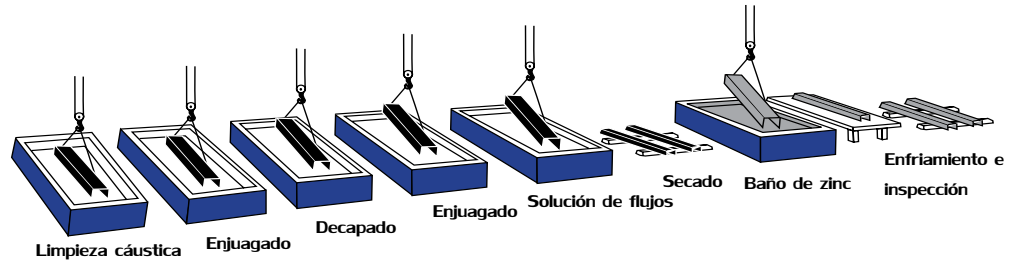
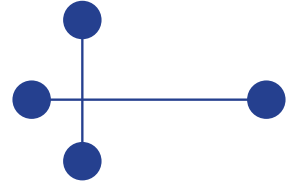


Ilustración 3: Proceso de galvanizado en caliente de lotes

proceso de galvanizado

El proceso de galvanizado en caliente consta de tres instancias básicas: preparación, galvanizado e inspección de la superficie (*Ilustración 3*).



preparación de la superficie

La preparación de la superficie es la instancia más importante al momento de aplicar cualquier revestimiento. Gran parte de los casos donde falla el revestimiento antes de que termine su vida útil prevista se dan por la preparación incorrecta o inadecuada de la superficie.

Esta instancia, en el proceso de galvanizado, cuenta con sus propios medios incorporados de control de calidad básicamente porque el zinc no reacciona con el acero no limpio. Cualquier falla o deficiencia en la preparación de la superficie será notable de inmediato cuando se retire el acero del baño de zinc, ya que las áreas no limpias permanecerán sin revestir. Se deben tomar medidas correctivas inmediatas.

La preparación de la superficie para el galvanizado consta de tres pasos:

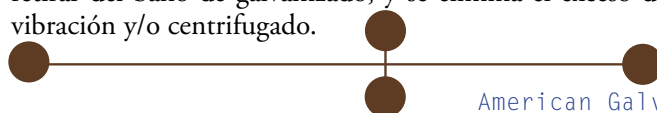
- **Desengrasado** - Una solución alcalina caliente, un baño ácido leve o un baño de limpieza biológica elimina los contaminantes orgánicos como la tierra, las marcas de pintura, la grasa y el aceite de la superficie de acero. Los epoxis, los vinilos, el asfalto o la escoria de soldadura, que no pueden eliminarse mediante el desengrasado, deben quitarse antes del galvanizado mediante granallado, arenado u otros medios mecánicos.
- **Decapado** - Una solución diluida de ácido sulfúrico caliente o ácido clorhídrico a temperatura ambiente elimina la batidura y los óxidos de hierro (herrumbre) de la superficie de acero. Como una alternativa a, o junto con el decapado, este paso se puede lograr con limpieza abrasiva, chorro de arena, granalla o perla de vidrio al acero
- **Aplicación de flujos** - El último paso de la preparación de la superficie en el proceso de galvanizado, una solución de cloruro de amonio de zinc, tiene dos propósitos. Elimina cualquier óxido restante y deposita una capa protectora en el acero para impedir que se formen más óxidos en la superficie antes de la inmersión en el zinc fundido.



galvanizado

En la verdadera instancia de galvanizado del proceso, se sumerge por completo el material en un baño de zinc fundido. La química del baño está especificada en la B6 de la ASTM, y requiere al menos 98% de zinc puro mantenido a aproximadamente 449 °C (840 °F).

Mientras está sumergido en la caldera, el zinc reacciona con el hierro en el acero y forma una serie de capas intermetálicas de aleación zinc/hierro. Una vez que se completa el crecimiento del revestimiento de los artículos fabricados, se los puede retirar del baño de galvanizado, y se elimina el exceso de zinc mediante drenaje, vibración y/o centrifugado.





La reacción metalúrgica continuará después de haberse retirado el artículo del baño, siempre y cuando permanezca cerca de la temperatura de baño. Los artículos se enfrían por inmersión en una solución de pasivación o agua o al dejarlos al aire libre.

inspección

La inspección del acero galvanizado en caliente es simple y rápida. Las dos propiedades del revestimiento galvanizado en caliente escudriñadas con minuciosidad son el aspecto y el espesor del revestimiento. Se puede realizar cierta cantidad de pruebas físicas y de laboratorio para determinar el espesor, la uniformidad, la adherencia y el aspecto.

Los productos se galvanizan según los estándares aceptados y aprobados, establecidos hace tiempo, de la ASTM, la Canadian Standards Association (CSA), la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Estos estándares cubren todo, desde los mínimos espesores de revestimiento requeridos para varias categorías de artículos galvanizados hasta la composición del metal de zinc empleado en el proceso.

Los métodos de prueba y la interpretación de resultados se tratan en la publicación Inspección de productos galvanizados en caliente después de su fabricación, publicada por la American Galvanizers Association (AGA). Esta publicación, como también todas las otras remitidas en esta guía, pueden encontrarse en la página web de la AGA (www.galvanizeit.org).

Porqué los especificadores eligen el galvanizado en caliente

En la tradición, el acero galvanizado en caliente está especificado por su protección superior contra la corrosión, en especial en ambientes severos. Aunque la resistencia a la corrosión es inherente cuando se emplea el galvanizado, una cantidad cada vez mayor de especificadores eligen el acero galvanizado en caliente por otros motivos, como su costo inicial más bajo, durabilidad, longevidad, disponibilidad, versatilidad, estética y sostenibilidad.

protección contra la corrosión

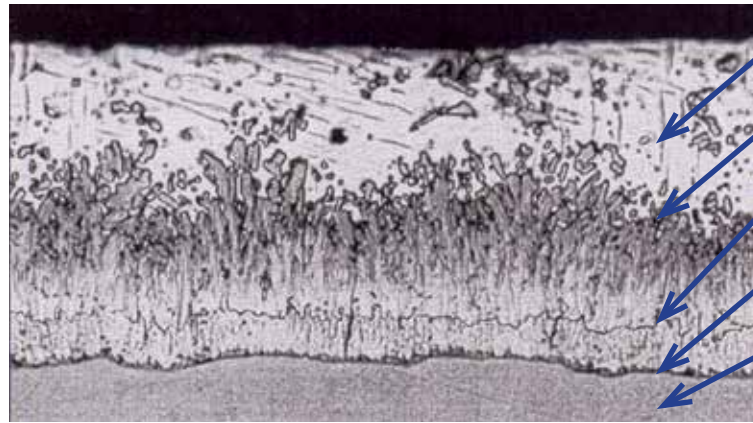
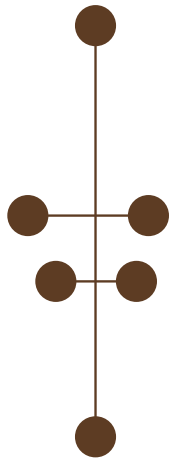
El acero es un material de construcción abundante y eficiente que ofrece a los especificadores libertad de diseño. Sin embargo, para los proyectos expuestos a la atmósfera y otros ambientes severos, es crítico revestir el acero para protegerlo de la corrosión. A menudo los proyectos grandes de construcción tiene una vida de diseño objetiva de 50 a 100 años, donde se destaca la necesidad de una protección contra la corrosión que sea durable y perdure. El galvanizado en caliente (HDG) brinda tres niveles de resistencia a la corrosión del acero: protección de barrera, protección catódica y pátina de zinc.

protección de barrera

La primera línea de la defensa contra la corrosión es la protección de barrera. Como sucede con las pinturas, el galvanizado en caliente brinda protección al aislar el acero de los electrolitos en el ambiente. Mientras la barrera esté intacta, el acero está protegido y la corrosión no se producirá. No obstante, si se penetra la barrera, la corrosión comenzará.

Dado que la barrera debe permanecer intacta para brindar resistencia a la corrosión, cuenta con dos propiedades fundamentales de protección de barrera: la adhesión al metal base y la resistencia a la abrasión. La naturaleza impermeable y fuertemente unida del metal de zinc lo vuelve un revestimiento de barrera excelente. Los revestimientos como la pintura con agujeros de alfiler son susceptibles a la penetración de elementos que ocasionan que la corrosión bajo la película se disperse rápido.





Eta
(100% Zn)
70 NDV de dureza

Zeta
(94% Zn 6% Fe)
179 NDV de dureza

Delta
(90% Zn 10% Fe)
244 NDV de dureza

Gamma
(75% Zn 25% Fe)
250 NDV de dureza

Acero Base
(100% Fe)
159 NDV de dureza

Ilustración 5: Fotomicrografía de un revestimiento galvanizado

protección catódica

Además de la protección de barrera, el galvanizado en caliente protege el acero de forma catódica, es decir, el zinc se corroerá por preferencia para proteger el acero desnudo subyacente. La Serie galvánica de metales (*Ilustración 4*) es una lista de los metales ordenados por actividad electromecánica en agua salada (el electrolito). Este arreglo de metales determina qué metal será el ánodo y cátodo cuando se ponen dos en una celda electrolítica. Los metales más altos en la lista son anódicos a los metales debajo de ellos, es decir, proveen protección catódica o sacrificial cuando los dos están conectados. Por eso, el zinc protege el acero. De hecho, la protección catódica está garantizada incluso si el revestimiento HDG está dañado hasta el punto de exponer el acero desnudo (hasta 6,33 mm de diámetro). La corrosión no iniciará hasta que todo el zinc circundante esté consumido.

pátina de zinc

Y el factor final en la protección duradera contra la corrosión del HDG es el desarrollo de la pátina de zinc. La pátina de zinc es la formación de subproductos de la corrosión de zinc sobre la superficie del revestimiento. El zinc, como todos los metales, comienza a corroerse cuando se lo expone a la atmósfera. Como los revestimientos galvanizados están expuestos tanto a humedad y aire de libre fluidez, se formarán subproductos de la corrosión naturalmente sobre la superficie del revestimiento. La formación de estos subproductos (óxido de zinc, hidróxido de zinc y carbonato de zinc) se produce durante los ciclos naturales de humectación y secado en el ambiente. La pátina de zinc, una vez desarrollada por completo, ralentiza la tasa de corrosión del zinc hasta 1/30 parte de la tasa del acero en el mismo ambiente, y actúa como una barrera adicional impermeable y pasiva para el revestimiento galvanizado en caliente.

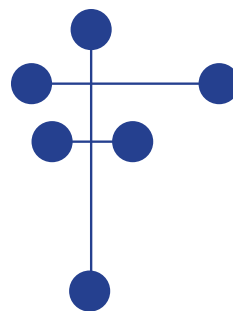
durabilidad

Otro aspecto del galvanizado en caliente es la durabilidad comprobada. El acero galvanizado en caliente ha estado especificado ampliamente en proyectos

petroquímicos, industriales, de energía/servicios y creación de puentes/carreteras por su durabilidad sin comparación en estos ambientes severos. El galvanizado en caliente retiene su durabilidad gracias a su resistencia a la abrasión, protección uniforme y cobertura completa.

resistencia a la abrasión

Una característica única del revestimiento galvanizado en caliente es el desarrollo de capas intermetálicas resistentes a la abrasión que están fuertemente unidas (~3600 psi). La *Ilustración 5* es un corte transversal de un revestimiento galvanizado en caliente de tres capas intermetálicas (gamma, delta y zeta) y la capa superior de zinc puro (eta). Durante el proceso de galvanizado, estas capas se desarrollan de forma natural en la reacción metalúrgica entre el hierro en



En teoría, cualquiera de estos metales o aleaciones se corroerán mientras ofrecen protección a cualquier otro por debajo en la serie, siempre y cuando estén conectados eléctricamente. Sin embargo, en la práctica real, el zinc es por mucho el más eficaz en este aspecto.

EXTREMO CORROÍDO Anódico o el menos noble

Magnesio
Zinc
Aluminio
Cadmio
Acero
Plomo
Estaño
Níquel
Latón
Bronce
Cobre
Aleaciones de níquel/cobre
Aceros inoxidables (pasivos)
Plata
Oro

Catódico o el más noble EXTREMO PROTEGIDO

Ilustración 4: Serie galvánica

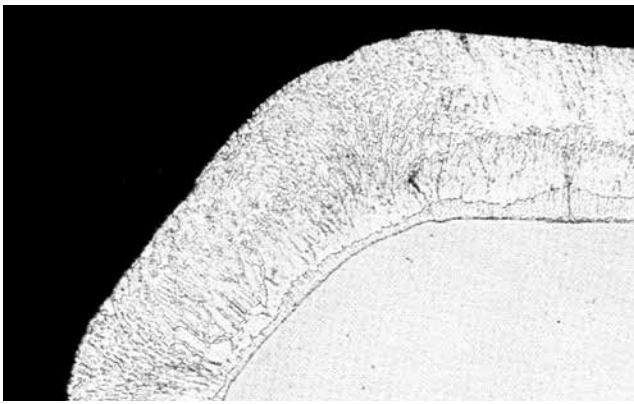


Ilustración 6: Revestimiento de zinc alrededor de borde curvado

el acero y el zinc en la caldera. Como muestra también la fotomicrografía, la dureza de cada una de las capas como un número de dureza Vickers (NDV), puede observar que las tres capas intermetálicas son más duras que el acero desnudo, mientras que la capa eta posee ductilidad, lo que dificulta mucho dañar el revestimiento HDG.

La resistencia a la abrasión del galvanizado en caliente provee una protección sin paralelo contra el daño causado por la manipulación hostil durante el transporte y la instalación, y también durante el servicio. Otros revestimientos con menores fuerzas de unión (300 a 600 psi) pueden dañarse con facilidad durante el envío y la construcción, lo que debilita su eficacia, ya que la protección de barrera depende de la integridad del revestimiento.



protección uniforme

Otro aspecto de la durabilidad del HDG es su protección uniforme. Durante la reacción de difusión metalúrgica en la caldera de galvanizado, el revestimiento galvanizado crece perpendicular a todas las superficies. Por eso, el revestimiento es, por naturaleza, tan espeso en las esquinas y bordes como en las superficies planas (Ilustración 6). Como el daño al revestimiento por lo general se produce en los bordes, es importante añadir más protección a estas coyunturas. Los revestimientos aplicados con cepillo o espray tiene una tendencia natural a disminuir de volumen en las esquinas y bordes, lo que deja la parte propensa a recibir ataques. La protección uniforme del acero galvanizado en caliente no deja puntos débiles para la corrosión acelerada.

cobertura completa

El galvanizado en caliente es un proceso de inmersión total, es decir, el acero se sumerge por completo en soluciones de limpieza y el zinc fundido reviste todas las superficies interiores y exteriores. Esta cobertura completa garantiza incluso el interior de estructuras huecas o tubulares y también se revisten los roscados de los sujetadores. Como la corrosión tiene a darse a una mayor tasa en el interior de estructuras huecas, donde se producen humedad y condensación, la cobertura interior es muy beneficiosa. Las estructuras huecas pintadas no cuentan con protección contra la corrosión en el interior. Los sujetadores revestidos por completo son igual de importantes, ya que se los emplea en puntos de conexión que son críticos para la integridad de la estructura.

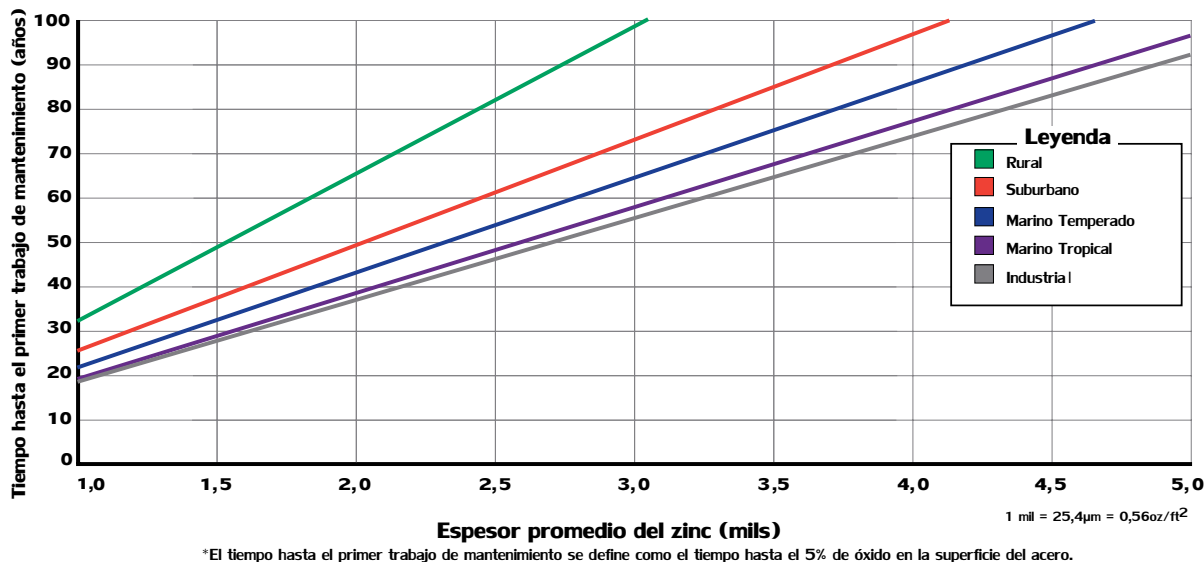
Durabilidad



Planta de Reciclaje de Agregados
Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos

Esta planta de reciclado está sujeta a condiciones ambientales y operativas extremadamente severas. Ubicada en Abu Dhabi, la instalación está sujeta a rayos UV constantes, más de 48 °C e incluso tormentas de arena. Las condiciones creadas por el uso dificultoso de una machacadora de agregados también la erosionan de forma constante.

Para este proyecto se galvanizaron más de 450 mil kilogramos de acero estructural, secciones transportadoras, tolvas y acero para escaleras. Para protegerlo del ambiente severo, la barrera superior y la protección contra la corrosión del acero galvanizado en caliente trabajan para preservar esta estructura y mantenerla funcionando sin problemas.



*El tiempo hasta el primer trabajo de mantenimiento se define como el tiempo hasta el 5% de óxido en la superficie del acero.

Ilustración 7: Cuadro de tiempo hasta el primer trabajo de mantenimiento

Longevidad

El acero galvanizado en caliente a menudo se utiliza en algunos de los ambientes más duros imaginables, y aún así brinda longevidad sin mantenimiento por décadas. La resistencia a la corrosión del galvanizado en caliente varía según el ambiente circundante, pero por lo general se corroe a una tasa de 1/30 del acero desnudo en un ambiente similar. Mediante las mediciones de la tasa de consumo real del revestimiento durante los primeros años de servicio se consiguen datos sólidos para proyectar una estimación conservadora de la vida restante hasta el primer trabajo de mantenimiento, porque a medida que se forman los productos de la corrosión del zinc en la superficie, que en la mayoría de los ambientes son adherentes y bastante insolubles, la tasa de corrosión por lo general se ralentiza con el tiempo.

Ya sea expuesto a la atmósfera, sujeto a rayos UV abrazadores, nieve y/o otros elementos, sumergido en agua o incrustado en suelo o concreto, el acero galvanizado puede resistir los distintos elementos corrosivos y satisfacer la vida diseño prevista. Para más información sobre la longevidad del acero galvanizado en caliente, consulte la publicación de la AGA *Rendimiento de Productos de Acero Galvanizado en Caliente*.

en la atmósfera

El ambiente de exposición más común para el acero galvanizado en caliente es la atmósfera. Como el acero galvanizado en caliente está expuesto a la atmósfera, el zinc interactúa con el aire de libre fluidez y la humedad para desarrollar pátina de zinc. La pátina de zinc es crítica para la longevidad del acero galvanizado en la atmósfera; y por eso, las pruebas aceleradas de espray de sal que no imitan las condiciones de exposición reales no son un predictor preciso de la longevidad del HDG.

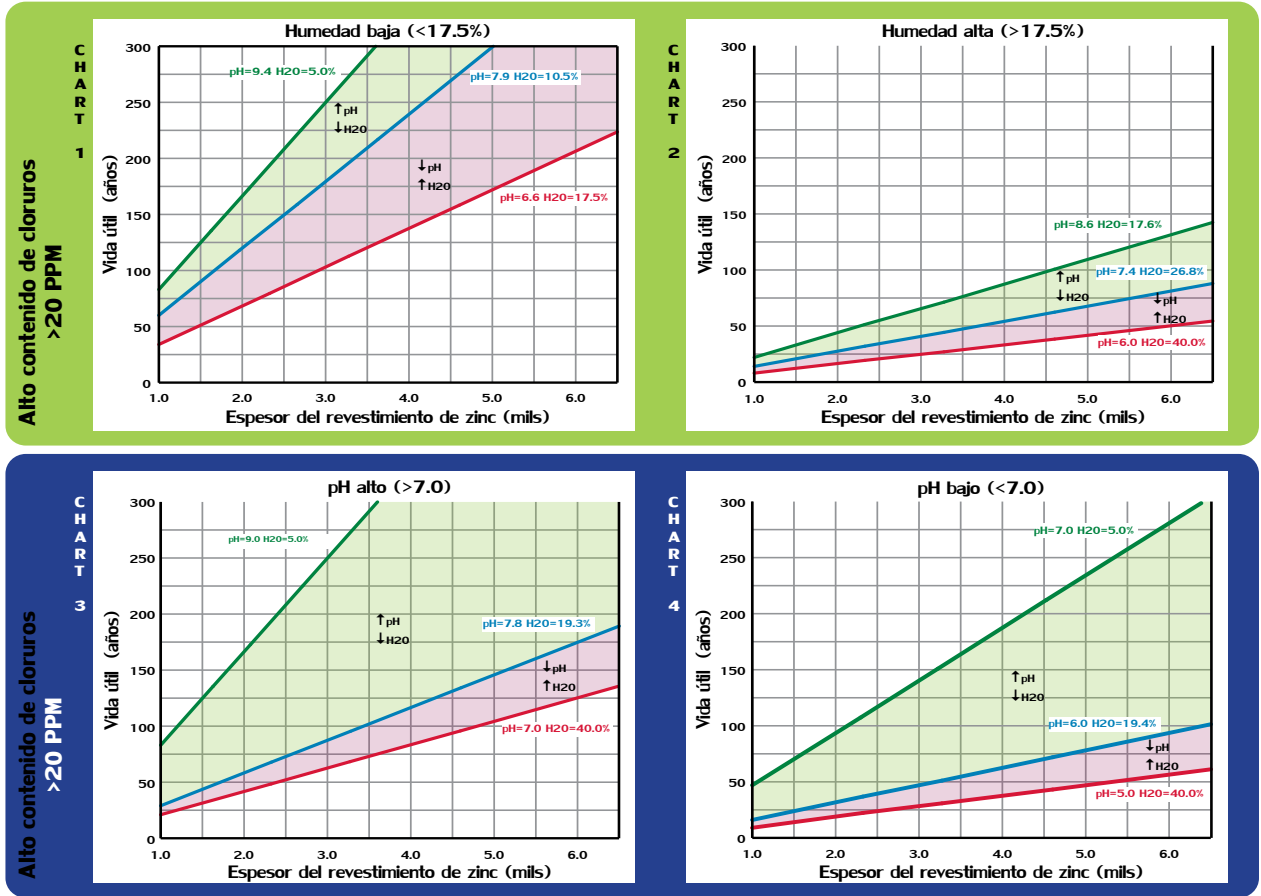
El rendimiento del acero galvanizado en caliente expuesto a la atmósfera depende de cinco factores principales: temperatura, humedad, precipitación, concentración de dióxido de azufre (contaminación) en el aire y salinidad en el aire. No se puede señalar

a ninguno de estos factores como el contribuyente principal de la corrosión del zinc, pero todos tienen un papel al determinar la protección contra la corrosión que los revestimientos galvanizados en caliente (zinc) pueden brindar en ciertas condiciones atmosféricas.

Por casi un siglo, las pruebas independientes e industriales de muestras en cinco ambientes (industrial, rural, suburbano, marino tropical y marino temperado) han generado datos de rendimiento reales sobre el acero galvanizado en caliente. Mediante estos datos reales de corrosión, métodos estadísticos y tecnología de red neuronal, el Dr. Gregory Zhang de Teck Metals Ltd. desarrolló el Predictor de vida del revestimiento de zinc (ZCLP) para estimar la vida útil de los revestimientos galvanizados en caliente en condiciones atmosféricas. Con el ZCLP puede ingresar parámetros específicos para cualquier ambiente y obtener el tiempo estimado hasta el primer trabajo de mantenimiento (TFM) para el revestimiento galvanizado (Ilustración 7).

El tiempo hasta el primer trabajo de mantenimiento está definido como el 5% de oxidación de la superficie del metal base, es decir, el 95% del revestimiento de zinc aún está intacto, y se recomienda un trabajo de mantenimiento inicial para ampliar la vida útil de la superficie. Según la A123 de la ASTM, la especificación que rige el galvanizado en caliente, el acero de 6,35 mm de espesor o más debe tener al menos 3,9 mils de zinc en la superficie, pero la mayoría de las veces habrá más que el mínimo requerido. Por eso, con el cuadro de TFM, el acero galvanizado en caliente (>6,35 mm de espesor) brinda entre 72 y 73 años de vida útil hasta el primer trabajo de mantenimiento, incluso en la atmósfera más corrosiva: la industrial.

Vida Estimada en Suelo del Acero Galvanizado en Caliente



*La vida útil se define como el tiempo hasta el reemplazo de la parte o mantenimiento bajo tierra

1 mil = 25.4 μm = 0.56 oz/ft²

• **Ilustración 8: Cuadros de sólidos**

en suelo

Otra exposición común para el acero galvanizado en caliente es el enterramiento parcial o total en suelo. Con más de 200 tipos distintos de suelo identificados en Estados Unidos, el rendimiento del galvanizado en caliente en el suelo varía y es difícil de predecir. Los factores principales que dictan la corrosividad del suelo son el contenido de humedad, el nivel de pH y los cloruros. Las condiciones del suelo se ven afectadas por otras características como la aireación, la temperatura, la resistencia y la textura o el tamaño de partícula. Una regla general es que el galvanizado rinde bien en suelos arenosos marrones, y no tan bien en suelos grises de tipo barro. Esto se debe a que el suelo con partículas más grandes expelen la humedad de la superficie más rápido, por lo que la pieza galvanizada tiene menos exposición a la humedad.

El primer paso para estimar el rendimiento del acero galvanizado en caliente en suelo es clasificarlo. Y como las tasas de corrosión del acero en suelo pueden cambiar de menos de 20 micrones por año, en condiciones favorables, a 200 micrones por año o más en suelos muy agresivos, clasificar mal el suelo puede conducir a un rendimiento no predicho. La AGA ha desarrollado un cuadro para estimar el rendimiento del HDG en suelo según datos reales de corrosión. En este caso, la vida útil se define como el consumo total del revestimiento por encima del 25%, y es una indicación de cuándo debe

reemplazarse la estructura. Hay cuatro cuadros diferentes que se basan en la clasificación del suelo (*Ilustración 8*). Con el cuadro, la primera clasificación es por contenido de cloruro: los cuadros 1 y 2 (fila superior) se usan para suelos con alto contenido de cloruros (>20 PPM), y los cuadros 3 u 4 (fila inferior) se usan para suelos con bajo contenido de cloruros (<20 PPM).

Una vez identificado el contenido de cloruro, hay una segunda clasificación para determinar el cuadro correcto que debe usarse. Para suelos con alto contenido de cloruros, la segunda determinación debería ser el contenido de humedad. Los suelos con baja humedad (<17,5%) van en el cuadro 1, mientras que los suelos con alta humedad (>17,5%) van en el cuadro 2. Para el bajo contenido de cloruros, la segunda determinación es el nivel de pH. Los suelos con altos niveles de pH (>7,0) van en el cuadro 3, mientras que los suelos con bajo pH (<7,0%) van en el cuadro 4.

La línea azul en los cuatro cuadros representa el promedio para suelos sondeados en nuestro grupo característico. La línea verde representa el mejor suelo en la categoría analizada, y la roja representa el peor suelo en la categoría del estudio. Las áreas sombreadas muestran cómo los cambios en el pH y contenido de humedad afectan la vida útil estimada. Adoptando 3,5 mils como un espesor mínimo para HDG enterrado en suelo, el cuadro muestra que la vida útil promedio en los suelos más duros (no común) sería de aproximadamente 50 años, y en los mejores suelos superaría los 120 años.

Longevidad



Metrolina Greenhouses
Huntersville, Carolina del Norte

Establecido en 1971 con un invernadero de 1850 metros cuadrados en 3 acres en Charlotte, Carolina del Norte, Metrolina Greenhouses ha llegado a ser el invernadero de sitio más grande en los Estados Unidos. El primer invernadero fue una estructura galvanizada cubierta de plástico de un acre. El galvanizado en acero, usado desde el primer día, ha sido integral para toda nueva expansión y construcción. El acero galvanizado se diseñó para usarse en los primeros edificios y toda futura construcción lo tendrá para proteger el acero del ambiente húmedo del invernadero.

La nueva adición de \$50 millones de Metrolina Greenhouses aumentará el tamaño total del edificio a 539 mil metros cuadrados. Emplean a 550 personas al año y usan un adicional de 300 trabajadores temporales durante los tiempos pico del año. Cada año se cultivan más de 75 millones de plantas y 700 variedades en este invernadero con calefacción.

El fundador de Metrolina se remitió a la vida excepcionalmente larga del acero galvanizado en el ambiente caliente y húmedo del invernadero como una parte integral de los objetivos de construcción y producción. Después de 41 años, el acero galvanizado en caliente ha protegido las estructuras del invernadero de la corrosión en un ambiente constantemente húmedo, y seguirá haciéndolo exento de mantenimiento por muchas más décadas de actividad de invernadero y producción de planta.

en ambientes ricos en humedad

Un ambiente menos común para el acero galvanizado es sumergido o expuesto al agua. La humedad es muy corrosiva para la mayoría de los metales, incluidos el acero y el zinc. No obstante, dado el desarrollo de la pátina de zinc pasiva y en gran parte no soluble, la tasa de corrosión del acero galvanizado es mucho más lenta que la del acero desnudo. Hay diversos tipos de agua (agua pura, agua dulce natural, agua potable (tratada) y agua salada), y cada una tiene mecanismos distintos que determinan la tasa de corrosión.

Como sucede con los suelos, las variedades del agua dificultan predecir las tasas de corrosión. Aunque el nivel de pH provoca el efecto más intenso, muchos parámetros afectan la corrosión de los metales en un ambiente acuoso, incluidos el contenido de oxígeno, la temperatura del agua, la agitación, la presencia de inhibidores y las condiciones de marea. A pesar de la dificultad para predecir la corrosión, el acero galvanizado en caliente es uno de los mejores métodos de protección contra la corrosión para aplicaciones sumergidas dada su cobertura completa y uniforme.

El agua con alto contenido de oxígeno o dióxido de carbono libre es más corrosiva que el agua con menor contenido de estos gases, y el agua dura es mucho menos corrosiva que la blanda. Una escama natural de sales insolubles tiende a formarse sobre la superficie galvanizada bajo condiciones de dureza moderada o alta del agua. Estas sales se combinan con el zinc para formar una barrera protectora de carbonato de calcio y carbonato de zinc básico.

Como sucede con el agua dulce, los revestimientos galvanizados brindan una considerable protección al acero sumergido en agua salada y expuesto a espray de sal. Los factores influyentes en la corrosión de zinc en el agua dulce también aplican para el agua salada; no obstante, las sales disueltas (fundamentalmente sulfuros y cloruros) en agua salada son los determinantes principales del comportamiento de la corrosión del zinc. Dado el alto nivel de cloruro en el agua salada, puede esperarse una alta tasa de corrosión de zinc. No obstante, la presencia de iones de magnesio y calcio tiene un fuerte efecto inhibitor sobre la corrosión del zinc.



en concreto

El concreto es un material en extremo complejo. El uso de varias clases de concreto en la construcción ha hecho que sus propiedades químicas, físicas y mecánicas y su relación con los metales sean un tema continuo en estudios. Se incrustan barras de acero de refuerzo (barra secundaria) en concreto para proporcionar resistencia, y son críticas para la integridad y el rendimiento de la estructura durante su vida útil. Como el concreto es un material poroso, los elementos corrosivos como el agua, los iones de cloruro, el oxígeno, el dióxido de carbono y otros gases viajan a la matriz del concreto y, con el tiempo, alcanzan la barra de refuerzo. Una vez que la concentración de estos elementos corrosivos sobrepasa el umbral de corrosión del acero, la barra de refuerzo comienza a corroerse. A medida que esta se corroe, surge presión alrededor de la barra y se produce el agrietamiento, el manchado y el eventual descascarillamiento del concreto (*Ilustración 9*).

Como la deficiencia de la barra de refuerzo conduce a una capacidad estructural comprometida o de fracaso, la protección contra la deficiencia prematura de la barra de refuerzo es clave. Como sucede en la atmósfera, la barra de refuerzo galvanizada extiende la vida útil del acero en el concreto. Los mecanismos de corrosión en el concreto son muy distintos que en la exposición atmosférica, y uno de los principales factores es la concentración de cloruro. La barra de refuerzo galvanizada puede resistir una concentración de cloruro al menos cuatro a cinco veces más alta que el acero negro, y permanece pasivada en niveles más bajos de pH, lo que ralentiza la tasa de corrosión.

Además de la tolerancia más alta al cloruro, una vez que se forman productos de corrosión del zinc en la barra de refuerzo galvanizada, son menos voluminosos que el óxido de hierro y, de hecho, pueden migrar de la barra. La Ilustración 10 muestra la migración de las partículas blancas de zinc de la barra (revestimiento galvanizado) y hacia los poros de la matriz de concreto. Tal migración impide que el aumento de la presión y del descascarillamiento causado por las partículas de óxido de hierro.

La vida útil total del acero galvanizado en concreto comprende el tiempo que le lleva al zinc despasivarse, más el tiempo que lleva el consumo del revestimiento de zinc, ya que se sacrifica para proteger el acero subyacente. Solo después de que el revestimiento se haya consumido por completo en una región de la barra comenzará la corrosión de acero localizada.

Pueden encontrarse estudios e información adicionales sobre barras de refuerzo galvanizadas en www.galvanizedrebar.com y en la publicación de la AGA *Acero de Refuerzo Galvanizado en Caliente: Guía del especificador*, o en la página web de la AGA en www.galvanizeit.org.

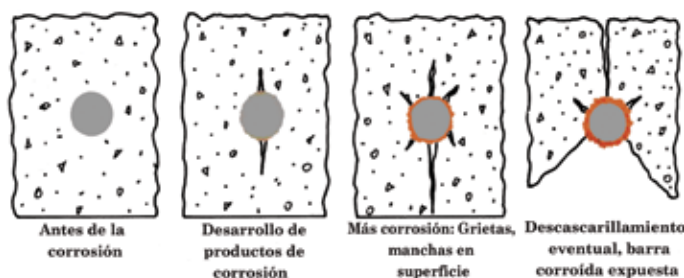


Ilustración 9: Descascarillamiento de concreto

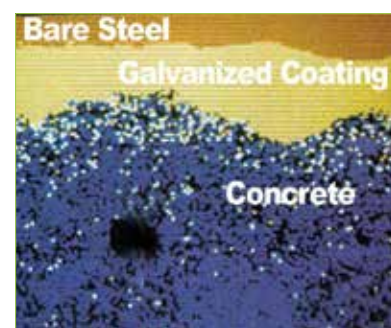
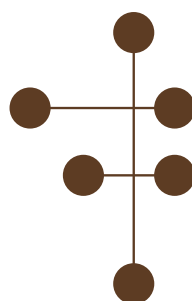
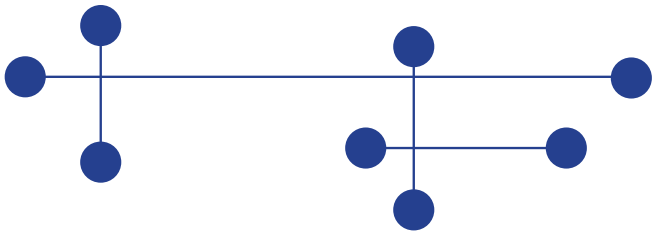


Ilustración 10: Migración de zinc en barra de refuerzo





Disponibilidad y versatilidad



Talbot Substation
Dayton, Washington

Uno de los grandes beneficios de utilizar acero galvanizado en caliente para la protección contra la corrosión es que las piezas galvanizadas pueden almacenarse con facilidad para su futuro empleo. Esto quiere decir que los dueños pueden apilar elementos que saben necesitarán para realizar reemplazos o expansiones, los compran cuando los precios están bajos y crean una pila de bienes usables para el futuro.

Esto se muestra en especial beneficioso para estructuras como subestaciones, torres de distribución, torres de líneas de telefonía celular, autopistas y productos de transporte (vallas de seguridad, postes de señalización, postes de iluminación, barandas) y más.

Una subestación, como la de arriba, con facilidad puede apilar e incluso almacenar elementos en sitio, expuestos a los elementos. Como esperan ser usados, la barrera de zinc durable y la protección catódica mantendrán a las piezas exentas de corrosión y listas para usarse más adelante.

Cuarenta y siete toneladas de acero se galvanizaron para la subestación Talbot, incluido todo el acero estructural, sujetadores, tornillos de anclaje, incrustaciones en concreto, bolardos, soportes de montaje de fijación ligera y todas las plataformas en tierra de operador de interruptores. Las partes de reemplazo para estas piezas y más podrían comprarse fácilmente por adelantado y almacenarse, mientras espera para usarlas, con la protección del acero galvanizado.

en otros ambientes

Hay cierta cantidad de otros ambientes donde el acero galvanizado en caliente está especificado frecuentemente por su longevidad. Algunos ambientes donde el acero galvanizado en caliente puede rendir bien son soluciones químicas con pH neutro (4-13), en contacto con madera tratada y en temperaturas extremas (-40 C a 200 C). Los ambientes donde no se recomienda el HDG son soluciones químicas con niveles de pH fuera de los enumerados y en contacto con otros metales. Dos excepciones a la regla de los metales diferentes son el aluminio y el acero inoxidable, salvo que estén en presencia de agua salada o aire con un alto contenido de cloruro.

disponibilidad y versatilidad

El acero galvanizado en caliente (HDG) es versátil y de inmediata disponibilidad. Una gran variedad de formas y tamaños que oscilan desde tuercas pequeñas, tornillos y sujetadores hasta piezas estructurales más grandes, a incluso piezas artísticas detalladas de modo intrincado, pueden galvanizarse. Dado el proceso de inmersión total, incluso las piezas fabricadas complejas pueden revestirse por completo para protegerlas de la corrosión.

Muchos métodos de protección contra la corrosión dependen de las condiciones adecuadas de temperatura y humedad para su correcta aplicación. Sin embargo, como el galvanizado en caliente es un proceso controlado en fábrica, puede llevarse a cabo las 24 horas, todo el año, con lluvia o sol. El zinc se solidifica después de retirarlo del baño para que no haya retrasos en el curado, y, en términos realistas, el acero galvanizado puede galvanizarse, enviarse al sitio y erigirse el mismo día. Por otro lado, el material galvanizado no necesita instalarse de inmediato, es fácil almacenarlo fuera, ya que los rayos UV no degradan la integridad del revestimiento.

materiales abundantes

Como Estados Unidos sigue luchando por un desarrollo sostenible, el mismo pensamiento debería aplicarse a los materiales usados en la industria de la construcción. Otra característica del zinc, que lo hace idóneo para esta tarea, es su abundancia. Los materiales principales empleados en el proceso de galvanizado, el zinc y el acero, son comunes; de hecho, el zinc es el material más abundante número 27 en la corteza terrestre, y el hierro es el 4. El zinc y el acero son 100% reciclables sin perder ningún químico o propiedad física: el acero es el material más reciclado del mundo.

El zinc es un elemento natural que se encuentra en el aire, suelo y agua. Casi 5.8 millones de toneladas de zinc circulan por la atmósfera por año mediante fenómenos naturales. El zinc es también común y esencial para la vida. Se lo encuentra en diversos productos que usamos a diario, como cosméticos, llantas, medicamentos para el resfrío, cremas para bebés para evitar el sarpullido por uso de pañal, tratamientos para quemaduras de sol y protectores solares. De hecho, el óxido de zinc bloquea más rayos UV que cualquier otro ingrediente usado en el protector solar. Más aún, todos necesitamos zinc para vivir porque ayuda con las funciones regulares como la visión, la reproducción, la digestión y la respiración.



eficiencia

Con el acero galvanizado puede hacer más con menos. Dada la alta proporción resistencia/peso, especificar proyectos con acero ahorra materiales y energía. De hecho, un promedio de una tonelada de acero brinda la misma resistencia que 8 toneladas de concreto, y, según la World Steel Association, la proporción resistencia/peso minimiza los costos de subestructura y puede ahorrar dinero en transporte y manipulación.

Además de la abundancia y del rápido tiempo de entrega, el acero galvanizado facilita la expansión de estructuras existentes por su flexibilidad y capacidad de almacenamiento. Los miembros del acero galvanizado son fáciles de modernizar y expandir mediante soldadura, abulonado y/o empalmado de elementos estructurales existentes verticales u horizontales y el añadido de reforzamiento. El agregado a estructuras existentes permite una máxima eficiencia del espacio disponible. Los miembros de acero son más ligeros que muchos otros materiales, y aún así brindan una gran resistencia, por lo que la expansión dentro del mismo espacio es posible.

Más aún, debido a la naturaleza durable y exenta de mantenimiento del acero galvanizado en caliente, se pueden apilar los elementos afuera durante años sin comprometer el revestimiento de zinc y su protección contra la corrosión. El revestimiento de zinc del HDG no es afectado por los rayos UV, las temperaturas extremas, la lluvia, la nieve o la humedad, por lo que con el almacenamiento adecuado es fácil mantener un inventario a mano para el rápido reemplazo en caso de emergencia. Apilar partes usadas con frecuencia hasta necesitarlas ahorra tiempo, y si se las compra cuando los precios están bajos, ahorra dinero.

seguridad

La seguridad y la estabilidad estructurales son fundamentalmente importantes para la integridad de la construcción de acero, y no pueden mantenerse si la estructura se ha debilitado por los destrozos de la corrosión. Las piezas galvanizadas en caliente que permanecen resistentes a la corrosión por décadas preservan la integridad estructural de la construcción de acero y protegen contra desastres.

Un aspecto de seguridad donde el acero galvanizado en caliente ofrece ventajas es en áreas de actividad sísmica. Los elementos de acero son más dúctiles y ligeros, lo que reduce los efectos de inercia de la carga sísmica. Capaz de doblarse hasta un punto razonable sin quebrarse, la resistencia a la tracción del acero galvanizado en caliente puede proteger estructuras del daño o incluso de la falla total durante actividad sísmica.

Estética

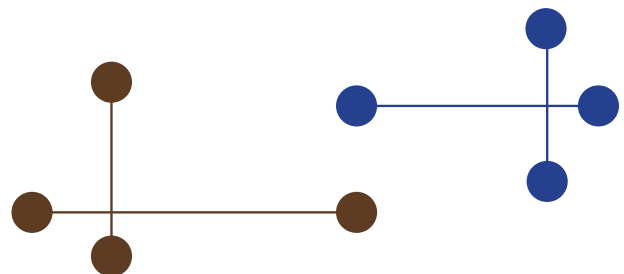


Oficinas comerciales y residencias El Andaluz Santa Barbara, California

El Andaluz lleva el galvanizado funcional a fantástico, porque incorpora elementos galvanizados estructurales y artísticos yuxtapuestos de modo impresionante con un caleidoscopio audaz de pisos de cerámica, fuentes, anaqueles y repisas recargados de colores. Las oficinas comerciales de El Andaluz, junto con condominios residenciales, muestran de una forma prominente los elementos de acero galvanizado en caliente en la adaptación del arquitecto de un patio pintoresco similar, a seis cuadras del Océano Pacífico en Santa Barbara.

Con una reputación que favorece los elementos de acero galvanizado en sus creaciones, el arquitecto dependía del acabado de pátina de zinc, que se desarrolla en los meses después del galvanizado, para mejorar el aspecto de su creación artística. A medida que la pátina se desarrolla, el acero galvanizado no sólo toma un aspecto gris mate uniforme, completando así la visión del arquitecto, sino que también asegura una protección duradera para el proyecto. El acero galvanizado se incorporó para asegurar la integridad estructural de la visualización arquitectónica por varias décadas más, como también por el atractivo estético.

Además del color metálico atractivo, el acero fue capaz de formarse y cortarse de modos artísticos. En otros proyectos, las vigas de acero galvanizado se han doblado y arqueado para crear curvaturas o incluso paneles curvados ondulados. El acero galvanizado combina estética, flexibilidad visual y durabilidad en estructuras satisfactorias que duran por generaciones.





La estética es importante en casi todo proyecto de construcción. Ya sea una escultura con diseño artístico y atractivo o un elemento de acero expuesto por arquitectura, o un puente, estación de autobuses u otro elemento de infraestructura, el acero galvanizado ofrece flexibilidad en diseño y un acabado gris natural atractivo, o si se desea color se lo puede pintar o revestir con polvo con facilidad.

fusiones naturales con entornos

Para algunos proyectos de acero galvanizado, como las subestaciones eléctricas, los paneles solares o la infraestructura de riel, a menudo el objetivo es fusionarse de forma homogénea con los entornos. Mientras el acero galvanizado se erosiona y la pátina de zinc se forma, el revestimiento se torna un gris mate uniforme. Ya sea en áreas rurales arboladas sensibles a la vida silvestre o en la ciudad donde la no reflectividad es importante, el acabado natural no invasivo del galvanizado en caliente complementa y se fusiona con cualquier ambiente.

expuesto de forma arquitectónica

Además de brindar un aspecto natural y moldeable, utilizar el galvanizado en caliente en acero estructural expuesto de forma arquitectónica (AESS) ofrece paz mental visual de que el acero está en buena condición. Los elementos de AESS a menudo se diseñan como platos fuertes y puntos centrales de la construcción con acero.

La alta proporción resistencia/peso y la ductibilidad del acero permite la formación de curvas, arcos y patrones y diseños intrincados cuando se planean elementos de AESS. No obstante, cuando los elementos de AESS están expuestos a la atmósfera, es importante asegurarse de que permanezcan como elementos con un diseño hermoso al protegerlos contra la corrosión. Los elementos de AESS galvanizados en caliente pueden combatir la corrosión por décadas sin reprimir su libertad de diseño.

sistemas dúplex

El acabado gris mate natural no es apto para cada proyecto de cada especificador (ya que a veces se prefiere o necesita el color para la marca, las marcas de seguridad, etc.). Sin embargo, al especificar un sistema dúplex, es decir galvanizar su proyecto y luego pintarlo o revestirlo con polvo del color deseado, garantiza que no tenga que sacrificar los beneficios de la protección contra la corrosión y el mantenimiento extendido del acero de HDG.

Los sistemas dúplex proporcionan más beneficios que sólo opciones estéticas. La combinación de acero galvanizado en caliente y pintura o revestimiento de polvo brindan un efecto sinérgico. La pintura/polvo extiende la vida útil del revestimiento al proporcionar un revestimiento de barrera adicional a las capas de zinc, mientras que el acero galvanizado prolonga la vida útil del revestimiento de pintura al evitar que la película inferior se corra o descascare.

El resultado de los dos revestimientos que trabajan en sinergia es la extensión de la protección contra la corrosión. La vida útil de un sistema dúplex es de 1,5 a 2,3 veces la suma de los sistemas individuales. Por ejemplo, si la vida útil del revestimiento galvanizado en un ambiente particular es de 70 años, y la vida prevista de la pintura es de 10 años, la vida prevista del sistema dúplex sería de al menos 120 años ($1,5 \times (70+10)$).

Esta extensión de la vida útil asume que no se llevara a cabo ningún trabajo de mantenimiento para mantener la pintura o el revestimiento de polvo intacto. En términos reales, si alguien invierte el precio premium por adelantado para un sistema dúplex, con probabilidad planea mantener el color en la estructura. Por eso, en cuanto a la practicidad, el efecto sinérgico de la utilización de un sistema dúplex es la extensión del ciclo de mantenimiento que proporciona. Con el acero galvanizado en caliente como "prelacado", el tiempo hasta el primer trabajo de mantenimiento de la pintura o revestimiento de polvo se extiende 1,5 a 2,0 veces de lo que sería para el acero desnudo. La publicación de la AGA, *Sistemas Dúplex: Pintado Sobre Acero Galvanizado en Caliente*, y las guías del DVD instructivo *Preparación de Acero HDG para Pintado y Preparación de Acero HDG para Revestimiento de Polvo*, brindan más información sobre la especificación de sistemas dúplex.

sostenibilidad

El desarrollo sostenible representa el compromiso social, económico y ambiental con el crecimiento y el progreso que satisfacen las necesidades del presente sin complicar la capacidad de futuras generaciones de complacer sus propias necesidades. A medida que la presión social sigue aumentando para construir la sostenibilidad del ambiente, los especificadores se vuelven más dedicados y analíticos en cuanto a los materiales que utilizan. La longevidad sin mantenimiento del acero galvanizado en caliente brinda beneficios positivos y económicos para las futuras generaciones.

ventajas económicas

Como se mencionó antes, el zinc existe en el aire, agua y suelo de forma natural, y es el elemento más abundante número 27 en la corteza terrestre. Más de 5.8 millones de toneladas de zinc circulan en el ambiente en la vida vegetal y animal, lluvia y otras actividades naturales. El zinc es esencial para toda vida: desde los humanos hasta los microorganismos más pequeños. Por eso, utilizar acero galvanizado en caliente no es dañino para el medio ambiente ya que el zinc ya puede encontrarse de forma natural en el área.

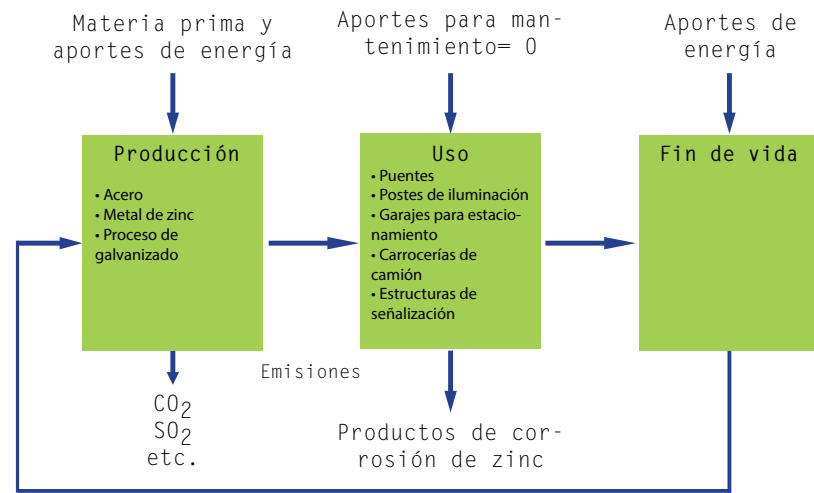


Además de ser natural, el zinc, como el acero, puede reciclarse indefinidamente sin perder ninguna propiedad física o química. Aproximadamente 30% del suministro de zinc del mundo viene de fuentes recicladas cada año, y se reciclaría más si hubiera más. A ello se suma que el acero es el material más reciclado en el mundo, casi el 100% del acero estructural viene de fuentes recicladas, lo que vuelve al acero galvanizado un material infinitamente renovable.

Una evaluación del ciclo de vida (LCA) es una medición objetiva del impacto ambiental de un producto. A menudo llamado un estudio "de la cuna a la tumba", la LCA cuantifica el impacto ambiental de un proceso o producto desde la adquisición de la materia prima, aportes de energía y salidas de emisión durante la producción y el uso, y el tratamiento del final de vida (reciclado/desechado). Las LCA han comenzado a ganarse el favor de la comunidad de especificadores como un medio de medir la sostenibilidad de un producto.

En el 2008, la International Zinc Association (IZA) contrató a los expertos en LCA con renombre internacional Five Winds International y PE International para crear un inventario del ciclo de vida (LCI) y una evaluación del ciclo de vida (LCA) para el acero galvanizado en caliente. Mediante datos de fuentes mundiales sobre el consumo de energía en emisiones de aire/fluidos/sólidos medida durante la producción de zinc y durante el proceso de galvanizado, combinados con datos análogos de encuestas recolectados en la industria del acero, se compiló una LCA para el acero galvanizado en caliente. La Ilustración 11 muestra una descripción general del impacto del acero galvanizado en caliente desde la producción hasta el final de la vida útil.

El galvanizado caliente es único porque todo el material, los aportes energía y las salidas de emisión son aisladas hasta la fase de producción, ya que no se requiere de mantenimiento por 70 años o más en la mayoría de los ambientes, y es 100%



† Para todas menos las condiciones de ambientes más agresivos y corrosivos, no hay aportes de energía o materia prima durante el uso (+75 años).
‡ Para acero galvanizado en caliente, óxido de zinc, hidróxido de zinc y carbonato de zinc presentes de manera natural.

Ilustración 11: LCA de galvanizado

reciclable cuando acaba su vida útil. La publicación de la AGA, Galvanizado en caliente para diseño sostenible, tiene más información sobre la sostenibilidad del acero galvanizado, incluido el estudio completo de la LCA.

ventajas económicas

Además de la construcción de estructuras ecológicas, para una auténtica sostenibilidad estas estructuras también deben ser económicamente responsables para futuras generaciones. El acero galvanizado en caliente genera ahorros económicos tanto al comienzo como durante la vida de un proyecto, y se dispone de dinero para nuevas construcciones en lugar de un mantenimiento costoso.

Por mucho tiempo se ha pensado, en la comunidad especificadora, que el acero galvanizado en caliente es costo prohibitivo en un principio. Sin embargo, debido a mejoras regulares en el proceso, el acero galvanizado no sólo es competitivo sino que también es menos costoso que otros sistemas de protección contra la corrosión en un principio. Más aún, debido al rápido tiempo de entrega y a la instalación, utilizar acero galvanizado en caliente a menudo brinda una gama más amplia de ahorros en el costo durante la construcción.

Sostenibilidad



Reconstrucción de puente ferroviario M-102
Detroit, Michigan

Con los paneles de la valla de seguridad original de acero galvanizado en 1955, los rieles del puente MIM-102 y del Rail Project tenían reparación prevista. Afortunadamente, gracias a la protección del revestimiento galvanizado en los paneles de rieles, el tráfico en autopista dañó solo entre 15 y 20 por ciento de las más de 300 toneladas de acero que se necesitarían reemplazar en la reparación. El especificador sabía que muchos estados habían estado sacando vallas de seguridad viejas, decapándolas, regalvandolas y devolviéndolas a servicio, por lo que MDOT decidió regalvanizar los paneles de la valla de seguridad de acero ya existente.

MDOT consideró que reciclar el acero existente era una oportunidad excelente para contribuir a la iniciativa "Keep it green" que el departamento respaldaba. El estado ahorró más de la mitad del presupuesto destinado a este proyecto porque solo tuvieron que reemplazar el 20 por ciento del material viejo. Este es un gran ejemplo de la capacidad de reciclaje del acero, en lugar de desecharlo al acabar su vida útil, el proyecto sigue usando el acero original. El acero galvanizado en caliente le brindó a este proyecto una sostenibilidad de la cuna a la tumba, como también protección durable y sin mantenimiento. cradle sustainability, as well as durable, maintenance-free protection.

Aunque el costo inicial es importante, analizar los costos durante la vida del proyecto proporciona una evaluación de costos más exhaustiva para futuras generaciones. El costo del ciclo de vida (LCC) tiene en cuenta no sólo el costo inicial, sino también los costos directos de mantenimiento durante la vida útil de la estructura y el valor del dinero en el tiempo durante la vida del proyecto que utiliza cálculos de valor actual neto (NPV) y valor futuro neto (NFV).

Como el acero galvanizado en caliente ofrece protección contra la corrosión exenta de mantenimiento por décadas, a menudo el costo inicial es el costo final del ciclo de vida. Evaluar la LCC puede ser engorroso, así que para facilitar el análisis, la AGA desarrolló la calculadora de costos del ciclo de vida en lccc.galvanizeit.org. La calculadora en línea, con datos de costos publicados, le permite a los usuarios ingresar los parámetros para un proyecto y comparar los costos iniciales y de ciclo de vida del galvanizado en acero para más de 30 otros sistemas de protección contra la corrosión. Para más información, visite la calculadora en línea o lea la publicación de la AGA, *El Galvanizado en Caliente Cuesta Menos, Dura Más*.

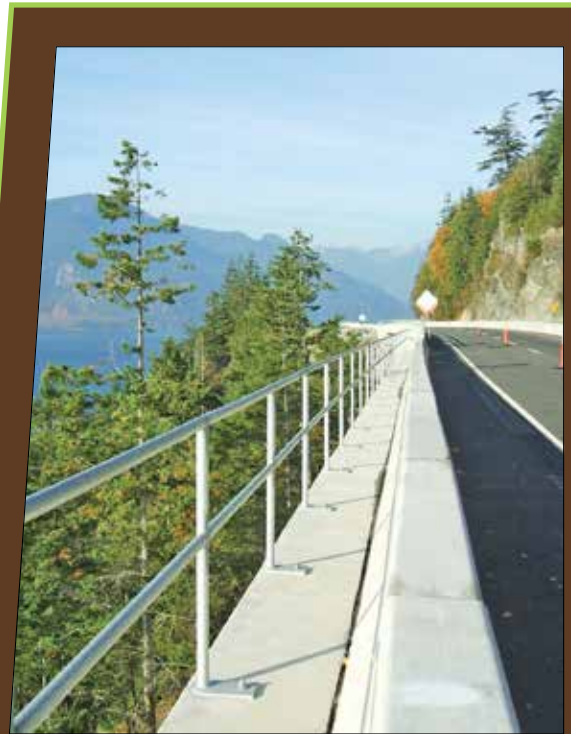
Especificación del galvanizado en caliente

Una vez tomada la decisión de especificar el acero galvanizado en caliente, es importante abrir las líneas de comunicación entre el especificador, el fabricante y el galvanizador. La comunicación temprana en el proceso de diseño es clave para producir revestimientos galvanizados de la máxima calidad, minimizar costos y mejorar los tiempos de entrega. La protección contra la corrosión comienza en la pizarra de dibujo, y la incorporación de detalles y principios adecuados de diseño garantizará el éxito. La publicación de la AGA, *Diseño de Productos por Galvanizarse Después de su Fabricación*, da información con base en especificaciones bien establecidas.

Hay tres especificaciones principales que rigen el espesor, la adherencia y el acabado para revestimientos galvanizados en caliente: ASTM A123, A153 y A767. A123 es la especificación primordial, y cubre todo tipo de productos galvanizados, salvo sujetadores y partes chicas que se cubren en A153, y las barras de acero de refuerzo, que se cubren en A767. Hay un puñado de especificaciones de respaldo remitidas en estas que cubren prácticas de diseño, reparación y retoque y pintado sobre galvanizado. En conjunto con la ASTM, la AGA publica una compilación de estas especificaciones, *Especificaciones Seleccionadas para el Galvanizado en Caliente*, que pueden comprarse de la AGA.

Conclusión

Como el mundo sigue evolucionando, también lo hacen las prácticas de especificación y los diseños de construcción. Los desarrolladores del ambiente de la construcción cargan con la responsabilidad de crear un mundo mejor para futuras generaciones al construir edificios, infraestructura y otros elementos sostenibles. El acero galvanizado en caliente, que se ha usado satisfactoriamente por más de 100 años, brinda sostenibilidad a través de su protección contra la corrosión, durabilidad, longevidad, disponibilidad y versatilidad superiores. El acabado gris mate natural y reciclable del acero galvanizado en caliente trasciende el tiempo con mínimo impacto ambiental y económico, lo que mejorará la calidad de vida en el futuro.





American Galvanizers Association
 6881 South Holly Circle, Suite 108
 Centennial, Colorado 80112
 Phone: 720-554-0900
 Fax: 720-554-0909
www.galvanizeit.org
aga@galvanizeit.org