



MANCHA DE OXIDACIÓN POR ALMACENAMIENTO

**Guía para Minimizar y Tratar la Mancha
de Oxidación por Almacenamiento en
Acero Galvanizado en Caliente**

Galvanizado en Caliente para la Protección Contra la Corrosión

El galvanizado en caliente, usado para diversas aplicaciones, combate la corrosión en todo el mundo. El acero galvanizado en caliente es uno de los sistemas de protección contra la corrosión más económicos y exentos de mantenimiento disponibles. Una característica clave de los productos galvanizados en caliente (HDG) es la longevidad en varios ambientes. El tiempo hasta el primer trabajo de mantenimiento del acero galvanizado en caliente es directamente proporcional al espesor del revestimiento de zinc; por eso, es importante monitorear cualquier problema que pueda disminuir el espesor del revestimiento.

Como sucede con cualquier proceso de fabricación, el galvanizado en caliente requiere una inspección del producto acabado para garantizar el cumplimiento con las especificaciones correspondientes. Un factor que se escudriña con minuciosidad durante la inspección del acero galvanizado en caliente es el acabado y el aspecto de la superficie galvanizada. Los galvanizadores pueden controlar algunos rasgos del aspecto final, pero otros no. Un estado de superficie es conocido como mancha de oxidación por almacenamiento (denominado frecuentemente como óxido blanco), que puede darse después del galvanizado.



La San Diego Central Library emplea acero galvanizado



© 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.



Ilustración 1: Mancha de oxidación por almacenamiento

¿Qué es la Mancha de Oxidación por Almacenamiento?

La mancha de oxidación por almacenamiento (*Ilustración 1*) es un depósito polvoso blanco o gris que puede desarrollarse en piezas recién galvanizadas. Puede encontrarse en productos anidados o apilados donde la humedad queda atrapada entre los artículos y se restringe el flujo de aire adecuado en las superficies de zinc, o cuando el acero galvanizado está expuesto a lluvia, rocío o condiciones de alta humedad. La mancha de oxidación por almacenamiento es la formación visible de óxido de zinc e hidróxido de zinc sobre la superficie del acero galvanizado.

Es importante advertir que el proceso de galvanizado en caliente no contribuye a la formación de la mancha de oxidación por almacenamiento. La mancha se produce después de que el revestimiento reacciona con el entorno, no durante el proceso de revestimiento. El galvanizador es responsable de producir un revestimiento galvanizado de alta calidad según las especificaciones de la ASTM y en seguimiento de las buenas prácticas para evitar la mancha de oxidación por almacenamiento en artículos almacenados en la instalación de galvanizado. Cuando se siguen tales prácticas, el galvanizador no es responsable de la mancha de oxidación por almacenamiento que se forma en su instalación, durante el transporte o guardado en el lugar de trabajo antes de su uso.

Erosión Natural del Revestimiento de Zinc

El zinc, como todos los metales, comienza a cambiar cuando se lo expone a la atmósfera. A medida que la superficie de zinc fresca interactúa con los ciclos de humectación y secado del ambiente, se forma en

la superficie una capa protectora de productos de la corrosión del zinc, conocida colectivamente como pátina de zinc.

Una vez que el revestimiento galvanizado de zinc está expuesto al aire de libre fluidez, se forma en la superficie una capa delgada de óxidos de zinc que comienza el proceso de erosión natural. Luego, cuando la pieza entra en contacto con la humedad (lluvia, rocío, humedecimiento), las partículas de óxido de zinc capturan el agua para formar hidróxido de zinc poroso y gelatinoso. Mientras la superficie de hidróxido de zinc y óxido de zinc interactúa con el dióxido de carbono en la atmósfera, se forma una capa delgada, compacta y altamente adherente mayormente de carbonado de zinc.

La tasa de la formación de pátina varía según las condiciones ambientales, pero por lo general lleva de 6 a 12 meses para que se desarrolle enteramente. La pátina desarrollada por completo es una película pasiva, estable e insoluble en agua sobre la superficie de zinc que no se lava con la lluvia o la nieve. A medida que la pátina de zinc se forma, el aspecto del revestimiento galvanizado se tornará gris mate, y la película protectora de la pátina ralentizará la tasa de corrosión a cerca de 1/30 de la tasa del acero en el mismo entorno.

La formación de la pátina de zinc es crítica para la resistencia duradera a la corrosión del acero galvanizado en caliente en exposiciones atmosféricas. Como la pátina depende de los ciclos de humectación y secado en el ambiente, los resultados de pruebas de corrosión aceleradas de spray de sal, u otras pruebas con exposición constante a la humedad, no son precisas para predecir la vida útil de los revestimientos galvanizados en el mundo real.

Formación de Mancha de Oxidación por Almacenamiento

Cuando a los artículos recién galvanizados se los priva de un flujo de aire adecuado, puede quedar atrapada humedad en la superficie del revestimiento y alterar la formación natural de la pátina de zinc. La humedad atrapada representa un conjunto diferente de condiciones que crean una reacción que producirá, con rapidez, un producto blanco polvoso de la corrosión del zinc en la superficie.

Cuando una gota de agua queda aplanada entre dos superficies, la superficie de zinc cerca del medio de la gota recibe una cantidad distinta de oxígeno en relación con la superficie de zinc en el borde de la gota. La exposición variada provoca una diferencia en el potencial electrofórico del zinc. El área central pueden volverse anódica y el área del borde, catódica, lo que genera una posible celda de corrosión (*Ilustración 2*).

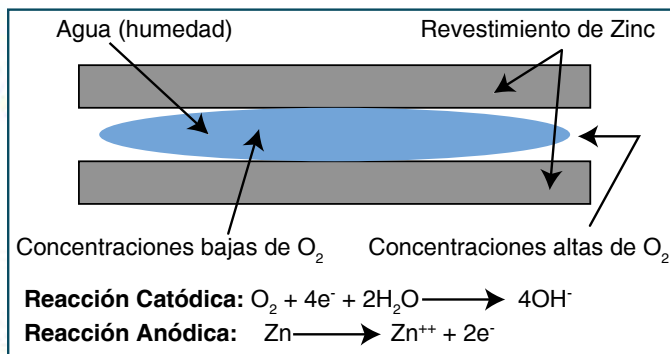


Ilustración 2: Reacciones químicas por mancha de oxidación por almacenamiento

Si esta celda de corrosión se forma, el área anódica comienza a corroerse, mientras que la catódica queda intacta. Se forman en la superficie productos de corrosión similares al hidróxido de zinc soluble de la pátina de zinc (*Ilustración 3*). Como el hidróxido de zinc queda bastante estable bajo estas condiciones, los iones de zinc aun dejan que el revestimiento se una al agua, lo que crea una sustancia polvosa blanca visible y espesa. Siempre y cuando el área esté limitada de oxígeno, también se limita el flujo de dióxido de carbono, lo que dificulta la conversión a carbonato de zinc.

El grado de consumo del revestimiento de zinc por la mancha de oxidación por almacenamiento obedece a la duración de la exposición a la humedad atrapada sin aire de libre fluidez. Si la humedad atrapada contiene cloruros (de agua salada, compuestos de azufre, residuos de flujos), el ataque se acelerará porque estos contaminantes aumentarán la conductividad eléctrica del agua, lo que incrementa el ataque al metal de zinc del revestimiento galvanizado. Durante el transporte, la humedad rica en cloruros de sales de carretera puede quedar atrapada en el acero, incluso bajo una lona, y causar mancha de oxidación por almacenamiento.

No obstante, aun el agua sola puede causar la formación de mancha de oxidación por almacenamiento en un período de tiempo relativamente corto. La exposición a lluvias torrenciales, rocío o condiciones de humedad muy alta, después de que se forma el galvanizado, pueden iniciar el desarrollo de óxidos de zinc e hidróxidos de zinc. Los productos de corrosión por mancha de oxidación por almacenamiento son voluminosos (de tres a cinco veces más que el metal de zinc), por lo que cualquier ataque parece ser más grave de lo que realmente es. La mancha de oxidación por almacenamiento es muy antiestética, pero por lo general provoca una pérdida de metal de zinc muy pequeña; por eso, no tendrá un efecto importante en la vida útil del revestimiento.



Ilustración 3: Condición de humedad extremadamente alta



Ilustración 4: Almacenamiento inadecuado de acero galvanizado: anidado

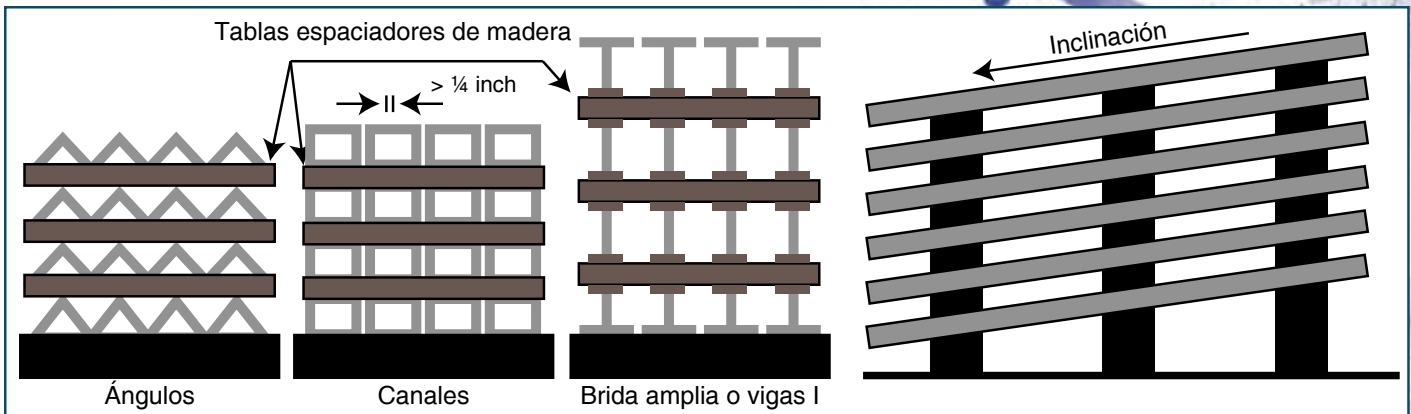


Ilustración 5: Ejemplos de métodos adecuados de almacenamiento

Minimización de la Mancha de Oxidación por Almacenamiento

Hay ciertos lineamientos simples que pueden seguirse al almacenar o transportar acero recién galvanizado que permanecerá apilado estrechamente sin aire de libre fluidez. Algunos de los lineamientos son:

- Cuando sea posible, evite el anidado (Ilustración 4).
- Brinde ventilación adecuada entre las piezas apiladas.
- Incline partes para permitir un máximo drenaje.
- Use espaciadores y materiales de lona durante el envío si hay probabilidad de condensación o humedad.
- Apile las piezas galvanizadas en zigzag o de forma transversal.
- Eleve y separe los artículos apilados afuera con tiras espaciadoras (álamo, fresno, píce) (Ilustraciones 5 y 6).
- Evite el apilamiento sobre suelo húmedo o vegetación en descomposición.
- Seque con minuciosidad los artículos pequeños que se enfrían antes de guardarlos en envases de almacenamiento.
- Incluya un agente deshumectante en envases sellados.
- Cuando sea posible, almacene material galvanizado bajo cubierta en condiciones secas y bien ventiladas, lejos de accesos abiertos al medio ambiente.
- Asegúrese de que el producto final está exento de residuos de flujos.
- Trate con un agente pasivante.
- Quite las sales de carretera de los artículos galvanizados.



Ilustración 6: Almacenamiento de acero galvanizado con espaciadores para aumentar el aire de libre fluidez

Agentes Pasivantes

Los ensamblajes fabricados que exponen por completo las superficies galvanizadas al aire de libre circulación por lo general no necesitan un postratamiento para impedir la formación de mancha de oxidación por almacenamiento. La mayoría de los productos galvanizados en caliente después de su fabricación se envían sin ningún postratamiento, pero la necesidad de un postratamiento depende en gran parte de la configuración de la fabricación y las condiciones anticipadas de almacenamiento y envío.

Se dispone de diversos tratamientos de superficie para reducir la posibilidad de mancha de oxidación por almacenamiento, como:

- Ceras y aceites para productos como alambre, lámina de acero y cerca
- Tratamientos de pasivación
- Revestimientos dúplex o de polvo

Se recomienda el almacenamiento adecuado incluso si se aplica un agente pasivante. Si la superficie galvanizada será pintada o revestida con polvo, deberían evitarse los postratamientos porque pueden interferir con la adhesión.

Limpieza de la Mancha de Oxidación por Almacenamiento

La mancha de oxidación por almacenamiento es a menudo superficial, a pesar de la presencia de un producto blanco voluminoso. La mancha de oxidación por almacenamiento clara o media no requiere limpieza ni afecta la vida útil del revestimiento de zinc.

El primer paso para tratar la mancha de oxidación por almacenamiento es acomodar los artículos para que las superficies pueden secarse por completo y lo más rápido posible. Una vez secas, las superficies galvanizadas deben examinarse para identificar la severidad (leve, media, grave o extrema) de la mancha de oxidación por almacenamiento, ya que el tratamiento variará según el caso.



Ilustración 7: Mancha de oxidación por almacenamiento leve

La mancha de oxidación por almacenamiento clara (Ilustración 7) y media (Ilustración 8) pueden dejarse erosionar naturalmente siempre y cuando tenga un flujo de aire adecuado (Estudio de Caso, página siguiente). Con el tiempo, la mancha por almacenamiento se convertirá en carbonato de zinc porque reacciona con el dióxido de carbono, lo que completa la formación de la pátina de zinc. Si se restringe el flujo de aire, o si la superficie es propensa a acumular agua, debe quitarse la mancha de oxidación por almacenamiento mediante cepillado con un cepillo pasamanos firme (no alambre) de nailon. Luego puede instalarse la parte y exponerla al ambiente de servicio.

La mancha de oxidación por almacenamiento grave (Ilustración 9) y extrema (Ilustración 10) debe eliminarse para que el revestimiento galvanizado forme por completo la pátina de zinc. Si no se trata este tipo de



Ilustración 8: Mancha de oxidación por almacenamiento media

mancha de oxidación por almacenamiento, la vida útil del revestimiento de zinc y el acero subyacente pueden resultar afectados.



Ilustración 9: Mancha de oxidación por almacenamiento grave



Ilustración 10: Mancha de oxidación por almacenamiento extrema

Eliminación de la Mancha de Oxidación por Almacenamiento

Para eliminar la mancha de oxidación por almacenamiento, cepille con un cepillo pasamanos firme de nailon y una solución de limpieza. La AGA llevó a cabo un estudio para determinar cuáles productos de limpieza afectan el acabo de revestimiento en menor grado. Se identificaron cinco productos que no dañan el aspecto del revestimiento: CLR®, jugo de lima, disolvente de óxido Naval Jelly®, Picklex® 10G y vinagre blanco. Para más información sobre el estudio y los resultados, consulte la Nota de galvanizado de la AGA, *Limpieza de Mancha de Oxidación por Almacenamiento en Superficies Galvanizadas*.

Después de eliminar la mancha de oxidación por almacenamiento con el cepillo de nailon y la solución de limpieza, se debe enjuagar la superficie con agua de grifo y secarla. Por último, lo mejor es medir el espesor del revestimiento de zinc después de la limpieza para garantizar que queda una cantidad de revestimiento adecuada en el acero base.

Si se han formados depósitos blancos graves o manchas rojas por la exposición prolongada a malas condiciones, deberían repararse las áreas dañadas según la A780 de la ASTM, *Práctica Estándar para Reparar Áreas Dañadas y No Revestidas de Revestimientos Galvanizados en Caliente*. En casos extremos, la mancha de oxidación por almacenamiento se vuelve negra (Ilustración 10), lo que indica que se ha consumido una cantidad considerable de revestimiento de zinc, y el acero debe decaparse y regalvanizarse para cumplir con los requisitos de especificación de la ASTM.

Estudio de Caso de Erosión Natural

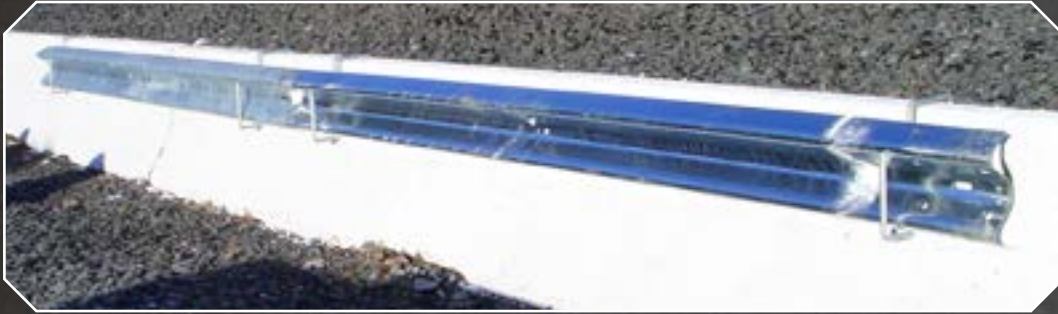


Ilustración 11: Diciembre

Como se mencionó, los casos leves a moderados de mancha de oxidación por almacenamiento no requieren resolución para que se erosionen naturalmente. Este caso de estudio pictórico muestra la erosión natural de una parte galvanizada en caliente que desarrolló mancha de oxidación por almacenamiento.

La *Ilustración 11* muestra dos piezas de una valla de seguridad, una brillante y otra gris mate. Ambas piezas se galvanizaron en el mismo lote, el mismo día. La sección de la valla de seguridad a la derecha se almacenó cubierta y expuesta a aire de libre fluidez, mientras que la sección a la izquierda se expuso a la humedad (humidificación o lluvia) pero no a aire de libre fluidez, y desarrolló una mancha de oxidación por almacenamiento. Después de una semana, se colgaron las dos piezas una al lado de la otra para que se erosionaran naturalmente.

La *Ilustración 12* muestra las mismas dos secciones de la valla de seguridad después de poco más de tres meses de exposición. La sección izquierda de la valla, que presentaba mancha de oxidación por almacenamiento, ahora es idéntica a la pieza derecha, que originalmente era brillante y luminosa. Una vez que el acero galvanizado con mancha de oxidación por almacenamiento leve se expone al aire de libre fluidez, los productos de la corrosión del zinc reaccionan al dióxido de carbono para formar la película gris mate de carbonato de zinc conocida como la pátina de zinc. La sección derecha se erosionó naturalmente para desarrollar la misma pátina de zinc estable que brinda al acero galvanizado en caliente su increíble resistencia a la corrosión. Una vez que se deja a las piezas erosionarse naturalmente, no solo el aspecto, sino también la protección contra la corrosión de ambas secciones es idéntica.



Ilustración 12: Marzo

Resumen

El galvanizado en caliente es un pilar en la industria de Estados Unidos, y las nuevas tecnologías y la química creativa siguen evolucionando el proceso. 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 sus costos inicial y de ciclo de vida más bajos, durabilidad, longevidad, disponibilidad, versatilidad, sostenibilidad y estética.

Como cualquier otro producto fabricado, se cuenta con mejores prácticas y controles de procesos para garantizar una pieza de alta calidad. El planeamiento adecuado a lo largo del proceso y durante el almacenamiento y manipulación antes de la instalación son clave para proyectos galvanizados satisfactorios. Al seguir los lineamientos simples aquí, se puede minimizar la mancha de oxidación por almacenamiento, y garantizar que el acero galvanizado en caliente trascienda el tiempo con poco impacto ambiental y económico mientras provee protección superior contra la corrosión por generaciones.



American Galvanizers Association
6881 South Holly Circle, Suite 108
Centennial, CO 80112
720.554.0900
www.galvanizeit.org

