

Introducción

Las manchas que se producen durante el almacenamiento, cuando están relacionados a productos de acero galvanizado, son productos de corrosión de color blanco, pero también puede tomar la forma de un depósito de color negro o gris sobre la superficie. Como la forma más común de la decoloración es de apariencia blanquecina, la corrosión generada durante el almacenamiento se denomina “**corrosión blanca**”. Esto puede suceder cuando las planchas de acero galvanizado que tienen contacto directo (en rollos o en paquetes) se humedecen, ya sea por filtración de agua o condensación entre las superficies. La decoloración se da debido a los productos de la corrosión que se forman después de que el zinc reacciona con la humedad debido a la falta de circulación de aire.



Construcción levantada usando paneles galvanizados en forma de rollos con gran cantidad de corrosión blanca

Nota: Esta voluminosa cantidad de óxido blanco no se dio después de la construcción. Al ser expuesto al aire libre, los productos de corrosión del zinc forman una capa delgada y estable. La acumulación observada ocurrió cuando las planchas fueron almacenadas en paquetes húmedos.

Antes de tratar el tema de las manchas durante el almacenamiento con mayor detalle, revisemos primero que sucede cuando un recubrimiento galvanizado (zinc) se corroe en el ambiente.

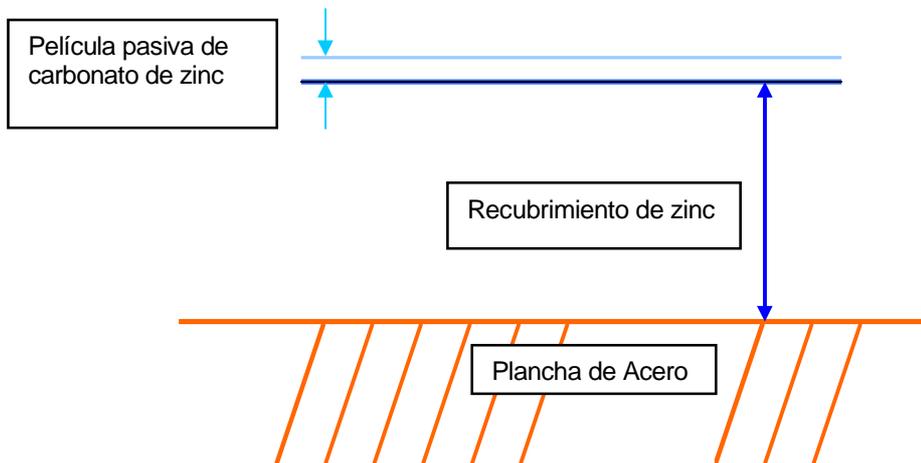
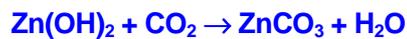
Por qué el Zinc Protege al Acero?

El Zinc, por su propia naturaleza, es un metal “reactivo” o activo y tiende a corroerse muy rápidamente cuando es expuesto a la humedad. Entonces, ¿Cómo protege a la plancha de acero un recubrimiento de zinc cuando es expuesta a la atmósfera?

Cuando el zinc se corroe en presencia del aire y la humedad, este atraviesa por una serie de reacciones químicas, cambiando de zinc metálico en la superficie a otros componentes químicos. En el aire, el zinc recién expuesto reacciona con el oxígeno formando una capa muy delgada de óxido. En presencia de humedad el zinc reacciona con el agua, formando el hidróxido de zinc. A lo largo del tiempo, y bajo la influencia del clima

cíclico, el producto final de la corrosión es el carbonato de zinc (formado por la reacción entre hidróxido de zinc y dióxido de carbono del aire). El carbonato de zinc es una capa delgada, resistente, compacta y estable (insoluble en agua). Cuando la superficie es expuesta a la lluvia o condensación, la capa protectora sirve como una barrera entre la humedad y el zinc que está debajo. Este tipo de capa química se denomina película **pasiva**. La presencia de la película pasiva es la que disminuye la reactividad del zinc, reduciendo considerablemente la velocidad de corrosión del recubrimiento de zinc

La serie de reacciones químicas descritas líneas arriba son:



Representación esquemática a través del cual se muestra el espesor continuo la película pasiva protectora de óxido/carbonato que se forma sobre las planchas galvanizadas expuestas a la atmosfera.

Normalmente, cuando el acero de bajo carbono se corroe, los productos de corrosión (óxido de hierro y/o hidróxido de hierro) no forman una capa pasiva continua y protectora. En lugar de eso, tienden a mostrar grietas o quebrarse, lo cual permite que la humedad y el aire tengan acceso continuo al hierro, continuando con la reacción de corrosión. **La diferencia en la formación de capas de óxido entre el hierro y el zinc, es la razón fundamental para que el galvanizado prolongue la vida del acero.** Para mayor información sobre como el zinc protege al acero, ver *GalvInfoNote 3.1*.

En la mayoría de aplicaciones, la capa pasiva superficial que se forma sobre el zinc, es sólida, mas no protectora, y con el tiempo se presenta corrosión continua. Sin embargo, debido a la naturaleza de la película pasiva, la velocidad de corrosión del recubrimiento de zinc, es disminuida sustancialmente – normalmente por un factor de 10 comparado con el acero puro.

Por que el Zinc es Susceptible a las Manchas durante el Almacenamiento (Corrosión Blanca)?

Como fue establecido anteriormente, el zinc es un metal muy reactivo. Este presenta una velocidad de corrosión muy baja solo debido a la presencia de la película pasiva continua en la superficie. Un aspecto clave en el mecanismo de la corrosión es que la superficie necesita secarse en el aire para poder desarrollar y mantener esta película pasiva. La película pasiva de carbonato de zinc es producida durante la etapa de secado en un ciclo de lluvia. Por lo tanto, los ciclos atmosféricos de humectación y secado son necesarios para que el zinc desarrolle pasividad.

Cuando la plancha galvanizada se humedece estando aun forma de rollo o bobina, o apilada en paquetes en una planta o lugar de trabajo, pueden presentar manchas durante el almacenamiento. Las manchas durante el almacenamiento (corrosión blanca) son simplemente el componente químico, **hidróxido de zinc (ZnOH)**, que se forma cuando el zinc está en contacto con la humedad. Este no se convierte en capa pasiva de carbonato de zinc porque las planchas herméticamente empaquetadas no están expuestas libremente al oxígeno/dióxido de carbono que contiene el aire. No se da la oportunidad de que se forme una capa protectora de zinc carbonatado. Como la reacción de corrosión continua mientras las superficies estén humedecidas y ávidas por oxígeno y dióxido de carbono, se puede formar una gran acumulación de hidróxido de zinc. El zinc es un metal muy reactivo en presencia de humedad, cuando las condiciones no permiten que se forme una capa pasiva.

Cuando se produce la corrosión blanca, hay una pérdida real del recubrimiento de zinc, y de algo de zinc previsto para proteger el producto de acero recubierto. La magnitud de los daños depende principalmente de:

1. El tiempo de exposición a la humedad,
2. La temperatura experimentada durante el almacenamiento, y
3. La presencia de agentes aceleradores de la corrosión, como sales conteniendo de cloruros.

A menudo, la cantidad de óxido blanco parece ser muy pesada, cuando en realidad la cantidad de zinc corroído es muy pequeña. Esto ocurre porque el ZnOH es algo voluminoso, y aumenta en la zona de humedad. Cuando el ZnOH se seca en aire libre, se convierte en óxido de zinc (ZnO). Si la aplicación no es estéticamente crítica, el recubrimiento galvanizado puede comportarse muy bien y reunir los requerimientos y expectativas del usuario final. En la mayoría de casos que involucra exposición exterior, la corrosión blanca desaparecerá con el tiempo, ya sea porque es removido por la lluvia o porque se convierte en óxido de zinc y luego en carbonato de zinc.

La superficie del recubrimiento de zinc que ha presentado corrosión blanca es "atacada" y ya no tiene la apariencia brillante y lustrosa de una plancha galvanizada como de producción. La remoción del óxido blanco (ver la sección final de este artículo) no eliminará la apariencia de ataque sufrido. Es por esto que, para aplicaciones en la cual la apariencia es crítica, no se aceptan planchas galvanizadas con corrosión blanca.

Hay veces, aunque muy raramente, cuando las planchas han sido humedecidas por largo tiempo, este es suficiente para que la corrosión del recubrimiento sea severa. En estos casos, el producto ya no brindará la resistencia a la corrosión deseada para la aplicación. Adicionalmente, las manchas producidas durante el almacenamiento pueden tomar una apariencia negra o gris oscura. Cuando las manchas en el galvanizado se vuelven negras, significa que el hierro forma parte de los productos de corrosión, es decir, se ha consumido el zinc, que ha expuesto al sustrato de acero. No obstante, se requiere un supervisor entrenado para determinar si la cantidad de corrosión que se ha formado es severa o no.

Prevención de las Manchas durante el Almacenamiento

Obviamente, es muy deseable tomar todas las precauciones para evitar la aparición de manchas o productos de corrosión durante el almacenamiento de las planchas galvanizadas. A menudo, las aplicaciones del usuario requieren una apariencia estética de la superficie galvanizada brillante, y no se acepta ninguna presencia de

machas de almacenamiento. Afortunadamente, se han desarrollado prácticas que permiten el transporte y almacenamiento de planchas galvanizadas sin que se formen dichas manchas u óxidos.

Tratamientos Químicos (Passivacion)

La mejor manera de minimizar la posibilidad de formación de corrosión blanca durante el transporte y almacenamiento en el centro de trabajo, es aplicando un tratamiento químico por los fabricantes de planchas de acero. Este recubrimiento de conversión química (pasivación) es aplicada en la línea de galvanización. Es una capa muy delgada y usualmente invisible. El tipo más común de tratamiento de pasivación, es un recubrimiento de basado en una solución de cromato. Los tratamientos de cromatizado contienen cromo hexavalente. Estos son aplicados rociando la solución en la superficie, para luego retirar el exceso mediante rodillos cubiertos con goma. En seguida, la capa de pasivación es secada completamente antes de devolver la plancha recubierta a la línea final de galvanización.

Por motivos de protección a la salud y al medio ambiente, se ha descontinuado el uso de tratamientos con sales de cromo hexavalente. Han sido reemplazados por tratamientos libres de cromo hexavalente; incluso aquellos en los que el cromo tiene un estado trivalente, o productos totalmente libres de cromo. Para mayor información sobre estos nuevos tratamientos, ver *GalvInfoNote 2.10*.

Los recubrimientos de pasivación han estado en uso por muchos años, con un comportamiento excepcional minimizando la tendencia a manchas en las fajas o rollos de las planchas humedecidas. Los productores de planchas de acero usan el término "tratamiento de pasivación" o "tratamiento de conversión química" para este tratamiento superficial. Ambos términos son empleados independientemente. **Cuando se hace un pedido, se debe especificar el tipo de tratamiento se químico que es requerido o no es requerido.**

Es importante recordar que los tratamientos de pasivación **minimizan** la tendencia a las manchas durante el almacenamiento, mas **no eliminan** su aparición si el producto esta expuesto a condiciones muy adversas. Un ejemplo, seria que un rollo o bobina se moje durante el transporte al cliente, y que permanezca almacenado por un largo periodo sin ningún intento de secarlo. Incluso si el producto es ordenado con un tratamiento químico, es importante evitar que la humedad entre las envolturas mientras se forme los rollos, planchas o paquetes.

Los tratamientos de pasivación superficiales también ayudan al producto de otra manera. Cuando las planchas recubiertas son expuestas al medio ambiente, el tratamiento de pasivación ayuda a mantener la apariencia brillante. Eventualmente, el brillo disminuye, pero el tratamiento de pasivación ayuda a mantener la apariencia metálica y reluciente por un periodo de tiempo considerable. La duración de este efecto depende del tipo de tratamiento, del ambiente y de la relativa corrosividad de cada localidad. Además, a medida que la superficie pierde brillo, tiende a hacerlo de una manera más uniforme que si las planchas estuvieran sin pasividad.

Visualmente, no es posible decir si las planchas galvanizadas han sido pasivadas. El ensayo normalizado en ASTM D 6492 – Detección de Cromo Hexavalente en una Plancha Recubierta de Zinc y Aleación Zinc/Aluminio, puede ser usada para determinar si la plancha fue tratada con una solución de pasivación basada en cromo. Como cualquier cromo hexavalente en el tratamiento, se oxida pasando a cromo trivalente, el ensayo solo funciona en planchas recién pasivadas.

Otro método rápido para conocer si la plancha galvanizada ha sido pasivada, con tratamientos con o sin cromo, es usar un ensayo simple de condensación de humedad. Coloque una sección cuadrada de 100 x 100 mm (4 pulgadas por lado) de la plancha galvanizada como una tapa en un recipiente con agua a 59 °C (140°F) y déjelo por 15 minutos. Si la parte de abajo se mantiene brillante, está pasivada, sino se mancha no está pasivada.

Para más información sobre pasivación ver *GalvInfoNote 2.10*.

Aceites de Pasivación

Aparte del uso de químicos en los tratamientos de pasivación, se pueden usar otros tratamientos superficiales. Los más comunes son aceites con inhibidores de corrosión. Estos son aceites que contienen inhibidores de corrosión brindan algo de protección contra la manchas durante el almacenamiento. Los inhibidores son productos polares diseñados para adsorber las superficies metálicas. El aceite sirve como la solución transportadora para el inhibidor. Al igual que lo tratamientos con soluciones de cromato, el aceite es aplicado por los productores de planchas de acero en la línea de galvanización. Un método común de aplicación del aceite es con un aplicador electroestático. Estos aceites no están destinados a brindar lubricación suficiente para aplicaciones como embutición, pero si brindan algo de lubricación y pueden ayudar en algunas operaciones de conformado. Otro tipo de aceite es el “aceite de desvanecimiento”. Es un contenido volátil que se evapora cuando esta expuesto al aire, y deja un inhibidor de corrosión en la superficie de la plancha.

Los aceites son efectivos en la protección que brindan contra la corrosión debida a la humedad, por su habilidad de prevenir que la humedad se condense en las vueltas de las bobinas o las separaciones entre las planchas de un paquete. Sin embargo, no son tan efectivos para prevenir los daños causados por la penetración de grandes cantidades de agua, por ejemplo, lluvia entre las separaciones.

¿Qué tratamiento Aplicar?

A menudo, el uso final define si se debe aplicar un tratamiento de pasivación o de un aceite inhibidor de corrosión. Normalmente, cuando el uso final no implica el pintado, es mejor el método de pasivación, aunque algunos pasivadores son compatibles con la pintura. Si la aplicación requiere pintado, el aceite inhibidor de corrosión es la mejor alternativa, pero se debe verificar con el productor si es que usaron un pasivador que se puede pintar.

Debido a la situación cambiante de los tratamientos de pasivación, lo mejor para el usuario es discutir sus necesidades con el productor de la plancha galvanizada. Por ejemplo, es posible ordenar un producto con ambos tratamientos. Normalmente, esta combinación suministra una mejor protección contra la corrosión blanca que cualquier tratamiento usado por separado, y debe ser considerado cuando se esperan condiciones severas de almacenamiento

Cuando el uso final involucra soldadura por puntos o prepintura de las bobinas o rollos, es necesario ordenar los productos sin pasividad. Cuando se da este caso, **debe existir absoluta certeza que no se humedecerá antes de usarse**. Las precauciones que se pueden tomar son explicadas líneas abajo.

Otras Maneras de Proteger el Galvanizado de la Corrosión Blanca.

Además del uso de aceites o tratamientos químicos, hay otras maneras de minimizar la tendencia a la aparición de manchas durante el almacenamiento. Un método común involucra “envoltura del rollo” por el productor de la plancha. Se pueden usar materiales de envoltura tanto de plásticos como de papel. El material de empaque debe tener un inhibidor de corrosión impregnado para que brinde una mejor protección.

Adicionalmente, la prevención de las manchas durante el almacenamiento está fuertemente influenciado por los métodos y prácticas utilizados por el productor del acero en el transporte al cliente. Es esencial emplear prácticas que minimicen la tendencia a la condensación, así como prevenir la filtración de agua durante el transporte y almacenaje. Aún más importante, es mantener controlada la temperatura de almacenamiento (incluso durante el transporte), para prevenir la condensación en el caso de que la temperatura disminuya o se trasladen los rollos o paquetes de planchas a un ambiente más cálido y húmedo.

¿Como se Humedecen las Bobinas o Rollos?

Los rollos o paquetes de planchas se humedecen de dos maneras:

1. El agua de lluvia se filtra entre las planchas mientras el producto es transportado o almacenado.
2. Por condensación.

La condensación sucede cuando el rollo o las planchas apiladas esta debajo del punto de rocío de la atmósfera local. Una forma de que esto ocurra es cuando los rollos son transportados en invierno, y ubicados en un almacén más cálido que el acero galvanizado y donde la humedad no está en un nivel controlado. Bajo estas condiciones, la humedad se condensa sobre la superficie del acero a medida que la temperatura disminuye. Esto es similar a la condensación de la humedad sobre un cristal frío.

La condensación también se puede presentar de maneras no tan obvias como las descritas. Por ejemplo, incluso cuando la temperatura de los rollos y la del almacén son iguales cuando los rollos llegan a la planta del cliente, pero la temperatura del almacén no es controlada, el enfriamiento durante la noche (o la caída de temperatura) puede permitir que se presente la condensación en los rollos, incluso en las envolturas contiguas. Cuando la humedad se condensa, toma mucho tiempo que se seque. pues hay muy poco aire en movimiento entre los rollos o paquetes.

Debido a que no existe una manera absoluta de prevenir totalmente las manchas durante el almacenamiento cuando el material se humedece, es importante aplicar las mejores prácticas en todas las etapas del proceso.

Las Mejores Prácticas

1. Los productores de acero deben aplicar el tratamiento químico y/o el aceite de tal manera que recubra toda la superficie de la plancha.
2. Si es posible, los rollos deben ser envueltos con papel o plástico fabricados especialmente para esta aplicación.
3. **El transportista debe proteger el acero durante el transporte a la planta del cliente. Incluso si los paquetes o rollos están envueltos, se debe transportar sólo en vehículos cubiertos. Si es necesario utilizar un transporte descubierto, se debe envolver completamente la carga con una lona para evitar algún tipo de filtración de agua. Evitar desgarrar de papel.**
4. El cliente debe guardar los rollos en un almacén con ambiente controlado. Usar el material apropiado. De ser posible, no permitir que el producto se mantenga en almacén por mucho tiempo (excediendo 2 meses).
5. Para transportar desde la planta del cliente a la ubicación final, el producto necesita ser protegido nuevamente, especialmente si las planchas estarán en contacto íntimo entre ellas. Cuando se presenta este caso, el producto es muy susceptible a las manchas por almacenamiento pues las planchas no se secarán adecuadamente si se humedecen. .
 - a. La envoltura de papel es una manera de proteger las planchas durante el traslado o almacenaje en el lugar de trabajo. Tener cuidado de no envolver el paquete cuando las planchas están húmedas. Esto atrapa la humedad en el paquete y evita que se sequen.
 - b. No se debe envolver herméticamente las planchas con plásticos. Dejar “respirar” al producto, brindando circulación de aire.
 - c. Si es posible, almacenar los ascensores interiores de las planchas.

- d. Almacenar los paneles por lo menos 12 pulgadas por encima del piso, para permitir la circulación de aire debajo del paquete. Si los paquetes están apilados, asegurarse que haya libre circulación de aire entre ellos usando maderos espaciadores.
- e. Inspeccionar frecuentemente para asegurarse que los paneles no se han humedecido.
- f. Elevar el extremo de un paquete de planchas para permitir el drenaje del agua si es que ingresa humedad. Asegurase que no hayan puntos bajos a lo largo de la longitud para permitir que el agua fluya libremente. .

Tratamiento de Plancha Galvanizada Dañada por Manchas durante el Almacenamiento.

Generalmente, las planchas galvanizadas dañadas por manchas durante el almacenamiento, no pueden ser restauradas a su apariencia inicial de alto lustre. La mancha, dependiendo de su severidad, altera irreversiblemente las características superficiales del zinc en diferentes grados. No obstante, hay algunos tratamientos útiles para mejorar la apariencia, dependiendo de la severidad de la mancha.

1. Para una corrosión blanca menos severa, frotar/cepillar la superficie con una mezcla de aserrín y aceite mineral. La acción ligeramente abrasiva removerá la mancha, aunque éste tratamiento no es de mucha ayuda cuando las manchas de almacenamiento son avanzadas. Muchos usuarios han encontrado que si los paneles un poco manchados son usados de esta manera, la mancha es superada después de ser expuesto al exterior por un año más o menos, dependiendo de la localidad.
2. Si la mancha no es tan severa, puede ser removido lavándose con vinagre blanco, seguido por un enjuague con agua para neutralizar la superficie. La eliminación puede ser ayudada con un cepillo de nylon duro. Las planchas deben ser secadas antes de volverlas a apilar. Este tratamiento removerá un poco del lustre metálico de las partes no oxidadas, pero no en un grado excesivo.
3. Otros productos comerciales que limpian la corrosión blanca de manera similar al vinagre blanco son: jugo de limón, CLR[®], Naval Jelly[®] Rust Dissolver, and Picklex[™] 10G¹.
4. Para las manchas más severa, se puede cepillar las planchas con una solución de ácido fosfórico al 5% (en volumen) con un agente humedecedor. Las planchas deben ser enjuagadas inmediatamente para neutralizar la superficie y luego secadas completamente. Este tratamiento removerá la mayoría del lustre metálico, incluso en zonas no oxidadas,
5. Si la mancha se ha transformado en color negro o gris oscuro, es casi imposible removerlo.
6. Un método para restaurar el valor protector del recubrimiento de zinc, y mejorar la apariencia de las planchas dañadas por manchas durante el almacenamiento, es aplicar una buena pintura rica en zinc. La superficie debe ser limpiada completamente, (usando cualquiera de los productos descritos) cepillada, enjuagada y secada. Después de dos años, el desgaste eliminará cualquier diferencia en la apariencia entre la pintura y la superficie galvanizada.

Dos referencias excelentes consultadas al preparar este artículo y que tratan las manchas durante el almacenamiento con mayor detalle, son:

[1] Zhang, Xiaoge Gregory: *corrosión and Electrochemistry of Zinc*, Plenum Press, New York, 1996, pp. 236-239.

[2] Porter, Frank C.: *corrosión Resistance of Zinc and Zinc Alloys*, *corrosión Technology Series*, Vol. 6, P.A. Schweitzer (ed), Marcel Dekker, New York, 1994, pp. 64-66 and 372-373.

¹ Duran, B., Langill, T., *Cleaning Wet Storage Stain from Galvanized Surfaces*, 2007, American Galvanizers Association

Resumen

Las manchas o la corrosión blanca que aparece durante el almacenamiento, es la corrosión superficial que ocurre en el galvanizado cuando las planchas se humedecen al ser empaquetadas herméticamente (en rollos, paneles enrollados o planchas en paquetes), y no son separadas ni secadas inmediatamente. La continua humedad impide la formación de la película pasiva en la superficie del zinc. El resultado es una plancha manchada y decolorada, que es virtualmente imposible de retornar a su apariencia metálica y brillante.

Para prevenir la corrosión blanca, la plancha galvanizada debe ser protegida del contacto con la humedad, cuando las planchas se encuentran en estrecho contacto (enrollados o empaquetados) y no existe el libre flujo de aire para secar la superficie.

Copyright © 2008 – ILZRO

Renuncia de responsabilidad:

Los artículos, reportes de investigación y datos técnicos se proveen únicamente con fines informativos. Aunque quienes los publican intentan proveer información precisa y actual, la Organización Internacional de Investigación del Zinc y el Plomo no garantiza los resultados de la investigación o información reportada en esta comunicación y renuncia a cualquier responsabilidad por daños que surjan de confiar en los resultados de las investigaciones u otra información contenida en esta comunicación, incluyendo, sin limitación, daños incidentales o consecuencias.
