

Tecnología en Breve

PUBLISHED BY THE NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER

Control de la Corrosión

Resumen

La corrosión ocurre debido a que los metales tienden a oxidarse cuando se encuentran en contacto con el agua, resultando en la formación de sólidos estables. La corrosión en los sistemas de distribución de agua puede tener un impacto sobre la salud de los consumidores, los costos del tratamiento de agua y en la apariencia del agua final.

Varios métodos pueden ser utilizados para diagnosticar, evaluar y controlar los problemas de la corrosión. Las técnicas para controlarla incluyen consideraciones en el diseño de los sistemas de distribución y su fontanería, modificaciones de calidad de agua, inhibidores de corrosión, protección catódica, capas y revestimientos.

La Corrosión Puede causar Problemas en el Sistema

¿Qué problemas causa la corrosión?

La corrosión puede causar altos costos para el sistema del agua, debido a problemas con:

- Disminución de la capacidad de bombeo, causada por diámetros de tuberías pequeños debido a depósitos de corrosión;
- Disminución de la producción de agua causada por los orificios de la corrosión en el sistema, lo cual reduce la presión del agua e incrementa la cantidad de agua final requerida para suministrar un galón de agua al punto de consumo;
- Daño del agua en el sistema causado por los derrames relacionados a la corrosión;
- Alta frecuencia de reemplazo de los calentadores de agua, radiadores, válvulas, tuberías y medidores debido a los daños de corrosión; y
- Reclamos de consumidores sobre problemas por el color del agua, manchas y sabor.

¿Cómo se diagnostica y evalúa la corrosión?

Los siguientes eventos y mediciones pueden indicar problemas potenciales de corrosión en el sistema de agua:

Reclamos de consumidores: Muchas veces, los reclamos de los consumidores se deben al sabor u olor del agua, siendo esta la primera indicación de problemas de corrosión. Los investigadores necesitan examinar los materiales utilizados en la construcción del sistema de distribución y en las tuberías de las áreas de los reclamos. (Ver tabla en la página 4)

Índices de corrosión: la corrosión causada por la falta de deposición de carbonato de calcio en el sistema puede ser estimada usando índices derivados por las medidas de la calidad del agua. El Índice de Saturación Langelier (ISL) es la medida más comúnmente usada y es igual al pH del agua menos el pH de saturación ($ISL = pH_{\text{agua}} - pH_{\text{saturación}}$). El pH de saturación se refiere al punto de saturación del carbonato de calcio del agua (ej. El punto donde el carbonato de calcio no es ni disuelto ni depositado). El pH de saturación depende de varios factores, tales como la concentración de calcio en el agua, alcalinidad, temperatura, pH y presencia de otros sólidos disueltos como cloruros y sulfatos. Un valor de ISL negativo indica problemas potenciales de corrosión.

Muestreo y análisis químico: El potencial por corrosión puede incluso ser determinado realizando un programa de muestreo químico. El agua con un bajo pH (menos que 6) tiende

a ser más corrosiva. Elevadas temperaturas del agua y sólidos totales disueltos también pueden indicar corrosión.

Examinación de las tuberías: La presencia de precipitados en su superficie (coating) y las condiciones internas de las superficies de las tuberías pueden ser determinadas por una simple observación. Los exámenes químicos pueden determinar la composición de la formación de precipitados en la superficie de la tubería, como la proporción del carbonato de calcio, el cual protege las tuberías del oxígeno disuelto y así reduce la corrosión.

¿Puede el diseño afectar el potencial de corrosión?

En muchos casos, la corrosión puede ser reducida con una selección apropiada de materiales del sistema de tuberías de distribución y teniendo un buen diseño de ingeniería. Por ejemplo, los sistemas de distribución de agua diseñados para operar con bajos niveles de flujo tendrán turbulencia reducida y por lo tanto, una erosión disminuida de las capas protectoras. Adicionalmente, algunos materiales de tuberías son más resistentes a la corrosión en ambientes específicos que otros. Finalmente, los materiales de tuberías compatibles deben ser utilizados a través del sistema para evitar la corrosión electrolytica.

Otras medidas que ayudan a minimizar la corrosión en los sistemas incluyen:

- Uso sólo de tuberías libres de plomo, forros y componentes;
- Seleccionar una forma y geometría apropiada del sistema para evitar callejones sin salida y áreas estancadas;
- Evitar vueltas agudas y codos en los sistemas de cañerías y distribución;
- Proveer un adecuado drenaje (vaciado) del sistema;
- Seleccionar el apropiado grosor del metal de la tubería, basado en el flujo del sistema y parámetros de diseño;
- Evitar el uso de soldadura en el sitio sin reemplazar el revestimiento de la tubería;
- Reducir la tensión mecánica, como flexión de las tuberías y el fenómeno de golpe de ariete del agua (oscilaciones de presión hidráulica).
- Evitar una distribución de calor desigual en el sistema, suministrando una adecuada protección e aislamiento de las tuberías;
- Proveer un acceso fácil para la inspección, mantenimiento y reemplazo de partes del sistema; y

- Eliminación de conexión a tierra de los circuitos eléctricos del sistema, lo cual incrementa el potencial de corrosión.

¿Cómo se puede reducir la corrosión del sistema?

La corrosión en el sistema puede ser reducida cambiando las características del agua, tales como ajustando el pH y la alcalinidad; suavizando el agua con cal; y cambiando el nivel de oxígeno disuelto (aunque, este no es un método común de control). Cualquier programa de ajuste de la corrosión debe incluir monitoreo. Esto permite modificar las dosis de acuerdo a como cambien las características del agua con el tiempo.

Ajuste del pH: Los operadores pueden promover la formación de una capa de precipitados de carbonato de calcio en la superficie del metal de la plomería ajustando el pH, alcalinidad y niveles de calcio. La formación de precipitados de carbonato de calcio en la superficie (scale) ocurre cuando el agua se encuentra sobresaturada con carbonato de calcio. (Debajo del punto de saturación, el carbonato de calcio se redisolverá; al punto de saturación, el carbonato de calcio no es ni precipitado ni disuelto. Ver la sección "índices de corrosión". El punto de saturación de cualquier fuente de agua en particular depende de la concentración de iones de calcio, alcalinidad, temperatura, pH y la presencia de otros materiales disueltos, como fosfatos, sulfatos y algunos restos de metales.

Es importante señalar que los niveles convenientes de pH para el control de la corrosión pueden no ser óptimos para otros procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Para evitar este conflicto, el nivel de pH debe ser ajustado para el control de la corrosión previamente a la distribución del agua y después que otros requerimientos del tratamiento del agua hayan sido satisfechos.

Ablandamiento con cal: El ablandamiento con cal (en el cual cuando las cenizas de soda son requeridas en adición a la cal, es algunas veces conocido como ablandamiento con cal de soda) afecta la solubilidad del plomo cambiando el pH del agua y los niveles de carbonato. Los iones de hidróxido se encuentran por lo tanto presentes y decrecen la solubilidad del metal promoviendo la formación de sólidos básicos de carbonato que "apaciguan" o protegen la superficie de la tubería.

El utilizar el ablandamiento con cal para ajustar el pH y la alcalinidad es un método efectivo para controlar la corrosión del plomo. Sin embargo, la calidad óptima del agua para el

control de la corrosión puede no coincidir con la reducción óptima de la dureza del agua. Por lo tanto, para conseguir un tratamiento de agua atinado y comprensivo, el operador debe equilibrar la dureza del agua, los niveles de carbonato, pH y alcalinidad, así como el potencial de corrosión.

Niveles de oxígeno disuelto: La presencia excesiva de oxígeno disuelto aumenta la actividad corrosiva del agua. El nivel óptimo de oxígeno disuelto para el control de la corrosión es de 0.5 a 2.0 partes por millón. Sin embargo, retirar el oxígeno del agua no es práctico debido al costo. Por lo tanto, la estrategia más razonable para minimizar la presencia del oxígeno es:

- Excluir el proceso de aeración del tratamiento de agua subterránea,
- Incrementar el ablandamiento con cal,
- Extender los periodos de detención de las agua tratadas en los tanques de almacenamiento, y
- Usar el tamaño correcto de bombas de agua en la planta de tratamiento para minimizar la introducción del aire durante el bombeo.

Acerca del uso de los Inhibidores de Corrosión

Los inhibidores de corrosión hacen que se formen capas protectoras en las tuberías. Aunque estas reducen la corrosión, no pueden contrarrestarla totalmente. Por lo tanto, el éxito de cualquier inhibidor de corrosión depende de la habilidad del operador del agua en:

- Aplicar el doble y el triple de la dosis de diseño del inhibidor durante las aplicaciones iniciales para construir una capa base protectora que prevenga picaduras; (Nótese que las capas iniciales típicamente toman varias semanas para formarse.)
- Mantener dosis del inhibidor continuas y suficientemente altas para prevenir la redisolución de la capa protectora; y
- Alcanzar un flujo de agua constante sobre las superficies metálicas del sistema para permitir una aplicación continua del inhibidor.

Existen varios inhibidores de corrosión comercialmente disponibles que pueden ser aplicados con sistemas químicos de alimentación normales. Entre los más comúnmente usados por fuentes de agua potable son los fosfatos inorgánicos, los silicatos de sodio y las mezclas de fosfatos y silicatos.

Fosfatos inorgánicos: Los fosfatos inorgánicos inhibidores de corrosión incluyen polifosfatos, ortofosfatos, fosfatos vítreos y fosfatos

bimetálicos. El zinc añadido en conjunto con polifosfatos, ortofosfatos o fosfatos vítreos, pueden ayudar a inhibir la corrosión en algunos casos.

Silicatos: La efectividad de los silicatos de sodio depende de ambos, pH y concentración del carbonato. Los silicatos de sodio son particularmente efectivos para sistemas con altas velocidades de agua, baja dureza, baja alcalinidad y un pH menor de 8.4. Típicamente, las dosis de silicato de sodio para un mantenimiento de la protección (coating) fluctúan entre 2 a 12 miligramos por litro. También ofrecen ventajas en sistemas de agua caliente debido a su estabilidad química, a diferencia de muchos fosfatos.

Antes de instalar alguna tecnología para suministrar inhibidores de corrosión, se deben probar varios métodos o agentes en un medio ambiente de laboratorio para determinar el mejor inhibidor y la concentración para cada sistema.

¿La protección catódica es una opción?

La protección catódica es un método eléctrico para prevenir la corrosión de las estructuras metálicas. Sin embargo, este es un control caro de corrosión y no es práctico o efectivo para proteger el sistema completo de agua. Es usado primordialmente para proteger los tanques de almacenamiento de agua. Una limitación de la protección catódica es que es prácticamente imposible para la protección catódica llegar abajo de los orificios, grietas o esquinas internas.

La corrosión metálica ocurre cuando el contacto entre un metal y una solución eléctricamente conductiva produce un flujo de electrones (o corriente) desde el metal hacia la solución. Los electrones dejados por el metal hacen que el metal se corroa en vez de quedarse en su forma metálica pura. La protección catódica paraliza esta corriente sobrecargándola con una fuente de poder externa más fuerte. Los electrones proporcionados por la fuente externa de poder previenen al metal de perder electrones, forzándolo a ser cátodo, el cuál entonces resistirá la corrosión, en oposición al ánodo que no resistiría.

Existen dos métodos básicos de aplicar protección catódica. Un método utiliza electrodos inertes, como hierro fundido alto en silicio o grafito, los cuales son cargados por una fuente externa de la corriente directa. La corriente tomada de los electrodos inertes los fuerza a actuar como ánodos, así se minimiza la posibilidad de que la superficie del metal protegida se convierta en ánodo y se corroa. El segundo

Reclamos Típicos sobre la Calidad del Agua que Pueden Deberse a la Corrosión

Reclamos de Clientes	Causa Posible
Accesorios y lavadero de color rojo o pardo-rojizo	Corrosión de las tuberías de hierro o presencia de hierro natural en el agua cruda
Manchas azuladas en los accesorios	Corrosión de las líneas de cobre
Agua de color negro	Corrosión de sulfuro en las líneas de cobre o hierro; o precipitaciones del manganeso natural
Mal gusto y/u olor	Subproductos de la actividad microbiana
Pérdida de presión	Excesiva deposición de precipitados en las superficies, tubérculo (formado por la corrosión de las picaduras), derrame en los sistemas por picaduras u otro tipo de corrosión
Inexistencia de agua caliente	Acumulación de depósitos de minerales en el sistema de agua caliente (puede ser reducida instalando termostatos bajo 60° C [140° F])
Vida útil corta de la cañería doméstica	Deterioro rápido de las tuberías por picaduras u otro tipo de corrosión

Fuente: Agencia Americana de Protección del Medio ambiente

método utiliza un ánodo sacrificial. Los ánodos de magnesio o zinc producen un acción galvánica con el hierro, entonces, los ánodos son sacrificados (o sufren corrosión), mientras que la estructura del hierro es conectada y protegida.

¿Las tuberías comerciales con capas y revestimiento son efectivas?

El método prácticamente universal para reducir la corrosión de la tubería requiere revestir las paredes de la tubería con una capa protectora. Estos revestimientos son usualmente aplicados mecánicamente ya sea cuando la tubería es manufacturada o recubierta en el lugar, antes de ser instalada. Algunos revestimientos pueden ser aplicados aún después que la tubería está en servicio, pero este método es mucho más costoso.

Las aplicaciones mecánicas de capas de protección y revestimientos difieren para las tuberías y para los tanques de almacenamiento de agua. Los tipos más comunes de revestimiento de tuberías incluyen esmaltes de alquitrán de carbón, pinturas epóxicas, mortero de cemento y polietileno.

Los tanques de almacenamiento de agua se revisten comúnmente para proteger a las paredes internas del tanque de la corrosión. Los tipos más comunes de capas y revestimientos de tanques de almacenamiento de agua incluyen pinturas y esmaltes de alquitrán de carbón, vinilos y epóxidos.

¿Dónde puedo encontrar mayor información?

La información de este boletín ha sido obtenida de tres fuentes principales: *Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities*, EPA/625/4-89/023; *Corrosion Manual for Internal Corrosion of Water Distribution Systems* EPA/570/9-84/001; y *Corrosion in Potable Water Supplies* EPA/570/9-83/013. Todos estos documentos son gratuitos y pueden ser solicitados por la Oficina de Investigación y Desarrollo de la Agencia Americana de Protección del Medioambiente (EPA) llamando al (513) 569-7562.