



www.guentner.eu

Technical article from
28.03.2018

Author



Dr. Andreas Zürner
Research
Güntner GmbH & Co. KG

Güntner GmbH & Co. KG
Hans-Güntner-Straße 2 – 6
82256 FÜRSTENFELDBRUCK
GERMANY

Member of Güntner Group



Limitar de manera eficaz la corrosión en los enfriadores de aire

El mejor dimensionado de un intercambiador de calor pierde efecto a la larga si los materiales no se seleccionan en función de la atmósfera del emplazamiento. En el peor de los casos puede suponer que el equipo o algún componente del mismo presenten transcurrido poco tiempo signos de corrosión y que haya que sustituirlos antes de tiempo. Este texto ofrece información general sobre la corrosión en los intercambiadores de calor, analiza los distintos peligros y señala opciones que se pueden adoptar para contrarrestar eficazmente la corrosión en los intercambiadores de calor.

Ya solo el hecho de que ninguno de los metales utilizados esté presente en la naturaleza como metal nativo, es decir, exista en estado puro, muestra que incluso los metales resistentes a la corrosión, como el cobre y el aluminio, a la larga se ven atacado por las condiciones medioambientales, es decir, oxidan. Simplificándolo, en este caso de oxidación se suceden las reacciones químicas del proceso de generación en orden «inverso» y de este modo se devuelven los metales y aleaciones a los minerales de los que se derivaron originariamente, por ejemplo, la alúmina o el sulfuro de cobre. Por supuesto, este proceso por lo general avanza de manera extremadamente lenta y casi no es apreciable, lo cual se nota especialmente en los tejados de cobre y las fachadas de aluminio; pero en el caso específico de los enfriadores de aire puede acelerarse el proceso de corrosión por las condiciones de servicio y la selección errónea del material, de modo que se detectan en muy poco tiempo pérdidas de rendimiento o incluso fugas.

Veamos una breve explicación desde el punto de vista químico: la superficie de un metal no es estática a nivel microscópico, sino que está sometida a cambios continuos. Mientras que los átomos en el interior están rodeados de otros átomos de metal y esto les permite saturar completamente sus electrones, a los átomos de la superficie les faltan parte de los compañeros necesarios para ello. Pero lo compensan adhiriendo moléculas de su entorno a las partículas sólidas de la superficie. Parte de los átomos de la superficie establecen nuevas uniones con estas moléculas y pierden su característica de metal.

Esto conlleva que en todos los metales nativos se forme una capa delgada de no metal sobre las superficies de metal lisas en muy poco tiempo, ya sea en contacto con el aire o bajo el agua. Que solo se trate del primer estadio de un ataque corrosivo, depende de numerosos factores. En función del metal y del entorno esta capa puede incluso ralentizar mucho el avance del proceso de corrosión (por ejemplo, en el aluminio) o apenas influir sobre la velocidad en la que tienen lugar las reacciones químicas en las superficies de metal (por ejemplo, en el acero no aleado).

No todos los tipos de corrosión son iguales

En el caso de los intercambiadores de calor, de los 56 tipos de corrosión descritos en la DIN EN ISO 8044, resultan especialmente importantes cinco tipos de manifestación:

1. Corrosión generalizada o uniforme
2. Corrosión por picaduras
3. Corrosión por hendiduras
4. Corrosión por fisuras
5. Corrosión por contacto (=corrosión galvánica).

Véanse ilustraciones.

Los tipos de corrosión mencionados se pueden englobar todos dentro del mismo grupo, es decir, la corrosión electroquímica. En la superficie de un metal se producen siempre dos reacciones parciales. Por una parte, el metal suministra en el área de los ánodos electrones que serán recibidos por otros agentes de reacción en el área de los cátodos. En la mayoría de los casos ese reactivo es el oxígeno.



El agua juega un papel importante en este proceso, pues funciona como disolvente de sales y conductor de iones y, por lo tanto, como electrolito.

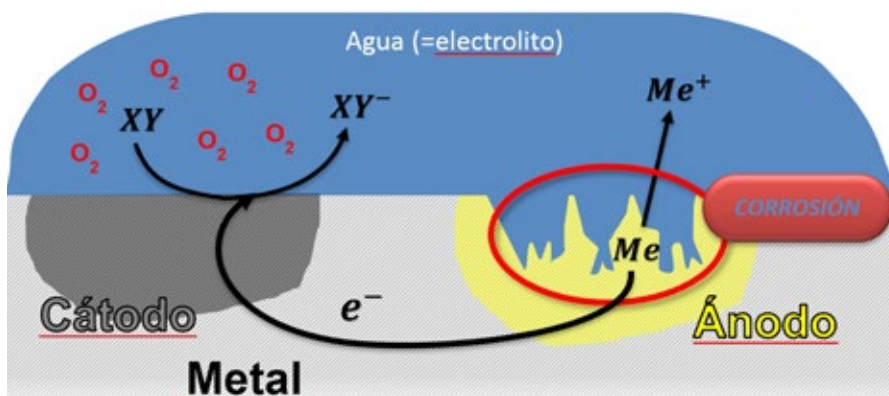


Fig. 1:
Funcionamiento general de la corrosión electroquímica

El agua siempre forma parte del medio de un intercambiador de calor, ya sea en forma de agua condensada, lluvia o humedad del aire. Cuanto más tiempo y con mayor frecuencia actúe la humedad sobre una superficie, a mayor velocidad discurren los procesos de corrosión. Con la temperatura pasa algo parecido. Cuanto más elevada la temperatura, más rápidamente avanza la corrosión. Eso significa que los enfriadores de aire en cámaras de refrigeración normal y positiva deben estar más protegidos frente a la corrosión que los equipos equivalentes en las cámaras de congelación.

Que una pieza metálica se corroa o que se genere una capa protectora depende en último caso de qué es lo que ocurre con los átomos del metal, de qué electrones se entregan. Solo una parte de estos iones de metal con carga positiva se disuelven en el agua. La otra parte reacciona con los iones con carga negativa presentes en el electrolito.

Definición de corrosión según la DIN EN ISO 8044:

«La corrosión es la interacción física y química entre un metal y su entorno, que produce una modificación de las propiedades del metal y que pueden comprometer considerablemente la funcionalidad del metal, del entorno o del sistema técnico del que forman parte.»

rolito, convirtiéndose en sales metálicas, y forma en la zona del ánodo capas exteriores. Si estas solo se adhieren superficialmente y son más bien porosas, el oxígeno y el agua pueden seguir actuando casi sin obstáculos en el metal y seguir disolviéndolo. Ejemplos de ello son las típicas manchas marrones de óxido que se forman en componentes de acero no aleado y que en algunos casos incluso se desprenden solas, o también el cardenillo, conocido también como verdín, que se crea cuando actúa el ácido acético sobre el cobre y que en gran medida es soluble en agua.

Si, por lo contrario, la capa exterior está bien adherida y es tan compacta que el electrolito casi no puede pasarla y llegar a la superficie del metal, se ralentiza el avance del proceso de corrosión de manera notable. Una forma conocida de estas capas exteriores protectoras es la pátina de cobre que está formada por sales de cobre alcalinas que, a diferencia del cardenillo o verdín, casi no es soluble en agua.



Fig. 2: Lamas de cobre con una pátina verde muy pronunciada que ha creado una capa exterior protectora muy adherida.

Capa de pasivación

Las conocidas como capas de pasivación cumplen una función muy parecida a la pátina del cobre, pero son mucho más finas, y se forman, por ejemplo, en el aluminio pulido o el acero fino con cromo (conocido coloquialmente con acero inoxidable) en muy poco tiempo. Estas capas de óxido, en algunos casos con espesores de pocos nanómetros, también son una protección muy efectiva contra la corrosión. Pero, en general, hay que tener en cuenta dos limitaciones. Por una parte, estas capas de óxido no son estables en todos los rangos de pH, por lo que para el aluminio se recomienda en general su uso solo para valores de pH entre 4,5 y 8,5.

Por otra parte, esta capa de óxido, igual que la superficie de metal, es una barrea muy activa que cambia constantemente y que trata de incorporar todos los iones posibles que se encuentran en el electrolito. Si por esta vía se incorporan a la capa de óxido en particular cloruros, esta con el tiempo deja de ser compacta y el material puro que queda debajo empieza a descomponerse. La estructura de iones se destruye en la mayoría de los casos de manera localizada. Este fenómeno se aprecia en un estadio más avanzado como corrosión por picadura.

La concentración localizada de las distintas manifestaciones influye mucho sobre la velocidad del proceso de corrosión. En grietas, ángulos y debajo de suciedad adherida pueden incrementarse claramente las concentraciones de los diferentes agentes con respecto a las concentraciones en el electrolito restante.

Esto permite que en estas zonas esté actuando una conductividad y un valor de pH muy diferente. Por lo tanto, se genera un entorno corrosivo localizado, aunque la composición del electrolito existente en ningún caso se pueda definir como corrosivo.



Fig. 3: La corrosión por picadura, que a nivel superficial parece inocua, se produce como si de una punción de una aguja se tratase en la profundidad del material.

Corrosión por contacto

Si en un componente están dos metales en contacto, por ejemplo, en las aletas de aluminio con el tubo de cobre, el ánodo y el cátodo se definen ya solo por los respectivos potenciales electroquímicos de ambos metales. El cobre presenta, por ejemplo, con un pH de 7,5 (neutro) un potencial de +0,1 V y el aluminio se sitúa en aprox. -0,7 V. En esta combinación el cobre actúa como cátodo y el aluminio, que es un metal menos noble, como ánodo.

Si el cátodo (que capta los electrones) además presenta una gran superficie, el ánodo suministra preferentemente electrones y la erosión de metal (la corrosión) en el área de los ánodos es correspondientemente alta. La relación de superficie entre cátodo y ánodo es, por lo tanto, un factor a tener en cuenta para la velocidad del proceso de corrosión.



Fig. 4:

En la corrosión de contacto el ánodo y el cátodo están compuestos por distintos materiales/aleaciones con un potencial electroquímico distinto. Se trata de una unión eléctrica. El elemento con el menor potencial se disuelve y, por así decirlo, se sacrifica.

Condiciones ambientales perjudiciales

Como se indicó al principio cada metal nativo está sometido a modificaciones ambientales. La velocidad del proceso depende en gran medida de los parámetros del entorno, es decir, la temperatura, la humedad, la exposición a agentes químicos, etc.

Especialmente el metal semiprecioso cobre se vuelve tan «innoble» ante la presencia de sulfatos, acetatos, cloruros, amoníaco, aminas, óxidos nitrosos, sosa cáustica, hipoclorito, formiato, etc. que en combinación con oxígeno se corroe y se disuelve. Por ello se debe extremar la precaución en los intercambiadores de calor, cuando se necesita un material para usos con productos ahumados y encurtidos, pescado, queso, aguas residuales, procesos de fermentación y limpiadores agresivos.

El aluminio no resiste, como ya ese indicó anteriormente, valores de pH ni demasiado altos ni demasiado bajos y tampoco la presencia de grandes cantidades de cloruros. Por lo tanto, en principio, sin una protección especial contra la corrosión es inapropiado para el uso en espacios en los que se procesan alimentos ácidos (aliños, fruta) y pescado; también la exposición a climas costeros repercute negativamente en su vida útil. Además no se debe exponer el aluminio ni a limpiadores extremadamente alcalinos ni ácidos.

La gran resistencia a la corrosión del acero de cromo-níquel inoxidable reside en primer lugar en la formación de una capa de pasivación de óxido de cromo, que resulta muy resistente incluso a soluciones alcalinas y ácidas de alta concentración. Sin embargo la formación de esta capa de pasivación se ve afectada por concentraciones elevadas de halógenos como los iones de flúor, cloro o bromo y convierten incluso este tipo de acero en víctima de ataques localizados de corrosión, como corrosión por picaduras o fisuras. Estas concentraciones tan elevadas pueden alcanzarse rápidamente, por ejemplo, con el uso de limpiadores con cloro (hipoclorito, cloro activo, etc.).

De ahí que incluso los enfriadores de acero inoxidable se deban aclarar bien con agua dulce, ya que sino con el paso del tiempo se acumula localmente el cloro en las ranuras y zonas de difícil acceso y rápidamente se supera la concentración crítica que desencadena los procesos de corrosión.

Medidas para la protección contra la corrosión

Las condiciones de entorno desfavorables, que impiden el uso de enfriadores de aire estándar con tubos de cobre, aletas de aluminio y cuerpos de acero galvanizado, requieren la aplicación de medidas de protección correspondientes. Estas opciones son, por ejemplo:

- *Incremento del espesor del material*
- *Utilización de materiales resistentes a la corrosión (AlMg o acero inoxidable) o combinaciones de materiales (tubo de cobre con aletas de cobre)*
- *Imprimación de distintos componentes o del intercambiador de calor en su totalidad*

Güntner ha realizado en su propio laboratorio de ensayo y desarrollo series de ensayos exhaustivos, para probar la resistencia de distintos materiales y combinaciones de materiales. De este modo, y gracias a la experiencia acumulada durante décadas, se mejoran los productos constantemente una y otra vez. Se ha demostrado que duplicar el espesor del material prolonga la vida útil de manera exponencial, pero naturalmente también repercute respectivamente en el precio y el peso.

Si para el tubo central se utiliza acero inoxidable en lugar de cobre, se mejora automáticamente la resistente a la corrosión y la vida útil puede hasta triplicarse comparado con los equipos estándar. No obstante, esta solución lleva pareja un incremento notable del precio. Debido sobre todo a que a mismo rendimiento se necesita un 40 % más de superficie.

Coil Defender de Güntner

En el caso de la protección contra corrosión mediante recubrimientos, Güntner aplica, por un lado, una imprimación en polvo en los distintos componentes y, por otro lado, flejes de aluminio prerrecubiertos para la fabricación de aletas con imprimación de resina epoxídica. Conforme a la DIN EN ISO 12944, la imprimación en polvo cumple, en función del espesor del recubrimiento, incluso los requerimientos de las categorías de protección contra la corrosión C5 M duración alta y C5 I duración alta. La capa de pintura de las aletas con imprimación de resina epoxídica de solo unas pocas micras de espesor supera sin problema las 500 horas del ensayo de corrosión estandarizado, las del ensayo de neblina salina neutra según DIN EN ISO 9227.

El nuevo Coil Defender de Güntner también lleva una imprimación en polvo que se aplica posteriormente de manera uniforme y que recubre con una capa de protección, con un espesor medio de 200 μm (0,2 mm), tanto los tubos centrales como las aletas y planchas de cabecera. Con este recubrimiento de alta calidad, que se extiende

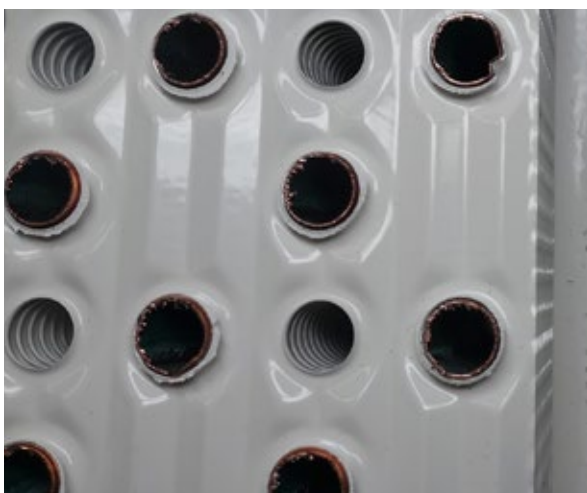


Fig. 5: Sección de un intercambiador de calor Coil Defender. El recubrimiento se aplica de manera uniforme sobre el total de la superficie y cubre tanto el tubo central como las aletas y las planchas de cabecera.

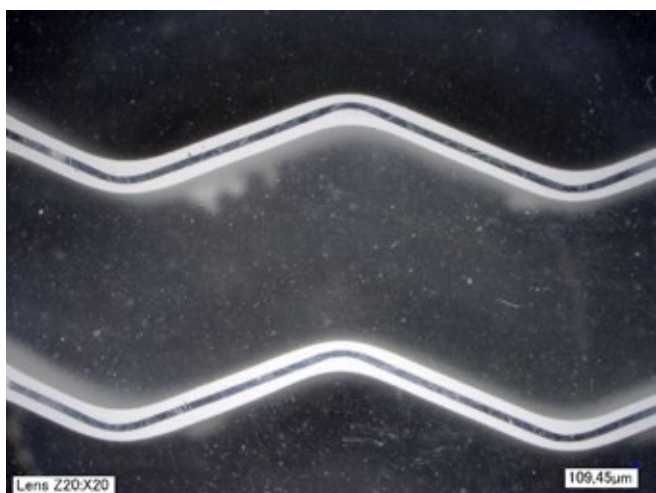


Fig. 6: La imagen con resolución microscópica de una sección de una aleta muestra el espesor de aprox. 200 μm de la imprimación uniforme en polvo para la protección contra la corrosión del Coil Defender de Güntner.

hasta el tubo central, es posible dotar una batería intercambiadora de calor de cobre/aluminio de un enfriador estándar con una resistencia a la corrosión equivalente a la de los equipos equiparables dotados con tubo de acero inoxidable. La calidad del revestimiento está garantizada en todos los puntos en el interior más profundo de la batería por la tecnología de fabricación desarrollada por Guntner, incluso en los intersticios. El Coil Defender de Guntner está además homologado para su uso en entornos de fabricación en la industria alimentaria especialmente sensible, pues la imprimación en polvo está certificada por TÜV Süd como «HACCP-ready» (apto para el APPCC= Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos).

Conclusiones

Hay tantas estrategias para prevenir la corrosión como factores que la favorecen en el sector de la transformación alimentaria. Esto se debe, por una parte, a los diferentes alimentos que se almacenan o transforman (por ejemplo, pescado de mar, carne, queso, fruta, vinagre, salazón) y, por otra, a los limpiadores allí utilizados, que contienen a menudo sustancias agresivas con grados de acidez y alcalinidad extremos. Además, la humedad y temperatura ambiente predominantes influyen en gran medida en los procesos de corrosión.

Por lo tanto, cuando se busca un enfriador de aire con una vida útil larga se vuelve inevitable optar por productos de alta calidad, pero solo el diálogo constructivo entre las partes implicadas arrojará una solución personalizada ajustada a las necesidades de la empresa usuaria. De ahí que los requerimientos que debe cumplir un equipo dependan finalmente del sector, el uso concreto y la empresa usuaria.

Encontrará más información sobre este tema en el folleto de Guntner «Recomendaciones de materiales» y en la aplicación de Guntner que puede descargar en la página web de Guntner.