

FALLAS FRECUENTES EN ENFRIADORES DE AIRE INDUSTRIALES

Altamirano P.M., Berardo L., Moina C.
INTI Procesos Superficiales
pabloa@inti.gov.ar

INTRODUCCIÓN

De las diferentes ramas industriales, la industria alimentaria es la que frecuentemente recurre a sistemas de enfriamiento de aire para el acondicionamiento de salas de proceso debido a la necesidad de control de las variables físicas, químicas y bacteriológicas del ambiente, que aseguren la calidad del producto. La pérdida de eficiencia de un equipo utilizado para tal fin conlleva mayores consumos energéticos, así como variaciones de la temperatura ambiental fijada. La corrosión es la causa de falla más frecuente en estas instalaciones.

OBJETIVO

Identificar las causas que originaron la corrosión de un equipo de enfriamiento de aire en una industria láctea y, en consecuencia, su pérdida de eficiencia.

DESCRIPCIÓN

Para acondicionar el aire en una sala de procesamiento de manteca se utiliza un equipo intercambiador de calor construido en aluminio, que emplea agua como fluido refrigerante. Al detectar fallas en el servicio de enfriamiento, se realizó la inspección visual del equipo, encontrando orificios pasantes en las cañerías, con pérdida de agua (Figura 1).



Figura 1: pérdida de agua en intercambiador de calor

El usuario del equipo suministró la información básica necesaria para el estudio de la

corrosión, esto es la composición de la aleación de aluminio declarada por el proveedor, los análisis del agua circulante en el sistema y las hojas de datos de los productos inhibidores de corrosión utilizados para el tratamiento del agua de enfriamiento.

RESULTADOS

Al efectuar un corte longitudinal de uno de los tubos, se observaron áreas de la superficie interior con corrosión intensa y disminución localizada de espesor de pared (Figura 2). Otras áreas menores mantenían la superficie metálica sin ataque importante, parcialmente cubierta con productos blancuzcos, similares a los óxidos e hidróxidos de aluminio, y depósitos amarillentos fuertemente adheridos. Al retirar estos productos amarillentos y evaluar la superficie con lupa estereoscópica, se observó una corrosión incipiente debajo de los mismos.



Figura 2: corrosión bajo depósitos

Una metalografía del tubo de aluminio (Figura 3) detectó que el ataque se inicia de modo intergranular y se propaga hasta comprometer el espesor de pared.

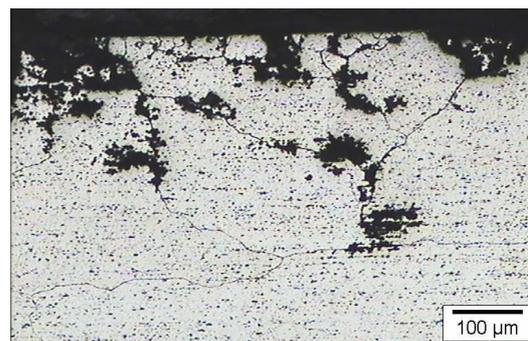


Figura 3: inicio de corrosión en el interior del tubo

Para que se inicie un proceso corrosivo, es necesario que estén presentes determinados factores tales como componentes agresivos en el ambiente, una microestructura defectuosa o una composición química del material susceptible a la corrosión.

El resultado del análisis de composición química del material, realizado en INTI, indica que contiene silicio, magnesio, hierro y cobre como principales componentes minoritarios. Difiere notablemente de la aleación declarada por el proveedor del equipo, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: comparación análisis INTI / análisis declarado

	Análisis INTI [g/100g]	Análisis declarado [g/100g]
Silicio	0,50	0,09
Manganeso	0,03	0,00
Plomo	0,03	-
Cobre	0,34	0,001
Hierro	0,69	0,16
Zinc	0,19	0,002
Níquel	0,01	-
Cromo	< 0,05	-
Magnesio	0,39	0,00
Titanio	-	0,012
Aluminio	resto	99,73

Para disminuir la susceptibilidad del material a la corrosión intergranular es conveniente que la relación magnesio a silicio sea de 2 a 1. En la aleación estudiada el contenido de magnesio se encuentra en defecto respecto del silicio.

El contenido de otros elementos aleantes más nobles que el aluminio, es decir, más resistentes a la corrosión, también aumenta la susceptibilidad al ataque intergranular. La cantidad de cobre en las aleaciones de aluminio con silicio y magnesio, que se agrega para aumentar la dureza, debe estar limitado a pequeñas cantidades para no disminuir la resistencia a la corrosión generalizada de la misma. En el tubo analizado se encontró cobre, y también hierro, en cantidades suficientes como para provocar la propagación del ataque. La microestructura de la aleación presenta dos zonas, la matriz de aluminio puro y otra con la mayoría de los elementos aleantes. Estas fases se encuentran distribuidas homogéneamente en toda la aleación, importante para disminuir la susceptibilidad a la corrosión localizada.

Se evaluó la superficie interior con microscopio electrónico de barrido y se analizaron los elementos presentes. Se detectaron oxígeno, silicio y aluminio como componentes principales de los productos superficiales, con otros elementos provenientes del agua

circulante y/o de los aditivos químicos inhibidores de corrosión agregados.

Los factores más importantes a controlar para evaluar la corrosividad de los electrolitos en contacto con aluminio son la temperatura, el pH y la conductividad.

Comúnmente, a mayor temperatura, mayor es la velocidad de corrosión. En este caso el equipo trabaja con agua entre 2 °C y 4 °C, por lo que el efecto térmico es despreciable.

En general, el aluminio presenta un buen desempeño frente a la corrosión generalizada en un rango de pH alrededor de 4,0-8,5, por formación de una película protectora de óxido de aluminio. Estos límites varían con la temperatura, la calidad del óxido de aluminio y con la presencia de sustancias que puedan formar sales solubles o insolubles sobre la superficie. El agua utilizada en el intercambiador de calor tiene un pH que se encuentra en un valor de riesgo para la estabilidad de la película protectora y, por lo tanto, para el inicio de la corrosión.

La importancia de la conductividad radica en la mayor disponibilidad iónica a medida que aumenta, con el consiguiente incremento de la velocidad de corrosión. Los análisis del agua de enfriamiento utilizada en este proceso indican una baja conductividad.

Los inhibidores utilizados en el tratamiento químico presentan la desventaja del comportamiento de los aditivos inorgánicos que contiene en su formulación, que pueden precipitar y depositar productos en forma sólida. Estos pueden tener alta dureza, o formar geles si se eleva la temperatura.

CONCLUSIONES

El valor del pH del agua se encuentra en el límite para el comienzo de un proceso de corrosión generalizada.

El producto inhibidor utilizado generó depósitos que se adhirieron fuertemente a las paredes internas del caño en forma discontinua y proporcionaron las condiciones necesarias para el inicio del ataque localizado.

La presencia de depósitos produce una acidificación localizada que impide la reformación de los óxidos de aluminio protectores.

En estas condiciones de operación, la composición química de la aleación incrementa la susceptibilidad a la falla detectada.

BIBLIOGRAFÍA

ASM Handbook Volume 13 Corrosion. 9th Edition (1987). ASM International.
Course of Aluminum Finishing. AESF Foundation. The National Association for Surface Finishing .