



By Bruce I. Nelson, P.E., President, Colmac Coil Manufacturing, Inc.

Guía de Aplicaciones Para Serpientes de Aluminio

Antecedentes

El aluminio ha sido ampliamente usado en la construcción de intercambiadores de calor en la industria de HVAC/R por décadas. El metal es de peso ligero, altamente conductivo, de bajo costo y tiene excelentes características de resistencia a la corrosión.

Tradicionalmente, los serpentines de calentamiento y enfriamiento han sido construidos de tubos de cobre y aletas de aluminio. La selección para la tubería de cobre ha sido basada en la facilidad de formación y de unión de los metales durante su manufactura, y su facilidad de ser reparado con soldadura en el campo. La selección para aletas de aluminio ha sido basada en el peso ligero, bajo costo y buen desempeño térmico del metal.

Como el precio del cobre ha crecido rápidamente en los meses recientes, el aluminio como material para tubos ha generado un significativo interés como medio de mitigar el incremento de los costos de los serpentines. ¡Un típico serpentín para agua fría diseñado con tubos y aletas de aluminio puede costar y pesar menor que el 30% (dependiendo del grosor de la pared del tubo) que un tubo de cobre con aletas de aluminio con la misma capacidad térmica! Mientras que es verdad que los tubos de aluminio son significativamente menos caros que los tubos de cobre, hay algunas limitaciones a considerar para la compatibilidad con ciertos fluidos de trabajo, velocidades de fluidos, temperaturas, ambientes corrosivos, y químicos para limpieza los cuales necesitan ser examinados, con el objeto de asegurar una adecuada vida útil de serpentines hechos con tubos de aluminio.

Fluidos de Trabajo

El oxido de aluminio es muy estable y tenaz cuando es expuesto a la mayoría de condiciones ambientales. Cuando es usado en aplicaciones estándar de HVAC/R, es completamente compatible con ambos enfriadores de agua y halocarbonos (Refrigerantes HCFC y HFC), así como los aceites de refrigeración más comúnmente usados (mineral, AB, POE, PAG). El aluminio también es compatible con el amoníaco anhídrido como refrigerante. El aluminio es, por lo tanto un excelente material para el uso en serpentines de agua fría y caliente, DX y evaporadores recirculados y condensadores. El metal puede ser usado con mezclas de etileno glicol y propileno, sin embargo, se debe tener cuidado para asegurar la temperatura de trabajo permanezca debajo de los 150°F. Colmac no recomienda usar tubos de aluminio en serpentines debido a las características corrosivas del vapor.

Velocidades del Fluido

Si un fluido pasa por la superficie de un metal a una velocidad suficientemente alta, la capa protectora de oxido del metal será desprendida y habrá pérdida de metal por erosión. Este tipo de pérdida de metal es llamada erosión por corrosión. En aplicaciones de refrigeración, virtualmente no hay riesgos de erosión por corrosión con aluminio ya sea evaporador o condensador. Las velocidades del refrigerante son inherentemente limitadas por la penalización del desempeño asociada con las pérdidas de presión y un LMTD reducido. Por lo tanto, los tubos de aluminio son una excelente elección para cualquier HCFC, HFC, o diseños para evaporadores y condensadores de amoníaco, con tal que los límites de la presión mecánica del diámetro de la tubería y espesor de la pared no sean excedidos.

Para soluciones de agua y glicol, un buen límite práctico en la velocidad dentro del tubo para evitar la erosión por corrosión es 4 ft/s (1.2 m/s). Este límite es algo sensible a la temperatura y debería ser reducido a elevadas temperaturas por encima de 150°F (65°C). En aplicaciones de serpentines de agua, la velocidad dentro del tubo de 4 ft/s (1.2 m/s) resulta en una región turbulenta (>4,000) del número de Reynolds, la cual produce altos valores del coeficiente para la transferencia de calor y resulta un buen desempeño de transferencia de calor.

Temperatura

El límite de tensión de todos los metales (la resistencia característica la cual determina la máxima presión de trabajo permitida) disminuye cuando la temperatura incrementa. A la inversa, el límite elástico incrementa cuando la temperatura disminuye. No obstante, a diferencia del acero al carbón, el aluminio no se vuelve frágil incluso a bajas temperaturas. Por lo tanto, el aluminio es idealmente adecuado para evaporadores de refrigeración operando incluso a temperaturas criogénicas. Por ejemplo, el aluminio es comúnmente usado en tubos por evaporadores de nitrógeno líquido.

Ya que el aluminio pierde su límite de elasticidad dramáticamente a temperaturas encima de 350°F (176°C), Colmac no recomienda diseñar serpentines con tubos de aluminio para uso a temperaturas por encima de 300°F (148°C).

Máxima Presión de Trabajo Permissible (MAWP)

MAWP es la presión permissible segura para el fluido de trabajo que se espera durante la operación del serpentín. La Tabla 1 de abajo muestra la MAWP para varios diámetros de tubo de aluminio y espesor de pared a varias temperaturas:

TABLA 1
MAWP vs Temperatura

Diámetro del tubo x Espesor Pared, in	MAWP, psig		
	Arriba de 150F	150F < T < 250F	250F < T < 300F
3/8 x 0.025	506.6	483.5	437.6
1/2 x 0.035	540.1	515.5	466.6
5/8 x 0.049	614.4	586.4	530.8
7/8 x 0.065	584.9	558.2	505.2
1 x 0.065	508.6	485.4	439.3

Ambientes Corrosivos

Como se mencionó arriba, el óxido de aluminio es muy estable y tenaz, y generalmente hablando no se deteriora o se daña en presencia de líquidos con un pH entre 4.0 y 9.0. El aluminio, por lo tanto, resiste a la corrosión cuando es expuesto a soluciones ligeramente ácidas y alcalinas. El óxido de aluminio, sin embargo, se disuelve cuando es expuesto a soluciones que contienen ciertos iones, es decir, cloruros y sulfuros. Por lo tanto, el aluminio no es recomendado en ambientes donde el metal, ya sea en la superficie de la aleta o del tubo, es expuesto a las sales de cloruro o sulfuro.

La corrosión de los metales es un complejo fenómeno, y puede involucrar un número de mecanismos actuando simultáneamente (galvánico, químico, esfuerzos, agrietamiento, erosión, etc.). Si a un serpentín de todo en aluminio será puesto en servicio en un potencial ambiente corrosivo, consulte a un ingeniero de corrosiones y/o a los ingenieros de aplicaciones de la fábrica de Colmac.

Químicos para Limpieza

Debido a que el óxido de aluminio puede ser removido expuesto a soluciones altamente ácidas o alcalinas, exposiciones (ya sea directa o indirecta) al hipoclorito de sodio (cloro) y/o hidróxido de potasio (sosa caústica) los limpiadores no son recomendables. El aluminio es rápidamente corroído y será irreparablemente dañado si es lavado con sosa caústica, por ejemplo.

Reparación en Campo

Colmac usa un número diferente de aleaciones de aluminio para tubos, cabezales, y soldaduras, en el transcurso de diseño y construcción de serpentines de aluminio. Es importante usar los materiales correctos (por ej. relleno de soldadura) y procedimientos cuando se hacen reparaciones en campo para evitar causar mayor daño. Consulte a la fábrica de Colmac para consulta cuando se requieran reparaciones.

Conclusión

Como se señaló anteriormente, el aluminio es un excelente y versátil metal el cual, si es aplicado apropiadamente, es muy adecuado para muchas aplicaciones de HVAC/R y serpentines industriales (enfriamiento y calentamiento de agua, evaporadores y condensadores de refrigeración). Su bajo costo, peso ligero y alta conductividad térmica lo hacen una elección ideal como un material alternativo al cobre, acero al carbón, y acero inoxidable en muchos casos.

Para más información, favor contacte Colmac Coil Manufacturing, Inc
Teléfono 52 33 3110 2024 y/o gabriel.gutierrez@colmaccoil.com
Visite nuestra página web; www.colmaccoil.com
© 2016 Colmac Coil Manufacturing, Inc.