

REACOM S.A.

Fabricante de los motocompresores y unidades condensadoras **ACMAR®**
Miranda 4033/43 (Capital Federal) - 4566-8889
acmar@reacom.com.ar
www.acmar.com.ar

EL RECALENTAMIENTO DEL COMPRESOR

El recalentamiento es uno de los más importantes problemas que afectan a los motocompresores desde siempre.

Un gran porcentaje de las fallas del compresor en los sistemas de baja y media temperatura tienen su origen en el recalentamiento del compresor.

La experiencia del campo de ampliación indica que se pueden eliminar muchas condiciones de falla si las temperaturas del gas de descarga se reducen a un nivel razonable.

Obviamente, si fuera posible diseñar un compresor que trabajara en las condiciones más exigentes sin consecuencias por el recalentamiento, ello redundaría en beneficio de todos.

Hay aproximaciones al diseñar un compresor que pueden minimizar los problemas de recalentamiento, por ejemplo una buena superficie de transferencia de calor hacia el exterior (contacto directo del metal a metal entre el motor y el alojamiento del compresor); transferencia mínima de calor entre las áreas de baja presión y alta presión del compresor; poco espacio nocivo; buen diseño del motor; y enfriadores de aceite.

Muchos ingenieros, técnicos instaladores y usuarios se rehusan a aceptar que hay límites para la operación del compresor.

La clave del razonamiento lógico es:

Muchas instalaciones con condiciones desfavorables para el motocompresor, funcionarán, y enfriarán satisfactoriamente. La diferencia se encontrará en la vida útil del equipo. En nuestra vasta experiencia como fabricantes y reparadores hemos visto compresores con más de 15 años de uso continuo que mostraban un grado notable de buena conservación, concordando dicha observación con el comentario agradecido del usuario satisfecho por tantos años de fiel servicio libre de problemas.

Pero también hemos visto muchos casos con condiciones prematuras de desgaste.

En ambos casos, de las preguntas que hacemos al cliente referente a las condiciones de instalación y operación, siempre encontramos una estrecha correlación entre éstas y el consecuente estado del compresor.

CONDICIONES ADVERSAS DE OPERACION

A temperaturas de 157°C hasta 165°C la película lubricante literalmente se evapora como el agua que cae sobre una plancha de hierro caliente.

Sin embargo los buenos aceites para refrigeración son tan resistentes a la descomposición que se forma poco carbón en la placa de válvula. En consecuencia, muchas fallas por alta temperatura son relativamente difíciles de visualizar. Sin embargo, es notorio en tales casos ver signos tales como:

- Placa de válvula seca, sin humedad de aceite
- Tizne negruzco sobre la placa, lado descarga
- Color tornasolado o azulado de la placa de válvulas
- Cobreado de láminas y otras partes (habitualmente cuando coexisten la alta temperatura junto a la presencia de anticongelantes, contaminantes o acidez en el sistema)
- En aquellos compresores con desgaste pronunciado en la parte superior del conjunto pistón – cilindro – aros, es común la formación de carbón en la placa de válvulas debido a la mayor presencia de aceite en el gas de descarga

Los datos de clasificación del compresor a veces son fuente de confusión. Con el fin de suministrar una base común para su comparación, los compresores se ensayan en condiciones de temperatura de gas de retorno y subenfriamiento de líquido predeterminadas.

Los usuarios aún hoy interpretan los datos de clasificación publicados (por ejemplo: 20°C de gas de retorno) como recomendación para la operación del compresor. En el caso de los sistemas más chicos, de un compresor, que operan con presiones de succión más moderadas, 20°C todavía puede ser aceptable. Pero en equipos más grandes, más sofisticados, se requieren temperaturas de gas de retorno más bajas si el compresor se ha de mantener dentro de límites de temperatura aceptables.

LÍMITES DE TEMPERATURA

La mayoría de los aceites para refrigeración comenzarán a descomponerse ó carbonizar a temperaturas cercanas a 180°C.

También se puede producir un acelerado desgaste del aro y pistón a temperaturas del cilindro de 155°C 165°C, y aún así con relativamente poca carbonización de aceite.

Los aceites de refrigeración modernos han sido tan altamente refinados para obtener buena solubilidad en bajas temperaturas, que el aceite no puede mantener una película lubricante a muy altas temperaturas.

En términos generales la experiencias en el campo de aplicación indicaría como buenas características para evitar un desgaste acelerado, que las temperaturas del pistón, anillo y puerta de válvula se mantengan inferiores a 150°C. Normalmente las temperaturas de la línea de descarga dentro de las seis pulgadas de la salida del compresor serán de 28°C a 42°C más frías que las temperaturas de pistón y cilindro, dependiendo del diseño del compresor y del caudal de masa refrigerante. Por lo tanto como regla general, las temperaturas de línea de descarga de 135°C representan una condición de falla con respecto a la temperatura. Una temperatura

de 120°C generalmente indica un nivel de peligro, y 110°C y menos es deseable para expectativas razonables de vida útil.

La viscosidad de los aceites de refrigeración comunes disminuye rápidamente a medida que la temperatura aumenta, y se hace peligrosamente baja a temperaturas de 95°C y más. A altas temperaturas las características del lubricante son críticas, y los cojines deberán poder soportar temperaturas extremas. Las temperaturas más bajas generalmente prolongan la vida útil.

Por las razones hasta ahora explicadas, en aplicaciones de baja temperatura en una etapa para motocompresores **refrigerados por succión con R-22**, se agregan habitualmente sistemas de inyección electrónicos para el control de la temperatura de cabeza (el gas R-22 durante el ciclo de compresión eleva su temperatura más pronunciadamente que otros gases, dependiendo de la temperatura de entrada al cilindro y de la relación de compresión de ese momento).

Como ejemplos tenemos el Demand Cooling Sistem de Copeland, el sistema DTC de Dorin , el CIC de Bitzer, y en nuestro caso el sistema **“R-22 Injection”** (ver boletín técnico **“sistema R-22 injection”**)

APLICACIONES PARA BAJA TEMPERATURA

El límite normal de evaporación con gases aptos para baja temperatura en compresores de una etapa es -40°C y, aunque puede llegar hasta los -46°C durante períodos intermitentes, la operación continua debajo de -46°C produce temperaturas de descarga que pueden destruir el compresor.

En condiciones de evaporación de baja temperatura se combinan la menor densidad del vapor refrigerante y la alta relación de presiones compresión/succión, para producir altas temperaturas de descarga que no pueden controlarse sólo con el enfriamiento por refrigerante de succión.

La transferencia de calor que se gana con el soplo de aire directo del forzador del condensador sobre el compresor es absolutamente esencial para la supervivencia del compresor y para prolongar su vida útil. Aunque el aire saliente del condensador esté relativamente caliente (por ejemplo 45°C), la diferencia de temperatura entre éste y la cabeza es lo suficientemente alta para favorecer una útil disipación, donde lo más importante es garantizar un fuerte chorro incidente de aire, aunque esté caliente y no una débil corriente de aire aunque esté “fresca”.

Cabe hacer notar, no obstante, que la construcción del compresor semihermético permite la disipación directa a la atmósfera del calor del cuerpo del compresor (en especial la cabeza), lo cual representa una ventaja comparativa muy importante frente a los compresores blindados, en particular los baja temperatura, que no tienen otra alternativa que transferir ese calor al gas que será succionado a los cilindros, y terminará así elevando aún más la temperatura de la cabeza.

En las condiciones de temperatura que se exigen en la actualidad, un compresor de baja temperatura puede estar operando justo sobre su límite de supervivencia. Cuanto más baja sea la temperatura de evaporación y más alta la temperatura de condensación, más crítica se vuelve la temperatura de descarga. La única forma de asegurar temperaturas de descarga razonables en condiciones extremas es por medio de una muy baja temperatura del gas de retorno.

La tabla I ilustra algunas temperaturas típicas internas en compresores de baja temperatura con 18°C de temperatura del gas de retorno, una condición común en el campo de aplicación. Las temperaturas del cilindro se han calculado en base a un

aumento de 41°C en la temperatura del gas de retorno después de atravesar el motor, antes de entrar al cilindro en la carrera de succión.

El aumento de 41°C de temperatura es típico de las pruebas de laboratorio y tiene su origen en la transferencia de calor desde el motor y el cuerpo del compresor. La última columna de la Tabla se refiere a la temperatura del gas de retorno entrante al compresor que sería necesaria para mantener temperaturas internas del cilindro debajo de 150°C.

Es indudable que con el desgaste operativo, las condiciones de temperatura se vuelven más serias aún. Los datos de la Tabla I se han calculado en base a pruebas de laboratorio pero, como las instalaciones individuales varían, el objetivo debe ser mantener en seis pulgadas de la línea de descarga desde el compresor a 110°C ó menos.

Por el peligro de congelamiento en canales subterráneos y de transpiración en la sala de maquinas, no es fácil lograr bajas temperaturas del gas de retorno en un supermercado típico con líneas de succión no aisladas.

La creciente incidencia de fallas de baja temperatura por recalentamiento indican que se requiere algún cambio importante en una propuesta de diseño para mejorar la confiabilidad del sistema.

Se puede ajustar las válvulas de expansión para un menor sobrecalentamiento, aislar completamente las líneas de succión hasta la válvula de servicio del compresor y suministrar ventilación de aire fresco para la sala de máquinas

La necesidad de líneas de succión totalmente aisladas en sistemas de baja temperatura aparece claramente indicada y se recomienda con énfasis para mejorar la vida del compresor y su confiabilidad.

TABLA I – TÍPICAS TEMPERATURAS DEL GAS DE DESCARGA DEL CILINDRO CON R-502

Temperatura de evaporación saturada en el compresor Presión de Succión	Temperatura de condensación saturada en el compresor Presión de Descarga	Temperatura típica del gas de retorno	Temperatura de descarga del cilindro	Temperatura de gas de retorno necesaria para limitar la temperatura de descargaa150°C
-40°C	55°C	19°C	170°C	-7°C
-40°C	49°C	19°C	168°C	2°C
-40°C	43°C	19°C	160°C	7°C
-32°C	55°C	19°C	160°C	7°C
-32°C	49°C	19°C	155°C	13°C
-32°C	43°C	19°C	150°C	18°C

APLICACIONES DE MEDIDA TEMPERATURA CON R-22

Puede producirse una condición de temperatura igualmente crítica en los sistemas de media temperatura con R-22 y temperaturas de evaporación de menos de -14°C. Debido a sus característica termodinámica el R-22 en general no se usa como refrigerante de baja temperatura. Si se esperan temperaturas de evaporación de menos de -14°C es preferible el R- 502, el R-404^a u otro gas concebido para esa aplicación.

Sin embargo, muchos sistemas con R-22 para media temperatura diseñados para temperatura de evaporación nominales de -15°C ó -12°C se recalientan al operarlas a presiones de succión equivalentes a temperaturas de evaporación de -23°C ó menos.

Tales instalaciones van a desarrollar serios problemas.

La Tabla 2 ilustra algunas temperaturas internas típicas en aplicaciones de media temperatura con R-22. Como en el caso del R-502 las temperaturas del cilindro se han calculado en base a un aumento de 41°C en la temperatura del gas de retorno después de entrar al compresor y antes de entrar al cilindro.

En los sistemas existentes con líneas no aisladas en los que no es posible cambiar las condiciones de operación del sistema, el único modo de reducir las temperaturas de descarga a un nivel aceptable sería con una válvula de expansión de des-recalentamiento.

Intensivas pruebas de campo en instalaciones problemáticas revelaron que las temperaturas de descarga pueden reducirse casi grado por grado reduciendo las temperaturas del gas de retorno. En repetidas ocasiones encontramos que los sistemas que funcionan de 120°C a 126°C de temperatura de la línea de descarga y temperaturas de 16°C de gas de retorno se pueden modificar con una válvula de expansión de des-recalentamiento para obtener temperaturas de línea de descarga debajo de 107°C y temperaturas de gas de retorno de aproximadamente 1°C . Si las líneas pueden aislarse, las válvulas de des-sobrecalentamiento en la succión no son necesarias, pero realmente ofrecen un medio de reducir las temperaturas en sistemas donde no es posible otra aproximación.

TABLA 2- TÍPICAS TEMPERATURAS DEL GAS DE DESCARGA DEL CILINDRO CON R-22

Temperatura de evaporación saturada en el compresor Presión de Succión	Temperatura de condensación saturada en el compresor Presión de Descarga	Temperatura típica del gas de retorno	Temperatura de descarga del cilindro	Temperatura de gas de retorno necesaria para limitar la temperatura de descarga a 150°C
-23°C	55°C	18°C	185°C	-15°C
-23°C	49°C	18°C	176°C	-4°C
-23°C	43°C	18°C	171°C	2°C
-18°C	54°C	18°C	168°C	-4°C
-18°C	49°C	18°C	160°C	7°C
-12°C	43°C	18°C	154°C	10°C
-12°C	54°C	18°C	160°C	7°C
-12°C	49°C	18°C	150°C	18°C
12°C	43°C	18°C	143°C	18°C

INTERCAMBIADORES DE CALOR LÍQUIDO-A-SUCCIÓN

Los intercambiadores de calor líquido a succión en los sistemas de refrigeración son útiles al elevar la temperatura del gas de retorno para: evitar congelamiento ó condensación; evaporar cualquier gotita de líquido en la corriente de vapor; y subenfriar el líquido para evitar formación de gas en la línea de líquido.

Sin embargo no existe una idea muy clara dentro de la industria de la refrigeración acerca de la utilidad de un intercambiador de calor para aumentar la capacidad de un sistema de refrigeración.

El calor absorbido por el gas de retorno del refrigerante líquido reemplaza al calor que puede tomar del ambiente, ó de otros espacios no refrigerados en un trayecto largo hasta el motocompresor, donde a pesa de existir aislación, el gas de retorno puede ser que llegue muy sobrecalentado a la válvula de succión. En tal caso sí hay un aumento en la capacidad pues se aprovecha una capacidad frigorífica residual que de otra manera se perdería en el camino. Por lo tanto en sistemas con líneas de succión sin aislar se produce normalmente un aumento a la capacidad del sistema.

Sin embargo la mera transferencia de calor de líquido a succión no agrega en sí misma, ninguna capacidad significativa o eficiencia al sistema. Mientras la entalpía del líquido disminuye, aumentando así el salto entálpico por Kg en el evaporador, el vapor más caliente tiene un volumen específico más alto de modo que la capacidad de bombeo del compresor disminuirá.

Estos dos factores, la entalpía disminuida del líquido y el volumen específico más alto del vapor, anulan considerablemente el efecto de cada uno en forma individual, de modo que el efecto neto es pequeño. Y si además la línea de líquido gana algo de temperatura en su tránsito, difícilmente se pueda observar algún aumento en la capacidad.

Con líneas de succión aisladas, el intercambio de calor no solamente pierde el beneficio de la capacidad sino que puede llegar a constituir una verdadera amenaza si levanta con exceso la temperatura del gas de retorno.

Los intercambios de calor líquido-a-succión dentro de la sala de máquinas pueden contribuir a la falla del compresor si elevan demasiado la temperatura del gas de retorno, ó sea superando un nivel que se considere aceptable.

REACOM S.A.
Dto. TECNICO