

PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN DEL SISTEMA

Algunos de los contaminantes más frecuentemente encontrados en los sistemas de refrigeración son: humedad, óxido de cobre, suciedad, etc.

Humedad

La presencia de agua en forma de humedad en un sistema frigorífico puede llevar a otras contaminaciones debido a la formación de oxidación, a la corrosión, a la descomposición del refrigerante, o a la deteriorización en general. Aliándose a cada uno de esos problemas con el consecuente daño que podrá ocasionarse con su presencia, otras fallas podrán tornarse obvias. Calor excesivo por motivo de la fricción, encobrado (copper plating) y desgaste innecesario de las superficies de precisión en contacto, todo eso puede estar unido a ese contaminante. Además la formación de hielo en la válvula de expansión restringirá el flujo de refrigerante o lo interrumpirá completamente. En algunos casos podrá ocurrir la formación de hielo alrededor de las paredes internas de la serpentina del evaporador, dificultando el cambio de calor entre el refrigerante con el ambiente que será enfriado.

Uno de los medios de detectar la presencia de humedad en un sistema es a través del análisis del aceite lubricante del compresor. Se debe retirar una muestra de aceite y enviarla a un laboratorio especializado en análisis de aceite. La cantidad de humedad contenida en el aceite no deberá exceder 50 ppm. (para mayores informaciones recomendamos ver el Boletín de Ingeniería nº 06 de la Bitzer).

En una instalación que haya sido adecuadamente instalada y deshidratada no existe virtualmente ninguna forma de que la humedad represente un problema inicial en cualquier sistema frigorífico.

Si hay una pérdida en un enfriador de agua (chiller), de forma que entre agua en el sistema de refrigeración, la pérdida resultante de refrigerante sería aparente mucho antes de que la humedad pueda convertirse en problema.



Foto 37

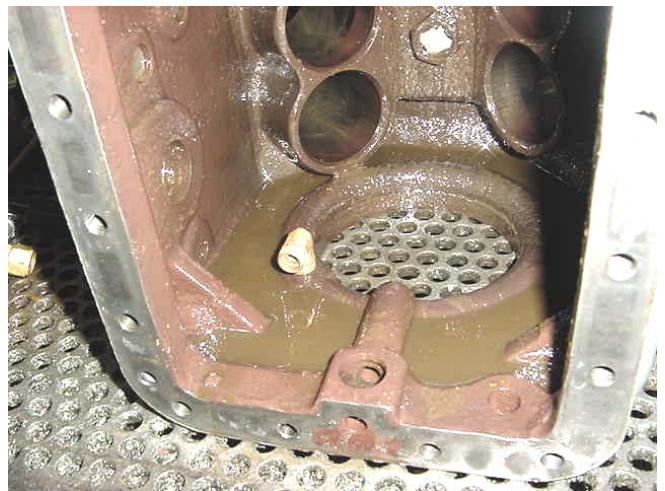


Foto 38

Causas de la Humedad



Foto 39



Foto 40

La principal causa o fuente de contaminación por humedad la representa el aire introducido en el sistema durante la instalación de las tuberías de cualquier línea de refrigerante. Otra forma de introducción de humedad en el sistema son los aceites refrigerantes inadecuadamente manipulados y usados como sustitución del aceite del compresor por el personal técnico responsable. Eso podrá evitarse siguiendo las recomendaciones de la Bitzer en relación a la utilización correcta del aceite y realizando su cambio periódico. Esas informaciones pueden ser obtenidas a través de los Boletines de Ingeniería 06, 12, 13 y 14.

Sin métodos apropiados de evacuación y deshidratación del sistema frigorífico, cantidad suficiente de agua para inducir la corrosión y acelerar la formación de otras formas de contaminación descritas anteriormente podrá permanecer en las líneas de refrigerante. Además del análisis de la cantidad de agua contenido en el aceite, la humedad también podrá ser detectada con el empleo de visor de líquido con indicador de humedad, instalado en la línea de líquido.

Un procedimiento común de campo usado para la remoción de la humedad de un sistema es el método de evacuación seguida de la “rotura del vacío”. Se recomienda romper el vacío cuando la evacuación llegue cerca de 500 micrones de mercurio. Realizar este procedimiento por lo menos dos veces utilizando nitrógeno seco, ya que el mismo absorberá lo restante de la humedad contenida en el sistema y también reducirá el tiempo necesario para deshidratación. Es importante recordar que la remoción de la humedad residual de un sistema exigirá un largo proceso de evacuación en caso de que no se haga la rotura del vacío. A 711 mm de Hg. (50.800 micrones de mercurio), el agua hierve a aproximadamente 38°C. Obviamente, es impracticable aumentar la temperatura de todo el sistema arriba de 38°C. El único medio práctico para deshidratar eficazmente un sistema contaminado con humedad es el empleo de una bomba de vacío capaz de producir una “depresión” (presión efectiva negativa) inferior a 250 micrones de mercurio.

El factor tiempo para la remoción del agua es frecuentemente ignorado. Lleva tiempo evaporar el agua retenida en un sistema usando apenas el calor que llega de las temperaturas ambientes. Recuérdese que el agua está cambiando de estado y que existe una carga latente al evaporarse (hervir) el agua. Se recomienda verificar, a través de un vaciómetro confiable, el nivel del vacío realizado en el sistema. La tabla de las unidades de vacío se encuentra en el Boletín de Ingeniería nº 15.

Otra consideración importante es el tamaño de la bomba de vacío. Una bomba muy grande puede reducir la presión tan deprisa que el agua se congele, haciéndose casi imposible su remoción. Existe también, la posibilidad de ocurrir daños en ciertas partes de la serpentina o de las tuberías, en caso de que haya congelamiento.

Contaminación por Suciedad o por Aire



Foto 41



Foto 42

Materiales extraños, tales como suciedad, flujo de soldadura, o productos químicos, junto con el aire, producen desequilibrios químicos que provocan la ruptura de las moléculas de aceite. Esa condición, aliada al calor oriundo de las altas temperaturas de descarga del sistema y de las temperaturas de fricción, puede resultar en la formación de ácidos, inscrutación (lodo) o en una combinación de ambos.

Asociada a la creciente fricción que ese proceso puede producir, el sistema entero inicia un proceso de autodestrucción. Además de los problemas básicos introducidos, reacciones químicas más complejas resultan en la formación de óxidos y de los elementos necesarios para el cobreamiento (copper plating).

Causas de la Contaminación por Suciedad y por Aire

Además de la humedad, la suciedad y el aire provenientes de malas prácticas de instalación pueden ocasionar problemas serios después de que el sistema es colocado en funcionamiento. Se puede evitar que la suciedad entre en el sistema frigorífico, certificándose

de que solamente tubos limpios y deshidratados se estén utilizando en los sistemas construidos en el campo. Evacuación adecuada y pasaje de nitrógeno seco en la tuberías (aprox. 1psig) durante el proceso de soldadura de los tubos evitarán los problemas causados por el aire (oxidación).

Una fuente de suciedad y de aire (juntamente con la humedad del aire) en una operación normal de mantenimiento puede ocurrir mientras se adiciona aceite al compresor. Como el aceite posee fuertes características oxidantes y puede fácilmente retener aire y agua, se debe tomar cuidado al realizar el cambio de aceite del compresor.



Foto 43



Foto 44

Óxidos

Los óxidos pueden aparecer bajo la forma de:

Óxido férrico (Fe_2O_3) –	(óxido de hierro rojo)
Óxido ferroso férrico (Fe_2O_4) –	(óxido de hierro negro)
Óxido cuproso (Cu_2O) –	(óxido de cobre rojo)
Óxido cúprico (CuO) –	(óxido de cobre negro)

Ninguna tentativa debe ser hecha por el técnico para determinar, a través de la coloración, el contaminante exacto. Eso debe ser hecho por el análisis químico. Además, debido a la combinación de contaminantes, el color negro básico del producto resultante que verá le dará pocos indicios referentes al origen.



Foto 45



Foto 46

(Foto 45) - Esta fotografía compara las condiciones de 3 filtros de aceite. El filtro de arriba está limpio, mientras que el del centro y el de abajo están contaminados. El contaminante es un óxido que ha sido retirado de las paredes del tubo o de dentro del compresor por el refrigerante y llevado al carter, donde ha sido depositado en la superficie de los filtros.

Está claro que un filtro obstruido priva el flujo de aceite a ser arrastrado por la bomba de aceite para una adecuada lubricación de las bancadas, cingueñal, biela y pistón, etc., causando una rotura mecánica prematura del compresor. La característica de ese tipo de desgaste es semejante a aquella causada por la pérdida de aceite de la foto 11. Muchas veces es posible ver fragmentos del material oxidado enclavado en las superficies de las bancadas.

La extensión del daño depende de la reducción del flujo del aceite. La bancada intermedia (principal) y los agujeros de las bielas ubicadas en la extremidad del pasaje de aceite en el cingueñal serán afectados en primer lugar. El compresor de la foto 46 sufrió exactamente este tipo de rotura mecánica justamente porque el filtro de arrastre de aceite estaba atascado por óxidos, aunque el carter estuviese con el nivel de aceite hasta la mitad de la altura del visor, por causa de la obstrucción del filtro, no hubo lubricación de las partes móviles del compresor.

Causas de la Presencia de Óxidos

La formación de óxidos en las paredes internas de los tubos se produce cuando el calor, aplicado por el soldador, se aplica en la presencia de aire. La oxidación se evita dislocando el aire dentro del tubo con un gas inerte, tal como el nitrógeno seco, antes de aplicar el calor. Se obtiene una atmósfera rica en nitrógeno dentro del tubo colocando una cinta engomada sobre la extremidad abierta del tubo, opuesta a la conexión de nitrógeno.

Se hace un pequeño agujero en la cinta y se ajusta el flujo de nitrógeno hasta que se pueda sentir el gas escapando por el agujero. Esta presión, a ser aplicada con nitrógeno seco, deberá regularse en torno de 1psig.

En el caso de encontrarse vestigios de esos óxidos en el sistema frigorífico, los mismos podrán ser retirados instalando un filtro para limpieza en la línea de succión para retener el material antes de que pueda entrar en el compresor. El aceite es entonces cambiado, conforme sea necesario, hasta que quede limpio. La Bitzer siempre recomienda la instalación de un filtro en la succión del compresor para limpieza en los casos en los que el evaporador esté distante del compresor, ya que solamente el filtro secador de la línea de líquido no garantiza la total limpieza del sistema.

Cobreamiento (copper plating)

Las piezas en las que el revestimiento de cobre se encuentra más frecuentemente son las piezas de tolerancias rígidas que funcionan a altas temperaturas, como el conjunto plato de válvulas del compresor, el cingueñal y la bomba de aceite. El origen del revestimiento está en el sistema de tuberías.

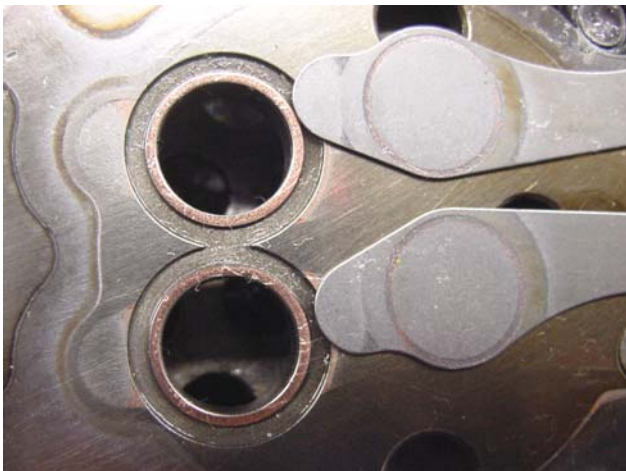


Foto 47

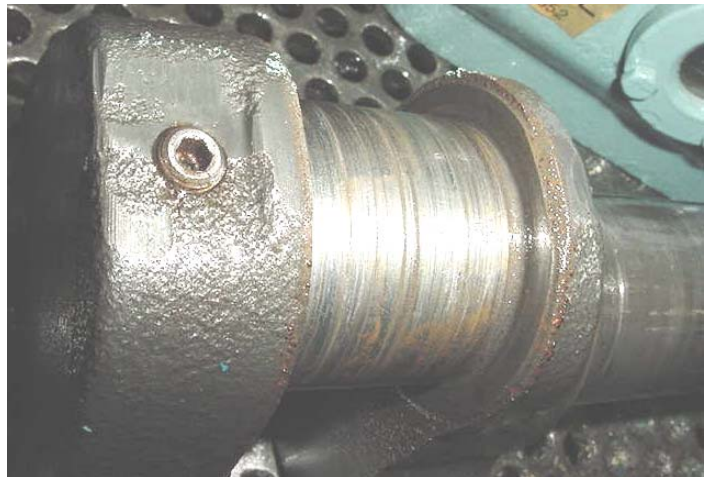


Foto 48

(Foto 47) - La superficie de las pistas de sellado de las láminas de succión del conjunto placa de válvulas presenta la formación del cobreamiento. El motivo ha sido ocasionado por el exceso de humedad contenida en la instalación. Los compresores del tipo abierto también sufren con la formación del cobreamiento en el sello mecánico, reduciendo su eficiencia de sellado cuando los copos de cobre quedan enclavados en la cara de los anillos de grafito.

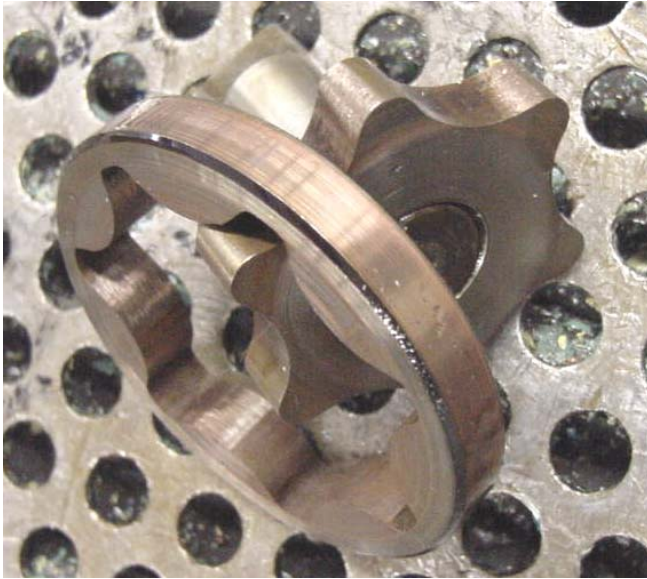


Foto 49



Foto 50

(Foto 49) - En esta ilustración, la bomba de aceite se encuentra altamente revestida de cobre. Para funcionar adecuadamente, una bomba de engranajes como ésta precisa construirse dentro de tolerancias muy rígidas. En consecuencia, un depósito de metal en las piezas de la bomba puede cerrar los pequeños espacios (holguras), provocando desgaste y trabamiento del engranaje de la bomba y eventual avería mecánica. Después que eso se produce, hay una gran probabilidad de que ocurra una avería adicional de las bancadas, cingueñal y del conjunto biela y pistón, aunque el compresor se apaga debido a la falta de aceite poco tiempo después.

Típicamente, el daño adicional se produce cuando los operadores o técnicos de mantenimiento rearman el presostato de aceite varias veces para continuar con el compresor en funcionamiento, sin percibir que hubo pérdida completa de lubricación forzada dentro del compresor.

Causas del cobreamiento (copper plating)

El encobrado se da en dos fases. Primeramente, el cobre se disuelve en los subproductos de una reacción aceite/refrigerante. La cantidad de cobre disuelto se determina por la naturaleza del aceite, por la temperatura y por la presencia de impurezas. En la segunda fase, el cobre disuelto es depositado en las partes metálicas, en una reacción electroquímica subsiguiente.

El denominador común, tanto de la disolución como de la deposición del cobre, es la alta temperatura. Un segundo factor para la formación del cobreamiento es el uso de aceite impropio, no recomendado por la Bitzer. Ciertos aceites reaccionan más fácilmente con los refrigerantes que otros, bajo altas temperaturas, ocasionando la disolución del cobre. Finalmente, la presencia de aire, humedad y otros contaminantes, todos aceleran la deposición de cobre.

Para evitar fallas repetidas por causa de la formación del cobreamiento, analice y corrija la causa o las causas de las altas temperaturas de operación, use apenas aceites recomendados por la Bitzer y evacue el sistema dos o tres veces para garantizar la remoción del aire y de la humedad. Se recomienda también la instalación de filtros secadores con alto poder en la absorción de humedad.

Aceites Impropios

La elección de los aceites para el compresor por el fabricante es un proceso mucho más detallado de lo que la mayoría de los técnicos de mantenimiento pueda imaginar. Los aceites son elegidos conforme sus componentes analíticos para atender los objetivos de lubricación adecuada dentro de ciertas bandas de temperatura y con estabilidad química. Otras propiedades, como el punto "aniline" que afecta el sellado y la dilatación del anillo "o`ring" y aquellos que limitan la estratificación del aceite/refrigerante en las bandas más bajas de temperatura de funcionamiento del sistema, también deben ser consideradas.

Solamente aceites testados y recomendados por la Bitzer pueden ser usados con total seguridad por largo tiempo y sin problemas. Otros aceites también pueden ser usados con éxito, pero no es práctico para ningún fabricante testar todos los aceites disponibles para determinar su adecuación para uso prolongado. En caso de dudas con relación al el tipo de aceite a ser utilizado, se recomienda consultar siempre a la Bitzer. En el Boletín de Ingeniería nº 06 aparece una relación de los aceites aprobados por la Bitzer.

PROBLEMAS ELÉCTRICOS

La primera reacción de todos los técnicos de mantenimiento al ver por primera vez una quema de motor en un compresor es juzgar que, o el motor o algún componente del sistema eléctrico falló. Aunque a veces es difícil de probar, ese no es generalmente el caso. La mayoría de las quemas de motor producidas están relacionadas con el sistema frigorífico, tales como las áreas anteriormente discutidas. Todas las tentativas deben hacerse para determinar la causa de la falla, antes de pensar que el motor estaba con problemas. Si el dispositivo de protección del motor INT69 y otras protecciones eléctricas que puedan existir, tales como: relé de sobrecarga, disyuntor motor, relé de falta de fase, etc., estaban funcionando adecuadamente, es extremadamente difícil que una falla catastrófica se deba apenas a medios eléctricos.

Algunos de los problemas comunes del compresor relacionado con la parte eléctrica se originan en la falta de fase en una de las tres fases, del bajo voltaje (subtensión), de bobinamientos en cortocircuito, de súper recalentamientos, de arrastre del rotor y de problemas de comando eléctrico.

Cuando un motor falló se recomienda que los bobinamientos se limpien para su inspección. Su apariencia generalmente llevará a la causa aparente de la falla.

Antes de continuar, los bobinamientos del estator de un motor trifásico, de cuatro polos deberán examinarse. La identificación de los bobinamientos de cada una de las tres fases es importante al diagnosticarse un problema del motor.

Los motores se encuentran disponibles con 3, 6, 9 y 12 cables. Aún más, independientemente del número de cables, la apariencia general del bobinado del estator de esos motores es la misma.

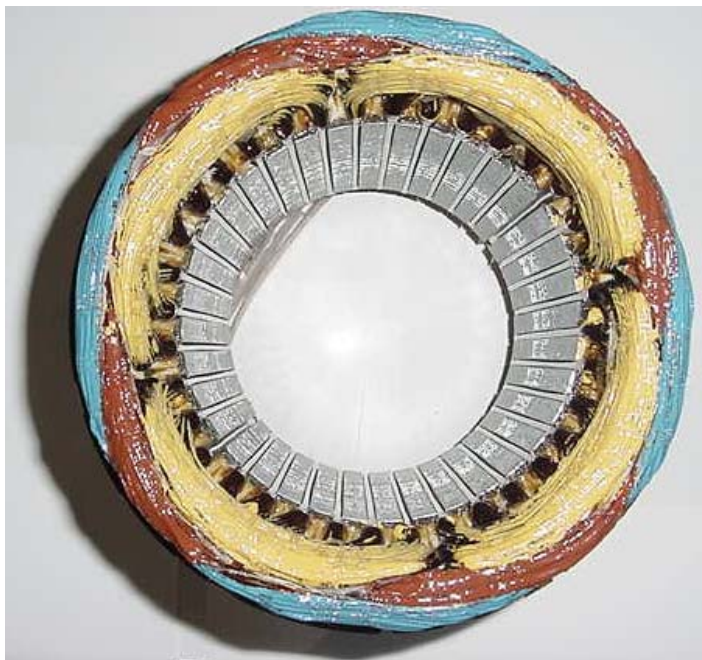


Foto 51

(Foto 51)- Esta foto ilustra la disposición de la bobina del estator de un motor trifásico, de cuatro polos. Para este propósito, las cuatro bobinas o polos, de cada una de las tres fases tienen el mismo color, para facilidad de identificación.

Observe que las bobinas de las tres fases aparecen en la serie de colores: amarilla, que representa una fase, y que se repite a cada intervalo de 90 grados; azul, que representa otra fase; y rojo, que representa la última fase, que también se repite a cada intervalo de 90 grados.



Foto 52

(Foto 52) - Los bobinamientos de la fase de un motor típico son también fácilmente identificados porque cada enrollamiento es separado de los otros por una barra aislante.

Quema Completa



Foto 53



Foto 54

(Foto 53 y 54) - Hay mayor probabilidad de producirse una quema completa cuando el motor está en la posición de parada. En el momento en que el motor se energiza, las demandas eléctricas y físicas sobre los bobinamientos son las más fuertes. Si en esa ocasión la tensión es baja o el compresor está mecánicamente trabado, el motor se quemará, a no ser que los relés de sobrecarga sean disparados dentro de un espacio de tiempo muy corto. Cuando un motor se quema en la posición parada, la hollín y otros

subproductos de la quema quedan confinados en el lado de succión del sistema. Eso podrá ayudarlo en su diagnóstico.

Con la ausencia de una protección adecuada del motor, otra causa de quema es el inadecuado enfriamiento del motor debido a un flujo reducido, o inexistente, del gas de succión. Como ese tipo de quema se produce cuando el compresor está funcionando, los subproductos de la quema son frecuentemente llevados para el lado de descarga del sistema.

Causas de Quemadas Completas

Cuando todas las fases del motor están quemadas, verifique el compresor para ver si está libre. Si el compresor está libre y parece estar en razonables condiciones de funcionamiento la causa del problema puede ser eléctrica. El análisis eléctrico deberá iniciarse con la verificación de la tensión eléctrica y del desequilibrio de fase. La tensión eléctrica deberá estar dentro de más o menos un 10% de la tensión de placa del compresor y el desequilibrio de fase no deberá exceder el 2%.

Si por otro lado, las partes mecánicas están presas, se puede pensar que la causa de la quema del motor y de la falla del compresor es mecánica. Cuando sea ese el caso, se necesitan mayores investigaciones para determinar el origen de la falla mecánica.



Foto 55

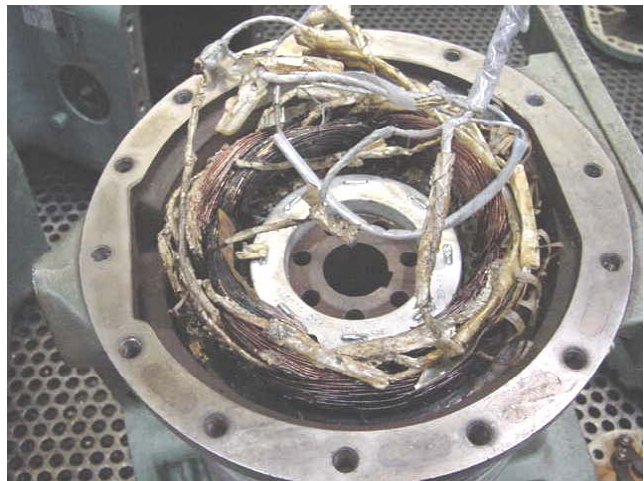


Foto 56

(Foto 55 y 56) Otra causa del problema podrá ser el bajo flujo de gas de succión o inexistencia de flujo. Verifique la condición del contactor, si los contactos están soldados (pegados), es posible que el compresor haya recogido el gas del sistema y haya dejado de funcionar. El funcionamiento continuo sin flujo de gas refrigerante sobre el motor hizo que se recalentara y eventualmente quemara.

El funcionamiento del compresor en cortos ciclos para atender las pequeñas necesidades de carga de fin de semana, por ejemplo, puede también causar supercalentamiento del motor. Los arranques frecuentes, con el correspondiente pico de corriente, aliado al reducido flujo de gas de succión sobre el motor durante los breves ciclos de funcionamiento, resultan en recalentamiento del motor el que, al final, puede causar la quema eléctrica.

La evidencia mecánica de la falta de enfriamiento del compresor es el desgaste del pistón, sin daño aparente de la biela o de la bancada principal. Como el gas de succión enfría otras piezas del compresor, así como el motor, un flujo reducido de gas, o la pérdida de flujo, hace que los pistones y los cilindros se recalienten. Y como el índice de expansión térmica del aluminio es mayor que el de los cilindros, los pistones quedan adheridos entre los cilindros causando tal desgaste.

Cuando un motor falló, verifique siempre la condición del contator, independientemente de la causa de la falla. La alta corriente que siempre acompaña una quema frecuentemente dañificará o soldará los contactos.

Si el sistema está sujeto a prolongados períodos de funcionamiento en carga mínima o a fluctuaciones de carga que lo hacen ciclar frecuentemente, un relé de anticiclaje (temporizador) deberá instalarse para limitar los arranques del compresor los que, de acuerdo con la potencia del motor, podrán variar de 6 hasta 10 veces por hora. Esta recomendación está descrita en el manual del curso de compresores reciprocantes de la Bitzer en la página 31.

Puntos Quemados (Quemas Localizadas)

Fragmentos de metal resultante de la falla mecánica pueden quedar alojados en los bobinamientos del motor. Ahí pueden funcionar como herramienta de corte, causando daño a lo aislamiento del motor.



Foto 57



Foto 58

(Foto 57) – En el estator mostrado, un pedazo de la lámina de succión del conjunto plato de válvulas quedó alojado entre el rotor y el estator, donde dañó la aislación eléctrica de los bobinamientos, haciendo que el motor se quemase.

Una quema localizada como esa puede llevar semanas o meses después de un compresor recuperado haber sido reinstalado en el equipamiento. Las partículas metálicas quedan en el motor hasta que alcancen una posición donde puedan causar daños. Consecuentemente, es siempre recomendable remover e inspeccionar el motor y la rotura después de la falla, principalmente las piezas involucradas.

Tomar mucho cuidado con el motor “pirata”, ya que una quema localizada puede también ser causada por el movimiento relativo entre las espiras individuales de una bobina. Cuando un motor arranca, las cabezas de las bobinas se flexionan levemente, haciendo con que las espiras se toquen unas con otras. Con el tiempo, eso podrá ocasionar rupturas del aislamiento, ocasionando un corto circuito entre las espiras. El calor de ese corto circuito quemará el aislamiento de las espiras adyacentes, lo que puede terminar en un eventual corto circuito de fase o de fase tierra.

¡La Bitzer no recomienda la utilización de motores “piratas”, solamente recomienda la utilización de motores originales!



Foto 59



Foto 60

(Foto 59 y 60) - Observe que el corto circuito empezó donde la porción final de la cabeza de la bobina entra en la ranura del estator. Aquí pudo haber un punto de presión entre las espiras o un fragmento metálico podrá haberse enclavado entre las espiras, lo que aceleró el desgaste del aislamiento.



Foto 61

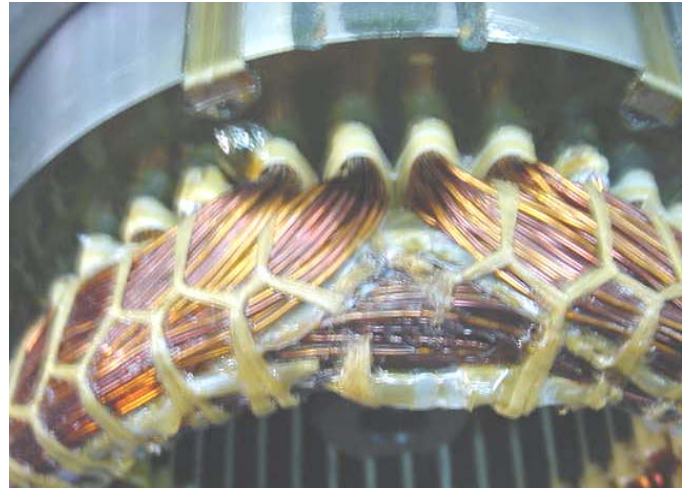


Foto 62

(Foto 61 y 62) – Una quema localizada puede producirse dentro de la ranura, por las mismas causas detalladas arriba.

Recordando que, toda vez que se produzca una quema localizada (puntos quemados), remueva siempre el motor y examine el rotor y los bobinamientos prestando especial atención a indicios de existencia de fragmentos metálicos.

Es absolutamente necesario remover todo y cualquier material de ese tipo antes de intentarse cualquier recolocación (sustitución) del motor.

Causas de la Quema Localizada (Puntos Quemados)

Cuando se rompe una de las láminas del conjunto plato de válvulas del compresor, es posible que un pequeño pedazo (fragmento), sea forzado para dentro del lado de succión del compresor, donde podrá alojarse en los bobinamientos del motor, ocasión en la que podrá causar un corto circuito entre las espiras del motor, resultando en un punto quemado.

Una quema localizada también podrá ser causada por un esfuerzo en el motor. Si el examen de un motor con un punto quemado no revela ningún indicio de partículas metálicas, ya sea enclavada en los bobinamientos o en el estator, se puede sospechar que la ruptura del aislamiento resultó de esfuerzo normal.

Otro motivo podrá estar relacionado con la sobre corrección del factor de potencia, que ocasionará el peak de tensión en el motor. La Bitzer recomienda la corrección del factor de potencia de, como máximo, 0,95. (Para mayores informaciones recomendamos ver el Boletín de Ingeniería nº 17 de la Bitzer).

Falta de Fase y sus Causas

La falta de corriente en una de las fases de un motor trifásico produce que éste actúe como si fuera monofásico. Esto significa que las dos fases restantes trabajan con corriente excesiva. Si los relés de sobrecarga no apagan el motor rápidamente, estas dos fases se quemarán.



Foto 63

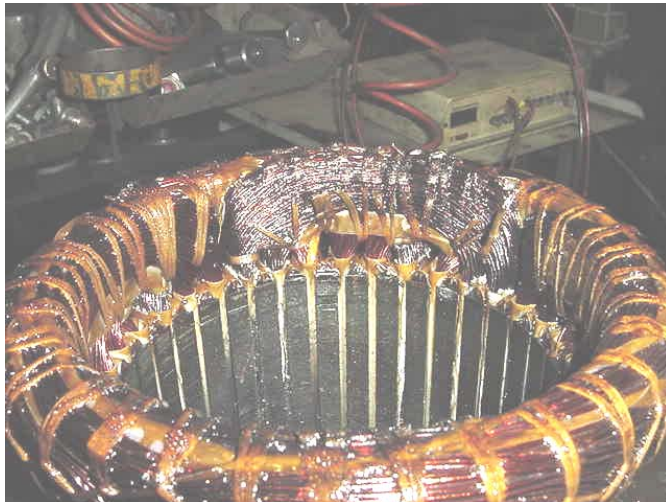


Foto 64

(Foto 63) – Este es el aspecto de un motor que ha sido sometido a la condición de falta de fase. Observe que los bobinamiento de dos de las fases están quemados, mientras que los cuatro polos de la fase remaneciente (interrumpida) están ilesos.



Foto 65



Foto 66

La situación descrita es una quema típica de operación monofásica. Pero, en una condición de falta a fase, una de ellas puede recalentarse más deprisa que la otra, haciendo con que apenas una fase se queme, como en las figuras 65 y 66.

Cuando una fase esté quemada, verifique los bobinamientos de las dos fases restantes. Si una presenta daño por el calor, se puede considerar la falta de fase como la causa de la quema.

Arrastre del Motor

El arrastre del motor es otra causa de los problemas eléctricos del motor. Como la holgura entre el rotor y el estator es muy pequeña, el desgaste de la bancada principal puede hacer que el rotor se incline suficientemente para rozar en el estator.



Foto 67

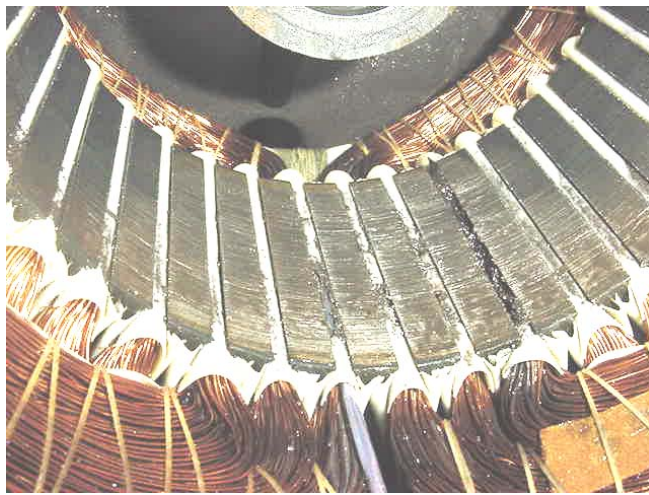


Foto 68

(Foto 67 y 68) – Los estatores aquí ilustrados presentan señales de rayas causadas por arrastre del rotor. El rotor raspó las laminaciones, provocando una falla del aislamiento de la ranura, lo que resultó en un corto circuito fase tierra. Los rotores que han sido retirados de esos motores presentaron rayas semejantes (fotos 69 y 70).

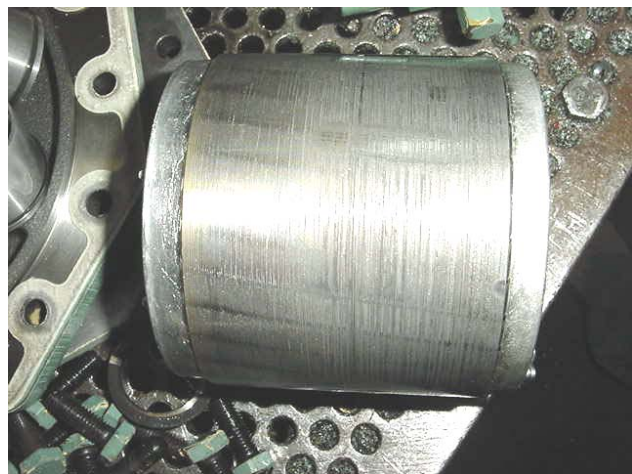


Foto 69



Foto 70

Causas del Arrastre del Rotor

El desgaste de la bancada principal suficientemente seria para causar arrastre del motor debe ser investigado. Algunas de las posibilidades son la dilución del aceite o aceite contaminado por suciedades o por otros abrasivos.

La superficie de contacto del mancal que presenta porciones metálicas desparramadas, indica problema de dilución del aceite. Vea “Dilución de aceite”, pagina 15.

Por otro lado, aceite que contiene partículas en suspensión, aliado a una suciedad encontrada en el filtro de arrastre aceite, indica la presencia de materiales contaminantes.

Después del arranque del compresor sustituto, es siempre aconsejable verificar periódicamente el color y la claridad del aceite. Si se vuelve descolorido por un material en suspensión tras el arranque, cambie el aceite, conforme sea necesario, hasta que quede limpio. En algunos casos, se puede desear instalar un filtro de succión para retener los contaminantes antes de que entren en el compresor. Obviamente, si el aceite continúa indicando la formación continua de material en suspensión después de la instalación de un filtro de succión, hay buenas posibilidades de que las partículas provengan de otra falla mecánica que esté sucediendo.

Fallas Indeterminadas del Compresor

Hasta este punto, admitimos que el técnico, a través de un cuidadoso análisis, debería ser capaz de identificar, por el examen de las piezas rotas, la causa real de la falla. Sin embargo ese no siempre es el caso.

En el mundo real, las condiciones de tiempo, del espacio del taller y de la libertad para explorar causas de fallas del sistema no son generalmente las ideales. Además algunos obstáculos referentes al compresor están más allá del punto de determinarse qué tipo de falla ocurrió primero. Aún con la limpieza profunda de las piezas rotas, el barniz, el carbono, y el lodo adherido podrán ser tan extenso que se admirará por como duró tanto tiempo. En esas condiciones deberá apenas investigar todas las probables causas del sistema, basándose en la conclusión de que más de un hecho estuvo presente en la falla real.

Las condiciones que llevan a una falla catastrófica del compresor provienen, probablemente, de un largo e intrincado camino. Juntando todas las ideas discutidas anteriormente en este manual, inicie ahora una tentativa de evitar una repetición de la misma secuencia de hechos que causaron la primera falla.

Mientras ejecuta las operaciones necesarias de limpieza que se encuentran descritas en el próximo ítem, use todo el tiempo que tenga para verificar el sistema eléctrico en lo referente a los ítems inadecuados, tales como: sección de los cables, contactos del motor quemados y terminales sueltos. Inspeccione para ver si el circuito de protección no está “puenteado” y que los controles de presión están funcionando adecuadamente y con el cableado correcto. ¿El bulbo de la válvula de expansión está correctamente instalado y se

encuentra la válvula en buenas condiciones de funcionamiento? Aún esos ítems simples y obvios pueden ser olvidados en la prisa de la instalación y del start up del compresor.

Finalmente tome todo cuidado para tener certeza de que el sistema está limpio y adecuadamente para operar con el compresor sustituto. Cuando el sistema frigorífico sea nuevamente puesto en funcionamiento, podrá verificar las presiones y las temperaturas, las que podrán proveerle las respuestas finales sobre el fallo original del compresor.

LIMPIEZA DEL SISTEMA

Después de una falla del motor del compresor o de una falla que derive de la presencia de contaminantes dentro del sistema, la vida del compresor recuperado o del compresor reserva dependerá del cuidado de la limpieza del sistema.

Para reducir la cantidad de contaminantes a ser retirada del sistema, inspeccione las tuberías de succión y de descarga cercanas al compresor. Si cualquiera de ellas contiene hollín u otros subproductos de falla del motor, limpie la línea con un producto apropiado, antes de reinstalar el compresor.

Nota: Los productos de limpieza que contienen cloro no deben ser utilizados. Actualmente el refrigerante más apropiado para la limpieza del sistema frigorífico es el R141b.

Al instalar o recuperar un compresor en un sistema que haya sufrido falla eléctrica, instale un filtro antiácido de tamaño adecuado en la línea de líquido y también en la línea de succión.

Después de la conclusión del test de pérdida y de la liberación de la presión de test, evacúe el sistema por lo menos hasta 500 micrones de Hg. Rompa el vacío con nitrógeno seco y establezca nuevamente la evacuación hasta alcanzar 250 micrones de Hg. o menos. Deje el sistema permanecer en vacío por lo menos 12 horas (caso sea posible). Si la lectura del vacío permanece inalterada, el sistema no contiene ni pérdida, ni humedad y está pronto para recibir su carga de refrigerante.

Cargue el sistema y efectúe las siguientes verificaciones, antes de colocar el sistema en operación continua.

VERIFICACIONES ANTES DEL ARRANQUE

Sistema Eléctrico

1. Primeramente, verifique que todas las conexiones eléctricas estén bien apretadas. Las conexiones adecuadamente firmes son muy importantes, ya que las conexiones con cables flojos causarán caída del voltaje el que podrá servir de instrumento como causa

primaria de varios fallos eléctricos.

2. Verifique las condiciones de todos los contactores. Si los contactos están en malas condiciones, cámbielos. Hay informaciones específicas del fabricante al respecto de cómo determinar si los contactos ya han superado su vida útil.
3. El voltaje del contator del compresor deberá verificarse para tener certeza de que se está dentro de $\pm 10\%$ del voltaje de la placa del compresor.
4. El desequilibrio de fases debe ser verificado. El cálculo es definido como 100 veces la suma de los desvíos entre las fases y la tensión media (en valor absoluto), dividido por dos veces la tensión media.

Ejemplo:

Lectura de las tensiones eléctricas entre fases = 219, 216 y 225 Volts.

$$\text{Tensión media} = \frac{219 + 216 + 225}{3} = 220 \text{ V}$$

El porcentaje de desequilibrio es:

$$\frac{\{[219-220] + [216-220] + [225-220]\}}{2 \times 220} \times 100 = 2,27 \%$$

Como el desequilibrio de fases máximo aceptable es de 2%, ese porcentaje de 2.27% no es aceptable. Cuando tal condición sucede o la tensión del contactor no esté dentro de $\pm 10\%$ de la tensión nominal, se le deberá avisar a la compañía de energía local y corregirse la condición antes de intentarse dar arranque al compresor.

5. Inspeccione los relés de sobrecarga en lo referente a un correcto ajuste. Si hay equipamiento disponible, es una buena idea cargar realmente y desarmar los relés de sobrecarga para conferir su punto de ajuste (calibración). Para mayores informaciones con relación al ajuste y selección de los relés de sobrecarga, se recomienda verificar el manual del curso de compresores alternativos de la Bitzer, página 21.

Sistema de Refrigeración

Condensador Enfriado a Aire

1. Serpentina limpia y desobstruida.
2. Ventilador / correa girando libremente.
3. Presostato de alta presión regulado.

Condensador Enfriado a Agua

1. Todas las válvulas de agua posicionadas para operación.
2. Llave de interrupción del motor del ventilador de la torre de enfriamiento cerrada.
3. Llave interruptora del motor de la bomba del agua de la condensación cerrada

Serpentina de Expansión Directa

1. Filtros de aire limpio y colocado en el lugar.
2. Serpentina limpia.
3. Persianas regulables (Dampers) del aire exterior correctamente posicionadas.
4. Llave interruptora del motor del ventilador de aire acondicionado cerrado.

Enfriador de Agua (Water Chiller)

1. Todas las válvulas de agua helada correctamente posicionadas para operación.
2. Llaves interruptoras del motor de la bomba de agua helada cerrada.

Circuito de Refrigerante

1. Válvulas de succión y de descarga del compresor abiertas.
2. Válvulas de bloqueo de la línea de líquido abiertas.
3. Otras válvulas de refrigerante en posición de operación.

Sistema de control

Para permitir el test del comando eléctrico sin dar arranque en el compresor, retire los cables del contator del compresor. Cierre la llave interruptora del compresor.

1. Energice el comando eléctrico.
2. Si es necesario, baje el ajuste del termostato u otro controlador para energizar la parte restante del comando eléctrico.
3. Utilizando el diagrama eléctrico del sistema, verifique la secuencia de operación del sistema y los intertrabamientos de controles.

Como el compresor no está en operación, el contator del compresor deberá desconectarse en aproximadamente 90 segundos por el presostato de aceite (Delta – P) o a través de otro presostato electromecánico. El tiempo dependerá del tipo de presostato usado.

Obs.: Certifíquese, sobretodo, de que los controles de operación y de seguridad están correctamente conectados en el comando eléctrico.

Esto se realiza fácilmente, simulando la acción de los controles individuales para confirmar la parada correcta del compresor.

ARRANQUE

1. Reconecte los cables del compresor en el contator.
2. Con los manómetros instalados, dé el arranque al sistema.
3. Durante ese período de funcionamiento, registre las siguientes temperaturas y presiones del sistema, de hora en hora: (ver “Planilla de Acompañamiento del Sistema” a seguir).

Análisis del Aceite

Después que el sistema esté funcionando aproximadamente de 4 a 8 horas, recoja el gas del sistema y retire una muestra del aceite. Verifique la acidez de la muestra del aceite, utilizando los conjuntos de teste de aceite disponibles en el mercado (confiables), o envíe esta muestra de aceite a un laboratorio especializado en análisis de aceite. Si el teste de aceite revela un nivel de acidez insatisfactorio, cambie los elementos filtrantes antiácido de la línea de líquido y de la línea de succión por otra carga del mismo elemento (carbón o alúmina activada), cambie el aceite del compresor y dé nuevo arranque al sistema y déjelo funcionar por un período adicional de 8 horas. Repita este procedimiento hasta que el teste de aceite resulte satisfactorio.

Finalmente, substituya el elemento filtrante antiácido de la línea de líquido por otro elemento del tipo secador (moléculas sieves y/o sílica gel), para reducir la pérdida de presión de la línea de succión, retire el elemento filtrante antiácido y substitúyalo por un elemento del tipo tela inoxidable o fieltro con baja pérdida de carga.

El sistema se encuentra ahora pronto para entrar en operación continua.

Planilla de acompañamiento del sistema:

OBS: Esta planilla es solamente un ejemplo de como deberá ser acompañado el sistema a través de las lecturas obtenidas. Evidentemente que cada instalación tiene su característica propia, por lo tanto se recomienda para cada equipamiento frigorífico elaborar una planilla de acompañamiento del sistema, obteniéndose la que está descripta a seguir como ejemplo.

Planilla DE ACOMPAÑAMIENTO DEL SISTEMA							
Cliente						Fecha	
Obra							
Instalador			Contacto			Teléfono	
Equipamiento			Data original de la Instalación				
Modelo Compresor 1			Nº Serie				
Modelo Compresor 2			Nº Serie				
Modelo Compresor 3			Nº Serie				
Modelo Compresor 4			Nº Serie				
Modelo Compresor 5			Nº Serie				
Refrigerante			Carga gas (Kg.)				
LECTURAS OBTENIDAS							
Compresor			01	02	03	04	05
Presión de succión (psig)							
Temperatura de evaporación (°C)							
Temperatura de succión (°C)							
Supercalentamiento del gas de succión (K)							
Presión de descarga (psig)							
Temperatura de condensación (°C)							
Temperatura de la línea de líquido (°C)							
Temperatura línea de líq. subenfriada – si hay (°C)							
Subenfriamiento natural (K)							
Subenfriamiento total (K)							
Temperatura de descarga (°C)							
Temperatura del carter del compresor (°C)							
Temperatura ambiente (°C)							
Presión de entrada bomba de aceite (psig)							
Presión de salida bomba de aceite (psig)							
Diferencial de presión de la bomba de aceite (psig)							
Nivel de aceite en el visor del carter ($\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$)							
Nivel de aceite en el reservorio ($\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$) – se hay							
Temp. del agua o aire en la entrada del condensador (°C)							
Temp. del agua o aire en la salida del condensador (°C)							
Tensión eléctrica nominal (V)			RS				
			RT				
			ST				
Corriente eléctrica nominal (La)			R				
			S				
			T				

REVISIÓN

Se puede ver, de lo que hemos aquí discutido, que el simple tratamiento del síntoma no es suficiente. Se debe hacer un diagnóstico adecuado de la falla para reconstruir toda la secuencia de eventos para identificar y corregir la causa primaria de la falla.

Por ejemplo, superficialmente, una quema de motor puede parecer ser un problema eléctrico. Sin embargo ese no es necesariamente el caso. La causa básica del problema podría originarse en algún otro punto del sistema o podría ser resultado de las condiciones de funcionamiento del sistema.

Suponga que un sistema de expansión directa que, para comenzar, está un poco súper dimensionado, es colocado en funcionamiento los fines de semana para atender las necesidades de aire acondicionado de un pequeño grupo de trabajadores. Una vez que, en este ejemplo, la mayoría de las lámparas está apagada y apenas parte de los demás dispositivos que generan carga está en uso, la carga interna de enfriamiento del edificio es una fracción de la normal. Ese conjunto de condiciones hace que el sistema esté totalmente súper dimensionado para el trabajo que está intentando realizar.

Para satisfacer esa carga reducida, el compresor arranca repetidamente, funciona en capacidad mínima por pequeño período de tiempo, y después para. La pequeña masa de flujo de refrigerante exigida por la carga no es suficiente para enfriar adecuadamente el compresor y el motor durante los breves períodos de funcionamiento, haciendo con que ambos se recalienten. Finalmente, la temperatura del motor se eleva al punto en que el aislamiento se rompe, provocando la quema.

La inspección del sistema eléctrico revela que los fusibles están quemados y los relés de sobrecarga del motor abiertos, ambos ocasionados por una condición de sobrecorriente resultante de un corto.

El desmontaje del compresor revela, además del motor quemado, hollín en la superficie interna de la cabeza de los cilindros sin control de capacidad y los pistones de los cilindros, que trabajan con carga, rayados, mas sin daño aparente en los agujeros de las bielas.

La evidencia indica (1) compresor súper calentado; (2) el compresor estaba trabajando totalmente sin carga cuando se produjo la quema y (3) el sistema de protección térmica del motor no funcionó. Eso, aliado al hecho de que el fallo ocurrió en un fin de semana, cuando el sistema estaba poco cargado, indica las condiciones existentes en el momento de la falla.

En este caso, un relé temporizador resolverá el problema básico de ciclo corto y una verificación completa y corrección del circuito de protección del motor proporcionarán esa protección al compresor reserva.

Este es el tipo de análisis que debe hacerse en cada compresor que falló. El trabajo

de investigación y las informaciones obtenidas indicarán las acciones correctivas a ser adoptadas para evitar la repetición de la falla.

1ª Revisão: 12/04



Bitzer Compressores Ltda
Av. Mofarrej, 317 – 05311-000 São Paulo / SP
Tel (11) 3648 3100 – Fax (11) 3648 3180
www.bitzer.com.br - bitzer@bitzer.com.br