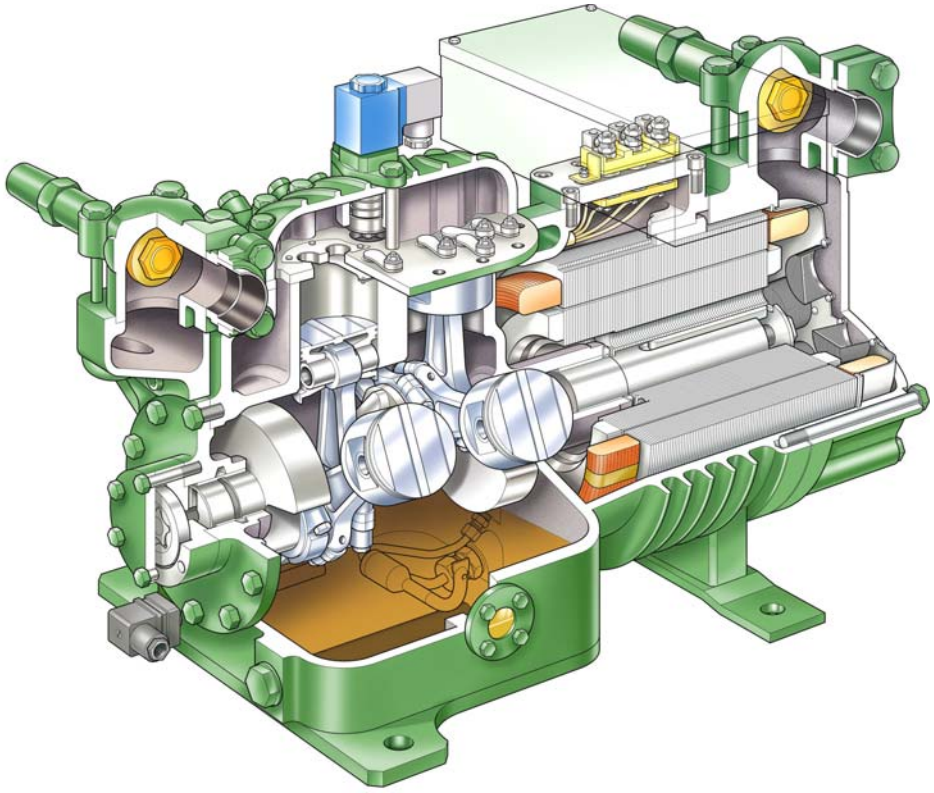
Manual

ANÁLISE DE IRREGULARIDADES NOS COMPRESSORES ALTERNATIVOS



“Sempre deverá ser feita uma análise para cada compressor que falhou. O trabalho de investigação e as informações obtidas indicarão as ações corretivas a serem adotadas para evitar a repetição da falha”.

Engº Alessandro da Silva
Engenharia de Aplicação / Treinamento
aplicacao@bitzer.com.br
(0055) 11 - 3648-3108 / (0055) 11 - 9196-1808

Análise de Irregularidades
Compressores Alternativos

SUMÁRIO

	Página
OBJETIVO	3
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	4
EXAMINANDO O SISTEMA DEFEITUOSO	4
IDENTIFICAÇÃO E ESTADO DAS PEÇAS	4
CLASSIFICANDO OS PROBLEMAS DO SISTEMA	5
RETORNO DE LÍQUIDO	6
DANO CAUSADO POR GOLPE DE LÍQUIDO	9
CAUSAS DO GOLPE DE LIQUIDO	10
PROBLEMAS DE LUBRIFICAÇÃO	15
ELEVADAS TEMPERATURAS DE DESCARGA DO COMPRESSOR	21
PROBLEMAS DE CONTAMINAÇÃO DO SISTEMA	26
PROBLEMAS ELÉTRICOS	33
LIMPEZA DO SISTEMA	43
VERIFICAÇÕES ANTES DA PARTIDA	43
PARTIDA	46
REVISÃO	48

Análise de Irregularidades
Compressores Alternativos

OBJETIVO

O objetivo deste estudo é familiarizar o técnico com a aparência das peças do compressor que tenham sofrido os efeitos de certas condições de mau funcionamento do sistema. Este trabalho destina-se a aperfeiçoar a técnica de diagnóstico na identificação e correção dos problemas do sistema e de aplicação.

Ao examinarmos esta apresentação ou estudarmos este manual, devemos lembrar que mesmo os compressores que funcionam normalmente, bem como seus sistemas, estão sujeitos a alguns dos mesmos elementos relacionados com sistemas defeituosos. Todos os sistemas estão sujeitos ao calor, ao verniz, ao óleo descorado e algum desgaste natural que se manifesta através de riscos leves. Além disso, sempre se encontra alguma contaminação no sistema. É fisicamente impossível eliminar 100% os elementos que contribuem para a contaminação do sistema frigorífico.

O que um técnico precisa é de um senso desenvolvido do que é normal e do que não é. Este trabalho apresenta os extremos dos defeitos. Porém, e o sistema que não falhou ou não apresentou sinais de falha? Até que ponto vocês esperam poder ver as condições de desgaste ou de abuso que estão para ser descritas? Esse conhecimento do normal versus anormal deverá ser fruto da experiência e da curiosidade natural desenvolvida do técnico – isto é, nem sempre aceitar a chave óbvia como o único meio de salvação.

A maioria dos compressores é projetada para suportarem pequenos problemas do sistema. À medida que projetos mais novos, que tiram vantagem de eficiências mais altas são introduzidos, os técnicos se defrontam com novos desafios sob a forma de uma regulagem mais precisa do sistema e do entendimento do sistema. A limpeza é agora mais importante com os sistemas projetados com tolerâncias mais rígidas. Os técnicos acostumados a empregar pequenos artifícios nos sistemas antigos e resolverem os problemas estão agora encontrando maiores problemas como resultado desses métodos ou do emprego de outros métodos. *O próprio compressor raramente é o problema em sistemas que apresentam falhas. A chave para a manutenção de equipamento com compressores alternativos hoje em dia baseia-se num completo entendimento das condições e da seqüência dos fatos que levam as falhas.*

Este manual trata das falhas do compressor de forma sistemática. Primeiro é examinado as peças afetadas; a seguir, são exploradas as condições que levaram à falha e a possível causa, ou causas da falha.

Dá-se ênfase à localização e à correção da causa básica da falha antes de se tentar qualquer reparo ou substituição. Se a causa básica não for corrigida, será apenas uma questão de tempo antes que nova falha ocorra.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A melhor forma de se prever problemas do compressor é iniciar uma planilha de manutenção preventiva que inclua o registro rotineiro das condições de funcionamento do sistema. O registro diário das pressões, das temperaturas, superaquecimento, sub-resfriamento, etc. de funcionamento do equipamento fornece um meio de se acompanhar o desempenho do sistema durante todo o ano. Com esse tipo de dados podem-se detectar as tendências que podem fazer com que as condições de funcionamento se desviem dos limites aceitáveis.

O registro dos dados de desempenho do sistema não só fornece um meio de se detectar problemas iminentes, mas em caso de falha, essas informações poderão ser usadas para reconstruir a série de ocorrências que levarão a ela. No final deste trabalho são usadas algumas sugestões que poderão ajudar no estabelecimento de um sistema de registro para os operadores do equipamento de seu cliente.

EXAMINANDO O SISTEMA DEFEITUOSO

Ao procurar chegar à causa da falha do sistema, use todos os dados possíveis que você possa obter de toda e qualquer fonte.

Converse com o pessoal que opera o equipamento do cliente e descubra o que puder sobre o tipo de ruído que a unidade apresentou imediatamente antes da falha. O funcionamento era normal ou anormal? A que horas ocorreu a falha. Se você souber isso, você poderá determinar a causa do problema por ocasião da falha. O operador mantinha um registro como sugerido acima? Se ele mantinha, seu trabalho de investigação será mais fácil.

IDENTIFICAÇÃO E ESTADO DAS PEÇAS

Ao desmontar um compressor danificado, identifique as peças à medida que elas forem retiradas, de forma que suas posições relativas dentro da máquina possam ser determinadas quando elas forem examinadas.

Para que a marca fique legível, marque as peças com metal traçador ou marcador mágico permanente para evitar que apague durante o manuseio.

Além da identificação das peças que são removidas, examine o estado geral de cada peça do compressor. Estão certas peças limpas e não danificadas? Caso, afirmativo, anote isso. Se o compressor em geral se apresentar sujo, que tipo de contaminação você pode ver? Muita coisa pode ser determinada neste ponto se você puder identificar fuligem, verniz, carbonização, borra, revestimento de cobre (copper plating), oxidação ou particulados, tais como de alumínio, cobre, ferro, etc. Sempre relacionar esses achados as áreas do compressor ou as peças individuais.

Por exemplo: As válvulas do conjunto placa de válvulas estão quebradas? Caso afirmativo, onde e como? Mesmo se for necessária uma limpeza completa para se ver o dano, as informações obtidas poderão ser de grande valor ao se fazer à análise final.



Foto 1



Foto 2

CLASSIFICANDO OS PROBLEMAS DO SISTEMA

Ao se lidar com falhas do compressor resultantes de problemas do sistema, como estamos fazendo nesta apresentação, devemos, em primeiro lugar, identificar as várias categorias gerais de falhas do sistema nas quais a maioria das falhas de compressor ligada ao sistema possa ser definida. Cada uma dessas categorias será, então, discutida em termos de dano que podem causar e, finalmente, as soluções para cada uma dessas áreas. Assim sendo, os técnicos de refrigeração devem estar preparados para, em seguida a este trabalho, buscarem outras fontes, tais como: Boletins da Engenharia, Informações Técnicas, Apostilas, Manual do Mecânico de Refrigeração, etc, todas essas literaturas técnicas da Bitzer, ajudarão a desenvolver ainda mais estas técnicas e habilidades.

Passemos agora, as várias categorias gerais de falhas do sistema. A maioria das falhas do compressor, com exceção dos defeitos do produto pode ser classificada nas seguintes categorias gerais:

RETORNO DE LÍQUIDO: Ocorre principalmente quando o superaquecimento do gás na sucção do compressor está tendendo a “zero”. Esta sucção “úmida”, devido ao efeito detergente do refrigerante, é capaz de remover todo o filme de lubrificação das partes móveis do compressor, e como consequência provocará sua quebra mecânica.

GOLPE DE LÍQUIDO: Dano causado pela pressão hidrostática quando o compressor tenta comprimir um líquido (seja óleo, refrigerante ou ambos).

PROBLEMAS DE LUBRIFICAÇÃO: Problemas relacionados com desgaste excessivo causado pela falta de quantidade suficiente de óleo lubrificante nas áreas essenciais.

CONTAMINAÇÃO DO SISTEMA: Material estranho resultando em desgaste excessivo, causando dano mecânico do motor ou aquecimento.

UMIDADE NA INSTALAÇÃO: Formação do “copper plating” nas partes móveis e quentes do compressor, resultado decorrente da mistura de umidade/refrigerante/óleo que produzem reações capazes de atacar quimicamente tubulações de cobre, e principalmente, os motores elétricos dos compressores herméticos e semi-herméticos. Aparecem principalmente nas instalações onde não fizeram uma boa evacuação e desidratação do sistema.

SUJEIRA DA INSTALAÇÃO: Decorrente da falta de cuidado da instalação do sistema, ou de qualquer outra intervenção que ocorrer, são principalmente limalhas e óxidos de cobre e ferro, provenientes da instalação onde não foram utilizados cortadores de tubos e gás de proteção durante toda a soldagem.

TEMPERATURA DE DESCARGA ELEVADA: Ocorre principalmente quando se trabalha com um valor elevado do superaquecimento do gás na sucção do compressor, resultando-se na carbonização do óleo lubrificante e consequentemente a quebra mecânica do compressor.

PROBLEMAS ELÉTRICOS: Aqueles problemas que podem causar falhas, com exceção dos problemas elétricos causados por danos mecânicos. Nosso estudo incluirá também algumas das causas mecânicas de falhas elétricas.

Analisemos com mais detalhes cada uma dessas áreas:

RETORNO DE LÍQUIDO

É uma das falhas mais comum que encontramos nos compressores que sofreram quebra mecânicas. O retorno de líquido caracteriza-se principalmente quando o superaquecimento do gás na sucção do compressor está tendendo a “zero”, devido ao efeito detergente do refrigerante, ele é capaz de remover todo o filme de lubrificação das partes móveis do compressor, consequentemente provocará sua quebra mecânica.

Quando analisamos as peças danificadas do compressor, podemos observar que o retorno de líquido deixa as peças “limpas”, ou seja, sem óleo e sem sinais de carbonização. É o que podemos observar na foto 3, onde este compressor sofreu avaria mecânica devido ao baixo valor do superaquecimento. Percebe-se que a primeira ocorrência é a “colagem” dos anéis de compressão nos pistões, devido ao aumento da resistência de atrito provocada

pela ausência de lubrificação. Na foto 4 aparece também outra parte danificada deste mesmo compressor, o conjunto bomba de óleo.



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6

Analisando o Superaquecimento & Sub-resfriamento

Para esta etapa, necessitaremos de dois instrumentos: o termômetro e o manifold (conjunto de manômetros de alta e baixa pressão). *Para verificação do superaquecimento, devemos medir a pressão e a temperatura de sucção, ambas deverão ser obtidas tanto na saída do evaporador (superaquecimento útil ou estático) como na sucção do compressor (superaquecimento total)*, principalmente nos sistemas onde o comprimento da linha de sucção é significativo. Utilizando tabelas ou réguas de pressão e temperatura saturadas do refrigerante em questão, teremos que converter a pressão de sucção, que foi obtida através do manômetro, em temperatura de evaporação e com o termômetro mediremos a

temperatura de sucção. A diferença entre a temperatura de sucção e a temperatura de evaporação é o que chamamos de superaquecimento.

O superaquecimento útil ou estático medido na saída do evaporador é controlado pela válvula de expansão, normalmente varia de 3 a 7K, o superaquecimento total, medido na sucção do compressor varia de 8 a 20K. O superaquecimento é um mal necessário que evita retorno de líquido para o compressor, porém o mesmo deverá ser mantido dentro das condições exigidas pelo fabricante do equipamento & compressor. Um superaquecimento muito baixo poderá provocar retorno de líquido para o compressor, consequentemente ocorrerá sua quebra mecânica prematura, por outro lado, um superaquecimento elevado ocasionará altas temperaturas de descargas, carbonização do óleo, alta potência consumida e redução da vida útil do compressor.

Procedimento idêntico deve ser feito para o caso do sub-resfriamento, porém, as medidas deverão ser realizadas na saída do condensador. Utilizando tabelas ou réguas de pressão e temperatura saturadas do refrigerante em questão, teremos que converter a pressão da linha de líquido (ou de descarga), que foi obtida através do manômetro, em temperatura de condensação e com o termômetro mediremos a temperatura da linha de líquido. A diferença entre a temperatura de condensação e a temperatura da linha de líquido é o que chamamos de sub-resfriamento. O sub-resfriamento é necessário para evitar o indesejado “flash gás” (evaporação instantânea do líquido) na entrada da válvula de expansão. De acordo com as boas práticas da refrigeração, o ideal é manter o valor de sub-resfriamento variando de 5 à 11K. O fator determinante para garantir um bom sub-resfriamento na linha de líquido será a capacidade satisfatória do condensador de atender todo o calor rejeitado do sistema e um bom controle da temperatura de condensação.

	Superaquecimento		Subresfriamento	
Providência	Aumenta	Diminui	Aumenta	Diminui
Abrir Válvula				
Fechar Válvula				
Colocar Refrigerante				
Retirar Refrigerante				

Observações importantes:
1) Variando 1K no sub-resfriamento, varia-se 3K no superaquecimento.
2) Válvula de expansão termostática: no sentido horário fecha e no sentido anti-horário abre.

Figura 1: Ajuste do Superaquecimento e Sub-resfriamento

DANO CAUSADO POR GOLPE DE LÍQUIDO

Em primeiro lugar, vejamos o dano mecânico que está tipicamente associado com as pressões hidrostáticas resultantes do golpe de líquido.



Foto 7



Foto 8

(Foto 7 e 8) - A desmontagem desses compressores revelou a avaria da válvula de sucção do conjunto placa de válvulas causada pela tentativa de comprimir refrigerante líquido ou óleo, ou ambos.



Foto 9



Foto 10

Uma vez que um líquido é virtualmente incompressível, o golpe resultante danifica de modo característico as válvulas de sucção desse conjunto. Nesse exemplo, pedaços de válvula de sucção quebrada foram encontrados presos contra a válvula de descarga do lado da passagem do gás.

Esse é um caso muito sério. Mais freqüentemente, a válvula de sucção permanece íntegra, mas se fende radialmente ou se fragmenta quando submetida ao golpe de líquido.



Foto 11

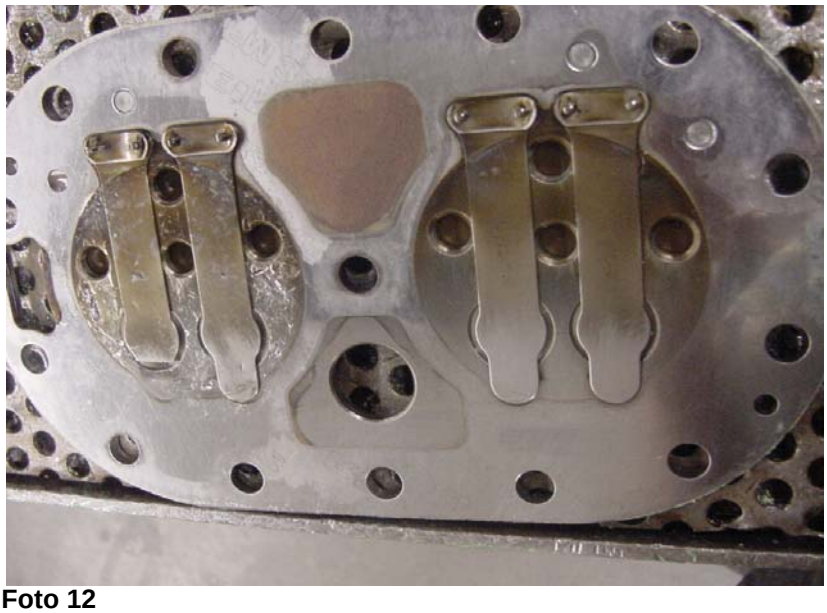


Foto 12

(Foto 11) - Este é o conjunto biela e pistão retirado do mesmo compressor da foto 7. A avaria do pistão ocorreu quando ele entrou em contato com os pedaços da válvula quebrada.

Quando se encontra este tipo de avaria, os cilindros são geralmente danificados a ponto de precisarem ser reparados.

Da mesma forma, outros compressores podem apresentar dano da válvula de sucção & descarga do conjunto placa de válvulas quando submetidos a casos severos de golpe de líquido. A parte superior do pistão apresentará, em geral, marcas causadas pelo contato com fragmentos das palhetas.

Sempre que observar avaria das palhetas, retire o motor e examine cuidadosamente o estator e o rotor. É possível que fragmentos das palhetas tenham se alojado no estator do motor ou nos seus enrolamentos, onde poderão causar futuros pontos de queima. Este assunto será explicado com mais detalhes no item “Problemas Elétricos”, pagina 33.

CAUSAS DO GOLPE DE LIQUIDO

Retorno de Refrigerante Líquido para o Compressor Devido a Válvula de Expansão Imprópria

Uma válvula de expansão indevidamente superdimensionada constitui-se numa das principais causas de retorno de líquido e do golpe daí resultante. Enquanto que uma válvula superdimensionada poderá funcionar bem em carga total, poderá perder o controle quando em carga parcial. A razão disso é que em carga parcial, a válvula tenta manter o controle em seu ajuste de superaquecimento, más sua porta superdimensionada passa mais líquido do que o necessário. Isso superalimenta o evaporador, causando uma rápida redução no superaquecimento do gás de saída. Em resposta a isso, a válvula se fecha, até que o

superaquecimento seja restabelecido. Nesse ponto a válvula se abre novamente para dar passagem para uma nova porção de líquido. Essa condição de procura (hunting) irá permitir que o líquido flua através do evaporador e para dentro da linha de sucção, onde poderá entrar no compressor e causar danos.

É importante notar que alguns produtos compactos são intencionalmente projetados com válvulas de expansão reguladas para maiores capacidades. Nesse caso, a válvula foi cuidadosamente regulada e testada para garantir que atenderá objetivos específicos do projeto. Não confunda esse tipo de seleção de válvula com o tipo de válvula selecionada no "campo" e discutida acima.

Em muitos casos, válvulas instaladas no campo são selecionadas por pessoas não experientes. Um técnico experiente deve desconfiar de válvulas instaladas no campo.

Retorno de Refrigerante Líquido Devido à Carga Reduzida

Fluxo reduzido de ar através de uma serpentina de expansão direta, resultando no congelamento da serpentina. O gelo isola as superfícies de transferência de calor da serpentina, o que reduz ainda mais a carga que a serpentina realmente percebe.

Nessa condição de carga reduzida da serpentina, a válvula de expansão geralmente não é capaz de um controle preciso. De certa forma, ela é superdimensionada para o trabalho que está tentando fazer e se comportará da mesma maneira como descrito acima em relação à válvula de expansão impropriamente dimensionada. Um resfriador de água mostrará os mesmos sintomas quando estiver muito incrustado ou a vazão da água for baixa.

Retorno de Refrigerante Líquido Devido à Má Distribuição do Ar no Evaporador

Problema semelhante poderá ser encontrado quando a distribuição de ar através da face de um evaporador não for uniforme. Má distribuição do ar causa carga desigual dos circuitos de refrigerante da serpentina, resultando numa temperatura de sucção irregular, sentida pela válvula de expansão. Isso pode fazer com que mesmo uma válvula adequadamente projetada "procure", oscile ("hunt"), resultando num possível retorno de refrigerante líquido através dos circuitos pouco carregados.

A má distribuição do ar pode ser evidenciada por pontos congelados ou pelo aparecimento de pontos de condensação na serpentina.

Migração de Refrigerante

Migração é o resultado da condensação de refrigerante na parte mais fria do sistema. O refrigerante que circula como vapor é retido em forma de líquido, quando se condensa no local mais frio. Geralmente, esse local é o compressor ou o evaporador quando as temperaturas ambientes externas são elevadas.

A migração do refrigerante constitui uma preocupação, principalmente nas instalações onde o compressor se encontra instalado em um nível mais baixo do que o evaporador e/ou condensador.

Para evitar a migração de líquido refrigerante proveniente do condensador, recomenda-se instalar uma válvula de retenção na linha de descarga do compressor. É interessante também colocar um “sifão invertido” na entrada do condensador.

No caso do evaporador, recomenda-se sempre que possível fazer a parada do compressor por recolhimento de líquido (pump down system). Seria muito importante também instalar um “sifão invertido” imediatamente na saída do evaporador, pois poderá ocorrer vazamento através da válvula solenóide da linha de líquido, que normalmente não possui um fechamento absolutamente hermético. Isso significa que, com o tempo, uma grande porcentagem de carga de refrigerante terminará entrando no evaporador e será impedida de entrar pela sucção através do sifão.

Obviamente, caso esta recomendação não seja tomada, grandes quantidades de refrigerante líquido retornarão através da linha de sucção e /ou descarga, resultando-se em golpe de líquido e diluição de óleo.

É importante notar que a migração de líquido refrigerante para o compressor não será evitada pela existência de um aquecedor do óleo do cárter. A quantidade de refrigerante envolvida superará a capacidade do aquecedor e consequentemente quebrará o compressor por golpe de líquido.

Retorno de Óleo

O retorno de óleo pode ser tão danoso quanto o retorno de refrigerante líquido apenas em termos de golpe de líquido. Um sistema de tubulação bem projetado promoverá um movimento uniforme do óleo, evitando o acúmulo de golpes danosos de óleo.


Foto 13


Foto 14

Deve-se prestar atenção na tubulação do sistema, por exemplo, nos sistemas que devem funcionar por longos períodos de tempo em carga mínima onde as velocidades do gás necessárias para a movimentação do óleo podem ser mínimas. Se um projeto inadequado de tubulação permitir que grandes quantidades de óleo sejam retidas quando em carga mínima, o óleo poderá retornar como um golpe quando o compressor voltar a trabalhar em capacidade mais elevada.

Para evitar problemas de velocidade do gás, associados à operação em capacidade mínima, é absolutamente necessário que as práticas aceitas de projeto e de dimensionamento da tubulação sejam estritamente seguidas.

O propósito principal do óleo num sistema de refrigeração é de lubrificar as partes móveis do compressor. A operação de sistemas de controle de óleo, principalmente com compressores em paralelo, é um dos temas menos compreendidos do sistema na refrigeração. Muitos engenheiros e técnicos de manutenção acreditam que o separador de óleo, o reservatório e os reguladores de nível de óleo (bóias) são que determinam o nível de óleo dos compressores. *Este é um conceito errado!*

É importante notar que a adição de um separador de óleo, reservatório e reguladores de nível de óleo *não reduzirá a quantidade de óleo num sistema projetado, instalado e operado adequadamente*. O separador de óleo serve para minimizar a quantidade de óleo que entra no sistema. *Uma vez que o equilíbrio entre a quantidade de óleo que entra no sistema e a que retorna ao compressor é atingido, o reservatório de óleo e o controlador de nível servem somente como depósito do excesso de óleo*.

Qualquer alteração nas condições de operação do sistema que romper o equilíbrio estabelecido (óleo entrando vs. óleo saindo) será corrigido ou não pelo sistema de controle de óleo dependendo das condições em que o sistema se encontra.

A eficiência de um separador de óleo tem pouco efeito num sistema de refrigeração. Caso este sistema tenha um projeto inadequado, dimensão de tubulação incorreta ou está com sua manutenção mal feita. Quando estes fatos ocorrem, teremos óleo em excesso na tubulação do sistema devido à velocidade insuficiente do refrigerante que é necessária para carregar o óleo de volta ao compressor. É neste tipo de problema de aplicação que o sistema de controle de óleo surgirá para “acomodar” o excesso de óleo. O excesso de óleo será notado quando o sistema controlador atuar como um retardador e limitador da quantidade de óleo em circulação na tubulação entre os ciclos de degelo (a velocidade do refrigerante após o fim do degelo é muito alta e “varrerá” o óleo que ficou perdido pelo sistema de volta para o compressor).

Níveis de óleo no compressor que sobem drasticamente após o final do ciclo de degelo são indicativos de alguma anormalidade no sistema. O problema deve ser identificado e corrigido. Excesso de óleo diminui a capacidade de troca de calor no evaporador e provoca golpe de óleo danificando o compressor.

Compressores ligados na mesma tubulação de descarga e de sucção não recirculam exatamente a mesma quantidade de óleo, nem os compressores têm o mesmo padrão de desgaste ou períodos de funcionamento. O propósito do sistema de controle de óleo é de compensar as diferenças moderadas entre a taxa de recirculação dos compressores individualmente devido ao tamanho, tempo de funcionamento e desgaste destes compressores. Existem diferenças moderadas na quantidade de óleo que retorna a cada compressor através da linha de sucção relativa à quantidade que sai do mesmo compressor através das linhas de descarga individuais.

Compressores alternativos funcionando normalmente recirculam algo entre 1% e 3% de óleo por Kg de refrigerante. Muitos “racks” têm compressores diferentes instalados num mesmo “coletor” de sucção e de descarga para que sejam operados seletivamente baseados na demanda de carga.

Práticas de Tubulação Para Garantir Um Bom Retorno de Óleo

A tubulação instalada apropriadamente é uma das chaves do sucesso no retorno de óleo. Algumas práticas básicas devem ser aplicadas principalmente quando se instala sistema ramificado de tubulação.

A primeira regra é utilizar sifões de óleo na base de cada tubo “elevador” de sucção, de descarga e da linha de líquido, se necessário. Diminuir o diâmetro do tubo “elevador” para aumentar a velocidade do gás para 7.0 m/s ou mais, garantindo o arraste de óleo. Diminuir o diâmetro da tubulação não somente aumenta a velocidade do gás como também aumenta a queda de pressão na linha. A alta velocidade é necessária para facilitar o movimento de subida do óleo pelo tubo.

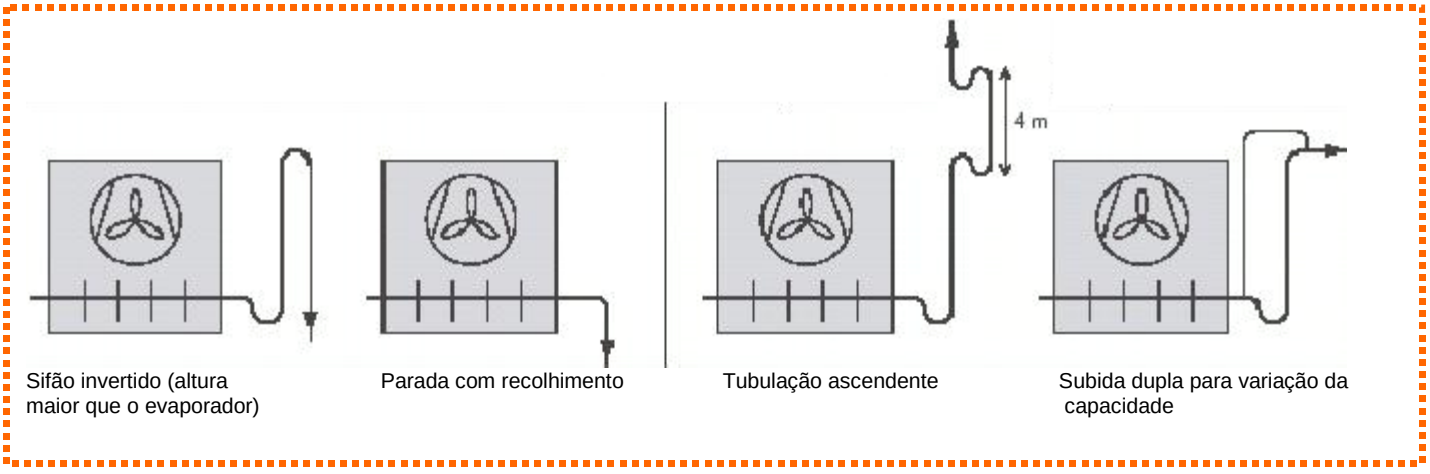


Figura 2: Lay out do tubo de sucção na saída do evaporador.

A segunda regra é que a tubulação horizontal tem que estar apoiada e em declive pelo menos de 20 mm em cada 6 metros de comprimento até o compressor para retornar o óleo.

Por causa desta compensação de pressão necessária, velocidades por volta de 2,5 m/s são normalmente encontradas em longos trechos de tubos horizontais.

A terceira regra prática é se assegurar que as válvulas de expansão termostáticas estejam adequadamente ajustadas. Um superaquecimento maior que o normal diminui a velocidade do gás na saída do evaporador, dificultando o escoamento do óleo e diminuindo a eficiência da troca de calor. Operando o sistema na temperatura de saturação inferior à determinada em projeto também irá diminuir a velocidade do gás de sucção dificultando o arraste de óleo, além de diminuir também a capacidade do compressor e alterar toda a performance do sistema frigorífico.

PROBLEMAS DE LUBRIFICAÇÃO

Dentro das categorias comuns de problemas de lubrificação do compressor estão a diluição do óleo, a perda de óleo e a viscosidade reduzida do óleo devido ao superaquecimento do compressor.

Diluição do Óleo

Provavelmente, o problema mais comum de lubrificação é a diluição do óleo. Uma vez que o óleo possui uma grande afinidade pelo refrigerante pode-se facilmente entender como o óleo pode tornar-se excessivamente diluído pelo refrigerante durante as paradas prolongadas, fazendo com que ele perca grande parte de suas qualidades de lubrificação. E dentro de certas faixas de temperatura normal, dependendo do tipo de óleo, pode ocorrer que a mistura de óleo & refrigerante se sature, causando a separação dos dois fluidos. A mistura mais densa, rica em refrigerante, procura a parte inferior do cárter, enquanto que a mistura menos densa, rica em óleo procura a parte superior. Além disso, qualquer refrigerante que tenha migrado e se condensado no evaporador vai diluir mais óleo na partida.

Quando se dá a partida num compressor com excesso de refrigerante no cárter, uma mistura rica em refrigerante é succionada pela bomba de óleo. Sendo um excelente solvente, o refrigerante lava o óleo dos mancais. Além disso, o óleo altamente diluído forma muita espuma e pode fazer com que a bomba de óleo perca realmente sua capacidade de bombear por algum tempo, após a pressão do cárter ser reduzida na partida. Acrescente nessa mistura um golpe secundário de refrigerante migrado do evaporador e o palco estará montado para uma falha mecânica, devido a uma severa diluição do óleo e a uma lavagem com refrigerante. As qualidades de lubrificação mínimas do óleo espumoso, aliadas a um fluxo pequeno, ou mesmo inexistente de óleo da bomba e a ação de lavagem de refrigerante líquido da diluição, resultarão em riscos nas superfícies dos mancais, virabrequim, cilindros e conjuntos biela e pistão. O grau de desgaste que ocorre durante qualquer partida depende da miscibilidade óleo & refrigerante.

A avaria do mancal causada pela excessiva diluição do óleo limita-se geralmente, aos mancais da biela mais próximos à bomba de óleo. Os demais mancais podem não

apresentar dano porque a porção de refrigerante da mistura poderá fluir através dos mancais das bielas mais próximas à bomba de óleo antes de a mistura atingir a extremidade do circuito de lubrificação o que permitirá lubrificação adequada desses setores.



Foto 15



Foto 16

(Foto 15 e 16) – Estes são virabrequins que foram submetidos a uma lavagem de refrigerante. O ponto importante dessa observação é a forma pela qual o metal das bielas de alumínio está literalmente espalhado na superfície do virabrequim.

Os colos das bielas no virabrequim não apresentam qualquer descoloração característica proveniente de temperatura porque a falha aconteceu quase que instantaneamente e o refrigerante em evaporação dentro do cárter e dos orifícios de lubrificação absorveram maior parte do calor resultante do atrito. Numa falha tão rápida quanto esta, o virabrequim não se aquece.



Foto 17



Foto 18

(Foto 17) - Uma biela do mesmo compressor apresenta uma mancha semelhante de alumínio das superfícies do virabrequim. Novamente a biela apresenta pequena ou nenhuma descoloração causada por calor.

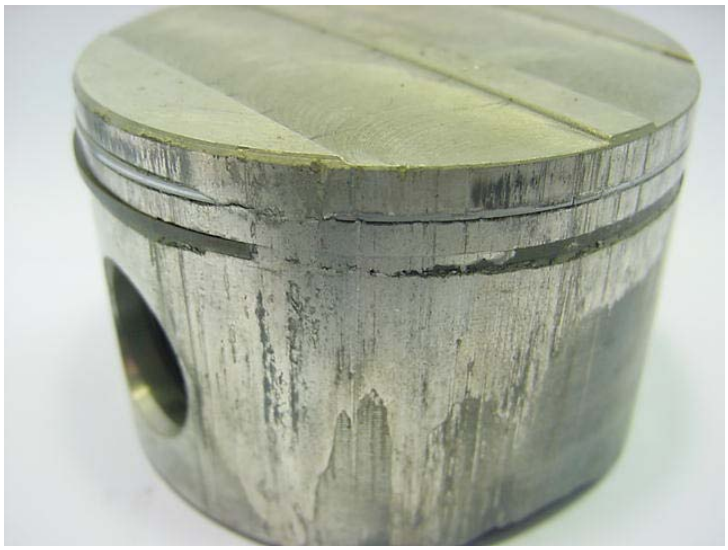


Foto 19



Foto 20

(Foto 19 e 20) Colagem dos anéis de compressão nos pistões e grande desgaste dos pistões, são comuns quando ocorre excessiva diluição de óleo e retorno de refrigerante. O motivo desse tipo de falha deve-se ao fato de que se uma alta diluição está ocorrendo devido a uma lavagem com refrigerante migrado, as paredes superiores do cilindro começam a se desgastar e com isso resulta na eventual trava e quebra do pistão dentro do cilindro ou camisa.



Foto 21



Foto 22

(Foto 21 e 22) - A parte superior desses pistões foram riscadas quando a perda do material da biela resultou em folga suficiente para o pistão bater nas palhetas de sucção do conjunto placa de válvulas.



Foto 23



Foto 24

(Foto 23 e 24) - O mancal localizado na extremidade da bomba apresenta manchas semelhantes do material das buchas do mancal.

Dessa explanação, torna-se aparente que as falhas ocasionadas pela diluição excessiva do óleo são tais que o metal das superfícies de contato opostas tenta se fundir, produzindo o aspecto manchado, com um indício muito pequeno de calor excessivo após o ponto da falha.

Causas da Diluição do Óleo

A migração de refrigerante dentro de um circuito de refrigeração ocioso é uma das principais causas da diluição de óleo. Conforme discutido anteriormente, o vapor refrigerante migra para a parte mais fria do sistema por onde eventualmente se condensa. Isso irá continuar até que a relação pressão/temperatura do refrigerante seja equalizada através de todo o sistema. Essa migração para o compressor é auxiliada pela afinidade óleo /refrigerante, comentado anteriormente.

Como o compressor é construído por grande massa de ferro fundido, é o último a esfriar na parada e é tipicamente o último componente do sistema frigorífico a se aquecer à medida que a temperatura ambiente se eleva. Consequentemente, o compressor é frequentemente a parte mais fria do sistema após várias horas de parada do equipamento.

No compressor, o lado do motor é um local onde o refrigerante migrante pode-se coletar e condensar. Além disso, como todos os óleos refrigerantes comumente utilizados têm afinidade com o refrigerante, a diluição ocorre facilmente a não ser que se empregue um dispositivo preventivo para reduzir afinidade óleo/refrigerante.

Para combater essa ocorrência, a maioria dos compressores está equipada com resistência de cárter. Esse dispositivo preventivo funciona para manter a temperatura do óleo

do cárter entre 40 ~ 60ºC (max. 70ºC) para reduzir a afinidade do óleo pelo refrigerante, evitando, assim, a migração de líquido para o compressor.

É importante que o cárter fique sempre com o óleo aquecido, através da resistência do cárter, principalmente durante as paradas prolongadas do compressor. Veja na figura abaixo a importância da utilização da resistência do cárter, que através do aquecimento do óleo, diminuirá a miscibilidade (solubilidade) óleo & refrigerante.

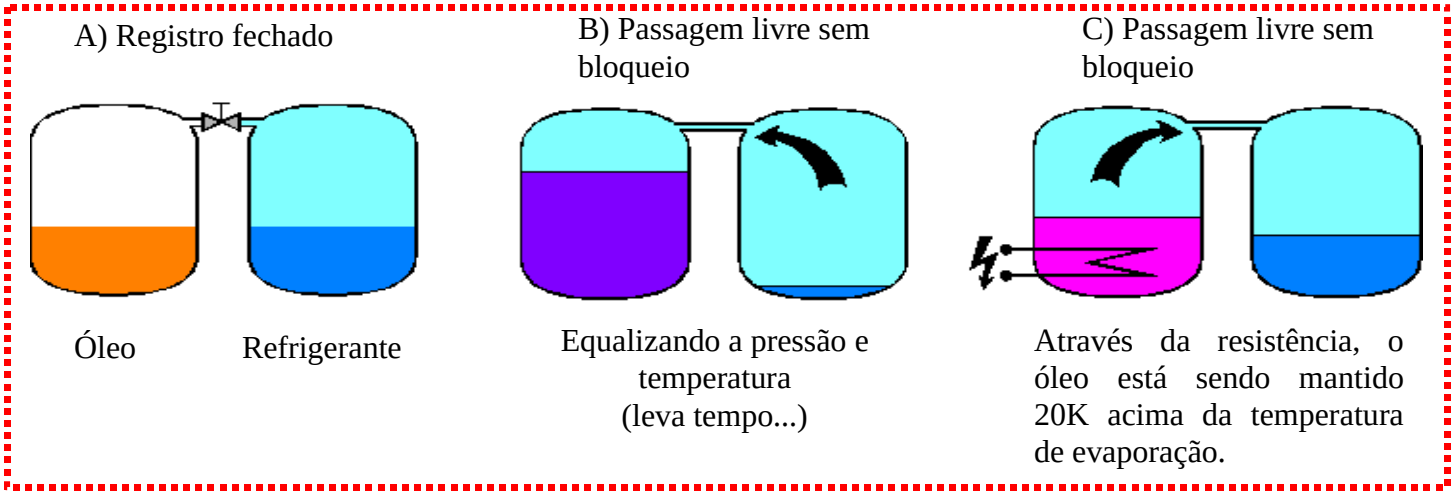


Figura 3: Solubilidade de Óleo & Refrigerante

Não é função do aquecedor de óleo evitar diluição por refrigerante resultante de migração de outras partes do sistema ou vaporizar quantidade de refrigerante já em diluição no compressor.

Perda de Óleo

A perda de óleo não permite que o virabrequim do compressor receba lubrificação ou arrefecimento suficiente, o que resulta na geração de uma quantidade excessiva de calor e desgaste nos colos das bielas.



Foto 25



Foto 26

(Foto 25 e 26) - Compare estes virabrequins com o da foto 16 e observe a diferença de cor. A cor escura é devido ao calor da fricção resultante da perda de lubrificação. Observe também a aparência das superfícies do virabrequim. Essas superfícies mostram riscos leves, em vez de alumínio espalhado, que particularizava a lavagem por refrigerante. Embora os riscos leves podem também resultar de sujeira no sistema, a principal diferença nesses dois virabrequins é a de descoloração pelo calor e o tempo mais longo antes da falha.



Foto 27



Foto 28

Causas da Perda de Óleo

Existem várias causas para a perda de óleo do compressor. Algumas das causas comuns são ciclagem curta, excessiva espumação do óleo e longos períodos de funcionamento em carga mínima, aliada a um projeto inadequado da tubulação.

Durante longos períodos de ciclagem curta, o compressor pode bombear óleo para dentro do sistema numa proporção maior do que está sendo retornado. Isso, logicamente, resulta num nível de óleo reduzido.

Ciclagem curta pode ser causada por baixa carga de refrigerante que faz com que o compressor entre em ciclo pelo pressostato de baixa pressão, pela estreita regulagem no diferencial do termostato de controle, pelas condições de carga mínima, etc. Todas essas condições são acompanhadas por uma baixa massa de fluxo de refrigerante que, por sua vez, resultem em baixa velocidade do gás.

Se o sistema estiver sujeito a flutuações rápidas de carga, o que causa partidas e paradas freqüentes, a ciclagem poderá ser eliminada através do emprego de um sistema de controle de capacidade.

Espumação excessiva dentro do cárter do compressor constitui-se em outra causa de perda de óleo. Quando o óleo espuma dentro do cárter, ele será arrastado pelo gás refrigerante e comprimido para dentro do sistema. Se a espumação persistir, é possível que o nível de óleo possa cair acentuadamente.

Certa quantidade de espuma pode ser esperada quando se dá a partida num compressor. Todavia, uma vez que o refrigerante em excesso foi retirado do óleo (pela ebulição), a espumação diminuirá se o controle do fluxo de refrigerante do sistema for adequado e o tipo certo de óleo recomendado pelo fabricante estiver sendo usado.

A espumação persistente tem duas causas principais: ou um óleo inadequado está sendo usado, ou o óleo do cárter está sendo diluído por refrigerante líquido. A causa do retorno de refrigerante líquido ao compressor acha-se discutida sob “Causas do Retorno de Líquido” ou “Migração”.

Nos compressores de 2ª Geração da Bitzer recomenda-se que o retorno de óleo proveniente do separador de óleo seja feito pelo lado do motor. Assim sendo, o óleo será resfriado pelo gás da sucção e centrifugado pelo motor elétrico. Com a centrifugação, o mesmo será desgaseificado e diminuirá o efeito indesejado da espumação.

ELEVADAS TEMPERATURAS DE DESCARGA DO COMPRESSOR

O superaquecimento do compressor e o resultante aquecimento do óleo fazem com que o óleo perca sua viscosidade. Com viscosidade reduzida, o óleo não pode lubrificar as partes móveis adequadamente. A falta de lubrificação, por sua vez, pode fazer com que as superfícies dos mancais se aqueçam excessivamente, resultando em desgaste intenso, aderência das partes e carbonização do óleo.

Uma ocorrência que tipicamente acompanha o superaquecimento do compressor é o desgaste do pistão. Uma vez que o índice de expansão térmica do pistão de alumínio é maior que a do cilindro de ferro fundido, o pistão virtualmente se torna maior que o diâmetro interno do cilindro em altas temperaturas, fazendo com que o pistão se desgaste e fique preso. Em muitos casos, a área de trabalho dos anéis não é danificada porque o travamento do pistão ocorre antes que possa resultar no dano dessa área.



Foto 29

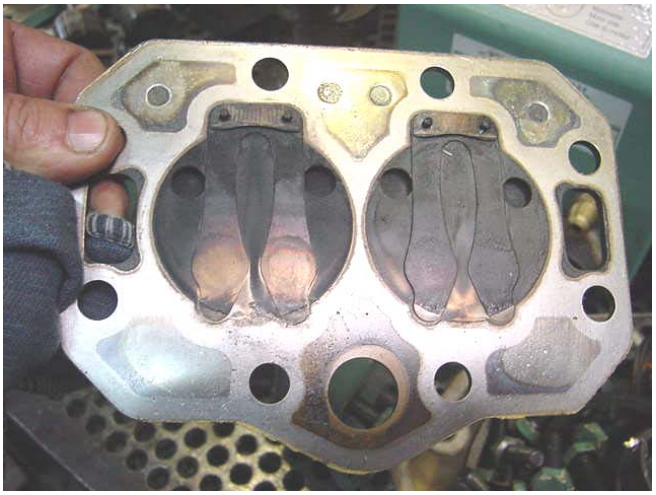


Foto 30

(Foto 29) - Esta foto ilustra estágios bem iniciais de carbonização da placa de válvulas. Alta temperatura de descarga pode fazer com que o óleo se carbonize no conjunto placa de válvulas, principalmente nas pistas das palhetas de alta pressão. Já na Foto 30 vemos uma placa de válvulas bastante carbonizada pela alta temperatura de descarga.

Em casos extremos, o óleo carbonizado pode restringir o movimento da palheta, fazendo com que ela permita a passagem do gás de descarga de volta para a sucção. Isso confere uma pressão decrescente constante ao pistão, tanto no curso de admissão como no de compressão.



Foto 31



Foto 32

(Foto 31) - O pistão do conjunto biela & pistão superior, por exemplo, foi submetido a esse tipo de pressão decrescente constante. A parte inferior da superfície do mancal do pino do pistão ficou sem lubrificação, o que resultou em desgaste excessivo.

A lubrificação do pino do pistão depende da reversão de carga no pino. No curso de compressão, a superfície inferior do mancal é carregada, permitindo que a névoa de óleo penetre no vão entre o pino e a superfície superior do mancal. Após o pistão inverter o curso, a carga se transfere para a superfície superior do mancal permitindo que o óleo penetre no vão entre o pino e a superfície inferior do mancal.

Quando um pistão está sob pressão decrescente constante, essa transferência de carga para a superfície superior do mancal não ocorre e a superfície inferior do mancal não recebe lubrificação adequada.



Foto 33



Foto 34

(Foto 33) - Este conjunto biela / pistão foi retirado de um compressor no qual a bomba de óleo estava intacta e aparentemente em razoáveis condições de funcionamento.

A cor escura do pistão é evidentemente devida ao calor no compressor resultante das más qualidades de lubrificação do óleo superaquecido, com sua resultante descoloração, ou de alguma outra fonte de calor. A biela se quebrou quando ela ficou travada no virabrequim. Depois da biela ter-se quebrado e soltado do eixo, a parte superior foi jogada para dentro do pistão, quebrando um pedaço da saia.



Foto 35



Foto 36

(Foto 35) - Estas são bielas que foram retiradas de um outro compressor. Notem o aspecto da superfície de contato com o virabrequim. A superfície apresenta finas ranhuras, diferentemente da aparência manchada, característica de lavagem. O calor excessivo que acompanhou esta falha é evidenciado pelo escurecimento da biela na área adjacente à da superfície que entra em contato com a superfície do virabrequim.

Causas de Elevadas Temperaturas de Descarga do Compressor

Dentre as causas comuns de elevadas temperaturas de descarga do compressor encontram-se a alta razão de compressão (baixa pressão de sucção e alta pressão de descarga), baixa carga de refrigerante e controle da capacidade do compressor abaixo de seus limites de projeto. Cada uma dessas condições leva ao mesmo resultado – baixo fluxo da massa de refrigerante. Como o calor do motor e o calor de atrito produzido por um compressor estão sempre presentes, qualquer condição que reduza o fluxo de gás refrigerante abaixo do mínimo exigido pelo projeto priva o compressor do arrefecimento necessário, resultando numa condição de elevadas temperaturas de descarga do compressor.

Caso isso ocorra, verifique as temperaturas do óleo e descarga. A temperatura do óleo é tomada na superfície externa do cárter. Da mesma forma, a temperatura de descarga é tomada na superfície do tubo da linha de descarga, a uma distância equivalente a 10 cm da válvula de serviço de alta pressão.

Essas temperaturas devem ser tomadas em superfícies planas e limpas, livres de tintas, corrosões, etc. O termômetro deve ser firmemente fixado na superfície e isolado para se obter a melhor leitura possível. As leituras obtidas não serão precisas devido às perdas de condução de calor através do metal. Essa é uma consideração importante ao se utilizar às orientações sobre as temperaturas relacionadas abaixo.

A viscosidade do óleo se torna mínima quando o óleo chegar em uma temperatura entre 85ºC e 95ºC. Qualquer leitura de temperatura do óleo dentro dessa faixa, se torna grande as probabilidades dos filmes de óleo serem destruídos, resultando em um contato de metal-com-metal e eventual falha mecânica.

A temperatura de descarga, por outro lado, não deve exceder 125ºC, pois se não a temperatura na área dos cilindros do compressor pode estar se aproximando de um ponto que pode ser prejudicial ao óleo.

Essa faixa de temperatura não deve ser encarada como uma estrita linha divisória entre o bem e o mau. O processo de decomposição do óleo se extende sobre uma ampla faixa de temperatura e nas faixas citadas, esse processo está num estado de decomposição acelerada. É essa a razão pela qual essa faixa de temperatura é crítica, mas ainda sujeita a muitas outras variáveis.

Uma alta razão de compressão é geralmente atribuída a problemas com o condensador, problemas com o evaporador, ao inadequado controle do sistema, ou a uma combinação desses três problemas. A solução para esse problema é verificar a limpeza do evaporador e do condensador, a taxa de fluxo de ar ou de água do condensador e do evaporador a as temperaturas de entrada e de saída da água ou do ar. Além disso, o funcionamento e o controle do sistema devem ser estreitamente controlados para identificar qualquer outra forma de funcionamento que pudesse contribuir para baixo fluxo da massa de refrigerante.

Por outro lado, a baixa carga de refrigerante caracteriza-se pela presença de borbulhamento de gás no visor da linha de líquido, pela baixa pressão de sucção e pelo gás de sucção altamente superaquecido. É claro que a solução para esse problema é acrescentar refrigerante ao sistema. Obviamente, antes disso, deve-se determinar a causa do vazamento de refrigerante.

Finalmente, a colocação de controle de capacidade de um compressor abaixo da capacidade mínima especificada pela Bitzer, poderá ocasionar uma massa de fluxo de refrigerante menor que o exigido para o adequado resfriamento do compressor. A solução é limitar o controle de capacidade do compressor para aquela especificada pela Bitzer para as condições existentes de projeto do sistema.

PROBLEMAS DE CONTAMINAÇÃO DO SISTEMA

Alguns dos contaminantes mais freqüentemente encontrados nos sistemas de refrigeração são: umidade, óxido de cobre, sujeira, etc.

Umidade

A presença de água em forma de umidade num sistema frigorífico pode levar a outras contaminações devido à formação de oxidação, à corrosão, à decomposição do refrigerante, ou à deteriorização em geral. Aliando-se a cada um desses problemas com o resultante dano que poderá ocorrer com sua presença, outras falhas poderão tornar-se óbvias. Calor excessivo devido à fricção, cobreamento (copper plating) e desgaste desnecessário das superfícies de precisão em contato, tudo isso pode estar ligado com esse contaminante. Além disso, a formação de gelo na válvula de expansão restringirá o fluxo de refrigerante ou o interromperá completamente. Em alguns casos poderá existir a formação de gelo nas paredes internas na serpentina do evaporador, dificultando a troca de calor entre o refrigerante e o meio a ser refrigerado.

Um dos meios de se detectar a presença de umidade num sistema é através da análise do óleo lubrificante do compressor. Deve-se retirar uma amostra de óleo e enviá-lo a um laboratório especializado em análise de óleo. A quantidade de umidade contida no óleo não deverá exceder 50 ppm. (para maiores informações recomendamos consultar o Boletim da Engenharia nº06 da Bitzer).

Numa instalação que tenha sido adequadamente instalada e desidratada não existe virtualmente nenhuma forma de a umidade representar um problema inicial em qualquer sistema frigorífico.

Se houver um vazamento num resfriador de água (chiller), de forma que entre água no sistema de refrigeração, o vazamento resultante de refrigerante seria aparente muito antes de a umidade poder tornar-se um problema.



Foto 37

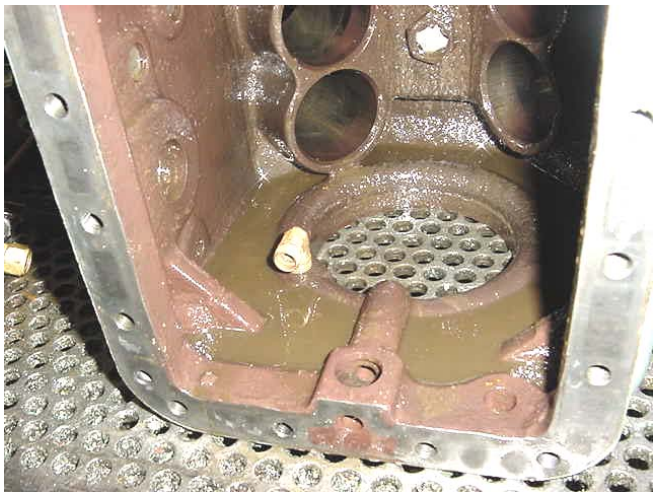


Foto 38

Causas da Umidade

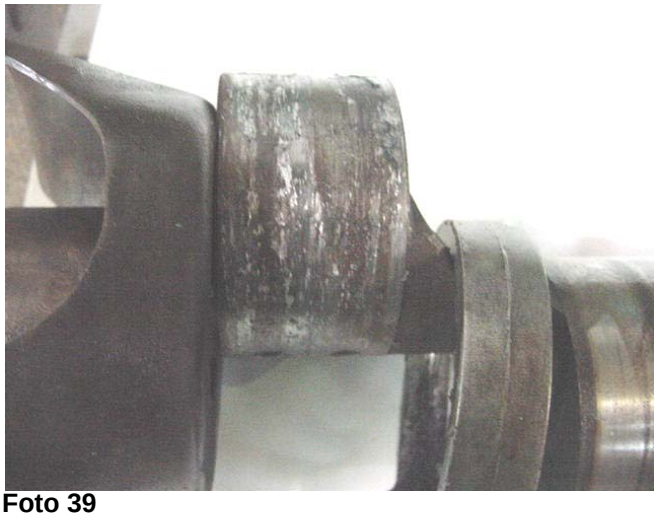


Foto 39



Foto 40

A principal causa ou fonte de contaminação por umidade é representada pelo ar introduzido no sistema durante a instalação da tubulação de qualquer linha de refrigerante. Outra forma de introdução de umidade no sistema são os óleos refrigerantes inadequadamente manuseados e usados como substituição do óleo do compressor pelo pessoal técnico responsável. Isso poderá ser evitado seguindo-se as recomendações da Bitzer em relação à utilização correta do óleo e realizando sua troca periódica. Essas informações podem ser obtidas através dos Boletins da Engenharia 06, 12, 13 e 14.

Sem métodos apropriados de evacuação e desidratação do sistema frigorífico, quantidade suficiente de água para induzir a corrosão e acelerar a formação de outras formas de contaminação descritas anteriormente, poderá permanecer nas linhas de refrigerante. Além da análise da quantidade de água contida no óleo, a umidade também poderá ser detectada pelo emprego de visor de líquido com indicador de umidade, instalado na linha de líquido.

Um procedimento comum de campo usado para remoção da umidade de um sistema é o método de evacuação seguida da “quebra do vácuo”. Recomenda-se quebrar o vácuo quando a evacuação atingir próximo de 500 mícrons de mercúrio. Realizar este procedimento pelo menos duas vezes utilizando nitrogênio seco, pois o mesmo absorverá o restante da umidade contida no sistema e também reduzirá o tempo necessário para desidratação. É importante lembrar que a remoção da umidade residual de um sistema exigirá um longo processo de evacuação caso não seja feita à quebra do vácuo. A 711 mm de Hg (50.800 mícrons de mercúrio), a água ferve a aproximadamente 38ºC. Obviamente, é impraticável aquecer todo o sistema acima de 38ºC. O único meio prático para desidratar eficazmente um sistema contaminado com umidade é o emprego de uma bomba de vácuo capaz de produzir uma “depressão” (pressão efetiva negativa) inferior 250 mícrons de mercúrio.

O fator tempo para a remoção da água é freqüentemente ignorado. Leva tempo evaporar a água retida num sistema usando-se apenas o calor advindo das temperaturas ambientes. Lembre-se de que a água está mudando de estado e que existe uma carga latente ao se evaporar (ferver) a água. Recomenda-se verificar, através de um vacuômetro confiável, o nível do vácuo realizado no sistema. A tabela das unidades de vácuo encontra-se no Boletim da Engenharia nº15.

Outra consideração importante é o tamanho da bomba de vácuo. Uma bomba muito grande pode reduzir a pressão tão depressa que a água se congela, tornando-se quase impossível sua remoção. Existe também, a possibilidade de ocorrer danos em certas partes da serpentina ou da tubulação, caso ocorra congelamento.

Contaminação por Sujeira ou por Ar



Foto 41



Foto 42

Materiais estranhos, tais como sujeira, fluxo de solda, ou produtos químicos, juntamente com o ar, resultam em desequilíbrios químicos que provocam ruptura das moléculas de óleo. Essa condição, aliada ao calor oriundo das altas temperaturas de descarga do sistema e das temperaturas de fricção, pode resultar na formação de ácidos, inscrutação (lodo) ou numa combinação de ambos.

Aliada à crescente fricção que esse processo pode produzir, o sistema todo inicia um processo de autodestruição. Além dos problemas básicos introduzidos, reações químicas mais complexas resultam na formação de óxidos e dos elementos necessários para o cobreamento (copper plating).

Causas da Contaminação por Sujeira e por Ar

Além da umidade, a sujeira e o ar provindos de más práticas de instalação podem resultar em problemas sérios após o sistema ser colocado em funcionamento. Pode-se evitar que a sujeira entre no sistema frigorífico, certificando-se de que somente tubos limpos e

desidratados estão sendo utilizados nos sistemas construídos no campo. Evacuação adequada e passagem de nitrogênio seco na tubulação (aprox. 1psig) durante o processo de soldagem dos tubos evitarão os problemas causados pelo ar (oxidação).

Uma fonte de sujeira e de ar (juntamente com a umidade do ar) numa operação normal de manutenção pode ocorrer enquanto se adiciona óleo ao compressor. Como o óleo possui fortes características oxidantes e pode facilmente reter ar e água, deve-se tomar cuidado ao realizar a troca de óleo do compressor.

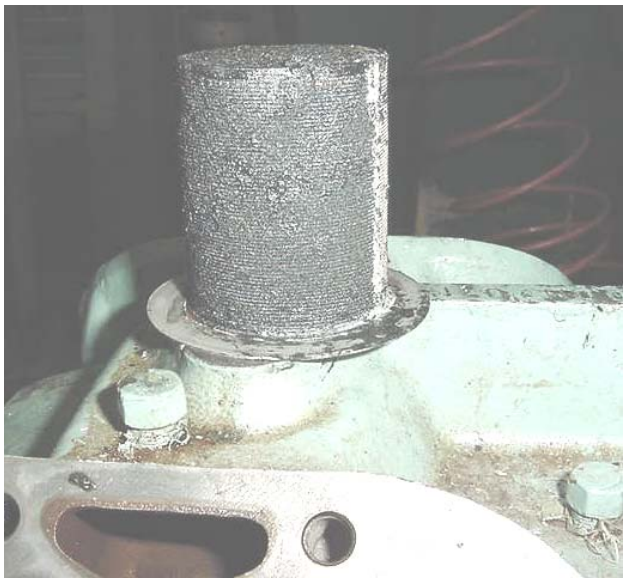


Foto 43



Foto 44

Óxidos

Os óxidos podem aparecer sob a forma de:

Óxido férrico (Fe_2O_3) – (óxido de ferro vermelho)
Óxido ferroso férrico (Fe_2O_4) – (óxido de ferro preto)
Óxido cuproso (Cu_2O) – (óxido de cobre vermelho)
Óxido cúprico (CuO) – (óxido de cobre preto)

Nenhuma tentativa deve ser feita pelo técnico para determinar, através da coloração, o contaminante exato. Isso deve ser feito pela análise química. Além disso, devido à combinação de contaminantes, a cor preta básica do produto resultante que você verá dará poucos indícios quanto à origem.



Foto 45



Foto 46

(Foto 45) - Esta fotografia compara as condições de 3 filtros de óleo. O filtro de cima está limpo, enquanto que o do centro e o de baixo estão contaminados. O contaminante é um óxido que foi retirado das paredes do tubo ou de dentro do compressor pelo refrigerante e levado para o cárter, onde foi depositado na superfície dos filtros.

É claro que um filtro obstruído priva o fluxo de óleo a ser arrastado pela bomba de óleo para uma adequada lubrificação dos mancais, virabrequim, biela & pistão, etc, causando uma quebra mecânica prematura do compressor. A característica desse tipo de desgaste é semelhante àquela causada pela perda de óleo da foto 11. Muitas vezes ainda, é possível ver fragmentos do material oxidado encravado nas superfícies dos mancais.

A extensão do dano depende da redução do fluxo de óleo. O mancal intermediário (principal) e os colos das bielas localizadas na extremidade da passagem de óleo no virabrequim serão afetados em primeiro lugar. O compressor da foto 46 sofreu exatamente este tipo de quebra mecânica justamente porque o filtro de arraste de óleo estava entupido por óxidos, embora o cárter estivesse com o nível de óleo até a metade da altura do visor, devido à obstrução do filtro, não houve a lubrificação das partes móveis do compressor.

Causas da Presença de Óxidos

A formação de óxidos nas paredes internas dos tubos ocorre quando o calor, aplicado pelo maçarico, é aplicado na presença de ar. A oxidação é evitada deslocando-se o ar dentro do tubo com um gás inerte, tal como o nitrogênio seco, antes de aplicar o calor. Obtém-se uma atmosfera rica em nitrogênio dentro do tubo colocando-se uma fita gomada sobre a extremidade aberta do tubo, oposta à conexão de nitrogênio. Faz-se um pequeno furo na fita e ajusta-se o fluxo de nitrogênio até que se possa sentir o gás escapando pelo furo. Esta pressão a ser aplicada com nitrogênio seco deverá ser regulada em torno de 1psig.

Caso sejam encontrados vestígios desses óxidos no sistema frigorífico, os mesmos poderão ser removidos instalando-se um filtro para limpeza na linha de sucção para reter o material antes que ele possa entrar no compressor. O óleo é então trocado, conforme necessário, até que fique limpo. *A Bitzer sempre recomenda a instalação de um filtro na sucção do compressor para limpeza nos casos onde o evaporador estiver distante do compressor, pois somente o filtro secador da linha de líquido não garante a total limpeza do sistema.*

Cobreamento (copper plating)

As peças nas quais o revestimento de cobre é encontrado mais freqüentemente são as peças de tolerâncias rígidas que funcionam a altas temperaturas, como o conjunto placa de válvulas do compressor, o virabrequim e a bomba de óleo. A origem do revestimento está no sistema de tubulação.

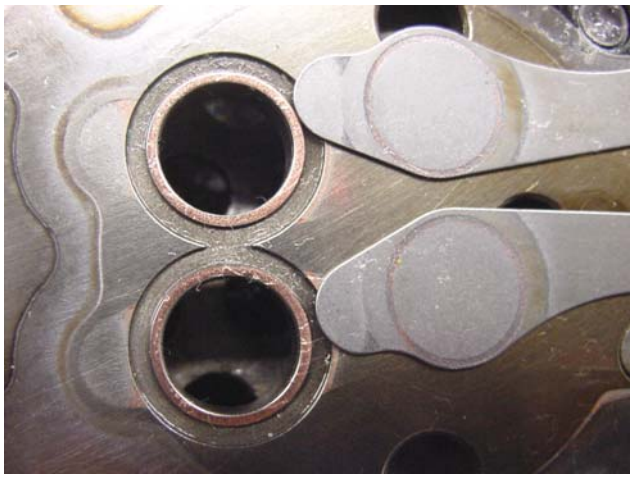


Foto 47

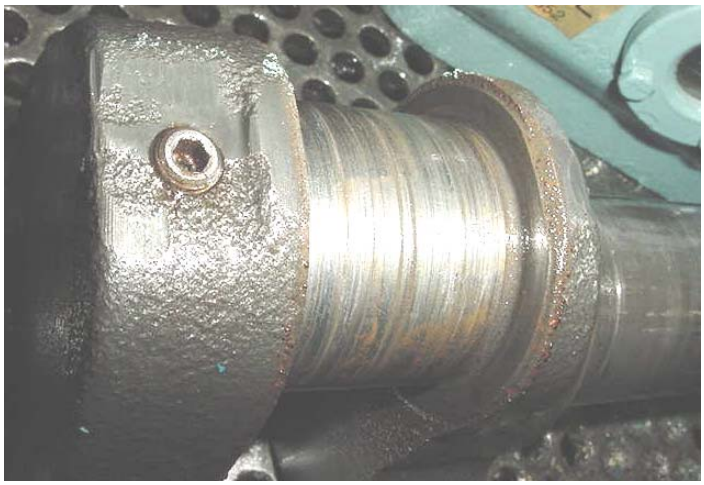


Foto 48

(Foto 47) - A superfície das pistas de vedação das palhetas de sucção do conjunto placa de válvulas apresenta a formação do cobreamento. O motivo foi ocasionado pelo excesso de umidade contida na instalação. Compressores do tipo aberto também sofrem com a formação do cobreamento no selo de vedação, reduzindo sua eficiência de vedação quando os flocos de cobre ficam encravados na face dos anéis de grafite.

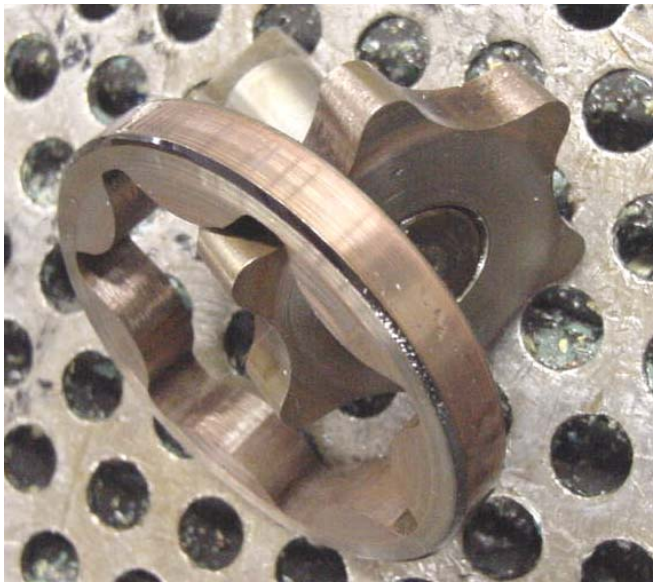


Foto 49



Foto 50

(Foto 49) - Nesta ilustração, a bomba de óleo acima se encontra altamente revestida de cobre. Para funcionar adequadamente, uma bomba de engrenagens como esta precisa ser construída dentro de tolerâncias muito rígidas. Consequentemente, um depósito de metal nas peças da bomba pode fechar os pequenos espaços (folgas), resultando em desgaste e emperramento da engrenagem da bomba e eventual quebra mecânica. Depois que isso ocorre, há grande probabilidade de que ocorra avaria adicional dos mancais, virabrequim e do conjunto biela & pistão, mesmo que o compressor desligue devido à falta de óleo pouco tempo depois.

Tipicamente, dano adicional ocorre quando os operadores ou técnicos de manutenção rearmam o pressostato de óleo por várias vezes para continuar com o compressor em funcionamento, sem perceberem que houve perda completa de lubrificação forçada dentro do compressor.

Causas do cobreamento (copper plating)

O cobreamento se dá em duas fases. Primeiramente, o cobre é dissolvido nos subprodutos de uma reação óleo/refrigerante. A quantidade de cobre dissolvido é determinada pela natureza do óleo, pela temperatura e pela presença de impurezas. Na segunda fase, o cobre dissolvido é depositado nas partes metálicas, numa reação eletroquímica subseqüente.

O denominador comum tanto da dissolução como na deposição do cobre é a alta temperatura. Um segundo fator para a formação do cobreamento é o uso de óleo impróprio, não recomendado pela Bitzer. Certos óleos reagem mais facilmente com os refrigerantes do que outros, sob altas temperaturas, se resultado na dissolução do cobre. Finalmente, a presença de ar, umidade e outros contaminantes, todos aceleram a deposição de cobre.

Para evitar falhas repetidas devido à formação do cobreamento, analisa e corrija a causa ou as causas das altas temperaturas de operação, use apenas óleos recomendados pelo Bitzer e evacue o sistema duas ou três vezes para garantir a remoção do ar e da umidade, recomenda-se também a instalação de filtros secadores com alto poder na absorção de umidade.

Óleos Impróprios

A escolha dos óleos para o compressor pelo fabricante é um processo muito mais detalhado do que a maioria dos técnicos de manutenção possa imaginar. Os óleos são escolhidos conforme seus componentes analíticos para atenderem os objetivos de lubrificação adequada dentro de certas faixas de temperatura e com estabilidade química. Outras propriedades, como o ponto “analine” que afeta a vedação e a dilatação do anel “o’ring” e aqueles que limitam a estratificação do óleo/refrigerante nas faixas mais baixas de temperatura de funcionamento do sistema, também devem ser consideradas.

Somente óleos testados e recomendados pelo Bitzer podem ser usados com total segurança por longo tempo e sem problemas. Outros óleos também podem ser usados com sucesso, mas não é prático para nenhum fabricante testar todos os óleos disponíveis para determinar sua adequação para uso prolongado. Em caso de dúvidas em relação ao tipo de óleo a ser utilizado, recomenda-se consultar sempre a Bitzer. No Boletim da Engenharia nº06 aparece uma relação dos óleos aprovados pela Bitzer.

PROBLEMAS ELÉTRICOS

A primeira reação de todos os técnicos de manutenção ao verem pela primeira vez uma queima de motor num compressor é julgar que, ou o motor ou algum componente do sistema elétrico falhou. Embora, às vezes seja difícil de provar, esse não é geralmente o caso. A maioria das queimas de motor ocorrida está relacionada com o sistema frigorífico, tais como as áreas anteriormente discutidas. Todas as tentativas devem ser feitas para determina a causa da falha, antes de pensar que o motor estava com problemas. Se o dispositivo de proteção do motor INT69 e outras proteções elétricas que possam existir, tais como: relé de sobrecarga, disjuntor motor, relé de falta de fase, etc, estiverem funcionando adequadamente, é extremamente difícil que uma falha catastrófica ocorra apenas por meios elétricos.

Alguns dos problemas comuns do compressor relacionado com a parte elétrica se originam da falta de fase em uma das três fases, da baixa voltagem (sub-tensão), de enrolamentos curto-circuitados, de superaquecimentos, de arraste do rotor e de problemas de comando elétrico.

Quando um motor falha recomenda-se que os enrolamentos sejam limpos para inspeção. Sua aparência geralmente levará à causa aparente da falha.

Antes de continuar, os enrolamentos do estator de um motor trifásico, de quatro pólos, deverão ser examinados. A identificação dos enrolamentos de cada uma das três fases é importante ao se diagnosticar um problema do motor.

Os motores encontram-se disponíveis com 3, 6, 9 e 12 cabos. Todavia, independentemente do número de cabos, a aparência geral do enrolamento do estator desses motores é a mesma.

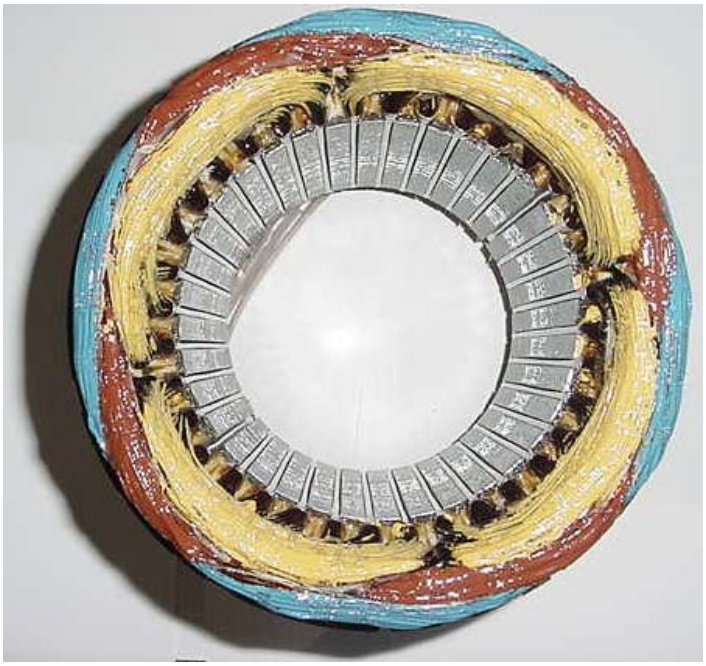


Foto 51

(Foto 51)- Esta foto ilustra o arranjo da bobina do estator de um motor trifásico, de quatro pólos. Para este propósito, as quatro bobinas ou pólos, de cada uma das três fases têm a mesma cor, para facilidade de identificação.

Observe que as bobinas das três fases aparecem na série de cores: amarela, que representa uma fase, e que se repete a cada intervalo de 90 graus; azul, que representa uma outra fase; e vermelho, que representa a última fase, que também se repete a cada intervalo de 90 graus.

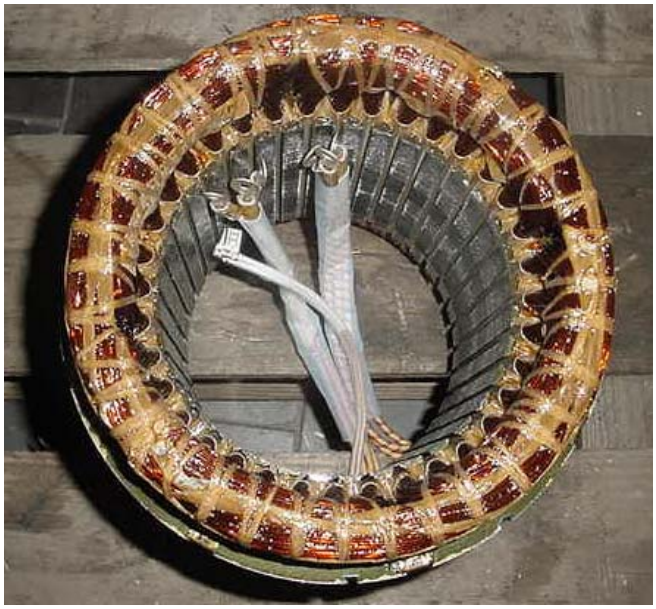


Foto 52

(Foto 52) - Os enrolamentos da fase de um motor típico são também facilmente identificados porque cada enrolamento é separado dos outros por uma barra isoladora.

Queima Completa



Foto 53

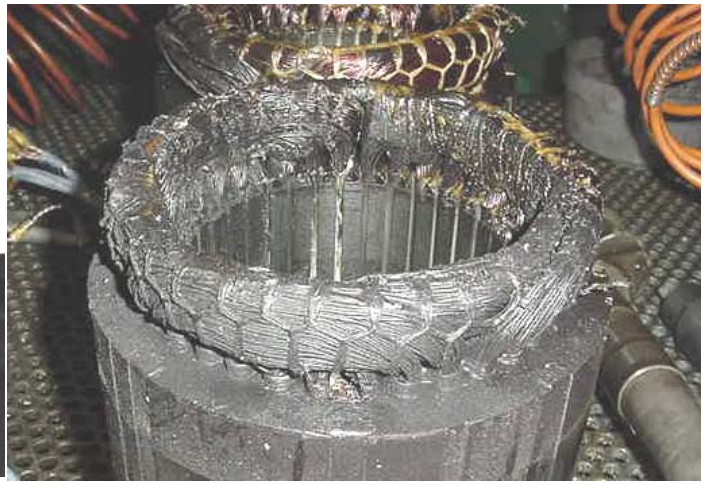


Foto 54

(Foto53 e 54) - Há maior probabilidade de ocorrer uma queima completa quando o motor está na posição parada. No momento em que o motor é energizado, as solicitações elétricas e físicas sobre os enrolamentos são as mais fortes. Se nessa ocasião a tensão for

baixa ou o compressor estiver mecanicamente travado, o motor se queimará, a não ser que os relés de sobrecarga sejam disparados dentro de um espaço de tempo muito curto. Quando um motor se queima na posição parada, a fuligem e outros subprodutos da queima ficam confinados no lado de sucção do sistema. Isso poderá ajudá-lo no seu diagnóstico.

Com a ausência de proteção adequada do motor, outra causa de queima é o inadequado resfriamento do motor devido a um fluxo reduzido, ou inexistente, do gás de sucção. Como esse tipo de queima ocorre quando o compressor está funcionando, os subprodutos da queima são freqüentemente levados para o lado de descarga do sistema.

Causas de Queimas Completas

Quando todas as fases do motor estão queimadas, verifique o compressor para ver se ele está livre. Se o compressor estiver livre e parecer estar em razoáveis condições de funcionamento a causa do problema pode ser elétrica. A análise elétrica deverá ser iniciada com a verificação da tensão elétrica e do desbalanceamento de fase. A tensão elétrica deverá estar dentro de mais ou menos 10% da tensão de placa do compressor e o desbalanceamento de fase não deverá exceder 2%.

Se por outro lado, as partes mecânicas estiverem presas, pode-se pensar que a causa da queima do motor e da falha do compressor é mecânica. Quando for esse o caso, há necessidade de maiores investigações para se determinar à origem da falha mecânica.



Foto 55

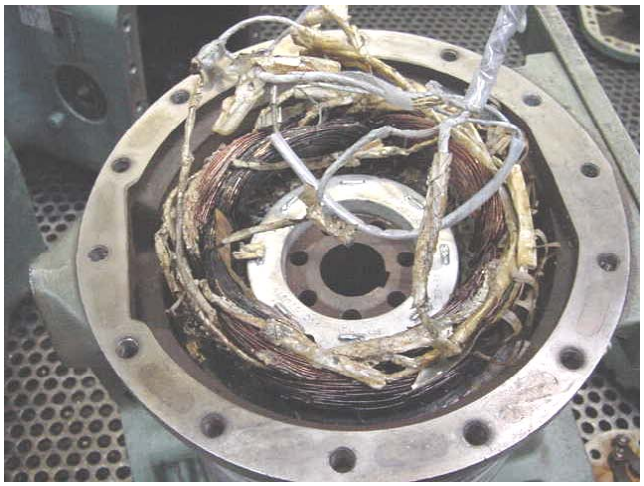


Foto 56

(Foto 55 e 56) Outra causa do problema poderá ser o baixo fluxo de gás de sucção ou inexistência de fluxo. Verifique a condição do contator, se os contatos estiverem soldados (colados), é possível que o compressor recolheu o gás do sistema e deixou de parar. O funcionamento contínuo sem fluxo de gás refrigerante sobre o motor fez com que ele se aquecesse e eventualmente queimasse.

O funcionamento do compressor em curtos ciclos para atender as pequenas necessidades de carga de fim-de-semana, por exemplo, pode também causar superaquecimento do motor. As partidas freqüentes, com a correspondente corrente de pico, aliada ao reduzido fluxo de gás de sucção sobre o motor durante os breves ciclos de funcionamento, resultam em aquecimento do motor que, no final, pode causar a queima elétrica.

A evidência mecânica da falta de resfriamento do compressor é o desgaste do pistão, sem dano aparente da biela ou do mancal principal. Como o gás de sucção resfria outras peças do compressor, bem como o motor, um fluxo reduzido de gás, ou a perda de fluxo, faz com que os pistões e os cilindros se aquecem. E como o índice de expansão térmica do alumínio é maior que a dos cilindros, os pistões ficam aderidos dentre os cilindros causando tal desgaste.

Quando um motor falha, verifique sempre a condição do contator, independentemente da causa da falha. A alta corrente que sempre acompanha uma queima irá freqüentemente danificar ou soldar os contatos.

Se o sistema estiver sujeito a prolongados períodos de funcionamento em carga mínima ou a flutuações de carga que o fazem ciclar freqüentemente, um relé de anti-reciclagem (temporizador) deverá ser instalado para limitar as partidas do compressor, que de acordo com a potência do motor, poderá variar de 6 até 10 vezes por hora. Esta recomendação está descrita na apostila do curso de compressores alternativos da Bitzer na página 31.

Pontos Queimados (Queimas Localizadas)

Fragmentos de metal resultante de falha mecânica podem ficar alojados nos enrolamentos do motor. Aí podem funcionar como ferramenta de corte, causando dano ao isolamento do motor.

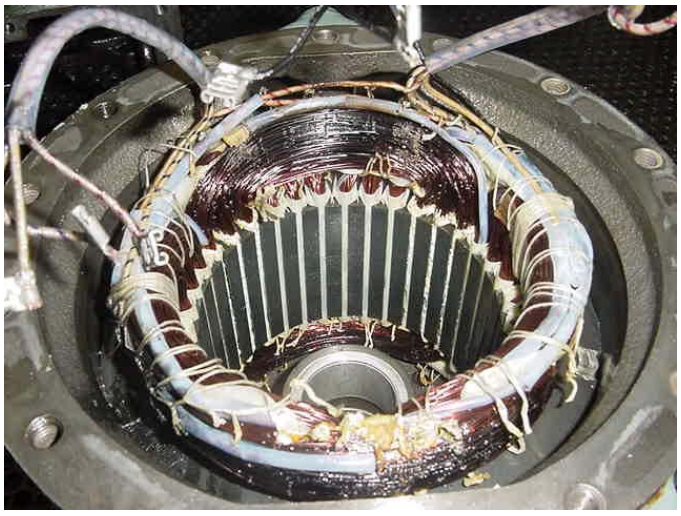


Foto 57

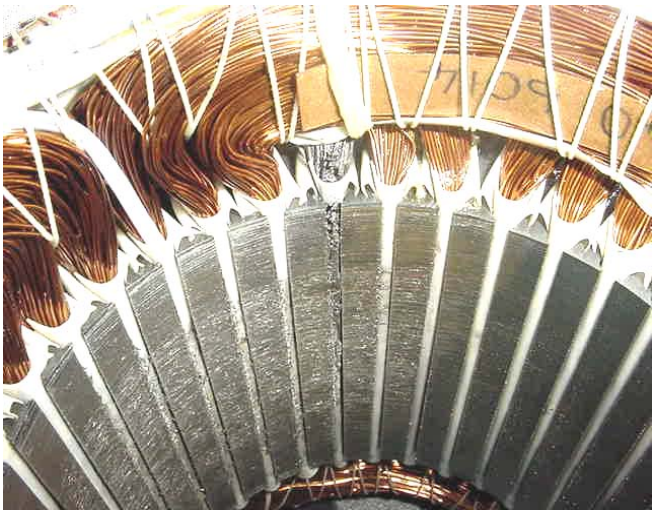


Foto 58

(Foto 57) – No estator mostrado, um pedaço da palheta de sucção do conjunto placa de válvulas ficou alojado entre o rotor e o estator, onde danificou a isolação elétrica dos enrolamentos, fazendo com que o motor se queimasse.

Uma queima localizada como essa pode levar semanas ou meses após um compressor recuperado ter sido reinstalado no equipamento. As partículas metálicas ficam no motor até que atinjam uma posição onde possam causar danos. Conseqüentemente, é sempre recomendável remover e inspecionar o motor e o roto após a falha envolvendo as peças quebradas.

Tomar muito cuidado com motor “pirata”, pois uma queima localizada pode também ser causada pelo movimento relativo entre as espiras individuais de uma bobina. Quando um motor parte, as cabeças das bobinas se flexionam levemente, fazendo com que as espiras se toquem umas contra as outras. Com o tempo, isso poderá ocasionar rupturas do isolamento, resultando num curto circuito entre as espiras. O calor desse curto circuito queimará o isolamento das espiras adjacentes, resultando num eventual curto circuito de fase ou de fase terra.

A Bitzer não recomenda a utilização de motores “piratas”, somente recomenda a utilização de motores originais!



Foto 59

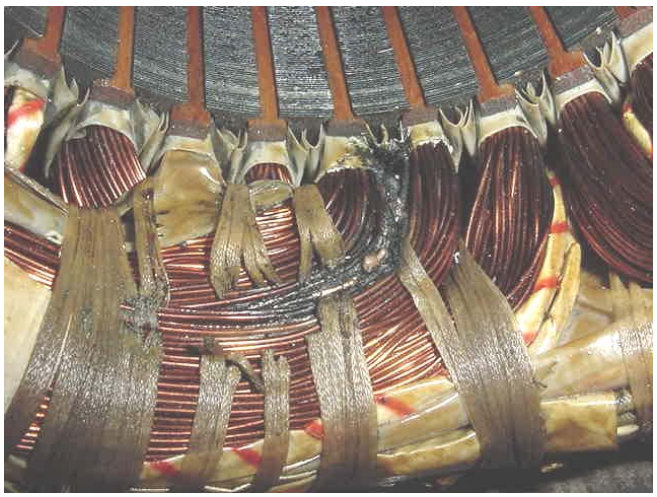


Foto 60

(Foto 59 e 60) - Observe que o curto circuito começou onde a porção final da cabeça da bobina entra na ranhura do estator. Aqui poderá ter havido um ponto de pressão entre as espiras ou um fragmento metálico poderá ter-se encravado entre as espiras, que acelerou o desgaste do isolamento.



Foto 61

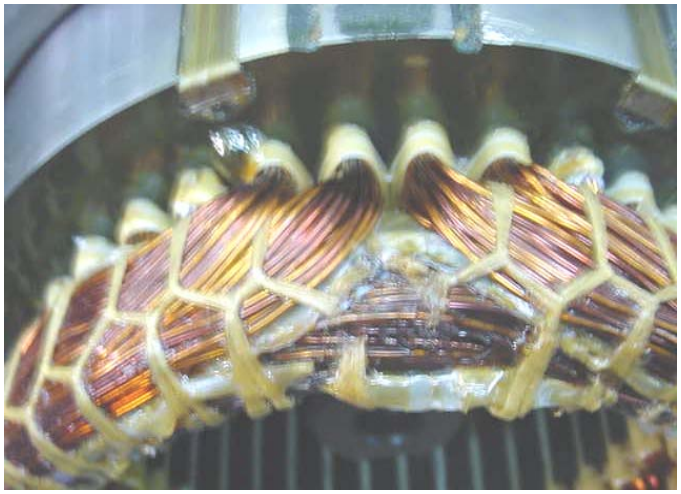


Foto 62

(Foto 61 e 62) – Uma queima localizada pode ocorrer dentro da ranhura, pelas mesmas causas relacionadas acima.

Lembrando que, toda vez que ocorrer queima localizada (pontos queimados), remova sempre o motor e examine o rotor e os enrolamentos quanto a indícios de existência de fragmentos metálicos.

É absolutamente necessário remover todo e qualquer material desse tipo antes de se tentar qualquer recolocação (substituição) do motor.

Causas da Queima Localizada (Pontos Queimados)

Quando quebra uma das palhetas do conjunto placa de válvulas do compressor, é possível que um pequeno pedaço (fragmento), seja forçado para dentro do lado de sucção do compressor, onde poderá se alojar nos enrolamentos do motor, ocasião onde poderá causar um curto circuito entre as espiras do motor, resultando num ponto queimado.

Uma queima localizada também poderá ser causada por um esforço no motor. Se o exame de um motor com um ponto queimado não revelar nenhum indicio de partículas metálicas, quer encravada nos enrolamentos ou no estator, pode-se suspeitar que a ruptura do isolamento resultou de esforço normal.

Outro motivo poderá estar relacionado com a sobrecorreção do fator de potência, que ocasionará pico de tensão no motor. A Bitzer recomenda a correção do fator de potência de no máximo 0,95. (para maiores informações recomendamos consultar o Boletim da Engenharia nº17 da Bitzer).

Falta de Fase e suas Causas

Falta de corrente numa das fases de um motor trifásico faz com que ele atue como se fosse monofásico. Isso faz com que as duas fases restantes trabalhem com corrente excessiva. Se os relés de sobrecarga não desligarem o motor rapidamente, estas duas fases se queimarão.

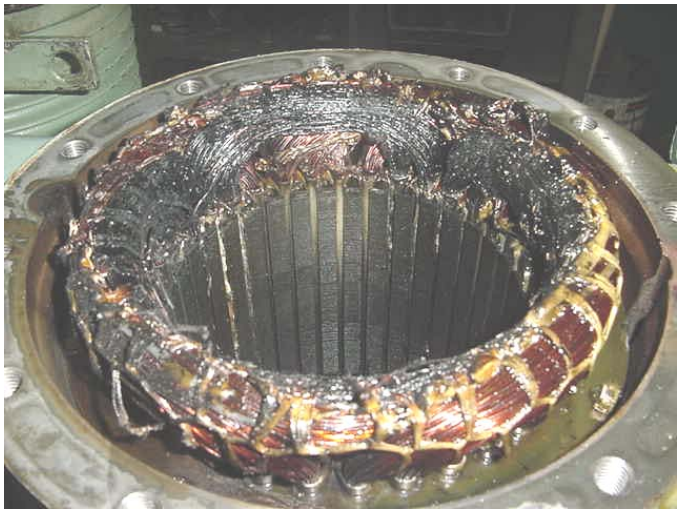


Foto 63

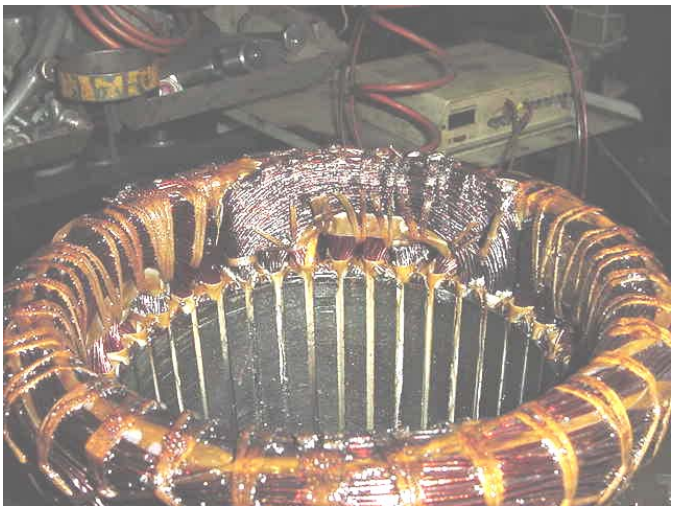


Foto 64

(Foto 63) – Este é o aspecto de um motor que foi submetido à condição de falta de fase. Observe que os enrolamentos de duas das fases estão queimadas, enquanto que os quatro pólos da fase remanescente (interrompida) estão ilesos.



Foto 65

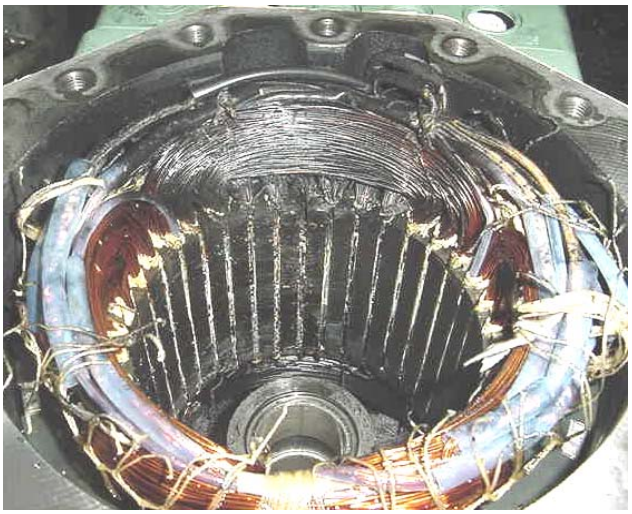


Foto 66

A situação descrita é uma queima típica de operação monofásica. Todavia, numa condição de falta de fase, uma fase pode se aquecer mais depressa que a outra, fazendo com que apenas uma fase se queime, como nas figuras 65 e 66.

Quando uma fase estiver queimada, verifique os enrolamentos das duas fases restantes. Se uma apresentar dano pelo calor, pode-se considerar a falta de fase como a causa da queima.

Arraste do Motor

Arraste do motor é outra causa dos problemas elétricos do motor. Como a folga entre o rotor e o estator é muito pequena, o desgaste do mancal principal pode fazer com que o rotor se incline suficientemente para roçar no estator.



Foto 67

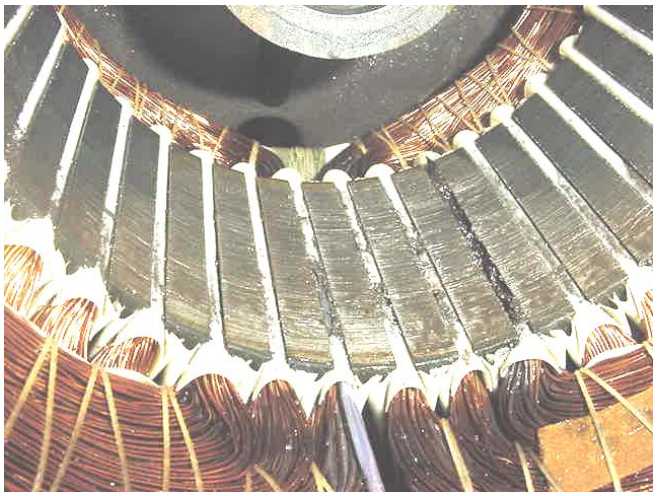


Foto 68

(Foto 67 e 68) – Os estatores aqui ilustrados apresentam sinais de riscos causados por arraste do rotor. O rotor raspou as laminações, provocando uma falha do isolamento da ranhura, o que resultou num curto circuito fase terra. Os rotores que foram retirados desses motores apresentaram riscos semelhantes (fotos 69 e 70).

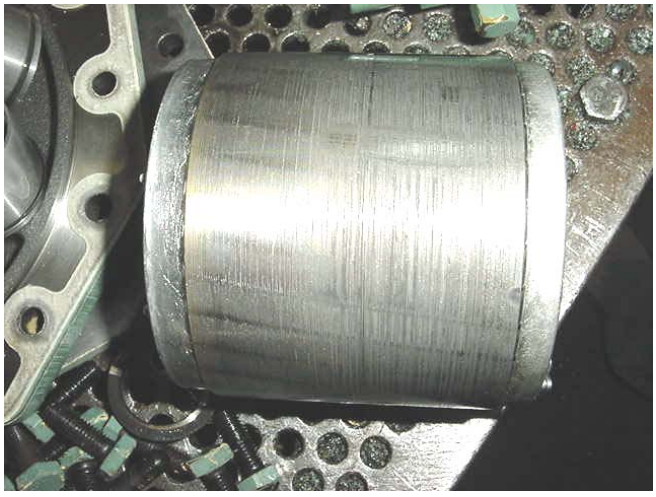


Foto 69



Foto 70

Causas do Arraste do Rotor

O desgaste do mancal principal suficientemente sério para causar arraste do motor deve ser investigado. Algumas das possibilidades são a diluição do óleo ou óleo contaminado por sujeiras ou por outros abrasivos.

A superfície de contato do mancal que apresenta porções metálicas espalhadas, indica problema de diluição do óleo. Veja “Diluição de óleo”, pagina 15.

Por outro lado, óleo que contem partículas em suspensão, aliado a uma sujeira encontrada no filtro de arraste óleo, indica a presença de materiais contaminantes.

Após a partida do compressor substituto, é sempre aconselhável verificar periodicamente a cor e a clareza do óleo. Se ele se tornar descolorido por um material em suspensão logo após a partida, troque o óleo, conforme necessário, ate que fique limpo. Em alguns casos, pode-se desejar instalar um filtro de sucção para reter os contaminantes antes que eles entrem no compressor. Obviamente, se o óleo continuar a indicar a formação continua de material em suspensão após a instalação de um filtro de sucção, há boas possibilidades de que as partículas sejam decorrentes de outra falha mecânica que esteja ocorrendo.

Falhas Indeterminadas do Compressor

Até este ponto, admitimos que o técnico, através de cuidadosa análise, deveria ser capaz de identificar, pelo exame das peças danificadas, a causa real da falha. No entanto, isso nem sempre é o caso.

No mundo real, as condições de tempo, de espaço de oficina e de liberdade para explorar causas de falhas do sistema não são geralmente as ideais. Alem disso, alguns obstáculos referentes ao compressor estão além do ponto de se determinar que tipo de falha ocorreu primeiro. Mesmo com a limpeza profunda das peças danificadas, o verniz, o carbono, e o lodo aderido poderão ser tão extensos que você irá admirar-se como durou tanto tempo. Nessas condições, você deverá apenas explorar todas as prováveis causas do sistema, baseado numa conclusão de que mais de um fato esteve presente na falha real.

As condições que levam a uma falha catastrófica do compressor advém, provavelmente, de um longo e intrincado caminho. Juntando todas as idéias discutidas anteriormente nesse manual, inicie agora uma tentativa de evitar uma repetição da mesma seqüência de acontecimentos que causaram a primeira falha.

Enquanto executa as necessárias operações de limpeza que se encontram descritas no próximo item, use todo o tempo que tiver para verificar o sistema elétrico quanto aos itens inadequados, tais como: bitolas de fios, contatos do motor queimados e terminais soltos. Inspecione para ver se o circuito de proteção não esta “bypassado” e que os controles de pressão estão funcionando adequadamente e com a fiação correta. O bulbo sensitivo da

válvula de expansão está corretamente instalado e encontra-se a válvula em boas condições de funcionamento? Mesmo esses itens simples e óbvios podem ser esquecidos na pressa da instalação e do start up do compressor.

Finalmente tome todo o cuidado para ter certeza de que o sistema está limpo e adequadamente para operar com o compressor substituto. Quando o sistema frigorífico for novamente acionado, você poderá verificar as pressões e as temperaturas que poderão fornecer-lhe as respostas finais sobre a falha original do compressor.

LIMPEZA DO SISTEMA

Após uma falha do motor do compressor ou de uma falha decorrente da presença de contaminantes dentro do sistema, a vida do compressor recuperado ou do compressor reserva dependerá do cuidado a limpeza do sistema.

Para reduzir a quantidade de contaminantes a ser retirada do sistema, inspecione a tubulação de sucção e de descarga próxima ao compressor. Se qualquer uma delas contiver fuligem ou outros subprodutos de falha do motor, limpe a linha com um produto apropriado, antes de reinstalar o compressor.

Nota: Produtos de limpeza que contem cloro não devem ser utilizados. Atualmente o refrigerante mais apropriado para limpeza do sistema frigorífico é o R141b.

Ao instalar ou recuperar um compressor num sistema que tenha sofrido falha elétrica, instale um filtro antiácido de tamanho adequado na linha de líquido e também na linha de sucção.

Após a conclusão do teste de vazamento e da liberação da pressão de teste, evacue o sistema pelo menos até 500 mícrons de Hg. Quebre o vácuo com nitrogênio seco e estabeleça novamente a evacuação até atingir 250 mícrons de Hg ou menos. Deixe o sistema permanecer em vácuo pelo menos por 12 horas (caso seja possível). Se a leitura do vácuo permanecer inalterada, o sistema não contém nem vazamento, nem umidade e está pronto para receber sua carga de refrigerante.

Carregue o sistema e efetue as seguintes verificações, antes de colocar o sistema em operação continua.

VERIFICAÇÕES ANTES DA PARTIDA

Sistema Elétrico

1. Primeiramente, inspecione todas as conexões elétricas quanto ao aperto. Conexões adequadamente firmes são muito importantes, uma vez que conexões de fio frouxas

causarão queda de voltagem que poderá servir de instrumento como causa primária de várias falhas elétricas.

2. Verifique as condições de todos os contatores. Se os contatos estiverem em más condições, troque-os. Há informações especificas do fabricante a respeito de como determinar se os contatos já superaram sua vida útil.

3. A voltagem do contator do compressor deverá ser verificada para se ter certeza de que está dentro de ± 10% da voltagem da placa do compressor.

4. O desbalanceamento de fases deve ser verificado. O cálculo é definido como 100 vezes a soma dos desvios entre as fases e a tensão média (em valor absoluto), dividido por duas vezes a tensão média.

Exemplo:

Leitura das tensões elétricas entre fases = 219, 216 e 225 Volts.

$$\text{Tensão média} = \frac{219 + 216 + 225}{3} = 220 \text{ V}$$

O percentual de desbalanceamento é:

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

Como o desbalanceamento de fases máximo aceitável é de 2%, esse percentual de 2.27% não é aceitável. Quando tal condição ocorrer ou a tensão do contator não estiver dentro de ± 10% da tensão nominal, a companhia de força local deverá ser avisada e a condição corrigida antes de se tentar dar a partida no compressor.

5. Inspecione os relés de sobrecarga quanto à correta ajustagem. Se houver equipamento disponível, é uma boa idéia carregar realmente e desarmar os relés de sobrecarga para conferir seu ponto de ajustagem (calibragem). Para maiores informações com relação ao ajuste & selecionamento dos relés de sobrecarga, recomenda-se verificar a apostila do curso de compressores alternativos da Bitzer, página 21.

Sistema de Refrigeração

Condensador Resfriado a Ar

1. Serpentina limpa e desobstruída.
2. Ventilador / correia girando livremente.
3. Pressostato de alta pressão regulado.

Condensador Resfriado a Água

1. Todas as válvulas de água posicionadas para operação.
2. Chave de interrupção do motor do ventilador da torre de resfriamento fechada.
3. Chave interruptora do motor da bomba da água da condensação fechada

Serpentina de Expansão Direta

1. Filtros de ar limpo e colocado no lugar.
2. Serpentina limpa.
3. Venezianas reguláveis (Dampers) do ar exterior corretamente posicionada.
4. Chave interruptora do motor do ventilador de ar condicionado fechado.

Resfriador de Água (Water Chiller)

1. Todas as válvulas de água gelada corretamente posicionadas para operação.
2. Chaves interruptoras do motor da bomba de água gelada fechada.

Circuito de Refrigerante

1. Válvulas de sucção e de descarga do compressor abertas.
2. Válvulas de bloqueio da linha de liquido abertas.
3. Outras válvulas de refrigerante em posição de operação

Sistema de controle

Para permitir o teste do comando elétrico sem dar partida no compressor, retire os cabos do contator do compressor. Feche a chave interruptora do compressor.

1. Energize o comando elétrico.
2. Se necessário, abaixe a ajustagem do termostato ou outro controlador para energizar a parte restante do comando elétrico.
3. Utilizando o diagrama elétrico do sistema, verifique a seqüência de operação do sistema e os intertravamentos de controles.

Como o compressor não está em operação, o contator do compressor deverá se desligar em aproximadamente 90 segundos pelo pressostato de óleo (Delta – P) ou através de outro pressostato eletromecânico. O tempo dependerá do tipo de pressostato usado.

Obs: Certifique-se, sobretudo, de que os controles de operação e de segurança estão corretamente ligados no comando elétrico.

Faz-se isso facilmente, simulando-se a ação dos controles individuais para confirmar a parada certa do compressor.

PARTIDA

1. Religue os cabos do compressor no contator.
2. Com os manômetros instalados, dê a partida no sistema.
3. Durante esse período de funcionamento, registre as seguintes temperaturas e pressões do sistema, de hora em hora: (ver “Planilha de Acompanhamento do Sistema” a seguir).

Análise do Óleo

Depois que o sistema estiver funcionando por aproximadamente 4 a 8 horas, recolha o gás do sistema e retire uma amostra do óleo. Verifique a acidez da amostra do óleo, utilizando os kits de teste de óleo disponíveis no mercado (confiáveis), ou envie esta amostra de óleo para um laboratório especializado em análise de óleo. Se o teste de óleo revelar um nível de acidez insatisfatório, troque os elementos filtrantes antiácido da linha de liquido e da linha de sucção por outra carga do mesmo elemento (carvão ou alumina ativada), troque o óleo do compressor e dê nova partida ao sistema e deixe-o funcionar por um período adicional de 8 horas. Repita este procedimento até que o teste de óleo resulte satisfatório.

Finalmente, substitua o elemento filtrante antiácido da linha de liquido por outro elemento do tipo secador (moléculas sieves e/ou sílica gel), para reduzir a perda de pressão da linha de sucção, retire o elemento filtrante antiácido e substitua-o por um elemento do tipo tela inoxidável ou feltro com baixa perda de carga.

O sistema encontra-se agora pronto para entrar em operação continua.

Planilha de acompanhamento do sistema:

OBS: Esta planilha é somente um exemplo de como deverá ser acompanhado o sistema através das leituras obtidas, evidentemente que cada instalação tem sua característica própria. Portanto, recomenda-se para cada equipamento frigorífico elaborar uma planilha de acompanhamento do sistema, obtendo-se a que está descrita a seguir como exemplo.

PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DO SISTEMA										
Cliente							**Data**			
Obra										
Instalador			**Contato**			**Telefone**				
Equipamento				**Data original da Instalação**						
Modelo Compressor 1			Nº Série							
Modelo Compressor 2			Nº Série							
Modelo Compressor 3			Nº Série							
Modelo Compressor 4			Nº Série							
Modelo Compressor 5			Nº Série							
Refrigerante			Carga gás (Kg)							
LEITURAS OBTIDAS										
Compressor							**01**	**02**	**03**	**04**	**05**
Pressão de sucção (psig)											
Temperatura de evaporação (ºC)											
Temperatura de sucção (ºC)											
Superaquecimento do gás de sucção (K)											
Pressão de descarga (psig)											
Temperatura de condensação (ºC)											
Temperatura da linha de líquido (ºC)											
Temperatura linha de líq. sub-resfriada – se houver (ºC)											
Sub-resfriamento natural (K)											
Sub-resfriamento total (K)											
Temperatura de descarga (ºC)											
Temperatura do cárter do compressor (ºC)											
Temperatura ambiente (ºC)											
Pressão de entrada bomba de óleo (psig)											
Pressão de saída bomba de óleo (psig)											
Diferencial de pressão da bomba de óleo (psig)											
Nível de óleo no visor do cárter (¼; ½; ¾)											
Nível de óleo no reservatório (¼; ½; ¾) – se houver											
Temp. da água ou ar na entrada do condensador (ºC)											
Temp. da água ou ar na saída do condensador (ºC)											
Tensão elétrica nominal (V)						RS					
						RT					
						ST					
Corrente elétrica nominal (A)						R					
						S					
						T					

REVISÃO

Pode-se ver, do que ficou aqui discutido, que o simples tratamento do sintoma não é o suficiente. Deve-se fazer um diagnóstico adequado da falha para reconstruir toda a seqüência de eventos para identificar e corrigir a causa primária da falha.

Por exemplo, superficialmente, uma queima de motor pode parecer ser um problema elétrico. Todavia, isso não é necessariamente o caso. A causa básica do problema poderia se originar em algum outro ponto do sistema ou poderia ser resultado das condições de funcionamento do sistema.

Suponha que um sistema de expansão direta que, para começar, está um pouco superdimensionado, é colocado em funcionamento nos fins-de-semana para atender as necessidades de ar condicionado de um pequeno grupo de trabalhadores. Uma vez que, neste exemplo, a maioria das lâmpadas está apagada e apenas parte dos demais dispositivos que geram carga está em uso, a carga interna de resfriamento do prédio é uma fração da normal. Esse conjunto de condições faz com que o sistema esteja totalmente superdimensionado para o trabalho que está tentando fazer.

Para satisfazer essa carga reduzida, o compressor parte repetidamente, funciona em capacidade mínima por pequeno período de tempo, e depois pára. A pequena massa de fluxo de refrigerante exigida pela carga não é o suficiente para resfriar adequadamente o compressor e o motor durante os breves períodos de funcionamento, fazendo com que ambos se aqueçam. Finalmente, a temperatura do motor se eleva ao ponto em que o isolamento se rompe, provocando queima.

A inspeção do sistema elétrico revela que os fusíveis estão queimados e os relés de sobrecarga do motor abertos, ambos ocasionados por uma condição de sobrecorrente resultante de um curto.

A desmontagem do compressor revela, além do motor queimado, fuligem na superfície interna do cabeçote dos cilindros sem controle de capacidade e os pistões dos cilindros, que trabalham com carga, riscados, mas sem dano aparente nos colos das bielas.

A evidência indica (1) compressor superaquecido; (2) o compressor estava trabalhando totalmente sem carga quando ocorreu a queima e (3) o sistema de proteção térmica do motor não funcionou. Isso, aliado ao fato de que a falha ocorreu num fim-de-semana, quando o sistema estava pouco carregado, fornece indicação das condições existentes no momento da falha.

Neste caso, um relé temporizador resolverá o problema básico de ciclo curto e uma verificação completa e correção do circuito de proteção do motor proporcionarão essa proteção ao compressor reserva.

Esse é o tipo de análise que deve ser feita para cada compressor que falhou. O trabalho de investigação e as informações obtidas indicarão as ações corretivas a serem adotadas para evitar a repetição da falha.

1ª Revisão: 12/04