

Sistemas com degelo a gás quente precisam usar compressores projetados para este tipo de operação

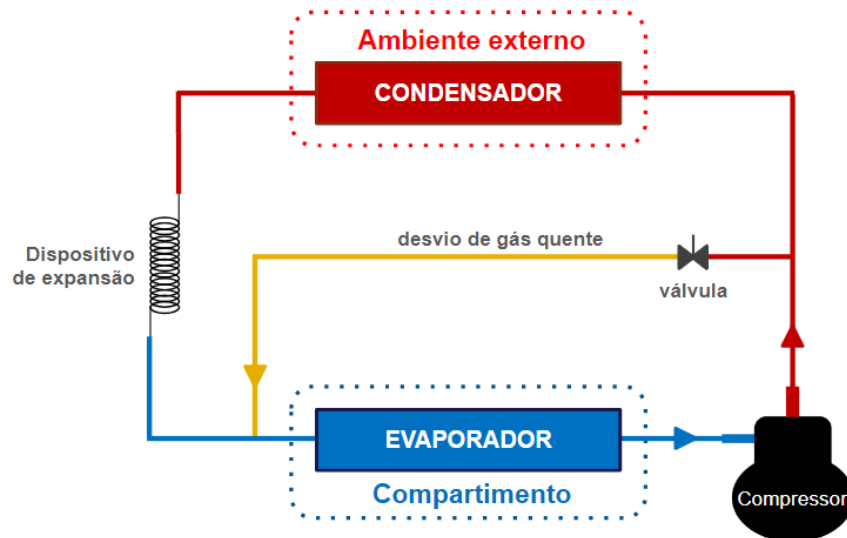
Por Daniel Hense, pesquisador sênior da área de Pesquisa e Desenvolvimento da Nidec Global Appliance (detentora da marca Embraco)

Este artigo apresenta os fenômenos que ocorrem durante o degelo a gás quente (*Hot Gas Defrost*) e os requisitos para o projeto do compressor. Esta descrição é importante para entender que compressores projetados para operação em gás quente possuem características especiais e maior robustez de componentes para suportar tal condição. Desta forma, ao selecionar um compressor para aplicações com esse sistema de degelo, sempre verifique se o modelo do compressor foi projetado considerando tais condições.

Degelo a gás quente no circuito de refrigeração

Nos aparelhos de refrigeração convencionais, o evaporador é o componente responsável por resfriar o ar do gabinete. Durante o processo, a umidade do ar, que condensa na superfície do evaporador, pode eventualmente congelar, reduzindo a eficiência de troca de calor. Em outros aparelhos, como máquinas de gelo, durante o período de resfriamento, o evaporador precisa estar em contato direto com a água para produzir os cubos de gelo. Em ambos os casos, o gelo deve ser removido da superfície do evaporador, seja para melhorar sua eficiência ou para coleta de cubos de gelo.

O método de degelo por gás quente é o comumente utilizado em aparelhos comerciais, como máquinas de gelo, freezers comerciais, unidades seladas e em alguns equipamentos médicos. Este método utiliza o gás da descarga do compressor, que está em alta temperatura e pressão, para derreter o gelo. O principal benefício do degelo por gás quente é derreter o gelo da superfície do evaporador para fora de forma rápida, com menor irradiação de calor para o gabinete. Para possibilitar este método, um desvio é adicionado (chamado de linha de gás quente, desvio de gás quente ou *bypass* de gás quente), para criar um atalho entre a descarga do compressor e a entrada do evaporador.



Durante o período de resfriamento, o *bypass* de gás quente é desenergizado (válvula fechada) e a operação do sistema é semelhante a um circuito de resfriamento padrão. Para realizar o degelo, o *bypass* é energizado para que a válvula, em geral do tipo solenoide, abra. A operação pode ocorrer com o compressor funcionando ou desligado, dependendo da configuração do aparelho. Depois que a válvula é aberta, a maior parte do gás de descarga do compressor, que está em alta temperatura e pressão, fluirá pelo *bypass* de gás quente, devido à menor restrição em comparação ao escoamento pelo condensador e dispositivo de expansão (tubo capilar ou válvula de expansão).

Da linha de gás quente, ele flui para o evaporador onde condensa e rejeita calor para a tubulação do evaporador, realizando o degelo. Durante quase todo o período do degelo por gás quente, a condição de saída do evaporador será uma mistura de refrigerante líquido e vapor. Finalmente, a mistura de gás-líquido refrigerante é empurrada do evaporador para o compressor e aquecida por seus componentes. Durante este ciclo, o refrigerante continua a circular na seguinte sequência: compressor, *bypass* de gás quente, evaporador e compressor. Em um dado momento, o degelo por gás quente é encerrado por um sensor de temperatura ou outro meio e a válvula solenoide é fechada. Antes que o ciclo de resfriamento seja iniciado novamente, pode ser aplicado um tempo de gotejamento da água de degelo.

Operação do compressor durante o degelo a gás quente

No início do processo do degelo por gás quente, a válvula solenoide é aberta e a alta vazão empurra o refrigerante líquido acumulado no evaporador para o compressor. A quantidade de líquido que chega ao tubo de sucção do compressor depende das características da aplicação. Quando o refrigerante líquido atinge o compressor, ele pode: (i) evaporar ao entrar em contato com elementos quentes, (ii)

entrar no filtro acústico de sucção (*muffler*) ou (iii) acumular na carcaça do compressor. Cada um desses “caminhos de líquidos” pode ocorrer em paralelo e afetar os componentes do compressor de diferentes maneiras, exigindo diferentes soluções.

Se o líquido entrar no filtro acústico de sucção e atingir a câmara de compressão, a carga aumentará significativamente para o motor do compressor. Além do retorno do líquido, as altas pressões de evaporação durante o degelo a gás quente também aumentarão a carga em outros componentes. Devido a essas cargas, os compressores que operam em sistemas com degelo a gás quente necessitam de maior robustez. Requisitos especiais devem ser levados em conta para mancais, válvulas, cabeçote e filtro acústico de sucção de modo a considerar essas cargas.

Filtro acústico de sucção

O líquido que entra no compressor deve passar pelo filtro acústico de sucção de modo a atingir a câmara de compressão. Quando certa quantidade de líquido (óleo ou refrigerante) é comprimida, podem ocorrer picos de carga conhecidos como “golpe de líquido”. Para reduzir a probabilidade de ocorrência destes “golpes de líquido”, o caminho de sucção do compressor pode ser projetado de tal forma que proporcione uma separação eficaz e segura de vapor e líquido.

Isso é feito, por exemplo, quando o conector do tubo de sucção na carcaça do compressor, a entrada de gás do filtro acústico de sucção de gás e a unidade de bombeamento estão localizados em lados opostos da carcaça do compressor (sucção indireta). No entanto, este conceito reduz a eficiência do compressor, uma vez que o gás de sucção é superaquecido dentro da carcaça. Nos compressores de alta eficiência, o filtro acústico de sucção é projetado para reduzir o superaquecimento do refrigerante, que exige um caminho mais direto para chegar à câmara de compressão (sucção semidireta e direta). Para o filtro acústico de sucção direta, em que o caminho do refrigerante é “limitado” por um conector, a probabilidade de “golpe de líquido” aumenta. Neste caso, sugere-se utilizar um separador de gás/líquido adequado, após a saída do evaporador para evitar que o líquido atinja o tubo de sucção do compressor.

Válvulas

Mesmo durante o degelo a gás quente, se o projeto da linha de sucção e do filtro acústico considerar essa condição, apenas uma fração do líquido deverá conseguir atingir a câmara de compressão. No entanto, quando este líquido é comprimido, leva a picos de pressão extremos dentro da câmara do cilindro e impõe uma carga adicional nas válvulas e no kit mecânico. A compressão de uma determinada quantidade de líquido (refrigerante ou óleo) pode causar danos à válvula, como uma

deformação permanente, que pode resultar em quebra quando o limite à fadiga for atingido.

Outra possibilidade é a quebra direta de outros componentes mecânicos com maior quantidade de líquido. Além do retorno de líquido, as condições de degelo a gás quente geralmente implicam que o compressor precisa funcionar fora do envelope de operação aprovado, com temperaturas de evaporação mais altas e condensação mais baixas do que aquelas que são caracterizadas no envelope. Isso pode estressar o sistema de válvulas (principalmente os modelos LBP). Pelas razões expostas acima, em compressores que usam degelo a gás quente, o sistema de válvulas deve ser robusto o suficiente para aguentar operação fora do envelope, bem como as cargas adicionais impostas pela eventual compressão de gotículas de líquido.

mancais

O refrigerante líquido, que retorna ao compressor, será misturado com o óleo do compressor, que reduzirá suas propriedades lubrificantes. Enquanto é bombeado através dos mancais, a pressão do óleo é reduzida e a mistura é aquecida por superfícies quentes e fricção, que promovem a evaporação do refrigerante líquido, resultando em um fluxo bifásico que pode levar à cavitação nos mancais. A cavitação reduzirá a capacidade de carga dos mancais, o que pode levar ao desgaste. Portanto, os compressores aprovados para degelo a gás quente possuem requisitos especiais para os mancais. A quantidade de óleo, viscosidade e capacidade de carga dos mancais são algumas das variáveis de projeto que visam garantir uma operação robusta durante o degelo a gás quente.

Design do sistema de refrigeração

Além do projeto do próprio compressor, o projeto do refrigerador também pode contribuir para a robustez durante a operação durante degelo a gás quente. Isso requer um projeto que minimize o retorno do líquido ao compressor. Os componentes que mais influenciam são o separador líquido-vapor, a carga de refrigerante, o acumulador, o comprimento e a orientação do tubo de sucção, o evaporador, a restrição de fluxo de *bypass* de gás quente e o algoritmo de controle da válvula solenoide e compressor. Para mais detalhes, consulte o Manual de Instalação da Embraco disponível *online* na língua inglesa ([Embraco Installation Manual](#), seções *Hot Gas Defrost* 11.6.6 e *Max Refrigerant Charge* 10.6.1.5).