

Refrigeração Industrial



Refrigeração Industrial

Refrigeração é a ação de resfriar determinado ambiente de forma controlada, tanto para viabilizar processos, processar e conservar produtos (refrigeração comercial e industrial) ou efetuar climatização para conforto térmico.

Para diminuir a temperatura é necessário retirar energia térmica de determinado corpo ou meio. Através de um ciclo termodinâmico, calor é extraído do ambiente a ser refrigerado e é enviado para o ambiente externo. A refrigeração não destrói o calor, que é uma forma de energia. Ela apenas o move de um lugar não desejado para outro que não faz diferença.

Entre os ciclos de refrigeração, os principais são o ciclo de refrigeração padrão por compressão, o ciclo de refrigeração por absorção e o ciclo de refrigeração por magnetismo.

Ciclo de refrigeração por compressão de Vapor

Princípios

Num ciclo de refrigeração, por compressão de vapor (refrigerador, ar-condicionado), existem basicamente cinco componentes:

Compressor, condensador, dispositivo de expansão, evaporador e fluido refrigerante.

O fluido refrigerante na forma de líquido saturado passa pelo dispositivo de expansão (restrição), onde é submetido a uma queda de pressão brusca, onde passa a ter dois estados: predominantemente líquido e, em menor quantidade, gasoso. O fluido refrigerante, nesse ponto, é denominado de flash gás. Logo, o fluido é conduzido para o evaporador, onde absorverá calor do ar do ambiente a ser climatizado, vaporizando-se.

Na saída do evaporador, na forma de gás, é succionado pelo compressor, que eleva sua pressão (e temperatura) para que possa ser conduzido através do condensador, onde cederá calor ao ambiente externo, condensando o fluido e completando o ciclo. O ventilador força a circulação de ar, fazendo com que o ar a ser resfriado atravesse, de forma perpendicular, os tubos aletados da serpentina do evaporador.

Etapas de um Ciclo Ideal de Refrigeração

Evaporação

A evaporação é a etapa onde o fluido refrigerante entra na serpentina como uma mistura predominantemente líquida, e absorverá calor do ar forçado pelo ventilador que passa entre os tubos aletados. Ao receber calor, o fluido refrigerante saturado vaporiza-se, absorvendo calor latente e calor sensível.

A capacidade de refrigeração, em W, pode ser expressada através da equação:

$$\dot{Q}_l = \dot{m} * (h_1 - h_4)$$

Compressão

A função do compressor é comprimir o fluido refrigerante, sempre no estado físico de vapor, elevando a pressão do fluido. Em um ciclo ideal, a compressão é considerada adiabática reversível (isoentrópica), ou seja, desprezam-se as perdas. Na prática perde-se calor ao ambiente nessa etapa, porém não é significativo em relação à potência de compressão necessária.

A potência de compressão, em W, pode ser expressada pela seguinte equação:

$$\dot{W}_c = \dot{m} * (h_2 - h_1)$$

Condensação

A condensação é a etapa onde ocorre a rejeição de calor do ciclo. No condensador, o fluido na forma de gás saturado é condensado ao longo do trocador de calor, que em contato com o ar cede calor ao meio ambiente.

O calor rejeitado pelo condensador, em W, pode ser expresso pela equação:

$$\dot{Q}_h = \dot{m} * (h_2 - h_3)$$

Expansão

A expansão é a etapa onde ocorre uma perda de pressão brusca, porém controlada que vai reduzir a pressão do fluido, da pressão de condensação para a pressão de evaporação. Em um ciclo ideal ela é considerada isoentálpica, despreza-se as variações de energia cinética e potencial.

$$h_3 = h_4$$

Coeficiente de performance

O coeficiente de performance, COP, é um parâmetro fundamental na análise de sistemas de refrigeração. Mesmo sendo de um ciclo teórico, pode-se verificar os parâmetros que influenciam o desempenho do sistema. A capacidade de retirar calor sobre a potência consumida pelo compressor deve ser a maior possível.

Define-se COP com a seguinte relação:

$$COP = \dot{Q}_l / \dot{W}_C$$

Variáveis

\dot{m} - Vazão mássica de refrigerante em kg/s

\dot{Q}_l - Calor retirado pelo evaporador em W.

\dot{Q}_h - Calor cedido pelo condensador em W.

\dot{W}_C - Trabalho realizado pelo compressor em W.

h_1 , h_2 , h_3 e h_4 - Entalpia de estado J/kg.

COP - Coeficiente de performance.

Acumulador de frio

Um acumulador de frio ou bloco de gelo, também popularmente conhecido como “tijolo de gelo”, é um elemento geralmente plástico, preenchível ou já contendo gel líquido, o qual, após congelado, é usado para manter a

temperatura dentro de uma caixa ou câmara mais fria que a temperatura externa para fins de conservação.

Em geral, blocos de gelo são usados para:

refrigerar alimentos, bebidas, medicamentos ou outros produtos por ocasião da transferência ou transporte destes; e

dissipar a energia térmica trocada entre o interior e o exterior de um compartimento (caixa) durante a duração de determinado processo logístico de transporte.

Existem acumuladores de frio rígidos (blocos de material plástico), assim como os flexíveis (bolsas ou sacos fechados), ambos preenchidos com gel e reutilisáveis.

Cadeia de frio

A cadeia de frio (também conhecida por rede de frio e rede ou cadeia frigorífica) é todo o processo desde a concepção, passando pelo armazenamento, até ao transporte do produto, preservando todas as condições de refrigeração e garantindo a sua conservação (Tanabe et al., 2000). A cadeia de frio é composta normalmente pelos seguintes elementos (Rocha et al., 2001, p. 11):

Equipa especializada;

Equipamento;

Armazém;

Transporte;

Controlo de temperatura.

A nossa sociedade não seria a mesma sem a existência da cadeia de frio. Seria impossível obter muitos dos alimentos que consumimos, pois não nos chegariam nas devidas condições. Um dos ramos que exigem cadeia de frio devidamente projectada é a indústria dos gelados, pois a cadeia de frio é indispensável em todo o seu processo, com destaque para o fabrico, a armazenagem, a distribuição e a conservação. (Ferreira, 2009, p. 1).

Refrigeração por absorção

Os sistemas de refrigeração por absorção de vapores são ciclos de refrigeração operados a calor, em que um fluido secundário ou absorvente na fase líquida é responsável por absorver o fluido primário ou refrigerante, na forma de vapor. Ciclos de refrigeração operados a calor são assim definidos, porque a energia responsável por operar o ciclo é majoritariamente térmica. Descoberta pelo escocês Nairn em 1777, a refrigeração por absorção tem por "pai" o francês Ferdinand Carré (1824-1900), que em 1859 patenteou a primeira máquina de absorção de funcionamento contínuo, usando o par amônia-água.

Água quente, vapor (baixa pressão e alta pressão) e gases de combustão, são algumas das fontes de calor utilizadas para operar equipamentos de absorção, cuja energia térmica pode ser obtida a partir dos seguintes meios:

Aproveitamento de rejeitos de calor de processos industriais e comerciais;

Cogeração;

Energia solar; e

Queima direta (biomassa, biodiesel, gás natural, biogás).

Classificação

Os sistemas de refrigeração por absorção podem ser classificados segundo os fluidos de trabalho empregados. São três as tecnologias comercialmente consagradas:

Amônia-água;

Amônia-água-hidrogênio; e

Água-brometo de lítio.

Os sistemas de refrigeração por absorção, utilizando a solução binária amônia-água, passaram a ser empregados comercialmente, a partir de 1859, com o intuito de produzir gelo. Nesses sistemas, a água faz o papel do fluido secundário, ou seja, é responsável por absorver os vapores de amônia. Por utilizarem amônia como refrigerante, cuja temperatura de congelamento é de -77°C , tais sistemas são hoje normalmente empregados no campo da refrigeração, em grandes instalações industriais, que requeiram temperaturas inferiores a 0°C . Contudo, o uso da solução amônia-água se estendeu, a partir das décadas de 1960 e 1970, para equipamentos de ar condicionado de

pequeno a médio porte (10 a 90 kW), com condensação a ar, no resfriamento e na calefação de instalações residenciais e comerciais.

O sistema de refrigeração por absorção utilizando amônia-água-hidrogênio, também conhecido como sistema por difusão, foi desenvolvido em 1920 pelos suecos Baltazar von Platen e Carl Munters. Tem como base o ciclo amônia-água, com a adição de hidrogênio para equalizar a pressão em todo o sistema. Empregado em refrigeradores residenciais e veiculares, o ciclo não possui bomba de recirculação de solução, fazendo com que esses equipamentos sejam extremamente silenciosos.

A utilização da absorção com solução de água-brometo de lítio, se deu a partir de 1946 com a disseminação do uso do condicionamento do ar para resfriamento e calefação de ambientes. Nesse sistema, a água desempenha o papel do refrigerante, enquanto uma solução de água-brometo de lítio é o agente absorvente.

Por utilizar água como refrigerante, cuja temperatura de congelamento é 0°C, sua utilização é restrita a aplicações com alta temperatura de evaporação, ar condicionado por exemplo. Atualmente, instalações centrais de ar condicionado em grandes edifícios, utilizam equipamentos de absorção, com condensação a água, fabricados nas capacidades de 352 a 5.275 kW.

A refrigeração industrial é o ramo de atividades que envolve cuidados e manutenção periódicas em equipamentos industriais com câmaras de ar, em sistemas de resfriamento e sistemas de troca de calor.

As empresas de refrigeração industrial trabalham com contratos para serviços de manutenção periódica e estão em um ramo competitivo que requer constante aprendizado e qualificação sobre requisitos técnicos, novas tecnologias e quanto às normas de segurança e proteção para o setor.

A atividade de refrigeração industrial possui diversas oportunidades para quem atua na área, pois onde há máquinas e equipamentos de refrigeração existe a necessidade de manutenção constante em câmaras de ar e outros artigos.

De uma forma geral as empresas novas poderão encontrar certas ameaças no setor de refrigeração industrial, pois o ramo requer alto investimento em equipamentos, além de conhecimentos técnicos para atuar na área, como também a formação de mão de obra para atuação no setor.

Sabendo que a empresa de refrigeração industrial requer que os empresários estejam atentos á novas tecnologias, pois frequentemente surgem novos

aparelhos de refrigeração, isso exige dos técnicos reciclagem de conhecimentos e da empresa capacidade de acompanhar a evolução para continuar atendendo seus clientes e ainda permanecer no mercado.

A refrigeração por amônia atende três etapas de acordo com os equipamentos que são o compressor, o condensador e o evaporador.

O compressor é formado por uma bomba com tubo de aspiração e compressão, o compressor tem a função de impedir fugas de gás e facilita a entrada de ar atmosférico.

Já o condensador é formado por tubos com diâmetros diversos que são unidos em curvas e hélices para aproveitamento e resfriamento das superfícies de contato.

O evaporador consiste em uma série de tubos serpentinados que se encontram no interior do ambiente a ser resfriado.

Em todos esses equipamentos existe uma proporção de amônia que é capaz de causar irritação nos olhos, na pele e sua inalação pode causar graves irritações, caso haja inalação o afetado deve ser socorrido e levado á uma unidade de saúde o mais rápido possível.

Sendo que as irritações e inalações são causadas por acidentes como vazamentos e explosões, sendo que os acidentes são consequência de um deficiente planejamento no projeto total do sistema.

Toda vez que se prosseguir a instalação do composto de máquinas de refrigeração deve ser localizada no térreo, sendo que para maiores precauções contra acidentes e possibilidades de manutenção o ideal é que o composto de máquinas esteja situado em local separado.

Os escapamentos dos dispositivos devem estar localizados de forma a evitar acidentes, por isso o ideal é que estejam distantes de portas, janelas e quaisquer entradas de ar.

Os equipamentos de refrigeração devem obedecer á uma disposição referente a um projeto de layout que dimensione todos os equipamentos, importante também que haja testes antes das operações.

De uma forma geral todas as instalações em que há incidência de gás amônia nos equipamentos devem ser alvo de constantes cuidados e inspeções.

Nas instalações em que se trabalha com amônia algumas recomendações essenciais são: que haja manutenção nas concentrações por meio de ventilação ideal e implantação de dispositivos que funcionem como mecanismos de alerta contra os possíveis vazamentos antes que ocorram.

Outras medidas de proteção são os uniformes e equipamentos individuais nos funcionários que trabalham em contato direto com as máquinas e não só o uso de equipamentos e uniformes completos de proteção como também o necessário treinamento e sistema de controle e inspeções constantes para proteção dos técnicos e todos os funcionários envolvidos nas atividades operacionais em contato com o conjunto de máquinas, não só por causa da incidência de gás amônia, mas porque a atividade requer cuidados e proteção em todas as suas etapas de desenvolvimento.

Os sistemas de refrigeração industrial atualmente utilizados em larga escala nesses e em outros setores econômicos fundamentam-se na capacidade de algumas substâncias, denominadas agentes refrigerantes, absorverem grande quantidade de calor quando passam do estado líquido para o gasoso. As características desejáveis para um agente refrigerante são:

- ser volátil ou capaz de se evaporar;
- apresentar calor latente de vaporização elevado;
- requerer o mínimo de potência para sua compressão à pressão de condensação;
- apresentar temperatura crítica bem acima da temperatura de condensação;
- ter pressões de evaporação e condensação razoáveis;
- produzir o máximo possível de refrigeração para um dado volume de vapor;
- ser estável, sem tendência a se decompor nas condições de funcionamento;
- não apresentar efeito prejudicial sobre metais, lubrificantes e outros materiais utilizados nos demais componentes do sistema;
- não ser combustível ou explosivo nas condições normais de funcionamento;
- possibilitar que vazamentos sejam detectáveis por verificação simples;
- ser inofensivo às pessoas;
- ter um odor que revele a sua presença;
- ter um custo razoável;

- existir em abundância para seu emprego comercial;

Os sistemas de refrigeração por amônia consistem de uma série de vasos e tubulações interconectados, que comprimem e bombeiam o refrigerante para um ou mais ambientes, com a finalidade de resfriá-los ou congelá-los a uma temperatura específica. Sua complexidade varia tanto em função do tamanho dos ambientes, quanto em função das temperaturas a serem atingidas. Como se trata de sistemas fechados, a partir do carregamento inicial, o agente somente é adicionado ao sistema quando da ocorrência de vazamento ou drenagem.

A quantidade de amônia nos sistemas varia de menos de 2000 kg a mais de 100.000 kg, sendo um desafio, porém, calcular a quantidade da substância existente em sistemas antigos, mantidos em funcionamento, às vezes, há décadas. As pressões podem atingir níveis elevados, entre 10 a 15 kg/cm². A produção do frio em circuito fechado foi proposta por Oliver Evans em 1805 e sua aplicação à indústria teve início na segunda metade do séc. XIX.

Os processos de refrigeração variam bastante, assim como os agentes refrigerantes. Porém, os princípios básicos continuam sendo a compressão, liquefação e expansão de um gás em um sistema fechado. Ao se expandir, o gás retira o calor do ambiente e dos produtos que nele estiverem contidos. De uma forma simplificada, podem-se perceber três componentes distintos nos sistemas de refrigeração: o compressor, o condensador e o evaporador.

O compressor é geralmente constituído por uma bomba dotada de um tubo de aspiração e compressão, possuindo um dispositivo que impede fugas de gás e entrada de ar atmosférico. Situado entre o evaporador e o condensador, aspira a amônia evaporada e a encaminha ao condensador sob a forma de um vapor quente sob pressão elevada.

O condensador é formado geralmente por uma série de tubos de diâmetro diversos, unidos em curvas, podendo ser dotados exteriormente de hélices que garantem um mais perfeito aproveitamento das superfícies de contato. É resfriado por uma corrente de água em seu exterior. Nas pequenas instalações, o resfriamento é normalmente feito pelo próprio ar atmosférico.

A amônia gasosa vinda do compressor liquefaz-se ao entrar em contato com a temperatura fria do condensador, sendo em seguida encaminhada para um depósito, de onde passará ao evaporador. O evaporador consiste geralmente de uma série de tubos, as serpentinas, que se encontram no interior da ambiente a ser resfriado.

A amônia sob forma líquida evapora-se nesses tubos, retirando calor do ambiente na passagem ao estado gasoso. Sob a forma gasosa, volta ao condensador pelo compressor, fechando assim o ciclo.

A amônia, com símbolo químico NH_3 , é constituída de um átomo de nitrogênio e três de hidrogênio, apresentando-se como gás à temperatura e pressão ambientes. Liquefaz-se sob pressão atmosférica a $-33,35\text{ }^{\circ}\text{C}$. É altamente higroscópica e a reação com a água forma NH_4OH , hidróxido de amônia, líquido na temperatura ambiente, que possui as mesmas propriedades químicas da soda cáustica.

É estável quando armazenada e utilizada em condições normais de estocagem e manuseio. Acima de 450°C , pode se decompor, liberando nitrogênio e hidrogênio. É facilmente detectada a partir de pequeníssimas concentrações (5 ppm) no ar pelo seu cheiro "sui-generis".

O gás é um irritante poderoso das vias respiratórias, olhos e pele. Dependendo do tempo e do nível de exposição podem ocorrer efeitos que vão de irritações leves a severas lesões corporais. A inalação pode causar dificuldades respiratórias, broncoespasmo, queimadura da mucosa nasal, faringe e laringe, dor no peito e edema pulmonar. A ingestão causa náusea, vômitos e inchaço nos lábios, boca e laringe. A amônia produz, em contato com a pele, dor, eritema e vesiculação.

Em altas concentrações, pode haver necrose dos tecidos e queimaduras profundas. O contato com os olhos em baixas concentrações (10 ppm) resulta em irritação ocular e lacrimejamento. Em concentrações mais altas, pode haver conjuntivite, erosão na córnea e cegueira temporária ou permanente. Reações tardias podem acontecer, como fibrose pulmonar, catarata e atrofia da retina. A exposição a concentrações acima de 2500 ppm por aproximadamente 30 minutos pode ser fatal.

Riscos dos Sistemas de Refrigeração As instalações frigoríficas, porque trabalham com refrigerantes com características físico-químicas especiais e em condições de temperatura, pressão e umidade diferenciadas do habitual, apresentam riscos específicos à segurança e saúde, relacionados com o tipo agente refrigerante utilizado, assim como com as instalações e equipamentos. As maiores preocupações são vazamentos com formação de nuvem tóxica de amônia e explosões.

Causas de acidentes são falhas no projeto do sistema e danos aos equipamentos provocados pelo calor, corrosão ou vibração, assim como por manutenção inadequada ou ausência de manutenção de seus componentes, como:

válvulas de alívio de pressão, compressores, condensadores, vasos de pressão, equipamento de purga, evaporadores, tubulações, bombas e instrumentos em geral. É importante observar que mesmo os sistemas mais bem projetados podem apresentar vazamentos de amônia, se operados e mantidos de forma precária.

São freqüentes os vazamentos causados por:

- Abastecimento inadequado dos vasos;
- Falhas nas válvulas de alívio, tanto mecânicas quanto por ajuste inadequado da pressão;
- Danos provocados por impacto externo por equipamentos móveis, como empilhadeiras;
- Corrosão externa, mais rápida em condições de grande calor e umidade, especialmente nas porções de baixa pressão do sistema;
- Rachaduras internas de vasos que tendem a ocorrer nos/ou próximo aos pontos de solda;
- Aprisionamento de líquido nas tubulações, entre válvulas de fechamento;
- Excesso de líquido no compressor;
- Excesso de vibração no sistema, que pode levar a sua falência prematura.

Indústria de refrigeração é a atividade industrial envolvida na fabricação de aparelhos de refrigeração, seja para refrigeração de ambientes ou de cargas e gêneros alimentícios.

Uma instalação segura de refrigeração por amônia sustenta-se em três pilares:

- Projeto apropriado, orientado por normas e códigos de engenharia;
- Manutenção eficaz;
- Operação adequada.

Elementos para a gestão da segurança e saúde em estabelecimentos que possuam esse tipo de sistemas devem incluir:

- Informações de segurança do processo;
- Análises dos riscos existentes;
- Procedimentos operacionais e de emergência;
- Capacitação de trabalhadores;

- Esquemas de manutenção preventiva;
- Mecanismos de gestão de mudanças e subcontratação;
- Auditorias periódicas;
- Investigação de incidentes.

Chillers com Trocadores a Placas (PHEs)

Cargas Reduzidas de R-717 (Até 95%) Sistemas montados na fábricaλ
Menores custos de manutenção

Aplicações:

Indústria Alimentícia (Laticínios, Bebidas, Abatedouros, etc)

Indústrias Química e Petroquímica

Sistemas Cascata – R-744/R-717

SupermercadosλSistemas de Ar Condicionado

R-744 (CO₂) como REFRIGERANTE

Refrigerante Primário – (Ciclo Sub-Crítico):

Baixas Temperaturas – Sistema Cascata (-35°C a -55°C)

Alto COP para sistemas abaixo de -35°C

Deslocamento Volumétrico até 10 vezes menor que R-717

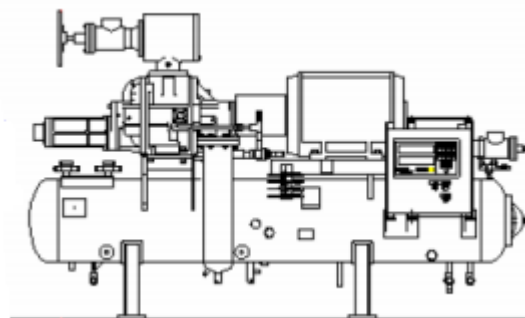
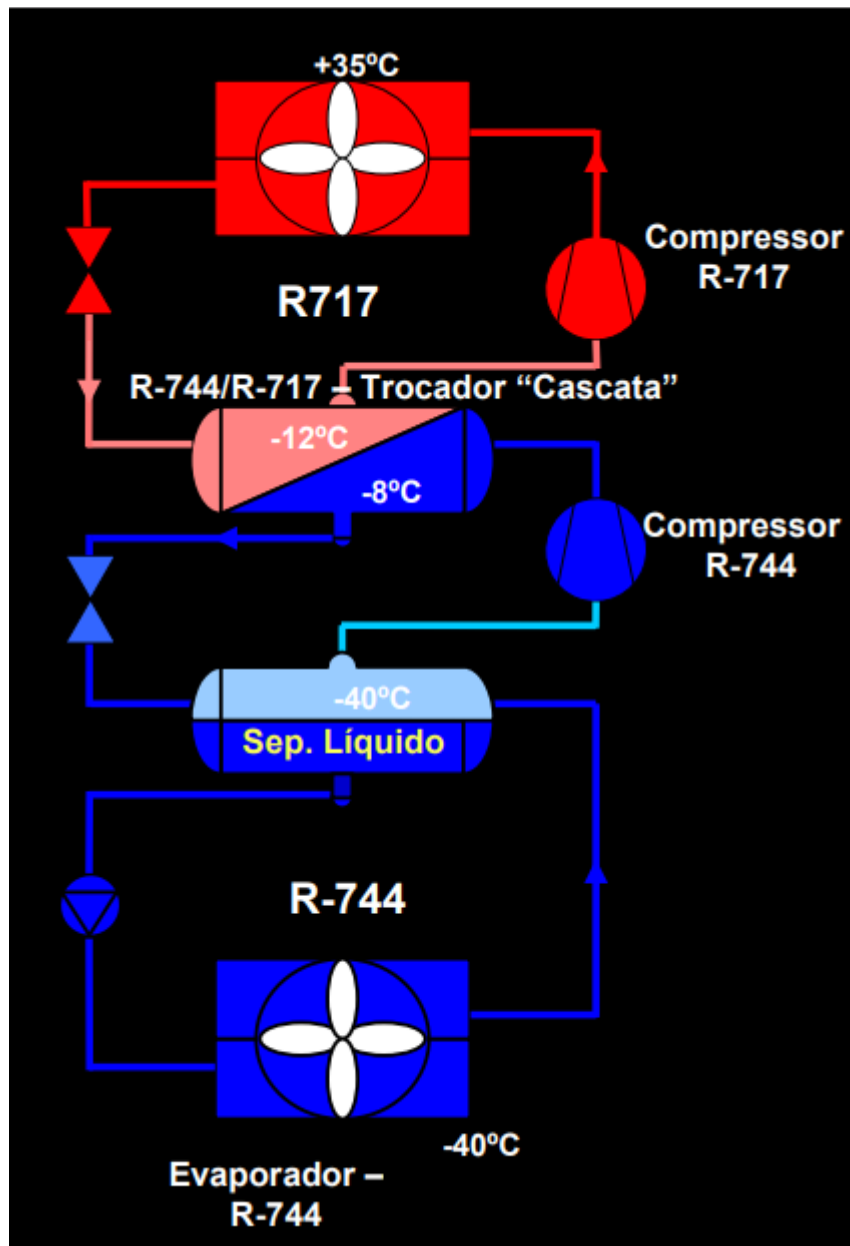
Linhas muito menores/ Separadores de Líquido Menores/ Evaporadores Menores

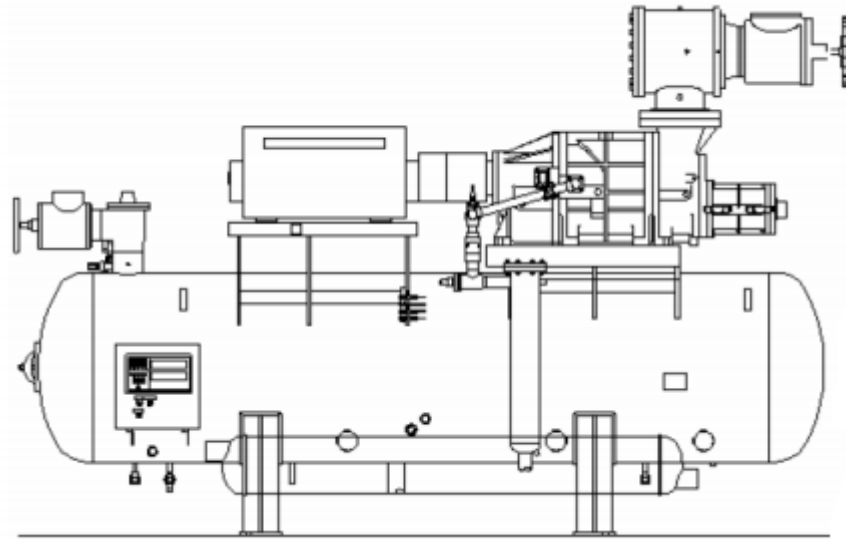
Baixa Toxicidade (Classe - A1 (ASHRAE-34) – TLV = 5000 ppm > HFCs) Não inflamável

Alta Pressão (40 - 52 bar em Ciclos Sub-críticos)

Novas Tecnologias na concepção do Sistema – Engenharia x Tradição Inodoro
- Em caso de vazamento, não há alarme pelo odor

Alta Solubilidade com Água





R-744 (CO₂) como REFRIGERANTE

Refrigerante Secundário:

Temperaturas Intermediárias (-20.0°C a 0.0°C)

Fluxo Bifásico

Altos Coeficientes de Transferência de Calor

Linhas muito menores

Indústria de Processos HCs – (R-1270) – Áreas Classificadas

R717 – Chillers com “PHE” – Empresas Europeias

HFCs – Processos de Água Gelada – Chillers Centrífugos

R-22 começa a perder espaço em novos sistemas

Ar Condicionado Industrial

HFCs – Chillers Centrífugos/ Parafuso

R717 – Chillers com “PHE” – Empresas Europeias

R-22 está praticamente fora em novos sistemasλ

Cuidados especiais devem ser tomados quanto à instalação da casa de máquinas, que deve ser localizada no térreo, no nível do solo, de preferência em edificação separada. Inexistindo essa possibilidade e havendo necessidade de se mantê-la na mesma edificação onde se realizem outras atividades administrativas ou de produção, a casa de máquinas deverá ser instalada fora do prédio, com o máximo de paredes exteriores possível.

Uma ventilação adequada é fundamental e, nos casos de ambientes fechados, o pé direito deve ser no mínimo de 4 metros, existindo pelo menos duas saídas de emergência. É essencial a existência de detectores de vazamento no local. Os escapamentos dos dispositivos de alívio de pressão devem se localizar em altura e distante de portas, janelas e entradas de ar – o ideal é mantê-los acima do telhado e pelo menos a 5 metros acima do nível do solo e a mais de 6 metros de distância de janelas, entradas de ar ou portas.

Todos os equipamentos do sistema de refrigeração devem ser adequadamente dimensionados e instalados, além de testados antes de sua operação. É essencial que os componentes, inclusive tubulações, sejam devidamente sinalizados e identificados.

Condensadores, compressores, outros vasos, evaporadores e bombas devem estar equipados com válvulas de alívio de pressão. Os compressores devem ter controle de baixa pressão e dispositivo de limitação da pressão. As tubulações podem ser de ferro ou aço; zinco ou cobre são proibidos para instalações contendo amônia. A armazenagem de amônia deve ser feita preferencialmente em área coberta, seca, ventilada, com piso impermeável e afastada de materiais incompatíveis, recomendando-se a instalação de diques de contenção. É essencial que se definam cuidados especiais com os cilindros e tanques de amônia, inclusive no seu abastecimento.

Considerando o risco envolvido, todas as instalações onde existe amônia devem sofrer processo periódico de inspeção para verificação de suas condições. Recomenda-se uma inspeção visual em todos os pontos críticos - soldas, curvas, junções, selos mecânicos - ao menos a cada 3 meses. Tanques e reservatórios devem passar por inspeção de segurança completa, nos prazos máximos previstos na legislação (NR 13), recomendando-se radiografia de soldas e testes de pressão. Todas as etapas da manutenção do sistema devem ser cuidadosamente especificadas e adequadamente registradas, definindo-se procedimentos específicos para operações de risco, tais como a purga de óleo do sistema, a drenagem de amônia e a realização de reparos em tubulações.

Pontos essenciais em relação à prevenção coletiva da exposição a amônia incluem:

- Manutenção das concentrações ambientais a níveis os mais baixos possíveis e sempre abaixo do nível de ação (NR 9), por meio de ventilação adequada;
- Implantação de mecanismos para a detecção precoce de vazamentos.

O desejável é a instalação de monitores ambientais acoplados a sistema de alarme, especialmente nos locais críticos. A IIAR (Instituto Internacional de Refrigeração por Amônia) recomenda ainda a instalação de caixa de controle do sistema de refrigeração de emergência, que desligue todos os equipamentos elétricos e acione ventilação exaustora sempre que necessário. Outras medidas de proteção coletiva incluem a sinalização adequada dos equipamentos e tubulações, a existência de saídas de emergência mantidas permanentemente desobstruídas e adequadamente sinalizadas, e a instalação de chuveiros de segurança e lava-olhos. Sistemas apropriados de prevenção e combate a incêndios devem estar presentes e em perfeito estado de funcionamento.

O ideal é a instalação de sprinkler sobre o qualquer vaso grande de amônia para mantê-lo resfriado, em caso de fogo. Instalações elétricas à prova de explosão são desejáveis. Entre as medidas administrativas incluem-se a permanência do menor número possível de trabalhadores na sala de máquinas e somente os que realizam manutenção e operação dos equipamentos, a manutenção dos locais de trabalho dentro dos padrões de higiene ocupacional e a realização do controle de saúde dos expostos ao produto, enfatizando exames de olhos, pele e trato respiratório.

As empresas devem possuir equipamentos básicos de segurança pessoal para cada trabalhador envolvido diretamente com a planta, dispostos em locais de fácil acesso e fora da sala de máquinas:

- Uma máscara panorâmica com filtro de amônia;
- Equipamento de respiração autônomo;
- Óculos de proteção ou protetor facial;
- Um par de luvas protetoras de borracha (PVC);
- Um par de botas protetoras de borracha (PVC);
- Uma capa impermeável de borracha e/ou calças e jaqueta de borracha;

Devem ser estabelecidos por escrito planos de emergência para ações em caso de vazamento, realizando-se treinamentos práticos. Como conteúdo

mínimo, é preciso prever mecanismos de comunicação da ocorrência, evacuação das áreas, remoção de quaisquer fontes de ignição, formas de redução das concentrações de amônia e procedimentos de contenção de vazamentos.

Em caso de vazamento com grande concentração de gases, faz-se necessária a utilização de máscaras autônomas e proteção total do corpo com tecido impermeável ou, na ausência destas, o umedecimento dos trajes. Na mesma linha de raciocínio, deve-se aspergir água para forçar a reação de hidratação e formação do hidróxido de amônia.

É crítico que se observe que a amônia em estado aerossolizado comportase como um gás denso em vazamentos. Em caso de fogo, recomenda-se o uso de água para resfriar recipientes expostos. Para fogo envolvendo amônia líquida, utiliza-se pó químico ou CO₂.

Os sistemas de refrigeração por amônia devem ser operados por profissional qualificado, com certificado de treinamento, conforme o disposto na NR 13. Todos os que laboram no estabelecimento, inclusive terceiros, devem ser suficientemente informados sobre os riscos existentes e as medidas de controle, e treinamento para as ações de emergência e de evacuação de área. É necessária a previsão de treinamentos especiais para os que operam, inspecionam e mantêm o sistema, assim como para os trabalhadores que laboram próximos aos equipamentos, e os que operam equipamentos móveis, como empilhadeiras.

Os operadores devem ter conhecimentos completos sobre o sistema, incluindo compressores, válvulas de controle automático, de isolamento e de alívio de pressão, controles elétricos e mudanças de temperatura e pressão. Têm que saber que partes do sistema requerem manutenção preventiva e como realizá-la de forma segura, além de como observar e avaliar o sistema para identificar sinais de problemas, como vazamentos e vibração.

Entre as Normas Regulamentadoras, aplica-se o disposto na NR 13, considerando-se o limite de tolerância da amônia (20 ppm). A norma prevê aspectos de considerável importância na prevenção de acidentes, entre eles:

- A identificação e as informações completas sobre os vasos de pressão, contidas em um prontuário;
- O registro de todas as ocorrências com os vasos, em livro próprio ou sistema informatizado;
- A disponibilização da informação aos trabalhadores e sindicatos;
- A instalação adequada dos vasos sob pressão, definida em projeto;

- Os procedimentos para operação segura, dispostos em um manual específico;
- A manutenção do sistema (vasos de pressão, válvulas e tubulações, entre outros equipamentos) e as inspeções de segurança periódicas, realizadas por profissional habilitado e registradas em relatórios;
- A qualificação dos operadores.

Destaca-se como grande instrumento da Auditoria Fiscal do Trabalho a aplicação judiciosa da NR 9, focada na prevenção de riscos com amônia. A norma, se cumprida em sua íntegra, prevê a implantação obrigatória da maioria dos controles necessários para a operação segura das empresas, por meio do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, inclusive:

- A análise de projetos de instalações, métodos e processos de trabalho novos;
- O reconhecimento e a avaliação dos riscos existentes, inclusive a avaliação quantitativa;
- A adoção de medidas necessárias e suficientes para eliminação, minimização ou controle dos riscos, inclusive riscos potenciais;
- A realização de treinamento e a disponibilização aos trabalhadores de maneira apropriada e suficiente sobre os riscos ambientais e os meios de prevenção;
- A especificação técnica adequada de equipamentos de proteção individual, incluindo a proteção respiratória, com estabelecimento de normas para seu fornecimento, uso, guarda, higienização, conservação, e manutenção;
- A avaliação da eficácia das medidas de proteção;
- O monitoramento da exposição de trabalhadores por meio da avaliação sistemática e repetitiva da exposição a um dado risco;
- O registro de dados.

Refrigeração por evaporação natural

Um exemplo elementar deste tipo de refrigeração é a seguinte: se molharmos as nossas mãos e as colocarmos numa corrente de ar, sentiremos uma sensação fria nelas. Isto se deve a que a água começa a evaporar-se e para isto, necessita calor. O calor é retirado da própria mão e como consequência,

diminui sua temperatura. Este método elementar de diminuir a temperatura de um corpo abaixo da temperatura ambiente, é conhecida como “Refrigeração por evaporação natural”.

A evaporação de um líquido pode ser feita sob uma corrente de ar seco, ou também, reduzindo a pressão que atua sobre o mesmo. Em ambas as situações, a troca do estado líquido para o gasoso, consegue-se com calor. Quase todos os métodos de refrigeração baseiam-se no aproveitamento do calor latente de um corpo, para mudar o seu estado físico. De acordo com isto, imagine que temos uma vasilha com água e a embrulhamos com um pano úmido.

Logo depois, fazemos passar uma corrente de ar seco sobre o embrulho todo. O resultado será que o pano começa a secar, ou seja, a água se evapora, retirando o calor da própria vasilha e a consequência é que a água contida em seu interior, começa a esfriar. Para obter, ainda pelo método de evaporação, um maior efeito frigorífico, no lugar da água, são necessárias outras substâncias que têm o seu ponto de ebulição inferior ao dela, e desta maneira, sua evaporação ocorre com maior facilidade. Geralmente, nestes processos de refrigeração utilizam-se produtos químicos com o seu ponto de ebulição a uma temperatura inferior ao zero grau, ou seja que, à temperatura ambiente, eles estão em estado volátil e sem condições de esfriar o meio que o rodeia.

Um produto que pode ser tomado como exemplo é o anidrido sulfuroso com o seu ponto de ebulição a 10°C negativos (-10°C). Colocamos uma pequena quantidade desse produto num tubo de ensaio ou vidro, e depois colocamos esse recipiente na água. O calor contido na água será transferido às paredes do tubo e depois será absorvido pelo anidrido sulfuroso, que passará do estado líquido para o gasoso. O resultado imediato é a formação de gelo ao redor do tubo, e o resto da água terá sua temperatura diminuída, por convecção.

É importante saber que a Manutenção Preventiva do sistema de Refrigeração Comercial e Industrial, é uma das maneiras mais eficientes de estar sempre um passo adiante de eventuais problemas e falhas

Considerar promover ações programadas é uma forma de se garantir que o sistema do seu estabelecimento possa operar de forma muito mais eficiente.

Vale destacar que a falta de manutenção pode acabar acarretando a perda de cargas, deteriorar gradualmente a eficiência do sistema e até mesmo gerar custos de gasto de energia muito mais elevados do que o almejado.

Um bom planejamento e também execução de um plano de manutenção é de suma importância para que se possa evitar eventuais problemas em seu sistema frigorífico.

Porém, nem sempre trabalhar com a prevenção é possível, problemas podem acontecer fora do nosso controle e nesses momentos é fundamental adotar ações mais imediatas.

Diante desse aspecto, é fundamental considerar também que toda a instalação do sistema de refrigeração do seu estabelecimento seja realizada por meio da contratação de uma equipe realmente qualificada.

A produção do frio em circuito fechado foi proposta por Oliver Evans em 1805, e sua aplicação à indústria começou na segunda metade do século XIX. Os processos de refrigeração variam bastante, assim como os agentes refrigerantes. Porém, os princípios básicos continuam sendo a compressão, liquefação e expansão de um gás em um sistema fechado. Ao se expandir, o gás retira o calor do ambiente e dos produtos que nele estiverem contidos.

De uma forma simplificada, podem-se perceber três componentes distintos nos sistemas de refrigeração: o compressor, o condensador e o evaporador.

O compressor é geralmente constituído por uma bomba dotada de um tubo de aspiração e compressão, possuindo um dispositivo que impede fugas de gás e entrada de ar atmosférico. Situado entre o evaporador e o condensador, aspira a amônia evaporada e a encaminha ao condensador sob a forma de um vapor quente sob pressão elevada.

O condensador é formado geralmente por uma série de tubos de diâmetro diversos, unidos em curvas, podendo ser dotados exteriormente de hélices que garantem o mais perfeito aproveitamento das superfícies de contato. É resfriado por uma corrente de água em seu exterior. Nas pequenas instalações, o resfriamento é normalmente feito pelo próprio ar atmosférico.

A amônia gasosa vinda do compressor liquefaz-se ao entrar em contato com a temperatura fria do condensador, sendo em seguida encaminhada para um depósito, de onde passará ao evaporador. O evaporador consiste geralmente de uma série de tubos, as serpentinas, que se encontram no interior do ambiente a ser resfriado. A amônia sob forma líquida evapora-se nesses tubos, retirando calor do ambiente na passagem ao estado gasoso. Sob a forma gasosa, volta ao condensador pelo compressor, fechando assim o ciclo.

Refrigeração por gelo

Vamos continuar falando sobre Os tipos de refrigeração, e este sistema de refrigeração por gelo é muito conhecido por todos nós e sem dúvida nenhuma, foi o sistema mais utilizado há muitos anos atrás. Um quilograma de gelo, para derreter totalmente, necessita absorver 80 calorias, ou seja que, com ele pode-se obter um bom efeito frigorífico. Um dos maiores problemas deste tipo de refrigeração é que as temperaturas obtidas não são tão baixas, como as geradas por outros métodos.

Podemos incrementar o efeito frigorífico utilizando gelo simples e junto com ele misturamos cloreto de sódio (sal comum), potássio, cloreto de cálcio, etc. Também pode ser utilizado o gelo seco, que não é outra coisa que anidrido carbônico solidificado. O seu ponto de ebulição é de 62°C negativos (-62°C) e no estado sólido, sua temperatura fica entre -78° a -80°C .

A grande vantagem do gelo seco é que ele passa do estado sólido ao gasoso sem necessidade de passar pelo estado líquido. Isto significa que o local onde ele estiver, permanecerá seco. Devido a seu pouco peso, ele é utilizado no transporte rodoviário e conservação de sorvetes.

A amônia, com símbolo químico NH_3 , é constituída por um átomo de nitrogênio e três de hidrogênio, apresentando-se como gás à temperatura e pressão ambientes. Liquefaz-se sob pressão atmosférica a $-33,35^{\circ}\text{C}$. É altamente higroscópica, e a reação com a água forma NH_4OH , hidróxido de amônia, líquido na temperatura ambiente, que possui as mesmas propriedades químicas da soda cáustica.

É estável quando armazenada e utilizada em condições normais de estocagem e manuseio. Acima de 450°C , pode decompor-se, liberando nitrogênio e hidrogênio. É facilmente detectada a partir de pequeníssimas concentrações (5 ppm) no ar pelo seu cheiro sui generis.

O gás é um irritante poderoso das vias respiratórias, olhos e pele. Dependendo do tempo e do nível de exposição podem ocorrer efeitos que vão de irritações leves a severas lesões corporais.

A inalação pode causar dificuldades respiratórias, broncoespasmo, queimadura da mucosa nasal, faringe e laringe, dor no peito e edema pulmonar. A ingestão causa náusea, vômitos e inchaço nos lábios, boca e laringe. Em contato com a pele, a amônia produz dor, eritema e vesiculação.

Em altas concentrações, pode haver necrose dos tecidos e queimaduras profundas. O contato com os olhos em baixas concentrações (10 ppm) resulta em irritação ocular e lacrimejamento. Em concentrações mais altas, pode causar conjuntivite, erosão na córnea e cegueira temporária ou permanente. Reações tardias podem acontecer, como catarata, atrofia da retina e fibrose

pulmonar. A exposição a concentrações acima de 2.500 ppm por aproximadamente 30 minutos pode ser fatal.

As instalações frigoríficas, porque trabalham com refrigerantes com características físico-químicas especiais e em condições de temperatura, pressão e umidade diferenciadas do habitual, apresentam riscos específicos à segurança e à saúde, relacionados com o tipo agente refrigerante utilizado, assim como com as instalações e equipamentos.

As maiores preocupações são os vazamentos com formação de nuvem tóxica de amônia e as explosões. Causas de acidentes são falhas no projeto do sistema e danos aos equipamentos provocados pelo calor, corrosão ou vibração, assim como por manutenção inadequada ou ausência de manutenção de seus componentes, como válvulas de alívio de pressão, compressores, condensadores, vasos de pressão, equipamentos de purga, evaporadores, tubulações, bombas e instrumentos em geral. É importante observar que mesmo os sistemas mais bem projetados podem apresentar vazamentos de amônia, se operados e/ou mantidos de forma precária.

Gestão segura de sistemas de refrigeração

Uma instalação segura de refrigeração por amônia sustenta-se em três pilares:

- projeto apropriado, orientado por normas e códigos de engenharia;
- manutenção eficaz;
- operação adequada.

Elementos para a gestão da segurança e saúde em estabelecimentos que possuam esse tipo de sistemas devem incluir:

- informações de segurança do processo;
- análises dos riscos existentes;
- procedimentos operacionais e de emergência;
- capacitação de trabalhadores;
- esquemas de manutenção preventiva;
- mecanismos de gestão de mudanças e subcontratação;
- auditorias periódicas;

- investigação de incidentes.

Todos os equipamentos do sistema de refrigeração devem ser adequadamente dimensionados e instalados, além de testados antes de sua operação. É essencial que os componentes, inclusive tubulações, sejam devidamente sinalizados e identificados.

Condensadores, compressores, outros vasos, evaporadores e bombas devem estar equipados com válvulas de alívio de pressão. Os compressores devem ter controle de baixa pressão e dispositivo de limitação da pressão. As tubulações podem ser de ferro ou aço; zinco ou cobre são proibidos para instalações contendo amônia. A armazenagem de amônia deve ser feita preferencialmente em área coberta, seca, ventilada, com piso impermeável e afastada de materiais incompatíveis, recomendando-se a instalação de diques de contenção.

É essencial que se definam cuidados especiais com os cilindros e tanques de amônia, inclusive no seu abastecimento. Considerando o risco envolvido, todas as instalações onde existe amônia devem sofrer processo periódico de inspeção para verificação de suas condições. Recomenda-se uma inspeção visual em todos os pontos críticos – soldas, curvas, junções, selos mecânicos – pelo menos a cada 3 meses.

Tanques e reservatórios devem passar por inspeção de segurança completa, nos prazos máximos previstos na legislação (NR-13), recomendando-se radiografia de soldas e testes de pressão. Todas as etapas da manutenção do sistema devem ser cuidadosamente especificadas e adequadamente registradas, definindo-se procedimentos específicos para operações de risco, tais como a purga de óleo do sistema, a drenagem de amônia e a realização de reparos em tubulações.

Refrigeração por expansão rápida do ar

Uma das formas mais simples de obter refrigeração por meios mecânicos é tentando comprimir ar no interior de um recipiente e logo depois, tirar parte do seu calor. Este ar comprimido e esfriado, logo depois, pode ser rapidamente expandido. Desta maneira, pode-se obter um efeito refrigerante no meio que rodeia o mesmo.

Para poder entender isto melhor, ainda é necessário conhecer alguns conceitos

fundamentais. Quando um gás é comprimido, ele tem sua temperatura aumentada, ou seja, que ele se aquece. Como exemplo, lembre-se o que acontece com a bomba de ar quando enchemos o pneu de uma bicicleta. Do mesmo jeito, é válida a inversa deste princípio, ou seja quando temos ar comprimido no interior de uma garrafa, o calor produzido durante a sua compressão é transmitido ao exterior através de suas paredes. Quando é aberta a garrafa e o ar comprimido sai, ele expande-se rapidamente e retira do meio ambiente o calor que o rodeia.

Assim se produz o efeito frigorífico ao redor da saída da garrafa, inclusive a condensação de umidade do ambiente. É semelhante ao que acontece com uma lata de spray, etc. Quando é liberado o gás ou líquido que sob pressão, encontra-se no interior de um recipiente, eles esfriam ou até congelam, pois retiram o calor dessa área ao se expandir. Considerando esses pontos principais, é possível obter uma boa refrigeração por meios mecânicos utilizando os seguintes componentes: um compressor, um cilindro de esfriamento, uma válvula de controle e uma caixa ou local para colocar os produtos que desejamos esfriar.

Na figura pode ser observado que o compressor foi substituído por uma bomba de ar ou cilindro que contém um pistão e assim pode fornecer ar sob pressão ao cilindro de esfriamento. Veja que na entrada do cilindro há uma válvula, para que o ar possa entrar e ter o seu retorno impedido. A válvula de controle permanece fechada até que o ar comprimido, e contido no interior do cilindro, tenha a sua temperatura reduzida. Quando a válvula é aberta, o ar sob pressão, dirige-se para a caixa e expande-se rapidamente, reduzindo mais ainda a sua temperatura e esfriando, assim, os produtos que encontram-se no interior do local.

Pontos essenciais em relação à prevenção coletiva da exposição a amônia incluem:

- manutenção das concentrações ambientais a níveis os mais baixos possíveis e sempre abaixo do nível de ação (NR-9), por meio de ventilação adequada;
- implantação de mecanismos para a detecção precoce de vazamentos.

Normas de referência

O Brasil carece de normas legais e técnicas específicas para sistemas de refrigeração. Destacam-se as Normas Regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho e Emprego, especialmente a NR-13 – Caldeiras e Vasos de Pressão e a norma da ABNT “Vasos de pressão para refrigeração”, 1996.

Referências internacionais são as normas do Instituto Nacional de Normas Técnicas dos EUA (ANSI):

- ANSI/ Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Condicionamento de Ar (ASHRAE) 15-1978

Essa norma especifica os locais onde os distintos grupos de refrigerantes podem ser aplicados; restringe a presença de chama em salas de máquinas; ocupa-se do ambiente industrial e estabelece limites nas quantidades dos refrigerantes nas diversas áreas de trabalho; dispõe sobre reservatórios e tubulações, determinando limites de pressão de operação; descreve as aplicações dos dispositivos limitadores de pressão, além de cobrir aspectos relacionados à instalação.

A norma ANSI/ASHRAE 15-1978 relaciona-se a outras normas, incorporando-as, como a “Boiler and Pressure Vessel Code” e a ANSI/ Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME) B31.5, para tubulações de refrigeração.

- ANSI/IIAR 2-1984. Preparada especificamente para sistemas de amônia, recomenda que a amônia apresente-se com concentração de 99,95% e que as placas de identificação sejam afixadas nos principais componentes do sistema, contendo informações como: o nome do fabricante, o ano de fabricação, o número do modelo e a pressão nominal, comprovando, ainda, que o equipamento foi testado quanto a sua segurança e aplicação adequada.

A norma especifica, também, dois níveis de pressão de projeto: alto e baixo. Uma abordagem alternativa para ventilação de salas de máquinas também é proposta. Outras diretrizes internacionais são emitidas pela IIAR, como a norma “Ammonia Refrigeration Valves”, publicada em 1999.

Refrigeração pelo sistema de compressão

Do mesmo jeito que a refrigeração com gelo, o método de compressão baseia-se na utilização do calor absorvido por um corpo, durante sua mudança de estado físico. Queremos deixar claro que não falamos do calor que absorve um corpo sólido quando ele se transforma em líquido e sim, no calor que retira um líquido quando vira vapor.

Estes sistemas de refrigeração usam produtos químicos chamados “refrigerantes” e a sua condição fundamental é que seu ponto de ebulição é muito inferior à temperatura ambiente, geralmente, inferior ao zero grau centígrado. O sistema de compressão é o mais utilizado nos dias de hoje e sua

vantagem principal é que o líquido, depois da sua vaporização, é recuperado, pois a circulação é feita no interior de um circuito fechado. Passaremos a descrever o sistema propriamente dito e logo depois, veremos cada um dos seus componentes. Na foto pode ser observado o circuito básico do sistema de compressão. O líquido refrigerante encontra-se no interior do evaporador e retira o calor do local onde ele se encontra e muda seu estado de líquido para vapor. Esses vapores são aspirados pelo compressor e fornecidos, sob pressão, para o condensador.

Neste componente, ele vira líquido novamente e perde o calor que absorveu. Desta forma, o calor que os alimentos ou objetos tinham e que estavam localizados perto do evaporador, e o calor gerado pela compressão, são descarregados ao meio ambiente. O refrigerante necessário no interior do evaporado é fornecido pelo ingresso de mais refrigerante que vem do condensador, mantendo, dessa maneira, líquido refrigerante no evaporado. Na sua trajetória desde o condensador até o evaporado, o refrigerante passa através de um dispositivo de expansão, onde ele perde a sua pressão e volta a ter a sua temperatura de vaporização. É assim que o circuito se completa e o refrigerante volta a ter condições de absorver calor, novamente. estes são Os tipos de refrigeração.

Os equipamentos de refrigeração, além de devidamente posicionados, devem ser previamente testados antes de entrarem em operação. De uma forma geral, todas as instalações onde há incidência de gás amônia, devido aos equipamentos nelas alojados, devem ser alvo de constantes cuidados e inspeções.

Nas instalações onde ficam alojados os equipamentos, que necessitam de amônia para o seu funcionamento, algumas recomendações devem ser seguidas:

- 1- Faz-se necessário que haja boa ventilação local;
- 2- Faz-se necessários que os equipamentos possuam mecanismos de alerta contra os possíveis vazamentos;
- 3- Faz-se necessário o uso de uniformes e equipamentos individuais nos funcionários que trabalham em contato direto com as máquinas;
- 4- Faz-se necessário sério treinamento da mão de obra;

5- Faz-se necessário um sistema de controle e inspeções constantes para proteção dos técnicos e todos os funcionários envolvidos nas atividades operacionais em contato com o conjunto de máquinas.

As empresas de refrigeração industrial devem conter: galpão, escritório, copa, banheiros e garagem, todos dentro das normas exigidas por lei, além de possuírem alvará de funcionamento. Deverão investir, também, em equipamentos, como maçaricos, bombas de vácuo, termômetros, controladores para frigoríficos, curvadores de cobre, termômetro infravermelho, alicate amperímetro, termo-higrômetro e outros equipamentos.

Estrutura organizacional da manutenção



De refrigeração tipo doméstico convencional

1. Solicitar do responsável pela sala de vacina informação sobre a existência ou não de imunobiológicos no interior do gabinete do refrigerador. Caso existam produtos armazenados em conservação, solicitar a remoção total para

outro equipamento ou para caixas térmicas, acondicionando de acordo com as normas contidas no Manual de Rede de Frio.

2. Desligar a unidade da tomada.
3. Verificar a existência de pontos de ferrugem no gabinete e porta.
4. Verificar os pés ou rodízios de sustentação.
5. Verificar o isolamento térmico e a condensação externa.
6. Verificar a gaxeta (borracha de vedação da porta) quanto à existência de ressecamento e/ou perda da imantação.
7. Verificar a vedação total da porta.
8. Verificar os cabos de alimentação, pino e tomada.
9. Ligar o equipamento.
10. Medir a tensão e a corrente do compressor.
11. Verificar vazamentos de gás refrigerante no sistema.
12. Verificar as dobradiças e maçaneta da porta.
13. Verificar a existência de acúmulo de poeira sobre o compressor e condensador do equipamento

De congelador horizontal (freezer) e refrigerador comercial

1. Solicitar do responsável pela sala de vacina informação sobre a existência ou não de imunobiológicos no interior do gabinete do equipamento. Caso existam produtos armazenados em conservação, solicitar a remoção total para outro equipamento ou para caixas térmicas, acondicionando de acordo com as normas contidas no Manual de Rede de Frio.
2. Desligar a unidade da tomada.
3. Verificar a existência de fissuras/trincas/quebras.
4. Verificar a corrosão dos calços da base.
5. Verificar o acúmulo de detritos.
6. Verificar a gaxeta (borracha de vedação da porta) quanto à existência de ressecamento e/ou perda da imantação.
7. Verificar o estado das maçanetas.

8. Verificar o estado do isolamento térmico do gabinete.
9. Verificar vazamento de óleo no sistema.
10. Verificar os calços e/ou suportes da base metálica.
11. Verificar molas e amortecedores do compressor.
12. Verificar os pressostatos de alta, baixa e de óleo.
13. Verificar o protetor térmico de sobrecarga do compressor.
14. Verificar os contatos elétricos do compressor.
15. Verificar a fiação, cabos de alimentação e fusíveis.
16. Verificar os terminais, conexões elétricas e de aterramento.
17. Verificar botoeiras e lâmpadas de sinalização.
18. Ligar o equipamento.
19. Verificar balanceamento da hélice do ventilador do condensador.
20. Verificar o funcionamento dos motores elétricos do forçador de ar do evaporador.
21. Verificar nível de vibração dos mancais.
22. Medir a tensão e a corrente do compressor.
23. Verificar vazamentos de gás refrigerante.
24. Verificar ruídos e vibrações nas tubulações de cobre.
25. Verificar a posição e isolamento térmico do bulbo da válvula de expansão (se houver).
26. Verificar a existência de acúmulo de poeira sobre o compressor e condensador do equipamento.

De câmara fria

1. Utilizar equipamentos de proteção individual específico para câmara fria.
2. Verificar o isolamento térmico da estrutura.
3. Verificar a existência de trincas/fissuras/quebras.
4. Verificar o acúmulo de detritos.

5. Verificar o estado e pressão das maçanetas das portas.
6. Verificar o deslizamento das portas ao fechar e abrir.
7. Verificar vazamento de óleo no evaporador.
8. Desligar a unidade condensadora no quadro de comando.
9. Desligar a unidade condensadora principal ou reserva a ser verificada.
10. Verificar vazamento de óleo no sistema.
11. Verificar suportes da base metálica
12. Verificar molas e amortecedores do compressor.
13. Verificar os pressostatos de alta, baixa e de óleo.
14. Verificar os contatos da contadora do compressor.
15. Verificar fiação, cabos de alimentação e fusíveis.
16. Verificar os terminais, conexões elétricas e de aterramento.
17. Verificar as botoeiras e lâmpadas de sinalização.
18. Ligar a chave da unidade condensadora no quadro de comando.
19. Verificar balanceamento da hélice do ventilador do condensador.
20. Verificar o funcionamento dos motores elétricos dos forçadores de ar do evaporador.
21. Verificar nível de vibração dos mancais.
22. Medir a tensão e a corrente do compressor.
23. Verificar a carga e contaminação do gás refrigerante no visor de líquido.
24. Verificar se há vazamento de gás refrigerante no sistema.
25. Verificar ruídos e vibração nas tubulações de cobre.
26. Verificar a operação da válvula de expansão.
27. Verificar a posição e o isolamento térmico do bulbo da válvula de expansão.
28. Verificar o funcionamento dos termostatos de controle.
29. Verificar o funcionamento da central de alarme.

De baú frigorífico

1. Solicitar ao responsável pelo equipamento informação sobre a existência ou não de imunobiológicos no interior do gabinete do caminhão. Caso existam produtos armazenados em conservação, solicitar a remoção total para outro equipamento ou para caixas térmicas, acondicionando de acordo com as normas contidas no Manual de Rede de Frio.
2. Acionar o botão de desarme-desliga.
3. Verificar o isolamento térmico da estrutura.
4. Verificar a existência de trincas/fissuras/quebras.
5. Verificar a corrosão dos calços da base e da estrutura do baú frigorífico.
6. Verificar o acúmulo de detritos.
7. Verificar o estado e pressão das maçanetas das portas.
8. Verificar vazamento de óleo no sistema.
9. Verificar suportes da base metálica.
10. Verificar as molas e amortecedores da unidade condensadora.
11. Verificar os pressostatos de alta, baixa e de óleo.
12. Verificar os contatos da controladora da unidade condensadora.
13. Verificar fiação, cabos de alimentação e fusíveis.
14. Verificar os terminais, conexões elétricas e de aterramento.
15. Verificar as botoeiras e lâmpadas de sinalização.
16. Acionar o botão de partida-liga.
17. Verificar balanceamento da hélice do ventilador do condensador.
18. Verificar o funcionamento dos motores elétricos dos forçadores de ar do evaporador e do condensador.
19. Verificar nível de vibração dos mancais.
20. Medir a tensão e a corrente do compressor e dos forçadores do ar do evaporador.
21. Verificar pressão alta e baixa de óleo.
22. Verificar a carga e a contaminação do gás refrigerante no visor de líquido.

23. Verificar se há vazamento de gás refrigerante no sistema.
24. Verificar ruídos e vibração nas tubulações de cobre.
25. Verificar operação da válvula de expansão (se houver).
26. Verificar a posição e o isolamento térmico do bulbo da válvula de expansão (se houver válvula).
27. Verificar o funcionamento dos termostatos de controle. 28. Verificar o funcionamento do microprocessador.

De condicionador de ar individual

1. Desligar o equipamento na chave seletora – posição desligado.
2. Desligar o disjuntor.
3. Verificar o filtro de ar.
4. Verificar a base de suporte e fixação do equipamento.
5. Verificar a existência de pontos de ferrugem no gabinete e base do equipamento.
6. Verificar o isolamento térmico e acústico do equipamento.
7. Verificar a fiação e cabos de alimentação do comando.
8. Verificar os terminais e conexões elétricas.
9. Ligar a chave geral de energia.
10. Ligar o equipamento na chave seletora.
11. Verificar a oscilação da hélice do ventilador do evaporador e da hélice do condensador.
12. Registrar as leituras de tensão e corrente do compressor.
13. Registrar as leituras de tensão e corrente do motor do ventilador.
14. Verificar a carga de gás refrigerante no sistema.
15. Verificar se há vazamento de gás refrigerante.
16. Registrar as temperaturas de insuflamento, retorno e ar exterior.

17. Verificar a existência de acúmulo de poeira sobre o compressor, condensador e evaporador do equipamento, retirando-a com a utilização de pincel largo e macio.

No sistema de climatização, construímos toda arquitetura destinada ao conforto do ambiente interior, além de todo suporte na instalação do sistema de expansão indireta (água gelada), ou por expansão direta ar condicionado.

Válvulas de controle automático

A função básica das válvulas de controle é de regular automaticamente a pressão, temperatura, nível ou vazão de fluido refrigerante nos vários componentes do sistema.

É importante saber:

- O funcionamento da válvula (princípio de operação e condições);
- Qual a função de regulação da válvula;
- Quais os ajustes da válvula e como ajustá-la para determinada condição de operação e controle;
- O que acontece com o sistema quando a válvula abre ou fecha;
- O que acontece com o sistema quando a válvula é isolada do restante do sistema ou quando há um “bypass” manual;
- O que acontece com a válvula e o sistema quando há uma falha de energia. O que acontece quando a válvula é re-energizada.

Válvulas de alívio de pressão (válvulas de segurança)

As válvulas de alívio de pressão tem a função essencial de evitar que haja rupturas devido à pressão excessiva em vasos de pressão, compressores, trocadores de calor, descargas de bombas de Amônia e em alguns trechos da tubulação. Todas as válvulas de segurança precisam ser inspecionadas periodicamente, conforme os requisitos da legislação.

O operador deve saber:

- A localização das válvulas de alívio de pressão no sistema;

- O ponto de ajuste correto de cada válvula de alívio de pressão. Cada válvula deve ser distintamente identificada e “tagueada”;
- Qual componente ou parte do sistema cada válvula foi designada para proteger;
- Qual ação (condição de desvio de operação) deve ocorrer para que a válvula eventualmente venha a atuar.

Mudanças de temperatura/pressão no sistema São muitos os fatores que podem afetar as temperaturas e pressões normais de operação do sistema de refrigeração incluindo mal funcionamento mecânico ou elétrico, temperatura ambiente, carga de produto, etc.

É importante saber:

- Quais as condições de projeto e as condições normais de operação do sistema, incluindo temperaturas e pressão de cada regime de operação;
- Quais as causas e efeitos em caso de mudança de temperatura ou pressão:
- No lado de baixa pressão do sistema;
- Na pressão intermediária do sistema (para sistemas de duplo estágio);
- No lado de alta pressão do sistema.
- Em caso de desvio operacional, quais ações serão tomadas de modo a restaurar as condições normais de temperatura e pressão nos vários pontos do sistema.

Recolhimento de fluido refrigerante Um sistema de refrigeração bem projetado inclui a facilidade de se transferir o fluido refrigerante de uma parte para outra do sistema com o propósito de manutenção. Cada operador deve ser bem treinado para realizar operações de recolhimento e transferência em todas as partes do sistema.

Além disso deve saber:

- Qual ação tomar quando houver uma elevação de pressão no sistema;
- Qual ação tomar em caso de um vazamento não previsto;
- Como realizar as operações de recolhimento no sistema ou manter vácuo nos diferentes componentes do sistema, para realização de reparos.

Equipamentos de proteção coletiva

Nas operações de resgate de pessoas atingidas por respingos ou jatos de Amônia e/ou intoxicadas pela inalação de vapores, são necessários os seguintes equipamentos:

- Chuveiro de Emergência e Lava-olhos, que deverão ser instalados próximos às portas de saída da sala de máquinas;
- Manta para Fogo e Maca, Cobertor, Estojo de Primeiros Socorros e Garrafa de Oxigênio com Máscara a serem mantidos em abrigos apropriados e de fácil acesso à brigada de emergência.

A utilização de um sistema de refrigeração industrial é indispensável para qualquer setor da indústria. Como consequência, é indispensável o uso da energia elétrica para acionar os equipamentos associados a esse sistema. Uma empresa de refrigeração industrial tem a responsabilidade de desenvolver uma série de produtos relacionados à refrigeração que deve atender os diversos segmentos do mercado.