

XXII SEMANA DE ENGENHARIA MECÂNICA

27 de Agosto a 01 de Setembro de 2001

unesp  - Ilha Solteira



Compressores

Antonio João Diniz

Promoção

Grêmio Estudantil de Engenharia Mecânica

Departamento de Engenharia Mecânica

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

ÍNDICE

1.	Coração que vale ouro	1
2.	Compressor aberto	10
3.	Operação de desmontagem do compressor aberto	15
4.	Operação de montagem do compressor aberto	18
5.	Operação de teste do compressor do sistema	21
6.	Operação de retirada e instalação de compressores na base	23
7.	Compressores alternativos para refrigeração industrial	26
8.	Lubrificação de compressores para refrigeração	32
9.	Compressores parafuso	38
10.	Compressor <i>Scroll</i>	42
11.	Bibliografia Básica	53
12.	Biografia do Ministrante	53

1. CORAÇÃO QUE VALE OURO

O “coração” da instalação. É assim que muitos fabricantes se referem aos compressores para exemplificar o grau de importância que o equipamento possui dentro de um sistema frigorígeno. Assim como no corpo humano, onde o coração é o órgão responsável pelo bombeamento do sangue para todo o organismo, o compressor é o componente que faz com que o fluido refrigerante circule pela instalação.

Quando o coração pára, as funções vitais do corpo humano ficam seriamente comprometidas ou deixam de existir. Em um sistema de refrigeração não é diferente. Quando algo de errado acontece em uma instalação, os problemas acabam sempre parando no compressor e, quando o compressor quebra, o sistema não funciona. Por isso, todos os cuidados com o equipamento nunca serão excessivos. É sempre importante conhecer o sistema de funcionamento e suas aplicações mais adequadas para que no momento de selecioná-los e instalá-los sejam tomadas todas as precauções necessárias que irão contribuir para o prolongamento da vida útil.

1.1. Tipos de Compressores

Para diferenciar os diversos tipos de compressores disponíveis no mercado, os fabricantes costumam utilizar dois tipos de classificação: de acordo com a concepção construtiva e acionamento do motor (aberto, semi-hermético e hermético), e com o modo de deslocamento volumétrico, ou seja, a forma de bombeamento do fluido refrigerante ou como este é comprimido, através de pistões (recíproco alternativo) ou rotativos (centrífugos, parafusos e *scroll*).

A partir daí, cada sistema de compressão pode ter uma, duas ou até três concepções construtivas, como é o caso dos compressores recíprocos alternativos que apresentam as três formas: abertos, semi-herméticos e herméticos.

1.2. Forma Construtiva

Do ponto de vista construtivo de maneira geral, os abertos são os compressores que têm uma ponta de eixo externa, ou seja, eles necessitam de motor (elétrico ou de combustão interna) externo para virar o volante, que através de uma interligação por correias e polias faz-se o acionamento do compressor. Foi basicamente o primeiro a surgir na história da evolução dos compressores.

No caso dos semi-herméticos o motor elétrico já não é mais externo; está acoplado dentro do compressor, na mesma carcaça. Como não têm mais a ponta de eixo, também não têm volante. A função do volante, no caso dos abertos, é para ligar a correia do motor que está separado. Do aberto para o semi-hermético ocorreram algumas mudanças, entre as quais a eliminação do volante, da correia, do selo de vedação e conseqüentemente uma redução do espaço físico da máquina. O grande avanço e uma das principais vantagens do aberto para o semi-hermético está na transferência de potência, no consumo menor de energia e o mais importante, na diminuição do risco de vazamentos de refrigerante.

O selo de vedação é o grande responsável pela maioria dos vazamentos de fluido que ocorrem nos compressores. A eliminação das correias proporciona uma economia de no consumo energético, pois a transmissão de energia acontece no próprio eixo. Além disso, há ainda a contribuição do sistema de trabalho, que opera numa condição resfriada pelo gás, otimizando-o para consumir menos energia o motor elétrico comum localizado fora do eixo. O projeto construtivo dos semi-herméticos permite que o compressor seja refrigerado pelo próprio fluido do sistema. Já os compressores herméticos se caracterizam pelo fato de possuírem o motor de acionamento dentro da própria unidade, hermeticamente fechada. Não possuem parafusos, como os herméticos e semi-herméticos, então não existe a possibilidade de acesso aos componentes internos para o caso de manutenção.

Por isso, são descartáveis, ou seja, em caso de queima a única solução é a substituição total do equipamento. Além disso, os riscos de vazamento através do selo de vedação ou parafusos são eliminados totalmente.

Para facilitar o entendimento, os tipos de compressores estão assim dispostos:

- Recíprocos alternativos: abertos, semi-hermético ou hermético;
- Rotativos: herméticos;
- Scroll: herméticos;
- Centrífugos: abertos e semi-herméticos;
- Parafuso: abertos e semi-herméticos.

Recíprocos alternativos – Os compressores recíprocos alternativos, como o próprio nome já diz, comprimem o fluido refrigerante através dos movimentos alternados de pistões e bielas que trabalham reciprocamente. O mecanismo de bombeamento é similar ao de um motor de combustão interna, com a diferença de que no compressor alternativo a energia elétrica fornecida pelo motor é transformada em mecânica, propiciando a compressão do refrigerante.

Rotativos - Nos rotativos, o princípio de funcionamento se dá através de uma peça rolante que gira no cilindro preso ao excêntrico do eixo (o centro do rolante não coincide com o centro do eixo). Uma aleta pressionada por mola é empurrada contra o rolante que separa as seções de sucção e descarga do cilindro conforme este rolante gira. Nesse movimento rotativo e contínuo, o fluido refrigerante vai sendo comprimido e solto, simultaneamente à entrada de mais refrigerante. A aspiração do refrigerante é feita através do acumulador de sucção e a descarga do fluido comprimido ocorre diretamente no interior da carcaça do compressor, passando pela válvula de descarga.

Centrífugos – Os compressores do tipo centrífugo também operam por movimentos rotativos. Porém, a compressão do fluido refrigerante nesse tipo de equipamento se dá por velocidade, e não mais por diminuição ou crescimento de área ou espaços, como nos recíprocos alternativos, rotativos, parafuso e *scroll*. Seu sistema de compressão assemelha-se a uma turbina de avião, onde um componente conhecido por *impeller* (impulsor) gira uma série de pás num mesmo eixo, empurrando o fluido refrigerante para fora pela ação da força centrífuga. O fluido é succionado para uma grande área no interior da unidade a baixa velocidade. À medida que a velocidade aumenta, diminui a área e com uma pequena secção transversal de saída na descarga o fluido é comprimido.

Parafuso – A compressão do refrigerante no parafuso acontece através da ação de dois rotores, denominados tecnicamente de principal e secundário ou, como os mecânicos costumam chamar, rotor macho e rotor fêmea. Seu aspecto construtivo é semelhante ao de um parafuso. Com o movimento de rotação, esses fluidos acabam ficando preso entre os fios dos rotores e a carcaça e, conforme vai havendo o movimento, esses rotores vão deslocando o refrigerante para a parte inferior e superior do compressor.

Scroll – *Scroll* em inglês significa caracol. O movimento de compressão do fluido refrigerante no compressor tipo *scroll* utiliza duas peças em formato de caracol, uma fixa e outra rotativa. Conforme o caracol rotativo gira dentro do caracol fixo, ele abre espaços que são preenchidos pelo gás de sucção e fecha outros espaços onde ao mesmo tempo ocorre a compressão.

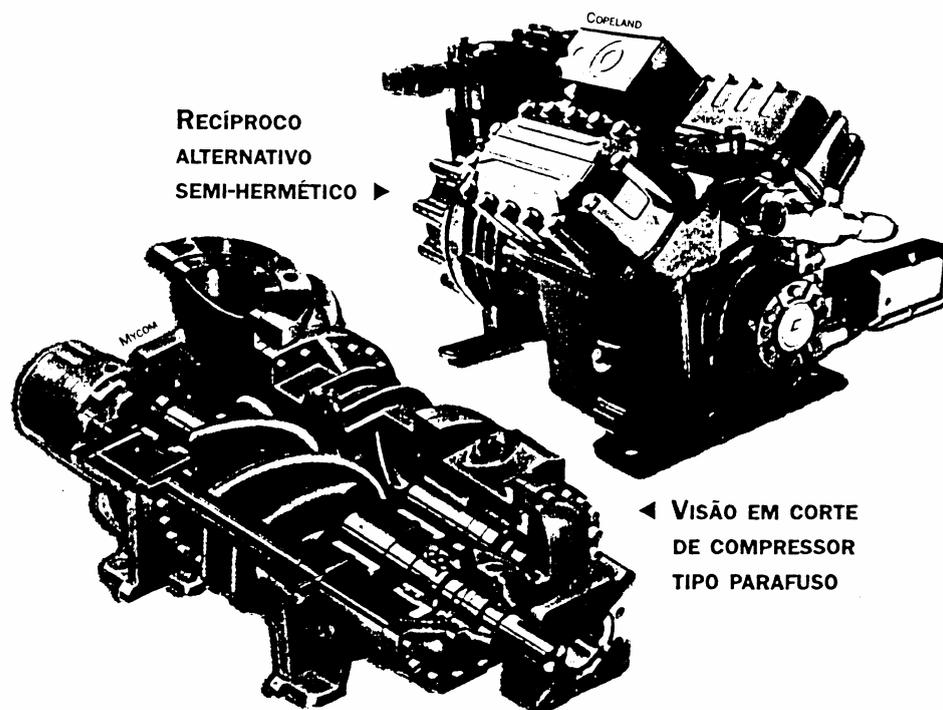


Figura 1.2 – Compressores Recíproco alternativo semi-hermético e tipo parafuso.

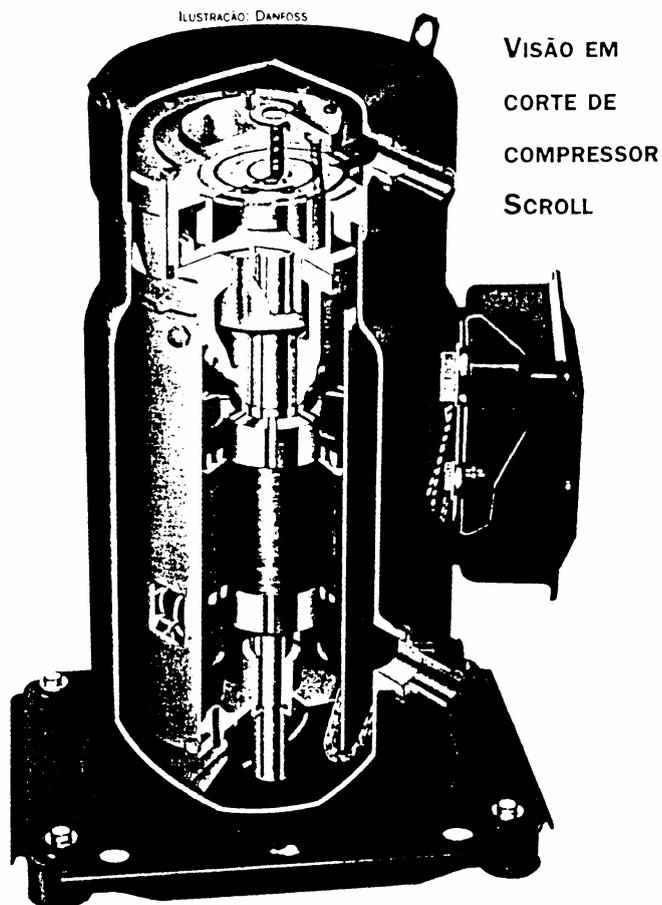


Figura 1.3 – Compressor Scroll.

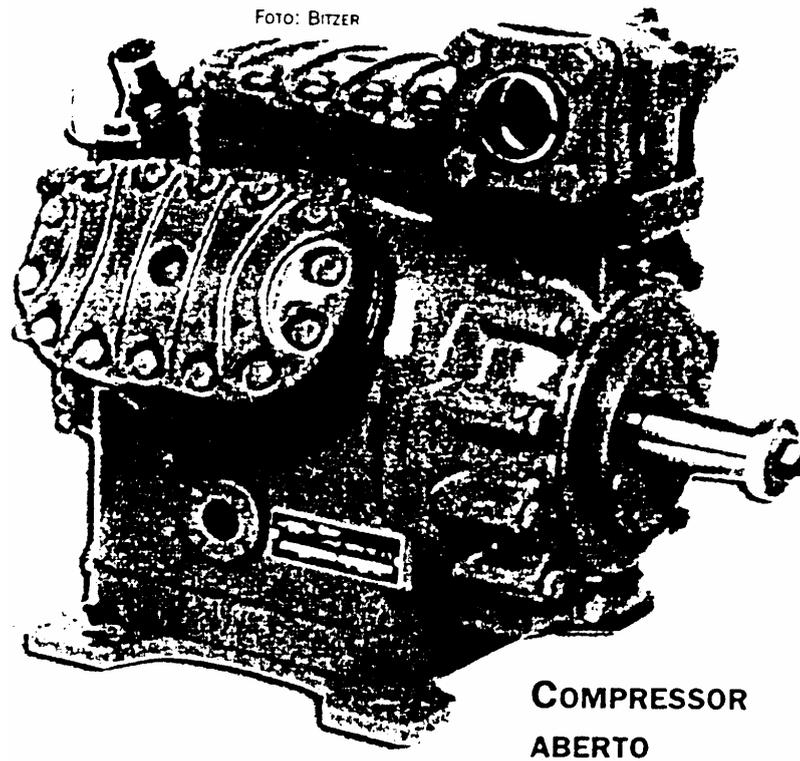


Figura 1.4 – Compressor Aberto.

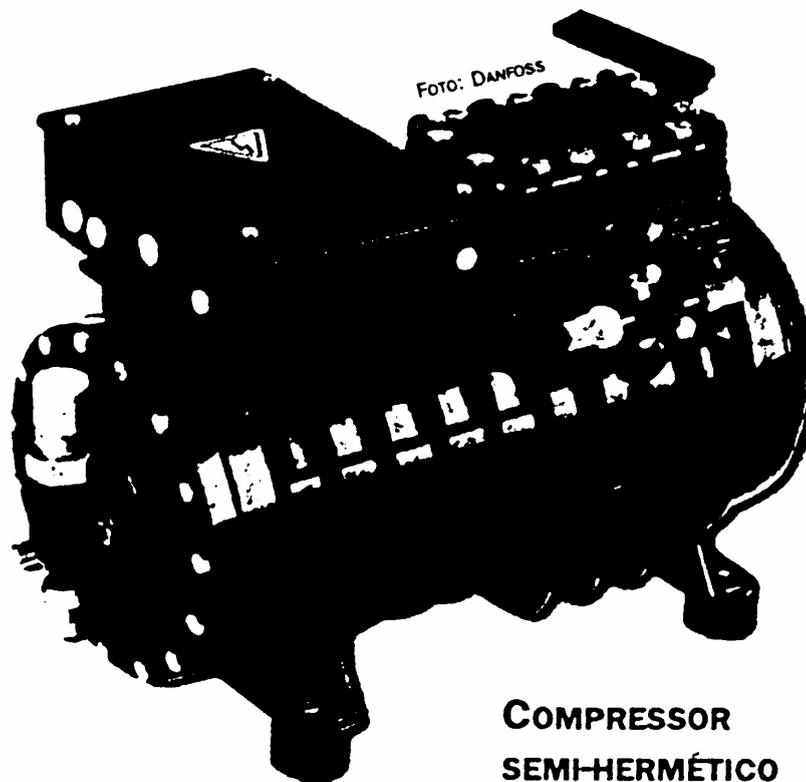


Figura 1.5 – Compressor Semi-hermético.

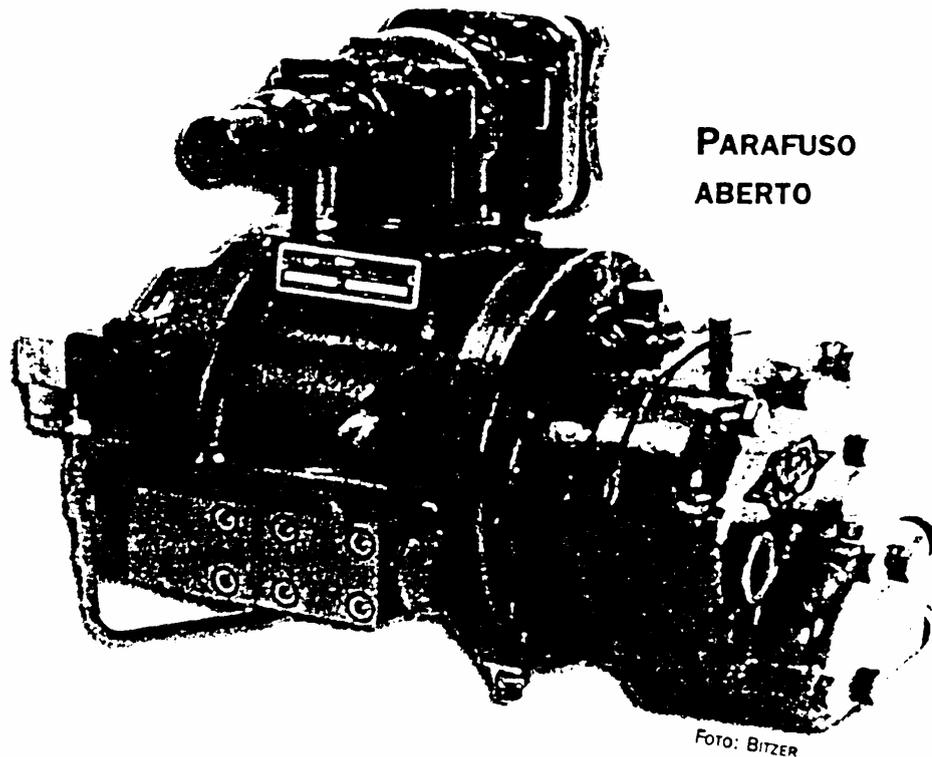


Figura 1.6 – Compressor Parafuso Aberto.

1.3. Aplicações

A aplicação dos compressores está diretamente relacionada, entre outros fatores, à pressão e temperatura de evaporação, tipo de instalação, sistema adotado, e principalmente à capacidade do motor elétrico, geralmente indicada em HP (cavalo-vapor). Existem compressores de capacidades individuais de 1/2 HP até 800 HP. “As capacidades são ilimitadas, pois é possível fazer instalações tipo *rack*, com vários compressores instalados em paralelo, muito aplicadas em sistemas de refrigeração comerciais de médio a grande porte, como é o caso dos hipermercados”.

Relacionando aplicação com modelo de compressor, o tipo recíproco alternativo aberto é mais utilizado em ar condicionado automotivo e de transporte. A razão é o aproveitamento do próprio motor do veículo, sem a necessidade de um segundo motor que comprometeria o desempenho do veículo e aumentaria o consumo de combustível. Grandes instalações industriais (com amônia) e comerciais de pequeno porte também podem fazer uso dos compressores abertos, porém essa tendência é acabar.

Na refrigeração de pequeno porte que utiliza câmaras, balcões frigoríficos e outros, os compressores do tipo hermético têm dominado o mercado. Os herméticos são os mais adequados para pequenas instalações devido ao fato de serem mais fáceis de instalar, não requerem manutenção, são mais econômicos e o custo é mais baixo.

Se a refrigeração fosse classificada por faixas de temperatura de evaporação (baixa para congelados, média para resfriados, e alta para ar condicionado, resfriadores de líquido, secadores de ar, etc...), os herméticos operando a baixa temperatura de evaporação teriam um desempenho pequeno se comparado aos outros tipos de compressores. O mesmo ocorre com compressores abertos quando operam em altas temperaturas de evaporação. Com certeza também teriam limitações, não do ponto de vista do rendimento, mas da resistência mecânica. O único que poderia trabalhar em todas as faixas de temperatura de evaporação sem qualquer restrição seria o alternativo recíproco (pistão) semi-hermético.

A razão do bom desempenho dos semi-herméticos está no fato de poderem operar com estágio simples ou duplo, ou seja, todos os pistões succionando e comprimindo ou uma parte dos pistões succionando e uma segunda parte pegando o fluido já comprimido e dando mais compressão. Os herméticos jamais são em duplo estágio.

Já os rotativos do tipo parafuso ou do tipo centrífugo são mais adequados para capacidades frigoríficas relativamente altas. Hoje, no Brasil, pode-se verificar que os rotativos estão sendo mais aplicados em instalações com necessidade de carga térmica acima de 120 mil kcal/hora. Um exemplo usual desse tipo de aplicação verifica-se em supermercados com área de venda superior a 3000 m². Acima desse porte, os rotativos tipo parafuso são mais usuais e acabam apresentando um custo/benefício superior ao pistão.

1.4. Parâmetros de Trabalho

Para o perfeito funcionamento do compressor, primeiramente, é importante sempre mantê-lo dentro dos padrões para os quais foram projetados os seguintes parâmetros de trabalho:

- pressão de sucção e pressão de descarga;
- temperatura de sucção e temperatura de descarga.

Com esses parâmetros sob controle significa que os compressores estão trabalhando normalmente, sem problemas. São esses os limites que vão indicar se algo de errado está acontecendo com o componente. Alguns fabricantes costumam dizer que os limites de sucção e a temperatura do óleo dentro do cárter do compressor são até mais importantes para diagnosticar possíveis problemas do que os limites de descarga, pois estes acabam dependendo do que ocorre na sucção.

Geralmente o limite de temperatura de descarga para todos os compressores é de 120°C ou 130°C. Fazendo uma analogia com o organismo humano: Quando a nossa temperatura se eleva é sinal de que está havendo algum problema de saúde. Da mesma maneira, quando a temperatura cai, o problema pode ser ainda mais grave. Os compressores não fogem disso. A temperatura mais baixa do óleo do cárter seria de 40°C e a mais alta 60°C, independentemente do tipo de óleo, mineral ou sintético. Dentro dessa faixa de temperatura a saúde do compressor está bem protegida. Se abaixar o limite inferior, existe a possibilidade de entrada de refrigerante na fase líquida no compressor ou golpe de líquido.

1.5. Selecionando o Compressor Correto

O bom funcionamento de uma instalação começa com um projeto bem elaborado. Independente da aplicação, o selecionamento do compressor é uma das etapas fundamentais do projeto, que se não for bem dimensionado pode trazer sérios problemas ao sistema. A escolha do compressor ideal é feita a partir do levantamento dos seguintes dados:

- cálculo correto da carga térmica;
- tipo de aplicação (regime de trabalho). Com esse dado é possível determinar o refrigerante mais adequado;
- temperatura de evaporação;
- temperatura de condensação;
- tipo de condensador (a ar, evaporativo ou a água);
- coeficiente de performance (consumo de energia por kcal/hora fornecido);
- voltagem e frequência da rede elétrica.

Alguns fabricantes, no entanto, fazem questão de destacar que a carga térmica, o regime de trabalho e as características da alimentação elétrica são os principais elementos para escolher

o tipo de compressor ideal. Com esses três elementos, mais a redução do consumo de energia, já é possível escolher o tipo de compressor.

1.6. Instalação: Cuidados Importantes

Para o bom funcionamento do equipamento é necessário uma boa seleção e principalmente uma boa instalação. Selecionado o compressor correto, o passo seguinte é instalá-lo. Para isso, é muito importante realizar alguns procedimentos indispensáveis para o perfeito funcionamento do compressor e do sistema. Caso contrário, será inevitável o aparecimento de problemas que poderão ocasionar até a quebra do equipamento.

Até pouco tempo atrás não havia uma regra geral para instalação de compressores. Com o aparecimento dos novos fluidos refrigerantes e a utilização de óleos lubrificantes sintéticos, algumas práticas são absolutamente indispensáveis e outras completamente descartáveis. Isso porque ao contrário do óleo mineral, que possui um poder higroscópico (capacidade de absorver umidade) muito pequeno quando comparado ao semi-sintético e ao sintético, como os poliol éster. Esta umidade absorvida pelo óleo é difícil de ser removida, mesmo utilizando calor e/ou vácuo. Além disso, os óleos minerais ficam dentro dos padrões para utilização em refrigeração mesmo aberto durante dias, meses, sem que haja qualquer tipo de problema de excesso de umidade. Já os sintéticos não: se ficarem em contato com o ambiente externo por mais de duas horas perdem totalmente suas características e ficam inutilizáveis.

Os fabricantes também chamam a atenção para o acoplamento no momento da instalação dos compressores abertos. Lembrando que existe instrumentação adequada e de acordo com o tipo de acoplamento existem tolerâncias não só do compressor, mas do próprio acoplamento que têm de ser respeitadas, do ponto de vista angular e de alinhamento. No hermético essa etapa da instalação não tem necessidade de ser realizada porque todos os componentes já estão no mesmo eixo.

Verifique outras práticas indispensáveis para o bom funcionamento do sistema que estão relacionadas com a instalação do compressor.

Descontaminação do sistema: Um problema muito comum em toda instalação frigorígena é a existência de depósitos de carbono, óxido de cobre e outras impurezas após o processo das soldagens.

No momento da realização da solda, as palhetas do compressor ficam pretas, sujas com ácidos. Quando o compressor parte, toda essa sujeira acaba parando em partes mecânicas importantes do compressor, como, por exemplo, mancal causando desgaste e ruído ou na placa de válvula, acarretando na diminuição da capacidade frigorífica.

A solução ideal para eliminar essas partículas é circular nitrogênio por dentro do sistema. O nitrogênio através de uma reação química retira o oxigênio e não permite que haja o processo de oxidação (a reação de ficar preta é a reação do oxigênio, não cria o óxido de cobre). O compressor é uma parte mecânica de precisão, não pode ter nada que não seja vapor. As maiores sujeiras são provenientes dos processos de soldagem da tubulação, que é comum ocorrerem.

Em relação à limpeza, atualmente também os fabricantes têm falado muito sobre a instalação de filtros na linha de líquido com características de neutralização de ácidos, absorção de umidade e de partículas na instalação, para que os contaminantes sejam barrados e inibidos antes de chegar a atingir pontos vitais na instalação. Esses filtros são geralmente colocados na linha de líquido e na sucção, ou seja, onde poderia haver depósito de partículas e a formação de ácidos devido à carbonização de óleo, presença de umidade no sistema.

Outro detalhe, simples, porém muito comum de ocorrer é a falta de verificação das tensões elétricas (volts). No momento da instalação, caso a fonte de energia elétrica não seja compatível com as características do equipamento pode ocasionar a queima imediata do compressor, ou o desempenho abaixo do esperado. Durante o processo de queima, o motor libera uma série de

substâncias, que se espalham no sistema inteiro. Entra mais uma vez a limpeza. Isso só comprova o quanto esta etapa é importante para o sistema e sempre deve ser realizada cuidadosamente.

Desidratação: Desidratar um sistema nada mais é do que retirar a umidade existente. Executar um bom vácuo, não superior a 500 microns, pois quanto mais profundo for o vácuo, melhor será para o compressor. Essa recomendação visa garantir a isenção de umidade, que é “um veneno” ao sistema, porque a umidade reage com os fluidos e formam compostos químicos (ácidos) que decompõem e penetram no compressor. O ácido fluorídrico vai atacar todos os pontos onde há solda na tubulação podendo até apresentar com o tempo furos na tubulação ocasionando vazamentos”.

A água é o pior dos componentes que podem prejudicar o compressor. No circuito frigorífico o vácuo é indispensável. Em uma instalação de média ou baixa temperatura, a umidade causa, a princípio, problemas de funcionamento, pois vai congelar imediatamente os dispositivos de expansão, seja na válvula ou capilar. O reparo imediato nesses casos é abrir o sistema e fazer corretamente o vácuo.

Tomado os principais cuidados, os fabricantes recomendam sempre executar a carga de fluido refrigerante especificada no compressor e utilizar o refrigerante correto. Além disso, é fundamental respeitar os limites operacionais do compressor como pressões (de descarga e sucção), temperaturas (de descarga e sucção) definidas pelo fabricante.

1.7. Análises de Problemas

Geralmente os problemas que ocorrem com o compressor estão ligados com uma má instalação, porém toda máquina é suscetível a falhas. Mas, se todos os cuidados forem tomados, é bem difícil que o compressor apresente defeitos. Mesmo assim, foram observados alguns problemas que podem ocorrer, apesar de todos os cuidados.

- Golpe ou retorno de líquido: pode ocorrer se o fluxo de ar através do evaporador for restrito. Isto diminui a eficiência da serpentina de modo que o refrigerante não é completamente vaporizado ao deixar o evaporador. Isto pode ocorrer se o evaporador for congelado, se seu filtro estiver sujo ou se o ventilador de circulação falhar. Uma outra possibilidade de que esse fenômeno ocorra é quando o sistema for carregado excessivamente ou se o dispositivo de expansão não for selecionado corretamente.

Um mecanismo projetado para vapor pode quebrar quando recebe líquido. O principal sintoma acontece quando o óleo no visor do compressor permanece extremamente floculado, o que dá a impressão de espuma no visor. Pode também aparecer ruído excessivo no cabeçote do compressor ocasionando uma possível queima de palhetas (válvulas). A correção da falha seria primeiramente identificar a falha no sistema de evaporação que pode ser na válvula de expansão, no fluxo de troca de calor ou na quantidade de fluido frigorígeno.

- Retorno inadequado de óleo: pode ser um problema nos sistemas onde o evaporador e o condensador estão separados por longas tubulações. Esta situação cria a possibilidade de velocidades de refrigerantes que não retornem o óleo na velocidade apropriada assim como a possibilidade de retenção no sistema.

- Superaquecimento: num sistema de refrigeração existem várias fontes de calor, incluindo o calor gerado pela compressão e evaporação do fluido, atrito dos mancais e bobinados do motor. Se as temperaturas do bobinado do motor e do óleo do compressor excederem os limites recomendados, o compressor falhará. Se o limite de temperatura de descarga exceder, o óleo ao redor das válvulas de descarga degradarão e queimarão, fazendo com que as válvulas falhem. Paralelo a isso, o carvão formado nesse processo contaminará o sistema, fazendo com que os

filtros, o dispositivo de expansão e o sistema de lubrificação do compressor fiquem bloqueados. Os sintomas são a descoloração da pintura do compressor na área do cabeçote e/ou perda de rendimento do sistema. Para corrigir deve-se ajustar a temperatura de retorno do fluido na sucção do compressor.

- Mau dimensionamento do compressor: o desaparecimento do óleo do compressor é o principal sintoma de que o equipamento foi mal selecionado. A solução eficaz é redimensionar o compressor.

1.8. Práticas Condenáveis

Algumas práticas realizadas no dia-a-dia por mecânicos ou técnicos podem ser muito prejudiciais para o compressor, ocasionando muitas vezes a queima do equipamento.

A primeira delas, e que nunca deve ser realizada, é utilizar o compressor para fazer vácuo. Essa prática, considerada absurda pelos fabricantes, surgiu no setor pela falta de conhecimento técnico na área e vem passando de pai para filho. Além de não realizar o vácuo necessário, ainda compromete o compressor. Tecnicamente isso é impossível, pois compressores para refrigeração não são projetados para atingir níveis de vácuo suficientes para a eliminação de umidade no sistema. Tem que utilizar bomba de vácuo. Para a completa desidratação do sistema, deve-se atingir, exemplo, valores abaixo de -29 polegadas de Hg (que equivalem a 200 microns) e isso só é possível com uma bomba de alto vácuo.

Outro hábito extremamente prejudicial para o sistema, mas que infelizmente muitos profissionais insistem em realizar: a utilização de anticongelante tipo álcool metílico. O álcool metílico é um veneno para o compressor, atacando mais rapidamente a placa de válvula. Essa prática acontece em razão da umidade presente na instalação que foi mal desidratada, sem o vácuo necessário, formando pequenas pedras de gelo ou no capilar ou na válvula de expansão.

Outro procedimento incorreto para tentar acabar com a umidade no sistema, muito praticado pelos profissionais do frio, é fazer a purga e não o vácuo. A purga é a maneira de pressurizar o compressor por um lado fazendo o fluido refrigerante sair por outro e com isso se admite que todo ar com umidade vai ser expurgado. O que ocorre é que na hora da purga vaza mais do componente de maior volatilidade, como os novos refrigerantes. Dessa maneira ocorrem mudanças na concentração dos componentes, gerando um problema muito sério.

Devido a essas conseqüências, o profissional de campo nunca deve pular nenhuma das etapas para uma boa instalação, e principalmente realizá-las de maneira correta e com os equipamentos e ferramentas adequadas.

2. COMPRESSOR ABERTO

O compressor aberto é o elemento utilizado no sistema de refrigeração para fazer circular o gás refrigerante. Chama-se compressor aberto por que sua parte de compressão é facilmente desmontável. Sua movimentação é feita por meio de um motor elétrico ou a combustão.

Os compressores abertos são fabricados geralmente com capacidade entre 1/8 HP e 300 HP.

A lubrificação interna do compressor aberto pode ser feita de duas formas distintas:

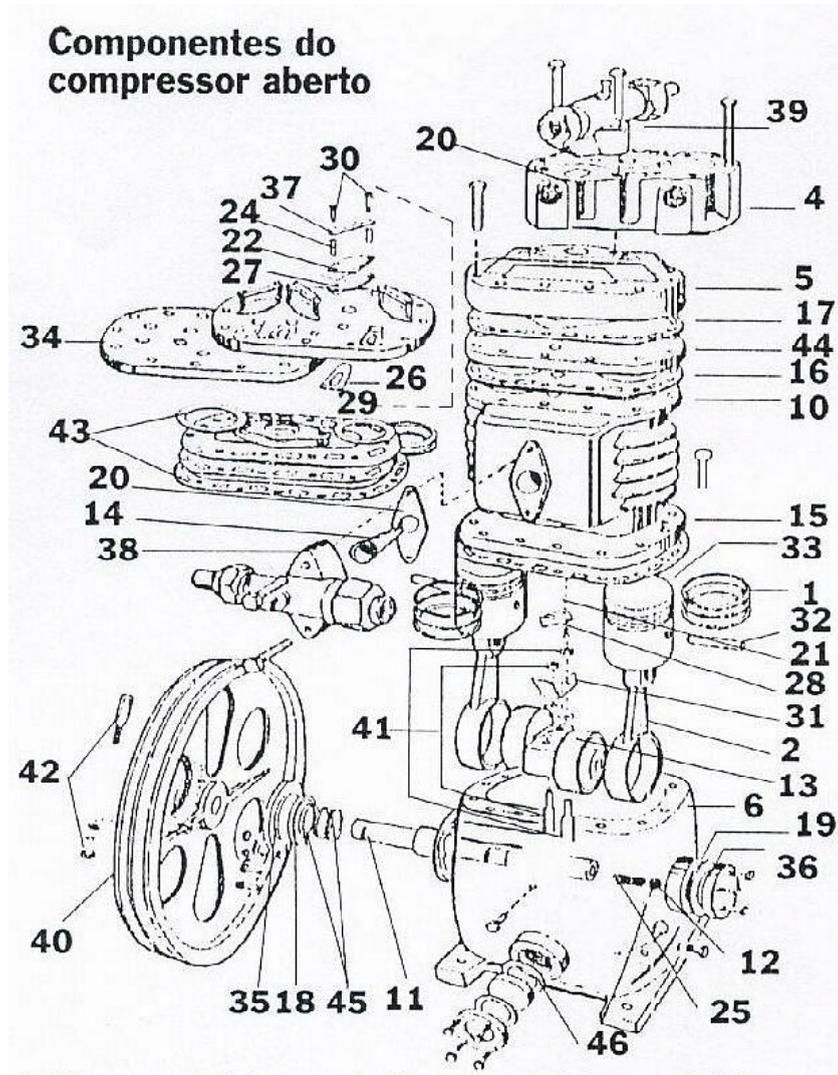
- Com salpicos;
- Por bomba (sistema forçado).

Nos sistemas de lubrificação com “salpico” (fig. 2.2), o pescador existente na biela ou excêntrico, ao girar, mergulha no depósito de óleo e joga este para a parte superior.

Desse modo, o óleo cai em gotas sobre os demais componentes móveis, lubrificando-os.

Dependendo da potencia do compressor, o resfriamento do seu cabeçote pode ser através de dois processos: a ar ou água.

No processo a ar, o resfriamento consiste em fazer circular natural pelas aletas do bloco (fig. 2.3).



Legenda

01-Anel de compressão, 02-Biela, 04-Cabeçote resfriado a água, 06- Câster, 10- Cilindro, 11- Eixo, 12- Esfera de aço, 13- Excêntrico, 14- Filtro de admissão, 15- Guarnição câster cilindro, 16- Guarnição cilindro capa, 17- Guarnição placa cabeçote, 18- Guarnição tampa dianteira, 19- Guarnição tampa traseira, 20- Guarnição válvula serviço, 21- Lâmina de retorno de óleo, 22- Lamina limitadora de curso, 24- Mola de válvula de descarga, 25- Mola do eixo, 26- Palheta de admissão, 27- Palheta de descarga, 28- Parafuso p/ palheta de admissão, 30- Parafuso p/ palheta de descarga, 31- Pescador de óleo, 32- Pino de pistão, 33- Pistão, 34- Placa de válvula, 35- Tampa dianteira, 36- Tampa traseira, 37- Trava de válvula de descarga, 38- Válvula serviço de admissão, 39- Válvula de serviço de descarga, 40- Volante, 41- Conjunto chaveta p/ excêntrico, 42- Conjunto chaveta p/ volante, 43- Conjunto de guarnições, 44- Conjunto placa de válvula, 45- Conjunto de vedação, 46- Conjunto de

Figura 2.1 –Componentes do compressor aberto.

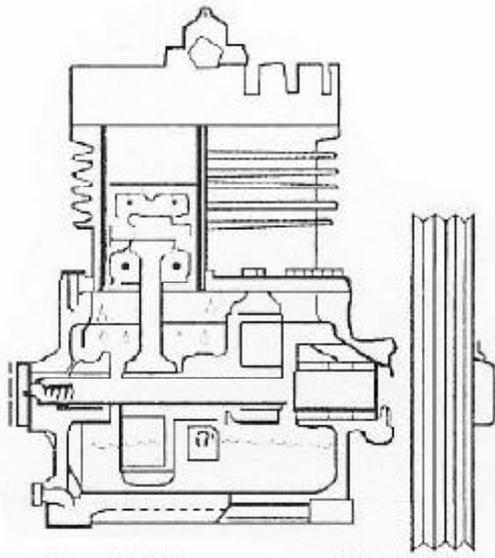


Figura 2.2 – Sistema de lubrificação com “salpico”.

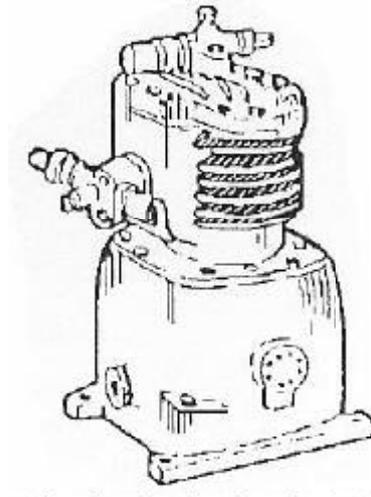


Figura 2.3 – Compressor com resfriamento a ar.



Figura 2.4 – Compressor com resfriamento a água.

2.1. Mancais

Chama-se mancal de deslizamento ou roçamento todo aquele em que o apoio do eixo é formado por um material de coeficiente de dureza inferior ao eixo e com características de prolongar a vida de peças móveis de maior responsabilidade e custo elevado.

Geralmente os mancais são usinados no compressor e protegido por bronzinas do tipo bucha ou bronzinas de meias-canas (fig. 2.5).

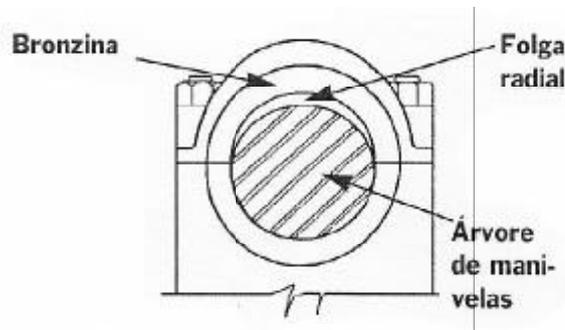


Figura 2.5 – Mancal de deslizamento.

As bronzinas são formadas por uma capa de aço e forradas internamente por uma camada microfina de ababite (metal branco).

Em refrigeração, os mancais merecem grande atenção, por causa dos sistemas de lubrificação e dos tipos de óleo usado.

O óleo tem sempre a finalidade de lubrificar os mancais, porém em refrigeração ele circula pelo sistema. Vem daí a necessidade da sua fluidez e também a característica de ser incongelável.

Existem compressores cujos mancais são de rolamentos. Funcionam com base no movimento de rolamento, em vez de utilizar o princípio do deslizamento (fig. 2.6).

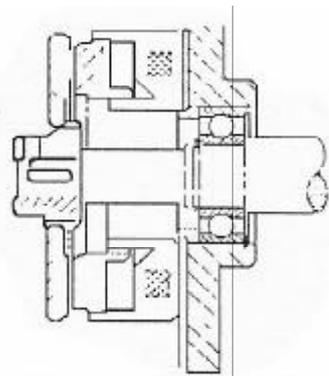


Figura 2.6 – Mancal de Rolamento.

2.2. Placa de válvulas

É o suporte de válvulas, de palhetas ou discos que fica montado entre o bloco de cilindro do compressor e o cabeçote. Sua principal função é permitir uma montagem das palhetas e facilitar o acesso para o manuseio, bem como a retenção e pressão dos gases sobre o pistão, o qual garante um desempenho com segurança e eficiência.

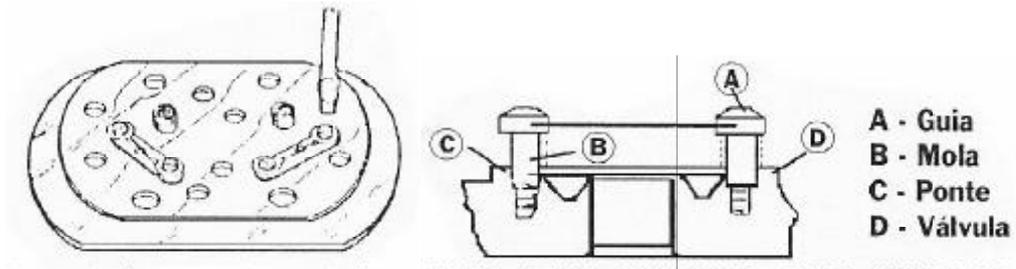
A placa de válvulas é construída com margem de segurança que permite varias retificações. Seu material é de dureza inferior à do material das palhetas. As figuras 2.7 e 2.8 mostram uma placa de válvulas contendo válvulas de baixa e alta pressão. A verificação do rendimento do compressor depende da boa vedação entre a sede e a válvula.

Se a válvula de baixa pressão não vedar, o compressor não comprimirá o gás do cabeçote. E se a válvula de alta pressão não vedar, comprimirá. Entretanto, não reterá o gás no cabeçote, quando a máquina parar, conseqüentemente, o gás quente em alta pressão retornará do condensador para o evaporador, através da válvula de alta e baixa, passando pela linha de sucção descongelará totalmente o evaporador, dificultando a partida do compressor.

Esse tipo de vazamento ocorre nas válvulas trincadas, ou nas que possuam a sede das válvulas riscadas ou danificadas. Válvulas com sede trincada devem ser trocadas.

Placa riscada ou deformada pelo uso pode ser recuperada por meio de:

Retificação da superfície com utilização de retificadores planos ou por sistemas de rodagem. Consiste em atritar a placa sobre uma base de aço plana, tendo entre duas superfícies grãos abrasivos, juntamente com óleo lubrificante.



Figuras 2.7 e 2.8 – Placas de válvula.

2.3. Selo de vedação

É o elemento de vedação hermética do compressor, entre a árvore e o bloco. É uma peça de suma importância. Sua função é impedir a fuga do refrigerante por esta parte, quando existir pressão positiva no cárter, e evitar entrada de ar no sistema, quando a instalação está em vácuo, permitindo o movimento livre da árvore.

Quanto à sua construção, existem vários tipos, como: tipo sanfona (*stuffing-box*), selo giratório (*rotaty seal*) e os vedadores contrapostos sobre o eixo.

O selo de vedação consta de um sistema de sedes: uma é estacionária no corpo do compressor e a outra gira com a árvore. Sua superfície de vedação é geralmente construída de aço, bronze ou grafite. Existe uma mola, em sua montagem, que permite o ajuste permanente entre as sedes.(fig. 2.9). O selo da vedação é lubrificado pelo óleo do cárter do compressor.

Para a montagem do selo de vedação, é necessário que o mecânico tenha todo o cuidado e obedeça às recomendações, pois dessa operação depende o bom funcionamento do sistema.

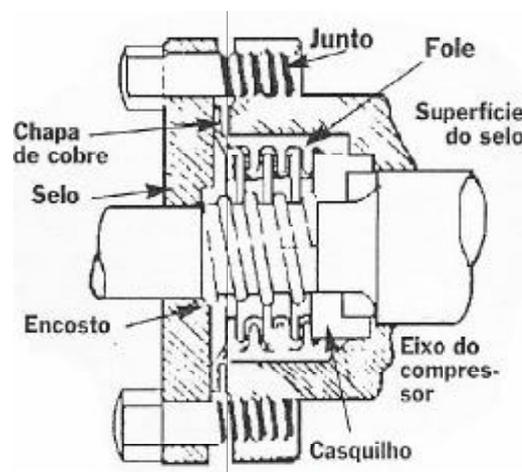


Figura 2.9 – Selo de vedação.

3. OPERAÇÃO DE DESMONTAGEM DO COMPRESSOR ABERTO

O trabalho de desmontar um compressor aberto simplesmente é retirar ordenadamente as peças que o compõe. Esta operação tem por finalidade dar condições de inspeção as peças de um compressor. É necessário este tipo de trabalho quando o mesmo apresenta deficiência no seu funcionamento.

- **1º passo: Drene o óleo de Cárter.**

a) Retire o tampão cônico do Cárter usando uma chave própria (fig. 3.1)

b) Deixe escapar o óleo.

Observações:

1. Use bandeja para recolher o óleo.

2. Não aproveite o óleo retirado.

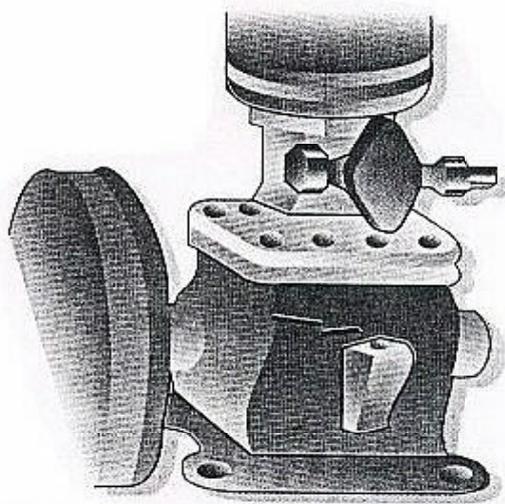


Figura 3.1 – Drenagem de óleo do cárter.

- **2º passo: Retire o cabeçote e a Placa de válvulas.**

a) Desaperte ordenadamente os parafusos, conforme indicado na fig. 3.2.

b) Remova o cabeçote.

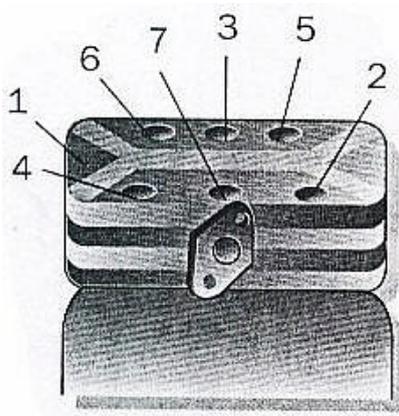


Figura 3.2 – Retiragem do cabeçote e placa de válvulas.

- **3º passo: Desmonte as válvulas da placa.**

- a) Retire o contrapino.
- b) Afrouxe o suporte das válvulas (fig. 3.3)
- c) Remova as válvulas.

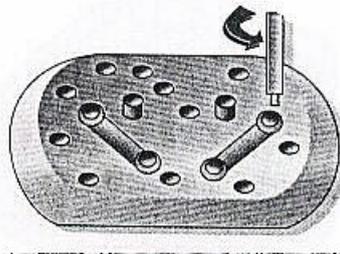


Figura 3.3 – Desmontagem das válvulas de placas.

- **4º passo: Desmonte o bloco de cilindros.**

- a) Desaperte e retire os parafusos que fixam os blocos do cilindro ao Cáster (fig. 3.4).

Observação:

Ao retirar o bloco, cuidado para não deixar os pistões baterem no Cáster. Evite girar a polia.

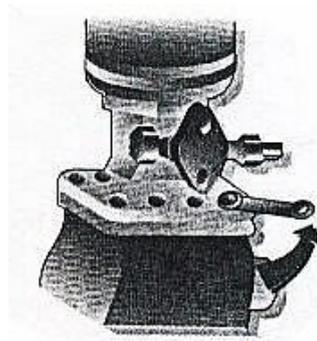


Figura 3.4 – Desmontagem do bloco de cilindros.

- **5º passo: Retire os pistões (fig. 3.5).**

Observações:

1. Use extrator próprio para os pinos.
2. Marque os pistões em relação aos cilindros.

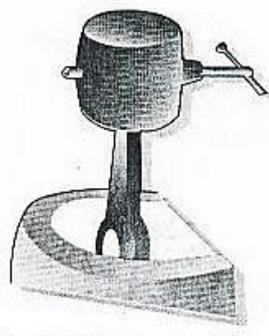


Figura 3.5 – Retiragem de pistões.

- **6º passo: Retire a polia.**

a) Usando dispositivo apropriado, trave a polia e desaperte porca da extremidade da árvore.

b) Retire a polia da extremidade da árvore, usando o extrator (fig.3.6).

Precaução: Quando se tratar de modelos de grandes dimensões, solicite ajuda de um colega, para evitar ferir-se.

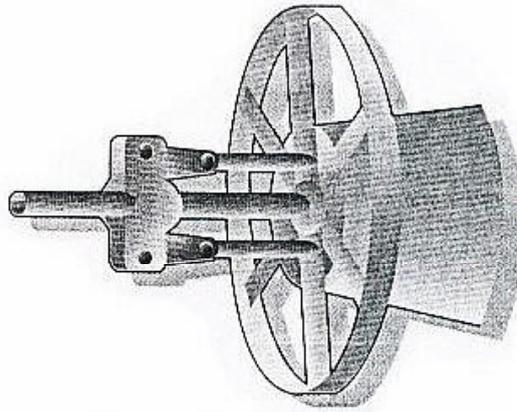


Figura 3.6 – Retiragem da polia.

- **7º passo: Retire o selo de vedação.**

a) Afrouxe e retire os parafusos do flange.

b) Remova o flange (fig. 3.7).

c) Retire o selo e sua sede.

Observação: Use extrator próprio.

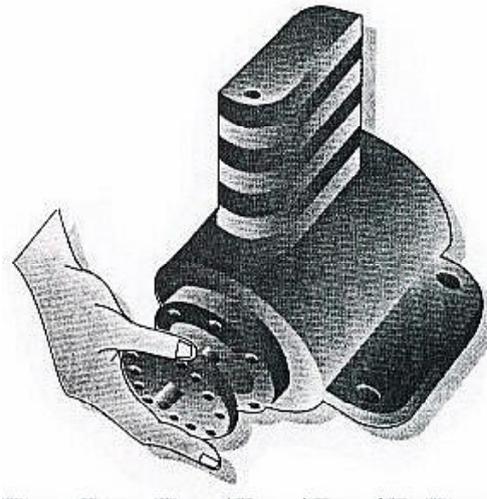


Figura 3.7 – Retiragem da sela de vedação.

- **8º passo: Retire a árvore do excêntrico.**

a) Desaperte e retire o parafuso do excêntrico. (fig. 3.8A).

b) Retire o batente da árvore (fig. 3.8B).

c) Desloque a árvore.

Observações:

1. Use saca-pino de latão e martelo.
2. As bielas devem retornar aos pistões em que estavam montadas.

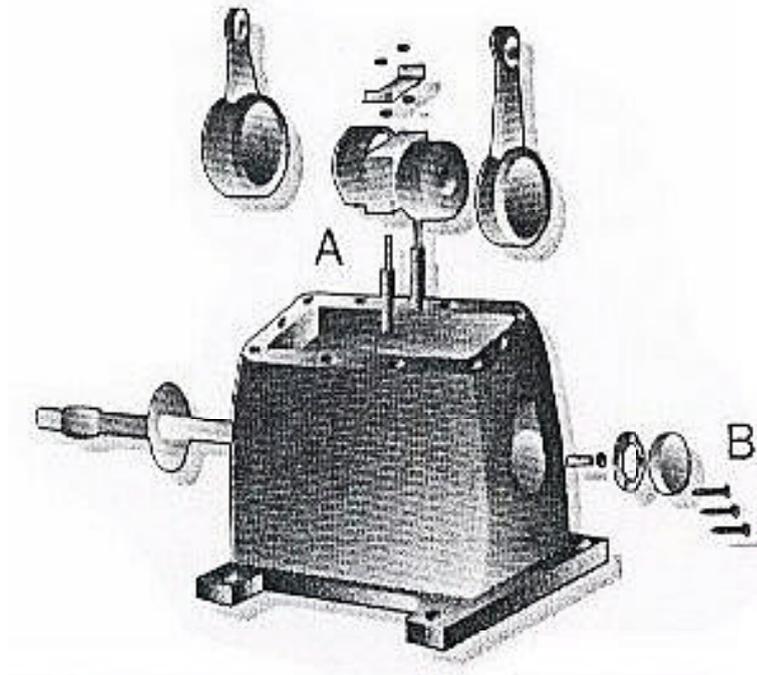


Figura 3.8A e 3.8B – Árvore de excêntrico.

4. OPERAÇÃO DE MONTAGEM DO COMPRESSOR ABERTO

É a reunião das peças inspecionadas e novas que substituírem as defeituosas e que, em seqüência lógica de montagem, darão novamente condições de funcionamento.

- **1º passo: Lave todas as peças com solvente próprio e seque-as em ar seco.**

- **2º passo: Instale a excêntrico e a árvore.**

- a) Coloque as bielas corretamente no excêntrico (fig. 4.1)
- b) Coloque o excêntrico e as bielas no interior do cárter (fig. 4.1A).
- c) Introduza a árvore no excêntrico, até o limite (fig. 4.1B).

Observação:

1. Monte as peças já lubrificadas, com óleo incongelável.
2. Posicione corretamente a lâmina pescadora de óleo.

- d) Aperte os parafusos de fixação do excêntrico na árvore.
- e) Coloque o batente da árvore.

Observação:

Verifique a posição correta da esfera.

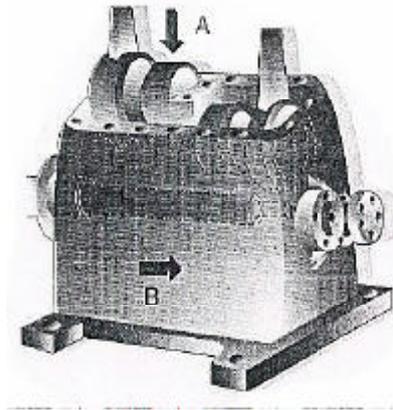


Figura 4.1A e 4.1B – Montagem do excêntrico e da árvore.

- **3º passo: Monte o selo de vedação e o Flange (fig. 4.2).**

Observação:

1. Use protetor na ponta da árvore.
2. Aperte os parafusos de fixação no flange ordenadamente.

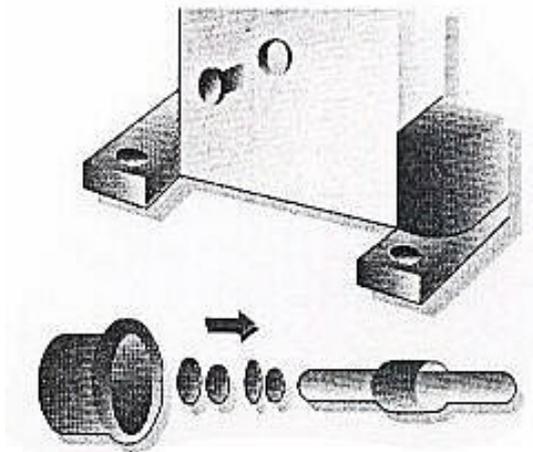


Figura 4.2 – Montagem do selo vedação e da flange.

- **4º passo: Monte a polia do eixo da árvore, coloque a porca na extremidade do eixo e aperte-a.**
- **5º passo: Monte os pistões nas Bielas.**
- **6º passo: Monte o bloco de cilindro (fig. 4.3).**

- a) Coloque nova junta.
- b) Alinhe os pistões com os cilindros.

Observação:

Para pistão que tem anéis de segmento use ferramenta apropriada para colocação no cilindro.

- c) Pressione o bloco até encostá-lo no cárter.
- d) Coloque os parafusos de fixação.

Observação:

Aperte os parafusos ordenadamente.

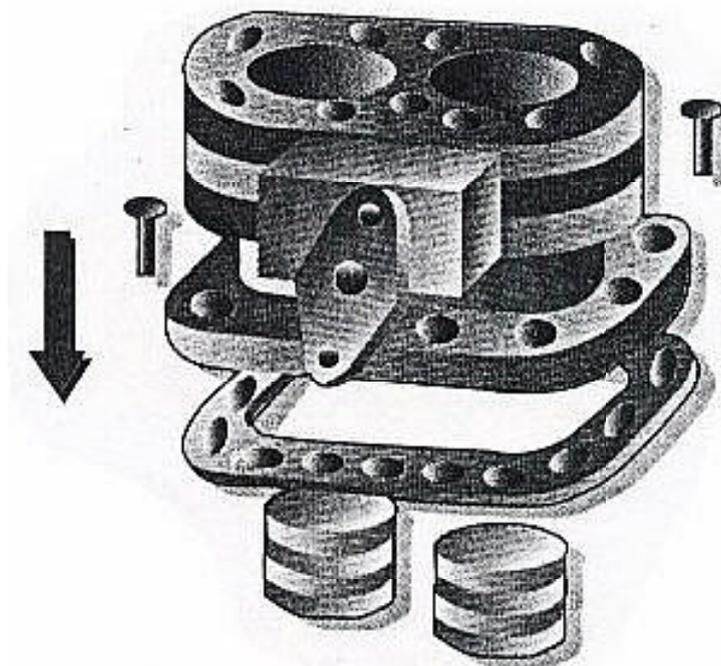


Figura 4.3 – Montagem do bloco.

- **7º passo: Monte as válvulas na placa (fig. 4.4).**

- b) Coloque as válvulas no suporte.
- c) Aperte o suporte.
- d) Contrapine-os.

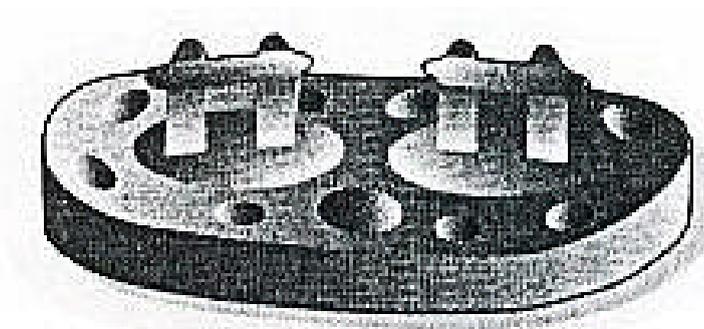


Figura 4.4 – Montagem de válvulas no suporte.

- **8º passo: monte a placa de válvula e o cabeçote no bloco (fig. 4.5).**

- a) Coloque junta no bloco.
- b) Coloque a placa de válvula no bloco.
- c) Coloque junta na placa.
- d) Coloque o cabeçote.
- e) Coloque os parafusos e aperte-os ordenadamente.

Observação:

O aperto final deve ser dado com o torquímetro.

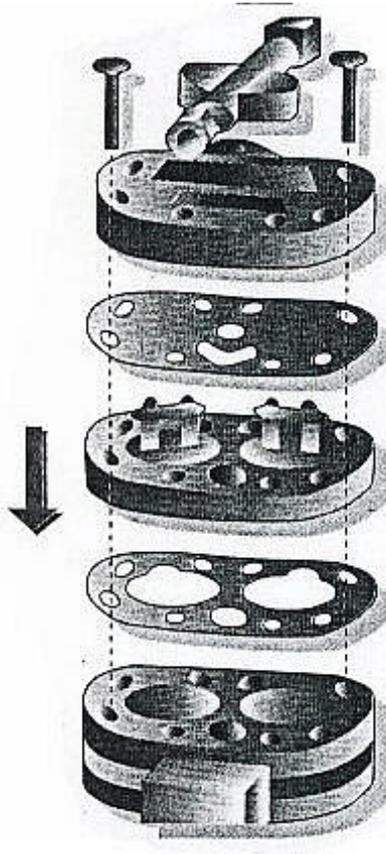


Figura 4.5 – Montagem da placa de válvulas e do cabeçote no bloco.

- **9º passo: Coloque óleo no cárter, recoloque o botijão e aperte-o.**

Observação:

Quanto ao tipo de óleo a ser colocado, siga as instruções do fabricante.

Observação:

Verifique o nível de óleo pelo visor. O nível deve ser $\frac{3}{4}$ do visor com o compressor parado.

5. OPERAÇÃO DE TESTE DO COMPRESSOR DO SISTEMA

O teste com o compressor de um sistema aberto é destinado a verificar as condições de funcionamento do compressor. É feita sempre que necessário nos períodos de revisão preventiva ou na recuperação do compressor.

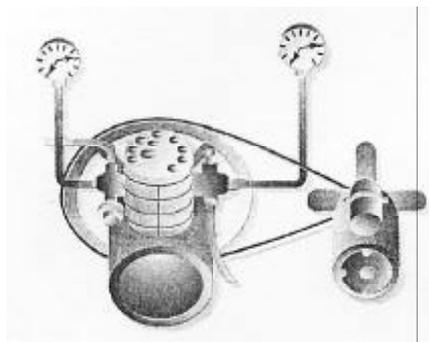


Figura 5 – Instalação do manômetro.

- **1º Passo: Instale dos Manômetros de alta e baixa pressão**

- a. Retire os capacetes das válvulas de serviço.
- b. Desaperte as porcas das gaxetas.
- c. Feche as válvulas de serviço para manômetro.
- d. Retire os niples-tampão (fig. 5.1).
- e. Instale os niples (fig. 5.2).
- f. Instale as mangueiras com os manômetros de alta e baixa (fig. 5.3).
- g. Abra as válvulas de serviço para os manômetros de alta e baixa.

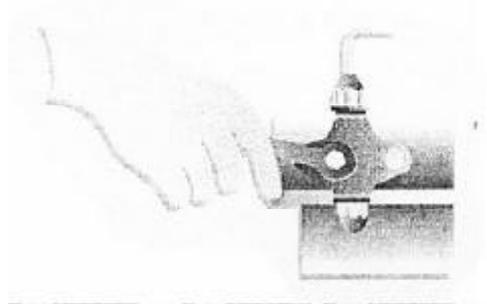


Figura 5.1 – Retiragem do tampão.

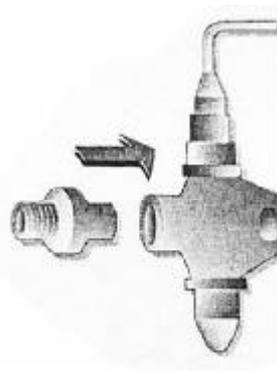


Figura 5.2 – Instalação dos niples.

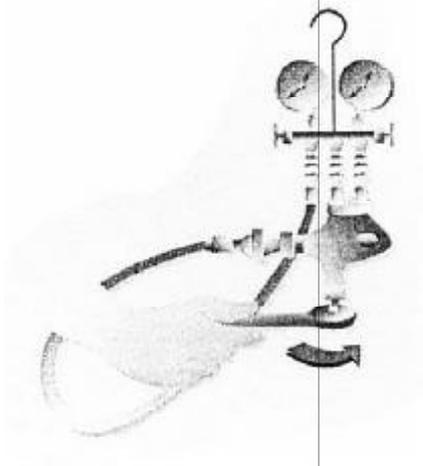


Figura 5.3 – Instalação das mangueiras.

- **2º Passo: Faça os testes de vazamentos**
- **3º Passo: Faça o teste de baixa pressão.**

- i. Feche a válvula de serviço da sucção para a linha.
Observação: caso haja pressolato no sistema, devemos fazer o travamento do mesmo e libera-lo após o término da operação.
 - ii. Faça funcionar o compressor, até que atinja a leitura de 23" de vácuo, aproximadamente.
 - iii. Desligue o motor.
Observações: aguarde por algum tempo para ver se a leitura permanece. Caso a leitura não permaneça, repare a placa de válvula.
 - iv. Abra novamente a válvula de serviço da sucção para a linha.
- **4º Passo: Retire o manômetro de alta e baixa pressão**
 - Feche as válvulas de serviço de sucção e descarga, nas quais estão conectados os manômetros.
 - Aperte as porcas das gaxetas.
 - Instale e aperte os capacetes das válvulas de serviço.
Observação: verifique se não há ruídos no compressor.
 - Abra novamente a válvula de serviço da sucção para a linha.

6. RETIRAR E INSTALAR COMPRESSORES NA BASE

Essa tarefa é necessária para fins de reparação do compressor, nos casos de avaria motivada por longo tempo de uso ou desgaste em suas peças móveis, ou para vedação de selos. Sua reposição é obrigatória logo após a reparação.

- **1º Passo: Instale o manifold com a mangueira**

Precauções: desligue a chave geral.

- **2º Passo: Feche as válvulas de serviço**

- a. Feche totalmente as válvulas de serviço de alta e baixa pressão para a linha.
- b. Recolha o fluido refrigerante contido no compressor com um equipamento recolhedor.

- **3º Passo: Retire a correia em V**

- a. Afrouxe os parafusos que fixam a base do motor elétrico.
- b. Desloque o motor lateralmente, até que a correia fique frouxa.
- c. Remova as correias da polia.

- **4º Passo: Retire o compressor**

- a. Retire os parafusos que fixam as válvulas de serviço no compressor (fig. 6.1).

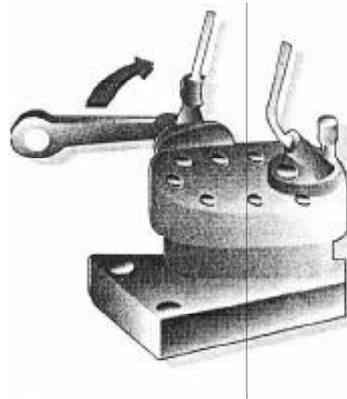


Figura 6.1 – Retiragem dos parafusos de fixação das válvulas.

- b. Retire os parafusos que fixam o compressor na sua base (fig. 6.2).
- c. Remova o compressor.

Observação: desloque o compressor com cuidado para não amassar ou furar o condensador.

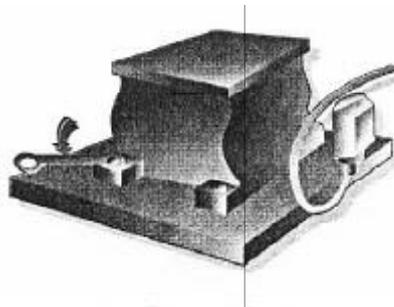


Figura 6.2 – Retiragem dos parafusos de fixação do compressor.

• **5º Passo: Instale o compressor reparado ou novo**

- a. Apóie o compressor na base e coloque os parafusos.
- b. Coloque o filtro de tela cônico na câmara de baixa pressão.
- c. Coloque e aperte os parafusos que fixam a válvula de serviço (fig. 6.3).

Observação: coloque juntas novas nas válvulas de serviço.

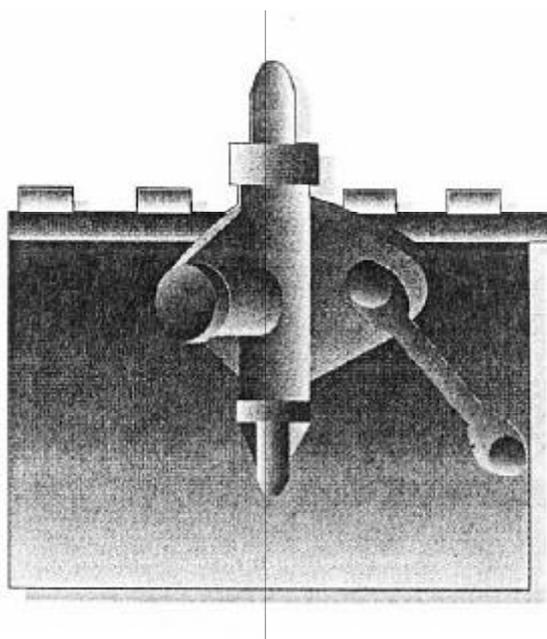


Figura 6.3 – Colocação dos parafusos de fixação das válvulas.

- **6º Passo: Instale a correia em “V”**
 - a) Coloque a correia nas polias (fig. 6.4).

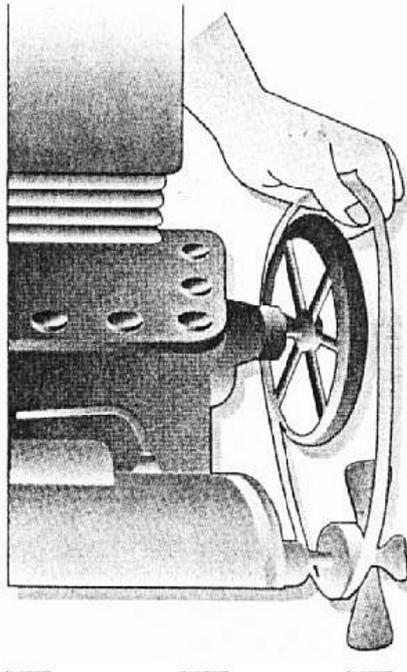


Figura 6.4 – Colocação da Correia da polia.

- b) Desloque o motor, até que a correia fique esticada, observando o procedimento para verificar a tensão da mesma.
- c) Alinhe a correia, colocando uma régua em paralelo com a polia (fig. 6.5).

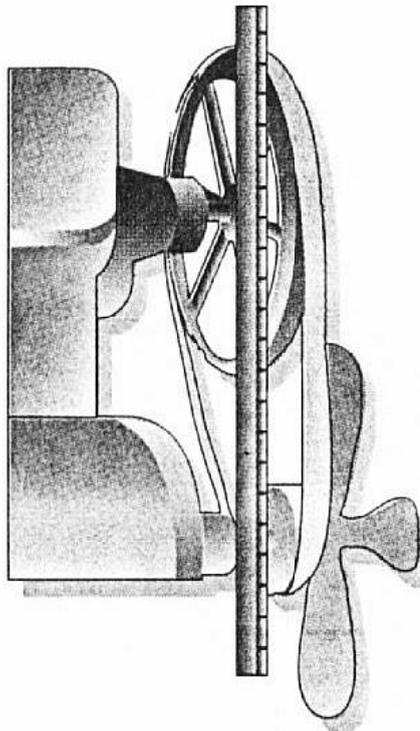


Figura 6.5 – Esquema de alinhamento da Correia.

d) Aperte os parafusos que fixam o motor na base.

7. COMPRESSORES ALTERNATIVOS PARA REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL

Os compressores alternativos foram os primeiros a ser utilizados comercialmente em refrigeração industrial. Apesar disso, este tipo de compressor vem sendo aprimorado, e não se pode considera-lo um tipo antiquado d compressor.

Inicialmente o compressor era monocilíndrico e acionado por polis enormes, pois só podia girar a baixas rotações. Com os anos passou-se a utilizar compressores multicilíndricos, de alta rotação e com controle de capacidade.

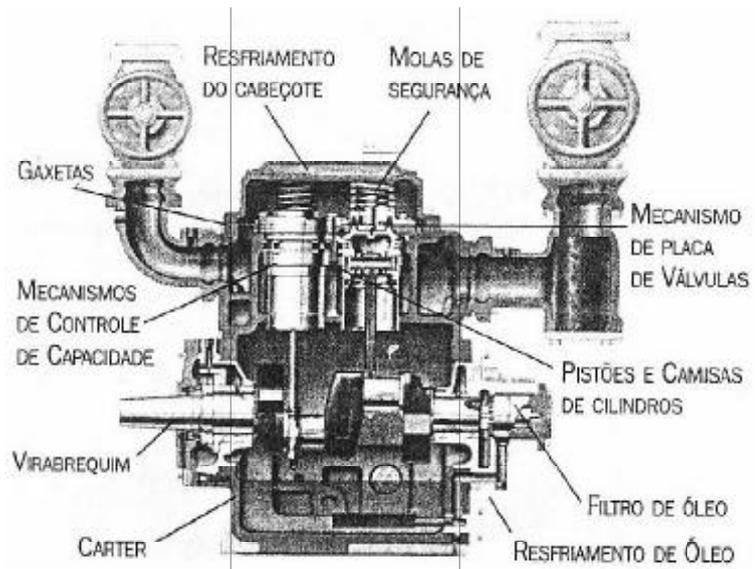


Figura 7.1 – Compressor tipo pistão em corte.

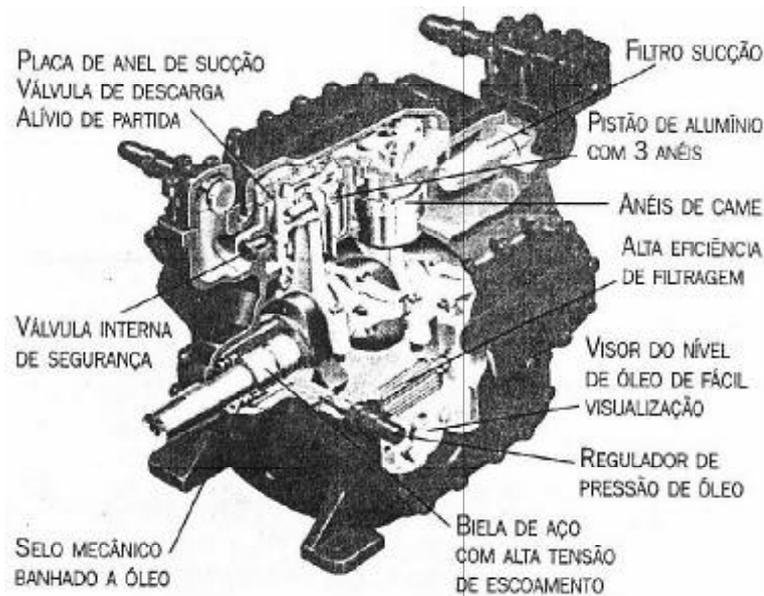


Figura 7.2 – Unidade compressora compacta em corte.

Com o surgimento de outros compressores dizia-se que o compressor pistão estaria ultrapassado em um futuro próximo. O que de fato ocorreu foi que os compressores pistão tornaram-se compactos e aplicáveis a uma faixa de capacidades onde têm rendimento elevado. Este fato somado ao baixo custo e facilidade de manutenção e instalação fazem dos compressores alternativos uma excelente opção para sistemas de refrigeração industrial.

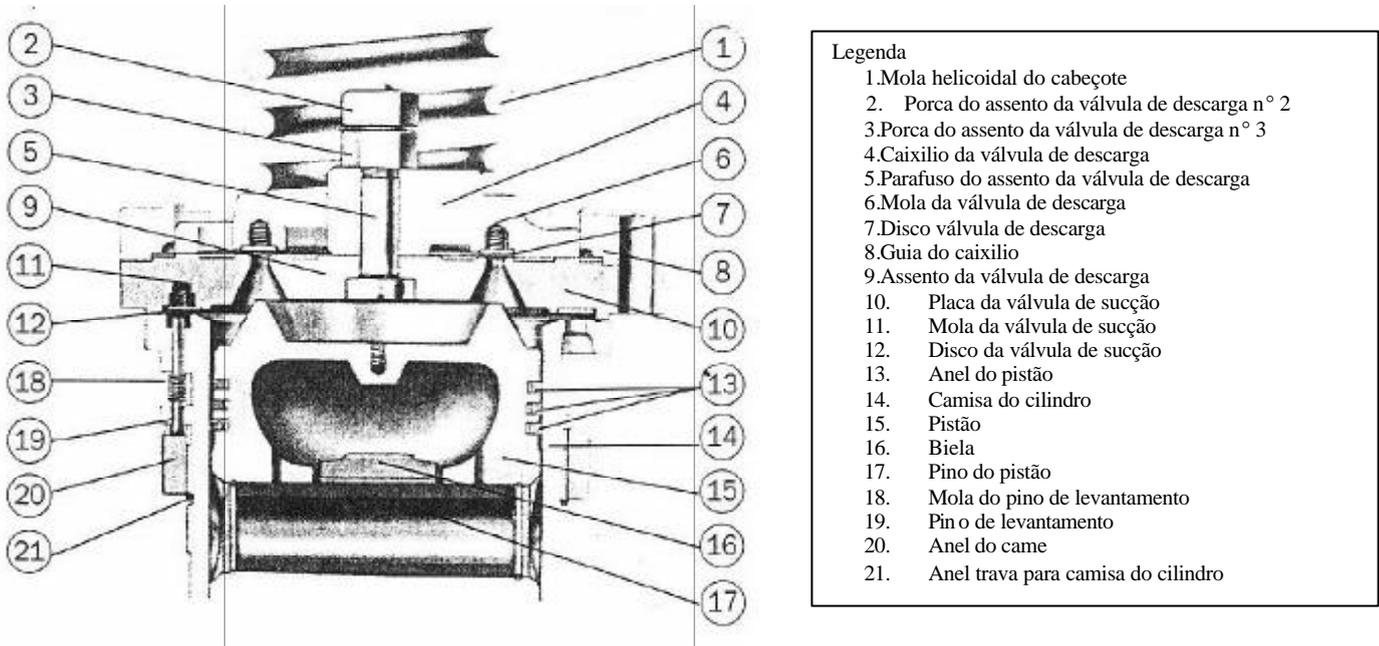


Figura 7.3 – Seção da placa de válvulas.

7.1. O processo de compressão

Normalmente se entende por compressão as três fases pelas quais o refrigerante passa dentro do cilindro do compressor (fig. 7.4). São elas:

- a) Admissão;
- b) Compressão;
- c) Descarga.

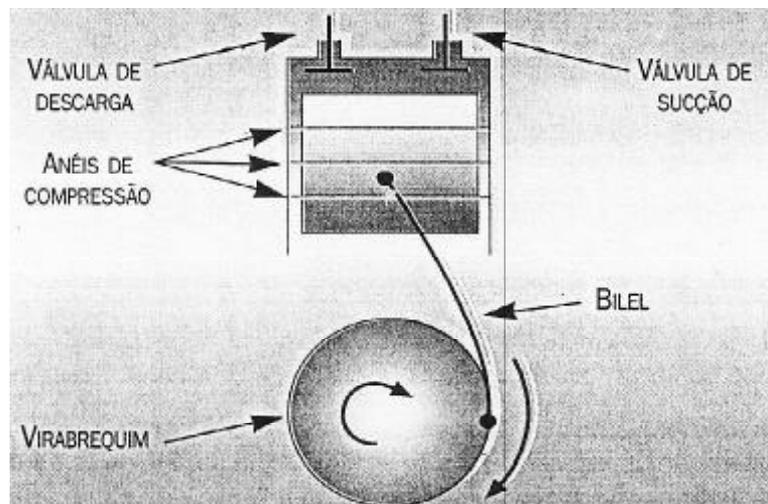


Figura 7.4 – Componentes básicos de um compressor de pistão.

Admissão (ou sucção): quando o pistão começa um movimento descendente, a válvula de sucção se abre. O aumento de volume interno do cilindro cria uma “depressão” (ou seja, a pressão interna do cilindro diminui), que faz com que o gás do lado de baixa preencha todo o cilindro. A admissão acaba quando o pistão inicia o movimento ascendente (figura 7.5).

Compressão: ao iniciar o movimento ascendente, o pistão faz com que a pressão suba ligeiramente, o que fará com que a válvula de sucção se feche. O gás dentro do cilindro ficará confinado, e com a subida do pistão haverá um aumento de pressão e temperatura devido à diminuição do volume do gás. O pistão continuará a subir e a compressão só se encerrará no momento em que a pressão dentro do cilindro atingir o ponto de abertura das molas que até então mantinham a válvula de descarga fechada.

Descarga: com a pressão interna sendo maior que a das molas da válvula de descarga, esta se abre permitindo o escoamento do gás (a alta pressão e temperatura) para a câmara de descarga do compressor. Este processo tem início pouco antes do fim do movimento ascendente do pistão, e termina quando se inicia o movimento descendente.

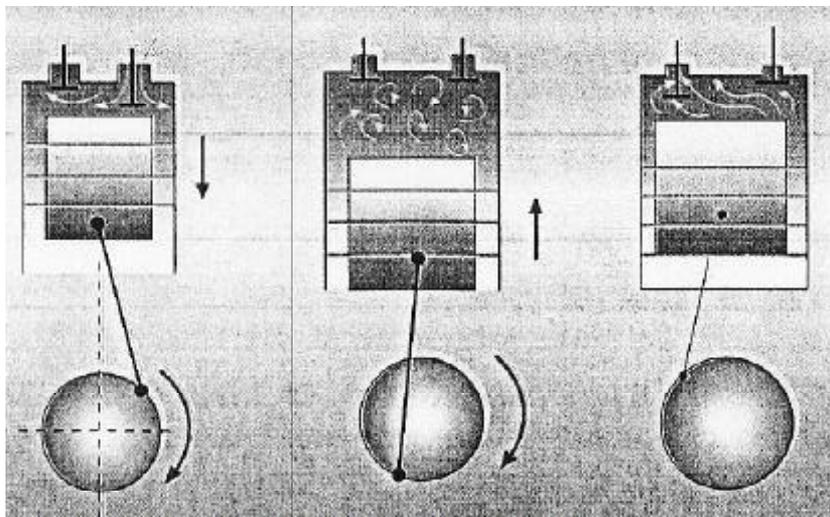


Figura 7.5 – Movimento do pistão do compressor

7.2. Capacidade de Compressores Alternativos

A capacidade de refrigeração de um compressor depende da quantidade de fluido refrigerante que está sendo deslocada. Esta quantidade vai depender dos seguintes parâmetros:

- Quantidade de cilindros: os compressores alternativos normalmente são encontrados em 4, 6, 8, 12 e 16 cilindros; quanto mais, maior a capacidade;
- Rotação: quanto maior a rotação a capacidade aumentará proporcionalmente. Pode-se usar acoplamento direto do compressor com o motor (no máximo 1800 rpm) ou utilizar um sistema de redução de correia e polias;
- Dimensões do cilindro: a cada volta do virabrequim, um determinado volume de refrigerante é deslocado. Aumentando esse volume, é aumentada a capacidade do compressor. Assim existem compressores com diâmetros e cursos variados, para atender às diversas capacidades necessárias aos diferentes tipos de instalações.

7.3. Disposição dos Cilindros

Os cilindros normalmente são dispostos em V ou W, agrupados aos pares (figura 7.6).

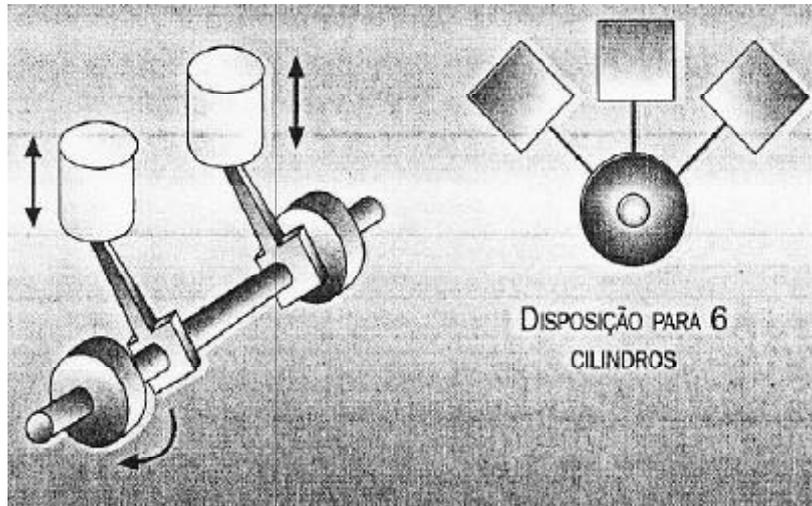


Figura 7.6 – Disposição dos cilindros

7.4. Dispositivos de Modulação de Capacidade

Um recurso interessante é a modulação de capacidade. Através de um mecanismo específico impede-se que as válvulas de sucção (figura 7.4) se fechem. Com isso uma parte do gás não é comprimido, o que irá diminuir o deslocamento. Esse recurso permite que o compressor opere em condições de carga térmica parcial, proporcionalmente ao número de cilindros carregados (tabela 1).

Mais recentemente, outra forma de variação de capacidade e variação de rotação do motor através de inversores de frequência. Ainda existem poucas instalações deste tipo, mas no futuro as possibilidades não deixam de ser promissoras.

Tabela 1 – Números de cilindros e estágios de capacidade.

Número de cilindros	Estágios de capacidades
2	0 - 100%
4	0 - 50% - 100%
6	0 - 33% - 66% - 100%
8	0 - 25% - 50% - 75% - 100%

7.5. Sistema de Lubrificação

Como existe movimento e atrito é necessária a lubrificação das partes móveis para garantir o funcionamento do compressor. O compressor possui uma bomba de óleo acionada pelo próprio virabrequim. Essa bomba aspira o óleo do cárter do compressor e o distribui por todo o compressor. Através de canais internos, o óleo percorre o virabrequim lubrificando seus colos e as bronzinas, por canais internos das bielas o óleo sobe e lubrifica a parte superior do compressor (os pistões, camisas, etc). Veja o sistema na figura 7.1.

7.6. Selo Mecânico

Para evitar o vazamento do gás e permitir o acoplamento do virabrequim ao motor todo compressor aberto é dotado de um selo mecânico. Trata-se de um componente que é montado na tampa do compressor e que permite a rotação do eixo, sem que haja vazamento de fluido refrigerante ou de óleo. O selo é dotado de molas que mantêm o conjunto montado, e garante a vedação do conjunto do compressor.

7.7. Seleção do Compressor

Para selecionar um compressor adequado ao sistema é necessário determinar o regime de operação, que é definido pela temperatura de evaporação e de condensação (em outras unidades será demonstrado como determinar esses valores). Sabendo-se o regime, pode-se obter o compressor para a capacidade desejada.

Na tabela 2 observamos a capacidade de um compressor de 2 cilindros (diâmetro 95 mm X curso 76 mm).

Se, por exemplo, desejarmos selecionar um compressor para $T_{ev}=-15^{\circ}\text{C}$ e $T_{cd}=35^{\circ}\text{C}$ com capacidade de 16.000 kcal/h (16 Mcal/h) usaremos este modelo a 700 rpm (17.0 Mcal/h, por ser o valor mais próximo).

Se for usado 900 rpm, a capacidade sobe para 21.800 kcal/h, muito acima do necessário. Nessa condição é necessário selecionar um motor que forneça os 6,3 BKW absorvidos pelo compressor.

Tabela 2 – Capacidade de compressor de 2 cilindros

T_{CD}	T_{EV}	700 rpm		900 rpm	
		Mcal/h	BKW	Mcal/h	BKW
35°C	10°C	50,1	7,1	64,4	9,2
	5°C	41,5	7,4	53,3	9,5
	0°C	33,9	7,4	43,6	9,5
	-5°C	27,4	7,2	35,2	9,2
	-10°C	21,8	6,8	28,0	8,8
	-15°C	17,0	6,3	21,8	8,2
	-20°C	12,9	5,8	16,6	7,4
	-25°C	9,6	5,2	12,3	6,6
	-30°C	6,8	4,5	8,7	5,8
40°C	10°C	47,7	8,2	61,3	10,5
	5°C	39,4	8,2	50,6	10,6
	0°C	32,1	8,0	41,2	10,3
	-5°C	25,8	7,7	33,1	9,9
	-10°C	20,4	7,2	26,2	9,3
	-15°C	15,7	6,6	20,2	8,5
	-20°C	11,9	6,0	15,2	7,7
	-25°C	8,6	5,3	11,1	6,8
	-30°C	5,9	4,6	7,6	5,9

7.8. Influência das Condições de Operação

Observando gráfico 1 podemos ver que:

- com uma temperatura de condensação mais baixa temos uma capacidade maior e um consumo de energia menor.
- Com uma temperatura de evaporação mais baixa diminui-se a capacidade e o consumo de energia do compressor, porém obtém-se temperaturas mais baixas no evaporador. Observe que com a diminuição da temperatura de evaporação o consumo total de energia diminui, mas numa taxa menor que a capacidade. Nesses casos verifica-se um baixo desempenho do compressor (que vale para todos os modelos e marcas, pois é um fenômeno ligado à compressão dos gases).

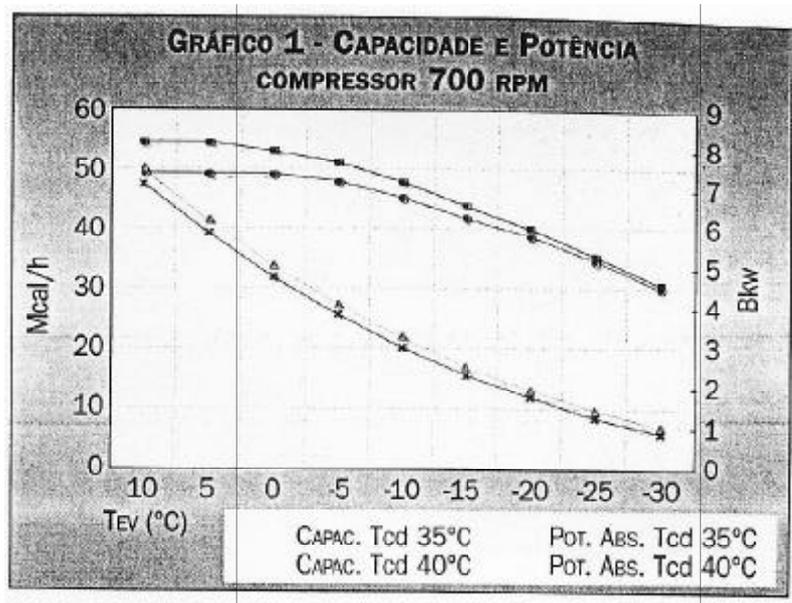
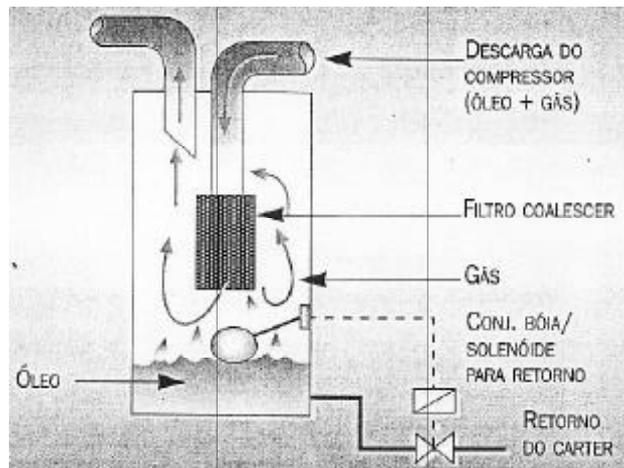


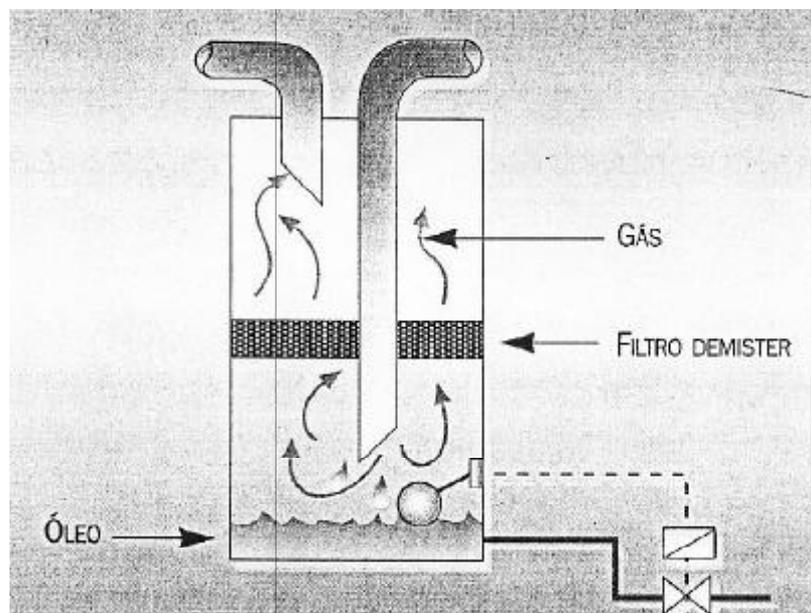
Gráfico 1 - Influência das Condições de Operação.

7.9. Acessórios para Compressores Pistão

- Cabeçotes resfriados à água: são cabeçotes com camisas onde circula água para resfriar a descarga do compressor. (É de uso comum em sistemas de temperatura abaixo de -30°C, onde a temperatura de descarga do compressor atinge temperaturas muito altas.)
- Resfriador de óleo: pode ser a água ou a gás. Consiste em um trocador onde o óleo é resfriado. É necessário utilizar onde a temperatura de descarga seja muito alta, causando um aquecimento excessivo do óleo.
- Separador de óleo: é um dispositivo instalado na descarga do compressor para evitar o arraste excessivo do óleo para o sistema. Existem os tipos com filtro Coalescer (figura 7.7a) e com filtro Demister (figura 7.7b).



a) Separador de óleo com filtro coalescer.



b) Separador de óleo com filtro demister

Figura 7.7 – Separadores de óleo.

8. LUBRIFICAÇÃO DE COMPRESSORES PARA REFRIGERAÇÃO

Qualquer tipo de movimento relativo entre corpos sólidos dá origem ao atrito, que é a oposição a esse movimento. O atrito gera calor que, entre outros inconvenientes, representa perda direta de energia.

Com o aumento do atrito, há também um aumento de temperatura, que por conseqüência leva a uma diminuição da vida útil do equipamento, devido ao desgaste, podendo inclusive causar a paralisação do mesmo, através de uma excessiva dilatação ou soldagem das peças (engripamento).

A redução do atrito metálico nos compressores, diminuindo a perda de energia por calor, desgaste prematuro das peças, ruptura por superaquecimento e enfraquecimento mecânico, pode ser evitada através da lubrificação.

8.1. Lubrificação

Lubrificar é interpor, entre duas superfícies sólidas em movimento relativo, uma substância (sólida, líquida ou gasosa) denominada lubrificante e que tem uma função principal de reduzir o atrito, diminuindo o aquecimento e desgaste entre as superfícies.

8.2. Funções básicas do lubrificante

Os óleos lubrificantes para compressores de refrigeração devem ser bastante estáveis, evitando desta maneira fatores como a solidificação ou depósito nas linhas de baixa pressão ou temperatura. Suas funções básicas são:

- Reduzir o atrito;
- Controlar o desgaste;
- Agir como refrigerante;
- Remover contaminantes;
- Transmitir força;
- Proteger contra oxidação;
- Servir como vedação.

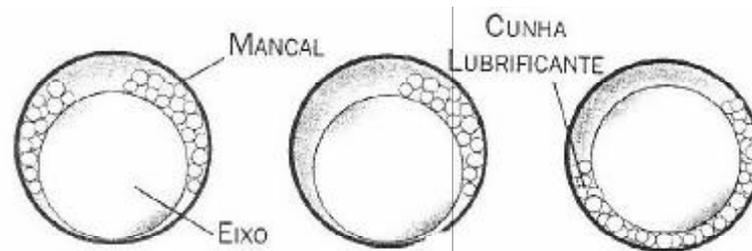
Os lubrificantes líquidos são os mais empregados na lubrificação de compressores e subdividem-se em:

- a) Óleos minerais puros: são aqueles derivados de destilação e refinação de petróleo, sendo classificados como parafínicos ou naftênicos, de acordo com o petróleo que lhes deu origem. Para as instalações de refrigeração que trabalham a baixas temperaturas, é dada preferência para utilização de óleos de origem naftênica, altamente refinados, com níveis extremamente baixos de umidade. Já os óleos de origem parafínica, são empregados sistemas que operam com temperaturas moderadas.
- b) Óleos sintéticos: são aqueles provenientes da petroquímica, têm excelentes características lubrificantes, sendo, entretanto, de custo elevado. Entre os principais produtos utilizados como lubrificantes sintéticos estão os glicóis e os silicones.
- c) Óleos aditivados: são óleos minerais puros, nos quais misturam-se substâncias genericamente chamadas de aditivos, com o objetivo de suprimir, reforçar ou acrescentar propriedades ao fluido, tais como antioxidantes, anticorrosivos, detergentes, dispersantes, inibidores de espuma, etc.

Seja qual for o tipo de óleo lubrificante, adotado pela instalação de frio, seu grau de viscosidade é em função do tipo compressor, e deve ser indicado pelo fabricante.

8.3. Formação da película lubrificante em mancais de deslizamento

Na maior parte, os compressores destinados a aplicação em sistemas de refrigeração adotam mancais de deslizamento, mancais do eixo para compressor alternativos; desta forma podemos identificar a formação da película lubrificante. (fig. 8.1)



Obs: · Folga exagerada para exemplificar
· Sentido horário de rotação

Figura 8.1 – Película lubrificante em mancais de deslizamento

Quando o eixo está em repouso, há contato metálico entre as duas superfícies da parte inferior do eixo e mancal. No início da rotação, o eixo sobe um pouco sobre o mancal, devido à aderência por atrito entre as superfícies. Em continuidade, o óleo é arrastado pelo eixo, pois fica aderido à superfície deste, originando-se a cunha de óleo entre o eixo e o mancal. A pressão hidráulica, criada na cunha de óleos, levanta o eixo, fazendo com que o mesmo flutue sobre a película de óleo. Com o aumento da rotação, o eixo tende a assumir uma posição de equilíbrio, porém com pequeno deslocamento horizontal, provocado pela cunha de óleo, até que a rotação do eixo torna-se constante, onde o eixo e mancal serão concêntricos.

Nas partidas e paradas é impossível evitar o contato do metal com metal, tendo aí a lubrificação chamada limite. Como a cunha lubrificante somente será formada depois do início do movimento de rotação do eixo no mancal, convém adotar sistemas de alívio de partida de compressores maiores e, portanto, que movimentem maior carga. Assim o compressor será exigido somente depois da formação da cunha lubrificante, o que sem dúvida irá amenizar os problemas de desgaste prematuro nos mancais.

8.4. Óleo lubrificante do compressor

O fato que o óleo de lubrificação do compressor geralmente entra em contato e muitas vezes mistura-se com o fluido refrigerante do sistema (como no caso dos fluidos halogenados, onde as velocidades de escoamento devem obedecer a valores mínimos para assegurar o retorno de óleo ao cárter do compressor e evitar o depósito de lubrificante nas linhas de baixa), torna necessário o óleo usado para lubrificar o compressor de refrigeração seja preparado especialmente para esse fim. Algumas propriedades principais do óleo lubrificante a ser consideradas na escolha de um óleo são: estabilidade química, ponto de congelamento e/ou fluidez, rigidez dielétrica e viscosidade.

Sempre que possível deve-se utilizar o óleo lubrificante recomendado pelo fabricante do compressor, pois o mesmo foi definido em função de testes e simulações, de acordo com as condições operacionais, fluido refrigerante adotado e projeto mecânico do mesmo.

8.5. Métodos de lubrificação

O método de lubrificação do compressor varia um pouco conforme o tamanho, tipo do compressor e fabricante. Porém na maioria dos casos, os métodos de lubrificação podem ser classificados em dois tipos gerais:

1. Atomização;
2. Alimentação forçada.

Compressores pequenos geralmente adotam lubrificação por atomização e compressores maiores exigem uma lubrificação por alimentação forçada. É comum encontrar compressores com sistema combinando lubrificação por atomização e alimentação forçada.

No método de lubrificação por atomização, o cárter do compressor funciona como um reservatório de óleo e é cheio com óleo num nível aproximadamente igual à base dos mancais da manivela principal. Com cada rotação do eixo da manivela, a biela e o eixo da manivela (ou excêntrico) mergulham óleo fazendo com que este respingue (salpico) par cima sobre as paredes do cilindro, mancais e outras superfícies de atrito (fig.8.2).

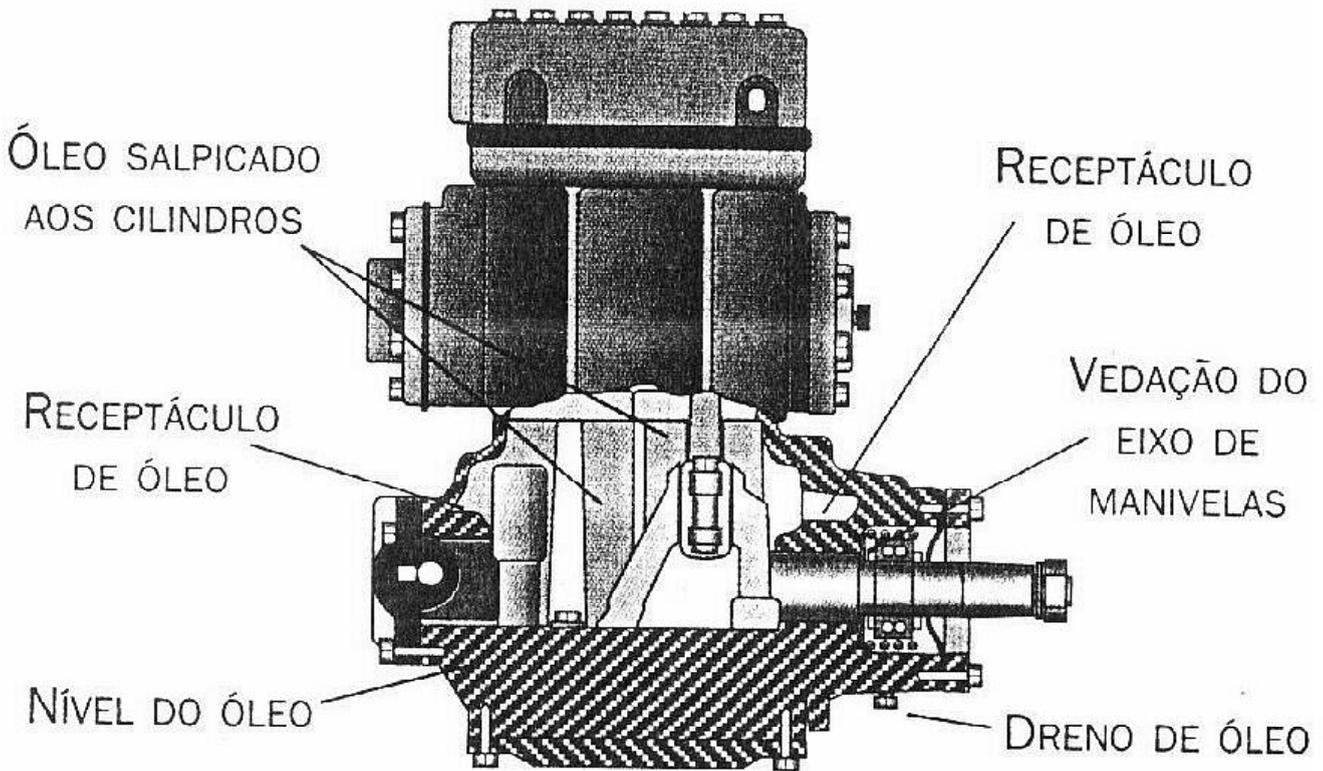


Figura 8.2 – Lubrificação por atomização.

Geralmente são localizadas pequenas cavidades ou reservas de óleo em cada extremidade da caixa do cárter, imediatamente acima dos mancais principais. Estas cavidades coletam o óleo que desce por gravidade e alimentam o interior dos mancais principais e a vedação do eixo. Em alguns casos, as bielas são furadas para levar óleo para os mancais do pino de pistão.

Um tipo de variação de lubrificação por atomização, chamada algumas vezes de lubrificação inundada, emprega anéis borrifadores, discos, roscas ou dispositivos semelhantes para levar o óleo a um nível acima do eixo manivela ou mancais principais. Este método é apropriado para pequenos compressores, de alta velocidade, como os compressores herméticos (fig.8.3).

No método de lubrificação por alimentação forçada (fig. 8.4), o óleo é forçado através dos tubos de óleo e/ou furos nos eixos manivelas e bielas para as várias superfícies de atrito. Depois de desempenhar suas funções de lubrificação o óleo escoar por gravidade para o cárter do compressor. O óleo circula por pressão desenvolvida por uma pequena bomba situada normalmente na extremidade do eixo manivela.

Normalmente o sentido de rotação do eixo manivela torna-se crítico, pois sendo a bomba acionada pelo eixo, deverá ser respeitado o sentido de rotação e velocidade do eixo, não podendo estar inferior a um valor máximo. Estes valores são recomendados pelo fabricante do compressor.

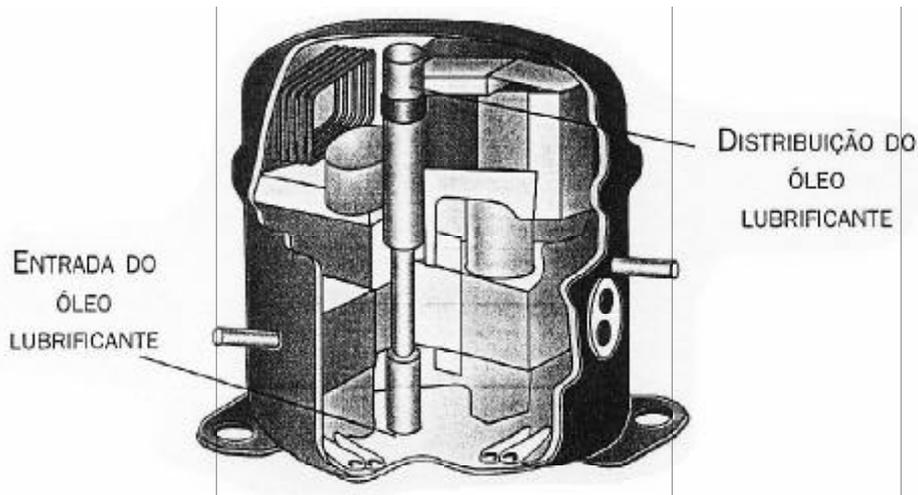


Figura 8.3 – Lubrificação inundada em compressores herméticos.

Compressores dotados de lubrificação por alimentação forçada devem ser protegidos contra falhas no sistema de lubrificação. A boa prática recomenda a instalação de uma chave (pressostato) para cortar a alimentação de energia elétrica ao motor de acionamento do compressor se a diferença entre a pressão de entrada de óleo na bomba (pressão do carter) e a pressão do retorno do óleo não for superior a um valor mínimo recomendado pelo fabricante do compressor, alguns segundos após a partida do mesmo.

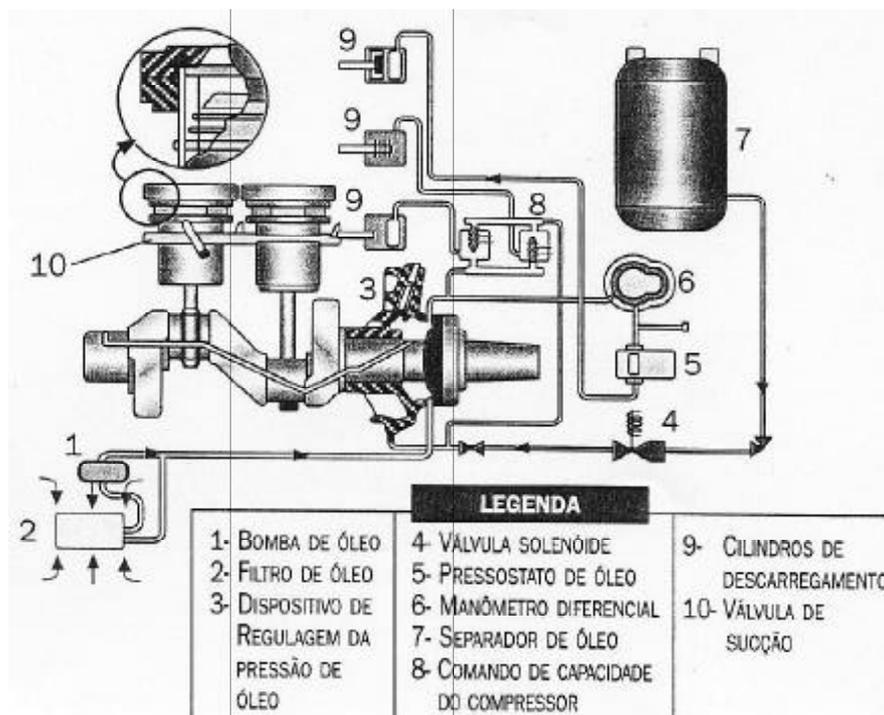


Figura 8.4 – Lubrificação por alimentação forçada

8.6. Fluidos refrigerantes e óleos lubrificantes

Fluidos plenamente halogenados como o R-12, ou parcialmente como o R-22, solubilizam-se com óleo mineral, fator de extrema importância, pois como foi visto antes, esta miscibilidade,

conjuntamente com as velocidades mínimas do escoamento, evitam o depósito de óleo nas zonas de baixa pressão e temperatura, principalmente no evaporador, onde o óleo funciona como isolante térmico, diminuindo a capacidade da instalação e podendo levar líquido à aspiração do compressor, além de diminuir o nível de óleo do carter do compressor, provocando um desgaste prematuro, diminuindo a vida útil do mesmo.

Dentre os fluidos alternativos, alguns não necessitam da troca de óleo lubrificante para sua utilização (*drop-in*). Já outros necessitam que o óleo mineral seja trocado por um alquilbenzeno ou poliol éster, com os quais são miscíveis.

Embora as melhores qualidades que o poliol éster apresenta em relação ao alquilbenzeno, o mesmo chega a ser cem vezes mais higroscópico que o óleo mineral.

O R-134a não se solubiliza com óleo mineral ou alquilbenzeno, sendo que os lubrificantes que apresentam melhor miscibilidade são os compostos sintéticos com maior polaridade, como os poli alquilenos glicóis, porém estes são ainda mais higroscópicos que os poliol éster. Assim, os sistemas de refrigeração adotam o poliol éster, enquanto os de condicionamento de ar automotivo utilizam os poli glicóis.

A tabela 2 mostra o óleo indicado em função do fluido refrigerante usado.

Tabela 2 – Óleo indicado para cada fluido refrigerante.

Fluido frigorífico	Óleo lubrificante
R-22	MO, AB
R-500	MO, AB
R-502	MO, AB, POE
R-22	MO, AB, POE
R-134a	POE, PAG
R-401A (MP39)	AB, POE
R-401B (MP66)	AB, POE
R-409A (FX56)	AB, MO
R-406A (GHG-12)	MO, AB
R-402A (HP80)	MO/AB, AB, POE
R-402B (HP81)	MO
R-403A (R69S)	MO
R-403B (R69L)	MO, AB, POE
R-408A (FX10)	POE
R-404A (HP62)	POE
R-507 (AZ50)	POE
R-407A (FX-70)	POE
R-407C (AC9000)	POE
R-410A (AZ20)	POE
R-407C (KLEA-66)	POE

MO – Óleo Mineral
 AB - Alquilbenzeno
 POE – Poliol Éster
 PAG – Poli Alquilenos Glicóis

8.7. Possíveis causas de lubrificação deficiente nos compressores

A lubrificação deficiente pode ser devido a:

- I. Baixo nível de óleo cárter.
- II. Diluição do óleo lubrificante do cárter:
 - a) Pela migração de fluido do evaporador, durante a parada do sistema, principalmente quando a diferença de temperatura entre o evaporador e o ambiente onde está exposto o compressor for pequena;

Obs: Resistências de aquecimento de óleo do cárter evitam o problema.
 - b) Se não for garantido um superaquecimento mínimo, alguma quantidade de fluido líquido pode chegar ao cárter do compressor, misturando-se ao óleo lubrificante e emulsionando o mesmo.
- III. Filtros de óleo entupidos.
- IV. Desgaste excessivo de compressor (casquilhos, mancais, pinos) pode provocar baixa pressão de óleo.
- V. Bomba de óleo defeituosa.

O óleo de lubrificação dos compressores absorve a maior parte dos compostos ácidos formados nos sistemas de refrigeração, de modo que se torna fácil a detecção dos mesmos nos sistemas pela simples análise do óleo.

9. COMPRESSORES PARAFUSO

Os compressores parafuso começam a ser utilizados em refrigeração ainda na década de 60. As primeiras instalações no Brasil são dos anos 70. Apesar de ser relativamente recente o compressor parafuso permitiu um grande desenvolvimento para a refrigeração devido a dois fatores:

- a) para instalações de grande porte o compressor parafuso possui um custo operacional mais baixo que o compressor de pistão;
- b) grandes instalações que exigiriam um número elevado de compressores pistão de grande porte agora podiam ser feitas com uma quantidade bem menor de compressores, o que viabilizou muitos projetos.

Naquele momento, onde grandes obras se realizavam, o compressor parafuso consolidou-se como uma solução para aplicação em grandes instalações de refrigeração.

Na figura 9.1 vemos uma unidade compressora parafuso completa, com seus componentes.

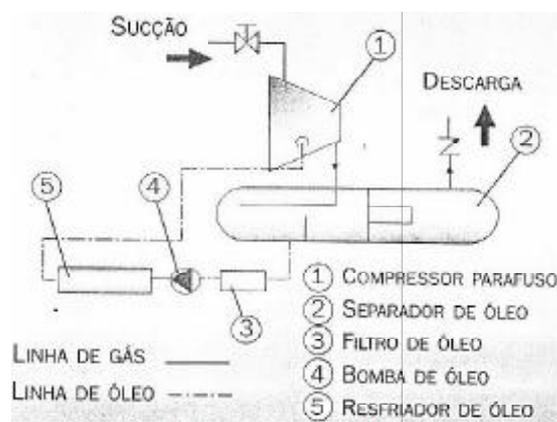


Figura 9.1 – Componentes de unidade compressora parafuso.

9.1. Compressor Parafuso

O compressor parafuso consiste de dois fusos, um macho e outra fêmea (figura 9.2). Um destes fusos é acionado pelo motor e o "engrenamento" dos dois faz com que haja uma rotação.

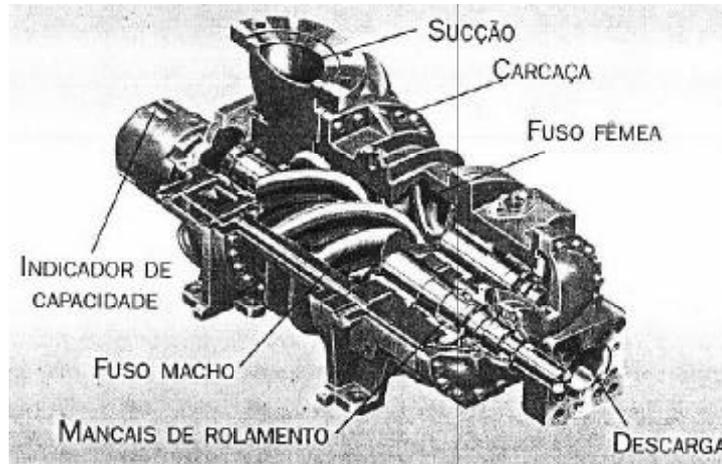


Figura 9.2 – Compressor parafuso

Os dois fusos estão montados dentro de uma carcaça e apoiados em mancais de rolamentos.

Uma vez aspirado para dentro do compressor o gás será comprimido pelo movimento dos dois fusos até atingir a descarga. Ao longo deste percurso a pressão subirá (figura 9.3).

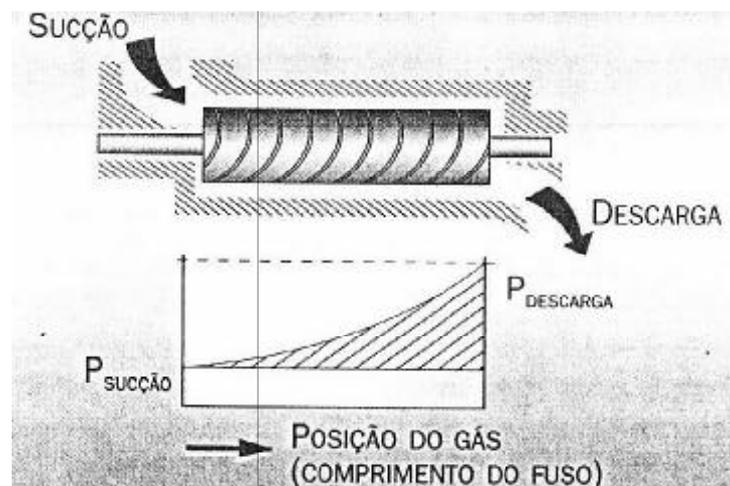


Figura 9. 3 – Diferencial de pressão do fluido refrigerante.

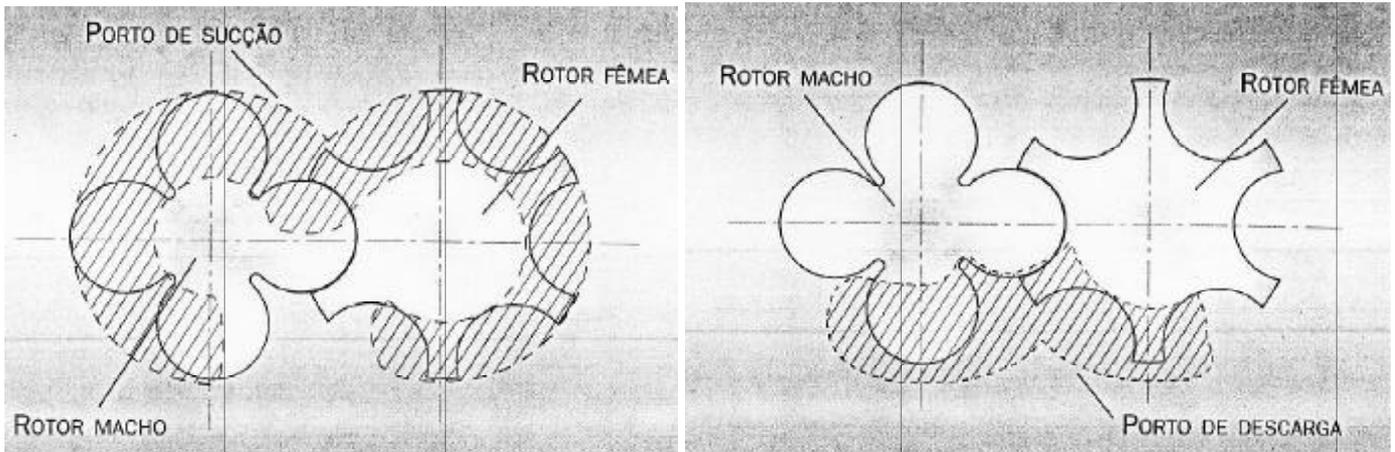
Como o gás é comprimido existe uma relação entre seu volume na sucção e na descarga. Esta relação chama-se V_i , e varia conforme o regime de operação (ou seja, suas pressões de sucção e descarga).

A aplicação do V_i incorreto pode criar uma condição desfavorável para operação do compressor, ocasionando vibração ou consumo excessivo de corrente (nos casos mais críticos).

Com relação ao V_i existem três tipos de compressores parafuso:

- a) Com V_i fixo (já vêm de fábrica com V_i para o regime a ser aplicado);
- b) Com V_i variável (possibilita a aplicação em vários regimes permitindo a regulagem manual do V_i);

c) Com Vi automático (similar ao Vi variável, porém com mudança deste automático).
 A relação de Vi, construtivamente, se traduz na relação de áreas de sucção e descarga (figuras 9.4 e 9.5).



Figuras 9.4 e 9.5 – Carga e descarga no compressor parafuso.

9.2. Separador de Óleo

A maioria dos compressores de refrigeração possuem lubrificação por injeção de óleo. Portanto, é necessário fazer a separação do óleo e do fluido refrigerante, que são descarregados no compressor.

A separação se dá em 2 estágios; o primeiro é mecânico e o segundo através de um filtro (tipo coalescer ou demister). Veja o esquema da figura 9.6.

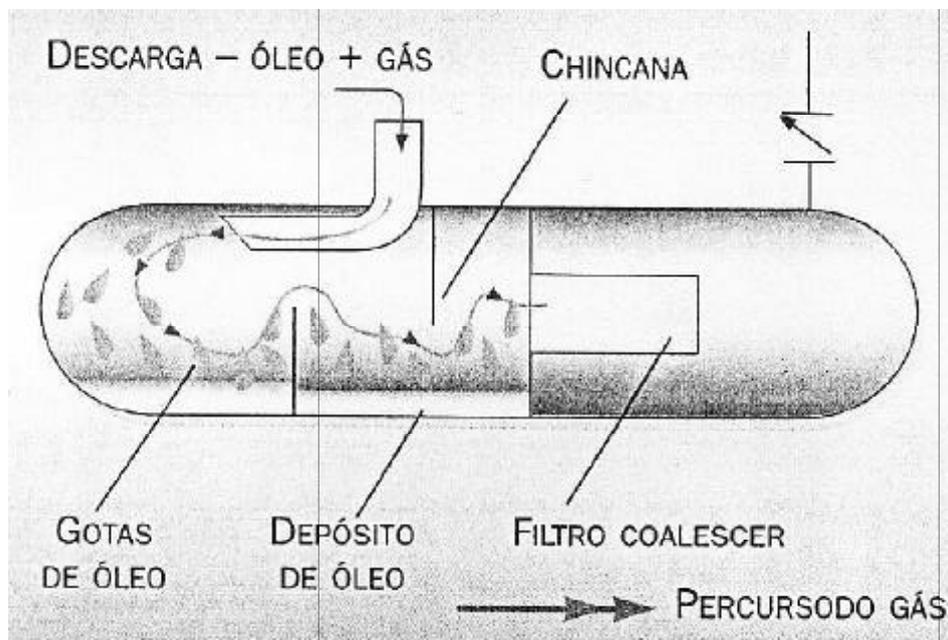


Figura 10.6 – Separação do óleo.

9.3. Filtro de Óleo

Separa eventuais impurezas do óleo que irá lubrificar partes móveis do compressor, como rolamentos, mancais, selo e fusos, entre outras.

9.4. Bomba de Óleo

Trata-se de uma bomba do tipo de engrenagens que bombeia o óleo a ser injetado no compressor. Normalmente pressão de óleo do compressor deve ser de 3 a 1 bar mais alta que a pressão de descarga.

9.5. Resfriador de Óleo

No caso dos compressores parafusos o reservatório de óleo se encontra na descarga o compressor, de forma que é necessário retirar o excesso de calor que o óleo adquiriu ao ser comprimido junto do gás. Existem três tipos de sistema para se resfriar óleo, que são:

a) resfriador de óleo a água – trata-se de um trocador de calor (Casco-Tubo ou placas) no qual o óleo é resfriado por água de torre;

b) termosifão – utiliza-se o próprio fluido refrigerante líquido para resfriar o óleo, através de um trocador de calor (seria um “evaporador” com óleo);

c) injeção de líquido – trata-se de um sistema que permite que o fluido refrigerante líquido seja injetado na própria descarga do compressor. O líquido evapora resfriando o gás descarregado e o óleo, que ainda não foi separado.

9.6. Sistema de Controle de Capacidade

Talvez uma das maiores vantagens dos compressores parafusos seja a possibilidade de operar em cargas parciais variáveis de 10 até 100% da capacidade total da máquina. Isto se traduz num consumo menor de energia. Veja o sistema da figura 9.7.

O sistema é acionado através da pressão de óleo que é bombeado para um cilindro hidráulico que aciona a válvula deslizante. Se a válvula estiver totalmente aberta ela permitirá que todo o refrigerante aspirado seja comprimido. Ao deslocar a válvula no sentido de fechá-la diminui-se a área de descarga e permite-se que parte do refrigerante aspirado retorne para a sucção do compressor sem ter sido comprimido.

Diminuindo a quantidade de refrigerante comprimido, diminui-se a capacidade de refrigeração, atendendo o sistema que necessita de uma carga parcial e com um menor consumo de energia. O sistema deve possuir um controlador eletrônico que permita o acionamento das válvulas solenóides através da variação de um parâmetro de controle (que pode ser pressão de sucção, temperatura de água gelada, etc...).

Os compressores parafuso têm se tornado uma excelente alternativa quando comparados aos compressores pistão. Muitas vezes, interessados em produtos de alta tecnologia, os usuários acabam adquirindo um compressor parafuso. Porém, a escolha correta vai depender muito da capacidade do sistema, tipo de carga térmica, regime de operação, custos de operação e manutenção, entre outros fatores.

De uma maneira geral o parafuso é uma excelente alternativa para instalações de grande porte, e também de médio porte. Mas um comparativo é sempre uma boa ferramenta de decisão na compra de um novo equipamento.

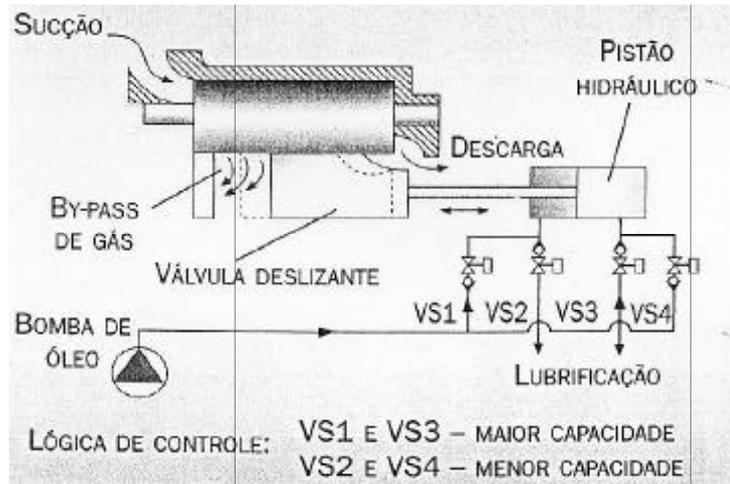


Figura 10.7 – Sistema de controle de capacidade.

10. O COMPRESSOR SCROLL

O conceito básico do compressor *scroll* (espiral) existe desde 1886, quando uma patente italiana foi requerida. Devido a problemas de estanqueidade, a aplicação do mesmo foi retardada. Hoje, a nova tecnologia de máquinas operadoras e processos de manufatura tornou possível a solução deste problema. A partir da última década, o compressor *scroll* passou a participar das linhas de produção seriada, sendo instalado em condicionadores de ar e resfriadores de líquido (fig. 10.1).

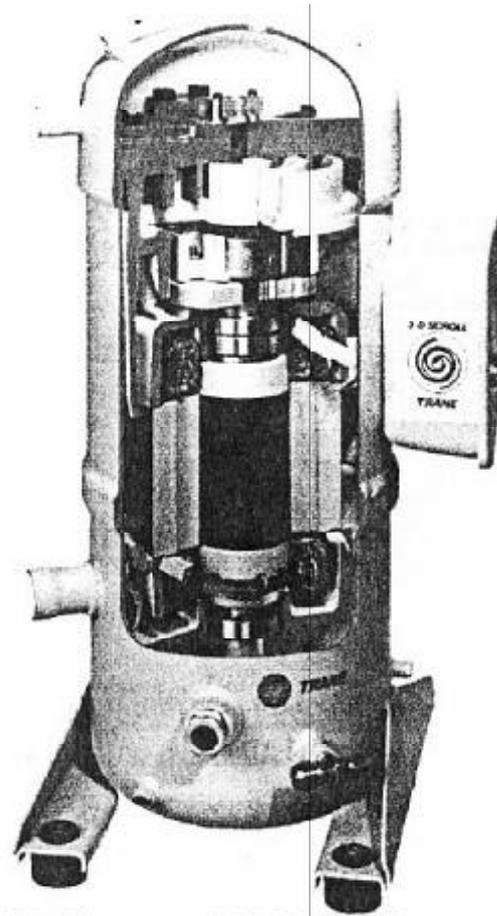


Figura 10.1 – Compressor Scroll.

O compressor *scroll* oferece muitos benefícios aos usuários de sistemas de ar condicionado:

- em média é 5% a 10% mais eficiente que um compressor recíproco de igual capacidade;
- não possui válvulas, sendo extremamente resistente a golpes de líquido;
- possui 64% menos partes móveis que um compressor recíproco de igual capacidade;
- operação extremamente suave e silenciosa, comparável à de um compressor centrífugo.
- baixa variação de torque, o que proporciona um aumento na vida útil do motor, reduzindo a sua vibração;
- o resfriamento do motor feito pelo refrigerante na forma gasosa resulta em baixa temperatura dos enrolamentos do motor, o que aumenta a sua eficiência e confiabilidade.

10.1. Características Gerais

O compressor *scroll* utiliza duas peças em espiral para realizar o trabalho da compressão do gás (fig. 10.2).

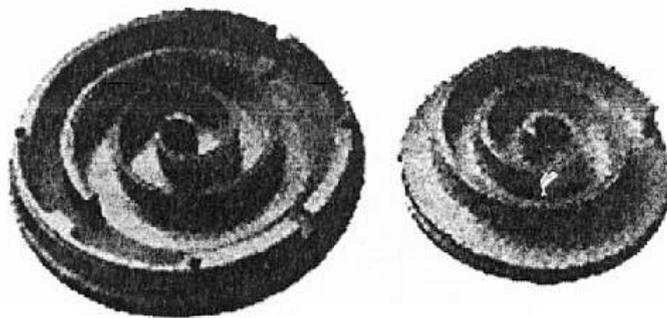


Figura 10.2 – Espiras do compressor *scroll*.

As espirais estão acasaladas face a face. A espiral superior é a espiral fixa onde está a abertura de descarga do gás. A espiral inferior é a espiral acionada pelo motor (fig. 10.3).

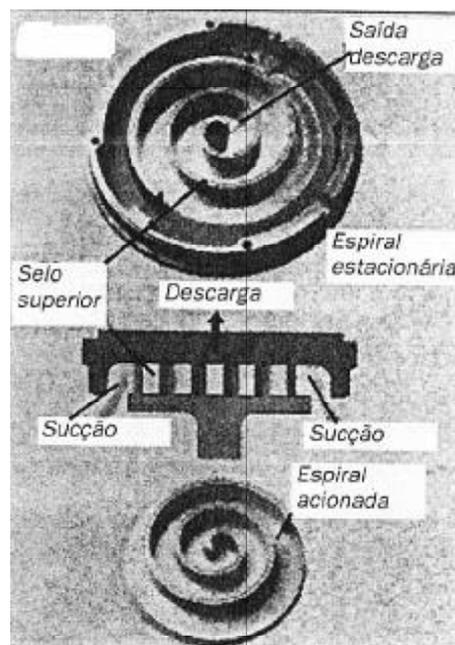


Figura 10.3 – Acoplamento das espiras.

A sucção do refrigerante na forma gasosa acontece na orla externa do conjunto da espiral e a descarga acontece através da abertura existente no centro da espiral estacionária.

Note que a borda superior das espirais é ajustada com selos que correm sobre a superfície da espiral oposta. Eles atuam de forma semelhante aos anéis do pistão de um compressor alternativo, lacrando o refrigerante na forma gasosa, entre as superfícies em contato.

O centro do mancal do eixo da espiral e o centro do eixo do motor do conjunto de acionamento têm um recuo. Este recuo permite um movimento excêntrico ou orbitante para a espiral conduzida (fig.10.4).

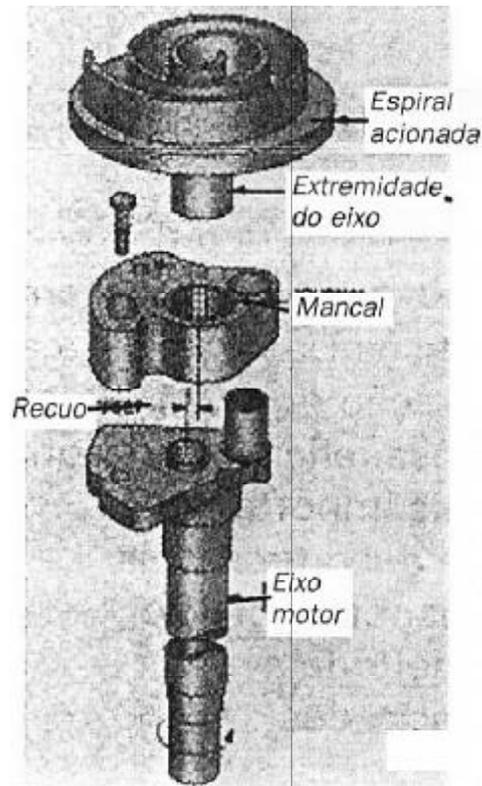


Figura 10.4 – Acoplamento do compressor *scroll*.

10.2. Como Funciona o Compressor Scroll

Vamos mostrar que a rotação do eixo do motor causa na espiral um movimento orbital não circular ao redor do centro do eixo (fig. 10.5).

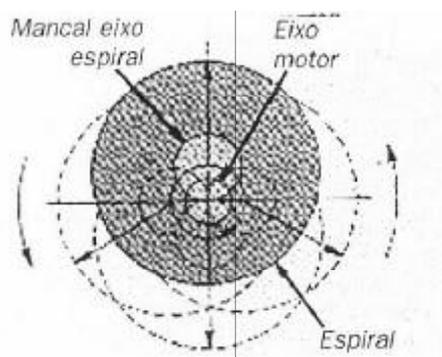


Figura 10.5 – Movimento orbital.

O movimento orbital faz com que o par de *scrolls* forme bolsas de refrigerante na forma gasosa. Como este movimento é contínuo, o movimento relativo entre a espiral fixa faz com que as bolsas se desloquem para a abertura de descarga situada no centro do conjunto, com um decréscimo constante de volume. (fig. 10.6).

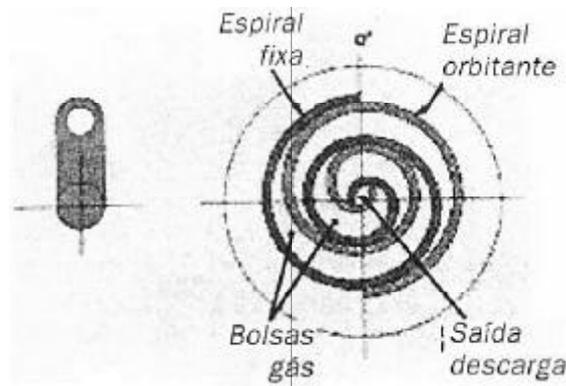


Figura 10.6 – Bolsas de refrigerantes.

Por exemplo, durante a primeira volta do eixo, ou fase de sucção, a parte da superfície lateral da espiral permite a entrada do refrigerante na forma gasosa, succionando o mesmo (fig.10.7).

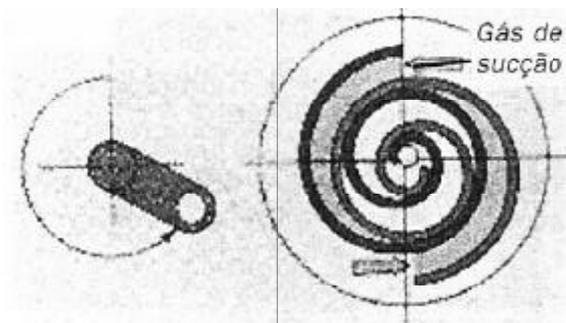


Figura 10.7 – Sucção de gás.

Ao completar uma volta, as superfícies das espirais novamente se encontram formando bolsas (fig. 10.8).

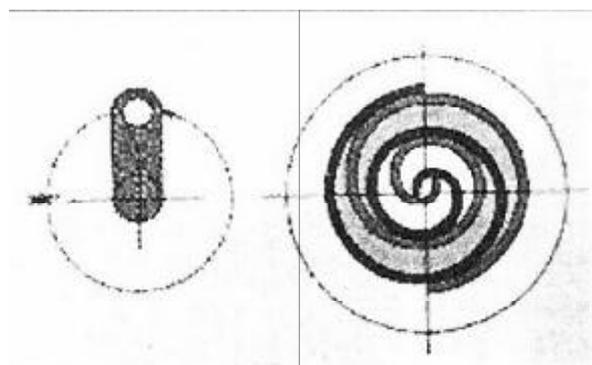


Figura 10.8 – Novas bolsas de sucção.

Durante a segunda volta do eixo, ou fase de compressão, o volume das bolsas com refrigerante na forma gasosa é progressivamente reduzido (fig. 10.9).

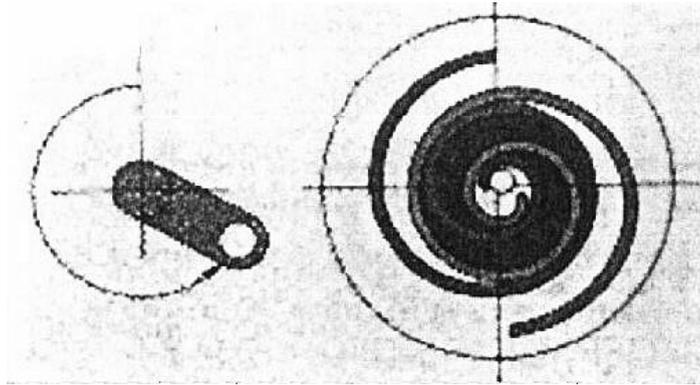


Figura 10.9 – Fase de compressão.

Completando a segunda volta chega-se à máxima compressão (fig. 10.10).

Durante a terceira volta, ou fase de descarga, a parte final da espiral libera o refrigerante na forma gasosa, comprimindo-o através da abertura de descarga (fig. 10.11).

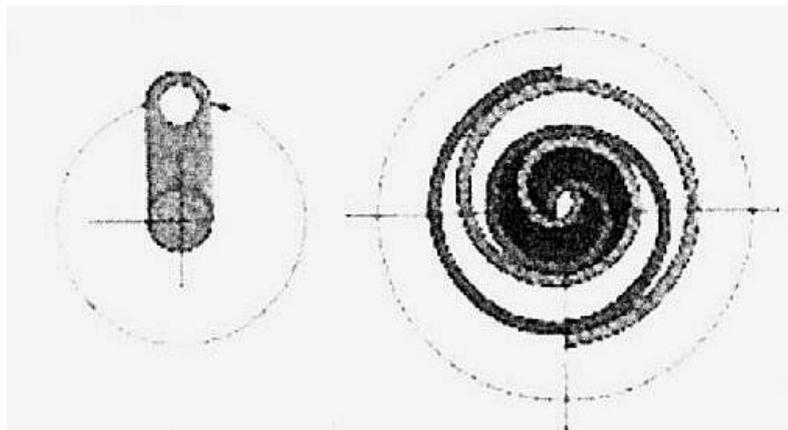


Figura 10.10 – Máxima compressão.

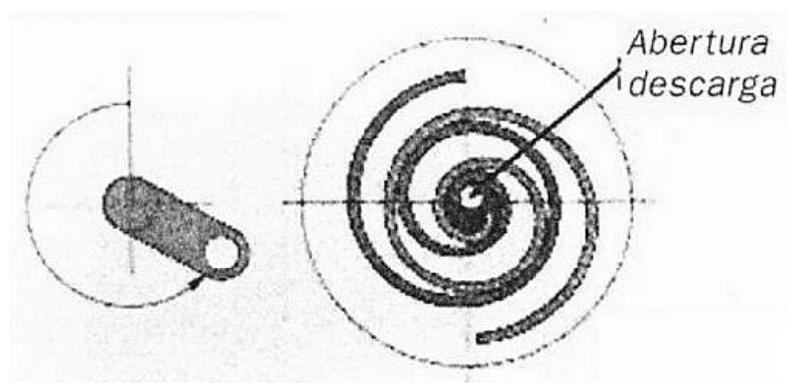


Figura 10.11 – Fase de descarga.

Finalmente, ao completar a volta, o volume da bolsa é reduzido a zero, comprimindo o refrigerante na forma gasosa remanescente na espiral (fig. 10.12).

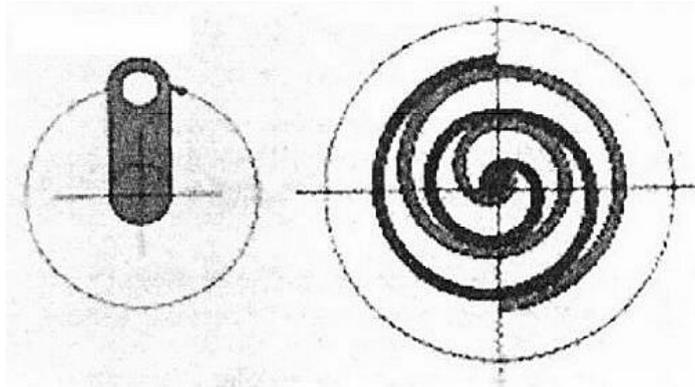


Figura 10.12 – Fase de Compressão.

Veja o final do ciclo e observe as três fases:

FASE	TRABALHO
A	SUCÇÃO
B	COMPRESSÃO
C	DESCARGA

Sendo que a compressão e descarga acontecem simultaneamente em uma seqüência contínua (fig. 10.13).

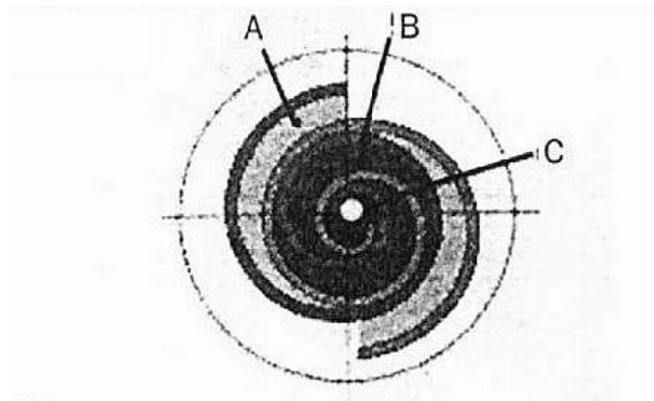


Figura 10.13 – Seqüência de compressão e descarga.

10.3. Conjunto Orbitante, União Oscilante

Vamos analisar como funciona este conjunto que protege o compressor contra golpes de líquido (fig. 10.14).

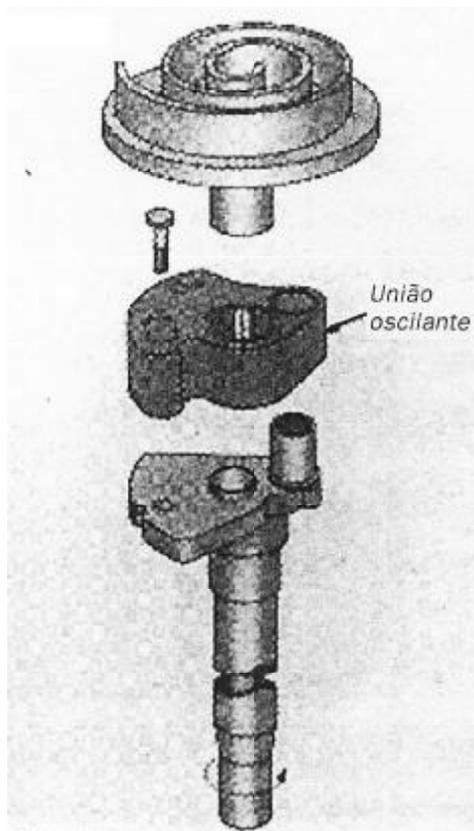


Figura 10.14 – Conjunto orbitante.

A união oscilante gira no pino da manivela. O total do deslocamento é limitado por um pino de ajuste que está situado em uma ranhura no lado oposto do mesmo (fig. 10.15).

A união oscilante funciona para proporcionar uma melhor força de contato balanceada entre as superfícies laterais das espirais fixa e orbitante. Além disso, ela permite a separação das espirais no caso de alguma quantidade de óleo ou refrigerante líquido entrar no conjunto de espirais.

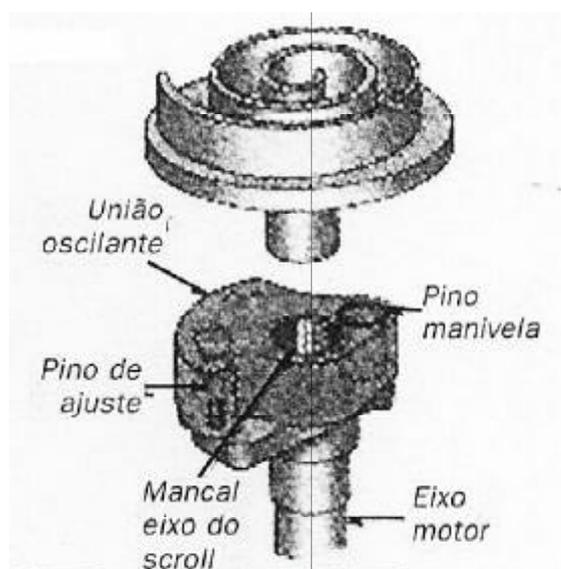


Figura 10.15 – União oscilante.

Por exemplo, assumimos que uma pequena quantidade de óleo líquido entrou no conjunto de espirais. Como o líquido não é compressível, acontece uma excessiva pressão entre as mesmas. A componente lateral desta pressão atua para separar as duas espirais (fig. 10.16).

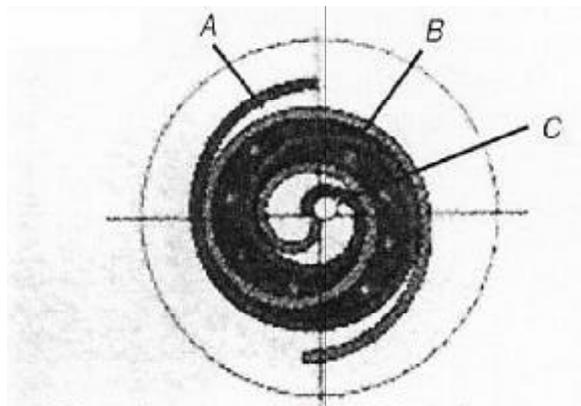


Figura 10.16 – Pressão nas espirais.

Esta força faz com que a união oscilante gire sobre o pino da manivela, que por sua vez muda a posição da espiral orbitante (fig. 10.17).

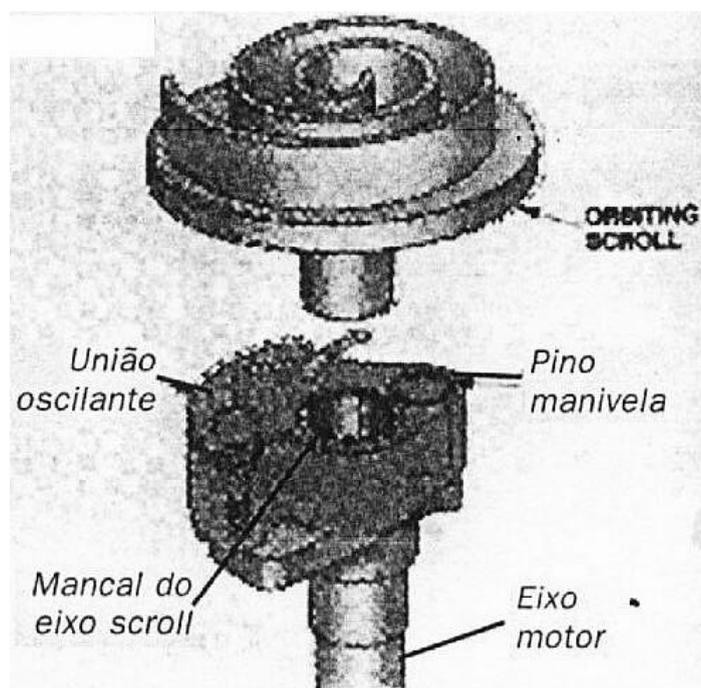


Figura 10.17 – Mudança de posição da espiral orbitante.

A mudança de posição faz com que as espirais se separem momentaneamente. A separação também permite que o refrigerante pressurizado na forma gasosa seja liberado para a sucção, limpando as espirais do óleo líquido (fig. 10.18).



Figura 10.18 – Separação das espirais.

10.4 . Lubrificação

O óleo se movimenta em sentido ascendente através de uma passagem existente no interior do eixo do motor. Isto permite a passagem do óleo para lubrificar os mancais superior e inferior do eixo através de orifícios existentes em sua parede. Finalmente, o óleo sai pela parte superior da passagem para lubrificar o mancal da extremidade da espiral orbitante (fig. 10.19).

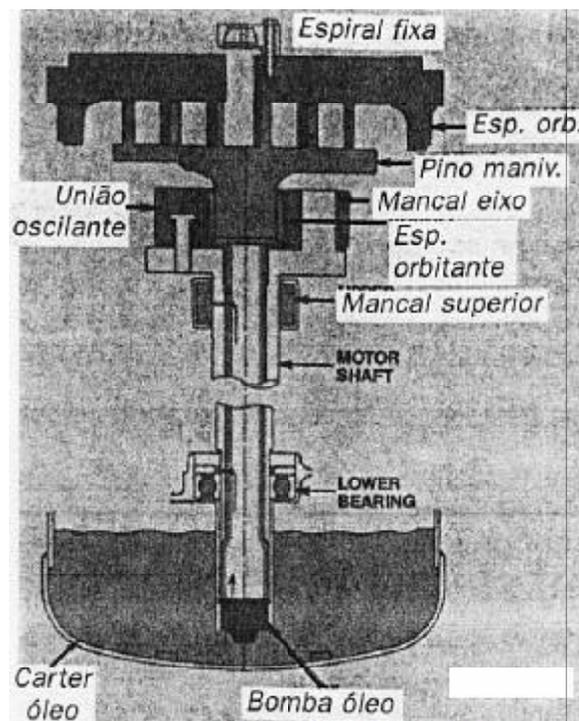


Figura 10.19 – Sistema de lubrificação.

A lubrificação requerida pelas superfícies em contato dos scrolls é fornecida por uma pequena quantidade de óleo que penetra dentro do fluxo de refrigerante na forma gasosa.

A bomba de óleo é um dispositivo em forma cônica que é encaixado dentro da base do eixo do motor, que é oco. Um gradiente de pressão é gerado pela aceleração do óleo dentro do cone

rotativo. Isto induz um movimento vertical do óleo, que enche o recesso ao redor do cone.

Uma vez cheio, o movimento contínuo do óleo dentro do cone faz com que uma camada de óleo se movimente em sentido ascendente através da superfície interna do eixo do motor. A função do recesso é pegar e reter quaisquer partículas estranhas dentro do óleo (fig. 10.20).

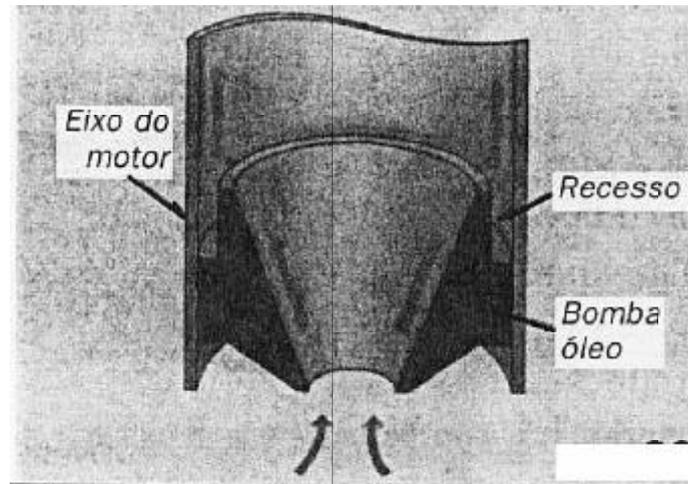


Figura 10.20 – Bomba de óleo.

10.5. Operação

A figura 10.21 do corte de um compressor hermético *scroll* as posições relativas dos principais componentes. Corresponde especificamente a um compressor *scroll* Trane de 3600 rpm.

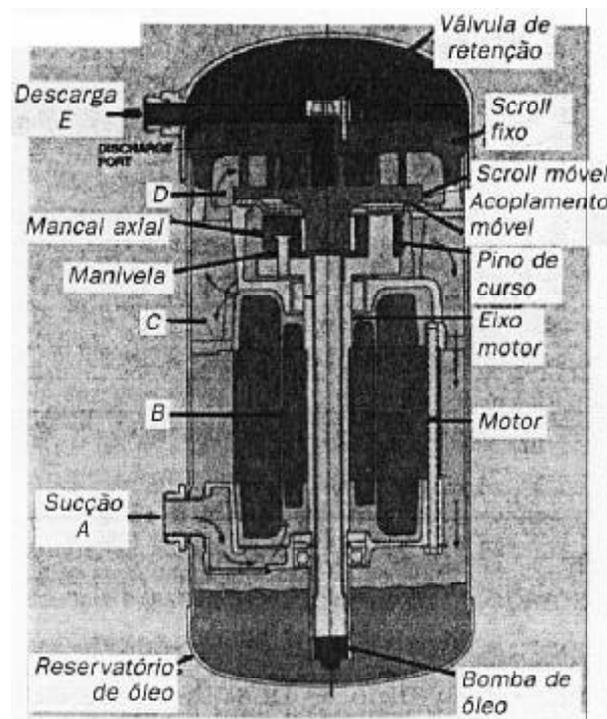


Figura 10.21 – Corte de um compressor hermético scroll.

O princípio de operação é o seguinte: o refrigerante em estado gasoso é succionado pelo ponto A. O gás passa através da brecha B entre o rotor e o estator, resfriando o motor antes de

entrar na câmara C. Aqui a velocidade é reduzida, ocorrendo uma separação entre óleo e o gás refrigerante. O gás, então, entra na câmara de sucção D e preenche as espirais.

Finalmente, o gás succionado é comprimido e descarregado para a cúpula do compressor. A cúpula do compressor age como um amortecedor de gás quente e diminui as vibrações antes do gás entrar na linha de descarga E.

O processo de compressão gera um impulso que tenta separar os selos da borda da espiral oposta. Esta força ou pressão é absorvida pelo mancal axial, impedindo que os selos sejam quebrados (fig. 10.22).

Observe a válvula de retenção na abertura de descarga da espiral. A sua função é fechar a espiral, prevenindo um retorno do refrigerante pressurizado na forma gasosa, quando o compressor é desligado.

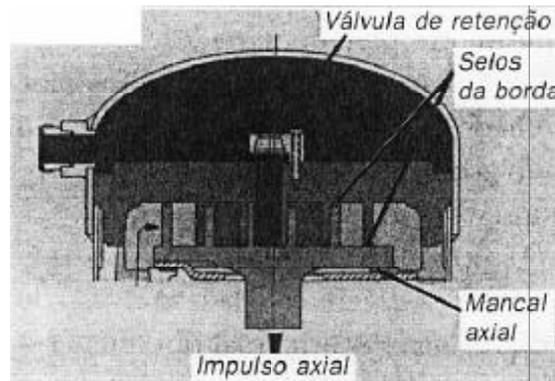


Figura 10.22 – Válvula de retenção.

11. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- “Industrial compressor”, O'Neill Peter, ed. Berkeley, 1990
- “Manual de compressores parafuso”, Mayekawa do Brasil Ltda.

12. BIOGRAFIA DO MINISTRANTE

Prof. Dr. Diniz obteve o certificado de Tecnólogo em Química Industrial pela Fundação Tecnológica Industrial (FTI / MIC) em 1973. Em 1974 concluiu o curso de Engenharia Química Operacional na Faculdade de Engenharia de Lorena. Graduo-se em Engenharia Química em 1976. Mestrado em Engenharia Mecânica na Escola Federal de Itajubá em 1984, na área de Transferência de Calor e Máquinas de Fluxo. Em 1996 obteve seu título de Doutor em Ciências Mecânicas no Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA / CTA), na área de Concentração de Aerodinâmica, Propulsão e Energia.

Atualmente é professor do DEM / FEIS / UNESP e professor no curso de Pós Graduação de Engenharia Industrial da Faculdade de Engenharia de Bauru (UNESP) sendo responsável pela disciplina Compressores e Bombas Industriais.