

CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE – EFOMM

COMPRESSORES ALTERNATIVOS;
ABERTOS E SEMI-HERMÉTICOS NO EMPREGO
NAVAL

Aluno: Thiago Santos Pateis de Oliveira

Orientador

Professor: Benedito das Graças Pires

Rio de Janeiro

2011

CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE – EFOMM

COMPRESSORES ALTERNATIVOS;
ABERTOS E SEMI – HERMÉTICOS NO EMPREGO NAVAL

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do curso De Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas (FOMQ) da Marinha Mercante.

Por: Al. Pateis

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE – EFOMM

AVALIAÇÃO

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): _____

NOTA: _____

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

Professor (nome e titulação)

Professor (nome e titulação)

Professor (nome e titulação)

NOTA: _____

DATA: _____

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas oportunidades que me foram dadas na vida.

Principalmente por ter conhecido pessoas e lugares interessantes, mas também por ter vivido fases difíceis, que foram matérias - primas de aprendizado.

Não posso deixar de agradecer a meus pais e irmãos sem os quais não estaria aqui, e por terem me fornecido condições para eu me tornar o profissional que sou.

Agradeço também ao professor Pires que me orientou em todo esse trabalho.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, aos quais são meu exemplo de disciplina, honra e valor, o qual me

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1. Definição de Compressores	9
2. Breve descrição de um Sistema Básico de Refrigeração	10
3. Classificação dos Compressores	11
3.1 Quanto à Posição dos Cilindros	11
3.2 Quanto ao Tipo de Cilindros	11
4. Tipos de Compressores	12
4.1 Compressores de Deslocamento Alternativo	14
4.2 Compressores de Deslocamento Rotativo	22
4.3 Compressores Dinâmicos	29
5. Compressores Alternativos – Análise Técnico	31
5.1 Lubrificação	33
5.2 Vedação do Eixo	34
5.3 Pistões e Anéis	34
5.4 Barras de Conexão e Pinos de Êmbolo	35
5.5 Virabrequins	36
5.6 Válvulas	36
6. Precauções do Sistema	37
7. Manutenção do Compressor	37
7.1 Nível do Óleo	38
7.2 Pressão do Óleo	38
7.3 Filtro de Sucção	38
7.4 Válvulas	38
7.5 Cuidados com o Compressor	38
8. Manutenção e Serviço do Compressor	40
8.1 Remoção do compressor	45

8.2 Substituição do Compressor	45
8.3 Alinhamento da Correia	45
8.4 Checagem de Tempo de Funcionamento	46
8.5 Razão de Compressão	46
8.6 Consumo de Energia	47
9. Lubrificantes do Sistema	47
10. Acessórios para Compressores	49
11. Dispositivo de Modulação de Capacidade	52
12. Fluidos Frigorígenos e Óleos Lubrificantes	54
13. Compressores Alternativos – Análise Teórica	55
13.1 Ciclo Real de Compressão a Vapor	59
13.2 Compressores de Refrigeração	60
13.3 Compressores Alternativos	60
13.4 Compressores Herméticos	62
13.5 Desempenho de Compressores de Refrigeração a Pistão	63
13.6 Eficiência Volumétrica	64
13.7 Eficiência Volumétrica Efetiva	64
13.8 Potência de Compressão Ideal e Eficiência Isoentrópica	65
13.9 Coeficiente de Desempenho	66
13.10 A Capacidade de Refrigeração	67
13.11 A Capacidade de Refrigeração x Capacidade Real de Refrigeração	67
14. Fatores que Influenciam a Eficiência Volumétrica de Potência de Compressão	68
14.1 Variação com as pressões de Sucção e Descarga	68
14.2 Efeitos de Estrangulamento	69
15. Variação da Capacidade do Compressor com a Temperatura de Admissão	69
16. Efeito da Temperatura de Condensação Sobre a Capacidade do Compressor	69
17. Outros Fatores que Afetam a Eficiência Volumétrica Efetiva	69
18. Instalação e Operação	70

RESUMO	78
RESUMEN	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

Introdução

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 frigorífico. 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 para, 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 adequados para que no momento de selecioná-los e instalá-los sejam tomadas todas as precauções necessárias que irão contribuir para prolongamento da vida útil.

1-DEFINIÇÃO DE COMPRESSORES

Compressores são equipamentos destinados a comprimir fluidos gasosos. Nos navios eles são encontrados principalmente nos sistemas de ar comprimido que servem para diversas finalidades como: dar partida nos motores diesel, fazer funcionar diversos controles automáticos, tocar o apito etc.

O compressor se compõe basicamente de um eixo de manivelas, ao qual estão presos um ou vários êmbolos que se deslocam dentro dos cilindros. O conjunto do eixo de manivelas, êmbolos e cilindros é semelhante ao encontrado nos motores de combustão interna, com a diferença que dentro dos cilindros dos compressores não ocorre nenhuma explosão e o ar entra somente para ser comprimido, e em seguida descarregado em pressão maior do que a do ar que possuía antes de entrar no cilindro.

As válvulas nos motores de combustão interna são acionadas por mecanismos para abrir e fechar, mas nos compressores abrem-se e fecham-se sozinhas, sob o efeito da própria diferença de pressão existente entre o ar no interior do cilindro e o ar fora do cilindro.

Os compressores são movimentados, geralmente, por motores elétricos, mas a turbina e o motor a explosão também podem ser utilizados em alguns compressores.

Dependendo do valor da pressão com que o ar é descarregado, os compressores de ar são classificados em:

- Compressores de alta pressão;
- Compressores de média pressão;
- Compressores de baixa pressão;

Os compressores de alta pressão são os que comprimem o ar a pressões acima de 70 Kg/cm²; os de média pressão são os que comprimem o ar entre pressões de 10 Kg/cm² até 70 Kg/cm², e os de baixa pressão comprimem o ar até 10 Kg/cm².

Nos navios mercantes, geralmente, são usados compressores de média pressão, em torno de 40 Kg/cm², para dar partida aos motores diesel de propulsão, e com baixa pressão para os serviços gerais.

2 - BREVE DESCRIÇÃO DE UM SISTEMA BÁSICO DE REFRIGERAÇÃO

Os componentes necessários para um sistema de refrigeração por compressão são: compressor, condensador, reservatório de líquido, válvula de expansão e serpentina do evaporador ou de resfriamento. O refrigerante flui da válvula de expansão e atravessa a serpentina do evaporador, onde absorve calor e se transforma em gás ou vapor. Daí passa para o compressor, onde é comprimido até atingir a pressão do condensador. No condensador, o calor é retirado e o refrigerante se torna líquido, caindo no reservatório. Do reservatório ele flui para a válvula de expansão, recomeçando o circuito. O refrigerante está sob pressão baixa desde a válvula de expansão através do evaporador, até a sucção do compressor. Esta parte do sistema é chamada “lado de baixa pressão”. O refrigerante está sobre pressão alta desde o compressor, através do condensador, reservatório de líquido e tubulação de líquido, até a válvula de expansão. Esta parte do sistema chama-se “lado de alta pressão”.

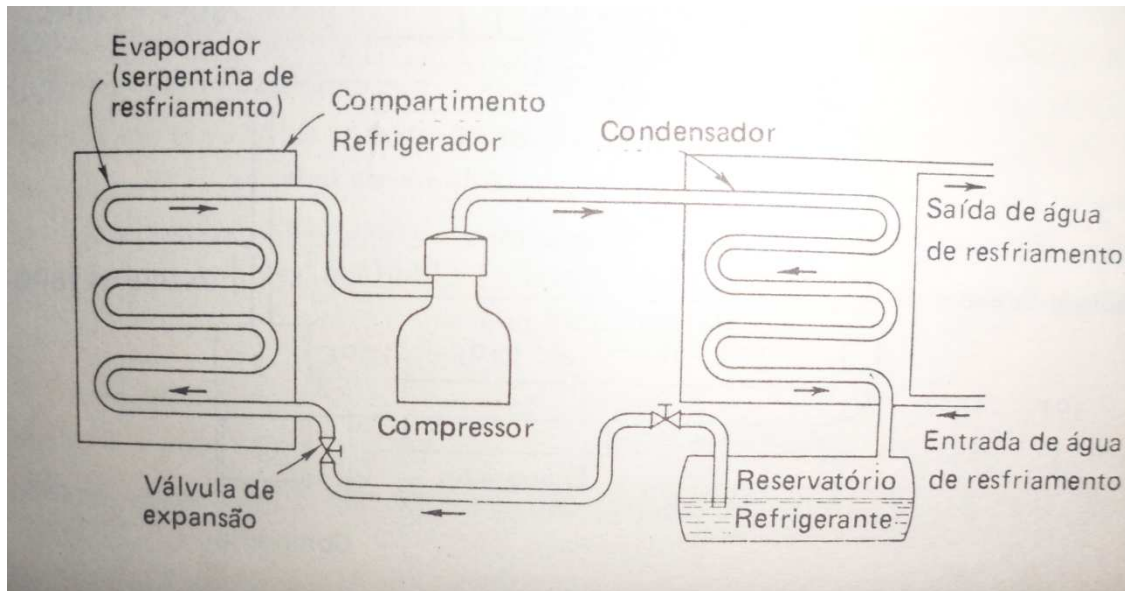


Fig. 1 Sistema básico de refrigeração.

3 – CLASSIFICAÇÕES DOS COMPRESSORES

3.1 – Quanto à posição dos cilindros:

- Compressor horizontal;
- Compressor em ângulo;
- Compressor vertical.

- **Compressor horizontal:** é aquele em que os cilindros ficam num mesmo plano horizontal.

- **Compressor em ângulo:** é o compressor onde os cilindros ficam dispostos de maneira a formar um ângulo agudo entre si.

- **Compressor vertical:** é aquele em que os cilindros ficam num mesmo plano vertical.

3.2 – Quanto ao tipo de cilindros:

- Cilindro de simples efeito;
- Cilindro de duplo efeito;
- Cilindro diferencial.

- **Cilindro de simples efeito:** é aquele em que a compressão se realiza em apenas uma face do êmbolo ou em um dos lados do cilindro.

- **Cilindro de duplo efeito:** é aquele em que a compressão se realiza em ambas as faces [do êmbolo ou nos dois lados do cilindro.

- **Cilindro diferencial:** é aquele formado por duas partes de diâmetros diferentes, onde se desloca um êmbolo com o mesmo formato, de modo a realizar a compressão de dois estágios num único cilindro.

4 – TIPOS DE COMPRESSORES

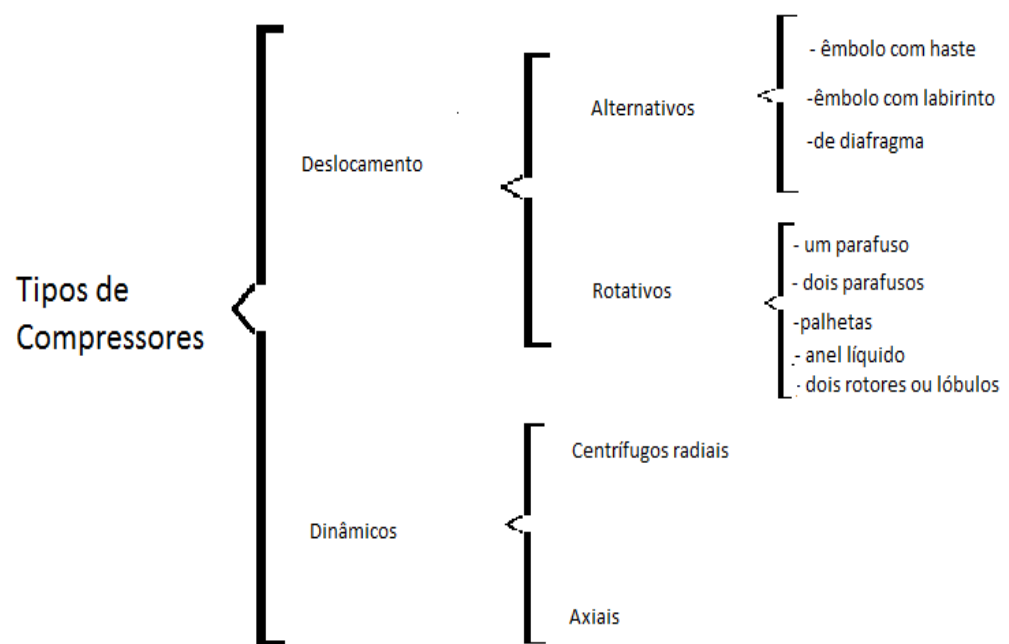


fig 2 - Quadro resumo dos tipos básicos de compressores

Existem dois tipos básicos de compressores:

- **Compressores de deslocamento**
- **Compressores dinâmicos**

Nos compressores de deslocamento a elevação de pressão é obtida prendendo um volume de ar em um espaço fechado onde o seu volume é reduzido por ação mecânica. A esta classe de compressores pertencem os compressores *alternativos* e os de *parafuso rotativo*. A capacidade destes compressores não é afetada pela pressão de trabalho, mas sim pelas alterações nos vazamentos internos de ar. Alguns compressores dessa classe, como os compressores de parafuso e os de palheta, têm uma razão de compressão fixa.

Nos compressores dinâmicos a elevação de pressão é obtida pela transformação de energia cinética, adquirida pelo fluxo de ar, em energia de pressão, por meio de um difusor. A esta classe de compressores pertencem os *ejetores*, os *compressores centrífugos* e os *compressores axiais*.

A capacidade desses compressores varia com a pressão de trabalho. A **figura 3** mostra os tipos básicos de compressores.

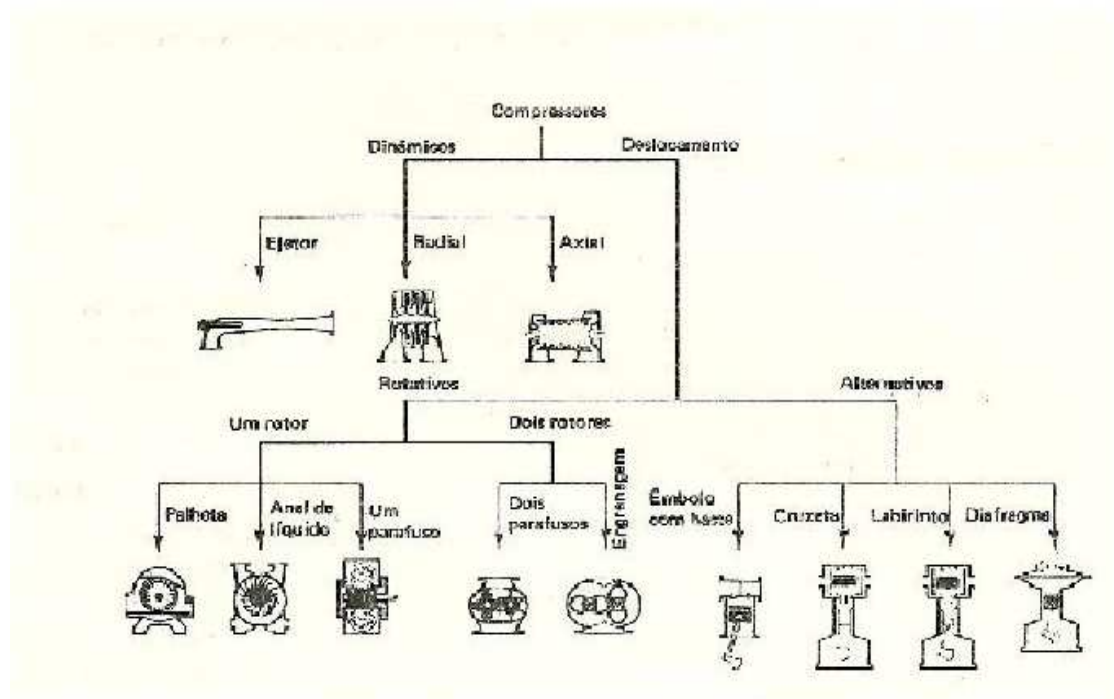


fig. 3 - Tipos de compressores

4.1 – COMPRESSORES DE DESLOCAMENTO ALTERNATIVO.

a) De êmbolo com haste

Os compressores de deslocamento alternativo de êmbolo com haste são os mais antigos e comuns dos tipos de compressores de deslocamento.

Os compressores de simples efeito são usualmente do tipo de êmbolo com haste, enquanto os de duplo efeito são do tipo de cruzeta.

A **figura 4** mostra as disposições mais comuns dos cilindros dos compressores de êmbolo com haste e êmbolo com cruzeta. O compressor é chamado de *integral* quando o êmbolo do acionador e o êmbolo do compressor são ligados ao eixo do compressor.

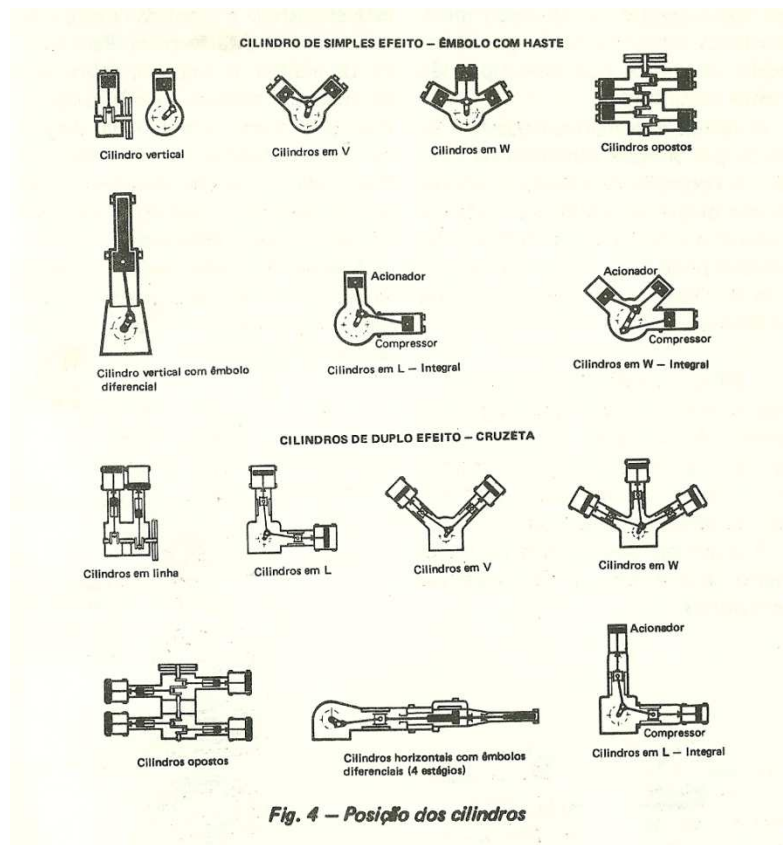


Fig. 4 – Posição dos cilindros

Os compressores alternativos podem ser êmbolos lubrificados ou não lubrificados. Os compressores com êmbolos não lubrificados têm molas de segmento e usam camisas especiais feitas com poli-tetrafluoretileno

Os compressores não lubrificados do tipo de êmbolo com haste têm Carter seco com mancais permanentes lubrificados; os compressores não lubrificados, tipo cruzeta têm haste do êmbolo alongada de modo que a parte que é umedecida com óleo não entre os espaços de compressão. Os compressores alternativos, normalmente, possuem as válvulas automáticas. Existem compressores válvulas de admissão movimentadas mecanicamente por intermédio de cames, mas esses tipos são menos encontrados.

A válvula automática é aberta e fechada por simples diferença de pressão. A operação da válvula é auxiliada por pequenas molas que ajudam a acelerar o movimento de fechá-la. As válvulas podem ser de dois tipos: válvula de discos ou de placas e válvulas de lâminas.

- *Válvula de discos ou de placas* – Essa válvula é composta das seguintes partes básicas: sede, suporte, placa ou disco de molas. A **Figura 5** mostra uma válvula de aspiração e uma válvula de descarga desse tipo.

A placa ou disco é feita de metal muito leve e fino, e de superfície bem polida.



A Placa ou disco movimenta-se entre a sede e o suporte. Quando a placa está encostada no suporte, a válvula está totalmente aberta; quando ela está encostada e mantida contra a sede, a válvula está fechada. Para reduzir os efeitos do impacto sobre uma só placa é comum existir duas ou mais placas em cada válvula. As placas mais próximas da sede são chamadas de *Placas das válvulas* e as situadas mais próximas do suporte são chamadas *placas amortecedoras sem molas*.

A **figura 6** mostra outro modelo de válvula de disco usada na aspiração do 2º estágio de um compressor de navio mercante.

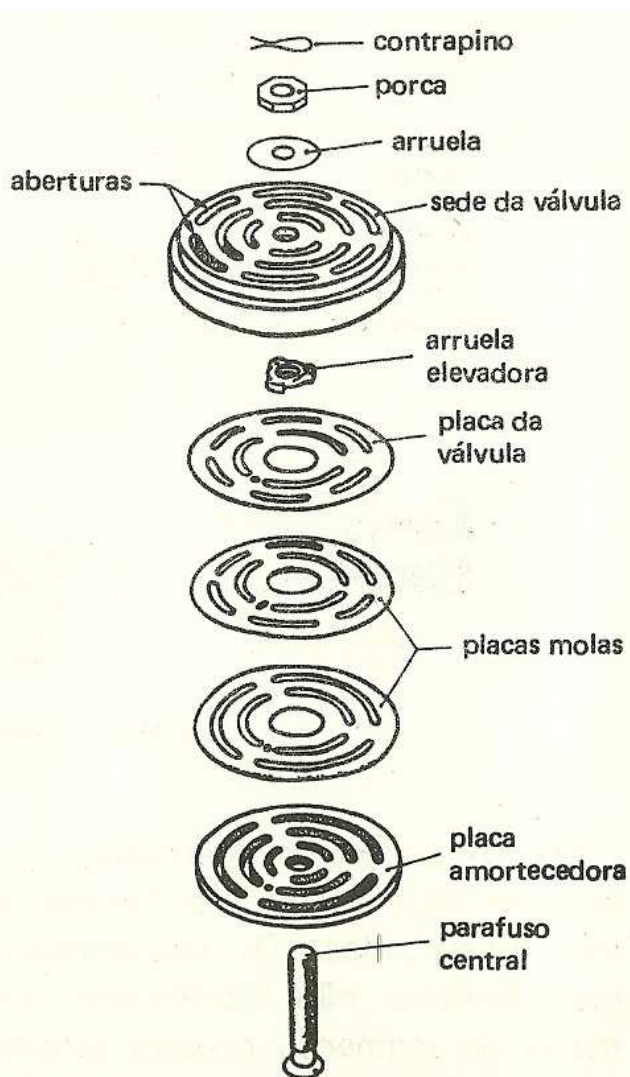


Fig. 6 – Válvula de admissão

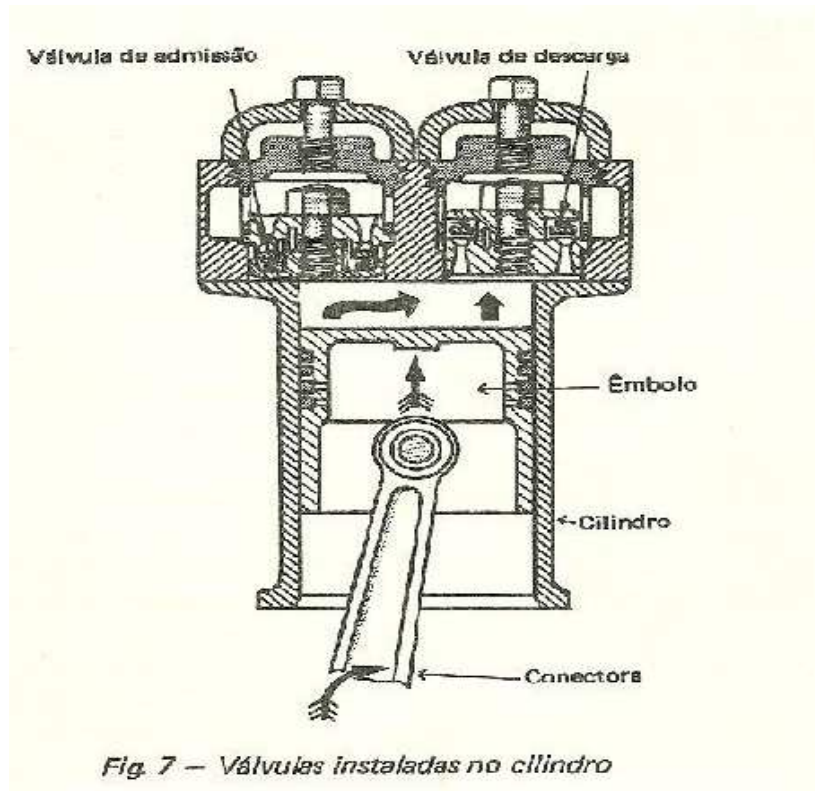
Nesta válvula vemos quatro placas exercendo funções diferentes. A placa superior exerce a função de placa da válvula, as duas intermediárias exercem a função de molas, e a inferior exerce a função de placa amortecedora. Nesse tipo de válvula vemos que não existe a placa suporte, mostrada na figura 5, eo papel das molas é executado por duas placas intermediárias. Na admissão, o ar passa pela abertura da sede e empurra para baixo a placa da válvula contra as molas e contra as placas amortecedoras.

Quando a aspiração cessa, as molas empurram para cima, a placa da válvula que, impressada e mantida contra a sede, fecha aberturas impedindo que o ar retorne.

As válvulas de admissão e de descarga ficam na parte superior do cilindro do compressor como mostra a **figura 7**. Na figura o cilindro está na parte final da compressão; o ar comprimido que está saindo mantém aberta a válvula de

descarga ao mesmo tempo em que ajuda a manter fechada a válvula de admissão. Quando o êmbolo chega ao ponto morto superior termina a descarga e o êmbolo começa a descer

. O vácuo que o êmbolo causa dentro do cilindro permite que a pressão do ar, do lado de fora, abra a válvula de admissão, entrando nos cilindros enquanto auxilia o fechamento da válvula de descarga.



A válvula de admissão da figura 7 é mostrada em detalhe na figura 8.

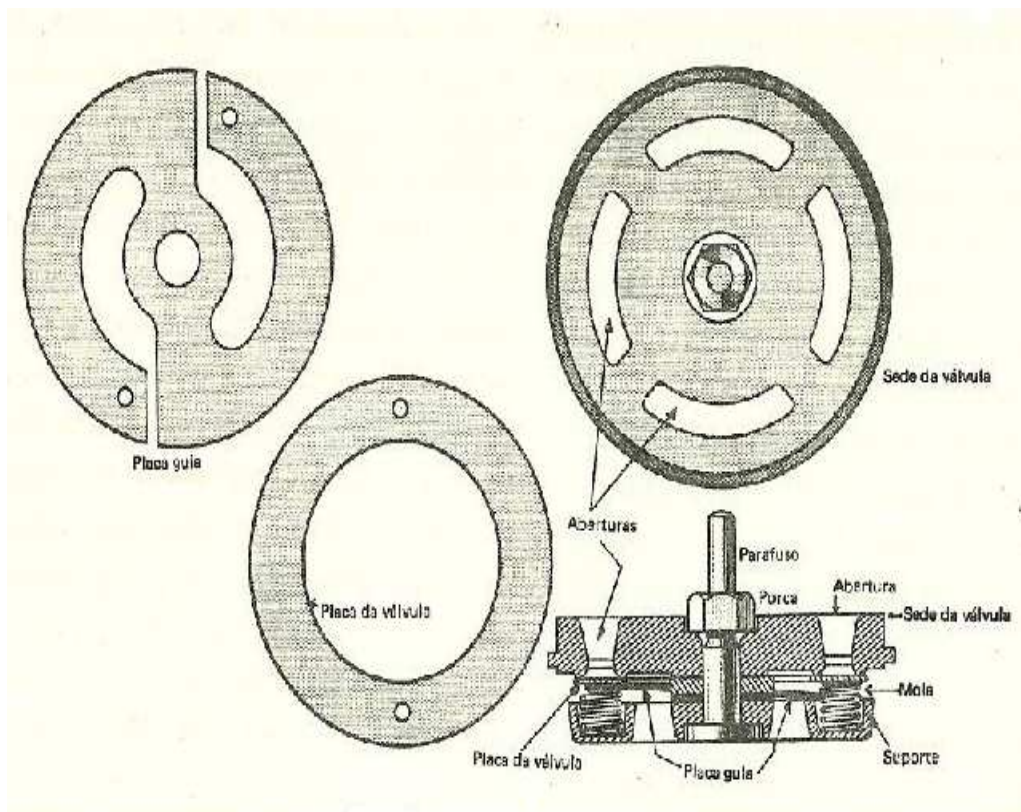


fig. 8 - Válvula de admissão

A válvula é composta de: suporte, sede, placa da válvula, e placa guia. Na admissão, o ar para entrar no cilindro penetra pelas aberturas da sede da válvula e empurra para baixo a placa da válvula e a placa guia, comprimindo as molas. Quando o ar deixa de entrar, as molas empurram o conjunto para cima, fechando a válvula.

- **Válvula de lâminas** - A figura 9 mostra um modelo dessa válvula.

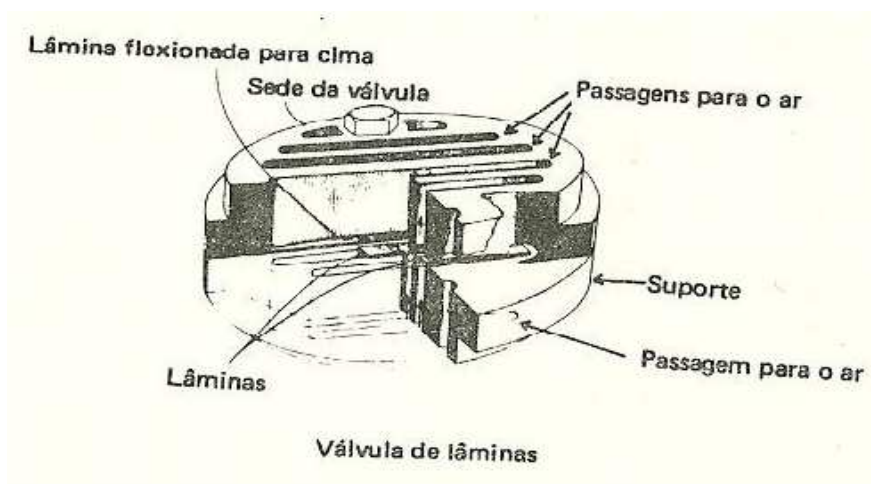


Fig. 9 - Válvula de descarga tipo de lâminas

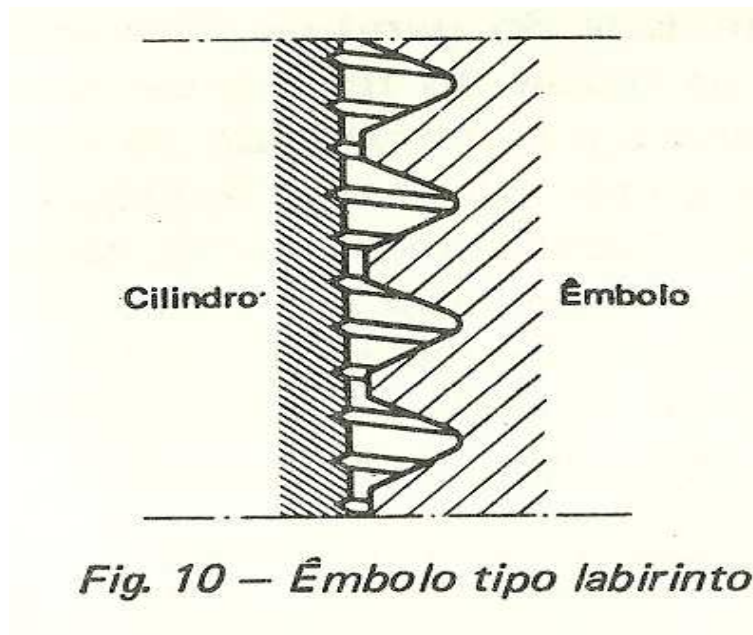
A principal diferença entre este tipo de válvula e a válvula de disco é que o papel de fechar e abrir as passagens para o ar é executado por tiras ou lâminas de metal.

As tiras ficam presas entre a sede e o suporte da válvula e a válvula, podendo se flexionar para cima quando o ar, ao ser descarregado, empurra as lâminas. Quando o ar deixa de pressionar as lâminas elas agem como molas voltando à sua posição normal e fechando as passagens.

b) De êmbolo com labirinto

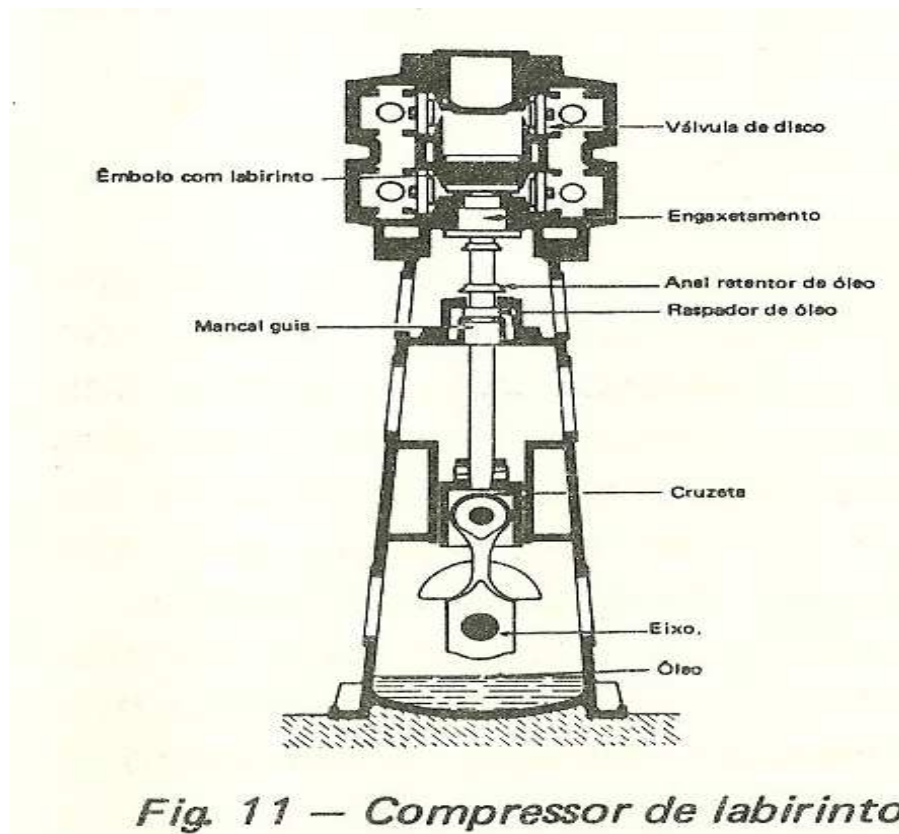
Este é um tipo especial de compressor alternativo, de deslocamento positivo, cujo êmbolo trabalha sem molas de segmento e sem lubrificação. A selagem entre o êmbolo e o cilindro é produzida por uma série de cavidades e saliências chamadas de labirinto.

Os cilindros têm sua superfície interna uma série de sulcos onde vão se encaixando às suas superfícies salientes do êmbolo, como mostra a **figura 10**.



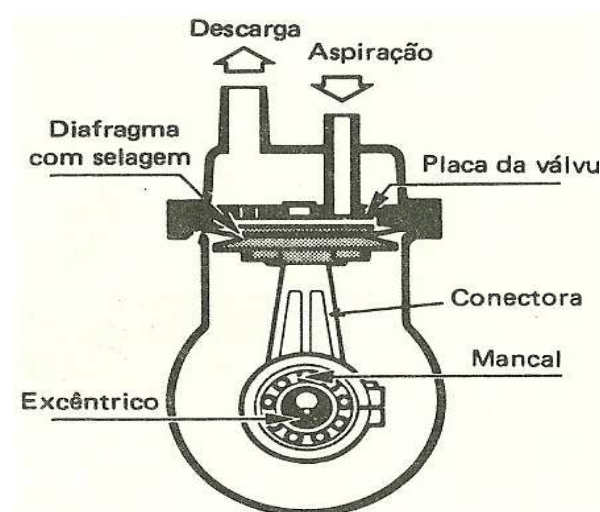
A perda de ar comprimido neste tipo de cilindro é maior do que nos compressores que usam anéis de segmento, mas por outro lado não há perda de trabalho devido ao atrito dos anéis de segmento.

O ar obtido com esse tipo de compressor é extremamente livre de contaminação. A **figura 11** mostra, em corte, um compressor desse tipo.



c) De êmbolo de diafragma

O compressor de diafragma é um compressor alternativo, de deslocamento positivo, sem óleo lubrificante em contato com o ar comprimido. Ao invés de um êmbolo alternativo movendo-se dentro de um cilindro, possui uma membrana flexível ou um diafragma, acionado mecanicamente ou hidráulicamente para comprimir o ar. Compressor desse tipo, acionado mecanicamente, é mostrado na **figura 12**.



Na figura vemos que a extremidade interior da conectora fica colocada de modo a produzir um movimento alternativo que é transmitido pelo diafragma: este é preso a carcaça do compressor por um conjunto completo de selagem.

Esses compressores de têm pequena capacidade e produzem pressões moderadas; são usadas também para produzir vácuo.

4.2- COMPRESSORES DE DESLOCAMENTO ROTATIVO

a) De parafusos

Um novo tipo de compressor, usado em navios desde 1997, é o compressor de um só parafuso

Ele tem um rotor tipo parafuso, montado horizontalmente, que engrena em dois discos denteados, colocados um de cada lado do rotor.

Os discos têm seus eixos verticais e seus dentes vão se encaixando nas roscas do rotor à medida que ele vai girando. O ar ao ser admitido numa extremidade do parafuso fica preso entre as roscas do rotor e os dentes dos discos são comprimidos ao longo do parafuso até chegar à descarga. Um dos discos comprime o ar na parte superior do rotor e outro disco comprime o ar na parte inferior. A **Figura 13** mostra o rotor e o dois discos desse tipo de compressor.

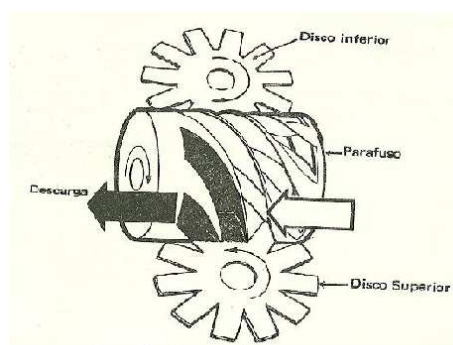


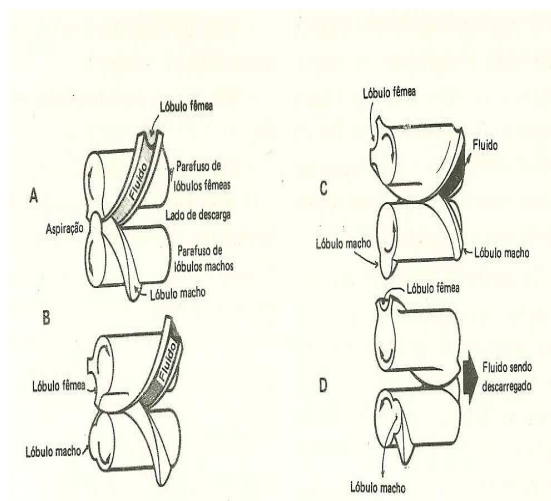
Fig. 13 - Compressor de um parafuso

Esse tipo de compressor é perfeitamente balanceado com a relação aos esforços radiais e axiais, por isso não há quase carga sobre os mancais do rotor que assim têm duração mais longa que no compressor de dois parafusos.

b) De dois parafusos

O compressor de dois parafusos é uma máquina de deslocamento positivo cuja pressão de descarga é diretamente influenciada pela pressão do fluido na sua aspiração e pela velocidade dos parafusos. Os parafusos têm roscas especiais chamadas lóbulos. Os lóbulos vão se engrazando uns nos outros quando os parafusos giram.

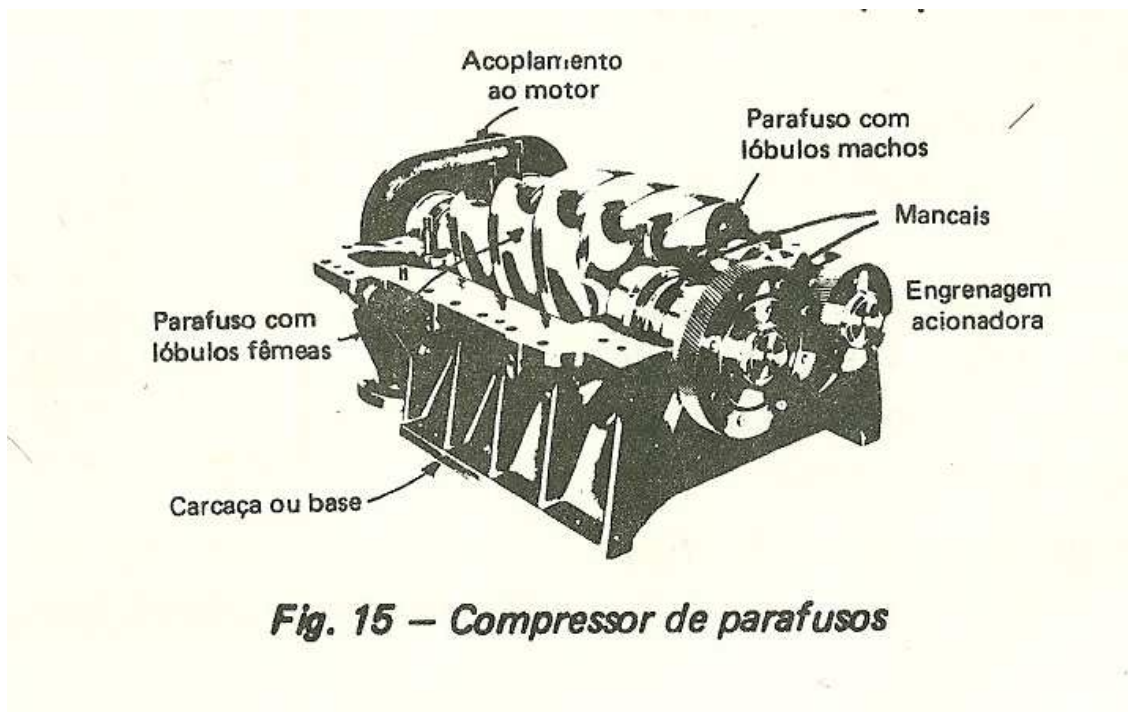
A **figura 14** mostra dois parafusos, um com lóbulos machos e outros com lóbulos fêmeas, detalhando o engrazamento de lóbulos.



Vemos na **figura 14** que os parafusos giram em sentidos contrários e os lóbulos, fêmea e macho, vão se encaixando do sentido da esquerda para a direita. O fluido a ser comprimido entra pela aspiração à esquerda e vai preenchendo os lóbulos fêmeas. Quando os lóbulos machos vão se encaixando nos lóbulos fêmeas, o fluido não pode escapar porque fica preso entre os lóbulos fêmeas e a carcaça ou invólucro. Os lóbulos **machos** vão então empurrando para a direita o fluido, que assim chega comprimido a parte final dos parafusos onde fica a descarga.

Portanto a admissão fica do lado esquerdo e a descarga do lado direito das figura A, B, C e D.

A **figura 15** mostra os dois parafusos dentro da carcaça inferior do compressor. Os parafusos são apoiados na carcaça por meio de mancais.



O parafuso com lóbulos machos tem numa extremidade um acoplamento se liga ao motor acionador e a engrenagem pequena. O acoplamento se liga ao motor acionador e a engrenagem pequena transmite o movimento recebido do motor ao outro parafuso.

Os parafusos, mantidos em suas posições pelos mancais, têm sua rotação sincronizada pelas engrenagens de modo que não há nenhum atrito entre os lóbulos dos parafusos e entre os parafusos e a carcaça. A folga entre os lóbulos e entre os lóbulos e entre estes e a carcaça é a mínima possível, para evitar a fuga do fluido que está sendo comprimido.

A ausência de válvulas de admissão e descarga e o perfeito balanceamento das peças permitem que o compressor de parafusos funcione de parafusos funcione a alta velocidade. Ele tem dimensões externas pequenas, mas uma grande capacidade. Como os lóbulos dos parafusos não se tocam nem atiram com a carcaça que os envolve, não é necessário lubrificação dentro do espaço de compressão, e assim o ar comprimido não é contaminado pelo óleo. O compressor de parafusos sem lubrificação necessita funcionar sempre a alta velocidade para manter sua eficiência, pois compensa as perdas pelas folgas com o grande volume de fluido descarregado.

O compressor de parafusos, para funcionar com baixa velocidade de rotação, necessita receber injeção de óleo no espaço de compressão.

A injeção de óleo tem três funções:

- vedar as folgas entre os lóbulos e entre estes e a carcaça;
- resfriar o ar durante a compressão;
- Lubrificar os parafusos.

O óleo injetado é recuperado e recirculado depois da compressão. Quando a temperatura do óleo puder ser mantida baixa, praticamente, todo o óleo puder ser mantido baixo, praticamente, todo o óleo poderá ser recuperado. A recuperação do óleo é feita em duas etapas:

1ª – inicialmente o ar passa por um separador mecânico de óleo;

2ª – a seguir ele passa por um filtro de óleo colocado no circuito do ar que entra no reservatório.

A injeção de óleo é usualmente feita aproveitando a pressão do ar de descarga do próprio compressor.

A **figura 16** mostra o exemplo de circuito de recuperação de óleo de um compressor rotativo.

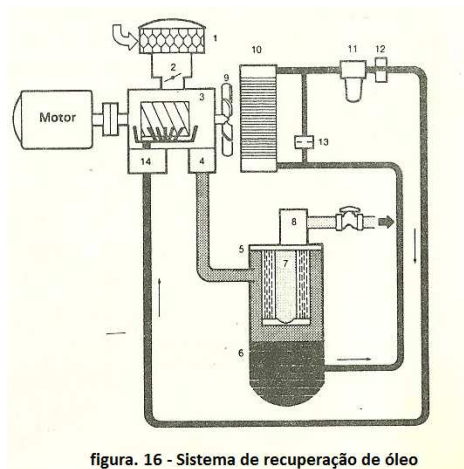


figura. 16 - Sistema de recuperação de óleo

O ar entra pelo filtro (1), passa pela válvula reguladora e é comprimido no compressor (3). O ar comprimido e contaminado com óleo lubrificante passa pela válvula de retenção (4), entra no separador de óleo (5) e no filtro de óleo (7). O óleo retirado do ar cai no depósito (6) geralmente se encontra em alta temperatura porque retira o calor do ar comprimido com o qual sai misturado do compressor. Do depósito (6) o óleo segue para o resfriador (10) que recebe circulação de ar da ventoinha (9) que gira acoplada ao eixo compressor. Depois

de sair do resfriador, o óleo passa por um filtro (11) e pela válvula reguladora (12), retornando para o compressor pela válvula de retenção (14). A válvula termostática (13) deixa passar maior ou menor quantidade de óleo pelo tubo de contorno do resfriador, de acordo com a temperatura do óleo que chega do depósito (6).

Algumas vezes uma bomba de circulação de óleo é usada no circuito de recuperação de óleo. Uma válvula de pressão mínima do óleo. Uma válvula de pressão mínima de óleo é usada para assegurar que o óleo seja injetado no compressor mesmo que a pressão do ar comprimido na descarga fique muito baixa.

Os compressores de parafuso com injeção de óleo mais usada eram os do tipo portátil. O desenvolvimento de novos e mais eficientes rotores tornou-os viáveis como compressores estacionários. Outro modelo de compressor usa injeção de água ao invés de óleo. O inconveniente do uso da água é que o interior do compressor deve ser protegido contra ferrugem além de necessitar de uma selagem complicada para evitar que a água entre em contato com a lubrificação dos mancais.

O tubo de descarga dispõe de uma válvula de retenção, que fecha quando a descarga do ar é interrompida, para que o ar não retorne para o compressor.

Quando o compressor funciona sem carga, o ar é conduzido, através de uma passagem, do lado da alta pressão para o lado da aspiração de modo a evitar que o compressor funcione como uma bomba de vácuo.

A capacidade do compressor funciona sem carga, o ar é conduzido, através de uma passagem, do lado da alta pressão para o lado da aspiração, de modo a evitar que o compressor funcione como uma bomba de vácuo.

A capacidade do compressor pode também ser regulada variando a velocidade do acionador.

Quando o compressor está parado, a válvula de retenção, colocada na sua canalização de descarga, evita que ele trabalhe como um motor, acionado pelo ar sob pressão que se encontra armazenado no reservatório.

c) De palhetas.

O compressor rotativo de palhetas é uma máquina de um único eixo, de deslocamento positivo, com razão de compressão viável. A **figura 17** mostra, esquematicamente, como funciona esse tipo de compressor.

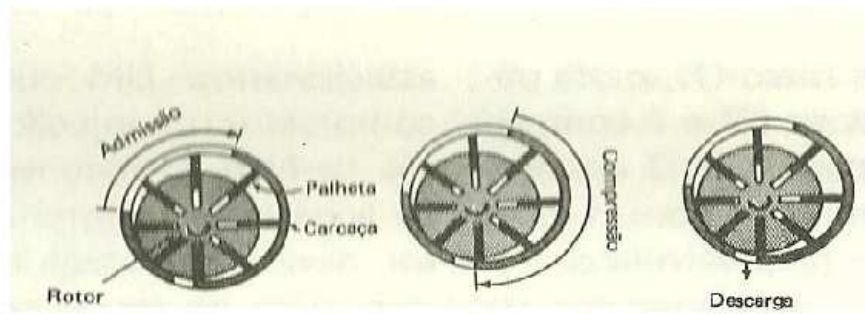


Fig. 17 - Funcionamento do compressor de palheta

O rotor provido de oito palhetas radiais móveis é montado com seu eixo fora do centro de uma carcaça cilíndrica. Quando o rotor gira, a força centrífuga atua de modo a manter as palhetas fora do centro e desse modo elas ficam em permanente contato com a parede da carcaça.

Como o rotor é excêntrico, em relação ao eixo da carcaça, as palhetas vão saindo dos seus alojamentos de acordo com a que a superfície do rotor fica da carcaça.

A admissão do ar fica localizada no setor onde as palhetas estão em sua posição mais para fora do centro e o espaço entre elas é maior.

Com a rotação os espaços entre as palhetas e a carcaça vão diminuindo e o ar é comprimido até que passe em frente à abertura de descarga. Este princípio de funcionamento é muito usado em motores movidos a ar

Atualmente os compressores de palhetas são do tipo com injeção de óleo. Nos compressores que trabalham sem óleo, as palhetas são fabricadas com bronze e carbono ou bronze e grafite.

A **figura 18** mostra, em corte, um compressor de palhetas

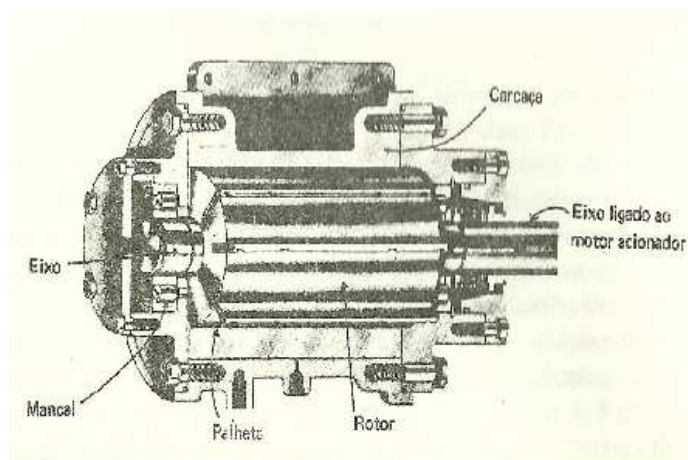


Fig. 18 - Compressor de palhetas

d) De anel líquido

Este tipo de compressor de deslocamento positivo não trabalha com injeção ao centro do estator e possui lâminas fixas e de comprimentos iguais em sua superfície.

A **figura 19** mostra as partes principais desse tipo de compressor.

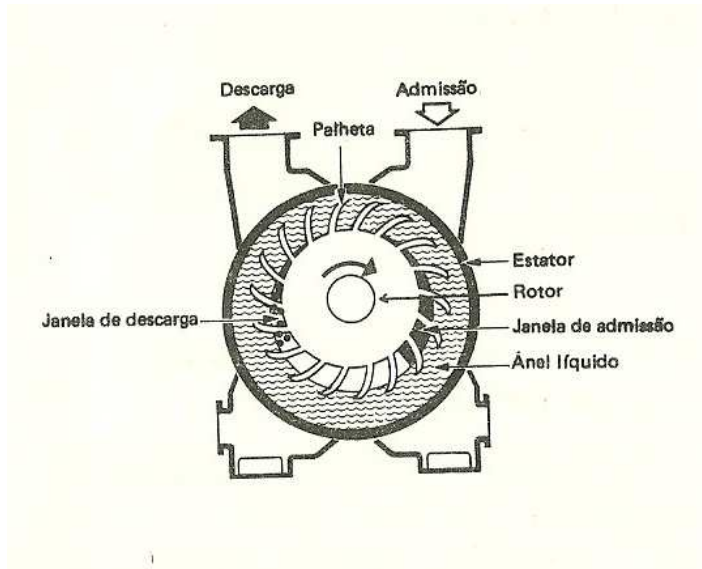


Fig. 19- compressor de anel líquido 1

O interior do estator cilíndrico é parcialmente cheio com água, podendo ser usado outro líquido. Quando o rotor gira, o líquido é arrastado pelas palhetas e devido à força centrífuga ele forma um anel consistente e uniforme ao redor da parede interna do estator. Como o eixo do rotor não coincide com o centro do anel líquido, a distância entre o rotor e o anel líquido varia.

Assim o volume entre as palhetas e o anel líquido varia como no compressor de palhetas. A aspiração fica do lado em que os espaços entre as palhetas estão aumentando, e a descarga do lado em que os espaços estão diminuindo.

O resfriamento desse compressor é feito pelo contato direto do fluido que está sendo comprimido com o anel líquido, de modo que a temperatura na descarga é quase igual à temperatura na admissão.

Esses compressores são usados: quando se deseja a mínima elevação de temperatura do ar ou fluido durante a compressão; quando se deseja obter a absorção de um componente do gás comprimido pelo líquido ou a compressão de gases corrosivos.

A compressão nestes aparelhos não causa aumento de temperatura, mas devido à fricção do líquido contra o estator e ao choque das palhetas quando mergulham no líquido, há uma perda adicional de energia uma perda adicional

de energia em relação aos compressores alternativos ao fazerem o mesmo serviço.

e) De dois rotores ou de dois lóbulos

Neste tipo de compressor não há válvula sendo amplas e o fluido vai sendo empurrado da aspiração para a descarga, pelos lóbulos dos dois rotores, e nessa ocasião o fluido que se encontra na canalização de descarga tende a retornar para o interior do compressor, comprimindo o fluido que lá se encontra.

Esses compressores são também usados como bombas de vácuo e como medidores de fluxo de gás. Uma vista em corte desse compressor é mostrada na **figura 20**

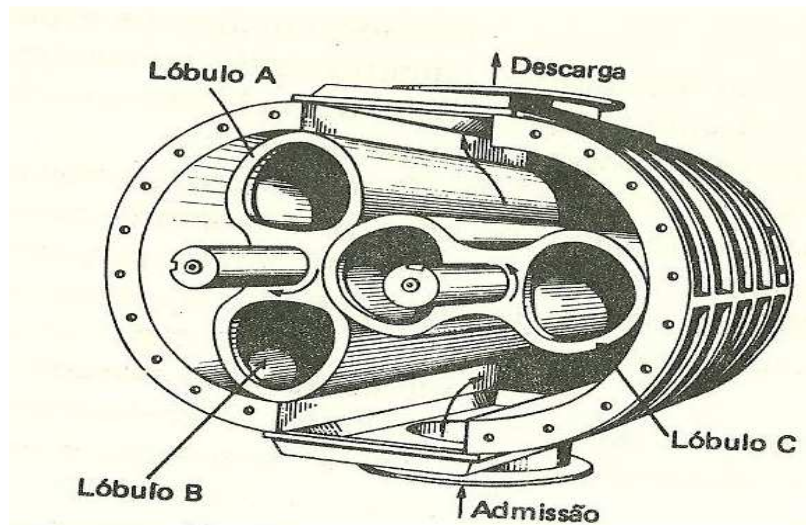


Fig. 20 - Compressor de lóbulos

Dois rotores de dois lóbulos idênticos e simétricos giram em direções opostas dentro de um invólucro. Os rotores se entrelaçam, mas não se tocam e a folga entre eles é mantida por engrenagens. Na figura 20 vemos que uma porção de fluido está sendo admitida entre os lóbulos B e C, e descarregada do espaço entre os lóbulos A e C.

O espaço da compressão não é lubrificado. Esses compressores são normalmente resfriados a ar.

4.3 – COMPRESSORES DINÂMICOS

A **figura 21** mostra um compressor centrífugo, de fluxo radial, com cinco impelidores, ou cinco estágios de compressão.

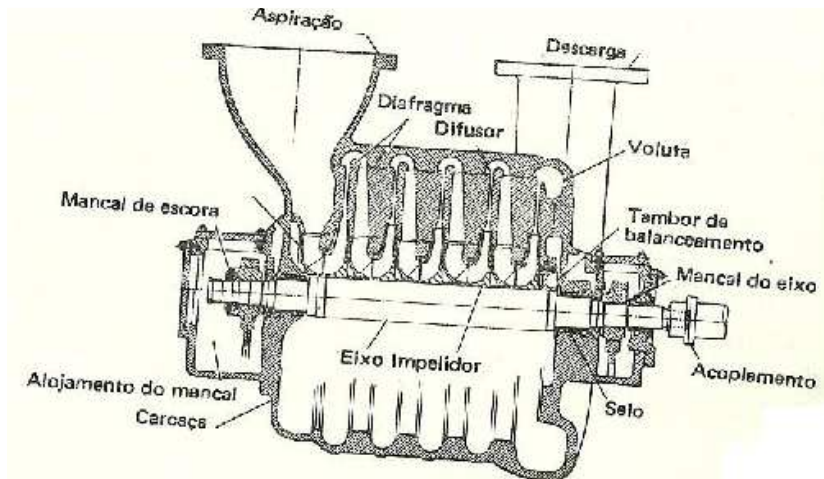


Fig. 21 - Compressor centrífugo de 5 estágios

O fluido (gás ou ar) entra no compressor pela rede de aspiração e vai direto ao centro de rotação do primeiro impelidor. O 1º impelidor arremessa o fluido do centro para a periferia, pela ação da força centrífuga.

Ao ser descarregado do impelidor, o fluido passa por um difusor onde sua energia cinética é convertida em pressão e vai seguir para o centro do 2º impelidor. No 2º impelidor o fluido percorre um caminho semelhante ao do 1º impelidor e assim ocorrem em todos os outros impelidores até chegar à descarga do compressor.

A pressão final, na descarga do compressor, é a soma das pressões que o fluido vai adquirindo ao passar pelo difusor de cada estágio.

Os compressores centrífugos podem ser empregados como bombas para impulsionar o fluido de resfriamento entre os estágios de compressão de outros compressores.

Este tipo de compressor funciona em alta velocidade, comparada com outros compressores. Quando usados em aviões eles chegam a funcionar a velocidade de 50.000 a 100.000 rotações por minutos. A capacidade mínima desses compressores é limitada, principalmente, pelo fluxo que passa pelo último estágio.

O limite prático é de 160 litros por segundo.

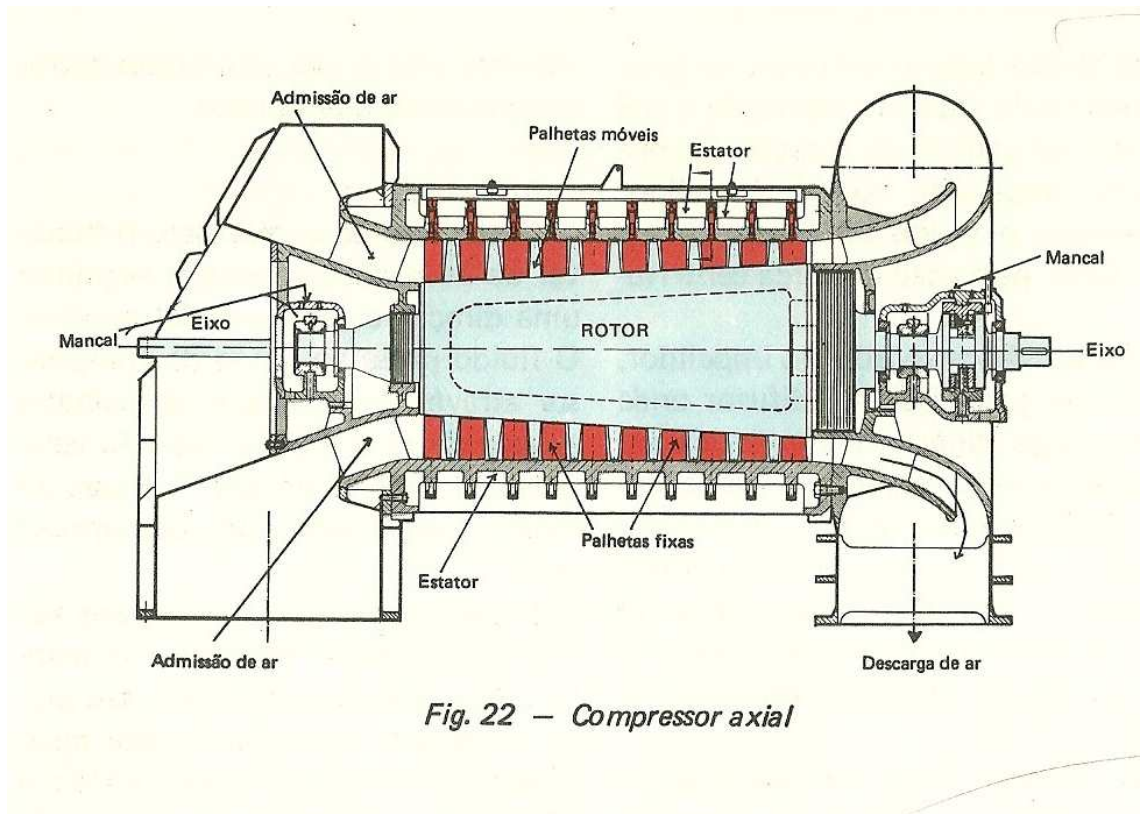
A eficiência dos compressores dinâmicos não é tão alta como a dos compressores alternativos.

Nesse tipo de compressor o fluido vai da admissão à descarga seguindo uma direção axial (paralela) ao eixo. O fluido passa ao longo do compressor através de uma série de palhetas estacionárias e móveis que dão velocidade e pressão ao gás. A **figura 22** mostra, em corte, um compressor axial.

Vemos que as palhetas móveis são fixadas ao rotor, montando horizontalmente, e as palhetas fixas são presas ao estator ou invólucro por meio de eixos verticais. As setas indicam a admissão, a descarga e o caminho do fluido comprimido dentro do compressor. A menor capacidade desse tipo de compressor é cerca de 15 metros cúbicos por segundo.

O resfriamento entre estágios é deficiente nesse tipo de compressor e esse fato limita o aumento da razão de compressão. Em virtude do seu pequeno diâmetro esse compressor funciona a velocidades mais altas que os compressores centrífugos. Ele é usado quando se necessita de fluxo constante e pressões moderadas.

O compressor axial é mais bem aplicado em sistemas que necessitam de grandes e constantes quantidades de ar. Uma aplicação típica é como soprador de ar para as fornalhas de caldeiras.



5 – COMPRESSORES ALTERNATIVOS – Análise Técnico

Os compressores Alternados derivam seu nome da ação alternada do pistão (para frente e para trás). O comprimento do movimento do pistão dentro do cilindro é conhecido como um curso. A capacidade do compressor, como

observamos anteriormente, depende de fatores tais como o número de cilindros, o curso, as revoluções por minuto do eixo da manivela, etc. A Fig 1 mostra um típico compressor alternado ou de êmbolo.

A Fig. 2 mostra um compressor industrial de dois cilindros de desenho vertical e funcionamento de baixa velocidade, para demanda pesada. O movimento do pistão é transferido do eixo da manivela que, por sua vez, recebe seu movimento de uma roda de correia. O motor principal desse tipo de compressor é usualmente um motor elétrico, embora não haja motivo para não se utilizar outros tipos de motores principais.

O movimento do pistão é efetuado pelo braço ou braço do virabrequim, no qual é fixada uma extremidade de uma barra de conexão. A outra extremidade da barra de conexão é fixada ao pistão através de um pino de êmbolo. Dessa maneira barra de transmissão e o braço da manivela transferem a rotação do virabrequim para o movimento alternado do pistão para frente e para trás. A passagem do refrigerante para a do compressor é controlada por meio de uma válvula de descarga e sucção situada numa placa de válvula especialmente projetada. Essa placa de válvula forma a parte inferior da cabeça do cilindro.

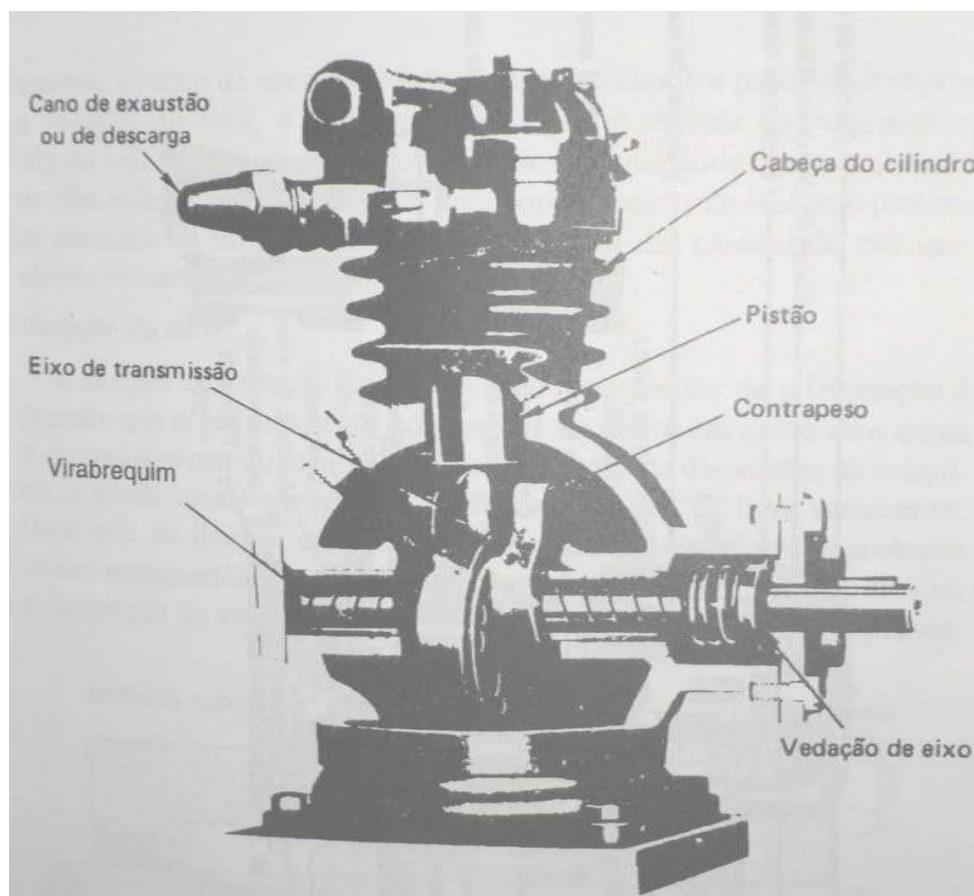


Fig. 1. Vista de corte de um compressor de refrigeração alternado movido a correia, com um único cilindro.

O movimento vibratório da válvula permite ao refrigerante fluir para fora unicamente através da entrada da válvula de descarga, e somente pela válvula de sucção. Assim, quando o pistão se move da placa de válvula (curso de sucção), verifica-se uma redução da pressão. Devido à pressão do cilindro ser agora menor que a da linha de sucção, verifica-se um fluxo de refrigerante que abre a válvula de sucção e permite que uma certa quantidade de refrigerante entre no compressor. Quando o pistão inverte seu movimento e se move em direção à placa da válvula (curso de compressão), aumenta-se a pressão, que força o fechamento da válvula de sucção. Uma compressão posterior, quando o pistão se move próximo à válvula, abre a válvula de descarga e força o refrigerante para a linha de descarga, causando assim a conhecida pressão do lado de alta do refrigerante. Desse modo, o curso de sucção enche o cilindro com refrigerante vaporoso, enquanto o curso de compressão comprime-o e força-o para fora do cilindro, as válvulas funcionando apenas pela diferença de Pressão.

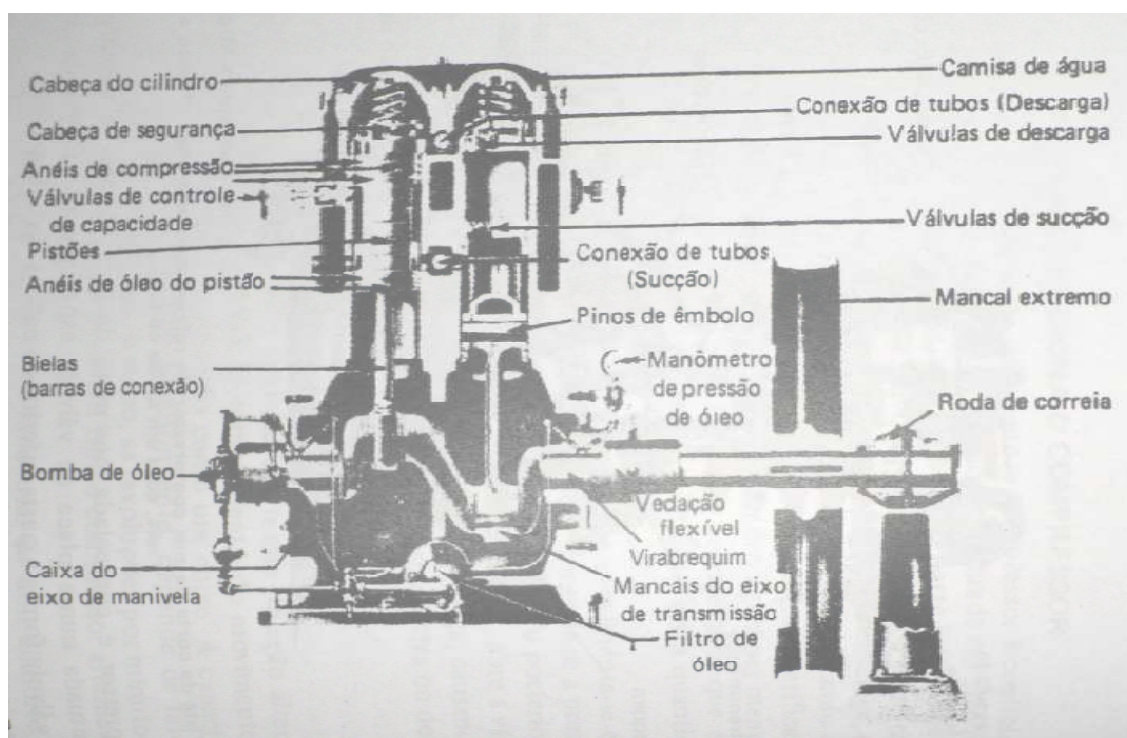


Fig.2. Vista da seção de um compressor alternado industrial vertical, de demanda Pesada

5.1 - Lubrificação

A lubrificação de alimentação forçada é efetuada usualmente em um compressor alternado, por uma bomba de óleo reversível movimentada diretamente pelo virabrequim. A bomba fornece lubrificação para os mancais do eixo de conexão e principal, as buchas dos pinos de êmbolo, a vedação do

eixo, e todas as demais partes do compressor. Alguns grandes compressores comerciais são equipados com um sistema de alimentação mecânica visível para o fornecimento de óleo sob pressão da admissão de sucção e para o lado impulsor das paredes do cilindro, através de hastes de passagens especiais.

5.2 - Vedação do eixo

A função da vedação do eixo em um compressor de refrigeração é impedir que o gás escape do compressor no ponto em que o eixo deixa o compartimento do compressor. Dependendo das dimensões da máquina, é usada uma variedade de vedações de eixo de livre vazamento. Uma vedação flexível ou do tipo inferior usualmente fornece contra vazamento, tanto de pressão quanto do vácuo. A Fig. 3 mostra a disposição da vedação de um compressor típico de demanda pesada.

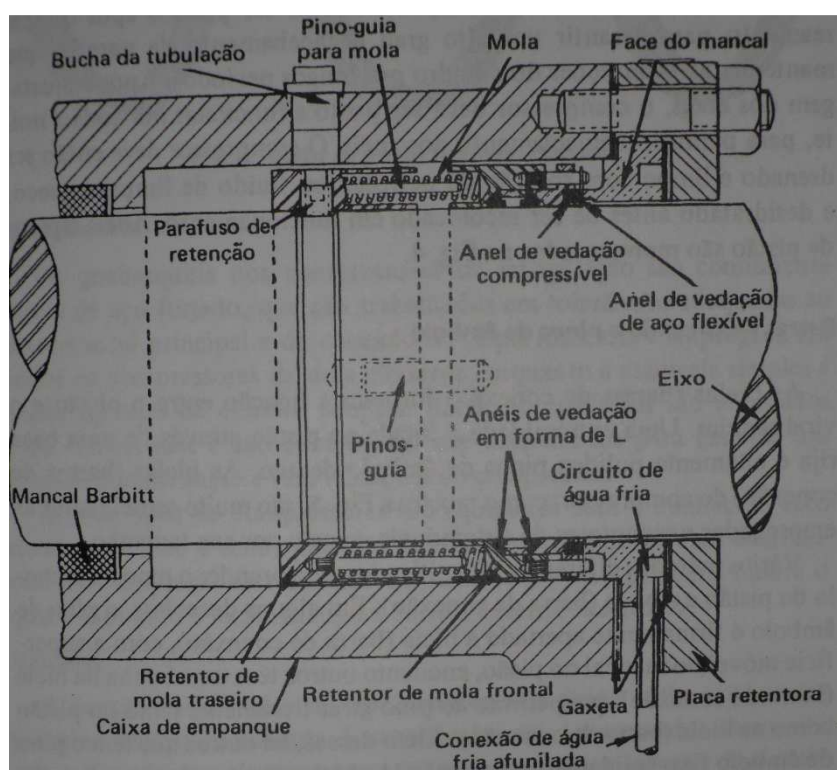


Fig.3. Vista transversal de vedação do compressor de demanda pesada

5.3 - Pistões e anéis

Os pistões empregados na maioria dos compressores são feitos no mais alto grau de ferro fundido. Eles são cuidadosamente trabalhados, polidos e ajustados aos cilindros em tolerâncias restritas. Há vários desenhos diferentes de pistões. Alguns modelos mais antigos não eram equipados com anéis de pistão, mas eram enrolados no cilindro num ajuste muito preciso. Atualmente, contudo, dois ou mais anéis de pistão são empregados, sendo sua função a de garantir lubrificação apropriada e vedação das paredes do cilindro. Os pistões

podem ajustar-se às paredes do cilindro de modo que, quando inseridos, eles não caiam por seu peso próprio, mas devem ser empurrados com os dedos. Esse ajuste é usualmente obtido permitindo-se uma folga de 0,0003" (três milésimos de polegada) por polegada de diâmetro do cilindro. Assim, um cilindro de 11/2" teria uma folga de 0,00045" entre o pistão e a parede do cilindro.

Se os cilindros tiverem sulcos, eles devem ser polidos após o escareamento para garantir um alto grau de acabamento da parede, que mantenha as proporções do cilindro por longos períodos. Após a ajustagem dos anéis, o compressor deve ser posto para funcionar por toda a noite, para permitir o amaciamento dos anéis. O compressor deve então ser drenado e limpo com solução de petróleo ou fluído de limpeza seco, e desidratado antes de ser recolocado em funcionamento. Anéis típicos de pistão são representados na Fig. 4.

5.4 - Barras de conexão e pinos de êmbolo

As bielas (barras de conexão) formam a ligação entre o pistão e o virabrequim. Uma extremidade é ligada ao pistão através de uma base rija e altamente polidos pinos de êmbolo de aço. As bielas (barras de conexão) do compressor, como mostram a Fig. 5, são muito semelhantes às empregadas nos motores de automóveis, exceto por seu tamanho.

Vários métodos diferentes são utilizados para prender o pino de êmbolo do pistão e biela (barra de conexão). Em alguns desenhos, o pino de êmbolo é firmemente apertado à biela (barra de conexão), com a superfície móvel do mancal no pistão, enquanto outros têm uma bucha na biela (barra de conexão) que permite ao pino girar livremente tanto no pistão quanto na biela (barra de conexão). Além desses, há outros que têm o pino de êmbolo fixo solidamente ao pistão. As bielas (barras de conexão) são usualmente feitas de um alto grau de ferro fundido ou aço forjado.

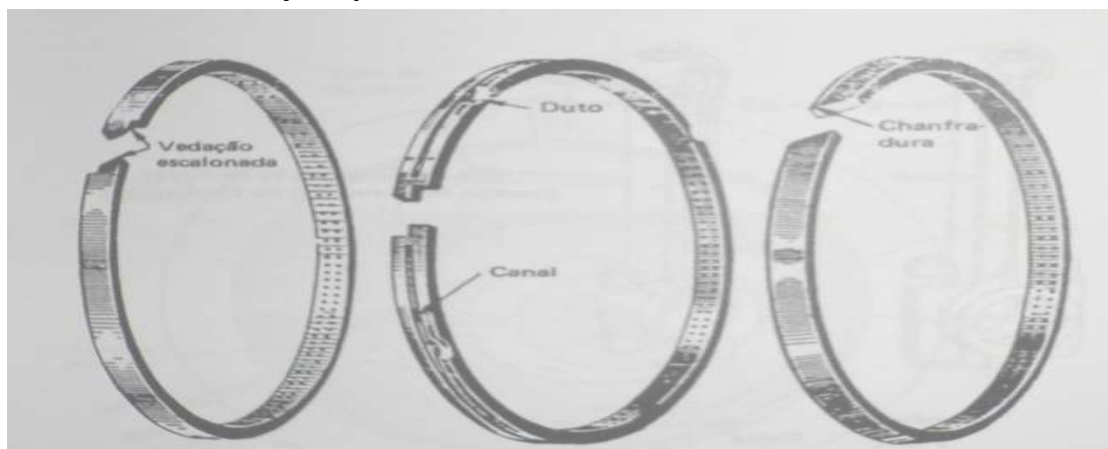


Fig.4. Anéis de pistão dos compressores

5.5 - Virabrequins

Os virabrequins nos compressores de refrigeração são comumente feitos de aço forjado, que são trabalhados em tolerâncias adequadas ao eixo mancal principal e de conexão. A dupla manivela é empregada em todos os compressores de dois cilindros, enquanto a manivela simples é usada no tipo de cilindro simples. Eixos de manivelas são equipados com contrapesos e são cuidadosamente balanceados para garantir um funcionamento suave e sem vibrações ao compressor.

Alguns tipos de compressores são equipados com o conhecido eixo excêntrico. Esta é uma aplicação diversa do princípio do eixo de manivela. Ele emprega uma unidade consistindo no eixo principal (sobre o qual é montado o excêntrico) e a correia externa excêntrica.

5.6 - Válvulas

A função das válvulas em um compressor é dirigir o fluxo dos refrigerantes através da unidade. Essas válvulas são denominadas de acordo com a função que elas exercem, tais como sucção e válvulas de descarga. A chamada válvula tipo cabeçote tem sido amplamente substituída pela válvula tipo anel de placa. A válvula anel (Fig.6) é desenhada para operações rápidas, positivas e sem vazamentos, e é usualmente trabalhada à precisão com ligas de aço especialmente tratadas à alta temperatura. Devido à sua situação no cabeçote de segurança do cilindro, as válvulas podem ser facilmente removidas e substituídas como um conjunto. As válvulas de descarga consistem em duas placas de anéis carregados à mola, e as válvulas de sucção consistem de uma placa de anel.

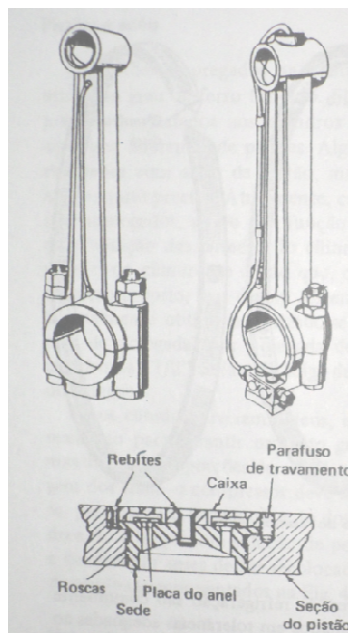


Fig.5. Construção de bielas (barras de conexão do compressor)

Fig.6. Vista seccional de uma válvula de anel de um compressor

6. PRECAUÇÕES DO SISTEMA

Como em todas as máquinas, centrífugas ou alternadas há certas precauções a serem tomadas durante a instalação e o funcionamento inicial. Todas as tubulações devem ser cuidadosamente limpas de ferrugem, escamas, areia e outros materiais estranhos. Se for permitida acumulação de água na tubulação, esta deve ser removida e o sistema seco o melhor possível. A tubulação deve ser removida e o sistema seco o melhor possível. A tubulação deve ser corretamente projetada para que não haja prisão de líquidos que possa causar inundação do compressor. Um tambor extrator na tubulação de sucção da admissão do compressor é útil para isso.

Enquanto um compressor centrífugo receberá certa quantidade de líquido com muito menor efeito prejudicial que com uma máquina alternada, é bom ter em mente que o tipo centrífugo não é projetado para esse serviço. É particularmente importante observar que apenas um pouco líquido que entre no compressor vai aumentar tremendamente o fluxo do peso. Isso pode aumentar as necessidades de HP de tal modo que pode causar a queda da unidade em caso de acionamento por turbina, ou funcionar em sobrecarga, no caso de acionamento por motor. Apreciáveis quantidades de líquido fluindo na sucção do compressor podem causar empuxo excessivo, resultando na avaria do mancal de empuxo, e possível avaria entre outras partes internas se o rotor, como resultado mudar de posição axialmente.

A tubulação poderá ser desenhada de modo que pressões devidas às mudanças térmicas não sejam impostas ao equipamento do compressor e da turbina. É necessário um alinhamento correto do eixo no equipamento rotativo. Isso é impossível se forem impostas forças na unidade.

7. MANUTENÇÃO DO COMPRESSOR

O funcionamento normal e correto pode ser observado e determinado pela temperatura e pelo ruído do compressor. O ruído de um compressor normal consiste de uma leve batida de válvula. A temperatura normal do compressor na caixa do eixo de manivela não deve ser mais que 25° a 30° F acima da temperatura do gás de admissão. O cabeçote da máquina e a tubulação de descarga não deve ser mais de 30° mais que a correspondente temperatura da pressão de descarga. Essa temperatura de descarga pode variar para cima ou para baixo, com a temperatura do gás de sucção. A aproximação anterior é correta para a maior parte das condições usuais. Aquecimento do cilindro compressor ou dos cabeçotes acima dos valores referidos indica problemas na forma de válvulas quebradas ou vazando, e deve ser prontamente investigado.

7.1 - Nível do óleo

O nível de óleo deve ser parte da observação diária dos operadores. Uma vez que o sistema esteja carregado e tenha sido efetuado o adequado retorno de óleo, nesse caso procure observar um entupimento na tubulação de sucção, ou um local de muita elevação através de um tubo vertical de um evaporador do qual o óleo não esteja voltando. Cheque também vazamentos. Certifique-se que o nível de óleo esteja pelo menos na metade do manômetro do compressor, mas não acima do topo. Um nível elevado de óleo é prejudicial, pois causará uma subida de óleo no compressor.

7.2 - Pressão do óleo

Quando o compressor for usado como auxiliar, em baixas temperaturas, e se estiver utilizando halocarbonetos ou amônia, o manômetro da pressão do óleo deverá marcar pelo menos 10 libras acima da pressão atmosférica. Para determinar a pressão, feche a válvula de sucção do gás, até que obtenha o vácuo de 27 polegadas, mantido enquanto o compressor estiver funcionando; a seguir ajuste a válvula de alívio do óleo no selo terminal, mas conserve essa válvula aberta pelo menos 5 voltas. Se necessário ajuste também a válvula de alívio acima da bomba, até que a pressão de 10 libras seja obtida.

7.3 - Filtro de sucção

O compressor tem um ou dois retedores de sucção, dentro dos quais há um filtro de metal e uma tela filtrante. Quando instalado, o saco filtrante deve ser empurrado para dentro da tela filtradora até que entre em contato com o fundo na extremidade fechada ou ponta de mola, e o topo deve então ser dobrado na borda da extremidade aberta. O filtro e a tela são então colocados no retedor de sucção com a extremidade fechada próxima à tampa flangeada que fornece a tensão de mola para prender a tela e o filtro no lugar. A bainha do filtro na extremidade aberta impede-lá de ser empurrada através do gás de sucção quando posicionada adequadamente na ranhura de fundo do retedor.

7.4 - Válvulas

As válvulas de placa dentro da máquina muito raramente necessitarão de retífica. Uma inspeção visual dessas válvulas é recomendada pelo menos uma vez em cada seis meses. As válvulas de retenção são usualmente de assentamento duplo em sua sede, e podem ser engraxadas sob pressão pela ampla abertura da válvula, até que a parte posterior do botão da válvula se coloque contra a tampa. Use embuchamento trançado de primeiro grau.

7.5 - Cuidados com o compressor

Os compressores, especialmente os ligados a um sistema de tubulação de ferro ou aço, deve ser abertos e cuidadosamente limpos em cada duas semanas de operação. Para esgotar a caixa do virabrequim antes de abrir a máquina, a válvula de retenção de sucção *B* (Fig.12) é fechada, a válvula *A* de descarga é mantida aberta, e faz-se um vácuo ou quase-vácuo na caixa do virabrequim do

compressor. Usualmente, funcionando-o por alguns minutos, remove-se todo o refrigerante misturado com o óleo da caixa do virabrequim. Pare o compressor e feche a válvula A; o plugue de enchimento do óleo é removido em seguida para aliviar a pressão. Abre lentamente, certificando-se de que a pressão esteja aliviada. A tampa da caixa do virabrequim pode então ser removida e o plugue do dreno aberto para drenar todo óleo remanescente. O interior do compressor deve então ser cuidadosamente limpo, usando estopa sem fiapos.

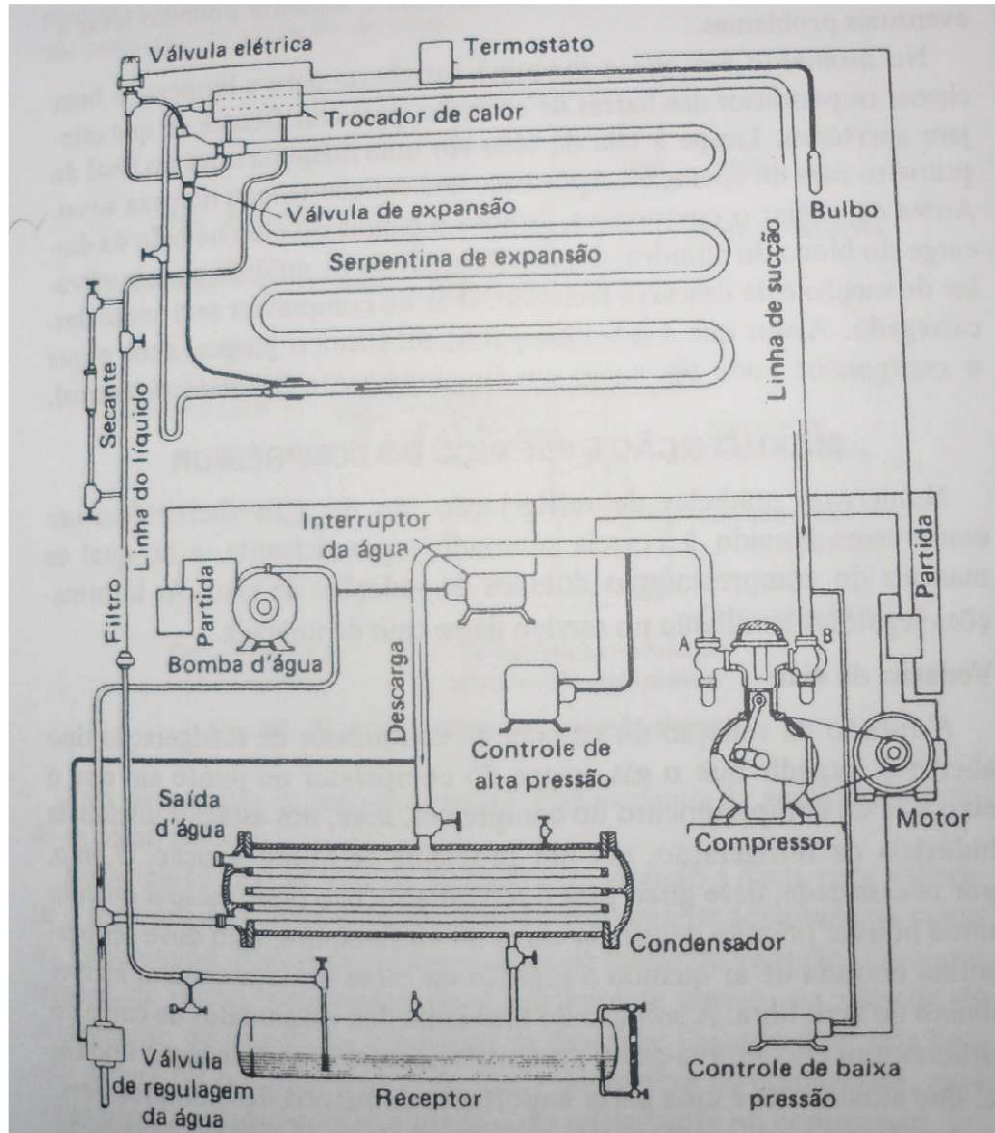


Fig. 1. Diagrama da tubulação de um típico sistema de refrigeração.

Após a caixa do virabrequim ter sido limpa, todo o óleo frio, se sujo, deverá ser substituído por uma nova carga. É também uma excelente precaução remover a placa da tampa do retentor e limpá-lo cuidadosamente. Nunca use gasolina para limpar. Recomenda-se que as estopas de limpeza estejam saturadas com óleo limpo de qualidade, como o usado no compressor. Recomenda-se uma limpeza verdadeiramente cuidadosa; meias-medidas nunca são satisfatórias e somente poderão levar a eventuais problemas.

No momento em que a máquina for aberta para limpeza, é bom checar os parafusos das barras de conexão, para certificar-se de que estejam apertados. Limpe a tela de óleo em uma máquina nova no final do primeiro mês de operação. Após isso, será suficiente uma limpeza anual. Antes de religar o compressor, remova o plugue do óleo no lado da descarga do bloco do cilindro, depois dê a partida na unidade com as válvulas de sucção e de descarga fechadas. O ar no compressor será então descarregado. Assim que a máquina parar, substitua o plugue, após o que o compressor pode ser posto em funcionamento de maneira normal.

8. MANUTENÇÃO E SERVIÇO DO COMPRESSOR

Numerosas unidades de refrigeração são do tipo aberto com um compressor movido à correia montado separadamente, e no qual os mancais do compressor são dotados de vedação de eixo. As informações seguintes auxiliarão no serviço desse tipo de unidade.

Vedação do eixo

A função da vedação no sistema de compressor de refrigeração tipo aberto é impedir que o gás escape do compressor. Esse, nos estágios iniciais da indústria de refrigeração, era um problema de difícil solução. O eixo, por necessidade, deve girar, mas o refrigerante não pode escapar quando ainda houver pressão dentro da caixa do virabrequim, nem deve ser permitida entrada de ar quando a pressão dentro na caixa do virabrequim estiver abaixo de zero libra. A solução do problema dos vazamentos da caixa do virabrequim encontrava-se no desenvolvimento de uma vedação tipo fole, que atualmente é uma parte importante da maioria dos compressores.

A vedação é um conjunto de partes consistindo de um anel de vedação preso a um fole que, por sua vez, é preso a um plugue de vedação, como mostra a Fig. 13. Uma mola circunda o fole, com uma extremidade apoiando-se no anel de vedação é bem polida e alisada. Quando ligado ao compressor, o anel de vedação em perfeito contato com o eixo. O flange da vedação é fixado a um

cordão de empaque em torno de uma abertura do lado do compressor. O compressor mostrado nas fig.9 e 10 é do topo hermético e não necessita de vedação de eixo.

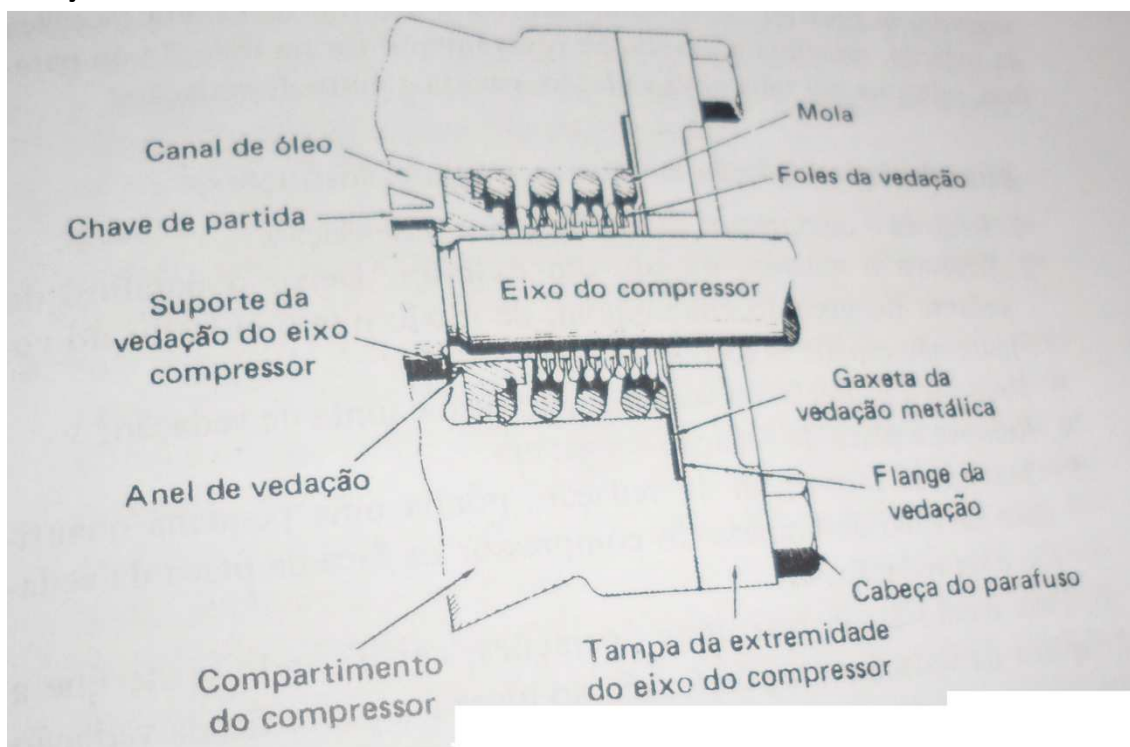


Fig 13. Montagem típica da vedação de Eixo

Para determinar se um compressor está vazando na vedação, procede-se como segue:

Feche ambas as válvulas de fechamento, girando a haste para a direita o mais possível, para garantir pressão refrigerante adequada na caixa do virabrequim do compressor e na face de apoio de vedação, ligue um tambor de refrigerante contendo o refrigerante correto na válvula de fechamento de sucção na tubulação de descarga. Quando fizer essa ligação deverá ter um manômetro na linha do tambor ao compressor, para determinar cuidadosamente a pressão do refrigerante no compressor.

Os testes de pressão para isso devem ser de aproximadamente 70 a 80. Se o compressor estiver situado em um lugar frio, deve ser necessário aumentar a pressão no tambor pela adição de calor. Nesse processo, deve-se tomar cuidado para não ultrapassar 100 libras, pois uma pressão superior a essa pode avariar as juntas dos folios da vedação. Com essa pressão na caixa do virabrequim do compressor, teste os vazamentos com uma tocha de halogeneto, movendo o tubo pesquisador próximo ao parafuso da vedação, e ao eixo do virabrequim, à gaxeta da placa da vedação, e ao ponto em que a vedação entra em contato com a placa. Se com esse processo não descobrir

vazamento, gire o volante lentamente com a mão, segurando o tubo detector bem perto dessas partes mencionadas.

Depois de detectado o vazamento, marque o local exato em que esteja vazando, se possível. Se o vazamento for em torno da gaxeta da placa da vedação, substitua a gaxeta. Se o vazamento for na vedação ou parafuso, substitua por uma nova vedação, gaxeta e junta de vedação.

Para substituir a vedação observe as seguintes instruções:

1. Remova o compressor da unidade de condensação
2. Remova o volante, usando um extrator. Deixe o parafuso do volante no eixo do virabrequim, de modo que o extrator do volante não espane as roscas.
3. Remova a proteção da vedação, parafuso e junta de vedação.
4. Remova a placa da vedação e a graxeta.
5. Quando da montagem da vedação ponha uma pequena quantidade de óleo de limpeza do compressor na face da placa da vedação e na vedação.
6. Para recolocar, inverta essas operações, certificando-se de que a placa da vedação está parafusada no lugar e a proteção da vedação no topo.

Teste de rendimento do compressor

Um teste de rendimento é uma checagem da quantidade relativa de trabalho útil que o compressor vai efetuar. Estritamente falando, o rendimento de qualquer máquina é tomado como a relação entre a potência de saída e a potência de entrada da mesma unidade. Isso é usualmente escrito:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Saída}}{\text{Entrada}}$$

Os fatores que determinam o rendimento de um compressor são:

1. O grau em que a válvula do pistão permanece fechada no curso ascendente.
2. O grau em que a válvula de descarga permanece fechada quando o pistão estiver no curso descendente.

Para testar o rendimento do compressor, proceda da seguinte maneira:

1. Pare o compressor e instale um manômetro composto na válvula da linha de sucção, e um manômetro de pressão na linha de sucção da válvula de descarga.

2. Feche a válvula de sucção e acione o compressor até obter um vácuo de 25 pol.no manômetro composto; a seguir, pare a unidade e observe as leituras dos manômetros. Se o compressor não chegar a 25 pol. De vácuo ou mais, é provável que esteja vazando ar pela válvula de descarga e pela válvula do pistão.
3. Se a pressão principal cair e a leitura de vácuo do manômetro permanecer praticamente constante, é provável que haja um vazamento externo em um dos pontos da cabeça do compressor, ou na conexão entre o manômetro e a válvula de fechamento.
4. Para reparar tanto uma válvula de sucção como descarga com vazamento, remova o cabeçote do compressor e a placa de válvula de descarga muito cuidadosamente. Demonstrando a válvula de descarga, deve-se tomar cuidado para que não se perturbe as condições predominantes durante o teste. É possível que alguma sujeira ou matéria estranha tenha entrado sobre o disco da válvula e na sede, causando um desempenho fraco. Se não houver evidência de sujeira ou matéria estranha, faça uma checagem na sede tanto na válvula quanto na junta do pistão para descobrir aranhões nas partes inferiores. Se esses forem localizados, substitua completamente os discos ou placa de válvula.

Geralmente o defeito pode ser descoberto tanto na válvula de sucção como na válvula de descarga. Sedes de válvulas arranhadas, tanto no lado de descarga como no lado da válvula de sucção exigem substituição por novas ligações. A remoção de arranhões profundos muda a elevação da válvula, e posteriormente põe em perigo o rendimento. Após executados os reparos, limpe cuidadosamente as partes com gasolina ou outro solvente, e monte-as novamente, usando gaxetas novas. Repita o teste de rendimento para certificar-se de que o problema tenha sido eliminado.

Compressor engripado ou apertado

O motivo que leva um compressor a se tornar *engripado* é usualmente uma consequência da umidade no sistema ou falta de lubrificação. Quando isso ocorrer, o compressor deverá ser cuidadosamente limpo. O compressor deve ser completamente desmontado e as partes cuidadosamente limpas e reajustadas. Deve-se colocar, no sistema limpo, óleo e refrigerante limpos.

Um compressor será *apertado* quando um cabeçote do cilindro, uma tampa de vedação, ou uma parte semelhante tenha sido removida e não recolocada cuidadosamente, ou quando os parafusos tenham sido apartados incorretamente. Isso vai desenvolver um desalinhamento, causando um emperramento nas partes móveis, que podem provocar um engripamento no compressor.

Batidas do compressor

Uma batida no compressor pode ser causada por uma bebida (barra de conexão) frouxa, correia e vareta excêntricas, disco excêntrico, pino do pistão, virabrequim (eixo de manivela), ou muito óleo no sistema. Uma batida no compressor pode ser determinada colocando a ponta de uma chave de fenda no cárter e o ouvido contra a manopla da chave. Não é possível determinar o que causa a batida até que o compressor seja desmontado.

Algumas vezes pode ser possível determinar um afrouxamento das referidas partes, sem desmontar completamente o compressor. Inicialmente remova o cabeçote do cilindro e a placa da válvula para expor o cabeçote do pistão. Agora gire o compressor com a mão e aperte o topo do pistão com o dedo. Qualquer frouxidão pode ser sentida em cada movimento do pistão. A parte frouxa deve ser substituída.

É sempre bom checar o nível de óleo do compressor antes de analisar e efetuar reparos no compressor. Batidas de óleo são usualmente causadas pela adição de muito óleo na assistência mecânica à unidade. Nunca é necessário vazamento de óleo. Uma pequena carga às vezes diagnosticada como uma falta de óleo. Antes de acrescentar óleo certifique-se de que o baixo nível é devido à falta de óleo e não à baixa pressão.

Lubrificação

Nos compressores alternados convencionais a lubrificação é feita pelo sistema conhecido como sistema de *salpico*. *Mergulhadores* ou *borrifadores* especiais ligados ao virabrequim distribuem óleo do cárter aos pistões, mancais de pinos, paredes dos cilindros, mancais do virabrequim e vedação. Talvez o ponto mais importante para o assistente de manutenção se lembrar., em conexão com serviço do compressor, é checar a quantidade de óleo em um compressor do tipo aberto. Isso é efetuado como segue:

Após a unidade ter estado em funcionamento por alguns minutos, ligue um manômetro composto à válvula de sucção de serviço e feche a válvula. A unidade pode ser esgotada para equilibrar a pressão (zero no manômetro) e então desligada. Espere alguns minutos antes de remover o plugue do filtro de óleo, e meça cuidadosamente o nível de óleo. Esse nível deve ser checado de acordo com as instruções do fabricante, referente ao nível de óleo necessário para a unidade em questão. Somente devem ser usados, quando da adição de óleo, produtos especificamente recomendados pelo fabricante para unidade particular.

8.1 - REMOÇÃO DO COMPRESSOR

Para remover um compressor de sua unidade, proceda como segue:

Ligue um manômetro composto à válvula da linha de sucção. Feche a válvula de fechamento da linha de sucção e funcione o compressor até que se obtenha 20 a 25 polegadas de vácuo; a seguir, feche a válvula de fechamento da descarga. Antes de remover quaisquer partes, interrompa a válvula da linha de sucção para trazer a leitura no manômetro a zero. Antes de remover as válvulas de serviço, afrouxe o manômetro de pressão e alivie a pressão no cabeçote do compressor. Remova os parafusos da tampa mantendo as válvulas de descarga e sucção no compressor. Se o compressor deve ser removido do local para reparos, coloque as válvulas de serviço sobre as aberturas das linhas de descarga e de sucção. Isso evita que a umidade e o ar penetrem e que o óleo comece a vazar. Solte os parafusos que prendem o compressor à base e dobre a tubulação para fora do compressor o suficiente para permitir o levantamento do conjunto. Deve-se tomar cuidado para não soltar os coxins de montagem e as arruelas em que o compressor se apóia.

8.2 - SUBSTITUIÇÃO DO COMPRESSOR

A instalação de um compressor é grosseiramente o inverso do processo de sua remoção. Inicialmente, coloque os coxins de montagem e as arruelas em posição. Coloque o compressor cuidadosamente na base, na mesma posição que ele ocupava antes da sua remoção. Parafuse o compressor no lugar. Recoloque as válvulas de sucção e descarga, usando gaxetas novas. Após o compressor e as válvulas estarem parafusados no lugar, o compressor deve ser evacuado para remover o ar.

8.3 - ALINHAMENTO DA CORREIA

A importância de um alinhamento correto da correia em unidades abertas deve sempre estar presente na mente de quem necessita mudar um compressor, motor, ou polia motriz. Para determinar o correto alinhamento da correia, bem como sua tensão, proceda como segue:

A tensão correta para uma correia do tipo V é ajustada de modo tal que seja possível baixá-la ou levantá-la $\frac{1}{2}$ polegada de sua posição original com os dedos, sem pressão indevida. Com o compressor e o motor em suas respectivas posições em linha o mais correto possível, afrouxar os parafusos da polia do motor de modo que a polia gire livremente. Nesse ponto, ligue a correia com tensão apropriada, gire o volante para frente várias vezes, e a seguir para trás também várias vezes. O ponto em que a correia está em correto alinhamento

será a posição em que não há movimento para dentro ou para fora da polia motora no eixo motor, quer o volante seja virado para frente ou para trás.

O movimento da polia motora para fora quando o volante estiver girado para frente, ou para dentro, quando o volante for virado para trás (ou vice-versa) indica que a polia motora está fora do plano em relação ao volante; o motor deve ser reajustado de modo que essa condição não ocorra. A estreita observância do procedimento acima mencionado resultará em um espaço de tempo bastante grande em que a correia permanecerá em condições de trabalho.

8.4 - CHECAGEM DE TEMPO DE FUNCIONAMENTO

A porcentagem de marcha, ou tempo de operação da unidade, supondo-se que ela funcione normalmente, depende da quantidade de trabalho que estiver sendo executado. A quantidade de trabalho necessária depende da dimensão do gabinete refrigerador a ser esfriado, da temperatura do ar ambiente e da quantidade e da quantidade de calor que deve ser extraída dele. A quantidade de calor que entra no refrigerador depende da temperatura da sala, da frequência e espaço de tempo das aberturas da porta, e da quantidade e temperatura dos gêneros alimentícios colocados no refrigerador. Assim, um refrigerador funcionará mais eficiente em um clima seco que em um clima de muita umidade.

Conservando em mente os fatores retromencionados, o comprimento do período *ligado* e *desligado* de um refrigerador normal bem ajustado deverá ser como segue:

A 75° F a temperatura ambiente, o período *ligado* deve ser em torno de 2 a 4 minutos, e o período *desligado* em torno de 10 a 15 minutos. Em muitos casos, em que se recebe a reclamação de que o refrigerador está operando demais, uma checagem pode ser facilmente efetuada ligando um relógio elétrico automático nos terminais do motor. É evidente que, uma vez que o relógio funciona somente quando o motor funcionar, o tempo total de funcionamento do compressor será registrado.

8.5 - RAZÃO DE COMPRESSÃO

A razão de compressão em um sistema refrigerante é definida como sendo a pressão principal absoluta dividida pela pressão de sucção.

Deve-se notar que o manômetro composto comum não registra pressão atmosférica, mas lê zero quando não conectado a um sistema pressurizado. Para obter a pressão principal absoluta ou a pressão de sucção absoluta a zero manométrico ou acima, devem ser somadas quinze libras à leitura do manômetro.

8.6 - CONSUMO DE ENERGIA

A energia elétrica (usualmente referida ao consumo de potencial) usada por um refrigerador depende de todos os fatores que influenciam os períodos *ligado* e *desligado*, não importando as dimensões do refrigerador empregado. Os motores geralmente usados variam em dimensões em torno de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ de HP, dependendo do tamanho da unidade, do tipo de refrigerante empregado e vários outros fatores.

A experiência mostra que, na metade norte dos EUA, uma boa variação média para os meses de verão é de 25 a 30 quilowatts-hora por mês e 20 quilowatts-hora para outros meses. Já na metade sul, esses valores (especialmente para os meses de verão) serão ligeiramente maiores.

9 - LUBRIFICANTES DO SISTEMA

A necessidade de efetuar a lubrificação para impedir o atrito de contato entre superfícies metálicas é reconhecida universalmente. A lubrificação correta das máquinas de refrigeração demanda consideração especial: o emprego incorreto de óleo, ou uso excessivo, mesmo dos mais adequados, criará condições de operações questionáveis. Um óleo excessivamente pesado não se distribuirá corretamente às partes em movimento, e, portanto, falhará na execução de sua finalidade. Um óleo excessivamente leve não vai aderir e não vedará satisfatoriamente os pistões e anéis devido à passagem do gás entre o canal de sucção e o cárter. Devido a esse fato, a seleção do óleo adequado deve ser feita com cuidado. Ele deve ser viscoso o suficiente para proporcionar lubrificação adequada. Em um compressor rotativo, o óleo age como uma vedação lateral, e o rendimento depende de seu funcionamento adequado. Devido ao superaquecimento nas válvulas de descarga, o óleo deve ser capaz de suportar altas temperaturas.

Refinarias bem conceituadas que participam de pesquisas de lubrificação estão aptas a fornecer óleos adequados e, por experiência, podem aconselhar um consumidor em potencial o tipo de óleo que melhor se adapte à sua finalidade. O conselho mais correto em lubrificação é, portanto, usar o óleo que a experiência mostrou ser o melhor. Essa informação pode ser geralmente

fornecida pelo fabricante da máquina ou uma refinaria ativamente dedicada ao fornecimento de óleos para o trabalho de refrigeração.

Lubrificação do motor e dos mancais do ventilador

A lubrificação do motor e dos mancais do ventilador pode ser usualmente efetuada pela alimentação de óleo através de um pedaço de estopa ou feltro de um reservatório diretamente para os mancais, em quantidades pequenas e contínuas. É necessário, portanto, usar um óleo que seja bastante leve em viscosidade para passar através da mecha, mas suficiente pesado para formar uma película própria na superfície do mancal em temperaturas de funcionamento. Ele deve ter também um baixo “ponto de fluidez” de modo que possa fluir livremente aos mancais quando começar a esfriar. O melhor óleo resiste à deterioração devida à oxidação e polimerização, que causam a viscosidade e a diminuição. O uso correto de óleo refinado elimina a maior parte dessas dificuldades. Quando se considera a pequena quantidade exigida, e os altos prejuízos que podem advir do uso de um óleo inferior, vê-se que o melhor óleo é mais barato por um grande período de tempo.

Lubrificação do compressor

Há tantos tipos de compressores refrigerados que é impossível determinar especificamente qual lubrificante atende todos os requisitos. Mesmo quando compressores e máquinas são semelhantes em projeto, eles estão aptos para necessitar considerações individuais para lubrificação adequada.

Velocidade, pureza, condições de temperatura, etc. têm um aspecto importante e o sistema de operação e refrigerantes usados são os fatores determinantes. A maioria dos óleos é escolhida para uma dada finalidade, como o resultado dos testes atuais. Portanto, o trabalhador no campo da lubrificação sempre terá proveito utilizando o óleo especificado pelo fabricante da unidade, ou um óleo conhecido para atender às mesmas especificações. Comprar apenas óleos de marcas reputadas, preferente as que têm experiência comprovada no campo da refrigeração.

Tipos de lubrificação

Os compressores são usualmente lubrificados por borrifio, embora uma alimentação semiforçada seja usada ocasionalmente; em certos tipos, exige-se uma bomba separada de óleo. Há dois sistemas de circulação de óleo – um em que o óleo circula através do lado de baixa, e outro no qual ele não circula.

Quando a temperatura do gás descarregado nos compressores sobe, a pressão de vapor do óleo transportado também subirá, e a quantidade de óleo

que pode ser separada será maior. Por outro lado, a quantidade de óleo transportada pode ser aumentada pela ação mecânica no cárter do compressor, e a espuma pode ser induzida pela liberação de refrigerante dissolvido durante o curso de sucção do pistão. Essa última dificuldade pode ser bastante pronunciada em uma máquina carregada com cloreto de metila. Se o gás e o óleo do compressor forem descarregados em uma câmara, podem ser empregados defletores de força centrífuga, para separar o óleo do gás e retorná-lo à entrada da máquina. O sistema é bastante satisfatório quando se empregam refrigerantes que dissolvem o óleo em um sistema seco, onde a velocidade do gás de volta ao compressor. Em instalações comerciais, o óleo usualmente circula através do lado de baixa pressão. Em um sistema seco, a alta velocidade do gás conserva o movimento do óleo. Em um sistema inundado, a evaporação do refrigerante deixa o óleo atrás, e dispositivos especiais são utilizados para sua volta.

Se não se tomar cuidado suficiente na remoção de todas as impurezas do óleo, a emulsificação do líquido refrigerante pode ocorrer. O efeito será o mesmo com a solubilidade excessiva, uma vez que ela pode modificar o nível do líquido do refrigerante no evaporador. Pode também ocorrer um decréscimo do livre fluxo do refrigerante e impedir-se a ebulição correta no evaporador. Isso causa uma temperatura consideravelmente discordante com a pressão correspondente.

10 - ACESSÓRIOS PARA COMPRESSORES

Os principais acessórios para os compressores alternativos são:

1. Cabeçotes resfriados a água;
2. Cabeçotes de segurança;
3. Resfriador de óleo e
4. Separador de óleo.

Os cabeçotes resfriados a água são cabeçotes com camisas onde circula água para resfriar a temperatura do compressor (Figura 11). É de uso comum em sistemas de temperatura abaixo de -30°C , onde a temperatura de descarga do compressor atinge temperaturas muito altas.

Nos cabeçotes de segurança (Figura 12) a válvula de descarga é normalmente montada numa placa separada. Esta placa é fixada por fortes molas que se apóiam na cabeça do cilindro. No caso de o refrigerante líquido ou óleo, que não são compressíveis, penetrarem no cilindro, esta placa se

ergue, superando a pressão das molas, evitando-se danos sérios ao compressor.

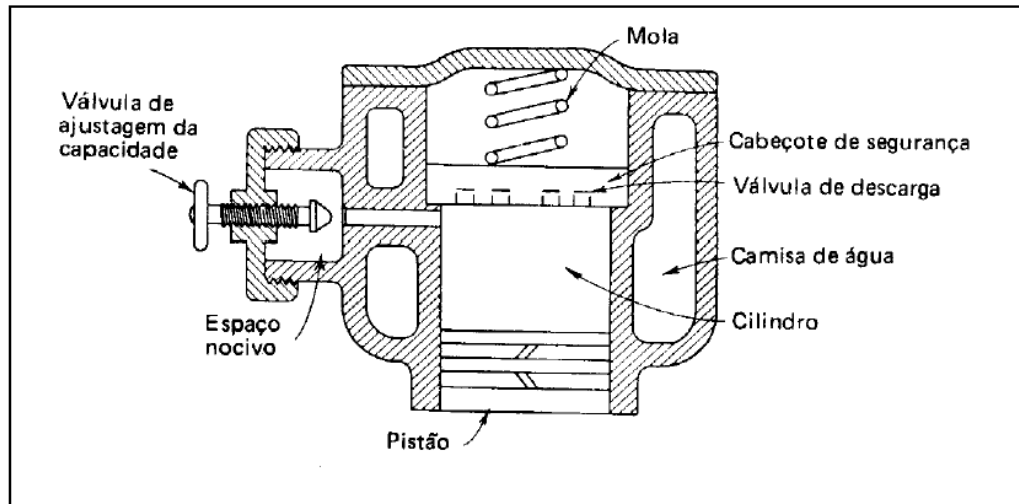


Fig. 1. Cabeçote resfriado a água (camisa de água). A cavidade de Alívio aumenta a folga do cilindro inserindo um Espaço Nocivo.

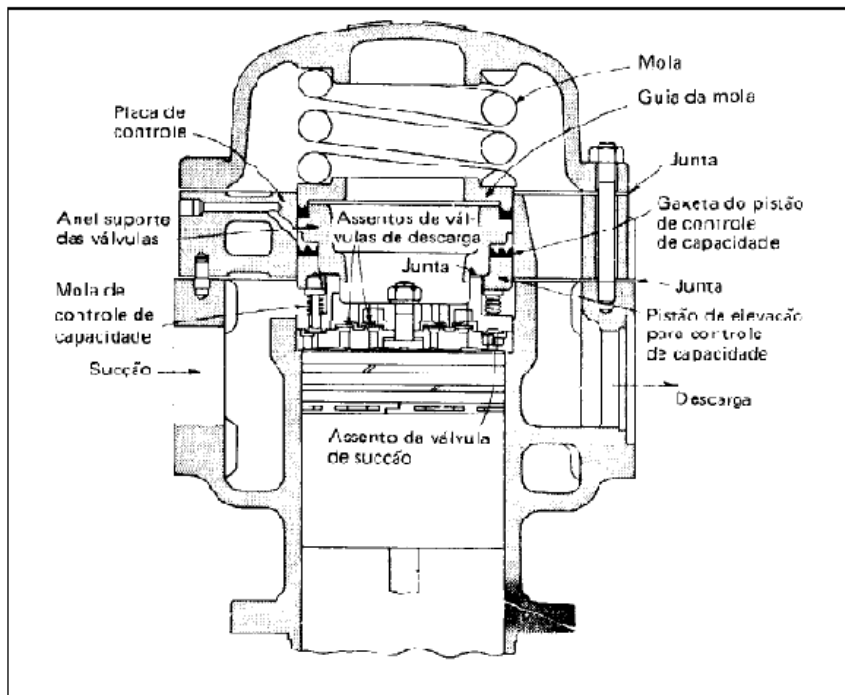


Fig. 2. Cabeçote de Segurança

O resfriador de óleo consiste em um trocador de calor a água ou a gás onde o óleo utilizado para a lubrificação do compressor é resfriado. O mesmo é

necessário onde a temperatura de descarga é muito alta, causando o aquecimento excessivo do óleo.

O separador de óleo é um dispositivo instalado na descarga de compressor para evitar o araste excessivo do óleo para o sistema. Existem os tipos com filtro coalescer (figura 13) e com filtro demister (Figura 14).

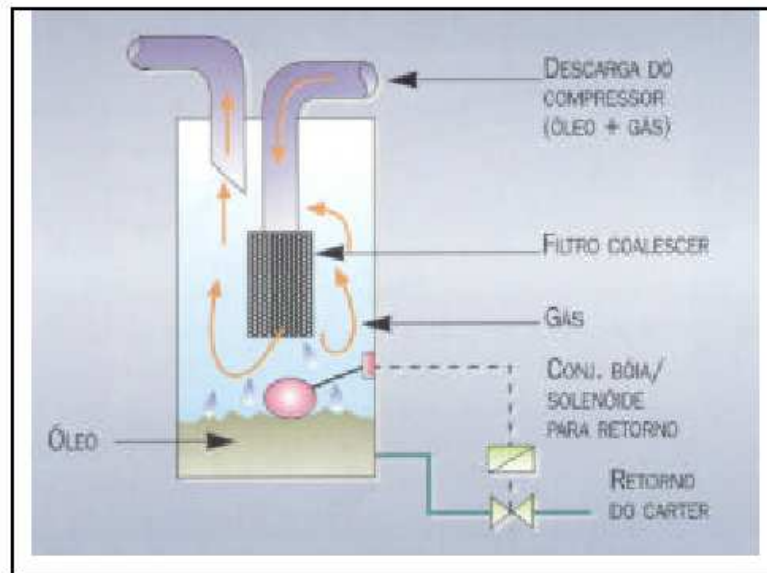


Fig. 3. Separador de óleo com filtro coalescer

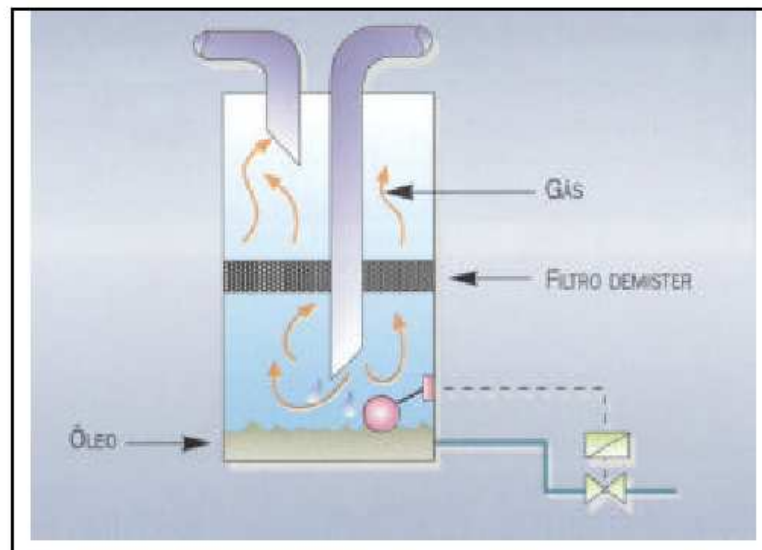


Fig. 4. Separador de óleo com filtro demister

11. DISPOSITIVO DE MODULAÇÃO DE CAPACIDADE

Um recurso interessante é a modulação de capacidade do compressor alternativo. A modulação da capacidade pode ser feita pelas seguintes maneiras:

1. Através de um mecanismo específico que impede que as válvulas de sucção se fechem (Figura 15)
2. Através de uma cavidade de alívio (Figura 11)
3. Através de by-pass (Figura 16)
4. Através de motores de várias velocidades ou motores de anéis;
5. Através do fechamento parcial do registro da tubulação de sucção e
6. Através de retorno de parte do gás de descarga.

Na primeira, uma parte do gás comprimido, i.e, ele é sugado para dentro do compressor e, em seguida, expulso para fora pelo lado de baixa pressão, diminuindo o deslocamento final do compressor. Esse recurso permite que o compressor opere em condições de carga térmica parcial, proporcionalmente ao número de cilindros carregados (Tabela 3).

Tabela 3 – Modulação da Capacidade do Compressor

N.º de Cilindros	Estágios de Capacidades
2	0 – 100%
4	0 – 50% – 100%
6	0 – 33% – 66% – 100%
8	0 – 25% – 50% – 75% – 100%

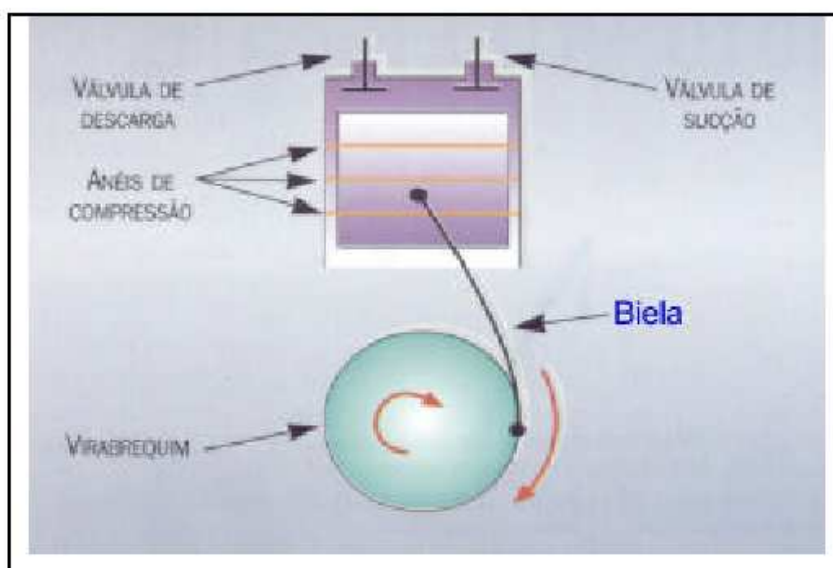


Fig. 1. Componentes básicos do compressor

Na segunda, utiliza-se de uma cavidade de alívio. Essa cavidade é um espaço deixado propositadamente no cabeçote, a fim de aumentar a folga efetiva, possibilitando o controle da capacidade da máquina. Quando a válvula da cavidade de alívio é aberta, manual ou automaticamente, a cavidade fica cheia de gás, à alta pressão, ao fim de cada ciclo. No curso de sucção, esse vapor de alta pressão retorna ao cilindro e se expande até a pressão antes que o vapor de baixa pressão possa entrar no cilindro, reduzindo então a capacidade do compressor sem ter que parar e partir a máquina constantemente.

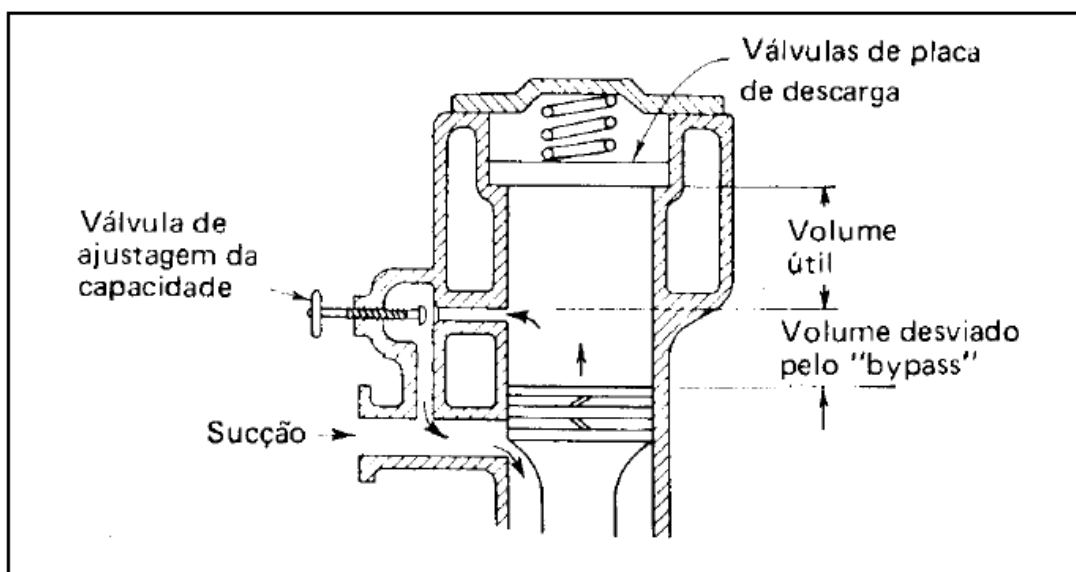


Fig. 2. Controle de capacidade por bypass

O controle de capacidade por by-pass é uma abertura provida de válvula na parede lateral do cilindro. Esta abertura permite que parte do vapor de refrigerante retorne diretamente à sucção durante a primeira parte do curso de compressão. A porcentagem de redução de capacidade é determinada pela posição da abertura de by-pass em relação ao curso total do pistão. Com a válvula de ajuste da capacidade aberta, o volume do cilindro abaixo da abertura é retornado diretamente à sucção.

O controle através de motores de várias velocidades é utilizado para variar a velocidade do compressor, aumentando ou diminuindo sua capacidade. A variação de rotação do motor pode ser feita através de inversores de frequência. Ainda existem poucas instalações deste tipo, mas no futuro as possibilidades não deixam de ser promissoras.

O fechamento parcial do registro da tubulação de sucção faz com que, na realidade, o compressor trabalhe em uma pressão de sucção menor que a da tubulação, reduzindo assim a sua capacidade.

Outra forma de controlar a capacidade do compressor é retornar parte do gás de descarga, na tubulação de alta pressão, diretamente à tubulação de sucção. É uma das piores maneiras, pois o compressor trabalha a plena carga, sem redução no consumo de energia e no seu desgaste.

12 . FLUÍDOS FRIGORÍGENOS E ÓLEOS LUBRIFICANTES

Fluídos 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 cárter do compressor, provocando um desgaste prematuro, diminuindo a vida útil do mesmo.

Dentro os fluídos 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 alquibenzeno ou poliéster, com os quais são miscíveis.

Embora as melhores qualidades que o **poliéster** apresenta em relação ao alquibenzeno, o mesmo chega a ser cem vezes mais higroscópico que o óleo mineral.

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

A tabela 2 mostra o óleo indicado em função do fluído 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 - Alquibenzeno
POE – Poliol Éster
PAG – Poli Alquileno Glicol

13. COMPRESSORES ALTERNATIVOS- ANÁLISE TEÓRICO

Um ciclo de refrigeração padrão é um ciclo teórico, no qual se considera que o vapor refrigerante deixa o evaporador e entra no compressor como um vapor saturado à pressão e temperatura de vaporização e o líquido deixa o condensador e entra no controle de refrigerante como um líquido saturado à pressão e temperatura de condensação fig. 1

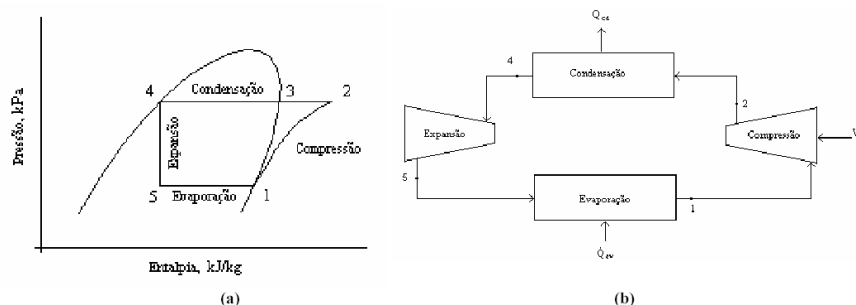


Fig. 1 a. Diagrama pressão-entropia para o ciclo padrão

Fig. 1 b. Ciclo de compressão a vapor

De acordo com a fig. 1 pode-se observar os seguintes processos:

1-2: compressão adiabática reversível desde o estado de vapor saturado até a pressão de condensação (isentrópica).

2-4: rejeição de calor à pressão constante, diminuindo a temperatura do refrigerante inicialmente superaquecendo-o e condensando-o em seguida.

4-5: expansão irreversível à entalpia constante desde o estado de líquido saturado até a pressão de evaporação.

5-1: ganho de calor à pressão constante, produzindo a evaporação do refrigerante até o estado de vapor saturado.

Processo de compressão.

No ciclo padrão, considera-se que o refrigerante não sofre nenhuma mudança de condição ao longo da linha de admissão do compressor. O processo 1-2 da fig. 22 acontece no compressor quando a pressão do vapor é aumentada por compressão da pressão de vaporização para de condensação. Considera-se que o processo de compressão 1-2 é isentrópico para o ciclo.

No processo 1-2 do ciclo o vapor de refrigerante é comprimido e a energia ou entalpia do vapor é aumentada de uma quantidade exatamente igual ao trabalho mecânico realizado sobre o vapor. Essa energia equivalente ao trabalho executado sobre o refrigerante é por vezes referida como calor de compressão que nada mais é do que a diferença de entalpia do refrigerante nos pontos 2 e 1, ou seja:

$$\Delta h_{cp} = h_2 - h_1$$

Eq.(2.1)

Onde Δh_{cp} é o trabalho de compressão

Como resultado de ter absorvido o calor da compressão, o vapor quente saindo do compressor está numa condição superaquecida deve ser eliminado e a temperatura de saturação correspondente a sua pressão. Antes que o vapor possa ser condensado, o superaquecimento deve ser eliminado e a temperatura de saturação correspondente à sua pressão.

Processo de condensação

Sabe-se que os processos 2-3 e 3-4 da fig. 1.1 acontecem no condensador, quando o gás quente sai do compressor, é resfriado para a temperatura de condensação e condensado. O processo 2-3 ocorre na parte superior do condensador e até certo ponto na linha quente. Ele representa o resfriamento

do vapor da temperatura exaustão para a temperatura de condensação quando o vapor, a pressão constante, rejeita calor do agente de condensação.

No ponto Quatro, o refrigerante é um vapor saturado à pressão e temperatura de condensação.

A quantidade de calor sensível ou superaquecimento eliminado do vapor no condensador, resfriando-se este da temperatura de exaustão para a temperatura de condensação, é a diferença de entalpia do refrigerante entre os pontos 2 e 3.

O processo 3-4 é a condensação do vapor no condensador. Uma vez que a condensação ocorre à pressão e temperatura constantes. O calor rejeitado para o agente de condensação durante esse processo é dado pela diferença entre a entalpia do refrigerante nos pontos 3 e 4.

O calor total cedido pelo refrigerante no condensador é a diferença entre a entalpia do vapor superaquecido no ponto 2 e o líquido saturado no ponto 4, logo;

$$\Delta h_{cd} = h_2 - h_4 \quad \text{Eq.(2.2)}$$

Onde Δh_{cd} é o calor rejeitado no condensador.

Se o refrigerante deve alcançar o ponto 4 no fim do ciclo na mesma condição que deixa o ponto 4 no início do mesmo, o calor total rejeitado pelo refrigerante para o agente de condensação no condensador deve ser exatamente igual ao calor absorvido pelo refrigerante em todos os pontos do ciclo. Num ciclo padrão, a energia, a energia do refrigerante é aumentada somente em dois pontos do mesmo:

1. Pelo calor absorvido no evaporador (Δh_{ev}) .
2. Pela energia equivalente do trabalho mecânico de compressão no compressor (Δh_{cp})

Ou seja, o condensador dissipa o calor absorvido no evaporador mais o calor gerado no processo de compressão.

Por tanto:

$$\Delta h_{cd} = \Delta h_{ev} + \Delta h_{cp}$$

Tem-se que \dot{m} é a vazão mássica do refrigerante circulado para produzir a capacidade de refrigeração \dot{Q}_{ev} ,

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{ev}}{\Delta h_{ev}} \quad \text{Eq. (2.4)}$$

Então quando \dot{Q}_{cd} é a quantidade total de calor rejeitado no condensador tem-se,

$$\dot{Q}_{cd} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_4) \quad \text{Eq. (2.5)}$$

Onde \dot{Q}_w é a energia de calor equivalente do trabalho de compressão, então

$$\dot{Q}_w = \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \quad \text{Eq. (2.6)}$$

Por fim o trabalho de compressão é dada por:

$$\dot{W}_{cp} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \quad \text{Eq. (2.7)}$$

Processo de Expansão

O processo descrito pelos pontos de estado 4-5 da fig. 2.1, ocorre na válvula de expansão de refrigerante, quando a pressão do líquido é reduzida da temperatura de condensação para a pressão de evaporação com a passagem do líquido através da válvula. Quando o líquido expande para o evaporador, a sua temperatura de condensação para a de evaporação e transforma em vapor uma porção de líquido.

O processo 4-5 é um tipo de estrangulamento de expansão adiabática, no qual a entalpia do líquido de trabalho não muda durante o processo. Considera-se que isto ocorre sem ganho ou perda de calor através da tubulação ou válvulas e sem rendimento de trabalho.

Dado que a entalpia do refrigerante não muda durante o processo 4-5, o ponto 5 é localizado no gráfico pressão-entalpia, seguindo-se a linha de pressão

constante correspondente à pressão de evaporação. Para localizar o ponto 5 no mesmo gráfico devem ser conhecidas a temperatura e pressão de evaporação. Como resultado da evaporação parcial de um líquido refrigerante durante o processo, 4-5, o refrigerante no ponto 5 é uma mistura líquido-vapor.

Processo de Vaporização

O processo 5-1 da fig. 2.1 é a vaporização do refrigerante no evaporador. Uma vez que a vaporização tem lugar à pressão e temperatura constantes, o processo 5-1 é tanto isotérmico como isobárico. O refrigerante está completamente vaporizado no ponto 1 e é um vapor saturado à pressão e temperatura de evaporação.

A entalpia do refrigerante aumenta durante o processo 5-1 quanto aquele flui através do evaporador e absorve calor. A quantidade de calor absorvida pelo refrigerante é a diferença entre a entalpia daquele nos pontos 5 e 1, essa quantidade de calor absorvida pelo refrigerante é também chamada de efeito de refrigeração, logo:

$$\Delta h_{ev} = h_1 - h_5 \quad \text{Eq. (2.8)}$$

13.1 - CICLO REAL DE COMPRESSÃO A VAPOR

O ciclo real de compressão a vapor apresenta algumas diferenças em relação ao ciclo padrão, como mostrado pela superposição dos dois ciclos na fig. 1.1

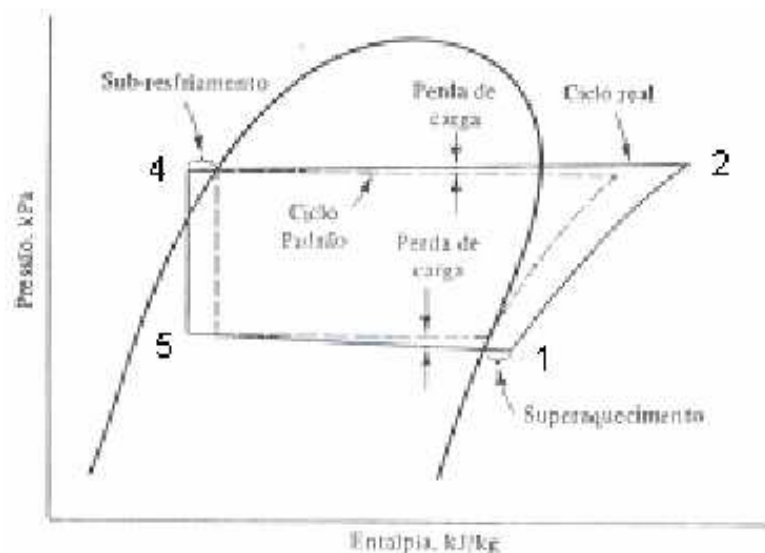


Fig. 1.1 Gráfico pressão - entalpia para um ciclo real

Basicamente ocorrem quatro tipos de modificações:

- Perdas de carga no evaporador e condensador;
- Sub-resfriamento do líquido que deixa o condensador;
- Superaquecimento do vapor na aspiração do compressor;
- Processo irreversível de compressão;

O ciclo padrão admite que não haja perda de carga no evaporador e no condensador. Em virtude do atrito, ocorre uma perda de carga no ciclo real, resultando num trabalho de compressão maior no ciclo padrão. O sub-resfriamento do líquido que deixa o condensador é uma prática generalizada, garantindo que o fluido que entra na válvula de expansão seja líquido. O superaquecimento do vapor que deixa o evaporador evita que gotículas de líquido adentrem o compressor. Finalmente, outra diferença entre os ciclos é o fato de a compressão no ciclo real não ser isentrópica, ocorrendo influência devido ao atrito e outras perdas.

13.2 - COMPRESSORES DE REFRIGERAÇÃO

O compressor é o coração do sistema de compressão a vapor. Os principais tipos de compressores frigoríficos são: alternativo, parafuso, centrífugo e palhetas. Dentre tais opções o compressor alternativo apesar de sua concepção simples ainda continua dominando o mercado. Dessa maneira, o presente trabalho focaliza apenas o compressor alternativo a pistão.

O compressor alternativo consiste em um êmbolo movendo-se alternadamente no interior de um cilindro, com as válvulas de aspiração e descarga, que será descrito na próxima sessão com maiores detalhes.

13.3 - COMPRESSORES ALTERNATIVOS

Ciclo de compressão

Na fig. 1.3, é ilustrado ciclo mecânico de compressão para um compressor a pistão exposto em quatro fases no seu trajeto dentro do cilindro. Inicialmente o pistão se move para baixo, realizando a admissão, do vapor a baixa pressão da linha de admissão através das válvulas de sucção. No curso ascendente do pistão, o vapor de baixa pressão é primeiro comprimido e então descarregado como um vapor de alta pressão, através da válvula de escape.

Para evitar o choque do pistão com as placas da válvula, todos os compressores alternativos são projetados como uma pequena folga entre a face superior do pistão e a placa de válvulas. Devido a tal aspecto construtivo, certa quantidade de gás permanecerá no interior do cilindro entre o pistão e a placa de válvulas. Devido a tal aspecto construtivo, certa quantidade de gás permanecerá no interior do cilindro entre o pistão e a placa de válvula no final de curso de exaustão.

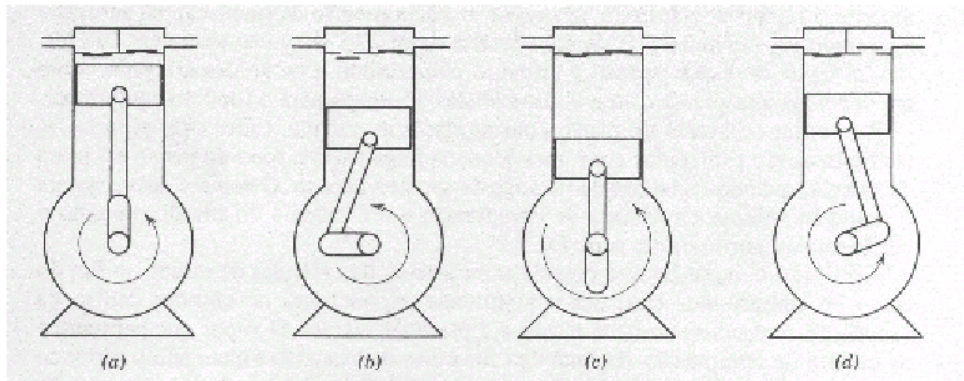


Fig. 1.3 (a) Pistão no ponto morto superior. (b) Válvulas de admissão abertas. (c) Pistão no ponto morto inferior. (d) válvulas de escape abertas.

De acordo com as fig. 1.4 e 1.5 tem-se respectivamente o diagrama teórico pressão X posição da manivela e o diagrama pressão X volume de um compressor ideal. No ponto superior do seu curso, o ponto morto superior. Quando o pistão está nessa posição, tanto a válvula de admissão como as válvulas de escape estão fechadas. A alta pressão do vapor preso na câmara de compressão age sobre as válvulas de admissão e as mantém fechadas devido à pressão do vapor de admissão na tubulação de admissão, pois a pressão do vapor no topo do compressor é aproximadamente a mesma que a do vapor na câmara de compressão, as válvulas de escape são mantidas fechadas por seu próprio peso e pela carga da mola elástica.

Quando o pistão se move de cima para baixo no curso de admissão, é permitido ao volume nocivo de gás aprisionado na câmara de compressão, se expandir. A expansão ocorre ao longo do curso A-B de modo que a pressão no cilindro diminui, quando o volume do vapor de compressão aumenta. Quando o pistão atinge o ponto B, a pressão do vapor residual reexpandido no cilindro torna-se ligeiramente menor que a pressão do vapor na câmara de admissão; entretanto, as válvulas de admissão são abertas forçadas pela pressão mais alta na câmara de admissão e o vapor desta flui para o interior do cilindro. O fluxo do vapor de admissão dentro do cilindro começa quando as válvulas de admissão estão abertas no ponto B e continua até que o pistão alcance o ponto inferior do seu curso no ponto C. Durante o tempo que o pistão está se movendo de B para C, o cilindro é preenchido com vapor de admissão e a pressão permanece constante. No ponto C, as válvulas de admissão são fechadas, geralmente por ação da mola, e o curso de compressão começa.

A pressão do vapor no cilindro aumenta ao longo do percurso C-D, quando o pistão se move de baixo para cima durante o curso de compressão. Quando o pistão alcança o ponto D, a pressão do vapor no cilindro foi aumentada até ficar mais elevada que a pressão do vapor no topo do compressor e as válvulas de

escape são forçadas a abrir. O vapor de alta pressão passa do cilindro para a tubulação de gás quente por meio da válvula de escape. O fluxo do vapor através das válvulas de escape continua, quando o pistão se move de D para A, enquanto a pressão do cilindro permanece constante na pressão de exaustão. Quando o pistão retorna ao ponto A, o ciclo de compressão é completado e o eixo da manivela do compressor per fez uma rotação completa.

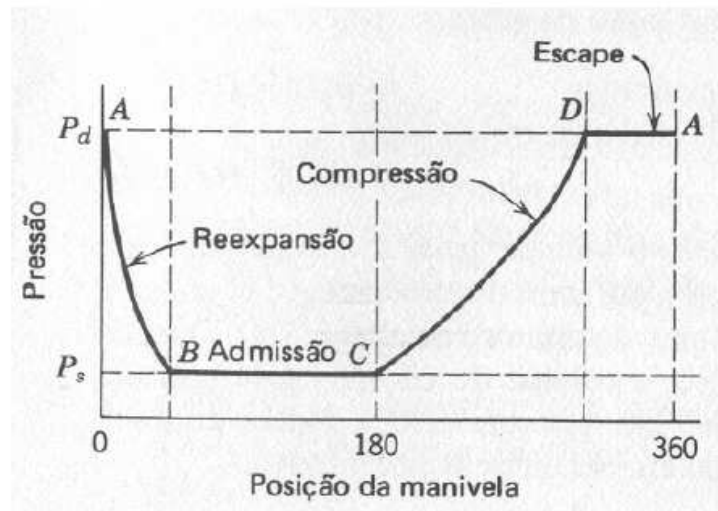


Fig. 1.4 Diagrama teórico de pressão – Posição da manivela

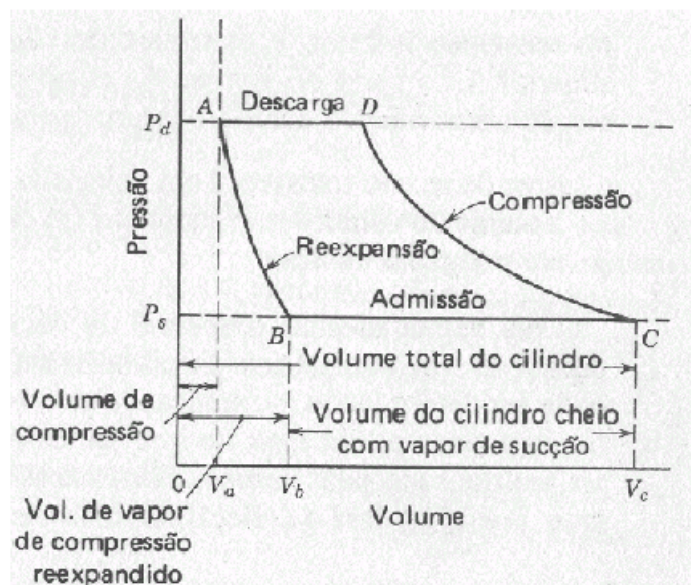


Fig. 1.5 Diagrama de pressão – volume de um ciclo de compressão ideal

13.4 - COMPRESSORES HERMÉTICOS

O emprego de um selo de vedação deve ser previsto a fim de gás refrigerante ou penetração de ar externo quando a pressão dor menor que a atmosférica. Para

eliminar esse problema, os compressores são alojados juntos com o motor elétrico, ou seja, na mesma carcaça do compressor são as conexões da linha de sucção e de descarga e os terminais elétricos.

O aprimoramento das técnicas de isolamento elétrico tem permitido que os motores operem em contato com o refrigerante. Em alguns casos o gás refrigerante frio é utilizado no resfriamento do motor. Segue na fig. 2.6 um exemplo de compressor hermético.



Figura 2.6 – Compressor hermético

13.5 - DESEMPENHO DE COMPRESSORES DE REFRIGERAÇÃO A PISTÃO

Duas das mais importantes características de um compressor são a sua capacidade de refrigeração e sua potência, as quais, em um compressor operando em rotação constante, são controlados pelas condições de aspiração e descarga. É importante entender que o compressor por si só não possui nenhuma capacidade de refrigeração, em vez disso, o compressor possui uma capacidade de deslocamento (vazão) de refrigerante. A vazão deslocada pelo sistema pode, no evaporador, ser então convertida de forma útil em potência frigorífica.

13.6 - EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA

As eficiências volumétricas são básicas na análise do desempenho dos compressores alternativos. Será considerado apenas um tipo de eficiência volumétrica: a efetiva, que é a eficiência volumétrica global.

13.7 - EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA EFETIVA

A eficiência volumétrica efetiva, é definida como:

$$\eta_{ve} = \frac{\text{vazão que entra no compressor, } [m^3/s] \cdot 100}{\text{Taxa de deslocamento do compressor, } [m^3/s]} \quad \text{Eq.(2.9)}$$

, onde a vazão que entra no compressor é dada por:

$$\dot{V}_a = v_{asp} \cdot \dot{m}_{ref} \quad \text{Eq.(2.10)}$$

Onde,

$$\dot{V}_a \quad \text{Vazão de refrigerante que entra no compressor} \quad [m^3/s];$$

$$v_{asp} \quad \text{Volume específico do vapor admitido no compressor} \quad [m^3/kg];$$

$$\dot{m}_{ref} \quad \text{Vazão mássica de refrigerante} \quad [kg/s].$$

O volume do cilindro movimentado a cada curso do pistão (cada rotação do eixo da manivela) é a diferença entre o volume do cilindro quando o pistão está no ponto inferior do curso, e o volume do cilindro quando o pistão está no seu curso superior.

E a taxa de deslocamento do pistão de um compressor alternativo é o volume total do cilindro movimentado por meio do pistão em qualquer intervalo de tempo e é geralmente expresso em metros cúbicos por segundo, é dado por:

$$\dot{V}_p = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot N \cdot n \quad \text{E.q(2.11)}$$

Onde,

\dot{V}_p	Taxa de deslocamento do compressor	$[m^3/s];$
d	Diâmetro do cilindro (diâmetro interno)	$[mm];$
L_{cil}	Curso do cilindro	$[mm];$
n	Rotação do eixo da manivela	$[rps];$
N	Número de cilindros	

Quando a eficiência volumétrica efetiva do compressor é conhecida, a vazão de refrigerante que entra no compressor pode ser determinada conforme segue:

$$\dot{V}_a = \dot{V}_p \cdot \eta_{ve}$$

E.q (2.12)

13.8 - POTÊNCIA DE COMPRESSÃO IDEAL E EFICIÊNCIA ISOENTRÓPICA

A potência exigida por um compressor ideal é o produto da Vazão pelo aumento de entalpia na compressão isoentrópica:

$$\dot{W}_{cp,iso} = \dot{m}_{ref} \cdot \Delta h_{iso}$$

E.q (2.13)

Onde,

$$\dot{W}_{cp,iso}$$

Potência de compressão isoentrópica $[kW];$

$$\dot{m}_{ref}$$

Vazão mássica de refrigerante $[kg/s];$

$$\Delta h_{iso}$$

Trabalho específico de compressão isoentrópica $[kJ/kg].$

Define-se uma eficiência isoentrópica, η_{iso} , em porcentagem como a razão entre a potência de compressão ideal e a potência real:

$$\eta_{iso} = \frac{\dot{m}_{ref} \cdot \Delta h_{iso}}{\dot{W}_{cp,real}} \cdot 100 \quad \text{E.q(2.14)}$$

Onde,

$$\dot{m}_{ref} \cdot \Delta h_{iso} \quad \text{Potência de compressão isentrópica} \quad [kW];$$

$$\dot{W}_{cp,real} \quad \text{Potência real de compressão consumida} \quad [kW].$$

A eficiência de isentrópica é a medida de perdas resultantes do desvio de um ciclo de compressão real de um ciclo de compressão real de um ciclo de compressão ideal.

Os principais fatores que causam o desvio de um ciclo de compressão real sobre um ciclo de compressão ideal são:

- Estrangulamento;
- A troca de calor entre o vapor e as paredes do cilindro
- O atrito do fluido, devido à turbulência do vapor no cilindro e ao fato que o vapor refrigerante não é um gás ideal.

Observe-se que os fatores que determinam a eficiência isentrópica são os mesmo que influenciam a eficiência volumétrica, como será visto a seguir.

13.9 - COEFICIENTE DE DESEMPENHO

O coeficiente de desenvolvimento é dado pela razão da capacidade de refrigeração pela potência consumida pelo compressor:

$$COP = \frac{\dot{m}_{ref} \cdot \Delta h_{ev}}{\dot{W}_{cp,real}} \quad \text{E.q(2.15)}$$

Onde,

$$\dot{m}_{ref} \cdot \Delta h_{ev} \quad \text{Capacidade real de refrigeração} \quad [kW];$$

$$\dot{W}_{cp,real} \quad \text{Potência real de proteção consumida} \quad [kW].$$

13.10 - A CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO

A função do ciclo de compressão a vapor é produzir a capacidade de refrigeração, que é dada por;

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{m}_{ref} \cdot \Delta h_{ev} \quad \text{E.q(2.16)}$$

Onde,

$$\dot{Q}_{ev} \quad \text{Capacidade de refrigeração} \quad [kW];$$

$$\dot{m}_{ref} \quad \text{Vazão mássica de refrigerante} \quad [kg/s];$$

$$\Delta h_{ev} \quad \text{Efeito de refrigeração} \quad [kJ/kg].$$

13.11 - A CAPACIDADE TEÓRICA DE REFRIGERAÇÃO X CAPACIDADE REAL DE REFRIGERAÇÃO.

A taxa de fluxo de massa produzida pelo compressor é igual à massa de refrigerante nas condições de sucção aspirada através da tubulação de admissão, por unidade de tempo. Se considerarmos que o compressor é 100% eficiente e que o cilindro do compressor é completamente preenchido com refrigerante de sucção a cada curso descendente do pistão, o volume do vapor aspirado para o interior do cilindro e comprimido por unidade de tempo, será igual ao deslocamento do pistão.

A capacidade real de refrigeração de um compressor é sempre menor que sua capacidade teórica. Por causa da compressibilidade do vapor refrigerante e da folga mecânica entre o pistão e a placa da válvula do compressor (espaço morto), o volume de vapor de sucção que enche o cilindro durante o curso de admissão é sempre menor que o volume acionado pelo pistão.

E a capacidade real de refrigeração pode ser determinada conforme o que segue abaixo:

$$\dot{Q}_{ev,real} = \dot{Q}_{ev,teórica} \cdot \frac{\eta_{ve}}{100}$$

E.q(2.17)

$\dot{Q}_{ev,real}$ Capacidade real de refrigeração [kW];

$\dot{Q}_{ev,teórica}$ Capacidade teórica de refrigeração [kW].

14. - FATORES QUE INFLUENCIAM A EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA EFETIVA DE POTÊNCIA DE COMPRESSÃO

14.1 - VARIAÇÃO COM AS PRESSÕES DE SUÇÃO E DESCARGA

Se a pressão de descarga é aumentada, o vapor no espaço morto está comprimido a uma pressão mais alta e um maior curso de reexpansão será requerido até que a sucção de refrigerante possa ocorrer. Do mesmo modo, se a pressão de sucção é diminuída, o valor contido no volume nocivo deve sofrer uma expansão maior, até pressão de sucção antes que as válvulas de sucção possam se abrir.

É evidente, portanto, que a eficiência volumétrica do compressor aumenta quando a pressão de sucção aumenta e diminui quando a pressão de descarga aumenta.

A relação entre a pressão de sucção absoluta e a pressão de descarga absoluta é chamada de taxa de compressão, isto é,

$$R = \frac{\text{Pressão de descarga absoluta [kPa]}}{\text{Pressão de sucção absoluta [kPa]}}$$

E.q(2.18)

Onde,

R Taxa de compressão

A eficiência volumétrica varia inversamente com a taxa de compressão.

14.2 - EFEITOS DE ESTRANGULAMENTO

O estrangulamento é definido como uma restrição em área, a passagem de um fluido causando uma perda de carga por fricção.

Devido a tal efeito a pressão do vapor de sucção que enche o cilindro do compressor é sempre menor que a pressão do vapor na câmara de sucção. Como resultado, o volume de vapor de sucção recebido durante cada curso é menor que se o vapor que enche o cilindro estivesse à pressão correspondente da tubulação de admissão.

A perda de carga devido ao estrangulamento é uma função da velocidade do vapor de refrigerante que flui através das válvulas e câmaras do compressor. Conforme a velocidade, do vapor através das válvulas é aumentada, e o efeito de estrangulamento aumenta, ocasionando uma diminuição da eficiência volumétrica do compressor.

15. VARIAÇÃO DA CAPACIDADE DO COMPRESSOR COM A TEMPERATURA DE ADMISSÃO

O fator mais importante na determinação da capacidade do compressor é a temperatura de sucção. Quanto maior a temperatura de sucção para uma dada pressão evaporação maior será a densidade do vapor na sucção. Isto significa que, para qualquer deslocamento de pistão, dado, a massa de refrigerante deslocado pelo compressor por unidade de tempo aumenta quando a temperatura de admissão aumenta. Não se deseja temperaturas de admissão muito altas num ciclo de refrigeração, pois o motivo do ciclo de compressão a vapor é deixar o vapor do refrigerante a baixa temperatura logo após a expansão, para que no evaporador o refrigerante a baixa temperatura seja convertido em efeito de refrigeração.

16. EFEITO DA TEMPERATURA DE CONDENSAÇÃO SOBRE A CAPACIDADE DO COMPRESSOR

Temperaturas de condensação altas, não são desejáveis, e devem ser evitadas sempre que possível. Quanto mais a temperatura de condensação mais alta é a temperatura média das paredes do cilindro, e maior é o superaquecimento do vapor de sucção no cilindro do compressor. Em adição a esses efeitos adversos sobre a eficiência volumétrica diminui com o aumento da temperatura de condensação.

17. OUTROS FATORES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA EFETIVA

Fatores outros, tais como fugas pelos anéis dos êmbolos e pelas válvulas podem afetar a eficiência volumétrica. O aquecimento pelo cilindro, do gás aspirado, reduz a

eficiência volumétrica, uma vez que o gás é aquecido, tendo o seu volume específico aumentado em relação às condições de sucção do compressor. Todos os fatores acima mencionados contribuem para diminuir a eficiência volumétrica em relação à calculada considerando apenas a expansão do gás retido no espaço nocivo.

18. INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO

Uma boa instalação é o melhor seguro contra defeitos de operação. O maquinário de refrigeração deve estar situado em uma área ventilada, bem iluminada, limpa e seca. A limpeza e a ausência de umidade vão garantir longa vida aos motores e correias, e reduzirão a necessidade de pinturas freqüentes da tubulação exposta, para evitar sua corrosão. Boa ventilação vai proporcionar mais segurança ao operador durante a operação de manutenção. No caso das unidades resfriadas a ar, deve-se providenciar um adequado fornecimento de ar externo e meios de exaustão do ar ambiente, para evitar recirculação.

Quando uma instalação é composta de dois ou mais compressores, é melhor instalar estes últimos nas mesmas ou nas linhas de centro paralelas, ambas aparentes, de modo que se possam efetuar corretamente as conexões. Deve-se observar, entretanto, que em cada caso os compressores devem ser ajustados para combinar com o projeto da tubulação.

Deixe bastante espaço em torno do compressor e do motor, de modo que eles possam ser facilmente manejados. Deixe espaço suficiente para a extremidade da bomba de óleo do compressor (aproximadamente igual a do compressor), de modo que o eixo do motor possa ser removido, se necessário. Ao determinar a posição do condensador, deixe espaço igual ao comprimento para a limpeza dos tubos, a menos que tenham sido projetadas varas de limpeza embutidas. Certifique-se em proteger os condensadores resfriados à água, linhas de água e outros acessórios dos danos do congelamento durante as paralisações do inverno.

FUNDAÇÕES

As fundações devem ser executadas de acordo com os desenhos fornecidos com cada máquina. No caso de escavações em areia fofa, ou em solo muito pantanoso ou mole, será necessário executar um grande embasamento sob fundação. No caso de rocha dura, pode-se construir um alicerce menor. As fundações são preferivelmente construídas em concreto na porção de uma medida de cimento Portland para três medidas de areia e cinco medidas de pedra britada. Deixe curar por 36 a 48 horas antes de instalar a máquina no lugar. Certifique-se que a areia usada na execução do concreto esteja limpa e não tenha absolutamente terra misturada.

As fundações isoladas para absorver as vibrações deverem ser cuidadosamente projetadas para executar um trabalho especial. A simples aquisição de alguns suportes

de molas geralmente não é satisfatória. Quando instalar uma máquina de refrigeração no piso superior de uma edificação, lembre-se de que, enquanto a estrutura pode ser bastante forte para suportar o peso, pode, por outro lado, ter uma frequência de vibração em alguns de seus membros que possa provocar sua vibração em ressonância com qualquer movimento rítmico do equipamento. Isso pode provocar alguma forma de consolidação ou uma fundação adaptada ao amortecimento da vibração da máquina até que ela fique de menos intensidade. Uma base de concreto ou um lastro estendido corretamente isolado será geralmente, suficiente. O que é geralmente chamado ruído é realmente sempre vibração estrutural.

Se o compressor dever ser localizado em um piso de média ou leve construção, deve ser suportado diretamente sobre os baldrame ou vigas sob o piso. Quando os pisos forem fracos ou inadequados, devem-se executar suportes de piso suplementares. Esses suportes não devem ficar em contato com o solo mais fraco, pois esse fato tenderia a transmitir vibrações a uma maior área circundante.

Uma fundação de concreto usada para uma máquina deve ser pesada o suficiente para absorver as vibrações do funcionamento. Como regra, a laje de concreto deve pesar uma a duas vezes o peso total da unidade que ela suporta. Para assegurar correto isolamento, execute o concreto das fundações não menos que 1,90 m dos alicerces das paredes ou das colunas dos prédios. É recomendável que os isoladores de vibrações sejam usados ao montar todas as unidades que tenham bases de aço, quando essas unidades não forem apoiadas em fundações de concreto lançado ao solo. Além disso, para fornecer um funcionamento mais silencioso, os isoladores de vibração devem levar em consideração quaisquer irregularidades na montagem que possam resultar em distorção da base e funcionamento.

Pinos de fixação e chapas

Os pinos e chapas de fixação são geralmente fornecidos pelo fabricante do compressor. Antes de lançar o concreto da fundação, o gabarito deve ser fixado, evitando desse modo o movimento durante a operação de lançamento. Ancore o gabarito à forma, certificando-se de que ele esteja em esquadro com a função da unidade motriz. Os pinos de fixação devem ser colocados através dos furos no gabarito, como mostra a fig. 1

(Fig 1 pag 591)

. Coloque as virolas de metal, feitas de estanho, tubos, ou madeira fina em torno dos pinos de fixação. Essas virolas devem ter um diâmetro interno de, no mínimo, três

vezes o diâmetro do piso de fixação. Esse espaço é essencial para mudar a máquina no momento do nivelamento e alinhamento antes do enchimento como argamassa. O comprimento das virolas e ajustagem dos pinos podem ser determinados como mostra a Fig. 2, e seguindo essas instruções: A distancia do topo da fundação ao topo do pino de fixação deve ser igual à espessura da base do motor ou compressor mais a espessura da base do motor ou compressor mais a espessura do parafuso e da arruela, e mais uma polegada de revestimento de argamassa. Uma bucha de calço deve ser colocada no topo de cada virola, para mantê-la concêntrica em torno do pino. Quando o motor e o compressor forem montados em concreto, nivelá-la e enchê-la de argamassa para produzir um alicerce firme. O isolamento sonoro pode ser utilizado quando o ruído do compressor for muito grande.

(Figura 2 pagina 592)

Rebocamento

Construa um quadro em torno do topo da fundação, que vai suportar no mínimo 2 polegadas de reboco. Misture duas partes de areia fina limpa com uma parte de cimento Portland, e adicione água suficiente para fazer uma mistura que ocorra livremente. Molhe totalmente o topo da fundação e lance o reboco em todos os lados, socando-o bem com uma barra fina de metal para garantir uma massa sólida em toda a base e que preencha todos os buracos dos parafusos. Continue lançando e misturando até que o reboco suba ao topo da fôrma. Se formarem alguns pontos baixos após a fôrma cheia, esses devem ser imediatamente preenchidos.

Quando o reboco endurecer o suficiente para ser autoportante, remova a fôrma e alise a massa até com a parte inferior da base da máquina e dê uma leve declividade para fora de modo que qualquer água ou óleo escoe para fora da fundação. Para fazer um bom trabalho, arremate com uma camada fina de cimento.

Após o reboco estar razoavelmente duro (o que usualmente exige quatro ou cinco dias), aperte os parafusos da fundação uniformemente até que fiquem justos. Tome cuidado para não soltar o revestimento da base, pois isso vai fazer com que o eixo fique desalinhado, provocando calor aos mancais, e pode até causar a ruptura do eixo da manivela.

INSTALAÇÃO DE COMPRESSORES MOVIDOS A CORREIA

Quando instalar compressores movidos a correia, é necessário que o engenheiro teste as fundações para ver se elas foram construídas de acordo com os desenhos e que os topos da mesma estão suficientemente rústicos para garantir uma aderência