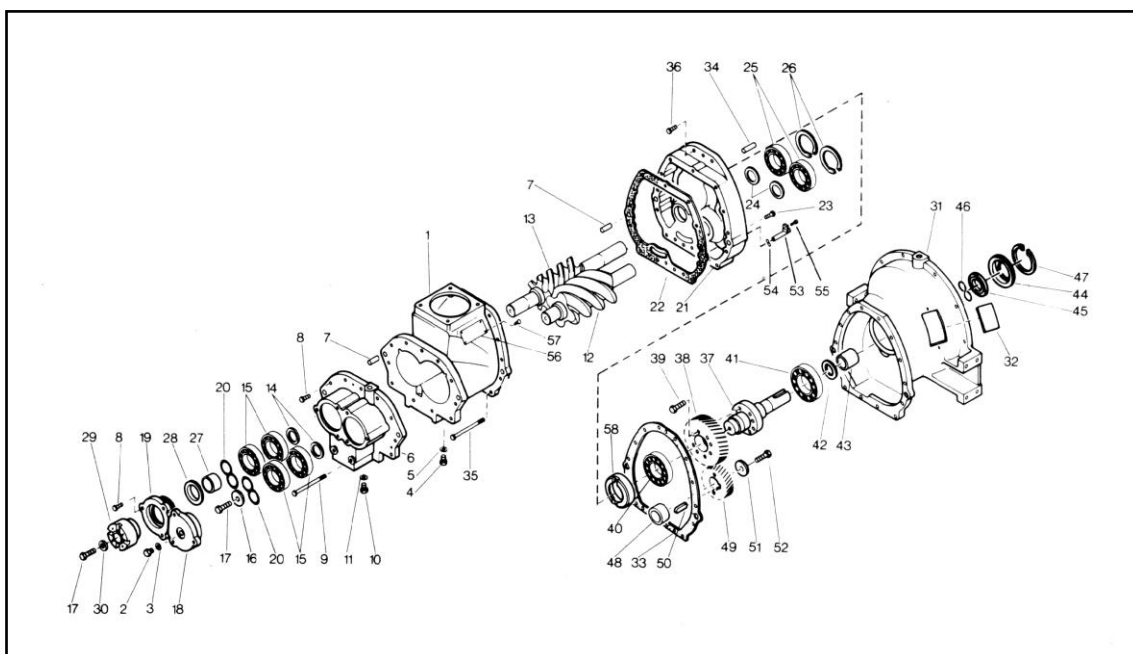
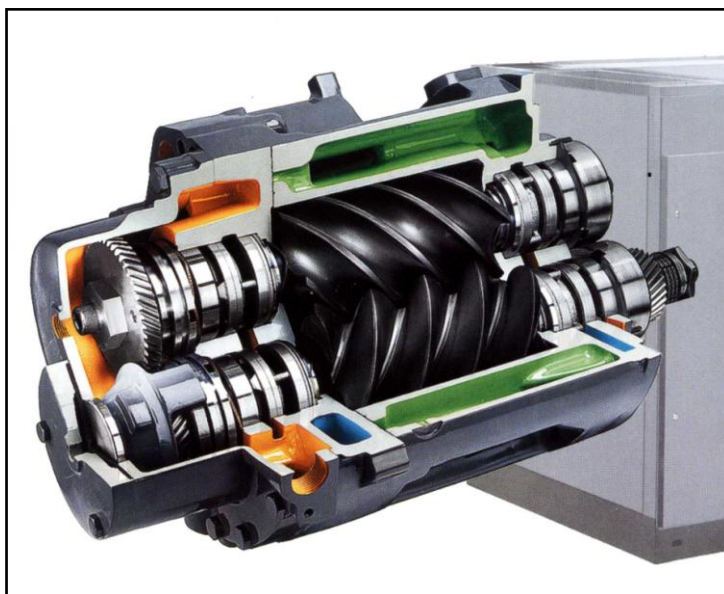


Unidade IV

Compressores Industriais

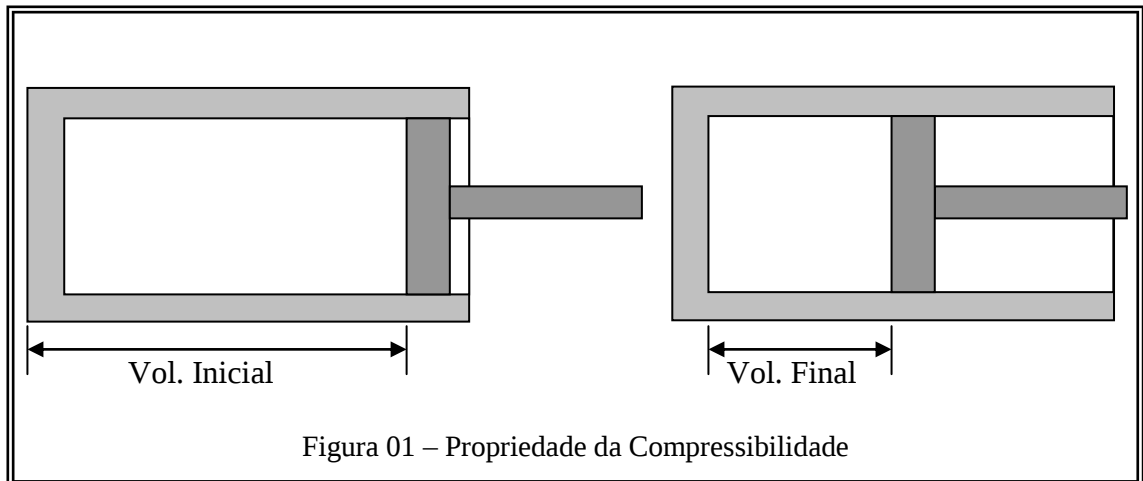


4.1 Conceitos Básicos de Termodinâmica

4.1.1 Propriedades Gerais Do Ar

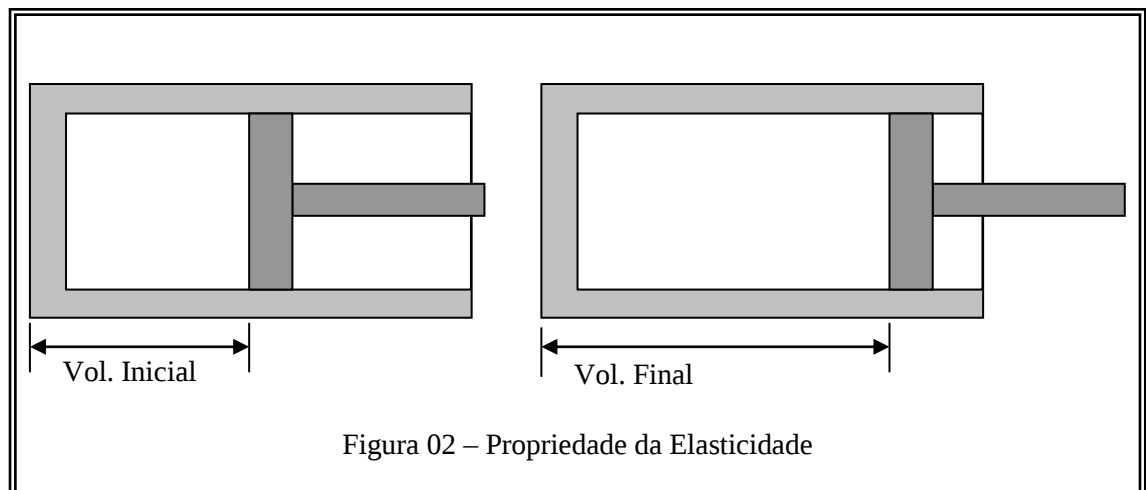
COMPRESSIBILIDADE

O ar, assim como todos os gases, tem a propriedade de ocupar todo o volume de qualquer recipiente com volume determinado e posteriormente provocar-lhe uma redução de volume usando uma de suas propriedades, a compressibilidade.



ELASTICIDADE

Propriedade que possibilita ao ar voltar ao seu volume inicial uma vez extinto o efeito (força) responsável pela redução de volume.



DIFUSIBILIDADE

É a propriedade que o ar possui, a qual lhe permite misturar-se homogeneamente com qualquer meio gasoso que não esteja saturado.

Meio saturado é aquele em que a proporção das misturas esteja em ponto máximo, onde qualquer adição de matéria irá sedimentar-se.

EXPANSIBILIDADE

É a propriedade que o ar possui, a qual lhe permite ocupar totalmente o volume do recipiente no qual o ar está confinado, adquirindo desta forma o seu formato.

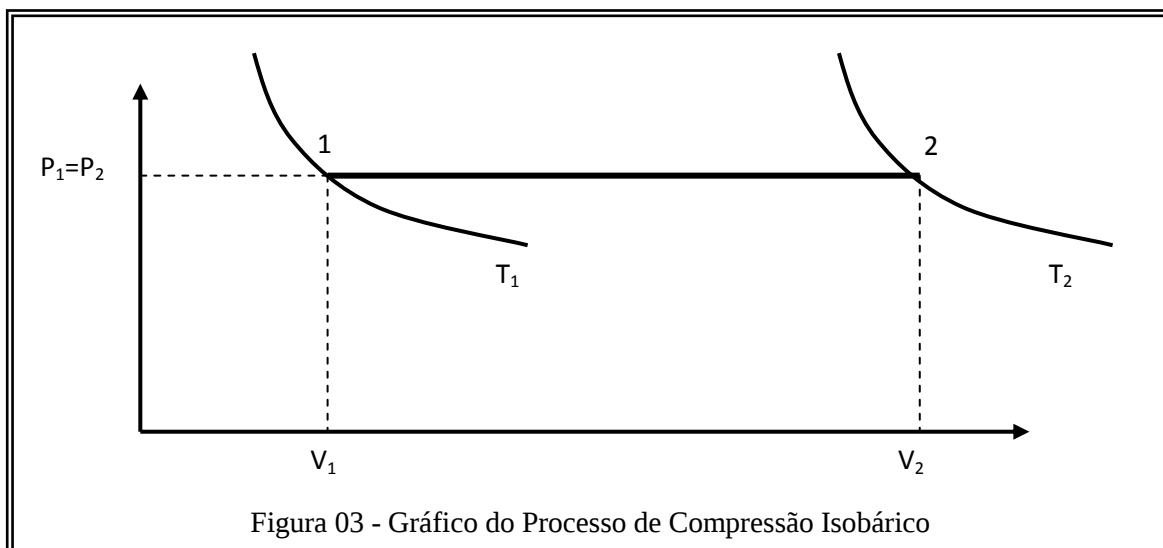
4.1.2 Processos de Compressão do Ar

PROCESSO DE COMPRESSÃO ISOBÁRICO

A lei que define a transformação isobárica, é a 1ª Lei de Gay Lussac. “ Para uma quantidade de gás submetido à pressão constante, se modificarmos a sua temperatura, aquecendo ou resfriando, teremos em consequência, mudado a sua condição de volume”.

De acordo com esta lei, podemos estabelecer que:

$$V_1 * T_2 = V_2 * T_1$$

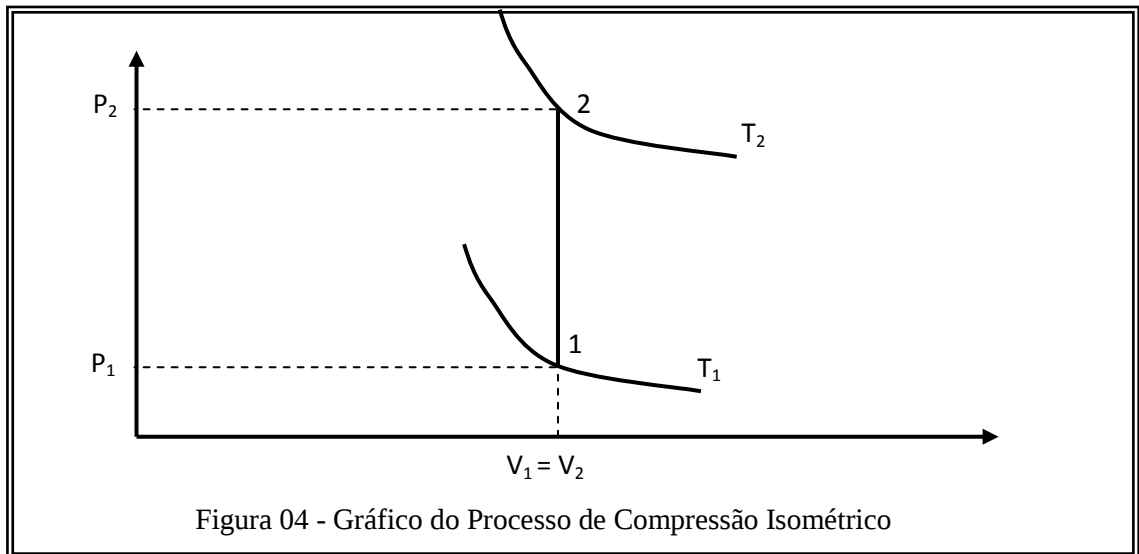


PROCESSO DE COMPRESSÃO ISOMÉTRICO

A lei que define a transformação Isométrica é a 2ª Lei de Gay Lussac. “Se confinarmos um gás em um recipiente qualquer, mantendo o volume constante e produzirmos qualquer modificação na sua temperatura, a pressão exercida por ele também apresentará variações”.

De acordo com esta lei, podemos estabelecer que:

$$P_1 * T_2 = P_2 * T_1$$

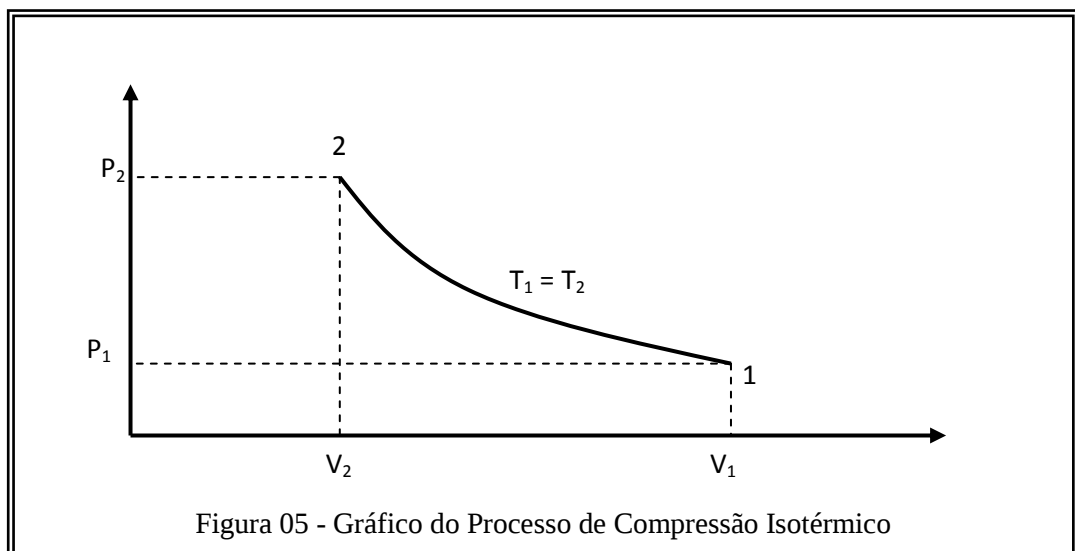


PROCESSO DE COMPRESSÃO ISOTÉRMICO

A lei que define a transformação Isotérmica é a Lei de Boyle-Mariotte. “Se mantivermos um gás em um recipiente em uma temperatura constante, a pressão exercida por este gás é inversamente proporcional ao seu volume”.

De acordo com esta lei, podemos estabelecer que:

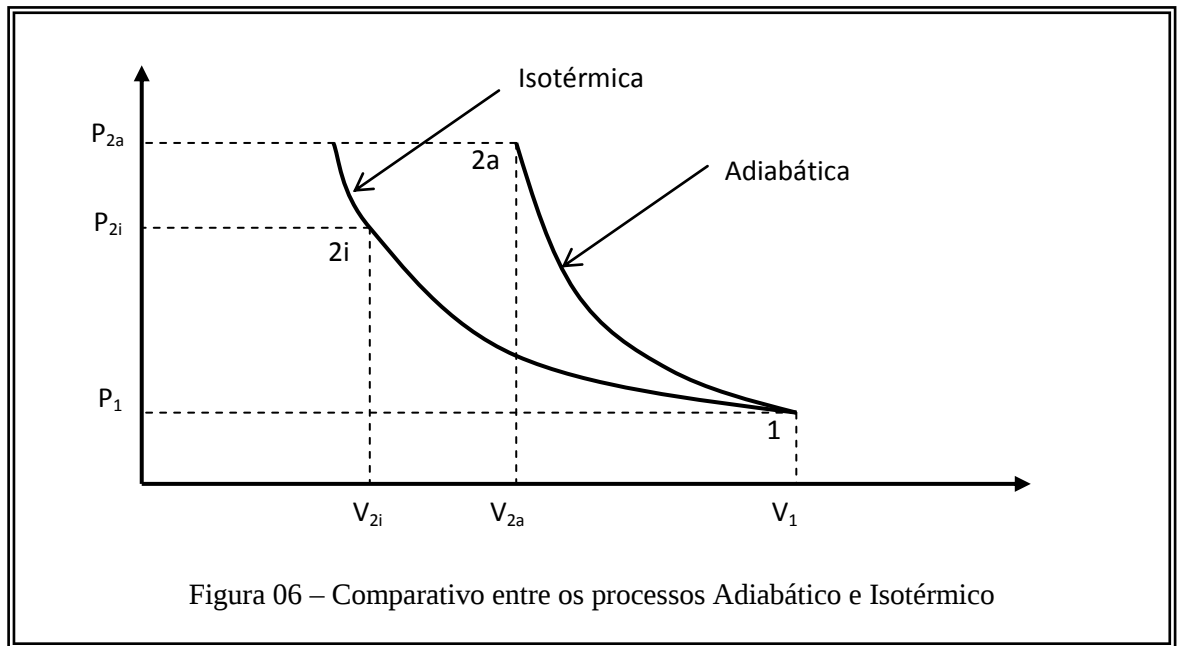
$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$



PROCESSO DE COMPRESSÃO ADIABÁTICO

Nesta compressão nenhuma energia sob a forma de calor é trocada com o meio ambiente, causando sempre modificação de temperatura.

Para comprimirmos o ar neste processo requer-se 1,4 vezes mais energia do que aquela consumida em um processo isotérmico, ou seja, na compressão adiabática é requerida uma maior potência para efetuar a compressão.



4.2 Compressores

Compressor é uma estrutura mecânica industrial destinada, essencialmente, a elevar a energia utilizável dos fluídos elásticos, pelo aumento de sua pressão. Compressor é uma máquina utilizada para se elevar a pressão estática de um gás ou do ar. Nos processos industriais, a elevação de pressão requerida pode variar deste 1,0 atm até centenas ou milhares de atmosferas. Há quem utilize ainda a denominação “sopradore” para designar as máquinas que operam com elevada depressão, porém superior aos limites usuais dos ventiladores. Tais máquinas possuem características de funcionamento típicas dos compressores, mas incorporam simplificações de projeto compatíveis com a sua utilização.

4.2.1 Classificação dos Compressores

CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O PRINCIPIO DE TRABALHO

- **COMPRESSORES DE DESLOCAMENTO POSITIVO**

O funcionamento baseia-se fundamentalmente na redução de volume. O ar é admitido em uma câmara isolada do meio exterior, onde seu volume é gradualmente diminuído, processando-se a compressão. Quando uma determinada pressão é atingida, provoca-se a abertura de válvulas de descarga, ou simplesmente, o ar é empurrado para o tubo de descarga durante a contínua diminuição do volume da câmara de compressão.

- **COMPRESSORES DE DESLOCAMENTO DINÂMICO**

A elevação da pressão é obtida por meio de conversão de energia cinética em energia de pressão, durante a passagem do ar através do compressor. O ar admitido é colocado em contato com impulsores (rotor laminado) dotados de alta velocidade. Este ar é acelerado, atingindo velocidades elevadas e, conseqüentemente, os impulsores transmitem energia cinética ao ar. Posteriormente, seu escoamento é retardado por meio de difusores, obrigando a uma elevação da pressão.

O Difusor é uma espécie de duto que provoca diminuição na velocidade de escoamento do fluido, causando o aumento da pressão.

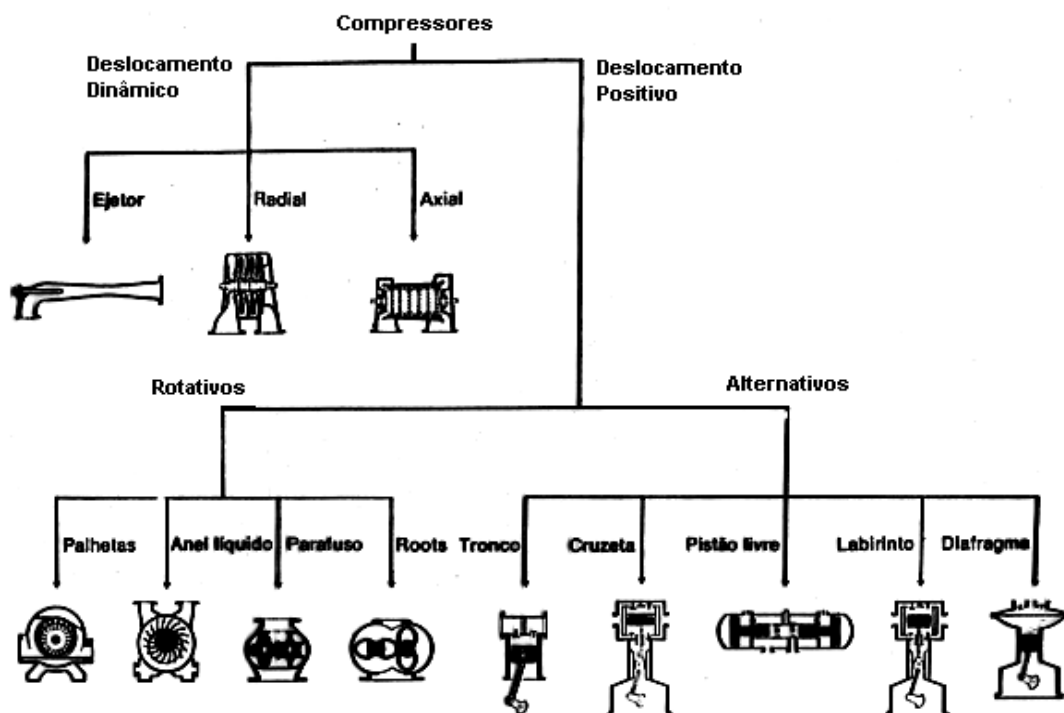


Figura 07 – Classificação dos compressores quanto ao princípio de trabalho

CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A PRESSÃO EFETIVA (pressão de saída do compressor)

- Depressores (bombas de vácuo): $p < 0$
- Ventiladores : $p > 0$
- Compressores: pressões de 0,2 a 30 Kgf/cm²
- Supercompressores: pressões acima de 30 Kgf/cm²

4.2.2 Compressores de Deslocamento Dinâmico

As aplicações típicas de Compressores Dinâmicos se encontram na Indústria Petroquímica, Indústria Aeronáutica, Indústria Espacial, Exploração Petrolífera, Motores de aviões a jato e em Alto Forno em siderurgia.

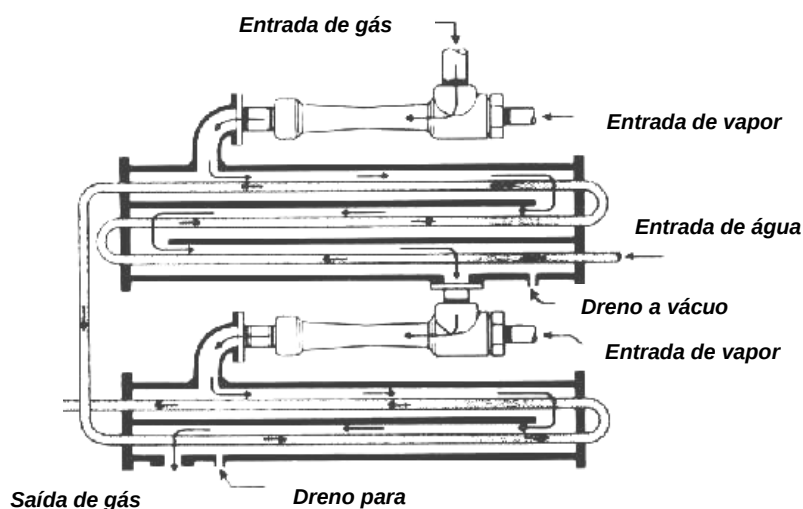
Os modelos mais conhecidos são: Ejetor, Centrífugo ou de Fluxo Radial e de Fluxo Axial.

• EJETOR

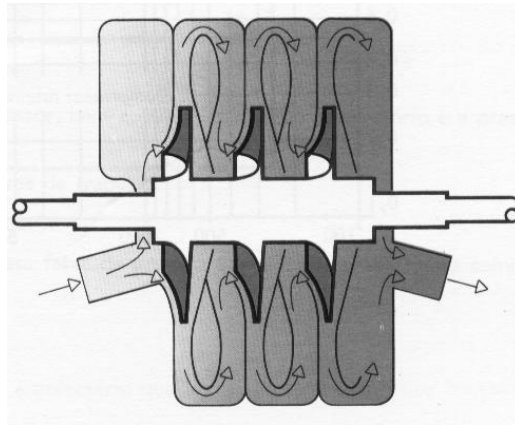
São compressores que utilizam gás ou vapor de outra fonte para realizar a compressão de um gás ou do ar. Sua forma construtiva demonstra o sistema: o gás ou vapor é injetado com alta velocidade na câmara de aspiração para o difusor, em forma de venturi. O gás ou ar, a ser comprimido, é arrastado para o interior da câmara de sucção e é acelerado, atingindo alta velocidade. Na medida em que a mistura de gases atravessa o interior do venturi sua velocidade diminui gradativamente, transformando a energia de velocidade em energia de pressão.

Sua maior aplicação se dá em sistemas de vácuo, já que a pressão máxima atingida está próxima da pressão de aspiração. São bastante utilizados para a alimentação de caldeiras, esvaziando condensadores e também, retiram o ar para a secagem do fumo em fábricas de cigarros.

Os ejtores podem ser paralelos ou arranados em série. É comum interpor um condensador entre os ejtores para condensar o vapor usado, diminuindo o peso da mistura para o jato posterior.



- **FLUXO RADIAL OU CENTRÍFUGO**



Quando este tipo de compressor tem vários estágios, o ar é obrigado a passar por difusores antes de ser conduzido ao centro de rotação do próximo estágio, causando a conversão da energia cinética em energia de pressão. Desta forma, o compressor de vários estágios, possui vários rotores fixos ao mesmo eixo e entre os rotores são instalados os difusores, fixos à carcaça. O ar é admitido axialmente e impulsionado para a periferia dos rotores, entrando nos difusores em alta velocidade. Nos difusores a energia cinética é transformada em energia de pressão, sendo admitida pelo próximo rotor, e assim sucessivamente até a descarga para a tubulação. Utilizado quando são necessárias grandes vazões, ou seja, grandes volumes de ar comprimido.

Os compressores de fluxo radial podem trabalhar com rotações de até 100.000 RPM (acionamento por turbina) e vazão mínima de 10m³/min com pressão máxima de 10 BAR.

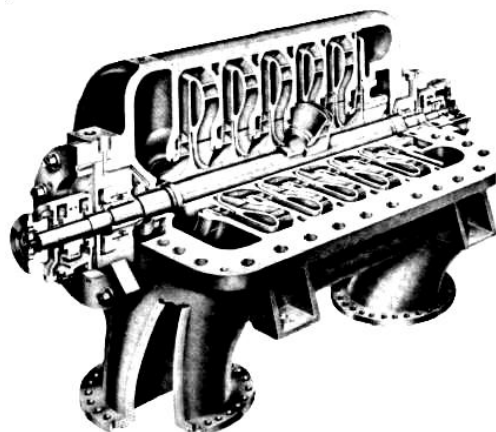


Figura 09 – Compressor de fluxo radial ou centrífugo

FLUXO AXIAL

O ar é impulsionado axialmente pelas lâminas rotativas fixadas ao eixo. Entre cada setor de lâminas encontram-se outras palhetas fixadas à carcaça do compressor, funcionando como difusores, corrigindo o turbilhonamento do fluxo que passa em alta velocidade. Na passagem do ar pelo conjunto de lâminas rotativas fixadas ao eixo e das fixas na carcaça, ocorre uma pequena transformação da energia de velocidade em pressão.

O fluxo de ar, com pressão parcial, é dirigido próximo ao conjunto de palhetas. Cada conjunto de palhetas é chamado de estágio de compressão. Alterando-se o ângulo das palhetas, obtém-se uma variação no fluxo de ar admitido, possibilitando o controle de capacidade, isto é, o controle da vazão de ar.

Por produzirem uma vazão constante, são aplicados em locais onde se exige um consumo elevado e constante. São mais eficientes do que os compressores centrífugos para altas capacidades. Fornecem ar isento de óleo.

Os compressores de fluxo axial podem trabalhar em rotações de até 130.000 RPM (acionamento por turbinas de vapor ou gás), vazão mínima de 900m³/min e 15 BAR de pressão.

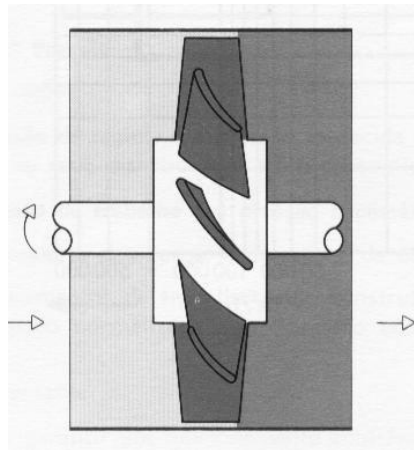


Figura 10: Compressor axial

4.2.3 Compressores de Deslocamento Positivo

Todos os compressores de deslocamento positivo admitem o ar diretamente ou através de válvulas de admissão para uma câmara. O aumento da pressão se processa através da diminuição gradual do espaço nesta câmara. Ao ser atingida uma determinada pressão, o ar escapa diretamente para a tubulação ou através da abertura das válvulas de descarga.

Os tipos fundamentais são:

- Rotativos (Tipo Roots, Palhetas, Anel Líquido, Parafusos).
- Alternativos (Diafragma, Pistão).

Compressores de Deslocamento Positivo Rotativos

TIPO ROOTS

Compressor para regime de baixa pressão também conhecido como SOPRADOR ou VENTOINHA. Dois rotores, de perfil idênticos, giram em sentidos opostos dentro de uma carcaça com duas cavidades cilíndricas interligadas. O sincronismo dos rotores é feito através de um par de engrenagens.

O ar é admitido e descarregado radialmente, não havendo diminuição interna de volume. O aumento da pressão do ar se dá pela contra-pressão da rede de descarga.

A máxima pressão alcançada é da ordem de 1,5 BAR, alcançando vazões de 3 até 300 m³/min.

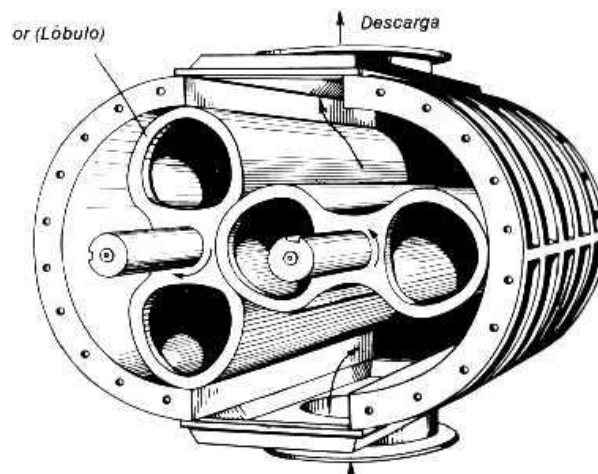


Figura 11 – Compressor tipo Roots

ANEL LÍQUIDO

Consiste em uma carcaça onde está posicionado, excentricamente, um rotor com uma série de palhetas fixas. A carcaça é ocupada parcialmente por um líquido, o qual é movimentado pelas palhetas do rotor. Durante a rotação, este líquido é lançado para a periferia por ação da força centrífuga, formando um **anel líquido**, rotativo de vedação. Pela redução do volume, é efetuada a compressão do ar semelhante ao compressor de palhetas. O resfriamento é direto, pelo contato entre o ar e o líquido. Assim, a temperatura de exaustão é próxima à temperatura da admissão, aproximando-se às condições isotérmicas de compressão, sendo o compressor ideal para aplicações onde são requeridas baixas temperaturas na compressão.

A potência consumida é relativamente maior que outros tipos de compressores e sua aplicação é restrita como bomba de vácuo. A vazão máxima é da ordem de 90m³/min e a pressão até 11 BAR.

Este compressor será mostrado abaixo, conforme a figura 12.

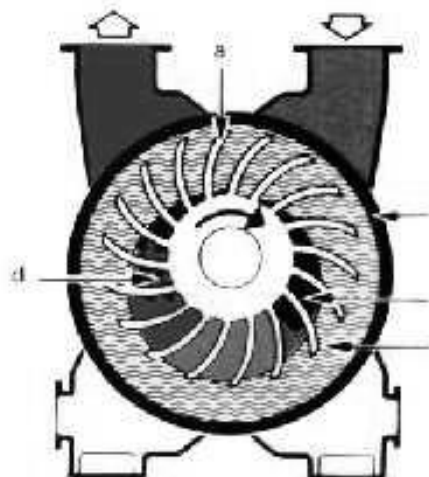


Figura 12 – Compressor tipo anel líquido

PARAFUSOS

O compressor rotativo de parafusos helicoidais trabalha com dois rotores alojados dentro de uma carcaça, os mancais são compostos com rolamentos de alta precisão. O rotor “macho”, dotado de lóbulos convexos e o rotor “fêmea” com entradas côncavas, giram sincronizados por engrenagens e perfeitamente ajustados entre ambos e a parede interna da carcaça. O início da compressão se dá com o rápido fechamento da entrada de ar da câmara de aspiração pelos elementos helicoidais. A continuidade do giro dos rotores provoca uma diminuição do espaço entre eles, onde se dá o início da compressão.

No lado oposto da admissão, na carcaça, a janela de descarga está fechada pelo engrenamento dos rotores que com o giro abrem gradativamente a descarga do ar, produzindo um fluxo isento de pulsações. No tubo de descarga existe uma válvula de descarga para evitar que o ar pressurizado volte.

O perfeito ajustamento entre os rotores e a carcaça, propicia um encaixe com folgas muito pequenas e, como os rotores praticamente não se tocam, em alguns casos é possível o funcionamento isento de lubrificação. No compressor a parafusos lubrificado, a injeção de óleo se dá imediatamente após a admissão de ar. O óleo pode ser injetado através de sistema forçado (bomba) ou por diferencial de pressão.

Ao longo da compressão, além da função de lubrificação, o óleo mistura-se com o fluxo de ar, realizando a vedação entre rotores e carcaça, e principalmente refrigerando o compressor. A separação da mistura ar/óleo é feita em um tanque separador com filtro especial.

A ausência de válvulas de admissão e descarga e de forças mecânicas desbalanceadas permite que o compressor de parafuso opere com altas velocidades no

eixo. Como consequência, existem modelos com capacidade alta e com pequenas dimensões externas.

Este tipo de compressor pode alcançar vazões de até 1000m³/min com pressão de 20 kgf/cm².

Dependendo do fabricante, a capacidade produzida pode ser regulada através de válvulas instaladas na admissão do ar, modulando a produção do equipamento em função do consumo.

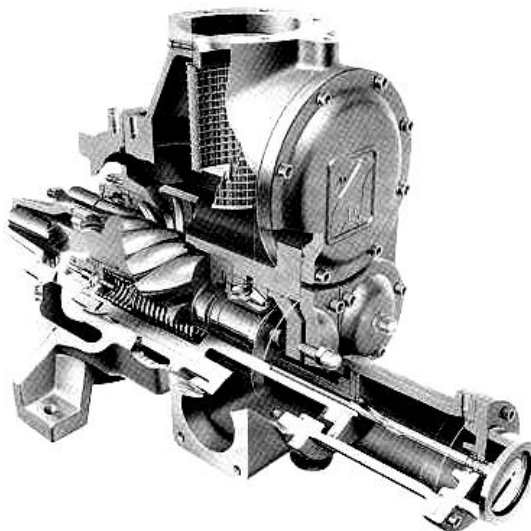


Figura 13 – Compressor de parafusos em corte

PALHETAS

É constituído por um eixo com rotor excêntrico dotado de ranhuras longitudinais, onde palhetas deslizam radialmente, é alojado em uma carcaça cilíndrica com aberturas para admissão e descarga de ar. Com a rotação do eixo, as palhetas são arremessadas, radialmente, contra a parede da carcaça, fazendo a vedação. Em alguns tipos de compressores, as palhetas são forçadas contra a carcaça pela ação de uma mola e a vedação nas pontas das palhetas e do rotor é feita por intermédio de discos montados axialmente ao eixo, forçados pela ação da mola contra a face do rotor e das palhetas (discos de desgaste).

A lubrificação deve ser abundante em função do grande atrito das partes móveis e como auxílio na vedação e, também, na refrigeração, sendo que o óleo é recuperado e recirculado após a compressão. A separação da mistura óleo/ar deve ser feita em filtros especiais.

Existem versões de compressores de palhetas não lubrificados, mas o material da palheta deve ser adequado, com por exemplo: bronze, carvão ou grafite. Estes compressores, sem lubrificação, são aplicados em sistemas de baixa pressão (até 4 BAR).

Uma válvula de retenção é colocada na abertura da exaustão do ar comprimido para evitar que após a parada o ar volte para o compressor.

As capacidades estão entre 6 a 85 m³/min, com pressões entre 0,5 a 10,5 Kgf/cm².

São utilizados como bombas de vácuo e em sistemas que exigem baixas pressões. Um exemplo de utilização é na pulverização de óleo que será queimado em caldeiras.

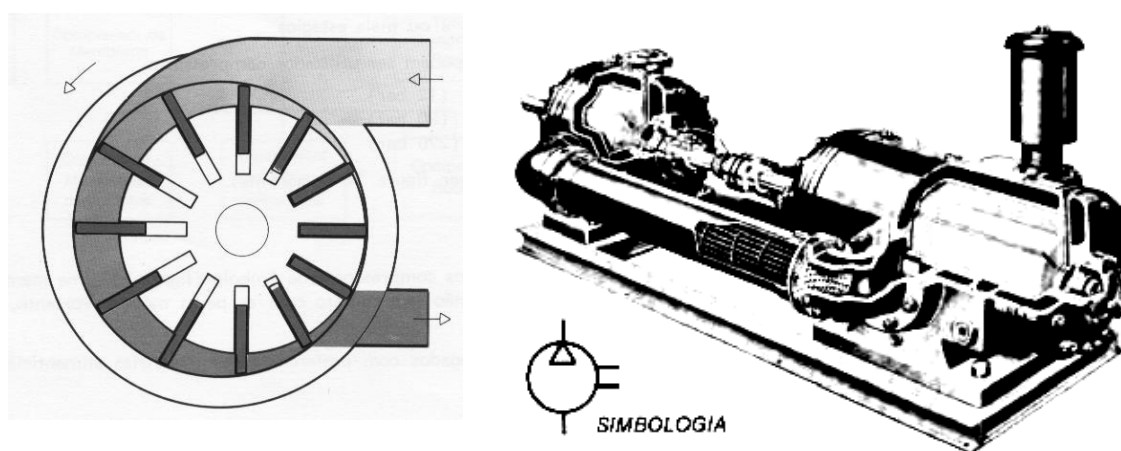


Figura 14 – Compressor de palhetas

Compressores de Deslocamento Positivo Alternativos

COMPRESSORES DE DIAFRAGMA

- **DIAFRAGMA MECÂNICO**

Uma membrana flexível, fixada entre o cabeçote de válvulas e a carcaça do compressor, é acionada por uma biela acoplada ao eixo excêntrico de um virabrequim. O movimento alternado da biela, provocado pelo virabrequim, faz com que a membrana succione e comprima o ar dentro da câmara do cabeçote de válvulas. O compressor de membranas fornece ar comprimido isento de óleo e sua aplicação é restrita para sistemas que requeiram baixa vazão e pressão, sendo ideal para Laboratórios, Hospitais e serviços de Odontologia, ou como bomba de vácuo. Este modelo pode ser visualizado na figura 15.

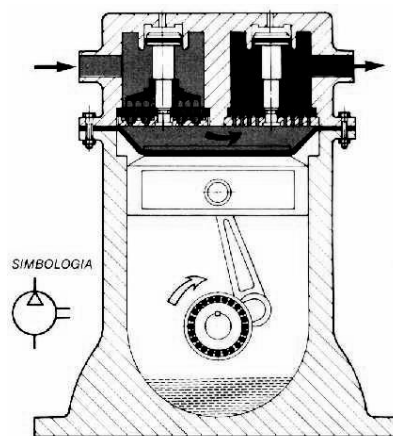


Figura 15 – Compressor alternativo de diafragma mecânico

- **DIAFRAGMA HIDRÁULICO**

Basicamente seu funcionamento é idêntico ao compressor de diafragma mecânico. A membrana separa duas câmaras distintas, a superior é a câmara onde o ar é comprimido e a inferior é uma câmara com óleo. O pistão, acionado pela biela, comprime e expande o óleo, provocando o movimento alternado da membrana. O ar comprimido é isento de óleo, ideal para aplicações medicinais. Alcança pressões elevadas devido à baixa compressibilidade do óleo.

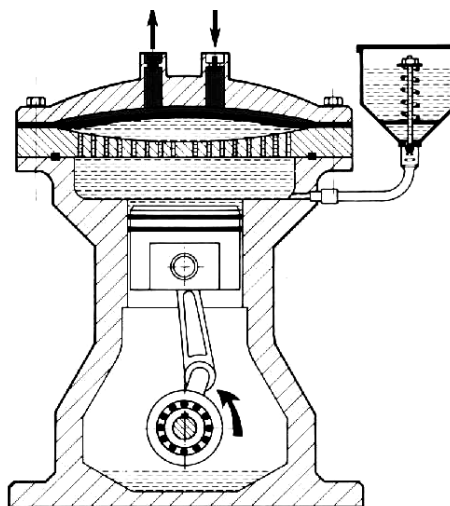


Figura 16 – Compressor de alternativo de diafragma hidráulico

COMPRESSORES DE PISTÃO

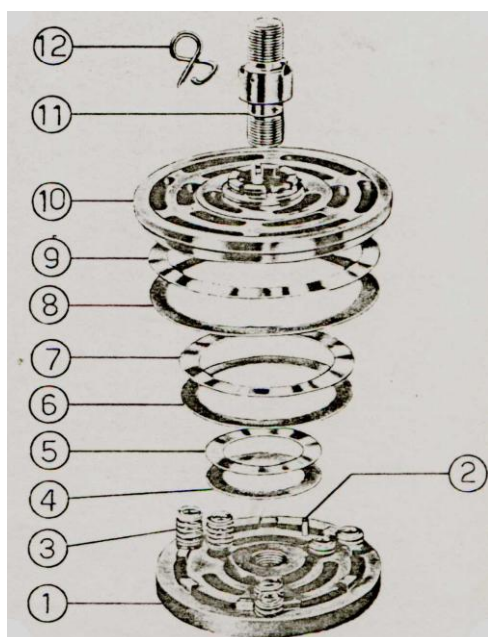
ALTERNATIVO TIPO TRONCO SIMPLES EFEITO (SE)

São máquinas de deslocamento positivo as quais o funcionamento é basicamente um elemento que se desloca e comprime o ar é um pistão ou êmbolo, que tem um movimento de translação no interior de um cilindro.

No movimento descendente, o pistão provoca uma depressão na câmara do cilindro, o ar é aspirado por meio de uma válvula de admissão preenchendo a câmara de compressão. No ponto mais baixo do curso do pistão ocorre a inversão do movimento, isto é, o pistão pára de descer e inicia o movimento de subida, comprimindo o ar na câmara do cilindro até que a diferença de pressão com a câmara de compressão force a abertura da válvula de descarga, expulsando o ar para o reservatório ou para o próximo estágio. O movimento do pistão é feito por um sistema mecânico, composto por eixo virabrequim e biela. A rotação do virabrequim transmite um movimento oscilatório para a biela que movimenta o pistão para cima e para baixo

As válvulas de admissão e descarga são de ação automática, que dão passagem ao ar somente quando um diferencial de pressão surge no interior do cilindro. As válvulas de admissão abrem quando a pressão no cilindro é pouco menor que a pressão de entrada do ar. As válvulas de descarga abrem-se quando a pressão do ar no interior do cilindro é pouco maior que a pressão externa. Um exemplo deste tipo de válvula pode ser visualizado na figura 17 a seguir.

No compressor de simples efeito a admissão e a compressão são feitas somente pela parte superior do pistão. A construção deste tipo de compressor é bastante simples. O resfriamento pode ser através de camisas d'água ou por ventilação forçada.



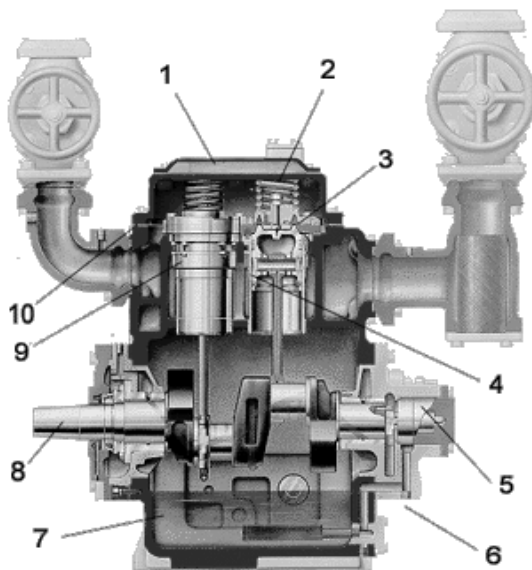
Válvulas de Anel: são válvulas bastante comuns, com características similares as válvulas de disco.

- 1 – Guarda da Válvula
- 2 – Pino Guia
- 3 – Mola Espiral
- 4, 6 e 8 - Disco Amortecedor
- 5, 7 e 9 - Disco de vedação
- 10 – Sede de Válvul
- 11 – Parafuso
- 12 – Mola de Válvula ou contra-pino

Figura 17: Válvula de admissão e descarga – Válvula de anel

• ALTERNATIVO TIPO TRONCO DUPLO EFEITO (DE)

Também conhecido como COMPRESSOR DE CRUZETA, recebe este nome devido ao sistema de guia do pistão. Duas câmaras de admissão e compressão, no topo e na parte inferior do cilindro, fazem com que o pistão trabalhe com dupla admissão e compressão. No movimento de descida o pistão admite o ar pela parte superior e comprime um volume menor pela parte inferior. O movimento ascendente aspira pela parte inferior e comprime pelo topo. Este tipo de construção é ideal para compressores de grandes vazões e isentos de óleo.



- 1 – Tampa de válvulas
- 2 – Sistema de válvulas
- 3 – Válvula de admissão
- 4 – Resfriamento
- 5 – Mancal
- 6 – Canal de óleo
- 7 – Cáster
- 8 – Virabrequim
- 9 – Camisa
- 10 – Junta do cabeçote

Figura 18 – Compressor de pistão de duplo efeito, em corte

Os compressores de pistão, de modo geral, podem ter as seguintes características:

Conforme o número de cilindros e pistões podem ser de:

- Um cilindro (pressões de 6 a 8 Kgf/cm²).
- Mais de um cilindro; “duplex” com dois cilindros e dois pistões; “triplex” com 3 cilindros e 3 pistões, e existem outros modelos com um número maior de cilindros e pistões.

Conforme a atuação do pistão:

- Simples efeito, quando apenas uma face do pistão atua (Tipo Tronco).
- Duplo efeito, quando ocorre a ação das duas faces do pistão (Tipo Cruzeta).

Conforme os Estágios de Compressão:

a) Simples Estágio ou Um Estágio

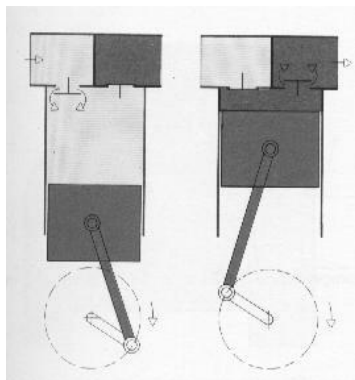


Figura 19: Compressor de um estágio

Entende-se como um estágio de compressão todo o sistema que admite o ar, comprime e o descarrega. Neste enunciado não se afirma de onde o ar é admitido ou para onde vai depois de comprimido, sendo que desta maneira pode-se dizer: “Compressor de um estágio admite o ar em seus cilindros através do filtro, comprime e descarrega para o reservatório ou diretamente à rede de distribuição”. Pela forma construtiva deve possuir no mínimo um cilindro de simples ou duplo efeito, podendo ter vários cilindros.

Atinge pressão de até 9 BAR (80 PSI) sendo o ideal até 7,5 BAR, sendo por este motivo conhecido como compressor de baixa pressão.

Resumindo, abaixo se tem algumas das características de um compressor de um estágio (baixa pressão):

- Possui no mínimo um cilindro;
- Todos os cilindros têm um filtro de ar;
- Quando há mais de um cilindro, todos eles descarregam o ar diretamente para o reservatório;
- Ar aspirado da atmosfera é comprimido no cilindro e descarregado diretamente ao reservatório;
- Pressão de trabalho vai de “0” até 120 PSI (“0” até 8,43 Kgf/cm²).

b) Duplo Estágio ou de Dois Estágios

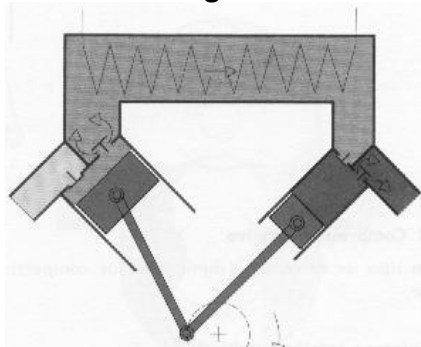


Figura 20: Compressor de duplo estágio

O compressor de dois estágios admite o ar filtrado no cilindro do primeiro estágio, comprime e descarrega para o resfriador intermediário (intercooler), terminando o primeiro estágio de compressão. O ar é admitido no cilindro do segundo estágio já parcialmente comprimido e resfriado, que é comprimido à pressão final e descarregado para o reservatório ou diretamente à rede de distribuição.

O rendimento volumétrico do compressor de dois estágios é maior que o de um estágio, devido à compressão do ar ser feita de maneira progressiva com a eliminação parcial do calor de compressão entre cada estágio. A característica construtiva exige que este compressor tenha no mínimo dois cilindros e que o cilindro do primeiro estágio seja de diâmetro maior em relação ao cilindro do segundo estágio.

Podem possuir vários cilindros, desde que obedecidas as condições de relação de compressão entre os dois estágios. A diferença de diâmetros dos cilindros, nos estágios de compressão, propicia maior vida útil ao compressor, pela redução dos esforços mecânicos. Atinge pressão de até 15 BAR(150 PSI). É conhecido como compressor de alta pressão.

As características de um compressor de dois estágios (alta pressão) podem ser resumidas tais como abaixo relacionadas:

- Possui no mínimo dois cilindros, sendo um de maior diâmetro;
- Somente o cilindro de maior diâmetro tem filtro de ar (admite o ar da atmosfera);
- Somente o cilindro de menor diâmetro descarrega o ar para o reservatório;
- O ar aspirado da atmosfera pelo cilindro maior é parcialmente comprimido e descarregado para o resfriador intermediário (intercooler), terminando o primeiro estágio;
- O resfriador intermediário recebe o ar do primeiro estágio, resfria e o envia diretamente para a câmara de aspiração do cilindro menor. Daí o ar é comprimido até a pressão final, sendo descarregado para o reservatório e terminando o segundo estágio;
- A pressão de trabalho vai de “0” até 175 PSI (“0” até 12,3 Kgf/cm²).

Comparando-se um compressor de Dois Estágios com um compressor de Um Estágio têm-se as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens:

Pela forma construtiva, o compressor de dois estágios leva larga vantagem sobre o compressor de um estágio.

- **TRABALHO MECÂNICO REDUZIDO** pela compressão em duas etapas.
- **MAIOR RESISTÊNCIA** por ser um compressor de maiores dimensões.
- **MAIOR EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA** devido à forma construtiva e ao resfriamento intermediário.
- **Atinge PRESSÕES MAIS ELEVADAS com MAIOR RENDIMENTO.**

Desvantagens:

- compressor de dois estágios apresenta um CUSTO MAIOR devido à forma construtiva.

c) Multi-estágios

O compressor de multi-estágios é utilizado, economicamente, em processos que requeiram pressão até 40 BAR. Acima desta pressão o conjunto compressor/acessórios tem seu custo elevado e o rendimento volumétrico é comprometido.

Observações sobre compressores de pistão:

Os compressores de pistão mais utilizados são os compressores tipo Tronco (Simples Efeito) de um e dois estágios. Os do tipo Cruzeta (Duplo Efeito) já foram bastante utilizados na área industrial, porém, tem sido substituídos sistematicamente pelos compressores de parafusos. A substituição destes compressores pelos compressores de parafusos se dá, principalmente, pelos seguintes motivos: apresentam um tamanho reduzido ocupando menor espaço nas instalações da área industrial, apresentam menores índices de manutenção, mostram um rendimento maior e a troca de óleo é menos freqüente (dependendo do fabricante sabe-se que “em média” a troca de óleo de um compressor de pistões é a cada 200 h de trabalho enquanto que no compressor de parafusos o óleo é trocado “em média” a cada 10000 h).

A seguir serão salientadas algumas partes componentes de um compressor de pistão:

Cilindros: São feitos em ferro fundido perlítico de boa resistência mecânica. Com dureza suficiente e boas características de lubrificação devido a presença de carbono sob a forma de grafita. Pode ser fundido com aletas para resfriamento com ar ou com paredes duplas para resfriamento com água.

Pistão: É geralmente oco, para ter seu peso reduzido, de duralumínio, bronze, ligas especiais ou ferro fundido, com anéis para evitar a fuga de ar, ou perda de pressão (anéis de compressão) e proporcionar ao mesmo tempo a lubrificação das superfícies em contato (anéis de óleo).

Cabeçote e Bloco: Unidade compressora para transferência e compressão do ar;

Reservatório: Fabricado em aço carbono conforme normas específicas.

Motor Elétrico: para acionamento do compressor, pode ser fornecido para rede elétrica monofásica até a potência de 3 HP ou para rede trifásica em qualquer potência;

Válvula de Retenção: impede o retorno de ar do reservatório para o compressor.

Resfriador intermediário (intercooler): é responsável pela remoção do calor gerado entre os estágios de compressão, visando: manter baixa a temperatura das válvulas, do óleo lubrificante e do ar que está sendo comprimido (com a queda da temperatura a umidade é removida do ar); aproximar a compressão da isotérmica; evitar a deformação do bloco e cabeçote devido às altas temperaturas e aumentar a eficiência do compressor.

Espaço Nocivo: é o volume contido em uma extremidade de um cilindro que abriga certa quantidade de ar a certa pressão, sendo que esta quantidade não sai do cilindro quando o pistão atinge seu ponto máximo durante o movimento de translação.

4.2.4 Capacidade de um Compressor

Conforme o fabricante há variação na forma de apresentar a capacidade de um compressor. Alguns indicam o deslocamento, outros indicam a quantidade de ar admitido e outros indicam a capacidade de produção em função de uma determinada pressão na descarga. É importante a atenção no que diz respeito às especificações de capacidade do compressor para que este tenha condições de atender a demanda das instalações de ar comprimido.

Descarga Livre Padrão: É a quantidade de ar livre descarregada, corrigida para as condições de pressão, temperatura e umidade existentes na admissão. Normalmente é expressa em Nm³/min.

Descarga Livre Efetiva - Vazão Efetiva: É a “produção efetiva”, ou seja, é o volume de ar ou gás realmente liberado a uma pressão final especificada, considerando-se as condições de admissão (pressão de admissão, temperatura e composição do ar). Expressa em m³/min ou em pés³/min (cfm ou pcm).

Deslocamento - Vazão Teórica: É a condição de projeto do compressor de ar, calculado pelo volume de ar, deslocado em cada cilindro do primeiro estágio e multiplicado pela rotação do virabrequim (volume do cilindro x rotação), desconsiderando-se qualquer tipo de perda com atrito ou no processo de compressão. Expresso em m³/min ou em pés³/min (cfm ou pcm).

Rendimento Volumétrico ou Eficiência Volumétrica: É a relação entre a vazão efetiva e o deslocamento de ar. Sendo:

$$n (\%) = \frac{VazãoEfetiva * 100}{VazãoTeórica}$$

Para um comparativo, estabelecem-se como ideal o rendimento volumétrico ou eficiência volumétrica, os valores expressos na tabela abaixo:

Compressor de um estágio		Compressor de dois estágios	
Pressão Máxima	Rendimento	Pressão Máxima	Rendimento
8,5 bar	0,6 a 0,65	12,5 bar	0,75 a 0,80

Alguns fatores que podem influenciar no rendimento volumétrico de um compressor:

- a) Temperatura: com o aumento de temperatura o ar fica mais rarefeito (menos denso) e uma menor quantidade de moléculas de ar penetram no interior do cilindro.
- b) Poluição: Sólidos em suspensão no ar são aspirados pelo compressor provocando desgaste e entupimento no filtro, diminuindo a capacidade de aspiração.
- c) Umidade: O ar atmosférico contém água sob a forma de vapor que é aspirado pelo compressor vindo a condensar dentro do reservatório e das tubulações de distribuição.
- d) Altitude: A altitude do local, em relação ao nível do mar, também influi no rendimento final do compressor. Na medida em que aumenta a altitude, o ar vai tornando-se mais rarefeito.
- e) Fugas de Ar: Escape de ar nas conexões, qualidade das válvulas, anéis de pistão, acabamentos dos cilindros e sistemas de resfriamento, permitem fugas do ar.

4.2.4.1 Vazão e Pressão

Vazão: É a quantidade de ar que o compressor aspira em um determinado tempo. Podendo ser definida em termos de Deslocamento ou Vazão Efetiva, onde:

- **DESLOCAMENTO**: quantidade de ar aspirada pelo compressor.
- **VAZÃO EFETIVA**: quantidade de ar que o compressor efetivamente entrega na pressão final. A VAZÃO EFETIVA é menor que a VAZÃO DESLOCADA.

Unidades: m³/min; l/mim; pé³/mim (**pcm ou cfm**)

PRESSÃO:

A pressão é expressa por “UMA FORÇA EXERCIDA SOBRE UMA DETERMINADA ÁREA”. Quando o compressor descarrega o ar para um reservatório ou para uma tubulação hermeticamente fechada, pode-se dizer que a pressão aumenta na proporção em que mais ar é acumulado.

As moléculas de ar têm energia própria e chocam-se umas contra as outras. A soma de todos estes choques resulta na pressão. Assim quanto maior o número de moléculas de ar dentro do reservatório, maior o número de choques e maior a pressão. Se um registro é aberto ou uma ferramenta é acoplada à saída de ar de um reservatório, o ar flui para a atmosfera e a pressão no reservatório cai. A pressão do ar comprimido ficará estável no reservatório se um compressor estiver fornecendo a mesma quantidade de ar que estiver sendo descarregada.

Como conclusão, diz-se que a VAZÃO EFETIVA do compressor deve ser maior que o CONSUMO ESPECÍFICO da ferramenta acionada.

Unidades: Kgf/cm²; Lbf/pol² (PSI ou psig)

4.2.5 Comandos

O conjunto compressor é comandado por dispositivos que “desativam” o deslocamento do ar para dentro do reservatório quando a pressão atinge o limite máximo de trabalho. Estes dispositivos podem ser eletropneumáticos, pneumáticos e de segurança.

4.2.5.1 Comando Eletropneumático

Pressostato: é uma chave de pressão que “LÊ” a pressão do reservatório através de um diafragma regulado por mola. Quando a pressão regulada é atingida o diafragma aciona um contato elétrico que desliga o motor elétrico e alivia o ar da serpentina do compressor. O pressostato transforma o sinal pneumático em sinal elétrico. É utilizado em compressores com REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE.

4.2.5.2 Comando Pneumático

Válvula Piloto: é uma válvula do tipo de “ALÍVIO” composta basicamente de uma esfera pressionada contra uma sede por uma mola com força regulável. Quando a pressão no reservatório alcança o limite, a esfera abre a sede de vedação e o ar passa através de um tubo de cobre até uma outra válvula. Este é o “SINAL PILOTO”.

Válvula de Descarga: é uma válvula de duas vias pilotada, isto é, possui uma entrada e uma saída e somente deixa passar o ar quando recebe um “SINAL PILOTO” para abertura. Esta válvula é instalada no ABAFADOR (amortecedor de pulsações), peça que recebe o ar comprimido das serpentinas de descarga e canaliza para válvula de retenção. Quando a válvula de descarga recebe o sinal piloto, um carretel interno abre a passagem do ar e o compressor passa a descarregar o excesso de ar para a atmosfera. A VÁLVULA PILOTO transforma o sinal pneumático em sinal mecânico. É instalada em compressores com REGIME DE TRABALHO CONTÍNUO.

4.2.5.3 Método Combinado: Partida e Parada do Motor com Válvulas de Alívio

Quando ocorrem períodos prolongados sem consumo de ar, é anti-econômico deixar o compressor trabalhando com as válvulas de admissão aliviadas, considerando-se o consumo de energia. Por outro lado, se o compressor é sempre desligado e tem o consumo de ar cessado por um longo ou curto intervalo de tempo, existirá o risco de partidas e paradas freqüentes quando houver variações de consumo. Então, combina-se o sistema de alívio de válvulas com dispositivos para partida e parada do motor de acionamento do compressor. O procedimento é feito, basicamente, com um relé de tempo e outros componentes, onde o motor é parado sempre que o compressor permanecer aliviado durante certo período. O motor é novamente acionado quando a pressão do reservatório cair abaixo de um determinado valor.

4.2.5 Segurança

Além dos controles para comando de pressão máxima, alguns dispositivos de segurança são instalados no compressor de ar.

Manômetro: instrumento de leitura analógica da pressão interna do reservatório;

Válvula de Segurança: elimina o excesso de ar do reservatório quando a pressão máxima é ultrapassada;

Protetor de Correias: envolve o volante do compressor, a polia do motor e as correias, impedindo que objetos estranhos penetrem nas peças móveis. São peças indispensáveis ao conjunto e devem ser constantemente examinadas para comprovação do funcionamento correto.

Os dispositivos de comando também são considerados dispositivos de segurança.

Além destes dispositivos de proteção do compressor, o motor deve ser protegido com uma CHAVE DE PROTEÇÃO COM RELÉ TÉRMICO BIMETÁLICO e FUSÍVEIS NA REDE ELÉTRICA.

4.2.6 Escolha de um Compressor de Ar

Tendo-se uma instalação já existente, para a escolha correta do compressor de ar, procede-se da seguinte maneira:

4.2.7.1 Cálculo do Consumo Específico

Faça o levantamento de todas as ferramentas, dispositivos, enfim de todos os equipamentos que irão consumir ar comprimido, não esquecendo de anotar, inclusive, a pressão de trabalho. Por exemplo, em uma oficina mecânica temos os seguintes equipamentos:

Equipamento	Qtde	Consumo (PCM)	Pressão (lbf/pol ²)
Chapeador	01	7,0	90
Esmerilhadeira 30.000 rpm	01	12,5	90
Lixadeira	01	7,0	90
Pistola de pintura (alta pressão)	01	8,0	70
Bico de limpeza	02	12	70

Se todos os equipamentos forem acionados ao mesmo tempo, o consumo total seria de 46,5 PCM, porém deve-se levar em consideração a intermitência de cada equipamento.

Imaginando o trabalho de reforma de um automóvel: Inicialmente a superfície deve ser lixada. Enquanto está sendo lixada, outro equipamento poderá estar sendo utilizado, seja um bico de limpeza, uma pistola de pintura, uma esmerilhadeira, um bico de limpeza, etc.

O mesmo ocorre com os equipamentos de uma indústria. Então se pode afirmar que os equipamentos têm uma característica de USO INTERMITENTE, isto é, são utilizados em intervalos de tempo e sua característica de funcionamento também é intermitente, pois o usuário aciona a entrada de ar conforme a necessidade.

Para estimar a intermitência é necessário fazer um levantamento no local de instalação, o que normalmente é muito difícil, e por esta razão a intermitência pode ser estimada em torno de 50% (normal para instalações em oficinas).

Para indústrias a intermitência ideal é estimada em torno de 75%, porém é importante fazer o levantamento integral do consumo de ar de todos os equipamentos, pressão de trabalho e frequência de utilização.

A pressão nominal do compressor deve ser maior do que a pressão de serviço dos equipamentos pneumáticos para que os dispositivos que regulam a capacidade do compressor não atuem muito seguidamente.

No cálculo do compressor considerando um Regime Intermitente procede-se da seguinte forma:

Consumo total.....46,5 PCM
Maior pressão dos equipamentos.....90 PSI

Considerando que o CONSUMO EFETIVO de uma instalação deve ser calculado multiplicando o consumo total x intermitência, o que resulta em:

$$46,5 \times 0,50 = 23,25 \text{ PCM (CFM)}$$

Para cálculo do compressor multiplica-se o consumo efetivo da instalação pela eficiência do compressor.

Considerando que o compressor trabalha em REGIME CONTÍNUO, a instalação deve possuir um número de equipamentos com possibilidades de acionamento simultâneo com tempos regulares de funcionamento.

Já os compressores de ar direto são aplicados sempre que o consumo de ar comprimido for constante, com vazão e pressão definidas e constantes. Por exemplo: Pistola de ar direto, Poços artesianos, Jato de areia com tanque de pressão incorporado e Aeração de líquidos (aquários – tanques de tratamento, etc.).

4.3 Rede de Distribuição de Ar Comprimido

Aplicar, para cada máquina ou dispositivos automatizados um compressor próprio, é possível somente em casos esporádicos e isolados. Onde existem vários pontos de aplicação, o processo mais conveniente e racional é efetuar a distribuição do ar comprimido situando as tomadas nas proximidades dos utilizadores.

A rede de distribuição de ar comprimido compreende todas as tubulações que saem do reservatório passando pelo secador e que unidas orientam o ar comprimido até os pontos individuais de utilização. A rede possui duas funções básicas:

- Comunicar a fonte produtora com os equipamentos consumidores.
- Funcionar como um reservatório para atender as exigências locais.

Um sistema de distribuição perfeitamente executado deve apresentar os seguintes requisitos:

- Pequena queda de pressão entre o compressor e as partes de consumo, a fim de manter a pressão dentro de limites toleráveis em conformidade com as exigências das aplicações.
- Não apresentar escape de ar; do contrário haveria perda de potência.
- Apresentar grande capacidade de realizar separação de condensado.

Ao serem efetuados o projeto e a instalação de uma planta qualquer de distribuição, são necessários levar em consideração certos preceitos. O não cumprimento de certas bases é contraproducente e aumenta sensivelmente a necessidade de manutenção. A esquematização básica de um sistema de produção, armazenamento e condicionamento do ar comprimido estão mostrados na figura 21.

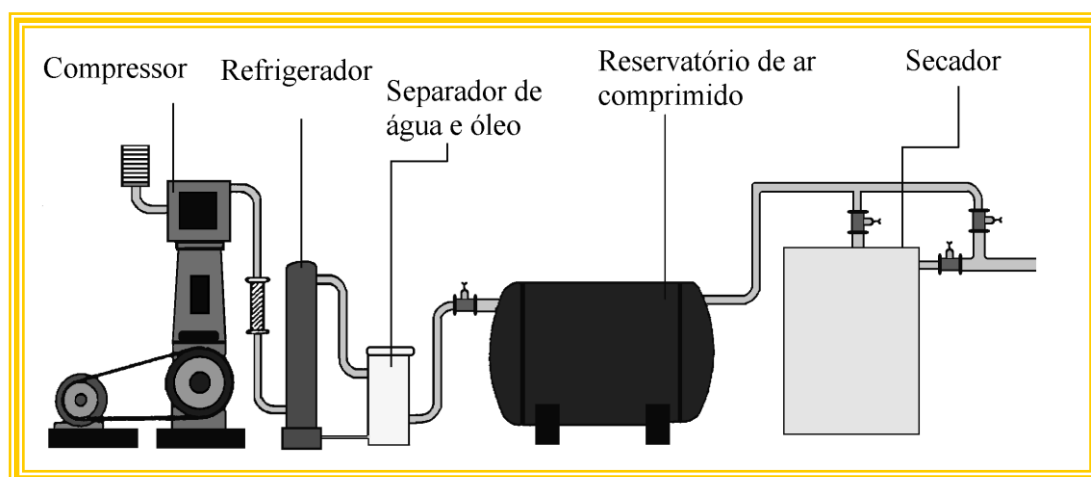
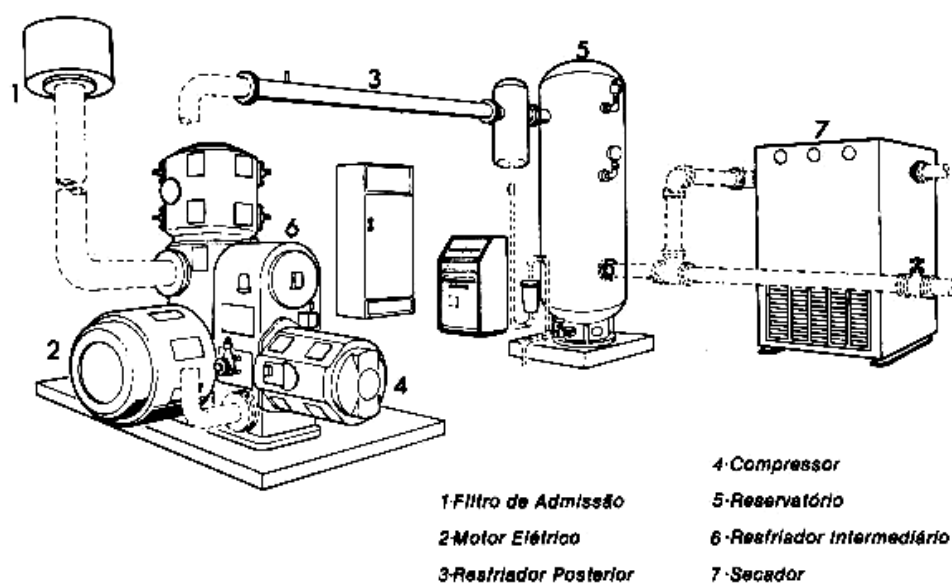


Figura 21 – Esquematização básica de um sistema de produção de ar comprimido

4.3.1 Layout Básico de uma Instalação

Visando melhor desempenho na distribuição do ar, a definição do layout é importante. Este deve ser construído em desenho isométrico em escala, permitindo a obtenção do comprimento das tubulações nos diversos trechos. O layout apresenta a rede principal de distribuição, suas ramificações, todos os pontos de consumo, incluindo futuras aplicações; indica qual a pressão destes pontos, e a posição de válvulas de fechamento, moduladoras, conexões, curvaturas, separadores de condensado, etc. Através do layout pode-se então definir o menor percurso da tubulação acarretando menores perdas de cargas e proporcionando economia.

Em relação ao tipo de linha a ser executada, anel fechado (circuito fechado) ou circuito aberto deve-se analisar as condições favoráveis e desfavoráveis de cada uma. Geralmente a rede de distribuição é em circuito fechado, em todo da área onde há necessidade do ar comprimido. Deste anel partem-se as ramificações para os diferentes pontos de consumo, conforme indicam as figuras 22A e 22B.

O anel fechado auxilia na manutenção de uma pressão constante, além de proporcionar uma distribuição mais uniforme do ar comprimido para os consumos intermitentes; dificulta, porém a separação da umidade, porque o fluxo não possui uma direção; dependendo do local de consumo, circula em duas direções. Existem casos em que o circuito aberto, na figura 23, deve ser feito, por exemplo, no transporte de materiais e peças aéreo, pontos isolados, pontos distantes, etc.; neste caso são estendidas linhas principais para o ponto.

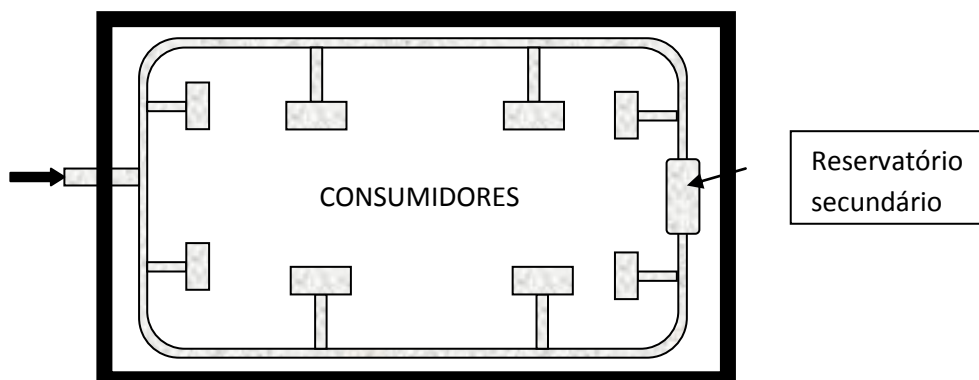


Figura 22 A - Rede de distribuição fechada com tubulações derivadas do anel

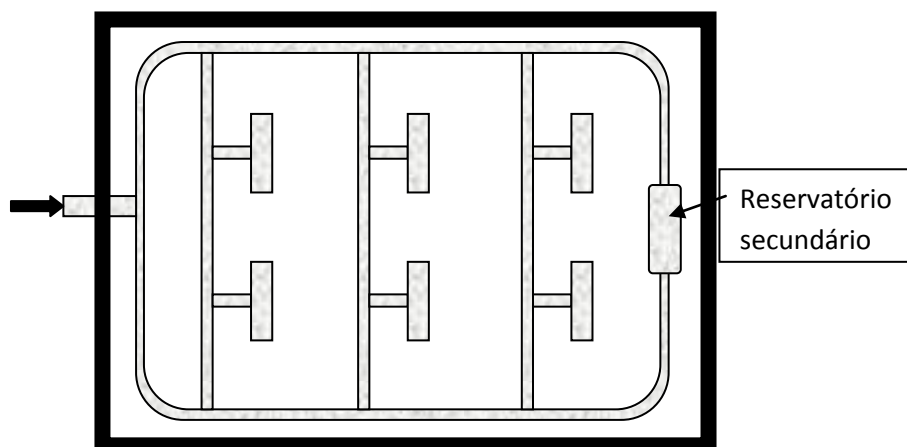


Figura 22 B - Rede de distribuição fechada com tubulações derivadas das transversais

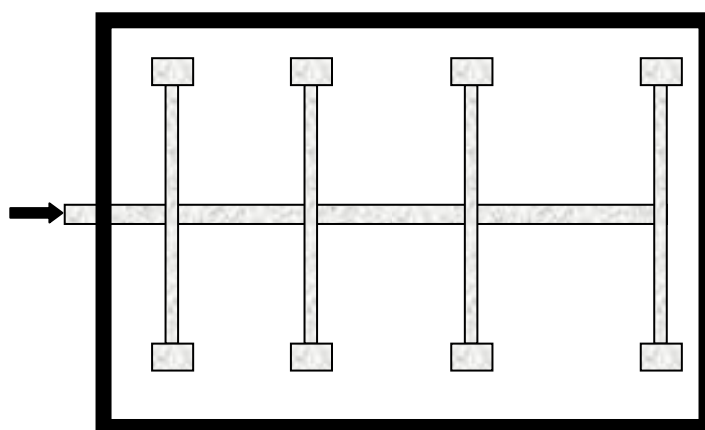


Figura 23 - Rede de distribuição aberta com tubulações derivadas da linha principal

As válvulas de fechamento são de importância fundamental na linha de distribuição para permitir a divisão desta em seções, especialmente em casos de grandes redes, fazendo do com que as seções tornem-se isoladas para a operação, inspeção, modificações e manutenção. Assim evita-se que outras seções sejam simultaneamente atingidas, não havendo paralisação do trabalho e da produção. Para diâmetros até 2" utilizam-se Válvulas de Esfera ou de Diafragma para diâmetros acima de 2" são utilizadas Válvulas de Gaveta.

4.3.2 Observações para Instalação de um Compressor

Instalação Centralizada: Recomenda-se na maioria dos casos, pois possibilita: menor custo inicial para compressores e edificações, maior eficiência devido a unidades maiores e menores custos de supervisão e manutenção.

Instalação Descentralizada: Recomenda-se para indústrias que ocupam grandes áreas ou que consomem ar em diversas pressões. Possibilitam tubulações mais curtas e com diâmetros menores e, além disso, o controle do consumo de ar em diferentes pontos.

Na instalação de um compressor devem ser considerados os seguintes princípios:

- A instalação deve ser feita em local limpo, para que o ar ambiente isento de poeira, deixe o filtro trabalhar com eficiência.
- O local deve receber ventilação suficiente, para resfriar convenientemente o compressor e o ar comprimido.
- O ar pode ser captado a certa distância e mesmo fora do local, se não for ultrapassada a distância máxima de 3 metros. A tomada de ar deve ser protegida contra intempéries.
- Isolar o compressor do piso.
- Colocar o compressor próximo ao ponto de utilização, evitando perdas de pressão na linha.
- Deve ser prevista uma linha com comprimento mínimo para resfriamento e condensamento da umidade.
- Evitar curvas e conexões, devido às perdas de pressão.
- Montar a polia de ventilação a uma distância mínima de 50 cm da parede, para permitir o resfriamento do compressor.
- Antes de ligar o motor, ter o cuidado de colocar óleo lubrificante em todas as partes móveis do compressor, nos lugares apropriados.
- Após ligar o motor, controlar o sentido de rotação do mesmo.

4.3.3 Preparação do Ar Comprimido

UMIDADE

O ar atmosférico é uma mistura de gases, principalmente de oxigênio e nitrogênio e contém contaminantes de três tipos básicos: água, óleo e poeira.

A capacidade de retenção de água pelo ar está relacionada com a temperatura. No processo de compressão ocorre um aumento de temperatura, onde não há precipitação do vapor de água contido no ar. A precipitação (condensação) da água ocorrerá quando o ar sofrer um resfriamento, seja no reservatório, resfriador ou nas linhas de distribuição. Quando o ar é resfriado à pressão constante, a temperatura diminui então a pressão parcial do vapor será igual à pressão de saturação no “ponto de orvalho”. Qualquer resfriamento adicional provocará condensação da umidade.

O “ponto de orvalho” é o ponto onde se inicia o processo de condensação do vapor de água, quando o ar úmido é resfriado e a pressão parcial do vapor é constante.

A presença de água condensada nas linhas de ar, terá como consequência:

- Oxidação da tubulação e componentes pneumáticos;
- Destruição das películas lubrificantes;
- Arraste de partículas sólidas, prejudicando o funcionamento de componentes pneumáticos.
- Aumento do índice de manutenção.

Obs. Quanto maior for a temperatura do ar admitido, maior será a capacidade de retenção de vapor de água contido no ar.

4.3.3.1 Resfriador Posterior (Aftercooler)

Localizado entre o compressor e o reservatório, pelo fato de que o ar comprimido atinge sua maior temperatura na saída do compressor.

É um trocador de calor, que consegue retirar de 75 a 90% do vapor de água contido no ar, bem como vapores de óleo, além de evitar que a linha de distribuição sofra dilatação, causada pela alta temperatura de descarga do ar. Ainda poderão ocorrer choques térmicos e contrações, acarretando trincamentos nas uniões soldadas, ocasionando fugas de ar. O resfriador mantém a temperatura do ar compatível com as vedações sintéticas utilizadas pelos componentes pneumáticos.

É constituído basicamente de duas partes, um corpo cilíndrico onde se alojam feixes de tubos confeccionados com materiais de boa condução de calor. A segunda parte é o separador de condensado, dotado de dreno. O ar proveniente do compressor é obrigado a passar por estes tubos, sempre no sentido oposto ao fluxo da água de refrigeração. Devido à sinuosidade do caminho que o ar percorre, provoca-se a eliminação da água condensada, que fica retida numa câmara. Na parte inferior do separador a água é expulsa para a atmosfera através de um dreno.

4.3.3.2 Reservatório de Ar Comprimido

Um sistema de ar comprimido é dotado, geralmente, de um ou mais reservatórios. O reservatório possui as seguintes funções:

- Armazenar ar comprimido.
- Resfriar o ar, auxiliando na eliminação do condensado.
- Compensar as flutuações de pressão em todo o sistema de distribuição.
- Estabilizar o fluxo de ar.

Devem ser instalados de modo que todos os drenos, conexões e aberturas de inspeção sejam facilmente acessíveis.

São dotados de manômetros, válvulas de segurança e dreno na parte inferior para remover o condensado (a cada 8 horas de trabalho).

4.3.3.3 Desumidificação do Ar (Secador)

O ar passa pelo secador após a passagem pelo resfriador posterior e o reservatório.

A secagem pode ser feita por sistema de refrigeração, absorção e adsorção, como a seguir:

Secagem por Refrigeração: Consiste em submeter o ar a uma temperatura suficientemente baixa, a fim de retirar a quantidade de água existente. O ar passa por um sistema refrigerador que, geralmente, utiliza freon como fluido refrigerador.

Secagem por absorção: É um processo químico de secagem, com o uso de substâncias higroscópicas, tais como: cloreto de cálcio, cloreto de lítio, dry-o lite.

Secagem por adsorção: É a fixação das moléculas de um adsorvato na superfície de um adsorvente geralmente poroso e granulado, ou seja, é o processo de depositar moléculas de uma substância (ex. água) na superfície de outra substância, geralmente sólida (Silicagel). É conhecido como processo físico de secagem. As substâncias utilizadas são: Óxido de Silício (SiO_2) – Silicagel e Alumina Ativada (Al_2O_3).

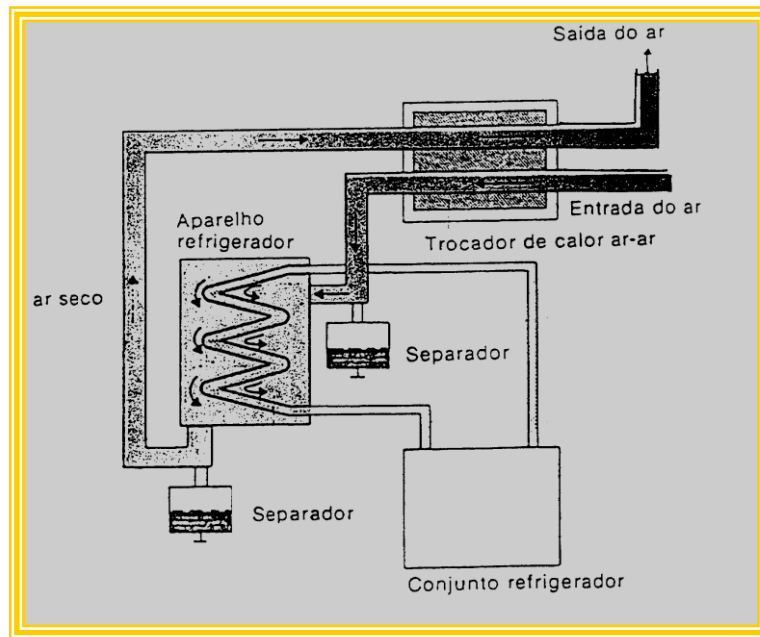


Figura 24: Secagem do ar por refrigeração

4.3.4 Tubulações da Rede de Distribuição Principal

Quanto ao posicionamento a tendência é colocar a tubulação principal aérea e interna, com as correspondentes tomadas de ar próximas a cada utilizador, para que a tubulação não obstrua a passagem, além de requerer menos curvas. As tubulações aéreas mais aconselháveis são aquelas suspensas por tirantes, fixas nas paredes ou no forro por cantoneiras de fixação.

Em alguns casos, como por exemplo, na fundição, forjarias ou posicionada externamente, é aconselhável colocar as tubulações em valetas apropriadas sob o pavimento, levando em consideração os espaços necessários para a montagem e manutenção. O posicionamento também deve permitir a drenagem de água condensada de maneira satisfatória. Os tubos não devem ser posicionados em profundidades excessivas e nunca enterrados.

As tubulações das redes de ar comprimido são pintadas na cor AZUL.

O material dos tubos da rede principal ao serem escolhidos deve apresentar alguns requisitos como: fácil manuseio e instalação, resistência à oxidação e corrosão, preço acessível e resistência mecânica. É recomendável construir a rede principal com tubos de aço preto, mas geralmente ela é construída com tubos de aço galvanizado, devido ao menor preço e maior facilidade de compra. A tabela 1 a seguir mostra os diâmetros comerciais de tubos de aço carbono schedule 40.

DIÂMETRO NOMINAL (pol.)	DIÂMETRO INTERNO (mm)	DIÂMETRO NOMINAL (pol.)	DIÂMETRO INTERNO (mm)
1/8	6,83	2	52,50
1/4	9,24	2.1/2	62,71
3/8	12,52	3	77,92
1/2	15,79	4	102,10
3/4	20,92	6	154,05
1	26,64	8	202,71
1.1/4	35,05	10	254,50
1.1/2	40,89	12	303,22

Tubos mais recomendados:

Para diâmetros até 10”:

ASTM A-120: podem ser com ou sem costura, pretos, empregados em fluidos não tóxicos e não inflamáveis, temperatura até 200°C

ASTM A-53: tubo de uso geral, normalmente sem costura, pretos, contendo maior ou menor teor de carbono. Indicados para dobramentos, conformação e solda, temperatura até 400°C.

Para diâmetros acima de 10”:

ASTM A-134: tubos com costura, soldados pelo processo arco submerso. Uso generalizado. Fabricado com diâmetros acima de 16”.

ASTM A-153: tubos com costura, soldado pelo processo arco submerso, para uso geral.

A fixação dos tubos pode ser por rosca, solda, flange, acoplamento rápido, devendo apresentar a mais perfeita vedação. As ligações roscadas são comuns, devido ao baixo custo e facilidade de montagem e desmontagem. Para evitar vazamentos nas roscas é importante a utilização de fita de vedação, utiliza-se fita teflon (diâmetros até 3”), devido às imperfeições existentes na confecção de roscas.

A união realizada por solda oferece menor possibilidade de vazamento, se comparada à união roscada, apesar de um custo maior. As uniões soldadas devem estar cercadas de certos cuidados, as escamas de óxido tem que ser retiradas do interior do tubo, o cordão de solda deve ser o mais uniforme possível. De maneira geral, a utilização de conexões roscadas se faz até um diâmetro de 3”. Para maiores diâmetros, normalmente recomenda-se conexões soldadas, que podem ser por topo para tubos, chanfradas, para curvas, flanges e válvulas. Para instalações que devem apresentar um maior grau de confiabilidade recomenda-se uso de conexões flangeadas e soldadas. Para instalações provisórias, o ideal é o acoplamento rápido, também estanque. Na desmontagem não existe perdas de tubos e não há necessidade de fazer cortes para a remoção.

As tubulações devem possuir uma determinada inclinação no sentido do fluxo interior, pois enquanto a temperatura da tubulação for maior que a temperatura de saída do ar após os secadores, este sairá praticamente seco; se a temperatura da tubulação baixar, haverá precipitação de água, o que será difícil acontecer.

A inclinação serve para favorecer o recolhimento desta eventual condensação e das impurezas devido à formação de óxido, levando-as para o ponto mais baixo, onde são eliminadas para a atmosfera, através do dreno. O valor desta inclinação é de 0,5 a 2% em função do comprimento reto da tubulação onde for executada. Os drenos, colocados nos pontos mais baixos, de preferência devem ser automáticos; se a rede é

relativamente extensa, recomenda-se observar a colocação de mais de um dreno, distanciados aproximadamente 20 a 30 m do outro. Para a drenagem de umidade devem ser instalados purgadores que podem ser manuais ou automáticos. Os pontos de drenagem devem se situar em todos os locais baixos da tubulação, fim de linha, onde houver elevação da linha, etc.

4.3.5 Unidade de Condicionamento (Lubrefil)

É uma unidade composta por filtro, válvula reguladora de pressão e lubrificador. É utilizado em sistemas pneumáticos, onde há necessidade de óleo para lubrificação dos componentes pneumáticos.

Filtragem do Ar: A filtragem do ar consiste na aplicação de dispositivos capazes de reter impurezas suspensas no fluxo de ar e, em suprir ainda mais a umidade presente. Podem funcionar pela ação da força centrífuga ou pela passagem do ar através de um elemento filtrante (bronze sinterizado ou malha de nylon).

Os filtros possuem drenos, que são dispositivos fixados na parte inferior dos copos, servindo para eliminar o condensado e impurezas, retidos pela ação da filtragem. O dreno poderá ser Manual, com retirada manual de um obturador, criando uma passagem pela qual a água e as impurezas são escoadas por força da pressão do ar atuante no interior do copo; ou Automático que consiste em um sistema de bóia, esta bóia é deslocada na medida em que o volume de condensado e impurezas chegam a um limite dentro do copo, o deslocamento da bóia permite a passagem do ar comprimido que por sua vez desloca um elemento obturador que bloqueava a saída do condensado para o ambiente. Sendo liberada a saída, a água condensada é expulsa para o ambiente pela pressão do ar comprimido. Com a saída da água a bóia volta a sua posição inicial.

Os copos podem ser de policarbonato ou metálicos.

Alguns cuidados devem ser tomados:

- Observar constantemente o elemento filtrante. Quando sujo deve ser lavado e, de preferência, substituído.
- Inspeccionar as vedações entre o corpo e o copo e a vedação do dreno quando for realizada uma abertura.
- Drenar o condensado para se obter uma filtragem adequada, evitando o acúmulo, pois há possibilidade de arrastar umidade.

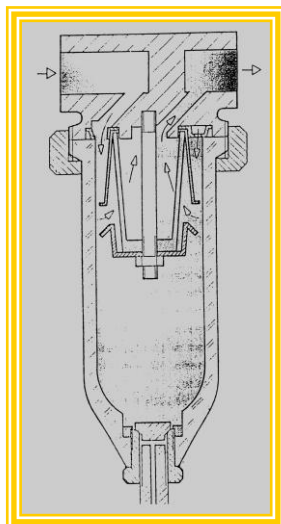


FIG. 61 - Seção em filtro de ar comprimido

- A - Dreno Manual
- B - Defletor Inferior
- C - Copo
- D - Defletor Superior
- E - Orifício de Entrada
- F - Elemento Filtrante
- G - Orifício de Saída

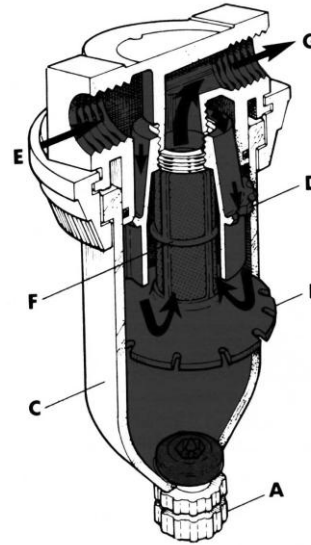


Figura 26: Filtro do ar Comprimido

Regulador de Pressão: Normalmente, um sistema de ar comprimido atende a demanda de ar para vários equipamentos e, cada um destes equipamentos demanda pressões diferentes. A pressão de linha é igual em todos os pontos, para diferenciar a pressão em cada equipamento utiliza-se uma “válvula reguladora de pressão” ou “regulador de pressão”, que tem por função: compensar automaticamente o volume de ar requerido pelos equipamentos pneumáticos, manter constante a pressão de trabalho (pressão secundária), independente das flutuações de pressão na entrada (pressão primária) quando acima do valor regulado e funcionar como válvula de segurança.

A válvula regula a pressão secundária mediante uma membrana ou diafragma. Ao aumentar a pressão de saída, a membrana se move vencendo a força de uma mola, e o obturador se aproxima do assento (variando de modo contínuo a passagem do ar ou até fechando esta passagem), de modo a regular a pressão de saída através da vazão do ar. Ao se tomar ar para a utilização, a pressão secundária cai e a força da mola faz com que o obturador se afaste do assento. A regulação da pressão de saída implica num constante abrir e fechar da válvula (obturador/assento).

IG. 65 - Secção de um regulador de pressão com escape.

- A - Obturador (disco)
- B - Manopla de Regulação
- C - Mola
- D - Diafragma
- E - Entrada
- F - Haste
- G - Orifício de Equilíbrio
- H - Escape (sangria)
- I - Amortecimento
- J - Comunicação com Manômetro
- K - Filtro

SIMBOLOGIA

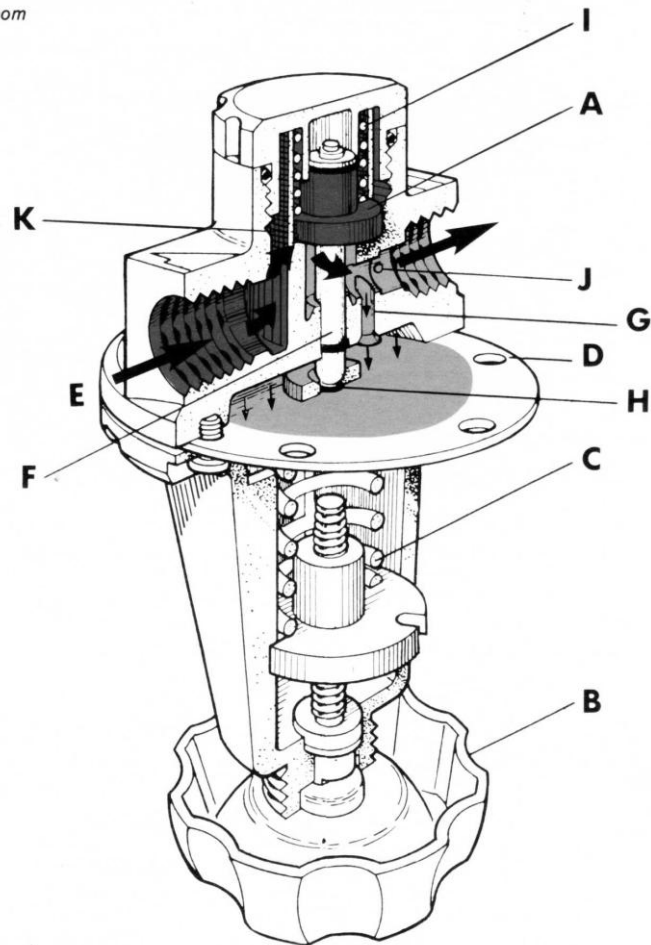
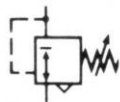


Figura 27: Regulador de Pressão

4.4 Manutenção de Compressores

4.4.1 Procedimentos de Manutenção

A manutenção preventiva e corretiva de um compressor é tarefa importante na indústria. Alguns procedimentos são citados a seguir:

- Trocar o óleo do cárter do compressor após o primeiro mês de operação. Empregar óleo mineral de boa qualidade ou, na falta deste, usar óleo SAE 30. As trocas posteriores poderão ser realizadas semestralmente, ou de acordo com as especificações técnicas do fabricante.
- Verificar semanalmente o nível de óleo de lubrificação e testar o funcionamento da válvula de segurança.
- Limpar semanalmente o compressor. O acúmulo de óleo e de sujeira forma uma camada isolante que prejudica a dissipação normal de calor. Isto além de prejudicar a eficiência da máquina, pode danificar o compressor e provocar incêndios.
- Remover e limpar o filtro de admissão uma vez por mês, ou mais freqüentemente, dependendo das condições do ambiente. Limpar o elemento filtrante com jato de ar

comprimido seco e sem óleo, no sentido contrário a passagem do ar de admissão, isto é, de dentro para fora. Trocar o elemento filtrante pelo menos três vezes por ano.

- Drenar o reservatório diariamente e de preferência, pela manhã. O acúmulo de água no reservatório, além de reduzir sua capacidade, provoca corrosão interna.
- Verificar periodicamente se há vazamentos nas juntas, válvulas, conexões e tubulações, o que evita perdas de ar.
- Verificar as juntas do cárter, para evitar perdas de óleo lubrificante.
- Observar periodicamente a fixação das serpentinas resfriadoras, para evitar que, trabalhando soltas, sejam quebradas pela vibração.
- Verificar periodicamente a tensão das correias. Se não forem esticadas corretamente ou tiverem comprimentos diferentes, poderão provocar vibrações prejudiciais ao equipamento.

4.4.2 Defeitos em Compressores e Possíveis Causas

Temperatura Elevada

Na compressão, o ar é aquecido e provoca aquecimento no compressor.

Porém, quando for constatada uma temperatura exageradamente alta no conjunto compressor, isto pode ser causado por:

- falta de óleo no cárter;
- travamento ou sujeira nas válvulas de admissão ou recalque;
- falta de ventilação;
- sujeira ou excesso de tinta nos cabeçotes e cilindros do compressor;
- viscosidade excessiva do óleo do cárter, fora das especificações do fabricante;
- sujeira no filtro de ar de admissão causando entupimento.

Barulho Excessivo

Ao ser notado barulho excessivo, como batidas anormais no conjunto compressor, observar com atenção se isto está sendo provocado por:

- pistão ou cilindro carbonizados, isto é com crostas de carvão;
- desgaste ou folga excessiva nos pinos e bronzinas do conjunto biela-pistão;
- folga nos mancais principais ou nas buchas do eixo de manivelas (virabrequim);
- assentos das válvulas de admissão e recalque defeituosos provocando vibrações;
- volante de acionamento solto;
- rolamentos do compressor ou do motor elétrico de acionamento, danificados.

Irregularidades no regime de trabalho

Em compressores que trabalham em regime intermitente, é preciso observar se os períodos de funcionamento são muito longos e se as paradas muito rápidas. Esta irregularidade poderá ser causada por:

- entupimento do filtro de ar de admissão;
- excesso de tinta ou sujeira depositada sobre os cilindros;
- vazamento de ar na rede de distribuição;
- travamento, defeito ou sujeira no assento das válvulas;

- excesso de água acumulada no reservatório de ar reduzindo sua capacidade de armazenamento;
- regulação incorreta ou vazamento de ar no diafragma do pressostato;
- rotação incorreta do motor elétrico de acionamento ou correias patinando;
- dimensionamento inadequado (muito pequeno) do reservatório de ar comprimido;
- consumo de ar acima do normal devido a ampliações não previstas na época de instalação do compressor.

Consumo excessivo de óleo lubrificante

Quando o compressor apresenta consumo excessivo de óleo lubrificante, o problema pode ser causado por:

- sujeira ou entupimento do filtro de ar de admissão;
- pontos de vazamento de óleo lubrificante;
- desgastes ou rupturas dos anéis de segmentos dos êmbolos dos cilindros;
- viscosidade do óleo abaixo das especificações do manual de serviço do compressor;
- conjunto compressor instalado fora do nível.

Presença de óleo no ar comprimido

A presença de partículas de óleo lubrificante no ar comprimido pode ser acusada por:

- restrição no filtro de ar do compressor;
- excesso de óleo lubrificante no cárter do computador;
- baixa viscosidade do óleo lubrificante, fora das especificações do manual de serviço do compressor.

Desgaste excessivo das correias

O desgaste prematuro das correias de acionamento do compressor pode ser causado por:

- polia do motor elétrico de acionamento desalinhada em relação ao volante do compressor;
- tensão excessiva ou insuficiente das correias;
- oscilação da polia do motor ou do volante do compressor devido a desgastes de chavetas, furos ou virabrequim;
- deformação dos canais em “V” da polia do motor ou do volante do compressor.

Temperatura elevada do ar comprimido

A alta temperatura do ar comprimido na saída do compressor pode ser provocada por:

- excesso de tinta ou sujeira acumulada nas serpentinas dos resfriadores;
- ventilação precária dos resfriadores devido à instalação do compressor muito próximo à parede;
- sujeira ou entupimento do filtro de admissão de ar;
- inversão do sentido de rotação do volante do compressor, provocando uma ventilação inadequada das serpentinas.

Irregularidade no comando elétrico

Quando os fusíveis se queimam repetidamente ou a chave elétrica de proteção do motor se desliga com frequência, isto pode ser causado por:

- fusíveis dimensionados para uma corrente elétrica menor que a corrente normal de trabalho do motor;
- sobrecarga do motor elétrico devido a ajuste incorreto dos rolamentos cônicos do compressor.

4.5 Referências Bibliográficas

Catálogos Técnicos de Fabricantes.

MACINTYRE, Archibald Joseph. *Equipamentos Industriais e de Processo*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1997. 276 p.