

COMPRESSORES DE AR

ENERGIA NA FORMA DE PRESSÃO

- Transformação de energia elétrica em pressão; resulta da compressão do ar ambiente;
- Segunda energia na indústria transformadora;
- Mais cara cerca de 7 a 10 vezes mais que a energia elétrica;
- Menos racionalizada.

ENERGIA NA FORMA DE PRESSÃO

Custo aproximado de um sistema de ar comprimido:



compressor num período de trabalho de 10 anos

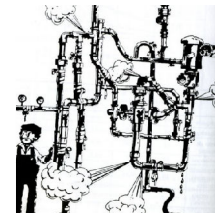
FUGAS DE AR COMPRIMIDO E SEU CUSTO



Comum perdas de 40% do ar comprimido produzido!

Forma eficiente de economizar energia

Eliminar ou reduzir as fugas!!!



FUGAS DE AR COMPRIMIDO E SEU CUSTO



Período: 1 hora

Consumo elétrico

Fuga 1 mm = 5 lâmpadas x 60w

Diâmetro do furo (mm)	Perda a 6 bar (m ³ /min)	Potência necessária para sustentar a compressão	
		CV	kW
1	0,06	0,4	0,3
2	0,37	1,6	1,17
3	0,61	4,2	3,1
4	1,16	7,5	5,5
...			
10	6,31	44	33

OBJETIVOS DO AR COMPRIMIDO

- O que se pode fazer com ar comprimido?
 - Pneumática:
 - Usa o ar comprimido como transformação de potência através de atuadores lineares (cilindros pneumáticos) e/ou atuadores rotativos (motores pneumáticos).

CLASSIFICAÇÃO QUANTO ÀS APLICAÇÕES

- As características físicas dos compressores podem variar profundamente em função dos tipos de aplicações a que se destinam.
 - Compressores de ar para serviços ordinários;
 - Compressores de ar para serviços industriais;
 - Compressores de gás ou de processo;
 - Compressores de refrigeração;
 - Compressores para serviços de vácuo.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO ÀS APLICAÇÕES

- Compressores de ar para serviços ordinários:
 - São fabricados em série, visando baixo custo inicial. Destinam-se normalmente a serviços de jateamento, limpeza, pinturas, etc.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO ÀS APLICAÇÕES

- Compressores de ar para serviços industriais;
 - Destinam-se às centrais encarregadas do suprimento de ar em unidades industriais. Embora possam chegar a ser máquinas de grande porte e custo aquisitivo e operacional elevados, são oferecidos em padrões básicos pelos fabricantes. Isso é possível porque as condições de operação dessas máquinas costumam variar pouco de um sistema para outro, há exceção talvez da vazão.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO ÀS APLICAÇÕES

- Compressores de gás ou de processo;
 - Podem ser requeridos para as mais variadas condições de operação, de modo que toda a sua sistemática de especificação, projeto, operação, manutenção, etc.... depende fundamentalmente da aplicação. Incluem-se nessa categoria certos sistemas de compressão de ar com características anormais. Como exemplo, citamos o soprador de ar do forno das refinarias de petróleo . Trata-se de uma máquina de enorme vazão e potência, que exige uma concepção análoga a de um compressor de gás.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO ÀS APLICAÇÕES

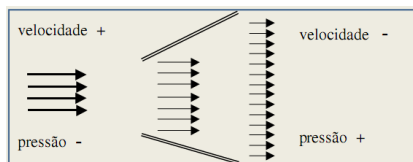
- Compressores de refrigeração;
 - São máquinas desenvolvidas por certos fabricantes com vistas a essa aplicação. Operam com fluidos bastante específicos e em condições de sucção e descarga pouco variáveis, possibilitando a produção em série e até mesmo o fornecimento incluindo todos os demais equipamentos do sistema de refrigeração.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO ÀS APLICAÇÕES

- Compressores para serviços de vácuo.
 - São máquinas que trabalham em condições bem peculiares. A pressão de sucção é subatmosférica, a pressão de descarga é quase sempre atmosférica e o fluido de trabalho normalmente é o ar.

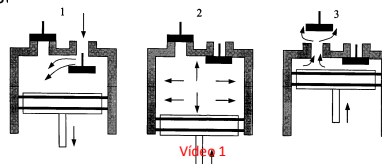
TIPOS DE COMPRESSÃO

- Compressão dinâmica
 - Transformação de energia cinética em pressão, ou seja, gasta-se energia para movimentar fortemente o ar captado à atmosfera e quando este desacelera a pressão aumenta.

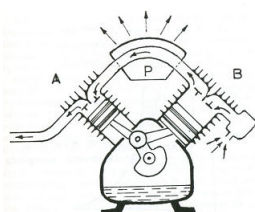


TIPOS DE COMPRESSÃO

- Compressão volumétrica
 - A compressão volumétrica, também conhecida por deslocamento positivo ou fluxo intermitente, é a que resulta da diminuição de um volume, ou seja, a pressão do gás aumenta se o volume, onde está contido, diminuir.



ANDARES DE COMPRESSÃO



A – cilindro de alta pressão
 B – cilindro de baixa pressão
 P – arrefecedor intermédio (intercooler)

Vídeo 2

ANDARES DE COMPRESSÃO

Número ótimo de estágios compressor alternativo (pistão)

1 andar de compressão

unidades pequenas, potência máxima de 7,5 kW (10cv) e intervalo de 1-14 psi

2 andares de compressão

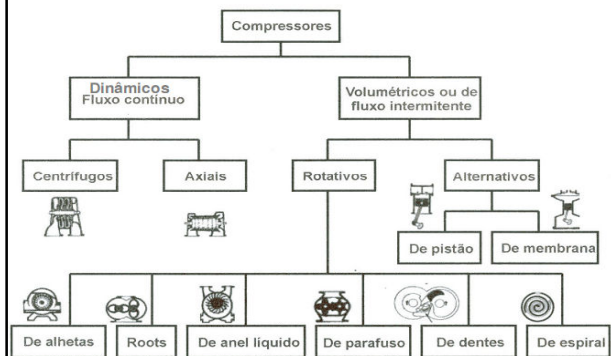
compressores ditos industriais, potencias superiores a 10 cv, intervalo 6-30

3 andares de compressão

30 a 180 psi

4 andares de compressão

TIPOS DE COMPRESSORES

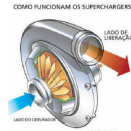


COMPRESSORES DINÂMICOS

- Os compressores dinâmico podem ser divididos em duas classes:
 - Centrífugos ou radiais
 - Axiais
- Na indústria, de um modo geral, operam à volta de 20000 rpm, embora velocidades superiores sejam cada vez mais comuns.

CENTRÍFUGOS OU RADIAIS

- Compressão processa-se perpendicularmente ao veio motor e a descarga do ar efetua-se segundo a tangente ao raio das pás impulsoras
- Unidades indicadas para produzirem ar isento de óleo.



Vídeo 3

AXIAIS

- Compressão nesta unidade processa-se paralelamente ao veio motor, daí a designação de axial.
- O caudal (vazão volumétrica) mínimo em jogo é de tal forma elevado (900 m³/min) que dificilmente se destina à produção de ar comprimido, pelo menos, para a dimensão no nosso tecido industrial.



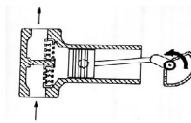
Vídeo 4

COMPRESSORES VOLUMÉTRICOS

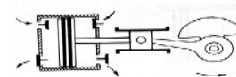
- Os compressores volumétricos classificam-se em:
 - Alternativos (pistão ou êmbolo)
 - Rotativos
- Condições de trabalho, por exemplo 6 m³/min a 35 bar, 50 m³/min a 200 bar ou 90 l/s a 1000 bar, a única solução tecnológica actual continua, ainda, no recurso ao compressor alternativo.

Alternativos

- Compressores de efeito simples



- Compressores de efeito duplo



Vídeo 5

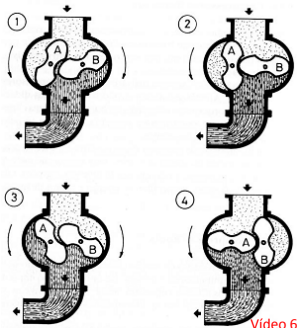
ROTATIVOS

- Tipos de compressores rotativos:
 - Roots
 - Palhetas
 - Espiral
 - Parafuso
 - Dentas

ROOTS

- Consiste num corpo de secção elíptica (oval) contendo dois rotores simétricos (impulsores) em forma de oito, rodando em sentidos opostos e cujos lóbulos engrenam, isto é, a parte convexa de um penetra na côncava do outro, sincronizados por engrenagens exteriores.
- O espaço por onde o ar passa não é lubrificado, dando origem a ar comprimido isento de óleo.

ROOTS

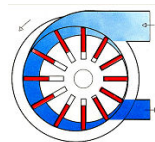


Baixa eficiência deste tipo de compressor em comparação com uma unidade alternativa

Vídeo 6

PALHETAS

- A redução de volume existe porque à medida que o ar admitido à atmosfera é transportado por bolsas formadas entre palhetas, esses espaços (bolsas móveis) são gradualmente reduzidos quando o rotor se move no sentido dos ponteiros de um relógio.



→ Fluxo de ar



PALHETAS

- Pressão máxima de ar comprimido: **10 bar**.
- Compressores não possuem válvulas e tanto podem ser arrefecidos por ar como por água.
- Fornecimento uniforme de ar livre de qualquer pulsação.
- Para evitar o atrito entre o estator e as palhetas, a unidade é lubrificada e, portanto, a película de óleo existente entre as peças móveis e o corpo fixo garante que não haja contacto metálico.

ESPIRAL

- Princípio de funcionamento inovador e de extrema simplicidade: compreende uma espiral fixa e outra orbitante e a compressão do ar processa-se pela interação destas duas espiras.
- O processo de compressão repete-se continuamente, gerando um caudal de ar isento de pulsações.

ESPIRAL

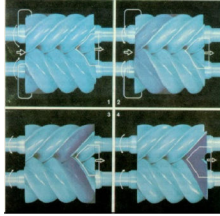
- Concepção verdadeiramente revolucionária ainda que é usado para caudais pequenos (2,7 a 6,7 l/s e pressões até 10 bar) e, naturalmente, para pequenas potências (1,5 – 2,2 e 3,7 kW).
- Produção de ar comprimido isento de óleo destinado a aplicações altamente exigentes.

Vídeo 7

PARAFUSO

- Funcionamento: dois rotores que giram dentro de um bloco fixo, entre uma abertura de admissão (entrada) e uma de descarga (saída).
- O ar vai ocupar os espaços vazios entre dois lóbulos adjacentes. À medida que os parafusos giram, o gás vai sendo conduzido para espaços menores, ou seja, está sendo comprimido por redução direta do seu volume.

PARAFUSO

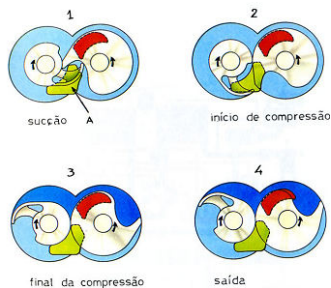


Vídeo 8

DENTES

- Este tipo de compressores distingue-se dos helicoidais porque os elementos básicos de compressão têm a forma de dentes.
- Tal como os de parafuso possuem um rotor macho e um rotor fêmea que rodam em sentidos opostos e não há contato metálico entre eles, visto existirem engrenagens que os afastam, com tolerâncias muito rigorosas e simultaneamente os sincronizam.

DENTES



ROTATIVOS X ALTERNATIVOS

- A sistemática descontinuidade na descarga de ar comprimido, a partir de uma unidade alternativa, origina pulsação, a qual, não raras vezes, se transforma em ressonância.
- O compressor alternativo (ao contrário do rotativo) não foi projetado para trabalhar a 100 % de carga durante 24 horas por dia e 365 dias por ano.
- Temperatura elevada do ar no final da compressão no compressor alternativo.

Vídeo 9

ROTATIVOS X ALTERNATIVOS

- Unidades de compressores rotativos de parafuso (lubrificado) até potências de 250 kW (340 hp) são arrefecidos por ar enquanto para esta ordem de grandeza energética se revela impossível para a tecnologia de pistão.
- Unidades alternativas de 75 kW (100 hp) e 7 bar ainda podem ser arrefecidas por ar, mas a partir desta potência é necessário usar água.

ROTATIVOS X ALTERNATIVOS

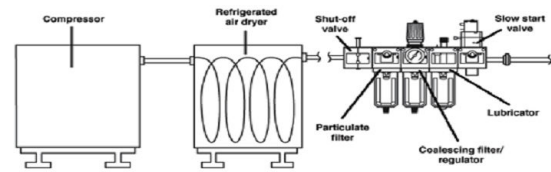
- Custos de manutenção e o número de horas de imobilização anual muito superiores para o compressor alternativo.
- Tecnologia alternativa possui maior número de peças ou órgãos em movimento que exigem inspeções regulares.

ROTATIVOS X ALTERNATIVOS

- Um compressor alternativo ao fim de 8000 horas de serviço necessita de se abrir e inspecionar as suas peças que demora cerca de uma semana enquanto que um compressor rotativo de parafuso a manutenção pode ser feita só ao fim de 30000 a 40000 horas e a reparação demora cerca de 3 dias.

Video 10

EQUIPAMENTOS DE UM SISTEMA DE AR COMPRIMIDO



QUANTIDADE DE COMPRESSORES

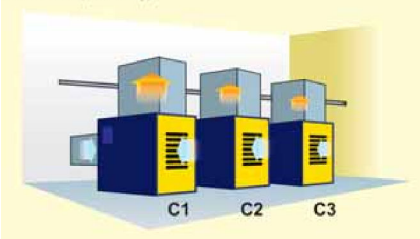
- Assim que a vazão total do sistema for definida, estabeleça um fator entre 20% e 50% para futuras ampliações e selecione dois compressores que, somados, atendam essa vazão.
- Um terceiro compressor, da mesma capacidade, pode ser adicionado ao sistema como stand by.

QUANTIDADE DE COMPRESSORES

- Em conjunto, os três compressores podem ser programados para operar num sistema de rodízio, proporcionando o mesmo nível de utilização para todos

QUANTIDADE DE COMPRESSORES

Vazão requerida = 100
 Vazão de cada compressor (C1, C2, C3) = 60
 $C1 + C2 = 120$ (operação)
 $C3 = 60$ (stand by)



RESFRIADOR

- Sua função é reduzir a temperatura do ar que deixa o compressor para níveis próximos da temperatura ambiente. Com isso, obtém-se uma grande condensação dos contaminantes gasosos, especialmente do vapor d'água.

RESFRIADOR



PURGADORES

- Um purgador deve ser instalado em conjunto com o separador de condensados para garantir a eliminação desta contaminação líquida para a atmosfera, com perda mínima de ar comprimido.
- Os purgadores são pequenos aparatos destinados a efetuar a drenagem dos contaminantes líquidos do sistema de ar comprimido para o meio ambiente.

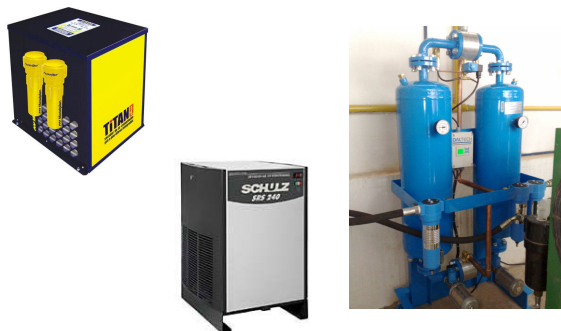
PURGADORES



SECADORES

- Sua função é eliminar a umidade do fluxo de ar. Um secador deve estar apto a fornecer o ar comprimido com o Ponto de Orvalho especificado pelo usuário. Ponto de Orvalho é a temperatura na qual o vapor começa a condensar.
- Há dois conceitos principais de secadores de ar comprimido:
 - por refrigeração (Ponto de Orvalho padrão é +3 °C);
 - por adsorção (Ponto de Orvalho comum de -40°C).

SECADORES



FILTROS

- O filtro de ar comprimido aparece geralmente em três posições diferentes:
 - Antes do secador de ar;
 - Depois do secador de ar;
 - Junto ao ponto de uso.



PRÉ-FILTROS

- A função do filtro instalado antes do secador (pré-filtro) é separar o restante da contaminação sólida e líquida (~30%) não totalmente eliminada pelo separador de condensado do resfriador, protegendo os trocadores de calor do secador contra o excesso de óleo oriundo do compressor de ar, o que poderia impregná-los, prejudicando sua eficiência.

PÓS-FILTROS

- O filtro instalado após o secador (pós-filtro) deve ser responsável pela eliminação da umidade residual não removida pelo separador mecânico de condensados do secador por refrigeração, além da contenção dos sólidos não retidos no pré-filtro.
- Na prática, o pós-filtro instalado após o secador por refrigeração retém apenas partículas sólidas.

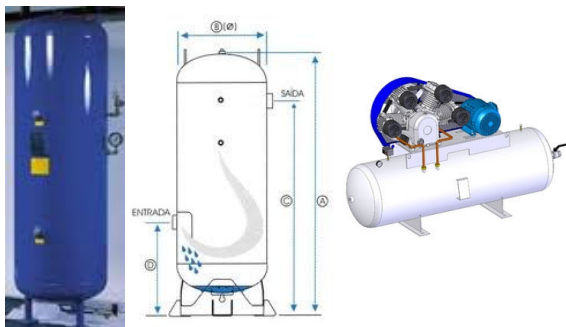
FILTROS NO PONTO

- Os filtros instalados no ponto de uso são utilizados para evitar que os contaminantes presentes ao longo da tubulação de ar comprimido atinjam a aplicação final do mesmo.
- Se o sistema não possui qualquer tipo de tratamento de ar comprimido, os filtros instalados no ponto de uso são ainda mais recomendados.

RESERVATÓRIOS DE AR

- Recomenda-se dividi-lo em dois reservatórios menores, de igual capacidade, sendo o primeiro instalado logo após o compressor de ar e antes do pré-filtro e o segundo logo após o pós-filtro.
- Finalmente, um aspecto fundamental na seleção de reservatórios de ar comprimido é a segurança.
- Um reservatório deve sempre atender as normas nacionais e internacionais (NR-13, ASME, etc.), possuir instalados seus acessórios mínimos obrigatórios (manômetro e válvula de segurança) e receber uma proteção anti-corrosiva interna e externa de acordo com sua exposição à oxidação.

RESERVATÓRIOS DE AR



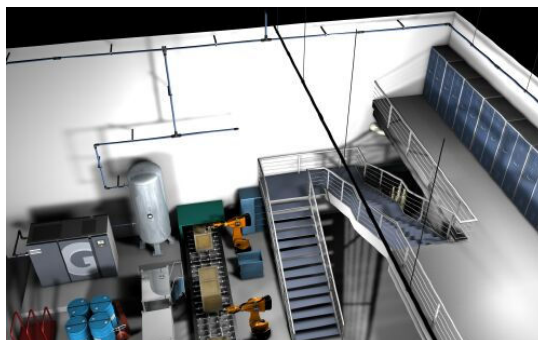
RESERVATÓRIOS DE AR

- Para compressores de pistão:
Volume do reservatório = 20% da vazão total do sistema medida em m³/min.
Exemplo:
Vazão total = 5 m³/min
Volume do reserv. = 20% x 5 m³/min = 1,0 m³
- Para compressores rotativos:
Volume do reservatório = 10% da vazão total do sistema medida em m³/min.
Exemplo:
Vazão total = 5 m³/min
Volume do reserv. = 10% x 5 m³/min = 0,5 m³

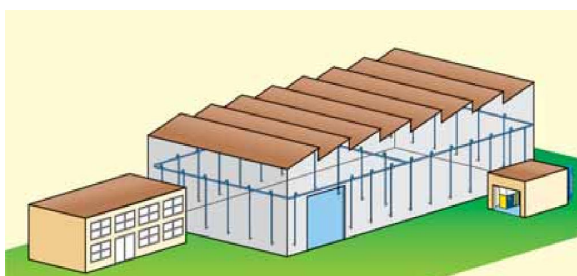
DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO

- Uma rede de ar comprimido corretamente dimensionada garante uma baixa perda de carga (queda de pressão) entre a geração e o consumo, resultando num suprimento de ar adequado aos usuários, além de uma significativa economia de energia.

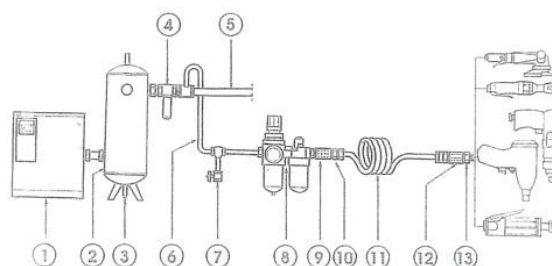
DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO



DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO



DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO



MATERIAIS PARA TUBULAÇÃO

- Com relação aos materiais da tubulação, dê preferência aos resistentes à oxidação, como aço galvanizado, aço inoxidável, alumínio, cobre e plásticos de engenharia. Utilize também conexões de raio longo para minimizar a perda de carga.

DESDA DE CARGA

Perda de carga na tubulação

m /h	Perda de carga (psig) por 10 metros de comprimento de um tubo com diâmetro:										
	1/2"	3/4"	1"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"	5"	6"	
80	2,73	0,64	0,18								
170		2,51	0,70	0,08							
350			2,68	0,31	0,09						
500				0,68	0,19	0,08					
850				1,86	0,50	0,21					
1200					1,00	0,41	0,13				
1700					1,97	0,81	0,25				
2100						1,28	0,41	0,10			
2500						1,79	0,56	0,14			
3400							1,00	0,25	0,08		
4200							1,56	0,39	0,12		
5100							2,24	0,55	0,17	0,07	
6800								0,97	0,30	0,12	
10200								2,15	0,67	0,26	
13600									1,18	0,46	
17000										1,82	0,71

DESDA DE CARGA

Comprimento equivalente de tubulação (m)

	1/2"	3/4"	1"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"	5"	6"
Cotovelo 90°	1,10	1,34	1,58	2,25	2,60	2,80	3,40	4,00	2,20	2,70
Curva 90°	0,67	0,70	0,83	1,00	1,10	1,10	1,20	1,40	1,50	1,70
Tê (fluxo dividido)	0,80	1,20	1,50	2,40	3,00	3,90	4,80	6,00	8,00	9,20
Válv. gaveta	0,17	0,20	0,25	0,37	0,46	0,52	0,58	0,76	0,95	0,98

até 4" = rosca
5" e 6" = solda/flange