

Pneumática

Atuadores

MEC1610

ELEMENTOS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

GIORGIO ANDRÉ BRITO OLIVEIRA

Atuadores

Foi visto anteriormente como é gerado e preparado o ar comprimido.

Para que ele seja posto a trabalhar, é necessário um dispositivo que converta em trabalho a energia contida no ar comprimido.

Os atuadores são os dispositivos utilizados para este fim.

Atuadores

Em qualquer circuito o atuador é ligado mecanicamente à carga.

Assim, ao ser acionado pelo ar comprimido, a energia de pressão deste é convertida em trabalho mecânico, que é transferido para a carga.

Atuadores

Os atuadores podem ser divididos em três grupos:

- Atuadores lineares;
 - Convertem a energia pneumática em trabalho mecânico através de movimento linear.



Atuadores

Os atuadores podem ser divididos em três grupos:

- Atuadores rotativos;
- Convertem a energia pneumática em trabalho mecânico através de momento torsor contínuo.



Atuadores

Os atuadores podem ser divididos em três grupos:

- Atuadores oscilantes.
 - Convertem a energia pneumática em trabalho mecânico através de momento torsor limitado a um determinado número de graus.



Atuadores Lineares

Atuadores Lineares

O trabalho mecânico é transmitido à carga em forma de força e velocidade linear.

São popularmente conhecidos por cilindros.



Atuadores Lineares

Os atuadores lineares podem ser classificados da seguinte forma:

- Simples ação
- Dupla Ação
 - Sem amortecimento
 - Com amortecimento
- Derivados
 - Cilindro de dupla ação com haste dupla
 - Cilindro duplex contínuo (Tandem)
 - Cilindro duplex geminado (múltiplas posições)
 - Cilindro de impacto
 - Cilindro sem haste

Atuadores Lineares

SIMPLES AÇÃO

Atuadores Lineares

Os atuadores lineares de simples ação são assim chamados porque utilizam a energia do fluido para produzir trabalho em um único sentido de movimento.

- No avanço (mais comum) ou no retorno.



Atuadores Lineares

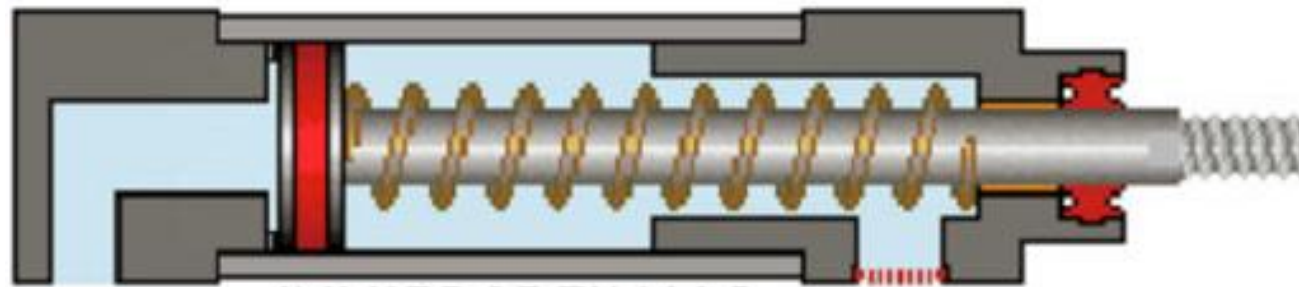
Este tipo de cilindro possui somente um orifício por onde o ar entra e sai do seu interior.



Atuadores Lineares

Na extremidade oposta à de entrada, é dotado de um pequeno orifício que serve de respiro.

- O objetivo dele é impedir a formação de contrapressão internamente.



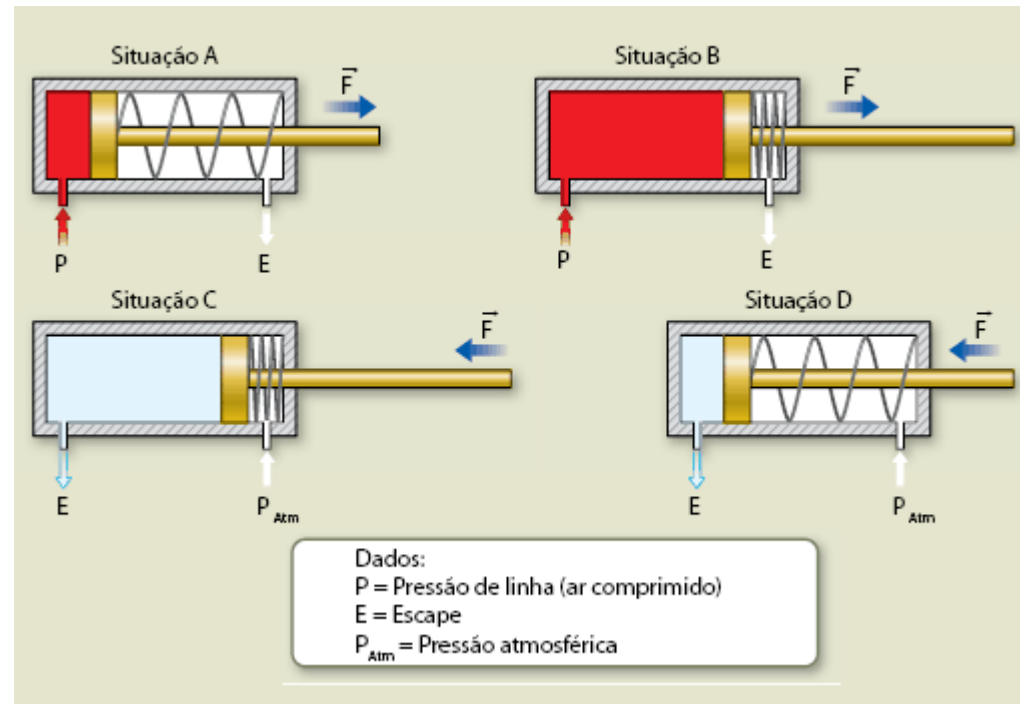
Atuadores Lineares

O retorno, em geral, é efetuado por ação de mola ou força externa.

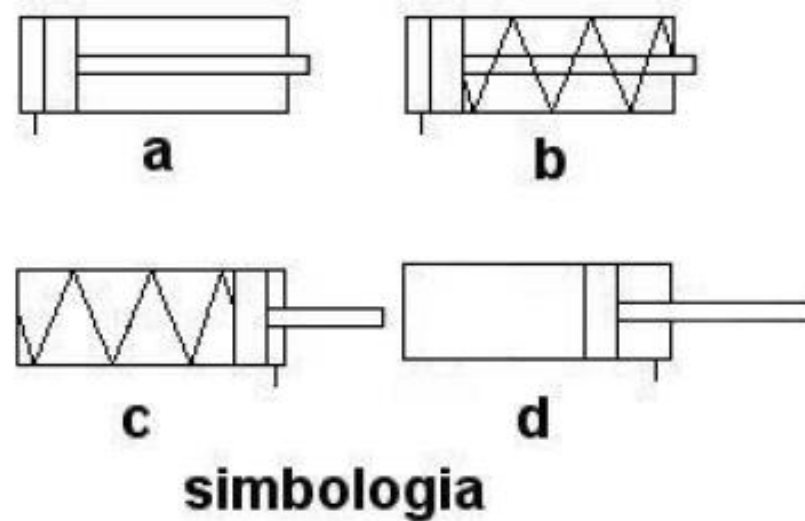


Atuadores Lineares

Quando o ar é exaurido, o pistão (haste + êmbolo) retorna para a posição inicial.



Atuadores Lineares



- a) cilindro de simples ação com retorno por força não definida
- b) cilindro de simples ação com retorno por mola
- c) cilindro de simples ação com avanço por mola
- d) cilindro de simples ação com avanço por força não definida

Atuadores Lineares

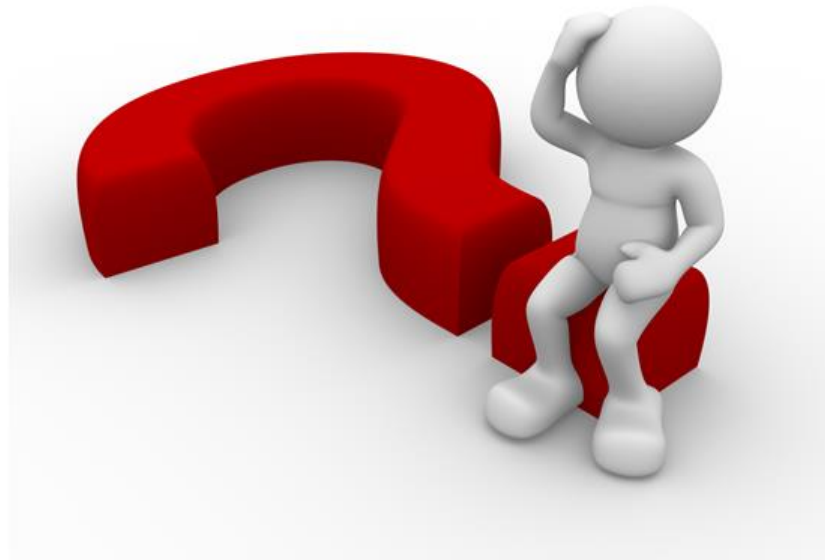


Atuadores Lineares



Atuadores Lineares

Os atuadores lineares que operam com molas são limitados a modelos cujos cursos não excedem 75 mm para um diâmetro de 25 mm ou 125 mm para um diâmetro de 55 mm.



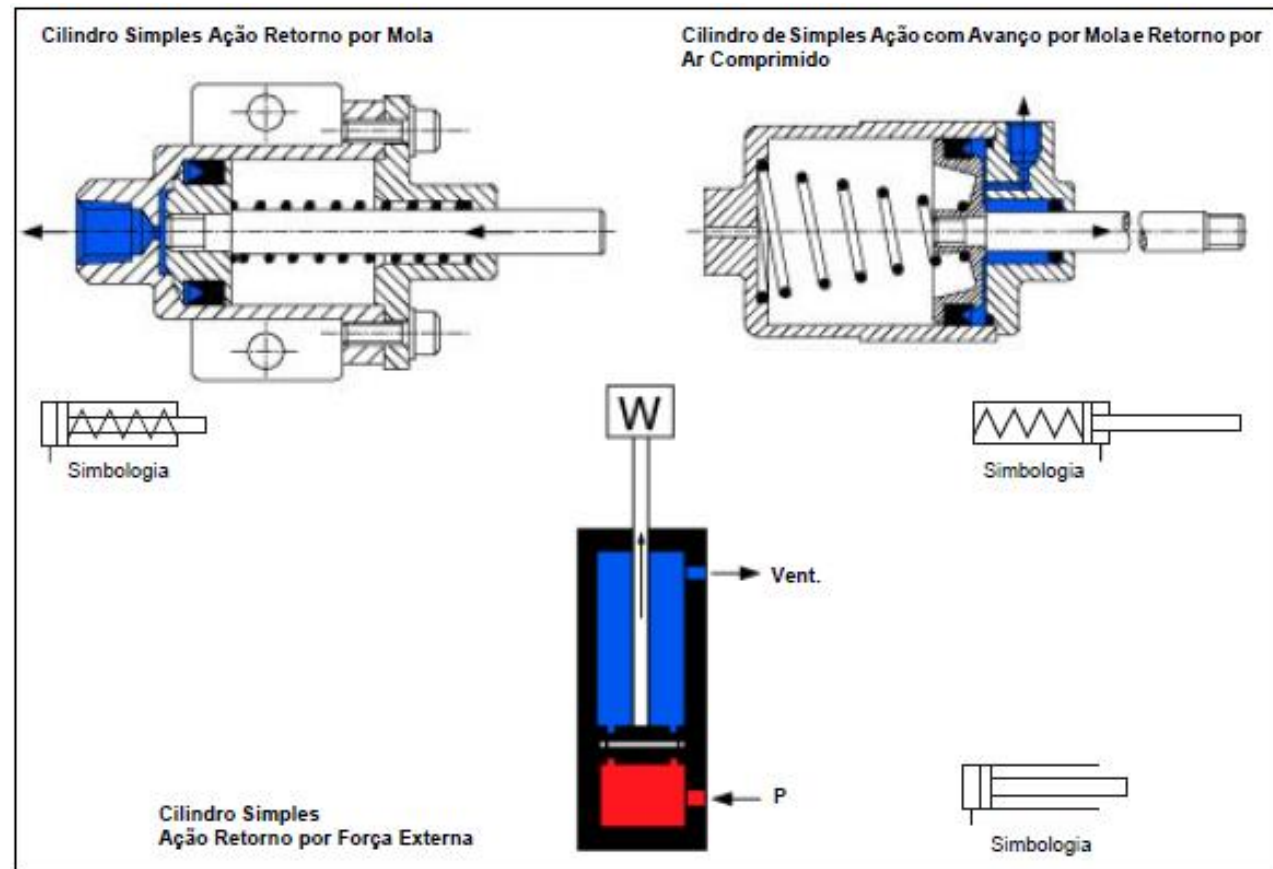
Atuadores Lineares

Quando os cursos são longos, a colocação de uma mola extensa se torna inconveniente.

Portanto, para cursos maiores o retorno deve ser propiciado pela gravidade ou outra força externa.

- Caso seja a gravidade, o cilindro deve ser montado em posição vertical.

Atuadores Lineares



Atuadores Lineares

Os cilindros que possuem retorno ou avanço por mola podem ser montados em qualquer posição.

Deve-se notar que o emprego de uma mola mais rígida para garantir um retorno ou avanço vai requerer uma maior pressão por parte do movimento oposto, para que o trabalho possa ser realizado sem redução.

Atuadores Lineares

No dimensionamento da força do cilindro, deve-se levar em conta que uma parcela de energia cedida pelo ar comprimido será absorvida pela mola.

O retorno também pode ser efetuado por meio de um colchão de ar comprimido, formando uma mola pneumática.

Atuadores Lineares

Os cilindros de simples ação com retorno por mola são muito utilizados em operações de fixação, marcação, rotulação, expulsão de peças e alimentação de dispositivos.

Atuadores Lineares

Os cilindros de simples ação com avanço por mola e retorno por ar comprimido são empregados em alguns sistemas de freio, segurança, posições de travamento e trabalhos leves em geral.



Atuadores Lineares

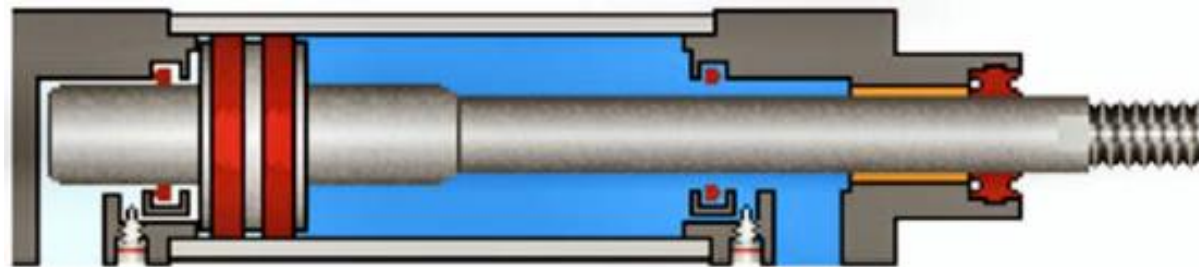
DUPLA AÇÃO

Atuadores Lineares

Quando um cilindro pneumático utiliza ar comprimido para produzir trabalho em ambos os sentidos de movimento (avanço e retorno), diz-se que é um cilindro de dupla ação, o tipo mais comum.

Atuadores Lineares

Sua característica principal, por definição, é o fato de se poder utilizar tanto o avanço quanto o retorno para a realização de trabalho mecânico.

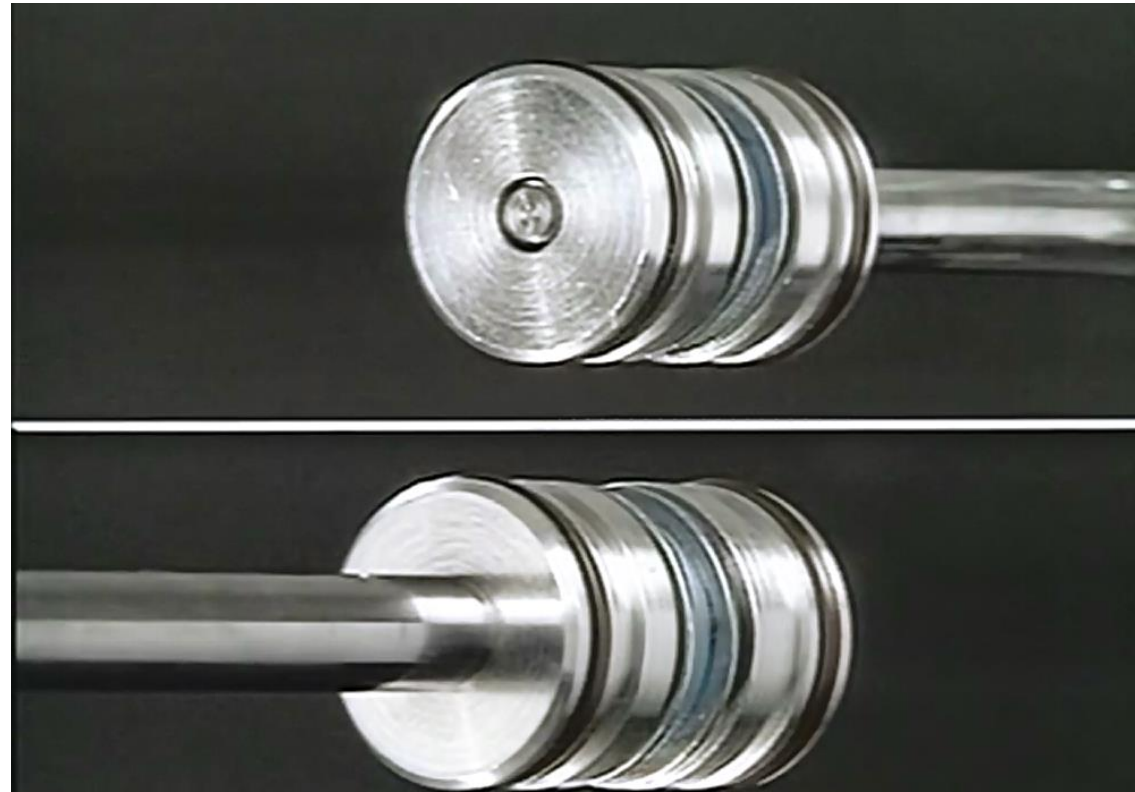


Atuadores Lineares

Existe, porém, uma diferença quanto ao esforço desenvolvido:

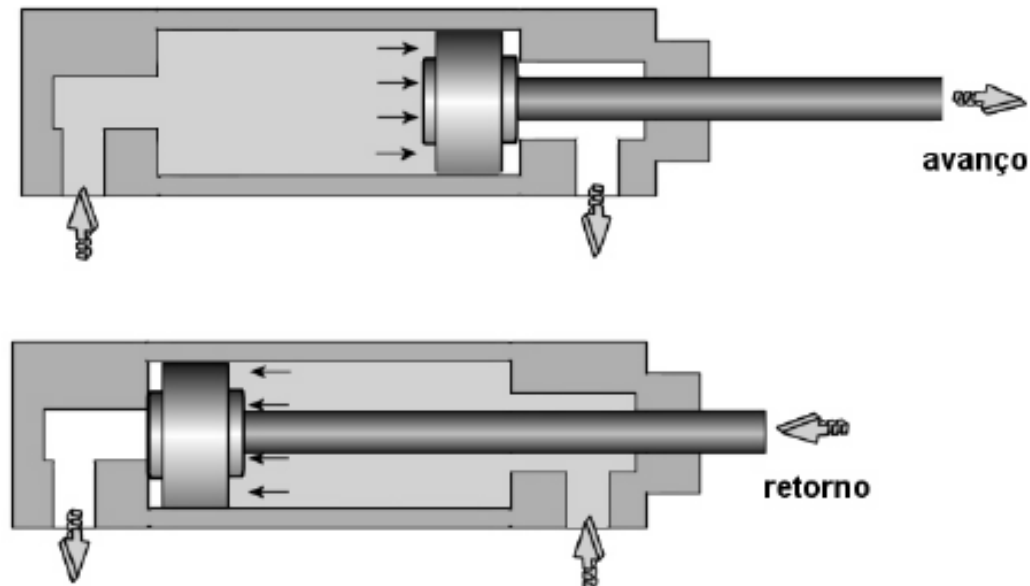
- As áreas efetivas de atuação da pressão são diferentes.
- A área da câmara traseira é maior que a da câmara dianteira, pois nesta há que se levar em conta o diâmetro da haste que impede a ação do ar sobre toda a área.
- Força e velocidade.

Atuadores Lineares



Atuadores Lineares

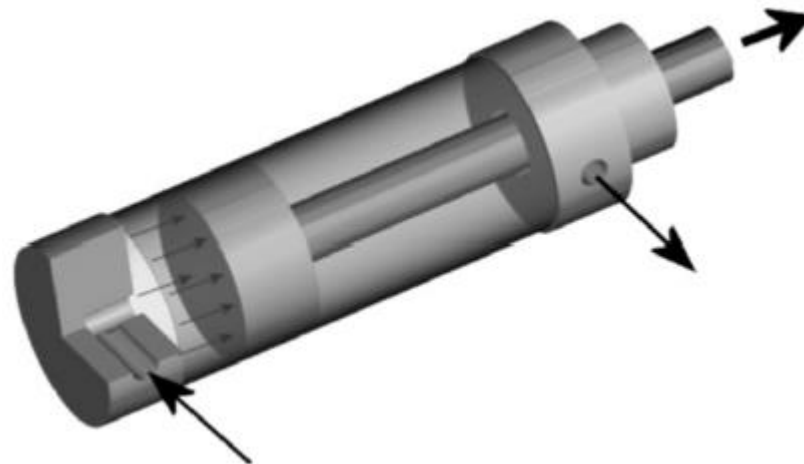
O ar comprimido é admitido e liberado alternadamente por dois orifícios existentes nos cabeçotes, um no traseiro e outro no dianteiro que, agindo sobre o êmbolo, provoca os movimentos de avanço e retorno.



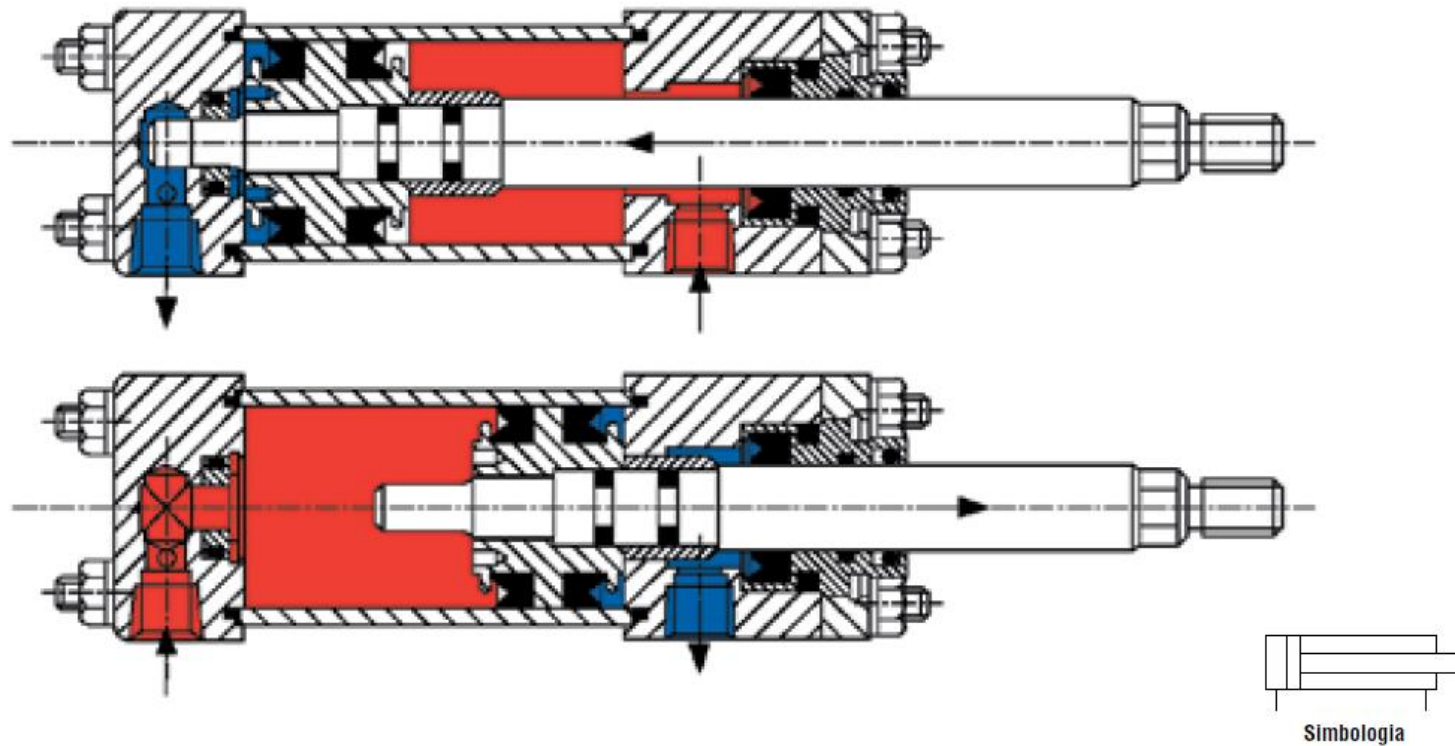
Atuadores Lineares

Quando uma câmara está admitindo ar a outra está em comunicação com a atmosfera.

- Esta operação é mantida até que se alterne a admissão do ar nas câmara, o que faz o pistão se deslocar em sentido contrário.



Atuadores Lineares



Atuadores Lineares



Atuadores Lineares



Atuadores Lineares



Atuadores Lineares

Os atuadores de dupla ação podem conter um recurso chamado amortecimento.



Os cilindros com amortecimento são projetados para controlar movimentos de grandes massas e desacelerar o pistão nos fins de curso.

Atuadores Lineares

Esse amortecimento tem a finalidade de evitar as cargas de choque, transmitidas aos cabeçotes e ao pistão, ao final de cada curso, absorvendo-as.

Logo, esse tipo de atuador tem a sua vida útil prolongada em relação aos tipos sem amortecimento.

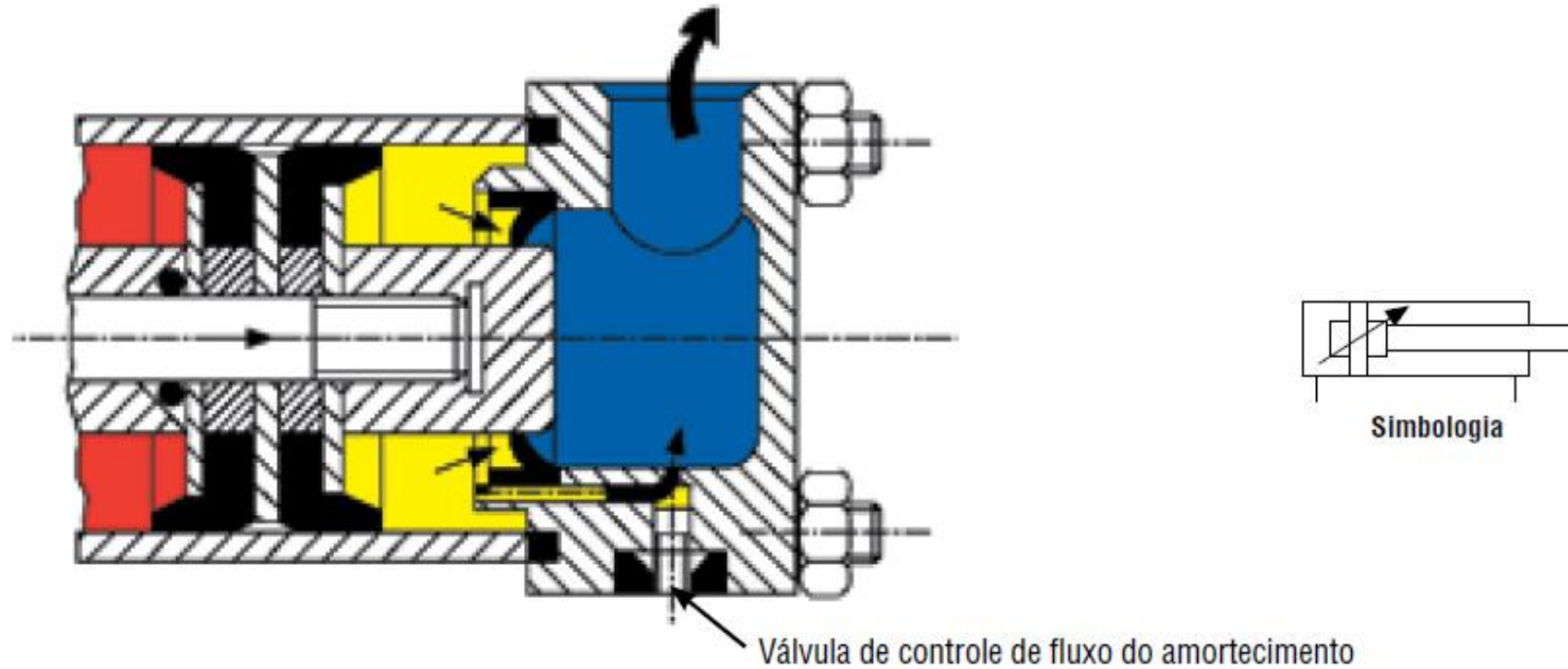
Atuadores Lineares

O amortecimento é criado pelo aprisionamento de certa quantidade de ar no final do curso do pistão.

Isto é feito quando um colar que envolve a haste começa a ser encaixado numa guarnição, vedando a saída principal do ar e forçando-o por uma restrição fixa ou regulável, através do qual escoará com vazão menor.

Isto causa uma desaceleração gradativa na velocidade do pistão e absorve o choque.

Atuadores Lineares



Atuadores Lineares

Em cilindros de diâmetro muito pequeno, este recurso não é aplicável, pois necessita de espaços não disponíveis nos cabeçotes.

- Além disso, não há necessidade, pois o esforço desenvolvido é pequeno e não chega a adquirir muita inércia.

Poderão ser dotados de amortecimento os cilindros que possuírem diâmetros superiores a 30 mm e cursos acima de 50 mm.

- Caso contrário, não é viável a sua construção.

Atuadores Lineares

Como efeito negativo, cilindros providos deste recurso consomem um tempo maior para cada ciclo completo e existem perdas de energia em cada desaceleração do pistão.



Atuadores Lineares

Portanto, deve-se analisar cada caso e decidir sobre a utilização ou não de cilindros amortecidos, tendo em vista também o valor mais alto dos atuadores que dispõem desse recurso.

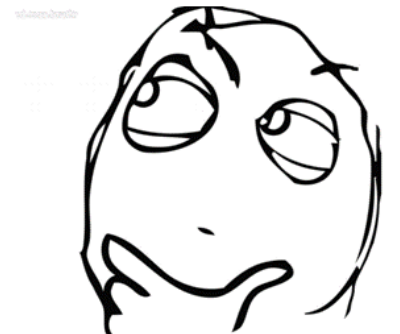
Atuadores Lineares

DERIVADOS

Atuadores Lineares

Geralmente, os cilindros são construídos segundo as duas formas vistas anteriormente, pois podem se adaptar facilmente às diversas aplicações.

Porém, algumas vezes é necessária a construção de cilindros derivados desses para uma utilização mais racional em certas aplicações.



Atuadores Lineares

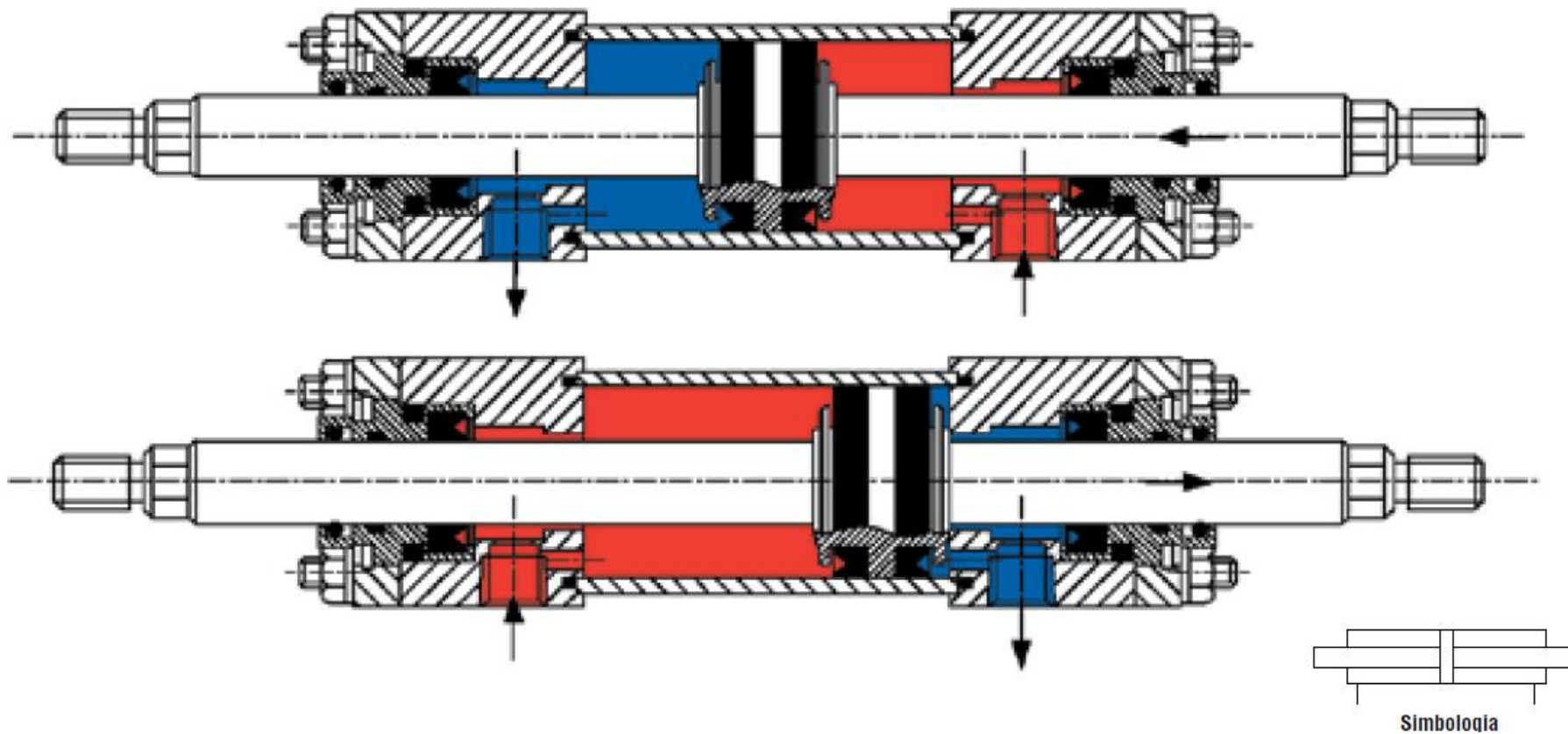
CILINDRO DE HASTE DUPLA (HASTE PASSANTE)

Atuadores Lineares

Este tipo de atuador deriva do cilindro de dupla ação e vem encontrando grandes aplicações na indústria.

Ele possui duas hastes unidas ao mesmo êmbolo.

Atuadores Lineares



Atuadores Lineares

O êmbolo tem a mesma área nas suas duas faces, o que possibilita transmitir forças iguais em ambos os sentidos de movimentação.

Pode ser fixado pelas extremidades das hastes, deixando o corpo livre, ou fixado pelo corpo, permitindo que as hastes se desloquem.

Atuadores Lineares

Enquanto uma das hastes realiza trabalho, a outra pode ser utilizada no comando de fins de curso ou dispositivos que não possam ser posicionados ao longo da oposta.

Atuadores Lineares

Apresentam, ainda, a possibilidade de variação do curso de avanço, o que é bastante favorável, principalmente em operações de usinagem.

Atuadores Lineares

Como exemplo típico de aplicação, considera-se o caso da automação de mesas de máquinas operatrizes e máquinas de injeção.



Rosqueadeira Pneumática

Atuadores Lineares



Solda à Ponto
Pneumática



Atuadores Lineares

CILINDRO DUPLEX CONTÍNUO (TANDEM)

Atuadores Lineares

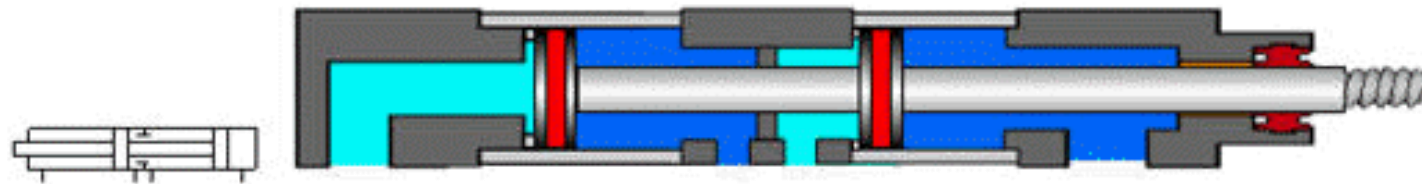
Este atuador é dotado de dois êmbolos unidos por uma haste comum, separados entre si por meio de um cabeçote intermediário.



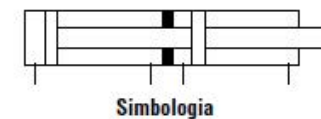
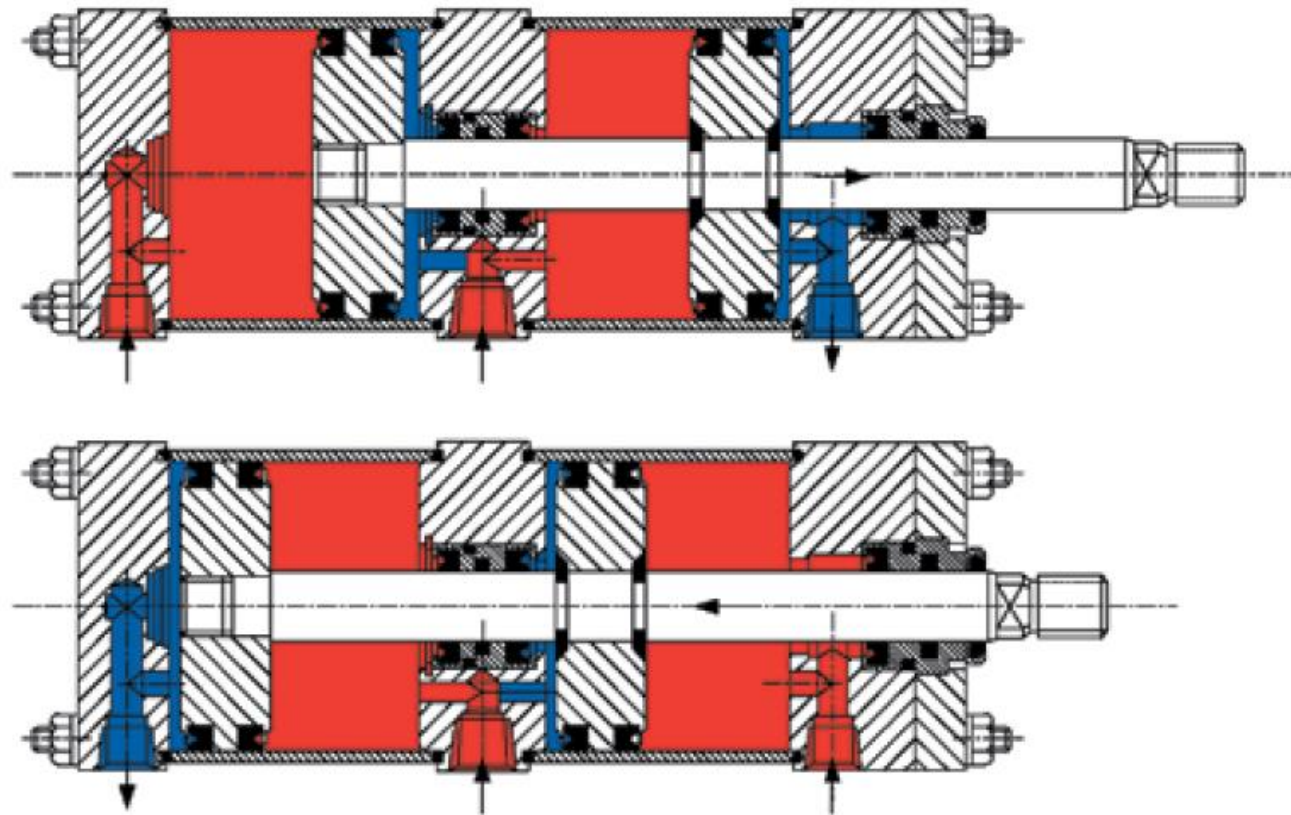
Atuadores Lineares

Cada êmbolo possui entradas de ar independentes.

Assim, ele consiste de dois cilindros de dupla ação em série em uma mesma camisa, com entradas de ar independentes.



Atuadores Lineares



Atuadores Lineares

Ao ser injetado ar comprimido simultaneamente nas duas câmaras, no sentido de avanço ou retorno, ocorre atuação sobre ambos os êmbolos, de tal modo que a força produzida é a somatória das forças individuais de cada êmbolo.

Isso permite dispor de maior força, tanto no avanço como no retorno.

Atuadores Lineares

Esse atuador é aplicado em casos nos quais:

- Se necessita de maiores forças;
- Não há espaço suficiente para comportar um cilindro de diâmetro maior;
- Não se pode elevar muito a pressão de trabalho;

Há necessidade, entretanto, de profundidades ou vãos maiores para seu posicionamento.



Atuadores Lineares

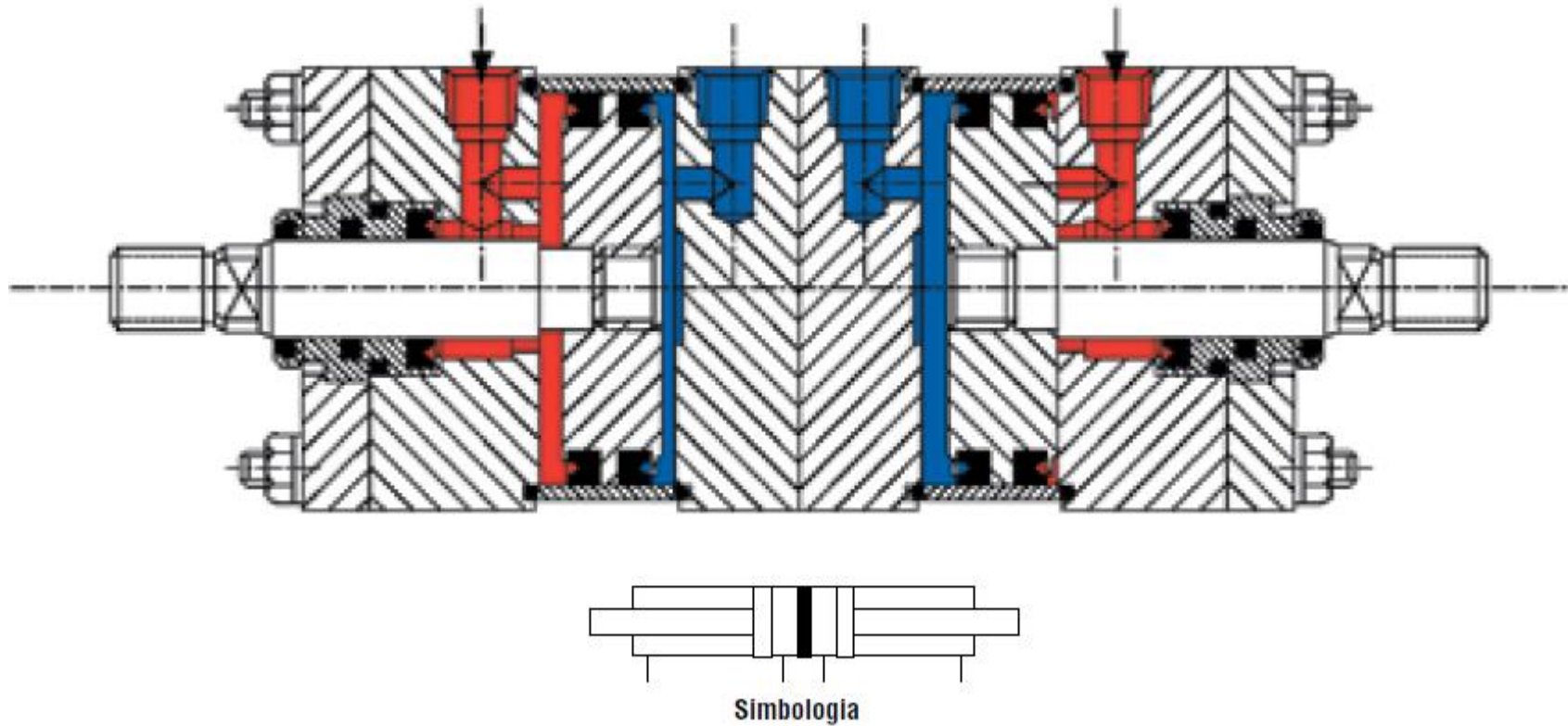
CILINDRO DUPLEX GEMINADO (MÚLTIPLAS POSIÇÕES)

Atuadores Lineares

Esse atuador consiste em dois ou mais cilindros de dupla ação, unidos entre si, possuindo cada um entradas de ar independentes.

Essa união possibilita a obtenção de três, quatro ou mais posições distintas.

Atuadores Lineares



Atuadores Lineares

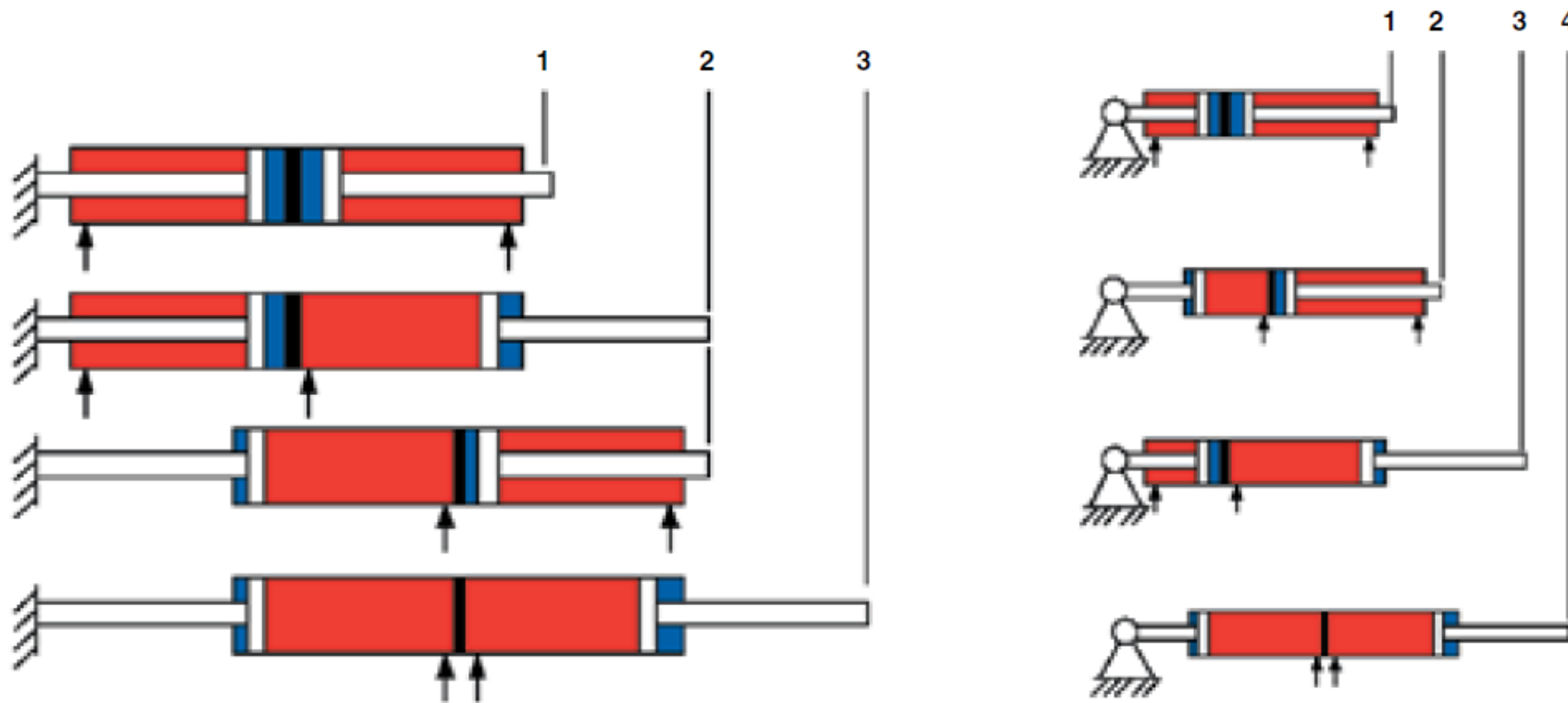


Atuadores Lineares

As posições são obtidas em função da combinação entre as entradas de ar comprimido e os cursos correspondentes.

É aplicado em circuitos de seleção, distribuição, posicionamentos, comandos de dosagens e transportes de peças para operações sucessivas.

Atuadores Lineares



Atuadores Lineares

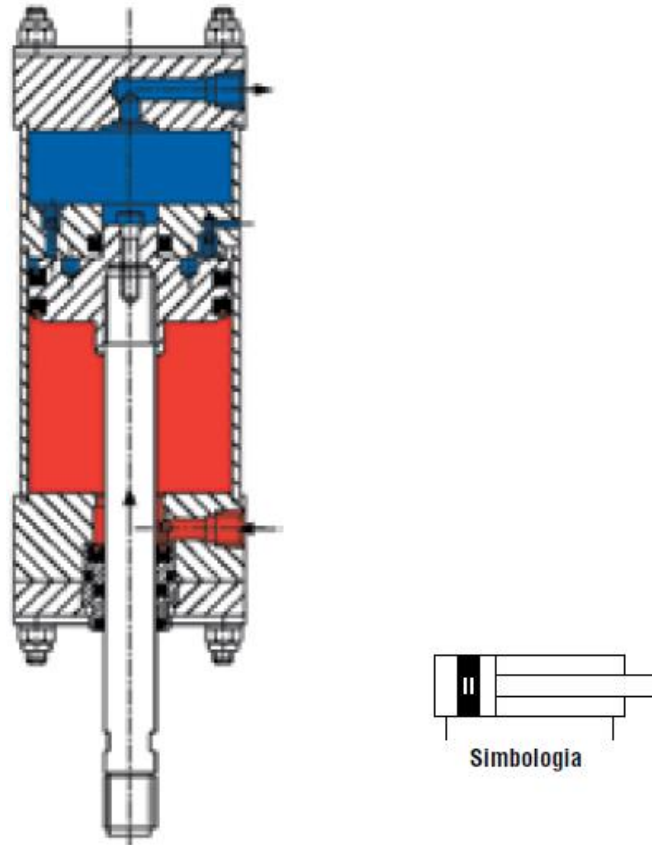
CILINDRO DE IMPACTO

Atuadores Lineares

Esse atuador recebe esta denominação devido à força a ser obtida pela transformação de energia cinética.

É um cilindro de dupla ação especial com modificações.

Atuadores Lineares



Atuadores Lineares

Ao ser comandado, o ar comprimido enviado ao cilindro é retido inicialmente e acumulado em uma pré-câmara interna, atuando sobre um prolongamento do êmbolo, que tem uma pequena área.

Quando a pressão dentro da pré-câmara atinge um valor suficiente, inicia-se o deslocamento do pistão.

Atuadores Lineares

Este avança lentamente até que o prolongamento do êmbolo se desaloja da parede divisória e permite que todo o ar armazenado escoe rapidamente, atuando sobre toda a área do êmbolo.

Atuadores Lineares

No instante em que ocorre a expansão brusca do ar, o pistão adquire velocidade crescente até atingir a faixa onde deverá ser melhor empregado.

O impacto é produzido através da transformação da energia cinética fornecida ao pistão, acrescida da ação do ar comprimido sobre o êmbolo.

Atuadores Lineares

Quando se necessitam de grandes forças durante curtos espaços de tempo, como é o caso de rebitagens, gravações, cortes, etc., este é o equipamento que melhor se adapta.



<https://www.youtube.com/watch?v=XnloUL5vsno>

Rebitadeira Pneumática

Atuadores Lineares

CILINDRO SEM HASTE

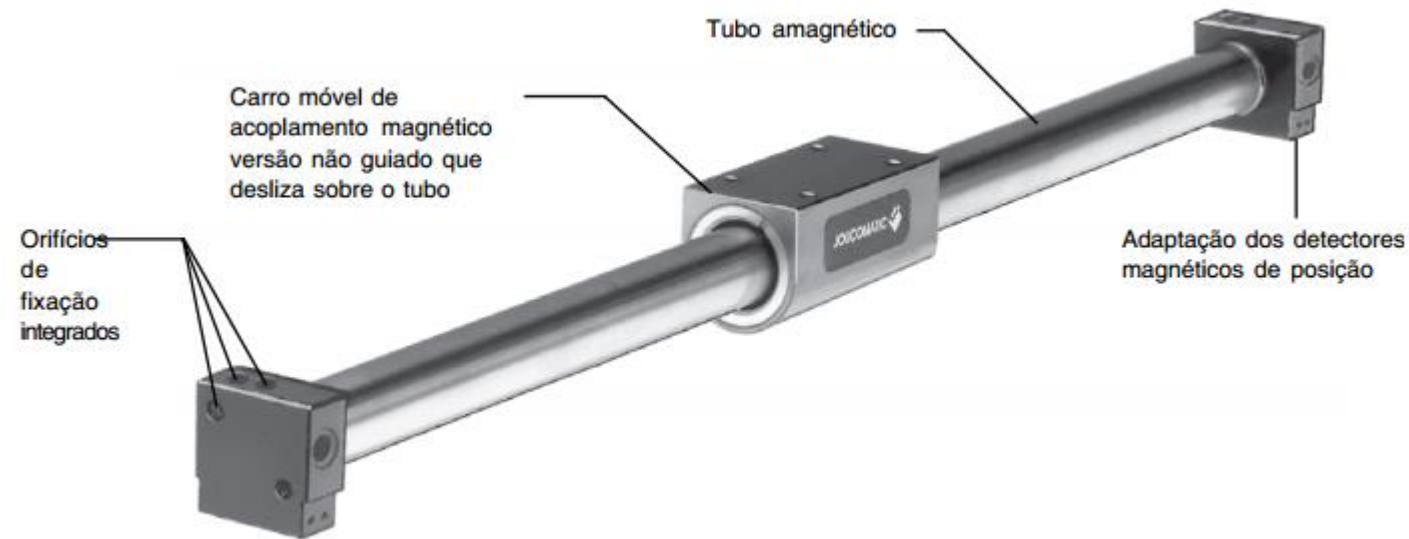
Atuadores Lineares

Esse atuador consiste de um tubo dentro do qual existe um êmbolo que é movido pela energia pneumática, como em um cilindro clássico.

Por fora do tubo está um carro móvel, sobre o qual se posiciona a carga a ser movimentada e que está acoplado ao êmbolo.

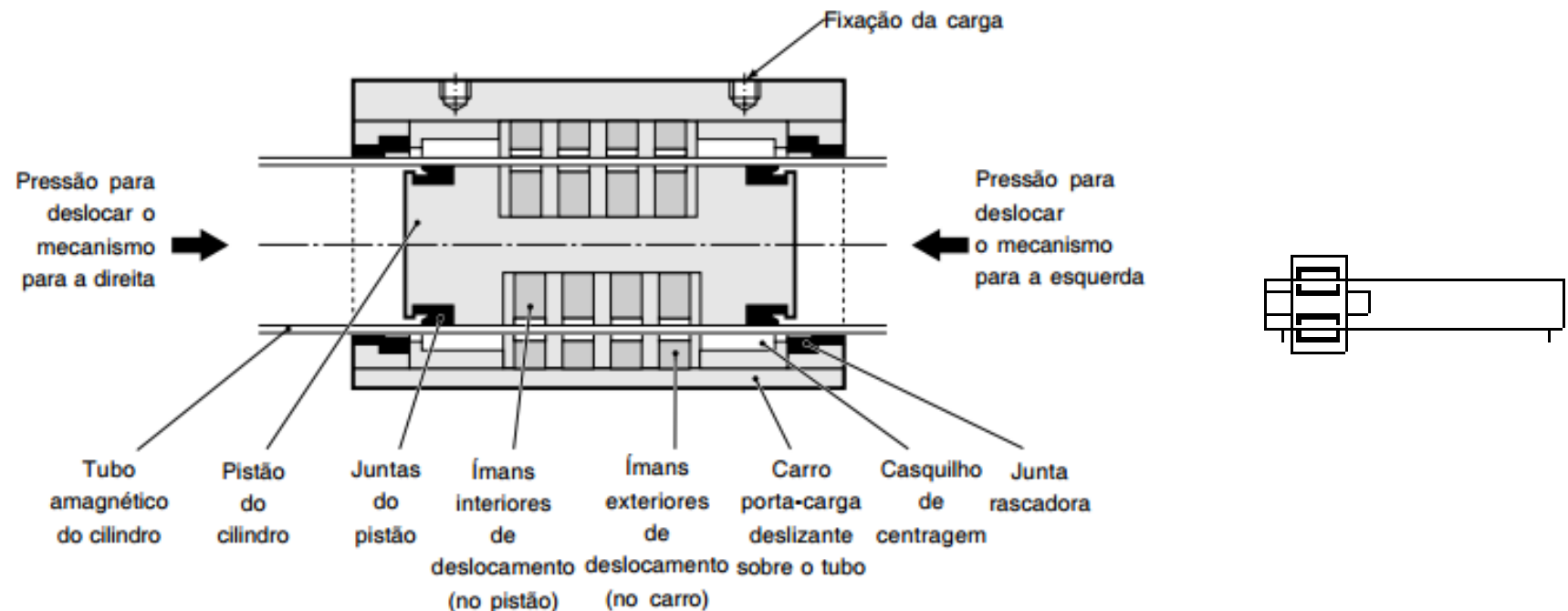
Atuadores Lineares

O êmbolo é movido pelo ar comprimido que entra por orifícios contidos nos dois cabeçotes que estão posicionados nas extremidades do tubo.



Atuadores Lineares

- ▶ O acoplamento entre o pistão e o carro móvel realiza-se por acoplamento magnético, mediante potentes ímãs permanentes, ou por acoplamento mecânico.

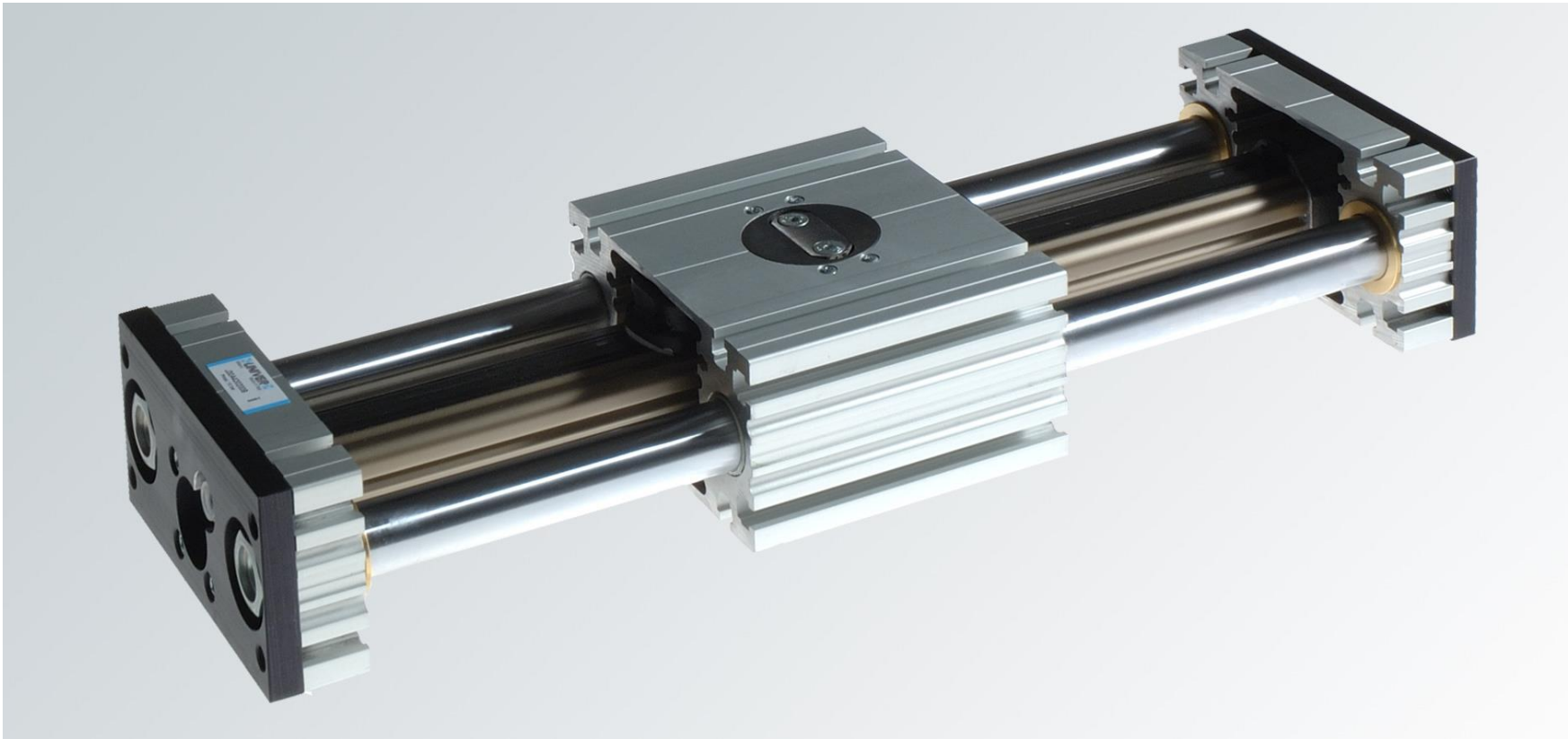


Atuadores Lineares



Cilindro sem haste de acoplamento magnético

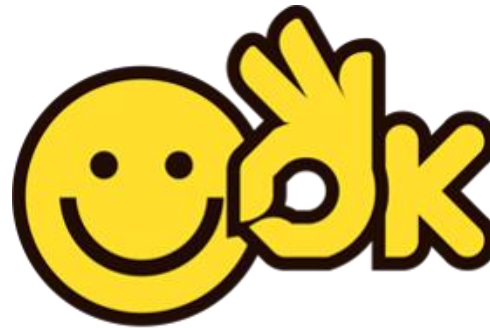
Atuadores Lineares



Cilindro sem haste de acoplamento magnético

Atuadores Lineares

- ▶ É importante salientar que ocorre o desacoplamento magnético sempre que o limite de força é ultrapassado.
- ▶ Para restabelecer o acoplamento, basta acionar o êmbolo na sentido da bucha e remover a causa do desacoplamento.

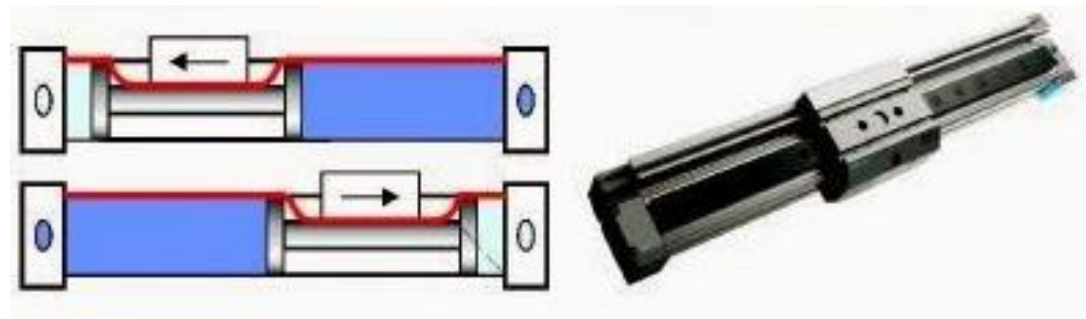
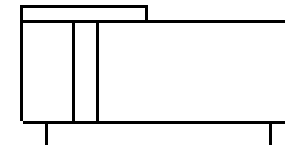
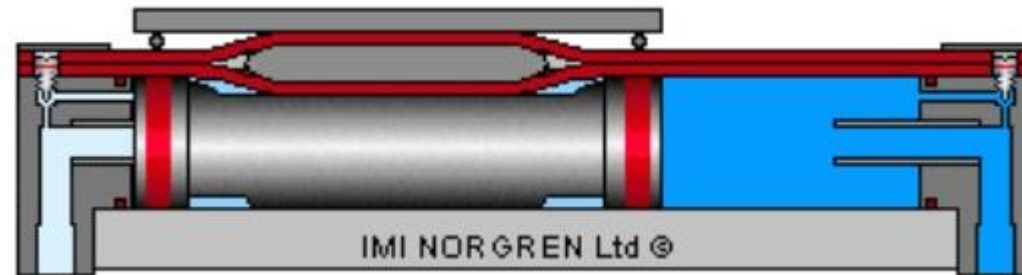


Atuadores Lineares

- ▶ Esta característica pode ser importante em aplicações que, no caso de impacto, devem liberar o sistema.
- ▶ Quando a possibilidade de desacoplamento é indesejável por questões de segurança ou qualquer outro motivo, utiliza-se o acoplamento mecânico.

Atuadores Lineares

- ▶ No cilindro sem haste com acoplamento mecânico, o carro é impulsionado por uma cinta de aço.



Atuadores Lineares



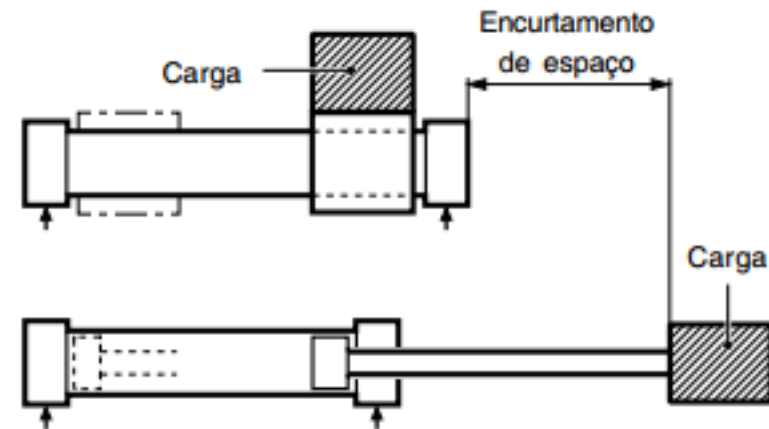
Cilindro sem haste de acoplamento mecânico



Atuadores Lineares

Os cilindros sem haste apresentam numerosas vantagens:

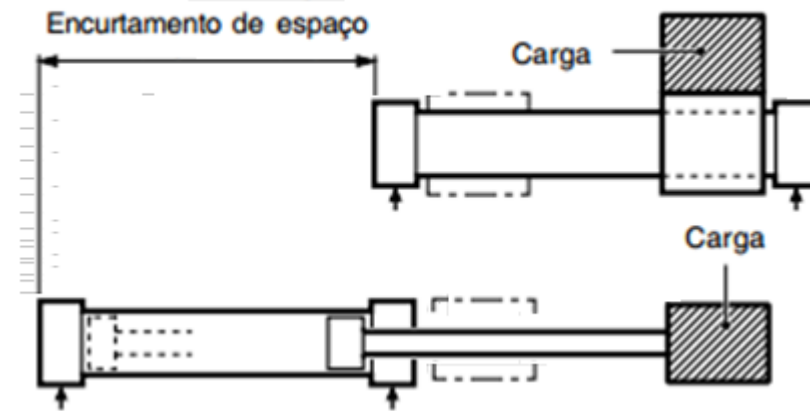
- Dimensões reduzidas;
- Facilidade de montagem;
- Longa vida útil;
- Controle de posições.



Atuadores Lineares

Os cilindros sem haste apresentam numerosas vantagens:

- Dimensões reduzidas;
- Facilidade de montagem;
- Longa vida útil;
- Controle de posições.



Atuadores Lineares

Os cilindros sem haste aplicam-se em numerosos setores de atividade, sempre que o espaço de implantação está limitado ou nos deslocamentos lineares de grandes cursos.

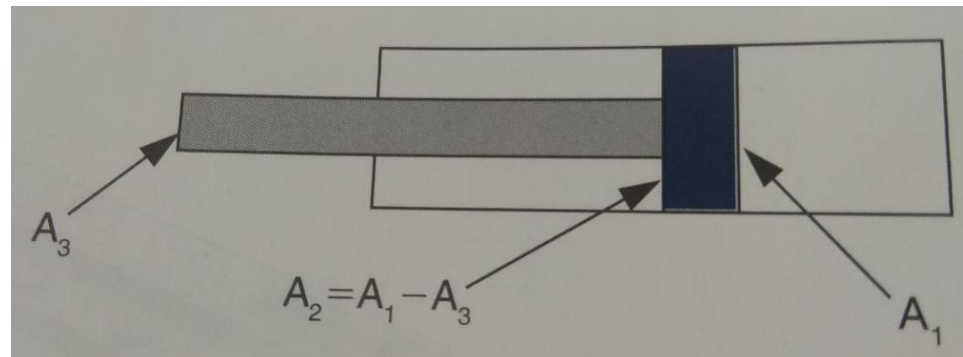
- Manutenção;
- Avanços de peças/componentes;
- Posicionamento (robótica);
- Deslocamentos laterais em transportadores de rodízios;
- Abertura de portas;
- Ascensor para subida de peças;
- Deslocamento de pistolas de pintura ou ferramentas;
- Etc.

Atuadores Lineares

Dimensionamento de um cilindro de duplo efeito

- A força geralmente desenvolvida nos cilindros pneumáticos é:

$$F = \text{pressão} \times \text{área}$$



- Se considera sempre a área efetiva em contato com o ar comprimido.

Atuadores Lineares

Dimensionamento de um cilindro de duplo efeito

- Para o cálculo da força de avanço e retorno de um cilindro de duplo efeito, é necessário considerar os seguintes parâmetros:

A pressão de regime (p);

Os diâmetros do pistão (D) e da haste (d);

A resistência de atrito do ar e da vedação;

Atuadores Lineares

Dimensionamento de um cilindro de duplo efeito

- Logo em avanço e retorno temos as seguintes áreas efetivas:

$$A_1 = 0,785 \times D^2$$

$$A_2 = 0,785 \times (D^2 - d^2)$$

- Assim, as forças de avanço e retorno são, respectivamente:

$$Fa = 0,785 \times D^2 \times p - Fra$$

$$Fr = 0,785 \times (D^2 - d^2) \times p - Fra$$

- Onde Fra é a força de resistência de atrito e da vedação.

Atuadores Lineares

Dimensionamento de um cilindro de simples efeito

- Nos cilindros de simples efeito a força resultante será:

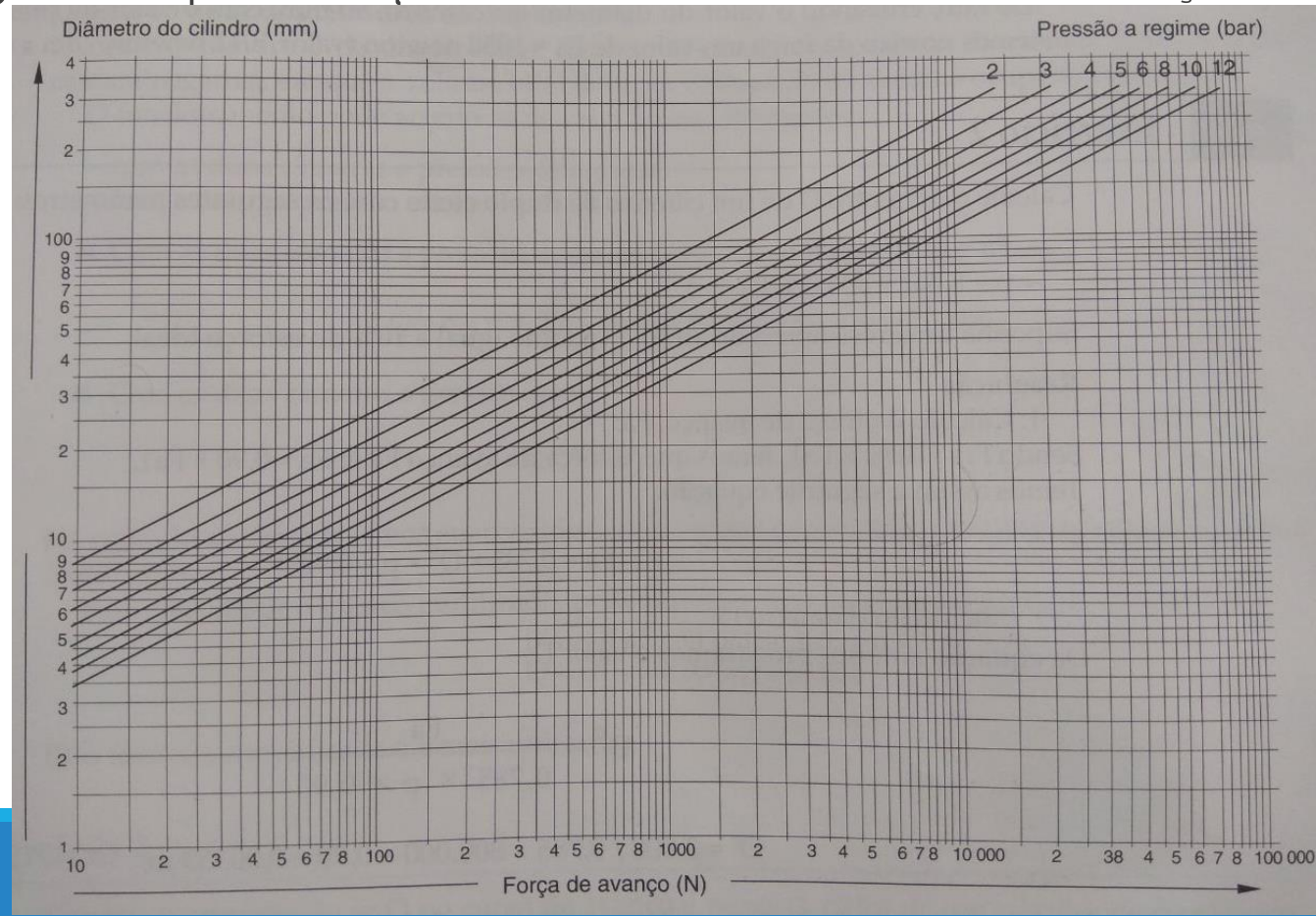
$$F_a = 0,785 \times D^2 \times p - (F_{ra} + F_{rm})$$

- Onde F_{rm} é a força elástica da mola.

Na falta de dados fornecidos pelo fabricante, podemos, razoavelmente, supor uma resistência de atrito e vedação igual a 10-20% do esforço ideal, ou seja, aquele que teríamos na ausência de atrito de ar.

Atuadores Lineares

Na figura, temos um diagrama de força de avanço em função do diâmetro do cilindro e da pressão a regime. Supõe-se que a resistência de atrito e vedação é igual a 10% do esforço ideal.



Exemplo

Calcule a força de avanço, F_a , e de retorno, F_r , de um cilindro de duplo efeito, com os seguintes parâmetros:

$D = 50 \text{ mm}$

$d = 10 \text{ mm}$

$p = 6 \text{ bar (600.000 Pa)}$

Suponha uma resistência de atrito e vedação igual a 10% do esforço ideal.

Exemplo

Resolução:

1 – Cálculo da força de avanço:

$$F_a = 0,785 \times D^2 \times p - F_{ra}$$

$$F_{ra} = 10\% \times F_{a1}$$

Tal que F_{a1} é o esforço ideal, logo:

$$F_{a1} = 0,785 \times D^2 \times p$$

$$\therefore F_{a1} = 0,785 \times 0,050^2 \times 600.000 = 1177 \text{ N}$$

$$\therefore F_{ra} = 0,10 \times 1177 = 117 \text{ N}$$

$$\therefore F_a = F_{a1} - F_{ra} = 1060 \text{ N}$$

Exemplo

Resolução:

1 – Cálculo da força de retorno:

$$Fr = 0,785 \times (D^2 - d^2) \times p - Fra$$

$$\therefore Fr = 0,785 \times (0,050^2 - 0,010^2) \times 600.000 - 117 = 1012 \text{ N}$$

Exemplo

Resolução:

Fazendo uma análise do gráfico, cruzando o valor do diâmetro do cilindro, 50 mm, com o valor da pressão de 6 bar, obtemos no eixo da força um valor de $F_a = 1050 \text{ N}$.

Consumo de Ar nos Cilindros Pneumáticos

Para projetar corretamente uma instalação pneumática, é preciso saber qual é o consumo de ar comprimido do equipamento, porque produzir ar comprimido tem um certo custo.

A maioria do consumo se deve principalmente aos cilindros e atuadores pneumáticos em geral.

Consumo de Ar nos Cilindros Pneumáticos

As grandezas e suas relativas unidades de medidas necessárias para o cálculo correto do consumo de ar são introduzidos abaixo:

- D: Diâmetro do pistão, em mm.
- d: diâmetro da haste, em mm.
- c: curso do pistão, em mm.
- n: número de ciclos por minuto; geralmente por ciclo entende-se uma fase de avanço e recuo;
- p_r : pressão relativa de regime, em MPa ($0,1 \text{ Mpa} = 1 \text{ bar}$)
- p_a : pressão absoluta de regime, em MPa ($p_a = p_r + 0,1$)
- p_{an} : pressão absoluta de regime da câmara negativa (lado haste);
- Q: litro/min de consumo de ar.

Consumo de Ar nos Cilindros Pneumáticos

Consumo de ar dos cilindros de simples efeito

$$Q = D^2 \times c \times p_a \times n / 127.000$$

Consumo de ar dos cilindros de duplo efeito

Quando o cilindro é de duplo efeito, deve-se adicionar ao consumo da câmara positiva o da câmara negativa, em que o volume total deve ser diminuído do volume ocupado pela haste.

O funcionamento pode acontecer de duas formas diferentes:

- Com duas câmaras e pressões diferentes;
- Com a mesma pressão em ambas as câmaras.

Consumo de Ar nos Cilindros Pneumáticos

Com duas câmaras e pressões diferentes

$$Q = c \times n \times (D^2 \times pa + (D^2 - d^2) \times pa) \times n / 127.000$$

Consumo de ar com as duas câmaras a pressão igual

$$Q = (2D^2 - d^2) \times c \times pa \times n / 127.000$$

Na equação anterior levamos em consideração o espaço de ambas as câmaras do cilindro que fica inutilizado.

Para considerar o espaço inutilizado, podemos fazer uso da seguinte equação simplificada.

$$Q = D^2 \times c \times pa \times n / 63.500$$

Essa fórmula simplificada é mais utilizada

Exemplo

Calcule o consumo de ar Q no curso de avanço e recuo (1 ciclo) de um cilindro de duplo efeito com os seguintes parâmetros:

- $D = 80 \text{ mm}$
- $d = 25 \text{ mm}$
- $c = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$
- p_a = pressão absoluta = 7 bar = 0,7 MPa (pressão relativa = 6 bar = 0,6 MPa)
- $n = 1$;

A pressão em ambas as câmaras é igual.

Exemplo

Resolução

- Uso da fórmula simplificada:

$$Q = D^2 \times c \times pa \times n / 63.500$$

$$Q = 80^2 \times 400 \times 0,7 \times 1 / 63.500 = 28 \text{ litros}$$

- Uso da fórmula completa

$$Q = (2D^2 - d^2) \times c \times pa \times n / 127.000$$

$$Q = (2 \times 80^2 - 25^2) \times 400 \times 0,7 \times 1 / 127.000 = 26,84 \text{ litros}$$

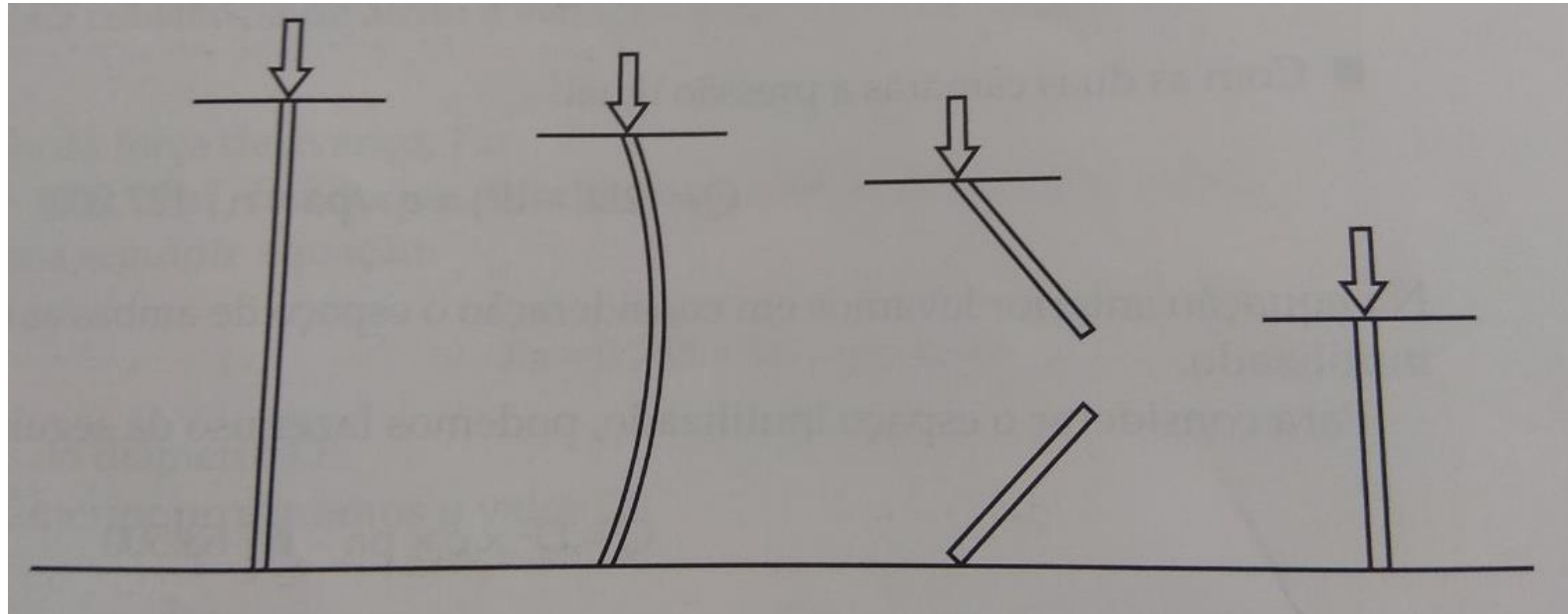
Exemplo

O cálculo com a fórmula simplificada registra um maior consumo, de $28 - 26,84 = 1,16$ litro. O maior valor se deve ao fato de que a fórmula simplificada leva em consideração o espaço de ambas as câmaras do cilindro que fica inutilizado.

Em geral, é sempre preferível utilizar a fórmula simplificada.

Dimensionamento da Haste

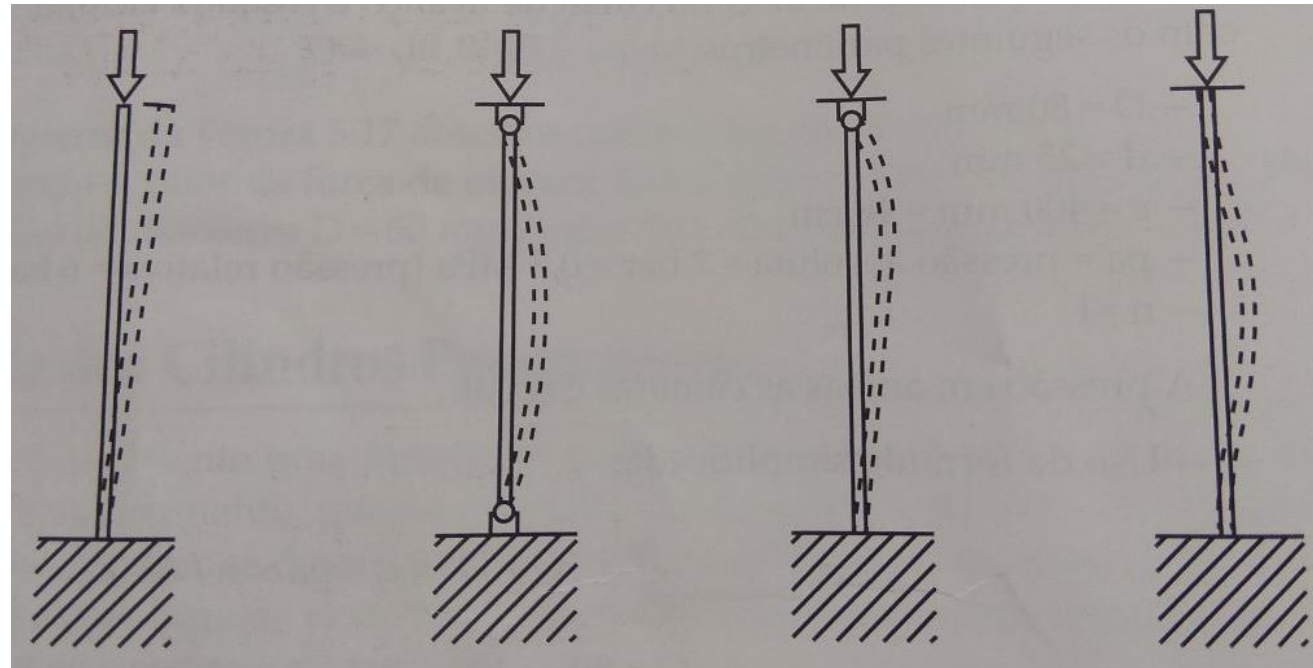
O diâmetro da haste depende da carga mecânica, que deve suportar o cilindro, o comprimento da haste e da carga que é atuada em particular na ponta da haste.



Temos assim um comprimento crítico de uma haste carregada na ponta. Chamamos então de comprimento crítico o máximo comprimento admissível antes que a haste flexione.

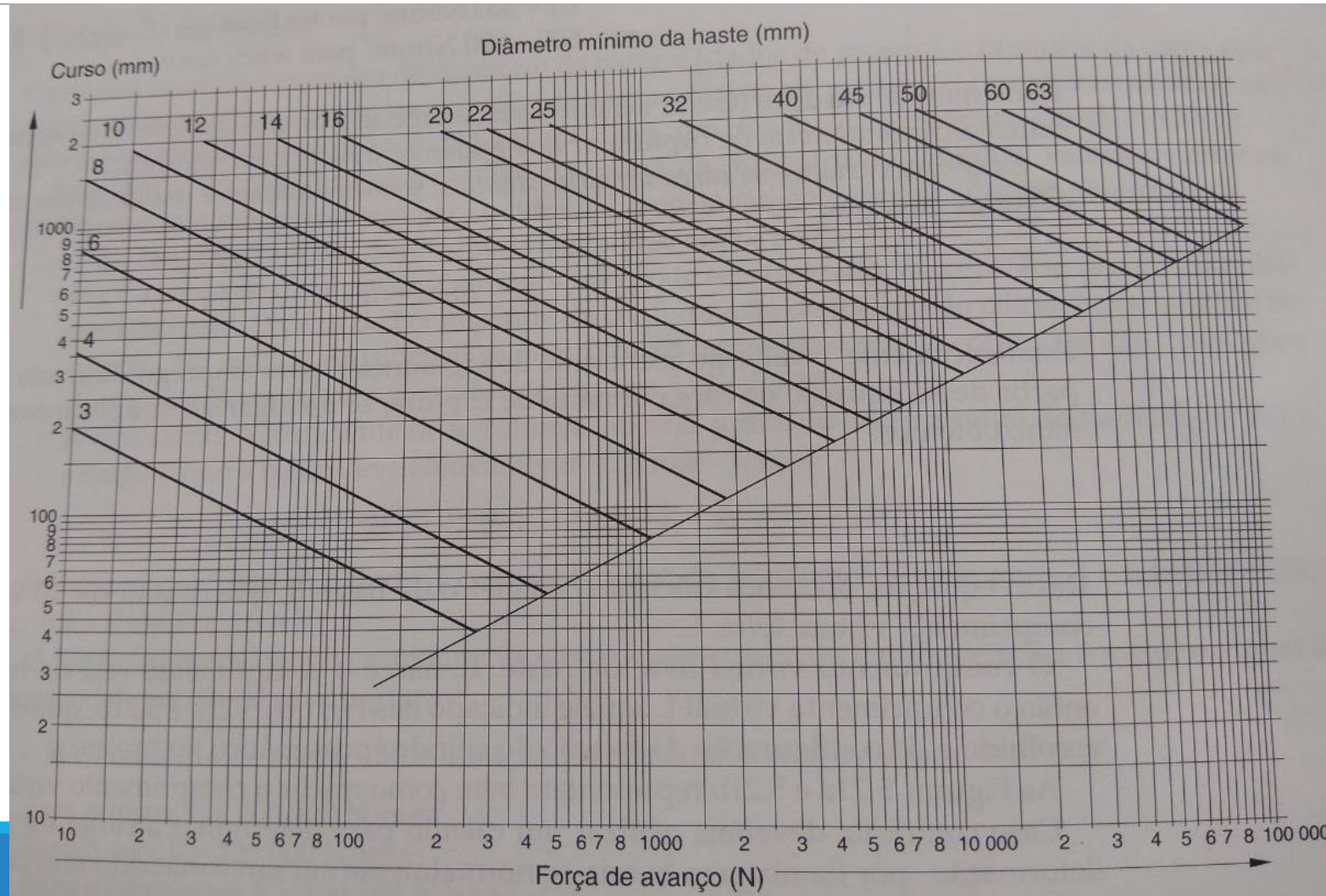
Dimensionamento da Haste

Esse comprimento crítico depende do vínculo mecânico entre a carga mecânica e a haste. Na figura temos diversos exemplos de vínculos.



O comprimento crítico dos cilindros pneumáticos varia então conforme a montagem.

Dimensionamento da Haste



Dimensionamento da Haste

Supondo uma carga aplicada de 800 N e um curso de 800 mm com um diâmetro do pistão de 50 mm, determinar o diâmetro mínimo da haste.

SOLUÇÃO

Partindo do eixo da força $F = 800 \text{ N}$, cruzamos o valor com o do curso = 800 mm. Notamos que o diagrama indica um valor de diâmetro superior a 16 mm; em consequência, devemos escolher um cilindro com diâmetro mínimo da haste de 20 mm.

Cálculo e Verificação da Haste

Nos casos mais complexos, em que não temos certeza do cálculo do projeto utilizando simples diagramas do tipo apresentado no gráfico anterior, para determinar o diâmetro mínimo do pistão é preciso conhecer o diâmetro mínimo da haste, bem como a configuração da fixação do cilindro pneumático no projeto.

Vemos que a haste de um cilindro é normalmente sujeita a uma carga de ponta. Além desse valor, temos a deformação por flambagem; estatisticamente isso acontece se o comprimento livre L da haste é 10 vezes maior do que o diâmetro da mesma haste.

Cálculo e Verificação da Haste

Solicitação por Compressão

Carga unitária de ruptura

$$\sigma_r = F_{max}/A$$

Ex:

$\sigma_r = 300 \text{ N/mm}^2$ para o ferro

$\sigma_r = 600 - 800 \text{ N/mm}^2$ para o aço-doce

Cálculo e Verificação da Haste

Solicitação por Compressão

Carga unitária admitida

$$\sigma_{am} = \sigma_r / K$$

Estatisticamente, o valor do coeficiente de segurança K para empregos normais fica entre 4 e 6. A partir dessa equação da carga unitária de ruptura, se no lugar de σ_r aplicarmos o novo valor de σ_{am} , obtemos:

$$\sigma_{am} = F_{max} / A$$

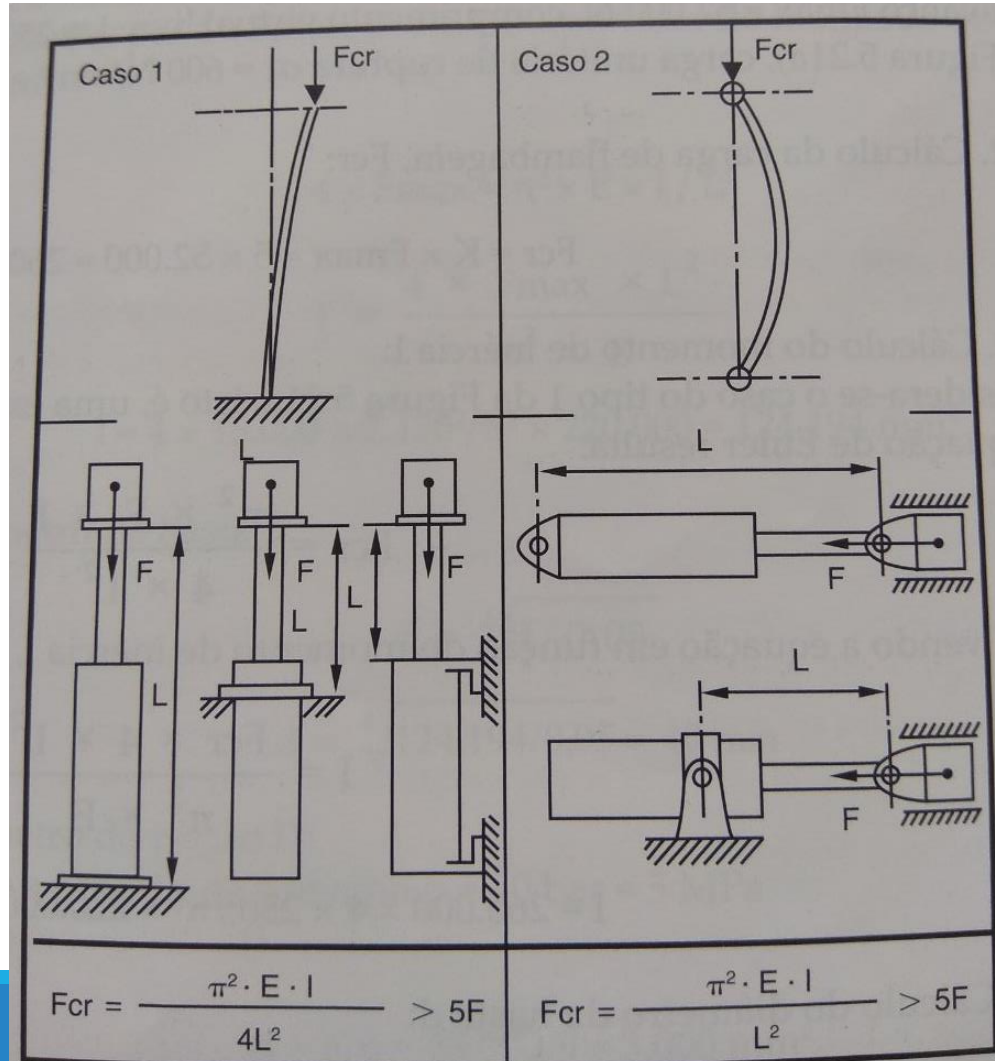
Dessa equação, podemos calcular o diâmetro da haste d, que deverá ser 10 vezes menor que o comprimento virtual livre, L.

Cálculo e Verificação da Haste

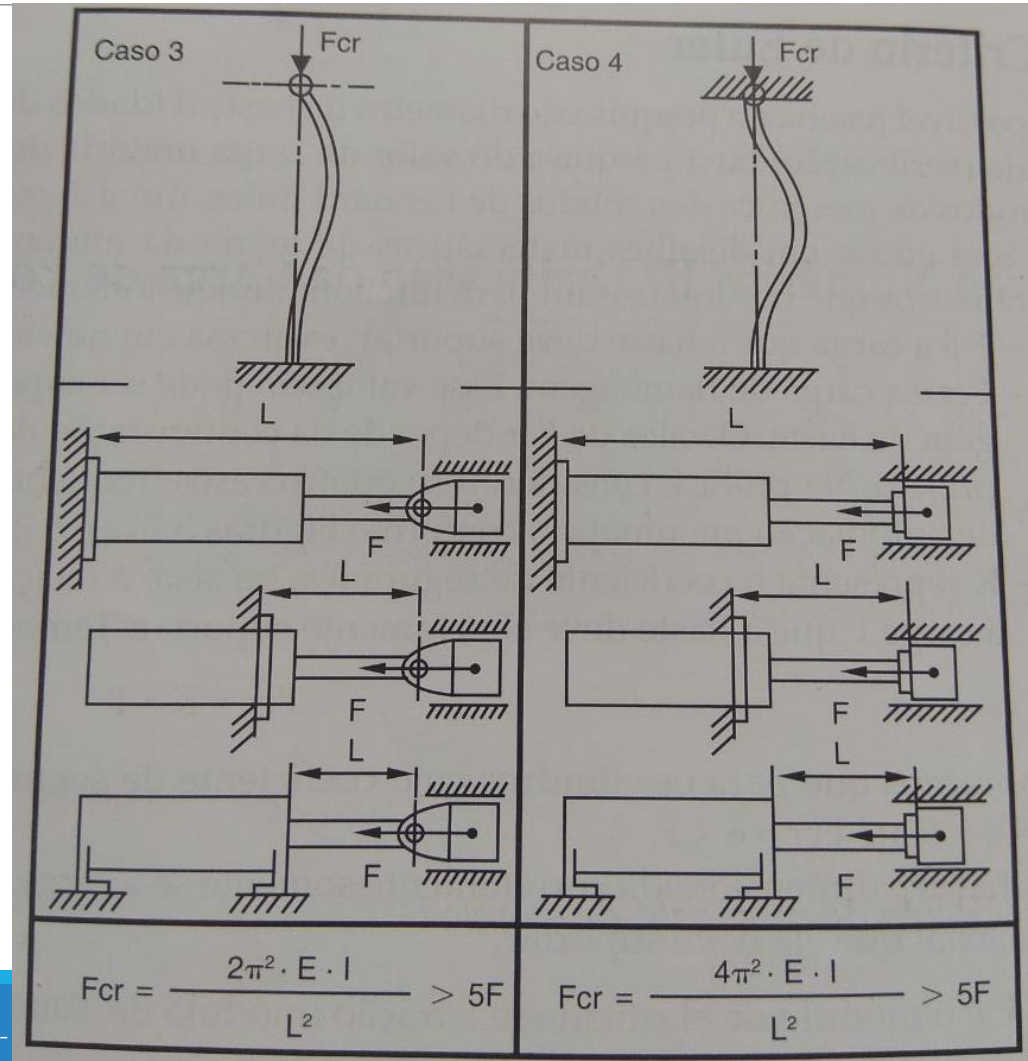
Critério de Euler

O comprimento virtual livre da haste, L , não é o comprimento real da haste. Considera-se então o comprimento virtual L aquele indicado nas figuras seguintes, que depende do vínculo escolhido e da configuração da fixação do cilindro pneumático no projeto.

Cálculo e Verificação da Haste



TICA -



Cálculo e Verificação da Haste

Critério de Euler

A carga da ponta que tende a flexionar a haste é chamada de **carga crítica**, ou **carga de flambagem** F_{cr} , e ocorre quando o comprimento livre L da haste é 10 vezes maior do que o diâmetro d da haste.

Quanto mais elevado é o comprimento da haste, tanto mais baixa é a carga de flambagem, F_{cr} , portanto, menor é a força de avanço que a haste pode exercer.

Assim podemos deduzir que é preciso aumentar o diâmetro da haste d para se ter uma carga de flambagem F_{cr} tal de modo a poder exercer a força de avanço requisitada.

Cálculo e Verificação da Haste

Critério de Euler



$$F_{cr} = K \times F$$

- F é a carga que a haste deve suportar, expressa em newton.
- F_{cr} é a carga de flambagem. Esse valor não pode ser superado, do contrário ocorre a flambagem da haste. O valor de F_{cr} depende da configuração da fixação do cilindro pneumático no projeto. Na prática, considerou-se quatro casos frequentemente encontrados nas instalações de automação pneumática.
- K representa o coeficiente de segurança, ou seja, a relação entre a carga de flambagem F_{cr} e a carga F que a haste deve efetivamente suportar.

Exemplo

Verificação da Carga de Ponta

Um cilindro pneumático em aço (módulo de elasticidade $E = 220.000 \text{ N/mm}^2$), com força máxima de avanço $F_{\max} = 52.000 \text{ N}$, comprimento virtual livre $L = 250 \text{ mm}$. Com extremidade livre (Caso 1), carga unitária de ruptura $\sigma_r = 600 \text{ N/mm}^2$ e coeficiente de segurança $K = 5$.

Verifique a carga de flambagem e calcule o diâmetro da haste.

Exemplo

Verificação da Carga de Ponta – Resolução

1 – Cálculo da carga de flambagem, F_{cr} :

$$F_{cr} = K \times F_{max} = 5 \times 52.000 = 260.000 \text{ N}$$

2 – Cálculo do momento de inércia I :

Considerando o caso do tipo 1, isto é, extremidade livre e a outra fixa. A equação de Euler resulta:

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{4 \times L^2}$$

Resolvendo a equação em função do momento de inércia:

Exemplo

Verificação da Carga de Ponta – Resolução

$$I = 260.000 \times 4 \times 250^2 / \pi^2 \times 220.000 = 29.966 \text{ mm}^4$$

3 – Cálculo do diâmetro da haste

$$d = \sqrt[4]{\frac{I}{0,05}} = \sqrt[4]{\frac{29.966}{0,05}} = 27,8 \text{ mm}$$

Atuadores Rotativos

MOTORES PNEUMÁTICOS



Atuadores Rotativos

Como já foi dito, convertem a energia pneumática em trabalho mecânico através de momento torsor contínuo.



Atuadores Rotativos

Atuadores rotativos, também chamados de motores pneumáticos, podem realizar um número infinito de voltas.

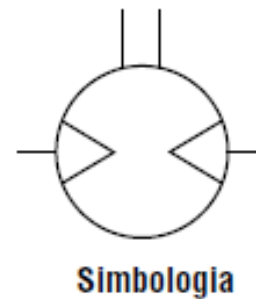
Os motores pneumáticos são similares aos compressores quanto à sua construção.



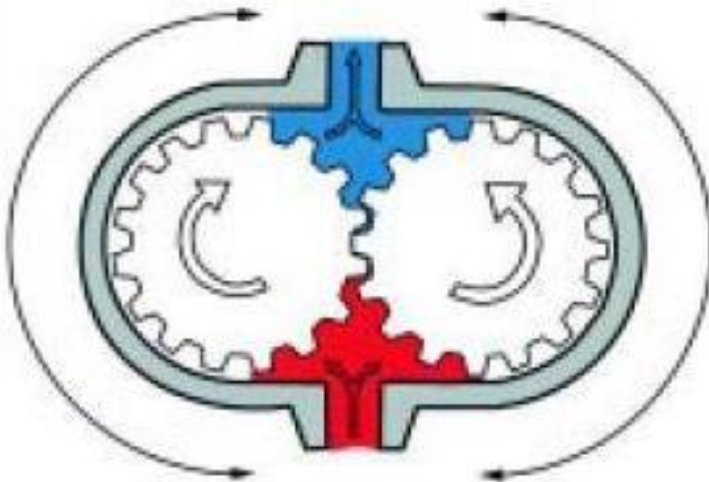
Atuadores Rotativos

Existem motores pneumáticos de engrenagens, de palhetas, de pistões radiais e de pistões axiais.

Entretanto, todos eles possuem a mesma simbologia:

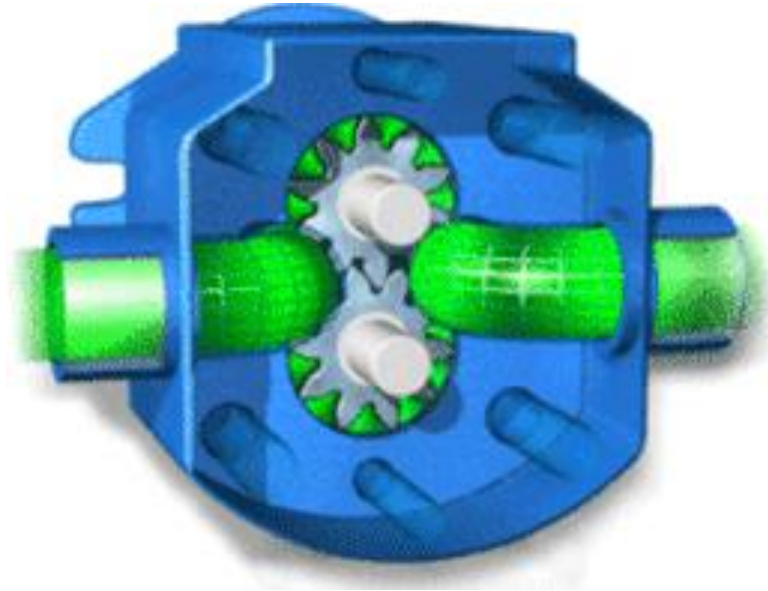


Atuadores Rotativos



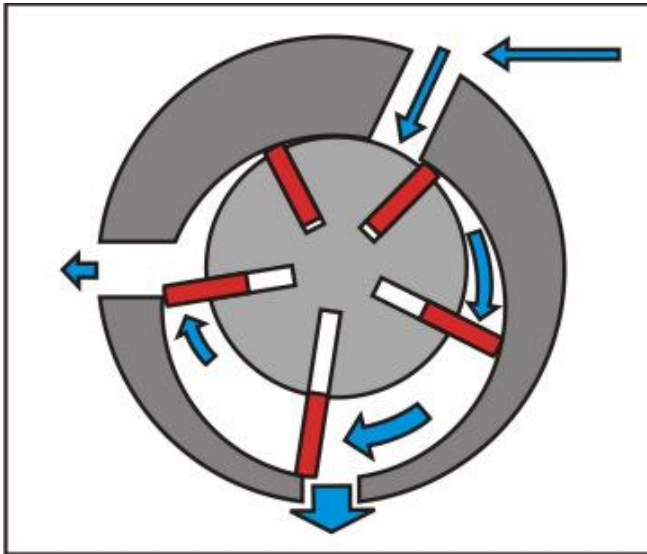
Atuadores pneumáticos de engrenagens

Atuadores Rotativos



Atuadores pneumáticos de engrenagens

Atuadores Rotativos



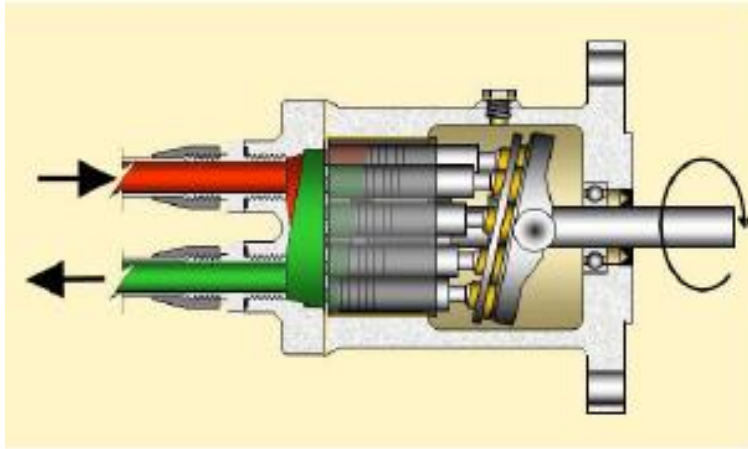
Atuadores pneumáticos de palhetas

Atuadores Rotativos



Atuadores pneumáticos de palhetas

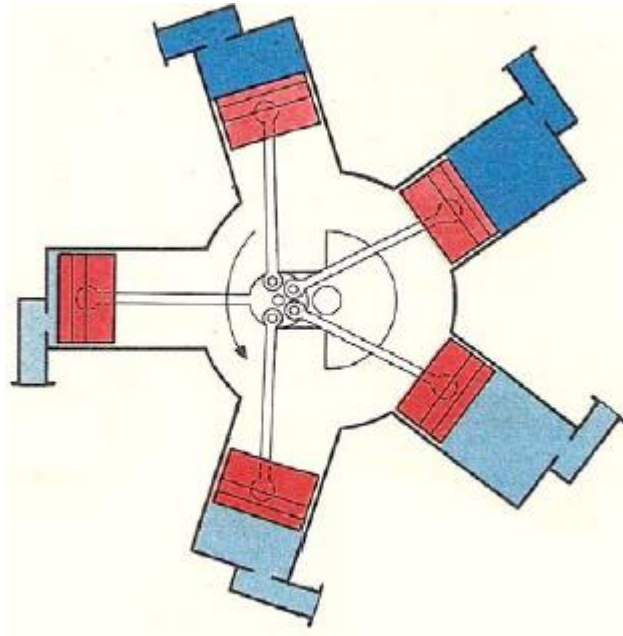
Atuadores Rotativos



Atuadores pneumáticos de pistões axiais

http://www.mekanizmalar.com/fixed_displacement_piston_pump.html

Atuadores Rotativos



Atuadores pneumáticos de pistões radiais

Atuadores Rotativos

Em relação aos motores elétricos, os motores pneumáticos apresentam uma série de vantagens:

- As dimensões e o peso de um motor pneumático são inferiores às de um motor elétrico de mesma capacidade;
- Eles são reversíveis;
- Um motor pneumático pode partir e parar continuamente sem que se danifique.

Atuadores Rotativos

Por ser de construção simples, os motores pneumáticos permitem facilidade de manutenção.

Os motores pneumáticos têm um funcionamento muito seguro, graças à sua construção com pouca quantidade de partes móveis.

Atuadores Oscilantes

Atuadores Oscilantes

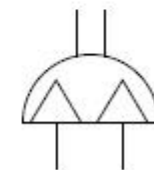
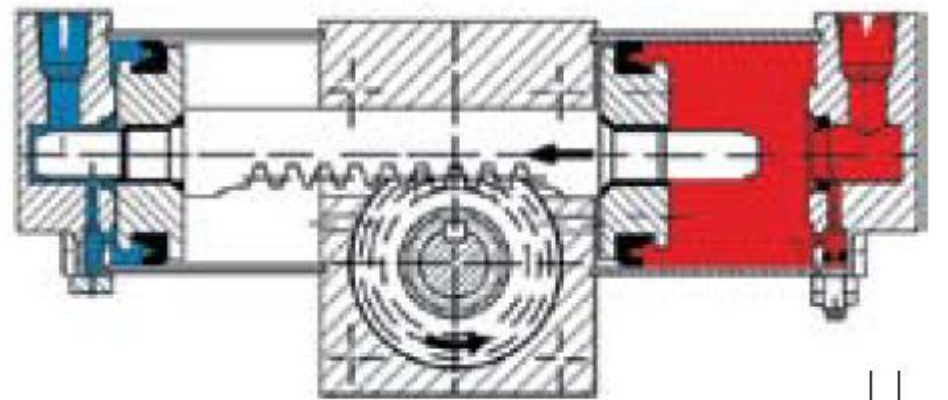
O oscilador pneumático é um atuador rotativo com campo de giro limitado.

Eles giram em um sentido até alcançar o fim de curso e depois precisam retornar girando no sentido oposto.

Dependendo de sua construção, podem ser limitados a apenas uma volta ou a algumas voltas.

Atuadores Oscilantes

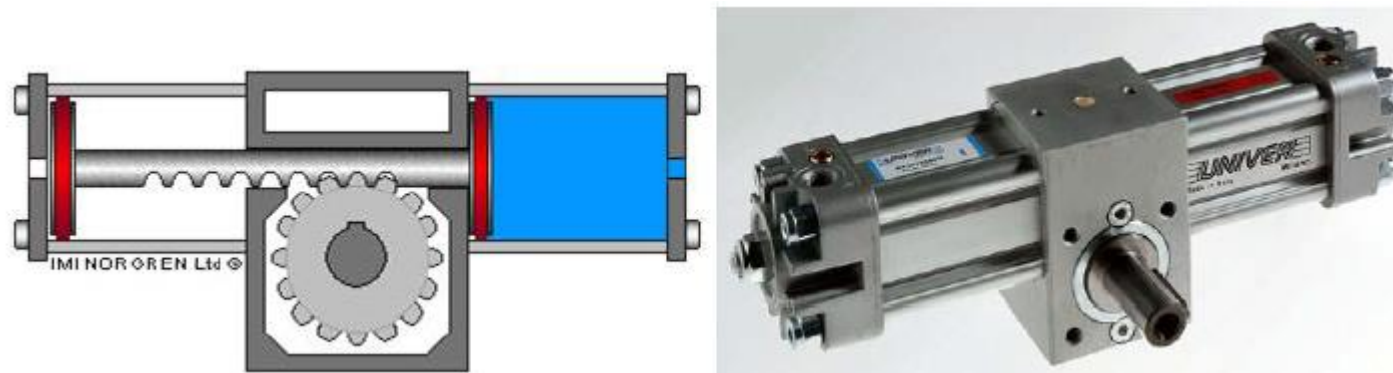
O tipo pinhão e cremalheira possui uma haste dentada, ligada à haste do atuador, que aciona uma engrenagem, transformando o movimento linear em movimento rotativo.



Simbologia

Atuadores Oscilantes

O tipo pinhão e cremalheira possui uma haste dentada, ligada à haste do atuador, que aciona uma engrenagem, transformando o movimento linear em movimento rotativo.



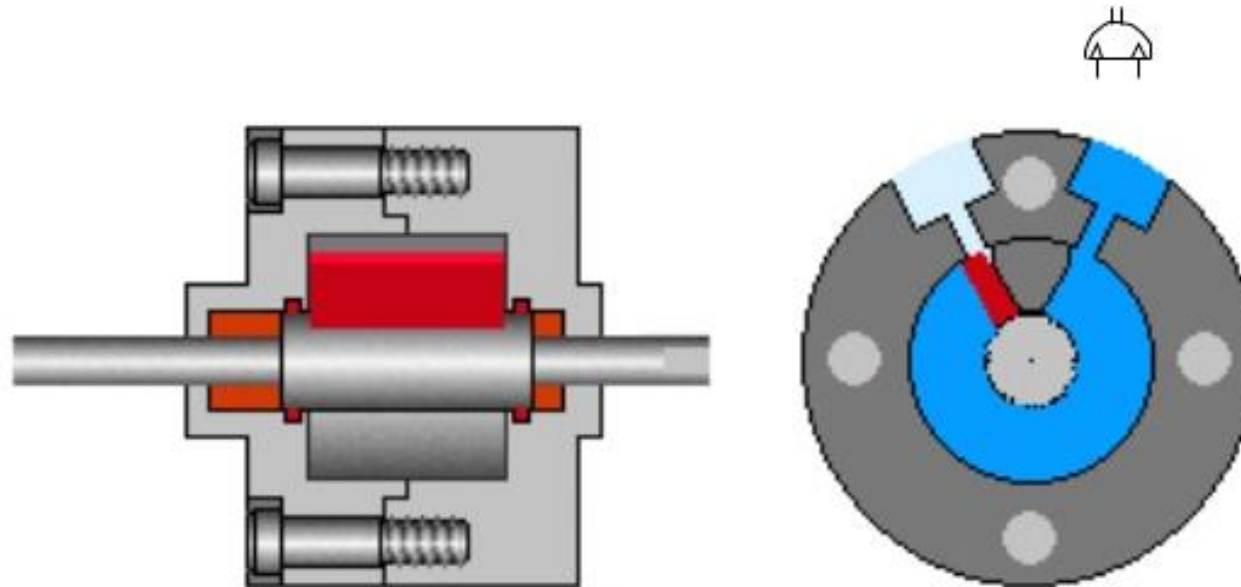
Atuadores Oscilantes

Esse tipo especial de atuador rotativo fornece um torque uniforme em ambas as direções e através de todo o campo de rotação.

Unidades de cremalheira e pinhão podem ser encontradas em rotações de 90, 180, 360 graus ou mais.

Atuadores Oscilantes

Existe também o atuador oscilante de palhetas.



Atuadores Oscilantes

Esses atuadores têm modelos com rotações de 95, 100, 275 e 280 graus, comumente.

