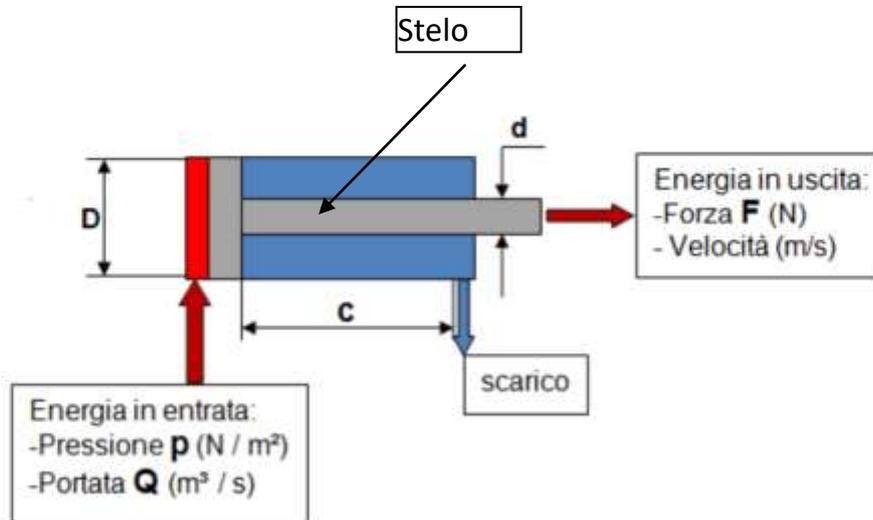


CILINDRI PNEUMATICI

Le caratteristiche principali di un cilindro sono:

- ✓ Diametro del pistone **D** in mm.
- ✓ Corsa del cilindro **c** in mm.
- ✓ Diametro asta **d** in mm.



L'energia in entrata è data dalla pressione **p** e dalla portata **Q**.

La forza meccanica in uscita **F (N)** è data dalla pressione **p** agente su di un pistone con un'area/sezione **A** secondo la formula $F = p \left(\frac{N}{m^2} \right) \cdot A (m^2) = N$

Si possono ottenere forze da pochi **Newton** fino a oltre **3.000 kN**.

La velocità di spostamento del pistone /asta è data dalla formula $v = \frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{A (m^2)} = m/s$

La velocità di rientro $v_1 = \frac{Q}{A - A_s} = m/s$. Dove **A_s** indica l'area dell'asta.

Riassumendo la forza **F** è in funzione della pressione **p**,
la velocità **v** è in funzione della portata **Q**.

Per avere movimenti uniformi e controllabili è richiesta una forza superiore del 25%-50% rispetto a quella teorica. Questa maggiorazione è dovuta principalmente all'attrito interno ed esterno e per contrastare la forza sviluppata dalla camera di scarico. È buona norma sovradimensionare del 25% i cilindri operanti ad alte velocità e del 50% i cilindri operanti a basse velocità.

Per **velocità** del pistone s'intende il tempo che esso impiega per fare tutta la sua corsa ed è direttamente proporzionale alla portata. A causa delle differenze di sezione tra l'andata e il ritorno, a parità di portata, si avrà una velocità maggiore in fase di rientro.

Per evitare la collisione del pistone contro le testate del cilindro idraulico, sono installati degli ammortizzatori che frenano drasticamente la fuoruscita dell'olio e di conseguenza, si riduce la velocità finale del pistone.

Generalmente la velocità è compresa da 0,5 a 1 m/s. Un'eccessiva alta o bassa velocità porta ad una rapida usura delle guarnizioni causando perdite di olio.

Quando la velocità del cilindro è troppo bassa, avviene il fenomeno di stick-slip, che comporta un movimento intermittente del cilindro.

La velocità ammessa varia in funzione del diametro interno (alesaggio) del cilindro e i valori indicativi sono riportati nella tabella sotto.

Fare sempre riferimento ai dati tecnici dei costruttori.

Alesaggio (mm.)	Ø 25/32/40/50	Ø 63/80	Ø 100/125	Ø 160/200
Velocità max. (m/s.)	1	0,8	0,6	0,5

ESEMPIO CALCOLO

Si deve generare una spinta pari a 1000 N con aria compressa a 6 BAR.

Area necessaria: $A = F / p = 1000 / 600000 = 0,00166666 \text{ m}^2$

In prima approssimazione, trascurando la sezione dello stelo, il diametro sarà:

$$D = (4 * A / 3.14)^{0,5} = (4 * 0,001666 / 3.14)^{0,5} = 0,046 \text{ m} \rightarrow 4,6 \text{ cm}$$

Per tenere conto dell'area dello stelo bisogna scegliere il diametro "d" dello stelo che è proporzionale al diametro D del cilindro (più alta è la spinta esercitata e più grande sarà il diametro dello stelo in modo che non si fletta → verifica a carico di punta).

Maggiorando all'inizio del calcolo la forza di spinta si può trascurare l'area dello stelo.

$$F = 1000 \text{ N} + 50\% = 1500 \text{ N} \rightarrow A = 0,0025 \text{ m}^2 \rightarrow D = 0,0564 \text{ m} \rightarrow 5,64 \text{ cm}$$

Ovviamente si sceglierà il cilindro a catalogo con diametro più vicino maggiore a quello calcolato.

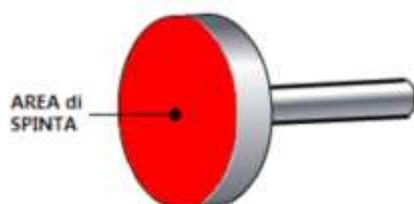
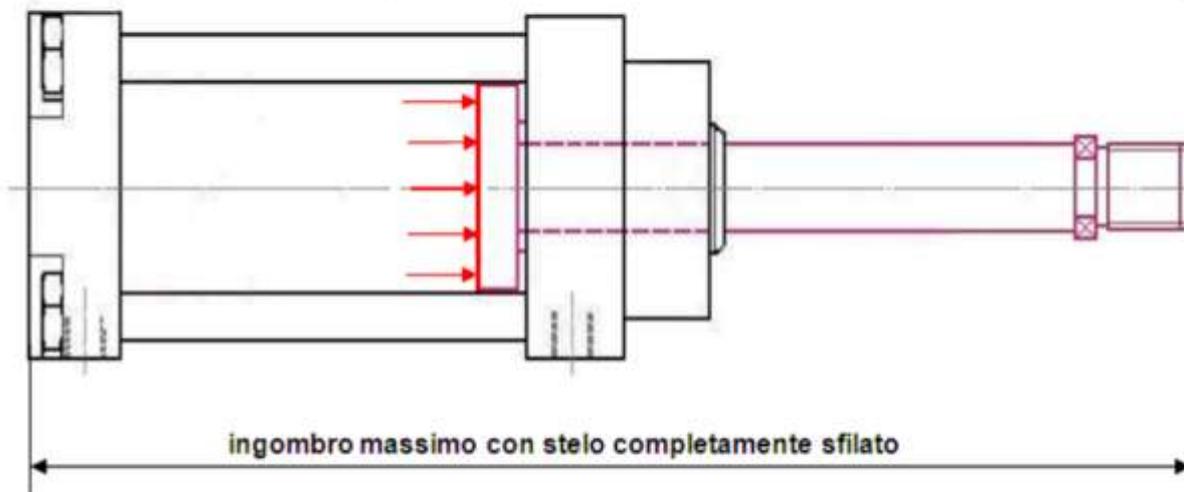
TO DO: Con diametro stelo d=8 mm quanti vale D senza trascurare area stelo?

Se voglio una velocità del pistone di 1 m/s allora la portata di aria varrà:

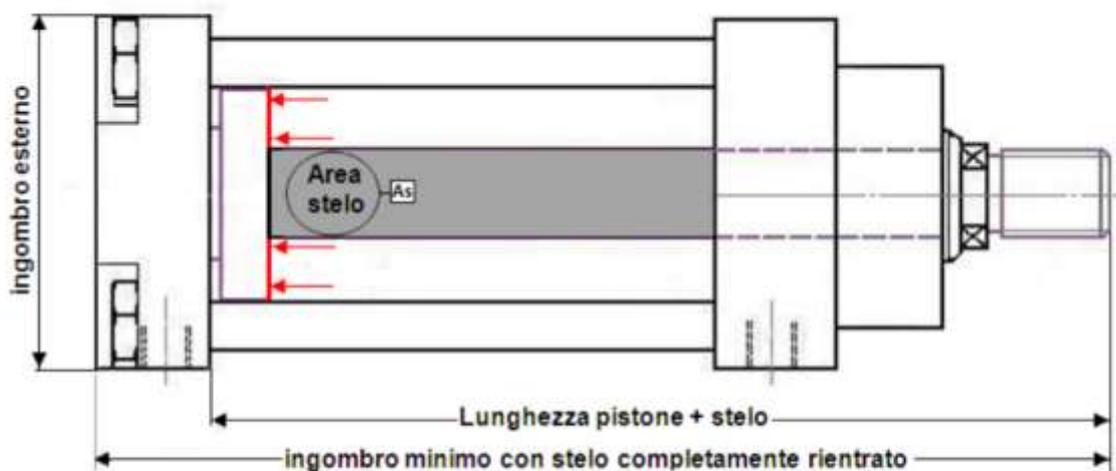
$$Q = v * A = 1 * 0,0025 = 0,0025 \text{ m}^3/\text{s}$$

Definizioni degli ingombri del cilindro a doppio effetto

→ = A_p (area di spinta / sezione piena del pistone)



← = A_r (area di ritorno // sezione anulare del pistone)



AMMORTIZZAMENTO

L'ammortizzazione è consigliata quando la velocità del pistone è superiore a 0,5 m/s perché aumenta la durata del cilindro proteggendolo da urti sulle testate. I cataloghi dei costruttori più qualificati riportano le istruzioni per il calcolo dell'assorbimento dell'energia cinetica sviluppata dalla massa in movimento. Una scelta errata dell'ammortizzatore può portare a premature rotture a fatica del cilindro.

Un corpo di massa m (kg) che si muove a una velocità v (m/s) immagazzina un'energia cinetica (di movimento) $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ (Joule), ed esso restituisce l'energia accumulata quando è arrestato. L'azione di frenatura, che avviene attraverso il passaggio strozzato, ha lo scopo di dissipare questa energia cinetica con un lavoro negativo (L_f) che in un circuito idraulico è pari al lavoro della forza che agisce sulla superficie del pistone per la sua corsa (spostamento).

Possiamo scrivere. $L_f = F \cdot c$ (**corsa**) Joule o Nm

Sostituendo $F = p \cdot A$ diventa $L_f = p \cdot A \cdot c$.

Pertanto E_c è uguale a L_f e possiamo scrivere:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = p \cdot A \cdot c$$

da cui si ricava la pressione di frenatura che sarà:

$$p = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot A \cdot c}$$

Esempio:

Massa del carico = 700 kg

Velocità del cilindro = 0,8 m/s

Area di frenatura = 7 cm² (d=30mm)

Corsa di frenatura = 40 mm (0,04 m)

Utilizzando la formula sopra si ricava la pressione di frenatura a cui è sottoposto il cilindro.

$$p_{frenatura} = \frac{700 \text{ (kg)} \cdot \left[0,8^2 \frac{[\text{m}^2(\text{m} \cdot \text{m})]}{\text{s}^2} \right]}{2 \cdot 0,0007 \text{ (m}^2) \cdot 0,04 \text{ (m)}} = \frac{448 \text{ N (kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{0,000056 \text{ (m}^2)} = 8.000.000 \text{ pascal}$$

Per calcolare la pressione frenatura in **bar** devo dividere per 100.000.

$$\text{Quindi } p_{frenatura} = \frac{8.000.000}{100.000} = \mathbf{80 \text{ bar}}$$

Verifichiamo le unità di misura S.I impiegate, tralasciamo $\frac{1}{2}$, perché non fa parte delle unità di misura.

$$p = \frac{m \text{ (kg)} \cdot v^2 \left[\frac{\text{m}^2 = (\text{m} \cdot \text{m})}{\text{s}^2} \right]}{A \text{ (m}^2) \cdot c \text{ (m)}} = \frac{\text{N} \left(\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{m}} = \text{N/m}^2 \text{ (pascal)}$$

Il cilindro ha un alesaggio di 63 mm, per cui la pressione di lavoro per spostare 700 kg è:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{700 \text{ daN}}{31 \text{ cm}^2} = \mathbf{22,5 \text{ bar}}$$

La pressione di frenatura $p_{frenatura} = \mathbf{80 \text{ bar}}$ è superiore di 3,5 volte quella di esercizio, pertanto bisogna verificare sempre che questo valore non superi le caratteristiche di funzionamento del cilindro.

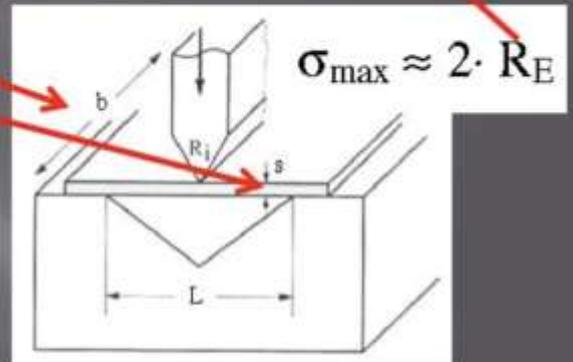
CALCOLO FORZA DI PIEGATURA

R_E il carico unitario al limite elastico

la sezione resistente rettangolare di base b (lato parallelo all'asse neutro) e altezza s il modulo di resistenza a flessione è:

$$W_f = \frac{b \cdot s^2}{6}$$

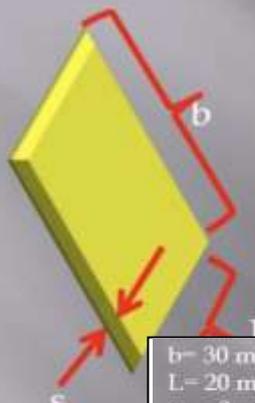
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{f \max}}{W_f} = \frac{F \cdot L}{4} = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot s^2}$$



Da cui ricavando F si ha:

$$F = \sigma_{\max} \cdot \frac{2 \cdot b \cdot s^2}{3 \cdot L}$$

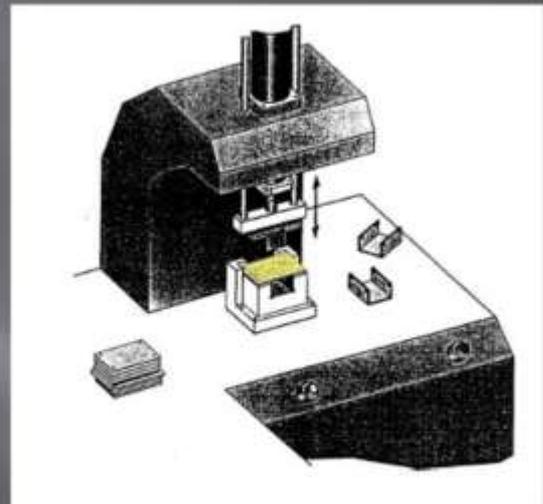
ESEMPIO: macchina piegatrice



$$W_f = 45 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_f = \frac{b \cdot s^2}{6} = \frac{30 \times 9}{6} \text{ [mm}^3\text{]} = 45 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$b = 30 \text{ mm}$
 $L = 20 \text{ mm}$
 $s = 3 \text{ mm}$



Assumiamo una $\sigma_r \approx 350 \text{ MPa}$

$$F = \sigma_{\max} \cdot \frac{2 \cdot b \cdot s^2}{3 \cdot L} = \frac{(350 \times 2 \times 30 \times 9)}{3 \times 20} \text{ [N]} = 3150 \text{ [N]}$$