

## Introduzione

Gli attuatori sono gli organi di movimentazione di un sistema meccanico: la loro funzione è quella di determinare lo spostamento di altri componenti, superandone la resistenza che si oppone al moto.

Quindi, gli attuatori sono organi che compiono un lavoro meccanico, realizzando la traslazione o la rotazione di un apposito organo. Questo lavoro può essere compiuto a spese di energia chimica (motori a combustione interna), energia elettrica (motori elettrici), energia termica (espansione o deformazione) e di fluido in pressione negli attuatori a fluido.

Questi ultimi possono essere divisi in *pneumatici* in cui il fluido è aria compressa o *oleodinamici* in cui il fluido è acqua, olio o altro fluido idraulico incompressibile.

Le funzioni compiute dagli attuatori sono molte. Vi sono attuatori che compiono spostamenti, o rotazioni, di ampiezza limitata e che sono adatti a compiere moti alternativi: questi attuatori sono costituiti dai vari tipi di **cilindri**. Vi sono poi organi in grado di compiere rotazioni continue e si hanno così dei veri e propri **motori rotativi**.

Vi sono, infine, altri attuatori per usi più particolari: attuatori basati su organi deformabili (membrane a soffietti), attuatori oleopneumatici...

La tecnica dunque, offre al progettista un'ampia gamma di soluzioni nel momento della scelta dell'attuatore per la propria applicazione anche se si riduce alla categoria degli attuatori a fluido.

In tale ambito, il mercato della pneumatica tuttavia è molto più ampio rispetto a quello della oleodinamica. Dall'indagine svolta si è potuto constatare che la produzione di cilindri oleodinamici è spesso effettuata su misura per il cliente. Il mondo dell'attuazione pneumatica, invece, è vasto ed offre spazi per un'analisi più complessa.

Oltre alla grande offerta di mercato, nella scelta della tipologia di un cilindro pneumatico, è l'unificazione a venire incontro al progettista. Le normative ISO ormai hanno reso più semplice e affidabile la scelta del

componente per l'applicazione industriale e soprattutto hanno (fissando standard di qualità e caratteristiche) livellato i prezzi così spostando la scelta del componente, da un livello puramente economico a uno tecnico-economico.

In questo contesto, quindi, conviene seguire una duplice strategia nella scelta di un componente per la propria applicazione industriale:

1. nel caso sia abbia la possibilità di utilizzare più di una configurazione di cilindro, è utile introdurre parametri e indici tecnico-economici che permettano il confronto tra soluzioni apparentemente equivalenti;
2. individuare le minime differenze intercorrenti tra l'offerta di uno o l'altro produttore e, soprattutto, verificare il mercato dei fornitori alla ricerca di sconti di quantità migliori.

La valutazione tecnico economica che si intende realizzare nella presente tesi, parte da un'illustrazione delle caratteristiche salienti dei cilindri, per poi introdurre la ricerca commerciale che ha avuto lo scopo di identificare la gamma messa a disposizione sul mercato da ciascun produttore.

Da questa ricerca è stato possibile individuare i prodotti maggiormente richiesti e effettuare su di essi una più approfondita indagine tecnico-economica.

L'individuazione delle caratteristiche fondamentali che ne determinano la prestazione (alesaggio, diametro stelo, corsa, forze sviluppabili) ha permesso di confrontare l'offerta dei diversi produttori. Il reperimento dei listini ha permesso di confrontare i prezzi indicati dai costruttori senza considerare gli sconti praticati dai fornitori.

Dall'unione di queste due fasi sono stati elaborati alcuni indici che correlano la variazione di prezzo a quella dei parametri di prestazione, consentendo un confronto corretto e completo tra diversi componenti, ai fini della specifica applicazione.

# Capitolo 1

## Attuatori lineari: i cilindri

### 1.1 Cilindri pneumatici

I cilindri sono gli organo attuatori più diffusi: essi rappresentano il mezzo base per spingere, sollevare pesi, bloccare particolari in lavorazione, alimentare apparecchiature, rimuovere pezzi, azionare leve, ecc.

I cilindri trasformano l'energia dell'aria compressa in lavoro meccanico, producendo forze che sono proporzionali alla pressione di alimentazione adoperata; si possono quindi ottenere prestazioni diverse con uno stesso cilindro. I cilindri sono motori di tipo lineare in quanto producono uno spostamento lungo l'asse del cilindro stesso.

#### 1.1.1 Caratteristiche costruttive

Come si vede dalla fig. 1.1 che rappresenta schematicamente un cilindro pneumatico, questo si compone essenzialmente di 5 parti.

### **Corpo**

Costituito da un tubo (generalmente acciaio o ottone) lappato internamente allo scopo di diminuire al massimo le resistenze di attrito e l'usura delle guarnizioni.

### **Pistone**

Costituito da un disco metallico che porta sulla circonferenza una guarnizione in gomma o altro materiale sagomato in modo tale da poter esercitare la tenuta contro le pareti del corpo del cilindro.

### **Stelo**

Costituito da un'asta di acciaio che può essere cromato o inossidabile a sezione circolare, rigidamente collegata al pistone e sporgente dal cilindro allo scopo di rendere possibile il collegamento del cilindro stesso all'utilizzatore. Essendo necessaria una guarnizione di tenuta fra la camera anteriore e l'esterno, anche lo stelo dovrà essere lappato.

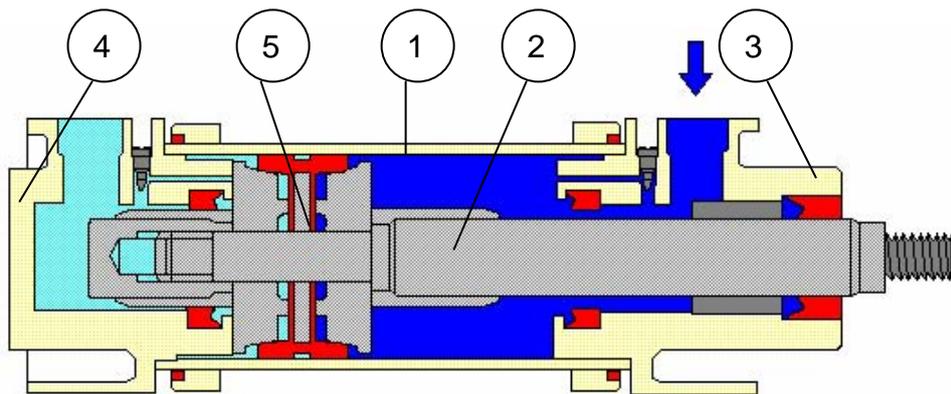


Figura 1.1 – 1)Corpo; 2)Stelo; 3)Testata anteriore; 4)Testata posteriore; 5)Pistone.

### **Testata posteriore**

Costituita da un disco metallico in alluminio, ghisa o acciaio (anche materia plastica opportunamente sagomata e lavorata, rigidamente collegata al corpo del cilindro.

### **Testata anteriore**

Analoga a quella posteriore, ma con un foro centrale in cui viene inserita una bronzina entro la quale corre lo stelo.

Oltre che da questi elementi principali, un cilindro pneumatico si compone di altre parti indispensabili al suo assemblaggio ad alla tenuta (es.guarnizioni)

## **1.1.2 Caratteristiche fisiche**

Si riferiscono alle dimensioni di lavoro del cilindro.

### **Pressione di alimentazione**

$$p \text{ [ kg /cm}^2, \text{ bar ]}$$

Come pressione di alimentazione si intende la pressione relativa, cioè quella che si ottiene assumendo per la pressione atmosferica il valore zero. Come pressione di alimentazione  $p$  si intende quindi quella letta sul manometro . Ogni qual volta invece sia necessario tener conto della pressione assoluta (ottenuta facendo riferimento al vuoto), si usa il simbolo  $p_a$  . Risulta chiaramente:

$$p_a = p + p_0$$

avendo indicato con  $p_0 = 1 \text{ atm} = 1,033 \text{ kg/cm}^2$  la pressione atmosferica.

### **Diametro interno o alesaggio D**

E' il diametro interno del tubo costituente il corpo. Dal valore di  $D$  e di  $p$  dipende la spinta massima  $F$  esercitabile dal cilindro . A meno degli attriti risulta (esprimendo  $D$  in [cm])

$$F = \frac{\pi D^2}{4} p$$

### **Corsa totale S (Stroke)**

E' la distanza fra il punto morto superiore e il punto morto inferiore.

### **Lavoro ottenibile L**

Dipende da  $p, D, S$  ed, a meno degli attriti, è dato da, esprimendo  $S$  in [m]

$$L = FS = \frac{\pi D^2}{4} p S$$

## **1.1.3 Caratteristiche d'impiego**

L'applicazione dei cilindri pneumatici ai processi industriali (lavorazioni con o senza asportazione di truciolo, montaggio, trasporto, bloccaggio, ecc...) trova un limite sia per quanto riguarda la spinta massima ottenibile, sia per quanto riguarda l'uniformità della velocità di spostamento. Esaminiamo separatamente queste due caratteristiche

### **Spinta massima**

E' limitata sia dalla massima pressione fornibile dal compressore sia dal diametro massimo del cilindro. Nel caso delle normali esigenze industriali, considerazioni di ordine economico-costruttivo fissano in 12-15 kg/cm<sup>2</sup> il valore massimo della pressione in uscita dal compressore.

Poiché inoltre per ragioni di ingombro, non si costruiscono cilindri con diametro superiore a 250 – 270 mm, si può stabilire un limite ben determinato per l'utilizzazione dei cilindri pneumatici dal punto di vista della spinta fornibile.

### **Velocità**

Un altro limite d'impiego dei cilindri pneumatici è rappresentato dalla possibilità di ottenere movimenti a velocità uniforme. La comprimibilità

dell'aria rende i cilindri pneumatici particolarmente inadatti per quelle applicazioni per le quali sia necessario ottenere movimenti uniformi anche con carichi variabili. Infatti il cilindro pneumatico tende a rallentare con l'aumento del carico e ad accelerare con la sua diminuzione. Non si potranno quindi, in particolare, usare cilindri pneumatici per lavorazioni che comportino asportazione di truciolo di metalli o in genere di materiali molto duri.

### **Tipi di fissaggio**

I cilindri pneumatici vengono in genere costruiti in modo che vi si possono applicare gli elementi di ancoraggio che più si adattano alla funzione che il cilindro stesso deve svolgere.

Per quanto riguarda il collegamento dello stelo all'utilizzatore distinguiamo i seguenti tipi:

#### *Forcella*

L'utilizzatore viene collegato allo stelo del cilindro tramite un giunto a forcella che viene avvitato sulla parte terminale dello stelo (fig. 1.2).

Questo tipo di fissaggio permette ampi disassamenti fra la direzione del moto del cilindro e quella dell'utilizzatore. Tali disassamenti devono essere contenuti tutti nello stesso piano

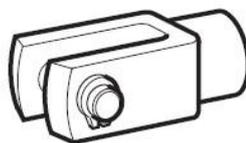


Figura 1.2 – Forcella (PARKER)

### *Filetto*

Lo stelo del cilindro viene direttamente avvitato nell'utilizzatore tramite la parte filettata (fig. 1.3).



Figura 1.3 – Cilindro con stelo filettato (FESTO)

E' il tipo di fissaggio più comune ed è comunque sempre praticato sullo stelo perché serve anche come supporto dei successivi tipi di fissaggi.

### *Giunto sferico*

Come il precedente giunto a forcina, viene avvitato sulla parte terminale dello stelo, ma permette dei disassamenti in un qualunque piano dello spazio. Tali disassamenti devono essere generalmente contenuti in 4-5 °.

Per quanto riguarda l'ancoraggio del corpo del cilindro distinguiamo i seguenti tipi fondamentali:

### *Vite anteriore*

Una filettatura praticata sulla testata anteriore del cilindro ne permette l'avvitamento diretto. E' consigliabile l'uso di un bloccaggio allo scopo di evitare sviamenti causati da vibrazioni o torsioni. Un collegamento analogo può essere ottenuto praticando la filettatura sulla testata posteriore.

### *Piedini*

E' forse il tipo di fissaggio più in uso essendo di applicazione semplice e rapida.



Figura 1.4 – Piedino (PARKER)

E' indispensabile una buona esecuzione del piano di appoggio che deve essere il più possibile parallelo all'asse dello stelo.

### *Flangia posteriore*

Il fissaggio viene eseguito su un piano perpendicolare allo stelo ed è particolarmente adatto nei casi in cui il cilindro deve essere montato verticalmente.

### *Flangia anteriore*

Fissaggio completamente analogo al precedente, ma con flangia applicata sulla testata anteriore.

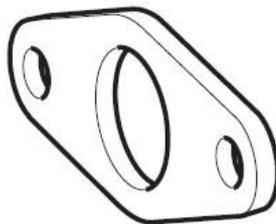


Figura 1.5 – Flangia (PARKER)

### *Cerniera posteriore*

E' indispensabile laddove l'asse dello stelo debba avere inclinazione variabile rispetto ad un piano di riferimento. Le direzioni assunte dall'asse dello stelo sono tutte contenute nello stesso piano (perpendicolare a quello di riferimento).

## **1.1.4 Cilindri a semplice effetto**

Nei cilindri a semplice effetto, il moto dell'asta in una direzione è affidato all'azione di una molla, o, talora, all'azione della gravità.

Il vantaggio principale dei cilindri a semplice effetto è nell'uso di valvole di comando più semplici di quelle necessarie con cilindri a doppio effetto. Gli svantaggi sono dati dall'aver una corsa limitata, in quanto non è possibile fare molle troppo lunghe, e dal fatto che, essendo il ritorno affidato alla molla, è limitata anche la velocità di ritorno. Si ha, infine, la perdita di una parte della forza ottenibile dovuta allo schiacciamento della molla.



Figura 1.6 – Cilindri pneumatici a semplice effetto (SMC)

I cilindri a semplice effetto possono essere sia spingenti, in cui l'azione dell'aria provoca la fuoriuscita dell'asta, sia traenti, in cui si ha invece il rientro dell'asta.

Questo cilindro è fornito di una sola parte dello stantuffo, in quanto vi è una sola camera che va in pressione.

### **Impiego dei cilindri a semplice effetto**

Sono utilizzabili quando il lavoro deve essere eseguito in un solo senso e nei casi in cui la frequenza degli interventi è piuttosto bassa. Si deve infatti notare che la velocità impressa dalla molla allo stelo è sensibilmente inferiore a quella impressa dall'aria a causa della notevole differenza fra le due spinte. Questo tipo di cilindri non sono utilizzabili per corse lunghe (>80 – 90 mm) a causa della presenza della molla la cui elasticità subirebbe una notevole diminuzione dopo un periodo di funzionamento relativamente breve. I cilindri a semplice effetto sono particolarmente adatti per operazioni di punzonatura, rivettatura e bloccaggio.

### **1.1.5 Cilindri a doppio effetto**

I cilindri a doppio effetto sono più usati dei precedenti in quanto il funzionamento non è limitato da alcun vincolo e possono lavorare in ambedue le corse di andata e ritorno. I cilindri a doppio effetto sono raccomandati, in ogni caso, per grossi diametri e corse lunghe.



Figura 1.7 – Cilindri pneumatici a doppio effetto (PARKER)

L'immissione e lo scarico dell'aria avviene attraverso due ingressi filettati; naturalmente, quando uno di questi condotti è in comunicazione con l'aria in pressione, l'altro dev'essere mandato allo scarico.

### **Impiego dei cilindri a doppio effetto**

Utilizzabili per eseguire lavori bidirezionali e per frequenza di interventi elevati. Questo tipo di cilindri può essere costruito anche per corse molto lunghe (2,5 – 3 m) che trovano una limitazione solo per le considerazioni sul dimensionamento dello stelo.

La possibilità d'uso dei cilindri a doppio effetto sono molto più vaste di quelle del cilindro a semplice effetto.

Manipolazione dei pezzi, trasporto, curvature, inserimento forzato, saldatura, pinzatura ecc... sono operazioni che possono essere ottimamente eseguite con questo tipo di cilindri.

### **1.1.6 Scelta di un cilindro e determinazione delle prestazioni**

La scelta di un cilindro occorrente a una determinata applicazione viene fatta in base alle prestazioni che deve dare: forza, corsa, tipo di movimento, vincoli e ingombri da rispettare, velocità. Il primo dato che dev'essere fissato è l'alesaggio del cilindro che dipende direttamente dalla forza occorrente. La spinta che un cilindro può esercitare dipende dall'area del cilindro stesso e dalla differenza di pressione esistente tra le due camere. Occorre poi ricordare che vi sono delle resistenze di attrito, sempre presenti, che riducono la spinta ottenibile. In definitiva la spinta  $F$ , in un cilindro a doppio effetto, che si muove a velocità costante, è data da:

$$F = p_1 S_1 - p_2 S_2 - F_R$$

dove  $p_1$  è la pressione nella camera che viene alimentata,  $p_2$  è la pressione nella camera che si svuota,  $S_1$  e  $S_2$  sono le rispettive superfici in cui agiscono queste pressioni e  $F_R$  è la forza dovuta alle resistenze di attrito presenti sulle guarnizioni dello stantuffo e dell'asta. Nella formula si è