

Se l'aria non è stata deidratata precedentemente, viene raccolta una considerevole quantità di acqua. Il filtro trattiene inoltre le impurità solide, quali polvere e particelle di ruggine.

La separazione dell'acqua avviene soprattutto per la rapida rotazione dell'aria causata dal deflettore posto all'ingresso. Le particelle più pesanti di polvere, acqua e olio sono spinte esternamente fino a impattare sulla parete della tazza del filtro.

Successivamente scendono a raccogliersi sul fondo. Il liquido può essere drenato per mezzo di uno scaricatore manuale o automatico.

La calotta separatrice crea una zona calma al di sotto dell'aria in moto vorticoso, evitando che il liquido separato venga ripreso dalla corrente d'aria.

L'elemento filtrante rimuove le particelle più fini di polvere, ruggine e olio carbonizzato mentre l'aria fluisce verso l'uscita.

Il filtro standard è in grado di rimuovere tutte le particelle contaminanti fino alla dimensione di 5 micron.

L'elemento può essere facilmente rimosso, pulito e riusato diverse volte prima di dover essere sostituito.

La tazza è normalmente realizzata in policarbonato. Per sicurezza, deve essere protetta da una tazza metallica. Per ambienti chimicamente pericolosi, devono essere usati materiali speciali. Quando la tazza è esposta a calore, scintille ecc., deve essere scelta in materiale metallico.

Se il condensato si accumula ad un rateo elevato, è desiderabile provvedere al montaggio di uno scaricatore automatico di condensa.

La parte destra della Fig. 5.1 mostra uno scaricatore automatico del tipo a galleggiante incorporabile nei filtri standard.

MICROFILTRI

Dove non è accettabile una contaminazione dell'aria da vapore d'olio, deve essere usato un microfiltro come quello mostrato in Fig. 5.2, dove è rappresentata la costruzione di una tipica cartuccia filtrante.

Essendo solo un filtro, e non un separatore d'acqua, non è presente la calotta separatrice caratteristica del filtro standard.

L'aria fluisce dall'entrata verso il centro della cartuccia filtrante e, dopo averla attraversata, si porta verso l'uscita.

La polvere è intrappolata all'interno dell'elemento microfiltrante.

Il vapore d'olio e la nebbia d'acqua sono trasformati in liquido per effetto coalescente all'interno del materiale filtrante. Le gocce che si formano nella cartuccia filtrante si raccolgono sul fondo della tazza pronte per essere evacuate.

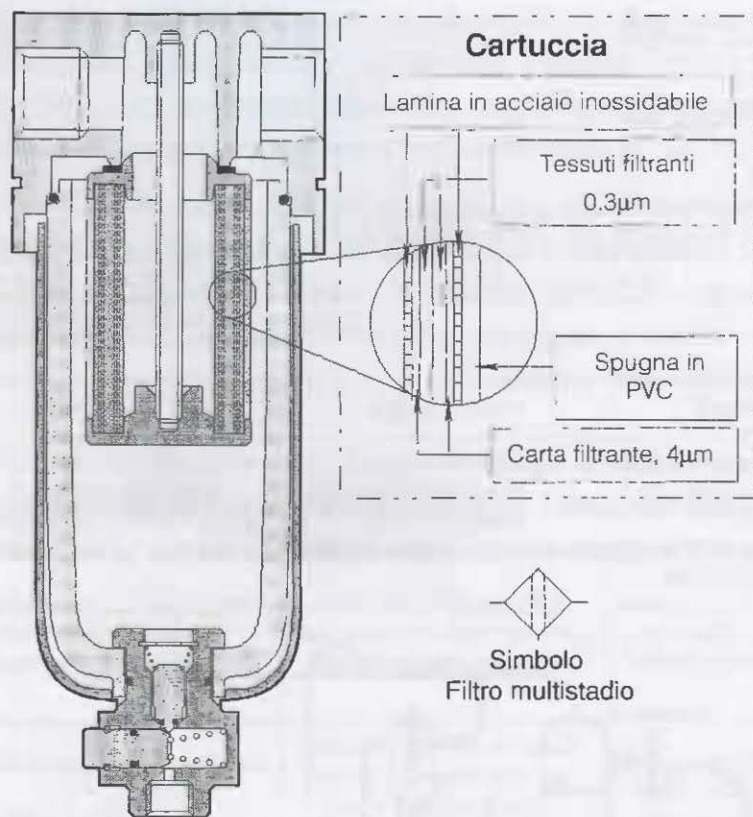


Fig. 5.2 Tipico microfiltro

SUB MICROFILTRI

Un sub microfiltro è in grado di rimuovere virtualmente tutto l'olio, l'acqua e le particelle di polvere fino a 0,01 micron per dare la massima protezione per attrezzature pneumatiche di misura ad alta precisione, verniciatura a spruzzo elettrostatica, pulizia ed essiccazione di equipaggiamenti elettronici, ecc.

Il principio di funzionamento è lo stesso del microfiltro mentre l'elemento filtrante possiede degli strati addizionali con superiore efficienza filtrante.

SELEZIONE DEL FILTRO

La dimensione del filtro richiesto per una particolare applicazione dipende da due fattori:

- la massima portata di aria compressa usata dall'equipaggiamento pneumatico
- la massima caduta di pressione accettabile dall'applicazione

I costruttori forniscono diagrammi portata/pressione per consentire dimensionamenti corretti.

Deve essere notato che un filtro standard può non separare in modo efficiente a causa della bassa velocità del flusso.

QUALITÀ DELL'ARIA

LIVELLI DI FILTRAZIONE

La Fig. 5.3 illustra differenti livelli di purificazione per varie applicazioni.

L'aria proveniente dal compressore passa attraverso un postrefrigerante con scaricatore automatico per drenare il condensato e lo sporco. Ulteriore condensato viene rimosso dallo scaricatore automatico presente sul fondo del serbatoio man mano che l'aria si raffredda. Scaricatori aggiuntivi possono essere installati in tutti i punti bassi delle tubature.

Il sistema si divide in tre parti principali:

i rami 1 e 2 forniscono aria direttamente dal serbatoio. I rami da 3 a 6 usano aria trattata da un essiccatore a refrigerazione. Il ramo 7 incorpora un essiccatore aggiuntivo del tipo ad adsorbimento.

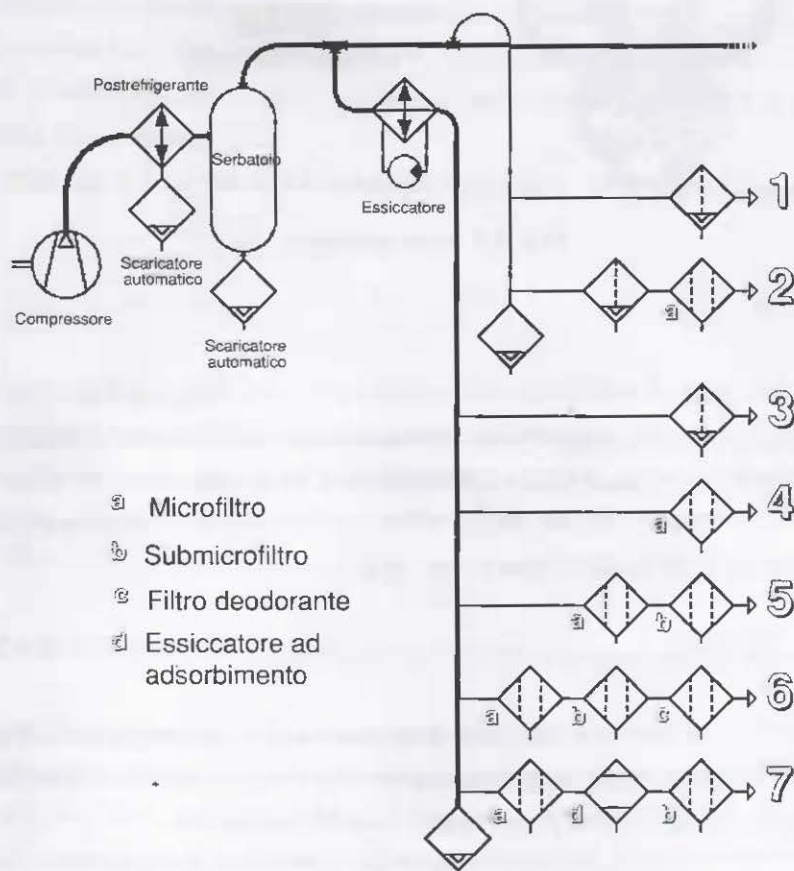


Fig. 5.3 Definizione schematica dei 7 gradi di filtrazione

I filtri standard nei sottorami 1 e 2 dotati di scaricatori automatici rimuovono il condensato. Il sottoramo 2 offre una purezza maggiore per la presenza del microfiltro. I sottorami da 3 a 5 usano aria secca refrigerata. Conseguentemente, il ramo 3 non richiede scaricatore automatico, il ramo 4 non ha bisogno di pre filtrazione e il ramo 5 offre un livello di purezza dell'aria superiore usando un microfiltro ed un sub microfiltro .

Il sottoramo 6 incorpora un filtro per la rimozione degli odori. Nel sottoramo 7, un essiccatore ad adsorbimento elimina tutti i rischi di condensazione alle basse temperature.

Applicazioni tipiche sono mostrate nella Tabella 5.4.

Numero	Rimozione di:	Applicazioni	Esempi tipici
1	>99% Grado di saturazione Particelle di polvere >5µm Residui oleosi >96%	Laddove tracce di polvere,condensa ed olio sono accettabili	Aria compressa d'officina per operazioni di bloccaggio e soffiatura
2	Particelle di polvere>0.3µm Nebbia d'olio >99.9% Grado di saturazione 99%	Laddove è necessaria l'eliminazione della polvere, dell'olio e della condensa	Attrezzature generiche industriali, comandi e motori pneumatici, valvole a tenuta metallica utensili e motori ad aria
3	Punto di rugiada atmosferico a ~ -17°C Per il resto come (1)	Laddove l'aria deve essere secca ma sono tollerate tracce minime di olio e polvere	Simile a (1) ma siccome l'aria è secca, anche verniciatura a spruzzo
4	Particelle di polvere>0.3µm Nebbia d'olio >99.9% Punto di rugiada atmosferico <-17°C	Dove l'aria deve essere assolutamente secca e priva di impurità	Controllo di processi, apparecchiature di misura, raffreddamento in fonderia di stampi di presso fusione
5	Particelle di polvere>0.01µm Nebbia d'olio >99.9999% Umidità come (4)	Dove è praticamente richiesta aria esente da ogni impurità	Strumenti di misura pneumatici, fluidica, verniciatura elettrostatica a spruzzo-pulizia e asciugamento a secco di sistemi elettronici
6	Come (5) con rimozione anche degli odori	Laddove è richiesta aria pura e assolutamente priva di odori	Farmaceutica, imballaggi per alimenti, produzione di birra, trasporto pneumatico ed aria per uso medicinale
7	Tutte le impurezze come in (6) ma con un punto di rugiada atmosferici inferiore a -30°C	Dove ogni rischio di condensazione durante una espansione a bassa temperatura deve essere evitato	Essiccamento di componenti elettronici, immagazzinamento di attrezzature farmaceutiche, trasporto pneumatico di polveri

Tabella 5.4 Definizione e tipiche applicazioni delle 7 qualità dell'aria

REGOLAZIONE DELLA PRESSIONE

La regolazione della pressione è necessaria poiché a pressioni al di sopra del valore ottimale, si ha rapida usura con incrementi scarsi o nulli di prestazioni mentre una pressione d'aria troppo bassa è anti economica a causa della scarsa efficienza.

REGOLATORE STANDARD

I regolatori di pressione possono avere una costruzione a pistone o a diaframma per bilanciare la pressione di uscita con la forza regolabile della molla.

La pressione secondaria è impostata regolando la vite che carica la molla di regolazione per tenere aperta la valvola. Ciò consente il passaggio dell'aria dalla via di ingresso della pressione primaria p_1 alla via di uscita della pressione secondaria p_2 .

Quando il circuito connesso all'uscita del regolatore ha raggiunto la pressione stabilita, essa agisce sul diaframma creando una forza di sollevamento contro il carico della molla.

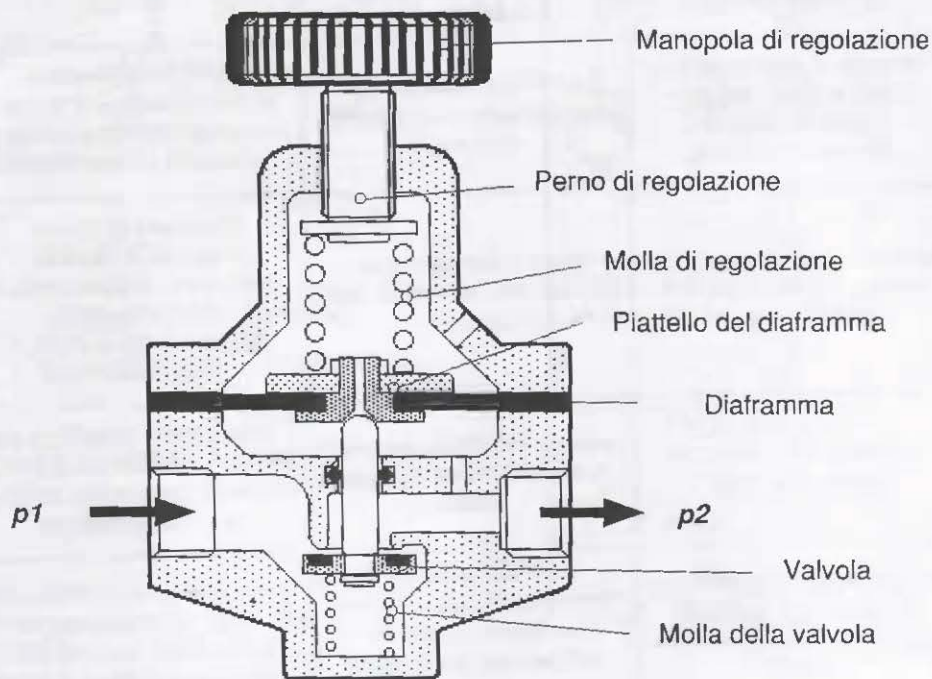


Fig. 5.5 Principio del regolatore di pressione

Se il rateo di consumo cade, p_2 aumenta leggermente. Ciò incrementa la forza agente sul diaframma contro la forza esercitata dalla molla. Il diaframma e la valvola si sollevano fino a quando la forza della molla è nuovamente bilanciata. Il flusso d'aria attraverso la valvola viene ridotto finché non uguaglia il valore di consumo. In tal modo, è mantenuta la pressione di uscita.

Se il consumo aumenta, p_2 diminuisce leggermente. Ciò diminuisce la forza agente sul diaframma che contrasta la forza della molla. Il diaframma e la valvola si muovono verso il basso fino a quando la forza è nuovamente riequilibrata. Ciò incrementa il flusso d'aria attraverso la valvola finché il flusso in entrata non eguaglia il consumo.

Senza consumo d'aria, la valvola è chiusa.

Se la pressione p_2 sale al di sopra del valore impostato per:

- nuova regolazione ad una pressione di uscita inferiore;
- una spinta contraria esterna da un attuatore.

il diaframma si solleva per aprire la sede di relieving in modo tale che la pressione in eccesso possa essere scaricata attraverso il foro nel coperchio del corpo del regolatore.

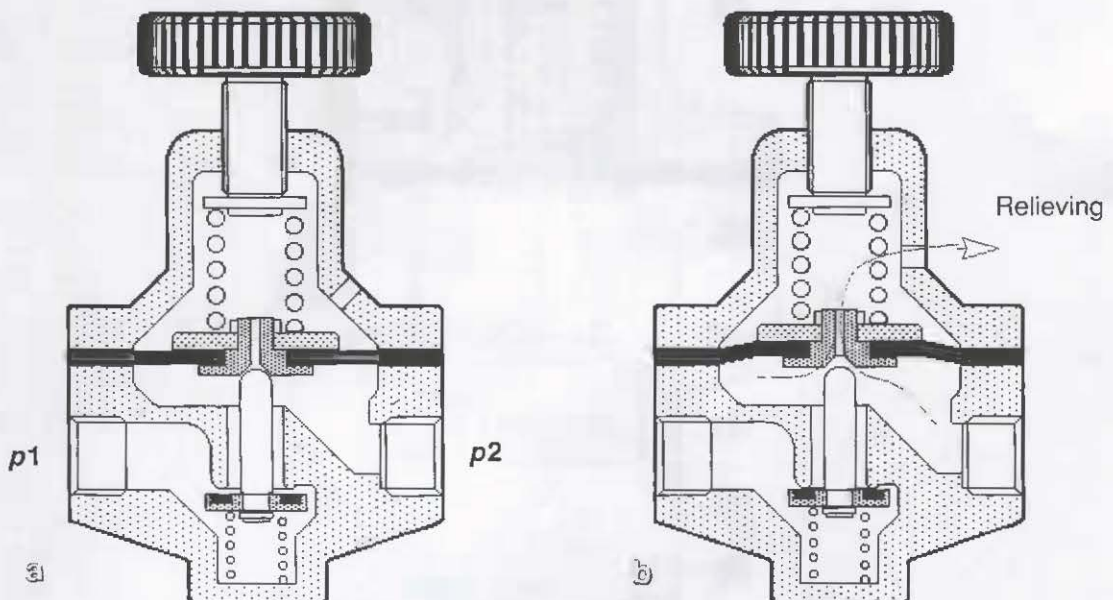


Fig. 5.6 La funzione di relieving

Con valori di flusso molto alti, la valvola è molto aperta. La molla è distesa e quindi più debole.

L'equilibrio fra p_2 sull'area del diaframma e la molla avviene ad un valore inferiore. Questo problema può essere corretto creando una terza camera con una connessione al canale di uscita. Nel canale, la velocità del flusso è molto alta. Come spiegato nella sezione 3, la pressione statica è corrispondentemente bassa (Bernoulli). Poiché p_3 è ad un valore di pressione statica inferiore, il disequilibrio verso la forza della molla indebolita ad alti ratei di flusso è compensato.

L'effetto può essere migliorato inserendo un tubo nella connessione tagliato a becco di flauto con l'apertura orientata verso l'uscita (Fig. 5.8).

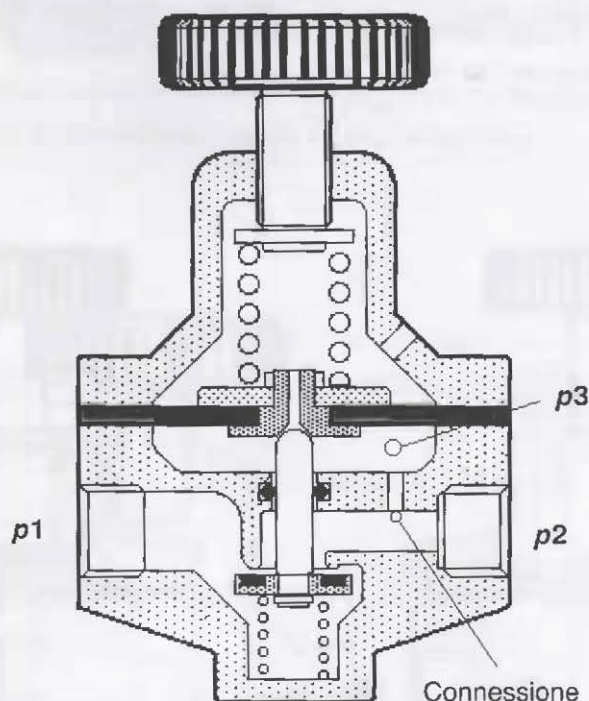


Fig. 5.7 Principio del regolatore compensato in portata

Esiste ancora un inconveniente nel regolatore della Fig. 5.7: se la pressione di ingresso p_1 aumenta, una forza superiore agisce sul fondo della valvola cercando di chiuderla. Ciò significa che una pressione in ingresso crescente diminuisce la pressione di uscita e viceversa. L'inconveniente può essere eliminato mediante una valvola avente uguali superfici sia per la pressione di ingresso che per la pressione di uscita in entrambe le direzioni. Ciò è realizzato nel regolatore della Fig. 5.8. ▽

Le parti più importanti sono:

- ① Bottone di regolazione
- ② Molla di regolazione
- ③ Sede di relieving
- ④ Diaframma
- ⑤ Camera della compensazione in portata
- ⑥ Tubo di connessione della compensazione in portata
- ⑦ Valvola
- ⑧ O-ring per la compensazione in pressione
- ⑨ Molla della valvola
- ⑩ O-ring per la compensazione di portata

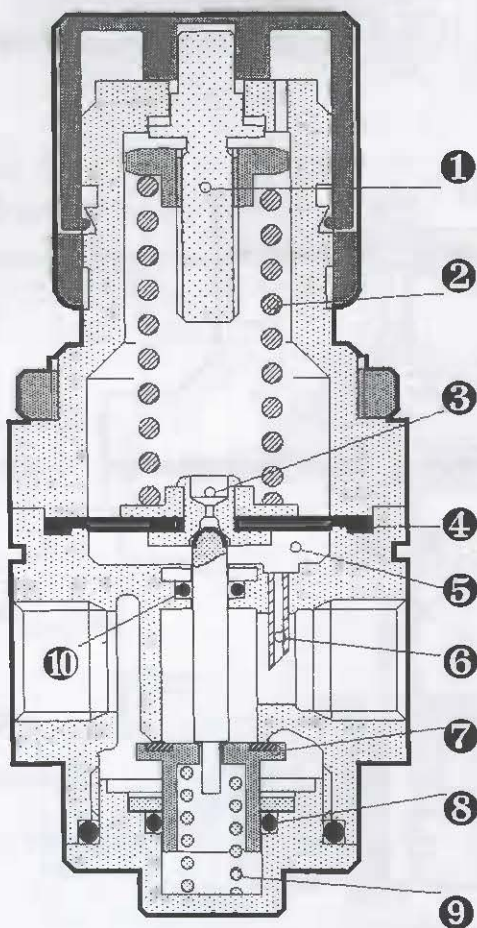


Fig. 5.8 Regolatore di pressione completamente compensato

REGOLATORE AZIONATO CON PILOTA

Il regolatore azionato con pilota offre una maggiore accuratezza nella regolazione della pressione su di un ampio campo di portata.

Questa accuratezza è ottenuta sostituendo la molla di regolazione del regolatore standard con una pressione pilota prelevata da un piccolo regolatore posto all'interno dell'unità.

Il regolatore pilota posto in alto nell'unità alimenta o scarica l'aria pilota solamente durante le correzioni della pressione di uscita. Pertanto la molla non è molto estesa alle portate molto alte.

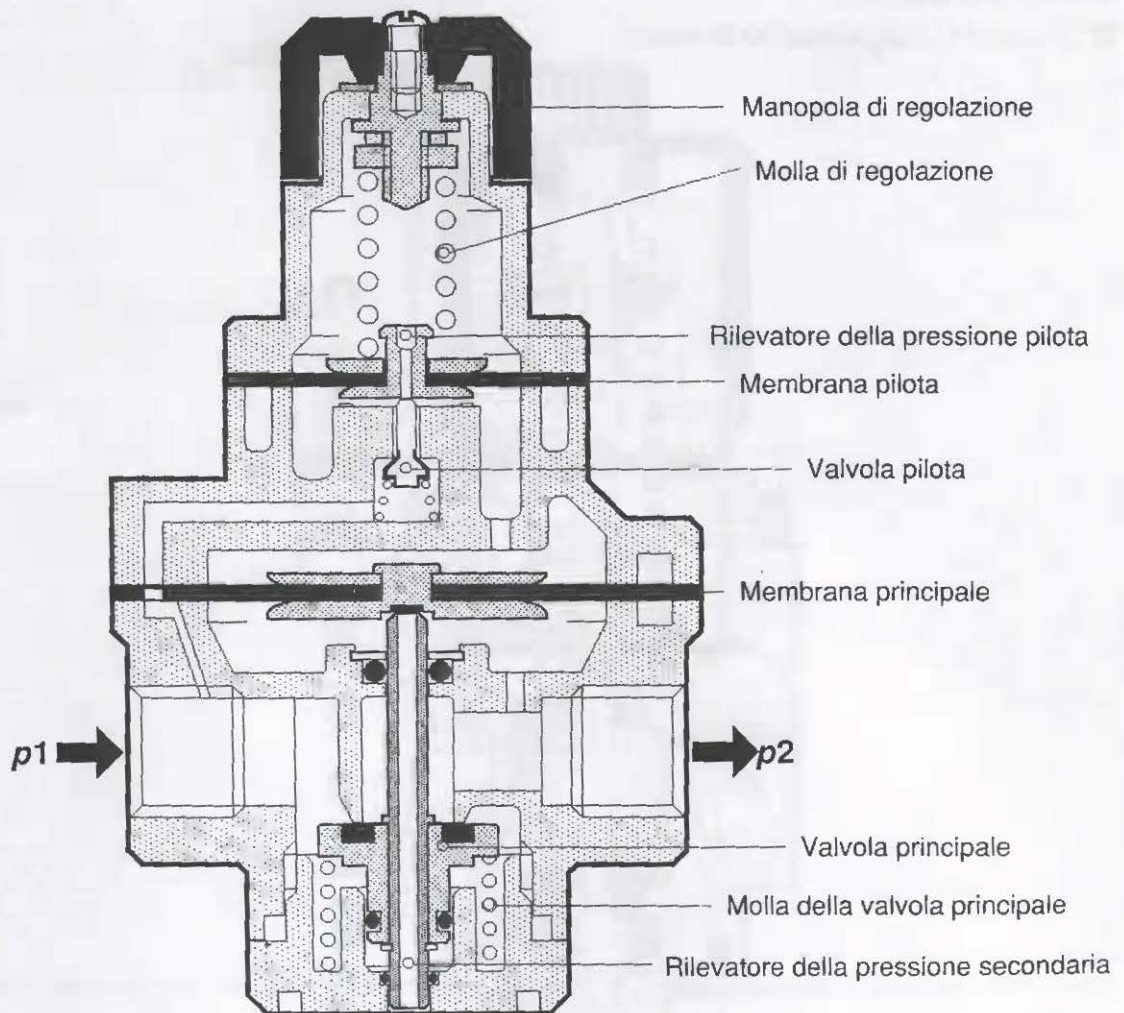


Fig. 5.9 Regolatore di pressione pilotato

FILTRO REGOLATORE

Il filtraggio dell'aria e la regolazione della pressione sono combinati nel filtro regolatore per ottenere un'unità compatta in grado di occupare poco spazio.

DIMENSIONAMENTO DI UN REGOLATORE - CARATTERISTICHE

La dimensione di un regolatore è calcolata per dare la portata richiesta dall'applicazione con la minima variazione della pressione a cavallo del campo di portata dell'unità.

I fornitori danno informazioni grafiche sulle caratteristiche di portata del loro equipaggiamento. La caratteristica più importante è il diagramma portata/ p_2 . Esso indica come p_2 diminuisce con l'aumentare della portata (Fig. 5.10). La curva presenta tre distinti tratti:

- I transitorio iniziale. Una piccola fessura alla valvola non consente una reale regolazione;
- II campo di regolazione;
- III campo di saturazione. La valvola è completamente aperta e una ulteriore regolazione è impossibile.

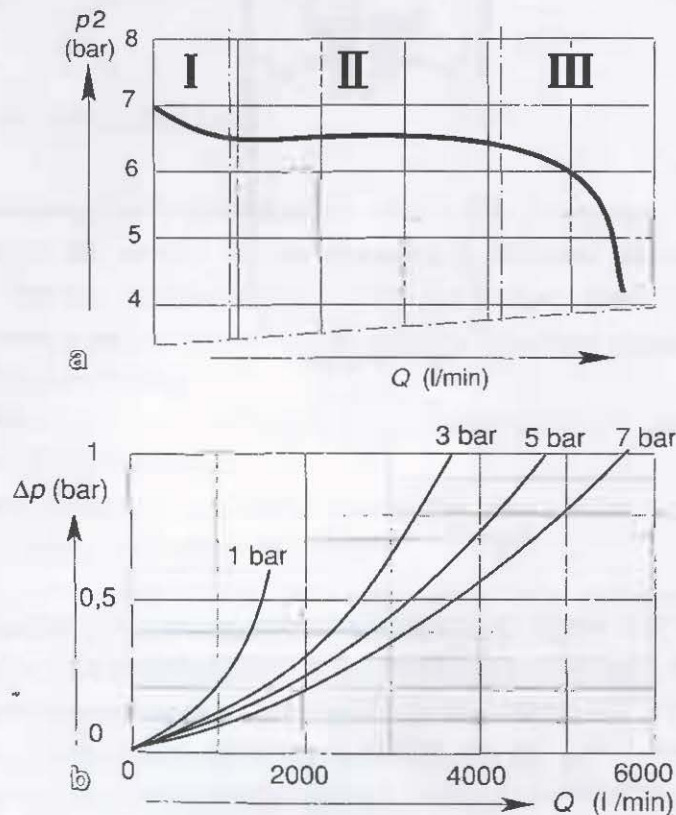


Fig. 5.10 Tipica caratteristica portata/pressione

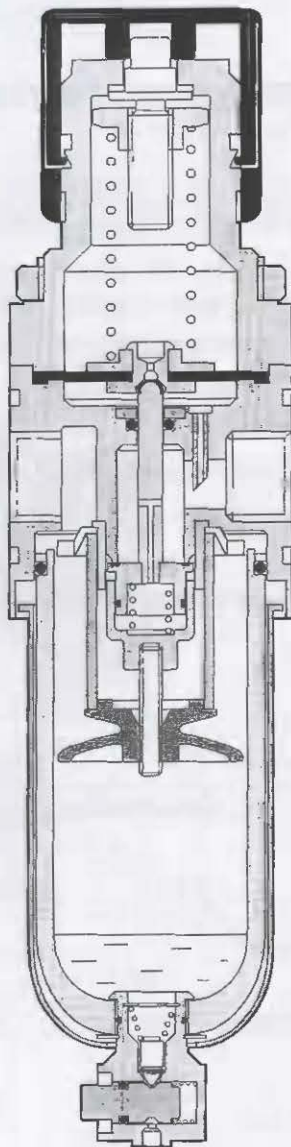


Fig. 5.11 Tipico filtro regolatore

I componenti FRL devono essere dimensionati considerando le portate richieste. Per i regolatori la portata volumetrica media deve essere circa quella nel mezzo del campo di portata (zona II in figura 5.10a).

Il dimensionamento del filtro invece dipende dalla caduta di pressione ammissibile.

Per un filtro/separatore è richiesta una caduta di pressione minima di 0.2 bar per assicurarne il funzionamento. Alla massima portata la perdita di carico non dovrebbe mai superare il valore di 1 bar.

Il dimensionamento è definito quindi dalla portata volumetrica e non dalle connessioni della linea o del componente. Sistemi modulari permettono di adattare gli attacchi dei componenti con quelli disponibili sulla linea.

LUBRIFICAZIONE DELL'ARIA COMPRESSA

La lubrificazione non è più una necessità per i moderni componenti pneumatici. Essi sono disponibili prelubrificati a vita.

La vita e le prestazioni di questi componenti rispondono completamente ai requisiti dei macchinari moderni con cicli di processo ad alta frequenza.

I vantaggi dei sistemi prelubrificati ("non lube") includono:

- a) risparmio dei costi dell'equipaggiamento di lubrificazione, dell'olio e della mano d'opera per mantenere costanti i livelli dell'olio
- b) maggiore pulizia. I sistemi sono più igienici, aspetto particolarmente importante nelle industrie alimentari e farmaceutiche
- c) atmosfera priva di olio per un ambiente di lavoro più salutare e più sicuro

Tuttavia, alcuni equipaggiamenti richiedono ancora lubrificazione. Per assicurare che essi siano lubrificati con continuità, una determinata quantità di olio deve essere immessa nell'aria compressa per mezzo di un lubrificatore.

LUBRIFICATORI PROPORZIONALI

In un lubrificatore proporzionale, viene generata una caduta di pressione fra l'ingresso e l'uscita direttamente proporzionale alla portata. Questa differenza di pressione solleva l'olio dalla tazza alla cupoletta trasparente. Con una restrizione fissa, un elevato aumento della portata produrrebbe una eccessiva caduta di pressione generando una miscela aria/olio contenente una eccessiva quantità di olio che inonderebbe il sistema pneumatico.

Al contrario, una diminuzione della portata potrebbe non creare una sufficiente caduta di pressione dando luogo ad una miscela troppo magra.

Per ovviare a questo problema, i lubrificatori possiedono delle sezioni auto regolanti in grado di generare una miscela costante al variare della portata.

L'aria entrante segue due cammini: oltrepassa la linguetta flessibile dirigendosi verso l'uscita ed entra nella tazza del lubrificatore dopo aver superato una valvola di non ritorno.

Quando non c'è portata, la medesima pressione esiste al di sopra della superficie dell'olio nella tazza, nel tubo dell'olio e nella cupoletta trasparente. Di conseguenza, non vi è alcun movimento dell'olio.

Quando l'aria fluisce attraverso l'unità, la linguetta flessibile genera una caduta di pressione fra l'ingresso e l'uscita. Maggiore è la portata, più grande è la caduta di pressione. Poiché la cupoletta trasparente è connessa al foro capillare che si apre nella zona di bassa pressione immediatamente a valle della linguetta flessibile, la pressione è ivi più bassa di quella esistente nella tazza.

Questa differenza di pressione spinge l'olio lungo il tubo e, attraverso la valvola di non ritorno ed il regolatore di flusso, fino alla cupoletta.

Dalla cupoletta, l'olio scorre nel foro capillare fino ad immettersi nella corrente d'aria principale dove la velocità è più alta. L'olio viene frantumato in minuscole particelle, atomizzato e miscelato omogeneamente con l'aria dalla turbolenza presente nel vortice creato dalla linguetta flessibile.

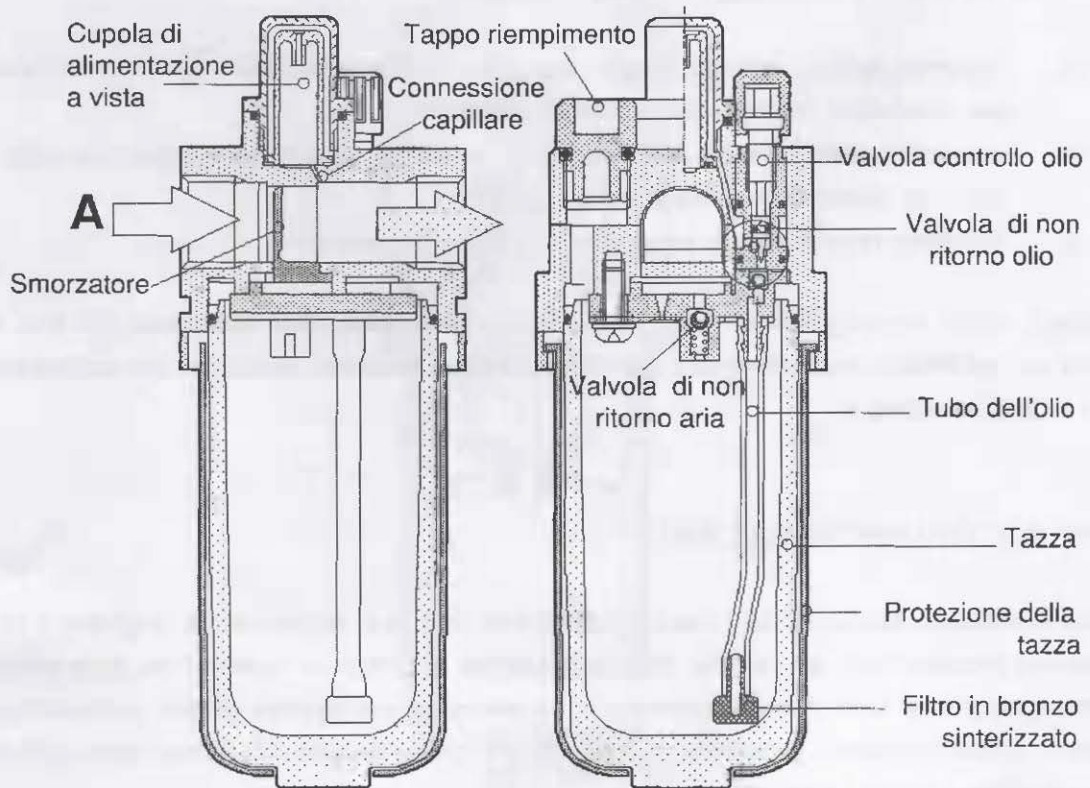


Fig. 5.12 Lubrificatore proporzionale

La linguetta flessibile è realizzata in materiale elastico per consentirne la flessione con l'aumento della portata. In tal modo, essa allarga la sezione di passaggio per correggere automaticamente la caduta di pressione e mantenere costante la miscela.

Il regolatore di flusso consente di variare la quantità di olio per una data caduta di pressione. La valvola di non ritorno trattiene l'olio nella parte superiore del tubo nel caso che il flusso d'aria si arresti temporaneamente.

La valvola di non ritorno dell'aria permette di riempire l'unità senza sconnettere l'alimentazione dell'aria.

Il rateo corretto di alimentazione dell'olio dipende dalle condizioni operative. Una indicazione generale è per una o due gocce per ciclo di macchina.

E' raccomandato un olio interamente minerale con una viscosità di 32 centistokes.

UNITÀ F R L

Il filtro, il regolatore di pressione e il lubrificatore possono essere combinati modularmente in una unità di servizio mediante distanziali e blocchetti di fissaggio. Staffe di montaggio ed altri accessori possono essere facilmente montati nelle versioni più recenti.

DIMENSIONE E INSTALLAZIONE

L'unità completa deve essere dimensionata per la massima portata del sistema. I costruttori generalmente forniscono tali informazioni.

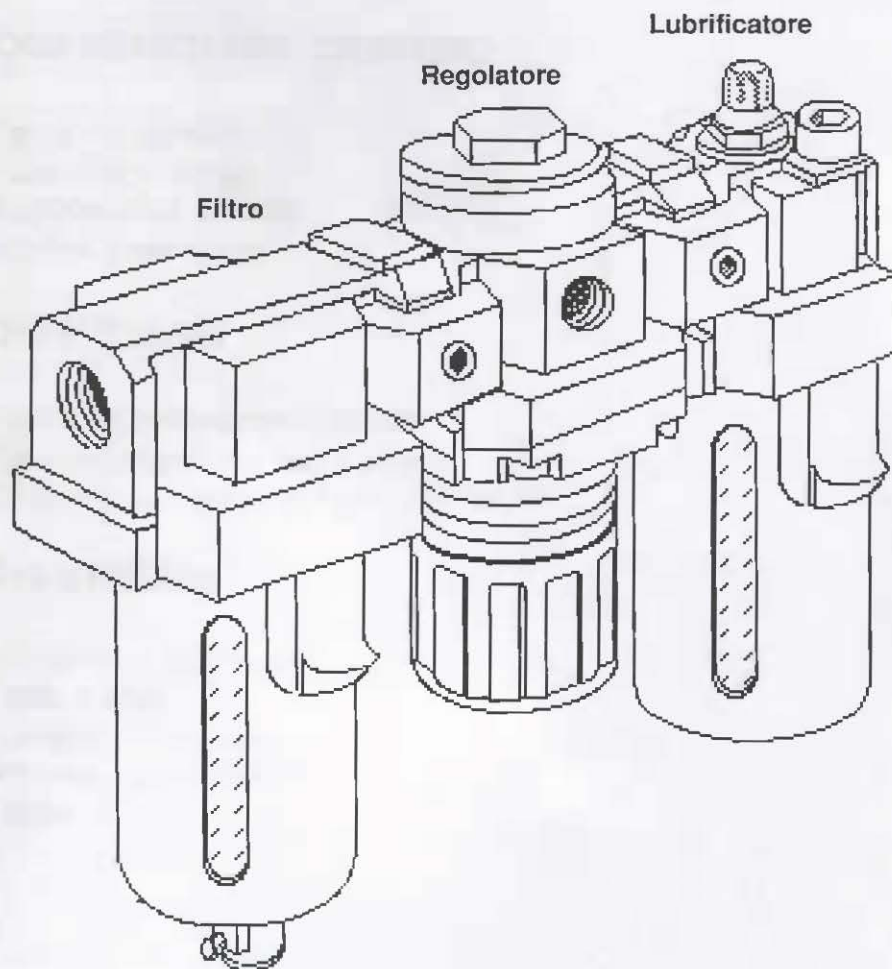


Fig. 5.13 Tipica unità FRL modulare

6. ATTUATORI

CILINDRI LINEARI

- *Cilindro a semplice effetto*
- *Cilindro a doppio effetto*
- *Costruzione del cilindro*
- *Ammortizzamento*
- *Opzioni di cilindri speciali*
- *Montaggio del cilindro*

DIMENSIONAMENTO DEL CILINDRO

- *Forza del cilindro*
- *Rapporto di carico*
- *Regolatore di velocità*
- *Portata e consumo*

ATTUATORI ROTANTI

- *Tipo a pignone e cremagliera*
- *Attuatori rotanti del tipo a paletta*
- *Dimensionamento degli attuatori rotanti*

ATTUATORI SPECIALI

- *Cilindri con bloccaggio*
- *Unità a slitta*
- *Cilindro a stelo cavo*
- *Attuatore combinato*
- *Pinze*

ATTUATORI

Il lavoro fatto dagli attuatori pneumatici può essere lineare o rotatorio. Il movimento lineare è ottenuto con i cilindri a pistone, il moto rotatorio, con un angolo fino a 270°, è ottenuto con attuatori del tipo a paletta o a pignone e cremagliera e la rotazione continua con motori ad aria.

CILINDRI LINEARI

I cilindri pneumatici sono i componenti attuatori di impiego più comune nei circuiti di controllo pneumatici. Esistono due tipi base da cui sono derivate costruzioni speciali:

- cilindri a singolo effetto con un solo ingresso dell'aria per produrre una corsa attiva in una sola direzione
- cilindri a doppio effetto con due ingressi dell'aria per produrre due corse attive sia in estensione che in retrazione. Una varietà di cilindri attuatori sono rappresentati con i loro simboli nell'Appendice

CILINDRO A SEMPLICE EFFETTO

Un cilindro a semplice effetto sviluppa una spinta in una sola direzione. Lo stelo viene fatto rientrare per mezzo di una molla o con altri mezzi esterni quali carichi, movimenti meccanici, ecc.

Il cilindro può essere del tipo a spinta o a trazione (Fig. 6.1).

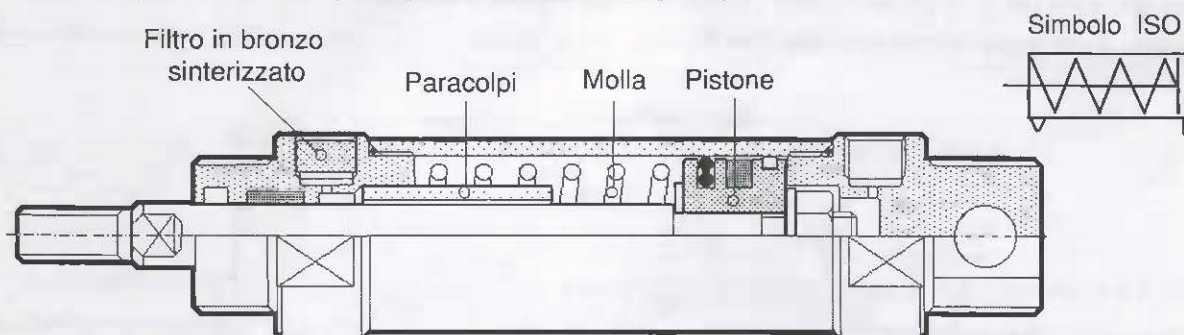


Fig. 6.1 Tipico cilindro a semplice effetto di tipo a spinta

I cilindri a semplice effetto sono usati per serraggio, marcatura, estrazione, ecc. Essi presentano un consumo d'aria inferiore a quello di un cilindro a doppio effetto di dimensioni equivalenti. Si ha una riduzione della spinta dovuta alla forza della molla che si oppone pertanto può essere necessario un diametro maggiore. L'inserimento della molla provoca una lunghezza maggiore del cilindro e una corsa limitata.

CILINDRO A DOPPIO EFFETTO

Con questo attuatore, la spinta è sviluppata sia nella direzione di estensione che nella direzione di retrazione poiché la pressione dell'aria è applicata alternativamente ai due lati del pistone. La spinta disponibile nella corsa di retrazione è ridotta a causa dell'area minore del pistone. Questo aspetto deve essere considerato se il cilindro deve tirare lo stesso carico che ha spinto.

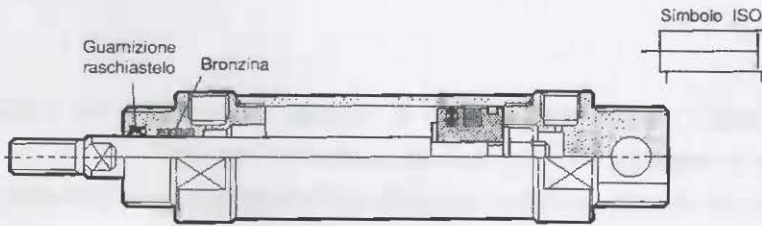


Fig. 6.2 Cilindro a doppio effetto

COSTRUZIONE DEL CILINDRO

La costruzione del cilindro a doppio effetto è mostrata in Fig. 6.3. La canna è normalmente realizzata con un tubo solitamente ottenuto per estrusione con indurimento superficiale e trattamento di finitura della superficie interna di lavoro per minimizzare l'usura e l'attrito. Le testate possono essere costruite in lega di alluminio o in getti di ghisa malleabile e sono fissate con tiranti. Nel caso di cilindri più piccoli, esse sono avvitate alla canna oppure bloccate per cianfrinatura. Alluminio, ottone, bronzo e acciaio inox possono essere impiegati per il corpo del cilindro in ambienti aggressivi o poco sicuri.

Diversi tipi di guarnizioni assicurano che il cilindro sia a tenuta.

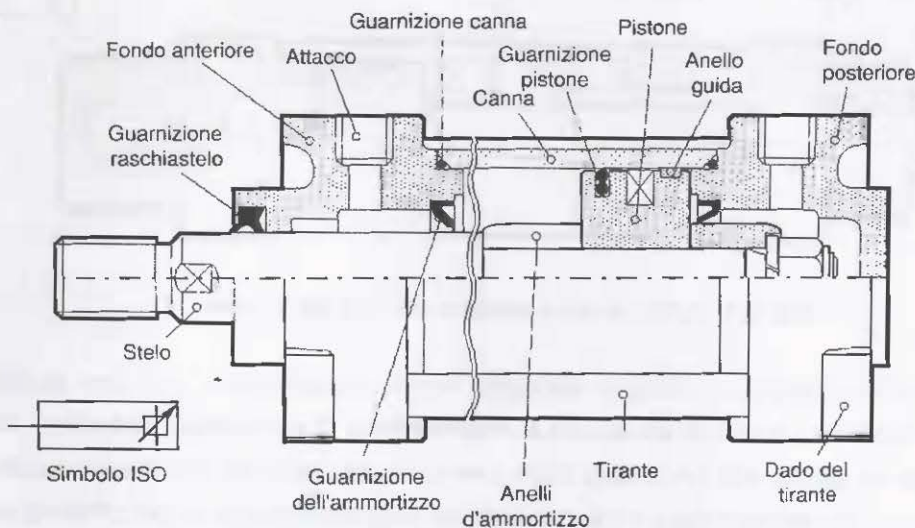


Fig. 6.3 Le parti costituenti un cilindro a doppio effetto con ammortizzamento ad aria

AMMORTIZZAMENTO

I cilindri pneumatici sono in grado di sviluppare velocità molto elevate e quindi forze d'urto di notevole intensità possono crearsi al termine della corsa.

I cilindri più piccoli hanno spesso un ammortizzamento di tipo fisso, ovvero tamponi di gomma, per assorbire l'urto ed evitare un danno interno al cilindro.

Su cilindri più grandi, l'impatto può essere assorbito da un cuscinio d'aria che decelera il pistone durante l'ultima parte della corsa. Questo cuscinio intrappola parte dell'aria di scarico in prossimità del termine della corsa. L'aria viene scaricata lentamente attraverso una valvola a spillo regolabile dall'esterno (Fig. 6.4).

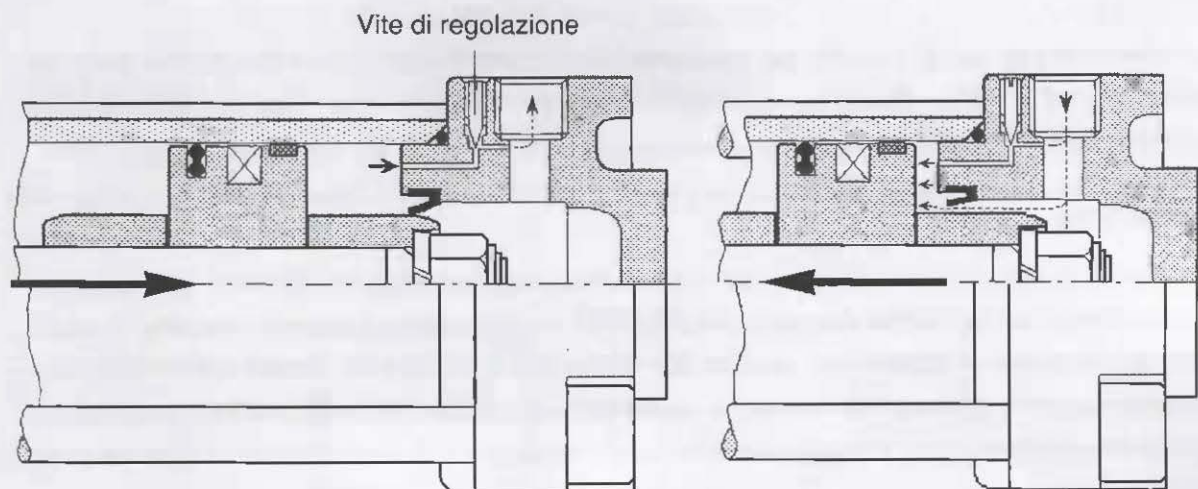


Fig. 6.4 Principio dell'ammortizzamento ad aria

La normale via di fuga dell'aria in scarico attraverso il foro d'uscita, è chiusa dalla protuberanza del pistone che si infila nella guarnizione. L'aria può solo uscire attraverso il foro a sezione regolabile. L'aria intrappolata è compressa ad una pressione relativamente elevata che frena l'inerzia del pistone.

Quando il pistone inverte il moto, la guarnizione dell'ammortizzo agisce da valvola di non ritorno per consentire il passaggio dell'aria verso il pistone. Tuttavia, essa restringe la sezione di passaggio e rallenta l'accelerazione del pistone. Pertanto, la corsa di ammortizzo dovrebbe essere la più corta possibile.

Per decelerare carichi elevati oppure alte velocità del pistone, è necessario un ammortizzatore d'urto esterno. Se la velocità del pistone eccede i 500 mm/s, deve essere installato un arresto meccanico esterno, anche nel caso di presenza di ammortizzamento nel cilindro.

OPZIONI DI CILINDRI SPECIALI

Stelo passante



Fig. 6.5 Principio del doppio stelo

Lo stelo passante rende il cilindro più rigido alle sollecitazioni del carico dato che ha due guide alla maggior distanza possibile. Questo tipo di cilindro è spesso montato con lo stelo fisso ed è il corpo stesso che movimenta il pezzo da spostare.

Antirotazione

Lo stelo di un cilindro standard può ruotare attorno al suo asse longitudinale se non ci sono guide per impedirlo. Perciò non è possibile montare direttamente un utensile come ad esempio una lama da taglio.

Per questo genere di applicazioni, quando non agisce una considerevole coppia sull'utensile, deve essere usato un cilindro con stelo antirotazione. Il costruttore specificherà la massima coppia sopportabile.

Come è mostrato nella Fig. 6.6 la rotazione è impedita da due piani ricavati sullo stelo e nella sua guida sul fondo anteriore.

La figura mostra anche come la coppia crei una sollecitazione massima sui vertici opposti dello stelo, i quali essendo punti di concentrazione degli sforzi sono quelli sottoposti a maggior usura.

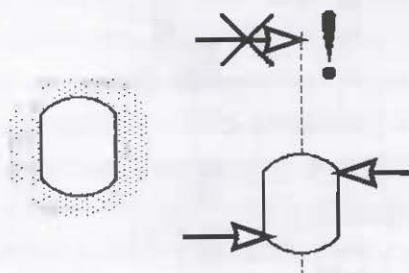


Fig. 6.6 Stelo antirotazione

Doppio stelo

Una possibile soluzione al problema della rotazione dell'asta del cilindro è quella di utilizzare un cilindro con due aste in parallelo, in modo da svolgere una funzione sia di spinta che di guida. Questi cilindri (Fig. 6.7) con aste gemellate prevedono una piastrina di collegamento con gli elementi azionati dalle aste.



Fig. 6.7 Cilindro doppio stelo

Cilindro piatto

Normalmente un cilindro ha fondi quadrati e ovviamente una canna circolare. Utilizzando fondi rettangolari con rapporto base per altezza molto spinto e usando lo stesso metodo per canna e pistoni, si ottengono cilindri piatti.



Fig. 6.8 Principio del cilindro piatto

Cilindro tandem

Un cilindro tandem è costituito da due cilindri a doppio effetto uniti assieme con uno stelo comune per formare una singola unità.

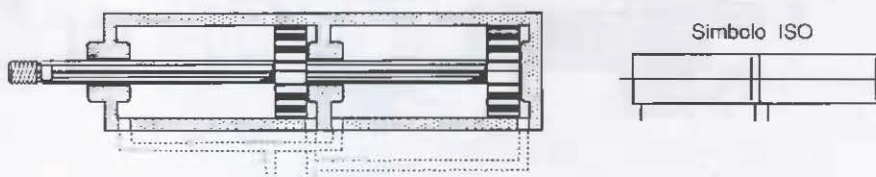


Fig. 6.9 Principio del cilindro a tandem