

Apparecchi per il trasporto degli aeriformi (*pneumofore*)  
e  
pompe da vuoto

Prof.ssa Silvia Recchia

1

## Generalità e classificazione

**MACCHINE PNEUMOFOR**

**VENTILATORI BASSE P**  
applicano energia cinetica

**COMPRESSORI ALTE P**  
applicano energia di pressione

Elicoidali  
In base al moto dell'aria  
Centrifughi

Rotativi  
Turbocompressori  
A stantuffo

2

## Ventilatori

3

## VENTILATORI

- ⇒ i ventilatori sono regolati dalle stesse leggi delle pompe in quanto, alle basse prevalenze applicate, il gas si comporta come se fosse incompressibile

- ⇒ Bernoulli:

$$H_m = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} = h_s + h_d \quad \left\{ \begin{array}{l} v_1 = 0 \\ z_2 - z_1 = \text{trasc.} \end{array} \right.$$

**Carico totale** applicato dal ventilatore all'aeriforme

**Prevalenza statica** carico per vincere le perdite di carico  
manometro ad acqua

**Prevalenza dinamica** carico per soddisfare la portata  
tubo di Pitot

4

## Potenza e rendimento

→ si determinano con le stesse relazioni viste per le pompe

$$N_u = \rho \cdot g \cdot H_m \cdot Q_v = H_m \cdot Q_p \quad [W]$$

$$N_a = N_u / \eta_t \quad [W]$$

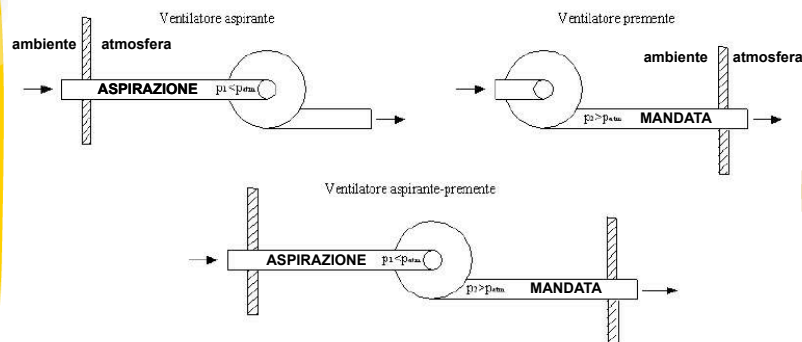
5

## VENTILATORI

- ASPIRANTI (solo condotto di **aspirazione** ambiente → atmosfera)
- PREMENTI (solo condotto di **mandata** ambiente → atmosfera)
- ASPIRANTI-PREMENTI (hanno entrambi i condotti)
- LIBERI (non hanno condotto)

6

## VENTILATORI



7

## VENTILATORI

→ In base al moto assunto dall'aria si classificano in

- **Elicoidali** a flusso assiale
  - Elica a poche pale mossa da motore
  - Per la ventilazione degli ambienti
  - Elevate  $Q_v$ , basse  $P$  (20-25 mm.c.A.), basso  $\eta$
- **Centrifughi** a flusso radiale
  - Come pompe centrifughe
  - In base  $n_c$  si possono raggiungere  $P = 500$  mm.c.A.,  $Q_v = 3000 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\eta = 0,3$

8

## VENTILATORI



CENTRIFUGO

ELICOIDALE



9

## Compressori

10

## COMPRESSORI

⇒ I compressori sono macchine atte a **produrre aria compressa** che possono essere classificati in:

TURBOCOMPRESSORI →  
*Continui*

Tramite delle pale trasferiscono energia meccanica al fluido, energia che si trova sotto forma di en. cinetica, di pressione e termica

COMPRESSORI VOLUMETRICI →

Sono dei **trasferitori di massa** che prelevano una certa massa d'aria dall'ambiente di aspirazione, la inglobano in una camera della macchina e la trasferiscono all'ambiente di mandata.

La **P di mandata** non è definita dal compressore, ma dalla P dell'ambiente di mandata.

11

## COMPRESSORI VOLUMETRICI

⇒ si dividono in alternativi e rotativi e i più diffusi sono:

### ⇒ ALTERNATIVI

- A pistone
- A membrana

### ⇒ ROTATIVI

- A palette
- A vite elicoidale
- A lobi tipo Root

P di mandata = 6 - 10 bar

12

## Compressori rotativi

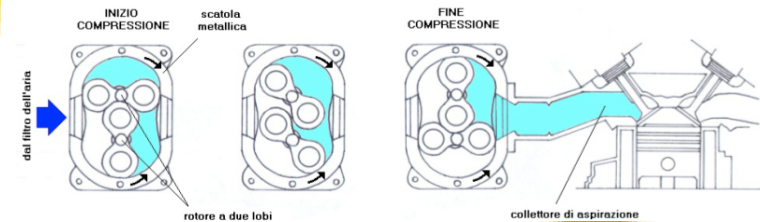
- Sono utilizzati quando le pressioni finali non devono superare gli 8 –10 bar, e quindi forniscono pressioni decisamente inferiori ai compressori alternativi.
- Hanno una durata più breve per via dei maggiori attriti e della maggior usura
- Tuttavia, presentano un funzionamento più regolare e un più alto rendimento, con portata continua e senza vibrazioni.

13

## COMPRESSORI VOLUMETRICI ROTATIVI

### COMPRESSORE ROTATIVO DI ROOT

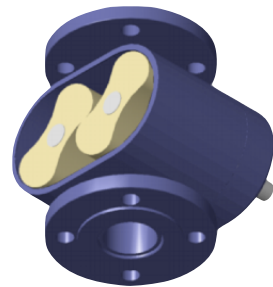
Sono compressori con camera operatrice a volume costante e si limitano quindi a trasferire fluido tra due ambienti a diversa pressione.



14

## Compressore a lobi di Root

- **Scopo principale:** compressione dei gas
- lobi rotanti a contatto
- $P = 8 \text{ m.c.A. } (< 2 \text{ bar})$
- $\eta_v = 0,4 - 0,6$
- $Q_v$  fino a  $15 \text{ m}^3/\text{s}$



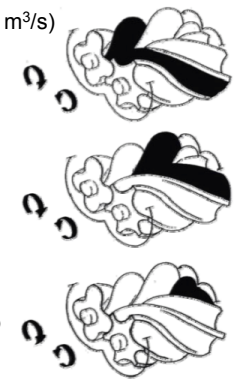
15

## COMPRESSORI VOLUMETRICI ROTATIVI

### COMPRESSORE ROTATIVO A VITE (Lysholm)

- $Q_v$  basse ( $0,4 - 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ )
- $P$  fino a 3 bar
- $\eta_v$  alto (circa 0,9)

Una variante del compressore Roots a lobi dritti è il compressore Lysholm, composto da due elementi elicoidali che ingranano tra loro durante la rotazione. L'aria entra tra i due elementi, i quali, durante la rotazione, causano una **riduzione del volume della camera generando l'aumento di pressione.**

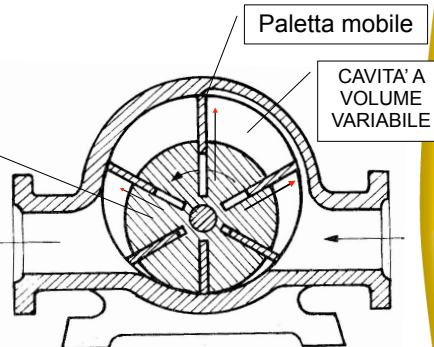


16

## COMPRESSORI VOLUMETRICI ROTATIVI

### COMPRESSORE ROTATIVO A PALE SCORREVOLI

Tamburo rotante disposto eccentricamente



- $Q_v$  modeste (fino a  $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ )
- $P$  fino a 3.5 bar
- $\eta_v$  basso (circa 0.6)

17

## COMPRESSORI ALTERNATIVI A PISTONE

- ➔ Costruttivamente analoghi alle pompe a pistone
- ➔ Possono essere a semplice o doppio effetto con valvole di aspirazione e mandata
- ➔ Possono raggiungere **pressioni elevatissime** (fino a centinaia di atmosfere)
- ➔  $Q_v$  elevate ( $12.000 \text{ m}^3/\text{h}$ )
- ➔ Motore elettrico o a manovellismo

18

## Compressori a stantuffo

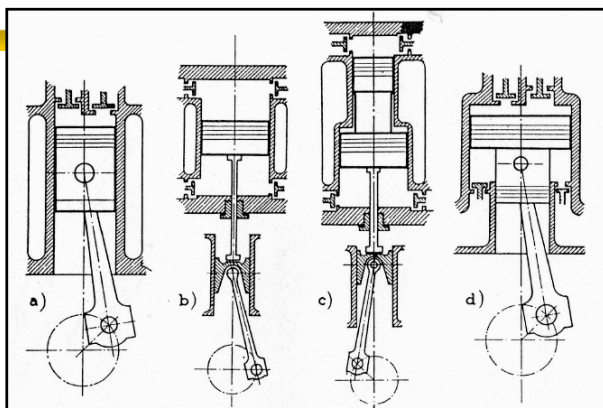


Figura 3.19: Possibili configurazioni di compressore volumetrico a stantuffo: a-compressore a semplice effetto, b-compressore a doppio effetto, c-compressore con effetti contrapposti e stantuffo a gradini, d-compressore con stantuffo differenziale

## TURBOCOMPRESSORI CENTRIFUGHI

- Dal punto di vista costruttivo sono simili alle pompe centrifughe multiple.
- Ogni girante comprime ulteriormente il gas che riceve dalla precedente

Rapporto di compressione

$$R = P_f / P_i$$

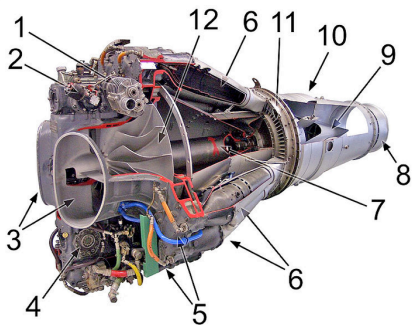
Aumentando il numero di giranti, aumenta  $R$ , ma diminuisce  $\eta$

- ➔ Max 4 - 5 giranti ciascuna con  $R = 1,2 - 1,3$ ,
- ➔ Max  $P = 5 \text{ atm}$



20

## Turbocompressore centrifugo



Spaccato di un compressore centrifugo di un motore turbogetto (de Havilland Goblin):

1. Compressore per il condizionamento dell'aria in cabina
2. Compressore per il sistema pneumatico (carrelli ed organi ausiliari)
3. Prese d'aria (fornite dalle prese d'aria alla radice alare)
4. Aggancio del motorino d'avviamento (non montato)
5. Tubicini di alimentazione degli iniettori all'interno della camera di combustione
6. 16 camere di combustione cannulari disposte attorno al motore
7. Albero principale, connette compressore e turbina
8. Cono posteriore (carenatura della turbina) dello scarico
9. Ugello di scarico
10. Manicotto attorno allo scarico che fornisce aria calda per il riscaldamento dell'abitacolo
11. Palettatura statica della turbina
12. Compressore centrifugo

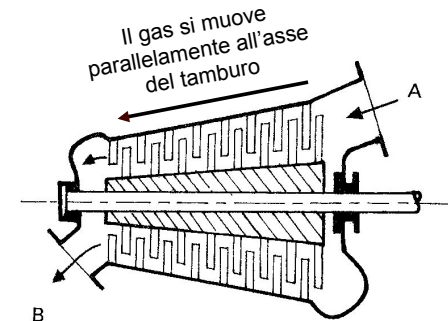
21

## TURBOCOMPRESSORI ASSIALI

Rapporto di compressione

$$R = P_f / P_i$$

$R = 10$  max,  
minore di quello dei  
compressori centrifughi



22

## POMPE MECCANICHE A VUOTO

- ⇒ capaci di realizzare il loro scopo mediante meccanismi dotati di moto rotatorio o alternato
- ⇒ Si dividono in:
  - alternative a stantuffo
  - a lobi
  - ad anello liquido

23

## POMPE MECCANICHE A VUOTO

- ⇒ **pompe a stantuffo**
  - Poco usate perché le elevate perdite volumetriche non fanno raggiungere pressioni molto basse
- ⇒ **pompe di Root**
  - Usate anche come pompe a vuoto
  - Creano **alti gradi di vuoto**

24

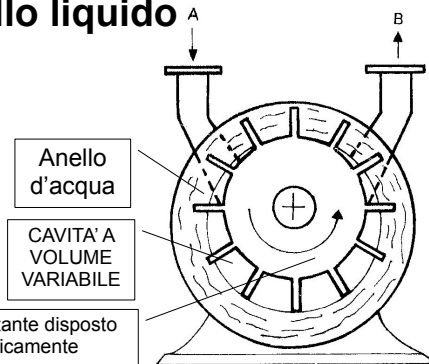
## POMPE MECCANICHE A VUOTO

### ➔ pompe ad anello liquido

Nell'industria chimica:  
pompaggio in presenza di  
liquidi e vapori nocivi

P limite è in relazione alla  
tensione di vapore  
dell'acqua alla T di lavoro  
della pompa

(20 - 25 Torr a 15 - 20°C)



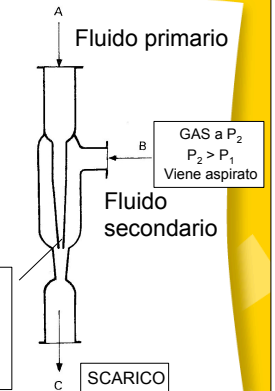
25

## POMPE AD INIETTORE ED EIETTORE

### ➔ POMPE A GETTO LIQUIDO

- In vetro
- Per piccole portate
- Dispositivi da **laboratorio**
- P = 20 - 25 Torr

Nella strozzatura  
aumenta la velocità e  
diminuisce la pressione  
(al valore  $P_1$ )  
Bernoulli



26