

**BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM**

**TRUNG TÂM CÔNG NGHỆ CƠ KHÍ
BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ**

GIÁO TRÌNH HỆ THỐNG KHÍ NÉN-THỦY LỰC

**Biên soạn: Nguyễn Ngọc Diệp
Lê Thanh Vũ
Nguyễn Đức Nam**

TP.Hồ Chí Minh 10/2007

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình *Hệ thống Khí nén - Thủy lực* do nhóm giảng viên Bộ môn Cơ điện tử thuộc Trung tâm Công nghệ Cơ khí - Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM biên soạn dựa trên cơ sở chương trình chi tiết của môn học. Giáo trình này dùng làm tài liệu học tập và tham khảo cho sinh viên khối chuyên ngành kỹ thuật ở 2 bậc học Đại học và Cao đẳng.

Với thời lượng qui định của môn học, nội dung Giáo trình được chia làm 2 phần:

Phần 1: Hệ thống Khí nén (Chương 1 đến Chương 5)

Phần 2: Hệ thống Thủy lực (Chương 6 đến Chương 10)

Riêng phần thực hành của môn học gồm các bài thực hành sẽ được đề cập trong giáo trình khác.

Quá trình biên soạn dựa trên các tài liệu kỹ thuật: "*Hệ thống truyền động bằng khí nén*" và "*Hệ thống truyền động bằng thủy lực*" của thầy Nguyễn Ngọc Phương; *Pneumatics - Basic Level 101, Hydraulics - Basic Level 501* của Festo Didactic; "*Practical Pneumatics*" 1998 Christopher M Stacey; "*Modern Hydraulics*" Milliam Wolansky, Arthur Akers.

Tuy đã được chỉnh sửa nhưng sẽ không tránh khỏi những sai sót, chúng tôi rất chân thành tiếp nhận và cảm ơn sự góp ý của độc giả về nội dung giáo trình.

Các đóng góp xin gửi về: *Bộ môn Cơ điện tử, Trung tâm Công nghệ Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM, 12 Nguyễn Văn Bảo, P4, Quận Gò Vấp - TP.HCM.*

**BM CƠ ĐIỆN TỬ
TRUNG TÂM CÔNG NGHỆ CƠ KHÍ**

PHẦN 1: HỆ THỐNG KHÍ NÉN

Chương 1: CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KHÍ NÉN

1.1. SỰ PHÁT TRIỂN CỦA KỸ THUẬT KHÍ NÉN

Ứng dụng của khí nén con người đã biết đến từ trước công nguyên thông qua các thiết bị bắn đá, bắn tên..., tiếp đến là một số phát sinh sáng chế của Klesibios và Heron như thiết bị đóng, mở cửa bằng khí nén; bom; súng phun lửa được ứng dụng.

Mãi cho đến thế kỷ 17 nhà kỹ sư chế tạo người Đức Otto von Guericke (1602-1689), nhà toán học và triết học người Pháp Blaise Pascal (1623-1662), nhà vật lý người Pháp Denis Papin (1647-1712) đã xây dựng nên nền tảng cơ bản ứng dụng khí nén.

Cho đến thế kỷ 19, một số thiết bị sử dụng năng lượng khí nén lần lượt được phát minh như việc vận chuyển trong đường ống bằng khí nén (1835), điều khiển thắng xe bằng khí nén (1880), búa tán đinh bằng khí nén (1861)...

Ngày nay việc ứng dụng năng lượng bằng khí nén trong kỹ thuật điều khiển đang phát triển khá mạnh. Các dụng cụ, thiết bị, phần tử khí nén mới được cải tiến, sáng chế và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, sự kết hợp khí nén với điện - điện tử sẽ mở ra nhiều triển vọng và nó sẽ là một trong những nhân tố quyết định sự phát triển của kỹ thuật điều khiển tự động.

1.2. KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA KHÍ NÉN

- Dùng cho các thiết bị công nghiệp, giao thông, dân dụng: búa máy dùng hơi, thiết bị nâng hạ, đồ gá kẹp dao trong máy CNC, đóng mở cửa xe bus...).
- Trong các dây chuyền sản xuất hoặc lắp ráp tự động: xúc rửa chai, đóng gói bao bì, lắp ráp các linh kiện điện tử...
- Các dụng cụ, thiết bị va đập: đục hơi, máy khai thác đá, khai thác than, thiết bị hầm mỏ...
- Có khả năng tạo chuyển động quay bằng khí nén với công suất lớn giá thành rất cao so với điện nhưng thể tích và trọng lượng rất nhỏ,
- Truyền động bằng khí nén có thể ứng dụng trong các lĩnh vực ở đó cần vệ sinh môi trường và an toàn cao, không gây cháy.

1.3. NHỮNG ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN & ƯU NHƯỢC ĐIỂM CỦA HTTĐ KHÍ NÉN

1.3.1. Những đặc trưng cơ bản của HTTĐ bằng khí nén

- *Độ an toàn khi quá tải*: khi hệ thống đạt được áp suất làm việc tới hạn, thì truyền động vẫn an toàn, không gây sự cố hư hỏng.
- *Tồn thất năng lượng*: Tồn thất áp suất và chi phí đầu tư mạng truyền tải bằng khí nén tương đối thấp so với bằng thủy lực nhưng cao so với truyền động điện.
- *Truyền động đơn giản và hiệu quả nhất* là khi cần tạo truyền động thẳng chỉ cần dùng các xi lanh khí nén.
- *Vận tốc truyền động*: dòng khí nén có thể tạo nên vận tốc khá cao cho các cơ cấu chấp hành (1- 2m/s).
- *Khả năng điều chỉnh lưu lượng và áp suất*: có khả năng điều chỉnh lưu lượng và áp suất một cách vô cấp.
- *Tốc độ xử lý tín hiệu* tương đối chậm hơn so với truyền động điện.

1.3.2. Ưu nhược điểm của HTTD bằng khí nén

a) Ưu điểm:

- Về số lượng: không khí có sẵn ở mọi nơi với số lượng không hạn chế.
- Về lưu trữ: không khí có thể nén được nên có thể dùng các bình chứa để lưu trữ, và có thể trích ra một lượng cần thiết để sử dụng.
- Không khí nén ít bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ và không gây cháy.
- Về mặt môi trường, không gây ô nhiễm và không phải xử lý trước khi thải ra môi trường.
- Cấu tạo các trang thiết bị cho hệ thống khí nén khá đơn giản và rẻ tiền, các phần tử được tiêu chuẩn hóa cao, dễ dàng thay thế, bảo dưỡng.

b) Nhược điểm:

- Lực truyền tải trọng thấp và bị khống chế bởi áp suất làm việc, thông thường hệ thống truyền động khí nén làm việc với áp suất 7 – 8 bar. Với áp suất này độ lớn lực công tác được giới hạn từ 20.000 - 30.000 N (tùy thuộc vào vận tốc và cấu hình của cơ cấu chấp hành).
- Dòng khí nén thoát ra ngoài thường gây tiếng ồn.
- Tốc độ xử lý tín hiệu thấp so với điện
- Do khả năng đàn hồi của không khí nén lớn cho nên khi tải trọng thay đổi dẫn đến vận tốc truyền cũng thay đổi, làm ảnh hưởng độ chính xác chuyển động.

1.4. CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ & ĐƠN VỊ ĐO

1.4.1. Các đại lượng vật lý thường dùng trong khí nén

a) Lực:

Đơn vị đo lực là Newton (N). Từ định luật 2 Newton: $F = m \cdot a$ [N]

Ta thấy, 1 Newton là lực gây cho một vật có khối lượng 1 kg gia tốc bằng 1 m/s^2

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2$$

Đơn vị lực cũ thường dùng: kG, kgf, kp (*kilopoud*) sẽ không được dùng từ sau 31/12/2005 (*)

$$\text{Theo đó: } 1 \text{ kp} = 9,806 \text{ N, thực tế người ta lấy: } 1 \text{ kp} = 10 \text{ N}$$

b) Áp suất: là tỉ số giữa lực tác dụng trên đơn vị diện tích

- Đơn vị đo áp suất theo hệ SI (và theo Nghị định 65) là Pascal (Pa)
- Pascal là áp suất do lực 1 Newton vuông góc và phân bố đều lên bề mặt diện tích 1 m^2 .

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Trong thực tế đơn vị Pascal khá nhỏ nên người ta thường sử dụng Megapascal (MPa) hoặc đơn vị khác là bar (bar là từ Hy Lạp "*baros*" nghĩa là "*trọng lượng*")

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ Mpa} = 10^5 \text{ Pa}$$

- Các nước Anh, Mỹ dùng đơn vị đo áp suất là PSI (*Pounds per Square Inch*)

$$1 \text{ PSI} = 6.894,76 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} \approx 14,5 \text{ PSI}$$

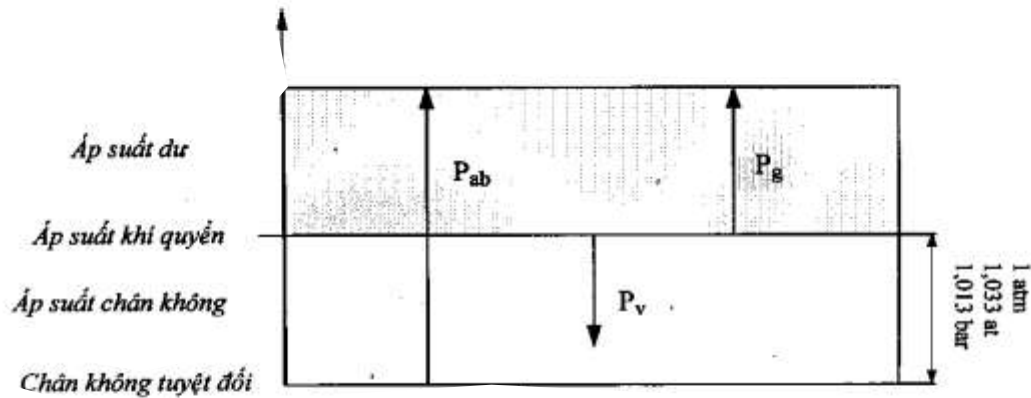
Chú ý: Theo (*) sẽ bỏ các đơn vị đo áp suất kể từ 31/12/2005 như sau:

- Atmosphê kỹ thuật: $1 \text{ at} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} \approx 1 \text{ kG/cm}^2$
- Mét cột nước (mH_2O): $\text{mH}_2\text{O} = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 10^{-1} \text{ at}$
- Torr (mmHg): áp suất dưới cột thủy ngân cao 1mm có $\rho = 13.595 \text{ kg/m}^3$, ở 0°C

(*) Điều 4, Nghị định 65/2001/NĐ-CP, ngày 28/9/2001 của TT Chính phủ về HT đơn vị đo lường VN

- Các dạng áp suất trong tính toán kỹ thuật
 - Áp suất tuyệt đối (*Absolute pressure*) P_{ab}
 - Chân không (*Vaccum*): P_v
 - Áp suất dư (*Gauge pressure*): P_g

Mối quan hệ giữa các loại áp suất thể hiện trên hình 1.1



Hình 1.1: Quan hệ các dạng áp suất

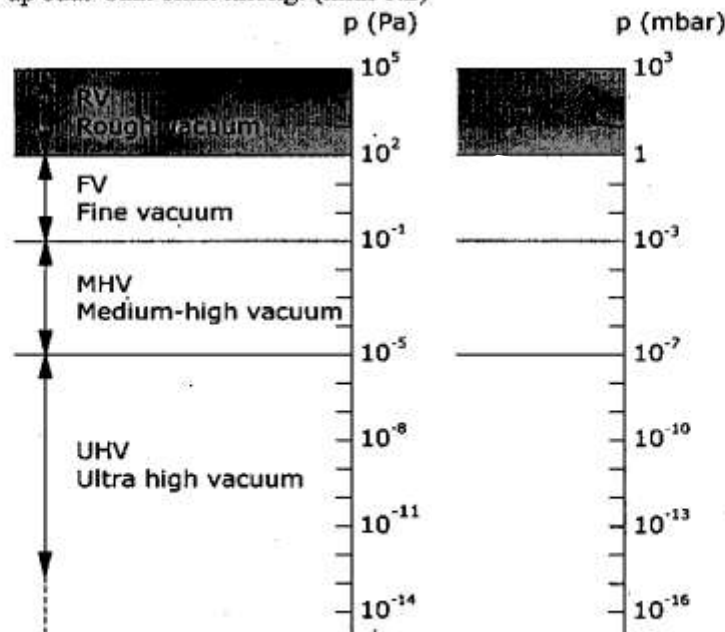
Áp suất hiển thị trên các áp kế là áp suất dư (P_g) là hiệu giữa áp suất tuyệt đối (P_{ab}) và áp suất khí quyển.

$$P_g = P_{ab} - 1 \text{ (atm)}$$

Áp suất ghi trên các chân không kế là hiệu giữa áp suất khí quyển và áp suất tuyệt đối

$$P_v = 1 \text{ (atm)} - P_{ab}$$

- Các dạng áp suất chân không: (hình 1.2)



Hình 1.2: Các dạng áp suất chân không

1.4.2. Các đơn vị đo

a) Các thông số cơ bản

| Thông số | Ký hiệu | Hệ kỹ thuật | Hệ SI |
|---------------------------------|---------|----------------------|---------------|
| Chiều dài (<i>Length</i>) | L | Mét (m) | Mét (m) |
| Khối lượng (<i>Mass</i>) | m | kp.s ² /m | Kilogram (kg) |
| Thời gian (<i>Timer</i>) | t | Giây (s) | Giây (s) |
| Nhiệt độ (<i>Temperature</i>) | T | °C | °K |

b) Các thông số dẫn suất

| Thông số | Ký hiệu | Hệ kỹ thuật | Hệ SI |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|
| Lực (<i>Force</i>) | F | Kilopond (kp) | Newton (N) |
| Áp suất (<i>Pressure</i>) | P | Atmosphere (at) | Pascal (Pa) |
| Diện tích (<i>Area</i>) | A | m ² | m ² |
| Thể tích (<i>Volume</i>) | V | m ³ | m ³ |
| Lưu lượng (<i>Flowrate</i>) | Q | m ³ /s | m ³ /s |
| K.lg riêng không khí | $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$ | | |

1.5. CÁC PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI NHIỆT ĐỘNG HỌC

Từ phương trình trạng thái nhiệt ta có các trường hợp:

- Khi nhiệt độ không đổi ($T = \text{const}$), ta có định luật **Boyle-Mariotte**
- Khi áp suất không đổi ($P = \text{const}$), ta có định luật **Gay-Lussac 1**
- Khi thể tích không đổi ($V = \text{const}$), ta có định luật **Gay-Lussac 2**
- Khi cả 3 đại lượng T, P và V đều thay đổi, ta có **phương trình trạng thái nhiệt**

1.5.1. Định luật Boyle-Mariotte:

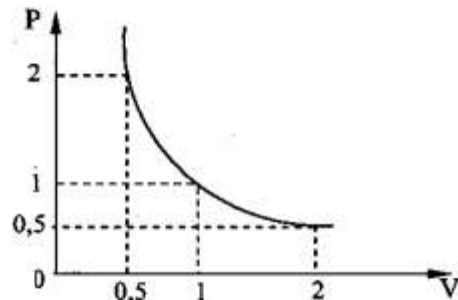
Ở nhiệt độ không đổi ($T = \text{const}$), thể tích và áp suất của một khối lượng khí xác định là một hằng số.

$$P \cdot V = \text{Const}$$

Nghĩa là $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_3 \dots\dots$

Hình 1.3 là đồ thị đẳng nhiệt

Hình 1.3: Đường đẳng nhiệt PV



1.5.2. Định luật Gay-Lussac:

a) Khi áp suất không đổi ($P = \text{const}$)

Khi áp suất không đổi, thể tích của một khối lượng khí xác định tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối của chất khí ấy.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Hoặc $V_1 \cdot T_2 = V_2 \cdot T_1$

Trong đó :

T_1 nhiệt độ tại thời điểm chất khí có thể tích V_1 [°K]

T_2 nhiệt độ tại thời điểm chất khí có thể tích V_2 [°K]

b) *Khi thể tích không đổi* ($V = \text{const}$)

Trong điều kiện thể tích không đổi, áp suất của một khối lượng khí xác định tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối của chất khí ấy.

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Hoặc $P_1 \cdot T_2 = P_2 \cdot T_1$

Trong đó :

P_1 áp suất tuyệt đối của chất khí ở thể tích V_1 [bar]

P_2 áp suất tuyệt đối của chất khí ở thể tích V_2 [bar]

1.5.3. Phương trình trạng thái nhiệt của chất khí:

Khi cả 3 thông số trạng thái nhiệt độ, áp suất, thể tích của một chất khí đều thay đổi để khảo sát mối quan hệ giữa các thông số trạng thái này ta sử dụng phương trình trạng thái nhiệt dạng tổng quát.

Từ tổng quát đã nêu trên ta có thể biến đổi

$$P \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

$$\Rightarrow \frac{P \cdot V}{T} = m \cdot R = \text{const}$$

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \frac{P_3 \cdot V_3}{T_3}$$

Trong đó: P Áp suất tuyệt đối chất khí, [bar]

V Thể tích chất khí, [m^3]

T Nhiệt độ chất khí, [$^{\circ}\text{K}$]

m Khối lượng chất khí [kg] ($m = V \cdot \rho$ [kg])

R Hằng số khí, với không khí $R = 29,27$

$$\Rightarrow m \cdot R = \text{Const}$$

1.5.4. Lưu lượng khí nén qua khe hở

Lưu lượng không khí qua khe hở được tính :

$$q_m = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A_1 \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho_1}} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Trong đó: α hệ số lưu lượng

ε hệ số giãn nở

A_1 diện tích mặt cắt của khe hở

$$A_1 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$\Delta p = (p_1 - p_2)$, áp suất trước và sau khe hở, [N/m^2]

ρ_1 khối lượng riêng của không khí, [kg/m^3]

Bài tập 1.1:

Người ta dùng một máy nén khí để nén không khí vào một bình chứa, ban đầu bình chứa thông với áp suất khí quyển. Cuối quá trình nén biết thể tích không khí trong bình chứa bị nén 7 lần. Hỏi lúc đó áp kế trên bình chứa chỉ áp suất bao nhiêu ?

$$(P = 6 \text{ atm})$$

Bài tập 1.2:

Một bình chứa khí có thể tích $V = 6\text{m}^3$ cần được nạp đầy không khí để áp kế của bình chỉ áp suất 9 bar. Tính thể tích của lượng không khí cần thiết của khí quyển (F.A - Free Air) được máy nén khí nén hút vào bình chứa ?

$$(V_2 = 54 \text{ m}^3)$$

Bài tập 1.3:

Trong một xi lanh của máy nén khí kiểu piston ở cuối hành trình hút có 2dm^3 không khí được hút vào với áp suất 1at và nhiệt độ là 47°C . Sau đó piston nén xuống làm cho thể tích hỗn hợp khí chỉ còn $0,2\text{dm}^3$ và áp suất tăng lên 15at.

Tính nhiệt độ của hỗn hợp khí nén ?

$$(T_2 = 480^\circ\text{K})$$

Chương 2 : HỆ THỐNG THIẾT BỊ SẢN XUẤT VÀ PHÂN PHỐI KHÍ NÉN

2.1. MÁY NÉN KHÍ

Máy nén khí là thiết bị sử dụng năng lượng cơ học của động cơ điện hoặc động cơ đốt trong để tạo ra năng lượng là nguồn không khí nén cung cấp cho các thiết bị hoặc các hệ thống khí nén.

2.1.1. Nguyên tắc hoạt động và phân loại máy nén khí

a). Nguyên tắc hoạt động:

Máy nén khí hoạt động dựa theo 2 nguyên lý cơ bản:

• Nguyên lý thay đổi thể tích:

Dựa vào sự thay đổi thể tích buồng hút và buồng nén, không khí được hút vào buồng hút của máy nén khí, sau đó bị nén vào bình chứa khí nén. Hoạt động theo nguyên tắc này có các loại máy nén khí kiểu pittông, bánh răng, cánh gạt.

• Nguyên lý động năng:

Không khí được dẫn vào buồng chứa, ở đó áp suất khí nén được tạo ra bằng động năng của bánh dẫn. Nguyên tắc hoạt động này có thể tạo ra lưu lượng và công suất rất lớn. Hoạt động theo nguyên tắc này có các loại máy nén khí kiểu ly tâm.

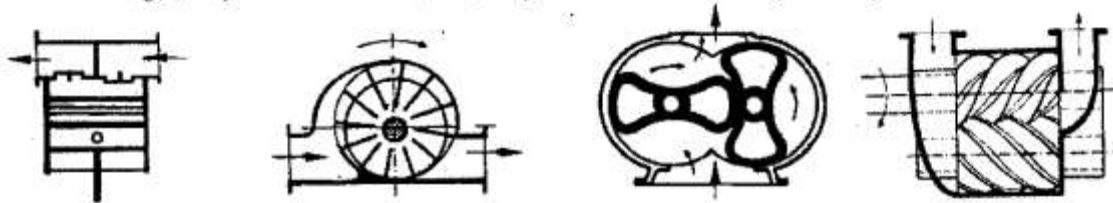
b). Phân loại:

• Theo áp suất sử dụng:

- Máy nén khí áp suất thấp: $P < 15 \text{ bar}$
- Máy nén khí áp suất cao: $P > 15 \text{ bar}$
- Máy nén khí áp suất rất cao: $P > 100 \text{ bar}$

• Theo nguyên lý hoạt động:

- Máy nén khí theo nguyên lý thay đổi thể tích: máy nén khí kiểu pittông, máy nén khí kiểu cánh gạt, máy nén khí kiểu cánh lồi, máy nén khí kiểu trục vít (hình 2.1).



a) Máy nén khí pittông b) Máy nén khí cánh gạt c) Máy nén khí cánh lồi d) Máy nén khí trục vít

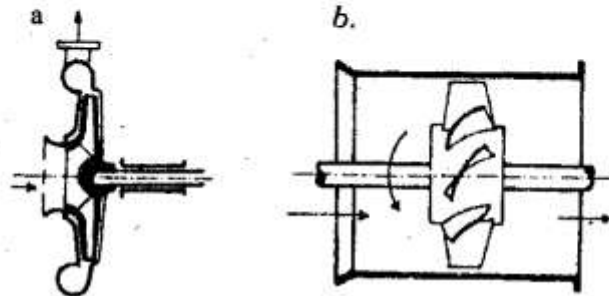
Hình 2.1: Các loại máy nén khí

- Máy nén khí tuabin: gồm máy nén khí ly tâm và máy nén khí theo chiều trục (hình 2.2)

Hình 2.2: Máy nén khí tuabin

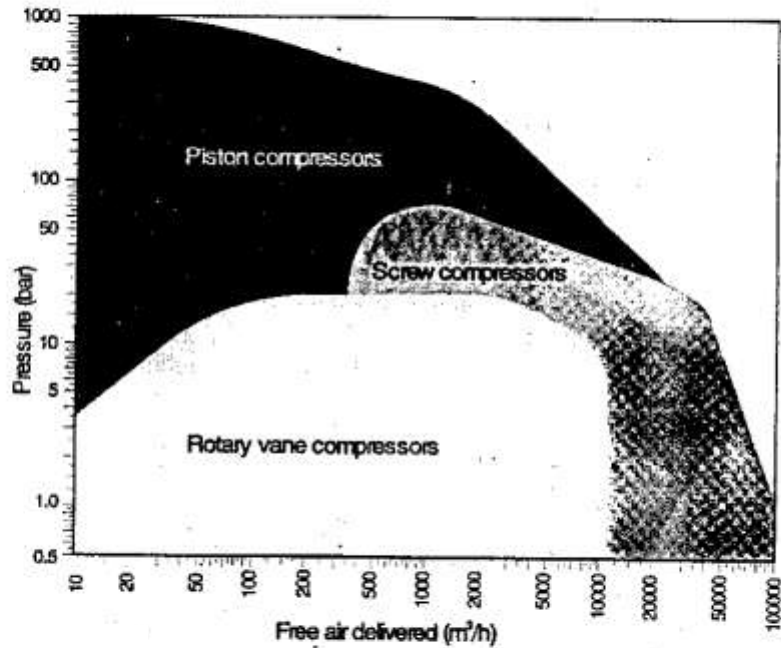
a) Máy nén khí ly tâm

b) Máy nén khí chiều trục



c). Phạm vi ứng dụng của các loại máy nén khí:

Khi chọn máy nén khí để sử dụng, các thông số kỹ thuật cần quan tâm là áp suất làm việc P và lưu lượng Q của máy nén khí. Hình 2.3 biểu diễn phạm vi ứng dụng của một vài loại máy nén khí thông dụng.



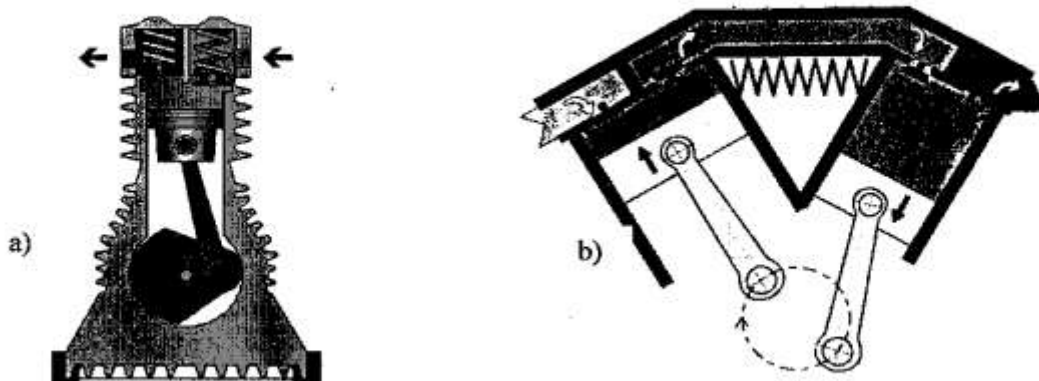
Hình 2.3: Phạm vi ứng dụng của máy nén khí

2.1.2. Máy nén khí kiểu piston (Reciprocating compressors)

Máy nén khí kiểu pittông hoạt động theo nguyên tắc thay đổi thể tích (buồng hút và buồng đẩy). Thông thường có 2 dạng:

- Máy nén khí kiểu pittông gián đoạn.
- Máy nén khí kiểu màng.

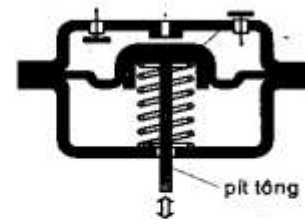
Hình 2.4a thể hiện nguyên lý hoạt động của một máy nén khí kiểu pittông 1 cấp. Máy nén khí loại này có thể hút được lưu lượng đến $10 \text{ m}^3/\text{ph}$ và áp suất nén lên đến 8 bar, trong một số trường hợp đặc biệt có thể lên đến 12bar. Trong thực tế để tăng áp suất, người ta có thể ghép nối tiếp các máy nén khí với nhau để tạo nên các loại máy nén khí pittông 2 cấp (Hình 2.4b), 3 cấp.



Hình 2.4: Nguyên lý hoạt động của máy nén khí kiểu piston

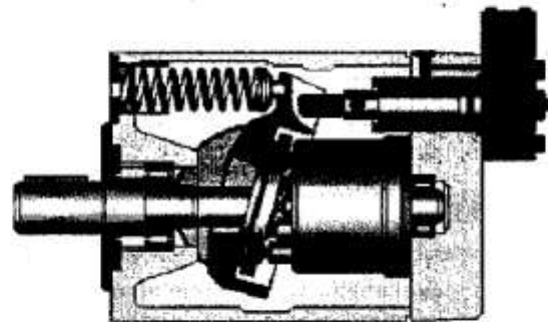
• Máy nén khí kiểu màng (*Diaphragm compressor*)

Hình 2.5 là sơ đồ nguyên lý máy nén khí kiểu màng. Nguyên tắc hoạt động tương tự máy nén khí kiểu pittông gián đoạn, ở đây pittông có cấu tạo dạng màng, được làm từ các vật liệu phi kim loại và chịu đàn hồi, mài mòn.



Hình 2.5: Máy nén khí kiểu màng

Hình 2.6 là sơ đồ cấu tạo của máy nén khí piston chiều trục (*Axial piston pump*).



Hình 2.6: Máy nén khí piston chiều trục

Lưu lượng máy nén khí kiểu pittông được tính :

$$Q_v = \eta \cdot V \cdot n \cdot 10^3 \text{ [m}^3\text{/phút].}$$

Trong đó: V: Thể tích khí nén tải đi trong 1 vòng quay, [lít]
 n: Số vòng quay của động cơ máy nén khí, [v/ph]
 η: Hiệu suất nén, [%]

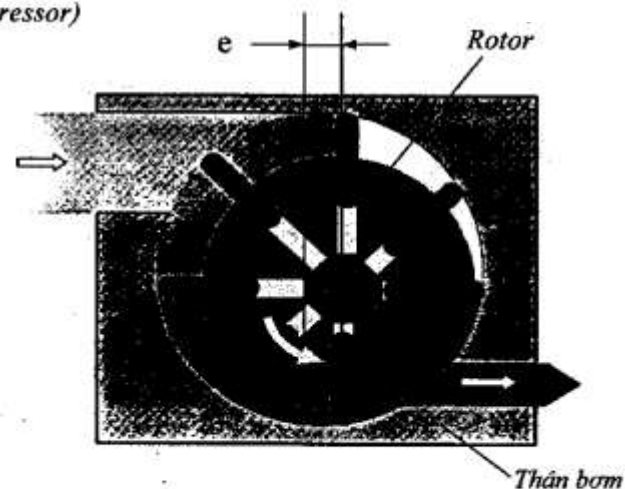
2.1.3. Máy nén khí kiểu cánh gạt (*Vane compressor*)

Máy nén khí cánh gạt gồm thân bơm và một rotor (hình 2.7), trên rotor xẻ các rãnh trượt để lắp các cánh gạt. Khi rotor quay, lực ly tâm làm các cánh gạt di trượt trong rãnh và chuyển động tựa theo mặt trong của thân bơm, làm hình thành vùng hút không khí vào, nén và đẩy vào bình chứa.

Lưu lượng của máy nén khí kiểu cánh gạt được tính theo công thức:

$$Q_v = 2 \eta (\pi D - Z \cdot \delta) e b n \text{ [m}^3\text{/ph]}$$

Trong đó: δ chiều dày cánh gạt [m]
 Z số cánh gạt
 n số vòng quay rôto [v/ph]
 η hiệu suất (η = 0,7 - 0,8)
 e độ lệch tâm [m]
 D đường kính stato [m]
 b chiều rộng cánh gạt [m]



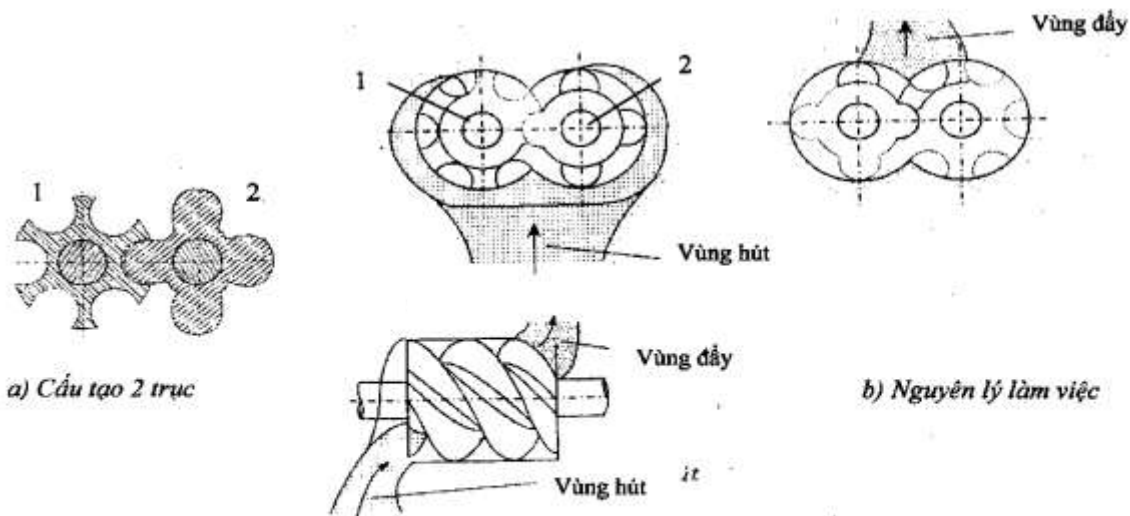
Hình 2.7: Nguyên lý hoạt động máy nén khí kiểu cánh gạt

2.1.4. Máy nén khí kiểu trục vít (Screw compressor)

a). Nguyên lý hoạt động:

Máy nén khí kiểu trục vít hoạt động theo nguyên lý thay đổi thể tích, thể tích khoảng trống giữa các răng sẽ bị thay đổi khi trục vít quay được 1 vòng.

Phần chính của máy nén khí kiểu trục vít gồm 2 trục: *trục chính* và *trục phụ*. Số răng (số đầu mối) của trục xác định thể tích làm việc (hút, nén) khi trục quay 1 vòng. Số răng càng lớn, thể tích hút-nén của 1 vòng quay sẽ nhỏ. Số răng (số đầu mối) của trục chính và trục phụ không bằng nhau sẽ cho hiệu suất tốt hơn. Trong hình 2.8, trục chính 2 có 4 đầu mối (4 răng) trục phụ 1 có 5 đầu mối (5 răng).



Hình 2.8: Máy nén khí kiểu trục vít.

Lưu lượng máy nén khí kiểu trục vít tính theo công thức:

$$Q_v = \eta \cdot q \cdot n \quad [\text{m}^3/\text{ph}]$$

q lưu lượng/vòng $[\text{m}^3/\text{vòng}]$

η Hiệu suất, η phụ thuộc số vòng quay n theo bảng:

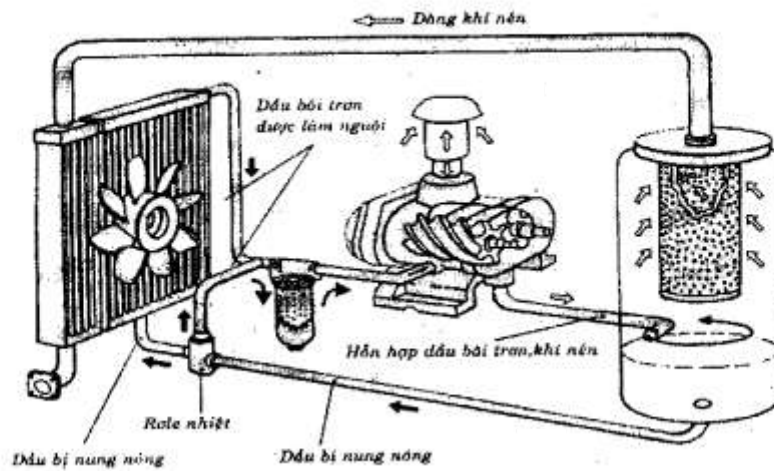
n số vòng quay trục chính [v/ph]

| n | η |
|-------|--------|
| 4.500 | 0,80 |
| 5.000 | 0,82 |
| 6.000 | 0,86 |

a) Sơ đồ hệ thống máy nén khí kiểu trục vít:

Máy nén khí trục vít thường sử dụng nhiều trong các ngành công nghiệp.

Khí nén cùng với dầu bôi trơn tạo thành hỗn hợp vào bình lọc (hình 2.9). Tại đây, khí nén thoát ra theo đường ống dẫn phía trên và dầu bôi trơn mang nhiệt theo đường dẫn phía dưới bình lọc. Khí nén được chuyển đến HT điều khiển, sau đó qua bộ phận làm mát bằng quạt gió. Tại đây dầu được làm nguội nhờ quạt gió sau đó qua role nhiệt về bình chứa



Hình 2.9: Sơ đồ HT máy nén khí trực vít có HT dầu bôi trơn

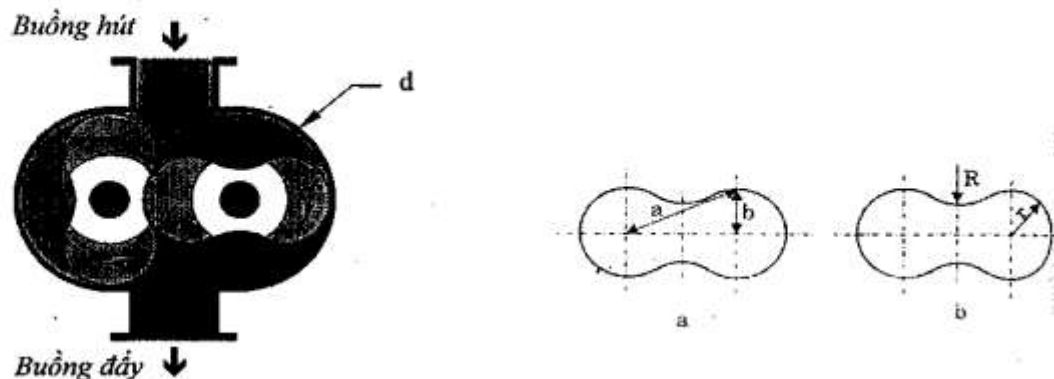
So với máy nén khí không có dầu bôi trơn máy nén khí có HT dầu bôi trơn có những ưu, nhược điểm:

- Nhiệt sinh ra trong quá trình nén sẽ được dầu bôi trơn hấp thụ.
- Khoảng cách trục ngắn vì chỉ cần truyền động cho trục chính, trong khí loại máy nén không dùng dầu bôi trơn, trục chính và trục phụ tách rời nhau, cho nên cần phải truyền động cả 2 trục.
- Tổn thất cơ học của máy nén khí có dầu bôi trơn lớn hơn so với máy nén khí không có dầu bôi trơn
- Vì lý do vệ sinh, các loại máy nén khí có dầu bôi trơn thường ít được dùng trong công nghiệp thực phẩm.

2.1.5. Máy nén khí kiểu cánh lồi

Máy nén khí kiểu cánh lồi gồm 2 hoặc 3 cánh quạt dạng hình số 8 (hình 2.10). Các pittông được quay đồng bộ nhờ bộ truyền động bên ngoài thân máy, trong quá trình quay các pittông này không tiếp xúc trực tiếp nhau. Như vậy khả năng hút của máy phụ thuộc vào khe hở giữa 2 pittông, khe hở giữa phần quay và thân máy.

Máy nén khí kiểu cánh lồi tạo áp suất không phải theo nguyên lý thay đổi thể tích mà có thể gọi là sự nén từ dòng phía sau. Điều đó có nghĩa là khi rôto quay được 1 vòng thì vẫn chưa tạo áp suất trong buồng đáy, cho đến khi rôto quay tiếp đến vòng thứ 2 thì dòng lưu lượng đó đẩy vào buồng lưu lượng ban đầu và cuối cùng mới vào buồng đáy.



Hình 2.10: Nguyên lý hoạt động của máy nén khí kiểu cánh lồi

Hiệu suất của máy với nguyên tắc này bị giới hạn. Tỉ số áp suất π thấp: một cấp $\pi = p_2/p_1 \sim 1,8$; hai cấp: $\pi = p_2/p_1 \sim 2,5$. Số vòng quay rôto $n = 400 - 7.000$ v/p. Tiết diện Pittông có dạng như hình 2.9a, trong đó: $a.b =$ hằng số, hoặc theo hình 2.10b, trong đó có 2 bán kính đặc trưng: r và R .

Lưu lượng máy nén khí kiểu cánh lồi được tính theo công thức:

$$Q_v = 2 \eta \cdot q \cdot n ; [m^3/ph]$$

Trong đó:

- η Hiệu suất ($\eta = 0,5 - 0,95$)
- n số vòng quay [v/ph]
- q Lưu lượng vòng lý thuyết [$m^3/vòng$]
 q được tính theo công thức
 $q = (0,25 \cdot \pi \cdot d^2 - A) b ; [m^3/vòng]$
- Với : d [m], A [m^2], b [m] xem hình 2.10

Nhược điểm chính của máy nén khí kiểu cánh lồi là làm việc ồn và áp suất làm việc thấp.

2.2. THIẾT BỊ XỬ LÝ KHÍ NÉN

2.2.1. Thành phần và yêu cầu cơ bản của không khí nén

a) **Thành phần:** Không khí trong khí quyển được hút vào và nén trong các máy nén khí, sau đó được đưa vào hệ thống khí nén, do vậy thành phần cơ bản của khí nén gồm:

- Các nguyên tố hóa học chính cấu thành: N_2 (78%), O_2 (20,9%), CO_2 ...
- Các chất bẩn, bụi (từ không khí), cặn bã phát sinh từ dầu bôi trơn máy, các bộ truyền cơ khí hoặc trên đường ống...
- Một đại lượng thường được quan tâm đến là lượng hơi nước chứa trong không khí nén.

b) Yêu cầu cơ bản của không khí nén:

Hơi nước, bụi, chất bẩn... là những thành phần gây ra các hiện tượng ăn mòn hóa, lý làm ảnh hưởng đến tuổi thọ và độ chính xác các thiết bị trong hệ thống. Do vậy yêu cầu cơ bản của nguồn không khí nén là cần phải loại bỏ hoặc hạn chế đến mức thấp nhất những tạp chất bẩn, bụi, bẩn và nhất là hơi nước...

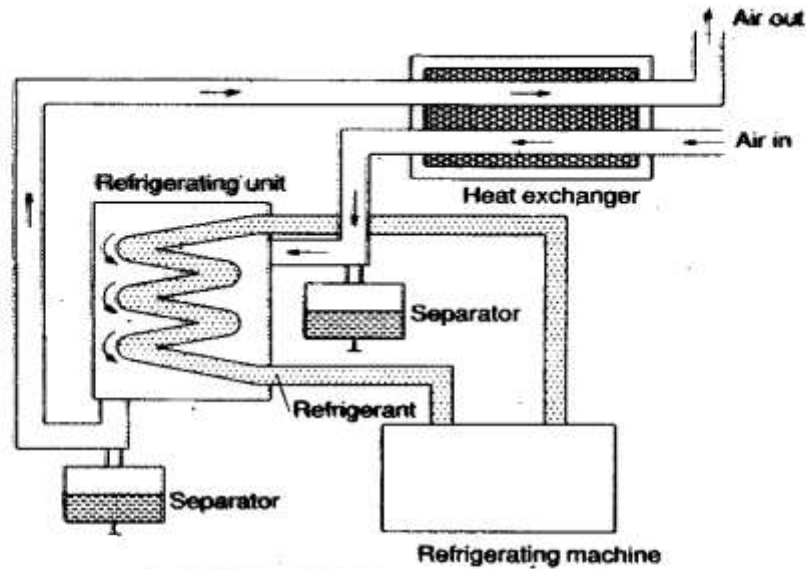
Để đánh giá chất lượng của khí nén, Hội đồng các Xí nghiệp Châu Âu PNEUROP đã chia chất lượng khí nén thành 5 loại, trong đó có tiêu chuẩn về độ lớn của chất bẩn, áp suất hóa sương, lượng dầu trong khí nén được xác định cho từng loại cụ thể. Hiện nay chưa có TCVN về chất lượng khí nén.

2.2.2. Các phương pháp xử lý khí nén

a) Sấy khô bằng môi chất lạnh:

Người ta thường dùng một môi chất lạnh để làm ngưng tụ và tách hơi nước khỏi không khí nén. Hình 2.11 thể hiện nguyên lý hoạt động của thiết bị sấy nhiệt độ thấp nhằm tách ẩm ra khỏi không khí nén. Sau khi sấy không khí nén khi có nhiệt độ khoảng $10^{\circ}C - 30^{\circ}C$.

Khí nén ẩm đi vào bộ trao đổi nhiệt (*Heat exchanger*) để hạ nhiệt sơ bộ, tại đây xảy ra quá trình trao đổi nhiệt giữa dòng khí nén khô, đi ra khỏi thiết bị với dòng khí nén ẩm đi vào thiết bị. Trước khi vào bộ làm lạnh (*Refrigerating unit*) một phần hơi nước trong không khí nén đã được tách ra qua bộ ngưng tụ (*Separator*). Ở bộ làm lạnh thứ hai này không khí nén được trao đổi nhiệt với nguồn môi chất lạnh. Khí ra khỏi bộ làm lạnh, hơi nước bị ngưng tụ dưới đáy bộ ngưng tụ thứ hai. Khí nén tiếp tục qua bộ trao đổi nhiệt (*Heat exchanger*) rồi đưa đến thiết bị tiêu thụ.

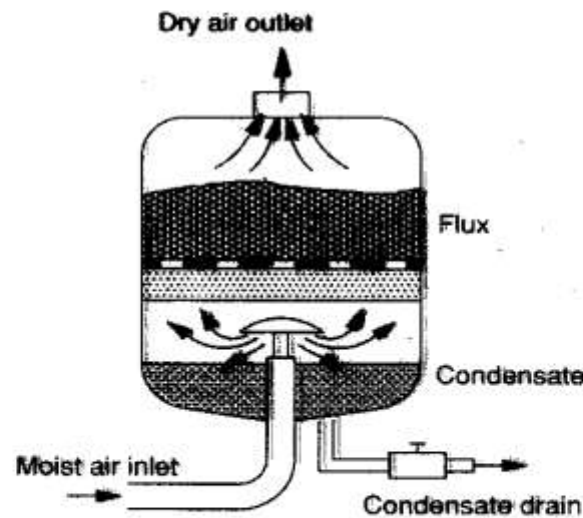


Hình 2.11: Thiết bị sấy bằng môi chất lạnh

b) Sấy khô bằng hấp thụ (Absorption drying):

Người ta dùng một chất sấy khô có tính chất háo nước để hấp thụ lượng hơi nước trong không khí ẩm. Chất hấp thụ thường dùng phổ biến hiện nay là Silicagel, có nhiệt độ điểm sương khoảng -50°C . Sau một thời gian sử dụng người ta phải tái tạo lại chất hấp thụ bằng cách sấy nó lên nhiệt độ khoảng 120°C - 180°C để khử ẩm.

Hình 2.12 là sơ đồ nguyên lý một bộ sấy khô bằng chất hấp thụ.



Hình 2.12: Sấy khô bằng hấp thụ

2.2.3. Bộ lọc:

a) Thành phần của bộ lọc:

Các thiết bị xử lý không khí nén nêu trên chủ yếu dùng trong qui mô công nghiệp hoặc khi có yêu cầu rất cao về không khí nén. Trong thực tế, ở một số lĩnh vực cần điều khiển đơn giản hoặc không yêu cầu khắt khe về chất lượng không khí nén (dùng cho các dụng cụ cầm tay, các thiết bị công tác truyền động bằng khí nén...) thì không nhất thiết phải sử dụng các thiết bị xử lý như đã nêu trên.

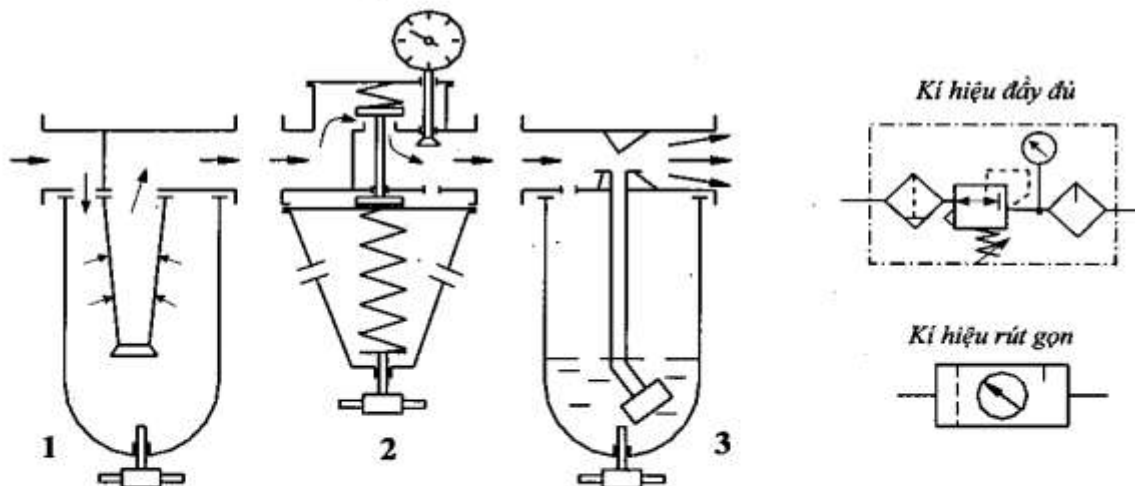
Trong trường hợp này, để bảo đảm tính linh động và hiệu quả trong sản xuất, người ta thường sử dụng cụm thiết bị có khả năng tách ẩm, ổn định áp suất đầu ra, thậm chí còn phối trộn dầu bôi trơn vào dòng không khí nén để bôi trơn cho hệ thống (hình 2.13). Cụm thiết bị này được gọi tắt là bộ lọc (*Air service unit*).



Hình 2.13: Hình dạng ngoài bộ lọc

Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của bộ lọc được thể hiện trên hình 2.14. Theo đó bộ lọc gồm 3 phần tử chính:

- Phần tử lọc áp suất (1) (*Compressure air filter*)
- Van điều áp (2) (*Compressure air regulator and gauge*)
- Van tra dầu (3) (*Compressure air lubricator*)



Hình 2.14: Nguyên lý hoạt động và ký hiệu của bộ lọc

Khi lựa chọn bộ lọc cần chú ý 2 điểm:

- Lưu lượng của bộ lọc (m^3/h) phải phù hợp với công suất sử dụng của hệ thống. Thông số này sẽ do nhà sản xuất qui định.
- Áp làm việc của hệ thống không được vượt quá áp suất cho phép của bộ lọc.

b) Chức năng, cấu tạo các phần tử của bộ lọc :

• **Phần tử lọc áp suất (Compressor air filter):**

Nhiệm vụ chính của phần tử lọc là loại trừ khỏi không khí nén những tạp chất, bụi... và tách hơi nước (hình 2.14)

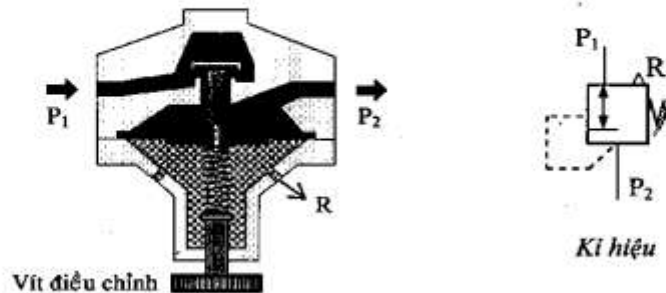
Người ta vận dụng 2 nguyên lý sau cho phần tử lọc:

- Chuyển động xoáy của dòng áp suất để tăng bề mặt và hiệu quả trình lọc.
- Dùng phần tử lọc xếp bằng các vật liệu thích hợp: vải, giấy, kim loại, vật liệu tổng hợp.

Tùy theo yêu cầu chất lượng khí nén mà chọn các phần tử lọc khác nhau. Kích thước lỗ lọc của các phần tử lọc thường từ $5\mu m - 70\mu m$. Trong trường hợp yêu cầu chất lượng khí nén rất cao, vật liệu phần tử lọc được chọn là sợi thủy tinh.

• **Van điều áp (Compressor air regulator):**

Van điều áp có công dụng giữ cho áp suất đã điều chỉnh ổn định mặc dù có sự thay đổi tải trọng làm việc ở đường ra, hoặc dao động của áp suất đường vào van. Như vậy nó có 2 chức năng cơ bản là *giảm áp* và *ổn áp*. Nguyên tắc hoạt động của van điều chỉnh áp suất thể hiện ở hình 2.15.



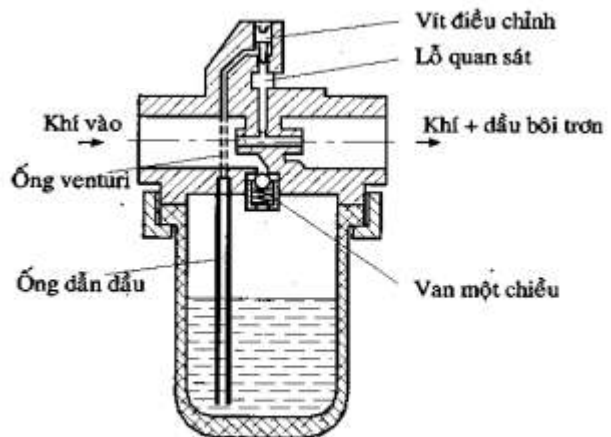
Hình 2.15: Van điều chỉnh áp suất

• **Van tra dầu (Compressor air lubricator):**

Chức năng chính của van tra dầu là phối dầu bôi trơn vào nguồn khí nén cung cấp cho hệ thống nhằm làm giảm lực ma sát, sự ăn mòn của các phần tử trong hệ thống (hình 2.16)

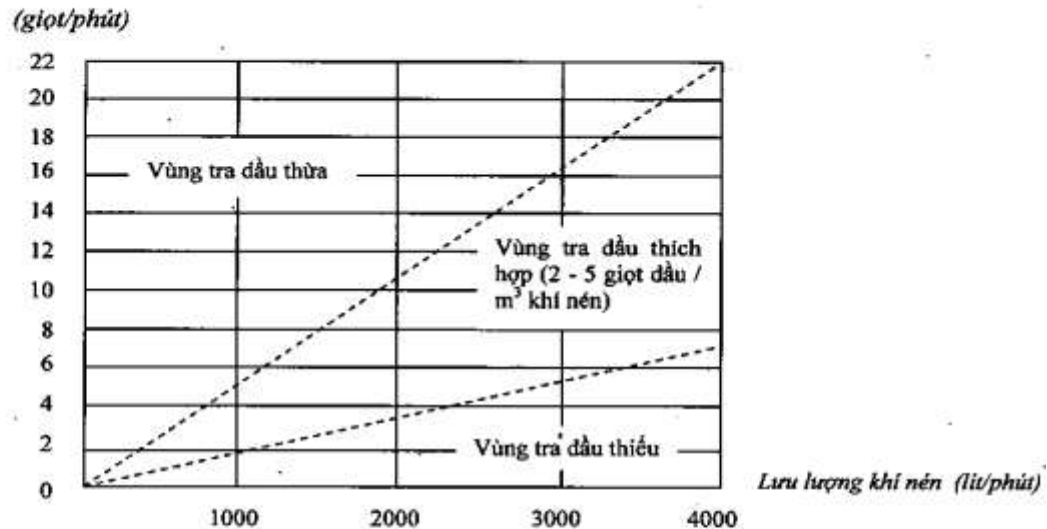
Việc tra dầu được thực hiện theo nguyên lý ống Venturi như đã nêu ở hình 2.16. Theo nguyên tắc này, điều kiện để dầu có thể qua ống venturi là tổn thất áp suất Δp qua khe hẹp phải lớn hơn áp suất cột dầu H.

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \left(1 - \frac{d^4}{D^4} \right) > \rho_{\text{dầu}} \cdot g \cdot H$$



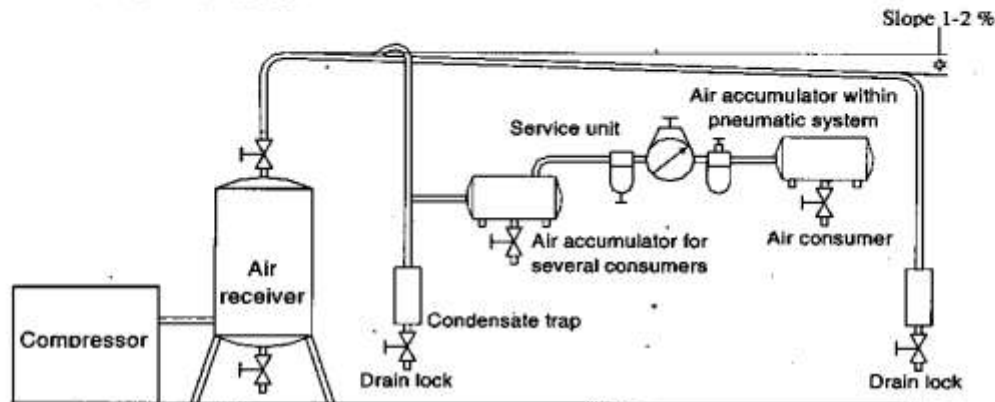
Hình 2.16: Van tra dầu

Phạm vi tra dầu phụ thuộc nhiều yếu tố như lưu lượng khí nén, tính chất quan trọng của hệ thống... Sơ đồ hình 2.17 chỉ ra vùng tra dầu thích hợp.



Hình 2.17: Vùng tra dầu thích hợp

2.3. BÌNH CHỨA KHÍ NÉN



Hình 2.18: Hệ thống thiết bị phân phối khí nén

2.3.1 Chức năng

- Lưu trữ khí nén, hạn chế việc máy nén phải làm việc liên tục.
- Giảm xung động và làm ổn định áp suất nguồn không khí nén của hệ thống.
- Chuyển đổi nhiệt của không khí nén, tích tụ và xả các chất bẩn, nước ngưng, cặn... có trong không khí nén.

2.3.2 Kích thước bình chứa:

Kích thước bình chứa phụ thuộc vào công suất của máy nén khí và công suất tiêu thụ của các thiết bị sử dụng. Mặt khác nó còn phụ thuộc vào đặc điểm các thiết bị sử dụng khí nén (là liên tục hay gián đoạn), và được xác định theo kinh nghiệm:

$$V = \frac{15 \cdot Q \cdot P}{\Delta P \cdot C}$$

Trong đó:

- V thể tích bình chứa [m^3]
- Q lưu lượng sử dụng [m^3/ph]
- P áp suất nạp của máy nén [kPaA]
- ΔP độ chênh lệch áp suất (*cut-in/cut-out*), [kPaA]
- C số lần khởi động trong 1 giờ.

2.3.3 Công thức kiểm tra chiều dày thành bình chứa:

2.3.4 Các loại bình chứa:

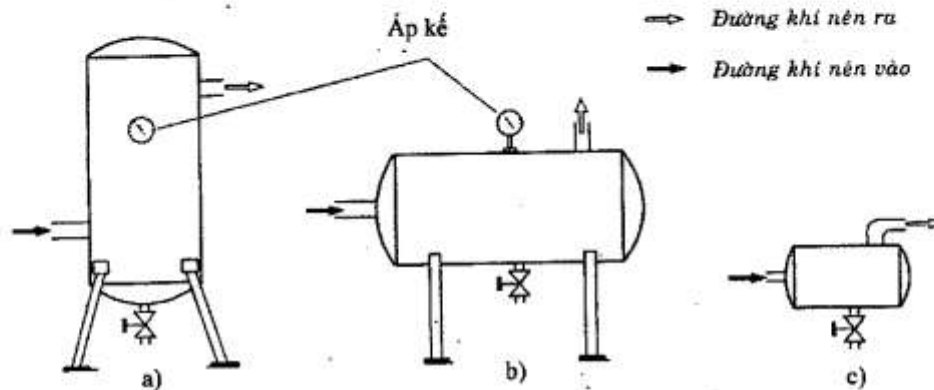
Tùy theo hình dáng, vị trí lắp đặt ta có 3 loại bình chứa khí nén khác nhau:

- Loại bình chứa thẳng đứng (hình 2.19a)
- Loại bình chứa nằm ngang (hình 2.19b)
- Loại bình chứa nhỏ gắn trực tiếp vào ống dẫn khí (hình 2.19c)

Các chú ý khi lắp đặt bình trích chứa khí nén :

- Đường ống khí nén ra nằm ở vị trí cao của bình chứa.
- Lắp đặt tại những vị trí thông thoáng, thuận lợi cho việc thao tác, kiểm tra và vệ sinh
- Luôn có van an toàn bảo vệ quá áp, áp kế hiển thị áp suất và van xả đáy.

Trước khi đưa vào sử dụng, các thiết bị chịu áp nói chung và bình chứa khí nén nói riêng đều phải được cơ quan có chức năng kiểm định và cấp phép sử dụng, nhất là các thiết bị cũ.



Hình 2.19: Các loại bình chứa khí nén

2.4. MẠNG ĐƯỜNG ỐNG DẪN KHÍ NÉN

Mạng đường ống dẫn khí nén có thể phân chia làm 2 loại:

- Mạng đường ống lắp ráp cố định (đường ống chính trong các nhà máy).
- Mạng đường ống lắp ráp di động (mạng đường ống đến các thiết bị)

2.4.1. Mạng đường ống lắp ráp cố định:

Thông số cơ bản cho mạng đường ống lắp ráp cố định gồm: lưu lượng khí nén, độ giảm áp suất, áp suất tổng thể của hệ thống, chiều dài ống dẫn và các phụ tùng nối ống. Ở mạng đường ống này thường sử dụng vật liệu ống dẫn là kim loại.

- **Lưu lượng:** Lưu lượng vận chuyển của hệ thống được xác định trên cơ sở mức tiêu thụ khí nén của các thiết bị và chu kỳ làm việc của chúng.

- **Độ giảm áp suất:** Là điều không tránh khỏi trong các hệ thống. Nó phụ thuộc vào vận tốc dòng khí, chất lượng ống dẫn, cấu trúc tiết diện trong các phụ kiện nối ống (các góc, chỗ uốn cong...). Vận tốc càng cao thì tổn thất áp suất càng lớn, vì vậy thường được khống chế $v \leq 10\text{m/s}$.

- **Chiều dài đường ống:** Chiều dài thực của đường ống: khoảng cách thực tế đo được từ máy nén khí đến cuối đường ống đối với hệ thống 1 đường, và là một nửa của tổng chiều dài của vòng đo được đối với hệ thống vòng tròn.

- **Đường kính ống:** có thể xác định bằng tính toán nhưng thông thường người ta hay dùng các dạng toán đồ (hình 2.20) kết hợp các bảng tra để xác định vận tốc dòng khí v như hình 2.21, hình 2.22. Trong đó, các thông số yêu cầu như áp suất p , lưu lượng q_v , tổn thất áp suất Δp và các thông số sẽ chọn là chiều dài ống dẫn L , đường kính trong của ống dẫn phụ thuộc lẫn nhau.

Ví dụ: Xác định đường kính trong của một ống phân phối chính để tải khí nén có áp suất $p = 8\text{bar}$, tổng chiều dài ống dẫn $L = 200\text{m}$, lưu lượng $q_v = 170$ lít/phút, tổn thất áp suất cho phép $\Delta p = 0,1\text{bar}$. Hệ thống phân phối gồm: 6 chỗ uốn có bán kính cong bằng 2 lần đường kính ống; 2 khuỷu ống, 4 chỗ nối hình T (90°) và 2 van trượt.

Ta lần lượt thực hiện các bước:

Chọn sơ bộ:

Từ các dữ liệu trên, đối chiếu với toán đồ ở hình 2.20 ta tìm được đường kính trong của ống dẫn sơ bộ là $\phi 70\text{mm}$

Chọn theo tổng chiều dài đường ống tương đương (Tra bảng)

| | | | |
|---------------------------|------------------------|---|-----|
| 6 chỗ uốn cong ($R=2d$) | $6 \times 0,5\text{m}$ | = | 3m |
| 2 khuỷu ống | $2 \times 5\text{m}$ | = | 10m |
| 4 chỗ nối T | $4 \times 7\text{m}$ | = | 28m |
| 2 van trượt | $2 \times 1\text{m}$ | = | 2m |

Vậy tổng chiều dài đường ống tương đương: 43m

Tra bảng (hình 2.20) để chọn lại với chiều dài tính toán của đường ống là 243m

Sau đó chọn lại đường kính ống dẫn khí nén cho phù hợp

