

MÁY NÉN

5.1. PHÂN LOẠI

Nhiệm vụ của máy nén là nâng áp suất cho một chất khí nào đó và cấp đủ lưu lượng cho quá trình công nghệ khác; tạo ra sự tuần hoàn của lưu thể trong chu trình (máy lạnh) hoặc duy trì áp suất chân không (có chân không, sấy thăng hoa) cho thiết bị khác, trong trường hợp này máy nén được gọi là bơm chân không. Máy nén có thể phân loại như sau:

a) Máy nén làm việc theo nguyên lý thể tích, gồm có: máy nén pittông, máy nén rôto cánh trượt, máy nén trục vít v.v...

b) Máy nén ly tâm.

c) Máy nén làm việc theo nguyên lý cánh năng.

d) Máy nén tuye.

e) Máy nén một hoặc nhiều cấp.

g) Theo đối tượng nén: máy nén không khí, máy nén khí CO₂, máy nén hơi NH₃, máy nén hơi freon v.v...

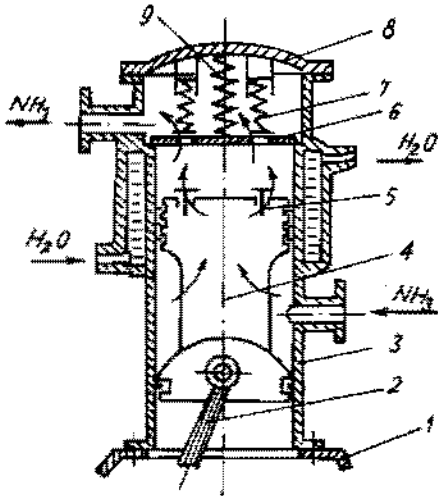
h) Theo đặc điểm cấu tạo: máy nén kín, nửa kín và nửa hở (đối với động cơ).

5.2. MÁY NÉN PITTÔNG

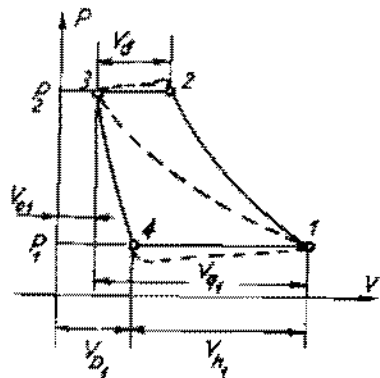
5.2.1. Quá trình hút và nén trong máy nén pittông một cấp

Máy nén pittông làm việc theo nguyên lý thể tích. Trong một máy nén loại này có thể có một hay nhiều cụm pittông và xilanh; pittông chuyển động qua lại (hoặc lên xuống) trong lòng xilanh. Đỉnh xilanh có lắp đĩa van đẩy (hoặc vừa đẩy vừa hút). Không gian trong lòng xilanh giới hạn giữa hai mặt phẳng vuông góc với trục xilanh đi qua hai điểm chết của pittông gọi là thể tích quét của pittông. Khi pittông chạy xa dần đĩa van là quá trình hút, ngược lại là quá trình nén đẩy. Mỗi một vòng quay của trục máy thì cụm pittông - xilanh thực hiện được một lần hút, nén đẩy chất khí nào đó. Thể tích hút lý thuyết của máy nén bằng thể tích quét của một pittông nhân với số pittông và nhân với số vòng quay của trục trong một phút. Thể tích của hơi hay khí mà máy hút

và nén trong một phút bằng thể tích hút lý thuyết nhân với hệ số cấp của máy nén. Áp suất của khí hay hơi: chảy vào máy nén gọi là áp suất hút và khí đi ra là áp suất đẩy. Khí bị nén thì chất khí tăng áp suất, giảm thể tích và tăng nhiệt độ. Dùng nước hoặc không khí mát để lấy bớt nhiệt lượng của khí bị nén và làm nguội máy. Vì vậy quá trình nén là quá trình đoạn nhiệt với chỉ số $n < k$ (chỉ số đoạn nhiệt). Hình 5.1 biểu diễn nguyên lý cấu tạo và hoạt động của máy nén pittông.



Hình 5.1. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của máy nén pittông:
 1 - thân máy; 2 - bi; 3 - xilanh;
 4 - pittông thùng (đĩa van hút lắp ở đỉnh pittông); 5 - van hút; 6 - đĩa van đẩy; 7 - van đẩy; 8 - nắp; 9 - lò xo ép đĩa van 6.



Hình 5.2. Đồ thị chỉ thị của máy nén pittông.

Hình 5.2 biểu diễn chu trình làm việc của máy nén pittông trên đồ thị $P - V$, còn gọi là đồ thị chỉ thị của máy nén pittông. Khi pittông ở điểm chết dưới là hoàn thành quá trình hút, thể tích hơi NH_3 mà máy hút được là V_{h1} , có áp suất là P_1 . Đường 1 - 2 là quá trình nén đa biến (khí pittông chuyển động từ dưới lên):

$$PV^n = \text{const.} \tag{5.1}$$

Ở trạng thái điểm 2 thì van đẩy 7 mở, hơi có áp suất P_2 tràn vào đường đẩy. Đường 2 - 3 là quá trình đẩy của máy, đây là quá trình đẳng áp:

$$P_2 = \text{const.} \tag{5.2}$$

Thể tích hơi đẩy vào ống đẩy là V_d . Điểm 3 ứng với lúc pittông đến điểm chết trên.

Dù chế tạo chính xác đến đâu thì không gian giữa mặt pittông và đĩa van đẩy 6 vẫn còn một giá trị là V_0 gọi là thể tích chết. V_0 cũng là thể tích hơi NH_3 còn lại sau quá trình đẩy có áp suất là P_2 . Khi pittông chuyển động xuống thì thể tích V_0 sẽ giãn ra thành V_D . Như vậy 3 - 4 là quá trình giãn nở của hơi NH_3 dư trong không gian chết,

đó cũng là quá trình đa biến với chỉ số n' :

$$PV^{n'} = \text{const.} \quad (5.3)$$

Đường 4 - 1 là quá trình hút hơi với áp suất P_1 của máy nén, quá trình này cũng là đẳng áp:

$$P_1 = \text{const.} \quad (5.4)$$

Như vậy đường vòng 1 - 2 - 3 - 4 - 1 là đồ thị chỉ thị lý thuyết (đường liền) của máy nén pittông.

Thực tế bao giờ cũng có tổn thất ở quá trình hút (4 - 1) và đẩy (2 - 3). Do có sức ỳ và trở lực của van hút nên áp suất trong xilanh máy nén phải thấp hơn P_1 thì van hút mới mở, và quá trình hút chạy từ 4 - 1 theo đường đứt đoạn. Tương tự cũng do sức ỳ và trở lực của van đẩy nên áp suất trong xilanh phải cao hơn P_2 thì van đẩy mới để hơi nén tràn vào ống đẩy. Vì vậy đường đẩy là đường đứt đoạn 2 - 3.

Giả sử không gian chết trong xilanh đủ lớn để khi nén từ áp suất P_1 đến P_2 thì toàn bộ hơi sẽ dồn vào không gian chết. Khi ấy đường nén sẽ là từ 1 đến 3. Khi pittông chuyển động ngược lại để thực hiện quá trình hút thì hơi từ không gian chết lại tràn ra chiếm toàn bộ thể tích như trước khi nén, quá trình lại đi từ 3 đến 1. Kết quả là máy vẫn chạy nhưng chẳng hút và đẩy được chút hơi nào. Hiệu quả của chu trình 1 - 3 - 1 là bằng không $\eta = 0$.

5.2.2. Công nén riêng, công suất và hiệu suất của máy nén pittông một cấp

5.2.2.1. Công nén riêng của máy nén pittông một cấp

Quá trình nén trong xilanh có thể là đoạn nhiệt với chỉ số k , đa biến với chỉ số $n > k$ hoặc $n < k$, đẳng nhiệt với $n = 1$.

Công nén riêng là công tiêu tốn để nén một kilogam hơi hay khí từ áp suất P_1 đến P_2 , nó được ký hiệu tùy thuộc quá trình nén như:

A_n - công nén riêng trong quá trình đa biến, thông thường máy nén được làm mát nên $n < k$;

A_1 - công nén riêng đẳng nhiệt;

A_k - công nén riêng đoạn nhiệt;

$$A_n = \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[\frac{T_2}{T_1} - 1 \right]; \quad (5.5)$$

$$n < k;$$

trong đó:

P_1, V_1 - áp suất và thể tích của hơi ở điểm đầu quá trình nén, $\frac{N}{m^2}, \frac{m^3}{kg}$;

T_1, T_2 - nhiệt độ đầu và cuối quá trình nén đa biến, °K.

Thay $P_1 V_1 = RT_1$ vào (5.5), ta có:

$$A_n = \frac{n}{n-1} R(T_2 - T_1); \quad (5.6)$$

$$A_k = \frac{k}{k-1} R(T_2 - T_1). \quad (5.7)$$

Thay $R = C_p - C_v$ và $k = \frac{C_p}{C_v}$ vào (5.7), ta có:

$$A_k = A_{ll} = C_p (T_2 - T_1) = (i_2 - i_1), \quad \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad (5.8)$$

trong đó:

A_{ll} - công nén riêng lý thuyết;

C_v - nhiệt dung riêng thể tích, kJ/kg. độ;

C_p - nhiệt dung riêng áp suất, kJ/kg. độ;

T_1, T_2 - nhiệt độ đầu và cuối của quá trình nén đoạn nhiệt, °K;

i_1, i_2 - entanpi của hơi lúc đầu và cuối quá trình nén, kJ/kg.

$$A_t = P_1 V_1 \ln \frac{P_2}{P_1}, \quad (5.9)$$

trong đó:

ln - lôgarit cơ số e.

5.2.2.2. Công suất của máy nén pittông một cấp

Công suất nén lý thuyết N_{ll} của máy nén được tính theo điều kiện (5.10) và cũng là công suất chỉ thị lý thuyết N_{ll}^* :

$$N_{ll}^* = N_{ll} = G_{ll} A_{ll} = \rho_1 V_q A_{ll}, \text{ kW}, \quad (5.10)$$

trong đó:

G_{ll} - khối lượng hơi hút nén được trong đơn vị thời gian, kg/s;

ρ_1 - khối lượng riêng của hơi lúc đầu quá trình nén, kg/m³;

V_q - thể tích quét của pittông, m³/s;

$$V_q = \frac{\pi D^2}{4} S z \frac{n}{60}, \text{ m}^3/\text{s}; \quad (5.11)$$

ở đây:

D - đường kính trong của xilanh, m;

S - khoảng chạy của pittông, m;

z - số pittông;

n - số vòng quay của trục máy, vg/ph.

Công thức (5.11) dùng cho máy có pittông tác dụng một phía. Khi pittông tác dụng hai phía thì V_q được tính như sau:

$$V_q = \frac{\pi D^2}{4} z S \left(\frac{n}{60} + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) z S \frac{n}{60} \right);$$

$$\text{hay: } V_q = \frac{\pi}{4} S z \frac{n}{60} (2D^2 - d^2), \text{ m}^3/\text{s}, \quad (5.12)$$

trong đó:

d - đường kính của cán pittông, m.

Công thức (5.10) chưa tính đến tổn thất thể tích và tổn thất năng lượng của máy nén. Tổn thất thể tích trong quá trình làm việc của máy nén được đánh giá bằng hệ số cấp λ :

$$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4, \quad (5.13)$$

trong đó:

λ_1 - ảnh hưởng của khoảng hại đến khả năng hút của máy nén. Nó phụ thuộc vào không gian chết và hiệu suất giữa trước và sau quá trình nén:

$$\lambda_1 = \frac{V_{h1}}{V_{q1}} \quad ; \quad (5.14)$$

ở đây:

V_{h1} và V_{q1} được tính từ đồ thị chỉ thị ở hình 5.2;

λ_2 - hệ số ảnh hưởng của quá trình trao đổi nhiệt giữa hơi và thành xilanh;

λ_3 - ảnh hưởng của độ kín các van hút cũng như đẩy khi đóng cũng như sự đóng mở đúng lúc của chúng;

λ_4 - ảnh hưởng độ kín của xecmăng và đệm kín giữa đĩa van ở đỉnh xilanh.

Thể tích hơi hay khí mà máy nén hút và nén được là V_1 :

$$V_1 = \lambda V_q, \text{ m}^3/\text{s}. \quad (5.15)$$

Hệ số cấp λ của máy nén phụ thuộc vào các máy được chế tạo và có thể tra đồ thị hay bảng.

Với các máy hiện đại thì các giá trị của $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ như sau:

$$\lambda_1 = 0,7 \div 0,9; \lambda_2 = 0,9 \div 0,95; \lambda_3 = 0,95 \div 0,98; \lambda_4 = 0,98 \div 0,99.$$

Công suất chỉ thị thực tế N_i^r cũng chính là công suất thực N_i (quá trình hút nén thực tế trong máy nén) được tính theo biểu thức sau:

$$N_i^r = N_i = V_q P_i k W, \quad (5.16)$$

trong đó:

P_i - áp suất chỉ thị trung bình, kN/m^2 ;

V_q - thể tích quét của máy nén, m^3/s .

5.2.2.3. Hiệu suất của máy nén pittông một cấp

Hiệu suất quá trình hút, nén trong máy nén pittông được đánh giá bằng hệ số năng lượng η_i :

$$\eta_i = \frac{A_n}{A_1} = \frac{G_n}{N_1} = \frac{i_2 - i_1}{\frac{N_1}{G_1}}, \quad (5.17)$$

trong đó:

A_{11} - công nén riêng lý thuyết:

$$A_{11} = i_2 - i_1, \text{ kJ/kg};$$

ở đây: i_1, i_2 - entanpi của hơi ở đầu và cuối quá trình nén lý thuyết, kJ/kg;

G_{11} - khối lượng lý thuyết mà máy hút được, kg/s:

$$G_{11} = \rho_1 \cdot V_q, \text{ kg/s}; \quad (5.18)$$

G_1 - khối lượng thực tế mà máy nén hút được với chu trình thực, kg/s:

$$G_1 = \rho_1 \cdot V_{11}, \text{ kg/s}. \quad (5.19)$$

Hệ số năng lượng η_i cũng tùy thuộc vào loại máy nén cụ thể, nó cũng được tra từ đồ thị hay bảng cùng với hệ số cấp λ .

Ngoài tổn thất năng lượng do sự sai lệch của quá trình thực với quá trình lý thuyết (quá trình đoạn nhiệt $n = k$), máy còn chịu tổn thất do ma sát ở các bộ phận chuyển động cơ học. Tổn thất này được thể hiện bằng hệ số hiệu dụng cơ học η_c :

$$\eta_c = \frac{N_l}{N_h}, \quad (5.20)$$

trong đó:

N_h - công suất hiệu dụng, kW :

$$N_h = \frac{N_l}{\eta_c} = \frac{N_{11}}{\eta} = N_1 + N_{ms}, \text{ kW}; \quad (5.21)$$

ở đây: N_{ms} - công suất khác phục ma sát:

$$N_{ms} = V_q \cdot P_{ms}, \text{ kW}; \quad (5.22)$$

ở công thức trên: P_{ms} - áp suất riêng ma sát, kN/m².

Để tính gần đúng ta có thể lấy:

$$\eta_c = 0,86 + 0,93.$$

Hệ số hiệu dụng chung là η :

$$\eta = \eta_i \cdot \eta_c. \quad (5.23)$$

Công suất đặt lên đầu ra của trục máy là N_h (chưa kể công suất khác cũng nhận truyền động từ trục máy như công suất bơm dầu v.v...); công suất đặt lên trục động cơ kéo máy nén là N_d ; nó được đánh giá bằng hệ số truyền động η_{td} :

$$\eta_{td} = \frac{N_h}{N_d}, \text{ kW}; \quad (5.24)$$

η_{td} - phụ thuộc vào bộ truyền như: truyền động trực tiếp, qua khớp mềm hay đai thang.

Từ công thức (5.24) ta có: $N_d = \frac{N_h}{\eta_{td}}, \text{ kW} \quad (5.25)$

5.2.3. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của máy nén pittông nhiều cấp

5.2.3.1. Nguyên tắc chia cấp nén

Khi bị nén, các chất khí hay hơi tăng nhiệt độ gắn liền với sự tăng áp suất. Nhiệt độ cuối mỗi lần nén phụ thuộc vào các yếu tố như: nhiệt độ đầu, bản chất mỗi loại khí và quá trình làm mát khí nén. Nhiệt độ cuối phụ thuộc vào tỷ số nén m :

$$m = \frac{P_2}{P_1} \quad (5.26)$$

trong đó:

P_1, P_2 - áp suất đầu, cuối quá trình nén.

Bảng 5.1 thể hiện sự phụ thuộc của nhiệt độ cuối quá trình nén vào m , phương pháp làm mát máy của không khí khi bị nén một lần.

Bảng 5.1

Tỷ số nén m	Nhiệt độ cuối của không khí, °K		
	nén đoạn nhiệt	nén đa biến làm mát xanh bằng nước	nén đa biến làm mát xanh, nắp bằng nước
2	358	337	325
4	438	402	372
6	493	454	409
8	536	493	443

Với máy có lưu lượng lớn thì nén một cấp chỉ áp dụng với $m \leq 4$. Đối với các chất khí nói chung thì nén một cấp giá trị $m \leq 8$ là tối đa, nên lấy $m = 7$.

Khi $m > 8$ thì phân chia cấp cho máy nén. Từ hai cấp trở lên gọi là nhiều cấp; số cấp được ký hiệu là c .

Nhiệt độ của hơi, khí cao sẽ làm cháy dầu bôi trơn, làm phân hủy các chất khí bị nén. Đối với tác nhân lạnh thì nhiệt độ cuối quá trình nén không được cao hơn 120°C (393°K).

Nén nhiều cấp không những làm mát máy ở từng cấp mà còn làm mát trung gian giữa hai cấp nén. Nhờ vậy nhiệt độ đầu của cấp thứ hai không thể cao bằng nhiệt độ cuối của cấp thứ nhất. Nhiệt độ của cấp sau phụ thuộc vào việc làm nguội trung gian. Ngoài ra nếu cùng nén đến một áp suất thì nén hai cấp tiết kiệm năng lượng hơn nén một cấp.

Nén nhiều cấp đòi hỏi máy nén phức tạp hơn về cấu tạo; khó vận hành, sửa chữa; giá thành ban đầu cao hơn.

Số cấp nén c phụ thuộc vào tỷ số nén m :

m	c
≤ 6	1
6 - 30	2
30 - 100	4
100 - 150	5
> 150	6 và nhiều hơn.

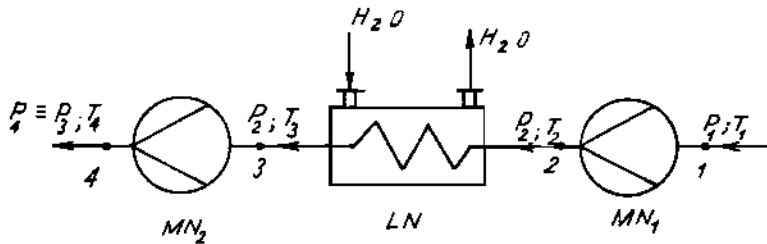
Công suất của mỗi cấp nén tính tương tự như máy nén một cấp. Công suất của máy nén nhiều cấp bằng tổng công suất của các cấp trong máy.

Thực hiện nén nhiều cấp bằng các máy nén khác nhau; bằng một máy nén có các cụm pittông - xilanh có đường kính khác nhau; bằng máy nén có pittông và xilanh phân bậc; bằng máy nén có các pittông và xilanh như nhau chia thành cụm có số lượng khác nhau.

5.2.3.2. Các dạng máy nén nhiều cấp

1. Thực hiện nén nhiều cấp bằng các máy nén một cấp, hoặc bằng máy một cấp với máy nhiều cấp

Phương pháp này tiện lợi là việc tính toán từng máy ở từng cấp thuận tiện như máy nén một cấp. Cái khó là làm sao chọn được cấp máy phù hợp về công suất, năng suất và các yêu cầu khác phù hợp với đối tượng cần nén. Hình 5.3 thể hiện cụm máy nén hai cấp bằng hai máy nén một cấp.



Hình 5.3. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của máy nén pittông hai cấp: MN_1 , MN_2 - máy nén thấp áp, máy nén cao áp; LN - thiết bị làm nguội trung gian bằng nước.

Trong hệ thống lạnh thì việc làm nguội trung gian có thể thực hiện bằng chính sự bay hơi trung gian của tác nhân lạnh.

2. Thực hiện nén nhiều cấp bằng một máy nén có các cụm pittông - xilanh có đường kính khác nhau

Loại này có ưu điểm là gọn hơn so với hai máy riêng biệt, việc phân bố tỷ số nén được xác định. Dung tích nén của mỗi cụm quyết định đường kính xilanh và số xilanh

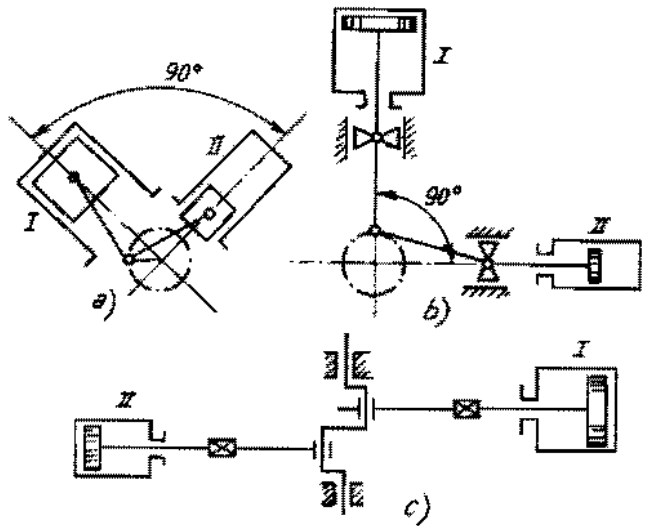
của cụm ấy, phù hợp với cụm kia. Máy dễ dàng trong vận hành, có thể điều chỉnh năng suất bằng tự động. Kiểu này được sử dụng nhiều trong thực tế ở nhiều nước khác nhau. Với công suất vừa thì máy có các pittông sắp theo hình chữ V hay W.

Máy có đường kính xilanh lớn thì các cụm pittông có thể đặt vuông góc nhau, hay đặt nằm ngang và ngược chiều nhau (xem hình 5.4).

3. Nền hai cấp bằng pittông phân bậc tác dụng hai phía

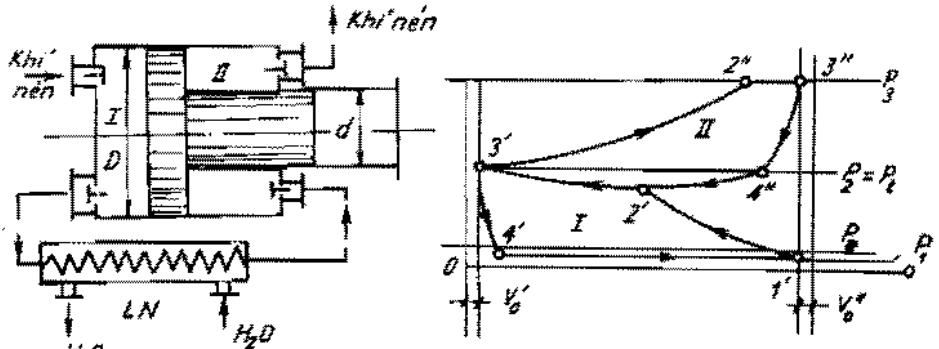
Loại máy này được thể hiện ở hình 5.5 a, chu trình nén ở hình 5.5 b. Cấu tạo của máy gồm xilanh và pittông phân bậc. Không gian I là phía áp suất thấp, II là phía áp suất cao, LN là thiết bị làm nguội trung gian bằng nước.

Nguyên lý hoạt động của nó như sau: khi pittông chuyển động từ trái qua phải thì phía không gian I thực hiện quá trình giãn nở V_0' là $3' - 4'$, hút $4' - 1'$ với áp suất $P_1 < P_2$ (áp suất khí quyển vì đây là máy nén không khí). Đồng thời xảy ra quá trình nén $3' - 2''$ và đẩy $2'' - 3''$ trong không gian II. Khi pittông chuyển động từ phải qua trái thì trong I xảy ra quá trình nén $1' - 2'$, đẩy $2' - 3'$. Điểm $2'$ là trạng thái khi van đẩy của I mở ở áp suất nhỏ hơn $P_2 = P_1$ (áp suất trung gian). Đồng thời trong không gian II xảy ra quá trình giãn nở khí chứa trong không gian chết V_0'' là $3'' - 4''$.



Hình 5.4. Nguyên lý cấu tạo của máy nén pittông có đường kính xilanh khác nhau:

I - xilanh thấp áp; II - xilanh cao áp; a) xilanh sắp theo dạng chữ V; b) xilanh sắp vuông góc với nhau (một thẳng đứng, một nằm ngang); c) xilanh sắp nằm ngang và đối diện.



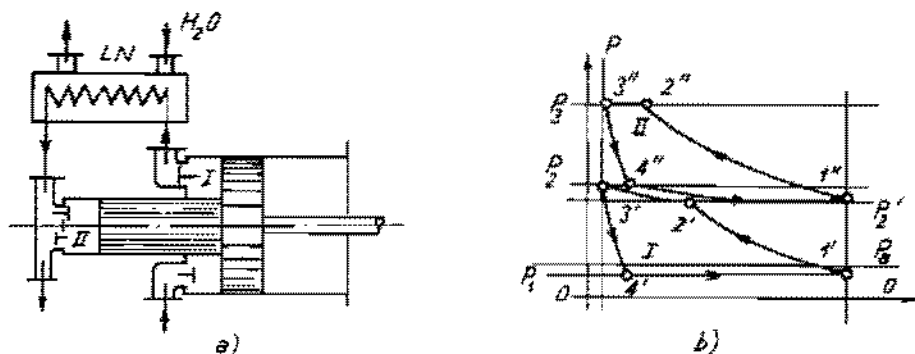
Hình 5.5. Máy nén hai cấp với pittông phân bậc
a) nguyên lý cấu tạo; b) đồ thị chỉ thị.

và quá trình hút khí từ thiết bị làm nguội LN là $4'' - 2' - 3'$.

Đường kính xilanh D và đường kính phần nhỏ (giống như cán) của pittông phải đảm bảo cho hai dung tích I và II lúc lớn nhất phải theo tỷ lệ áp suất nén. Loại này có cấu tạo đơn giản.

4. Nén hai cấp bằng pittông phân bậc tác dụng một phía

Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của máy loại này được thể hiện ở hình 5.6a,b.



Hình 5.6. Máy nén hai cấp với xilanh và pittông cũng phân bậc:
a) cấu tạo; b) đồ thị chỉ thị.

Do tác dụng một phía nên quá trình hút xảy ra đồng thời ở phía thấp áp I và cao áp II; đương nhiên khi nén cũng đồng thời ở I và II. Ở máy nén loại này cần có không gian chứa khí nén của thiết bị làm nguội LN đủ lớn để tránh biến động áp suất từ P_2' đến P_2 quá lớn. Với cấp thấp I thì: $3' - 4'$ là giãn nở khí còn dư ở không gian chết, $4' - 1'$ là quá trình hút, $1' - 2'$ là nén, tại $2'$ thì van đẩy của I mở khí tràn vào LN, $2' - 3'$ là quá trình đẩy. Với cấp cao: $3'' - 4''$ là giãn nở; $4'' - 1''$ là hút khí từ LN, áp suất hút tại $1''$ bằng áp suất tại $2'$ là P_2' ; $1'' - 2''$ là nén; $2'' - 3''$ là đẩy.

Máy nén loại này cho lưu lượng không đồng đều ở cả hai cấp; vì vậy lực phân bố theo thời gian cũng không đồng đều. Để máy chạy êm thì cần có bánh đà có khối lượng đủ lớn.

Ngoài ra còn máy nén pittông phân bậc nhiều cấp khác, xem tài liệu [2]; [3].

5.2.4. Điều chỉnh năng suất của máy nén pittông

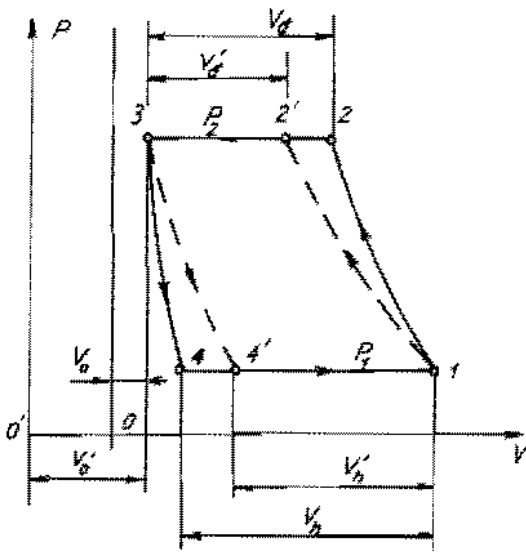
Các máy nén đều gắn liền với hệ thống mà nó phục vụ. Khi máy nén dùng để tạo ra dòng không khí có áp suất phục vụ cho nguồn tiêu thụ của công nghệ nào đó, thì áp suất hút của nó luôn là P_0 (áp suất khí quyển nơi đặt máy), còn áp suất đẩy (ở cửa ra của cấp cao nhất) luôn phụ thuộc vào nguồn tiêu thụ nhiều hay ít hơn năng suất của máy. Trong hệ thống lạnh thì năng suất của máy nén gắn liền với năng suất lạnh của hệ thống. Năng suất nhiệt của các thiết bị bay hơi lớn hay nhỏ hơn năng suất của

máy nén sẽ dẫn tới áp suất hút của nó sẽ cao hay thấp. Mặt khác, năng suất của máy nén tăng hay giảm sẽ làm áp suất ngưng tụ (hay trung gian) sẽ cao hay thấp.

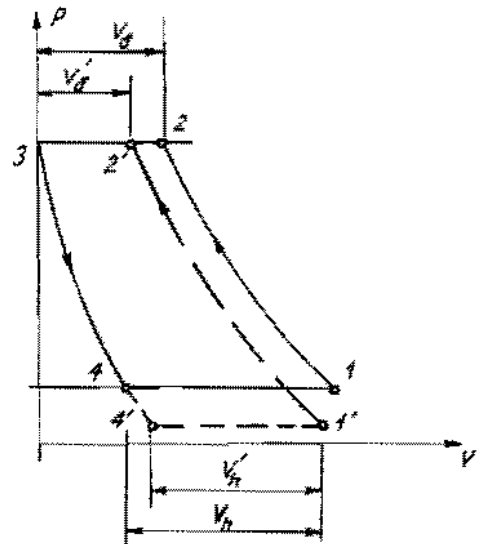
Như vậy điều chỉnh năng suất của máy nén nhằm đáp ứng yêu cầu công nghệ sử dụng khí nén, sao cho năng suất, chất lượng tốt nhất, giá thành hạ, tuổi thọ máy được lâu dài, an toàn.

Điều chỉnh năng suất của máy nén gắn liền với áp suất hút và đẩy của nó. Điều chỉnh có thể bằng thủ công hay tự động. Điều chỉnh bằng thủ công đơn giản nhưng độ chính xác và an toàn kém. Điều chỉnh tự động thì chính xác, an toàn nhưng giá đầu tư cao. Năng suất khí (hơi) nén của máy nén ở mỗi cấp được thể hiện ở công thức (5.11), (5.12), (5.15). Từ các công thức trên ta thấy các đại lượng chủ yếu là: đường kính D , quãng đường S , số vòng quay n , số pittông z , hệ số khoảng hại λ_1 . Đường kính D và quãng chạy S thường không thay đổi khi đã chế tạo, nên chúng không tham gia điều chỉnh năng suất. Tỷ số của chúng thường là:

$$\frac{S}{D} = 0,6 \div 0,9 \text{ và } \frac{S}{D} = 1 \div 1,5 \text{ cho máy nén pittông tác dụng hai phía dùng cho NH}_3.$$



Hình 5.7. Đồ thị chỉ thị bị biến dạng khi dùng pittông đối đỉnh để tăng khoảng hại trong xilanh.



Hình 5.8. Sự biến dạng của đồ thị chỉ thị khi chặn bớt cửa hút.

a) Điều chỉnh năng suất thông qua số vòng quay n của trục máy là tốt nhất, nhưng cần có động cơ thay đổi được số vòng quay. Đối với động cơ đốt trong, hay tuabin dùng kéo máy nén thì dễ dàng thay đổi số vòng quay hơn động cơ điện.

b) Máy nén có một cụm pittông - xilanh thì có thể điều chỉnh thông qua hệ số khoảng hại λ_1 , tăng hay giảm dung tích khoảng hại.

Dùng pittông có cơ cấu dịch chỉnh lắp ở đầu xilanh đối đỉnh với pittông làm việc.

Khi cần giảm năng suất của máy nén thì dịch xa pittông phụ để tăng không gian chết, và ngược lại. Phương pháp này tối đa có thể giảm 50% năng suất và thường áp dụng cho máy nén cỡ vừa và lớn. Phương pháp này không kinh tế. Xem hình 5.7 ta thấy $V'_h < V_h$, $V'_d < V_d$.

c) Dùng van và đường vòng để xả khí từ cửa đẩy về cửa hút của máy. Cách này đơn giản song cũng không kinh tế, đồng thời làm tăng cao nhiệt độ khí nén.

d) Dùng van chặn giảm bớt hơi hút về máy.

Phương pháp này có thể thực hiện bằng thủ công hay tự động. Từ hình 5.8 ta thấy $V'_h < V_h$. Bởi vì khi đóng bớt van chặn cửa hút thì áp suất hút chỉ thị giảm xuống $P'_1 < P_1$ nên chu trình sẽ là 1' - 2' - 3 - 4'.

e) Kênh xupap hút (làm cho các van hút của máy nén luôn ở trạng thái mở).

Phương pháp này được ứng dụng rộng rãi trong các loại máy nén pittông một cấp và nhiều cấp có nhiều cụm pittông - xilanh. Cứ cụm pittông - xilanh nào bị kênh là van hút là năng suất của nó bằng không vì hơi được hút vào xilanh bao nhiêu sẽ lại quay ra khỏi xilanh trở về khoang hút bấy nhiêu. Cách này không áp dụng được cho máy nén thẳng dòng (với pittông thùng có van hút lắp ở đỉnh).

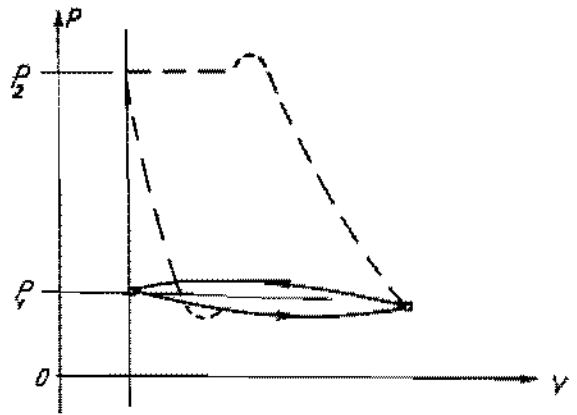
Muốn giảm bao nhiêu năng suất thì làm kênh bấy nhiêu cụm van hút. Đường liền ở đồ thị chỉ thị trên hình 5.9 là khi kênh van hút. Đường đứt đoạn là làm việc bình thường.

Muốn làm kênh các lá van hút người ta dùng cơ cấu gồm: cụm pittông - xilanh nhỏ dùng áp lực của khí nén ở cửa đẩy hay dùng áp suất dầu và các thanh truyền dẫn đến tận lá van hút hình tròn hay hình vành khăn (chữ o).

Áp suất của khí hay dầu tác dụng lên pittông và có cấu tạo ra lực đủ nâng kênh lá van, hoặc ép lá van hút (tùy cấu tạo) và giữ nó luôn mở. Việc điều khiển cơ cấu có thể bằng tay hay tự động. Thông số tín hiệu để mắt người ta nhìn thấy (khi điều chỉnh thủ công) hay role áp lực cảm nhận (khi điều khiển tự động) là áp suất hút (với hệ thống lạnh v.v...) hay áp suất đẩy (máy nén không khí v.v...) role áp suất sẽ đưa tín hiệu đóng hay mở van điện từ trên đường ống dẫn hơi hay dầu đến cơ cấu điều chỉnh.

5.2.5. Cấu tạo của máy nén pittông

Kết cấu cụ thể của các máy nén pittông rất đa dạng. Tuy vậy từng máy đều có các bộ phận chính yếu sau đây: thân máy, trục khuỷu hay lệch tâm, xilanh, pittông, biên,



Hình 5.9. Đồ thị chỉ thị khí kênh van hút trong máy nén pittông.

con trượt, ác pittông các van hút và van đẩy, hệ thống bơm dầu bôi trơn, hệ thống làm mát máy, các đồng hồ áp lực đầu, áp lực mỗi cấp nén, hộp đệm kín cho các pittông và đầu trục ra của máy nén phía nhận truyền động từ động cơ, các van chặn đặt ở cửa hút, đẩy, van trên đường nối tắt, van an toàn, bảng điều khiển. Kích cỡ của các bộ phận, sự sắp xếp của chúng phụ thuộc vào năng suất m^3/s ; hay W, kW, kcal/h (đối với máy nén hơi lạnh trong máy lạnh nén); phụ thuộc dạng máy nén: nằm ngang, thẳng đứng, chữ V, W, máy nén cơ động cơ kín, nửa kín và hở.

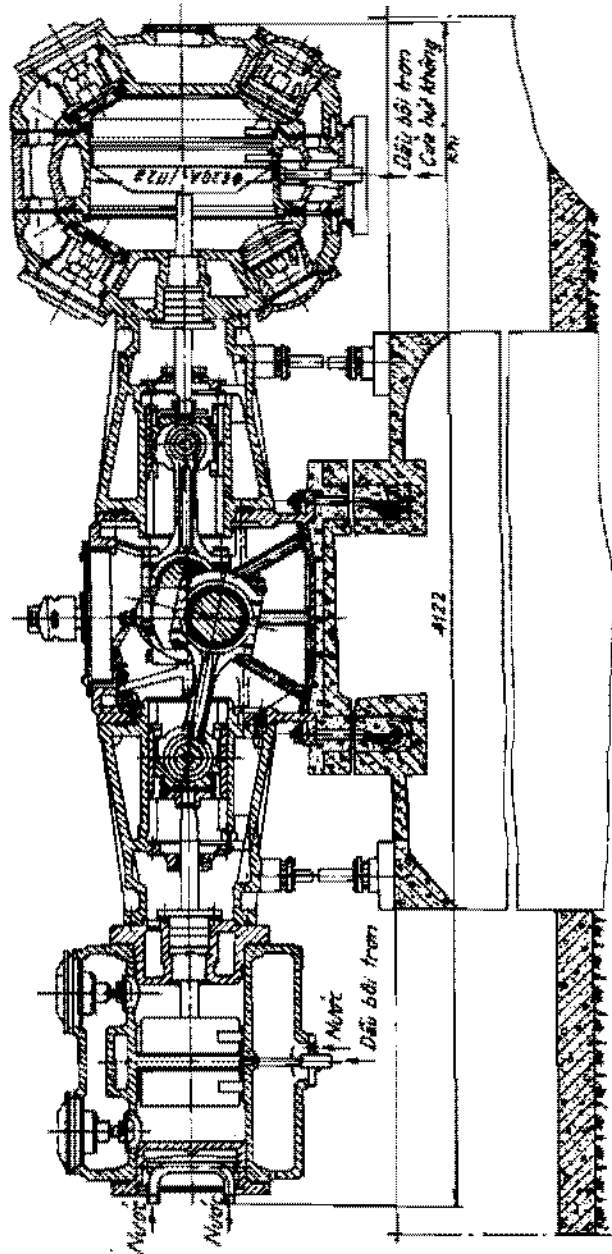
Vật liệu để chế tạo các bộ phận phụ thuộc vào tính chất của khí nén. Độ dày của từng bộ phận phụ thuộc vào chế độ làm việc như áp suất, nhiệt độ, vận tốc chuyển động, độ rung v.v...

Sau đây là một số máy nén dùng trong hệ thống nén không khí và trong hệ thống lạnh.

5.2.5.1. Máy nén không khí

1: Máy nén không khí một cấp loại nhỏ

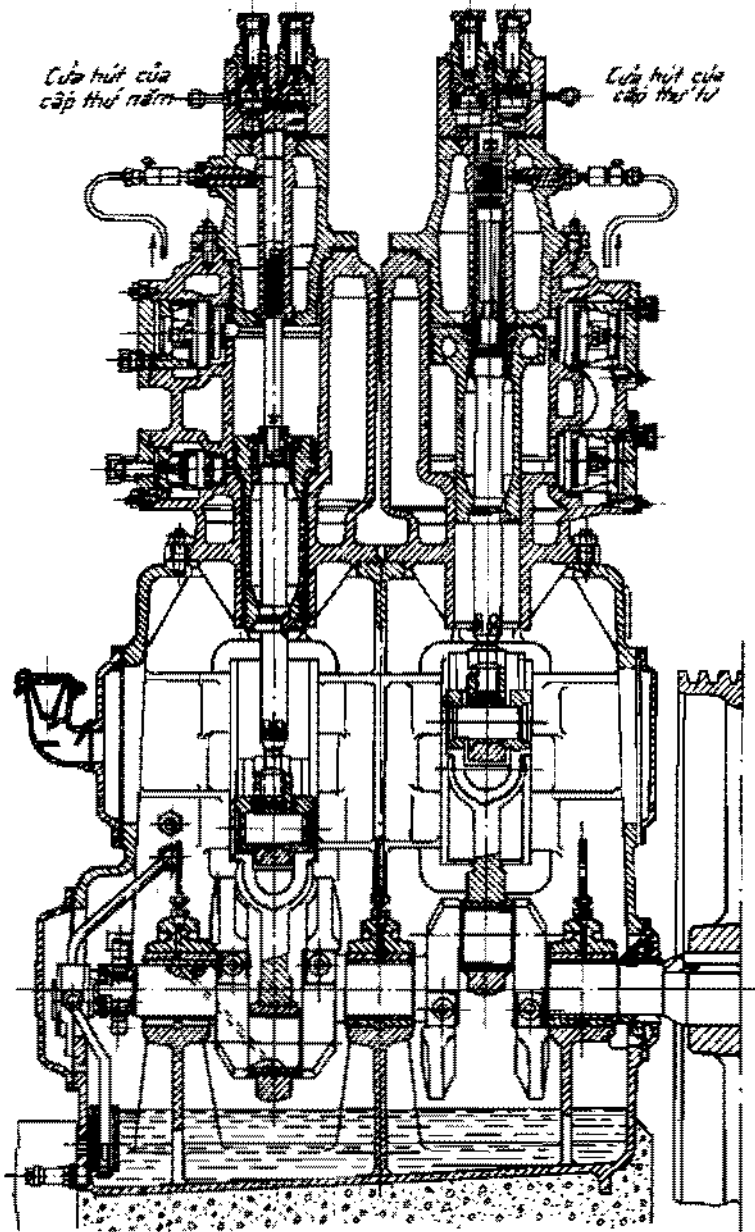
Máy thường là thẳng đứng, được lắp luôn trên bình chứa nằm ngang có bánh xe để dịch chuyển dễ dàng. Số pittông và xilanh từ 1-2, xilanh được đúc liền cánh tản nhiệt để làm mát bằng không khí. Loại máy này dùng phổ biến trong dịch vụ sửa chữa nhỏ ôtô, xe máy, hay các phòng thí nghiệm.



Hình 5.10. Cấu tạo của máy nén nằm ngang.

2. Máy nén không khí nhiều cấp

Hình 5.10 thể hiện cấu tạo của máy nén không khí nằm ngang hai cấp. Cụm bên phải là cấp thấp, bên trái là cấp cao. Đường kính pittông là 620 mm và 370 mm, khoảng chạy của pittông là 220 mm. Lưu lượng của máy là 100 m³/ph, áp suất không khí sau



Hình 5.11. Cấu tạo của máy nén năm cấp thẳng đứng.

nén hai cấp là 9.10^5N/m^2 . Công suất động cơ điện đồng bộ là 360kW.

Hình 5.11 là cấu tạo của máy nén không khí năm cấp thẳng đứng. Cụm bên phải là nén cấp một và cấp bốn, còn cụm bên trái gồm cấp hai, ba và năm. Cơ cấu truyền động gồm trục khuỷu, biên, con trượt, cán pittông.

Bơm bánh răng hút dầu ở khoang máy, đẩy đến các bộ phận để bôi trơn như ổ đỡ trục khuỷu các bạc biên, con trượt. Bôi trơn xilanh bằng hệ thống riêng. Sau mỗi cấp đều có thiết bị làm mát không khí. Áp suất sau năm cấp nén là 220.10^5N/m^2 .

Máy nén khí cacbonic cũng là máy nén pittông nhiều cấp, nó có cấu tạo giống như máy nén không khí, nhưng kích thước nhỏ hơn.

5.2.3.2. Máy nén pittông trong hệ thống lạnh

Máy nén trong hệ thống lạnh có nhiệm vụ hút, nén và đẩy hơi tác nhân để nó thực hiện tuần hoàn trong hệ thống. Vì vậy cấu tạo của nó phải đáp ứng được năng suất lạnh ở nhiệt độ thấp từ 0°C đến âm hàng chục $^\circ\text{C}$ thậm chí hàng trăm $^\circ\text{C}$. Áp suất sau khi nén phụ thuộc vào tính chất của tác nhân khí ngưng tụ ở nhiệt độ thường, từ 25 đến 50°C (đùng nước thường và không khí để làm ngưng tụ tác nhân). Áp suất ngưng tụ của các tác nhân thông dụng như: freon 12F - 12 (R - 12); F - 22 (R - 22); NH_3 , F - 502 (R - 502) tùy nhiệt độ môi trường nước, không khí; nó dao động từ 10.10^5 đến 20.10^5N/m^2 . Áp suất hút phụ thuộc vào tính chất của tác nhân và nhiệt độ bay hơi thấp cần có. Ví dụ với NH_3 thì $t_0 = -70^\circ\text{C}$ có $p_0 = 0,11.10^5 \text{N/m}^2$ (áp suất tuyệt đối) ở $-0,89 \text{kG/cm}^2$, áp suất chân không ($-0,89.10^5 \text{N/m}^2$).

Do vậy số cấp nén của máy nén trong hệ thống lạnh thường là 1; 2; 3. Các hộp đệm kín của máy nén không những đảm bảo sự làm việc bình thường của máy mà còn chống rò rỉ tác nhân bởi nó độc hại, đắt v.v...

Công suất lạnh tiêu chuẩn của máy nén thường là W , kW; năng suất lạnh là kcal/h. Dựa vào đó người ta chia máy nén thành: loại nhỏ có $Q_0 \leq 9300 \text{W}$ hay dưới 8000kcal/h ; loại vừa có $Q_0 = 9300$ đến 58000W (8000 đến 50000kcal/h); loại lớn có $Q_0 > 58000 \text{W}$ (50000kcal/h).

Máy nén trong hệ thống lạnh còn gắn với tên tác nhân lạnh: máy nén amoniac, máy nén freon.

a) Máy nén amoniac

NGUYỄN HÙNG TÂM

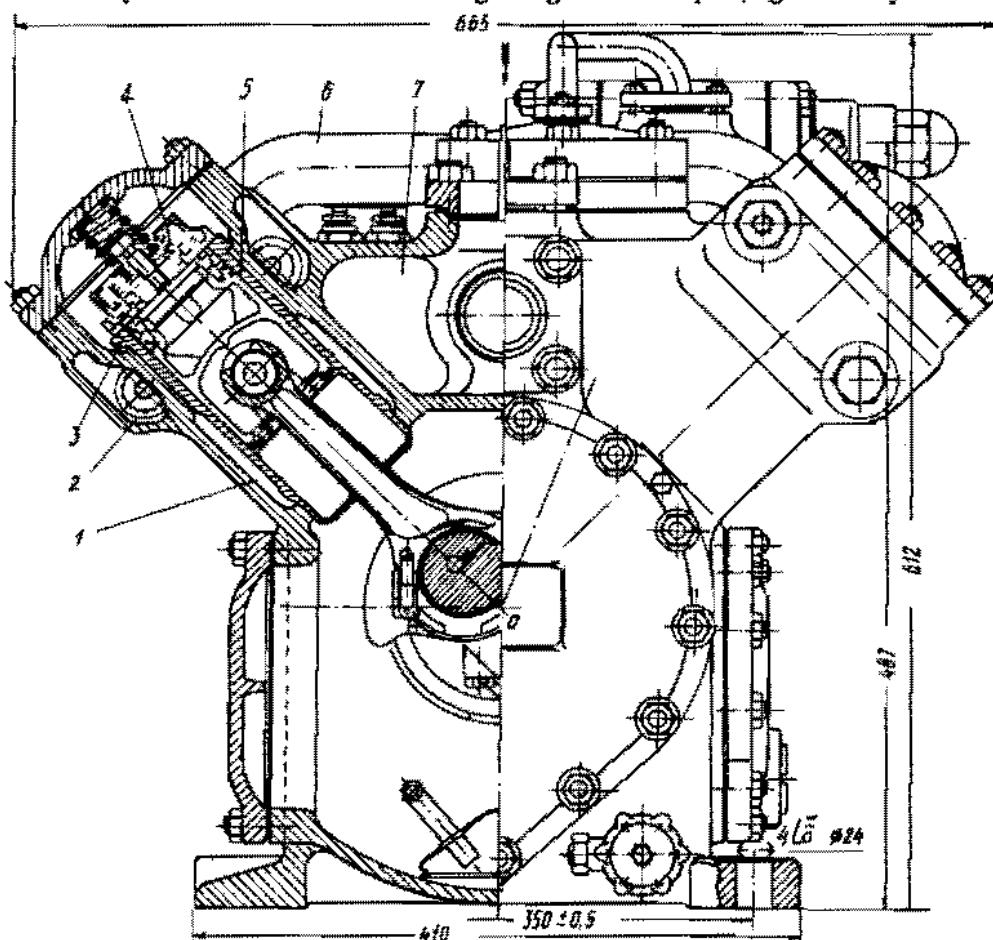
Máy nén amoniac thường có dạng nằm ngang, thẳng đứng, chữ V, W. Máy nén nằm ngang là loại chuyển động chậm: vận tốc pittông từ 1,8 đến 3,66 m/s, $S/D = 1,1 + 1,6$ (khối châu Âu), $S/D = 1,4 + 1,6$ (khối Mỹ). Tỷ số trên cho thấy khối Mỹ thiết kế máy nén với điều kiện nhiệt độ ngưng tụ cao hơn khối châu Âu, nó phù hợp với xứ nóng. Máy nén nằm ngang thường dùng trong các hệ thống lạnh của các nhà máy hóa chất, sản xuất chất nổ và công nghiệp nặng. Cấu tạo của nó giống như máy nén không khí nằm ngang.

Máy nén hơi amoniac một cấp gồm có loại hai hoặc nhiều pittông đặt thẳng đứng, chữ V và W. Hình 5.1 là nguyên lý cấu tạo của máy nén pittông thẳng đứng, thẳng đồng (khí, hay hơi đi vào buồng nén và đi ra theo một chiều). Loại này có pittông thùng,

đĩa van hút lắp ngay trên đỉnh pittông. Hơi lạnh trước khi vào xilanh không bị đốt nóng như loại ngược dòng (cả van hút và đẩy đều đặt ở đĩa trên đỉnh xilanh), nên hệ số cấp tốt hơn. Phần áo nước làm mát xilanh chỉ giới hạn ở phần hơi bị nén. Do không có cơ cấu con trượt nên máy gọn và hệ số hiệu dụng cơ học cao hơn máy nằm ngang. Máy thẳng đứng thường có một, hai hay ba cụm pittông xilanh.

Từ bốn pittông trở lên thì được sắp theo hình chữ V hay W. Mặc dù nhiều pittông - xilanh nhưng nhờ cách bố trí dạng V và W mà máy gọn. Các hệ số của máy dạng này do nhiều pittông nên hệ số cấp, hệ số năng lượng kém hơn loại hai pittông. Tuy vậy chúng có ưu điểm là cân bằng động tốt hơn, điều chỉnh năng suất bằng kênh xupap (van) hút là rất thuận tiện.

Máy thẳng đứng, V, W, có ưu điểm hơn loại nằm ngang là chỉ cần một hệ thống dầu bôi trơn cho mọi bộ phận chuyển động như các ổ đỡ trục, các bạc biên, xilanh, ác pittông. Bơm dầu là loại bánh răng hoặc pittông nhỏ, đều nhận truyền động từ trục chính của máy nén. Bôi trơn xilanh bằng văng dầu chỉ áp dụng cho máy nén nhỏ vì nó

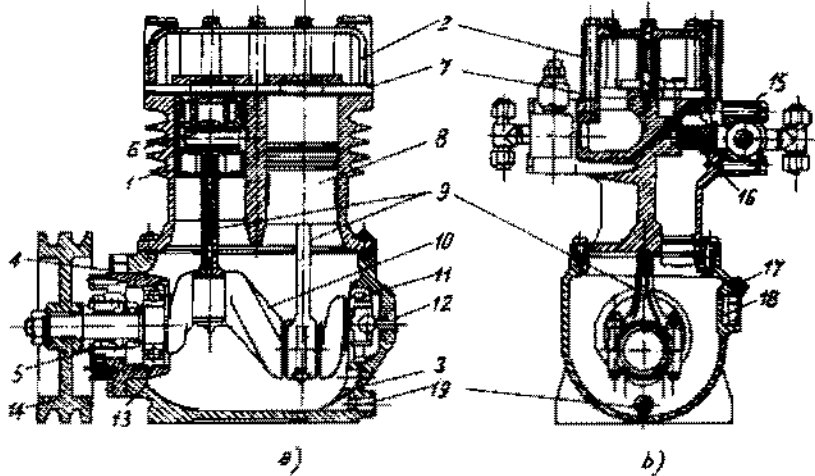


Hình 5.12. Cấu tạo của máy nén pittông dạng chữ V:

- 1 - thân máy; 2 - khoang nước làm mát; 3 - xilanh; 4 - cụm van đẩy;
- 5 - pittông; 6 - ống nối; 7 - khoang hút.

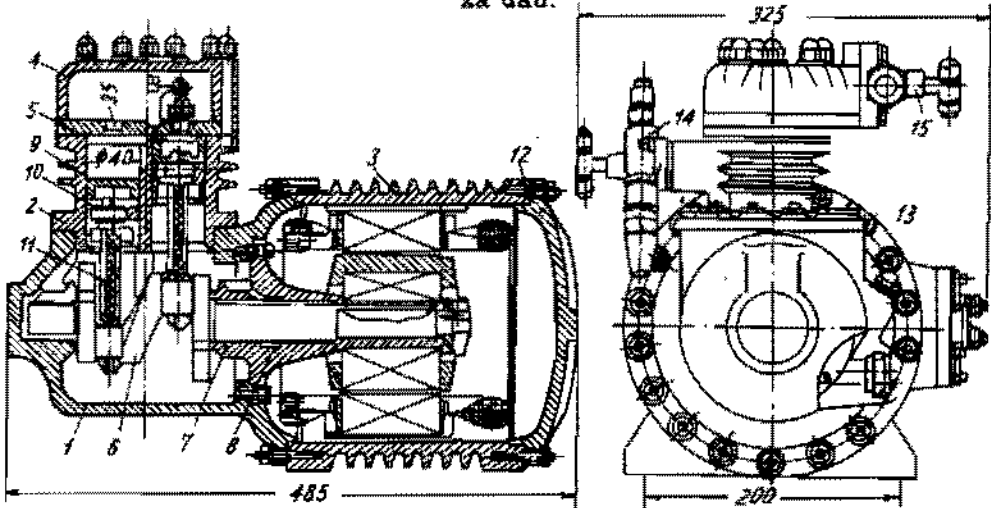
để dẫn tới và đập thủy lực do dầu vào xilanh nhiều quá mức cần thiết.

Hình 5.12 là cấu tạo của máy nén pittông dạng chữ V ký hiệu là AY-45 có năng suất lạnh là 45000 kcal/h, số vòng quay là 1450 vg/ph. Khi chế tạo, máy nén thường có năng suất lạnh theo điều kiện tiêu chuẩn quy định cho nhiệt độ bay hơi, nhiệt độ ngưng tụ, số vòng quay của trục máy.



Hình 5.13. Cấu tạo của máy nén hơi freon có động cơ hồ:

1 - xilanh có cánh tản nhiệt; 2 - nắp; 3 - cacte; 4 - gối đỡ; 5 - hộp đệm kín đầu trục; 6 - ác pittông; 7 - đĩa van; 8 - pittông; 9 - biên; 10 - trục khuỷu; 11 - ổ đỡ; 12 - bơm dầu; 13 - thân máy; 14 - bánh đai thang; 15 - van chặn cửa hút; 16 - lưới lọc hình trụ; 17 - cửa nạp dầu; 18 - kính quan sát; 19 - cửa xả dầu.



Hình 5.14. Máy nén hơi freon có động cơ nửa kín:

1 - cacte; 2 - khối xilanh; 3 - vỏ động cơ; 4 - nắp xilanh; 5 - đĩa van; 6 - trục khuỷu; 7 - bạc đỡ (ổ trượt); 8 - lỗ thông; 9 - pittông; 10 - ác pittông; 11 - biên; 12 - nắp động cơ; 13 - lỗ dẫn dầu; 14 - van chặn cửa hút; 15 - van chặn cửa xả.

Máy nén amoniac nhiều cấp có pittông phân bậc thẳng đứng và nằm ngang cũng có cấu tạo giống máy nén không khí nhiều cấp.

Máy nén amoniac nhiều cấp dạng chữ V, W có cấu tạo cũng tương tự như máy nén V, W một cấp. Điểm khác là chia ra cụm pittông - xilanh thấp áp và cao áp. Nếu có bốn cụm thì bao giờ cũng có một cụm cao áp và ba cụm thấp áp. Các khoang trên đỉnh xilanh phải bố trí các lối đi của hơi riêng cho các cấp. Cửa hút bao giờ cũng to hơn cửa đẩy. Máy có sáu pittông-xilanh thì có bốn cấp thấp, hai cấp cao; có tám thì chia ra sáu thấp, hai cao áp.

Không được dùng các vật liệu đồng và hợp kim đồng để chế tạo các chi tiết của máy nén amoniac, riêng hợp kim giữa đồng thanh và phốt pho là dùng được.

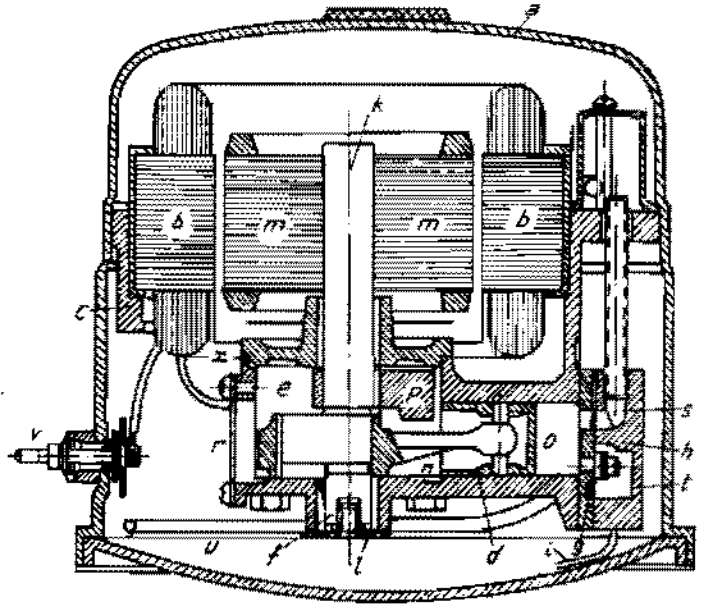
Dầu bôi trơn máy nén không hòa tan trong NH_3 .

b) Máy nén freon

Máy nén freon cũng có dạng như: thẳng đứng, V, W giống như máy nén NH_3 ; nhưng cấu tạo cụ thể của các bộ phận có đặc thù riêng để phù hợp với freon.

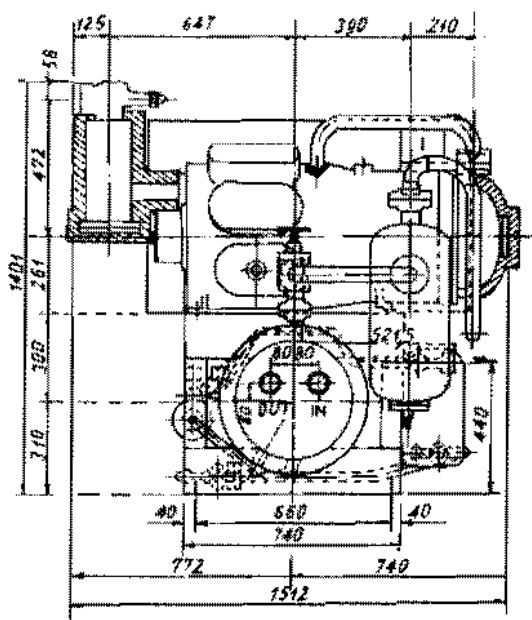
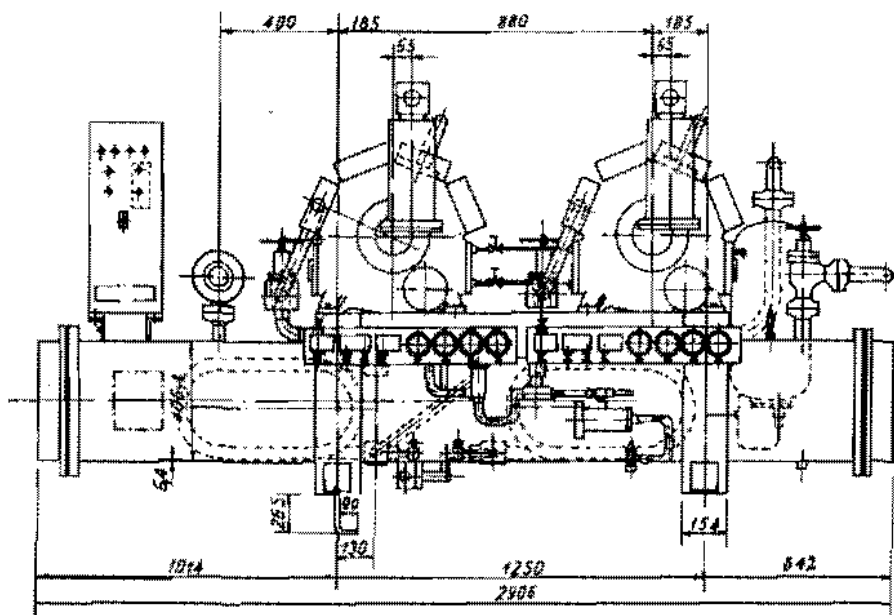
Các freon nói chung, đặc biệt là F - 12 (R - 12) có khối lượng riêng (mật độ hơi) lớn gấp 5 - 6 lần amoniac, độ nhớt lớn, năng suất lạnh riêng thể tích hơi, nhỏ hơn 1,6 lần so với NH_3 . Nhiệt độ của hơi freon sau mỗi lần nén cũng thấp hơn NH_3 . Chúng có khả năng thấm qua các khe hở nhỏ kể cả độ xốp của các vật liệu đúc thông thường. Chính vì vậy máy nén freon phải có cấu tạo phù hợp.

Do độ nhớt và khối lượng riêng của hơi lớn nên tiết diện các lối đi trong máy nén và ống dẫn phải lớn. Năng suất lạnh riêng thể tích nhỏ dẫn tới cần tăng đường kính xilanh bằng 1,3 lần so với khi nén NH_3 . Nhiệt độ hơi sau khi nén không cao thành thử không cần làm mát xilanh bằng áo nước. Phần đỉnh của máy nén chỉ cần làm cánh tản nhiệt để làm nguội không khí là được. Nhằm hạn chế sự rò rỉ của freon thì thân máy phải đúc bằng gang hạt mịn có tham gia của niken; hộp đệm kín đầu trục (máy nén có động cơ hở) các gioăng ở các mặt lắp ghép phải có độ bịt kín cao, hoặc dùng máy



Hình 5.15. Máy nén kín:

- a - vỏ thép; b - stato; c - thân máy nén;
- d - xilanh; e - vít cấy; f - ổ đỡ; g - đĩa van;
- h - nắp; i - ống mao dẫn; k - trục lệch tâm;
- l - nắp đầu trục; m - rôto; n - biên; o - lòng xilanh;
- p - đối trọng; r - nắp; s - khoang hút;
- t - không gian cửa đẩy; u - ống đẩy;
- v - cầu điện.

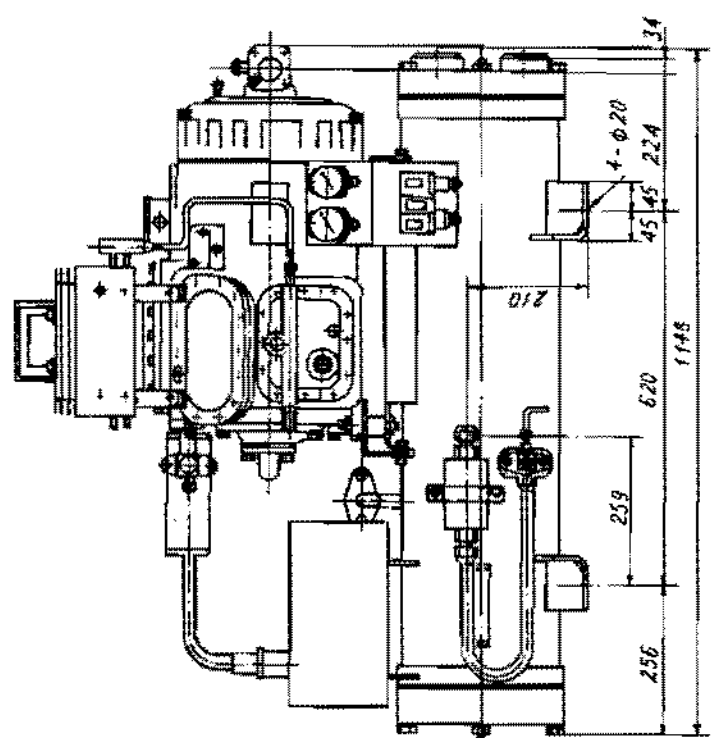
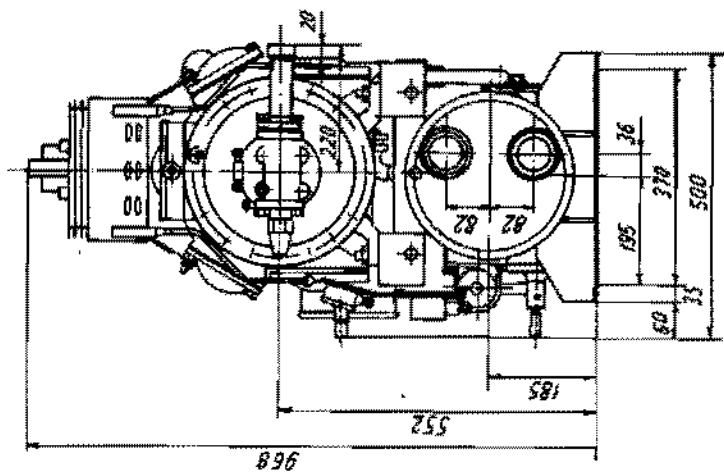


SLU-160 E, 180 E

NGUYỄN HÙNG TÂM

NGUYỄN HÙNG TÂM

Hình 5.15a. Cấu tạo cụm máy nén hơi freon hai cấp của hãng Mitsubishi.



Hình 5.16. Cấu tạo cụm máy nén hơi freon một cấp của hãng Hitachi.

nén nửa kín, máy nén kín.

Dầu bôi trơn máy nén freon và freon hòa tan lẫn nhau tạo thành dung dịch. Mức độ hòa tan phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất. Điều này dễ dẫn tới phá vỡ chế độ bôi trơn. Chẳng hạn dầu ở khoang máy có nhiệt độ thấp sẽ có nhiều freon hòa tan. Khi bơm dầu hút dung dịch này đẩy vào bôi trơn các ổ đỡ, gặp bề mặt bạc hay bi nóng hơn làm freon bay hơi mạnh khỏi dầu làm hỏng chế độ bôi trơn. Độ nhớt của dầu (có freon) thay đổi, nên bơm dầu luôn đặt thấp hơn mức dầu trong khoang máy thì tốt hơn. Dầu có trong hơi freon làm giảm hệ số cấp của máy nén. Để khắc phục nhược điểm này, cần có thiết bị trao đổi nhiệt giữa hơi hút về máy với hơi đẩy ra khỏi máy.

Các máy nén freon có thể dùng nén một số loại freon F - 12, F - 22, F - 502. Nếu máy nén freon chế tạo không có bộ phận nào bằng đồng thì dùng để nén NH₃ cũng được. Đương nhiên năng suất lạnh khác nhau. Chẳng hạn máy nén hiệu BBC ở điều kiện nhiệt độ bay hơi $t_0 = -10^\circ\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $t_N = 25^\circ\text{C}$, số vòng quay $n = 1450$ vg/ph khi nén F - 12, F - 22, NH₃ sẽ có năng suất lạnh 38700 kcal/h, 62000 kcal/h, 62780 kcal/h.

Hình 5.13 là cấu tạo của máy nén freon thẳng đứng có động cơ hồ kiểu 2ΦB - 6,5. Hình 5.14 là cấu tạo máy nén freon thẳng đứng, nửa kín. Hình 5.15 là máy nén kín (thường dùng trong tủ lạnh, máy điều hòa nhiệt độ loại nhỏ, v.v...).

Hình 5.15a là cấu tạo của tổ hợp máy nén bình ngưng kiểu SLU - 160E do hãng Mitsubishi của Nhật Bản sản xuất, có năng suất lạnh $Q_0 = 48000$ kcal/h ở điều kiện $t_0 = -45^\circ\text{C}$, $t_k = +35^\circ\text{C}$. Trong tổ hợp gồm có: hai máy nén freon 22 (R - 22) hai cấp kiểu MZ 62L đấu song song. Số pittông trong mỗi máy là 8 (cấp thấp 6, cấp cao 2), số vòng quay $n = 1430$ vg/ph, công suất động cơ 35 kW, điện áp 380 V, 50Hz, 3φ năng suất lạnh của tổ hợp có thể điều chỉnh tự động 100%, 75%, 50%, 0%. Hai máy nén đặt ngay trên bình ngưng ống chùm nằm ngang. Cấu tạo của máy là loại nửa kín, xilanh sắp theo W, bơm dầu là loại bánh răng.

Hình 5.16 là cấu tạo của tổ hợp máy nén freon 502 một cấp với bình ngưng ống chùm nằm ngang, kiểu 1502 S6 - FW do hãng Hitachi sản xuất. Máy nén là loại nửa kín kiểu W, năng suất lạnh $Q_0 = 8900$ kcal/h ở $t_0 = -35^\circ\text{C}$, $t_k = +35^\circ\text{C}$. Máy nén có sáu xilanh, động cơ 10,8kW, 200 V, 50 Hz, 3φ, số vòng quay $n = 1430$ vg/ph. Máy được điều khiển hoàn toàn tự động. Bơm dầu là loại bánh răng. Sau khi bôi trơn, dầu được đưa theo ống ra ngoài để làm nguội bằng đối lưu không khí, rồi lại chảy về cacte máy.

Cả máy nén MZ 62L và 1502 S6 - FW đều dùng que đốt bằng điện để sấy dầu trong cacte máy nén.

5.2.5.3. Các bộ phận của máy nén pittông

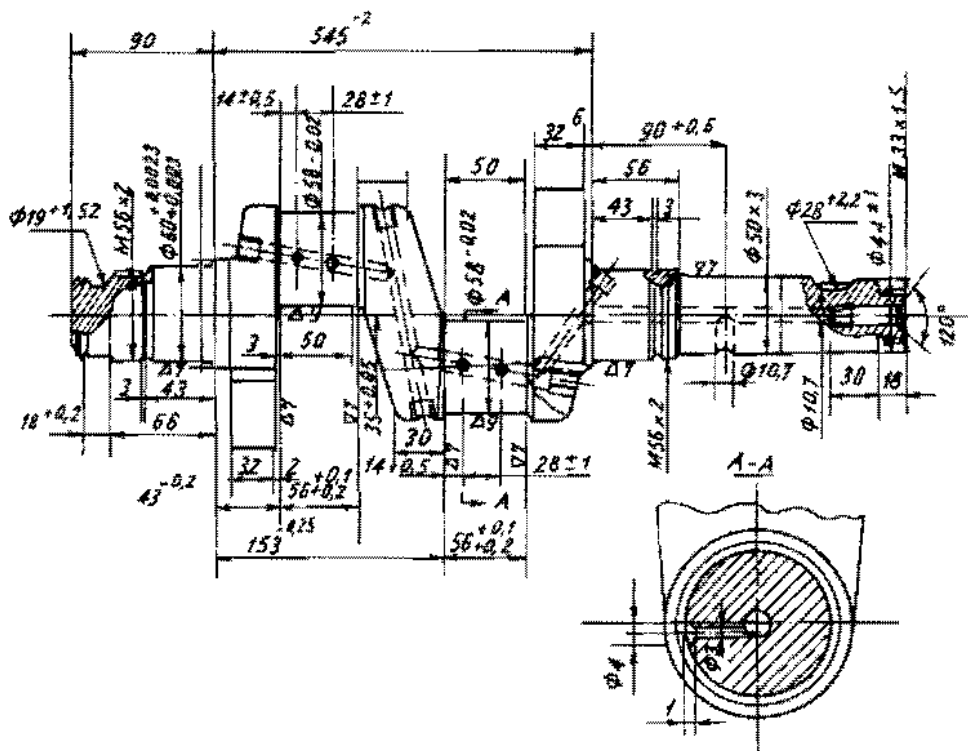
1. Thân máy

Thân máy là giá đỡ các bộ phận khác của máy. Vì vậy thân máy phải có độ ổn định lớn, đủ nặng và bền. Trong thân máy là không gian chuyển động quay tròn của trục khuỷu và chứa dầu bôi trơn. Phần dưới của thân có lớp kính bảo mức dầu, cửa tháo kiệt dầu khi sửa chữa. Hai thành bên có các cửa có nắp đậy, kích thước đủ lớn để có thể tháo, lắp các bộ phận bên trong kết cấu và kích thước cụ thể của thân máy phụ thuộc vào công suất nén, kiểu máy (thẳng đứng, nằm ngang, chữ V, W, hồ hay nửa kín,

kin) vật liệu chế tạo thân máy thường là gang xám như C/1 18-36 hay C/21-40 theo tiêu chuẩn của Nga. Sau khi đúc, thân máy được đưa đi gia công cơ các bộ phận ghép với chi tiết khác.

2. Trục khuỷu

Trục khuỷu nhận chuyển động quay tròn từ động cơ, rồi cùng với biên tạo ra chuyển động qua lại của pittông. Trục khuỷu chịu tải trọng uốn và xoắn. Độ lệch tâm của trục khuỷu bằng một nửa quãng chạy của pittông. Trong máy nén khí thì số khuỷu thường là 2. Số biên lắp ở mỗi khuỷu có thể là 1; 2; 3; 4; vì vậy mà độ dài của khuỷu và trục cũng khác nhau. Bên trong trục khuỷu được khoan tạo đường dẫn dầu bôi trơn cho biên, ổ đỡ, cho hộp đệm kín (với máy có động cơ hồ). Ổ đỡ của trục khuỷu có thể là ổ trượt hoặc ổ lăn.



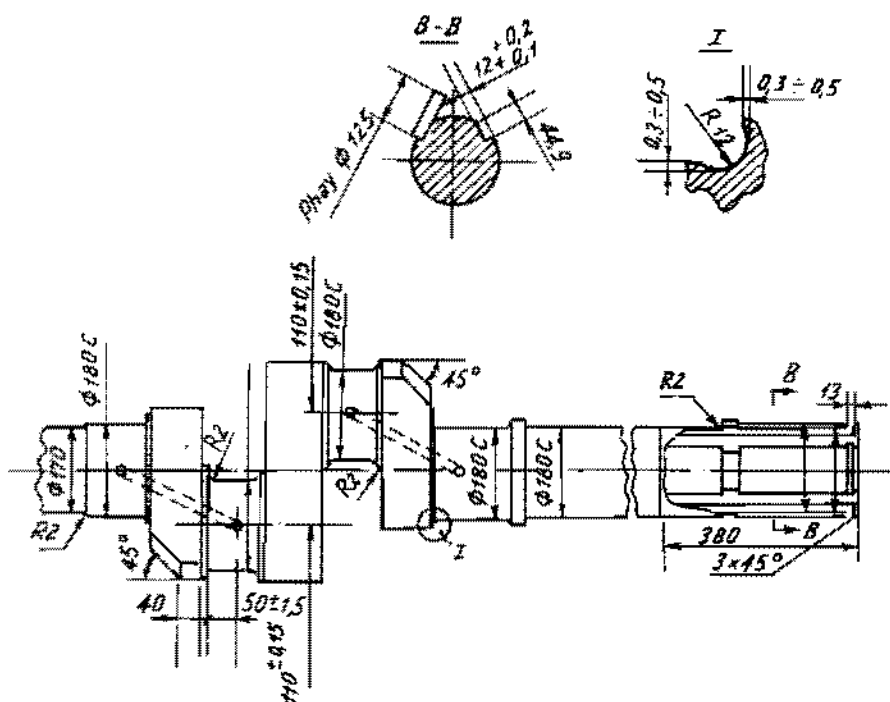
Hình 5.17. Cấu tạo của trục khuỷu dùng cho bốn xilanh.

Vật liệu để chế tạo trục là thép 40; 45 hay 40X. Phôi trục khuỷu được chế tạo bằng rèn hay dập nóng. Các kích thước của trục được chế tạo bằng gia công cơ nguội. Các ngồng trục lắp biên, ổ đỡ được tôi bằng dòng điện cao tần có độ thấm sâu 2-3 mm.

Độ cứng bề mặt sau khi tôi là HRC 48-58 đối với thép 40 và HRC 52-62 đối với thép 45.

Các yêu cầu kỹ thuật đối với trục khuỷu của máy nén cơ công suất từ 465W trở lên như sau:

- độ đảo của bề mặt ngồng trục so với đường tâm trục tương ứng không quá 0,5 sai số cho phép ghi trên bản vẽ;
- độ không song song của đường tâm ngồng trục lắp biên với đường trục chính không quá 0,02 m trên 100 mm chiều dài;
- độ đảo đường tâm ngồng trục phía lắp với động cơ không vượt quá 0,03 mm;
- độ bóng bề mặt các ngồng trục lắp biên, ổ đỡ phải đạt V9. Các ngồng trục để lắp hộp đệm, lắp bánh răng, rôto động cơ (loại máy nén cơ động cơ kín hoặc nửa kín) có độ bóng bề mặt V7 là đủ;
- độ đảo của góc lượn ở hai đầu ngồng trục không vượt quá 0,05 mm trên 100 mm bán kính;
- các phần không lắp ráp của trục chỉ cần đúng kích thước và tiện sạch là được.



Hình 5.18. Cấu tạo của trục khuỷu dùng cho hai xilanh.

Hình 5.17 là cấu tạo của trục khuỷu dùng trong các máy nén khí amoniac kiểu thẳng đứng (AB-22), chữ V (AY-45), chữ W (AYY-90) do Nga sản xuất.

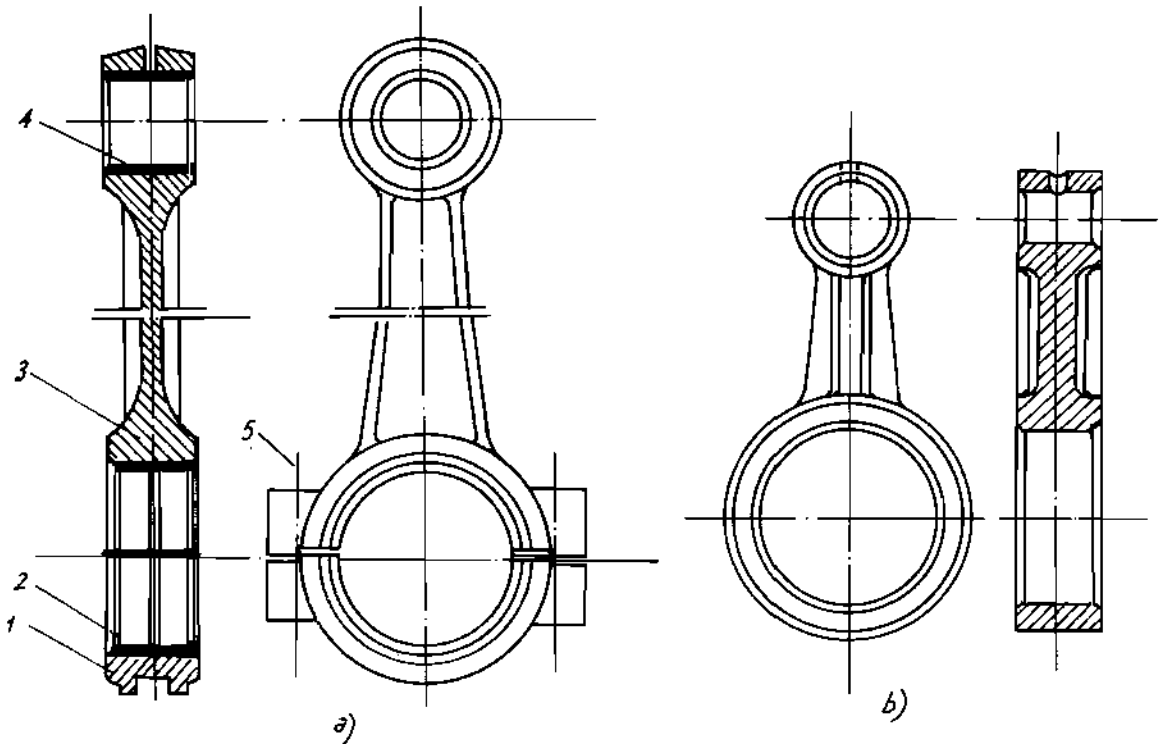
Hình 5.18 là trục khuỷu của máy nén nằm ngang kiểu AO-600 và AO-1200 cũng do Nga sản xuất.

Trục lệch tâm có cấu tạo đơn giản, thường dùng trong máy nén loại nhỏ.

3. Tay biên

Tay biên làm nhiệm vụ truyền chuyển động quay từ trục khuỷu hay trục lệch tâm thành chuyển động qua lại của pittông.

Ố tay biên lắp với trục khuỷu được bố đôi và ghép bằng bulông đai ốc kép chống tự lười trong quá trình làm việc. Khi lắp mới hay thay bạc biên thì dùng cân thép lá dày 0,25 mm đệm giữa hai bích của biên. Các lá cân giúp ta chỉnh được khe hở cần



Hình 5.19. Các loại biên:

a) biên lắp với trục khuỷu: 1 - nửa dưới; 2 - bạc; 3 - nửa trên; 4 - bạc ác; 5 - đinh ốc ghép; b) biên cho trục lệch tâm.

thiết (theo dung sai cho phép). Sau một thời gian làm việc bạc bị mòn thì bỏ bớt cân.

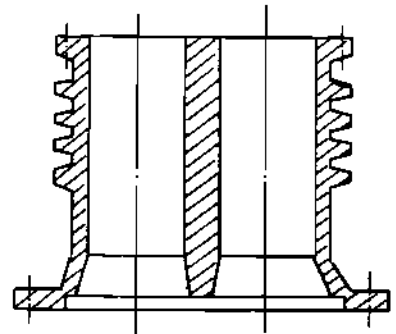
Vật liệu làm biên là thép 38XA hay 40XA.

Khi chế tạo và lắp ráp thì trục của biên phải vuông góc với trục chính, hai lỗ biên phải song song nhau và song song với trục chính.

Để bôi trơn bạc ác thì khoan lỗ trong tay biên để dầu chảy từ bạc biên đến bạc ác.

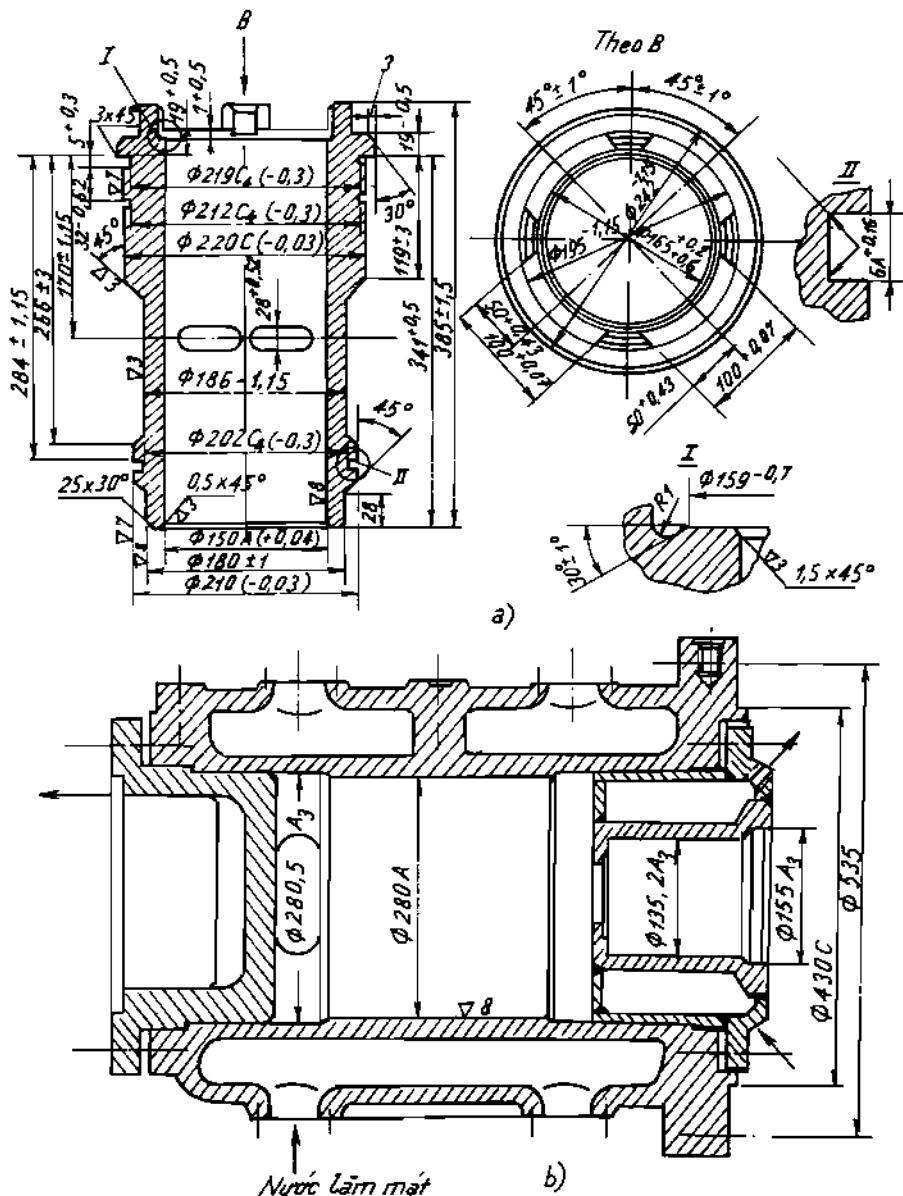
4. Xilanh

Xilanh có nhiệm vụ tạo ra không gian hút



Hình 5.20. Xilanh đúc liền cánh tản nhiệt.

và nén hơi. Nó làm việc với nhiệt độ và áp suất luôn thay đổi theo chu kỳ hút và nén. Khi nhiệt độ hơi nén không quá 90°C thì xilanh có thể đúc liền cánh tản nhiệt để làm nguội bằng không khí (xem hình 5.20). Khi nhiệt độ hơi nén cao hơn 90°C thì xilanh được làm mát bằng nước. Đối với máy nén trong hệ thống lạnh thì chỉ cần dùng nước mát khoang đáy của máy nén và phần gần đỉnh xilanh. Trong trường hợp này xilanh được chế tạo như hình 5.21. Hình 5.21a là xilanh của máy nén thẳng đứng, V, W như: AB-22, AY-45, AYY-90. Hình 5.21b là xilanh liền áo nước của máy nén nằm ngang loại AO.

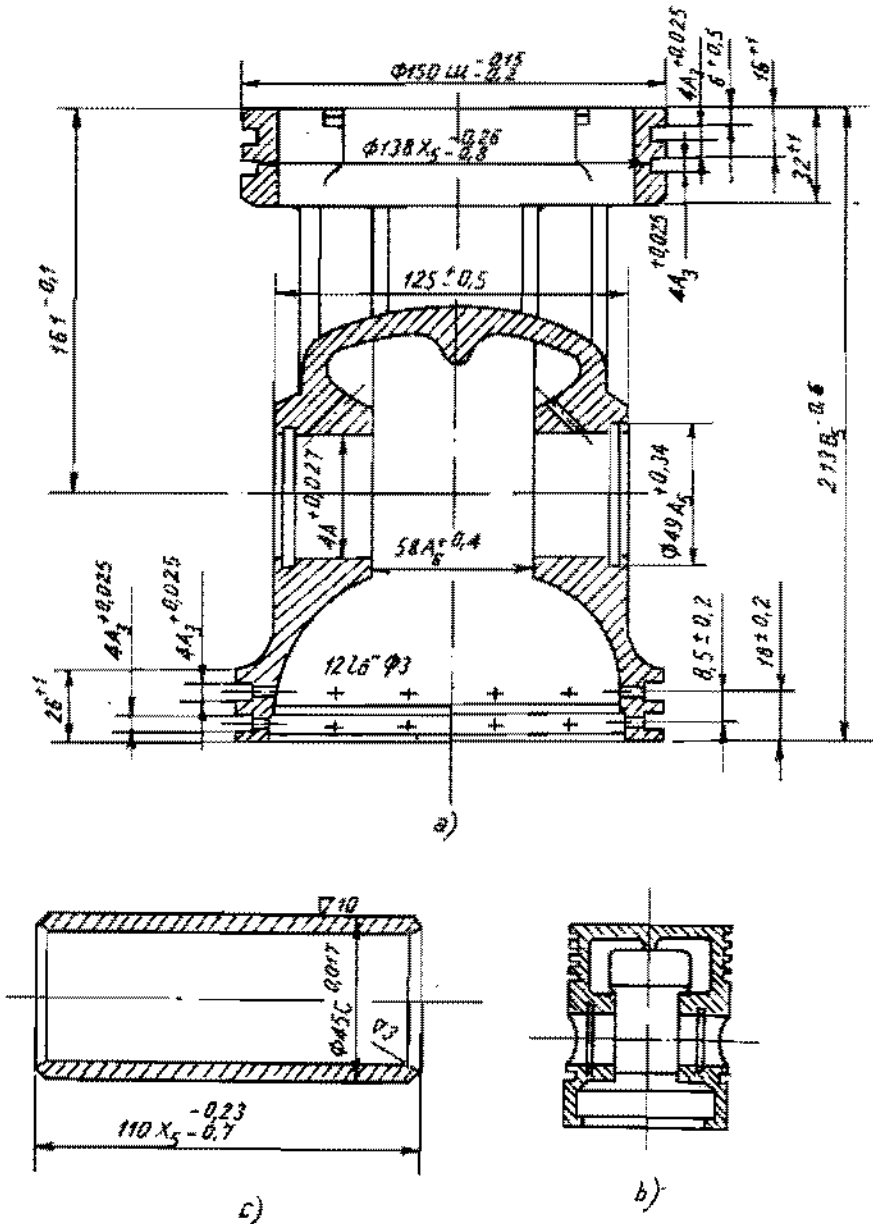


Hình 5.21. Các loại xilanh:

a) xilanh dùng cho pittông thẳng; b) xilanh nằm ngang đúc liền khoang áo nước làm mát.

Vật liệu tạo xilanh là gang xám chất lượng cao như C421-40 hoặc C424-44. Chế tạo bằng phương pháp đúc rồi gia công nguội. Độ cứng của xilanh là HB 170-241, riêng bề mặt làm việc phải có độ cứng đạt HB 320-380 bằng tôi điện cao tần.

Bề mặt trong của xilanh khi chế tạo xong phải đạt độ chính xác cấp hai theo hệ I6 (riêng với máy nén nằm ngang có đường kính xilanh đến 500 mm thì độ chính xác là cấp ba).



Hình 5.22. Các loại pittông:

a) pittông thùng; b) pittông không thùng, c) ác pittông.

Độ bóng của mặt gương (mặt làm việc) xilanh có đường kính đến 150 mm là V9 và V8 khi đường kính lớn hơn 150 mm; bề mặt ngoài chỗ lắp với thân máy đạt độ bóng V7. Mặt đỉnh xilanh lắp đĩa van đạt độ bóng V10. Với bề mặt làm việc của xilanh nhỏ dùng pittông không có xecmăng thì độ bóng là V10.

Khe hở giữa mặt ngoài của pittông và mặt trong xilanh bằng 0,001 đường kính lỗ xilanh. Với xilanh loại nhỏ hơn 50 mm thì dùng pittông không xecmăng và khe hở giữa chúng bằng 0,0003 đường kính xilanh.

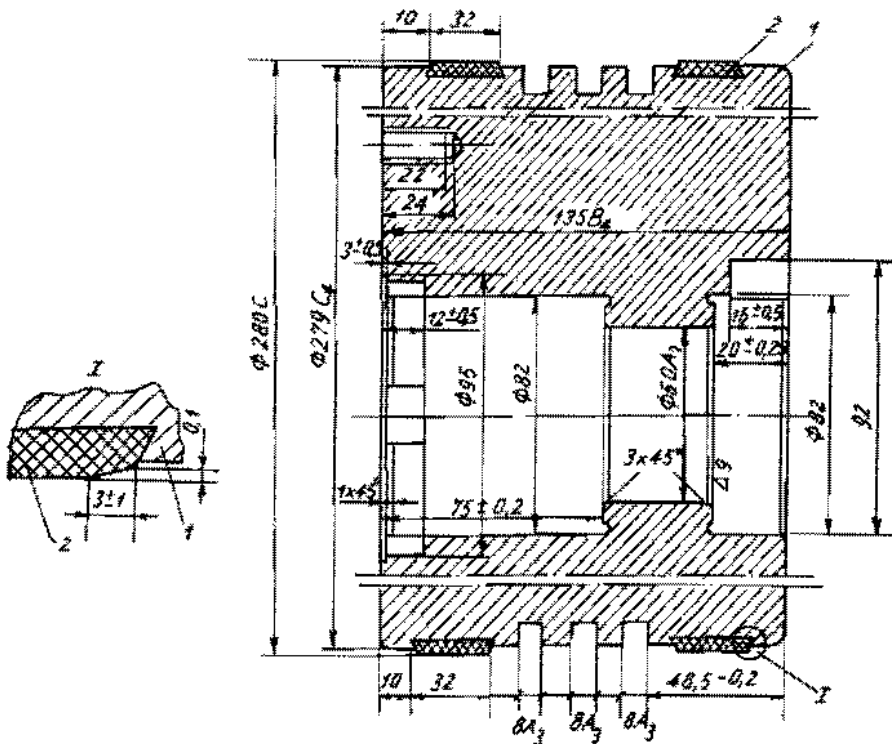
Độ không vuông góc của trục xilanh với trục quay của máy không vượt quá 0,02 mm trên 100 mm chiều dài.

Độ lệch tâm giữa đường trục xilanh và lỗ xilanh không quá 0,02 mm trên 100 mm chiều dài.

5. Pittông và ác pittông

Pittông có đường kính lớn hơn 50 mm mới có xecmăng. Pittông của máy nén thẳng dòng có lắp van hút ngay trên đỉnh nên gọi là pittông thùng (hình 5.22a). Pittông trong máy nén ngược dòng là pittông không thùng. Hình 5.23 là cấu tạo của pittông dạng tấm của máy nén nằm ngang có cần và con trượt lắp với biên. Hình 5.24 là cấu tạo của pittông phân bậc trong máy nén ba cấp.

Vật liệu để chế tạo pittông phụ thuộc vào tính chất của hơi nén, công suất nén:



Hình 5.23. Pittông cho máy nén nằm ngang.

Với máy nén hơi freon công suất nhỏ hơn 3480 W thì pittông là gang C418-36 (có HB 170-220) hoặc thép A12; công suất lớn hơn 3480 W thì dùng hợp kim nhôm để đúc pittông như AJ10B (có HB85) v.v...

Với máy nén hơi NH₃ thì pittông được đúc từ gang C421-40 hay C424-44 (có HB 170 - 241).

Khi chế tạo xong (đúc rồi tiện nguội) thì khe hở giữa mặt ngoài của pittông và mặt trong của xilanh được quy định phụ thuộc vào đường kính trong của xilanh. Khe

hở này phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: nhiệt độ hơi (khí) bị nén trong xilanh, hệ số dẫn nở nhiệt của vật liệu làm xilanh và pittông, chiều dày lớp dầu bôi trơn. Nếu pittông là gang hay thép và xilanh là gang thì chế độ lắp ghép của chúng là $\frac{A}{X}$ với freon, $\frac{A}{III}$ với amoniac. Khi pittông là hợp kim nhôm thì phải tăng khe hở lên vì hệ số dẫn nở nhiệt của nó bằng 2,5 so với thép.

Độ nón và ôvan của pittông không vượt quá 0,5 đường kính lắp ghép cho phép. Độ không vuông góc của mặt trụ với mặt cắt đỉnh pittông không quá 0,02 mm trên 100 mm dài.

Chế độ lắp ghép xecmăng với pittông là $\frac{A_3}{III}$.

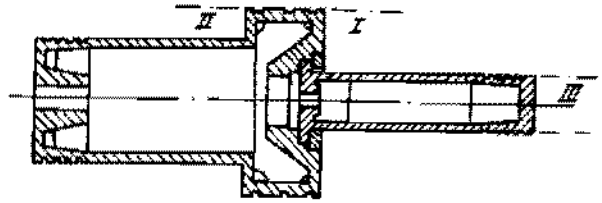
Lắp ghép ác với pittông gang theo $\frac{A}{C}$ hay $\frac{C}{B}$, khi lắp chặt $\frac{II}{B}$. Độ không vuông góc giữa đường tâm ác với đường trục pittông không vượt quá 0,02 mm trên chiều dài 100 mm. Độ ôvan và độ nón của lỗ ác trên pittông không quá 0,5 dung sai cho phép của lỗ với độ chính xác cấp hai.

Ác pittông (hình 5.22c) được chế tạo từ thép 20, 15X, 20X với độ thấm cacbon từ 1 - 1,5 mm, tôi đạt độ cứng HRC 58-62. Nếu ác được làm từ thép 45 thì tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần đến độ sâu 1,5 - 2 mm có HRC 58-65. Độ ôvan của tiết diện ngang ác bằng 1/3 đến 1/4 dung sai lắp ghép cho phép.

Độ bóng bề mặt ác là $\nabla 10$.

6. Xecmăng

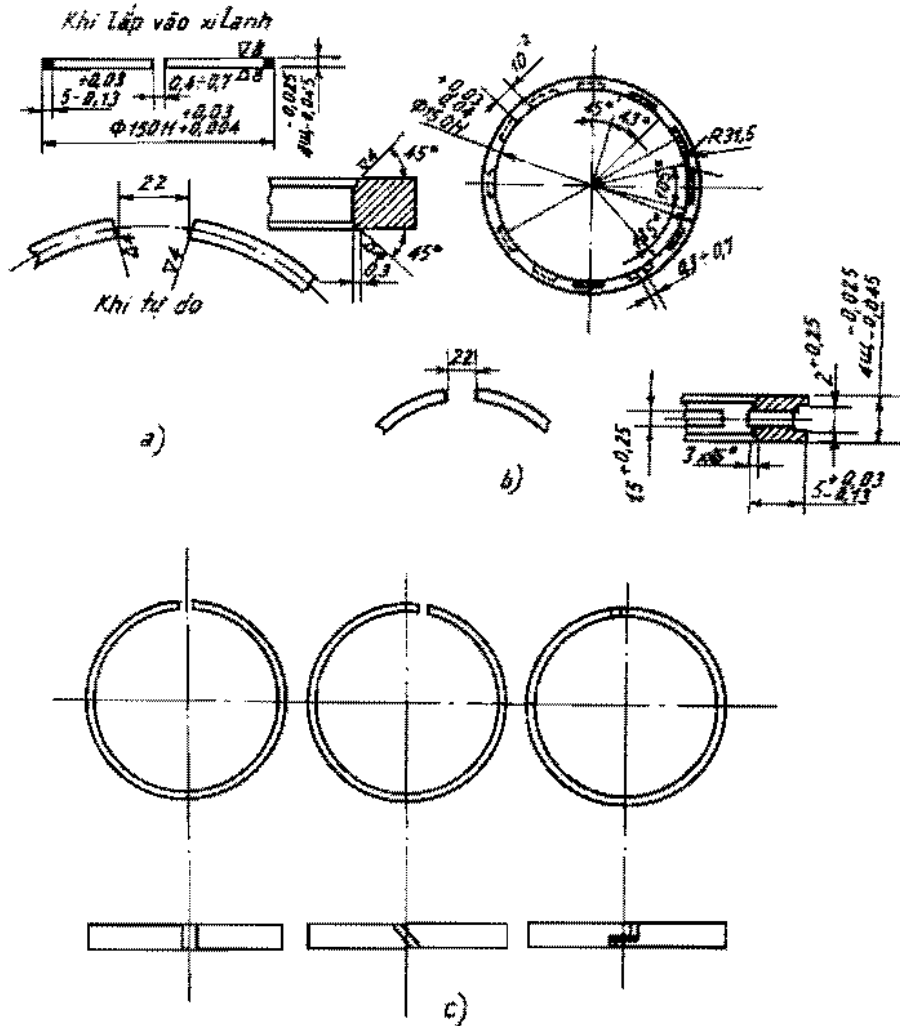
Xecmăng gồm hai loại: xecmăng hơi và xecmăng dầu (xem hình 5.25). Xecmăng hơi có nhiệm vụ bịt kín khe hở giữa xilanh và pittông. Muốn vậy thì xecmăng phải khít với thành rãnh ở pittông, phải ti kín mặt ngoài lên mặt trong của xilanh, có độ ép đạt 13,74 - 10,8 N/cm² với đường kính pittông 40 - 100mm, và đạt 10,8 - 4,9 N/cm² với đường kính 100 - 300 mm. Độ ép này phụ thuộc độ đàn hồi của xecmăng, phụ thuộc



Hình 5.24. Pittông phân bậc cho máy nén nhiều cấp.

vật liệu, phương pháp chế tạo và thời gian làm việc của xecmăng.

Xecmăng cho pittông có đường kính nhỏ hơn 200 mm được chế tạo từ C424-44, gang chịu mòn đặc biệt, hợp kim crom-niken hay molipden. Với đường kính lớn hơn 200 mm thì dùng C421-40 để chế tạo xecmăng.



Hình 5.25. Các loại xecmăng:

a) xecmăng kín; b) xecmăng dầu; c) cách tạo khe đứt cho xecmăng.

Độ cứng của xecmăng cho pittông đến 200 mm là HRB98 - 106, nhỏ hơn độ cứng của xi lanh từ 5 đến 10 đơn vị HB.

Độ không song song của đường sinh mặt ngoài xecmăng có đường kính đến 200 mm là 0,04 mm và 0,05 mm cho đường kính từ 200 đến 500 mm. Mặt trong (mặt không làm việc) của xecmăng chế tạo theo A5 hoặc A3.

Độ bóng mặt ngoài của xecmăng (tỉ lên xi lanh) phải đạt đến $\sqrt{8}$ cho pittông 200

mm và $\nabla 7$ cho pittông 200 - 500 mm. Hai mặt bên (t) vào thành rãnh trên pittông) đạt $\nabla 7$.

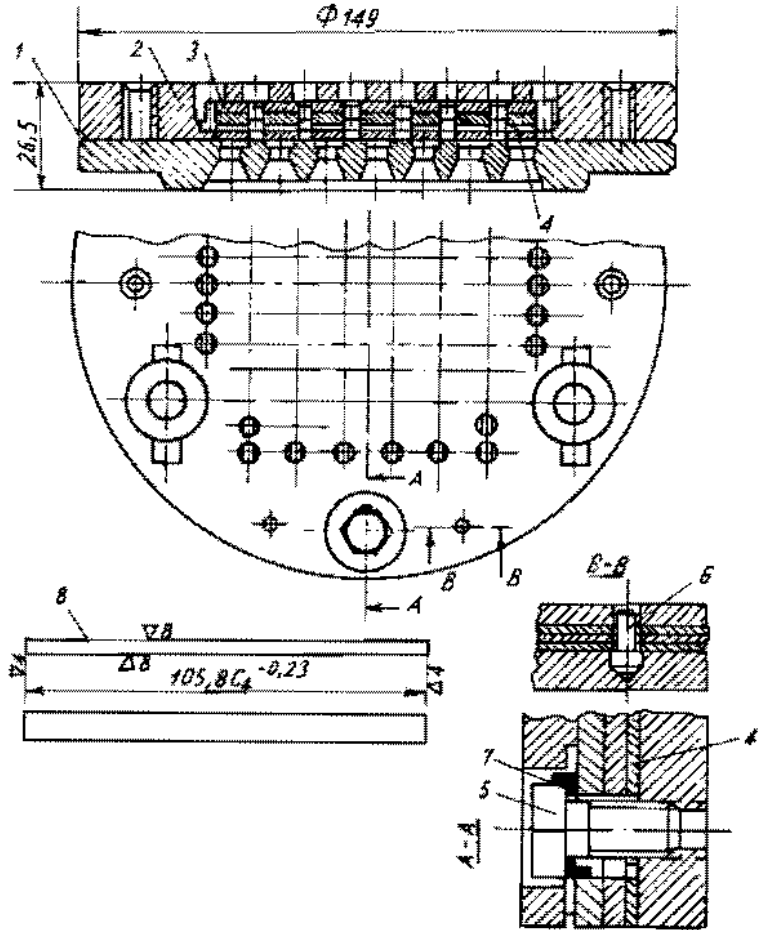
7. Các van hút và đẩy (xupap hút và đẩy)

Van hút và đẩy có ảnh hưởng rất lớn đến hệ số cấp của máy nén khí. Nhiệm vụ của chúng là phải đóng mở đúng lúc, khi đóng phải kín, khi mở phải ít gây tổn thất trở lực, tuổi thọ cao, dễ chế tạo, dễ thay thế, không tạo ra nhiều không gian chết.

Van hút có thể lắp ở đỉnh pittông (hình 5.26) hoặc lắp cùng cụm trên đỉnh xilanh với van đẩy (hình 5.27). Các bộ phận chính trong mỗi van là: đĩa van, lá van, lò xo, chụp dẫn hướng.

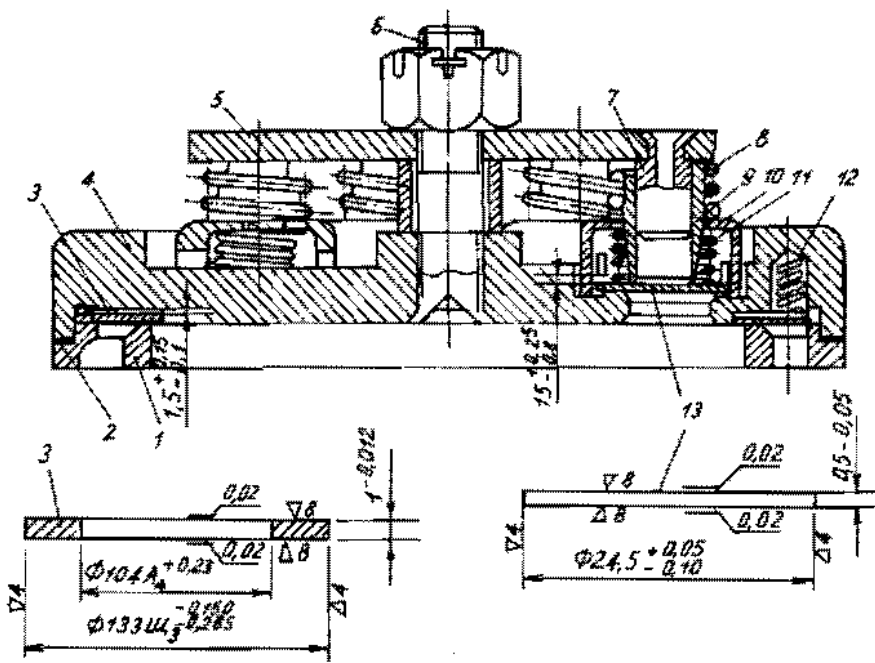
Đĩa van được khoan và tạo thành các lỗ van. Kích thước đĩa van, kích thước và số lỗ van, cách bố trí chúng phụ thuộc vào độ lớn của máy nén. Vật liệu chế tạo đĩa van là: gang C121-40 (với máy nén nhỏ); thép 45 (máy lớn) hay thép 40X. Lõi tì cho lá van phải có độ bóng $\nabla 10$ (với van đẩy) và $\nabla 9$ (với van hút). Các bề mặt còn lại của đĩa van chỉ cần $\nabla 7$ là được.

Lá van làm việc ở chế độ nặng tải, tần số chu kỳ của nó đúng bằng số vòng quay của trục máy. Vì vậy vật liệu chế tạo lá van phải là thép lá lò xo như: 70C₂XA hoặc Y10A; 30X1CA. Độ cứng của lá van là HRC 48-54. Độ dày của lá van tùy thuộc độ lớn của máy (độ lớn của lá van). Máy nén $\Phi Y - 175$ có lá van dày 0,8 mm; AB-22 là 0,5 mm; $\Phi B-20$ là

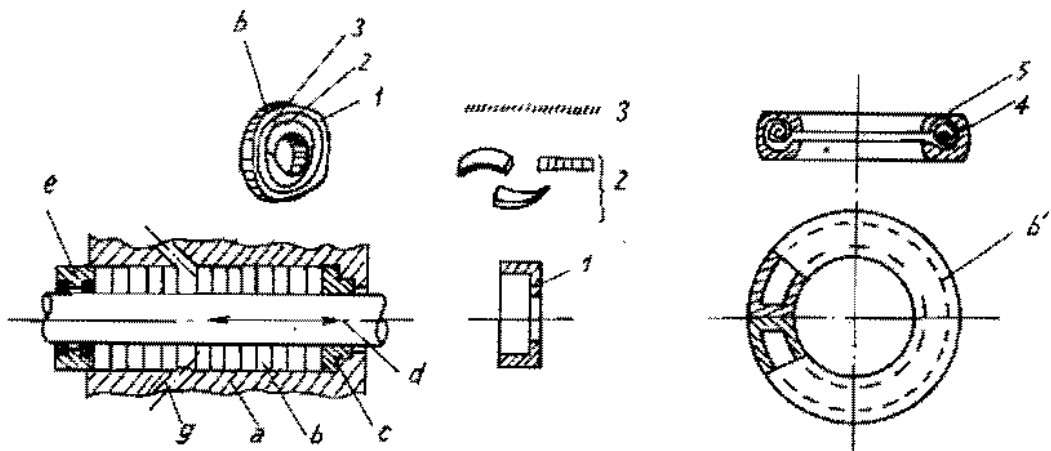


Hình 5.26. Cụm van hút của máy AY-200:

- 1 - đĩa van là thép 40X; 2 - nắp van bằng gang xám chất lượng cao (C121-40); 3 - lò xo lá; 4 - lá van (70C₂XA);
- 5 - đỉnh ốc bằng thép 38XA; 6) chốt định vị (CT45); 7) đệm hãm (10K11); 8) cấu tạo lá van.



Hình 5.27. Cụm van hút và đẩy của máy nén hơi freon loại $\Phi B-20$:
 1 - đế van; 2 - đệm; 3 - van hút hình vành khuyên; 4 - đĩa van đẩy;
 5 - tấm đỡ lò xo; 6 - đỉnh ốc; 7 - chốt dẫn hướng; 8 - lò xo; 9 - ống dẫn
 hướng; 10 - chụp dẫn hướng lá van tròn; 11 - lò xo cho lá van đẩy;
 12 - lò xo cho van hút; 13 - lá van đẩy hình tròn.



Hình 5.28. Hộp đệm kín cho cán pittông:
 a - thân hộp; b - các vòng đệm bằng kim loại; b' - vòng đệm bằng chì và bông
 tẩm dầu nhờn; c - bạc chặn; d - cán pittông; e - bạc chèn; g - lỗ dẫn dầu
 nhờn; 1 - ổ; 2 - bạc trượt bằng kim loại; 3 - dây lò xo; 4 - bông tẩm dầu nhờn;
 5 - lá chì cuộn lại.

0,5 mm; AY-200 là 1 mm; $\Phi T - 0,7$ là 0,25 mm.v.v... Độ bóng của hai mặt lá van là $\nabla 10$. Sai số dọc theo cạnh lá van từ 0,5 - 0,7 mm. Độ chùn của lá van lên lợi lỗ van từ 1 đến 1,5 mm. Lá van hình tròn, vành khăn có chiều dày từ 1,5 đến 2 mm vật liệu

là 30XГСА hay 3X13. Khe hở giữa lá van và thành dẫn hướng theo độ lắp $\frac{A_3}{III_3}$. Hình dạng lá van có thể là: chữ nhật, tròn, hình vành khăn.

Tuổi thọ của lá van khoảng 10000 h là phải thay. Nếu không thay lá van mới thì hệ số cấp của máy giảm nhiều do lá van bị mòn phần tiếp xúc với lợi van.

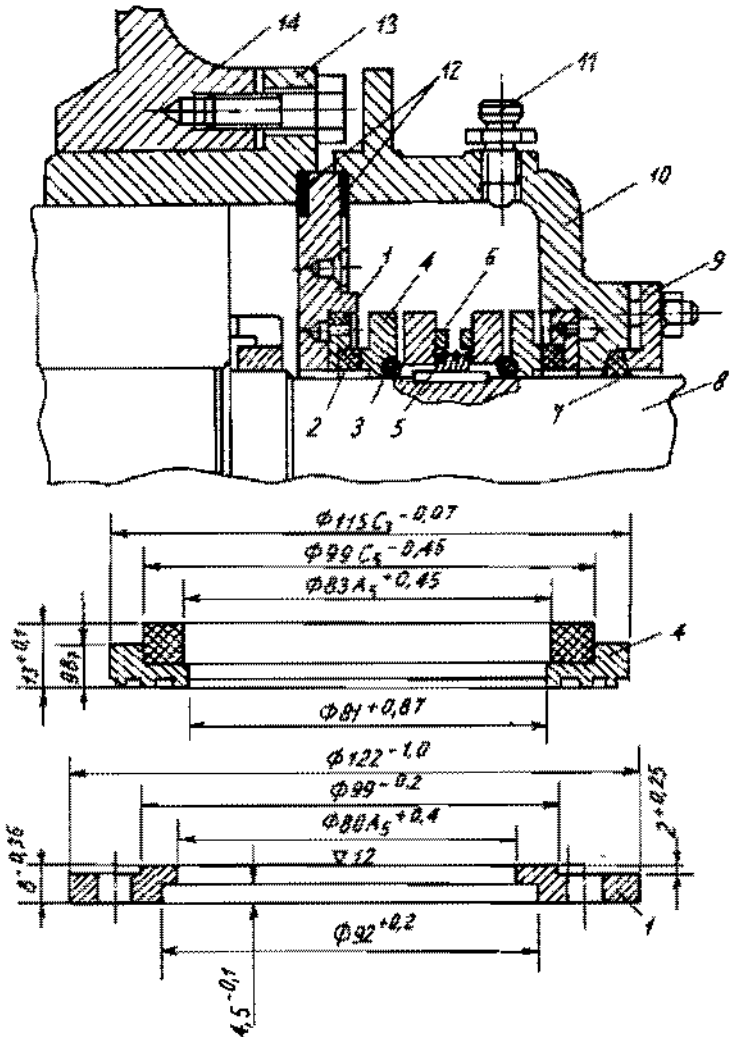
8. Hộp đệm kín

Hộp đệm kín được lắp ở phía đầu, nhận truyền động của trục khuỷu (hay lệch tâm) trong các máy nén khí có động cơ hở và phần cán của pittông trong các máy nén có sử dụng con trượt và cán pittông (xem hình 5.28, 5.29 và 5.30).

Hộp đệm có nhiệm vụ bít kín không gian trong máy với bên ngoài để tránh tổn thất khí nén hoặc chống xâm nhập không khí vào máy, trong khi trục quay và cán chuyển động qua lại.

Vòng đệm kín trong hộp đệm kín của cán pittông có thể là kim loại hay chì (xem hình 5.28). Vòng bằng chì chống mòn hơn. Số vòng đệm trong một hộp từ 14 đến 24.

Hộp đệm cho trục chính thường có cấu tạo: bạc trượt, lò xo ép bạc, dầu bôi trơn trùm lên toàn bộ để bôi trơn,

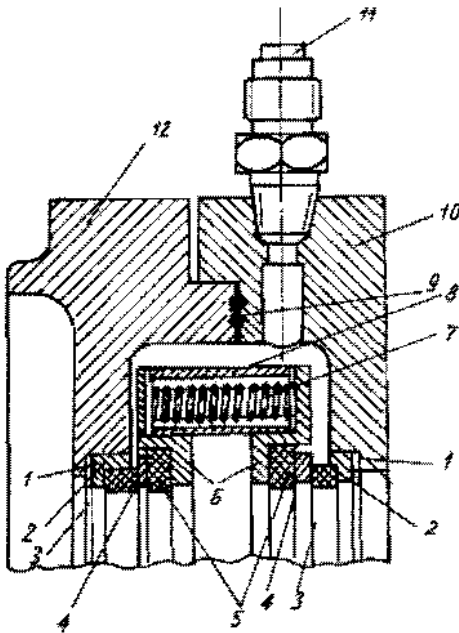


Hình 5.29. Hộp đệm kín dầu trục khuỷu:

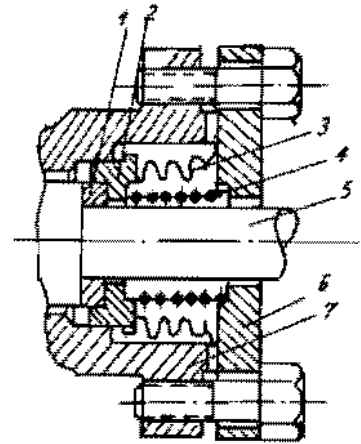
- 1- vòng tính; 2- vòng grafit; 3- vòng caosu; 4- vòng bạc trượt; 5- lò xo; 6- ổ lò xo; 7- đệm; 8- trục khuỷu; 9- chèn; 10- nắp; 11- cửa dầu; 12- đệm; 13- hộp chứa ổ đỡ; 14- thân máy nén.

làm nguội đai trượt và bít kín (hình 5.29; 5.30). Loại thứ hai gồm đai trượt, màng đàn hồi, lò xo ép đai trượt (hình 5.31).

Kết cấu như hình 5.31 là màng đàn hồi tĩnh, nó không quay theo trục. Với kết cấu màng đàn hồi quay theo trục gọi là màng đàn hồi động.



Hình 5.30. Hộp đệm kín đầu trục chính:
 1 - đệm caosu; 2 - vòng tĩnh;
 3 - grafit; 4 - vòng trượt; 5 - đệm kín;
 6 - vòng tì của lò xo; 7 - lò xo; 8 - ổ lò xo;
 9 - đệm; 10 - nắp; 11 - cửa dầu;
 12 - thân máy nén.



Hình 5.31. Hộp đệm kín có màng đàn hồi tĩnh:
 1 - đai trượt (bạc); 2 - vòng ép;
 3 - màng đàn hồi; 4 - lò xo;
 5 - trục; 6 - nắp; 7 - thân máy nén.

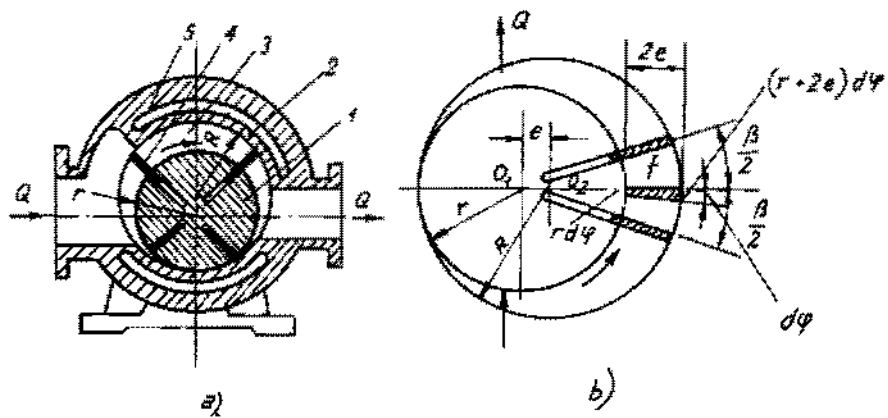
Để việc bít kín tốt thì độ bóng của bề mặt trượt của vòng trượt (bạc) phải đạt $\nabla 11$, $\nabla 12$. Độ không phẳng của mặt trượt nhỏ hơn 0,008 mm. Độ không song song của bề mặt trượt vòng tĩnh không quá 0,05 mm trên 100 mm bán kính.

5.3. MÁY NÉN RÔTÔ CẢNH TRƯỢT

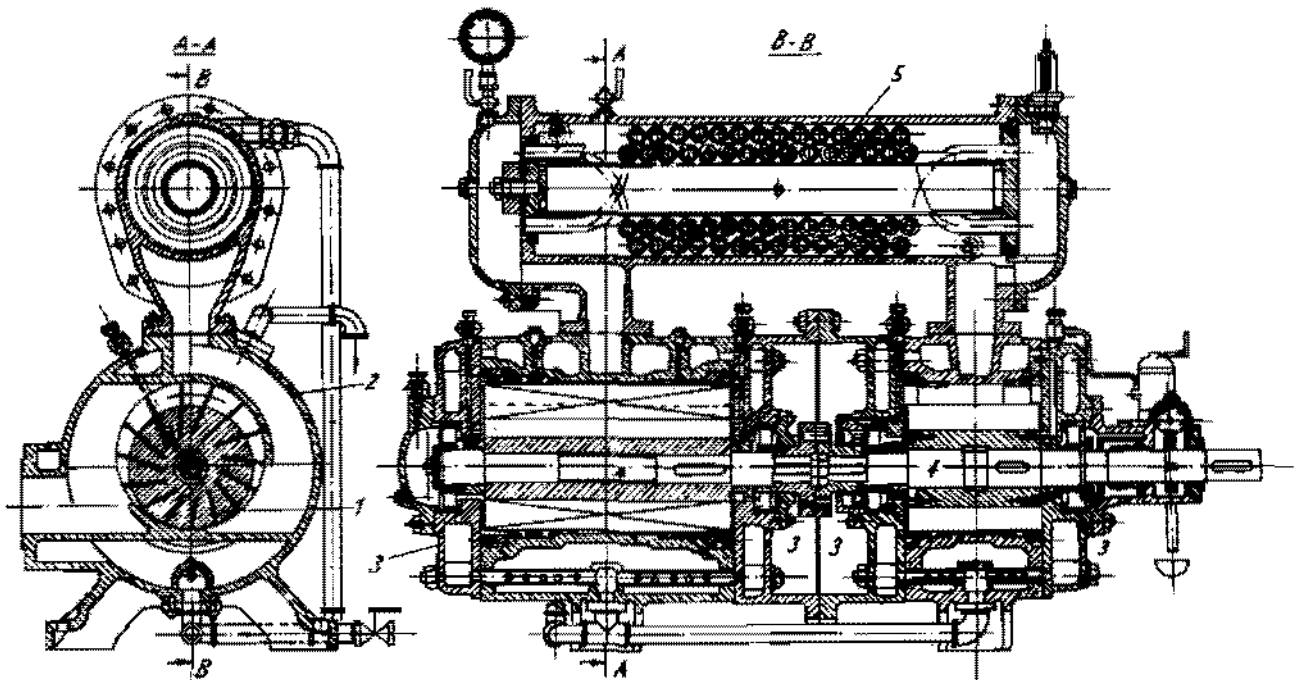
Máy nén rô-tô cánh trượt cũng làm việc theo nguyên lý thể tích. Cấu tạo và hoạt động của nó cũng tương tự như bơm rô-tô cánh trượt và được thể hiện ở hình 5.32.

Từ hình 5.32a ta thấy: khi rô-tô 1 dạt lệch tâm với stato 2 một khoảng là e quay theo chiều kim đồng hồ thì các cánh 4 sẽ lườn tì cạnh ngoài vào thành trong của stato 2. Dung tích khoang 3 chứa đầy khí (hoặc hơi) vừa hoàn thành quá trình hút sẽ bắt đầu quá trình nén cho tới khi cánh phía trước đến cửa đáy.

Quá trình đẩy hết khí nén ra khỏi khoang 3 khi cánh 4 đến cửa đáy. Phía sau cánh



Hình 5.32. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của máy nén rôto cánh trượt:
 1 - rôto; 2 - stato; 3 - khoang chứa khí; 4 - cánh; 5 - áo nước làm mát.



Hình 5.32c. Cấu tạo của máy nén rôto cánh trượt:
 1 - rôto cánh trượt; 2 - stato; 3 - nắp; 4 - trục; 5 - làm nguội.

4 lại có dung tích khí tiếp theo.

Năng suất của máy nén phụ thuộc vào kích thước của rôto, stato và số vòng quay của rôto. Gọi f là diện tích tiết diện ngang của khoang khí vừa hoàn thành quá trình hút (xem hình 5.32b): r - bán kính rôto; R - bán kính stato; e - độ lệch tâm; $d\varphi$ - vi phân góc quay của rôto; ta có:

$$df = \frac{rd\varphi + (r + 2e) d\varphi}{2} \cdot 2e = 2e(r + e)d\varphi;$$

$$f = \int_0^{\beta/2} 4e(r + e)d\varphi = 2e(r + e)\beta, \quad (5.27)$$

trong đó:

$$r + e = R;$$

$$\beta = \frac{2\pi}{Z}; \text{ ở đây: } Z - \text{số cánh};$$

$$f = \frac{4\pi \cdot eR}{Z}, \text{ m}^2. \quad (5.28)$$

Thể tích hút giữa hai cánh là V :

NGUYỄN HÙNG TÂM

$$V = 2e \cdot R \cdot l \cdot \beta = \frac{4\pi \cdot eR}{Z} \cdot l, \text{ m}^3, \quad (5.29)$$

trong đó:

l - chiều dài cánh song song với trục rôto, m.

Năng suất thực của máy nén là Q :

$$Q = \frac{2e \cdot R \cdot l \cdot \beta \cdot Z \cdot n \lambda_0}{60} = \frac{4\pi \cdot eR \cdot l \cdot n \lambda_0}{60}, \text{ m}^3/\text{s}. \quad (5.30)$$

trong đó:

n - số vòng quay của rôto, vg/ph;

λ_0 - hệ số cấp của máy nén:

$$\lambda_0 = 0,5 + 0,8.$$

Công suất nén thực tế của máy là N :

$$N = \frac{N_{đđ.n}}{\eta_{đđ.n} \cdot \eta_m} = \frac{P_1 \cdot Q_1 \cdot \ln \frac{P_2}{P_1}}{1000 \cdot \eta_{đđ.n} \cdot \eta_m}, \text{ kW}. \quad (5.31)$$

Công thức (5.31) tính trong trường hợp rôto được làm mát bằng nước, và quá trình nén là đẳng nhiệt.

Khi quá trình nén chỉ làm nguội bằng không khí thì được xem là đoạn nhiệt khi đó công suất nén N sẽ được tính theo điều kiện (5.32):

$$N = \frac{N_{đđ.n}}{1000 \cdot \eta_{đđ.n} \cdot \eta_m}, \text{ kW}; \quad (5.32)$$

$$N_{đđ.n} = \frac{k}{k-1} \cdot P_1 \cdot Q_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{k-1/k} - 1 \right], \text{ W}, \quad (5.33)$$

trong đó:

Q_1 - năng suất hút của máy, m^3/s ;

P_1, P_2 - áp suất đầu (hút), cuối (đẩy), N/m^2 ;

k - chỉ số đoạn nhiệt;

$\eta_{đđ.n}$ - hệ số hiệu dụng đẳng nhiệt;

η_m - hệ số hiệu dụng tính đến tổn thất ma sát;

$\eta_{đo.n}$ - hệ số hiệu dụng đoạn nhiệt;

$$\eta_{đđ.n} \cdot \eta_m = 0,5 \div 0,6;$$

$$\eta_{đo.n} \cdot \eta_m = 0,6 \div 0,7.$$

Khi $\frac{P_2}{P_1} > 1,5$ thì phải làm mát bằng nước.

Máy nén rôto cánh trượt thường nối trực tiếp với động cơ điện. Vì vậy số vòng quay của máy thường là 1450 vg/ph; 960 vg/ph; 735 vg/ph.

Muốn điều chỉnh năng suất của máy nén rôto cánh trượt chỉ cần thay đổi số vòng quay của rôto hoặc xả bớt hơi nén từ cửa đẩy về cửa hút. Cấu tạo của máy nén rôto cánh trượt thể hiện ở hình 5.32c.

5.4. MÁY NÉN TRỤC VÍT

Cấu tạo và hoạt động của máy nén trục vít được thể hiện ở hình 5.33. Nó gồm hai trục vít nhiều mối răng ăn khớp và quay ngược chiều nhau. Một trục dẫn, nhận truyền động từ động cơ và truyền cho trục bị dẫn qua cặp bánh răng nghiêng. Khí hoặc hơi được hút từ đầu này được nén và đẩy sang đầu kia của cặp trục. Khe hở giữa hai trục vít (phần ăn khớp) và giữa đỉnh răng với xilanh vào khoảng từ 0,1 - 0,4 mm. Vì vậy khí làm việc không có ma sát, tuổi thọ cao, êm. Các trục vít có độ chính xác cao, khó chế tạo và sửa chữa. Trong máy nén khí trục vít không có van hút và van đẩy như ở máy nén pittông.

Số vòng quay của trục vít từ 3000 vg/ph trở lên, thậm chí đến 15000 vg/ph.

Năng suất của máy nén trục vít được tính bằng công thức:

$$Q = (F_1 Z_1 + F_2 Z_2) \cdot L \cdot n \cdot \lambda, m^3/ph, \quad (5.34)$$

trong đó:

F_1, F_2 - diện tích tiết diện ngang của các rãnh ăn khớp trên mỗi trục vít, m^2 ;

Z_1, Z_2 - số răng của mỗi trục;

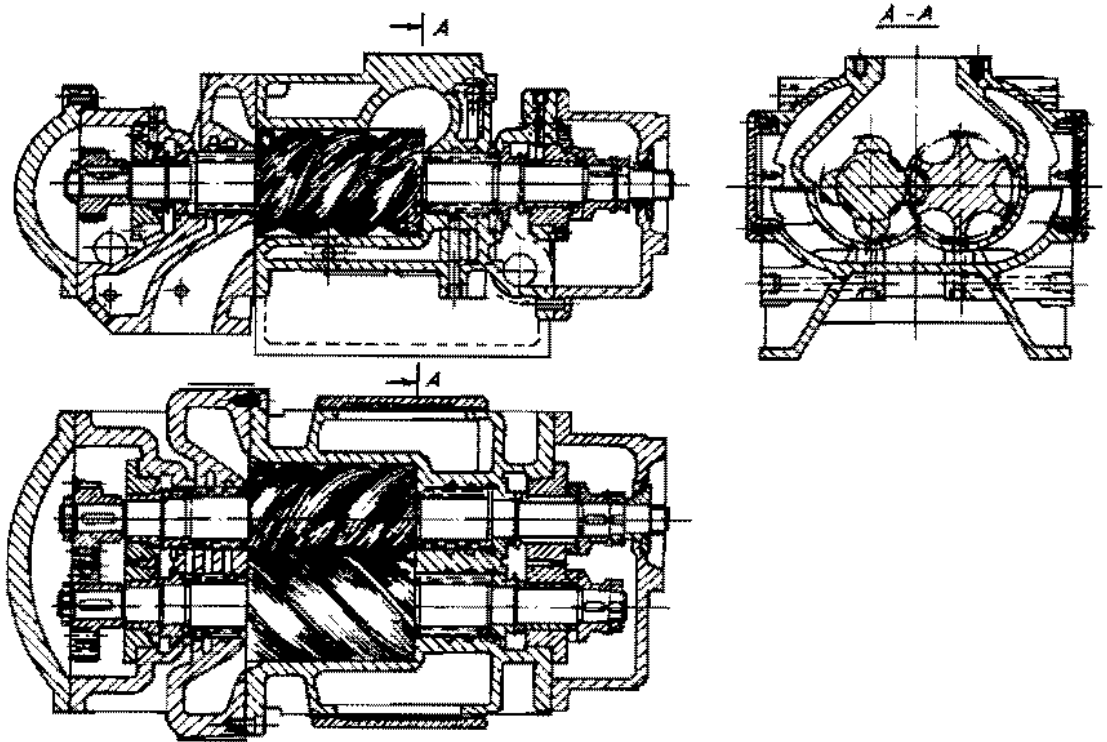
L - chiều dài đường vít, m;

n - số vòng quay của trục vít, vg/ph;

λ_0 - hệ số cấp, phụ thuộc vào khe hở giữa hai trục vít với nhau và với xilanh:

$$\lambda_0 = 0,5 \div 0,75.$$

Muốn thay đổi năng suất của máy nén trục vít người ta thường dùng biện pháp đóng bớt của hút hoặc xả vòng hơi nén từ phía đáy về phía hút. Cách thứ nhất kinh tế hơn.



Hình 5.33. Cấu tạo của máy nén trục vít.

Công suất nén của máy nén trục vít cũng được tính tương tự như máy nén rôto cánh trượt.

Máy nén trục vít của hãng Frick (Mỹ) với kiểu RXB-12 đến RXB-50 dùng trong máy lạnh amoniac hay freon là nổi tiếng thế giới. Tuổi thọ của máy do hãng này chế tạo có thể đạt từ 10 đến 20 năm.

5.5. MÁY NÉN LY TÂM

5.5.1. Cấu tạo và hoạt động của máy nén ly tâm

Máy nén ly tâm làm việc theo nguyên lý ly tâm. Trong một máy nén ly tâm thường có nhiều cấp nén. Mỗi cấp gồm có: guồng động *a*, bộ khuếch tán *b* và rãnh dẫn khí *c* (xem hình 5.34). Các cấp đấu nối tiếp trên cùng một trục. Số cấp phụ thuộc vào áp suất cần có của khí sau khi nén.

Cấu tạo của máy nén ly tâm cũng giống như bơm ly tâm nhiều cấp.

Điểm khác nhau cơ bản là cấu tạo của guồng động. Các guồng động của bơm ly tâm nhiều cấp là như nhau về kích thước đường kính và chiều rộng. Các guồng động trong máy nén ly tâm có kích thước nhỏ dần theo chiều tăng của áp suất khí nén vì khí bị nén thể tích khí giảm. Về lý thuyết thì nén ly tâm cũng giống bơm ly tâm, nhưng quá trình nén cần chú ý tới sự giảm thể tích và tăng nhiệt độ của khí hay hơi, cùng với quá trình trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh.

Khí guồng động quay thì khí sẽ đi từ điểm 1 (cạnh vào của cánh guồng) đến điểm 2 (cạnh ra của cánh guồng) và nó nhận được năng lượng (xem hình 5.34). Năng lượng của khí tại điểm 1 và 2 được thể hiện như sau:

$$\frac{C_1^2}{2} + C_p T_1 - \text{tại điểm 1;}$$

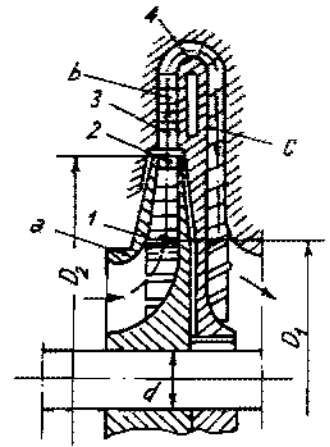
$$\frac{C_2^2}{2} + C_p T_2 - \text{tại điểm 2,}$$

trong đó:

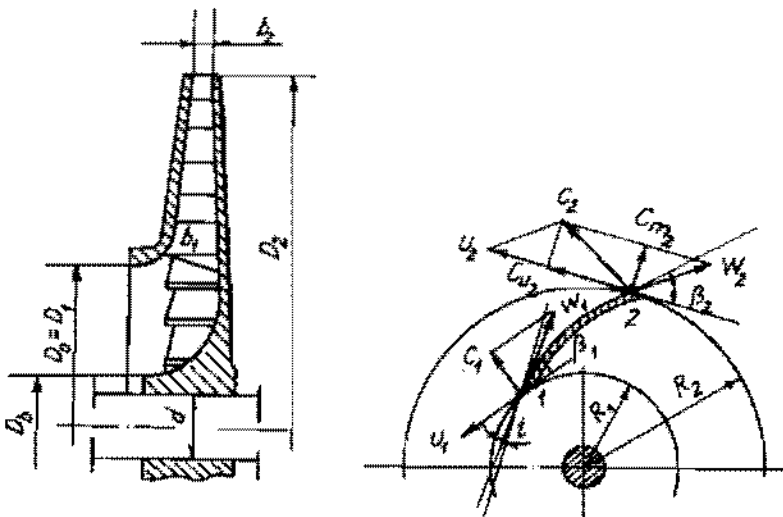
C_p - nhiệt dung riêng đẳng áp, J/kg.độ;

T_1, T_2 - nhiệt dung của khí tại điểm 1 và điểm 2, °K;

C_1, C_2 - vận tốc tuyệt đối của khí tại điểm 1 và điểm 2, m/s (xem hình 5.35).



Hình 5.34. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của máy nén ly tâm: a - guồng động; b - bộ khuếch tán; c - rãnh dẫn khí nén vào guồng tiếp theo; d - trục; 1, 2 - cửa vào, ra của guồng; 3, 4 - cửa vào, ra của bộ khuếch tán.



Hình 5.35. Guồng động và tam giác vận tốc của máy nén ly tâm.

Năng lượng cột áp lý thuyết mà guồng cấp cho chất khí là H_{ll} :

$$H_{ll} = 1/g(U_2 C_{u2} - U_1 C_{u1}), \quad \text{hay:}$$

$$\rho \cdot g \cdot H_{ll} = \rho(U_2 C_{u2} - U_1 C_{u1}).$$

Phương trình cân bằng năng lượng chất khí được thể hiện như sau (tính cho 1 kg khí, với $\rho = 1$):

$$\frac{C_1^2}{2} + C_p T_1 + (U_2 C_{u2} - U_1 C_{u1}) \pm q = \frac{C_2^2}{2} + C_p T_2, \quad (5.35)$$

trong đó:

q - nhiệt lượng trao đổi với môi trường tính cho 1 kg khí, J/kg.độ.

Nhiệt độ T_2 của khí được tính theo phương trình sau:

$$T_2 = T_1 + \frac{1}{2C_p} [C_1^2 - C_2^2 + 2(U_2 C_{u2} - U_1 C_{u1})] \pm \frac{q}{C_p}; \quad (5.36)$$

C_p - được tính theo nhiệt độ trung bình $\frac{T_1 + T_2}{2}$.

Khi quá trình nén là đoạn nhiệt ($q = 0$) thì nhiệt độ sau khi nén sẽ là:

$$T_2 = T_1 + \frac{1}{2C_p} [C_1^2 - C_2^2 + 2(U_2 C_{u2} - U_1 C_{u1})]; \quad (5.37)$$

đồng thời ta có:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k}; \quad \text{hay } P_2 = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{k/(k-1)} \cdot P_1;$$

$$P_2 = P_1 \left\{ 1 + \frac{1}{2C_p T_1} [C_1^2 - C_2^2 + 2(U_2 C_{u2} - U_1 C_{u1})] \right\}^{k/(k-1)}. \quad (5.38)$$

Vì quá trình nén không hoàn toàn là đoạn nhiệt, mà là đa biến với chỉ số $n > k$ (chỉ số đoạn nhiệt); $n = 1,5 + 1,62$. Khi ấy ta có áp suất sau quá trình nén đa biến là P_2 , (xem hình 5-36):

$$P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{n/(n-1)}. \quad (5.39)$$

Nhiệt độ T_2 phụ thuộc vào hệ số hiệu dụng của quá trình nén đoạn nhiệt $\eta_{do.n}$:

$$\eta_{do.n} = \frac{A}{A'} = \frac{C_p(T_2 - T_1)}{C_p(T_2' - T_1)}, \quad (5.40)$$

với máy nén ly tâm cố định thì $\eta_{do.n} = 0,75 + 0,9$.

Từ (5.40) ta có:

$$T_2' - T_1 = \frac{T_2 - T_1}{\eta_{do.n}}. \quad (5.41)$$

Từ điều kiện (5.37) ta có:

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{2C_p} [C_1^2 - C_2^2 + 2(U_2 C_{u2} - U_1 C_{u1})];$$

thay vào (5.41) ta tìm được T_2 :

$$T_2 = T_1 + \frac{1}{2C_p \cdot \eta_{đo.n}} [C_1^2 - C_2^2 + 2(U_2 C_{u_2} - U_1 C_{u_1})]. \quad (5.42)$$

Thay T_2 từ (5.42) vào (5.39), ta có:

$$P_2 = P_1 \left\{ 1 + \frac{1}{2C_p \cdot \eta_{đo.n} \cdot T_1} [C_1^2 - C_2^2 + 2(U_2 C_{u_2} - U_1 C_{u_1})] \right\}^{n/(n-1)} \quad (5.43)$$

Từ đẳng thức (5.43) ta thấy: áp suất sau khí nén đa biến P_2 phụ thuộc vào các thông số đầu (P_1, T_1) của chất khí; chỉ số đa biến n ; số vòng quay của trục và kích thước guồng động, dạng cánh trong guồng biểu hiện qua C_{u_1}, C_{u_2} .

Sau khi ra khỏi guồng động, khí nén được đẩy qua bộ khuếch tán từ điểm 3 đến điểm 4 (xem hình 5.34), với quá trình đoạn nhiệt ta có:

$$C_p T_3 + \frac{C_3^2}{2} = C_p T_4 + \frac{C_4^2}{2}; \quad (5.44)$$

hay

$$\frac{T_4}{T_3} = 1 + \frac{C_3^2}{2C_p \cdot T_3} \left(1 - \frac{C_4^2}{C_3^2} \right). \quad (5.45)$$

Tương tự ta có:

$$P_4 = P_3 \left[1 + \frac{C_3^2}{2C_p \cdot T_3} \left(1 - \frac{C_4^2}{C_3^2} \right) \right]^{k/(k-1)} \quad (5.46)$$

Nếu bộ khuếch tán không có cánh và hai thành bên song song nhau thì:

$$\frac{C_4}{C_3} = \frac{R_3}{R_4}, \quad (5.47)$$

trong đó:

R_3, R_4 - bán kính trong, ngoài của bộ khuếch tán.

Thay điều kiện (5.47) vào (5.46), ta thu được:

$$P_4 = P_3 \left[1 + \frac{C_3^2}{2C_p \cdot T_3} \left(1 - \frac{R_3^2}{R_4^2} \right) \right]^{k/(k-1)}. \quad (5.48)$$

Khi quá trình xảy ra trong bộ khuếch tán là đa biến thì áp suất của khí nén khi ra khỏi bộ khuếch tán là P_4'

$$P_4' = P_3 \left[1 + \frac{C_3^2}{2C_p \cdot \eta_{đo.n} \cdot T_3} \left(1 - \frac{R_3^2}{R_4^2} \right) \right]^{n/(n-1)}. \quad (5.49)$$

Công nén đoạn nhiệt 1 kg khí là A_{11} (công nén riêng lý thuyết):

$$A_{11} = \frac{k}{k-1} \cdot R(T_2 - T_1); \quad (5.50)$$

vì $k = \frac{C_p}{C_v}$; $R = C_p - C_v$; nên:

$$A_{11} = C_p(T_2 - T_1) = i_2 - i_1, \text{ kJ/kg}, \quad (5.51)$$

trong đó:

i_1, i_2 - entanpi của khí (hoặc hơi) trước và sau khi nén đoạn nhiệt từ điểm 1 lên điểm 2, kJ/kg, (xem hình 5.36).

A_{11} tương đương diện tích (1-2-3-4-5-1).

Công suất trong quá trình nén thực tế đa biến với $n > k$ là A' tương đương diện tích (1-2'-3-4-5-1):

$$A' = \frac{n}{n-1} \cdot R(T_2' - T_1), \text{ kJ/kg.} \quad (5.52)$$

Khí quá trình đa biến có làm mát tốt thì công nén riêng là A'' tương đương diện tích (1-2''-3-4-5-1), chỉ số đa biến trong trường hợp này là $n < k$.

Nếu quá trình nén là đẳng nhiệt (từ 1 đến 3) thì công nén là A_T . Khi ấy hệ số hiệu dụng đẳng nhiệt là η_T :

$$\eta_T = \frac{A_T}{A_{11}} = \frac{A_T}{\frac{C_2^2 - C_1^2}{2}}, \quad (5.53)$$

trong đó:

A_{11} - công nén thực tế, khác với A_T , khác A_{11}

Khi áp suất cuối quá trình nén $P_c \equiv P_2$ lớn hơn áp suất đầu $P_d \equiv P_1$ nhiều thì phải chia cấp nén. Số cấp nén của một máy nén khí là c .

Chẳng hạn $c = 2$ thì áp suất sau cấp nén thứ nhất là P_{o1} được tính theo phương trình sau:

$$P_{o1} = \sqrt{P_d \cdot P_c}; \quad (5.54)$$

hay:

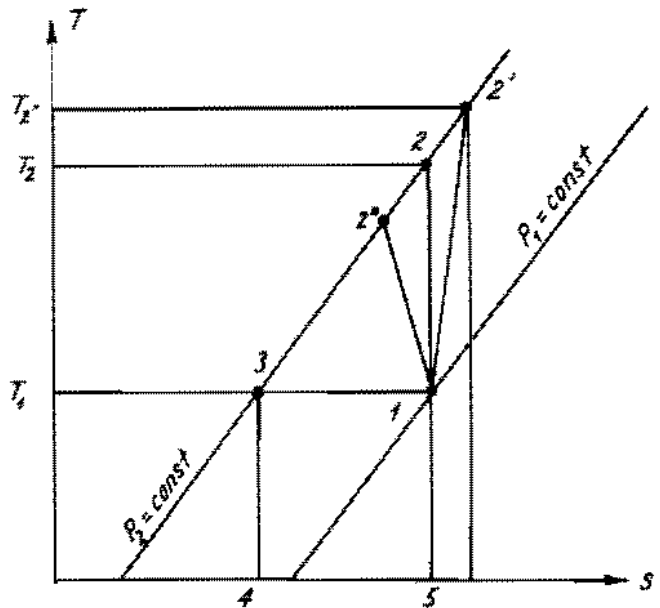
$$\frac{P_d}{P_{o1}} = \frac{P_{o1}}{P_c} \quad (5.55)$$

Nếu là nén nhiều cấp hơn nữa, ta có:

$$\frac{P_d}{P_{o1}} = \frac{P_{o1}}{P_{o2}} = \frac{P_{o2}}{P_{o3}} = \frac{P_{o3}}{P_c} \quad (5.56)$$

Tỷ số nén của mỗi cấp trong máy nén nhiều cấp là m được tính như sau:

$$m = \sqrt[c]{\frac{P_c}{P_d}}, \quad (5.57)$$



Hình 5.36. Các quá trình nén khí trên đồ thị T - S:

1-2 - quá trình nén đoạn nhiệt;

1-2' - quá trình nén đa biến với $n > k$;

1-2'' - quá trình nén đa biến với $n < k$.

trong đó:

$$m = 1,2 + 1,5.$$

Căn cứ vào m ta chọn được số cấp nén c phù hợp.

5.5.2. Tính kích thước của guồng động

Cấu tạo của guồng động được thể hiện ở hình 5.35. Các kích thước của guồng động và dạng cánh trong guồng liên quan chặt chẽ với năng suất và áp suất khí nén.

Năng suất thể tích V của guồng động được thể hiện ở biểu thức:

$$V = \pi \cdot D_1 \cdot b_1 \cdot C_{m1} \cdot \mu = \pi \cdot D_2 \cdot b_2 \cdot C_{m2} \cdot \mu, \text{ m}^3/\text{s}, \quad (5.58)$$

trong đó:

D_1, D_2 - đường kính trong, ngoài của guồng, m;

b_1, b_2 - chiều rộng của cánh ở cửa vào, ra, m;

C_{m1}, C_{m2} - vận tốc hướng kính của khí ở cửa vào, ra, m/s;

μ - hệ số tổn thất thể tích do khe hở quanh guồng động:

$$\mu = 0,01 + 0,015.$$

Đường kính D_2 phụ thuộc vào vận tốc vòng U_2 , số vòng quay n :

$$D_2 = \frac{60 \cdot U_2}{\pi \cdot n}, \text{ m}, \quad (5.59)$$

trong đó:

n - số vòng quay của guồng động, vg/ph;

$$n = 3000 + 15000 \text{ vg/ph};$$

$$U_2 = 200 + 280 \text{ m/s, cá biệt có } U_2 = 400 \text{ m/s.}$$

Sở dĩ chọn số vòng quay n lớn là vì mục đích giảm đường kính D_2 để giảm tổn thất ma sát của guồng với khí nén, giảm tổn thất thể tích quanh guồng.

Đường kính D_0 của cửa vào guồng động được tính như sau:

$$\frac{D_2}{D_0} = 1,75 + 2,2.$$

Vận tốc C_0 của dòng khí đi vào cửa hút của guồng được tính theo công thức:

$$C_0 = (0,2 + 0,3) \sqrt{2gH_{tt}} = (0,2 + 0,3) \sqrt{2 \frac{P_2 - P_1}{\rho}}, \text{ m/s}, \quad (5.60)$$

trong đó:

H_{tt} - chiều cao cột áp, m cột chất khí;

g - gia tốc trọng trường, m/s²;

ρ - khối lượng riêng của chất khí, kg/m³;

P_1, P_2 - áp suất trước, sau khi nén mỗi cấp, N/m²;

$$H_{tt} = \frac{P_2}{\rho \cdot g}, \text{ m cột chất khí};$$

P_2 được tính theo công thức (5.38)

$$C_o = 30 + 50 \text{ m/s};$$

$$C_o \approx C_{m1} \geq C_{m2}.$$

Máy nén ly tâm áp suất thấp hay cao đều chọn dạng cánh guồng cong về sau; $\beta_1 = 30^\circ$ và sao cho $C_{v1} = 0$; $\beta_2 = 35 + 70^\circ$, có thể $\beta_2 = 90^\circ$.

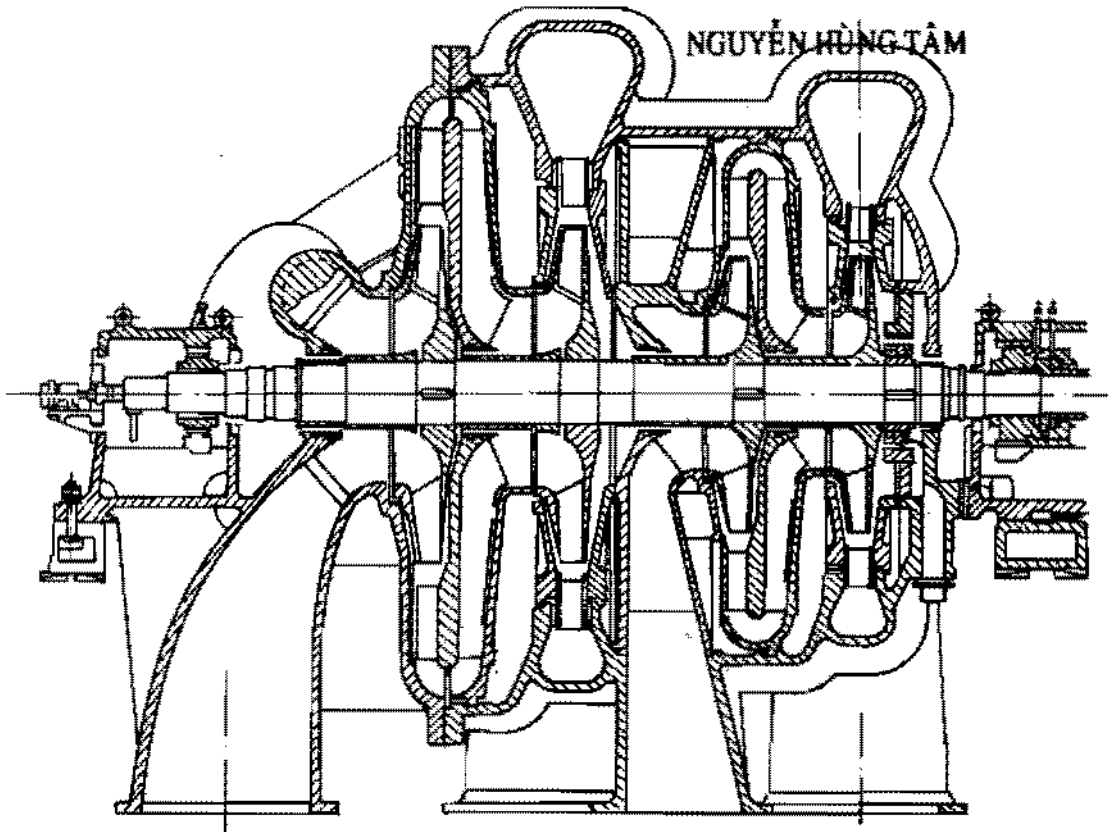
Đường kính D_o còn phụ thuộc đường kính bầu guồng D_b theo điều kiện sau:

$$V = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_b^2) C_o \frac{m^3}{s}; \quad (5.61)$$

D_b phải lớn hơn đường kính d của trục sao cho đủ bền. Đường kính trục d được tính bền cho nhiều guồng động lắp nối tiếp.

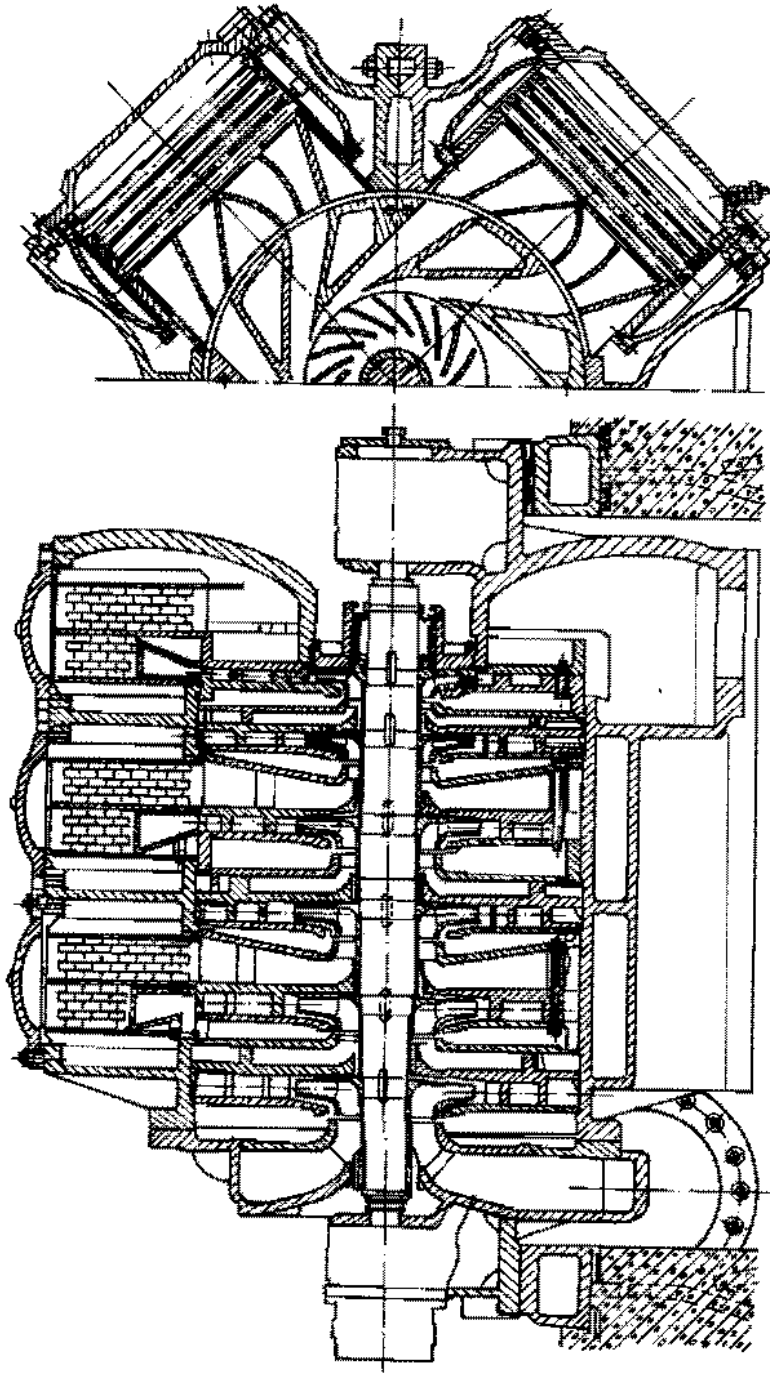
Với máy nén có năng suất nhỏ, tỷ số nén cao thì guồng động được chế tạo thành hai phần ghép với nhau theo mặt phẳng vuông góc trục quay để dễ làm sạch bên trong guồng nhằm giảm tổn thất ma sát. Bình thường thì guồng động được đúc.

Để thực hiện bít kín giữa phía đẩy và phía hút của mỗi guồng động thì khe hở giữa guồng và vỏ phải nhỏ, đồng thời phải khúc khuỷu (gấp khúc).



Hình 5.37. Cấu tạo của máy nén khí cho lò cao kiểu K-3250-41-2

Tùy giá trị của tỷ số C_{u2}/U_2 mà chọn bộ khuếch tán có cánh hay không; $C_{u2}/U_2 = 0,26 + 0,32$ thì không cần cánh; khi ấy chiều rộng của bộ khuếch tán là b_3 , hai thành song song nhau:



Hình 5.38. Cấu tạo máy nén khí kiểu K-100-61-2 có làm nguội bên trong.

$$b_3 = b_2 + 2 + 5 \text{ mm,}$$

trong đó:

b_2 - chiều rộng ở cửa ra của guồng động, được tính theo công thức (5.58)

Đường kính trong của bộ khuếch tán là D_3 :

$$D_3 = D_2 + (2 + 20) \text{ mm.}$$

Khi $\frac{C_{u2}}{U_2} = 0,21 + 0,25$ thì:

$$b_3 = b_1 + (2 + 5) \text{ mm;}$$

$$D_3 = (1,08 + 1,15)D_2.$$

Để giảm ồn và giảm tổn thất do xoáy khí quanh cửa vào của bộ khuếch tán cần lấy sao cho $D_3 - D_2 < 30$ mm.

Số cánh trong bộ khuếch tán lấy từ 20 đến 28 và nên khác số cánh trong guồng động. Độ mở của hai thành bộ khuếch tán $\beta = 12^\circ$, cánh cong hình tròn.

5.5.3. Công suất của máy nén ly tâm

Công suất nén lý thuyết (chính là công suất nén đoạn nhiệt) của một cấp nén N_{lt} :

$$N_{lt} = G.A_{it} = G(i_2 - i_1), \text{ kW,} \quad (5.62)$$

trong đó:

i_1, i_2 - entanpi của khí trước và sau mỗi lần nén, kJ/kg;

$G = \rho.V$ - khối lượng khí nén đi qua guồng động, kg/s;

ρ - khối lượng riêng của khí nén, kg/m³;

V - thể tích hút và nén khí thực tế của guồng tính theo công thức (5.58) hoặc (5.61), m³/s.

Nếu không kể tổn thất (không đáng kể) ra ngoài thì G , kg/s cũng chính là năng suất của máy nén ly tâm nhiều cấp (có nhiều guồng động mắc nối tiếp).

Công suất nén thực tế của một cấp N_{tt} , chính là công suất nén đa biến:

$$N_{tt} = \frac{N_{lt}}{\eta_{do.n}}, \text{ kW,} \quad (5.63)$$

trong đó:

$\eta_{do.n} = 0,75 + 0,9$ - hệ số hiệu dụng đoạn nhiệt.

Công suất đặt lên trục máy nén tính cho một cấp nén là N :

$$N = \frac{N_{tt}}{\eta_m} = \frac{N_{lt}}{\eta_{do.n} \eta_m}, \text{ kW,} \quad (5.64)$$

trong đó:

$\eta_m = 0,95 + 0,98$ - hệ số hiệu dụng ma sát; nó đánh giá mức độ tổn thất năng lượng do ma sát giữa guồng động với khí nén và ma sát ở các ổ đỡ trục.

Công suất của cả máy nén ly tâm có nhiều cấp nén bằng tổng công suất của từng cấp tính theo công thức (5.64).

Sau khi đã tính được công suất tổng, sẽ tính công suất động cơ thông qua hệ số hiệu dụng truyền động (tùy thuộc cách truyền động).

Các máy nén khí ly tâm loại nhỏ thường truyền động trực tiếp từ động cơ điện. Với máy nén lớn hơn, người ta dùng tuabin hơi để kéo. Dùng tuabin hơi còn tăng được số vòng quay, điều chỉnh số vòng quay dễ dàng.

Để làm nguội khí nén, áp dụng các biện pháp: làm nguội bên trong, làm nguội bên ngoài, cả trong và ngoài. Làm nguội bên trong là từng cấp nén có áo nước làm mát; làm nguội bên ngoài là giữa các cụm (mỗi cụm gồm mấy cấp) đặt một thiết bị làm nguội bên ngoài; hoặc kết hợp hai cách trên.

Điều chỉnh năng suất của máy nén ly tâm tốt nhất là thay đổi vận tốc quay của guồng động.

Năng suất và áp suất khí nén phụ thuộc yêu cầu sử dụng và mạng ống dẫn. Độ sạch hay vô trùng của khí nén tùy theo yêu cầu của họ sử dụng. Từ đó cần lắp các thiết bị làm sạch hay khử trùng cho khí nén trước khi đưa đi sử dụng.

Kết cấu của máy nén ly tâm cũng gần giống kết cấu của bơm ly tâm nhiều cấp, hay như tuabin hơi (xem hình 5.37 và 5.38).

5.6. MÁY NÉN HƯỚNG TRỰC

5.6.1. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của máy nén hướng trục

Máy nén hướng trục làm việc theo nguyên lý cánh nâng. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của nó được thể hiện ở hình 5.39.

Các cánh động (công tác) được lắp theo vành tròn thành tầng cánh trên rôto. Tùy thuộc áp suất cần nén mà số tầng cánh động nhiều ít khác nhau. Xen giữa các tầng cánh động là các tầng cánh tĩnh. Tầng cánh tĩnh có tác dụng dẫn hướng cho khí nén, và biến động năng thành áp suất sau mỗi lần nén ở tầng cánh động. Tầng cánh tĩnh đầu tiên và cuối cùng chỉ có tác dụng dẫn hướng cho dòng khí vào và ra.

Để tạo được sự tăng áp suất (nén) cho dòng khí thì không gian giữa rôto và stato phải có tiết diện ngang (mặt cắt vuông góc với trục rôto) nhỏ dần về phía cửa ra. Muốn vậy thì mặt ngoài của rôto là hình trụ, còn mặt trong của stato là hình nón cụt. Trong trường hợp này thì đường kính đỉnh cánh của các tầng cánh động nhỏ dần, còn với tầng cánh tĩnh thì lớn dần. Cách thứ hai là rôto có bề mặt nón cụt, còn stato là hình trụ (ngược với cấu tạo ở hình 5.39).

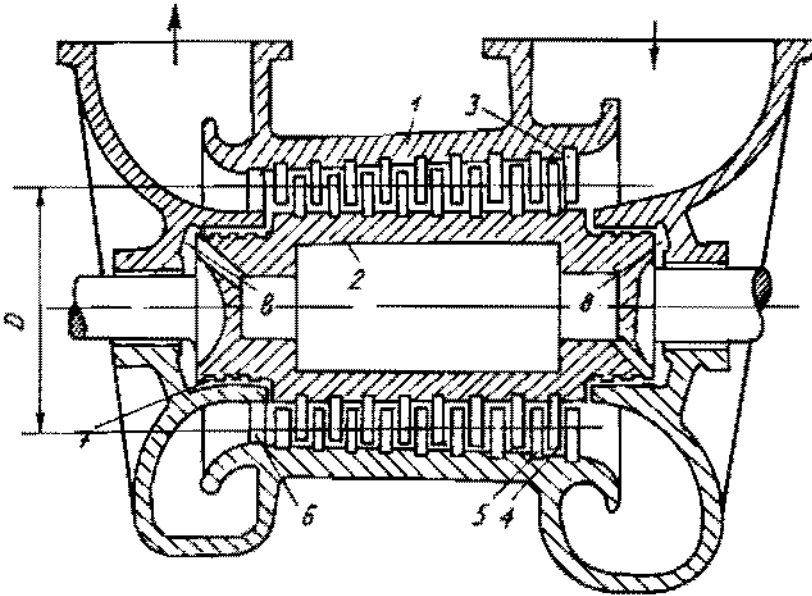
Để cân bằng lực chiều trục người ta sử dụng khoang và rãnh thông đầu và cuối rôto nhằm cân bằng áp suất khí tác dụng lên rôto. Lượng khí này ít và được tính như là tổn thất thể tích cho phép.

Khe hở hình răng lược giữa rôto và stato có tác dụng bít kín.

Số vòng quay của rôto thường từ 5000 v/gph trở lên. Vì vậy để quay rôto nên dùng tuabin khí hay tuabin hơi. Nếu dùng động cơ điện thì phải có hộp tăng tốc.

Máy nén hướng trục thường được áp dụng khi cần lưu lượng lớn và tỷ số áp suất nhỏ (áp suất cuối trên áp suất đầu bằng từ 1,15 đến 5).

Dùng mặt cắt trụ có đường kính D rồi khai triển ta sẽ có tiết diện ngang của cánh động và tĩnh (xem hình 5.39 và 5.40).



Hình 5.39. Nguyên lý cấu tạo của máy nén hướng trục:

- 1 - stato; 2 - rôto; 3 - cánh dẫn hướng ở cửa vào tầng cánh động đầu tiên;
 4 - cánh động của tầng đầu tiên; 5 - tầng cánh tĩnh; 6 - tầng cánh dẫn hướng cuối cùng; 7 - khe răng lược; 8 - khoang thông áp để cân bằng.

Năng lượng mà chất khí thu được khi đi qua một cấp nén (gồm một tầng động và một tầng tĩnh, từ mặt cắt I đến III hình 5.40) là công thực tế L_1 tính cho 1 kg khí:

$$L_1 = L_{11} - L, \text{ J/kg}, \quad (5.65)$$

trong đó:

L_{11} - công lý thuyết mà một tầng cánh động cấp cho chất khí:

$$L_{11} = U_2 C_{u2} - U_1 C_{u1} = U(C_{u2} - C_{u1}), \text{ J/kg} \quad (5.66)$$

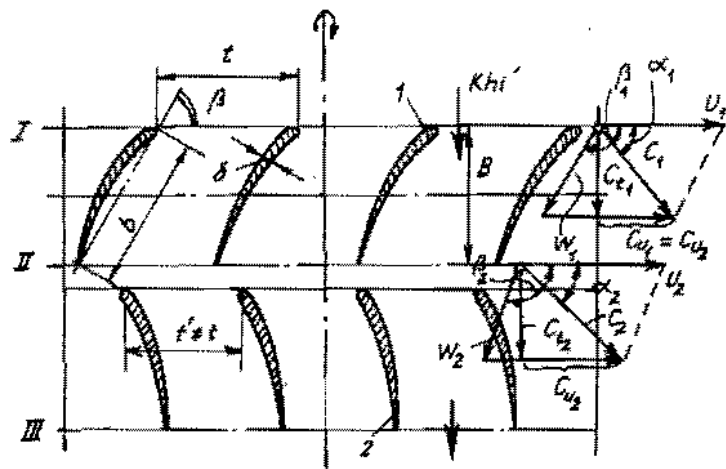
ở đây: $U_1 = U_2 = U$ - vận tốc vòng của cánh tại tiết diện xét, m/s;

C_{u1} ; C_{u2} - hình chiếu của các vận tốc tuyệt đối C_1 và C_2 lên phương vận tốc vòng ở cạnh vào ra của cánh động, m/s;

L - tổn thất năng lượng khi dòng khí đi qua tầng cánh động và tĩnh của một cấp nén, J/kg.

L_1 - được tính theo công thức:

Hình 5.40. Khai triển mặt cắt trụ qua guồng và tam giác vận tốc của máy nén hướng trục:
 1 - cánh động; 2 - cánh tĩnh; t - bước cánh của tầng động tại mặt cắt trụ có đường kính D ; t' - bước cánh của tầng tĩnh; b - dây cung của tiết diện cánh; δ - chiều dày lớn nhất của tiết diện; B - chiều dày của tầng động; β - góc cắt.



$$L_i = \frac{n}{n-1} \cdot R \cdot T_1 \left[\left(\frac{P_3}{P_1} \right)^{(n-1)/n} - 1 \right] + \frac{C_3^2 - C_1^2}{2}, \text{ J/kg}, \quad (5.67)$$

trong đó:

n - chỉ số đa biến;

R - hằng số chất khí, J/kg °K;

T_1 - nhiệt độ của khí trước khi vào tầng cánh động, °K;

P_1, P_3 - áp suất của chất khí lúc vào cánh động, ra khỏi tầng cánh tĩnh, N/m²;

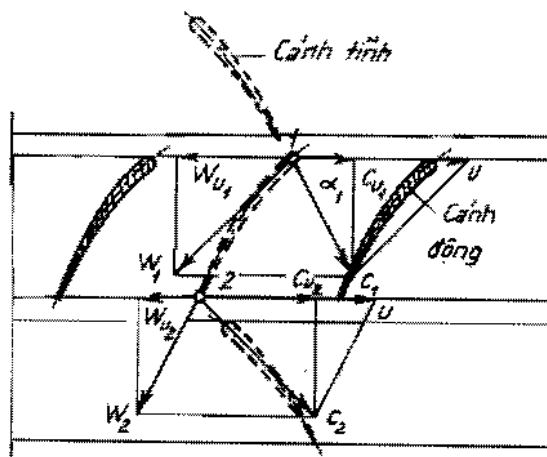
C_1, C_3 - vận tốc tuyệt đối của chất khí trước tầng động, sau tầng tĩnh, m/s, lấy $C_1 = C_3$.

Tỷ số giữa L_i và L_{ii} gọi là hệ số hiệu dụng của một cấp nén η_1 :

$$\eta_1 = \frac{L_i}{L_{ii}} \quad (5.68)$$

Nếu quá trình nén là đoạn nhiệt thì hệ số hiệu dụng là $\eta_{1,s}$:

$$\eta_{1,s} = \frac{\left(\frac{P_3}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1}{\frac{T_3}{T_1} - 1}, \quad (5.69)$$



Hình 5.41. Tam giác vận tốc khi $p = 0,5$.

trong đó:

k - chỉ số đoạn nhiệt, $k = 1,4$;

T_3 - nhiệt độ của khí sau khi qua một cấp nén, °K.

Với máy nén không khí hướng trục có tỷ số thấp ($\frac{P_3}{P_1} = 1,1 \div 1,3$) thì hệ số hiệu dụng đoạn nhiệt lấy như sau:

$$\eta_{1,a} = 0,85 \div 0,95.$$

Năng lượng lý thuyết mà một cấp nén truyền cho chất khí bao gồm động năng và thế năng (áp suất). Tỷ số giữa thế năng trên năng lượng toàn phần gọi là hệ số hoạt tính của cấp nén (độ hoạt tính) p :

$$p = \frac{U(C_{u2} - C_{u1}) - \frac{(C_2^2 - C_1^2)}{2}}{U(C_{u2} - C_{u1})} = \frac{L}{L_{11}} \quad (5.70)$$

Từ tam giác vận tốc ở hình 5.40, ta có:

$C_1^2 = C_{u1}^2 + C_{11}^2$; $C_2^2 = C_{u2}^2 + C_{12}^2$, thay vào (5.70), ta thu được:

$$p = 1 - \frac{C_{u1} + C_{u2}}{2U}; \quad (5.71)$$

$$p = 0,5 \div 1.$$

Khi $p = 0,5$ ta có: $C_{u1} = U - C_{u2}$; $C_{u2} = U - C_{u1}$.

Từ tam giác vận tốc ở hình 5.40 hay hình 5.41 ta tính được:

$$W_1^2 = C_{u2}^2 + C_{12}^2; \quad W_2^2 = C_{u1}^2 + C_{11}^2;$$

lấy $C_{11} = C_{12}$, khi ấy:

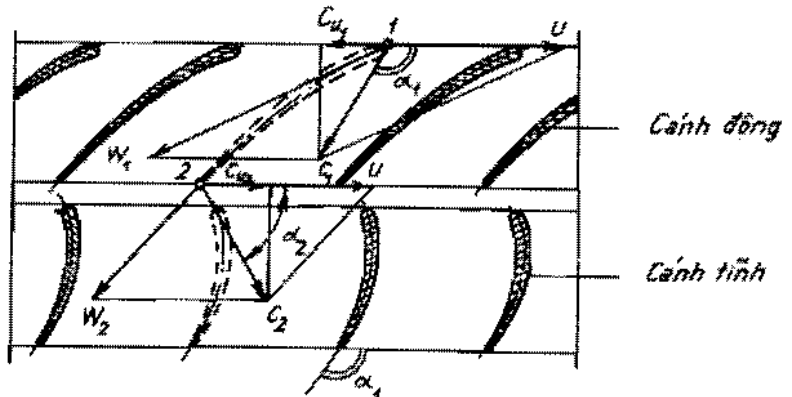
$$W_2^2 - W_1^2 = C_{u1}^2 - C_{u2}^2.$$

Khi dòng khí nén chảy từ đầu này đến đầu kia của rôto mà bị xoắn thì $C_{u2} > C_{u1}$ và ta có $C_{u1}^2 - C_{u2}^2 < 0$, suy ra $W_2 < W_1$.

Với tầng động có $p = 0,5$ thì tổn thất năng lượng nhỏ.

Năng lượng được truyền cho dòng khí qua tầng động gồm một nửa là ở dạng thế năng (áp suất).

Khi $p = 1$ thì $C_{u1} = -C_{u2}$, từ hình 5.42 ta có:



Hình 5.42. Tam giác vận tốc khí $p = 1$.

$$C_1 = C_2;$$

$$W_1^2 = C_1^2 + (U + C_{u1})^2;$$

$$W_2^2 = C_2^2 + (U + C_{u2})^2;$$

Lấy $C_{11} = C_{12}$ suy ra:

$$W_2 < W_1; W_1^2 - W_2^2 = 4UC_{u1} \text{ hay:}$$

$$\frac{W_1^2 - W_2^2}{2} = 2UC_{u1}$$

Như vậy năng lượng mà tầng động cấp cho chất khí hoàn toàn dưới dạng thế năng (áp suất).

Đối với tầng cánh tĩnh đầu tiên và cuối cùng thì $C_{u1} = C_{u3} = 0$ (xem hình 5.43).

Lấy $C_{u2} = 1/2U$, ta có:

$$p = 1 - \frac{C_{u1} + C_{u2}}{2U} =$$

$$= 0,75;$$

$$\frac{W_1^2 - W_2^2}{2} = \frac{C_1^2 + U^2 - C_2^2 - U^2/4}{2} = \frac{3}{8} U^2 \text{ (vì } C_1 = C_2 = C_1);$$

C_1 - hình chiếu theo hướng trục rôto của vận tốc tuyệt đối, m/s.

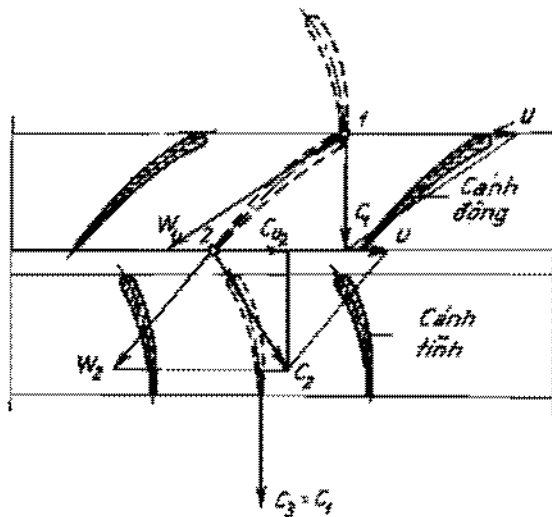
Tầng cánh tĩnh cuối cùng đóng vai trò hướng dòng và biến động năng thành áp suất. Vận tốc tuyệt đối khi rời tầng động là C_2 , khi đi qua tầng tĩnh thì vận tốc tuyệt đối của khí đã giảm xuống thành $C_3 = C_1$.

5.6.2. Phương pháp tính các số đo chính của máy nén hướng trục

Để tính toán thiết kế máy nén hướng trục người ta thường căn cứ vào các đại lượng cho trước như sau đối với chất khí bị nén: năng suất khối lượng G ; hằng số R ; áp suất đầu và cuối P_1, P_2 ; nhiệt độ đầu T_1 .

Phương pháp tính toán này sử dụng các hệ số như:

$$\left. \begin{aligned} & - \text{hệ số năng suất } \varphi = \frac{C_1}{U}; \\ & - \text{hệ số áp suất } \psi = \frac{L_n}{U^2/2}; \\ & - \text{hệ số hoạt tính của cấp nén } p = \frac{L'}{L_{11}}; \\ & - \text{hệ số xoắn dòng } \mu = \frac{\Delta C_u}{U} = C_{u2} - C_{u1}, \end{aligned} \right\} \quad (5.72)$$



Hình 5.43. Tam giác vận tốc khi $p = 0,75$.

trong đó:

C_l - hình chiếu của vận tốc tuyệt đối C lên hướng trục rôto, m/s;

L_a - công nén đoạn nhiệt;

L - phần năng lượng tính của công nén;

L_{th} - công nén lý thuyết.

Vận tốc vòng của đỉnh cánh động lấy tới đa gần bằng vận tốc âm thanh:

$$U_d = 250 \text{ m/s.}$$

$$\varphi = 0,45 \div 0,7;$$

$$v = 0,5 \div 0,9 = \frac{D_r}{D_{st}},$$

trong đó:

D_r, D_{st} - đường kính rôto và stato; sẽ có hai trường hợp thay đổi theo chiều trục;

$D_r = \text{const}$, D_{st} thay đổi nhỏ dần và D_r thay đổi lớn dần còn $D_{st} = \text{const}$.

Từ (5.72) tính được C_l :

$$C_l = \varphi \cdot U_{th},$$

trong đó:

U_{th} - vận tốc vòng tại điểm giữa của cánh động.

Lưu lượng của dòng khí nén đi qua máy nén là V :

$$V = \frac{\pi}{4} (D_{st}^2 - D_r^2) \cdot C_l = 0,785 \cdot D_{st}^2 (1 - v^2) \cdot C_l, \frac{\text{m}^3}{\text{s}};$$

hay:

$$D_{st} = \sqrt{\frac{V}{0,785(1 - v^2)C_l}}, \text{ m.} \quad (5.73)$$

Số vòng quay của rôto là n và D_r được tính như sau:

$$n = \frac{60 \cdot U_{st}}{\pi \cdot D_{st}}, \text{ vg/ph,}$$

trong đó:

U_{st} - xem như là vận tốc vòng của đỉnh cánh động, m/s;

D_{st} - đường kính đỉnh cánh động, m;

$$D_r = v D_{st}, \text{ m.}$$

$$D_{th} = \frac{D_{st} + D_r}{2} = \frac{D_{dc} + D_c}{2}, \text{ m,}$$

trong đó:

D_{dc}, D_c - đường kính đỉnh cánh, chân cánh động, m.

Chiều dài của cánh là l :

$$l = \frac{D_{d.c} - D_c}{2} \quad , \text{ m.}$$

Vận tốc vòng tại điểm giữa của cánh động là:

$$U_{1b} = \frac{\pi D_{1b} \cdot n}{60} \quad , \text{ m/s.}$$

Hệ số φ tại điểm giữa cánh động được tính như sau:

$$\varphi = \frac{C_l}{U_{1b}}$$

Với $p = 0,5 \div 1$ thì tỷ số giữa chiều rộng cánh (đầy cung tiết diện ngang cánh) b và bước cánh t lấy:

$$\frac{b}{t} = 1 \div 2.$$

Từ đồ thị hình 5.44, ta tìm được μ/φ rồi tính được μ . Hệ số φ được tính phụ thuộc vào μ và η_a - hệ số hiệu dụng đoạn nhiệt;

$$\psi = 2\mu \cdot \eta_a;$$

$$\eta_a = 0,85 \div 0,95.$$

Công nén riêng đoạn nhiệt của một cấp là L_{a1} :

$$L_{a1} = \psi \frac{U_{1b}^2}{2} \quad , \text{ J/kg.}$$

Số cấp nén (số tầng cánh động) c :

$$c = \frac{L_a}{L_{a1}}$$

trong đó:

L_a - công nén đoạn nhiệt của máy:

$$L_a = \frac{k}{k-1} RT_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k} - 1 \right], \text{ J/kg.}$$

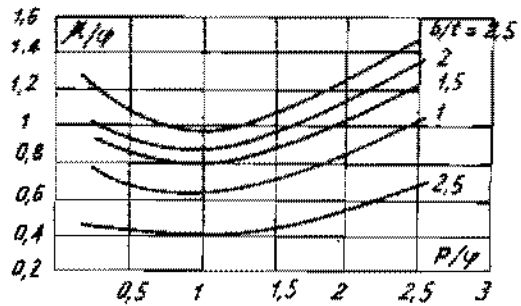
Ví dụ:

Hãy xác định các kích thước chủ yếu của tầng nén thứ nhất (cấp nén đầu tiên), số cấp nén của máy nén hướng trục với các đại lượng cho trước sau đây: $G = 50 \text{ kg/s}$; $P_1 = 100000 \text{ Pa}$;

$$\varepsilon_k = \frac{P_2}{P_1} = 5; \quad t_1 = 20^\circ\text{C.}$$

Bài giải:

Tìm khối lượng riêng ρ_1 :



Hình 5.44. Quan hệ giữa các đại lượng p , φ , t , b .

$$\rho_1 = \frac{P_1}{RT_1} = \frac{100000}{287.293} = 1,2 \text{ kg/m}^3;$$

tìm V_1 :

$$V_1 = \frac{G}{\rho_1} = \frac{50}{1,2} = 41,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Chọn vận tốc đỉnh cánh $U_d = 220 \text{ m/s}$; $v_1 = 0,65$;

$$\varphi_1 = 0,60;$$

Vận tốc tuyệt đối theo hướng trục là C_1 được xác định như sau:

$$C_1 = \varphi_1 \cdot U_d = 0,6 \cdot 220 = 132 \text{ m/s.}$$

Đường kính đỉnh cánh của tầng động thứ nhất là D_{d1} (xem như đường kính stato D_{st}):

$$D_{d1} = \sqrt{\frac{41,5}{0,785(1 - 0,65^2) \cdot 132}} = 0,83 \text{ m.}$$

Số vòng quay của rôto n :

$$n = \frac{60 \cdot 220}{3,14 \cdot 0,83} = 5100 \text{ vg/ph.}$$

Đường kính rôto D_{r1} (cũng chính là đường kính chân cánh động):

$$D_{r1} = 0,65 \cdot 0,83 = 0,54 \text{ m.}$$

Chiều dài cánh của tầng động đầu tiên là l_1 :

$$l_1 = \frac{0,83 - 0,54}{2} = 0,145 \text{ m.}$$

Đường kính trung bình D_{tb1} :

$$D_{tb1} = \frac{0,54 + 0,83}{2} = 0,685 \text{ m.}$$

Vận tốc vòng tại điểm giữa cánh là U_{tb1} :

$$U_{tb1} = \frac{3,14 \cdot 0,685 \cdot 5100}{60} = 183 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

$$\varphi = \frac{C_{11}}{U_{tb1}} = \frac{132}{183} = 0,72.$$

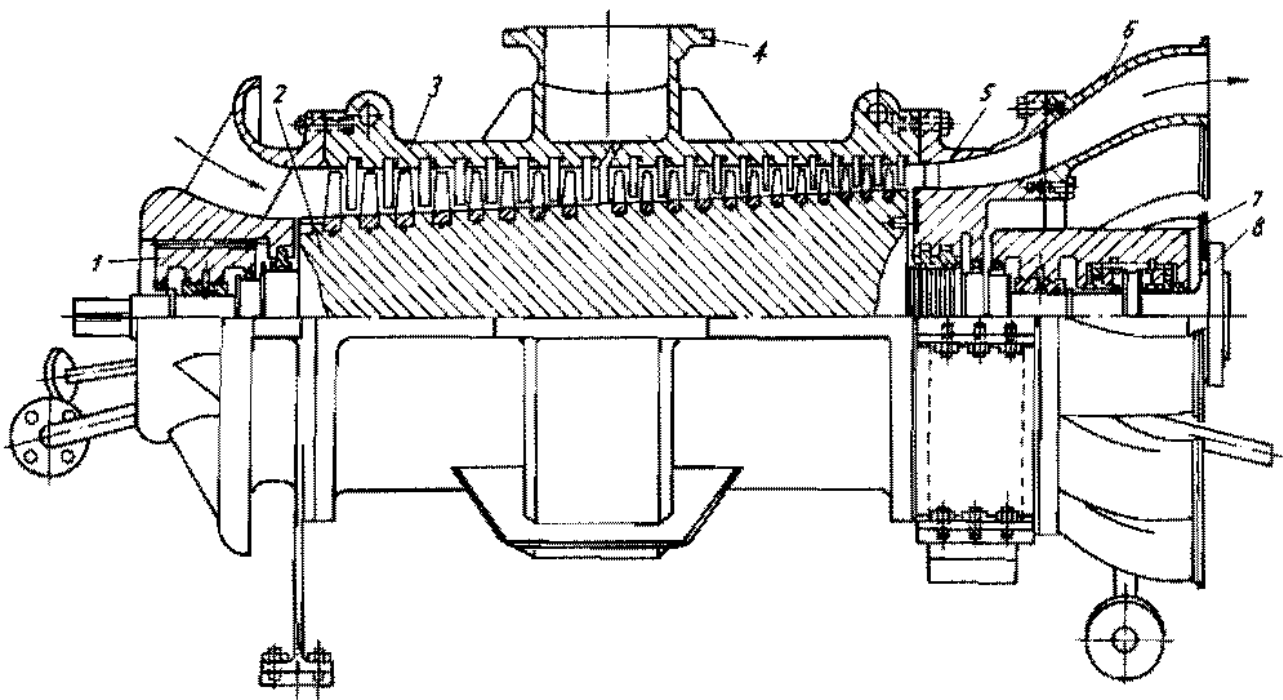
Lấy $p = 0,75$; $b/t = 1,5$;

$$\frac{p}{\varphi} = \frac{0,75}{0,72} = 1,04; \text{ tra trên đồ thị hình 5.44 được } \frac{\mu}{\varphi} = 0,75; \text{ từ đó tính được } \mu:$$

$$\mu = 0,75\varphi = 0,75 \cdot 0,72 = 0,54;$$

chọn $\eta_a = 0,9$, ta có:

$$\psi = 2\mu \cdot \eta_a = 2 \cdot 0,54 \cdot 0,9 = 0,98.$$



Hình 5.45. Cấu tạo của máy nén hướng trục :

- 1 - gối đỡ; 2 - rôto; 3 - stato; 4 - ống trích trung gian; 5 - bộ khuếch tán;
6 - ống nối; 7 - gối đỡ; 8 - vành xích nối.

$$L_{a_1} = 0,98 \frac{183^2}{2} = 16400 \text{ J/kg.}$$

Công nén riêng đoạn nhiệt của cả máy nén là L_a :

$$L_a = \frac{1,4}{1,4 - 1} \cdot 287.293 [5^{(1,4-1)/1,4} - 1] = 168000 \text{ J/kg.}$$

Số cấp nén là c

$$c = \frac{L_a}{L_{a_1}} = \frac{168\ 000}{16400} \approx 10.$$

Hình 5.45 thể hiện cấu tạo của máy nén không khí hướng trục. Rôto có dạng nón cắt, stato có dạng trụ phân đôi để lắp ghép. Các cánh động có chân ren lắp vào rôto và chỉnh được góc cắt dòng.

Các cánh tĩnh của mỗi tầng được lắp trên một chiếc vành tròn rồi cài vào rãnh bên trong stato.