

NGUYỄN ĐỨC LỢI - PHẠM VĂN TÙY

MÁY VÀ THIẾT BỊ LẠNH

GIÁO TRÌNH CAO ĐẲNG VÀ CÔNG NHÂN ĐIỆN LẠNH

(Tái bản lần thứ tám)



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Công ty cổ phần Sách Đại học - Dạy nghề – Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam giữ quyền
công bố tác phẩm.

14 – 2011/CXB/58 – 2075/GD

Mã số : 7B410y1 – DAI

LỜI NÓI ĐẦU

Cùng với công cuộc đổi mới công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, kỹ thuật lạnh đang phát triển rất mạnh mẽ ở Việt Nam. Tủ lạnh, máy kem, máy đá, máy điều hòa nhiệt độ đã trở nên quen thuộc trong đời sống hàng ngày. Các máy và thiết bị lạnh công nghiệp phục vụ trong các ngành chế biến thực phẩm, bia, rượu, sợi dệt, in ấn, thuốc lá, điện tử, vi điện tử, thông tin, viễn thông, bưu chính, y tế, thể dục thể thao, du lịch... cũng đang phát huy tác dụng thúc đẩy mạnh mẽ nền kinh tế đi lên.

Song song với sự phát triển kỹ thuật, việc phát triển đội ngũ cán bộ khoa học kỹ thuật và công nhân lành nghề cũng đã được Nghị quyết Trung ương 2 định hướng và chỉ rõ : "Phát triển giáo dục, đào tạo và khoa học công nghệ là quốc sách hàng đầu nhằm nâng cao dân trí, đào tạo nhân lực, bồi dưỡng nhân tài, phát huy nguồn lực con người, là khâu đột phá để tiến vào thời kỳ mới. Đây là sự nghiệp của Đảng, của Nhà nước và của toàn dân, của từng gia đình và mỗi công dân".

Để đáp ứng nhu cầu cấp bách trên chúng tôi đã biên soạn giáo trình "Máy và thiết bị lạnh" dùng cho chương trình đào tạo Cao đẳng và Công nhân Điện lạnh.

Khác với giáo trình "Kỹ thuật lạnh cơ sở" NXB GD 1996 (in lần 4) dùng cho các trường Đại học kỹ thuật, giáo trình "Máy và Thiết bị lạnh" không đi sâu vào lý thuyết tính toán mà đi sâu giới thiệu kết cấu, cấu tạo, nguyên lý làm việc, phương pháp vận hành, duy tu, bảo dưỡng, sửa chữa, lựa chọn thiết bị phù hợp... nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức thực tế cơ bản về máy lạnh để có thể nắm bắt và ứng dụng tốt nhất trong thực tế.

Lần tái bản này chúng tôi bổ sung thêm phần 1.4 (chương 1) : nhắc lại các kiến thức cơ bản của kỹ thuật nhiệt. Vì vậy các kiến thức được trình bày dễ hiểu, đơn giản, các hình vẽ phần lớn là nguyên lý hoạt động và là hình ảnh, phối cảnh, các tính toán cũng rất đơn giản, ngắn gọn chủ yếu theo các giá trị kinh nghiệm, định hướng.

Giáo trình chủ yếu dùng để giảng dạy trong các trường Cao đẳng, Cử nhân, Công nhân Điện lạnh. Giáo trình này cũng có thể dùng làm tài liệu tham khảo rất tốt cho sinh viên các trường Đại học kỹ thuật, các kỹ sư, cán bộ khoa học kỹ thuật và công nhân vận hành lắp ráp sửa chữa máy và thiết

bị lạnh của tất cả các ngành đang có liên quan tới lạnh. Do máy lạnh nén hơi đang được sử dụng chủ yếu hiện nay nên giáo trình này cũng không giới thiệu máy lạnh hấp thụ ejector, nén khí và chỉ đi sâu giới thiệu về máy lạnh nén hơi.

Phân công biên soạn :

PGS. TS Nguyễn Đức Lợi : chương 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9

PGS. TS Phạm Văn Tùy : chương 6, 7, 10, 11

Giáo trình chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp để giáo trình ngày càng được hoàn thiện hơn. Các ý kiến xin gửi về NXB Giáo dục Việt Nam 81 Trần Hưng Đạo, Hà Nội ; Tel. 8222393 ; NR. 7165860.

Xin trân trọng cảm ơn.

Các tác giả

Chương 1

GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN

Từ lâu, con người đã biết làm lạnh và sử dụng lạnh. Cách đây khoảng 5000 năm, con người đã biết bảo quản lương thực và thực phẩm trong các hang động và nhiệt độ thấp do các mạch nước ngầm nhiệt độ thấp chảy qua.

Các tranh vẽ trên tường trong các kim tự tháp Ai cập cách đây 2500 ÷ 3000 năm đã mô tả cảnh nô lệ quạt các bình gốm xốp cho nước bay hơi làm mát không khí.

Cách đây 2000 năm người Ấn Độ và Trung Quốc đã biết trộn muối vào nước hoặc nước đá để tạo nhiệt độ thấp hơn.

Tuy nhiên, kỹ thuật lạnh hiện đại mới chỉ bắt đầu từ thế kỷ 18 và 19 với các sự kiện nổi bật :

1750-1755 : Giáo sư W.Cullen đã làm cho nước trong cốc đặt trong một quả chuông thủy tinh hóa đá nhờ hút chân không trong quả chuông.

1761-1764 : J. Black phát hiện nhiệt ẩn ngưng tụ và nhiệt ẩn hóa hơi.

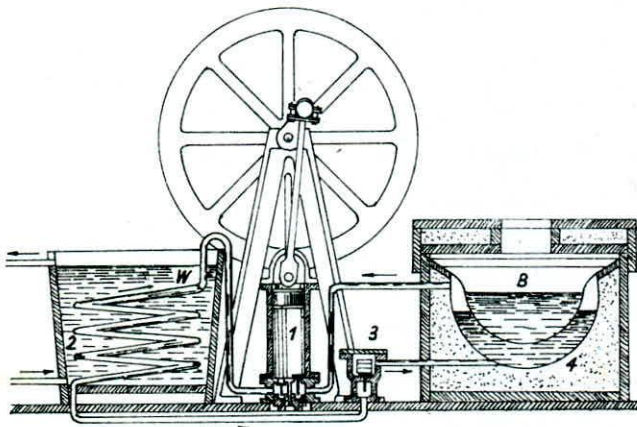
1780 : Clouet và Monge lần đầu tiên hóa lỏng khí SO_2 .

1810 : Leslie chế tạo máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$.

1823 : Faradays công bố công trình về hóa lỏng khí.

1824 : Carnot khám phá định luật nhiệt động II.

1834 : Perkins đăng ký bằng phát minh về máy lạnh nén hơi đầu tiên trên thế giới. Hình 1.1. giới thiệu máy lạnh đầu tiên chạy bằng ete do Perkins chế tạo.



Hình 1.1. Máy lạnh nén hơi đầu tiên chạy bằng ete do Perkins chế tạo :

1 - máy nén cơ ;

2 - dàn ngưng ;

3 - van tiết lưu ;

4 - dàn bay hơi ;

W - nước, làm mát ;

B - nước muối (chất tải lạnh).

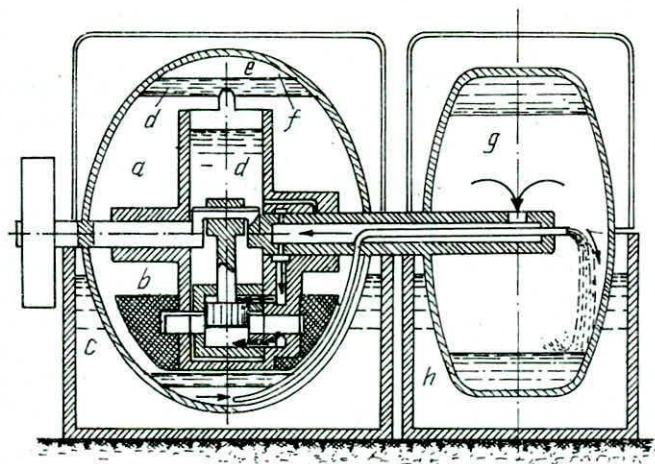
- 1835 : Thilorier hóa rắn khí CO_2 (đá khô).
- 1842-1843 : Mayer và Joule khám phá đương lượng nhiệt của công (định luật nhiệt động I).
- 1845 : Gorrie chế tạo máy nén khí đầu tiên.
- 1852 : Thomson (Kelvin) phát minh ra bơm nhiệt.
- 1856-1859 : Harrison hoàn thiện máy lạnh nén hơi môi chất etylete.
- 1858 : Tàu hỏa lạnh chở thực phẩm đầu tiên hoạt động ở Mỹ.
- 1859 : Carré phát minh máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ đầu tiên.
- 1861 : Mort và Nicolle xây dựng máy kết đông thịt đầu tiên ở Sydney.
- 1865 : Xây dựng kho lạnh đầu tiên ở Mỹ.
- 1869 : Andrew lần đầu tiên cất nghĩa về điểm tới hạn.
- 1869 : Hammond chuyên chở thịt tươi trong toa tàu hỏa lạnh.
- 1871 : Tellier chế tạo máy lạnh nén hơi chạy metyl ete đầu tiên.
- 1873 : Van der Waals công bố phương trình trạng thái.
- 1874 : Linde chế tạo máy lạnh nén hơi NH_3 đầu tiên.
- 1874 : Pictet chế tạo máy lạnh nén hơi SO_2 đầu tiên.
- 1876 : Tellier tổ chức tàu thủy lạnh đầu tiên chở thịt đông lạnh xuyên lục địa.
- 1878-1882 : Xây dựng các kho lạnh đông cỡ lớn đầu tiên ở Mỹ, Anh và Argentina.
- 1884 : Tàu hỏa điều hòa không khí đầu tiên khánh thành chạy tuyến đường Baltimore- Ohio.
- 1895 : Linde chế tạo máy hóa lỏng không khí đầu tiên.
- 1904 : Mollier xây dựng đồ thị h - s và lgp- h.
- 1906 : Nernst phát hiện Định luật nhiệt động thứ III.
- 1908 : Kamerlingh Onnes hóa lỏng heli (4K).
- 1910 : Leiblanc chế tạo máy lạnh ejector đầu tiên.
- 1911 : Carrier đặt nền móng đầu tiên cho kỹ thuật điều hòa không khí.
- 1930 : Sản xuất freon công nghiệp.
- 1944 : Điều hòa không khí trên máy bay ở Mỹ ; ra đời máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ ở Mỹ.
- 1954 : Chu trình Stirling dùng H_2 hoặc N_2 tạo nhiệt độ $-150 \div -250^\circ\text{C}$
- 1959 : Chu trình máy lạnh nén khí GIFFORD và MC MAHON ($-220 \div -260^\circ\text{C}$).
- 1960 : Máy nén trục vít được sử dụng trong kỹ thuật lạnh.
- 1986 : Siêu dẫn ở nhiệt độ cao (BEDNORZ và MUELLER).
- 1987 : Nghị định Montreal cấm các freon làm suy giảm tầng ozôn như R11, R12, R13B1, R113, R114, R115.
- 1989 : Tạo được nhiệt độ 1.10^{-5}K ở Beyreuth.

Để chứng minh sự đa dạng trên con đường phát triển kỹ thuật lạnh, ở đây giới thiệu một máy lạnh nén hơi kiểu kín môi chất SO_2 (hình 1.2) do hãng Singrün và

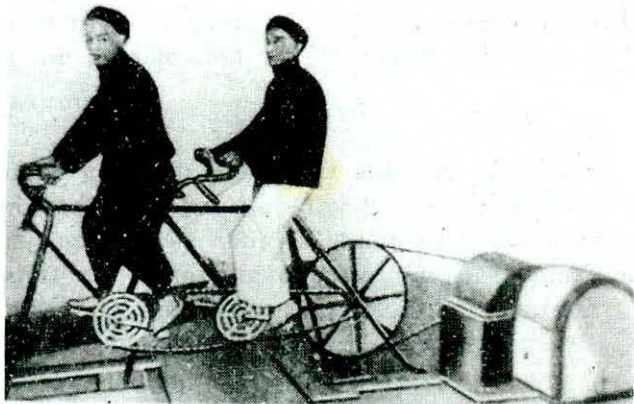
Brown Boveri (Mỹ) chế tạo. Hình 1.3 giới thiệu máy lạnh do dùng sức người để vận hành ở Ấn Độ làm lạnh nước muối để làm kem và đá vào khoảng năm 1912.

Ngày nay, kỹ thuật lạnh hiện đại đã tiến những bước rất xa, có trình độ khoa học kỹ thuật ngang với các ngành khoa học kỹ thuật khác. Phạm vi nhiệt độ ngày càng được mở rộng. Con người đang dần dần tiến tới nhiệt độ không tuyệt đối. Phía nhiệt độ cao của thiết bị ngưng tụ, có thể đạt tới 100°C phục vụ cho các mục đích sấy, sưởi, thanh trùng, triệt khuẩn, chuẩn bị nước nóng. Đây là các ứng dụng của bơm nhiệt góp phần thu hồi nhiệt thải, tiết kiệm năng lượng sơ cấp. Công suất máy được mở rộng từ các máy lạnh nhỏ trong phòng thí nghiệm đến các tổ hợp hàng triệu Watt ở các trung tâm điều tiết không khí.

Hiệu suất máy tăng lên, chi phí vật tư và chi phí năng lượng cho một đơn vị lạnh giảm, tuổi thọ và độ tin cậy tăng. Mức độ tự động hóa cũng tăng lên rõ rệt. Những thiết bị lạnh tự động hóa hoàn toàn đang dần dần thay thế các thiết bị thao tác bằng tay.



Hình 1.2. Máy lạnh kiểu kín đầu tiên, môi chất SO_2
a - bình ngưng ; b - đôi trọng ; c - nước làm mát,
d - dầu bôi trơn, d - chi tiết gạt dầu ; f - SO_2 ngưng tụ ;
g - bình bay hơi ; h - nước muối thân máy quay cùng bánh
đà trực khuỷu, riềng xilanh đứng, pittông chuyển động lên
xuống do trục khuỷu quay.



Hình 1.3. Máy kem, máy đá (h.1.2) chạy bằng sức người ở Ấn Độ năm 1912.

1.2. Ý NGHĨA KINH TẾ

Bảo quản thực phẩm

Lĩnh vực ứng dụng quan trọng nhất của kỹ thuật lạnh là dùng để bảo quản thực phẩm. Theo thống kê thì khoảng 80% năng suất lạnh được sử dụng trong công nghiệp bảo quản thực phẩm. Thực phẩm hầu hết là các sản phẩm dễ bị ôi thiu hư hỏng do vi khuẩn gây ra. Nước ta có khí hậu nhiệt đới nóng và ẩm nên quá trình ôi thiu thực phẩm xảy ra càng nhanh chóng.

Để bảo quản thực phẩm, ngoài các phương pháp sấy khô, phóng xạ, bao bì, xử lý khí... phương pháp làm lạnh tỏ ra có rất nhiều ưu điểm như ít làm giảm chất lượng mầu sắc, mùi vị thực phẩm trong nhiều tháng, thậm chí nhiều năm bảo quản.

Bảng 1.1 giới thiệu thời hạn bảo quản của một số loại thực phẩm theo nhiệt độ bảo quản.

BẢNG 1.1. Số ngày bảo quản phụ thuộc vào nhiệt độ đối với cá, thịt bò, gia cầm

Nhiệt độ	Cá	Thịt bò	Gia cầm
20°C	3	8	2
10	7	16	5
+0	15	30	7
-10	40	100	70
-20	110	1000	230
-30	230	2300	800

Thực ra, thời gian bảo quản còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như độ ẩm, phương pháp bao gói, thành phần không khí nơi bảo quản, chất lượng bán thành phẩm..., nhưng nhiệt độ đóng vai trò quan trọng nhất.

Ngày nay, công nghiệp thực phẩm xuất khẩu đang giữ một vai trò hết sức quan trọng trong nền kinh tế của nước ta và nền công nghiệp chế biến thực phẩm này không thể thiếu những trang thiết bị hiện đại nhất của kỹ thuật lạnh.

Sấy thăng hoa

Sản phẩm sấy đầu tiên được kết đông xuống - 20°C sau đó được sấy bằng cách hút chân không nên chất lượng sản phẩm hầu như được giữ nguyên vẹn. Khi sử dụng sản phẩm được tái hấp thụ nước và giữ nguyên được trạng thái ban đầu cả về chất lượng, màu sắc, mùi vị... do giá thành sấy thăng hoa rất đắt nên ít được ứng dụng cho thực phẩm mà chủ yếu cho ngành y, dược.

Công nghiệp hóa chất

Ứng dụng quan trọng nhất trong công nghiệp hóa chất là việc hóa lỏng và tách khí như công nghiệp sản xuất khí clo, amoniác, carbonic, sunfuro, clohydric, các loại khí đốt, khí sinh học, khí thiên nhiên ; hóa lỏng và tách không khí...

Hóa lỏng và tách khí từ không khí là ngành công nghiệp có ý nghĩa rất to lớn đối với ngành luyện kim, chế tạo máy và các ngành kinh tế khác kể cả y học và sinh học. Ôxy và nitơ được sử dụng ở nhiều lĩnh vực khác nhau như hàn, cắt kim loại, sản xuất phân đạm, làm chất tải lạnh... các loại khí trơ như heli, argon được sử dụng trong nghiên cứu vật lý, trong công nghiệp hóa chất và sản xuất bóng đèn. Kỹ thuật lạnh cũng hỗ trợ đắc lực trong các công nghệ sản xuất vải, sợi, tơ, cao su nhân tạo, phim ảnh... nhiệt độ đóng vai trò quan trọng trong các phản ứng hóa học nên người ta còn sử dụng lạnh để điều khiển tốc độ phản ứng hóa học.

Điều hòa không khí

Điều hòa không khí công nghiệp và tiện nghi ngày nay là không thể thiếu và thực sự đang phát triển rất mạnh mẽ. Các yêu cầu nghiêm ngặt về nhiệt độ, độ ẩm và

thành phần không khí trong các quy trình công nghệ sản xuất như vải sợi, in ấn, thuốc lá, điện tử, vi điện tử, máy tính, quang học, cơ khí chính xác... nhất thiết phải có điều hòa không khí.

Các dịch vụ như khách sạn, du lịch... cũng không thể thiếu điều hòa tiện nghi và tất cả các ngành y tế, thể dục thể thao, giao thông vận tải, vui chơi giải trí cũng không thể thiếu được điều hòa không khí.

Ngày nay, kỹ thuật lạnh đã thâm nhập và hỗ trợ cho hàng trăm ngành kinh tế khác nhau và chúng ta có thể khẳng định rằng để xây dựng một nước Việt Nam giàu mạnh với nền công nghiệp hiện đại chúng ta không thể không quan tâm đến việc xây dựng và phát triển ngành lạnh và ngành điều hòa không khí.

1.3. CÁC LOẠI MÁY LẠNH THÔNG DỤNG

Có nhiều phương pháp làm lạnh khác nhau, mỗi phương pháp làm lạnh có nguyên lý làm việc và sơ đồ thiết bị riêng. Nhiều phương pháp làm lạnh chỉ có ý nghĩa về mặt lý thuyết, nhiều máy lạnh chỉ ứng dụng trong phạm vi phòng thí nghiệm, chỉ có một số ít phương pháp làm lạnh có ý nghĩa thực tế và được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất và đời sống trong đó có máy lạnh nén hơi, máy lạnh hấp thụ, máy lạnh ejector, máy lạnh nén khí và máy lạnh nhiệt điện. Máy lạnh nén hơi là loại được sử dụng nhiều nhất, chính vì vậy giáo trình này dành riêng để giới thiệu về máy lạnh nén hơi, tuy nhiên phần này sẽ giới thiệu sơ lược về các loại máy lạnh đã nêu.

1.3.1. Máy lạnh nén hơi

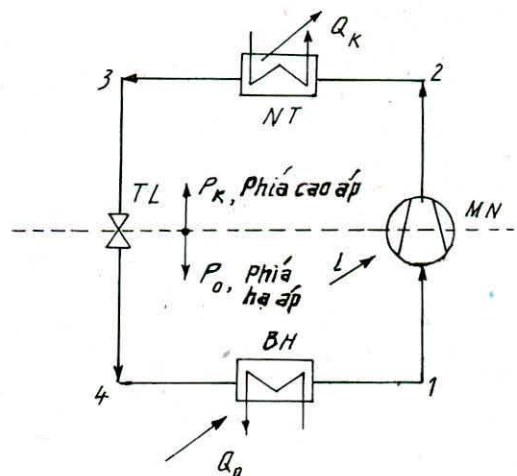
Định nghĩa : Máy lạnh nén hơi là loại máy lạnh có máy nén cơ để hút hơi môi chất có áp suất thấp và nhiệt độ thấp ở thiết bị bay hơi và nén lên áp suất cao và nhiệt độ cao đẩy vào thiết bị ngưng tụ. Môi chất lạnh trong máy lạnh nén hơi có biến đổi pha (bay hơi ở thiết bị bay hơi và ngưng tụ ở thiết bị ngưng tụ) trong chu trình máy lạnh.

Cấu tạo : Hình 1.4 giới thiệu sơ đồ thiết bị của máy lạnh nén hơi.

Máy lạnh nén hơi bao gồm 4 bộ phận chính là máy nén, thiết bị ngưng tụ, van tiết lưu và thiết bị bay hơi. Chúng được nối với nhau bằng đường ống theo thứ tự như biểu diễn trên hình vẽ. Môi chất lạnh tuần hoàn và biến đổi pha trong hệ thống lạnh. Các quá trình cơ bản bao gồm :

1-2 : Quá trình nén đoạn nhiệt hơi sinh ra ở thiết bị bay hơi ;

2-3 : Quá trình ngưng tụ hơi ở áp suất cao và nhiệt độ cao ;



Hình 1.4. Sơ đồ nguyên lý máy lạnh nén hơi
MN - máy nén ; NT - thiết bị ngưng tụ ;
TL - van tiết lưu bình NT được làm mát bằng nước và thải lượng nhiệt Q_k , bình BH thu lượng lạnh Q_0 của môi trường trực tiếp hoặc gián tiếp qua nước muối.

3-4 : Quá trình tiết lưu đẳng entanpy ;

4-1 : Quá trình bay hơi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp tạo ra hiệu ứng lạnh.

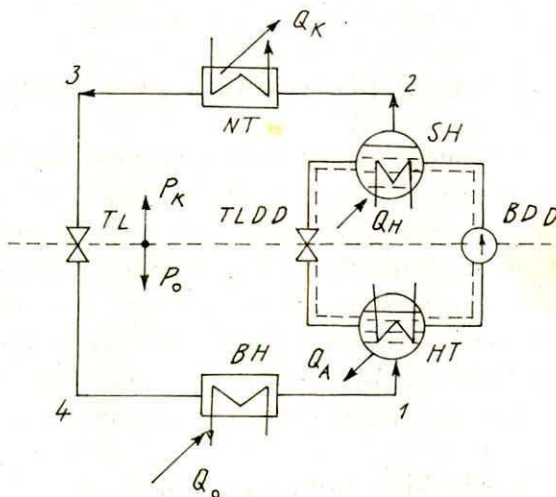
Các loại môi chất thường là amoniac và các loại freon. Tùy theo môi chất sử dụng trong máy mà hệ thống có đặc điểm riêng và cần một số thiết bị phụ riêng.

Ứng dụng : Được ứng dụng rộng rãi trong tất cả các ngành kinh tế.

1.3.2. Máy lạnh hấp thụ

Định nghĩa : Máy lạnh hấp thụ là máy lạnh sử dụng năng lượng dạng nhiệt để hoạt động. Máy lạnh hấp thụ có các bộ phận ngưng tụ, tiết lưu và bay hơi giống máy lạnh nén hơi. Riêng máy nén cơ được thay bằng một hệ thống bình hấp thụ, bơm dung dịch, bình sinh hơi và tiết lưu dung dịch. Hệ thống thiết bị này chạy bằng nhiệt năng (như hơi nước, bộ đốt nóng) thực hiện chức năng như máy nén cơ là "hút" hơi sinh ra từ bình bay hơi và "nén" lên áp suất cao đẩy vào bình ngưng tụ nên được gọi là máy nén nhiệt (hình 1.5).

Cấu tạo : Hình 1.5 mô tả nguyên lý cấu tạo của máy lạnh hấp thụ. Các thiết bị ngưng tụ, tiết lưu, bay hơi và các quá trình 2-3, 3-4, 4-1 giống như máy lạnh nén hơi. Riêng máy nén nhiệt có các thiết bị bình hấp thụ, bơm dung dịch, bình sinh hơi và van tiết lưu dung dịch bố trí như trên hình 1.5. Ngoài môi chất lạnh, trong hệ thống còn có dung dịch hấp thụ làm nhiệm vụ đưa môi chất lạnh từ vị trí 1 đến vị trí 2. Dung dịch sử dụng thường là amoniac/ nước và nước/ litibromua.



Hình 1.5. Sơ đồ nguyên lý máy hấp thụ

SH - bình sinh hơi ; HT - bình hấp thụ ;
BDD - bơm dung dịch ; TLDD - tiết lưu dung dịch ; các kí hiệu khác giống h.1.4. Bình hấp thụ được làm mát bằng nước và thải ra một lượng nhiệt A ; Bình sinh hơi được gia nhiệt bằng hơi nước và tiêu thụ một lượng nhiệt Q_H .

Hoạt động : Dung dịch loãng trong bình hấp thụ có khả năng hấp thụ hơi môi chất sinh ra ở bình bay hơi để trở thành dung dịch đậm đặc. Khi dung dịch trở thành đậm đặc sẽ được bơm dung dịch bơm lên bình sinh hơi. Ở đây dung dịch được gia nhiệt đến nhiệt độ cao (đối với dung dịch amoniac/nước khoảng 130°C) và hơi amoniac sẽ thoát ra khỏi dung dịch đi vào bình ngưng tụ. Độ amoniac thoát ra, dung dịch trở thành dung dịch loãng, đi qua van tiết lưu dung dịch về bình hấp thụ tiếp tục chu kỳ mới. Ở đây, do vậy có hai vòng tuần hoàn rõ rệt.

- Vòng tuần hoàn dung dịch : HT- BDD- SH- TLDD và trở lại HT,

- Vòng tuần hoàn môi chất lạnh 1-HT-BDD-SH-2-3-4-1.

Trong thực tế và đối với từng loại cặp môi chất : amoniac/nước hoặc nước/litibromua cũng như với yêu cầu hồi nhiệt đặc biệt máy có cấu tạo khác nhau [1].

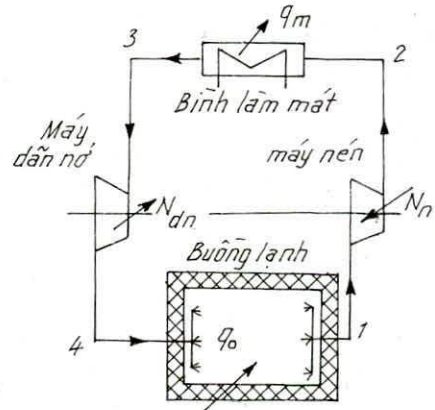
Ứng dụng : Ứng dụng rộng rãi trong các xí nghiệp có nhiệt thải dạng hơi hoặc nước nóng.

1.3.3. Máy lạnh nén khí

Định nghĩa : Máy lạnh nén khí là loại máy lạnh có máy nén cơ nhưng môi chất dùng trong chu trình không thay đổi trạng thái, luôn ở thể khí. Máy lạnh nén khí có thể có hoặc không có máy dẫn nở.

Cấu tạo : Hình 1.6 mô tả sơ đồ nguyên lý của máy lạnh nén khí có máy dẫn nở. Các thiết bị chính gồm : máy nén khí, bình làm mát trung gian, máy dẫn nở và buồng lạnh. Môi chất thường là không khí và chu trình là chu trình hở.

Hoạt động : Máy nén và máy dẫn nở thường là kiểu turbin, lắp trên một trục. Cần tiêu tốn một công nén N_n để hút khí từ buồng lạnh 1 nén lên áp suất cao và nhiệt độ cao ở trạng thái 2 sau đó đưa vào làm mát ở bình làm mát nhờ thải nhiệt cho nước làm mát. Sau khi đã làm mát khí nén được đưa vào máy dẫn nở và được dẫn nở xuống áp suất thấp và nhiệt độ thấp rồi được phun vào buồng lạnh. Quá trình dẫn nở trong máy dẫn nở có sinh ngoại công có ích. Sau khi thu nhiệt của môi trường cần làm lạnh, khí lại được hút về máy nén tiếp tục chu trình lạnh.



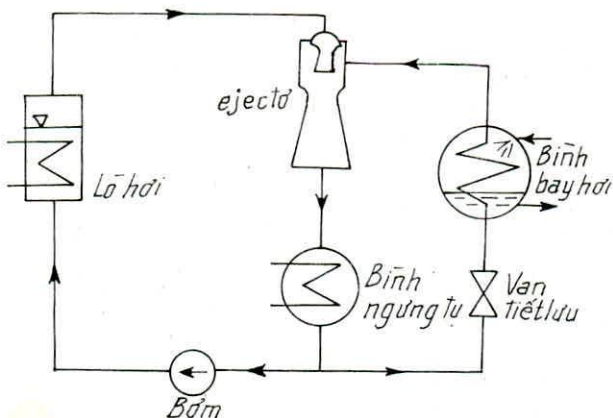
Hình 1.6. Sơ đồ nguyên lý máy lạnh nén khí.

Ứng dụng : Máy lạnh nén khí được sử dụng hạn chế trong một số công trình điều hòa không khí, nhưng được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật lạnh sâu cryo dùng để hóa lỏng khí.

1.3.4. Máy lạnh ejectơ

Định nghĩa : Máy lạnh ejectơ là máy lạnh mà quá trình nén hơi môi chất lạnh từ áp suất thấp lên áp suất cao được thực hiện nhờ ejectơ. Giống như máy lạnh hấp thụ, máy nén kiểu ejectơ cũng là kiểu "máy nén nhiệt", sử dụng động năng của dòng hơi để nén dòng môi chất lạnh.

Cấu tạo : Hình 1.7. Mô tả cấu tạo máy lạnh ejectơ hơi nước.



Hình 1.7. Nguyên lý cấu tạo của máy lạnh ejectơ hơi nước.

Hoạt động : Hơi có áp suất cao và nhiệt độ cao sinh ra ở lò hơi được dẫn vào ejectơ. Trong ống phun, thế năng của hơi biến thành động năng và tốc độ chuyển động của hơi tăng lên cuốn theo hơi lạnh tạo ra sinh ra ở bình bay hơi. Hỗn hợp của hơi công tác (hơi nóng) và hơi lạnh đi vào ống tăng áp, ở đây áp suất hỗn hợp tăng lên do tốc độ hơi giảm. Hỗn hợp hơi được đẩy vào bình ngưng tụ. Từ bình ngưng tụ, nước ngưng được chia làm 2 đường, phần lớn được bơm nén về lò hơi còn một phần nhỏ được tiết lưu trở lại bình bay hơi để bay hơi làm lạnh chất

tải lạnh là nước. Máy lạnh ejectơ có 3 cấp áp suất $p_h > p_k > p_o$ là áp suất hơi công tác, áp suất ngưng tụ và áp suất bay hơi.

Ứng dụng : Thường được sử dụng để điều hòa không khí đặc biệt tại các xí nghiệp có nguồn hơi thừa, nhiệt thải có thể tận dụng được.

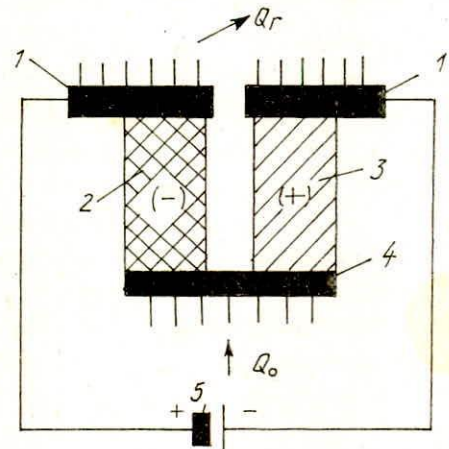
1.3.5. Máy lạnh nhiệt điện

Định nghĩa : Máy lạnh nhiệt điện là máy lạnh sử dụng cặp nhiệt điện tạo lạnh theo hiệu ứng nhiệt điện hay hiệu ứng Peltier. Hiệu ứng nhiệt điện do Peltier phát hiện năm 1934 : Nếu cho dòng điện 1 chiều đi qua vòng dây dẫn kín gồm hai kim loại khác nhau nối tiếp nhau thì một đầu nối nóng lên và một đầu nối lạnh đi.

Cấu tạo : Hình 1.8. Mô tả cấu tạo của cặp nhiệt điện..

Hoạt động : Khi bố trí các cặp kim loại bán dẫn khác tính với các thanh đồng có cánh tản nhiệt như hình 1.7 và cho dòng điện 1 chiều chạy qua một phía sẽ lạnh đi với năng suất lạnh Q_o và một phía sẽ nóng lên với năng suất nhiệt Q_r . Nếu đổi tiếp điểm điện, nguồn nóng và nguồn lạnh cũng đổi theo.

Ứng dụng : Máy lạnh nhiệt điện thường có năng suất lạnh rất nhỏ ($Q \leq 100W$) và chỉ được sử dụng trong phòng thí nghiệm. Tủ lạnh nhiệt điện cũng hay được sử dụng trong dịch vụ du lịch, y tế với hai chức năng làm lạnh và sưởi ấm với nguồn điện acquy ô tô rất tiện lợi.



Hình 1.8. Nguyên lý cấu tạo của máy lạnh nhiệt điện

- 1 - đồng thanh có cánh tản nhiệt phía nóng ;
- 2, 3 - cặp kim loại bán dẫn khác tính ;
- 4 - đồng thanh có cánh tản nhiệt phía lạnh ;
- 5 - nguồn điện 1 chiều.

1.4. NHẮC LẠI CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT

1.4.1. Mở đầu

Kỹ thuật nhiệt là một môn khoa học nghiên cứu các biến đổi vật chất khi thay đổi nhiệt độ, phương pháp sản xuất và sử dụng nhiệt, những quy luật biến đổi nhiệt thành công, những nguyên lý và cơ cấu máy móc thực hiện sự biến đổi đó cũng như những phương pháp, nguyên lý và dụng cụ để đo nhiệt độ, sự truyền nhiệt cũng như nhiệt lượng và công vv...

Cho đến đầu thế kỉ 18 người ta vẫn còn cho rằng nhiệt là một loại vật chất không có trọng lượng. Khi đưa nhiệt vào một vật nào đó, vật đó sẽ nóng lên và ngược lại khi rút nhiệt ra thì vật đó sẽ nguội đi. Ở Việt Nam nói riêng và phương Đông (Trung Quốc) nói chung, người ta coi nhiệt (hỏa) là một trong năm "nguyên tố" (kim, mộc, thủy, hỏa, thổ) để cấu tạo nên vũ trụ. Đến giữa và cuối thế kỉ 18 các nhà bác học vĩ đại của Nga : Lômônôxốp và Ý Bernoulli đã xác định được bản chất của nhiệt là sự vận động của các phân tử vô cùng bé (nguyên tử và phân tử) của vật chất. Từ đó lý thuyết cơ sở về nhiệt được hình thành và phát triển nhanh chóng đưa đến các cuộc

cách mạng làm thay đổi toàn thế giới, tiêu biểu là máy hơi nước, turbin hơi nước, động cơ đốt trong, máy lạnh và bơm nhiệt...

1.4.2. Những thông số trạng thái cơ bản

Trạng thái của một chất được xác định qua tính chất hóa học, khối lượng m, thể tích V và nhiệt độ t của nó. Tất cả các tính chất khác có thể xác định qua các quan hệ toán học của những thông số trạng thái đó, ví dụ áp suất p, thể tích riêng v và nhiệt dung riêng c v.v...

Ở một trạng thái nhất định vật chất có thông số nhất định, các thông số này gọi là thông số trạng thái của vật chất.

Nhiệt độ và trạng thái của vật chất

Nhiệt độ

Nhiệt độ biểu thị trạng thái nhiệt của vật chất là nóng hoặc lạnh. Nhiệt độ chính là mức độ vận động hoặc rung động trung bình của các phân tử trong nội bộ vật chất ở thời điểm đó. Càng làm lạnh vật chất thì mức độ rung động các phân tử càng nhỏ đi. Nếu làm lạnh vật chất đến nhiệt độ $-273,15^{\circ}\text{C}$ thì tất cả các rung động phân tử sẽ biến mất. Nhiệt độ $t = -273,15^{\circ}\text{C}$ được gọi là "nhiệt độ không tuyệt đối".

Hệ đơn vị quốc tế SI sử dụng nhiệt độ bách phân Celsius ($^{\circ}\text{C}$) và nhiệt độ Kelvin (K). 0°C ứng với nhiệt độ của nước đá đang tan còn 100°C ứng với nước nguyên chất đang sôi, ở điều kiện tiêu chuẩn (áp suất $p = 1\text{atm} = 1,01325\text{ bar} = 760\text{ mmHg}$). Trong kỹ thuật người ta thường sử dụng nhiệt độ Kelvin K kí hiệu T(K). 0K ứng với nhiệt độ không tuyệt đối $0\text{K} = -273,15^{\circ}\text{C}$, do đó $\text{TK} = t^{\circ}\text{C} + 273,15$.

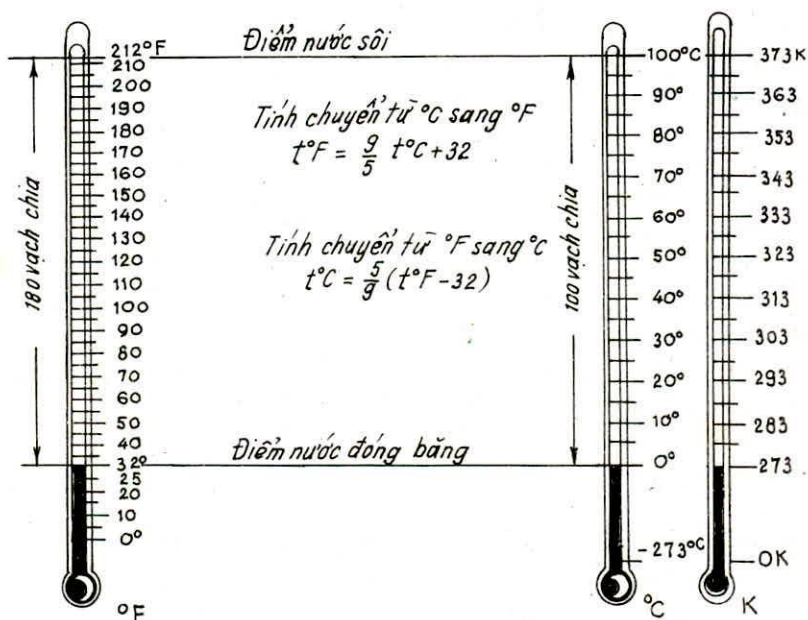
Hệ đơn vị Anh - Mỹ sử dụng nhiệt độ Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). $1^{\circ}\text{F} = 5/9^{\circ}\text{C}$ và 0°C ứng với 32°F , 100°C ứng với 212°F . Tính chuyển đổi theo công thức :

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$t^{\circ}\text{F} = 32 + \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C}$$

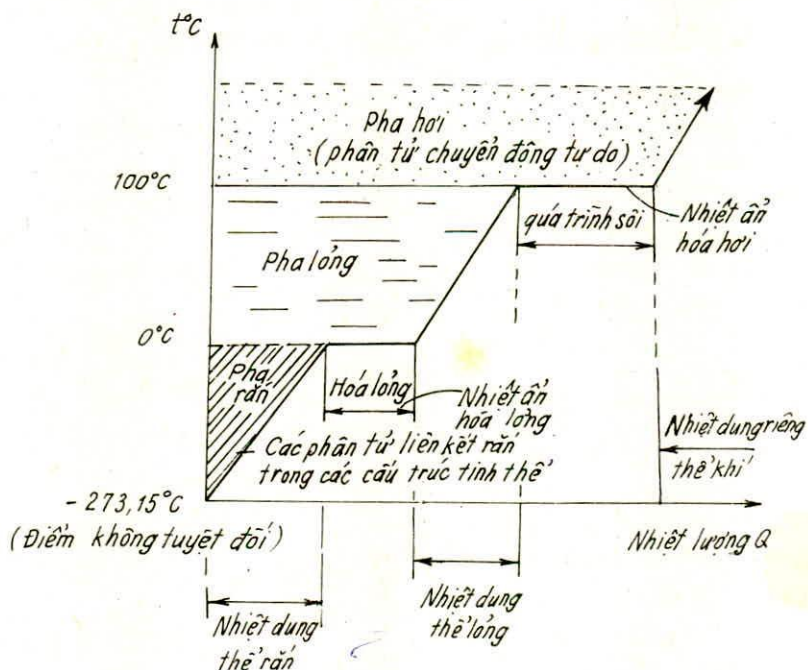
Trạng thái

Vật chất tồn tại ở 3 trạng thái chính là thể rắn, thể lỏng và thể hơi. Trạng thái của vật chất được quyết định bởi các thông số trạng thái áp suất, nhiệt độ và nhiệt dung.



Hình 1.9. Quan hệ nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$, K và $^{\circ}\text{F}$.

Để hiểu rõ khái niệm trạng thái rắn, lỏng và hơi của vật chất ta lấy nước làm ví dụ. Nếu có một cục nước đá ở thể rắn và cấp nhiệt cho nó, cục nước đá sẽ nóng dần lên và đến 0°C nó bắt đầu hóa lỏng. Từ lúc bắt đầu hóa lỏng đến khi hóa lỏng hoàn toàn, nước đá vẫn thu nhiệt tuy nhiên nhiệt độ không tăng và giữ nguyên ở 0°C . Sau khi hóa lỏng hoàn toàn, nước lại bắt đầu tăng nhiệt độ. Tới 100°C nước bắt đầu sôi. Nếu cấp nhiệt tiếp tục nước sẽ tiếp tục sôi ở nhiệt độ không đổi. Sau khi sôi hết, nếu tiếp tục cấp nhiệt, nhiệt độ không khí sẽ tăng lên. Hình 1.10 biểu thị quan hệ nhiệt độ, nhiệt lượng và trạng thái của nước ở từng thời điểm khác nhau.



Hình 1.10. Quan hệ giữa nhiệt độ, nhiệt lượng và trạng thái của nước.

- Pha rắn (hoặc thể rắn) có thể tích nhất định và hình dáng cố định. Các phân tử sắp xếp có trật tự và liên kết với nhau bằng lực liên kết mạnh (có thể có cấu trúc tinh thể xác định).

- Pha lỏng (hoặc thể lỏng) có thể tích xác định nhưng hình dáng không cố định. Lực liên kết giữa các phân tử nhỏ hơn, chúng trượt lên nhau dễ dàng.

- Pha hơi (hoặc thể hơi, thể khí) không có thể tích nhất định và không có hình dáng cố định. Chúng có thể bị nén lại hoặc giãn nở ra tùy theo không gian cho trước. Lực tương tác giữa các phân tử nhỏ. Có thể hòa trộn dễ dàng vào nhau.

Áp suất

Áp suất là lực tác dụng của vật chất lên một đơn vị diện tích của thành bình chứa. Đơn vị đo của áp suất là N/m^2 . Ngoài ra người ta còn sử dụng nhiều đơn vị đo khác như atmosphe vật lí, atmosphe kỹ thuật, bar, mm cột nước, mm cột thủy ngân, Torr hoặc kG/cm^2 . Đơn vị đo theo hệ SI là Pascal ($1 \text{ Pascal} = 1 \text{ N/m}^2$) và bội số như kPa (10^3 Pa), bar (10^5 Pa), và MPa (10^6 Pa)...

Bảng 1.2. Giới thiệu cách tính những đơn vị đo áp suất khác nhau ra đơn vị đo MPa

$$p = \frac{F}{A}, \quad \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

trong đó :

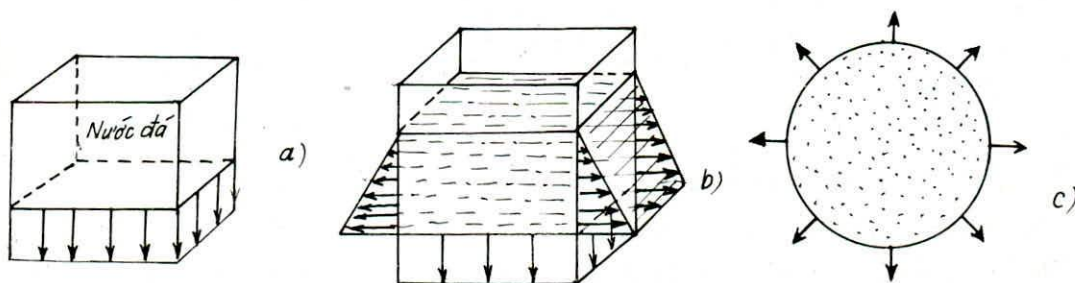
- p - áp suất, N/m^2 , Pa ;
- F - lực, N ;
- A - diện tích, m^2 .

BẢNG 1.2. Quan hệ đơn vị MPa và các đơn vị khác

1 bar	= 0,1 MPa
1000 Torr = 1000 mm Hg	= 0,133322 MPa
1000 mm H ₂ O	= 9,81. 10 ⁻⁵ MPa
1kG/cm ² = 1at (1 atmôphe kỹ thuật)	= 9,81.10 ⁻² MPa
1 atm (1 atmôphe vật lý)	= 1,01325. 10 ⁻¹ MPa
1 PSI (bảng/in vuông)	= 6,895 .10 ⁻³ MPa

- Khi ta đặt một vật rắn (hình 1.11a) lên một diện tích thì áp suất sẽ phân đều trên diện tích đó.

- Khi ta chứa nước trong bình thì áp suất dưới đáy bình bằng nhau nhưng áp suất ở thành bên tăng dần đều theo chiều cao cột nước (h 1.11b).



Hình 1.11. Áp suất của các vật rắn, lỏng, hơi lên thành bình.

- Khi nén hơi (hoặc khí) vào một bình kín, hơi sẽ tác dụng lên mọi phía thành bình với giá trị áp suất giống nhau (giống như quả bóng bay).

Trong kỹ thuật có một số khái niệm áp suất như sau : áp suất khí quyển (atmôphe), áp suất chân không, áp suất dư và áp suất tuyệt đối. Hình 1.12 biểu diễn khái niệm các loại áp suất khác nhau.

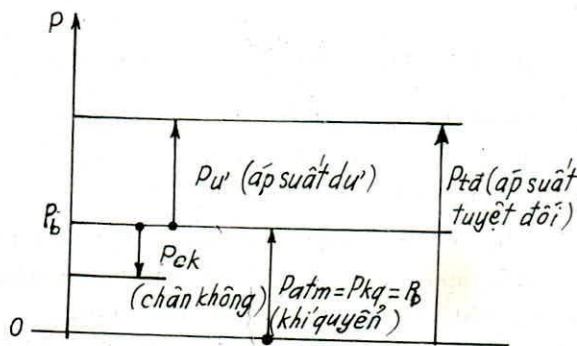
Ghi nhớ :

- **Áp suất tuyệt đối** thường được tính toán từ áp suất khí quyển, áp suất dư hoặc chân không theo công thức :

$p_{td} = P_b + p_u$ (trường hợp lớn hơn áp suất khí quyển)

$p_{td} = P_b - p_{ck}$ (trường hợp p_{td} nhỏ hơn áp suất khí quyển)

- **Áp suất khí quyển** P_b được đo bằng Baromét. Baromét là một ống hình chữ U, một đầu kín chân không, trong có thủy ngân hoặc nước. Một atmôphe vật lý (1 atm) được biểu thị qua cột thủy ngân cao 760mm trên mặt nước



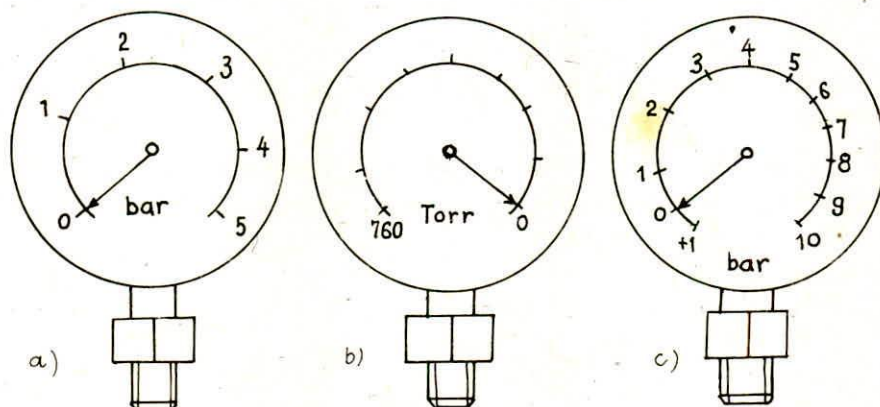
Hình 1.12. Các khái niệm về áp suất.

biến ở 0°C . Nếu diện tích ống hình chữ U là 1cm^2 thì trọng lượng cột thủy ngân là $1,033\text{kG}$ tương đương với cột nước $10,33$ mét diện tích ống hình chữ U 1cm^2 và ở 4°C .

Áp suất khí quyển kỹ thuật (at) được quy định cho cột thủy ngân $735,5\text{mm}$ và cột nước đúng 10m ở điều kiện trên.

- Áp suất chân không được đo bằng chân không kế (vacumet)

- Áp suất dư được đo bằng áp kế (manomet). Có loại áp kế đo được cả áp suất dư và áp suất chân không gọi là áp chân không kế (mano - vacumet) (h 1.13)



Hình 1.13. a) áp kế ; b) chân không kế ; c) áp chân không kế.

Thể tích riêng và khối lượng riêng

Thể tích riêng của một vật là tỉ số của thể tích trên khối lượng của nó. Thể tích riêng kí hiệu là v , đơn vị m^3/kg

$$v = \frac{V}{m} ; \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

V - thể tích của vật, m^3

m - khối lượng của vật, kg

Khối lượng riêng là giá trị nghịch đảo của thể tích riêng.

Khối lượng riêng kí hiệu là ρ , đơn vị kg/m^3

$$\rho = \frac{m}{V} ; \text{kg}/\text{m}^3$$

Do ρ là số nghịch đảo của v nên $\rho.v = 1$.

Nhiệt lượng và nhiệt dung riêng

Nhiệt lượng là số lượng năng lượng ở dạng nhiệt có thể làm thay đổi nhiệt độ hoặc trạng thái (pha) của một vật.

Như đã biết, ngày nay ta định nghĩa nhiệt là năng lượng của những chuyển động hỗn độn của các phần tử vô cùng nhỏ của vật chất. Đốt nóng một vật lên nghĩa là ta cấp nhiệt làm cho các chuyển động của phân tử vật đó tăng lên và khi làm lạnh một vật, ngược lại ta làm cho chuyển động của các phân tử giảm đi.

Nhiệt lượng để làm nóng hoặc làm lạnh một vật đó được kí hiệu là Q , đơn vị là (Jun) hoặc kJ (kilôJun).

Định nghĩa một đơn vị nhiệt J (Jun) :

- Joule (J) là một đơn vị năng lượng (nhiệt hoặc công). Một công có đơn vị 1J được thực hiện khi có một lực 1N dịch chuyển một vật đi 1 mét theo hướng lực. Một năng lượng 1J cũng được thực hiện khi một dòng điện 1A chạy qua dây dẫn với điện thế 1V và qua thời gian 1 giây.

$$\text{Như vậy } 1\text{J} = 1\text{ Nm} = 1\text{ Ws} = 10^{-6} \cdot 0,278\text{ kWh}$$

$$1\text{kJ} = 1000\text{J}$$

Trước đây, nhiệt lượng còn có đơn vị là calo.

Một calo (cal) là nhiệt lượng cần thiết để nâng nhiệt độ của 1 gam nước từ 13,5°C lên 14,5°C ; 1000 cal = 1 kcal.

Thí dụ : Đun 5kg nước từ nhiệt độ 20°C lên 70°C cần một nhiệt lượng là :

$$5\text{kg} \times (70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 250\text{ kcal.}$$

Trong khi nâng nhiệt độ của 1kgam nước lên 1°C cần 1 kcal, thì đối với các chất khác nhau ta cần nhiệt lượng khác nhau. Nhiệt lượng đó gọi là nhiệt dung riêng của chất đó, vậy :

Nhiệt dung riêng của một chất là nhiệt lượng cần thiết để nâng nhiệt độ của 1kg chất đó lên 1°C.

Nhiệt dung riêng được kí hiệu bằng c và có đơn vị cũ là kcal/kg°C, nay theo hệ SI là kJ/kgK. Như vậy, nhiệt dung riêng của nước $c_{\text{H}_2\text{O}} = 1\text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$.

Sau đây là nhiệt dung riêng của một số chất rắn và chất lỏng khác (xem bảng 1.3)

BẢNG 1.3. Nhiệt dung riêng c của một số chất

		kcal/kg°C	kJ/kgK
Chất rắn :	Nhôm	0,217	0,909
	Sắt và thép	0,114	0,477
	Đồng	0,093	0,389
	Đồng thau	0,092	0,385
	Platin	0,032	0,134
	Bê tông	0,210	0,879
	Nước đá (ở 0°C)	0,505	2,114
	Thủy tinh	0,195	0,816
	Gỗ	0,51 ÷ 0,65	2,14 ÷ 2,72
	Thịt	0,75	3,14
Các chất lỏng :	Bia	0,90	3,768
	Glycerin (15 ÷ 50°C)	0,576	2,412
	Dầu hỏa (20 ÷ 57°C)	0,511	2,140
	Axit sunfuric	0,331	1,386
	Nước (14°C)	1,00	4,187

Hệ đo lường Anh - Mỹ sử dụng đơn vị nhiệt lượng là BTU viết tắt của chữ (British Thermal Unit) với định nghĩa là nhiệt lượng cần thiết để nâng nhiệt độ 1 bảng nước (454g) lên 1°F từ 39 lên 40°F. Từ định nghĩa này có thể tính được :

$$1\text{BTU} = 454\text{g} \cdot \frac{5}{9} ^\circ\text{C} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} = 252\text{ cal} = 0,252\text{kcal}$$

lấy tròn : 1kcal = 4BTU

- Nhiệt lượng Q cần thiết để nâng nhiệt độ của một vật có khối lượng m từ nhiệt độ t_1 lên nhiệt độ t_2 được xác định bằng công thức :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t ; \text{ kJ hoặc kcal (1kcal} = 4,187 \text{ kJ)}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

trong đó : Q - nhiệt lượng cần thiết cấp cho vật, kJ ;

m - khối lượng của vật , kg ;

c - nhiệt dung riêng của vật, kJ/kgK ;

Δt - hiệu nhiệt độ trước và sau khi cấp nhiệt, K.

- Khi làm nguội hoặc làm lạnh một vật ta cũng tiến hành tương tự như vậy nhưng Q mang dấu âm.

Thí dụ : Để đốt nóng 5kg thép từ nhiệt độ 20°C lên 70°C cần bao nhiêu nhiệt lượng :

Giải : $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$

$$m = 5\text{kg}$$

$$c = 0,477 \text{ kJ/kgK (theo bảng 1.3)}$$

$$\Delta t = 70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 50\text{K}$$

$$\text{Vậy } Q = 5 \cdot 0,477 \cdot 50 = 119,25\text{kJ}$$

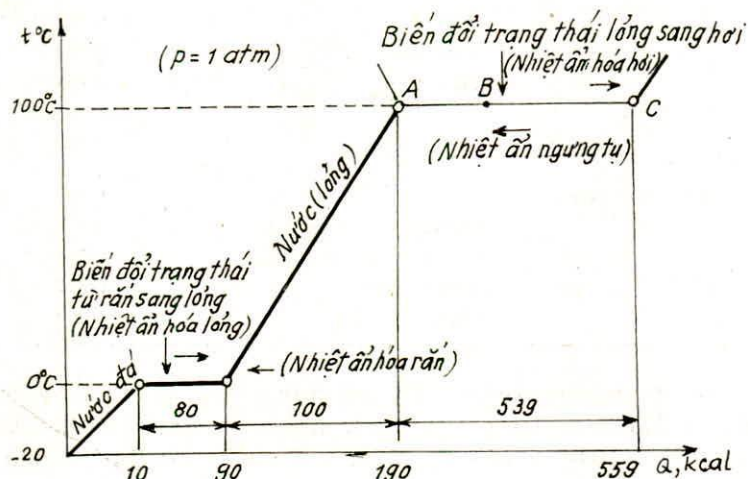
Nhiệt dung riêng không phải cố định mà phụ thuộc vào nhiệt độ. Trong khoảng nhiệt độ tính toán, thường người ta phải lấy nhiệt dung riêng trung bình. Tuy nhiên có thể tính gần đúng bằng các giá trị nhiệt dung đã cho. Nhiệt dung riêng của chất khí không những phụ thuộc vào nhiệt độ mà còn phụ thuộc vào áp suất và thể tích nên tính toán rất phức tạp, ta sẽ xét đến ở phần sau.

Nhiệt ẩn nóng chảy và nhiệt ẩn bay hơi

Như đã nêu, nhiệt lượng khi cấp vào hoặc rút ra từ một vật có thể làm cho vật đó thay đổi nhiệt độ hoặc trạng thái.

Để hiểu rõ các khái niệm nhiệt ẩn nóng chảy và bay hơi ta quan sát lại quá trình biến đổi của 1kg nước đá ở nhiệt độ -20°C biến thành nước (dạng lỏng) rồi thành hơi (xem hình 1.14) ở áp suất khí quyển $p = 1\text{atm}$ khi cấp nhiệt cho nó.

Một kg nước đá ở -20°C , khi cấp vào 10 kcal, nhiệt độ tăng lên 0°C . Tiếp tục cấp nhiệt nước đá bắt đầu hóa lỏng. Khi cấp thêm 80 kcal nước đá hóa lỏng hoàn toàn. Quá trình hóa lỏng này có nhiệt độ không thay đổi là $t = 0^\circ\text{C}$. Tiếp tục cấp nhiệt, nhiệt độ nước tăng lên, cấp thêm đủ 100 kcal, nước sẽ nóng



Hình 1.14. Sự thay đổi trạng thái của nước (rắn - lỏng - hơi) ở điều kiện áp suất $p = 1\text{atm} = 760 \text{ mmHg}$.

lên đến 100°C . Tiếp tục cấp nhiệt nước sẽ hóa hơi, và khi cấp thêm đủ 539 kcal nước sẽ hóa hơi hoàn toàn, trong quá trình hóa hơi, nhiệt độ cũng không thay đổi $t = 100^{\circ}\text{C}$. Sau đó nếu cấp nhiệt thêm, hơi nước sẽ tăng nhiệt độ.

Nhiệt lượng $q_{hl} = 80$ kcal dùng để làm 1kg nước đá ở 0°C hóa lỏng hoàn toàn gọi là nhiệt ẩn hóa lỏng của nước đá, còn nhiệt lượng $q_{hh} = 539$ kcal để làm 1kg nước ở 100°C hóa hơi hoàn toàn gọi là nhiệt ẩn hóa hơi. Nếu quá trình tiến hành ngược lại thì $q_{hh} = 539$ kcal/kg gọi là nhiệt ẩn ngưng tụ còn $q_{hl} = 80$ kcal/kg gọi là nhiệt ẩn hóa rắn. Nhiệt ẩn hóa hơi thường kí hiệu là r , r của nước là 539 kcal/kg $= 2257$ kJ/kg.

Như vậy :

- Nhiệt ẩn hóa lỏng của một chất, là nhiệt lượng cần thiết để làm cho một kg của chất đó ở trạng thái rắn chuyển hoàn toàn sang trạng thái lỏng (ở điều kiện nhiệt độ và áp suất nhất định), kí hiệu q_{hl} , kJ/kg.

- Nhiệt ẩn hóa hơi của một chất là nhiệt lượng cần thiết để làm 1 kg của chất đó ở trạng thái lỏng biến hoàn toàn thành hơi ở điều kiện nhiệt độ và áp suất không đổi, ở quá trình ngưng tụ nhiệt lượng thu được đúng bằng nhiệt lượng hóa hơi đó ; r , kJ/kg.

Qua hình 1.14 ta cũng có thể tính được nhiệt dung riêng của nước đá :

$$c_{\text{nước đá}} = \frac{Q_{\text{ndá}}}{m \cdot \Delta t} = \frac{10 \text{ kcal}}{1 \text{ kg} \cdot 20^{\circ}\text{C}} = 0,5 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} = 2,09 \text{ kJ/kgK}$$

và nhiệt dung riêng của nước :

$$c_{\text{nước}} = \frac{Q_{\text{nước}}}{m \cdot \Delta t} = \frac{100 \text{ kcal}}{1 \text{ kg} \cdot 100^{\circ}\text{C}} = 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} = 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

1.4.3. Nhiệt động của các chất khí

Khái niệm chung về chất khí

Thể khí là một trạng thái vật chất mà năng lượng riêng của các phân tử lớn hơn năng lượng tương tác giữa các phân tử, bởi vậy không những sự sắp xếp các phân tử có thể thay đổi dễ dàng mà ngay cả khoảng cách giữa các phân tử cũng có thể thay đổi. Chất khí không có hình dáng nhất định. Nó có hình dáng và thể tích bất kì phù hợp với vật chứa nó. Đặc điểm cơ bản của nó là có thể nén được.

Qua những nghiên cứu của mình, các nhà bác học Gay - Lussac đã rút ra kết luận là : nếu một khối khí có nhiệt độ 0°C và áp suất 760mm thủy ngân có thể tích là V , thì khi thay đổi nhiệt độ 1°C , giữ nguyên áp suất như cũ thì thể tích thay đổi là $\frac{1}{273} V$.

Từ đó có thể rút ra là khi làm lạnh khối khí đó đến nhiệt độ -273°C thì thể tích của nó sẽ biến mất ($V = 0$). Nhờ hệ quả này, Kelvin đã tìm ra nhiệt độ không tuyệt đối là $-273,15^{\circ}\text{C} = 0\text{K}$.

Tuy nhiên thực tế, khi làm lạnh, trước khi thể tích khí biến mất thì nó đã biến đổi trạng thái thành lỏng rồi thành rắn.

Tính chất của hơi và khí

Để phân biệt hơi và khí ta có thể phân biệt như sau :

Khí là hơi ở trạng thái quá nhiệt rất cao, thí dụ ta gọi là khí nitơ, khí ôxy, khí hydrô v.v..., còn hơi là hơi ở trạng thái gần với đường bão hòa khô thí dụ hơi nước, hơi amoniác, hơi freôn... Vì khí ở trạng thái quá nhiệt cao nên nó cũng có tính chất gần giống như khí lí tưởng. Hơi ở gần đường bão hòa khô nên sai lệch khá nhiều so với khí lí tưởng nên không thể sử dụng các phương trình tính toán cho khí lí tưởng áp dụng cho hơi môi chất lạnh được.

Các thông số trạng thái của khí là : nhiệt độ T , thể tích V , áp suất p , entanpi h và entropi s .

Đối với khí lí tưởng, các thông số trạng thái p , V , T có quan hệ tương hỗ như sau :

$$\frac{p \cdot v}{T} = R = \text{const}$$

Quan hệ trên gọi là phương trình trạng thái của khí lí tưởng.

trong đó : p - là áp suất, đơn vị N/m^2 hay Pa ;

v - là thể tích riêng, m^3/kg ;

T - nhiệt độ tuyệt đối, K;

R - hằng số chất khí riêng. $R = \frac{8314}{\mu} \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$;

μ - phân tử lượng của chất khí.

Quan hệ trên được xây dựng từ các định luật Boy - Mariot (đẳng nhiệt) Gay - Lussac (đẳng tích) Sácơ (đẳng áp) cho khí lí tưởng và Avogadrô.

Định luật Boy - Mariot (Boyle - Mariotte)

$$p \cdot V = \text{const} \text{ hoặc } p \cdot v = \text{const}$$

Một lượng chất khí nhất định ở nhiệt độ không đổi thì áp suất tuyệt đối tỉ lệ nghịch với thể tích hoặc thể tích riêng.

Định luật Gay - Lussac

$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

Một lượng chất khí nhất định trong điều kiện thể tích không thay đổi thì áp suất tuyệt đối tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối.

Định luật Sácơ (Charle)

Một lượng chất khí nhất định trong điều kiện áp suất không thay đổi thì thể tích hay thể tích riêng tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối

$$\frac{V}{T} = \text{const} \text{ hoặc } \frac{v}{T} = \text{const}$$

Định luật Avogadrô

Trong cùng điều kiện nhiệt độ và áp suất, thể tích mol của tất cả các chất khí lí tưởng đều bằng nhau. Trong điều kiện tiêu chuẩn $p = 1,0333 \text{ at} = 1 \text{ atm}$ và $t = 0^\circ\text{C}$ thì thể tích mol của tất cả các chất khí lí tưởng đều bằng $22,4 \text{ m}^3$.

Đối với khí thực, người ta phải dùng các phương trình trạng thái gần đúng khác để biểu diễn vì sai số quá lớn nếu dùng phương trình trạng thái của khí lí tưởng thí dụ phương trình Van der Waals, phương trình Redlich - Kwong v.v...

Trong máy lạnh nén hơi, môi chất lạnh (hoặc gas lạnh) biến đổi trạng thái từ lỏng thành hơi ở thiết bị bay hơi và biến đổi trạng thái từ hơi thành lỏng ở thiết bị ngưng tụ.

Quay lại thí dụ biến đổi trạng thái của nước thì điểm A (hình 1.14) nằm tận cùng bên trái đường biến đổi lỏng hơi gọi là điểm bão hòa lỏng, điểm C nằm tận cùng bên phải được gọi là trạng thái hơi bão hòa khô còn điểm B nằm trên đường biến đổi lỏng hơi là trạng thái hơi ẩm.

Trạng thái hơi ẩm là trạng thái hơi có lẫn những giọt lỏng ở nhiệt độ sôi hay nhiệt độ biến đổi trạng thái lỏng, hơi. Thành phần hơi $x = \frac{\text{kg hơi}}{\text{kg (hơi + lỏng)}}$ có thể thay đổi từ 0 đến 1.

$x = 0$: lỏng bão hòa ;

$0 < x < 1$: hơi ẩm ;

$x = 1$: hơi bão hòa khô.

Trong chương môi chất lạnh ta sẽ đi sâu vào các môi chất amoniác, freon R12, freon R22 và R134a.

Định luật nhiệt động thứ nhất

Nhà bác học Nga vĩ đại Lômônôxốp đã phát biểu từ giữa thế kỉ thứ 18 định luật bảo toàn năng lượng. Theo định luật này thì năng lượng không mất đi và không tự sinh ra, năng lượng chỉ có thể biến từ dạng này sang dạng khác, thí dụ nhiệt năng có thể biến hóa thành cơ năng, điện năng, hóa năng...

Định luật nhiệt động thứ nhất là trường hợp riêng của định luật tổng quát này. Định luật nhiệt động thứ nhất xác định nhiệt và công biến hóa cho nhau theo tỉ lệ tương đương. Quan hệ đó người ta gọi là "Đương lượng nhiệt của công". Một lượng nhiệt 1J tương đương với một công cơ học bằng 1Nm.

Để hiểu rõ hơn về định luật nhiệt động thứ nhất chúng ta có thể quan sát thí nghiệm sau :

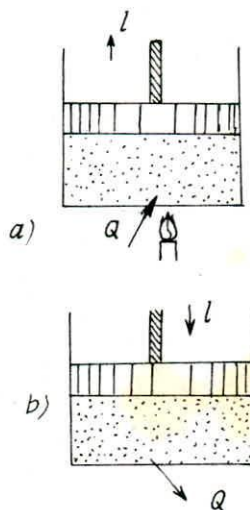
Nếu có một xilanh kín (xem hình 1.15) với một pitông. Giữa xilanh và pittông có chứa một khối lượng khí. Khi đốt nóng lượng khí ở bên trong (cấp nhiệt), khối khí sẽ nở ra, đẩy pitông lên thực hiện một công l (hình 1.15a). Ngược lại nếu tác động 1 công l lên pitông để nén khí lại, khối khí sẽ nóng lên và thải một lượng nhiệt Q ra ngoài.

Cũng tương tự như định luật nhiệt động về đương lượng nhiệt của công, biến đổi điện năng thành nhiệt năng có tỉ lệ sau :

$$1\text{kWh} = 860 \text{ kcal} = 3600 \text{ kJ}$$

Định luật nhiệt động thứ 2

Định luật bảo toàn năng lượng nói chung có giá trị trong mọi trường hợp nhưng thực tế sự biến hóa năng lượng tuân thủ các điều kiện nhất định. Như ta đã biết máy hơi nước, động cơ đốt trong, động cơ diesel hoặc các loại máy sinh công từ nhiệt khác chỉ có thể biến đổi được một phần năng lượng của than, dầu, xăng v.v... thành công,



Hình 1.15

- a) cấp nhiệt Q thu công l ;
b) nén với công l thu được nhiệt Q .

còn một phần lớn bị thải ra ngoài môi trường dưới dạng khí hoặc hơi thải gần như vô ích không sử dụng được.

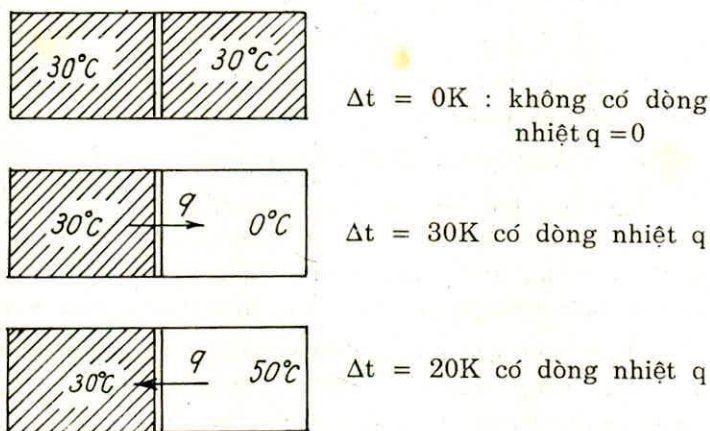
Định luật thứ 2 của nhiệt động học phát biểu điều kiện biến đổi năng lượng đó. Do vậy có nhiều cách phát biểu định luật nhiệt động 2. Thí dụ : *Người ta không thể biến đổi hoàn toàn một lượng nhiệt, mà chỉ có thể biến đổi một phần thành công, phần lớn còn lại bị thải ra môi trường dưới dạng phế thải.*

Định luật nhiệt động thứ 2 cũng phát biểu điều kiện truyền nhiệt từ vật thể nọ sang vật thể kia như sau :

Nhiệt chỉ có thể truyền từ một vật có nhiệt độ cao sang vật có nhiệt độ thấp và không bao giờ ngược lại. Nếu muốn thực hiện một dòng nhiệt theo chiều ngược lại tức là truyền nhiệt từ vật có nhiệt độ thấp đến vật có nhiệt độ cao cần phải tiêu tốn năng lượng.

Trong máy lạnh nén hơi, để thải nhiệt từ môi trường có nhiệt độ thấp đến môi trường có nhiệt độ cao, năng lượng tiêu tốn là công để quay máy nén, còn trong máy lạnh hấp thụ là nhiệt năng để đốt nóng bình sinh hơi.

Điều kiện của việc truyền nhiệt được biểu diễn trên hình 1.16. Nếu 2 vật cùng có nhiệt độ 30°C thì không có sự truyền nhiệt từ vật nọ sang vật kia. Nếu một vật có nhiệt độ 30°C và một vật có nhiệt độ 0°C chẳng hạn, sẽ xuất hiện một dòng nhiệt truyền từ vật nóng sang vật lạnh.



Hình 1.16. Dòng nhiệt phụ thuộc vào hiệu nhiệt độ.

Giống như hiện tượng nước chỉ chảy và chỉ có thể chảy từ cao xuống thấp.

Khi muốn vận chuyển nước từ thấp lên cao người ta phải dùng bơm và phải tốn công (cơ hoặc điện) để quay bơm. Chênh lệch độ cao càng lớn càng khó bơm và công tiêu tốn càng lớn. Tương tự, nhiệt chỉ có thể truyền từ vật có nhiệt độ cao đến vật có nhiệt độ thấp. Muốn chuyển nhiệt từ môi trường có nhiệt độ thấp lên môi trường có nhiệt độ cao cần phải dùng "bơm nhiệt" (hay máy lạnh) và phải tốn công (cơ hoặc nhiệt, điện). Độ chênh nhiệt độ càng cao càng khó bơm và công tiêu tốn càng lớn.

1.4.4. Cơ sở truyền nhiệt

Mới biết rằng nhiệt chỉ có thể truyền từ vật nóng sang vật lạnh là chưa đủ. Để có thể hiểu những quá trình truyền nhiệt trong các thiết bị trao đổi nhiệt, nhất thiết phải hiểu được nhiệt truyền từ vật nóng sang vật lạnh như thế nào.

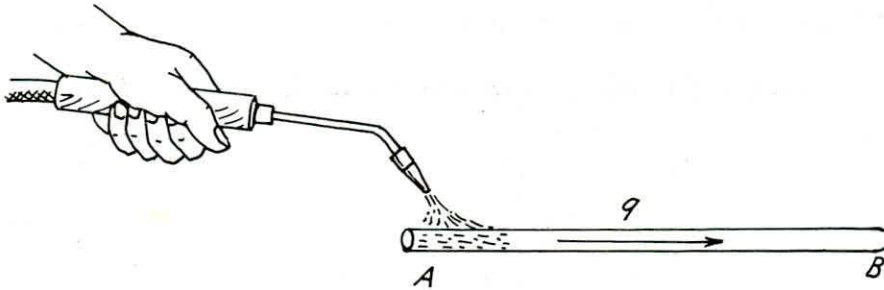
Có ba phương pháp truyền nhiệt, đó là dẫn nhiệt, trao đổi nhiệt đối lưu và trao đổi nhiệt bức xạ.

Dẫn nhiệt

Dẫn nhiệt là sự truyền nhiệt ở trong nội bộ của vật chất từ phân tử này cho phân tử khác không có sự chuyển động của các phân tử.

Dẫn nhiệt có thể xảy ra đối với chất rắn, chất lỏng đứng im hoặc chất khí đứng im, nhưng dẫn nhiệt thuần túy chỉ xảy ra trong chất rắn.

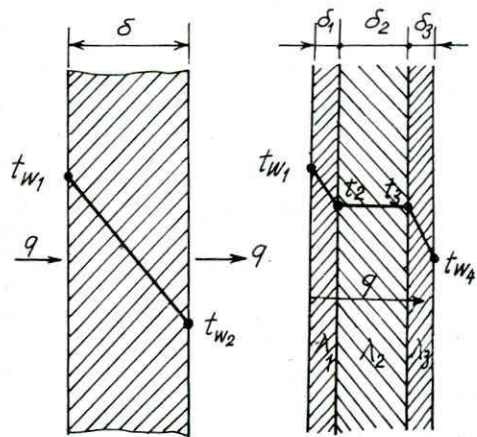
Nếu ta dùng mỏ hàn đốt nóng một thanh đồng (hình 1.17) thì trước hết đầu A sẽ nóng lên sau đó nhiệt sẽ được truyền từ đầu A đến đầu B bằng dẫn nhiệt.



Hình 1.17. Dẫn nhiệt từ đầu A đến đầu B của thanh kim loại.

Trong kỹ thuật lạnh, sự truyền nhiệt dọc theo thanh kim loại giống như sự truyền nhiệt của cánh tản nhiệt. Nhưng đối với các thiết bị trao đổi nhiệt, sự dẫn nhiệt qua vách một lớp hoặc nhiều lớp là phổ biến nhất. Trước hết ta nghiên cứu trường hợp dẫn nhiệt qua vách phẳng 1 lớp (hình 1.18).

Giả sử nhiệt độ t_1 trên bề mặt trái, lớn hơn nhiệt độ t_2 trên bề mặt phải của vách, thì dòng nhiệt sẽ hướng từ trái sang phải. Giả thiết nhiệt độ t_1 và t_2 luôn luôn không đổi, dòng nhiệt q cũng ổn định, nghĩa là quá trình này là quá trình truyền nhiệt ổn định thì nhiệt lượng truyền qua vách ổn định theo thời gian tỉ lệ thuận với hiệu nhiệt độ ($t_1 - t_2$) và bề mặt truyền nhiệt F , tỉ lệ nghịch với chiều dày vách δ và phụ thuộc vào tính chất vật liệu đặc trưng bằng hệ số dẫn nhiệt λ :



Hình 1.18. Dẫn nhiệt qua vách phẳng một lớp và nhiều lớp.

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F (t_{w1} - t_{w2}) \text{ đơn vị là } \frac{J}{s}$$

trong đó : Q - nhiệt lượng dẫn qua vách phẳng, $\frac{J}{s}$ hoặc W ;

F - diện tích bề mặt vách, m^2 ;

t_{w1} - nhiệt độ thành nóng của vách, $^{\circ}C$;

t_{w2} - nhiệt độ thành nguội của vách, $^{\circ}C$;

δ - chiều dày vách, m ;

λ - hệ số dẫn nhiệt λ của vật liệu, W/mK .

Định nghĩa : Khả năng dẫn nhiệt của vật liệu được biểu thị bằng hệ số dẫn nhiệt λ . Hệ số dẫn nhiệt λ là mật độ dòng nhiệt tính bằng J truyền qua vách có bề dày $1m$ với hiệu nhiệt độ là $1K$ trong thời gian 1 giây.

Đối với vách nhiều lớp ta có :

$$Q = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \cdot F(t_{w1} - t_{w4})$$

Bảng 1.4 giới thiệu giá trị λ của một số vật liệu

BẢNG 1.4. Hệ số dẫn nhiệt của một số vật liệu

Vật liệu		λ ; W/mK
Kim loại	Nhôm	200 ÷ 230
	Đồng	360
	Hợp kim đồng	100
	Thép cacbon	45 ÷ 55
	Thép hợp kim	17 ÷ 45
	Gang	56 ÷ 64
Vật liệu xây dựng	Bê tông	1,3
	Gạch chịu lửa	0,8 ÷ 1,7
	Gỗ dọc thớ	0,35 ÷ 0,70
	Gỗ ngang thớ	0,14 ÷ 0,20
	Kính	0,75
	Tường gạch	0,70 ÷ 0,75
	Đá sỏi	1,6 ÷ 2,09
Vật liệu cách nhiệt	Bấc	0,05 ÷ 0,10
	Amiăng	0,15 ÷ 0,20
	Mùn cưa	0,07
	Bông thủy tinh	0,04
	Bột xốp polystyrol	0,033
	Bột polyurethan	0,026
	Không khí đứng im	0,023

Qua bảng 1.4 chúng ta có thể phân biệt được vật liệu dẫn nhiệt tốt và vật liệu dẫn nhiệt kém. Vật liệu dẫn nhiệt tốt là kim loại, tốt nhất là đồng nguyên chất. So với thép hợp kim đồng dẫn nhiệt tốt hơn khoảng 10 đến 20 lần. Thường các chất dẫn nhiệt tốt cũng là những chất dẫn điện tốt. Đồng và nhôm cũng là hai vật liệu dẫn điện rất tốt.

Những vật liệu dẫn nhiệt kém nhất là bấc, mùn cưa, amiăng, bông thủy tinh và đặc biệt là bột xốp polystyrol và polyurethan.

Chính vì dẫn nhiệt kém nên chúng được sử dụng làm chất cách nhiệt trong kỹ thuật nhiệt và kỹ thuật lạnh.

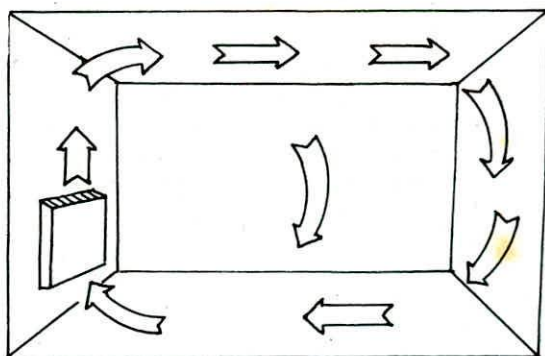
Đối lưu nhiệt

Sự lan truyền nhiệt trong chất lỏng và trong chất khí chuyển động được gọi là đối lưu nhiệt. Ở đây, các phần tử rất nhỏ tiếp xúc với nguồn nhiệt, nhận nhiệt qua dẫn nhiệt, sau đó chuyển ra vị trí khác (tự nhiên hay cưỡng bức) để các phần tử khác còn lạnh vào tiếp xúc với nguồn nhiệt.

Ta phân biệt đối lưu tự nhiên và đối lưu cưỡng bức.

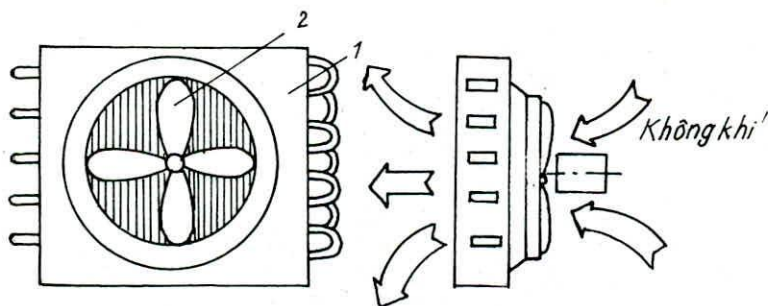
Đối lưu tự nhiên là sự lan truyền nhiệt thành dòng khí hoặc chất lỏng tự nhiên do mật độ thay đổi vì nhiệt độ của dòng khí hoặc chất lỏng thay đổi.

Hình 1.19. Mô tả sự đối lưu nhiệt tự nhiên trong một căn phòng có lò sưởi. Không khí lạnh đi vào phía dưới lò sưởi. Khi qua lò sưởi nó được đốt nóng lên, do khối lượng riêng giảm, khối khí đó chuyển động lên trên và đi lên trần nhà. Ở đây nó thải nhiệt cho trần và tường, khối lượng giảm nó lại lắng dần xuống và lại được hút vào lò sưởi. Cứ thế không khí tạo ra một vòng tuần hoàn trong phòng.

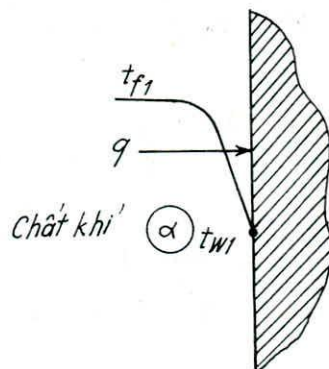


Hình 1.19. Đối lưu không khí trong phòng sưởi.

Đối lưu cưỡng bức là sự truyền nhiệt cho một dòng không khí hoặc chất lỏng chảy cưỡng bức qua bề mặt mang nhiệt (bằng quạt gió hoặc bơm khuấy).



Hình 1.20. Đối lưu không khí cưỡng bức
1 - dàn tỏa nhiệt ;
2 - quạt gió.



Hình 1.21. Truyền nhiệt từ chất khí vào bề mặt vách.

Nhờ có quạt, không khí được thổi cưỡng bức qua thiết bị trao đổi nhiệt, có thể là dàn ngưng tụ tỏa nhiệt hoặc dàn bay hơi thu nhiệt để trao đổi nhiệt với bề mặt dàn. Nhờ có quạt, hiệu quả trao đổi nhiệt tăng lên rõ rệt.

Thực nghiệm đã xác định rằng dòng nhiệt q của quá trình trao đổi nhiệt đối lưu tỉ lệ thuận với bề mặt F , hiệu nhiệt độ giữa môi trường với bề mặt vách và phụ thuộc vào hệ số tỏa nhiệt α đặc trưng cho môi trường lỏng hoặc khí. Như vậy :

$$q = \alpha(t_{f1} - t_{w1}) \cdot F$$

trong đó : q - nhiệt lượng trao đổi đối lưu nhiệt, đơn vị W hoặc J/s.

t_{f1} - nhiệt độ môi trường (lỏng hoặc khí), $^{\circ}\text{C}$;

t_{w1} - nhiệt độ vách, $^{\circ}\text{C}$;

F - bề mặt đối lưu nhiệt, m^2 ;

α - hệ số tỏa nhiệt của môi trường, đơn vị $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

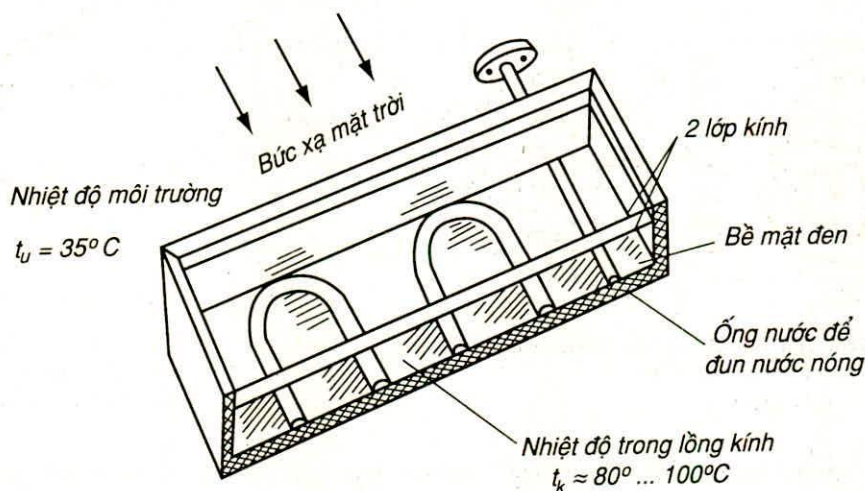
Bảng 1.5. giới thiệu giá trị α của một số chất với các điều kiện đối lưu nhiệt khác nhau.

BẢNG 1.5. Hệ số tỏa nhiệt α của một số chất với điều kiện xác định

Chất và điều kiện đối lưu nhiệt	α , W/m ² . K.
Không khí đối lưu tự nhiên	5 ÷ 20
Không khí chuyển động trong ống hoặc giữa các ống	30 ÷ 100
Hơi nước trong các ống của bộ quá nhiệt	100 ÷ 500
Nước chuyển động trong ống	1000 ÷ 5000
Nước sôi	3000 ÷ 10.000
Hơi nước ngưng tụ	4.000 ÷ 15000

1.4.5. Bức xạ nhiệt

Bức xạ nhiệt là sự truyền nhiệt bằng các tia bức xạ dạng sóng. Ánh sáng cũng là những bức xạ nhiệt nhưng mắt người có thể nhìn thấy được còn phần lớn bức xạ nhiệt không nhìn thấy được. Tất cả các vật có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ không tuyệt đối đều phát bức xạ nhiệt.



Hình 1.22. Lồng kính thu năng lượng của bức xạ mặt trời.

Cường độ bức xạ nhiệt tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối với số mũ 4. Giống như trong dẫn nhiệt, nhiệt lượng chỉ được truyền từ vật có nhiệt độ cao đến vật có nhiệt độ thấp hơn.

Những bề mặt đen, xám, nhám có khả năng bức xạ nhiệt tốt hơn và cũng có khả năng hấp thụ bức xạ nhiệt tốt hơn, khả năng phản xạ kém.

Những bề mặt sáng, trắng và nhẵn có khả năng bức xạ nhiệt yếu hơn và hấp thụ bức xạ nhiệt cũng yếu hơn, chúng có khả năng phản xạ tốt.

Vật đen hoàn toàn có tính chất hấp thụ hầu hết các tia bức xạ nhiệt hướng đến nó. Vì vậy, khả năng hấp thụ bức xạ nhiệt của vật đen hoàn toàn là lớn nhất.

Gương tráng bạc có tính chất phản xạ hầu hết các tia bức xạ (kể cả ánh sáng trông thấy), vì vậy khả năng phản xạ của gương là lớn nhất và khả năng hấp thụ các tia bức xạ là nhỏ nhất.

Kính là loại vật liệu để cho hầu hết các tia bức xạ mặt trời đi qua (bước sóng ngắn), nhưng lại phản xạ hầu hết các bức xạ nhiệt có bước sóng dài không nhìn thấy

như các tia hồng ngoại. Chính vì lẽ đó, các nhà kính, ô tô có nhiều cửa kính v.v... bao giờ cũng có nhiệt độ nóng hơn môi trường bên ngoài vì chúng có khả năng hấp thụ năng lượng mặt trời qua các tia bức xạ từ ngoài vào và phản xạ các tia bức xạ hồng ngoại từ trong ra nên giữ được nhiệt. Đây chính là hiệu ứng lồng kính.

Ứng dụng tính chất trên của kính người ta thiết kế các bộ thu năng lượng mặt trời với một hoặc 2 lớp kính.

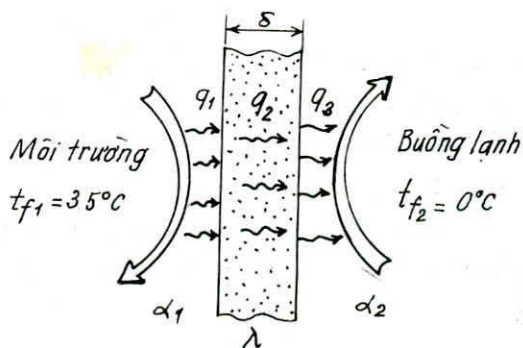
Để làm mát tốt dàn ngưng của tủ lạnh gia đình, ngoài phần nhiệt trao đổi đối lưu tự nhiên vì không khí người ta sơn đen dàn để dàn ngưng cũng được giải nhiệt tối đa qua bức xạ.

Trao đổi nhiệt hỗn hợp

Trao đổi nhiệt hỗn hợp là quá trình trao đổi nhiệt bao gồm hai hoặc nhiều hình thức trao đổi nhiệt như dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ.

Nếu 2 chất lỏng hoặc chất khí được ngăn cách bởi một vách ngăn, trao đổi nhiệt cho nhau thì quá trình truyền nhiệt thực hiện qua ba bước : đối lưu - dẫn nhiệt - đối lưu (xem hình 1.23).

Hình 1.23. mô tả cơ chế truyền nhiệt từ môi trường bên ngoài qua vách cách nhiệt vào buồng lạnh. Phía môi trường hay phía nóng, nhiệt truyền lên bề mặt vách qua đối lưu nhiệt, sau đó nhiệt truyền qua vách bằng dẫn nhiệt và từ bề mặt phải của vách nhiệt lại truyền vào buồng lạnh bằng đối lưu nhiệt.



Hình 1.23. Truyền nhiệt qua tường cách nhiệt buồng lạnh.

Điều kiện truyền nhiệt, từng bước là luôn phải có chênh lệch nhiệt độ. Độ chênh lệch nhiệt độ càng lớn thì dòng nhiệt tổn thất, hoặc dòng nhiệt truyền qua càng lớn.

Ở đây ta còn thấy một điều là nhiệt lượng truyền từ môi trường vào bề mặt trái của vách bằng nhiệt lượng từ vách trái dẫn qua vách phải và từ vách phải vào buồng lạnh qua đối lưu. Như vậy dòng nhiệt của từng bước trao đổi nhiệt - đối lưu 1 - dẫn nhiệt - đối lưu 2 là bằng nhau và chính là lượng nhiệt thẩm lậu từ ngoài môi trường vào phòng lạnh.

Người ta đã xác định rằng, dòng nhiệt của quá trình trao đổi nhiệt hỗn hợp tỉ lệ thuận với diện tích truyền nhiệt, hiệu nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh và phụ thuộc vào hệ số truyền nhiệt k.

$$Q = k \cdot F (t_{f1} - t_{f2}) , W$$

trong đó :

- Q - nhiệt lượng truyền qua, W hoặc J/s ;
- F - diện tích bề mặt trao đổi nhiệt, m² ;
- t_{f1} - nhiệt độ nguồn nóng, °C ;
- t_{f2} - nhiệt độ nguồn lạnh, °C ;
- k - hệ số truyền nhiệt, W/m² K.

Hệ số truyền nhiệt k được xác định như sau :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

trong đó :

α_1 - hệ số tỏa nhiệt từ môi trường vào vách, $W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$;

δ_i - bề dày vách lớp thứ i , m ;

λ_i - hệ số dẫn nhiệt của vách lớp thứ i , W/mK ;

α_2 - hệ số tỏa nhiệt từ vách vào phòng lạnh, W/m^2K ;

Nếu biến đổi công thức của Q ta có :

$$k = \frac{Q}{F(t_1 - t_2)}$$

Nếu lấy $F = 1m^2$ và $t_1 - t_2 = 1$ thì trị số k bằng Q . Vậy có thể định nghĩa hệ số truyền nhiệt k là nhiệt lượng truyền qua bề mặt trao đổi nhiệt $1m^2$ khi độ chênh nhiệt độ giữa môi trường nóng và lạnh là $1K$.

Thí dụ : Một phòng lạnh có vách cách nhiệt chung quanh với tổng diện tích bề mặt là $27m^2$. Nhiệt độ trong buồng lạnh là $t_2 = 0^\circ\text{C}$, nhiệt độ ngoài trời là 35°C , hệ số truyền nhiệt là $0,3 W/m^2K$. Hãy xác định nhiệt lượng tổn thất qua vách cách nhiệt.

Giải :

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t.$$

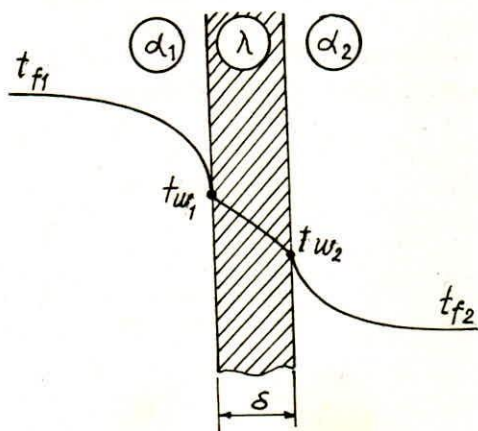
Thay các giá trị vào ta có :

$$Q = 0,3 \cdot 27 \cdot (35 - 0) \frac{W m^2\text{ }^\circ\text{C}}{m^2\text{ }^\circ\text{C}}$$

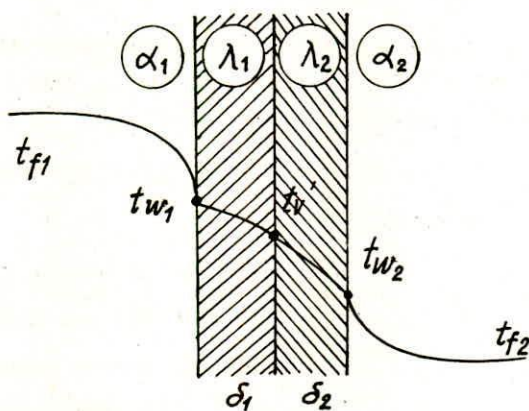
$$Q = 283,5 W$$

Nếu chưa biết hệ số truyền nhiệt thì phải tính k theo công thức chứa α_1 , α_2 và δ_i , λ_i .

Hình 1.24. biểu diễn truyền nhiệt phức tạp đối lưu - dẫn nhiệt đối lưu qua vách phẳng 1 lớp, và hình 1.25 biểu diễn truyền nhiệt vách phẳng nhiều lớp.



Hình 1.24. Vách phẳng một lớp .



Hình 1.25. Vách phẳng nhiều lớp.

Hệ số truyền nhiệt được tính như sau :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

α_1 - hệ số tỏa nhiệt phía môi trường nóng, $\text{W/m}^2 \text{K}$;

λ - hệ số dẫn nhiệt của vách phẳng, W/mK ;

δ - bề dày vách phẳng, m ;

α_2 - hệ số tỏa nhiệt phía lạnh , $\text{W/m}^2\text{K}$;

t_{f1} - nhiệt độ môi trường nóng, $^{\circ}\text{C}$;

t_{f2} - nhiệt độ môi trường lạnh, $^{\circ}\text{C}$;

t_{w1} - nhiệt độ bề mặt vách trái, $^{\circ}\text{C}$;

t_{w2} - nhiệt độ bề mặt vách phải , $^{\circ}\text{C}$.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) + \frac{1}{\alpha_2}} , \text{ W/m}^2\text{K}$$

δ_1, δ_2 bề dày của vách thứ nhất và vách thứ 2, m ;

λ_1, λ_2 hệ số dẫn nhiệt của vách thứ nhất và thứ 2, $\text{W/m}^2\text{K}$.

Hệ số truyền nhiệt k tỉ lệ thuận với hệ số tỏa nhiệt và dẫn nhiệt.

Nếu α và λ càng lớn thì k càng lớn.

Hệ số tỏa nhiệt α phụ thuộc vào nhiệt độ, tốc độ chuyển động, khối lượng riêng, độ nhớt, nhiệt dung riêng và hệ số dẫn nhiệt của chất đó cũng như hình dạng và cấu tạo bề mặt của diện tích truyền nhiệt.

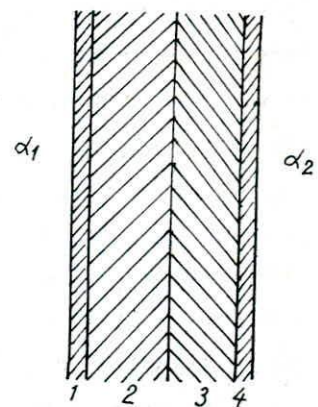
Người ta có thể nâng cao hệ số truyền nhiệt bằng cách cho dòng môi chất trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức trên mặt chuyển động, tạo cánh cho bề mặt phía có hệ số tỏa nhiệt nhỏ.

Trong các thiết bị trao đổi nhiệt, hệ số truyền nhiệt k càng lớn càng tốt, bởi vậy, người ta phải nghiên cứu các điều kiện trao đổi nhiệt tốt nhất, đưa hiệu suất trao đổi nhiệt của thiết bị lên cao nhất để tiết kiệm nguyên vật liệu, giảm giá thành thiết bị đến mức thấp nhất, ngoài ra, thiết bị càng gọn nhẹ thì diện tích lắp đặt, công vận chuyển, lắp ráp cũng giảm.

Trong cách nhiệt buồng lạnh ngược lại hệ số truyền nhiệt k càng nhỏ càng tốt để tổn thất do nhiệt thẩm lậu qua tường cách nhiệt giảm đến mức thấp nhất.

Thí dụ tính toán :

Hãy tính hệ số truyền nhiệt k của một vách nhiều lớp cách nhiệt kho lạnh theo hình vẽ 1.26 và các số liệu cho dưới đây.



Hình 1.26. Vách cách nhiệt kho lạnh nhiều lớp

$$\alpha_1 = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\alpha_2 = 7 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Lớp vách	δ, mm	$\rho, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\lambda, \text{W/mK}$
Vữa trát	10	1800	0,82
Tường gạch	240	1900	0,9
Lớp cách nhiệt xốp polystyrol	100	25	0,028
Vữa trát xi măng	15	2000	1,0

Hệ số truyền nhiệt k được tính theo công thức cho vách nhiều lớp.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,01}{0,82} + \frac{0,24}{0,9} + \frac{0,10}{0,028} + \frac{0,015}{1} + \frac{1}{15}}$$

$$k = \frac{1}{4,06}$$

$$k = 0,246 \text{ W/m}^2\text{K}$$

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Con người biết sử dụng lạnh và làm lạnh nhân tạo từ bao giờ ?
2. Hãy mô tả máy lạnh nén hơi đầu tiên của Perkins.
3. Hãy nêu một số thí dụ về bảo quản lạnh thực phẩm và hiệu quả của bảo quản lạnh đối với cá, thịt bò, gia cầm.
4. Anh hay chị biết gì về ứng dụng lạnh trong điều hòa không khí ?
5. Hãy vẽ sơ đồ nguyên lý máy lạnh nén hơi và giải thích sự hoạt động của nó.
6. Hãy vẽ sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ và giải thích sự hoạt động của nó.
7. Hãy vẽ sơ đồ nguyên lý máy lạnh nén khí và giải thích sự hoạt động của nó.
8. Hãy vẽ sơ đồ nguyên lý máy lạnh ejector hơi và giải thích sự hoạt động của nó.
9. Hãy vẽ sơ đồ nguyên lý máy lạnh nhiệt điện và giải thích sự hoạt động của nó.
10. Hãy nêu các lĩnh vực ứng dụng của máy lạnh nén hơi (nén khí, hấp thụ, ejector, nhiệt điện).
11. Nhiệt độ bách phân là gì ?
12. Nhiệt độ Kelvin là gì ? Cách tính chuyển nhiệt độ Kelvin và nhiệt độ bách phân ?
13. Nhiệt độ Fahrenheit là gì ? Cách tính chuyển $^{\circ}\text{C}$ và $^{\circ}\text{F}$
14. Cho $t = 35^{\circ}\text{C}$ tính $^{\circ}\text{F}$.
15. Cho $t = 85^{\circ}\text{F}$, tính $^{\circ}\text{C}$.
16. Hãy giải thích thế nào là áp suất dư, áp suất tuyệt đối, và áp suất chân không ?

17. Người ta đo áp suất dư, áp suất khí quyển và áp suất chân không bằng dụng cụ gì ? Cách tính áp suất tuyệt đối.
18. Thể tích riêng và khối lượng riêng là gì ?
19. Nhiệt dung riêng là gì ?
20. Hãy định nghĩa đơn vị đo nhiệt lượng calo, Jun, BTU,
21. Hãy định nghĩa đơn vị năng suất lạnh kcal/h, kW, BTU/h và tôn lạnh Mỹ.
22. Hãy định nghĩa nhiệt nóng chảy (hoặc nhiệt hóa rắn) ! Nhiệt nóng chảy của nước là bao nhiêu ?
23. Hãy định nghĩa nhiệt ẩn hóa hơi (hoặc nhiệt ẩn ngưng tụ) ! Nhiệt ẩn ngưng tụ của nước ở áp suất 1 atm là bao nhiêu ?
24. Thể tích của một khối khí thay đổi như thế nào khi giảm nhiệt độ của nó từ 546,3K xuống điều kiện tiêu chuẩn khi $p = \text{const}$.
25. Hãy viết và phát biểu phương trình trạng thái của khí lí tưởng
26. Thế nào là trạng thái hơi ẩm, bão hòa lỏng và bão hòa khô của hơi ?
27. Hãy phát biểu định luật nhiệt động thứ nhất !
28. Hãy phát biểu định luật nhiệt động thứ hai !
29. Hệ số dẫn nhiệt kí hiệu là gì ? Nêu phương pháp tính nhiệt lượng truyền đi bằng dẫn nhiệt
30. Mô tả quá trình trao đổi nhiệt đối lưu.
31. Vì sao dàn ngưng của tủ lạnh gia đình người ta lại sơn đen ? Vỏ tủ sơn màu sáng.
32. Hãy viết công thức tính toán hệ số truyền nhiệt cho vách phẳng nhiều lớp.
33. Khi nào cần tăng cường hệ số truyền nhiệt và phương pháp tăng cường hệ số truyền nhiệt.
34. Cần bố trí cánh tản nhiệt về phía nào ?
 - a) trong ống ;
 - b) ngoài ống
 - c) Lưu thể nóng
 - d) Lưu thể lạnh
 - e) Lưu thể có hệ số trao đổi nhiệt đối lưu bé
 - g) Lưu thể có hệ số trao đổi nhiệt đối lưu lớn.

Chương 2

MÔI CHẤT LẠNH VÀ CHẤT TẢI LẠNH

2.1. MÔI CHẤT LẠNH

Định nghĩa : Môi chất lạnh (còn gọi là tác nhân lạnh, gas lạnh) là chất môi giới sử dụng trong chu trình nhiệt động ngược chiều để hấp thu nhiệt của môi trường cần làm lạnh có nhiệt độ thấp và tải nhiệt ra môi trường có nhiệt độ cao hơn.

Ở máy lạnh nén hơi, quá trình hấp thu nhiệt ở môi trường lạnh được thực hiện nhờ quá trình bay hơi của môi chất ở nhiệt độ thấp, áp suất thấp và quá trình thải nhiệt ở môi trường có nhiệt độ cao nhờ quá trình ngưng tụ của môi chất ở nhiệt độ cao, áp suất cao.

2.1.1. Yêu cầu đối với môi chất lạnh

Do những đặc điểm của chu trình lạnh, hệ thống thiết bị và điều kiện vận hành môi chất lạnh cần có các tính chất sau :

a) Hóa học

- Phải bền vững trong phạm vi áp suất và nhiệt độ làm việc, không được phân hủy, không được polyme hóa,
- Phải trơ, không ăn mòn các vật liệu chế tạo máy, không phản ứng với dầu bôi trơn, ô xy trong không khí, hơi ẩm và tạp chất có trong máy lạnh.

b) Tính an toàn cháy nổ

- Phải an toàn, không dễ cháy và dễ nổ.

c) Tính chất vật lý

- Áp suất ngưng tụ không được quá cao ($< 15 \div 20$ bar) ;
- Nhiệt độ cuối tầm nén phải thấp ;
- Áp suất bay hơi không quá thấp (> 1 bar) ;
- Nhiệt độ đông đặc phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi nhiều ;
- Năng suất lạnh riêng thể tích càng lớn, máy càng gọn nhẹ ;
- Độ nhớt càng nhỏ, tổn thất áp suất trên đường ống càng nhỏ ;
- Hệ số dẫn nhiệt càng lớn càng tốt ;
- Dầu bôi trơn càng hòa tan nhiều môi chất càng dễ bôi trơn ;
- Càng hòa tan nước nhiều càng đỡ tắc ẩm van tiết lưu ;
- Không dẫn điện để có thể sử dụng cho máy nén kín và nửa kín ;

d) **Tính chất nhiệt động** : Phải có hiệu suất năng lượng cao trong chu trình lạnh.

e) **Tính chất sinh lý**

- Không được độc hại đối với người và cơ thể sống ;
- Không được ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm bảo quản ;
- Cần có mùi đặc biệt để dễ phát hiện rò rỉ. Nếu không mùi có thể pha thêm chất có mùi nếu chất đó không ảnh hưởng đến chu trình lạnh.

f) **Tính kinh tế**

- Cần rẻ tiền, dễ kiếm ;
- Sản xuất, vận chuyển bảo quản dễ dàng.

Nói chung, trong thực tế không có môi chất lạnh lý tưởng đáp ứng tất cả các đòi hỏi trên. Do đó, khi chọn môi chất lạnh cần chọn môi chất phát huy được các ưu điểm và hạn chế được các nhược điểm trong từng ứng dụng cụ thể.

g) **Môi trường**

- Không được phá hủy môi sinh và môi trường.

2.1.2. Ký hiệu môi chất lạnh

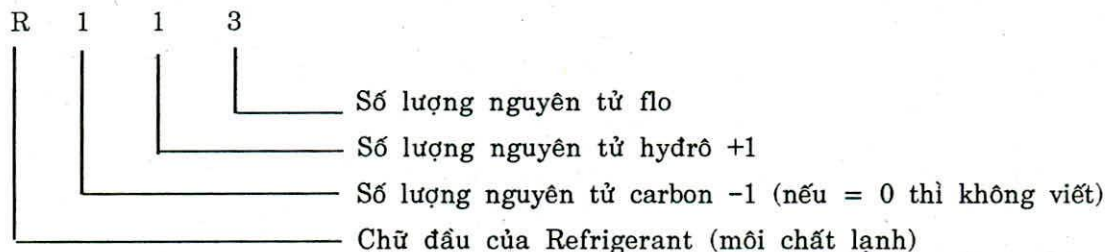
a) **Các freôn**

Các freôn là các cacbua hydro hoặc chưa no mà các nguyên tử hydro được thay thế một phần hoặc toàn bộ bằng các nguyên tử clo, flo hay brom. Các freôn thường dùng nhất là freôn 12, 22, 502 trong đó 12 và 502 đã bị cấm. Môi chất freôn được ký hiệu như sau thí dụ R113 ($C_2Cl_3F_3$).

- Số lượng nguyên tử clo có thể xác định dễ dàng nhờ số hóa trị còn lại của các nguyên tử carbon, thí dụ R113 có 3 flo 0 hydro và 2 carbon là dẫn xuất của C_2H_6 vậy công thức hóa học của R113 là $C_2Cl_3F_3$.

- Các dẫn xuất từ metan CH_4 có chữ số đầu tiên = 0 nên không viết. Đó là trường hợp của R11, R12, R13, R14.

- Các chất đồng phân (izome) có thêm chữ a, b để phân biệt : R134a : CH_2F-CF_3



- Quy tắc ký hiệu mở rộng đến propan C_3H_8 , tiếp theo butan là R600.
- Các olefin có số 1 trước 3 chữ số : C_3F_6 ký hiệu R1216.
- Các hợp chất có cấu trúc vòng có thêm chữ C : C_4H_8 . Ký hiệu RC318.
- Các hỗn hợp không đồng sôi xếp thứ tự từ R400, R401...
- Các hỗn hợp đồng sôi xếp thứ tự từ R500, R501, R502...

Thí dụ 1 : Môi chất có công thức hóa học CCl_2F_2 , hãy tìm ký hiệu của nó.

- Số thứ nhất : $1 - 1 = 0$

- Số thứ hai : $0 + 1 = 1$

- Số thứ ba : $2 = 2$

Vậy ký hiệu là R12.

Thí dụ 2 : Hãy tìm ký hiệu môi chất CHClF_2 :

- Số thứ nhất : $1 - 1 = 0$

- Số thứ hai : $1 + 1 = 2$

- Số thứ ba : $2 = 2$

Vậy ký hiệu là : R22

Thí dụ 3 : Môi chất có ký hiệu R114, hãy tìm công thức hóa học.

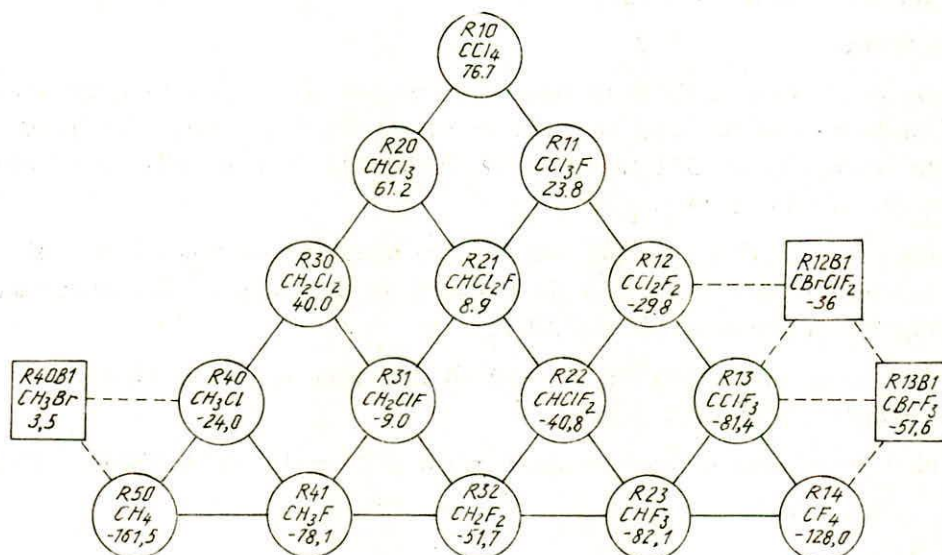
- Số nguyên tử carbon : $C - 1 = 1$ vậy $C = 2$

- Số nguyên tử flo : $F = 4$

- Số nguyên tử clo : $6 - 4 = 2$

Vậy công thức hóa học là : $\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$

Hình 2.1 giới thiệu các freôn dẫn xuất từ metan CH_4



Hình 2.1. Các freôn dẫn xuất từ metan

Dòng trên : Ký hiệu môi chất lạnh.

Dòng giữa : Công thức hóa học.

Dòng dưới : Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển, °C.

b) Các chất vô cơ

Các chất vô cơ có chữ R và sau đó là 3 chữ số, chữ số thứ nhất là 7 còn 2 chữ số sau là phân tử lượng làm tròn thí dụ amoniác : R717 ; nước R718, cacbonic CO_2 : R744.

Bảng 2.1. Giới thiệu một số môi chất lạnh thường dùng.

Cho đến nay, hàng trăm môi chất đã được nghiên cứu, ứng dụng, nhưng chỉ có rất ít môi chất lạnh được sử dụng rộng rãi. Vừa qua một loạt môi chất freôn bị cấm do tác dụng phá hủy tầng ôzôn và gây hiệu ứng lồng kính làm trái đất nóng lên. Điều

đó đã gây ra rất nhiều khó khăn cho ngành lạnh. Hiện nay chỉ còn rất ít môi chất được coi là môi chất lạnh hiện đại, đó là :

- Amoniác NH_3 - dùng cho hầu hết các loại máy lạnh nén hơi, công suất lớn và rất lớn. Từ khi R12, R502 bị cấm NH_3 càng được sử dụng rộng rãi hơn thay thế cho các freôn này kể cả trong các máy lạnh nhỏ.

- R22 - là môi chất lạnh quá độ từ nay đến năm 2020.

- R134a là loại môi chất không phá hủy tầng ôzôn nhưng có hiệu ứng lồng kính nên có thể cũng chỉ được sử dụng trong nửa đầu thế kỷ 21. R134a thay thế cho R12, 500, 502.

- Để thay thế các freôn người ta đang nghiên cứu sử dụng CO_2 , propan, butan và izobutan là các chất có sẵn trong tự nhiên.

BẢNG 2.1. Một số môi chất lạnh thường dùng

Số TT	Kí hiệu	Tên gọi	Công thức hóa học	Phân tử lượng kg/kmol	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) sôi ở áp suất khí quyển	Ghi chú
Các chất vô cơ						
1	R717	amoniác	NH_3	17	-33,4	
2	R718	nước	H_2O	18	100	
3	R744	Carbonic	CO_2	44	-78,5	
Các chất hữu cơ (hydrocarbon và halocarbon)						
4	R11	trichloromonoflometan	CCl_3F	137,4	23,8	Đã bị cấm
5	R12	diclorodiflometan	CCl_2F_2	120,9	-29,8	Đã bị cấm
6	R13	monoclotriflometan	CClF_3	104,5	-81,4	Đã bị cấm
7	R22	monoclorodiflometan	CHClF_2	86,5	-40,8	Được lưu hành đến 2020
8	R23	triflometan	CHF_3	70,0	-82,1	Thay thế R13
9	R113	triflometan	$\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$	187,4	47,7	Đã bị cấm
10	R123	diclorodifloetan	$\text{C}_2\text{HCl}_2\text{F}_3$	153	28,7	Thay tạm thời R11,R113 đến năm 2030
11	R134a	tetrafloetan	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$	102	-26,5	Thay cho R12,R22 và R502
Môi chất đồng sôi						
12	R502	48,8% R22/15,2 %R115			-45,4	Đã bị cấm

2.1.3. Các môi chất lạnh thường dùng

a) Amoniác

Amoniác có công thức hóa học NH_3 , ký hiệu R717 là một chất khí không màu, có mùi rất hắc. Lồng NH_3 sôi ở áp suất khí quyển ở nhiệt độ $-33,35^{\circ}\text{C}$. Amoniác có tính chất nhiệt động tốt phù hợp với chu trình máy lạnh nén hơi dùng máy nén pittông.

● *Tính chất vật lý*

- Áp suất ngưng tụ trong điều kiện mùa hè Việt Nam tương đối cao. Nếu dùng nước tuần hoàn, nhiệt độ nước ra khỏi bình ngưng 37°C , nhiệt độ ngưng tụ 42°C , áp suất tuyệt đối lên đến 16,5 bar.

- Nhiệt độ cuối tầm nén rất cao nên phải làm mát đầu xilanh bằng nước và phải hút hơi bão hòa.

- Áp suất bay hơi thường lớn hơn 1 bar và chỉ bị chân không ở máy lạnh 2 cấp nhiệt độ bay hơi nhỏ hơn $-33,4^{\circ}\text{C}$.

- Năng suất lạnh riêng thể tích lớn nên máy nén và thiết bị gọn nhẹ.

- Độ nhớt nhỏ, tính lưu động cao nên tổn thất áp suất nhỏ, đường ống và các van gọn nhẹ.

- Hệ số dẫn nhiệt và trao đổi nhiệt lớn, thuận lợi cho việc thiết kế chế tạo các thiết bị ngưng tụ và bay hơi...

- Hòa tan nước không hạn chế nên van tiết lưu không bị tắc ẩm tuy nhiên hàm lượng nước phải không chế dưới 0,1%.

- Không hòa tan dầu nên khó bôi trơn các chi tiết chuyển động của máy nén, do đó phải duy trì áp lực bơm dầu cần thiết để đảm bảo bôi trơn. Hệ thống phải bố trí tách dầu trên đường đẩy máy nén và các bầu dầu cho các thiết bị trao đổi nhiệt như bình ngưng, bình bay hơi tránh lớp dầu bám trên bề mặt trao đổi nhiệt cản trở quá trình trao đổi nhiệt.

- Dẫn điện nên không sử dụng được cho máy nén kín và nửa kín.

● *Tính chất hóa học*

- Bền vững ở khoảng nhiệt độ và áp suất công tác. Chỉ phân hủy thành nitơ và hydro ở nhiệt độ 260°C nhưng khi có mặt ẩm và bề mặt xilanh bằng thép làm chất xúc tác thì NH_3 phân hủy ngay ở nhiệt độ $110 - 120^{\circ}\text{C}$. Bởi vậy cần làm mát tốt đầu xilanh và hạn chế nhiệt độ cuối tầm nén càng thấp càng tốt.

- Không ăn mòn kim loại đen chế tạo máy nhưng ăn mòn đồng và các hợp kim của đồng trừ đồng thau photpho do đó không sử dụng đồng và hợp kim đồng trong máy lạnh amoniác.

- Không ăn mòn phi kim loại chế tạo máy.

● *Tính an toàn cháy nổ*

- Gây cháy nổ trong không khí. Ở nồng độ $13,5 \div 16\%$ cháy ở nhiệt độ 651°C , vì vậy các gian máy amoniác không được dùng ngọn lửa trần và phải được thông thoáng thường xuyên.

- Hỗn hợp với thủy ngân gây nổ rất nguy hiểm nên hệ thống amoniác không được sử dụng áp kế thủy ngân.

● *Tính chất sinh lý*

- Độc hại đối với cơ thể con người, gây kích thích niêm mạc mắt, dạ dày, gây co thắt cơ quan hô hấp, làm bong da.

- Có mùi khó ngửi, hắc nên dễ phòng tránh.

- Làm giảm chất lượng thực phẩm bảo quản, làm thực phẩm, rau quả biến màu và làm giảm chất lượng rất nhanh chóng.

- **Tính kinh tế**

- Là môi chất lạnh, rẻ tiền, dễ kiếm, dễ vận chuyển, bảo quản.

Amoniác ngày nay trở thành môi chất quan trọng, sử dụng trong nhiều lĩnh vực từ nhiệt độ bay hơi $+10^{\circ}\text{C}$ đến -60°C . Amoniác thích hợp với máy nén pittông, không ứng dụng cho máy nén turbin vì tỷ số áp suất quá thấp.

- b) Môi chất lạnh R22**

- Có công thức hóa học CHClF_2 , là chất khí không màu, có mùi thơm rất nhẹ, sôi ở áp suất khí quyển ở $-40,8^{\circ}\text{C}$.

- **Tính chất vật lý**

- Ở điều kiện làm mát bằng nước tuần hoàn mùa hè Việt Nam, nhiệt độ ngưng tụ 42°C , áp suất ngưng tụ bằng 16,1 bar, là môi chất có áp suất tương đối cao,
- Nhiệt độ cuối tầm nén trung bình nhưng cần làm mát tốt đầu máy nén.
- Áp suất bay hơi thường lớn hơn áp suất khí quyển.
- Năng suất lạnh riêng thể tích lớn gần bằng của NH_3 nên máy tương đối gọn.
- Độ nhớt lớn, tính lưu động kém NH_3 nên các đường ống, cửa van đều phải lớn hơn.

- Hòa tan hạn chế dầu nên gây khá nhiều khó khăn cho việc bôi trơn. Ở khoảng nhiệt độ từ -20°C đến -40°C môi chất không hòa tan dầu. Dầu có nguy cơ bám lại trên bề mặt dàn bay hơi làm cho máy nén thiếu dầu nên người ta tránh không cho máy lạnh R22 làm việc ở chế độ nhiệt độ này.

- Không hòa tan nước nhưng mức độ hòa tan vẫn lớn gấp 5 lần R12 nên máy R22 ít bị nguy cơ tắc ẩm hơn.

- Không dẫn điện nên có thể sử dụng cho máy nén kín và nửa kín tuy độ an toàn kém hơn R12 nên sự cố điện đối với R22 lớn hơn. Lỏng R22 có dẫn điện nên tuyệt đối không để lỏng lọt về máy nén.

- **Tính chất hóa học**

- Bền vững ở phạm vi nhiệt độ và áp suất làm việc.
- Khi có chất xúc tác là thép, phân hủy ở 550°C có thành phần phosgen rất độc.
- Không tác dụng với kim loại và phi kim loại chế tạo máy nhưng hòa tan và làm trương phồng một số chất hữu cơ như cao su và chất dẻo nên đệm kín phải sử dụng cao su chịu freon.

- **Tính an toàn cháy nổ**

- Không cháy và không nổ tuy tính an toàn thấp hơn so với R12.

- **Tính chất sinh lý**

- Không độc hại đối với cơ thể sống. Khi nồng độ lên quá cao có thể bị ngạt thở do thiếu dưỡng khí.
- Không làm biến chất thực phẩm bảo quản.

- **Tính kinh tế**

- R22 đắt nhưng dễ kiếm, vận chuyển và bảo quản dễ dàng.

● *Ứng dụng*

Đang được ứng dụng rộng rãi trong tất cả các ngành công nghiệp đặc biệt trong kỹ thuật điều hòa không khí. Mức độ phá hủy tầng ôzôn nhỏ nhưng nó gây hiệu ứng lồng kính làm nóng địa cầu do đó R22 cũng chỉ được sử dụng trong thời kỳ quá độ loại bỏ các freôn có hại cho đến năm 2020. Một số tính chất khác có thể tham khảo ở R12.

c) **Môi chất lạnh R12**

Môi chất lạnh R12 có công thức hóa học CCl_2F_2 , là một chất khí không màu, có mùi thơm rất nhẹ, nặng hơn không khí khoảng 4 lần ở 30°C , có nhiệt độ sôi là $-28,9^\circ\text{C}$ ở áp suất khí quyển. R12 là một môi chất lạnh an toàn cao và có tính chất nhiệt động tốt hơn so với R22, được sử dụng trong tủ lạnh gia đình, máy điều hòa không khí cho ô tô và trong các tủ kết đông cũng như trong rất nhiều ngành khác. Tuy nhiên R12 là một freôn có mức độ phá hủy tầng ôzôn và hiệu ứng lồng kính lớn nên đã bị cấm sản xuất, lưu hành và sử dụng từ 1.1.1996. Thời hạn này kéo dài thêm 10 năm ở các nước đang phát triển. Tuy bị cấm nhưng vẫn cần thiết nghiên cứu các tính chất của nó để phục vụ cho công tác thu hồi tái chế và tái sử dụng hoặc thay thế môi chất lạnh mới. Hầu hết các tính chất của R12 cũng gần giống R22.

● *Tính chất vật lý*

- Áp suất ngưng tụ thuộc loại trung bình, nhiệt độ ngưng tụ 42°C , áp suất ngưng tụ khoảng 10 bar.

- Nhiệt độ cuối tâm nén thấp, thuận lợi cho máy nén ngược dòng.

- Áp suất bay hơi thường lớn hơn 1 bar.

- Năng suất lạnh riêng khối lượng chỉ nhỏ bằng 1/8 đến 1/10 của amoniác nên lưu lượng tuần hoàn trong hệ thống lớn do đó chỉ thích hợp cho hệ thống lạnh vừa và nhỏ, tuy nhiên năng suất lạnh riêng thể tích vẫn bằng khoảng 60% của amoniác nên hệ thống lạnh R12 cũng chỉ lớn gấp rưỡi hệ thống amoniác cùng công suất.

- Khả năng trao đổi nhiệt kém hơn amoniác, hệ số tỏa nhiệt khi sôi và khi ngưng chỉ bằng 1/5 của nước nên các thiết bị trao đổi nhiệt với nước thường phải bố trí cánh phía R12.

- Độ lưu động kém nên đường ống, cửa van phải làm to để giảm tổn thất áp suất.

- Không dẫn điện, điện áp đánh thủng, hằng số điện môi đều rất cao nên sử dụng rất an toàn cho máy nén kín và nửa kín.

- Hòa tan dầu hoàn toàn, rất thuận lợi cho quá trình bôi trơn.

- Không hòa tan trong nước, đây là nhược điểm rất lớn, gây tắc ẩm ở bộ phận tiết lưu. Người ta chứng minh rằng, chỉ 15 mg ẩm còn sót lại trong tủ lạnh cũng đủ để gây tắc ẩm cho tủ. Vì vậy hàm lượng nước cho phép của R12 là không quá 6 phần triệu trong các chai đến 15 kg và 25 phần triệu trong các chai hoặc bồn chứa lớn. Vật liệu chống ẩm thường là zeolit hoặc đất sét hoạt tính.

- Có đặc tính rửa sạch cặn bẩn, cát bụi, gỉ sắt, vẩy hàn bám trên thành máy nén và thiết bị nên phải bố trí phin lọc cẩn thận để tránh tắc bẩn. Đặc biệt độ bẩn, ẩm và dầu bôi trơn trong hệ thống làm cho các chỉ tiêu về điện kém đi nhanh chóng dẫn đến các nguy cơ cháy động cơ, phóng điện ở các cọc tiếp điện. Bởi vậy việc làm sạch hệ thống giữ một vai trò rất quan trọng.

- Có khả năng rò rỉ rất cao, có thể rò rỉ qua cả gang có cấu trúc tinh thể thô nên thân máy nén R12 cũng phải đúc bằng gang mịn có các thành phần mangan, crôm, silic và đặc biệt niken.

- Những chỗ rò rỉ R12 có thể được phát hiện qua vết dầu vì R12 rò rỉ luôn kèm theo rò rỉ dầu. Để phát hiện R12 cũng có thể dùng máy dò ga điện tử hoặc dùng đèn halogen.

● *Tính chất hóa học*

- Bền vững trong phạm vi nhiệt độ và áp suất làm việc. Không phản ứng hóa học với dầu bôi trơn và các vật liệu phụ trong hệ thống lạnh.

- Không ăn mòn kim loại đen, mầu và phi kim loại chế tạo máy nhưng hòa tan và làm trương phồng một số chất hữu cơ như cao su và một số chất dẻo do đó chỉ được sử dụng cao su và chất dẻo đặc biệt chịu freon để làm đệm kín.

- Bắt đầu phân hủy ở nhiệt độ $540 \div 565^{\circ}\text{C}$ khi có chất xúc tác, đến 760°C phân hủy hoàn toàn. Khi tiếp xúc với đồng phân hủy ngay ở 415°C , khi tiếp xúc với nhôm hóa trị 3 phân hủy ở $100 \div 175^{\circ}\text{C}$ thành R13 và R10. Khi tiếp xúc với sắt nung đỏ mờ ở 550°C hoặc khi gặp ngọn lửa hở, tia lửa điện, phân hủy thành clo và phosgen COCl_2 rất độc. Bởi vậy không nên sử dụng bếp điện hoặc lò sưởi điện trong phòng sửa chữa và lắp đặt máy lạnh R12.

● *Tính an toàn cháy nổ*

- Không gây cháy và gây nổ nên được coi là môi chất lạnh an toàn. Ngay cả khi hòa trộn R12 với tỉ lệ 1 : 1 với các nhiên liệu metan, propan, butan, hỗn hợp này cũng không cháy nữa.

● *Tính chất sinh lý*

- Không hại đối với cơ thể sống. Với nồng độ lớn hơn 30% trong không khí chỉ gây ngạt do thiếu dưỡng khí. Tuy các chất phân hủy clo và phosgen rất độc nhưng dễ phòng tránh do chúng có mùi đặc trưng rất khó chịu.

- Không ảnh hưởng xấu đến thực phẩm bảo quản nên ở Mỹ người ta kết đông thực phẩm bằng cách nhúng trực tiếp vào R12 sôi.

● *Tính kinh tế*

- Đắt, tuy dễ kiếm, dễ vận chuyển, bảo quản.

- Cấm sản xuất, lưu hành sử dụng ở các nước công nghiệp từ 1.1.1996 và ở các nước đang phát triển từ 1.1.2006, nên chắc chắn giá cả tăng lên và việc tìm kiếm cũng khó khăn hơn.

d) Môi chất lạnh R502 và 500

Môi chất R502 là hỗn hợp đồng sôi gồm 48,8% R22 và 51,2% khối lượng R115. Do ngưng tụ và bay hơi đẳng áp và đẳng nhiệt nên R502 được coi là môi chất lạnh đơn chất. Do có thêm thành phần R115 nên nhiều nhược điểm của R22 đã được khắc phục, thí dụ nhiệt độ cuối tầm nén giảm xuống rõ rệt, các tính chất về điện tốt hơn, tỷ số nén giảm hơn, năng suất lạnh riêng thể tích tăng 20% so với R22, nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển giảm xuống $-45,4^{\circ}\text{C}$ và các tính chất hóa học cũng được cải thiện hơn. Môi chất R502 hay được sử dụng trong các tủ lạnh đông hoặc kết đông ở phạm vi mà R22 có nhiều nhược điểm nhất về dầu bôi trơn. Ngoài ra tính chất hóa, lý, sinh, an toàn của R502 đều gần giống như R22.

Môi chất R500 cũng là môi chất đồng sôi nhưng thành phần chính lại là R12 gồm 73,8% R12 và 26,2% khối lượng R152a, nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển $-33,5^{\circ}\text{C}$, có các tính chất nhiệt động giống như R12 nhưng cũng có năng suất lạnh riêng thể tích lớn hơn khoảng 20% so với R12.

Máy lạnh sản xuất ở Mỹ, Nhật dùng điện 60 Hz chuyển sang điện 50 Hz do số vòng quay giảm đi khoảng 20% nên muốn giữ nguyên công suất lạnh có thể nạp R502 thay cho R22 và R500 thay cho R12.

e) Môi chất R11

Công thức hóa học CCl_3F là một chất khí không màu, có mùi thơm rất nhẹ, sôi ở áp suất khí quyển ở $+23,8^{\circ}\text{C}$, được sử dụng cho bơm nhiệt hoặc các máy làm lạnh nước cho điều hòa không khí. Do năng suất lạnh riêng thể tích rất nhỏ nên không thích hợp cho máy nén pittông, chỉ đặc biệt thích hợp cho máy nén turbin. Các tính chất gần giống R12, hòa tan dầu hoàn toàn, không hòa tan nước, không ăn mòn kim loại và phi kim loại chế tạo máy, làm trơ phồng một số chất hữu cơ.

- Có khả năng rửa sạch cao nên hay dùng làm dung môi súc rửa hệ thống lạnh và tẩy rửa các chi tiết điện tử và cơ khí chính xác. R11 cũng đã bị cấm do phá hủy tầng ôzôn và gây hiệu ứng lồng kính. Tạm thời chưa có môi chất thay thế. DuPont (Mỹ) đề nghị sử dụng R123 để thay thế cho R11.

f) Môi chất R13

Công thức hóa học CClF_3 là một chất khí không màu, có mùi thơm rất nhẹ, sôi ở áp suất khí quyển $-81,4^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ tới hạn thấp $+28,8^{\circ}\text{C}$, thuộc loại môi chất lạnh có áp suất làm việc cao.

Thông thường R13 được dùng cho tầng dưới của máy lạnh ghép tầng để tạo nhiệt độ từ -60 đến -100°C . Do áp suất quá cao nên phải bố trí phía áp thấp bình chứa cân bằng để áp suất trong máy lúc dừng máy (nhiệt độ bằng nhiệt độ môi trường) không vượt quá 3 MPa. R13 không hòa tan dầu.

Tính chất R13 gần giống R22.

- R13 cũng nằm trong số các môi chất bị cấm. Trước mắt người ta sử dụng R14 thay thế cho R13.

g) Môi chất R134a

Môi chất R134a là môi chất mới, không chứa clo, không tác động phá hủy tầng ôzôn nên được coi là môi chất lạnh tương lai. R134a có công thức hóa học $\text{CF}_3-\text{CH}_2\text{F}$, phân tử lượng 102,0 kg/kmol, sôi ở áp suất khí quyển $-26,5^{\circ}\text{C}$, dự định thay thế cho R12 và 502.

Tính chất nhiệt động và hiệu suất lạnh kém hơn so với R12.

Các tính chất khác của R134a cũng đang được tiếp tục nghiên cứu.

h) Môi chất R123

- Có tính chất nhiệt động tốt, dùng để thay thế cho R11 trong các máy nén turbin nhưng nhiều nước Tây Âu chưa chấp nhận vì tính ăn mòn và độc hại của nó.

2.1.4. Môi chất lạnh thay thế

Năm 1974 hai giáo sư người Mỹ là Rawland và Molina phát hiện ra các chất freôn phá hủy ôzôn. Thực tế nhiều freôn không những là thủ phạm phá hủy tầng ôzôn mà

còn gây hiệu ứng làm nóng địa cầu, phá hủy môi sinh. Nhưng tùy theo thành phần hóa học mà mức độ phá hủy ôzôn và gây hiệu ứng kích cao thấp khác nhau. Chính vì lẽ đó ngày nay người ta còn gọi các freôn theo thành phần hóa học. Căn cứ vào tên gọi người ta biết được mức độ nguy hiểm của chúng đối với môi trường đến đâu :

- CFC là các chất nguy hiểm nhất kể cả đối với tầng ôzôn và hiệu ứng nhà kính. Thành phần hóa học chỉ gồm clo, flo và carbon như freôn 11,12,13,113... các chất này đứng đầu danh sách các chất bị cấm. Các chất này đồng thời được gọi là các chất phá hủy ôzôn ODS (Ozon Depletion Substances).

- HCFC là các chất ít nguy hiểm hơn. Ngoài thành phần clo, flo chúng có chứa 1 hoặc nhiều nguyên tử hydro. Chính thành phần hydro làm cho chúng bị phân hủy nhanh và khả năng phá hủy ôzôn giảm. Tuy nhiên các chất này vẫn gây hiệu ứng nhà kính cao. Tùy theo tính chất cụ thể của từng môi chất, chúng có thể được lựa chọn làm môi chất quá độ cho đến năm 2020 - 2030.

Đại diện tiêu biểu là freôn 22 (HCFC 22) và 123 (HFC 123).

- HFC là các chất không phá hủy tầng ôzôn, nhưng vẫn gây hiệu ứng nhà kính. Các chất này được coi là môi chất lạnh tương lai. Do có hiệu ứng nhà kính nên nhiều nhà khoa học dự đoán là chúng cũng sẽ bị thay thế trong tương lai xa. Đại diện cho các chất này là freôn R134a hay HFC 134a.

Chính vì các halocarbon (CFC, HCFC, HFC) đều có ít nhiều nhược điểm tác động đến môi trường nên các nhà khoa học đang có xu hướng quay trở về với các môi chất tự nhiên như hydrocarbon (propan, butan, izobutan), amoniắc, carbon...

Để đánh giá khả năng phá hủy ôzôn và hiệu ứng nhà kính của từng môi chất người ta sử dụng các chỉ số sau :

- ODP (Ozon Depletion Potential) là chỉ số phá hủy ozôn và
- GWP (Global Warming Potential) là chỉ số làm nóng địa cầu hoặc
- GE (Greenhouse Effect) hiệu ứng nhà kính, lấy ODP của CFC11 bằng 1 và GWP của CFC11 bằng 1.

Ngoài R134a các nhà khoa học đang chịu khó tìm kiếm ra được các chất (đơn chất) thay thế phù hợp do đó họ đang tìm giải pháp là hòa trộn các chất khác nhau để được các hỗn hợp có các tính chất gần giống những CFC cần thay thế.

Một loạt các hỗn hợp không đồng sôi như R404A/B, R409A/B... đã được giới thiệu tỷ mỉ trong tài liệu [3].

2.1.5. An toàn môi chất lạnh

An toàn môi chất lạnh nói riêng và an toàn hệ thống lạnh nói chung là những đòi hỏi về thiết kế, chế tạo, lắp đặt và vận hành bảo đảm an toàn cho máy, thiết bị và hệ thống lạnh nhằm giảm đến mức thấp nhất những nguy hiểm đối với người và tài sản. Những nguy hiểm đó gây ra chủ yếu từ các đặc tính lý hóa của môi chất lạnh, đặc biệt là áp suất và nhiệt độ của môi chất trong chu trình lạnh. Cần phải quan tâm thích đáng đến các vấn đề đó như :

- Nổ vỡ thiết bị và nguy hiểm do các mảnh kim loại gây ra ;
- Rò rỉ môi chất lạnh do vết nứt vỡ hoặc do vận hành sai khi chạy, sửa chữa hoặc khi nạp ;
- Cháy nổ môi chất rò rỉ dẫn đến các tai nạn cháy nổ.

Về mặt an toàn môi chất lạnh được chia làm 3 nhóm theo tính độc hại và 3 nhóm theo áp suất làm việc.

a) Theo tính độc hại

Nhóm 1 : là nhóm các môi chất lạnh không gây cháy nổ và không gây tổn hại đến sức khỏe con người. Nhóm 1 gồm các môi chất như R11, 12, 12B1, 13, 13B1, 22, 23, 113, 114, 115, 500, 502 và 744.

Nhóm 2 : gồm các môi chất lạnh có đặc tính cơ bản là độc hại. Một số môi chất trong nhóm này có tính cháy nổ nhưng giới hạn cháy nổ tương đối thấp, ở nồng độ thể tích trong không khí từ 3,5% trở lên như R30, 40, 160, 611, amoniác (717), SO_2 (764) và dicloetylen (R1130). Môi chất được ứng dụng rộng rãi trong nhóm này thực tế chỉ có amoniác.

Nhóm 3 : gồm các môi chất có đặc tính cơ bản là cháy nổ với giới hạn cháy nổ thấp hơn 3,5% thể tích. Đại diện cho nhóm này là etan C_2H_6 , propan C_3H_8 , butan C_4H_{10} , izobutan $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$, etylen C_2H_4 và propylen C_3H_6 . Các môi chất này đang được nghiên cứu thay thế cho các CFC.

b) Theo áp suất làm việc các môi chất lạnh cũng được chia làm 3 nhóm : áp thấp R11, R113... ; áp trung bình R12, R22... và áp cao R13, R14, R23...

Trong an toàn môi chất lạnh người ta phải chú ý đến các quy định về an toàn cho thiết kế và chế tạo thiết bị, an toàn lắp đặt điện, an toàn khi sử dụng lắp đặt hệ thống lạnh. Các nội dung chi tiết được giới thiệu trong tài liệu [3].

2.1.6. Bảng và đồ thị

Trong máy lạnh nén hơi, môi chất lạnh biến đổi pha trong chu trình làm lạnh. Ở dàn bay hơi môi chất lỏng sôi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp để thu nhiệt của môi trường lạnh, sau đó được máy nén hút về, nén lên áp suất cao và đẩy vào dàn ngưng tụ. Ở dàn ngưng tụ, hơi môi chất thải nhiệt cho môi trường làm mát như nước và không khí để ngưng tụ lại thành lỏng ở nhiệt độ cao và áp suất cao. Từ đây lỏng lại được tiết lưu qua van tiết lưu xuống áp suất thấp và nhiệt độ thấp và cấp vào dàn bay hơi. Như vậy môi chất lạnh liên tục biến đổi trạng thái trong chu trình lạnh với 4 quá trình cơ bản là : bay hơi-nén-ngưng tụ - tiết lưu (hay giãn nở). Để có thể tính toán thiết kế được một máy lạnh cụ thể với một môi chất cụ thể, nhất thiết phải biết được các trạng thái thay đổi môi chất đó. Thí dụ, với nhiệt độ bay hơi cho trước là -15°C , nhiệt độ nước làm mát là 32°C và năng suất lạnh là 10.000 kcal/h hoặc 1 tấn đá/1 ngày đêm, môi chất lạnh là amoniác ta phải tính được máy nén có bao nhiêu xilanh, đường kính xilanh, khoảng chạy pittông và vòng quay trục khuỷu thế nào. Động cơ công suất bao nhiêu, dàn bay hơi và dàn ngưng tụ cần diện tích trao đổi nhiệt như thế nào, van tiết lưu cỡ nào... tất cả các tính toán đó nhất thiết phải dựa vào bảng và đồ thị của môi chất lạnh.

a) Bảng hơi bão hòa

Như ta đã biết, vật chất thường tồn tại ở 3 thể : thể rắn, thể lỏng và thể hơi thí dụ nước : nước đá, nước lỏng và hơi nước. Ở nhiệt độ thấp, chúng ở thể rắn, ở nhiệt độ trung bình chúng ở thể lỏng và nhiệt độ cao chúng ở thể khí hoặc hơi. Trong máy lạnh nén hơi trạng thái môi chất chỉ ở thể lỏng và hơi nên trong các bảng cũng chỉ có các giá trị cho pha lỏng và hơi. Mỗi trạng thái của vật chất đều có các thông số trạng thái xác định :

- Nhiệt độ, $^\circ\text{C}$ hoặc K (độ Kelvin) ;

- Áp suất, Pa, bar hoặc MPa ;
- Thể tích riêng, m^3/kg hoặc l/kg ;
- Entanpy riêng, kJ/kg ;
- Entropy riêng, kJ/kgK .

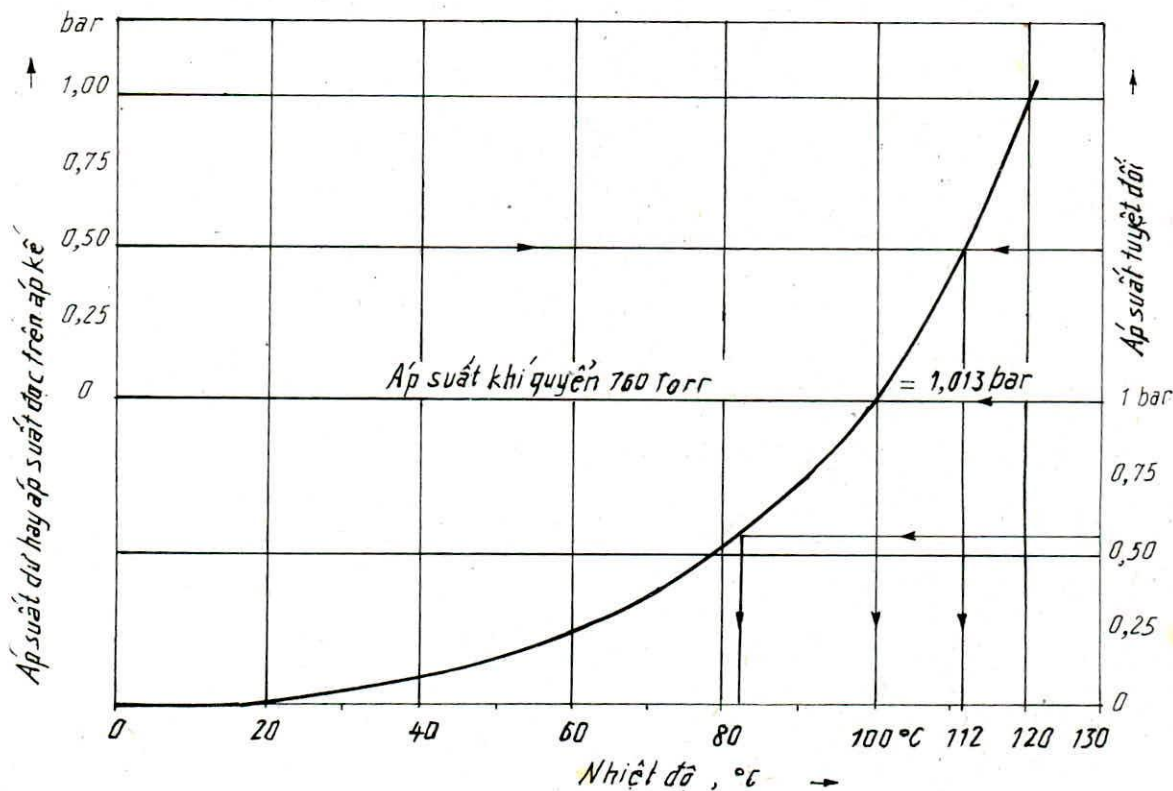
Để dễ hiểu, đầu tiên ta nghiên cứu quan hệ giữa áp suất sôi và nhiệt độ sôi :

- Ở điều kiện bình thường, áp suất khí quyển $1,013 \text{ bar} = 760 \text{ mmHg}$, nước sôi ở nhiệt độ 100°C , ta có thể dễ dàng luộc chín trứng.

- Nhưng nếu đi du lịch, trên núi thí dụ đỉnh Mont Blanc cao 4810 m , áp suất không khí ở đây chỉ còn $0,55 \text{ bar}$, nhiệt độ sôi của nước chỉ là 84°C sẽ không luộc chín trứng được.

- Nếu luộc trứng bằng nồi áp suất, áp suất trong nồi lên tới $1,5 \text{ bar}$, nhiệt độ sôi đạt 112°C , trứng và các thức ăn khác rất mau chín và nhừ.

- Trong nồi súpde dầu máy hơi nước, áp suất lên tới $40\text{--}50 \text{ bar}$, nhiệt độ sôi lên tới $250 - 265^\circ\text{C}$.



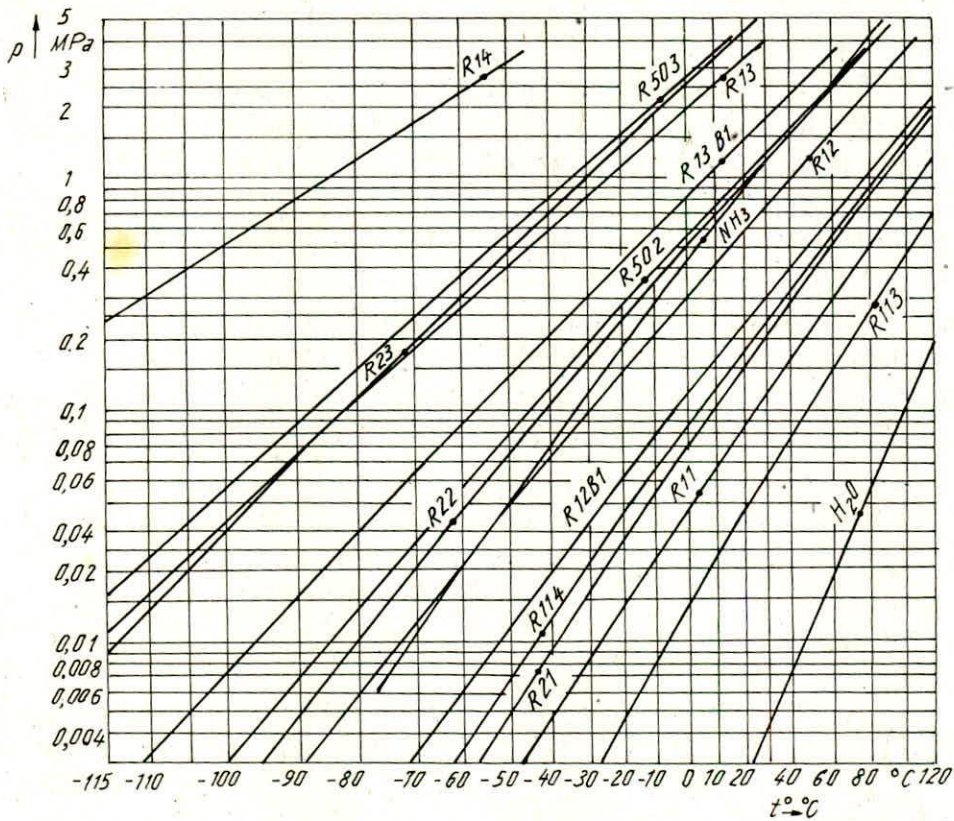
Hình 2.2. Đường cong áp suất hơi của nước hay quan hệ áp suất và nhiệt độ sôi của nước.

Ghi nhớ : ứng với mỗi áp suất sôi chỉ có một nhiệt độ sôi xác định.

Hình 2.2 mô tả quan hệ nhiệt độ và áp suất sôi của nước. Đường cong biểu diễn quan hệ nhiệt độ và áp suất còn gọi là đường cong áp suất hơi hoặc đường cong áp suất hơi bão hòa của nước.

Tương tự như vậy người ta có thể xác định được nhiệt độ sôi tương ứng cho tất cả các môi chất lạnh khác nhau. Qua xây dựng quan hệ toán học mô tả đường cong áp suất hơi, người ta nhận thấy nếu lấy trục tung thang logarit làm trục áp suất và

trục hoành theo thang $1/T$ thì các đường cong đó gần như đường thẳng. Hình 2.3 giới thiệu đường cong áp suất hơi của các môi chất lạnh khác nhau.

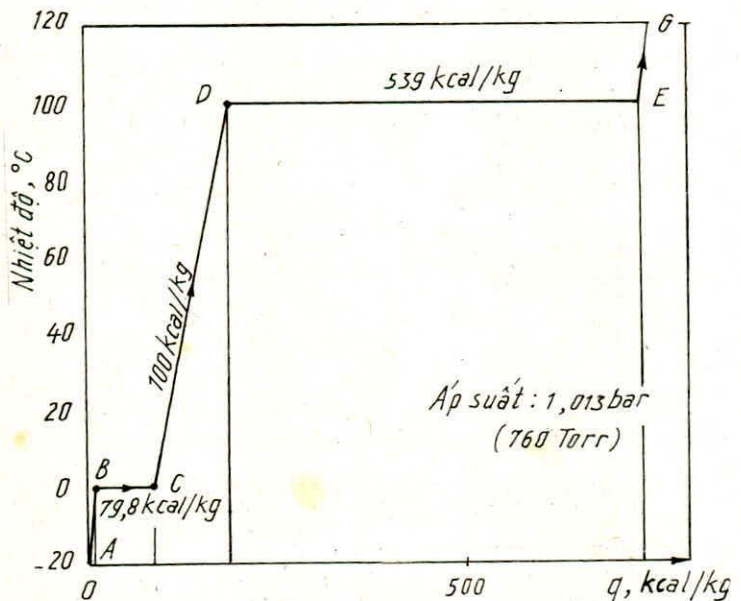


Hình 2.3. Đường cong áp suất hơi của một số môi chất lạnh.

Một thí dụ tiếp theo nghiên cứu về quá trình biến đổi pha rắn - lỏng - hơi như sau :

Lấy 1kg nước đá ở -20°C chẳng hạn, cho vào bình và ta gia nhiệt cho đến lúc 1 kg nước đá này chảy lỏng, hóa hơi hết và ta nghiên cứu quan hệ giữa nhiệt độ và lượng nhiệt cấp cho nó. Quá trình tiến hành ở áp suất khí quyển $B = 760 \text{ Torr}$ hoặc $1,013 \text{ bar}$ không đổi.

Hình 2.4. giới thiệu đồ thị quan hệ nhiệt độ - nhiệt lượng khi nung nóng 1 kg nước đá từ -20°C đến 120°C ở áp suất khí quyển 760 Torr .



Hình 2.4. Quan hệ nhiệt độ - nhiệt lượng khi nung nóng 1 kg nước đá từ -20°C đến 120°C .

- Quá trình A-B : nhiệt độ tăng từ -20°C đến 0°C tiêu tốn 10 kcal/kg (tương đương 41,8 kJ),

- Quá trình B-C : đá tan, nhiệt độ 0°C không đổi, tiêu tốn 79,8 kcal/kg (333,6 kJ/kg). Nhiệt lượng này gọi là nhiệt ẩn nóng chảy : $q_r = 333,6 \text{ kJ/kg}$.

- Quá trình C-D : nhiệt độ tăng từ 0°C đến 100°C , nhiệt lượng tiêu tốn là 100kcal/kg (418kJ).

- Quá trình D-E : hóa hơi ở nhiệt độ 100°C không đổi, nhiệt lượng tiêu tốn : 539 kcal/kg (2253 kJ/kg). Nhiệt lượng này gọi là nhiệt ẩn hóa hơi ký hiệu $r = 2253 \text{ kJ/kg}$.

- Quá trình E-G : nhiệt độ tăng khi cấp thêm nhiệt, gọi là quá trình quá nhiệt của hơi.

- Các điểm dưới điểm D gọi là lỏng chưa bão hòa.

- Điểm D gọi là lỏng bão hòa, $x = 0$

- Từ D đến E (không tính D và E) gọi là hơi ẩm với thành phần hơi x ($0 < x < 100\%$)

- Điểm E gọi là hơi bão hòa, $x = 100\%$

Khi tiến hành rất nhiều thí nghiệm tương tự, với các áp suất khác nhau rồi nối các điểm D ta được đường bão hòa lỏng và nối các điểm E ta được đường hơi bão hòa. Khi D và E gặp nhau đó là điểm tới hạn C. Ở đây nhiệt ẩn hóa hơi $r = 0$.

Các điểm D và E phải đo được đầy đủ các thông số nhiệt độ t , áp suất p , thể tích riêng v , entanpy h và entropy s của môi chất. Giá trị đó được tập hợp thành bảng gọi là bảng hơi bão hòa. Các bảng 2.2 ; 2.3, 2.4, 2.5 và 2.6 giới thiệu bảng hơi bão hòa của một số môi chất quan trọng nhất NH_3 , R12, R22, R134a và R502.

Chú ý : Nhiệt lượng q (h 2.4) tỏ ra có nhiều nhược điểm trong tính toán chu trình nhiệt động đặc biệt khi môi chất thay đổi thể tích và áp suất nên người ta đã sử dụng một thông số trạng thái mới gọi là entanpy. Entanpy bằng nội năng (nhiệt lượng) cộng với tích áp suất và thể tích p.v.

Ngoài ra, người ta còn sử dụng một thông số trạng thái khác là entropy s với định nghĩa entropy là vi phân của nhiệt lượng q theo nhiệt độ T .

Các ký hiệu trong bảng hơi bão hòa :

- Nhiệt độ t , $^{\circ}\text{C}$;

- Áp suất p , bar ;

- Khối lượng riêng của lỏng bão hòa, ρ' , kg/l ; của hơi bão hòa khô ρ'' , kg/m³;

- Thể tích riêng : của lỏng bão hòa v' , dm³/kg ; của hơi bão hòa khô v'' , m³/kg ;

- Entanpy riêng : của lỏng bão hòa h' , kJ/kg ; của hơi bão hòa khô h'' , kJ/kg ;

- Nhiệt ẩn hóa hơi $r = h'' - h'$, kJ/kg ;

- Entropy riêng : của lỏng bão hòa s' , kJ/kgK; của hơi bão hòa khô s'' , kJ/kgK.

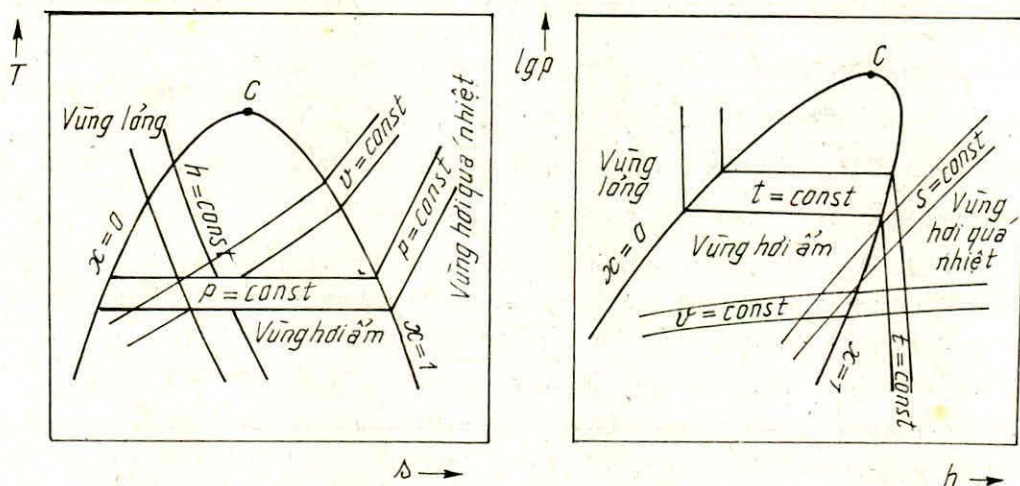
b) Bảng hơi quá nhiệt

Phần lớn các trạng thái môi chất trong chu trình lạnh nằm ở vùng hơi quá nhiệt (quá trình hút, nén hơi môi chất trong máy nén và trạng thái môi chất sau khi nén) do đó cần thiết phải có bảng hơi quá nhiệt thống kê các số liệu theo kiểu nút lưới

toàn bộ vùng công tác. Bảng hơi quá nhiệt được giới thiệu ở tài liệu [3], ở đây không đề cập tới do quá phức tạp. Với độ chính xác đủ dùng trong kỹ thuật, sử dụng đồ thị là tiện lợi nhất vì trên đồ thị biểu diễn đầy đủ các thông số không những của đường lỏng bão hòa, hơi bão hòa, hơi quá nhiệt mà cả hơi ẩm và lỏng chưa bão hòa.

c) Đồ thị lgp - h và T-s (hình 2.5)

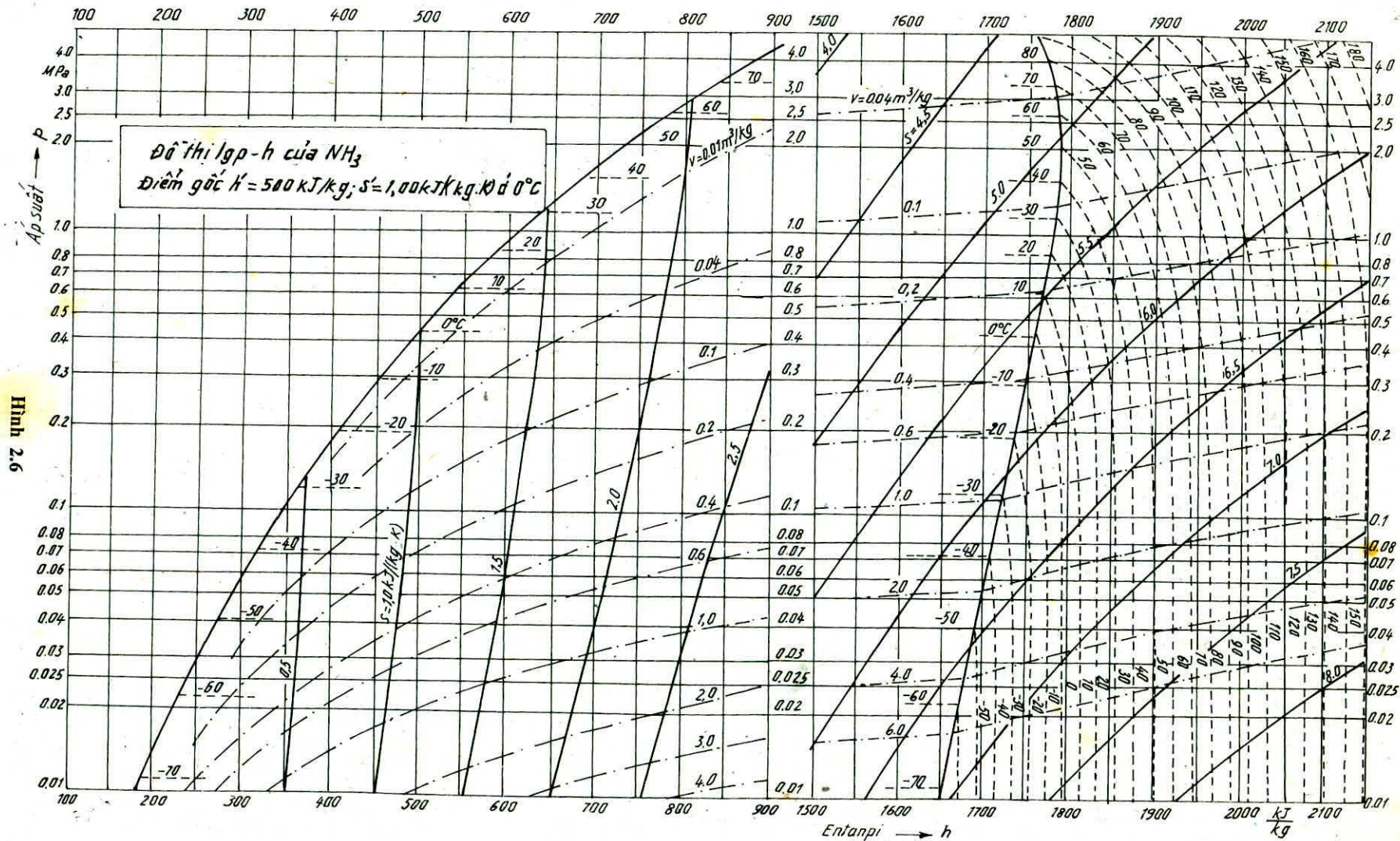
Đồ thị lgp-h (đồ thị áp suất- entanpy) và đồ thị T-s (đồ thị nhiệt độ- entropy) là hai đồ thị được sử dụng nhiều nhất trong kỹ thuật lạnh. Đồ thị T-s chủ yếu để so sánh hiệu quả giữa các chu trình lạnh còn đồ thị lgp-h dùng để tính toán chu trình nên đồ thị lgp -h được sử dụng rộng rãi hơn.



Hình 2.5. Đồ thị T-s và đồ thị lgp-h.

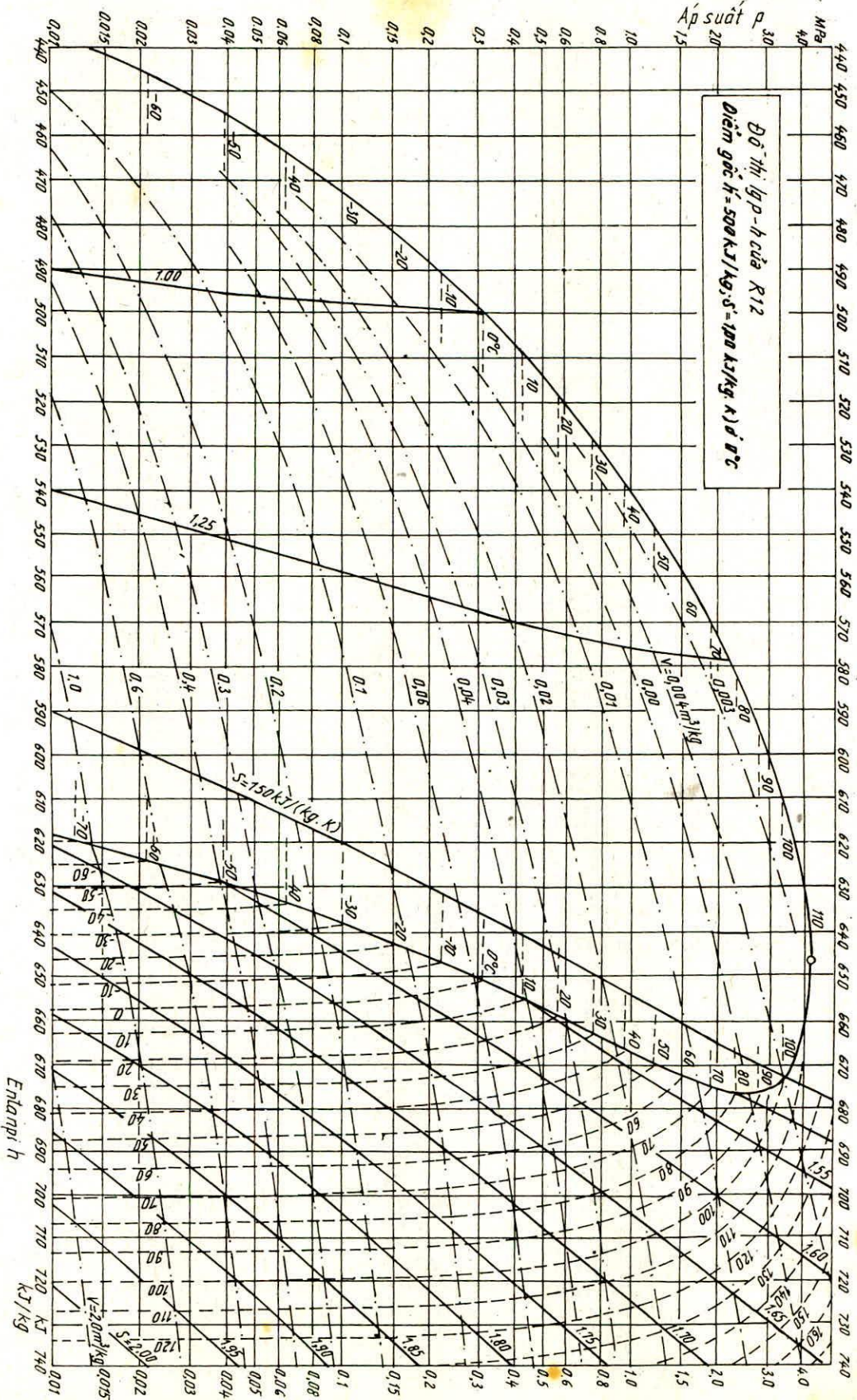
Đồ thị T-s lấy trục tung làm thang nhiệt độ và trục hoành làm thang entropy. Đường entanpy $h = \text{const}$ là các đường thoải từ góc trên bên trái xuống góc dưới bên phải. Các đường áp suất $p = \text{const}$ là các đường gãy khúc chia 3 phần, phần nằm phía trái đường bão hòa lỏng nằm gần như trùng lên nhau và trùng lên đường bão hòa lỏng; phần ở vùng hơi ẩm chạy song song với trục hoành và phần bên phải đường bão hòa $x = 1$ là các đường nghiêng dốc đi lên góc phải phía trên. Các đường đẳng tích $v = \text{const}$ là các đường nghiêng xoắn từ góc trái phía dưới lên góc phải phía trên hơi bị gãy khi cắt đường $x=1$.

Đồ thị lgp - h lấy trục tung là áp suất chia theo thang logarit, trục hoành là entanpy h. Các đường $s = \text{const}$ là các đường nghiêng có độ dốc lớn và các đường $v = \text{const}$ là các đường nghiêng xoắn đều từ góc trái phía dưới lên góc phải phía trên. Riêng đường đẳng nhiệt $t = \text{const}$ chia làm 3 phần: phần bên trái đường bão hòa lỏng $x = 0$ nằm gần thẳng đứng, phần trong vùng hơi ẩm nằm ngang song song với trục hoành và phần bên phải đường $x = 1$ là các đường rất dốc từ phía trên xuống dưới. Các hình 2.6, 2.7, 2.8 và 2.9 giới thiệu các đồ thị lgp - h của amôniac, R12, R22 và R134a. Chú ý đơn vị của áp suất p trên đồ thị là MPa, ở bảng là bar.

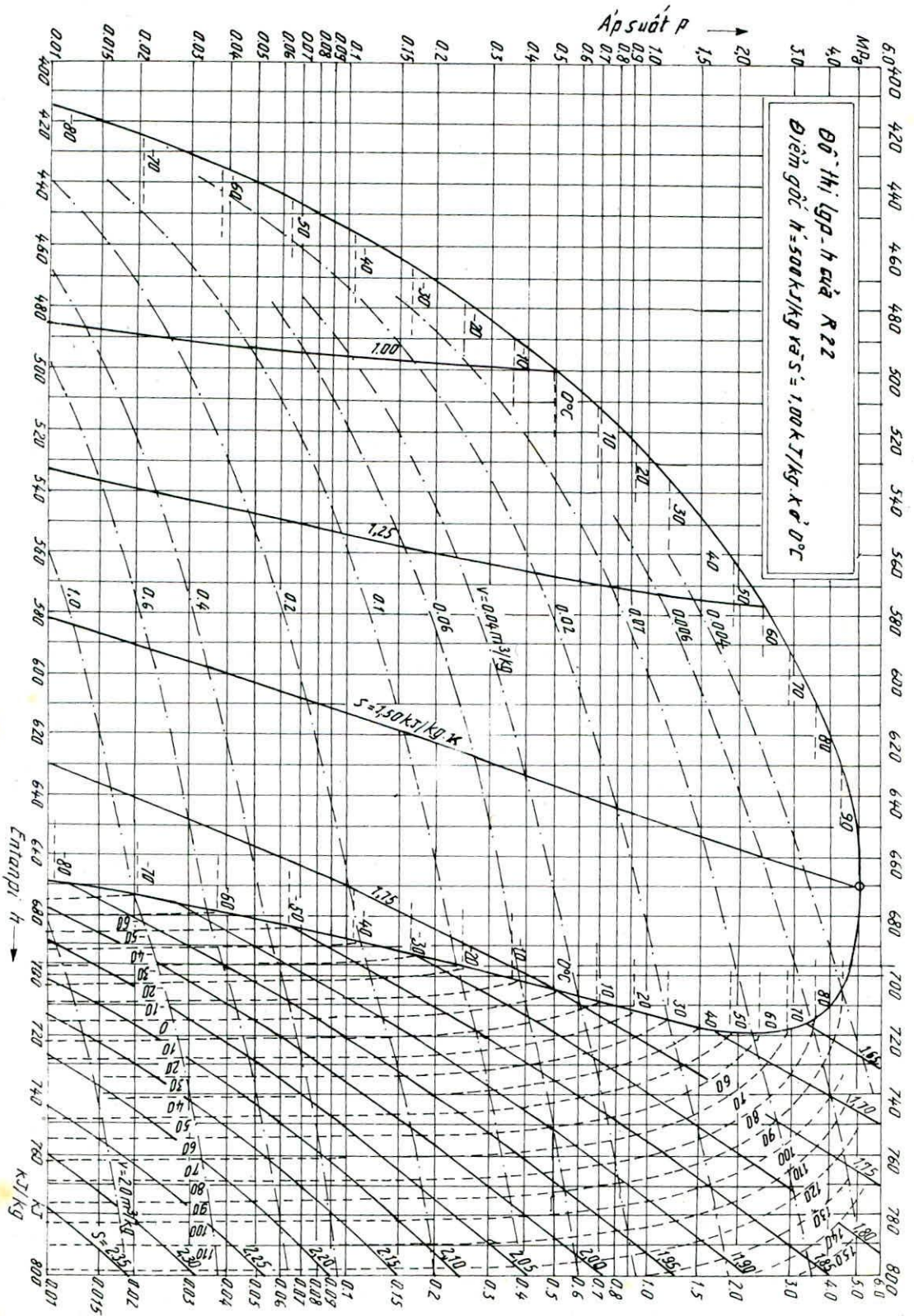


Hình 2.6

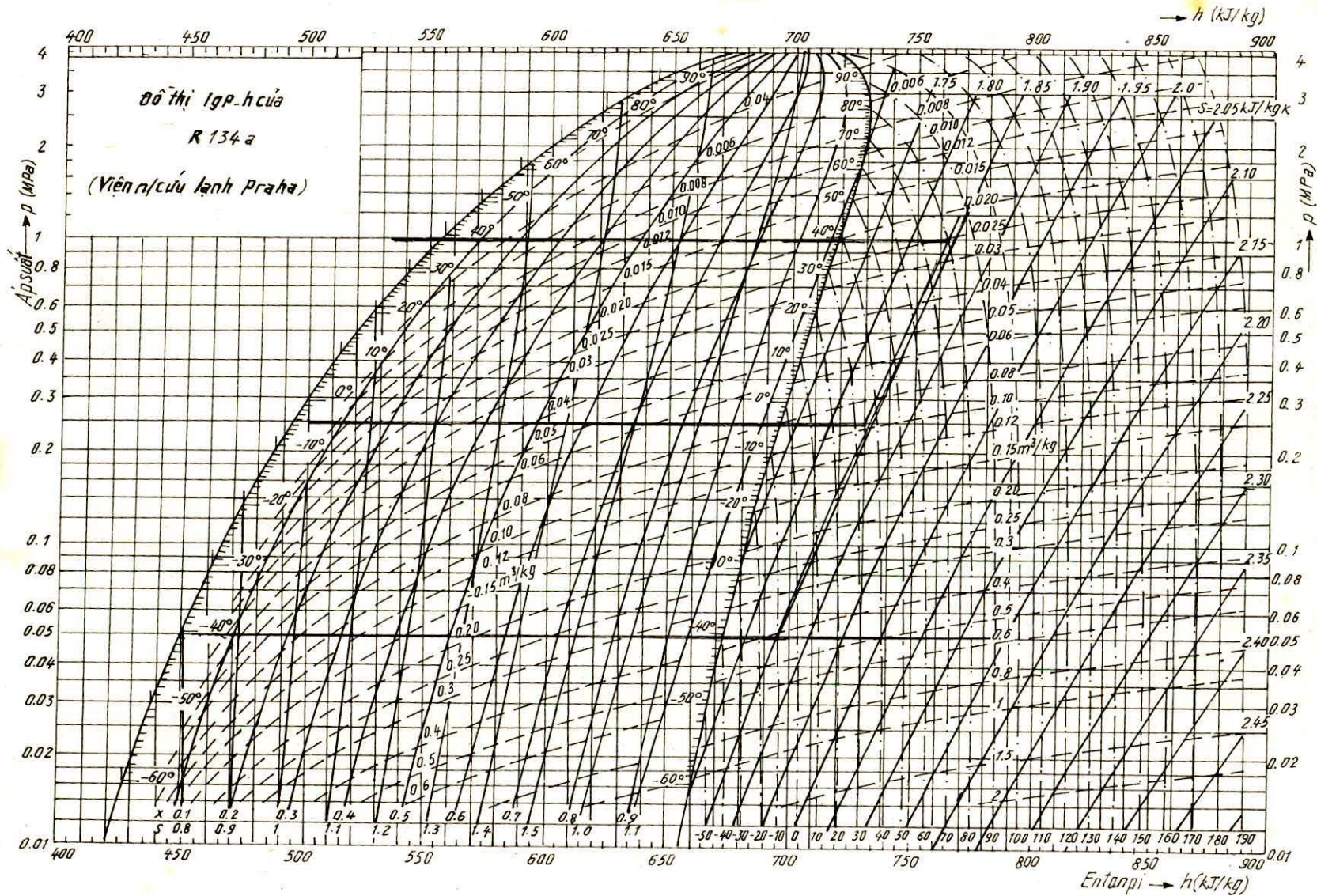
Hình 2.7



Hình 2.8



Hình 2.9



BẢNG 2.2. Bảng hơi bão hòa NH₃

t °C	p bar	ρ' kg/dm ³	ρ'' kg/m ³	v dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.K
-40	0,7193	0,6901	0,64555	1,4491	1,5491	317,6	1706,7	1389,1	0,2803	6,3282
-39	0,7584	0,6889	0,67850	1,4516	1,4738	322,1	1708,3	1386,2	0,2996	6,2196
-38	0,7998	0,6877	0,71278	1,4542	1,4030	326,6	1709,9	1383,2	0,3188	6,2012
-37	0,8427	0,6864	0,74845	1,4568	1,3361	331,1	1711,4	1380,3	0,3379	6,1830
-36	0,8874	0,6852	0,78553	1,4594	1,2730	335,7	1713,0	1377,4	0,3570	6,1649
-35	0,9340	0,6840	0,82407	1,4621	1,2135	340,2	1714,6	1374,4	0,3759	6,1471
-34	0,9826	0,6827	0,86411	1,4647	1,1573	344,7	1716,1	1371,4	0,3949	6,1294
-33	1,0333	0,6815	0,90570	1,4674	1,1041	349,2	1717,6	1368,4	0,4137	6,1119
-32	1,0860	0,6802	0,94887	1,4701	1,0539	353,7	1719,1	1365,4	0,4325	6,0946
-31	1,1409	0,6790	0,99367	1,4728	1,0064	358,3	1720,7	1362,4	0,4512	6,0774
-30	1,1980	0,6777	1,0402	1,4755	0,9614	362,8	1722,1	1359,3	0,4699	6,0604
-29	1,2574	0,6765	1,0883	1,4782	0,9188	367,3	1723,6	1356,3	0,4884	6,0436
-28	1,3191	0,6752	1,1383	1,4810	0,8785	371,9	1725,1	1353,2	0,5070	6,0269
-27	1,3833	0,6740	1,1901	1,4837	0,8402	376,4	1726,5	1350,1	0,5254	6,0104
-26	1,4499	0,6727	1,2437	1,4865	0,8040	381,0	1728,0	1347,0	0,5438	5,9940
-25	1,5191	0,6714	1,2993	1,4893	0,7696	385,5	1729,4	1343,9	0,5621	5,9778
-24	1,5910	0,6702	1,3567	1,4921	0,7370	390,1	1730,8	1340,8	0,5804	5,9617
-23	1,6655	0,6689	1,4162	1,4950	0,7060	394,6	1732,2	1337,6	0,5986	5,9458
-22	1,7428	0,6676	1,4778	1,4979	0,6766	399,2	1733,6	1334,4	0,6167	5,9300
-21	1,8229	0,6663	1,5415	1,5007	0,6487	403,7	1735,0	1331,2	0,6347	5,9143
-20	1,9059	0,6651	1,6073	1,5036	0,6221	408,3	1736,3	1328,0	0,6527	5,8988
-19	1,9920	0,6638	1,6753	1,5066	0,5969	412,9	1737,7	1324,8	0,6707	5,8835
-18	2,0811	0,6625	1,7456	1,5095	0,5728	417,4	1739,0	1321,6	0,6886	5,8682
-17	2,1733	0,6612	1,8182	1,5125	0,5500	422,0	1740,3	1318,3	0,7064	5,8531
-16	2,2688	0,6599	1,8932	1,5154	0,5282	426,6	1741,6	1315,1	0,7241	5,8381
-15	2,3675	0,6586	1,9706	1,5184	0,5074	431,1	1742,9	1311,8	0,7418	5,8233
-14	2,4697	0,6573	2,0505	1,5215	0,4876	435,7	1744,2	1308,5	0,7594	5,8085
-13	2,5753	0,6560	2,1329	1,5245	0,4688	440,3	1745,4	1305,2	0,7770	5,7939
-12	2,6844	0,6546	2,2179	1,5276	0,4508	444,9	1746,7	1301,8	0,7945	5,7794
-11	2,7972	0,6533	2,3056	1,5307	0,4337	449,4	1747,9	1298,5	0,8119	5,7650
-10	2,9136	0,6520	2,3960	1,5338	0,4173	454,0	1749,1	1295,1	0,8293	5,7508
-9	3,0339	0,6507	2,4892	1,5369	0,4017	458,6	1750,3	1291,7	0,8467	5,7366
-8	3,1580	0,6493	2,5852	1,5401	0,3868	463,2	1751,5	1288,3	0,8639	5,7226
-7	3,2861	0,6480	2,6842	1,5432	0,3725	467,8	1752,6	1284,8	0,8811	5,7086
-6	3,4183	0,6466	2,7861	1,5464	0,3589	472,4	1753,8	1281,4	0,8983	5,6948

BẢNG 2.2. (tiếp) NH₃

t °C	p bar	ρ' kg/dm ³	ρ'' kg/m ³	v dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.K
-5	3.5546	0.6453	2.8910	1.5497	0.3459	477.0	1754.9	1277.9	0.9154	5.6811
-4	3.6951	0.6440	2.9990	1.5529	0.3334	481.6	1756.0	1274.4	0.9324	5.6574
-3	3.8400	0.6426	3.1102	1.5562	0.3215	486.2	1757.1	1270.9	0.9494	5.6539
-2	3.9892	0.6412	3.2246	1.5595	0.3101	490.8	1758.2	1267.4	0.9663	5.6405
-1	4.1430	0.6399	3.3424	1.5628	0.2991	495.4	1759.2	1263.9	0.9832	5.6272
0	4.3013	0.6385	3.4634	1.5662	0.2887	500.0	1760.3	1260.3	1.0000	5.6139
1	4.4643	0.6371	3.5880	1.5695	0.2787	504.6	1761.3	1256.7	1.0168	5.6008
2	4.6322	0.6358	3.7160	1.5729	0.2691	509.2	1762.3	1253.1	1.0335	5.5877
3	4.8048	0.6344	3.8476	1.5764	0.2599	513.8	1763.3	1249.5	1.0501	5.5748
4	4.9825	0.6330	3.9829	1.5798	0.2510	518.5	1764.3	1245.8	1.0667	5.5619
5	5.1652	0.6316	4.1219	1.5833	0.2426	523.1	1765.3	1242.2	1.0832	5.5491
6	5.3531	0.6302	4.2648	1.5868	0.2344	527.7	1766.2	1238.5	1.0997	5.5364
7	5.5463	0.6288	4.4115	1.5904	0.2266	532.3	1767.1	1234.8	1.1162	5.5238
8	5.7448	0.6274	4.5622	1.5939	0.2191	537.0	1768.0	1231.1	1.1326	5.5112
9	5.9487	0.6260	4.7169	1.5975	0.2120	541.6	1768.9	1227.3	1.1489	5.4988
10	6.1583	0.6245	4.8758	1.6012	0.20510	546.2	1769.8	1223.5	1.1652	5.4864
11	6.3735	0.6231	5.0388	1.6048	0.19846	550.9	1770.6	1219.7	1.1814	5.4741
12	6.5944	0.6217	5.2062	1.6085	0.19208	555.5	1771.5	1215.9	1.1976	5.4618
13	6.8213	0.6203	5.3779	1.6122	0.18595	560.2	1772.3	1212.1	1.2138	5.4497
14	7.0541	0.6188	5.5541	1.6160	0.18005	564.8	1773.1	1208.2	1.2299	5.4376
15	7.2929	0.6174	5.7349	1.6198	0.17437	569.5	1773.8	1204.4	1.2459	5.4255
16	7.5380	0.6159	5.9204	1.6236	0.16891	574.1	1774.6	1204.4	1.2619	5.4136
17	7.7893	0.6145	6.1105	1.6274	0.16365	578.8	1775.3	1196.5	1.2779	5.4017
18	8.0471	0.6130	6.3055	1.6313	0.15859	583.5	1776.0	1192.6	1.2938	5.3899
19	8.3113	0.6115	6.5055	1.6353	0.15372	588.1	1776.7	1188.6	1.3097	5.3781
20	8.5821	0.6101	6.7105	1.6392	0.14902	592.8	1777.4	1184.6	1.3255	5.3664
21	8.8597	0.6086	6.9206	1.6432	0.14450	597.5	1778.1	1180.6	1.3413	5.3548
22	9.1441	0.6071	7.1359	1.6472	0.14014	602.2	1778.7	1176.5	1.3570	5.3432
23	9.4354	0.6056	7.3566	1.6513	0.13593	606.9	1779.3	1172.4	1.3727	5.3317
24	9.7338	0.6041	7.5827	1.6554	0.13183	611.6	1779.9	1168.3	1.3884	5.3202
25	10.039	0.6026	7.8144	1.6595	0.12797	616.3	1780.5	1164.2	1.4040	5.3088
26	10.352	0.6011	8.0517	1.6637	0.12420	621.0	1781.0	1160.1	1.4196	5.2975
27	10.672	0.5995	8.2948	1.6679	0.12056	625.7	1791.6	1155.9	1.4352	5.2862
28	11.000	0.5980	8.5438	1.6722	0.11704	630.4	1782.1	1151.7	1.4507	5.2749
29	11.335	0.5965	8.7988	1.6765	0.11365	635.1	1782.6	1147.4	1.4662	5.2637

BẢNG 2.2. (tiếp) NH₃

t °C	p bar	ρ' kg/dm ³	ρ'' kg/m ³	v dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.K
30	11,678	0,5949	9,0599	1,6808	0,11038	639,9	1783,0	1143,2	1,4816	5,2525
31	12,029	0,5934	9,3273	1,6852	0,10721	644,6	1783,5	1138,9	1,4970	5,2414
32	12,338	0,5918	9,6010	1,6897	0,10416	649,4	1783,9	1134,5	1,5124	5,2304
33	12,755	0,5903	9,8813	1,6941	0,10120	654,1	1784,3	1130,2	1,5277	5,2193
34	13,130	0,5887	10,168	1,6987	0,09834	658,9	1784,7	1125,8	1,5431	5,2084
35	13,513	0,5871	10,462	1,7032	0,09556	663,6	1785,0	1121,4	1,5584	5,1974
36	13,905	0,5855	10,762	1,7078	0,09291	668,4	1785,4	1116,9	1,5736	5,1865
37	14,306	0,5839	11,070	1,7125	0,09033	673,2	1785,7	1112,5	1,5889	5,1757
38	14,715	0,5823	11,385	1,7172	0,08783	678,0	1785,9	1107,9	1,6041	5,1648
39	15,133	0,5807	11,707	1,7220	0,08542	682,8	1786,2	1103,4	1,6192	5,1541
40	15,559	0,5791	12,037	1,7268	0,08308	687,6	1786,4	1098,8	1,6344	5,1433
41	15,995	0,5775	12,374	1,7317	0,08081	692,4	1786,6	1094,2	1,6495	5,1326
42	16,440	0,5758	12,719	1,7366	0,07862	697,3	1786,8	1089,5	1,6647	5,1219
43	16,895	0,5742	13,072	1,7416	0,07650	702,1	1787,0	1084,9	1,6798	5,1112
44	17,358	0,5725	13,433	1,7466	0,07444	707,0	1787,1	1080,1	1,6948	5,1006
45	17,832	0,5709	13,803	1,7517	0,07245	711,8	1787,2	1075,4	1,7099	5,0899
46	18,315	0,5692	14,181	1,7568	0,07051	716,7	1787,3	1070,6	1,7249	5,0794
47	18,807	0,5675	14,567	1,7620	0,06864	721,6	1787,3	1065,7	1,7400	5,0688
48	19,310	0,5658	14,963	1,7673	0,06683	726,5	1787,4	1060,8	1,7550	5,0582
49	19,823	0,5641	15,368	1,7726	0,06507	731,4	1787,3	1055,9	1,7700	5,0477
50	20,346	0,5624	15,781	1,7780	0,06336	736,4	1787,3	1051,0	1,7850	5,0372
51	20,879	0,5607	16,205	1,7835	0,06171	741,3	1787,3	1045,9	1,8000	5,0267
52	21,423	0,5590	16,638	1,7890	0,06010	746,3	1787,2	1040,9	1,8149	5,0162
53	21,977	0,5572	17,081	1,7946	0,05854	751,2	1787,0	1035,8	1,8299	5,0057
54	22,542	0,5555	17,534	1,8002	0,05703	756,2	1786,9	1030,7	1,8448	4,9953
55	23,118	0,5537	17,997	1,8060	0,05556	761,2	1786,7	1025,5	1,8598	4,9848
56	23,705	0,5519	18,471	1,8118	0,05413	766,2	1786,5	1020,2	1,8748	4,9744
57	24,303	0,5502	18,956	1,8177	0,05275	771,3	1786,2	1015,0	1,8897	4,9639
58	24,912	0,5484	19,452	1,8236	0,05140	776,3	1786,0	1009,6	1,9047	4,955
59	25,532	0,5465	19,959	1,8297	0,05010	781,4	1785,6	1004,2	1,9196	4,9431
60	26,165	0,5447	20,478	1,8358	0,04883	786,5	1785,3	998,8	1,9346	4,9326

* Xem thêm tài liệu [3] hoặc [6] cho giải nhiệt độ rộng hơn.

BẢNG 2.3. Bảng hơi bão hòa R12

t °C	p bar	ρ' kg/dm ³	ρ'' kg/m ³	v dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.K
-40	0,6415	1,5181	4,1323	0,6587	0,24200	463,89	633,50	169,60	0,8578	1,5853
-39	0,6722	1,5152	4,3161	0,6600	0,23169	464,78	533,96	169,18	0,8616	1,5841
-38	0,7040	1,5123	4,5063	0,6612	0,22191	465,66	634,43	168,76	0,8654	1,5830
-37	0,7371	1,5095	4,7029	0,6625	0,21263	466,55	634,89	168,34	0,8691	1,5820
-36	0,7713	1,5066	4,9061	0,6638	0,20383	467,44	635,35	167,92	0,8728	1,5809
-35	0,8068	1,5037	5,1161	0,6650	0,19546	468,32	635,81	167,49	0,8766	1,5789
-34	0,8435	1,5008	5,3330	0,6663	0,18751	469,21	636,28	167,07	0,8803	1,5789
-33	0,8816	1,4979	5,5569	0,6676	0,17996	470,10	636,74	166,64	0,8840	1,5779
-32	0,9200	1,4949	5,7881	0,6689	0,17277	470,99	637,20	166,21	0,8877	1,5769
-31	0,9617	1,4920	6,0266	0,6702	0,16593	471,88	637,66	165,78	0,8913	1,5759
-30	1,0038	1,4891	6,2727	0,6716	0,15942	472,77	638,12	165,34	0,8950	1,5750
-29	1,0474	1,4861	6,5265	0,6729	0,15322	473,66	638,57	164,91	0,8987	1,5741
-28	1,0924	1,4832	6,7881	0,6742	0,14732	474,56	639,03	164,47	0,9023	1,5732
-27	1,1389	1,4802	7,0578	0,6756	0,14169	475,45	639,49	164,04	0,9059	1,5723
-26	1,1869	1,4772	7,3357	0,6769	0,13632	476,35	639,95	163,60	0,9095	1,5715
-25	1,2365	1,4743	7,6220	0,6783	0,13120	477,24	640,40	163,16	0,9131	1,5706
-24	1,2877	1,4713	7,9168	0,6797	0,12631	478,14	640,86	162,72	0,9167	1,5698
-23	1,3405	1,4683	8,2203	0,6811	0,12165	479,04	641,31	162,27	0,9203	1,5690
-22	1,3949	1,4652	8,5328	0,6825	0,11720	479,94	641,76	161,83	0,9239	1,5682
-21	1,4511	1,4622	8,8543	0,6839	0,11294	480,84	642,22	161,38	0,9275	1,5675
-20	1,5090	1,4592	9,1851	0,6853	0,10887	481,74	642,67	160,93	0,9310	1,5667
-19	1,5686	1,4561	9,5253	0,6867	0,10498	482,64	643,12	160,48	0,9345	1,5660
-18	1,6301	1,4531	9,8752	0,6882	0,10126	483,55	643,57	160,02	0,9381	1,5653
-17	1,6933	1,4500	10,235	0,6896	0,09770	484,45	644,02	159,57	0,9416	1,5645
-16	1,7585	1,4469	10,605	0,6911	0,09430	485,35	644,47	159,11	0,9451	1,5639
-15	1,8256	1,4439	10,985	0,6926	0,09104	486,26	644,91	158,65	0,9486	1,5632
-14	1,8946	1,4408	11,375	0,6941	0,08791	487,17	645,36	158,19	0,9521	1,5625
-13	1,9655	1,4376	11,776	0,6956	0,08491	488,08	645,80	157,73	0,9556	1,5619
-12	2,0385	1,4345	12,188	0,6971	0,08205	488,99	646,25	157,26	0,9590	1,5612
-11	2,1136	1,4314	12,611	0,6986	0,07929	489,90	646,69	156,79	0,9625	1,5606
-10	2,1907	1,4283	13,045	0,7002	0,07666	490,81	647,13	156,32	0,9660	1,5600
-9	2,2700	1,4251	13,490	0,7017	0,07412	491,72	647,57	155,85	0,9694	1,5594
-8	2,3515	1,4219	13,947	0,7033	0,07169	492,64	648,01	155,37	0,9728	1,5588
-7	2,4351	1,4188	14,416	0,7048	0,06936	493,55	648,45	154,90	0,9763	1,5583
-6	2,5210	1,4156	14,898	0,7064	0,06712	494,47	648,89	154,42	0,9767	1,5577
-5	2,6092	1,4124	15,391	0,7080	0,06497	495,39	649,32	153,93	0,9831	1,5572
-4	2,6997	1,4091	15,897	0,7097	0,06290	496,31	349,76	153,45	0,9865	1,5566

BẢNG 2.3. (tiếp) R12

t °C	p bar	ρ' kg/dm ³	ρ'' kg/m ³	v dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.K
-3	2,7925	1,4059	16,416	0,7113	0,06091	497,23	650,19	152,96	0,9899	1,5561
-2	2,8878	1,4027	16,948	0,7129	0,05900	498,15	650,62	152,47	0,9933	1,5556
-1	2,9855	1,3994	17,493	0,7146	0,05716	499,08	651,06	151,98	0,9966	1,5551
0	3,0856	1,3962	18,052	0,7163	0,05539	500,00	651,48	151,48	1,0000	1,5546
1	3,1883	1,3929	18,624	0,7179	0,05369	500,93	651,91	150,99	1,0034	1,5541
2	3,2936	1,3896	19,211	0,7196	0,05205	501,85	652,34	150,49	1,0067	1,5536
3	3,4014	1,3863	19,812	0,7214	0,05047	502,78	652,77	149,98	1,0101	1,5532
4	3,5119	1,3830	20,427	0,7231	0,04895	503,71	653,19	149,47	1,0134	1,5527
5	3,6251	1,3796	21,057	0,7248	0,04749	504,65	653,61	148,97	1,0167	1,5523
6	3,7410	1,3763	21,072	0,7266	0,04607	505,58	654,03	148,45	1,0200	1,5518
7	3,8596	1,3792	22,363	0,7284	0,04471	506,52	654,45	147,94	1,0234	1,5514
8	3,8911	1,3695	23,039	0,7302	0,04340	507,45	654,87	147,42	1,0267	1,5510
9	4,1054	1,3661	23,731	0,7320	0,04213	508,39	655,29	146,89	1,0300	1,5506
10	4,2326	1,3627	24,440	0,7338	0,040917	509,33	655,70	146,37	1,0333	1,5502
11	4,3627	1,3593	25,165	0,7357	0,039738	510,28	656,11	145,84	1,0365	1,5498
12	4,4958	1,3558	25,907	0,7375	0,038600	511,22	656,53	145,31	1,0398	1,5494
13	4,6319	1,3524	26,665	0,7394	0,037502	512,17	656,94	144,77	1,0431	1,5490
14	4,7710	1,3489	27,442	0,7413	0,036441	513,11	657,34	144,23	1,0464	1,5487
15	4,9133	1,3454	28,236	0,7433	0,035415	514,06	657,75	143,69	1,0496	1,5483
16	5,0587	1,3419	29,049	0,7452	0,034425	515,01	658,15	143,14	1,0529	1,5479
17	5,2072	1,3384	29,880	0,7472	0,033468	515,97	658,56	142,59	1,0562	1,5476
18	5,3591	1,3348	30,729	0,7491	0,032542	516,92	658,96	142,03	1,0594	1,5472
19	5,5141	1,3313	31,598	0,7512	0,031647	517,88	659,35	141,47	1,0626	1,5469
20	5,6725	1,3277	32,487	0,7532	0,030781	518,84	659,75	140,91	1,0659	1,5466
21	5,8343	1,3241	33,396	0,7552	0,029944	519,80	660,15	140,34	1,0691	1,5462
22	5,9995	1,3205	34,325	0,7573	0,029134	520,77	660,54	139,77	1,0723	1,5459
23	6,1681	1,3169	35,274	0,7594	0,028349	521,73	660,93	139,19	1,0756	1,5456
24	6,3402	1,3132	36,245	0,7615	0,027590	522,70	661,32	138,61	1,0788	1,5453
25	6,5158	1,3095	37,237	0,7636	0,026855	523,67	661,70	138,03	1,0820	1,5450
26	6,6951	1,3058	38,252	0,7658	0,026143	524,65	662,08	136,44	1,0852	1,5447
27	6,8779	1,3021	39,289	0,7680	0,025453	525,62	662,47	136,84	1,0884	1,5444
28	7,0645	1,2984	40,348	0,7702	0,024784	526,60	662,84	136,24	1,0916	1,5441
29	7,2547	1,2946	41,431	0,7724	0,024136	527,58	663,22	135,64	1,0949	1,5438
30	7,4488	1,2909	42,538	0,7747	0,023508	528,57	663,59	135,03	1,0981	1,5435
31	7,6466	1,2871	43,670	0,7770	0,022899	529,55	663,96	134,41	1,1013	1,5432
32	7,8483	1,2832	44,826	0,7793	0,022309	530,54	664,33	133,79	1,1045	1,5429
33	8,0539	1,2794	46,007	0,7816	0,021736	531,54	664,70	133,16	1,1076	1,5426

BẢNG 2.3. (tiếp) R12

t °C	p bar	ρ' kg/dm ³	ρ'' kg/m ³	v dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.K
34	8.2635	1.2755	47.215	0.7840	0.021180	532.53	665.06	132.53	1.1108	1.5423
35	8.4770	1.2716	48.449	0.7864	0.020640	533.53	665.42	131.89	1.1140	1.5420
36	8.6947	1.2677	49.709	0.7888	0.020117	534.53	665.78	131.25	1.1172	1.5418
37	8.9164	1.2638	50.998	0.7913	0.019609	535.54	666.13	130.60	1.1204	1.5415
38	9.1422	1.2598	52.315	0.7938	0.019115	536.55	666.49	129.94	1.1236	1.5412
39	9.3723	1.2558	53.661	0.7963	0.018636	537.56	666.83	129.28	1.1268	1.5409
40	9.6065	1.2518	55.036	0.7989	0.018170	538.57	667.18	128.61	1.1300	1.5407
41	9.8451	1.2477	56.441	0.8015	0.017717	539.59	667.52	127.93	1.1332	1.5404
42	10.088	1.2436	57.878	0.8041	0.017278	540.61	667.86	127.25	1.1363	1.5401
43	10.335	1.2395	59.346	0.8068	0.016850	541.64	668.19	126.56	1.1395	1.5398
44	10.587	1.2354	60.847	0.8095	0.016435	542.67	668.52	125.86	1.1427	1.5395
45	10.843	1.2312	62.380	0.8122	0.016031	543.70	668.85	125.15	1.1459	1.5393
46	11.104	1.2270	63.948	0.8150	0.015638	544.74	669.18	124.44	1.1491	1.5390
47	11.369	1.2228	65.551	0.8178	0.015255	545.78	669.50	123.72	1.1523	1.5387
48	11.639	1.2185	67.189	0.8207	0.014883	546.82	669.81	122.99	1.1555	1.5384
49	11.914	1.2142	68.864	0.8236	0.014521	547.87	670.12	122.25	1.1587	1.5381
50	12.193	1.2099	70.576	0.8265	0.014169	548.93	670.43	121.50	1.1619	1.5379
51	12.478	1.2055	72.328	0.8295	0.013826	549.99	670.73	120.75	1.1651	1.5379
52	12.767	1.2011	74.118	0.8325	0.013492	551.05	671.03	119.99	1.1683	1.5376
53	13.061	1.1967	75.950	0.8356	0.013167	552.12	671.33	119.21	1.1715	1.5370
54	13.360	1.1922	77.823	0.8388	0.012850	553.19	671.62	118.43	1.1747	1.5367
55	13.664	1.1877	79.739	0.8420	0.012541	554.27	671.90	117.63	1.1811	1.5364
56	13.972	1.1832	81.699	0.8452	0.012240	555.35	672.18	116.83	1.1811	1.5360
57	14.287	1.1786	83.705	0.8485	0.011947	556.44	672.46	116.02	1.1843	1.5357
58	14.606	1.1739	85.758	0.8518	0.011661	557.53	672.73	115.19	1.1875	1.5354
59	14.930	1.1692	87.859	0.8553	0.011382	558.63	672.99	114.36	1.1908	1.5351
60	15.260	1.1645	90.009	0.8587	0.011110	559.74	673.25	113.51	1.1940	1.5347

BẢNG 2.4. Bảng hơi bão hòa R22

t °C	p bar	ρ' kg/dm ³	ρ'' kg/m ³	v dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.K
-40	1,0490	1,4101	4,8571	0,7092	0,20588	455,45	688,69	233,25	0,8250	1,8254
-39	1,0986	1,4072	5,0717	0,7106	0,19717	456,51	689,69	232,65	0,8295	1,8231
-38	1,1501	1,4044	5,2937	0,7121	0,18891	457,57	689,16	332,05	0,8341	1,8209
-37	1,2035	1,4015	5,5231	0,7135	0,18106	458,61	698,62	231,44	0,8386	1,8186
-36	1,2588	1,3986	5,7604	0,7150	0,17360	459,71	690,08	230,83	0,8431	1,8164
-35	1,3161	1,3957	6,0055	0,7165	0,16652	460,78	690,54	230,21	0,8476	1,8142
-34	1,3755	1,3928	6,2586	0,7180	0,15978	461,85	690,99	229,60	0,8520	1,8121
-33	1,4369	1,3898	6,5201	0,7195	0,15337	462,93	69165	228,97	0,8565	1,8100
-32	1,5004	1,3869	6,7900	0,7210	0,14727	464,01	691,90	228,34	0,8610	1,8079
-31	1,5661	1,3839	7,0686	0,7226	0,14147	465,09	692,35	227,91	0,8654	1,8058
-30	1,6340	1,3809	7,3560	0,7241	0,13594	466,17	693,25	227,07	0,8699	1,8038
-29	1,7042	1,3780	7,6525	0,7257	0,13068	467,26	693,69	226,43	0,8643	1,8017
-28	1,7768	1,3750	7,9582	0,7273	0,12566	468,35	694,13	225,78	0,8788	1,7998
-27	1,8517	1,3720	8,2734	0,7289	0,12087	469,44	694,57	225,13	1,7932	1,7978
-26	1,9291	1,3689	8,5982	0,7305	0,11630	470,54	695,01	224,47	0,8876	1,7959
-25	2,0089	1,3659	8,9329	0,7321	0,11195	471,54	695,45	223,81	0,8920	1,7939
-24	2,0913	1,3628	9,2777	0,7338	0,10779	472,64	695,88	223,14	0,8964	1,7920
-23	2,1762	1,3598	9,6328	0,7354	0,10381	473,84	696,32	222,47	0,9008	1,7902
-22	2,2638	1,3567	9,9984	0,7371	0,10002	474,95	696,75	221,80	0,9052	1,7883
-21	2,3542	1,3536	10,375	0,7388	0,096389	476,06	697,17	221,11	0,9096	1,7865
-20	2,4472	1,3505	10,762	0,7405	0,092920	477,17	697,60	220,43	0,9140	1,7847
-19	2,5431	1,3474	11,160	0,7422	0,089602	478,29	698,02	219,74	0,9183	1,7829
-18	2,6418	1,3442	11,570	0,7439	0,086428	479,40	698,44	219,04	0,9227	1,7812
-17	2,7435	1,3411	11,992	0,7457	0,083390	480,52	698,86	218,34	0,9270	1,7794
-16	2,8481	1,3379	12,425	0,7474	0,080481	481,65	699,28	217,63	0,9314	1,7777
-15	2,9558	1,3348	12,871	0,7492	0,077695	482,77	699,69	216,92	0,9357	1,7760
-14	3,0666	1,3316	13,329	0,7510	0,075025	483,90	700,10	216,20	0,9401	1,7743
-13	3,1805	1,3284	13,799	0,7528	0,072467	485,03	700,51	215,47	0,9444	1,7726
-12	3,2976	1,3251	14,283	0,7546	0,070014	486,17	700,91	214,74	0,9487	1,7710
-11	3,4179	1,3219	14,780	0,7565	0,067661	487,30	701,31	214,01	0,9530	1,7694
-10	3,5416	1,3187	15,290	0,7583	0,065404	488,44	701,71	213,27	0,9573	1,7678
-9	3,6687	1,3154	15,813	0,7602	0,063238	489,59	702,11	212,52	0,9616	1,7662
-8	3,7992	1,3121	16,351	0,7621	0,061158	490,73	702,50	211,77	0,9659	1,7646
-7	3,9332	1,3088	16,903	0,7640	0,059161	491,88	702,90	211,01	0,9702	1,7630
-6	4,0708	1,3055	17,470	0,7660	0,057242	493,03	703,28	210,25	0,9745	1,7615
-5	4,2119	1,3022	18,051	0,7679	0,055399	494,19	703,67	209,48	0,9787	1,7600
-4	4,3568	1,2989	18,647	0,7699	0,053627	495,34	704,05	208,71	0,9830	1,7584

BẢNG 2.5. Bảng hơi bão hòa R502

t °C	p bar	ρ' kg/dm ³	ρ'' kg/m ³	v dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.K
-40	1,2964	1,4640	7,8315	0,6831	0,12769	458,09	628,15	170,06	0,8357	1,5651
-39	1,3548	1,4607	8,1622	0,6846	0,12252	459,04	628,64	169,60	0,8398	1,5641
-38	1,4153	1,4574	8,5038	0,6861	0,11759	460,01	629,13	169,13	0,8439	1,5631
-37	1,4779	1,4542	8,8565	0,6877	0,11291	460,97	629,62	168,65	0,8439	1,5621
-36	1,5426	1,4509	9,2206	0,6892	0,10845	461,95	630,11	168,17	0,8521	1,5612
-35	1,6095	1,4475	9,5963	0,6908	0,10421	462,92	630,60	167,68	0,8562	1,5602
-34	1,6786	1,1112	9,9839	0,6924	0,10016	463,91	631,09	167,18	0,8602	1,5593
-33	1,7501	1,4409	10,384	0,6940	0,096305	464,89	631,58	166,68	0,8643	1,5584
-32	1,8238	1,4375	10,796	0,6956	0,092627	465,89	632,06	166,18	0,8684	1,5575
-31	1,9000	1,4342	11,221	0,6973	0,089119	466,88	632,55	165,66	0,8725	1,5567
-30	1,9786	1,4308	11,659	0,6989	0,085772	467,88	633,03	165,14	0,8766	1,5558
-29	2,0597	1,4274	12,110	0,7006	0,082576	468,89	633,51	164,62	0,8808	1,5550
-28	2,1433	1,4240	12,575	0,7022	0,079524	469,90	633,99	164,09	0,8849	1,5542
-27	2,2295	1,4206	13,053	0,7039	0,076608	470,91	634,47	163,55	0,8890	1,5534
-26	2,3184	1,4172	13,546	0,7056	0,073821	471,93	634,94	163,01	0,8931	1,5529
-25	2,4100	1,4138	14,053	0,7073	0,071157	472,96	635,42	162,46	0,8972	1,5519
-24	2,5043	1,4103	14,575	0,7091	0,068609	473,99	635,89	161,90	0,9013	1,5511
-23	2,6014	1,4068	15,112	0,7108	0,066171	475,02	636,36	161,34	0,9054	1,5504
-22	2,7013	1,4034	15,665	0,7126	0,063837	476,06	636,83	160,77	0,9095	1,5497
-21	2,8042	1,3999	16,233	0,7144	0,061603	477,10	637,30	160,19	0,9136	1,5490
-20	2,9100	1,3964	16,817	0,7161	0,059463	478,15	637,76	159,61	0,9178	1,5483
-19	3,0189	1,3928	17,418	0,7180	0,057413	479,20	638,23	159,03	0,9219	1,5476
-18	3,1308	1,3893	18,035	0,7189	0,055448	480,26	638,69	158,43	0,9260	1,5469
-17	3,2458	1,3857	18,669	0,7216	0,053564	481,32	639,15	157,83	0,9301	1,5463
-16	3,3640	1,3822	19,321	0,7235	0,051758	482,38	639,61	157,22	0,9342	1,5456
-15	3,4855	1,3786	19,990	0,7254	0,050024	483,45	640,06	156,61	0,9383	1,5450
-14	3,6102	1,3750	20,378	0,7273	0,048361	484,53	640,52	155,99	0,9425	1,5444
-13	3,7382	1,3713	21,383	0,7292	0,046764	485,60	640,97	155,37	0,9466	1,5438
-12	3,8696	1,3677	22,109	0,7311	0,045231	485,69	641,42	154,73	0,9507	1,5432
-11	4,0045	1,3641	22,853	0,7331	0,043759	487,77	641,87	154,09	0,9548	1,5426
-10	4,1429	1,3604	23,616	0,7351	0,042343	488,86	642,31	153,45	0,9589	1,5420
-9	4,2848	1,3567	24,400	0,7371	0,040983	489,96	642,76	152,80	0,9630	1,5415
-8	4,4304	1,3530	25,204	0,7391	0,039776	491,06	643,20	152,14	0,9671	1,5409
-7	4,5796	1,3492	26,029	0,7412	0,038418	492,16	643,64	151,47	0,9713	1,5404
-6	4,7325	1,3455	26,876	0,7432	0,037208	493,27	644,07	150,80	0,9754	1,5399
-5	4,8892	1,3417	27,744	0,7453	0,036044	494,38	644,51	150,13	0,9795	1,5393
-4	5,0497	1,3379	28,634	0,7474	0,034924	495,50	644,94	149,44	0,9836	1,5388

BẢNG 2.5. (tiếp) R502

t °C	p bar	ρ' kg/dm ³	ρ'' kg/m ³	v dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.K
-3	5,2141	1,3341	29,547	0,7496	0,033845	496,62	645,37	148,75	0,9877	1,5383
-2	5,3825	1,3303	30,482	0,7517	0,032806	497,74	645,79	148,05	0,9918	1,5378
-1	5,5548	1,3264	31,442	0,7539	0,031805	498,76	646,21	147,35	0,9959	1,5373
0	5,7312	1,3225	32,425	0,7561	0,030840	500,00	646,64	146,64	1,000	1,5368
1	5,9117	1,3186	33,433	0,7584	0,029910	501,14	647,92	147,05	1,0041	1,5364
2	6,0964	1,3147	34,466	0,7606	0,029014	502,28	647,47	145,19	1,0082	1,5359
3	6,2853	1,3108	35,525	0,7629	0,028149	503,42	647,38	144,46	1,0123	1,5354
4	6,4785	1,3068	36,609	0,7652	0,027315	504,57	648,29	143,72	1,0164	1,5350
5	6,6760	1,3028	37,721	0,7676	0,026511	505,72	648,69	142,98	1,0205	1,5345
6	6,8778	1,2988	38,859	0,7700	0,025734	506,87	649,10	142,23	1,0246	1,5341
7	7,0842	1,2947	40,026	0,7724	0,024984	508,03	649,50	141,47	1,0287	1,5336
8	7,2950	1,2906	41,221	0,7748	0,024260	509,19	649,70	140,70	1,0327	1,5332
9	7,5104	1,2865	42,445	0,7773	0,023560	510,36	650,29	139,93	1,0368	1,5328
10	7,7304	1,2824	43,698	0,7798	0,02288	511,53	650,68	139,15	1,0409	1,5323
11	7,9550	1,2783	44,982	0,7823	0,022231	512,70	651,06	138,36	1,0450	1,5319
12	8,1844	1,2741	46,297	0,7849	0,021600	513,88	651,45	137,57	1,0490	1,5315
13	8,4186	1,2698	47,644	0,7875	0,020989	515,06	651,83	136,76	1,0531	1,5311
14	8,6576	1,2656	49,023	0,7901	0,020399	516,24	652,20	135,96	1,0572	1,5306
15	8,9015	1,2613	50,435	0,7928	0,019827	517,43	652,57	135,14	1,0612	1,5302
16	9,1504	1,2570	51,882	0,7955	0,019275	518,62	652,94	134,32	1,0653	1,5298
17	9,4043	1,2526	53,363	0,7983	0,018740	519,82	653,30	133,49	1,0694	1,5294
18	9,6633	1,2483	54,880	0,8011	0,018222	521,02	653,66	132,65	1,0734	1,5290
19	9,9274	1,2439	56,433	0,8040	0,017720	522,22	654,02	131,80	1,0775	1,5286
20	10,197	1,2394	58,024	0,8068	0,017234	523,43	654,37	130,95	1,0815	1,5282
21	10,471	1,2349	59,653	0,8098	0,016764	524,63	654,72	130,08	1,0855	1,5278
22	10,751	1,2304	61,321	0,8128	0,016308	525,85	655,06	129,21	1,0896	1,5274
23	11,036	1,2258	63,030	0,8158	0,015865	527,06	655,40	128,34	1,0936	1,5270
24	11,327	1,2212	64,780	0,8189	0,015437	528,28	655,7	127,45	1,0977	1,5266
25	11,623	1,2165	66,572	0,8220	0,015021	529,51	656,06	126,56	1,1017	1,5262
26	11,925	1,2119	68,408	0,8252	0,014618	530,73	656,39	125,65	1,1057	1,5257
27	12,232	1,2071	70,289	0,8284	0,014227	531,96	656,71	124,74	1,1097	1,5253
28	12,545	1,2023	72,216	0,8317	0,013847	533,20	657,02	123,82	1,1137	1,5249
29	12,864	1,1975	74,190	0,8351	0,013479	534,43	657,33	122,89	1,1178	1,5245
30	13,189	1,1926	76,213	0,8385	0,013121	535,68	657,63	121,95	1,1218	1,5241
31	13,519	1,1877	78,286	0,8420	0,012774	536,92	657,93	121,01	1,1258	1,5236
32	13,856	1,1827	80,411	0,8455	0,012436	538,17	658,22	120,05	1,1298	1,5232

BẢNG 2.5. (tiếp) R502

t °C	p bar	ρ' kg/dm ³	ρ'' kg/m ³	v dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg.K	s'' kJ/kg.K
33	14,198	1,1777	82,589	0,8491	0,012108	539,42	658,50	119,08	1,1338	1,5227
34	14,547	1,1726	84,822	0,8528	0,011789	540,68	658,78	118,11	1,1378	1,5223
35	14,901	1,1674	87,111	0,8566	0,011480	541,94	659,05	117,12	1,1418	1,5218
36	15,262	1,1622	89,459	0,8604	0,011178	543,20	659,32	116,12	1,1458	1,5214
37	15,629	1,1570	91,868	0,8643	0,010885	544,47	659,58	115,11	1,1498	1,5209
38	16,003	1,1516	94,338	0,8683	0,010600	545,74	659,83	114,09	1,1537	1,5204
39	16,383	1,1462	96,874	0,8724	0,010323	547,01	660,08	113,06	1,1577	1,5199
40	16,769	1,1407	99,477	0,8766	0,010053	548,29	660,31	112,02	1,1617	1,5194
41	17,163	1,1352	102,15	0,8809	0,0097896	549,58	660,54	110,96	1,1657	1,5198
42	17,562	1,1296	104,89	0,8853	0,0095335	550,87	660,76	109,89	1,1697	1,5184
43	17,969	1,1239	107,71	0,8898	0,0092840	552,16	660,97	108,81	1,1737	1,5179
44	18,383	1,1181	110,61	0,8944	0,0090408	553,46	661,18	107,72	1,1777	1,5173
45	18,803	1,1122	113,59	0,8991	0,0088038	554,76	661,37	106,61	1,1816	1,5167
46	19,230	1,1063	116,65	0,9039	0,0085726	556,07	661,55	105,48	1,1856	1,5161
47	19,665	1,1002	119,80	0,9089	0,0083471	557,38	661,73	104,34	1,1896	1,5155
48	20,107	1,0941	123,04	0,9140	0,0081271	558,70	661,89	103,19	1,1936	1,5149
49	20,556	1,0878	126,38	0,9192	0,0079124	560,03	662,04	102,02	1,1976	1,5143
50	21,012	1,0815	129,82	0,9246	0,0077027	561,36	662,18	100,82	1,2016	1,5136
51	21,477	1,0750	133,37	0,9302	0,0074979	562,70	662,31	99,61	1,2056	1,5129
52	21,948	1,0684	137,03	0,9359	0,0072977	564,04	662,43	98,38	1,2096	1,5122
53	22,428	1,0617	140,80	0,9419	0,0071021	565,40	662,53	97,13	1,2136	1,5114
54	22,915	1,0549	144,70	0,9480	0,0069107	566,76	662,62	95,86	1,2176	1,5106
55	23,411	1,0479	148,73	0,9543	0,0067235	568,13	662,69	94,56	1,2217	1,5098
56	23,914	1,0407	152,90	0,9608	0,0065402	569,50	662,74	93,24	1,2257	1,5090
57	24,426	1,0334	157,22	0,9676	0,0063606	570,89	662,78	91,89	1,2298	1,5081
58	24,947	1,0260	161,69	0,9747	0,0061847	572,29	662,80	90,51	1,2339	1,5072
59	25,476	1,0183	166,33	0,9820	0,0060122	573,70	662,80	89,10	1,2380	1,5062

BẢNG 2.6. Bảng hơi bão hòa của R134a

t °C	p bar	v' l/kg	v'' l/kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg K	s'' kJ/kg K
-40	0,516	0,7055	356,927	450,0	672,9	222,9	0,8030	1,7590
-38	0,572	0,7084	324,060	452,3	674,1	221,8	0,8131	1,7562
-36	0,633	0,7113	294,751	454,7	675,4	220,7	0,8231	1,7536
-34	0,699	0,7142	268,563	457,1	676,6	219,5	0,8331	1,7511
-32	0,770	0,7172	245,118	459,5	677,9	218,4	0,8431	1,7487
-30	0,847	0,7202	224,087	461,9	679,1	217,2	0,8530	1,7464
-28	0,930	0,7233	205,188	461,4	680,4	216,0	0,8630	1,7441
-26	1,020	0,7265	188,172	466,8	681,6	214,8	0,8729	1,7420
-24	1,116	0,7296	172,827	469,3	682,8	213,6	0,8828	1,7400
-22	1,219	0,7328	158,963	471,7	684,1	212,3	0,8927	1,7381
-20	1,330	0,7361	146,417	474,2	685,3	211,1	0,9026	1,7363
-18	1,448	0,7395	135,045	476,8	687,5	209,8	0,9124	1,7345
-16	1,575	0,7428	124,721	479,3	687,7	208,5	0,9222	1,7328
-14	1,710	0,7463	115,333	481,8	688,9	207,1	0,9320	1,7313
-12	1,854	0,7498	106,783	484,4	690,1	205,8	0,9418	1,7297
-10	2,007	0,7533	98,986	486,9	691,3	204,4	0,9515	1,7283
-8	2,170	0,7569	91,865	489,5	692,5	203,0	0,9613	1,7269
-6	2,344	0,7606	85,352	492,1	693,7	201,6	0,9710	1,7256
-4	2,527	0,7644	79,387	494,7	694,9	200,2	0,9807	1,7243
-2	2,722	0,7682	73,916	497,4	696,1	198,7	0,9904	1,7232
0	2,928	0,7721	68,892	500,0	697,2	197,2	1,0000	1,7220
2	3,146	0,7760	64,273	502,7	698,4	195,7	1,0096	1,7209
4	3,376	0,7801	60,020	505,3	699,5	194,2	1,0192	1,7199
6	3,619	0,7842	56,100	508,3	700,7	192,6	1,0288	1,7189
8	3,876	0,7884	52,482	510,7	701,8	191,1	1,0384	1,7180
10	4,145	0,7927	49,139	513,4	702,9	189,5	1,0479	1,7171
12	4,429	0,7971	46,047	516,2	704,0	187,8	1,0575	1,7163
14	4,728	0,8016	43,183	518,9	705,1	186,2	1,0670	1,7154
16	5,042	0,8062	40,529	521,7	706,2	184,5	1,0765	1,7147
18	5,371	0,8109	38,065	524,5	707,3	182,8	1,0860	1,7139
20	5,716	0,8157	35,775	527,2	708,3	181,1	1,0954	1,7132
22	6,078	0,8207	33,646	530,1	709,4	179,3	1,1049	1,7125
24	6,127	0,8257	31,663	532,9	710,4	177,6	1,1144	1,7119
26	6,853	0,8309	29,816	535,7	711,5	175,7	1,1538	1,7112
28	7,237	0,8362	28,092	538,6	712,5	173,9	1,1332	1,7106

BẢNG 2.6. (tiếp) R134a

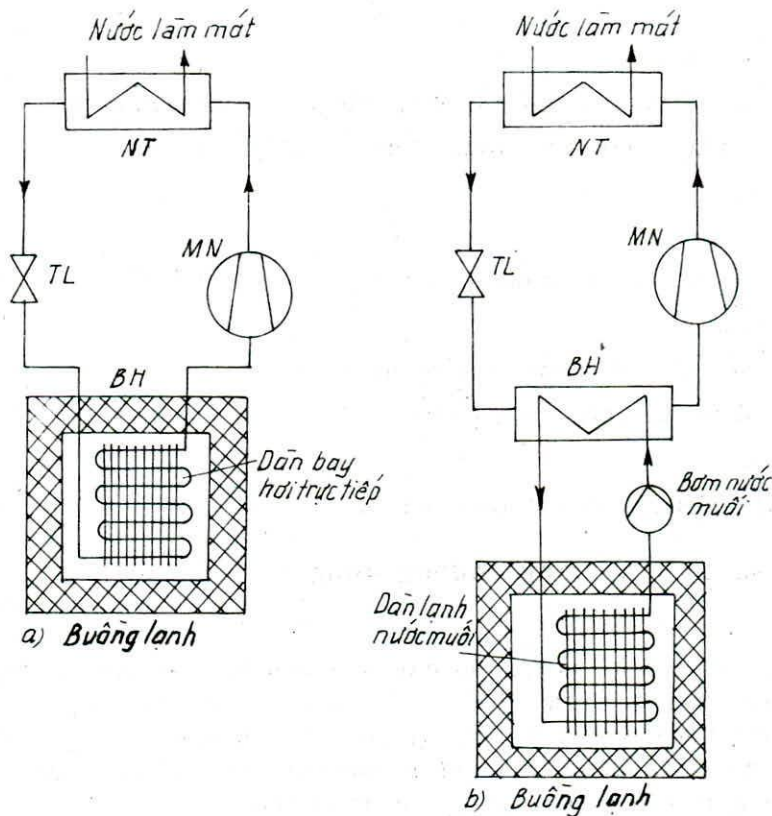
t °C	p bar	v' l/kg	v'' l/kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg K	s'' kJ/kg K
30	7,701	0,8417	26,483	541,5	713,5	172,0	1,1426	1,7000
32	8,153	0,8473	24,978	544,4	714,5	170,1	1,1520	1,7194
34	8,625	0,8530	23,571	547,3	715,4	168,1	1,1614	1,7089
36	9,117	0,8590	22,253	550,2	716,4	166,2	1,1708	1,7083
38	9,630	0,8651	21,017	553,2	717,3	164,1	1,1802	1,7077
40	10,164	0,8714	19,858	556,2	718,2	162,1	1,1896	1,7071
42	10,720	0,8780	18,769	559,2	719,1	159,9	1,1990	1,7066
44	11,299	0,8847	17,745	562,2	720,0	157,8	1,2084	1,7060
46	11,901	0,8917	16,782	565,2	720,8	155,6	1,2179	1,7054
48	12,526	0,8998	15,876	568,3	721,7	153,3	1,2273	1,7048
50	13,176	0,9064	15,021	571,4	722,5	151,0	1,2367	1,7041
52	13,851	0,9412	14,214	574,6	723,2	148,7	1,2462	1,7034
54	14,552	0,9223	13,453	577,7	724,0	146,2	1,2557	1,7027
56	15,278	0,9308	12,733	580,9	724,7	143,8	1,2652	1,7020
58	16,032	0,9396	12,052	584,1	725,3	141,2	1,2748	1,7012
60	16,813	0,9488	11,407	587,4	726,0	138,6	1,2844	1,7003

2.2. CHẤT TẢI LẠNH

Định nghĩa : Chất tải lạnh là chất trung gian nhận nhiệt của đối tượng cần làm lạnh chuyển tới thiết bị bay hơi cấp cho môi chất lạnh sôi. Hệ thống lạnh dùng chất tải lạnh còn gọi là hệ thống lạnh gián tiếp (h 2.10). Chất tải lạnh đôi khi còn được gọi là môi chất lạnh thứ cấp.

Ưu và nhược điểm

- Về mặt nhiệt động làm lạnh gián tiếp qua chất tải lạnh có tổn thất năng lượng lớn hơn do phải truyền qua chất trung gian.
- Về kinh tế cũng tốn kém hơn do phải chi phí thêm thiết bị : bơm, dàn lạnh, đường ống cho vòng tuần hoàn chất tải lạnh (xem hình 2.10).



Hình 2.10. a) hệ thống lạnh trực tiếp (không dùng chất tải lạnh mà dùng dàn bay hơi trực tiếp để làm lạnh phòng) ;
b) hệ thống lạnh gián tiếp (dùng chất tải lạnh bằng dàn lạnh (nước muối) để làm lạnh phòng, sau đó tái làm lạnh nước muối bằng cách bơm qua bình bay hơi).

• Hệ thống lạnh gián tiếp chỉ có ưu điểm về mặt vận hành khi

- Khó sử dụng trực tiếp dàn bay hơi để làm lạnh sản phẩm.
- Môi chất lạnh có tính độc hại, vòng tuần hoàn chất tải lạnh được coi là vòng tuần hoàn an toàn.
- Khi có nhiều hộ tiêu thụ lạnh, khó kiểm soát được sự rò rỉ môi chất ở quá nhiều đường ống, dàn lạnh và tránh hệ thống phải nạp quá nhiều môi chất lạnh.

2.2.1. Yêu cầu đối với chất tải lạnh

Giống như đối với môi chất lạnh, một chất tải lạnh lý tưởng cần có các tính chất sau đây :

- *Tính chất vật lý*

- Nhiệt độ đông đặc phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi của môi chất lạnh ít nhất là 5°C , tránh làm nổ ống do nguy cơ đông đặc. Thí dụ nếu nhiệt độ bay hơi -15°C phải chọn chất tải lạnh có nhiệt độ đông đặc -20°C hoặc thấp hơn.

- Ít bay hơi hay nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển phải cao để đỡ tổn thất chất tải lạnh đặc biệt khi không chạy máy lạnh.

- Hệ số dẫn nhiệt và trao đổi nhiệt phải lớn.

- Nhiệt dung càng lớn càng tốt, khả năng trữ nhiệt càng lớn càng tốt.

- Độ nhớt và khối lượng riêng càng nhỏ càng tốt vì giảm được tổn thất áp suất trên đường ống.

- *Tính chất hóa học*

- Không ăn mòn kim loại chế tạo máy, không ăn mòn thiết bị

- Bền vững, không phân hủy trong phạm vi nhiệt độ làm việc.

- *Tính an toàn*

- Không gây cháy nổ

- Không làm ô nhiễm môi trường.

- *Tính chất sinh lý*

- Không độc hại đối với người và cơ thể sống.

- Không tác động xấu đến thực phẩm.

- *Tính kinh tế*

- Rẻ tiền, dễ kiếm, dễ vận chuyển, bảo quản.

2.2.2. Một số chất tải lạnh thường dùng

a) Nước

Nước là chất tải lạnh lý tưởng, nó đáp ứng hầu hết các yêu cầu đã nêu. Nhược điểm duy nhất của nước là nó đông đặc ở 0°C , như vậy để đảm bảo an toàn nhiệt độ sôi môi chất không được thấp hơn 5°C và như vậy nhiệt độ buống lạnh cũng không xuống thấp hơn được 5°C . Chính vì lý do đó nước chỉ được sử dụng cho mục đích điều hòa không khí hoặc bảo quản rau quả ở nhiệt độ âm.

b) Dung dịch nước muối NaCl và CaCl_2

- *Dung dịch nước muối NaCl*

- Nước muối NaCl còn gọi là nước muối ăn hay nước muối clorua natri.

Nước muối NaCl cũng đáp ứng gần như đầy đủ các yêu cầu của một chất tải lạnh lý tưởng : rẻ, dễ kiếm, an toàn.

- Ở nồng độ khối lượng 23,1% muối NaCl , dung dịch đạt nhiệt độ cùng tinh (nhiệt độ hóa rắn thấp nhất) ở $-21,2^{\circ}\text{C}$. Như vậy nhiệt độ sôi môi chất không được thấp hơn $-16,2^{\circ}\text{C}$ (H 2.11).

- Nhược điểm khác của nước muối NaCl là gây han rỉ và ăn mòn thiết bị mãnh liệt. Để giảm tính ăn mòn của nước muối thường phải cho thêm phụ gia hoặc các chất ức chế

ăn mòn như cromat và photphat và đưa độ pH về giá trị trung tính. Bảng 2.7 giới thiệu tính chất vật lý của nước muối NaCl.

• Dung dịch nước muối CaCl_2

- Dung dịch nước muối CaCl_2 cũng đáp ứng được rất nhiều các yêu cầu của chất tải lạnh lý tưởng giống như NaCl tuy muối CaCl_2 không dễ kiếm như NaCl.

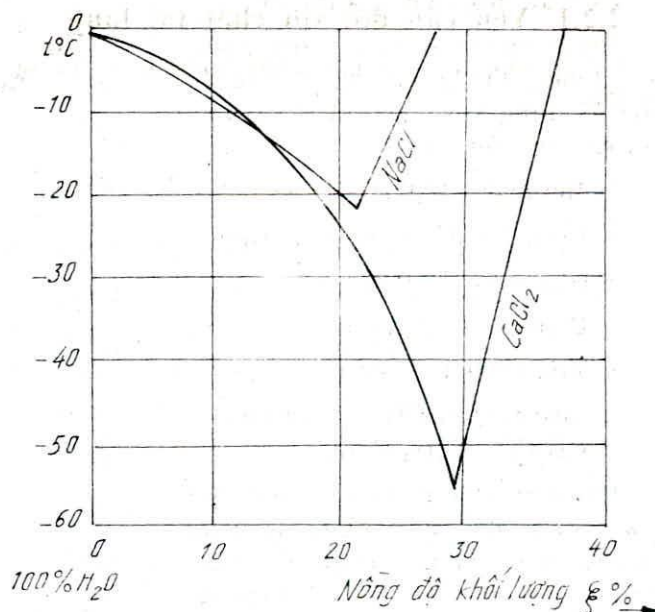
- Nước muối CaCl_2 dùng cho các ứng dụng có nhiệt độ thấp hơn NaCl. Ở nồng độ 29,9% khối lượng, nước muối CaCl_2 đạt nhiệt độ cùng tinh -55°C .

Như vậy nhiệt độ sôi môi chất cho phép đến -50°C .

- Nhược điểm của CaCl_2 là ăn mòn thiết bị cũng giống như NaCl. Các biện pháp hạn chế ăn mòn bằng các phụ gia và các chất ức chế cũng giống như đối với NaCl.

- Hình 2.11 và bảng 2.8 giới thiệu tính chất vật lý của nước muối CaCl_2 .

Ngoài NaCl và CaCl_2 người ta còn sử dụng một số các loại muối khác như K_2CO_3 hoặc MgCl_2 nhưng phạm vi ứng dụng của chúng không rộng rãi.



Hình 2.11. Quan hệ nhiệt độ hóa rắn và nồng độ khối lượng, kg/kg của nước muối NaCl và CaCl_2 .

BẢNG 2.7. Tính chất nước muối CaCl_2

Khối lượng riêng ở $+15^\circ\text{C}$ kg/lít	Nồng độ khối lượng %	Nhiệt độ đóng băng, $^\circ\text{C}$
1.00	0.1	0.0
1.05	5.9	-3.0
1.10	11.5	-6.1
1.15	16.8	-12.7
1.16	17.8	-14.2
1.17	18.9	-15.7
1.18	19.9	-17.4
1.19	20.9	-19.2
1.20	21.9	-21.2
1.21	22.8	-23.3
1.22	23.8	-25.7
1.23	24.7	-28.3
1.24	25.7	-31.2
1.25	26.6	-34.6
1.26	27.5	-38.6
1.27	28.4	-43.6
1.28	29.4	-50.1
*1.286	29.9	-55.0
1.29	30.3	-50.6

* Điểm cùng tinh

BẢNG 2.8. Tính chất nước muối NaCl

Khối lượng riêng ở $+15^\circ\text{C}$ kg/lít	Nồng độ khối lượng %	Nhiệt độ đóng băng, $^\circ\text{C}$
1.00	0.1	0.0
1.01	1.5	-0.9
1.02	2.9	-1.8
1.03	4.3	-2.6
1.04	5.6	-3.5
1.05	7.0	-4.4
1.06	8.3	-5.4
1.07	9.6	-6.4
1.08	11.0	-7.5
1.09	12.3	-8.6
1.10	13.6	-9.8
1.11	14.9	-11.0
1.12	16.2	-12.2
1.13	17.5	-13.6
1.14	18.8	-15.1
1.15	20.0	-16.6
1.16	21.2	-18.2
1.17	22.4	-20.0
* 1.175	23.1	-21.2
1.18	23.7	-17.2

c) Các hợp chất hữu cơ

Ngoài các chất vô cơ như nước, nước muối, nhiều hợp chất hữu cơ được sử dụng làm chất tải lạnh tiêu biểu là :

- Metanol CH_3OH
- Etanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (cồn, rượu)
- Glycol $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$
- Diclometan CH_2Cl_2
- Tricloetylen C_2HCl_3
- Glycerin $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$ ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$).

Đặc tính chung của các chất hữu cơ là có thể đạt được nhiệt độ đông đặc rất thấp khi hòa trộn với nước. Căn cứ vào nhiệt độ bay hơi, nên xác định được lượng nước hòa trộn lớn nhất để tiết kiệm chất tải lạnh vì các chất tải lạnh hữu cơ phần lớn là khá đắt. Hình 2.12 giới thiệu nhiệt độ hóa rắn của một vài chất.

- Một nhược điểm khác của chúng là dễ cháy nổ (metanol, etanol) hoặc độc hại (metanol).

• Metanol

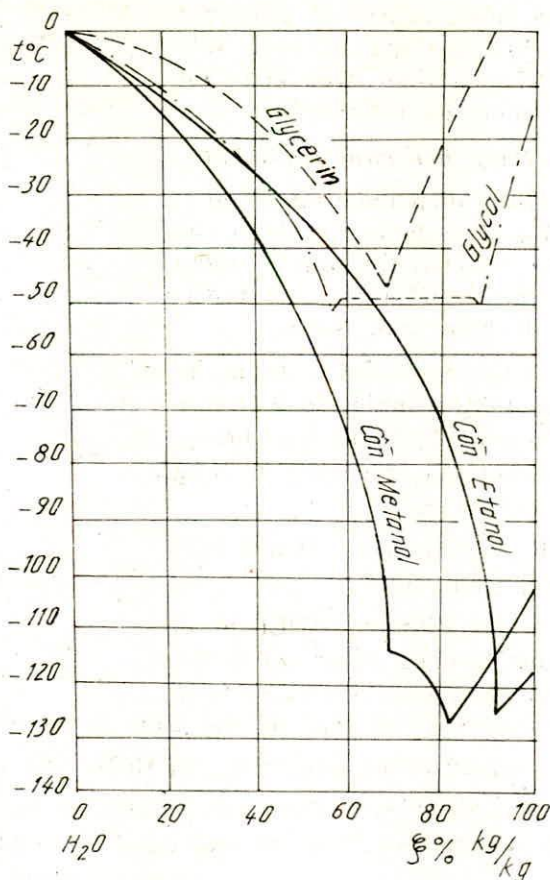
Metanol còn gọi là rượu metylic không màu, rất độc (làm mù mắt và chết người), pha với nước thành dung dịch có mùi cồn, được sản xuất bằng phương pháp tổng hợp xúc tác ở áp suất cao (250 bar, 380°C) từ carbon monooxit và hydro, dùng làm chất tải lạnh, dung môi cũng như để sản xuất fomadehit và chất dẻo.

• Etanol

Etanol còn gọi là rượu êtylic dùng để uống, là chất lỏng không màu, hòa tan trong nước, dễ bắt cháy và có mùi đặc trưng là mùi cồn, có tác dụng gây say. Etanol được sản xuất bằng phương pháp tổng hợp từ etan hoặc bằng cách lên men rượu vi sinh từ đường.

• Glycol

Glycol là nhóm các hợp chất hữu cơ có $(\text{OH})_2$. Ở đây là etylenglycol $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$. Ngoài etylenglycol người ta còn sử dụng propylenglycol $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_2$. Các glycol là các chất lỏng không màu, không mùi, có tính nhờn và có vị hơi ngọt, gây nổ gây cháy yếu khi đạt nồng độ $> 3,2\%$ thể tích trong không khí. Glycol dùng làm chất tải lạnh và tải nhiệt thí dụ dùng để tỏa nhiệt động cơ ô tô ở các nước ôn đới và hàn đới cũng như dùng để sản xuất sợi polyester và các chất nổ. Glycol được dùng rộng rãi làm chất tải lạnh thay cho nước muối trong các nhà máy bia ở Việt Nam. Do glycol đắt hơn etanol 4-5 lần nên nhiều nhà máy bia dùng etanol thay cho glycol.



Hình 2.12. Nhiệt độ hóa rắn của một số dung dịch các hợp chất hữu cơ với nước phụ thuộc nồng độ khối lượng.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Môi chất lạnh lý tưởng phải có những tính chất như thế nào ?
2. Hãy nêu các yêu cầu đối với môi chất lạnh.
3. Các chất freôn là gì ?
4. Hãy giải thích ký hiệu R123 và tìm công thức hóa học của nó.
5. Hãy giải thích ký hiệu môi chất lạnh vô cơ R717.
6. Hãy phát biểu tính chất của NH_3 (R12, R22, R502, R134a...).
7. Phân tích ưu nhược điểm khi môi chất lạnh hòa tan dầu hoàn toàn, thí dụ cụ thể R12.
8. Phân tích ưu nhược điểm khi môi chất lạnh không hòa tan dầu hoàn toàn, thí dụ cụ thể NH_3 .
9. Phân tích ưu nhược điểm khi môi chất hòa tan dầu hạn chế, thí dụ cụ thể R22.
10. Phân tích ưu nhược điểm khi môi chất hòa tan nước hoàn toàn (NH_3).
11. Phân tích ưu nhược điểm khi môi chất không hòa tan nước hoàn toàn (R12, R22).
12. Vì sao phải yêu cầu môi chất không được dẫn điện ?
13. Vì sao không sử dụng NH_3 cho máy nén kín và nửa kín ?
14. 5 thông số trạng thái chính của môi chất lạnh là gì ? cho biết ký hiệu, tên gọi và đơn vị theo hệ SI.
15. Làm thế nào để điều chỉnh được nhiệt độ sôi trong dàn bay hơi ?
16. Đường cong áp suất hơi là gì ?
17. Ứng với mỗi áp suất sôi có mấy nhiệt độ sôi ?
18. Có thể dùng nước làm môi chất lạnh cho nhiệt độ sôi dưới 0°C được không vì sao ?
19. Nhiệt ẩn hóa hơi là gì (nhiệt ẩn ngưng tụ là gì) ?
20. Nhiệt ẩn hóa rắn (nhiệt ẩn nóng chảy) là gì ?
21. Bảng hơi bão hòa tập hợp các thông số nào của môi chất ?
22. Bảng hơi quá nhiệt tập hợp các thông số nào của môi chất lạnh ?
23. Hãy mô tả (vẽ) cấu tạo của đồ thị lgp-h (đồ thị T-s).
24. Nêu các yêu cầu đối với chất tải lạnh.
25. Hãy nêu tính chất của các chất tải lạnh (nước, nước muối, NaCl, CaCl, metanol, etanol, glycol...).
26. Cần làm lạnh nhiệt độ phòng -10°C , nhiệt độ bay hơi -15°C , hãy xác định hàm lượng nước muối NaCl và CaCl_2 .
27. Cần nhiệt độ bay hơi -10°C , hãy xác định nồng độ glycol. (-70°C , hãy xác định nồng độ cồn metanol và etanol).
28. Cho biết nhiệt độ bay hơi -70°C , hãy xác định nồng độ chất tải lạnh là metanol và etanol ?

Chương 3

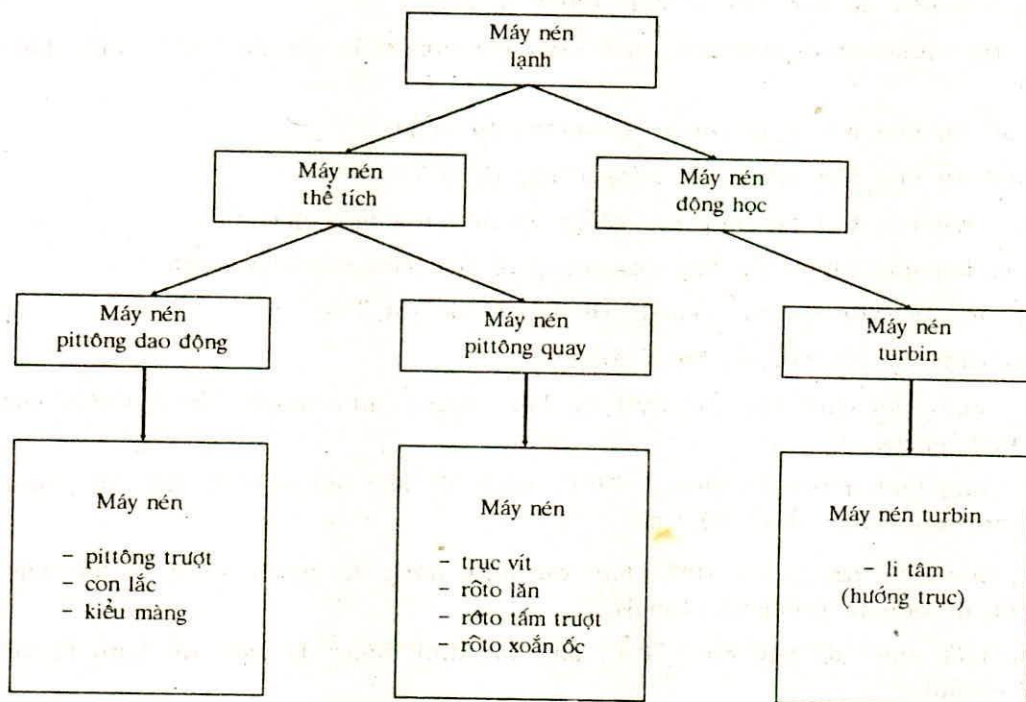
MÁY NÉN LẠNH

Định nghĩa : Máy nén lạnh là loại máy nén đặc biệt dùng trong kỹ thuật lạnh để hút hơi ở áp suất thấp nhiệt độ thấp sinh ra ở dàn bay hơi nén lên áp suất cao để đẩy vào dàn ngưng tụ, đảm bảo sự tuần hoàn môi chất một cách hợp lý trong hệ thống lạnh.

Máy nén là bộ phận quan trọng nhất của hệ thống lạnh. Công suất, chất lượng, tuổi thọ và độ tin cậy của hệ thống lạnh chủ yếu đều do máy nén lạnh quyết định. Có thể so sánh máy nén lạnh có chức năng và có tầm quan trọng giống như trái tim của cơ thể sống.

3.1. PHÂN LOẠI MÁY NÉN LẠNH

Trong kỹ thuật lạnh, người ta sử dụng hầu như tất cả các nguyên lý và kiểu loại máy nén khác nhau nhưng các máy nén thông dụng nhất hiện nay là : máy nén pittông, trục vít, rôto, xoắn ốc làm việc theo nguyên lý nén thể tích và máy nén turbin làm việc theo nguyên lý động học (hình 3.1).



Hình 3.1. Phân loại tổng quát máy nén lạnh dùng trong máy lạnh nén hơi.

Theo nguyên lý thể tích thì quá trình nén được thực hiện nhờ sự thay đổi thể tích giới hạn bởi xilanh và pittông khi pittông chuyển động lên.

Theo nguyên lý máy nén động học, áp suất tăng lên là do động năng của dòng hơi biến thành thế năng.

Tuy nguyên lý nén khác nhau nhưng qua nghiên cứu người ta thấy kết quả nhiệt động của 2 quá trình là hoàn toàn giống nhau. Bảng 3.1 giới thiệu các ưu nhược điểm chính giữa các loại máy nén pittông, trục vít và turbin.

BẢNG 3.1. Bảng so sánh các tính chất đặc trưng của máy nén pittông, trục vít và máy nén turbin

Loại máy nén Đặc tính kỹ thuật	Pittông trượt	Trục vít	Turbin
Năng suất lưu lượng	0.00015–1,5m ³ /s (0.5.....5000 m ³ /h) trạng thái hút	0.055–3m ³ /s (200...10.000 m ³ /h) trạng thái hút	Tối thiểu 0.3m ³ /s (1000m ³ /h) trạng thái nén
Tỷ số nén tối đa hoặc hiệu-áp suất trong 1 cấp nén.	$\Pi = 8 \dots 12$	$\Pi = 20 : \Delta p = 2\text{MPa}$	Phụ thuộc vào môi chất và kết cấu của máy nén.
Dạng nén	Xung động	Tương đối ổn định	Ổn định
Lưu lượng thể tích khi thay đổi áp suất nén	Ít phụ thuộc	Hầu như giữ nguyên	Rất phụ thuộc
Khả năng điều chỉnh năng suất khi giữ nguyên tốc độ vòng quay	Hạn chế theo từng nấc	Điều chỉnh vô cấp không hạn chế xuống đến 10%	Điều chỉnh vô cấp có giới hạn do thiết bị điều chỉnh
Đối với hiện tượng lỏng vào đường hút (va đập thủy lực)	Va đập thủy lực. Đây là vấn đề nan giải	Không gây trở ngại gì	Ít gây trở ngại
Số chi tiết bị mài mòn	Nhiều	Ít	Rất ít
Yêu cầu diện tích lắp đặt	Nhiều nhất	Trung bình	Ít nhất
Kiểu máy	Hở, nửa kín, kín	Hở, nửa kín	Hở, nửa kín
Yêu cầu bảo dưỡng	Ít, đơn giản, dễ dàng	Nhỏ	Cần thiết có kiến thức và sự thận trọng cao
Vốn đầu tư	Thuận lợi nhất cho năng suất dưới 1MW	Thuận lợi hơn cho năng suất từ 1,5MW trở lên	Nhỏ nhất cho năng suất từ 2MW trở lên, đặc biệt DHKK

Máy nén pittông dùng cho các công suất lạnh nhỏ, trung bình và lớn. Với một cấp nén, tỷ số nén có thể đạt 9,10, cao nhất là 12. Nếu cần tỷ số nén cao hơn có thể dùng 1,2,3 cấp nén. Máy nén trục vít với một cấp nén có thể đạt tỷ số nén đến 20 nên rất thuận lợi để thay thế các máy lạnh pittông 2 cấp rất công kềnh mà hệ số lạnh vẫn đảm bảo. Máy nén trục vít sử dụng cho các công suất lạnh trung bình và lớn với độ tin cậy cao.

Máy nén turbin sử dụng cho các công suất lớn và rất lớn (thường dùng trong các máy làm lạnh nước công suất hàng triệu kcal/h). Tỷ số nén của máy nén turbin phụ thuộc chủ yếu vào môi chất. Môi chất có phân tử lượng càng cao, tỷ số nén càng cao. Các môi chất có tỷ số nén cao ($=4 \div 5$) là R12, R11, R123. Amoniác có tỷ số nén quá thấp ($1,3 \div 1,4$) do đó không được sử dụng trong máy nén turbin.

Các ưu nhược điểm và các so sánh khác xem bảng 3.1.

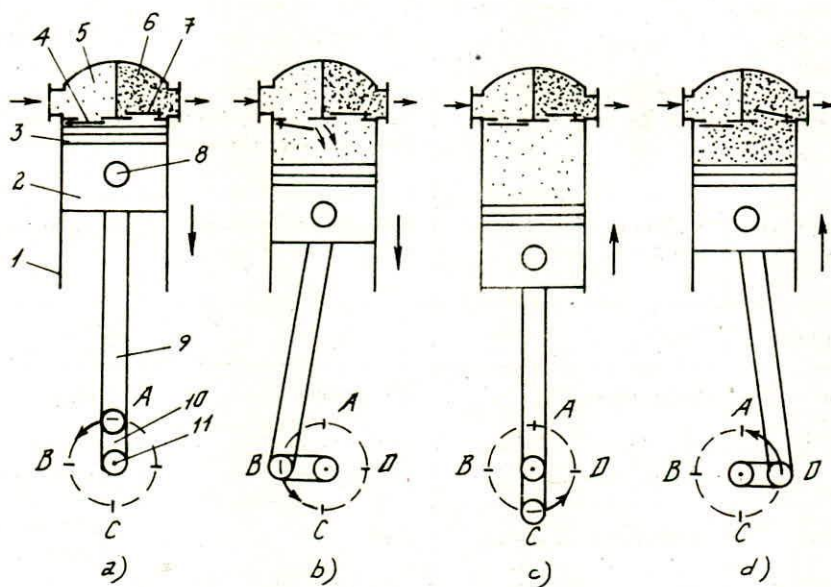
3.2. LÝ THUYẾT CHUNG VỀ MÁY NÉN LẠNH

Như đã nói ở trên, tuy có nhiều nguyên lý và cấu tạo khác nhau nhưng các kết quả nghiên cứu về máy nén lại hoàn toàn đồng nhất nhau, do đó ta có thể lấy quá trình nén của máy nén pittông trượt làm đại diện để nghiên cứu.

3.2.1. Quá trình làm việc của máy nén

Máy nén pittông gồm các bộ phận chính là xilanh, clapê hút và đẩy lắp trên đầu xilanh và pittông chuyển động trong xilanh. Pittông chuyển động tịnh tiến được trong xilanh là nhờ cơ cấu tay quay thanh truyền hoặc trục khuỷu tay biên biến chuyển động quay của động cơ thành chuyển động tịnh tiến qua lại.

Hình 3.2 giới thiệu nguyên lý hoạt động của máy nén pittông.



Hình 3.2. Nguyên lý làm việc của máy nén pittông

1 - xilanh ; 2 - pittông ; 3 - secmăng ; 4 - clapê hút ; 5 - khoang hút ; 6 - khoang đẩy ; 7 - clapê đẩy ; 8 - chốt pittông ; 9 - tay biên ; 10 - khuỷu ; 11 - trục khuỷu.

Trục khuỷu 10 quay nhờ truyền động từ động cơ qua khớp nối hoặc bánh đai. Hệ thống tay biên, trục khuỷu 9-10-11 biến chuyển động quay của trục khuỷu thành chuyển động tịnh tiến lên xuống của pittông.

a) Khi khuỷu 10 ở vị trí A pittông nằm ở điểm chết trên, clapê hút 4 và đẩy 7 đều đóng.

b) Khi khuỷu 10 tiến đến vị trí B, pittông đi xuống thực hiện quá trình hút, clapê hút mở, hơi từ khoang hút 5 đi vào buồng xilanh, clapê đẩy 7 vẫn đóng do áp suất ở buồng đẩy 6 cao hơn.

Quá trình hút kết thúc khi khuỷu 10 tiến đến vị trí C, pittông tiến tới điểm chết dưới.

c) Pittông đổi hướng đi lên phía trên, bắt đầu quá trình nén, do chênh lệch áp suất nên clapê hút và đẩy đều đóng.

d) Pittông đi lên thực hiện quá trình nén và đẩy hơi nén vào khoang đẩy. Clapê hút đóng, clapê đẩy bắt đầu mở khi có chênh lệch áp suất giữa khoang trong xilanh và khoang đẩy. Quá trình đẩy kết thúc khi khuỷu quay lại điểm A và pittông đạt điểm chết trên và quá trình hút, nén, đẩy lại bắt đầu chu kỳ mới.

3.2.2. Thể tích hút lý thuyết

Định nghĩa : Thể tích hút lý thuyết của máy nén là năng suất hút của máy nén hay thể tích quét lý thuyết của các pittông trong một đơn vị thời gian. Thể tích hút lý thuyết của máy nén có thể xác định theo biểu thức sau :

$$V_{lt} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot s \cdot z \cdot n \quad (3.1)$$

trong đó :

V_{lt} - năng suất hút lý thuyết, đơn vị m^3/s hoặc m^3/h ;

d - đường kính xilanh, m ;

s - hành trình pittông, m ;

z - số xilanh ;

n - tốc độ vòng quay vg/s .

Thí dụ 3.1 :

Máy nén 2AT 125 của nhà máy chế tạo thiết bị lạnh Long Biên, Hà Nội có đường kính xilanh $d = 125$ mm, hành trình pittông $s = 110$ mm, số xilanh : $z = 2$ và số vòng quay trục khuỷu $n = 450$ vg/ph . Hãy xác định thể tích hút lý thuyết của máy nén.

Giải : trước hết phải đổi các đơn vị của các đại lượng tính toán :

$$d = 125 \text{ mm} = 0,125 \text{ m}$$

$$s = 110 \text{ mm} = 0,110 \text{ m}$$

$$n = 450 \text{ } vg/ph = 450 : 60 = 7,5 \text{ } vg/s$$

Thay vào biểu thức (3.1) ta có :

$$V_{lt} = \frac{\pi \cdot 0,125^2}{4} \cdot 0,110 \cdot 2 \cdot 7,5$$

$$V_{lt} = 0,02025 \text{ } m^3/s = 72,9 \text{ } m^3/h$$

3.2.3. Thể tích hút thực tế

Định nghĩa : Thể tích hút thực tế là thể tích thực tế của hơi môi chất lạnh ở trạng thái hút mà máy nén hút và nén lên áp suất cao đẩy vào dàn ngưng tụ theo điều kiện làm việc của hệ thống lạnh. Thể tích hút thực tế bao giờ cũng nhỏ hơn thể tích hút lý thuyết.

Thể tích hút thực tế được xác định theo biểu thức :

$$V_{tt} = \lambda \cdot V_{lt} \quad (3.2)$$

V_{lt} - thể tích hút thực tế, m^3/s hoặc m^3/h

λ - hệ số cấp

3.2.4. Hệ số cấp λ

Định nghĩa : hệ số cấp λ là tỷ số giữa thể tích hút thực tế và thể tích hút lý thuyết của máy nén. Hệ số cấp còn gọi là hiệu suất thể tích.

$$\lambda = \frac{V_{tt}}{V_{lt}} = \frac{\text{thể tích hút thực tế}}{\text{thể tích hút lý thuyết}} \quad (3.3)$$

Hệ số cấp λ phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác nhau. Hình 3.3 giới thiệu sơ đồ dòng các tổn thất thể tích của máy nén.

Về mặt lý thuyết có thể xác định λ qua các tổn thất thành phần :

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_{lt} \cdot \lambda_w \cdot \lambda_r \cdot \lambda_k$$

trong đó :

λ_c - hệ số tính đến tổn thất do thể tích chết gây ra. Thể tích chết là thể tích còn sót lại giữa nắp xilanh và mặt trên pittông khi pittông đã lên tới điểm chết trên. Thể tích chết thường chiếm 3 đến 5% thể tích quét pittông. Thể tích chết càng lớn, λ_c càng lớn.

λ_{lt} - hệ số tính đến tổn thất do môi chất bị tiết lưu ở clapê hút và đẩy vì áp suất hút luôn nhỏ hơn áp suất khoang hút và áp suất đẩy luôn lớn hơn áp suất khoang đẩy. Đây là các chênh lệch áp suất cần thiết để clapê hút và đẩy tự động đóng và mở ;

λ_w - hệ số tính đến hơi môi chất bị nóng lên do tiếp xúc với bề mặt xilanh nóng ;

λ_r - hệ số tính đến hơi môi chất rò rỉ qua séc măng quay trở lại khoang hút ;

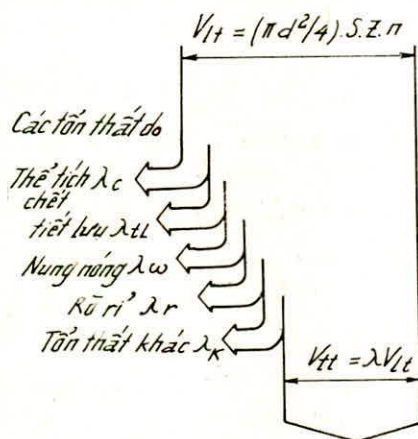
λ_k - hệ số tính đến các tổn thất khác.

Ngoài ra hệ số cấp còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như trình độ công nghệ gia công máy nén, độ chính xác các chi tiết, thời gian hoạt động, chế độ làm việc, chế độ bảo dưỡng, dầu bôi trơn, sự hoạt động hợp lý của các clapê...

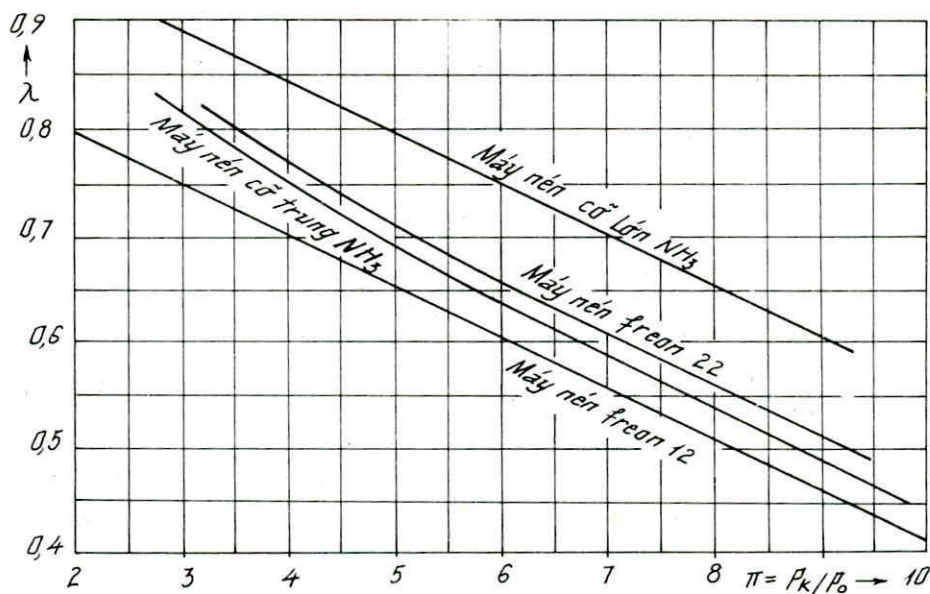
Đối với máy mới, để tính toán gần đúng ta có thể tra giá trị λ theo đồ thị phụ thuộc vào kiểu máy nén, loại môi chất lạnh và tỷ số áp suất $\Pi = p_k/p_o$ biểu diễn trên hình 3.4. Đây là các số liệu gần đúng thử nghiệm trên máy nén chế tạo ở Liên Xô cũ, thể tích chết khoảng 4,5 %. Có thể sử dụng các số liệu này tính gần đúng cho các loại máy nén khác.

Nhận xét chung : Hệ số cấp càng giảm khi tỷ số áp suất càng tăng.

Thí dụ 3.2 : Điều kiện như bài 3.1. Hãy xác định hệ số cấp λ và thể tích hút thực tế của máy nén 2AT125 nếu máy làm việc ở nhiệt độ sôi -15°C và nhiệt độ ngưng tụ $+30^\circ\text{C}$, môi chất NH_3 .



Hình 3.3. Tổn thất thể tích của máy nén.



Hình 3.4. Hệ số cấp λ phụ thuộc vào tỷ số nén $\Pi = p_k/p_o$.

Giải :

Xác định λ : Từ nhiệt độ sôi -15°C tra bảng 2.2 có $p_o = 2,3675$ bar và từ nhiệt độ ngưng tụ $+30^\circ\text{C}$ có $p_k = 11,678$ bar.

$$\text{Vậy } \Pi = \frac{p_k}{p_o} = \frac{11,678}{2,3675} = 4,93$$

Tra đồ thị hình 3.4 với máy nén cỡ trung NH_3 được $\lambda = 0,69$

Xác định V_{II} .

Theo tính toán ở thí dụ 3.1 ta có : $V_{II} = 0,02025 \text{ m}^3/\text{s}$

Thay các giá trị vào biểu thức (3.2) có :

$$V_{II} = 0,69 \cdot 0,02025 = 0,01397 \text{ m}^3/\text{s} = 50,3 \text{ m}^3/\text{h}.$$

3.2.5. Năng suất khối lượng của máy nén

Định nghĩa : Năng suất khối lượng của máy nén là khối lượng môi chất lạnh mà máy nén thực hiện được trong một đơn vị thời gian. Năng suất khối lượng còn gọi là lưu lượng khối lượng của máy nén, đơn vị kg/s hoặc kg/h , ký hiệu là m .

Có thể xác định m theo biểu thức :

$$m = \frac{V_{II}}{v} = \rho \cdot V_{II} \quad (3.4)$$

trong đó : v - thể tích riêng của hơi hút về máy nén, m^3/kg .

ρ - khối lượng riêng của hơi hút về máy nén, kg/m^3 .

Thí dụ 3.3 : điều kiện như bài 3.2, hãy xác định năng suất khối lượng của máy nén 2AT 125.

Giải : Giả sử hơi hút về máy nén là hơi bão hòa khô ở -15°C . Tra bảng 2.2 ta có các giá trị cho hơi bão hòa khô là $\rho = \rho'' = 1,9706 \text{ kg/m}^3$ hoặc $v = v'' = 0,50746 \text{ m}^3/\text{kg}$.

Thay số vào ta có :

$$m = \frac{0,01397}{0,50746} = 0,02753 \text{ kg/s} = 99,1 \text{ kg/h}$$

Thí dụ 3.4 : Điều kiện cho như bài 3.1, tính năng suất khối lượng của máy nén ở -30°C và $+30^\circ\text{C}$.

Giải : $t_o = -30^\circ\text{C}$ tra bảng 2.2 có $p_o = 1,198 \text{ bar}$

$t_k = +30^\circ\text{C}$ tra bảng 2.2 có $p_k = 11,678 \text{ bar}$

$$\Pi = \frac{p_k}{p_o} = \frac{11,678}{1,198} = 9,75$$

Tra đồ thị hình 3.4 có $\lambda = 0,455$

$$V_{tt} = 0,455 \cdot 0,02025 = 0,009214 \text{ m}^3/\text{s}$$

Giả sử hơi hút về máy nén là hơi bão hòa ở -30°C , tra bảng 2.2 có $v = v'' = 0,9614 \text{ m}^3/\text{kg}$

Lưu lượng khối lượng là :

$$m = \frac{0,009214}{0,9614} = 0,009584 \text{ kg/s} = 34,5 \text{ kg/h}$$

Rõ ràng khi hạ nhiệt độ sôi từ -15°C xuống -30°C năng suất khối lượng của máy nén giảm chỉ còn khoảng 35%. Ở phần sau ta sẽ chứng minh rằng năng suất lạnh cũng giảm xuống thậm chí còn nhỏ hơn nữa.

3.2.6. Hiệu suất nén và công suất động cơ yêu cầu

Định nghĩa : Hiệu suất nén η là tỷ số giữa công nén lý thuyết và công nén thực tế cấp cho máy nén.

$$\eta = \frac{\text{công nén lý thuyết}}{\text{công nén thực tế}} = \frac{N_s}{N_{el}} \quad (3.5)$$

Cũng như tổn thất thể tích, công nén thực tế cũng lớn hơn công lý thuyết do có những tổn thất khác nhau trong quá trình nén thực. Hình 3.5 giới thiệu đồ thị dòng biểu diễn công nén thực tế, lý thuyết và các tổn thất khác nhau.

1. Công nén đoạn nhiệt N_s là công nén lý thuyết để nén hơi môi chất lạnh từ áp suất p_o lên áp suất ngưng tụ p_k theo quá trình nén đoạn nhiệt.

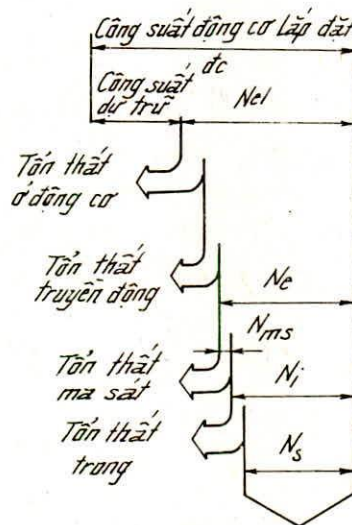
Tính N_s theo biểu thức sau :

$$N_s = m \cdot l = m (h_2 - h_1) \quad (3.6)$$

l - công nén riêng, kJ/kg

h_1 và h_2 là entanpi hơi vào và ra khỏi máy nén.

2. Công suất chỉ thị N_i là công nén thực khi kể đến các tổn thất trong khi quá trình nén lệch khỏi quá trình nén đoạn nhiệt, xác định được trên đồ thị chỉ thị của máy nén.



Hình 3.5. Công nén và các loại tổn thất.

3. Công suất hữu ích $N_e = \frac{N_s}{\eta_c}$ là công nén do trên trục khuỷu có tính thêm đến tổn thất ma sát ở ổ đỡ, bề mặt ma sát ở tay biên, chốt pittông, xilanh pittông...

4. Công suất điện tiêu thụ N_{el} là công suất do trên bảng đấu điện động cơ, bao gồm thêm tổn thất truyền động (đai hoặc khớp, nếu trục khuỷu lắp trực tiếp lên trục động cơ thì tổn thất truyền động bằng 0) và tổn thất ở chính động cơ điện còn gọi công nén thực tế.

5. Công suất động cơ lắp đặt N_{dc} bằng công suất điện tiêu thụ cộng với công suất dự trữ để phòng trường hợp điện lưới không ổn định và chế độ vận hành dao động.

Trong catalog của nhà chế tạo thường người ta cho công suất hữu ích N_e .

Muốn xác định N_{el} và N_{dc} có thể tính gần đúng theo kinh nghiệm như sau :

$$N_{el} = (1,10 \div 1,15) N_e$$

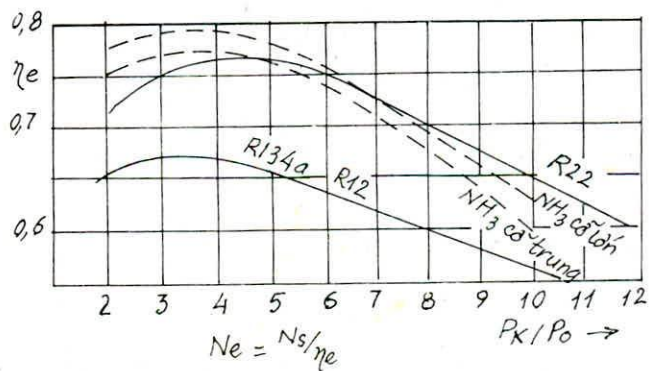
$$N_{dc} = (1,10 \div 1,50) N_{el}$$

Trong các trường hợp đặc biệt khi điện lưới chấp chớn hay bị sụt áp có thể lấy $N_{dc} = 2 N_{el}$.

Nếu không tìm được N_e trong catalog, có thể tính N_s theo biểu thức (3.6) và tính N_e như sau :

$$N_e = \frac{N_s}{\eta_c} \quad (3.7)$$

$\eta_c = \eta_e \cdot \eta_i$ hiệu suất hữu ích : tra theo đồ thị kinh nghiệm hình 3.6.



Hình 3.6. Sự phụ thuộc của η_e vào tỷ số áp suất p_k/p_o .

Thí dụ 3.5 :

Máy nén lạnh MYCOM N6WB (bảng 3.2a) có $Q_o = 317,1$ kW và công suất hữu ích $N_e = 86,4$ kW ở nhiệt độ sôi $t_o = -10^\circ\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = +35^\circ\text{C}$.

Hãy ước tính công suất động cơ lắp đặt.

Do máy nén N6WB truyền động qua đai thang nên lấy :

$$N_{el} = 1,15 \cdot N_e = 1,15 \cdot 86,4 \text{ kW} = 99,36 \text{ kW}$$

Công suất động cơ lắp đặt :

$$N_{dc} = 1,10 \cdot N_{el} = 109,3 \text{ kW}$$

Thí dụ 3.6 :

Máy nén lạnh 2AT 125 làm việc ở điều kiện -15°C và $+30^\circ\text{C}$ cho biết $N_s = 5,87$ kW. Tính N_e , N_{el} và N_{dc} .

$$N_e = \frac{N_s}{\eta_c}$$

Tra η_c trên đồ thị hình 3.6 với $p_k/p_o = 4,93$ (thí dụ 3.2) có $\eta_c = 0,76$ vậy :

$$N_e = \frac{5,87}{0,76} = 7,72 \text{ kW}$$

$$N_{el} = 1,15.7,72 = 8,88 \text{ kW}$$

$$N_{dc} = 1,10.8,88 = 9,77 \text{ kW}$$

(Thực tế máy 2AT 125 được lắp động cơ 14 kW).

3.2.7. Hệ số lạnh của chu trình

Định nghĩa : Hệ số lạnh của chu trình là tỷ số giữa năng suất lạnh đạt được và công tiêu tốn cho chu trình.

a) **Hệ số lạnh lý thuyết** là tỷ số giữa năng suất lạnh riêng và công nén đoạn nhiệt riêng :

$$\varepsilon = \frac{q_o}{l} \quad (3.8)$$

hoặc :

$$\varepsilon = \frac{mq_o}{ml} = \frac{Q_o}{N_s}$$

Trên thực tế, công nén có nhiều loại như đã phân tích, tùy theo loại công chọn để nghiên cứu người ta có thể tính các hệ số lạnh khác nhau.

Thường người ta tính thêm 2 loại hệ số lạnh khác' là :

b) **Hệ số lạnh hữu ích**

$$\varepsilon_c = \frac{Q_o}{N_s} \quad (3.9)$$

c) **Hệ số lạnh thực tế**

$$\varepsilon_{tt} = \frac{Q_o}{N_{el}} \quad (3.10)$$

Trong giáo trình này, chúng ta chỉ nghiên cứu hệ số lạnh lý thuyết ε .

3.2.8. Đường đặc tính máy nén

Đường biểu diễn năng suất lạnh (đôi khi cả công suất trên trục và hệ số lạnh) của máy nén phụ thuộc t_k và t_o gọi là đường đặc tính máy nén.

Định nghĩa : Năng suất lạnh của máy nén (còn gọi là công suất lạnh của máy nén) là tích của năng suất lạnh riêng khối lượng và năng suất khối lượng mà máy nén thực hiện được trong một đơn vị thời gian.

$$Q_o = m.q_o, \quad \text{kW (hoặc kcal/h)}$$

Q_o - năng suất lạnh của máy nén, kW (hoặc kcal/h).

m - năng suất khối lượng, kg/s (mục 3.2.5)

q_o - năng suất lạnh riêng khối lượng, kJ/kg. q_o chính là năng suất lạnh của 1kg môi chất lạnh sau khi qua tiết lưu, nó cũng chính là hiệu entanpy vào và ra khỏi dàn bay hơi :

$$q_o = h_1 - h_4, \quad \text{kJ/kg}$$

h_1 - entanpy của hơi ra khỏi dàn bay hơi về máy nén, kJ/kg

h_4 - entanpy của lỏng sau khi tiết lưu vào dàn bay hơi.

Nếu gọi v_1 là thể tích riêng của hơi hút về máy nén ta có :

$$m = \frac{V_{tt}}{v_1} = \lambda \cdot \frac{V_{tt}}{v_1} = \lambda \frac{\pi d^2}{4v_1} \cdot s.z.n \quad (3.11)$$

trong đó : V_{II} - thể tích hút thực tế của máy nén, m^3/s ;

v_1 - thể tích riêng hơi hút về máy nén, m^3/kg ;

λ - hệ số cấp ;

V_{II} - thể tích hút lý thuyết của máy nén, m^3/s ;

d - đường kính pittông, m ;

s - hành trình pittông, m ;

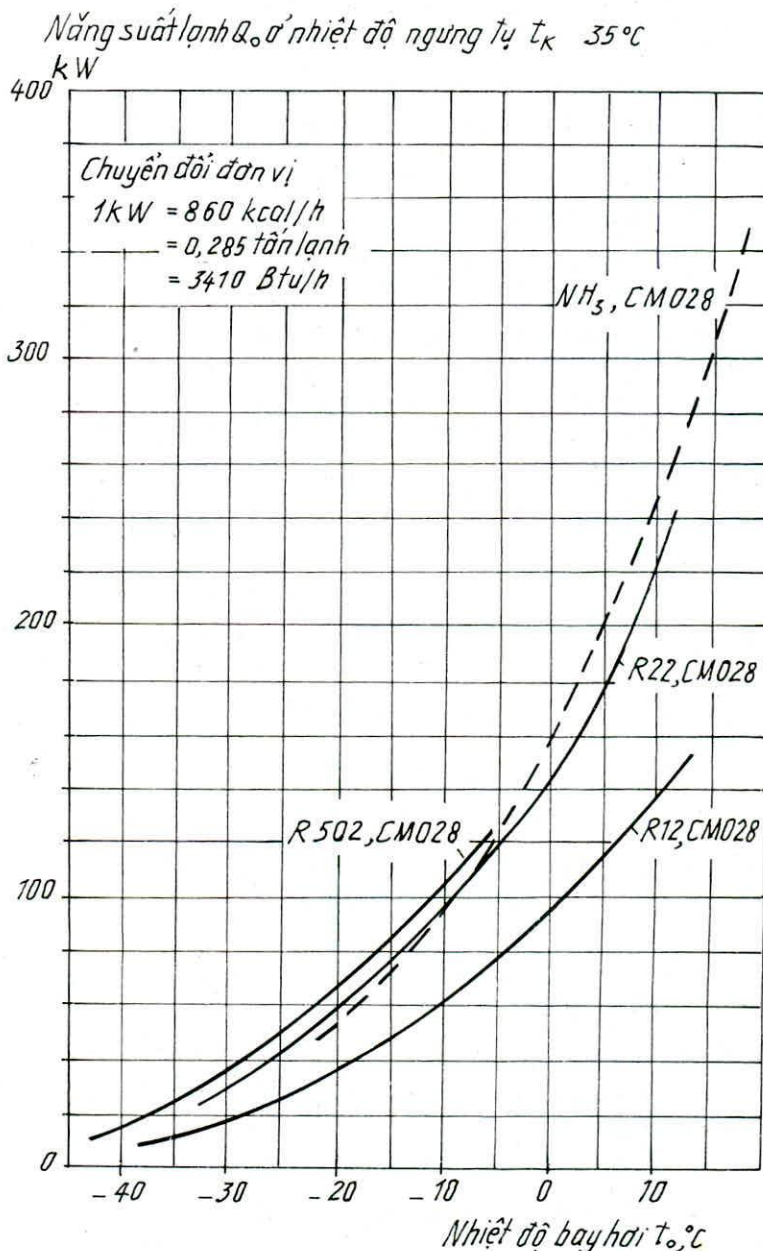
z - số xilanh hay số pittông ;

n - số vòng quay trục khuỷu, vg/s ;

Do q_0 thay đổi theo chế độ làm việc và m cũng thay đổi vì λ và v_1 đều thay đổi theo chế độ làm việc của máy nén nên Q_0 cũng thay đổi theo.

Ghi nhớ : Năng suất lạnh của máy nén Q_0 không phải cố định mà thay đổi tùy theo chế độ làm việc. Nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ càng gần nhau, năng suất lạnh càng tăng, càng xa nhau năng suất lạnh càng giảm.

Để dễ hiểu có thể so sánh máy lạnh với một bơm nước hiệu nhiệt độ $\Delta t = t_k - t_0$ như chiều cao bơm. Nếu chiều cao bơm thấp năng suất bơm lớn ; nhưng chiều cao bơm lớn, năng suất bơm nhỏ. Thí dụ nếu chỉ bơm lên tầng 1 năng suất đạt được là $2m^3/h$, nhưng khi bơm lên tầng 5 năng suất chỉ còn $0,5 m^3/h$. Máy lạnh cũng vậy, thí dụ một máy lạnh có năng suất lạnh $100 kW$ ở nhiệt độ sôi $-15^\circ C$ và nhiệt độ ngưng tụ $+30^\circ C$ thì năng suất lạnh chỉ còn khoảng $50 kW$ khi hạ nhiệt độ sôi xuống $-25^\circ C$.



Hình 3.7

Năng suất lạnh Q_0 của máy nén CMO28 ở tốc độ vòng quay trục khuỷu 1460 vg/ph và nhiệt độ ngưng tụ $t_k = +35^\circ C$ khi thay đổi nhiệt độ bay hơi t_0 với các môi chất lạnh khác nhau.
 Hệ số hiệu chỉnh cho CMO26 : $\times 0,75$ và CMO24 : $\times 0,50$.

Ghi nhớ : Khi giữ nguyên nhiệt độ ngưng tụ, nếu nhiệt độ sôi giảm 1°C thì năng suất lạnh Q_o giảm khoảng 4% và khi giữ nguyên nhiệt độ bay hơi nếu nhiệt độ ngưng tụ tăng 1°C thì năng suất lạnh Q_o giảm khoảng 1,5%.

Sự phụ thuộc của năng suất lạnh vào nhiệt độ sôi và nhiệt độ ngưng tụ được các nhà chế tạo vẽ thành đồ thị hoặc lập thành bảng để người tiêu dùng có thể tính toán nhanh chóng và chọn được máy nén thích hợp cho ứng dụng cụ thể của mình.

Hình 3.7 giới thiệu các đường đặc tính năng suất lạnh của máy nén lạnh CMO28 của hãng SABROE Đan Mạch với các loại môi chất lạnh khác nhau. Năng suất lạnh tính toán do nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 35^{\circ}\text{C}$. máy nén CMO28 có các đặc tính kỹ thuật như sau :

- Đường kính pittông $d = 70 \text{ mm}$
- Hành trình pittông $s = 70 \text{ mm}$
- Tốc độ vòng quay trục khuỷu $n = 1460 \text{ vg/ph}$
- Số xilanh $z = 8$
- Đầu xilanh làm mát bằng không khí đối với môi chất lạnh freon và làm mát bằng áo nước đối với amoniác.

Từ các đường đặc tính trên có thể xác định năng suất lạnh cho 2 loại máy nén CMO24 và CMO26 vì 2 loại này chỉ khác CMO28 ở số xilanh ít hơn : máy CMO24 có $z = 4$ và CMO26 có $z = 6$, nên năng suất lạnh của CMO24 đúng bằng nửa và của CMO26 bằng 0,75 năng suất lạnh của CMO28.

Đường đặc tính trên đồ thị tính toán với $n = 1460 \text{ vg/ph}$ nhưng nếu sử dụng truyền động đai có thể thay đổi tốc độ vòng quay trục khuỷu để thay đổi năng suất lạnh và có thể nâng tốc độ lên tới $n = 1800 \text{ vg/ph}$.

Thí dụ 3.7 : Hãy xác định năng suất lạnh của máy nén CMO28 ở chế độ làm việc $t_o = -15^{\circ}\text{C}$ và $t_k = +35^{\circ}\text{C}$ nhờ đồ thị đặc tính năng suất lạnh nếu vòng quay trục khuỷu là 1460 vg/ph và 1800 vg/ph , môi chất lạnh NH_3 .

Giải : Dóng từ trục hoành $t_o = -15^{\circ}\text{C}$ lên cắt đường R717 ở vị trí A.

Từ A dóng qua trái đọc được :

$$Q_{o1} = 76 \text{ kW}$$

Nếu số vòng quay là 1800 vg/ph

$$Q_{o2} = 76 \cdot \frac{1800}{1460} = 93,9 \text{ kW}$$

Thí dụ 3.8 : Điều kiện cho giống thí dụ 3.7 tính năng suất lạnh cho môi chất R22 và máy nén CMO26.

Giải :

Thực hiện như bài 3.6 xác định được Q_o cho máy nén CMO28 và $n = 1460 \text{ vg/ph}$, môi chất R22.

$$Q_o = 80 \text{ kW}$$

Tính cho CMO26 phải nhân với hệ số 0,75 vậy :

$$Q_{o1} = 0,75 \cdot 80 \text{ kW} = 60 \text{ kW}$$

Nếu vòng quay 1800 vg/ph :

$$Q_{o2} = 60 \cdot \frac{1800}{1460} = 74 \text{ kW}$$

Năng suất lạnh của máy nén Q_0 cũng được nhiều nhà chế tạo thể hiện thành bảng số. Bảng 3.2a, b, c giới thiệu năng suất lạnh Q_0 và công suất hữu ích N_e phụ thuộc vào nhiệt độ t_k và t_0 với các môi chất lạnh khác nhau của một số máy nén MYCOM hãng Mayekawa Nhật kiểu 1 cấp và 2 cấp.

**BẢNG 3.2a. Máy nén pittông Mycom một cấp nén loại kí hiệu W
(hãng Mayekawa Nhật)**

Năng suất lạnh và công suất trên trục ở nhiệt độ ngưng tụ 35°C và nhiệt độ bay hơi khác nhau.

Môi chất	Kí hiệu	Thể tích quét	Q_0 , kW							N_e , kW					
			-25	-20	-15	-10	-5	0°C		-25	-20	-15	-10	-5	0°C
R717	N2WA	71,0	17,3	23,4	30,7	39,3	49,5	61,3		8,1	9,1	10,0	10,7	11,3	11,6
	N4WA	187,2	45,4	61,6	80,8	103,7	130,4	161,6		21,4	23,9	26,2	28,3	29,7	30,6
	N6WA	280,7	68,3	92,3	121,3	155,5	195,6	242,3		32,0	35,9	39,4	42,4	44,6	45,8
	N8WA	374,2	91,0	123,1	161,7	207,4	260,9	323,1		42,8	47,8	52,6	56,4	59,4	61,0
	N4WB	381,0	92,8	125,6	164,9	211,4	265,9	329,4		43,6	48,8	53,6	57,6	60,6	62,3
	N6WB	572,6	39,1	188,4	274,3	317,1	398,9	494,1		65,4	72,2	80,4	84,4	90,9	93,4
	N8WB	764,1	185,5	251,2	329,7	422,7	531,9	658,7		87,2	97,6	101,1	115,2	121,2	124,5
	N12WB	954,3	231,9	313,9	412,2	528,4	664,8	823,4		109,0	122,1	133,9	144,0	151,5	155,7
R22	F2WA2	71,0	,3	25,4	32,6	41,1	50,9	62,1		8,4	9,3	10,2	10,9	11,5	11,97
	F4WA2	187,2	50,7	67,1	86,0	108,3	134,1	163,9		22,2	24,9	27,2	29,1	30,7	31,7
	F6WA2	280,7	76,1	100,5	129,1	162,6	201,2	245,8		33,4	37,2	40,7	43,7	46,0	47,5
	F8WA2	374,2	101,6	134,0	172,2	216,7	268,2	327,7		44,5	49,7	54,4	58,4	61,4	63,3
	F4WB2	381,0	107,8	140,3	178,5	223,1	274,7	34,2		44,6	50,7	56,3	61,2	65,3	68,4
	F6WB2	572,6	161,7	210,5	267,8	334,6	412,1	501,2		66,8	76,0	84,4	91,8	98,0	102,6
	F8WB2	764,1	125,6	280,6	357,1	446,2	549,4	688,3		89,1	101,3	112,5	122,4	130,7	136,8
	F12WB2	954,3	269,4	350,8	446,3	557,8	686,8	835,4		11,4	126,7	140,7	153,0	163,3	171,1
R502	F2WA5	71,0	19,5	25,7	33,1	41,6	51,6	6,1		9,0	10,0	10,9	11,7	12,2	12,5
	F4WA5	187,2	51,5	67,9	87,1	109,7	36,1	166,3		23,9	26,7	29,1	31,1	32,6	33,5
	F6WA5	280,7	77,2	101,7	130,7	164,7	204,0	249,4		35,9	40,0	43,6	46,6	48,9	50,3
	F8WA5	374,2	103,0	135,7	174,4	219,6	272,0	332,7		73,4	53,3	58,1	62,2	65,1	66,9
	F4WB5	381,0	109,1	142,0	180,7	255,9	278,5	339,1		47,8	83,09	61,1	62,2	70,3	73,4
	F6WB5	572,6	163,6	213,0	271,0	338,9	417,7	508,7		73,4	83,09	91,7	99,3	105,5	110,1
	F8WB5	764,1	218,2	284,0	361,4	545,9	557,0	678,3		97,9	110,6	122,2	132,4	140,7	146,8
	F12WB5	954,6	272,8	354,9	451,8	564,8	696,3	847,8		122,4	138,3	152,8	165,4	175,8	183,5

Chú ý :

- Năng suất lạnh với nhiệt độ quá lạnh lỏng 5°C và nhiệt độ hơi hút 10°C cho R717 và R22. Nhiệt độ quá nhiệt cho R502 là 15°C .
- Kiểu máy 2WA có tốc độ vòng quay 1100 vg/ph ; kiểu 4WA, 6WA, 8WA : 1450 vg/ph và kiểu 12WB : 1000 vg/ph.

BẢNG 3.2b. Máy nén pittông Mycom hai cấp nén NH₃

Năng suất lạnh và công suất trên trục ở nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ bay hơi khác nhau

t _k °C	Kí hiệu	Pittong Ø và S. mm	Số xilanh	Tốc độ, vg/ph	Thể tích quét, m ³ /h	Q _o , 1000 kcal/h								N _e , kW, ở t _o							
						-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30		
30	N42A	95 Ø × 76 1	4 + 2	1.000	193,9	5,4	7,7	20,8	14,7	19,7	25,9	33,5	8,1	9,2	10,4	11,8	13,1	14,9	16,6		
	1200			232,7	6,4	9,2	12,9	17,7	23,6	31,1	40,2	9,7	10,0	12,5	14,2	16,0	17,91	9,9			
	N62A		6 + 2	1000	258,6	7,4	10,8	14,6	19,8	26,3	34,4	44,3	10,8	11,9	13,6	15,5	17,6	19,8	22,2		
				1200	310,3	8,8	12,5	17,5	23,8	31,6	41,3	53,2	12,6	14,3	16,3	18,6	21,1	23,8	26,6		
	N42B	130 Ø × 100 1	4 + 2	900	430,1	11,9	17,1	23,9	32,6	43,7	57,4	74,3	18,0	20,4	23,1	26,2	19,5	33,1	36,8		
	1.000			477,8	13,2	19,0	26,5	36,3	48,6	63,8	82,6	20,0	22,6	25,7	29,1	32,8	36,8	40,9			
	N62B		6 + 2	900	573,4	16,3	23,3	32,3	43,9	58,4	76,4	98,3	23,2	26,5	39,2	34,4	39,0	44,0	49,2		
				1000	637,1	18,1	25,9	35,9	48,8	64,9	84,9	109,2	25,8	29,4	33,6	38,2	43,3	48,8	54,7		
	N124B		12 + 4	870	1.108,6	31,5	45,0	62,5	84,9	113,0	147,7	190,0	44,9	51,2	58,4	66,5	75,4	85,0	95,2		
				960	1.223,3	34,8	49,4	69,0	93,7	124,6	162,9	209,6	49,5	56,5	64,4	73,4	83,2	93,8	105,0		
35	N42A	95 Ø × 761	4 + 2	1.000	193,9	5,2	7,5	10,5	14,4	19,3	25,4	32,9	8,5	9,6	10,9	12,4	14,0	15,8	17,6		
	1.200			232,6	6,2	9,0	12,6	17,3	23,2	30,5	39,5	10,2	11,5	13,1	14,9	16,8	18,9	21,1			
	N62A		6 + 2	1.000	258,6	7,1	10,2	14,2	19,4	25,8	33,8	43,5	10,9	12,4	16,2	16,2	18,4	20,9	23,5		
				1.200	310,3	8,6	12,3	17,1	23,3	31,0	40,6	52,2	13,0	14,9	19,4	19,4	22,1	25,0	28,2		
	N42B	130 Ø × 1001	4 + 2	900	430,1	11,5	16,6	23,3	31,9	42,8	56,4	73,0	18,8	21,3	27,5	27,5	31,1	35,0	39,1		
	1.000			477,8	12,8	18,5	25,9	35,5	47,6	62,7	81,1	20,9	23,6	30,5	30,5	34,5	38,9	43,4			
	N62B		6 + 2	900	573,4	15,8	22,7	31,6	43,0	57,3	75,0	96,5	24,1	27,5	35,9	35,9	40,9	46,3	52,0		
				1.000	637,1	17,6	25,2	35,1	47,8	63,6	83,3	107,3	26,8	30,5	39,9	39,9	45,4	51,4	57,8		
	N124B		12 + 4	870	1.108,6	30,6	43,8	61,1	83,1	110,7	144,9	196,4	46,6	53,2	39,4	69,4	79,0	89,4	100,6		
				960	1.223,3	33,8	48,4	67,4	91,7	122,2	159,9	206,0	51,4	58,7	76,6	76,6	82,2	98,7	111,0		
40	N42A	95 Ø × 76 1	4 + 2	1.000	193,9	5,0	7,3	10,2	14,1	18,9	24,9	32,3	8,8	10,0	13,0	13,0	14,7	16,6	18,7		
	1.200			232,7	6,0	8,7	12,3	16,9	22,7	29,9	38,8	10,6	12,0	15,6	15,6	17,7	20,0	22,4			
	N62A		6 + 2	1.000	258,6	6,9	9,9	13,9	18,9	25,3	33,2	42,7	11,3	12,9	16,9	16,9	19,3	21,9	24,7		
				1.200	310,3	8,3	11,9	16,7	22,7	30,4	39,8	51,3	13,5	15,4	20,3	20,3	23,1	26,3	29,7		
	N42B	130 Ø × 1001	4 + 2	900	430,1	11,1	16,1	22,7	31,2	42,0	55,3	71,7	19,6	22,2	28,8	28,8	32,6	36,9	41,4		
	1.000			477,8	12,4	17,9	25,3	34,7	46,6	61,5	79,1	21,8	24,7	32,0	32,0	32,0	36,3	41,0			
	N62B		6 + 2	900	573,4	15,3	22,0	30,8	42,0	56,1	73,5	94,8	25,0	27,5	37,4	37,4	42,7	48,5	54,8		
				1.000	637,1	17,0	24,5	34,2	46,7	62,3	81,7	105,3	27,7	31,7	41,6	41,6	47,5	53,9	60,9		
	N124B		12 + 4	870	1.108,8	29,6	42,6	59,6	59,6	81,2	108,5	142,1	183,2	48,5	55,2	72,4	72,4	82,6	93,8		
				960	1.223,3	32,7	47,0	65,7	89,6	119,7	156,8	202,2	53,3	60,9	79,9	79,9	91,2	103,5	117,0		

BẢNG 3.2c. Máy nén pittông Mycom hai cấp nén R22

°C	Kí hiệu	Pittông Ø và S, mm	Số xilanh	Tốc độ, vg/ph	Thể tích, m ³ /h	Q _o , 1000 kcal/h	N _c , kW, 0,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30	N42A	95 Ø × 76 1	4 + 2	1.000	1.93,9	7,4	10,3	-50	-45	-40	-35	-30	18,5	22,2	24,0	28,7	41,1	45,6	59,0	54,7	95,2	102,7	113,3	19,7	23,7	25,4	30,3	43,8	48,7	56,4	62,6	108,9	120,2	21,0	25,2	26,9	32,3	46,6	51,7	59,6	66,2	115,2	127,2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			6 + 2	1.000	2.32,7	8,9	12,4	16,8	22,2	28,9	37,0	46,7	11,4	13,0	14,8	16,7	18,6	20,5	22,3	24,0	28,7	41,1	45,6	59,0	54,7	95,2	102,7	113,3	19,7	23,7	25,4	30,3	43,8	48,7	56,4	62,6	108,9	120,2	21,0	25,2	26,9	32,3	46,6	51,7	59,6	66,2	115,2	127,2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
			4 + 2	1.200	3.10,3	12,1	16,7	22,4	29,5	38,2	48,6	60,9	44,9	17,1	19,4	21,9	24,3	26,6	28,7	34,4	37,9	41,1	45,6	59,0	54,7	95,2	102,7	113,3	19,7	23,7	25,4	30,3	43,8	48,7	56,4	62,6	108,9	120,2	21,0	25,2	26,9	32,3	46,6	51,7	59,6	66,2	115,2	127,2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
			6 + 2	1.000	4.77,8	18,2	25,4	34,4	45,6	59,4	76,0	95,8	23,4	26,7	30,3	34,2	38,2	42,1	45,6	49,2	54,7	59,0	62,6	108,9	120,2	133,3	146,7	160,1	173,5	186,9	200,3	213,7	227,1	240,5	253,9	267,3	280,7	294,1	307,5	320,9	334,3	347,7	361,1	374,5	387,9	401,3	414,7	428,1	441,5	454,9	468,3	481,7	495,1	508,5	521,9	535,3	548,7	562,1	575,5	588,9	602,3	615,7	629,1	642,5	655,9	669,3	682,7	696,1	709,5	722,9	736,3	749,7	763,1	776,5	789,9	803,3	816,7	830,1	843,5	856,9	870,3	883,7	897,1	910,5	923,9	937,3	950,7	964,1	977,5	990,9	1.004,3	1.017,7	1.031,1	1.044,5	1.057,9	1.071,3	1.084,7	1.098,1	1.111,5	1.124,9	1.138,3	1.151,7	1.165,1	1.178,5	1.191,9	1.205,3	1.218,7	1.232,1	1.245,5	1.258,9	1.272,3	1.285,7	1.299,1	1.312,5	1.325,9	1.339,3	1.352,7	1.366,1	1.379,5	1.392,9	1.406,3	1.419,7	1.433,1	1.446,5	1.459,9	1.473,3	1.486,7	1.500,1	1.513,5	1.526,9	1.540,3	1.553,7	1.567,1	1.580,5	1.593,9	1.607,3	1.620,7	1.634,1	1.647,5	1.660,9	1.674,3	1.687,7	1.701,1	1.714,5	1.727,9	1.741,3	1.754,7	1.768,1	1.781,5	1.794,9	1.808,3	1.821,7	1.835,1	1.848,5	1.861,9	1.875,3	1.888,7	1.902,1	1.915,5	1.928,9	1.942,3	1.955,7	1.969,1	1.982,5	1.995,9	2.009,3	2.022,7	2.036,1	2.049,5	2.062,9	2.076,3	2.089,7	2.103,1	2.116,5	2.129,9	2.143,3	2.156,7	2.170,1	2.183,5	2.196,9	2.210,3	2.223,7	2.237,1	2.250,5	2.263,9	2.277,3	2.290,7	2.304,1	2.317,5	2.330,9	2.344,3	2.357,7	2.371,1	2.384,5	2.397,9	2.411,3	2.424,7	2.438,1	2.451,5	2.464,9	2.478,3	2.491,7	2.505,1	2.518,5	2.531,9	2.545,3	2.558,7	2.572,1	2.585,5	2.598,9	2.612,3	2.625,7	2.639,1	2.652,5	2.665,9	2.679,3	2.692,7	2.706,1	2.719,5	2.732,9	2.746,3	2.759,7	2.773,1	2.786,5	2.799,9	2.813,3	2.826,7	2.840,1	2.853,5	2.866,9	2.880,3	2.893,7	2.907,1	2.920,5	2.933,9	2.947,3	2.960,7	2.974,1	2.987,5	3.000,9	3.014,3	3.027,7	3.041,1	3.054,5	3.067,9	3.081,3	3.094,7	3.108,1	3.121,5	3.134,9	3.148,3	3.161,7	3.175,1	3.188,5	3.201,9	3.215,3	3.228,7	3.242,1	3.255,5	3.268,9	3.282,3	3.295,7	3.309,1	3.322,5	3.335,9	3.349,3	3.362,7	3.376,1	3.389,5	3.402,9	3.416,3	3.429,7	3.443,1	3.456,5	3.469,9	3.483,3	3.496,7	3.510,1	3.523,5	3.536,9	3.550,3	3.563,7	3.577,1	3.590,5	3.603,9	3.617,3	3.630,7	3.644,1	3.657,5	3.670,9	3.684,3	3.697,7	3.711,1	3.724,5	3.737,9	3.751,3	3.764,7	3.778,1	3.791,5	3.804,9	3.818,3	3.831,7	3.845,1	3.858,5	3.871,9	3.885,3	3.898,7	3.912,1	3.925,5	3.938,9	3.952,3	3.965,7	3.979,1	3.992,5	4.005,9	4.019,3	4.032,7	4.046,1	4.059,5	4.072,9	4.086,3	4.099,7	4.113,1	4.126,5	4.139,9	4.153,3	4.166,7	4.180,1	4.193,5	4.206,9	4.220,3	4.233,7	4.247,1	4.260,5	4.273,9	4.287,3	4.300,7	4.314,1	4.327,5	4.340,9	4.354,3	4.367,7	4.381,1	4.394,5	4.407,9	4.421,3	4.434,7	4.448,1	4.461,5	4.474,9	4.488,3	4.501,7	4.515,1	4.528,5	4.541,9	4.555,3	4.568,7	4.582,1	4.595,5	4.608,9	4.622,3	4.635,7	4.649,1	4.662,5	4.675,9	4.689,3	4.702,7	4.716,1	4.729,5	4.742,9	4.756,3	4.769,7	4.783,1	4.796,5	4.809,9	4.823,3	4.836,7	4.850,1	4.863,5	4.876,9	4.890,3	4.903,7	4.917,1	4.930,5	4.943,9	4.957,3	4.970,7	4.984,1	4.997,5	5.010,9	5.024,3	5.037,7	5.051,1	5.064,5	5.077,9	5.091,3	5.104,7	5.118,1	5.131,5	5.144,9	5.158,3	5.171,7	5.185,1	5.198,5	5.211,9	5.225,3	5.238,7	5.252,1	5.265,5	5.278,9	5.292,3	5.305,7	5.319,1	5.332,5	5.345,9	5.359,3	5.372,7	5.386,1	5.399,5	5.412,9	5.426,3	5.439,7	5.453,1	5.466,5	5.479,9	5.493,3	5.506,7	5.520,1	5.533,5	5.546,9	5.560,3	5.573,7	5.587,1	5.600,5	5.613,9	5.627,3	5.640,7	5.654,1	5.667,5	5.680,9	5.694,3	5.707,7	5.721,1	5.734,5	5.747,9	5.761,3	5.774,7	5.788,1	5.801,5	5.814,9	5.828,3	5.841,7	5.855,1	5.868,5	5.881,9	5.895,3	5.908,7	5.922,1	5.935,5	5.948,9	5.962,3	5.975,7	5.989,1	6.002,5	6.015,9	6.029,3	6.042,7	6.056,1	6.069,5	6.082,9	6.096,3	6.109,7	6.123,1	6.136,5	6.149,9	6.163,3	6.176,7	6.190,1	6.203,5	6.216,9	6.230,3	6.243,7	6.257,1	6.270,5	6.283,9	6.297,3	6.310,7	6.324,1	6.337,5	6.350,9	6.364,3	6.377,7	6.391,1	6.404,5	6.417,9	6.431,3	6.444,7	6.458,1	6.471,5	6.484,9	6.498,3	6.511,7	6.525,1	6.538,5	6.551,9	6.565,3	6.578,7	6.592,1	6.605,5	6.618,9	6.632,3	6.645,7	6.659,1	6.672,5	6.685,9	6.699,3	6.712,7	6.726,1	6.739,5	6.752,9	6.766,3	6.779,7	6.793,1	6.806,5	6.819,9	6.833,3	6.846,7	6.860,1	6.873,5	6.886,9	6.900,3	6.913,7	6.927,1	6.940,5	6.953,9	6.967,3	6.980,7	6.994,1	7.007,5	7.020,9	7.034,3	7.047,7	7.061,1	7.074,5	7.087,9	7.101,3	7.114,7	7.128,1	7.141,5	7.154,9	7.168,3	7.181,7	7.195,1	7.208,5	7.221,9	7.235,3	7.248,7	7.262,1	7.275,5	7.288,9	7.302,3	7.315,7	7.329,1	7.342,5	7.355,9	7.369,3	7.382,7	7.396,1	7.409,5	7.422,9	7.436,3	7.449,7	7.463,1	7.476,5	7.489,9	7.503,3	7.516,7	7.530,1	7.543,5	7.556,9	7.570,3	7.583,7	7.597,1	7.610,5	7.623,9	7.637,3	7.650,7	7.664,1	7.677,5	7.690,9	7.704,3	7.717,7	7.731,1	7.744,5	7.757,9	7.771,3	7.784,7	7.798,1	7.811,5	7.824,9	7.838,3	7.851,7	7.865,1	7.878,5	7.891,9	7.905,3	7.918,7	7.932,1	7.945,5	7.958,9	7.972,3	7.985,7	7.999,1	8.012,5	8.025,9	8.039,3	8.052,7	8.066,1	8.079,5	8.092,9	8.106,3	8.119,7	8.133,1	8.146,5	8.159,9	8.173,3	8.186,7	8.200,1	8.213,5	8.226,9	8.240,3	8.253,7	8.267,1	8.280,5	8.293,9	8.307,3	8.320,7	8.334,1	8.347,5	8.360,9	8.374,3	8.387,7	8.401,1	8.414,5	8.427,9	8.441,3	8.454,7	8.468,1	8.481,5	8.494,9	8.508,3	8.521,7	8.535,1	8.548,5	8.561,9	8.575,3	8.588,7	8.602,1	8.615,5	8.628,9	8.642,3	8.655,7	8.669,1	8.682,5	8.695,9	8.709,3	8.722,7	8.736,1	8.749,5	8.762,9	8.776,3	8.789,7	8.803,1	8.816,5	8.829,9	8.843,3	8.856,7	8.870,1	8.883,5	8.896,9	8.910,3	8.923,7	8.937,1	8.950,5	8.963,9	8.977,3	8.990,7	9.004,1	9.017,5	9.030,9	9.044,3	9.057,7	9.071,1	9.084,5	9.097,9	9.111,3	9.124,7	9.138,1	9.151,5	9.164,9	9.178,3	9.191,7	9.205,1	9.218,5	9.231,9	9.245,3	9.258,7	9.272,1	9.285,5	9.298,9	9.312,3	9.325,7	9.339,1	9.352,5	9.365,9	9.379,3	9.392,7	9.406,1	9.419,5	9.432,9	9.446,3	9.459,7	9.473,1	9.486,5	9.499,9	9.513,3	9.526,7	9.540,1	9.553,5	9.566,9	9.580,3	9.593,7	9.607,1	9.620,5	9.633,9	9.647,3	9.660,7	9.674,1	9.687,5	9.700,9	9.714,3	9.727,7	9.741,1	9.754,5	9.767,9	9.781,3	9.794,7	9.808,1	9.821,5	9.834,9	9.848,3	9.861,7	9.875,1	9.888,5	9.901,9	9.915,3	9.928,7	9.942,1	9.955,5	9.968,9	9.982,3	9.995,7	10.009,1	10.022,5	10.035,9	10.049,3	10.062,7	10.076,1	10.089,5	10.102,9	10.116,3	10.129,7	10.143,1	10.156,5	10.169,9	10.183,3	10.196,7	10.210,1	10.223,5	10.236,9	10.250,3	10.263,7	10.277,1	10.290,5	10.303,9	10.317,3	10.330,7	10.344,1	10.357,5	10.370,9	10.384,3	10.397,7	10.411,1	10.424,5	10.437,9	10.451,3	10.464,7	10.478,1	10.491,5	10.504,9	10.518,3	10.531,7	10.545,1	10.558,5	10.571,9	10.585,3	10.598,7	10.612,1	10.625,5	10.638,9	10.652,3	10.665,7	10.679,1	10.692,5	10.705,9	10.719,3	10.732,7	10.746,1	10.759,5	10.772,9	10.786,3	10.799,7	10.813,1	10.826,5	10.839,9	10.853,3	10.866,7	10.880,1	10.893,5	10.906,9	10.920,3	10.933,7	10.947,1	10.960,5	10.973,9	10.987,3	11.000,7	11.014,1	11.027,5	11.040,9	11.054,3	11.067,7	11.081,1	11.094,5	11.107,9	11.121,3	11.134,7	11.148,1	11.161,5	11.174,9	11.188,3	11.201,7	11.215,1	11.228,5	11.241,9	11.255,3	11.268,7	11.282,1	11.295,5	11.308,9	11.322,3	11.335,7	11.349,1	11.362,5	11.375,9	11.389,3	11.402,7	11.416,1	11.429,5	11.442,9	11.456,3	11.469,7	11.483,1	11.496,5	11.509,9	11.523,3	11.536,7	11.550,1	11.563,5	11.576,9	11.590,3	11.603,7	11.617,1	11.630,5	11.643,9	11.657,3	11.670,7	11.684,1	11.697,5	11.710,9	11.724,3	11.737,7	11.751,1	11.764,5	11.777,9	11.791,3	11.804,7	11.818,1	11.831,5	11.844,9	11.858,3	11.871,7	11.885,1	11.898,5	11.911,9	11.925,3

Thí dụ 3.9 : Hãy xác định năng suất lạnh Q_o của máy nén N4WB ở $t_k = 35^\circ\text{C}$, $t_o = -10^\circ\text{C}$, $n = 1200$ vg/ph, môi chất NH_3 .

Giải : Tra bảng ta có (bảng 3.2a dòng 5, cột -10°C) :

$$Q_o = 211,4 \text{ kW.}$$

Thí dụ 3.10: Hãy xác định năng suất lạnh Q_o của máy nén hai cấp N42B ở nhiệt độ bay hơi -45°C , nhiệt độ ngưng tụ $+40^\circ\text{C}$, môi chất NH_3 , tốc độ 1000 vg/ph.

Giải : Máy nén N42B :

N - Amoniác

4 - 4 xilanh hạ áp

2 - 2 xilanh cao áp

B - Loại $d = 130 \text{ mm}$, $s = 100 \text{ mm}$.

Tra bảng 3.2b dòng 5 dưới lên, cột -45°C được :

$$Q_o = 34,7 \text{ kW.}$$

3.2.9. Ba chế độ lạnh tiêu chuẩn

Chính do năng suất lạnh Q_o của một máy nén không cố định mà thay đổi theo chế độ làm việc nên một số nước đã quy định ra các chế độ lạnh tiêu chuẩn để có căn cứ sơ bộ ước đoán năng suất lạnh trong điều kiện vận hành thực. Các máy nén chế tạo ở các nước XHCN cũ như Liên Xô cũ, Đức, Tiệp, Rumani... thường có ghi các năng suất lạnh tiêu chuẩn. Thí dụ các máy nén của Liên Xô cũ ký hiệu chữ đầu A - amoniác, Φ - freôn, Д - 2 cấp nén, các chữ tiếp B - máy nén đứng, Y - xilanh bố trí hình chữ V, YY - hình chữ W, BC - máy nén nửa kín, Г - máy nén kín còn các chữ số tiếp theo chỉ năng suất lạnh nghìn kcal/h :

AY 200 : máy nén amoniác, xilanh hình chữ V năng suất lạnh tiêu chuẩn 1 cấp nén 200.000 kcal/h.

DAY 80 : máy nén amoniác, xilanh chữ V, 2 cấp, năng suất lạnh tiêu chuẩn 2 cấp nén 80.000 kcal/h.

Bảng 3.3. giới thiệu 3 chế độ lạnh tiêu chuẩn cho chế độ 1 cấp nén, 2 cấp nén và chế độ điều hòa không khí.

BẢNG 3.3. Ba chế độ lạnh tiêu chuẩn

3 chế độ lạnh tiêu chuẩn	Môi chất	Nhiệt độ t_o , quá nhiệt t_{qn} , ngưng tụ t_k , quá lạnh t_{ql} , $^\circ\text{C}$			
		t_o	t_{qn}	t_k	t_{ql}
Chế độ lạnh thường (1 cấp nén)	NH_3 , freôn	-15	-10	+30	+25
		-15	+15	+30	+25
Chế độ điều hòa không khí	freôn	+5	+5	+35	+30
Chế độ lạnh đông (2 cấp nén)	NH_3 , freôn	-40	-30	+35	+30
		-35	-20	+30	+25

Nếu chế độ làm việc thực lệch khỏi chế độ tiêu chuẩn ta có thể ước đoán năng suất lạnh thực như sau : cộng hoặc trừ 4% cho mỗi độ lệch so với nhiệt độ bay hơi và 1,5 % cho mỗi độ lệch so với nhiệt độ ngưng tụ.

Thí dụ : ở điều kiện lạnh thường 1 máy nén có năng suất lạnh $Q_0=20\text{kW}$. Hỏi khi nhiệt độ ngưng tụ giữ nguyên và nhiệt độ bay hơi hạ xuống -20°C , năng suất lạnh còn bao nhiêu :

Nhiệt độ hạ, năng suất lạnh giảm. Hạ 5 độ năng suất lạnh giảm khoảng 20% vậy Q_0 còn $0,8.20 = 16 \text{ kW}$.

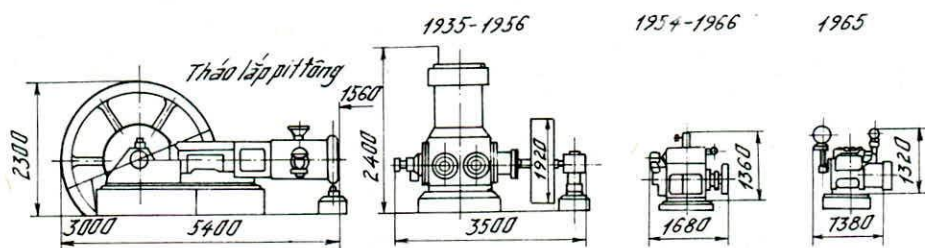
- Trường hợp nhiệt độ bay hơi hạ xuống -20°C và nhiệt độ ngưng tụ tăng lên 35°C : năng suất lạnh giảm 20% do nhiệt độ bay hơi giảm 5°C và giảm khoảng 7,5% do tăng nhiệt độ ngưng tụ vậy năng suất lạnh thực còn khoảng $Q_0 = (1,00-0,275). 20 \text{ kW} = 14,5 \text{ kW}$.

Năng suất lạnh ước tính chỉ là các giá trị gần đúng dùng để tham khảo. Muốn có năng suất lạnh chính xác phải tiến hành tính toán chu trình lạnh.

3.3. MÁY NÉN PITTÔNG (TRƯỢT)

Những máy nén đầu tiên được chế tạo cách đây hơn một thế kỷ. Đó là các máy nén nằm ngang có con trượt (đầu chữ thập). Đặc điểm cơ bản là tốc độ rất chậm ($100 \div 200 \text{ vg/ph}$), rất nặng nề, cồng kềnh. Thí dụ máy nén ký hiệu L14 (Đức) giới thiệu trên hình 3.8 nặng 10.450 kg. Ngoài kích thước lắp đặt đến 5,4m máy còn yêu cầu 1 khoảng trống phía đầu xilanh tối thiểu 1,56m để tháo lắp pittông. Tỷ lệ khối lượng/1kW lạnh tiêu chuẩn (m/Q_0) lên tới 34,5 kg/kW.

Cho đến năm 1935 người ta bắt đầu chế tạo máy nén 2 xilanh đứng, từ 1954 máy nén 4 xilanh đặt hình chữ V và từ 1965, 8 xilanh đặt hình chữ W. Tất cả mọi thông số kỹ thuật của máy nén đều được cải thiện. Tỷ lệ khối lượng/kW lạnh tiêu chuẩn đã giảm xuống đến 3,8 kg/kW lạnh. Hình 3.8 mô tả khái lược quá trình phát triển máy nén pittông trượt.



Kiểu máy nén	L14	S10	1V4/200	2W8/140
Năng suất lạnh Q_0 , kW	315	315	310	340
Tốc độ vòng quay vg/ph	160	280	710	1440
Khối lượng máy nén, kg	10450	6600	3140	1280
Số lượng xilanh	1	2	4	8
Đường kính pittông, mm	350	300	200	140
Khoảng chạy pittông, mm	450	300	150	85
Tốc độ pittông, m/s	2,4	2,8	3,55	4,08
m/Q_0 , $10 \div 4 \text{ kg/W}$	34,5	21	10,5	3,8
(Năng suất lạnh tiêu chuẩn ở -15°C và $+30^\circ\text{C}$)				

Hình 3.8. Lịch sử phát triển máy nén pittông.

3.3.1. Phân loại máy nén pittông trượt

Máy nén pittông có rất nhiều chủng loại tùy theo nhà sản xuất thiết kế chế tạo. Chúng được phân loại theo một số căn cứ sau đây :

1. Môi chất lạnh : thí dụ máy nén amoniác, máy nén freôn - thường chúng không dùng lẫn được cho nhau nhưng có loại dùng được cho cả freôn lẫn amoniác.
2. Cách bố trí xilanh : thẳng đứng, nằm ngang, hình V,W...
3. Số xilanh của máy nén : 1,2,3,4,6,8,12, 18 xilanh...
4. Cấp nén : máy nén 1 cấp, máy nén 2 cấp.
5. Hướng chuyển động môi chất : thuận dòng và ngược dòng. Thường máy nén thuận dòng dùng cho amoniác, ngược dòng dùng cho freôn.

6. Phương pháp giữ kín khoang môi chất :

Máy nén hở : động cơ nằm ngoài, truyền động qua đai hoặc khớp nối,

Máy nén nửa kín : động cơ nằm trong vỏ máy nén, bích bắt bulông.

Máy nén kín : động cơ nằm trong vỏ máy nén hàn kín.

7. Năng suất lạnh Q_0

Máy nén nhỏ $Q_0 < 14 \text{ kW}$ (12.000 kcal/h)

Máy nén trung bình $Q_0 = 14 \div 105 \text{ kW}$

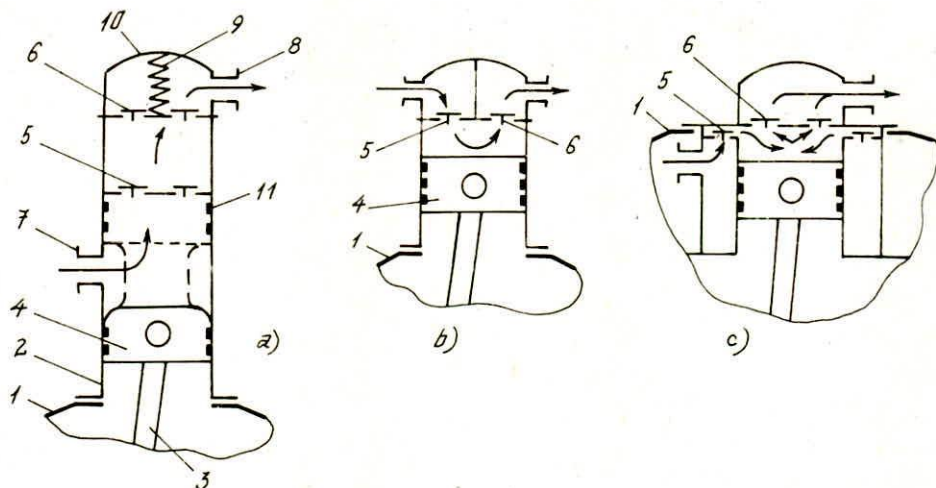
Máy nén lớn $Q_0 > 105 \text{ kW}$ (90.000 kcal/h).

3.3.2. Các dạng cấu tạo của máy nén pittông trượt

a) Máy nén thuận dòng và ngược dòng

Định nghĩa : Máy nén thuận dòng và ngược dòng là loại máy nén mà dòng môi chất không đổi hướng hoặc đổi hướng khi đi qua xilanh.

Đây là một trong những đặc điểm phân loại quan trọng của máy nén. Hình 3.9 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của máy nén thuận dòng và ngược dòng.



Hình 3.9. a) Máy nén thuận dòng ; b, c) Máy nén ngược dòng.

1 - thân máy ; 2 - xilanh ; 3 - tay biên ; 4 - pittông ; 5 - clapê hút ; 6 - clapê đẩy ;
7 - đường hút ; 8 - đường đẩy ; 9 - lò xo an toàn ; 10 - nắp xilanh ; 11 - séc măng.

Máy nén thuận dòng

Máy nén thuận dòng thường là các máy nén cỡ trung và cỡ lớn (xem thêm h3.9). Hơi môi chất đi vào ở phần giữa của xilanh (cửa 7). Khi pittông đi xuống, hơi tràn vào khoang giữa pittông rồi đi qua clapê hút tràn vào xilanh. Clapê hút bố trí ngay trên đỉnh pittông nên khi pittông đi xuống clapê hút tự động mở do quán tính. Khi pittông xuống đến điểm chết dưới, chuyển hướng đi lên để thực hiện quá trình nén và đẩy hơi nén vào buồng nén thì clapê hút lại tự động đóng lại theo lực quán tính. Các van đẩy bố trí trên nắp xilanh do đó dòng hơi không đổi hướng khi đi qua xilanh. Hơi nén đi vào buồng đẩy và qua đường đẩy 8 để vào dàn ngưng tụ. Máy nén thuận dòng thường sử dụng cho môi chất amoniắc. Do nhiệt độ cuối tầm nén cao nên đầu máy nén được làm mát bằng áo nước. Cũng do nhiệt độ cuối tầm nén cao, hơi hút về máy nén có nhiệt độ thấp, gần nhiệt độ bão hòa. Do hút hơi ở gần điểm bão hòa, hiệu nhiệt độ quá nhiệt $\Delta t_{qn} = 5 \div 10K$ nên máy dễ hút phải lỏng.

Để khắc phục hiện tượng hút phải lỏng gây va đập thủy lực nắp bố trí clapê đẩy 6 không cố định vào thân mà chỉ được giữ bằng lò xo 9 với chức năng giữ kín khoang nén đồng thời bảo đảm an toàn cho máy. Khi xảy ra va đập thủy lực, do nén phải lỏng, áp suất tăng lên đột ngột. Áp suất này thắng lực nén lò xo nắp trong mở ra cho lỏng thoát khỏi xilanh tránh gây hư hỏng máy và các chi tiết.

Máy nén thuận dòng có các ưu điểm chính là :

- Không có tổn thất thể tích do trao đổi nhiệt giữa khoang hút và khoang đẩy làm cho hơi hút bị nóng lên.
- Có khả năng tăng tiết diện clapê hút và đẩy do diện tích bố trí clapê rộng, giảm được tổn thất áp suất.
- Giảm được tổn thất tiết lưu đường hút vì clapê đóng mở do quán tính chứ không do chênh lệch áp suất.

Nhược điểm chính là :

- Khối lượng pittông lớn nên lực quán tính, lực ma sát lớn, khó tăng tốc độ vòng quay trục khuỷu. Do tốc độ bị hạn chế nên máy nén loại này rất cồng kềnh, xilanh thường cao hơn hẳn các máy ngược dòng nên thường chỉ có loại xilanh đứng, tiêu tốn vật liệu chế tạo máy cao hơn.

Máy nén ngược dòng

Máy nén ngược dòng (h 3.9b.c) ngày nay được sử dụng rất rộng rãi cho tất cả các loại môi chất lạnh đặc biệt freôn do kết cấu gọn nhẹ, tốc độ cao...

Khác biệt cơ bản với máy nén thuận dòng là clapê hút không bố trí trên đầu pittông mà cùng bố trí trên nắp xilanh. Nắp xilanh có vách ngăn chia thành hai ngăn hút và đẩy riêng biệt. Pittông của máy nén ngược dòng do đó rất đơn giản, gọn nhẹ, lực quán tính nhỏ, tốc độ có thể đạt tới 3000 vg/ph với điện tần số 50 Hz và 3600 vg/ph với điện tần số 60 Hz. Xilanh với chiều cao thấp có thể bố trí gọn trong thân máy nén, xilanh có thể bố trí hình chữ V, W hoặc VV nên tiêu tốn vật liệu giảm đến mức thấp nhất.

Nhược điểm cơ bản của máy nén ngược dòng là :

- Diện tích bố trí van hút và đẩy nhỏ do cùng phải bố trí trên nắp xilanh nên tổn thất tiết lưu lớn. Để khắc phục nhược điểm này người ta bố trí clapê hút kiểu hình vành khăn (h 3.9c) ở phía dưới nắp chung quanh đầu xilanh, để toàn bộ diện tích nắp xilanh bố trí clapê đẩy. ở loại máy nén này đường hút bố trí phía trong thân máy nén nhưng không thông với cacte.

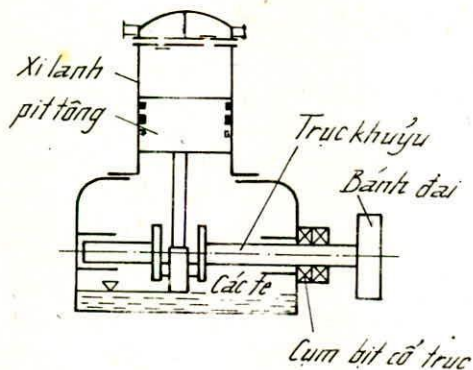
- Do khoang hút và đẩy liền nhau dẫn đến việc trao đổi nhiệt giữa hai khoang nên có tổn thất thể tích vì môi chất bị đốt nóng.

b) Máy nén hồ

Máy nén và các thiết bị lắp đặt trong vòng tuần hoàn môi chất lạnh luôn phải kín để môi chất lạnh không rò rỉ ra ngoài và không khí bên ngoài không rò lọt vào hệ thống. Chữ "hở" ở đây chỉ dùng để chỉ một đặc điểm cấu tạo của máy nén là động cơ nằm ngoài máy nén. Truyền động được truyền qua đai hoặc khớp nối, do đó cổ trục khuỷu phải có cụm bịt kín.

Định nghĩa

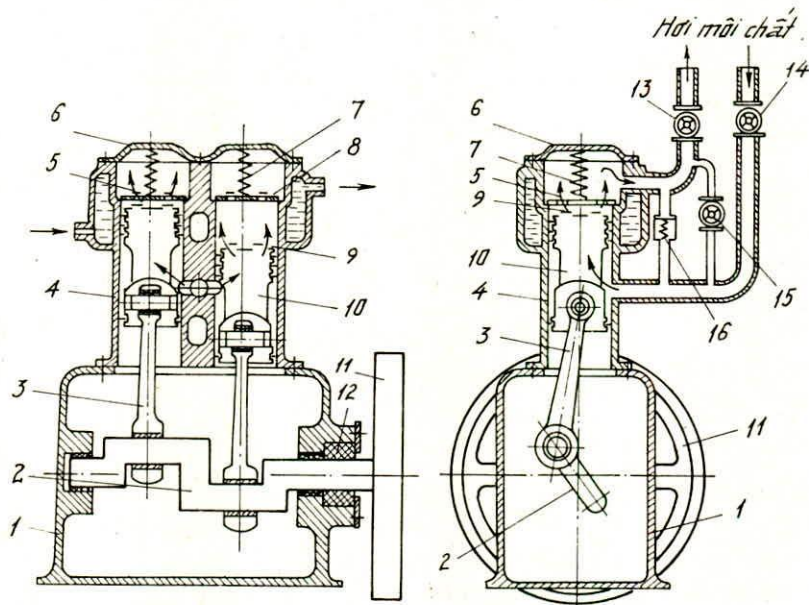
Máy nén hở là loại máy nén có đầu trục khuỷu nhô ra ngoài thân máy nén để nhận truyền động từ động cơ, nên phải có cụm bịt kín cổ trục. Cụm bịt kín có nhiệm vụ phải bịt kín khoang môi chất (cacte) trên chi tiết chuyển động quay (cổ trục khuỷu).



Hình 3.10. Nguyên tắc cấu tạo máy nén hở.

Hình 3.10 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của máy nén hở.

Hình 3.11. giới thiệu một máy nén hở 2 xilanh đứng thuận dòng dùng cho môi chất amoniác.



Hình 3.11. Máy nén hở, 2 xilanh đứng, thuận dòng môi chất NH_3

1 - thân máy ; 2 - trục khuỷu ; 3 - tay biên ; 4 - xilanh ; 5 - nắp xilanh ; 6 - nắp khoang dầu ; 7 - lỗ xo ; 8 - áo nước làm mát ; 9 - clapê hút ; 10 - pittông ; 11 - bánh đai ; 12 - cụm bịt kín cổ trục ; 13 - van chặn đầu đẩy ; 14 - van chặn đầu hút ; 15 - van khởi động ; 16 - van an toàn.

Để giữ kín khoang môi chất trong cacte máy nén cần phải có cụm bịt kín cổ trục trên trục quay. Đây là vấn đề nan giải nhưng ngày nay với trình độ kỹ thuật cao người ta đã giải quyết vấn đề này một cách rất cơ bản. Lượng môi chất thất thoát qua cụm bịt kín cổ trục đối với các máy lớn chỉ còn $10 \div 15$ gam/ngày. Các loại máy nén này có công suất trung bình và lớn nên thường được bố trí thêm van an toàn 16 và van giảm tải 15. Khi khởi động, đóng 2 van 13 và 14, mở van 15 nối thông đường đẩy và đường hút, giảm tải cho máy nén. Khi đó động cơ máy nén chỉ làm nhiệm vụ thắng lực ma sát và quán tính. Khi máy nén đã chạy ổn định, mở van 13 đồng thời đóng van 15 sau đó từ từ mở van 14 và đưa máy nén vào vận hành. Nếu đầu đẩy

quá cao, van an toàn 16 mở xả bớt hơi về phía hạ áp. Bánh đai 11 không những làm nhiệm vụ truyền động mà còn làm nhiệm vụ của một bánh đã giúp pittông vượt qua các điểm chết.

Ưu điểm :

- Có thể điều chỉnh vô cấp năng suất lạnh nhờ điều chỉnh vô cấp tỷ số đai truyền.
- Bảo dưỡng, sửa chữa dễ dàng, tuổi thọ cao.
- Dễ gia công các chi tiết thay thế hoặc chế tạo toàn bộ vì công nghệ chế tạo đơn giản.
- Có thể sử dụng động cơ điện, xăng, diesel để truyền động máy nén thuận tiện cho những nơi không có điện hoặc dùng lắp đặt cho các phương tiện giao thông.

Nhược điểm :

- Tốc độ thấp, vòng quay nhỏ nên máy nén rất khổng lồ, chi phí vật liệu cho một đơn vị lạnh cao.
- Dễ rò rỉ môi chất lạnh qua cụm bít kín cổ trục.

Do công nghệ chế tạo đơn giản nên Bộ Cơ khí luyện kim đã thiết kế chế tạo thành công nhiều máy nén lạnh kiểu này ngay từ 1971. Nhà máy chế tạo thiết bị lạnh Long Biên cũng đã chế tạo hàng loạt máy nén cùng loại (xem bảng 3.4).

BẢNG 3.4. Máy nén lạnh chế tạo trong nước

Tên gọi	Đơn vị	Thông số kỹ thuật								
Đơn vị sản xuất		Nhà máy cơ khí Long Biên Hà Nội							Nhà máy cơ khí Duyên Hải Hải Phòng	
Kí hiệu máy nén		6AW95	2AT80	4AV80	2AT150	4AV95	2AT125	8AW130	2A8	2A15
Số lượng xilanh	Chiếc	6	2	4	2	4	2	8	2	2
Đường kính xilanh	mm	95	80	80	150	95	125	130	80	150
Hành trình pittông	mm	76	70	70	140	70	110	100	70	140
Năng suất lạnh	kW	87	12	34,9	58,1	52,3	30,2	291	13,0	58,1
tiêu chuẩn	kcal/h	75.000	10.000	30.000	50.000	45.000	26.000	250.000	11.000	50.000
Vòng quay trục khuỷu	vg/ph	1.000	600	960	480	960	450	1000	720	480
Công suất động cơ máy nén	kW	33	7	20	28	22	14	110	7	28
Công suất động cơ bơm nước	kW	2,8	1,7	2,8	2,8	2,8	1,7	-	1,7	2,8
Điện áp	V	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	380/660	220/380	220/380
Tốc độ ; tần số	vg/ph : Hz	1440;50	1440;50	1440;50	1440;50	1400;50	1440;50	1440;50	1440;50	1440;50
Khối lượng nạp NH ₃	kg	-	50	-	-	75	75	-	50	-
Dầu bôi trơn	Kí hiệu	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA
Khối lượng dầu bôi trơn	kg	-	6	-	-	12	12	-	6	-
Năng suất làm đá	tấn/24h	7,5	1	3,5	5	3	3	25	1	5
Năng suất kem	Que/ngày đêm	-	8-10000	-	-	-	25.000	-	12.000	-
Khối lượng thực phẩm bảo quản	tấn/ngày	30	5	15	20	10	10	-	5	20
Thể tích hút lý thuyết V _{lt}	m ³ /h	194,0	25,3	81,1	142,5	114,3	72,9	637,1	30,4	142,5

Hình 3.12 giới thiệu mặt cắt máy nén MYCOM loại nhiều xilanh của Nhật. Các thông số kỹ thuật của máy nén MYCOM giới thiệu trong bảng 3.2a,b,c

Hình 3.13 giới thiệu máy nén lạnh loại hồ 6AW95 của nhà máy chế tạo thiết bị lạnh Long Biên Hà nội, chế tạo theo mẫu máy MYCOM N6WA, có cấu tạo bên trong giống hình 3.12.

c) Máy nén nửa kín

Một trong những nhược điểm cơ bản của máy nén hồ là cụm bít kín cổ trục vì cụm chi tiết này dễ hỏng hóc, mau mòn, yêu cầu vận hành bảo dưỡng sửa chữa cao, và đây cũng là vị trí dễ rò rỉ môi chất nhất. Đối với các máy nén lớn, tiêu chuẩn CHDC Đức cũ cho phép rò rỉ mỗi ngày đến 56 gam môi chất lạnh. Để khắc phục nhược điểm này người ta đã tìm cách đưa động cơ vào trong vỏ máy nén gọi là máy nén nửa kín. Như vậy không cần cụm bít kín ở cổ trục quay mà chỉ cần đệm kín ở nắp sau của động cơ. Việc làm kín khoang môi chất trở nên rất đơn giản và tin cậy.

Định nghĩa : Máy nén nửa kín là loại máy nén có động cơ lắp chung trong vỏ máy nén. Đệm kín khoang môi chất là đệm tĩnh điện đặt trên bích nắp sau động cơ, siết chặt bằng bulông.

Hình 3.14 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo máy nén nửa kín.

Ưu điểm :

- Loại trừ được nguy cơ hỏng hóc và sự rò rỉ của cụm bít kín cổ trục ở máy nén hồ. Máy nén gần như kín môi chất lạnh.

- Gọn nhẹ hơn, diện tích lắp đặt nhỏ hơn.

- Không có tổn thất truyền động do trục khuỷu

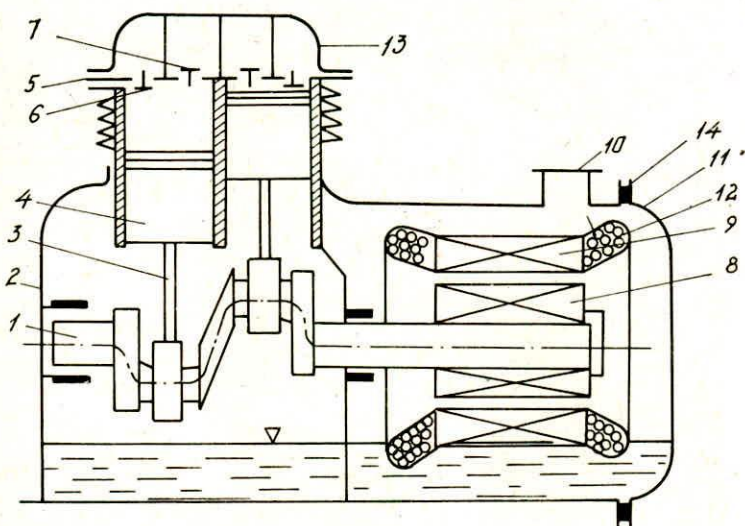
máy nén gắn trực tiếp lên trục động cơ, tốc độ vòng quay có thể đạt 3600vg/ph nên năng suất lạnh lớn mà máy nén vẫn gọn nhẹ.

Nhược điểm :

- Chỉ sử dụng được cho các môi chất lạnh không dẫn điện và không ăn mòn đồng như freon.

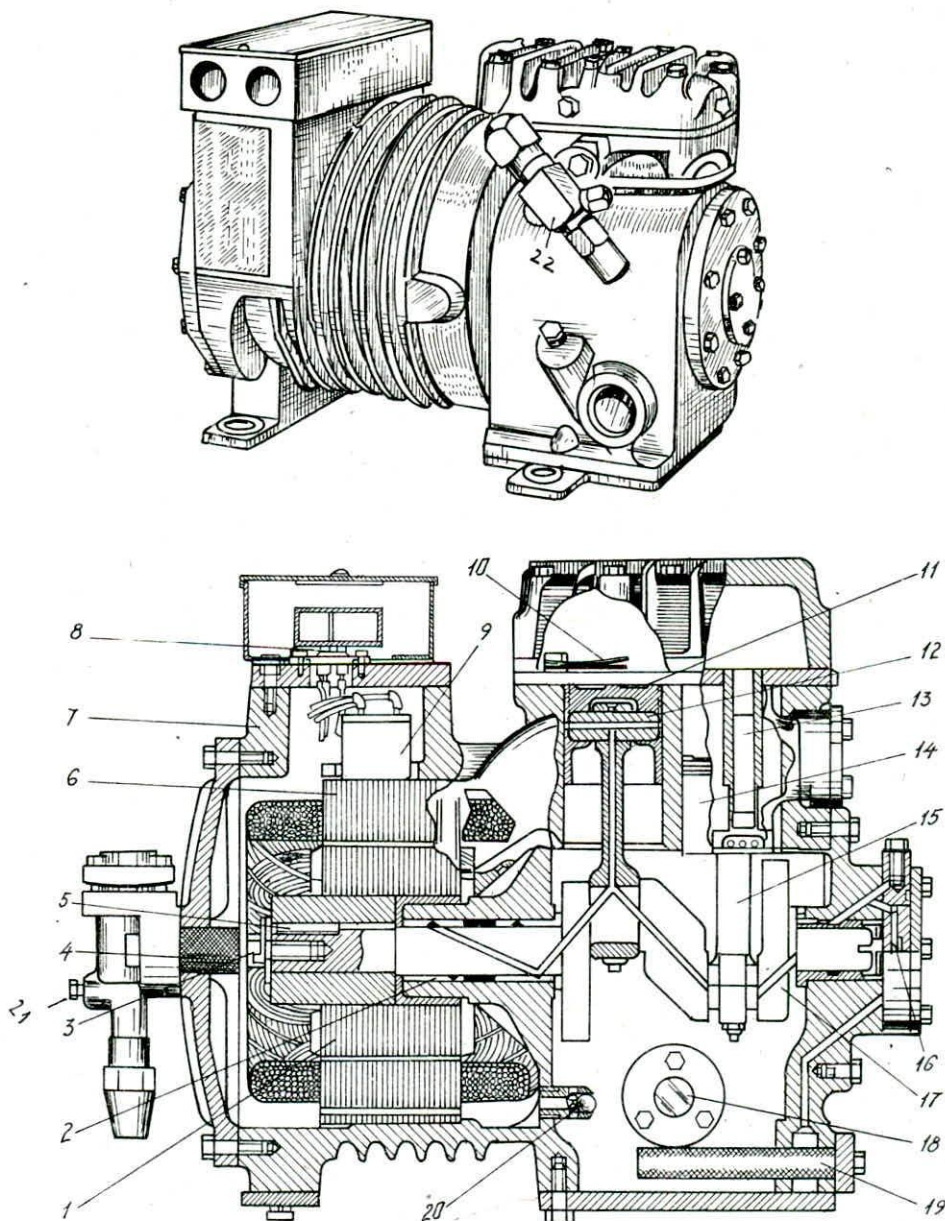
Không sử dụng được cho amoniác vì amoniác dẫn điện và ăn mòn đồng vật liệu làm dây quấn động cơ.

- Khó điều chỉnh được năng suất lạnh vì không có puli điều chỉnh vô cấp. Chỉ có thể điều chỉnh tốc độ động cơ qua thay đổi số cấp cực rất hạn chế và khó thực hiện.



Hình 3.14. Nguyên tắc cấu tạo máy nén nửa kín.

- 1 - trục khuỷu ; 2 - thân máy ; 3 - tay biên ; 4 - pittông ;
5 - nắp trong ; 6 - van hút ; 7 - van đẩy ; 8 - rôto ;
9 - stato ; 10 - cửa hút ; 11 - nắp bích động cơ ;
12 - cuộn dây ; 13 - nắp trên xilanh ; 14 - đệm kín.



Hình 3.15. Máy nén nửa kín Copeland (Mỹ) : a) hình dáng ; b) mặt cắt

- 1 - rôto động cơ ; 2 - bạc ổ trục bằng đồng thau ; 3 - tấm hãm cố định rôto vào trục động cơ ;
 4 - phin lọc đường hút bằng lưới kim loại mịn ; 5 - then bằng rôto ; 6 - stato ; 7 - thân máy nén bằng gang đúc có thành phần niken cao ; 8 - hộp dầu điện ; 9 - thiết bị bảo vệ động cơ lắp trong vỏ máy ;
 10 - van dây (lá van chế tạo bằng thép Thụy Điển với quá trình xử lý đặc biệt đảm bảo làm việc lâu bền) ;
 11 - van hút (lá van chế tạo bằng thép Thụy Điển đảm bảo tuổi thọ cao nhất) ;
 12 - séc măng được tôi và xử lý đặc biệt ; 13 - van 1 chiều kiểu Venturi tránh dầu chảy ngược ;
 14 - pittông bằng gang mịn ; 15 - tay biên bằng nhôm có rãnh dầu bên trong ;
 16 - bơm dầu bánh răng ; 17 - trục khuỷu bằng gang hợp kim cường độ cao ;
 18 - kính quan sát dầu ; 19 - phin lọc dầu bằng lưới kim loại mịn ; 20 - van 1 chiều đường dầu ;
 21 - Van tap vụ dầu hút ; 22 - Van tap vụ dầu đẩy.

- Khó bảo dưỡng sửa chữa động cơ do động cơ nằm trong vòng tuần hoàn môi chất lạnh.

- Mỗi lần động cơ cháy, toàn bộ hệ thống sẽ bị nhiễm bẩn nặng nề, đòi hỏi phải tẩy rửa rất cẩn thận. Ngược lại, đối với máy nén hờ chỉ cần thay thế động cơ tiêu chuẩn cùng loại rất dễ dàng.

- Độ quá nhiệt hơi hút cao vì thường sử dụng hơi hút làm mát động cơ và máy nén.

- Để khắc phục 2 nhược điểm trên, người ta bố trí vách ngăn kín giữa động cơ và máy nén và không dùng hơi hút làm mát nhưng như vậy khó làm mát động cơ hơn.

Trước đây, máy nén nửa kín chỉ được chế tạo cho năng suất lạnh trung bình và nhỏ nhưng ngày nay người ta đã chế tạo các máy nén nửa kín có năng suất lạnh lớn và rất lớn. Do tốc độ làm việc của các chi tiết cao hơn hẳn so với máy nén hờ nên công nghệ chế tạo máy đòi hỏi cũng cao hơn. Bảng 3.5 giới thiệu và so sánh các đặc điểm chung của 3 loại máy nén hờ, nửa kín và kín. Hình 3.15 giới thiệu hình dáng và mặt cắt một máy nén nửa kín Copeland (Mỹ).

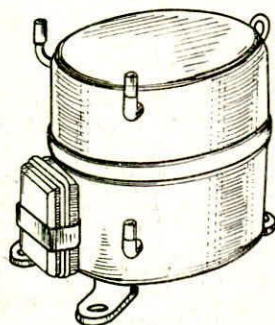
Máy nén nửa kín được sử dụng rộng rãi trong các tổ hợp máy nén bình ngưng hoặc tổ hợp lạnh hoàn chỉnh, công suất vừa và lớn có khi rất lớn cho rất nhiều ứng dụng khác nhau như kho lạnh, điều hòa cục bộ và trung tâm, môi chất freon.

d) Máy nén kín

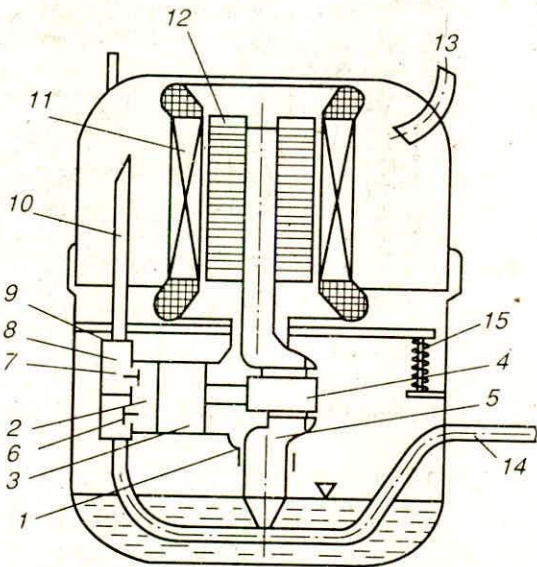
Các loại thiết bị lạnh nhỏ và rất nhỏ như tủ lạnh gia đình, thương nghiệp, máy điều hòa nhiệt độ phòng yêu cầu năng suất lạnh rất nhỏ có khi chưa đến 100W. Lượng gas nạp cũng rất nhỏ, chỉ cần rò rỉ mười gam máy đã làm việc kém hiệu quả. Đối với các loại máy này việc đặt máy nén và động cơ trong một vỏ hàn kín có thể đảm bảo độ kín tuyệt đối hơn nữa máy lại gọn nhẹ, dễ lắp đặt bố trí hơn nhiều. Chính vì lý do đó các nhà chế tạo đã sáng chế ra máy nén kín, thành một khối máy nén động cơ hoàn chỉnh ta thường gọi tắt là lốc. Hình 3.16 giới thiệu hình dáng 1 lốc tủ lạnh gia đình.

Định nghĩa : Máy nén kín (lốc) là máy nén và động cơ điện được bố trí trong một vỏ máy bằng thép hàn kín.

Hình 3.17. Giới thiệu nguyên lý cấu tạo máy nén kín.



Hình 3.16. Hình dáng bên ngoài 1 lốc tủ lạnh.



Hình 3.17. Nguyên lý cấu tạo máy nén kín
1 - thân máy nén ; 2 - xilanh ; 3 - pittông ;
4 - tay biên ; 5 - trục khuỷu ; 6 - van đẩy ;
7 - van hút ; 8 - nắp trong ; 9 - nắp ngoài xilanh ;
10 - ống hút ; 11 - stato ; 12 - rôto ;
13 - ống hút của lốc ; 14 - ống đẩy.

- Toàn bộ máy nén, động cơ được đặt trên 3 lò xo giảm rung trong vỏ máy, vỏ máy được hàn kín nên hầu như không ồn.

- Trục động cơ và máy nén lắp liền nên có thể đạt tốc độ tối đa 3600 vg/ph (60 Hz) do đó máy nén rất gọn nhẹ, tốn ít diện tích lắp đặt.

- Bôi trơn : đối với các máy nén có trục đặt đứng người ta bố trí các rãnh dầu xoắn quanh trục với đường thông qua tâm trục xuống đáy để hút dầu. Khi trục quay, dầu được hút lên nhờ lực ly tâm và được đưa đến các vị trí cần bôi trơn. Nhất thiết trục chỉ được quay theo 1 hướng nhất định, nếu quay ngược lại dầu sẽ không lên được. Phần lớn các lốc sử dụng động cơ 1 pha nên chiều quay đã được cố định qua cuộn khởi động. Một số lốc lớn, công suất 2,5 kW trở lên thường sử dụng động cơ 3 pha. Đối với các lốc này, các đầu dây đã được đánh dấu để đảm bảo chiều quay đúng của trục. Nếu lắp nhầm, trục quay sai chiều, dầu không lên máy nén sẽ bị hỏng ngay sau một thời gian chạy rất ngắn. Các lốc có trục nằm ngang (lốc ngang) nhất thiết phải có bơm dầu bôi trơn (thí dụ các loại tủ lạnh Nga).

- Làm mát máy nén : máy nén chủ yếu được làm mát bằng hơi môi chất lạnh hút từ dàn bay hơi về. Ngoài ra, dầu bôi trơn sau khi bôi trơn các chi tiết nóng lên sẽ được văng ra vỏ, dầu truyền nhiệt cho vỏ để thải trực tiếp cho không khí đối lưu tự nhiên bên ngoài. Người ta còn sơn vỏ màu đen để vỏ bức xạ nhiệt ra môi trường bên ngoài. Một số lốc còn bố trí một vài vòng ống xoắn làm mát máy nén gián tiếp qua làm mát dầu. Hơi nóng sau khi được làm mát ở dàn ngưng tụ sẽ được đưa trở lại qua vòng ống xoắn làm mát dầu sau đó đưa trở lại dàn ngưng tụ.

Hình 3.18 giới thiệu máy nén kín loại CL của TECUMSEH (Mỹ), 2 xilanh, năng suất lạnh $10,5 \div 21$ kW.

Ưu điểm :

- Hoàn toàn kín môi chất lạnh do vỏ được hàn kín,
- Không có tổn thất truyền động do trục động cơ liền với trục máy nén,
- Có thể đạt tốc độ cao nhất 3600 vg/ph ở lưới điện 60 Hz,
- Gọn nhẹ, hiệu suất cao, dễ lắp đặt.

Nhược điểm :

- Chỉ sử dụng được cho freôn không dẫn điện, không sử dụng được cho amoniác, vì amoniác dẫn điện, hơn nữa amoniác còn ăn mòn đồng làm dây quấn động cơ.

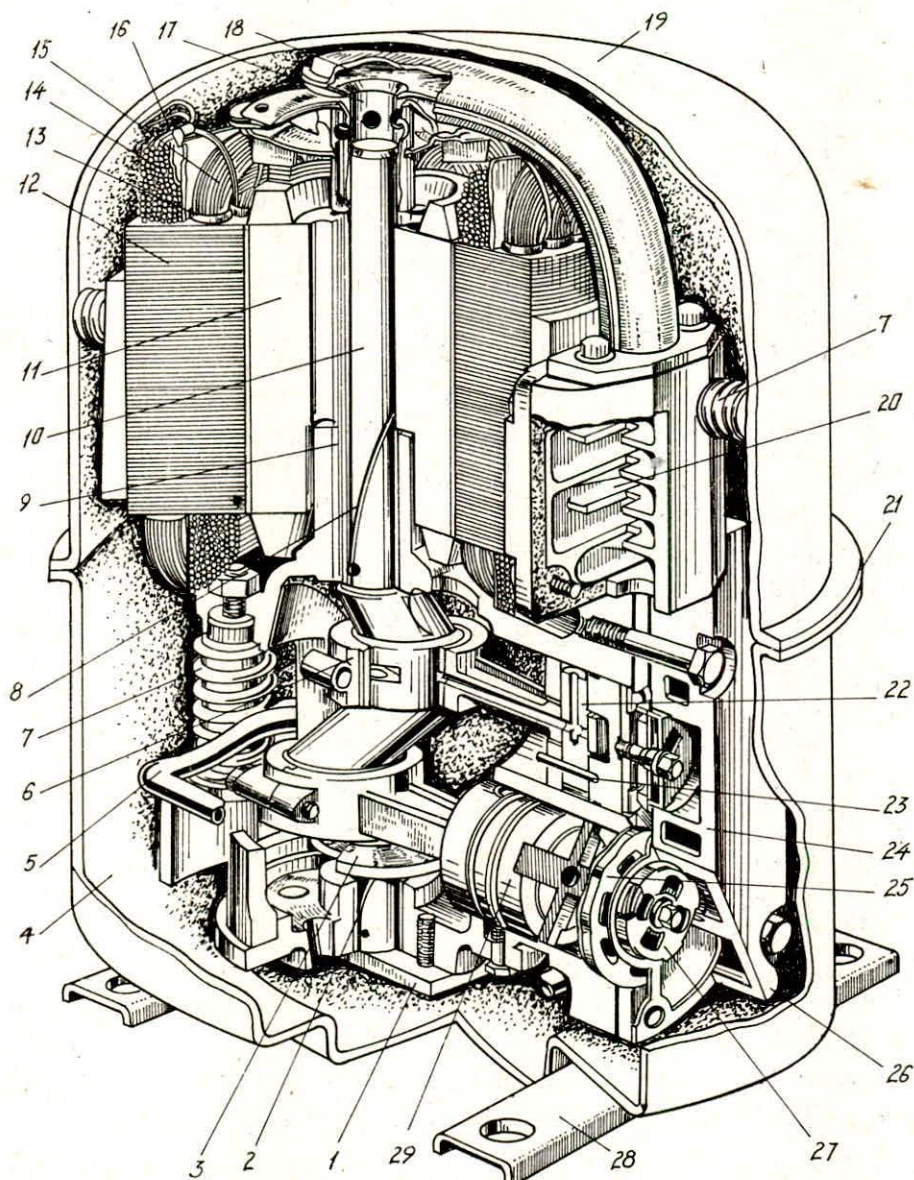
- Chỉ thay đổi năng suất lạnh qua thay đổi số cặp cực rất khó khăn, tuy nhiên do năng suất lạnh và công suất động cơ nhỏ nên có thể áp dụng phương pháp ngắt máy nén khá đơn giản.

- Năng suất lạnh nhỏ, rất nhỏ ; rất ít máy nén cỡ trung được chế tạo theo kiểu kín.

- Độ quá nhiệt hơi hút cao vì hơi hút phải làm mát động cơ.

- Toàn bộ hệ thống bị nhiễm bẩn sau mỗi lần động cơ bị cháy. Phải làm sạch cẩn thận.

- Công nghệ gia công đòi hỏi khắt khe.



Hình 3.18. Hình cắt không gian máy nén kín CL của TECUMSEH (Mỹ)

- 1 - tấm bệ ; 2 - ổ đỡ dưới ; 3 - cánh tế dầu ; 4 - cacte ; 5 - ống đẩy ; 6 - tay biên ;
 7 - lò xo đỡ ; 8 - rãnh hút dầu ; 9 - ổ đỡ chính phía trên ; 10 - trục khuỷu ;
 11 - rôto ; 12 - stato ; 13 - đệm cách điện ; 14 - cuộn dây chính của động cơ ;
 15 - cuộn dây khởi động của động cơ ; 16 - Bộ bảo vệ quá nhiệt bên trong động cơ ;
 17 - đĩa li tâm để phòng xilanh hút phải lỏng ; 18 - ống hút trong ; 19 - vỏ máy nén ;
 20 - ống giảm âm đường hút ; 21 - gờ hàn ; 22 - chốt pittông ; 23 - chốt định vị ;
 24 - nắp khoang hút ; 25 - van hút ; 26 - nắp xilanh ; 27 - cụm van đẩy ;
 28 - giá cố định máy nén ; 29 - Pittông.

Bảng 3.5. tập hợp các đặc điểm cơ bản của máy nén hở, kín và nửa kín

BẢNG 3.5. Các đặc điểm cơ bản của máy nén hở, kín, nửa kín.

Đặc điểm	Máy nén hở	Máy nén nửa kín	Máy nén kín
Đặc điểm cấu tạo và khả năng giữ kín khoang môi chất	Trục cơ thò ra khỏi thân máy, có đệm kín cổ trục, đệm kín ở chi tiết chuyển động quay, để rò rỉ môi chất.	Động cơ lắp chung trong vỏ máy nén, đệm kín trên mặt bích tĩnh nên việc giữ kín dễ dàng hơn	Động cơ và máy nén đặt trong vỏ hàn kín, tuyệt đối kín
Năng suất lạnh	Trung bình, lớn và rất lớn	Nhỏ, trung bình và lớn công suất động cơ $\leq 30\text{kW}$	Nhỏ, rất nhỏ, (trung bình)
Khả năng bảo dưỡng, sửa chữa	Dễ	Khó	Rất khó
Môi chất	Sử dụng được cho tất cả các loại môi chất	Chỉ sử dụng cho môi chất không dẫn điện freon, không sử dụng cho amoniắc hơn nữa amoniắc ăn mòn dây quấn động cơ bằng đồng.	
Đặc điểm tốc độ	Chậm	Có thể đạt tốc độ tối đa 3600 vg/ph	
Tổn thất truyền động	Có tổn thất qua đai hoặc khớp	Không có tổn thất truyền động	
Khả năng điều chỉnh tốc độ	Vô cấp qua bánh đai	Hạn chế qua thay đổi số cấp cực	
Yêu cầu độ bền chi tiết và công nghệ gia công	Vừa phải (do các chi tiết làm việc với tốc độ chậm nên vật liệu và công nghệ gia công không yêu cầu khắt khe)	Cao (các lá van và các chi tiết làm việc với tốc độ lớn, tải thay đổi nhanh nên vật liệu và công nghệ gia công đòi hỏi khắt khe)	

Các hình 3.19 ÷ 3.20 giới thiệu một số máy nén kín dùng cho máy điều hòa nhiệt độ của hãng TECUMSEH Mỹ. Một số thông số kỹ thuật cơ bản của máy nén kín của Mỹ, Đức, Nhật, Liên Xô cũ, Ba Lan... cho ở tài liệu [5]. Tủ lạnh, máy kem, máy đá, máy điều hòa nhiệt độ.

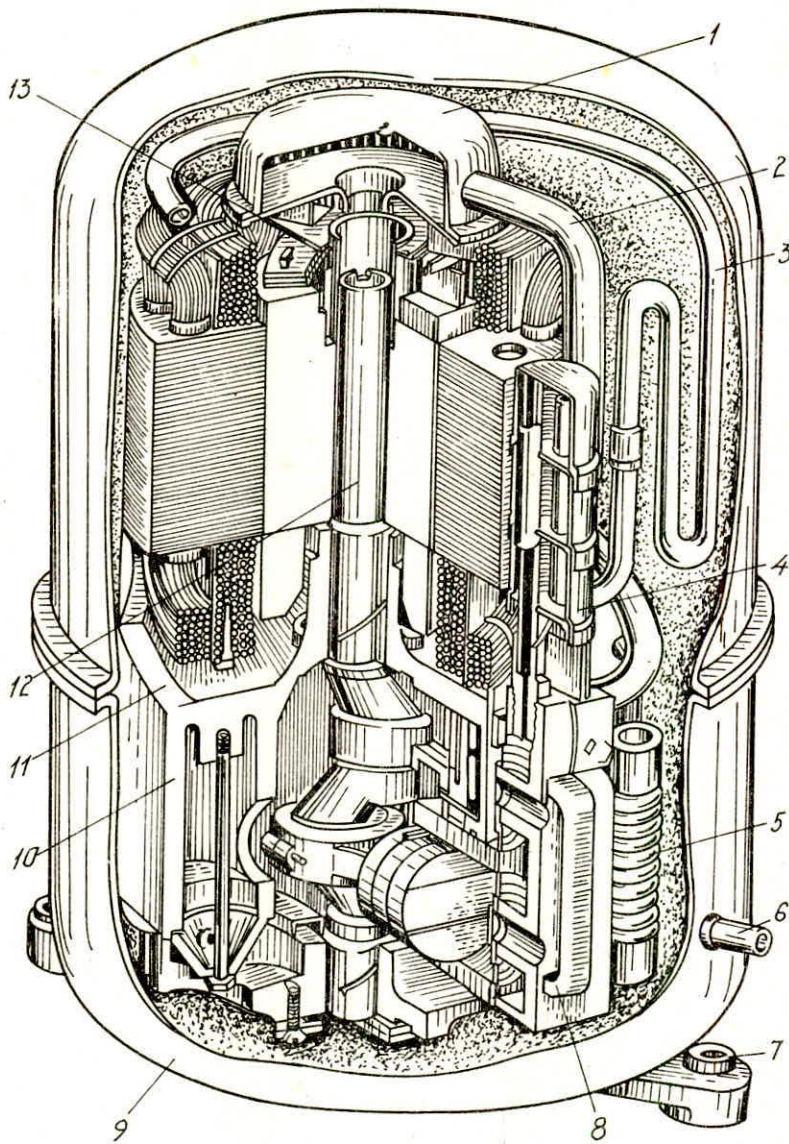
3.3.3. Chi tiết máy nén pittông trượt

So với các máy nén khác, máy nén pittông trượt là loại có nhiều chi tiết nhất. Số lượng các chi tiết mài mòn, dễ hỏng hóc, mau phải thay thế cũng vào loại nhiều nhất. Tuy vậy, các chi tiết này đều dễ chế tạo và đòi hỏi công nghệ chế tạo cũng như vật liệu không khắt khe phù hợp với điều kiện sản xuất chế tạo trong nước. Sau đây là các chi tiết chính của máy nén pittông trượt.

a) Thân máy

Thân máy còn gọi là cacte hoặc bloc cacte là chi tiết chính để lắp ráp tất cả các chi tiết còn lại với nhau thành tổ hợp máy nén hoàn chỉnh. Hình 3.21 giới thiệu thân máy nén MYCOM 8 xilanh.

Thân máy nén thường đúc bằng gang xám nhưng cũng có loại thân máy đúc bằng kim loại nhẹ độ mịn tinh thể cao, có thấm sơn chống rò rỉ. Cá biệt có thân máy nén làm bằng kết cấu thép hàn. Trên thân máy có nhiều lỗ phải gia công cơ khí chính xác để lắp ráp trục khuỷu, xilanh, bơm dầu, ổ đỡ trục, cụm bít cổ trục... Hai bên thân



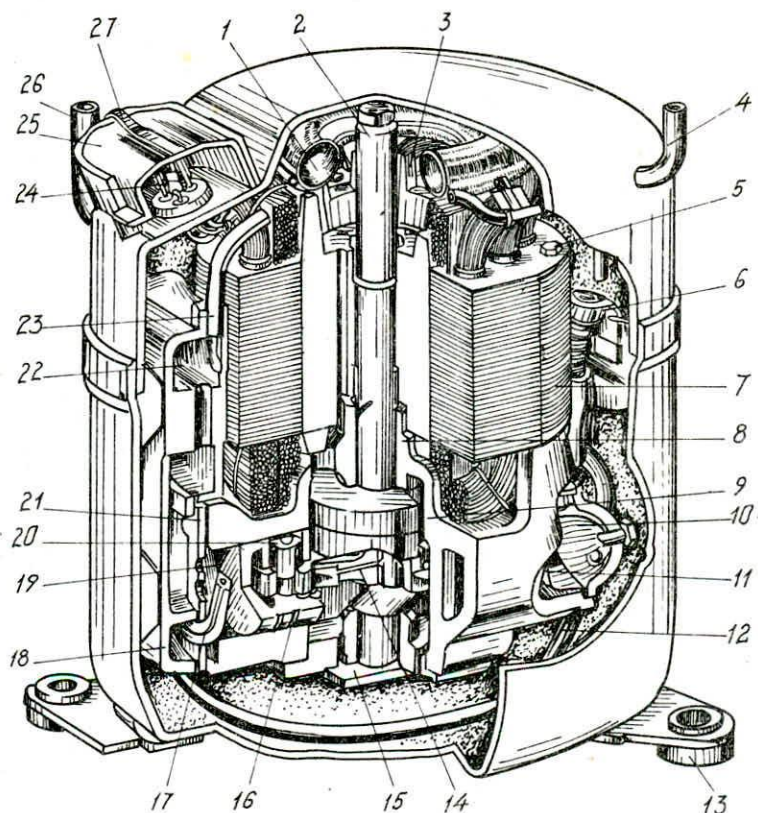
Hình 3.19. Máy nén kiểu AH (TECUMSEH - Mỹ).

- 2 pittông, động cơ 2 - 3 mã lực, năng suất lạnh 18.300 - 39.900 BTU/h chế độ điều hòa
 1 - bầu góp hơi ; 2 - ống hút ; 3 - ống đẩy chống rung ; 4 - tiêu âm đường đẩy ;
 5 - lò xo chống rung ; 6 - ống đẩy ; 7 - đệm chống rung ; 8 - nắp xilanh ; 9 - vỏ máy ;
 10 - tiêu âm đường hút ; 11 - thân máy nén ; 12 - đầu trục ; 13 - vòng ly tâm tránh hút phải lỏng.

có cửa công nghệ dùng để tháo lắp trục khuỷu, tay biên, pittông, căn chỉnh các chi tiết, sửa chữa, bảo dưỡng.

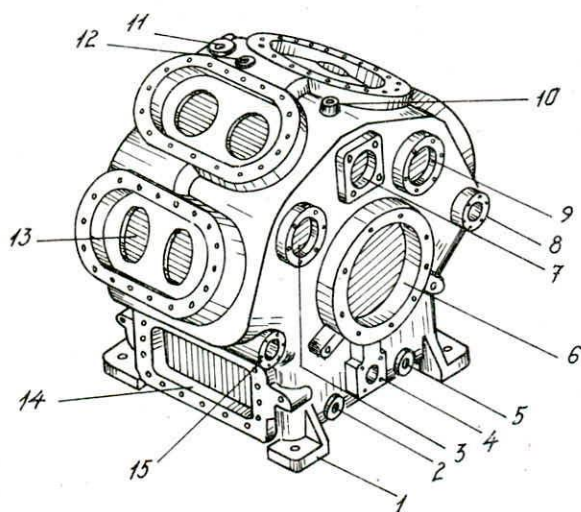
Nhiều thân máy có xilanh đúc liền, nhưng phần lớn là đúc rời, sơmi xilanh là chi tiết riêng biệt. Khoang hút bao bọc gần như toàn bộ thân xilanh nhưng không thông với cacte. Đường đẩy máy nén được dẫn ra khỏi máy nén ra khỏi máy bằng con đường ngắn nhất để máy nén không bị nung nóng bởi hơi môi chất đẩy.

Các vị trí gia công cơ khí trên máy nén đòi hỏi phải có độ chính xác cao để đảm bảo sự làm việc tốt của máy nén như độ vuông góc và đồng tâm của các lỗ lắp xilanh, trục khuỷu tương ứng.



Hình 3.20. Máy nén kiểu AJ hãng TECUMSEH (Mỹ)

- 1 - vòng tiêu âm đường hút ; 2 - trục khuỷu ; 3 - roto ; 4 - đầu nạp gas ; 5 - bulông cố định stato vào thân máy nén ; 6 - lò xo chống rung và để treo máy nén ; 7 - stato ; 8 - ổ trượt ; 9 - thân máy nén ; 10 - buồng tiêu âm đường đẩy ; 11 - vách ngăn ; 12 - ống đẩy ; 13 - vòng cao su giảm chấn ; 14 - tay biên ; 15 - gối đỡ ; 16 - pittông ; 17 - van đẩy ; 18 - nắp xilanh ; 19 - van hút ; 20 - chốt pittông ; 21 - đế van ; 22 - buồng tiêu âm đường hút ; 23 - ống hút ; 24 - cọc tiếp điện ; 25 - nắp bảo vệ cọc tiếp điện và rôlê bảo vệ ; 26 - ống hút ; 27 - tấm lò xo hãm nắp bảo vệ.



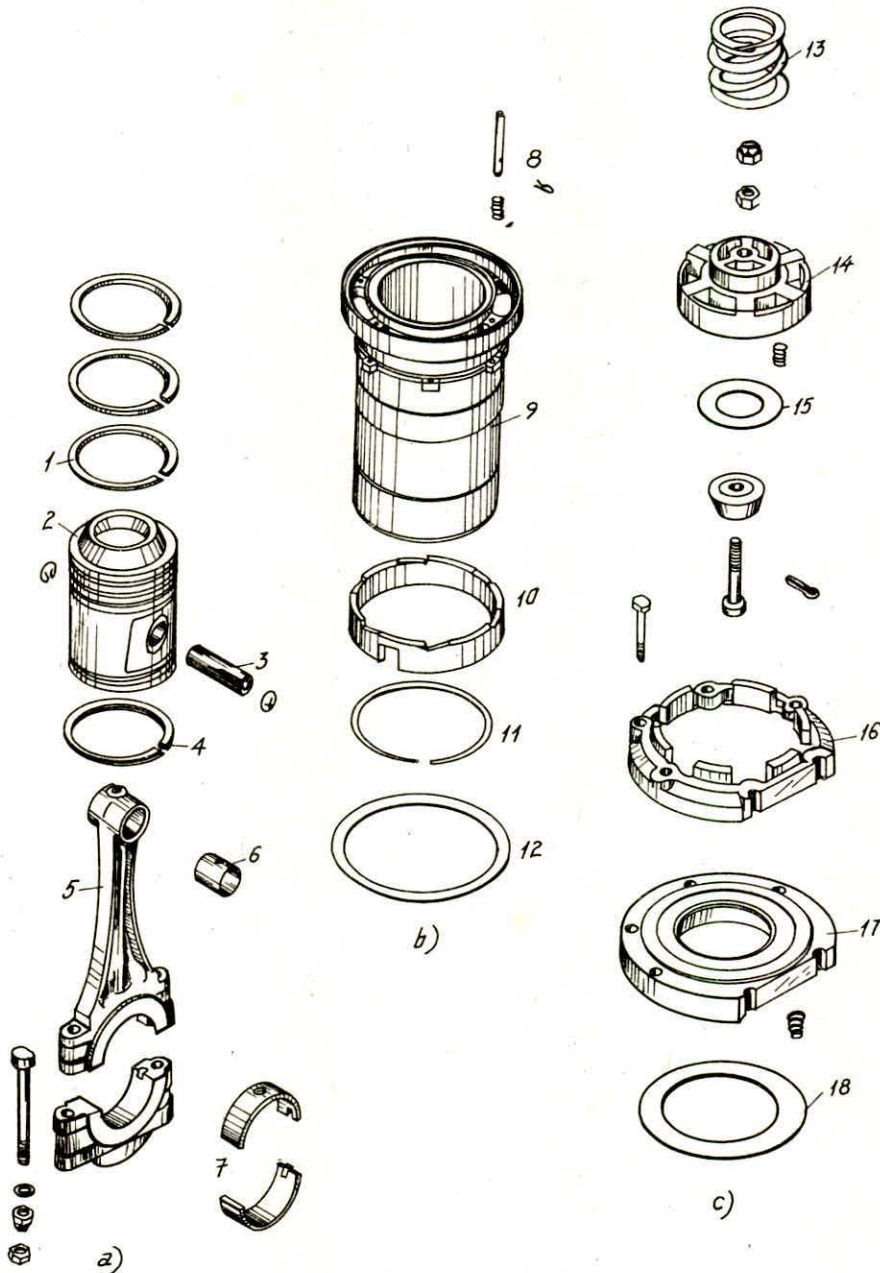
Hình 3.21

Thân máy nén 8 xilanh bằng gang đúc

- 1- chân bulông ; 2 - lỗ lắp van nạp, xả dầu ; 3 - ổ lắp lưới lọc đường hút ; 4 - ổ lắp lưới lọc dầu ; 5 - lỗ xả dầu ; 6 - ổ lắp trục khuỷu ; 7 - cửa nối đường hút ; 8 - ổ lắp bộ điều chỉnh năng suất lạnh ; 9 - ổ lắp lưới lọc đường hút ; 10 - ổ lắp tại cầu vận chuyển ; 11 - ổ nắp van an toàn ; 12 - ổ công nghệ ; 13 - ổ lắp xilanh ; 14 - cửa thao tác lắp trục khuỷu ; 15 - ổ lắp đường dầu.

b) Xilanh

Xilanh là một chi tiết hình trụ để pittông chuyển động lên xuống thực hiện quá trình hút, nén, đẩy môi chất lạnh, do đó xilanh là một chi tiết quan trọng và được gia công rất chính xác và được làm bằng vật liệu chịu mài mòn cao. Xilanh thường được đúc bằng gang chất lượng cao và được gia công chính xác sau khi xử lý nhiệt.



Hình 3.22. Hình vẽ khai triển cụm pittông, xilanh, van đẩy hút (MYCOM)

a) cụm pittông tay biên ; b) cụm xilanh ; c) cụm nắp xilanh van đẩy - van hút.

- 1 - séc măng hơi ; 2 - pittông ; 3 - chốt pittông và lò xo hãm ; 4 - séc măng dầu ; 5 - tay biên và ống dẫn dầu ; 6 - bạc chốt pittông ; 7 - bạc cổ trục ; 8 - chống nâng lò xo và chốt hãm ; 9 - Xilanh ; 10 - vòng cam bạc trái và bạc phải ; 11 - vòng hãm ; 12 - vòng đệm. 13 - lò xo chính - lò xo an toàn ; 14 - lồng van xả ; 15 - lá van xả ; 16 - vành dẫn hướng lồng van xả ; 17 - đế van ; 18 - lá van hút.

Đối với máy nén ngược dòng (hình 3.22b) van hút và đẩy được bố trí trên nắp xilanh. Để tăng tiết diện van hút và đẩy người ta bố trí van đẩy trên nắp xilanh còn van hút trên vành ngoài bố trí xung quanh xilanh.

Máy nén amoniác và các máy nén R22 công nghiệp được làm mát bằng nước trên nắp xilanh hoặc đầu xilanh.

Các loại máy nén freôn nhỏ được làm mát trực tiếp bằng không khí qua cánh tản nhiệt đặt trên đầu xilanh hoặc làm mát bằng môi chất lạnh hút về từ dàn bay hơi.

c) Pittông, séc măng

Pittông trượt (hình 3.22a) có dạng hình trụ, chuyển động tịnh tiến qua lại trong xilanh thực hiện quá trình hút, nén và đẩy môi chất.

Pittông của máy nén thuận dòng rất lớn và nặng nề vì van hút bố trí trên đỉnh. Pittông của máy nén ngược dòng đơn giản hơn nhiều. Mỗi pittông thường có 3 séc măng hơi để giữ hơi môi chất có áp suất cao trong quá trình nén và đẩy không rò rỉ trở lại khoang có áp suất thấp. Ngoài ra pittông còn có 1 séc măng dầu để quét đều dầu bôi trơn trên bề mặt ma sát của xilanh.

Pittông đường kính dưới 50mm thường không bố trí séc măng mà chỉ xẻ rãnh chung quanh đầu pittông để giữ dầu và làm kín khoang nén. Các pittông này đòi hỏi độ chính xác cao hơn khi gia công.

Pittông thường được đúc bằng gang xám hoặc hợp kim nhôm. Để tránh mài mòn nhanh, tốc độ trung bình của pittông không được vượt quá tốc độ $4 \div 4,5$ m/s. Tốc độ trung bình có thể xác định theo công thức.

$$C_{tb} = 2.s.n, \text{ m/s} \quad (3.12)$$

s - hành trình pittông, m ;

n - số vòng quay trục khuỷu, vg/s.

Các máy nén nhỏ có hành trình pittông nhỏ nên tốc độ vòng quay có thể đạt rất lớn. Tốc độ trung bình này chỉ đặc biệt lưu ý đối với các máy nén lớn. Cũng chính vì lý do này nên các máy nén lớn người ta cố gắng giảm hành trình pittông.

Bề mặt ngoài của pittông do phải di chuyển qua lại với tốc độ cao trong xilanh nên đòi hỏi độ chính xác và độ bóng cao. Pittông được nối với tay biên qua chốt pittông. Lỗ tay biên có bạc lót và được bôi trơn nhờ ống dầu dẫn từ trục khuỷu qua bạc lót cổ trục, qua thân tay biên lên đến bạc lót chốt pittông. Hai đầu chốt pittông có lò xo hãm để chốt không chuyển động theo chiều trục.

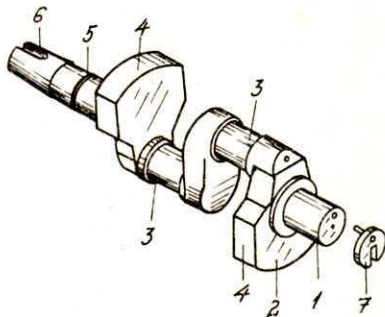
d) Tay biên

Tay biên (hình 3.22a - chi tiết 5) là chi tiết nối giữa pittông và trục khuỷu để biến chuyển động quay của trục thành chuyển động tịnh tiến của pittông trong xilanh. Tay biên làm việc với lực tải thay đổi nhanh, cần có độ dẻo cao nên thường được chế tạo bằng thép rèn, đôi khi bằng đồng hoặc hợp kim nhôm để tránh nặng nề khó tăng tốc độ.

Các lỗ lắp chốt pittông và cổ trục đều có bạc và được bôi trơn đảm bảo nhờ các lỗ dẫn dầu và rãnh dẫn dầu trực tiếp từ tâm trục khuỷu đến. Ở các máy nén nhỏ dùng trục lệch tâm, lỗ dưới của tay biên rất lớn để lắp ráp. Ở các máy nén dùng trục khuỷu, lỗ dưới gồm 2 nửa ổ quanh cổ trục và bắt chặt bằng bulông. Giữa 2 nửa ổ có các tấm điều chỉnh để khi lắp hợp kim babit bị mòn, có thể rút bớt các tấm đệm ra để giữ khe hở cần thiết giữa trục và bề mặt trong của ổ.

e) Trục khuỷu

Trục khuỷu là một trong những chi tiết quan trọng nhất của máy nén. Trục phải có độ bền cơ học cao, cứng vững và khó mài mòn. Khác với trục khuỷu của các máy nổ, động cơ diesel có nhiều khuỷu, trục khuỷu của máy nén lạnh 2 hoặc nhiều xilanh chỉ có 2 khuỷu. Số tay biên của máy nén chia đều cho 2 khuỷu. Hình 3.23 giới thiệu một trục khuỷu của máy nén hồ.



Hình 3.23. Trục khuỷu

- 1 - cổ trục ; 2 - má trục ;
- 3 - cổ tay biên ; 4 - đối trọng cân bằng động ; 5 - cổ nắp vít ;
- 6 - đầu lắp bánh đai ;

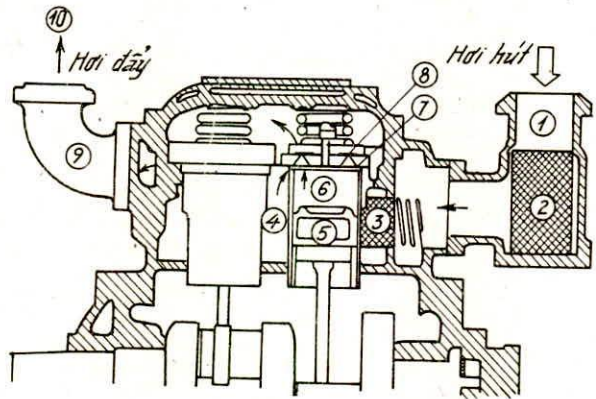
Đầu 6 của máy nén trục khuỷu của máy nén nửa kín và kín gắn liền lên trục động cơ nên không còn và không có rãnh then. Các máy nén kín và rất nhỏ thường dùng trục lệch tâm hoặc trục với cơ cấu tay quay thanh truyền (xem thêm tài liệu [1]).

g) Van hút và van đẩy

Có rất nhiều van hút và van đẩy khác nhau. Đơn giản nhất là các loại lá van bố trí trên nắp xilanh. Lá van được cố định một đầu còn đầu kia mở đóng theo hiệu áp suất giữa hai phía của lá van. Để tránh uốn cong quá mức, các lá van đều có vấu hoặc củ đảm bảo lá van mở vừa đủ. Như vậy, lá van có thể làm việc rất lâu bền, tuổi thọ cao.

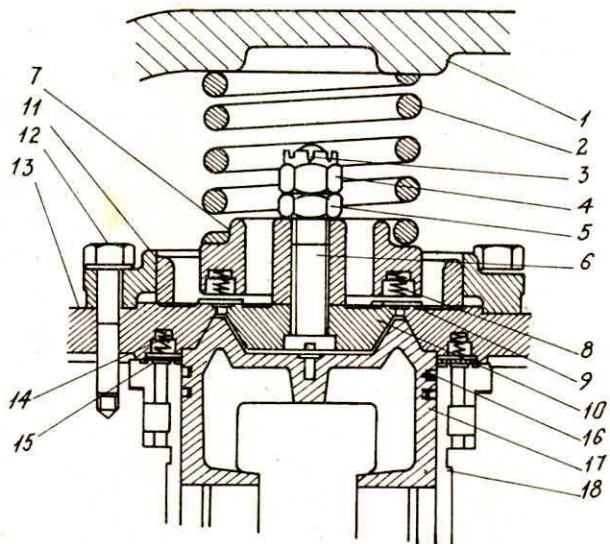
Các máy lớn công nghiệp thường sử dụng loại lá van hút và đẩy hình tròn như giới thiệu trên hình 3.22c. Hình 3.24 giới thiệu nguyên tắc làm việc của máy nén 6AW95 hay MYCOM.

Hơi hút từ dàn bay hơi đi qua van chặn đường hút, vào cửa 1 sau đó phin lọc 2 rồi vào buồng hút 4.



Hình 3.24. Nguyên tắc làm việc của một loại máy nén ngược dòng thông dụng

- 1 - cửa hút ; 2 - lưới lọc 1 ; 3 - lưới lọc 2 ;
- 4 - buồng hút ; 5 - pittông ; 6 - buồng xilanh ;
- 7 - van hút ; 8 - van đẩy ; 9 - cút đẩy ;
- 10 - đường ống đẩy.



Hình 3.25. Mặt cắt cụm van đẩy, van hút

- 1 - nắp ngoài xilanh ; 2 - lò xo an toàn ; 3 - chốt chèn ;
- 4 - êcu xè ; 5 - êcu ; 6 - bulông ; 7 - lồng van xả ;
- 8 - lò xo van xả ; 9 - lá van xả ; 10 - ổ tựa van xả ;
- 11 - vòng dẫn hướng lồng van xả ; 12 - bulông ;
- 13 - tấm van ; 14 - lò xo van hút ; 15 - tấm van hút ;
- 16 - séc măng ; 17 - pittông ; 18 - xilanh.

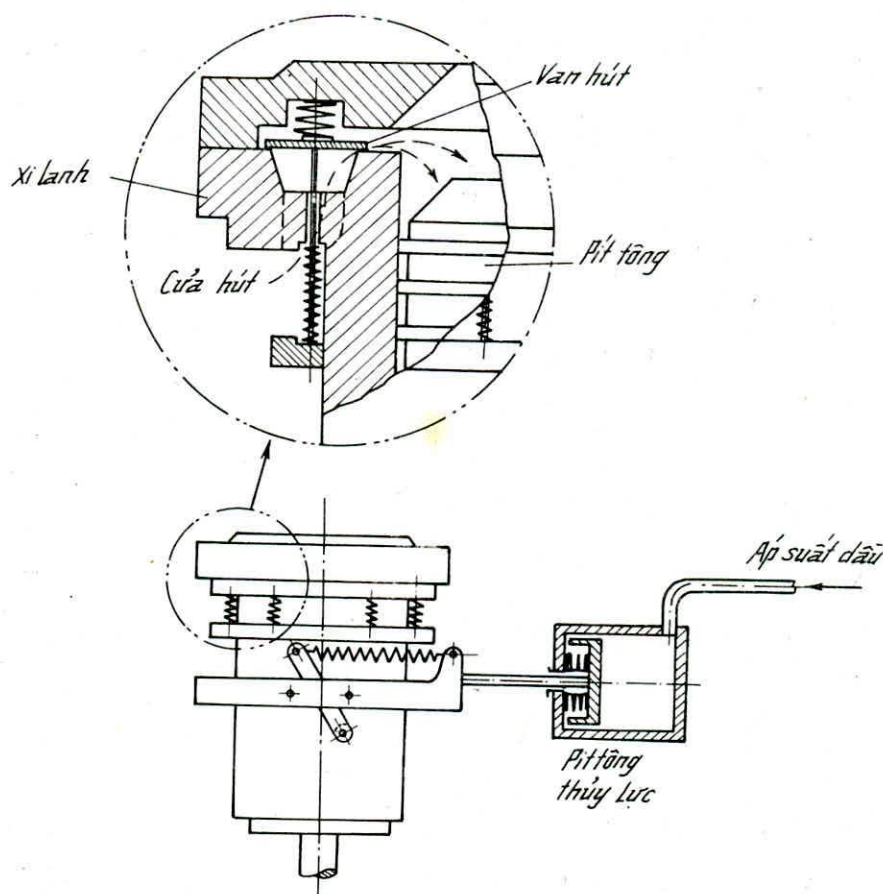
Khi pittông đi xuống, áp suất trong xilanh giảm xuống, nhỏ hơn áp suất hút, van hút 7 tự động mở cho hơi hút đi vào xilanh. Khi pittông đổi hướng chuyển động, van hút đóng, áp suất trong xilanh tăng. Khi áp suất trong xilanh lớn hơn áp suất khoang đẩy, van đẩy sẽ tự động mở ra cho hơi nén đi vào khoang đẩy, ra cút đẩy 9 và vào đường ống đẩy 10. Hình 3.25 biểu diễn mặt cắt đứng của cụm xilanh, van đẩy, van hút.

Tấm van 13 ngăn cách khoang hút và khoang đẩy. Khoang hút bên dưới, khoang đẩy bên trên. Tấm van 13, vòng dẫn hướng lồng van xả 11 là cố định, riêng lồng van xả 7 có thể nâng lên, hạ xuống trong vòng dẫn hướng.

Ở điều kiện làm việc bình thường, lực lò xo đủ lớn để giữ lồng van xả cố định ở vị trí như biểu diễn trên hình 3.25. Van xả làm việc bình thường. Khi bị va đập thủy lực nghĩa là khi pittông hút và nén phải lỏng hoặc dẫu..., áp suất tăng lên đột ngột có thể phá vỡ pittông, xilanh, gãy tay biên cong trục khuỷu. Nhưng nhờ lò xo an toàn 2 đàn hồi, lồng van xả bị nâng lên, mở to lối thoát của van xả để lỏng hoặc dẫu nhanh chóng thoát ra ngoài, tránh gây hư hỏng các chi tiết. Khi thoát hết lỏng, lồng van xả lại theo vòng dẫn hướng quay lại vị trí cũ, máy lại có thể làm việc bình thường.

h) Cơ cấu giảm tải khi khởi động

Có nhiều phương pháp giảm tải đồng thời để điều chỉnh năng suất lạnh (xem thêm phần tự động hóa và mục 3.3.3) nhưng phương pháp ứng dụng rộng rãi nhất

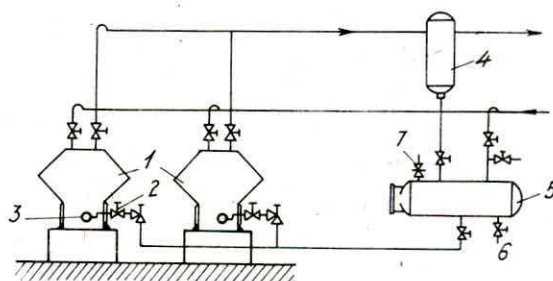


Hình 3.26. Nguyên tắc làm việc của hệ thống van hút, giảm tải hoặc điều chỉnh năng suất lạnh cho máy nén.



1000

Một điều cần hết sức lưu ý ở đây là nhiệt độ dầu máy nén không được thấp hơn nhiệt độ ngưng tụ. Ở các nước ôn đới nhiệt độ dầu về quá thấp có thể kéo theo môi chất lạnh lỏng làm mất khả năng bôi trơn máy nén, tăng tiêu hao năng lượng chạy máy và đôi khi làm cháy bạc lót, ổ đỡ hoặc mặt pittông xilanh. Để tránh nhiệt độ dầu quá thấp phải bố trí bình chứa dầu 5 ở trong phòng máy, không bố trí ngoài trời và bố trí thêm van điện từ 2 và một role nhiệt độ (thermostat) ở bình chứa dầu, nếu nhiệt độ quá thấp, role nhiệt độ tác động đóng van điện từ 2 không cho dầu vào máy nén, role nhiệt độ chỉ mở khi nhiệt độ dầu đủ cao.



Hình 3.32. Hệ thống hồi dầu bôi trơn tự động
1 - máy nén ; 2 - van điện từ ; 3 - van phao ;
4 - bình tách dầu ; 5 - bình chứa dầu ;
6 - van xả dầu ; 7 - van an toàn.

Trong các hệ thống lạnh có nhiều máy nén lắp đặt ở các cao độ khác nhau và máy nén cũng gồm nhiều loại khác nhau có thể sử dụng hệ thống điều chỉnh dầu kiểu AC & R (Xem phần 9.1). Bình chứa dầu phải đặt cao hơn toàn bộ máy nén trong hệ thống và mỗi máy nén có một bộ điều chỉnh mức dầu bằng van phao để điều chỉnh và khống chế mức dầu trong các te máy nén.

k) Cụm bít kín cổ trục

Cụm bít kín cổ trục cần thiết cho máy nén hờ để ngăn cách khoang môi chất trong các te máy nén với không khí bên ngoài. Cụm bít cổ trục phải giữ kín được khoang môi chất trong các điều kiện khác nhau như áp suất dư, áp suất chân không cũng như sự thay đổi áp suất liên tục trong khoang máy, phải giữ kín trong khi máy chạy và cả khi máy dừng. Nói chung việc làm kín cổ trục được thực hiện nhờ hai bề mặt ma sát. Vật liệu thường là thép tôi cứng với đồng, gốm teflon và grafit. Hai bề

mặt ma sát luôn luôn được bôi trơn tốt bằng dầu, nếu bôi trơn kém, bề mặt ma sát bị mòn sẽ dẫn đến rò rỉ môi chất. Các bề mặt ma sát được gia công rất chính xác, có độ phẳng và độ sạch cao.

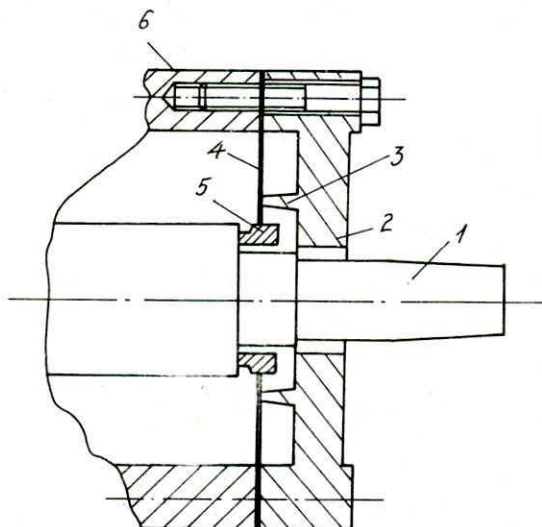
Có 3 loại bít cổ trục được sử dụng tương đối rộng rãi :

- Cụm bít cổ trục kiểu màng
- Cụm bít cổ trục kiểu hộp xếp tĩnh
- Cụm bít cổ trục kiểu hộp xếp quay

1. Cụm bít cổ trục kiểu màng

Hình 3.33 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của cụm bít cổ trục kiểu màng.

Vòng bít kín hay vòng ma sát 5 được gắn trên màng đàn hồi 4, nhờ vòng đỡ 3 nên luôn tỳ lên vai trục. Nhờ dầu bôi trơn mà bề mặt ma sát giữa vòng 5 và vai trục luôn kín môi chất. Đây là nguyên tắc cấu tạo, trong thực tế cấu tạo phức tạp hơn.

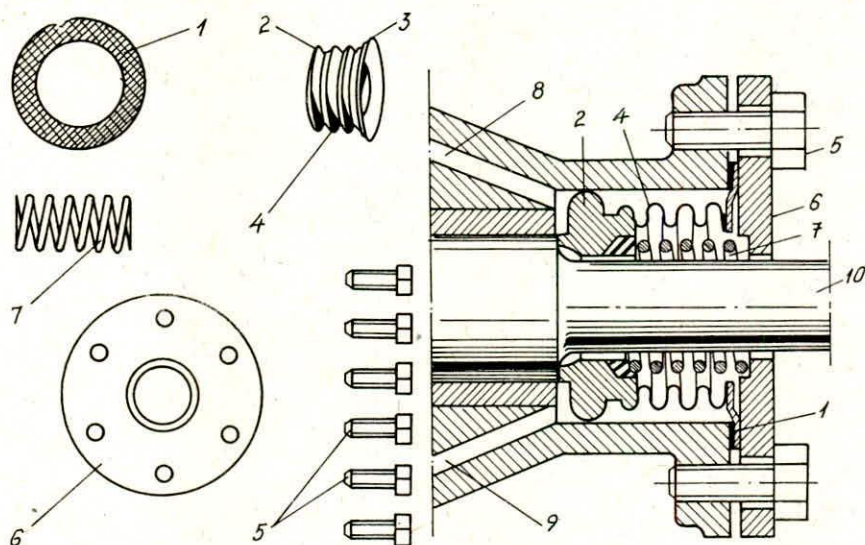


Hình 3.33. Nguyên tắc cấu tạo cụm bít cổ trục kiểu màng.

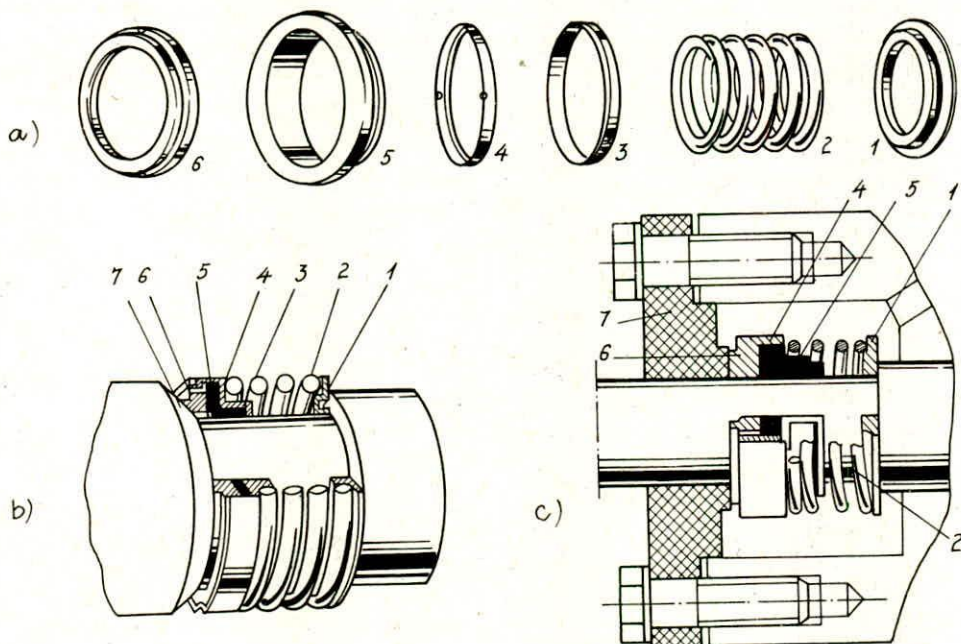
- 1 - trục khuỷu ; 2 - nắp ; 3 - vòng đỡ ;
4 - màng ; 5 - vòng bít kín, vòng ma sát ;
6 - thân máy nén.

2. Cụm bít cổ trục kiểu hộp xếp tĩnh

Hình 3.34 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của cụm bít cổ trục kiểu hộp xếp tĩnh. Hộp xếp tĩnh là hộp xếp không quay theo trục. Hộp xếp kín hơi nhưng có thể co giãn, lò xo dùng để ép chi tiết 2 vào vai trục. Bề mặt làm kín là bề mặt vòng ma sát 2 và vai trục. Dầu bôi trơn luôn chứa đầy trong khoang cụm bít để bôi trơn và làm kín bề mặt ma sát cũng như thải nhiệt do bề mặt ma sát tạo ra.



Hình 3.34. Cụm bít cổ trục kiểu hộp xếp tĩnh và các chi tiết
1 - đệm kín ; 2 - vòng ma sát ; 3 - vành làm kín ; 4 - hộp xếp ; 5 - bulông ;
6 - nắp ; 7 - lò xo ; 8 - lỗ dầu vào ; 9 - lỗ dầu ra ; 10 - trục khuỷu.



Hình 3.35. Nguyên tắc cấu tạo cụm bít cổ trục quay
1 - tấm đỡ lò xo ; 2 - lò xo ; 3 - vòng ép ; 4 - vòng hãm ; 5 - vòng đệm kín ;
6 - vòng chuyển động ; 7 - nắp cụm bít cổ trục ; a) chi tiết ; b) nắp trên cổ trục ; c) mặt cắt.

3. Cụm bít cổ trục kiểu quay

Hình 3.35 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của cụm bít cổ trục quay.

Toàn bộ các chi tiết từ 1 đến 6 quay theo trục. Bề mặt ma sát là bề mặt giữa chi tiết 6 và nắp 7. Dầu bôi trơn cũng được đưa vào để làm kín các bề mặt. Đây là kiểu hay sử dụng nhất hiện nay.

Hình 3.36 giới thiệu cụm bít cổ trục máy MYCOM kiểu B.

Chi tiết 7 quay theo trục khuỷu và có bề mặt ma sát với chi tiết 5. Dầu từ bộ làm mát vào chủ yếu để bôi trơn cho ổ chặn, phần nhỏ được đưa vào bôi trơn và làm kín cho cụm bít cổ trục.

1) Van an toàn của máy nén

Các máy nén luôn luôn được bảo vệ quá tải do áp suất quá cao trên đường đẩy, áp suất quá cao có thể dẫn tới hư hỏng vỡ nổ chi tiết như pittông, xilanh, van đẩy, gãy vỡ nắp đẩy,... nguyên nhân có thể do thiếu nước làm mát bình ngưng, đầu máy nén, do quạt dàn ngưng hoặc bơm nước bị trục trặc...

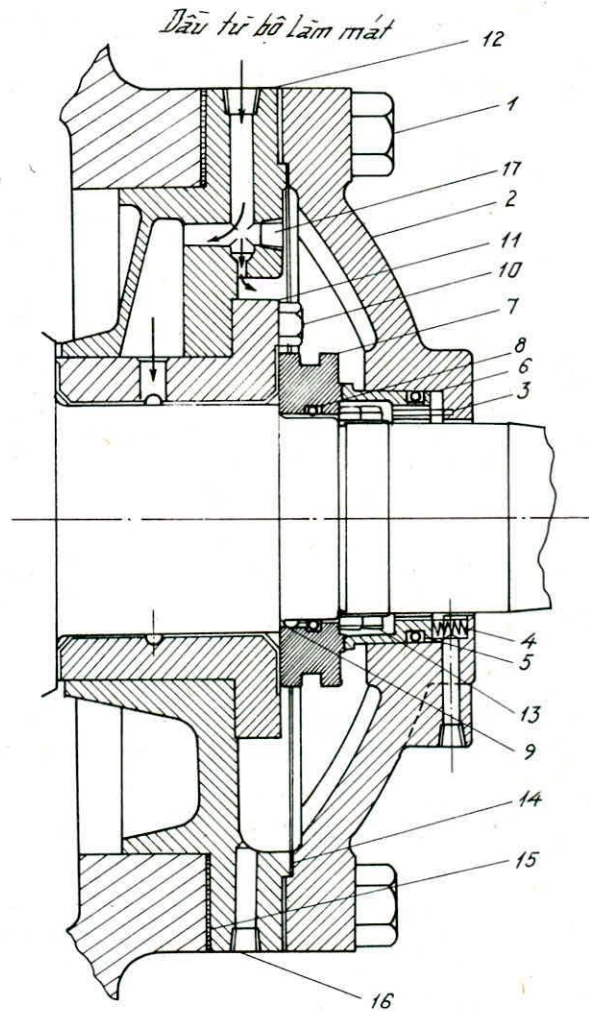
Ở các máy nén nhỏ thường chỉ sử dụng role áp suất cao để bảo vệ. Ở các máy nén cỡ trung và cỡ lớn người ta còn bố trí thêm van an toàn nổi tắt đường đẩy và đường hút. Khi áp suất quá cao, van an toàn tự động mở xả bớt hơi nén về đường hút. Đường xả của van an toàn đôi khi cho xả thẳng vào khí quyển.

Có nhiều kiểu van an toàn, hình 3.37 giới thiệu 1 kiểu van an toàn kiểu tấm.

Có thể chọn đường kính xả 1 của van an toàn theo năng suất máy nén lạnh [3]. Áp suất làm việc của van an toàn (áp suất xả hay áp suất bảo vệ) có thể điều chỉnh trong phạm vi cho phép nhờ bulông điều chỉnh 5. Đối với máy nén amoniác và frêon R22, áp suất làm việc của van được đặt là 17,3 bar hoặc 17,6at.

m) Bộ sưởi dầu

Bộ sưởi dầu bằng điện để sưởi dầu bôi trơn ở cacte máy nén là một chi tiết rất cần thiết và được bố trí cho nhiều máy nén khác nhau, đặc biệt máy nén frêon và máy nén cỡ trung trở lên.



Hình 3.36. Cụm bít cổ trục máy MYCOM Kiểu B

- 1- bulông của tấm nắp ; 2 - tấm nắp ;
- 3 - chốt ; 4 - lò xo xoắn ; 5 - vòng đệm kín ;
- 6 - vòng đệm kín chữ O ; 7 - vành đệm kín ;
- 8 - vòng đệm kín chữ O của vành đệm ; 9 - bi khóa ;
- 10 - bulông của ổ chặn ; 11 - ổ chặn ; 12 - dầu ổ chặn ;
- 13 - đai ốc khóa ; 14 - đệm kín của nắp ;
- 15 - đệm kín đầu ổ chặn ; 16 - lỗ xả dầu.

Trong khi vận hành máy lạnh, nhiều khi máy nén dừng một thời gian dài. Môi chất lạnh thường bị dầu hấp thụ, đặc biệt các môi chất freon. Khi khởi động lại, do áp suất đột ngột giảm, môi chất trong dầu sôi làm cho dầu bị sủi bọt. Bọt dầu theo hơi hút vào xilanh và vào đường đẩy.

Nếu sự sủi bọt quá mạnh, pittông hút phải quá nhiều dầu, máy làm việc nặng nề và nhiều khi gây ra va đập thủy lực. Dầu bốc khỏi máy nén quá nhiều, gây thiếu dầu dẫn đến việc các chi tiết không được bôi trơn đầy đủ gây bào mòn và cháy các bề mặt ma sát. Hơn nữa do dầu lẫn quá nhiều môi chất lạnh làm cho khả năng bôi trơn của dầu giảm, cũng dẫn tới hư hỏng chi tiết...

Để tránh hiện tượng môi chất bị dầu hấp thụ, cần phải giữ cho nhiệt độ dầu trong các te đủ cao trong khi máy nén dừng, đặc biệt trước khi khởi động máy nén, để tất cả môi chất lạnh bị đẩy ra khỏi dầu.

Bộ sưởi dầu đơn giản là một thanh điện trở bố trí trong một vỏ hình trụ đường kính $10 \div 15$ mm dài $100 \div 200$ mm có ren bắt vào đáy dầu máy nén và đệm kín đảm bảo không chảy dầu ra ngoài. Đối với các máy nén kín có thể bố trí vòng điện nằm bên ngoài ngay dưới đáy của lốc kín.

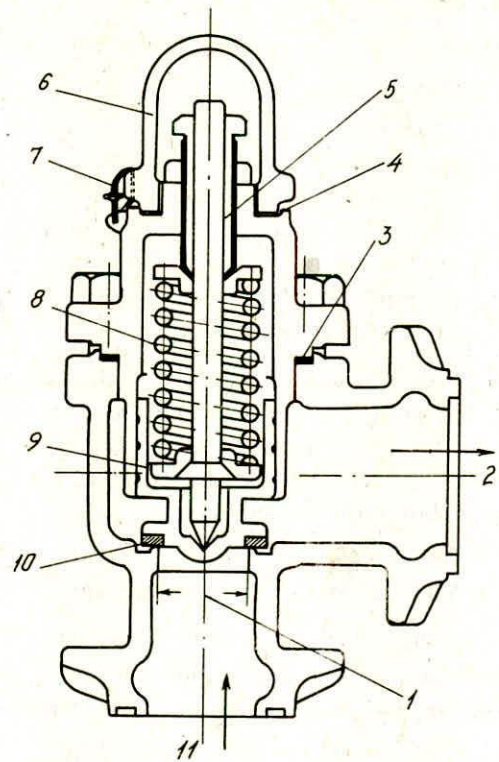
n) Làm mát dầu máy nén

Phương pháp làm mát máy nén chủ yếu phụ thuộc nhiệt độ dầu đẩy còn gọi là nhiệt độ cuối tầm nén.

- Các máy nén amoniác có nhiệt độ dầu đẩy rất cao do đó đại bộ phận được làm mát bằng nước. Để tiết kiệm nước người ta dùng nước sau khi đã đi qua làm mát bình ngưng. Nhiệt độ nước vào máy nén không được quá cao, nên nhỏ hơn 35°C .

- Các máy nén freon thường được làm mát bằng cánh tản nhiệt bố trí trên nắp xilanh và đầu xilanh. Ở thân động cơ cũng bố trí cánh tản nhiệt. Nhiều máy nén R22 và R502 vẫn làm được mát bằng nước, đặc biệt các máy nén lớn. Các máy nén freon cỡ trung loại nửa kín hay được làm mát động cơ nhờ hơi lạnh hút từ dàn hơi bay về. Nhiệt độ quá nhiệt hơi hút khi đó rất cao và đôi khi người ta phải bố trí thêm quạt thổi trực tiếp vào đầu xilanh để làm mát.

Nhiệt độ dầu đẩy phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nhiệt độ sôi, nhiệt độ quá nhiệt hơi hút, áp suất dầu đẩy, điều kiện môi trường, thông thoáng phòng máy... trong các điều kiện vận hành khác nghiệt, thợ lắp đặt đôi khi phải thiết kế thiết bị làm mát bổ sung, để nhiệt độ dầu máy không quá cao, đảm bảo máy làm việc an toàn. Nói chung không nên vận hành máy nén với nhiệt độ dầu đẩy quá 140°C .



Hình 3.37. Van an toàn kiểu tấm

- 1 - đường kính danh nghĩa lỗ xả ; 2 - cửa xả ;
- 3 - tấm đệm ; 4 - tấm đệm ; 5 - bulông điều chỉnh ; 6 - mũ van ; 7 - kẹp chì ;
- 8 - lò xo ; 9 - thân van ; 10 - ổ tựa ;
- 11 - cửa vào.

o) Role hiệu áp suất dầu

Để có thể bôi trơn máy nén đầy đủ đúng theo chế độ làm việc yêu cầu, áp suất dầu trong hệ thống bôi trơn phải đạt được áp suất thiết kế nhất định đúng theo tính toán của nhà chế tạo, áp suất dầu này bằng áp suất dầu xả của bơm dầu (đọc được trên áp kế dầu) trừ đi áp suất trong cacte máy nén do đó thường được gọi là hiệu áp suất dầu.

Người ta sử dụng một role hiệu áp suất dầu để bảo vệ máy nén khi hiệu áp suất dầu tụt xuống dưới mức quy định. Hiệu áp suất dầu tụt do nhiều nguyên nhân như :

- Bơm dầu bị hư hỏng,
- Thiếu dầu trong máy nén,
- Phin dầu bị tắc bẩn, ống dẫn dầu bị tắc, gãy...
- Lẫn quá nhiều môi chất lạnh trong dầu...

Áp suất dầu tụt dẫn tới các hậu quả :

- Bôi trơn không đầy đủ, các chi tiết ma sát bị hỏng,
- Không điều khiển được các cơ cấu giảm tải và điều chỉnh năng suất lạnh.
- Hình 3.38 giới thiệu cấu tạo của role hiệu áp suất dầu :

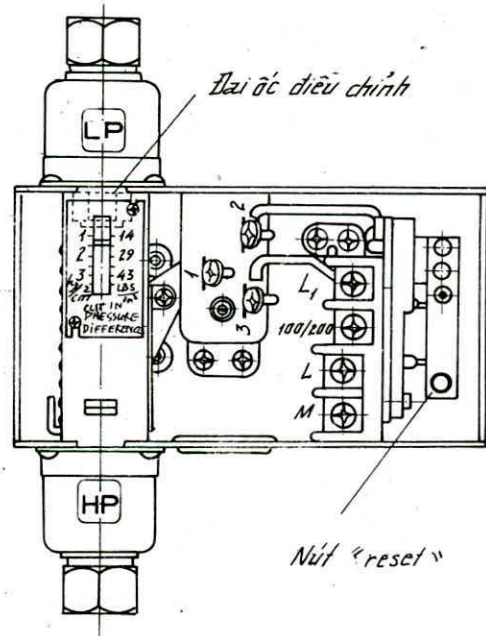
Tín hiệu áp suất cacte được chuyển thành độ co giãn của hộp xếp LP còn tín hiệu áp suất dầu được chuyển thành độ co giãn của hộp xếp HP. Độ co giãn tổng hợp của hai hộp xếp được chuyển vào cơ cấu ngắt tiếp điểm. Khi hiệu áp tụt xuống quá thấp, không đảm bảo bôi trơn, role hiệu áp dầu ngắt, động cơ và máy nén ngừng chạy. Muốn cho máy chạy lại, phải kiểm tra lại hệ thống bôi trơn sau đó ấn nút "reset" (đặt lại) để đưa máy nén hoạt động trở lại.

Đối với một số máy nén thí dụ MYCOM hiệu áp suất dầu yêu cầu khoảng $1,2 \div 2$ bar, nhưng có máy nén áp suất dầu yêu cầu tới $6 \div 8$ bar như CMO.

p) Role áp suất cao

Role áp suất cao là thiết bị tự động bảo vệ tránh máy nén phải làm việc ở áp suất quá cao phía đầu đẩy trường hợp mất nước làm mát dàn ngưng, hỏng hóc trực trực van chặn phía xả. Role tác động để ngừng động cơ và máy nén trước khi van an toàn tác động. Hình 3.39 giới thiệu một role áp suất cao.

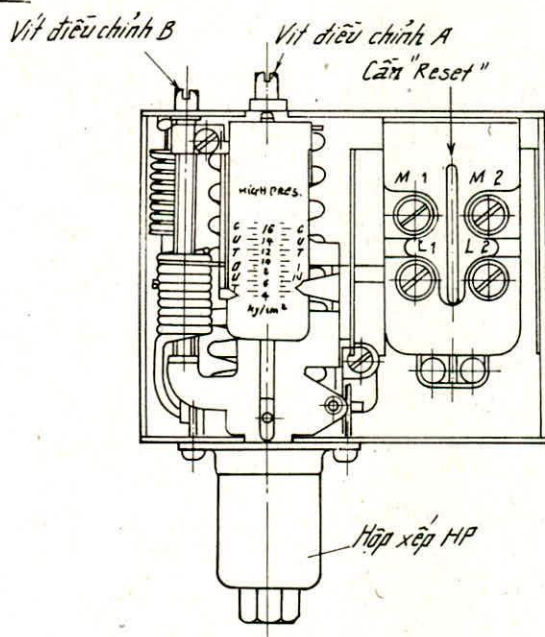
Hơi đẩy áp suất cao được dẫn vào hộp xếp HP. Tín hiệu áp suất được hộp xếp biến đổi thành co giãn cơ khí và độ co giãn này được 1 cơ cấu cơ khí chuyển thành tác động ngắt tiếp điểm. Khi áp suất hơi đẩy vượt quá mức cho phép, tiếp điểm của role ngắt dòng khởi động từ, dừng động cơ máy nén. Giá trị đặt của role áp suất cao thấp hơn áp suất đặt của van an toàn chút ít. Áp suất làm việc của role giảm khi điều chỉnh vít A về phía phải và áp suất làm việc tăng khi quay về trái. Điều chỉnh độ chênh áp suất làm việc (difference) bằng vít điều chỉnh B. Độ chênh áp (hiệu áp)



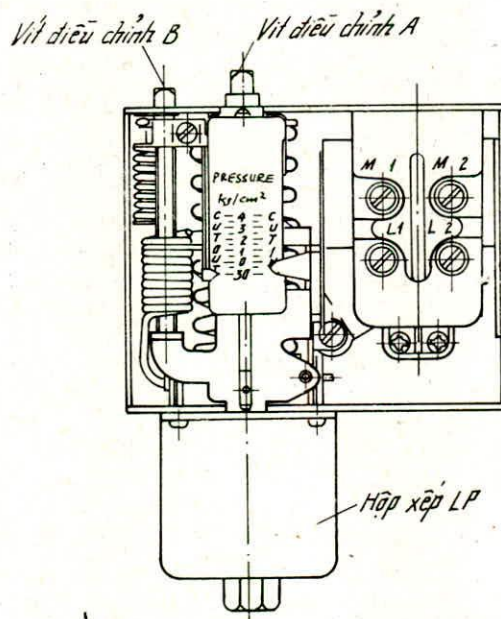
Hình 3.38. Role hiệu áp suất dầu
(OP- Oil Pressure)

LP - dầu áp suất thấp, nối vào khoang cacte,
HP - dầu áp suất cao, nối vào đầu đẩy
bơm dầu hay nhánh đồng hồ áp suất dầu.

tăng khi quay sang phải và giảm khi quay về phía trái. Khi máy nén dừng do role áp cao tác động, phải tiến hành tìm hiểu nguyên nhân, sau khi khắc phục, kéo cần reset để khởi động lại máy nén.



Hình 3.39. Role áp suất cao (HP-High Pressure Switch).



Hình 3.40. Role áp suất thấp (LP - Low Pressure Switch).

q) Role áp suất thấp

Hình 3.40 giới thiệu cấu tạo một role áp suất thấp. Cấu tạo cũng giống như role áp suất cao, role áp suất thấp có 1 hộp xếp LP nối với đầu hút của máy nén. Tín hiệu áp suất hút sẽ được biến thành độ co giãn của hộp xếp và thành tác động ngắt của một cơ cấu cơ khí. Khi áp suất hút xuống thấp quá quy định, role sẽ tác động ngắt dòng điện cấp cho động cơ máy nén.

Thực chất, role áp suất thấp dùng để điều chỉnh năng suất lạnh.

Khi nhiệt độ trong phòng lạnh đủ lạnh, van điện từ cấp lỏng cho dàn đóng, ngừng cấp lỏng cho dàn, áp suất bay hơi đột ngột giảm xuống dưới giá trị cho phép, role áp suất thấp tự động ngắt mạch. Khi nhiệt độ phòng lạnh tăng quá mức cho phép, van điện từ mở ra, cấp lỏng cho dàn bay hơi, áp suất hút đột ngột tăng lên vượt giá trị đã đặt và role áp suất thấp lại tự động đóng mạch cho động cơ máy nén hoạt động.

Đối với 1 số loại máy nén, điều kiện bôi trơn ở áp suất cacte thấp khó khăn hơn do đó người ta cũng khống chế áp suất thấp không được xuống dưới mức quy định.

Một số chi tiết khác như bình tách dầu, tách lỏng, tiêu âm... xem chương Thiết bị phụ của hệ thống lạnh.

3.3.4. Điều chỉnh năng suất lạnh máy nén pittông trượt

Nhu cầu lạnh luôn luôn thay đổi theo từng tháng từng mùa, thậm chí theo từng ngày và từng giờ trong ngày. Nhu cầu lạnh về mùa hè rất lớn nhưng mùa đông rất nhỏ, nhu cầu về ban ngày lớn nhưng ban đêm nhỏ. Thí dụ, một bể đá mùa hè chạy hết công suất nhưng mùa đông hầu như không hoạt động, ngày nắng chạy liên tục nhưng ngày mưa cũng hầu như ngừng sản xuất.

Khi thiết kế một máy lạnh, phải tính toán năng suất lạnh tối đa, ở chế độ làm việc khắc nghiệt nhất nhưng cả năm cũng chỉ có vài ngày làm việc ở chế độ đó, còn hầu hết tải thực tế nhỏ hơn tải thiết kế rất nhiều.

Để giảm chi phí cần phải điều chỉnh năng suất lạnh phù hợp với nhu cầu.

Năng suất lạnh Q_0 có thể xác định theo biểu thức :

$$Q_0 = m \cdot q_0 = \lambda \cdot \frac{V_{lt}}{v_1} \cdot q_0 = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4 v_1} \cdot s \cdot z \cdot n \cdot q_0 \quad (3.13)$$

Ngoài đường kính d và khoảng chạy pittông s là không thay đổi, tất cả các đại lượng khác đều có thể thay đổi :

- Hệ số cấp λ càng nhỏ khi thể tích chết càng lớn và tỷ số nén càng lớn.
- Thể tích riêng hơi chút v_1 càng lớn khi p_0 càng nhỏ.
- Số xilanh z có thể thay đổi bằng cách vô hiệu hóa 1 hoặc nhiều xilanh.
- Số vòng quay trục khuỷu có thể thay đổi bằng cách thay đổi tỷ số truyền của puli.
- Năng suất lạnh riêng khối lượng q_0 cũng có thể thay đổi, khi tỷ số nén càng lớn q_0 càng nhỏ và ngược lại.
- Tóm lại, có thể tập hợp các đại lượng trong biểu thức thành $Q_0 = m q_0$ trong đó m là khối lượng môi chất lạnh máy nén nén được trong một đơn vị thời gian, kg/s. Muốn điều chỉnh năng suất lạnh, chủ yếu phải điều chỉnh m .

Bảng 3.6 giới thiệu đặc điểm cấu tạo và phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh của các cỡ máy lạnh khác nhau.

Khi điều chỉnh năng suất lạnh có thể giảm số lần khởi động xuống đáng kể, giảm hao mòn cho các cơ cấu truyền động. Động cơ cũng làm việc ở điều kiện thuận lợi hơn nên khả năng kéo dài tuổi thọ động cơ lớn. Sau đây là các khả năng điều chỉnh năng suất lạnh.

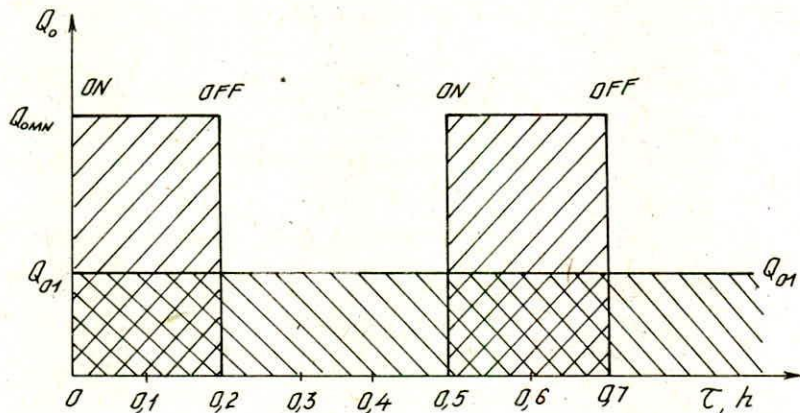
BẢNG 3.6. Đặc điểm cấu tạo cấu tạo và điều chỉnh năng suất lạnh của các máy lạnh năng suất khác nhau.

	Cỡ máy nén	Van công tác kiểu	Nguyên tắc điều chỉnh năng suất lạnh	Tác động	Cấp điều chỉnh	Công tổn hao
a	Máy nén nhỏ	Lá	ON - OFF đóng - ngắt	Động cơ truyền động	2 vị trí đóng ngắt mạch	Công khởi động
b	Máy nén đến 20kW	Lá	Tiết lưu đường hút	Đường ống hút	Vô cấp	Tổn thất ma sát Tổn thất tiết lưu
c	Máy nén đến 20kW	Lá	Tiết lưu từ đường đẩy về đường hút	Nhánh phụ (bypass)	Vô cấp	Toàn bộ công suất dư
d	Máy nén đến 70kW	Lá	Thông khoang đẩy và hút	Nhánh phụ (bypass)	Như số xilanh	Tổn thất ma sát Tổn thất hiệu áp van
e	Máy nén đến khoảng 70kW	Lá	Xả ngược trở lại		Như số xilanh	Ma sát
g	Máy nén lớn	Lá	Xả ngược	Van hút	Như số xilanh	Ma sát

a) Phương pháp đóng ngắt máy nén (ON - OFF)

Phương pháp đóng ngắt máy nén thường sử dụng cho các hệ thống lạnh nhỏ và rất nhỏ dùng ống mao làm dụng cụ tiết lưu như tủ lạnh gia đình, tủ lạnh thương nghiệp, máy điều hòa nhiệt độ cục bộ các loại.

Hình 3.41 giới thiệu đồ thị điều chỉnh năng suất lạnh theo kiểu đóng ngắt. Máy lạnh có năng suất Q_{OMN} và nhu cầu lạnh nhỏ hơn chỉ là Q_{OI} . Máy lạnh chỉ cần làm việc trong vòng 0,2h nhưng có thể giữ lạnh cho tủ đến 0,5h và sau đó lại bắt đầu chu kỳ làm việc mới.

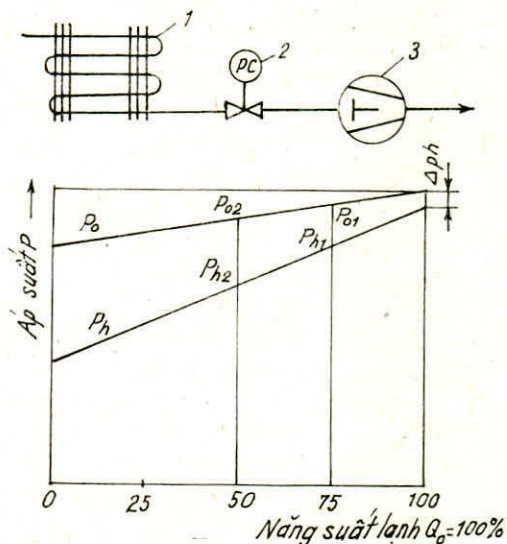


Hình 3.41. Đồ thị điều chỉnh năng suất lạnh theo kiểu đóng, ngắt.

Ưu điểm : đơn giản, dễ thực hiện.

Nhược điểm : Có tổn thất do khởi động động cơ nhiều lần, làm cháy tiếp điểm, gây mài mòn chi tiết lớn, tuổi thọ máy giảm.

- Chỉ cần sử dụng cho máy nén nhỏ và rất nhỏ, tuy nhiên nhiều động cơ công suất đến 20kW vẫn sử dụng phương pháp này.



Hình 3.42. Sơ đồ và đồ thị điều chỉnh năng suất lạnh theo phương pháp tiết lưu đường hút :

- 1 - dàn bay hơi ;
- 2 - van ổn áp hơi hút (PC - Pressure Control) ;
- 3 - máy nén pittông ; p_o - áp suất bay hơi
- p_h - áp suất hơi hút tại máy nén ;
- Δp_h - Tổn thất áp suất trên van ổn áp.

b) Tiết lưu đường hút

Hình 3.42 giới thiệu sơ đồ điều chỉnh năng suất lạnh theo kiểu tiết lưu đường hút. Trên đường hút giữa dàn bay hơi và máy nén người ta lắp đặt thêm 1 van ổn áp hơi hút để có thể điều chỉnh và ổn định áp suất hút từ p_o xuống p_{o1} hoặc p_{o2} tùy ý. Khi giảm áp suất hút, thể tích riêng hơi hút v_1 tăng làm cho năng suất khối lượng của máy nén m , kg/s, giảm nhanh chóng dẫn tới Q_o giảm (xem phương trình (3.13)).

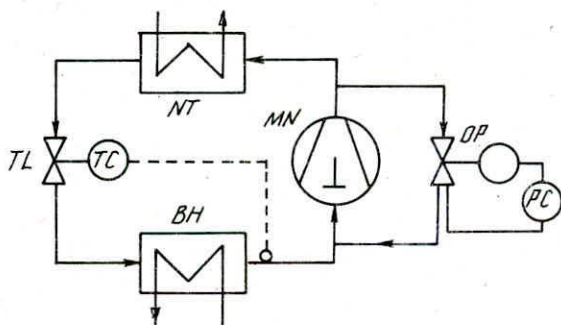
Thí dụ khi mở hoàn toàn van ổn áp 2 đạt 100% năng suất lạnh, nhưng khi điều chỉnh áp suất hút xuống p_{h1} áp suất sôi giảm xuống p_{o1} và năng suất lạnh còn 75%; khi điều chỉnh p_h xuống p_{h2} , áp suất p_o giảm xuống p_{o2} và năng suất lạnh còn 50%.

Ưu điểm : đơn giản

Nhược điểm : Có tổn thất tiết lưu, hệ số lạnh giảm.

c) Xả hơi nén theo đường phụ (bypass)

Hình 3.43 giới thiệu sơ đồ điều chỉnh năng suất lạnh theo phương pháp xả hơi nén theo đường phụ. Đặc điểm của phương pháp này là người ta nối một đường ống thông giữa đầu đẩy và đầu hút của máy nén, trên đó có lắp 1 van ổn áp, duy trì áp suất bay hơi yêu cầu. Khi năng suất lạnh giảm, áp suất bay hơi giảm, van ổn áp sẽ mở xả hơi nóng từ đường đẩy trở lại đường hút. Hơi nóng hòa trộn với hơi quá nhiệt ra từ dàn bay hơi quay trở lại máy nén. Như vậy khối lượng môi chất lạnh thực tế vào dàn ngưng tụ giảm và năng suất lạnh giảm. Khi van OP ổn áp đóng là khi hệ thống lạnh đạt năng suất lạnh cao nhất. Van OP càng mở to, năng suất lạnh càng giảm nhiều.



Hình 3.43. Sơ đồ điều chỉnh năng suất lạnh theo phương pháp xả hơi nén theo đường phụ
MN - máy nén ; NT - dàn ngưng tụ ;
TL - van tiết lưu nhiệt (TC - temperatur Control);
BH - dàn bay hơi ; OP - van ổn áp (PC - Pressure control).

Ưu điểm : đơn giản.

Nhược điểm :

- Nhiệt độ hơi hút cao dẫn tới nhiệt độ cuối tâm nén cao làm cho nhiệt độ dầu cao. Dầu có thể bị cháy, lão hóa, các chi tiết dễ mòn, biến dạng, chống hỏng. Cần phải khống chế nhiệt độ dầu hút $< 140^{\circ}\text{C}$ do đó cũng phải hạn chế khối lượng hơi nóng xả ngược và qua đó hạn chế việc điều chỉnh năng suất lạnh. Nói chung không ứng dụng được cho hệ thống amoniác và R22 là hai môi chất có nhiệt độ cuối tâm nén cao. Có thể ứng dụng cho R12 và R502 nhưng 2 môi chất này đã bị cấm.

- Công suất là toàn bộ công suất dư vì công suất nén khi Q_0 giảm giống như công suất nén khi $Q_0 = 100\%$ công suất.

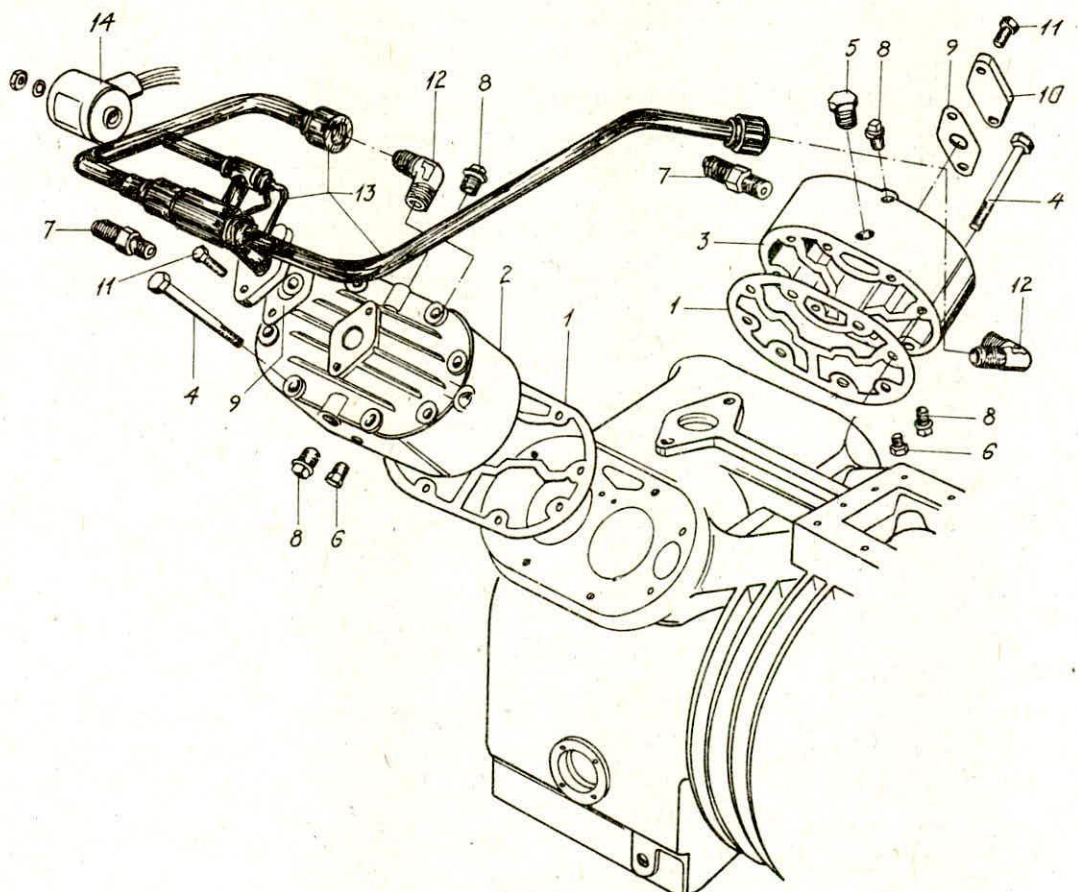
d) Xả ngược trong dầu xilanh

Giống như phương pháp xả hơi nén từ đường đẩy về đường hút nhưng chỉ áp dụng cho từng xilanh hoặc từng cụm xilanh, bằng cách mở thông khoang nén và khoang hút cho xilanh hoặc cụm xilanh chạy không tải. Chính vì vậy khả năng điều chỉnh là theo bậc đúng theo số xilanh hoặc cụm điều chỉnh. Thí dụ máy nén 4 xilanh chia 2 cụm thì chỉ có khả năng điều chỉnh 0 - 50 - 100% ; máy nén 8 xilanh chia 4 cụm thì khả năng điều chỉnh năng suất lạnh là 0 - 25 - 50 - 75 - 100%. Hình 3.44 giới thiệu một thiết bị lắp đặt trên đầu xilanh để điều chỉnh năng suất lạnh.

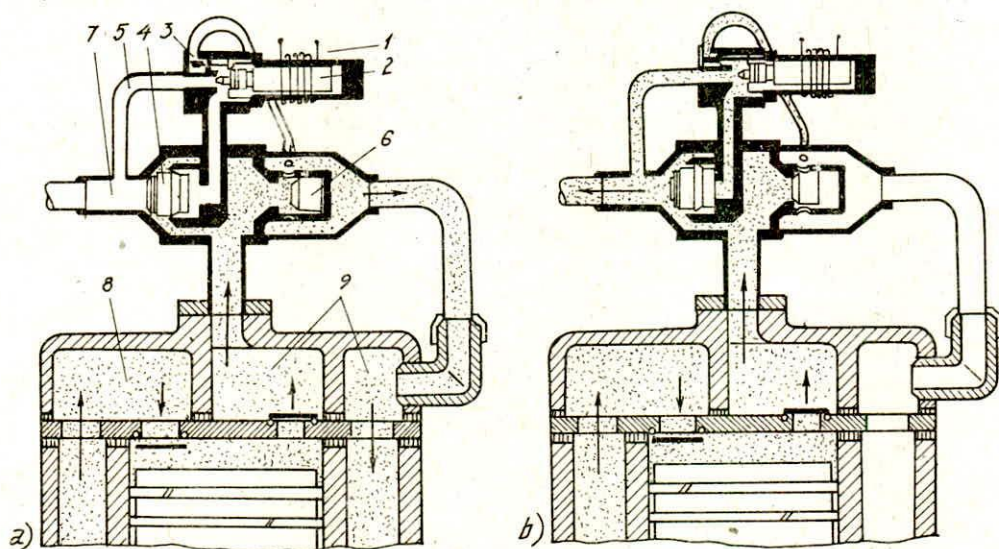
Điều khác biệt cơ bản với các máy nén thường là cấu tạo của đầu xilanh 2 và vòng đệm kín 1 để có thể bố trí điều chỉnh năng suất lạnh lên trên. Bộ điều chỉnh này cũng đồng thời sử dụng để giảm tải máy nén khi khởi động. Hình 3.45 mô tả nguyên tắc hoạt động của bộ điều chỉnh năng suất lạnh kiểu này.

1. Khi xilanh làm việc bình thường (có tải), cuộn dây điện từ không có điện, van điện từ đóng đường ống điều khiển phía hút, trong khi đường điều khiển phía đẩy lại mở. Bởi vậy, van chính bị đóng nên dòng hơi môi chất áp suất cao đi qua van 1 chiều 6 để đến bình ngưng tụ.

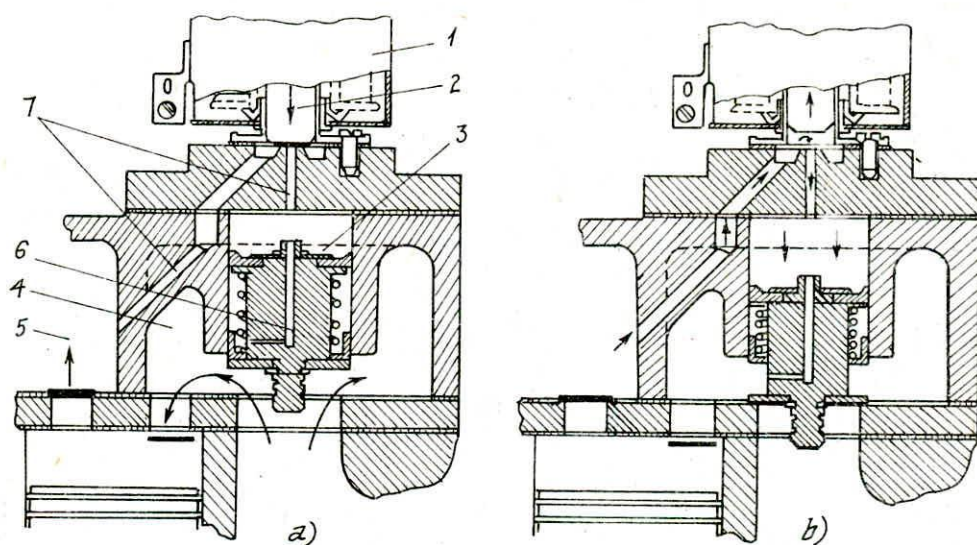
2. Muốn chuyển xilanh vào làm việc ở chế độ không tải, phải nối mạch cho van điện từ, van điện mở đường điều khiển phía hút, qua đó, tác động mở van chính 4.



Hình 3.44. Một thiết bị điều chỉnh năng suất lạnh theo phương pháp xả ngược trên đầu xilanh
 1- vòng đệm kín giữa tấm van và đầu xilanh ; 2- đầu xilanh nhìn từ phía thân máy có kính dầu ;
 3- đầu xilanh ; 4 - bulông ; 5 - bulông bít phía nén ; 6 - bulông bít phía hút ; 7 - kẹp ; 8 - bulông bít ;
 9- đệm kín ; 10 - bích chặn ; 11 - bulông ; 12 - cắt ren ; 13 - bộ điều chỉnh năng suất lạnh ;
 14- cuộn dây điện từ.



Hình 3.45. Nguyên tắc hoạt động của bộ điều chỉnh Qo theo phương pháp xả ngược trong đầu xilanh
 a) chế độ làm việc có tải (van điện từ không có điện) ; b) chế độ làm việc không tải (van điện từ được tiếp điện)
 1 - cuộn dây điện từ ; 2 - lõi sắt (nén bằng lò xo) ; 3 - van bi ; 4 - pittông van chính ;
 5 - đường tạo chân không ; 6 - van 1 chiều ; 7 - đường nối về đường hút của hàng xilanh thứ 2 ;
 8 - buồng hút ; 9 - buồng nén ; 10 - đường nén ; 11 - lò cân bằng hơi.



Hình 3.46. Một bộ điều chỉnh năng suất lạnh (bộ giảm tải) bố trí các đường hơi ngay trong đầu xilanh.

a) có tải ; b) không tải ;

1 - cuộn dây điện từ ; 2 - lõi sắt ; 3 - pittông chính ; 4 - buồng hút ;
5 - buồng đẩy ; 6 - lỗ cân bằng hơi ; 7 - đường hơi xả.

và đóng van 1 chiều 6. áp suất trên đường nhánh (bypass) hạ xuống gần như bằng áp suất hút, pittông làm việc gần như không tải chỉ để thắng lực ma sát, hiệu áp của các lá van và của bộ giảm tải. Năng lượng tổn thất này biến thành nhiệt làm cho hơi đi vào xilanh sau nóng lên và nhiệt độ cuối tầm nén cao hơn. Chính vì lý do đó, cần thiết phải có làm mát bổ sung dầu máy nén.

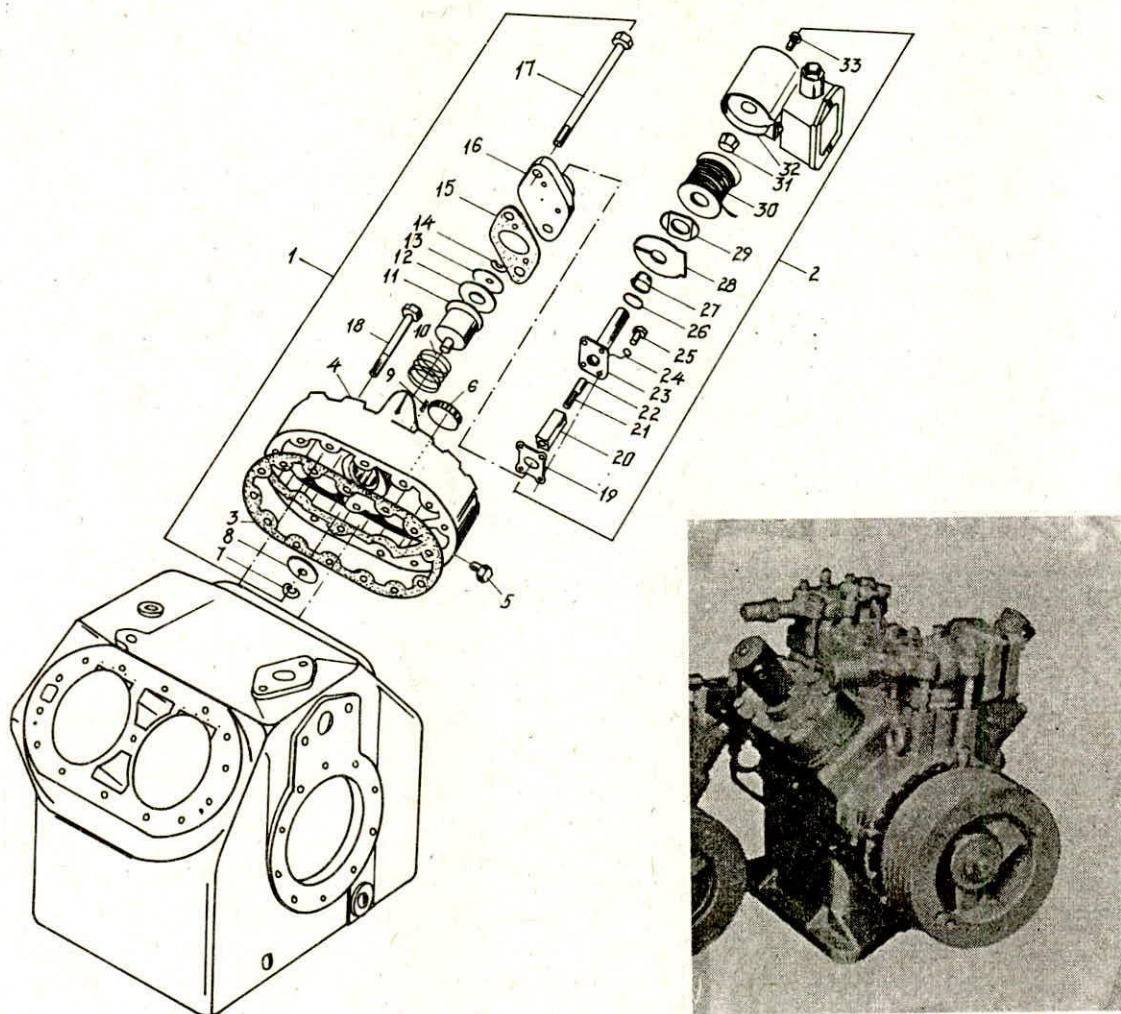
Hình 3.46 giới thiệu một bộ điều chỉnh khác lắp trực tiếp ngay trên đầu máy nén và bố trí đường xả hơi ngay trong nắp xilanh.

1. Trạng thái làm việc có tải : cuộn dây điện từ không có điện, đường hơi nén bị đóng, phía trên pittông 3 có áp suất hút, pittông chính đi lên nở thông khoang hơi hút để hơi hút vào xilanh.

2. Trạng thái làm việc không tải : cuộn dây điện từ được nối mạch, đường hơi nén thông với khoang trên pittông 3, đẩy pittông 3 xuống đóng chặt không cho hơi hút vào xilanh. Xilanh làm việc không tải. Hình 3.47 giới thiệu hình ảnh một máy nén có bộ giảm tải theo hình 3.46 và cụm chi tiết cụ thể của nó.

e) Phương pháp nâng van hút

Để điều chỉnh năng suất lạnh, có thể vô hiệu hóa 1 hoặc nhiều xilanh bằng cách nâng van hút. Phương pháp này được sử dụng để giảm tải cho các máy nén có công suất lớn khi khởi động và đã được trình bày ở mục 3.3.2h.



Hình 3.47. Hình ảnh một máy nén có bộ giảm tải và chi tiết cụ thể theo hình 3.46

- 1- đầu xilanh kèm pittông và bích ; 2 - chi tiết cụm van điện tử ; 3 - đệm kín ; 4 - đầu xilanh ;
 5 - nút phía đáy ; 6 - bulông bít ; 7 - vòng đệm an toàn ; 8 - tấm đệm ; 9 - chốt định vị ;
 10 - lò xo nén ; 11 - pittông ; 12 - tấm đệm bằng Teflon ; 13 - tấm đệm ; 14 - lò xo an toàn ;
 15 - tấm đệm kín ; 16 - bích ; 17 - bulông 6 cạnh ; 18 - bulông 6 cạnh ; 19 - tấm đệm ; 20 - lõi sắt ;
 21 - lò xo lõi sắt ; 22 - chốt lõi sắt ; 23 - ống lõi sắt ; 24 - tấm đệm răng khía ; 25 - bulông ;
 26 - tấm đệm ; 27 - ống dẫn hướng bên dưới ; 28 - tấm dẫn hướng ; 29 - lò xo ; 30 - cuộn dây ;
 31 - ống dẫn hướng phía trên ; 32 - mũ cuộn dây ; 33 - ốc bắt chặt mũ cuộn dây.

f) Phương pháp điều chỉnh vòng quay n

- Điều chỉnh vòng quay vô cấp qua bánh đai : phương pháp này có thể thực hiện dễ dàng đối với máy nén hồ. Chỉ cần thay đổi tỷ số truyền động bánh đai, có khả năng thay đổi tốc độ vòng quay vô cấp và qua đó có thể điều chỉnh vô cấp năng suất lạnh máy. Phương pháp này không thể áp dụng đối với máy nén kín và nửa kín do động cơ lắp ngay lên trực máy nén.

- Điều chỉnh vòng quay vô cấp qua máy biến tần :

Như ta đã biết, số vòng quay của động cơ phụ thuộc vào tần số dòng điện xoay chiều theo biểu thức :

$$n = \frac{60f}{p} (1-s)$$

- n - số vòng quay, vg/s ;
- p - số cấp cực ;
- f - tần số dòng điện 3.14 Hz ;
- s - hệ số trượt.

Nếu tần số tăng, số vòng quay tăng và ngược lại, nghĩa là số vòng quay tỷ lệ thuận với tần số. Tuy nhiên, máy biến tần phức tạp, giá thành cao nên ít khi được ứng dụng. DAIKIN có lẽ là hãng điều hòa không khí duy nhất trang bị máy biến tần cho các hệ thống điều hòa không khí VRV để điều chỉnh năng suất lạnh. Ngoài ra Danfoss Johnson Control cũng đã giới thiệu các thiết bị điều chỉnh biến tần để điều chỉnh năng suất lạnh.

- Điều chỉnh vòng quay theo bậc nhờ thay đổi số cấp cực p : Theo biểu thức (3.14) nếu thay đổi số cấp cực p, cũng có thể thay đổi số vòng quay theo bậc và qua đó có thể điều chỉnh năng suất lạnh theo bậc nhưng phương pháp này cũng phức tạp và cũng ít được sử dụng.

3.4. MÁY NÉN TRỤC VÍT

Càng ngày, máy nén trục vít càng giữ vị trí quan trọng trong kỹ thuật lạnh do máy nén trục vít có một loạt các ưu điểm so với máy nén pittông trượt. Máy nén trục vít thường được thiết kế, chế tạo với năng suất hút lý thuyết từ 400m³/h đến khoảng 5000m³/h cho tất cả các loại môi chất lạnh R12, 502, 22 và amoniắc. Để đáp ứng các nhu cầu máy lạnh cỡ nhỏ hãng Bitzer của CHLB Đức đã chế tạo máy nén trục vít có năng suất hút xuống tới 84m³/h. So với máy nén pittông trượt máy nén trục vít có các ưu điểm nổi bật sau :

- Cấu tạo đơn giản, số lượng chi tiết chuyển động ít, các bề mặt chuyển động giữa hai vít và thân không tiếp xúc với nhau, độ kín giữa các khoang nén được giữ bằng lớp dầu phun do đó hầu như không có sự mài mòn chi tiết, độ tin cậy cao, tuổi thọ cao.
- Máy nén gọn gàng, chắc chắn, có khả năng chống va đập cao.
- Giảm chi phí sửa chữa, bảo dưỡng, thường chỉ phải bảo dưỡng sau 40.000h vận hành.
- Dễ lắp đặt, nền móng yêu cầu không cao do truyền động quay ổn định hơn nhiều so với truyền động xung qua lại của pittông trượt khuỷu.
- Năng suất lạnh có thể điều chỉnh từ 100% xuống đến 10% vô cấp và tiết kiệm được công nén.
- Nhiệt độ cuối tâm nén thấp hơn
- Tỷ số nén cao hơn, có thể đạt tới $\Pi = p_k/p_o = 20$
- Hiệu áp suất $p_k - p_o$ có thể đạt tới 20 bar ở bất kỳ tỷ số nén nào.
- Có thể đạt nhiệt độ sôi thấp mà với máy nén pittông nhất thiết phải dùng chu trình 2 cấp.
- Không có van hút và đẩy nên không có tổn thất tiết lưu, hiệu suất nén cao hơn nhiều so với máy nén pittông.
- Máy làm việc ít xung động hơn.
- Năng suất lạnh của máy nén trục vít có thể lớn gấp rưỡi máy nén pittông lớn nhất.

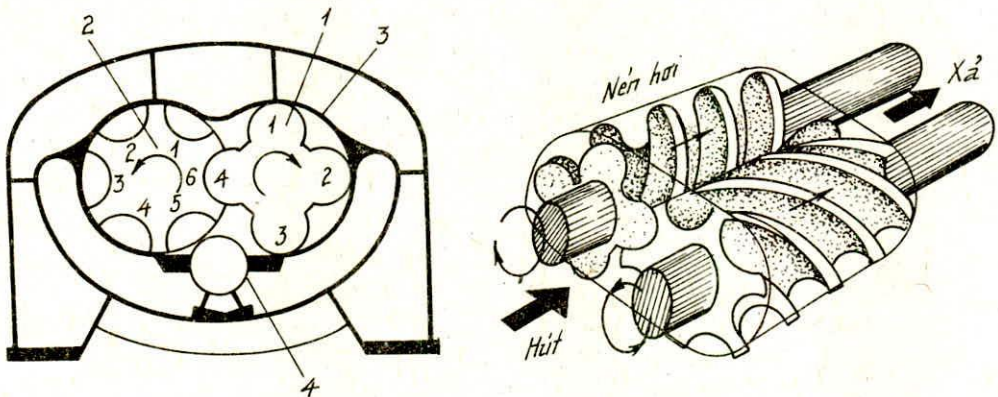
- Dầu phun tràn trong máy nén ngoài tác dụng làm kín, bôi trơn, hấp thụ nhiệt của quá trình nén còn có tác dụng làm giảm tiếng ồn.
- Hầu như không có ảnh hưởng khi hút phải lỏng.

Nhược điểm chủ yếu của máy nén trục vít là :

- Công nghệ gia công phức tạp.
- Giá thành cao và cần có thêm hệ thống phun dầu, bơm dầu, làm mát dầu kèm theo. Sau đây là một số đặc điểm cơ bản của máy nén trục vít.

3.4.1. Cấu tạo

Có nhiều dạng cấu tạo nhưng máy nén trục vít loại 2 vít hiện nay được sử dụng nhiều nhất. Hình 3.48 giới thiệu hình dáng cấu tạo của máy nén trục vít loại 2 vít.



Hình 3.48. Hình dáng cấu tạo của máy nén trục vít loại 2 vít, vít chính và vít phụ
1 - vít chính với 4 răng lồi ; 2 - vít phụ với 6 răng lõm ;
3- xilanh hoặc thân máy ; 4- con trượt điều chỉnh năng suất lạnh.

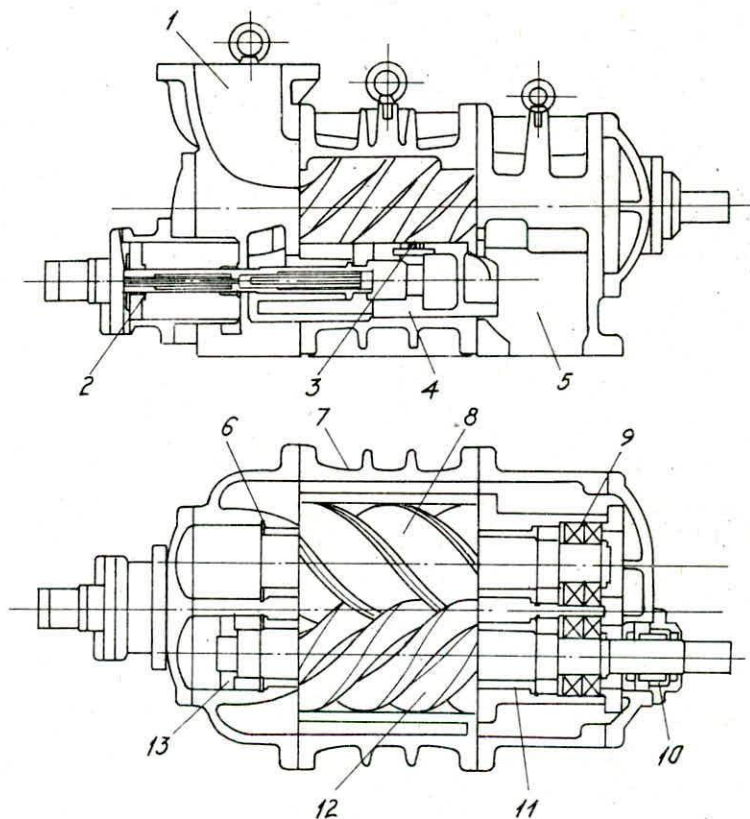
Hai trục này cấu tạo không giống nhau mà có một trục chính và một trục phụ. Trục chính có 4 răng lồi là trục chủ động, trục này còn được gọi là trục đực. Trục phụ có 6 răng lõm là trục phụ và còn được gọi là trục cái. Hai trục này ăn khớp với nhau và với thân máy khi trục quay và tạo ra các khoang hút, nén và đẩy, tuy nhiên các bề mặt không tiếp xúc nhau. Để làm kín các khoang người ta bố trí các lỗ phun dầu trên thân. Dầu tràn vào các khoang và do có độ nhớt cao, dầu làm kín các khe giữa các bề mặt tiếp xúc (xem hình 3.49).

Ngoài máy nén trục vít kiểu 2 vít người ta còn chế tạo loại trục vít loại 1 vít (hình 3.50).

Nguyên lý làm việc của máy nén 1 trục vít cũng tương tự máy nén 2 trục vít. máy nén 1 trục vít cần phải có thêm 2 bánh răng hình sao bố trí hai bên sườn của trục vít để tạo ra các khoang có thể tích thay đổi lớn dần trong quá trình hút và bé dần trong quá trình nén và đẩy. Trục vít chế tạo bằng thép nhưng các bánh răng thường chế tạo bằng chất dẻo nhưng chỉ cần thay thế sau khoảng 25.000h vận hành.

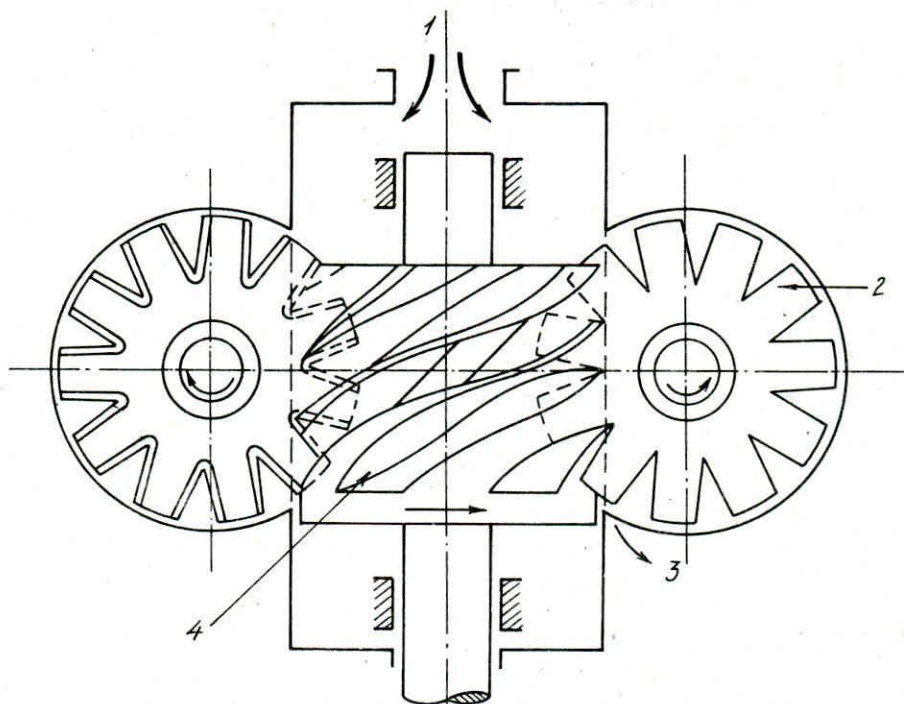
3.4.2. Nhiệt độ cuối tầm nén và tỷ số nén

Nhiệt độ cuối tầm nén t_2 phụ thuộc vào số mũ đoạn nhiệt k của từng môi chất lạnh, vào chế độ vận hành và vào loại máy nén. Nhiệt độ cuối tầm nén của máy nén



Hình 3.49. Hình chiếu của một máy nén trục vít loại 2 vít tràn dầu

1 - cửa hút ; 2 - pittông điều chỉnh ; 3 - lỗ phun dầu ; 4 - con trượt điều chỉnh ; 5 - buồng đẩy ;
6 - ổ đỡ chính ; 7 - thân máy ; 8 - vít phụ ; 9 - ổ đỡ ; 10 - đệm kín cổ trục ;
11 - ổ đỡ chính ; 12 - vít chính ; 13 - pittông cân bằng.



Hình 3.50. Máy nén trục vít loại 1 vít

1 - buồng hút ; 2 - bánh răng ; 3 - buồng đẩy ; 4 - trục vít.

pittông và đặc biệt máy nén amoniác rất cao. Do phải hạn chế nhiệt độ cuối tầm nén nên phải hạn chế tỷ số nén của máy nén pittông. Đối với máy nén pittông thường $t_2 \leq 140^\circ\text{C}$ nên tỷ số nén đối với môi chất amoniác $\Pi \leq 9$ còn đối với R12, R502 và R22 $\Pi \leq 12$.

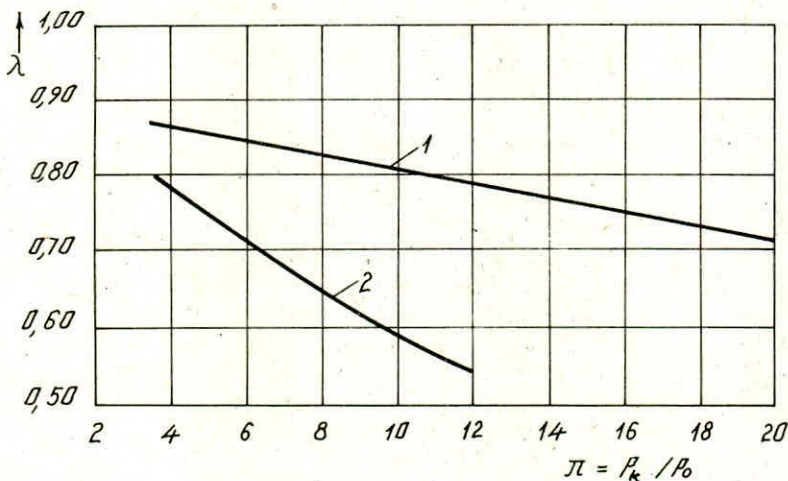
Nhiệt độ cuối tầm nén của máy nén trục vít ngược lại rất thấp do phun tràn dầu trong buồng nén và dầu đã hấp thụ hầu như toàn bộ nhiệt lượng do quá trình nén sinh ra. Chính vì vậy, tỷ số nén của máy nén trục vít có thể đạt rất cao : $P = p_k/p_o = 20$ và hiệu áp suất giữa khoang đẩy và khoang hút cũng có thể đạt rất cao : $\Delta p = p_k - p_o = 20 \text{ bar}$ ở bất kỳ tỷ số nén nào.

Đây là ưu điểm hơn hẳn của máy nén trục vít so với máy nén pittông vì với tỷ số áp suất đó, có thể đạt được nhiệt độ rất thấp trong buồng lạnh vẫn với chỉ 1 cấp nén trong khi nếu dùng máy nén pittông bắt buộc phải dùng chu trình 2 cấp rất kồng kênh và phức tạp.

Một ưu điểm tiếp theo là với cấu tạo đặc biệt của máy nén trục vít có thể đưa hơi có áp suất trung gian về hòa trộn để làm mát trung gian máy nén, nâng cao hiệu suất lạnh (xem chương 4).

3.4.3. Hệ số cấp λ

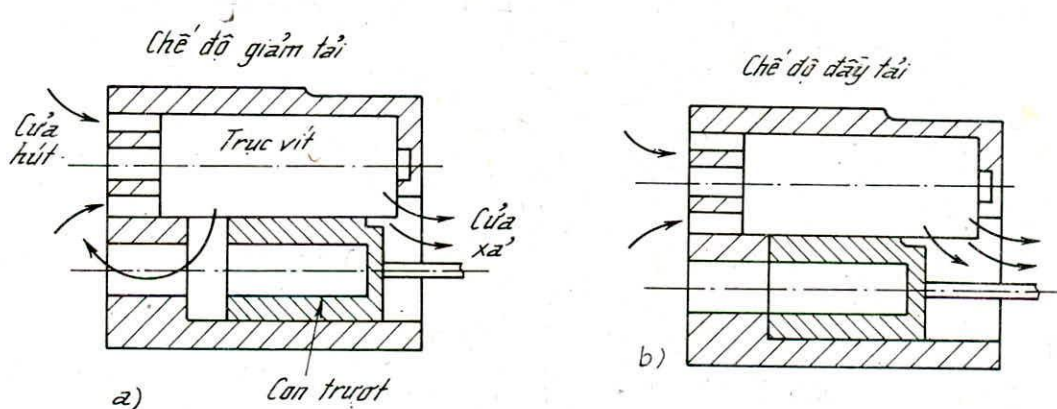
Do máy nén trục vít không có van hút, van đẩy nên không có tổn thất tiết lưu và do nhiệt độ cuối tầm nén rất thấp nên hệ số cấp λ của máy nén trục vít cao hơn hẳn so với máy nén pittông. Hình 3.51 giới thiệu biến thiên của hệ số cấp phụ thuộc tỷ số áp suất của máy nén trục vít và máy nén pittông cỡ lớn. Rõ ràng hệ số cấp của máy nén pittông giảm nhanh khi Π tăng và người ta cũng không sử dụng máy nén pittông với tỷ số nén lớn hơn 12, trong khi hệ số cấp của máy nén trục vít có tỷ lệ giảm nhỏ hơn nên có thể sử dụng máy nén đến tỷ số nén $\Pi = 20$.



Hình 3.51. Hệ số cấp của máy nén trục vít và của máy nén pittông phụ thuộc vào tỷ số nén
1 - máy nén trục vít ; 2 - máy nén pittông.

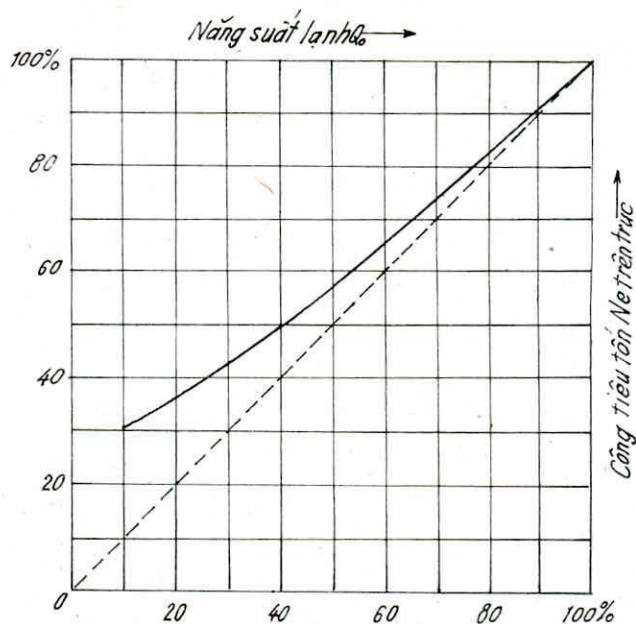
3.4.4. Điều chỉnh năng suất lạnh

Năng suất lạnh có thể điều chỉnh được vô cấp từ 100% xuống đến 10% đối với máy nén trục vít nhờ điều chỉnh con trượt di chuyển song song với trục và trục vít và nhờ đó điều chỉnh diện tích cửa xả của thân máy. Hình 3.52 giới thiệu cơ chế điều chỉnh năng suất lạnh của máy nén trục vít bằng cách điều chỉnh con trượt. Khi con trượt dịch chuyển sang bên phải (H 3.52a) một phần hơi quay trở lại cửa hút đồng thời cửa xả khép bớt lại nên năng suất hút giảm và năng suất lạnh giảm tương ứng. Ở chế độ đầy tải, con trượt được điều chỉnh về tận cùng phía trái, cửa xả mở to nhất và khe hơi hút chảy ngược bị khép kín hoàn toàn, năng suất hút máy nén đạt cao nhất và năng suất lạnh đạt 100%.



Hình 3.52. Cơ chế điều chỉnh năng suất lạnh bằng con trượt
a) chế độ giảm tải ; b) chế độ đầy tải.

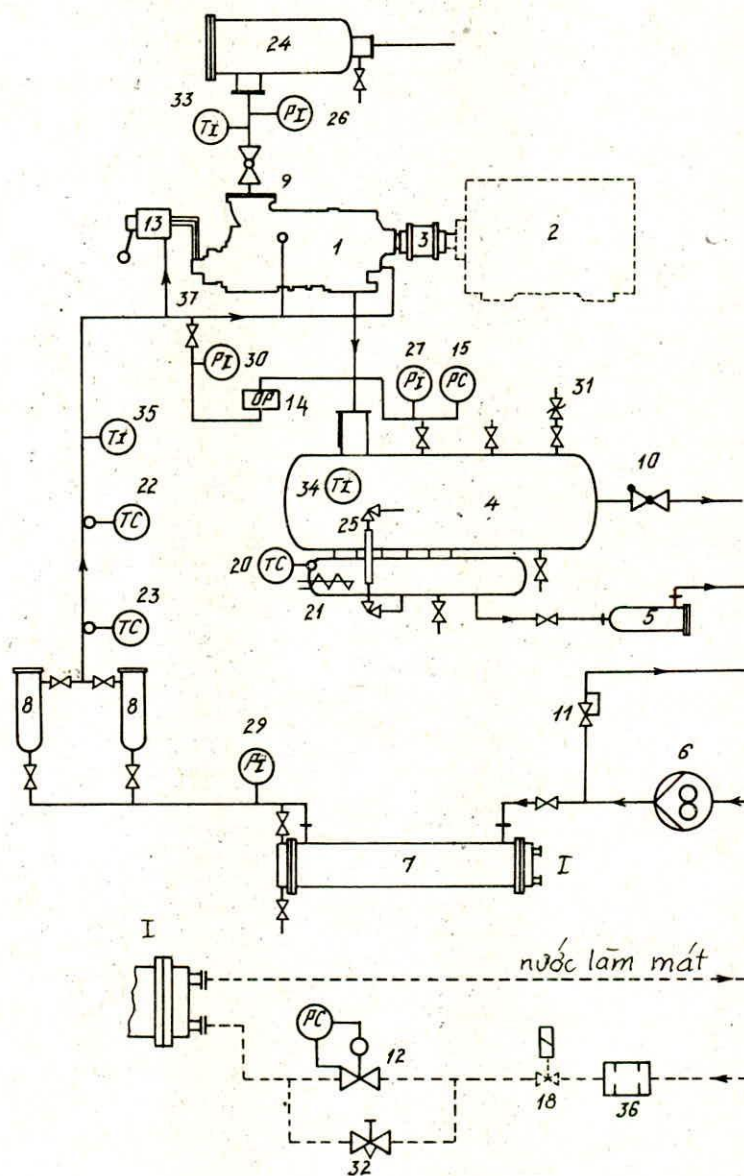
Công tiêu tốn cho máy nén có hiệu suất kém dần khi chạy ở chế độ giảm tải. Đồ thị (hình 3.53) giới thiệu sự phụ thuộc của công tiêu tốn vào năng suất lạnh điều chỉnh. Ở chế độ đầy tải (100% Q_0), công tiêu tốn là 100% N_s nhưng khi năng suất lạnh giảm còn 10% Q_0 thì công tiêu tốn là 30%. Như vậy 1 đơn vị lạnh ở chế độ giảm tải 10% Q_0 có công tiêu tốn gấp 3 lần so với 1 đơn vị lạnh ở chế độ đầy tải.



Hình 3.53. Tồn thất, hiệu suất của máy nén trục vít amoniắc khi điều chỉnh năng suất lạnh nhờ con trượt.

3.4.5. Tổ máy nén trực vít

Khác với máy nén pittông, máy nén trực vít đòi hỏi nhiều thiết bị đi kèm đặc biệt hệ thống phun dầu. Hình 3.54 giới thiệu sơ đồ 1 tổ máy nén trực vít hoàn chỉnh.



Hình 3.54. Sơ đồ thiết bị tổ máy nén trực vít hoàn chỉnh

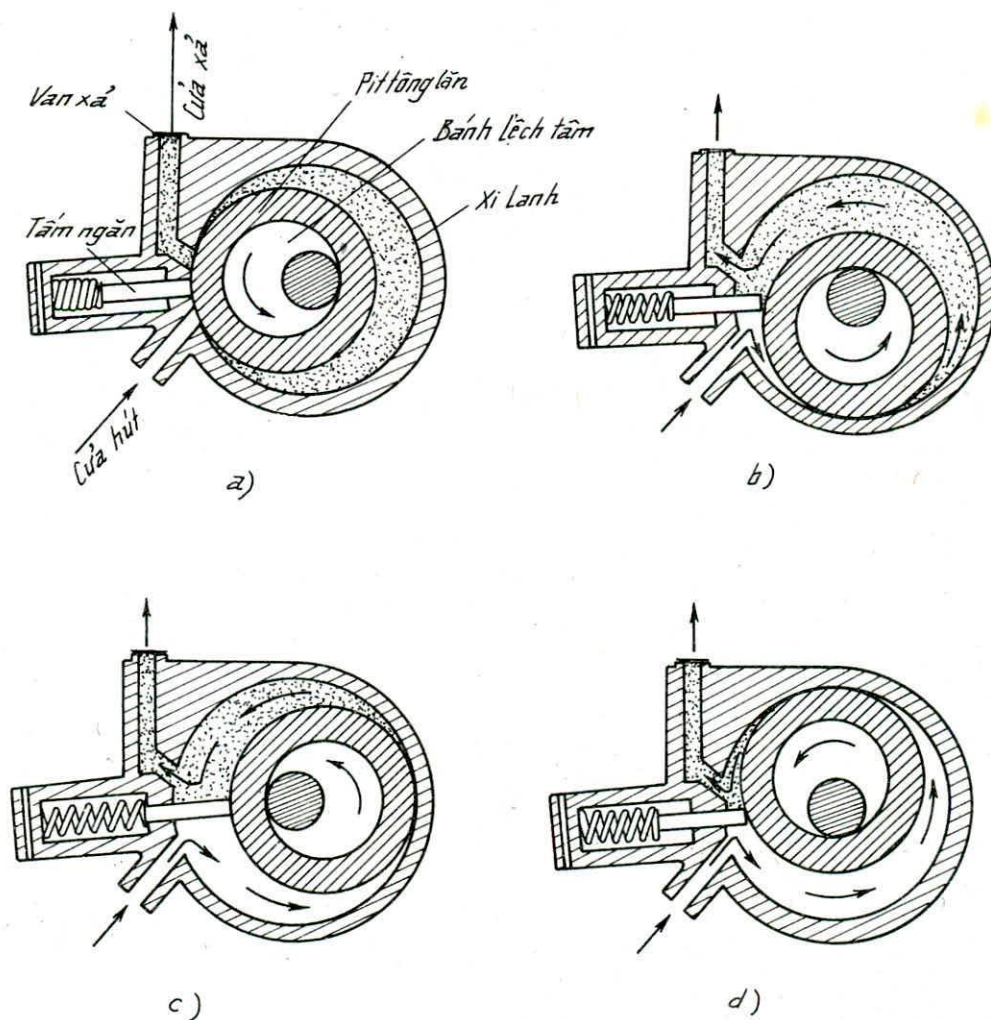
- 1 - máy nén trực vít ; 2 - động cơ ; 3 - khớp nối ; 4 - bình tách dầu ; 5 - phin lọc dầu phía hút ;
- 6 - bơm dầu ; 7 - bình làm mát dầu ; 8 - phin lọc dầu phía đẩy ; 9 - van 1 chiều phía hút ;
- 10 - van 1 chiều phía đẩy ; 11 - van điều chỉnh áp suất dầu ; 12 - van điều chỉnh tự động ;
- 13 - giảm tải bằng tay ; 14 - rôle hiệu áp suất dầu ; 15 - rôle quá áp ; 16 - van điều chỉnh nước làm mát ;
- 18 - van điện tử cấp nước ; 20 - thermostat sưởi dầu ; 21 - bộ sưởi dầu ; 22 - thermostat an toàn dầu ;
- 23 - thermostat dầu ; 24 - phin lọc đường hơi hút ; 25 - ống thủy ; 26 - áp kế áp suất hút ;
- 27 - áp kế đường đẩy ; 29 - áp kế áp suất dầu sau khi làm mát ; 30 - áp kế áp suất dầu ; 31 - van an toàn ;
- 32 - van điều chỉnh bằng tay ; 33 - nhiệt kế đường hút ; 34 - Nhiệt kế đường đẩy ;
- 35 - nhiệt kế phin lọc dầu ; 36 - phin lọc nước ; 37 - bộ chỉ thị vị trí.

3.5. MÁY NÉN RÔTÔ

Máy nén rôtô là một loại máy nén thể tích. Quá trình hút, nén và đẩy được thực hiện nhờ sự thay đổi thể tích của không gian giới hạn giữa pittông và xilanh. Điều khác biệt cơ bản của máy nén rôtô với máy nén pittông trượt là pittông lăn hoặc pittông quay. Có nhiều loại máy nén rôtô khác nhau, sau đây chúng ta sẽ khảo sát một số loại thường gặp.

3.5.1. Máy nén rôtô lăn

Hình 3.55 giới thiệu nguyên lý cấu tạo của máy nén rôtô lăn.



Hình 3.55. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của máy nén rôtô lăn

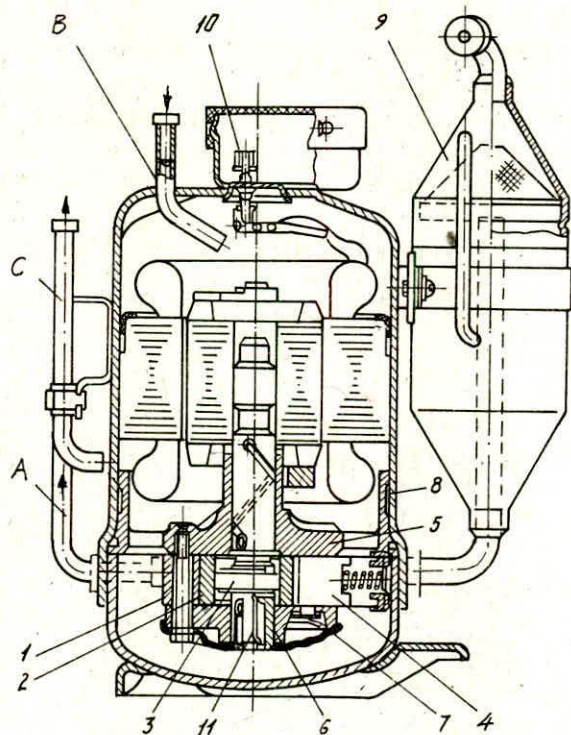
- a) bắt đầu quá trình nén, cửa hút và xả đóng ; b) tiếp tục quá trình nén, bắt đầu quá trình hút ;
c) tiếp tục nén và hút ; d) chuẩn bị kết thúc quá trình đẩy và sắp kết thúc quá trình hút.

Máy nén rôtô lăn có thân hình trụ đóng vai trò là xilanh. Pittông cũng có dạng hình trụ nằm trong xilanh. Nhờ có bánh lệch tâm, pittông lăn trên bề mặt trong của xilanh và luôn tạo ra 2 khoang hút và nén nhờ tấm ngăn. Chỉ khi pittông lăn lên vị

trí tấm ngăn (h.3.55a), khoang hút đạt thể tích tối đa, lúc đó chỉ có 1 khoang duy nhất giữa xilanh và pittông, quá trình hút kết thúc. Khi pittông lên tiếp tục, quá trình nén bắt đầu và khoang hút mới lại hình thành (h.3.55b). Cứ như vậy, khoang nén nhỏ dần lại và khoang hút lớn dần lên (h.3.55c) cho đến khi hơi nén được đẩy hết ra ngoài và khoang hút đạt cực đại (h.3.55d và h.3.55a), một quá trình hút và nén mới lại bắt đầu.

Máy nén rôto lăn có ưu điểm là ít chi tiết, rất gọn nhẹ chỉ có van đẩy không có van hút giảm được tổn thất tiết lưu nhưng cũng có nhược điểm là công nghệ chế tạo đòi hỏi rất chính xác, khó giữ kín khoang môi chất đặc biệt ở hai đầu pittông, khó bôi trơn và độ mài mòn tấm trượt lớn.

Máy nén rôto lăn được sử dụng rộng rãi trong điều hòa không khí, năng suất lạnh nhỏ và trung bình dạng máy nén kín. Phần lớn các loại máy điều hòa 1,2 cục của Liên Xô cũ (kiểu BK1500-2900) của Nhật, Mỹ các loại phần lớn đều dùng các loại máy nén này (thợ lạnh thường gọi là máy xantic). Hình 3.56 giới thiệu 1 máy nén rôto lăn thể tích quét pittông 5,37 - 17,98 cm³, vòng quay 25 vg/s.



Hình 3.56. Máy nén rôto lăn kiểu kín

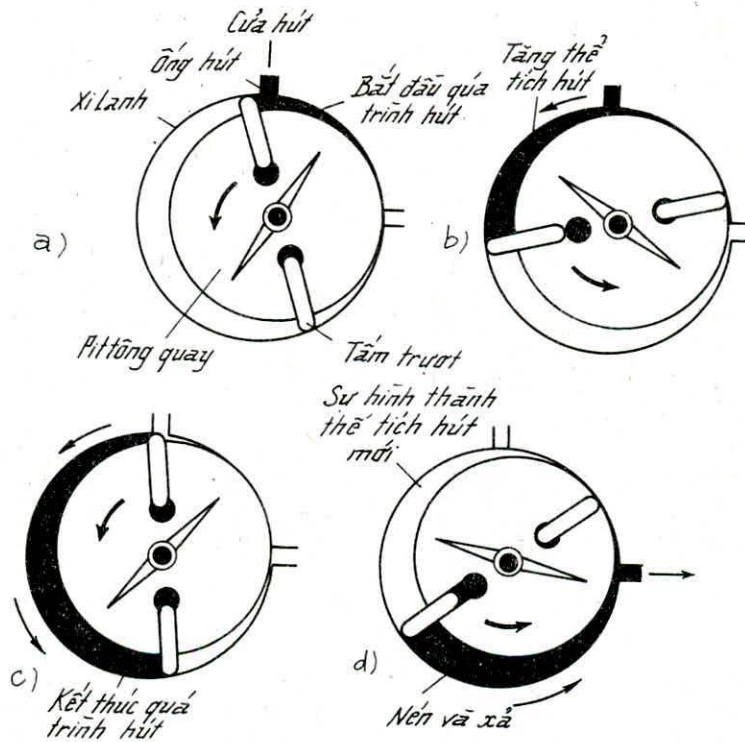
- 1 - xilanh ; 2 - rôto ; 3 - bánh lệch tâm ;
4 - tấm ngăn (tấm trượt) ; 5, 6 - thân trên ;
7 - van đẩy ; 8 - vỏ ; 9 - ống tiêu âm đường hút đồng thời là ống tách lỏng ; 10 - hộp tiếp điện ;
11 - bơm dầu.

3.5.2. Máy nén rôto tấm trượt

Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy nén rôto tấm trượt cũng gần giống như máy nén rôto lăn. Khác nhau cơ bản là các tấm trượt (tối thiểu là 2 tấm tối đa 8 tấm) nằm trên pittông. Pittông không có bánh lệch tâm mà quay ở vị trí cố định. Pittông và xilanh luôn tiếp xúc với nhau ở một đường cố định phân cách đều giữa cửa hút và cửa đẩy. Cửa hút không có van, chỉ có cửa đẩy có bố trí van. Khi pittông quay, các tấm trượt văng ra do lực ly tâm, quét trên bề mặt xilanh và tạo ra các khoang có thể tích thay đổi, thực hiện quá trình hút nén và đẩy. Nếu làm mát tốt, tỷ số nén có thể đạt 5-6, hiệu áp chỉ có thể đạt 3-5 bar. Lưu lượng thể tích có thể đạt 0,03 đến 1m³/s thuộc loại năng suất trung bình và lớn (hình 3.57) và hay được sử dụng trong kỹ thuật điều hòa không khí.

Máy nén rôto tấm trượt có các ưu điểm :

- Gọn nhẹ, ít chi tiết mài mòn
- Tự giảm tải vì lúc khởi động các tấm trượt chỉ văng ra thực hiện quá trình nén khi tốc độ pittông đủ lớn, lực ly tâm đủ lớn.



Hình 3.57. Máy nén rôto tấm trượt
(kiểu 2 tấm trượt) nguyên tắc cấu tạo và làm việc.

- Không có van hút nên không có tổn thất tiết lưu đường hút, hệ số cấp λ lớn hơn so với máy nén pittông trượt.

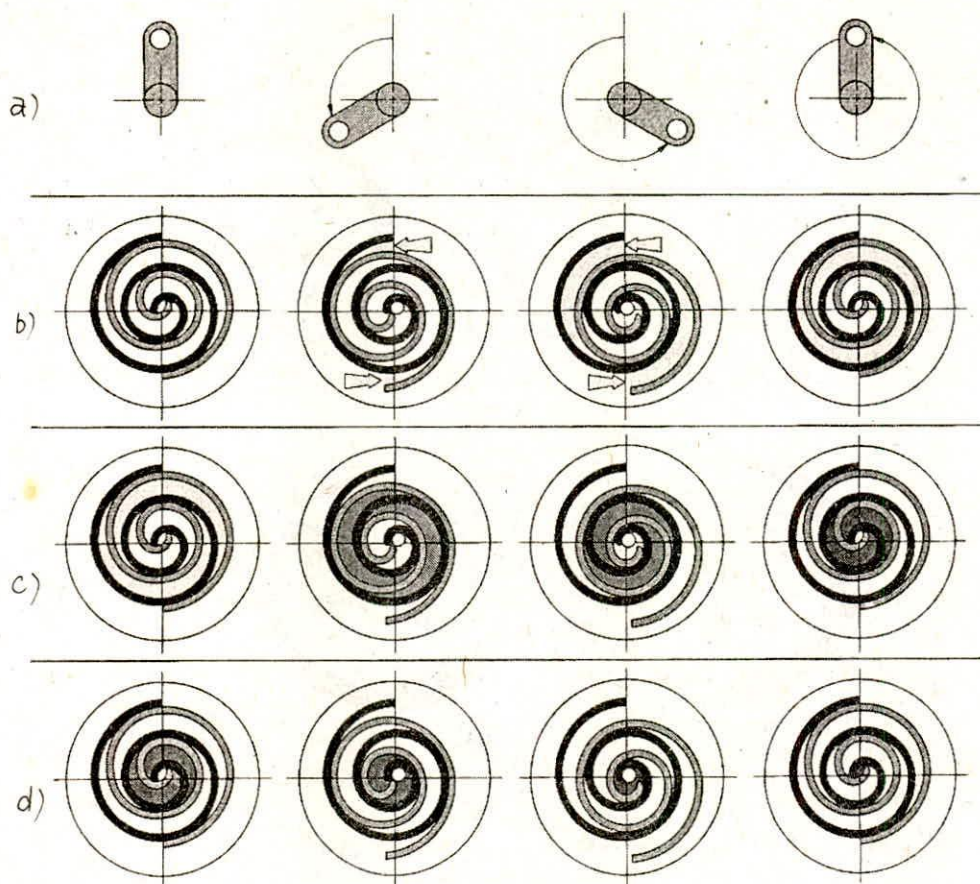
Nhược điểm :

- Khó bịt kín hai đầu máy nén,
- Độ mài mòn các chi tiết lớn,
- Công nghệ gia công đòi hỏi cao.

3.5.3. Máy nén rôto kiểu xoắn ốc

Máy nén rôto kiểu xoắn ốc do hãng Trane (Mỹ) thiết kế, chế tạo. Xilanh cũng như pittông đều có dạng băng xoắn. Xilanh đứng im còn pittông chuyển động quay. Bề mặt của pittông và xilanh tạo ra các khoang có thể tích thay đổi thực hiện quá trình hút nén và đẩy. Máy nén xoắn ốc có ưu điểm là ít chi tiết, λ cao, độ tin cậy và hiệu quả cao, sử dụng trong máy lạnh thương nghiệp, các máy làm lạnh nước và chất lỏng dùng cho điều hòa không khí.

Hình 3.58 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của máy nén xoắn ốc 3-DTM của hãng Trane.



Hình 3.58. Máy nén xoắn ốc 3-DTM hãng Trane

- a) máy nén xoắn ốc có 2 vòng xoắn. Vòng xoắn trên (xanh) đứng im, vòng xoắn dưới quay ;
- b) quá trình hút - khi vòng xoắn dưới quay được 1 vòng 360° , hai túi hơi được hình thành và khép kín ;
- c) quá trình nén : hai túi hơi khép nhỏ dần thực hiện quá trình nén ;
- d) quá trình đẩy : hai túi hơi khép nhỏ hơn và thực hiện quá trình đẩy.

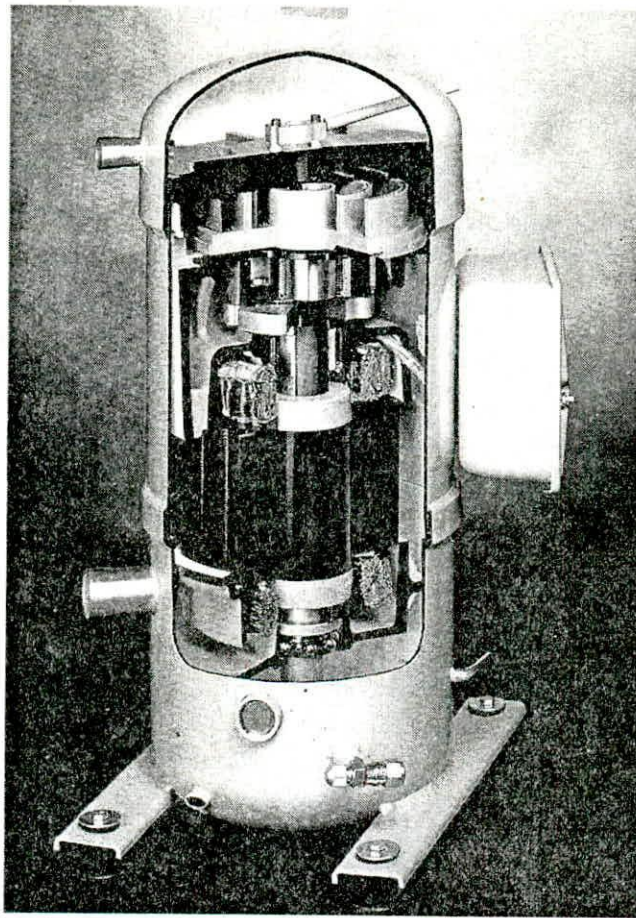
Hình 3.59 giới thiệu hình ảnh một máy nén xoắn ốc tách vỏ.

Khoang hút ở phía dưới, động cơ được làm mát bằng hơi lạnh hút về. Khoang đẩy nằm trên đỉnh máy nén. Hai vòng xoắn ở ngay dưới khoang đẩy.

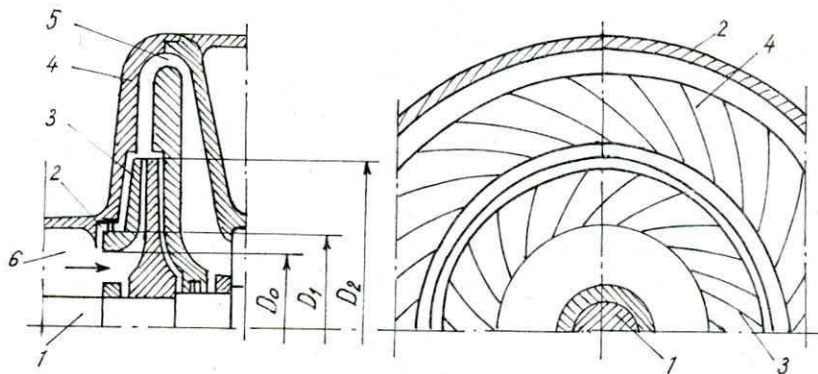
3.6. MÁY NÉN TURBIN

Máy nén turbin là máy nén động học. Áp suất của dòng hơi tăng lên là do sự biến đổi động năng nhận được ở bánh cánh quạt thành thế năng : nội năng hoặc entanpy. Máy nén turbin gồm 2 loại li tâm và hướng trục nhưng trong kỹ thuật lạnh chỉ sử dụng loại máy nén li tâm. Hình 3.60 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của máy nén li tâm.

Hơi môi chất được hút vào ống hút 6, được bánh cánh quạt 3 truyền động năng và đẩy vào buồng khuếch tán 4. Ở đây động năng của dòng hơi chuyển thành áp suất, dòng hơi nén đi vào buồng đổi hướng 5 để đi vào cấp nén cao hơn.



Hình 3.59. Hình ảnh máy nén xoắn ốc (Trane).



Hình 3.60. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của máy nén turbin ly tâm

- 1 - trục ; 2 - thân máy ; 3 - bánh cánh quạt ;
4 - buồng khuếch tán ; 5 - buồng đổi hướng ; 6 - ống hút.

Độ tăng áp suất của máy nén turbin phụ thuộc rất nhiều vào tính chất môi chất lạnh, đặc biệt phụ thuộc nhiều vào khối lượng riêng và tốc độ chu vi của bánh cánh

quạt. Do khối lượng mol và khối lượng riêng của amoniác nhỏ nên amoniác nói chung không thuận lợi đối với máy nén turbin và vì vậy ít được sử dụng cho máy nén turbin. Các môi chất có khối lượng riêng và khối lượng mol lớn như R11, R12, R13B1, R113 được sử dụng rộng rãi với máy nén turbin trong kỹ thuật điều hòa không khí. Nhưng các môi chất này đã bị cấm. Các môi chất thay thế tạm thời là R123 và 134a.

Cấp nén

Trong kỹ thuật điều hòa không khí thường sử dụng máy nén turbin 1 đến 2 cấp nén, trong kỹ thuật lạnh, bơm nhiệt tùy theo chế độ làm việc và môi chất, máy nén turbin có thể có 2 đến 8 cấp nén.

Giống như máy nén trục vít, có thể làm mát trung gian hơi nén bằng bình trung gian với dẫn nở môi chất trung gian để cấp vào cấp nén trung gian trên sườn máy nén. Làm mát trung gian có thể nâng hiệu suất nén lên tới 10%.

Tốc độ vòng quay

Máy nén turbin cao tốc có số vòng quay tới 24.000 vg/ph.

Máy nén turbin bình thường có số vòng quay từ 10.000 – 12.000 vg/ph còn máy nén turbin tốc độ thấp kiểu nửa kín có số vòng quay khoảng $n=3000$ vg/ph.

Ưu nhược điểm cơ bản so với máy nén pittông.

- Máy nén turbin có cấu tạo đơn giản, số lượng chi tiết chuyển động ít, tiêu tốn ít nguyên vật liệu, làm việc liên tục, vận hành với tốc độ cao. Với cùng công suất máy nén turbin chỉ tiêu tốn khoảng 1/3 khối lượng vật liệu chế tạo.

- Máy nén turbin có hiệu suất thấp đặc biệt với năng suất lạnh nhỏ và tỷ số áp suất lớn.

- Rất gọn nhẹ, diện tích lắp đặt nhỏ, vững chắc.
- Vận hành đơn giản, độ tin cậy cao.
- Không có dầu bôi trơn nên môi chất không bị lẫn dầu.
- Lực quán tính nhỏ khi làm việc.
- Có thể điều chỉnh vô cấp năng suất lạnh.
- Có thể làm mát trung gian trên 1 máy nén (xem chương 4).
- Tỷ số áp suất thấp, áp suất đạt được có giới hạn và dao động.

Hình 3.61 giới thiệu 1 máy nén turbin kiểu CenTra-Vac của hãng Trane (Mỹ).

Rôto của động cơ điện 6 và 2 bánh cánh quạt (37-cấp nén thứ nhất, 18-cấp nén thứ 2) cùng bố trí trên trục 33 đặt trên 2 ổ trượt 12. Lực đẩy chiều trục được cân bằng cách bố trí hai bánh cánh quạt ngược chiều. Hai ổ trượt được làm kín dầu bằng nắp 5 và vòng đệm kín 17. Bơm dầu 21 bơm và cấp dầu qua ống dẫn 3. Dầu hồi về bình chứa dầu qua ống dẫn 32. Vỏ mô tơ và vỏ hình xoắn ốc 10 và 31 được ghép nối theo kiểu bích và được làm kín kiểu labyrinth (đường nối) 13. Động cơ được làm mát bằng hơi môi chất lạnh đến từ bình bay hơi qua kênh 8 nhờ các quạt 9 hút qua động cơ và lại được đẩy trở lại bình bay hơi qua các đường ống nối (ở đây không nhìn thấy). Nếu làm mát bằng nước, nước sẽ tuần hoàn qua áo nước bố trí trên vỏ động cơ. Cả 2 cấp nén đều bố trí cánh xoáy tiết lưu 14.

3.7.2. Tốc độ động cơ và trục khuỷu

Các loại máy nén kín, nửa kín và hở dùng khớp nối trực tiếp, tốc độ động cơ đúng bằng tốc độ trục khuỷu máy nén. Tốc độ động cơ xác định theo biểu thức (3.10).

Thí dụ : Với nguồn điện có $f = 50\text{Hz}$, 2 cặp cực (4 cực) hay $p=2$, hệ số trượt khoảng 6,5% thì tốc độ vòng quay khoảng 1400 vg/ph.

Máy nén hở, truyền động đai, tốc độ trục khuỷu có thể xác định theo biểu thức :

$$n_2 = \frac{d_1}{d_2} n_1 \quad (3.11)$$

n_2 - tốc độ vòng quay trục khuỷu máy nén ;

n_1 - tốc độ động cơ ;

d_1 - đường kính hiệu quả bánh đai động cơ, mm ;

d_2 - đường kính hiệu quả bánh đai máy nén, mm.

Thí dụ 3.11 :

Cho biết : - tốc độ động cơ $n_1 = 1400$ vg/ph

- đường kính bánh đai động cơ 150 mm

- đường kính bánh đai máy nén 450mm

Xác định tốc độ trục khuỷu. Nếu $n_2 = 700$ vg/ph, hãy xác định d_2 .

Giải : Thay giá trị vào biểu thức (3.11) ta có :

$$n_2 = \frac{150}{450} \cdot 1400 = 467 \text{ vg/ph}$$

Nếu muốn tăng tốc độ trục khuỷu lên 700 vg/phút, phải sử dụng bánh đai máy nén có đường kính như sau :

$$d_2 = d_1 \cdot \frac{n_1}{n_2} = 150 \cdot \frac{1400}{700} = 300 \text{ mm}$$

3.7.3. Quan hệ công suất động cơ và năng suất lạnh

Năng suất lạnh của 1 máy nén không cố định mà thay đổi, phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, và có thể tính toán theo mục 3.2.8 với các thông số và điều kiện làm việc đã cho.

Công suất hữu ích (đo trên trục khuỷu) Ne cũng như công suất động cơ yêu cầu N_{dc} cũng có thể tính toán theo mục 3.2.6 cũng với các thông số và điều kiện làm việc đã cho.

Như vậy, nếu thay đổi điều kiện làm việc năng suất lạnh khác đi và công suất động cơ cũng khác đi.

Công suất động cơ yêu cầu tăng khi :

- Lưu lượng qua máy nén tăng
- Số vòng quay máy nén tăng
- Nhiệt độ ngưng tụ tăng, áp suất ngưng tụ tăng
- Nhiệt độ bay hơi tăng, áp suất bay hơi tăng.

33. Vì sao phải bôi trơn máy nén ?
34. Hãy vẽ sơ đồ bôi trơn máy nén lớn.
35. Hãy nêu phương pháp bơm dầu của các máy nén lớn.
36. Hãy nêu phương pháp bơm dầu rãnh xoắn ly tâm của các máy nén kín trực đặt đứng.
37. Hãy vẽ sơ đồ nguyên lý hồi dầu bôi trơn tự động.
38. Hãy vẽ nguyên tắc cấu tạo của van phao hồi dầu tự động.
39. Có mấy phương pháp bịt kín cổ trục : hãy vẽ nguyên tắc cụm bịt cổ trục kiểu màng.
40. Hãy mô tả cụm bịt cổ trục kiểu hộp xếp tĩnh và hộp xếp quay ?
41. Vì sao phải bố trí van an toàn ? Nguyên tắc làm việc của van an toàn ?
42. Bộ sưởi dầu có chức năng gì trong máy nén lạnh ?
43. Hãy nêu các phương pháp làm mát dầu máy nén lạnh.
44. Hãy mô tả cấu tạo và nguyên tắc làm việc của role hiệu áp suất dầu ?
45. Vì sao phải bảo vệ hiệu áp suất dầu ?
46. Vì sao phải bố trí role áp suất cao ?
47. Vì sao vừa phải dùng van an toàn vừa phải dùng role áp suất cao ?
48. Mục đích của việc sử dụng role áp suất thấp là gì ?
49. Có bao nhiêu phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh của máy nén pittông.
50. Hãy mô tả phương pháp đóng ngắt máy nén để điều chỉnh năng suất lạnh.
51. Mô tả phương pháp tiết lưu đường hút và xả hơi nén theo đường phụ để điều chỉnh năng suất lạnh.
52. Nêu phương pháp xả ngược trong dầu xilanh điều chỉnh Q_0 .
53. Có bao nhiêu phương pháp điều chỉnh vòng quay trục khuỷu máy nén.
54. Hãy nêu nguyên tắc cấu tạo của máy nén trục vít.
55. Hãy phát biểu các ưu nhược điểm của máy nén trục vít.
56. Hãy phát biểu đặc điểm nhiệt độ cuối tâm nén và tỷ số nén của máy nén trục vít.
57. Vì sao hệ số cấp λ của máy nén trục vít cao hơn hẳn máy nén pittông ?
58. Nêu phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh của máy nén trục vít.
59. Vì sao máy nén trục vít luôn được cung cấp dưới dạng tổ hợp ?
60. Hãy vẽ và mô tả nguyên lý làm việc của máy nén rôto tấm trượt.
61. Hãy vẽ và mô tả nguyên lý làm việc của máy nén rôto lăn.
62. Hãy mô tả cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy nén turbin.
63. Hãy nêu ưu nhược điểm của máy nén rôto lăn và rôto tấm trượt so với máy nén pittông.
64. Hãy nêu ưu nhược điểm của máy nén turbin so với máy nén pittông.
65. Mômen khởi động của động cơ máy lạnh khác với động cơ thường như thế nào ?
66. Phụ tải động cơ máy lạnh lúc khởi động và lúc làm việc khác nhau thế nào ?
67. Các động cơ máy lạnh thường được bảo vệ như thế nào ?

Chương 4

CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI 1 CẤP

Trong nhiệt động kỹ thuật định nghĩa :

- Chu trình thuận chiều là chu trình tiến hành thuận theo chiều kim đồng hồ và là chu trình của các máy sinh công, biến đổi nhiệt năng thành cơ năng như các động cơ nhiệt, động cơ nổ, đầu máy hơi nước.

- Chu trình ngược chiều tiến hành ngược theo chiều kim đồng hồ là chu trình của máy lạnh và bơm nhiệt, tiêu tốn năng lượng hoặc công để "bơm" một dòng nhiệt từ nhiệt độ thấp thải ra môi trường có cấp nhiệt độ cao hơn. Tất cả các chu trình nghiên cứu dưới đây là chu trình ngược chiều.

4.1. CHU TRÌNH CARNOT NGƯỢC CHIỀU

Chu trình Carnot là chu trình gồm 2 quá trình đoạn nhiệt và 2 quá trình đẳng nhiệt xen kẽ. Trên đồ thị T-s nó đơn giản là một hình chữ nhật nhưng đứng về mặt thiết bị nó lại phức tạp hơn các chu trình khác do có thêm máy dẫn nở (hình 4.1)

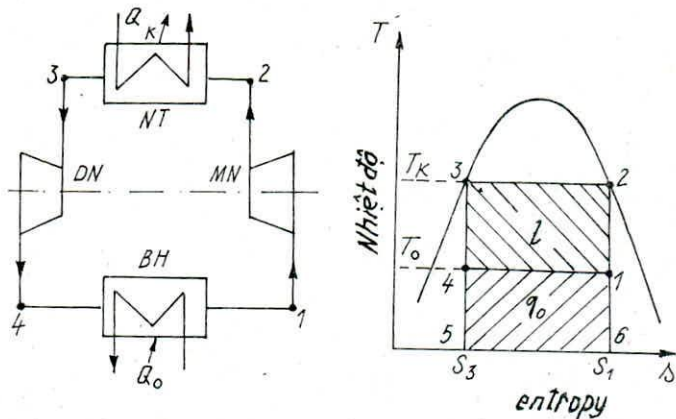
- Quá trình 1-2 là quá trình nén đoạn nhiệt hơi hút. Để điểm 2 nằm đúng trên đường hơi bão hòa khô, điểm 1 phải nằm trong vùng hơi ẩm. Đặc điểm của quá trình nén đoạn nhiệt là $s_1 = s_2$.

- Quá trình 2-3 là quá trình ngưng tụ đẳng nhiệt $T_2 = T_3$ và đẳng áp $p_2 = p_3 = p_k$. Điểm 3 nằm trên đường bão hòa lỏng.

- Quá trình 3-4 là quá trình giãn nở đoạn nhiệt có sinh ngoại công. Đặc điểm quá trình là $s_4 = s_3$.

- Quá trình 4-1 là quá trình bay hơi đẳng nhiệt $T_4 = T_1$ để sinh lạnh ở nhiệt độ thấp và áp suất thấp. Quá trình này cũng là quá trình đẳng áp.

Điểm quan trọng nhất của chu trình Carnot ngược chiều là hệ số lạnh đạt cực đại, không một chu trình nào khác có thể



Hình 4.1. Chu trình Carnot ngược chiều

a) sơ đồ thiết bị ; b) chu trình biểu diễn trên đồ thị T-s
(nhiệt độ - entropy) MN - Máy nén ; DN - Máy dẫn nở ;
NT - Bình ngưng tụ ; BH - Bình bay hơi ; trục máy dẫn nở
nối trực tiếp lên máy nén để tận dụng công có ích sinh ra
ở máy dẫn nở.

đạt được nên chu trình Carnot ngược chiều được coi là chu trình lý tưởng và hệ số lạnh của chu trình được sử dụng để so sánh đánh giá độ hoàn thiện của các chu trình khác.

Hệ số lạnh của chu trình Carnot ký hiệu là ε_c và được xác định như sau :

$$\varepsilon_c = \frac{q_0}{1} = \frac{\text{Diện tích } 6-1-4-5}{\text{Diện tích } 1-2-3-4} = \frac{T_o(s_1-s_4)}{(T_k-T_o)(s_2-s_3)} = \frac{T_o}{T_k-T_o} \text{ do } (S_1 - S_4 = S_2 - S_3)$$

Ghi nhớ : Hệ số lạnh của chu trình Carnot chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ bay hơi và nhiệt độ ngưng tụ của chu trình, không phụ thuộc tính chất của môi chất lạnh.

Nếu gọi ε là hệ số lạnh của chu trình bất kỳ, có thể tính được độ hoàn thiện của chu trình bất kỳ đó :

$$\nu = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_c} = \varepsilon \frac{T_k - T_o}{T_o}$$

ν luôn nhỏ hơn 1 và cũng được gọi là hiệu suất exergy của chu trình.

Ưu, nhược điểm của chu trình Carnot :

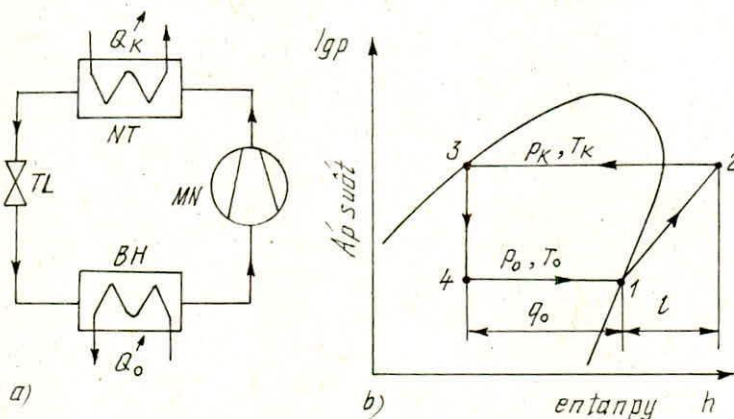
- Công nén nhỏ do nhiệt độ cuối tầm nén thấp ($T_2 = T_k$) ;
- Quá trình giãn nở trong máy giãn nở sinh công hữu ích ;
- Hệ số lạnh là lớn nhất so với các chu trình khác ở cùng điều kiện làm việc.
- Trạng thái 1 của hơi hút nằm trong vùng hơi ẩm cần phải điều chỉnh sao cho điểm 2 cuối tầm nén phải rơi đúng vào đường hơi bão hòa khô. Điều này không thể thực hiện được trong thực tế, hơn nữa lỏng và hơi phân bố không đều nên máy nén rất dễ bị va đập thủy lực (hút phải lỏng), gây hư hỏng máy nén.
- Máy giãn nở có ưu điểm là sinh ngoại công có ích nhưng khi vận hành thực tế, máy giãn nở rất kồng kềnh, làm tăng đáng kể chi phí đầu tư ban đầu mà công thu được không đáng kể. Đó cũng là 2 nhược điểm về vận hành chủ yếu của chu trình Carnot. Chính vì vậy, chu trình Carnot không được sử dụng trong thực tế.

4.2. CHU TRÌNH KHÔ

Chu trình khô là chu trình cải tiến để loại trừ các nhược điểm nêu trên của chu trình Carnot. Để đề phòng va đập thủy lực, hơi hút về máy nén là hơi bão hòa khô và để đơn giản, máy giãn nở được thay thế bằng van tiết lưu.

Định nghĩa : Chu trình khô là chu trình có hơi hút về máy nén là hơi bão hòa khô.

Hình 4.2. biểu diễn chu trình khô trong đó h.4.2a là sơ đồ thiết bị và h.4.2b là chu trình khô biểu diễn trên đồ thị lgp-h.



Hình 4.2. Chu trình khô

a) sơ đồ thiết bị ; b) chu trình biểu diễn trên đồ thị lgp-h
TL - Van tiết lưu (các chú thích còn lại xem h.4.1).

Các quá trình của chu trình khô là :

1-2 : Quá trình nén hơi đoạn nhiệt ($s_1 = s_2$ hoặc $\Delta s = 0$) từ áp suất bay hơi và nhiệt độ bay hơi lên áp suất ngưng tụ và nhiệt độ $T_2 > T_k$. Quá trình này tiến hành trong vùng hơi quá nhiệt.

2-3 : Quá trình làm mát và ngưng tụ hơi môi chất đẳng áp, thải nhiệt cho nước hoặc không khí làm mát.

3-4 : Quá trình tiết lưu đẳng entanpy từ áp suất ngưng tụ và nhiệt độ ngưng tụ xuống áp suất bay hơi và nhiệt độ bay hơi.

4-1 : Quá trình bay hơi đẳng áp và đẳng nhiệt để thu nhiệt của môi trường lạnh. Đây chính là quá trình làm lạnh mà ta muốn thực hiện.

Chu trình khô chủ yếu sử dụng cho môi chất amoniác với các lý do sau :

- Nhiệt độ cuối tầm nén của amoniác rất cao. Để hạn chế bớt nhiệt độ này, cần phải cho máy nén hút hơi bão hòa. Để đảm bảo máy nén không hút phải lỏng, phải bố trí bình tách lỏng trên đường hơi hút về máy nén. Lỏng cuốn theo sẽ bị tách ra và đưa quay trở lại dàn bay hơi.

Hình 4.3. giới thiệu một hệ thống lạnh đơn giản làm việc theo chu trình khô dùng để làm lạnh glycol phục vụ dây chuyền sản xuất bia 3 triệu lít/năm của DANBREW Đan Mạch.

Hệ thống lạnh gồm 2 tổ máy nén CMO26 tốc độ vòng quay 1740vg/ph, động cơ công suất 37kW, tốc độ vòng quay 1450vg/ph. Máy nén có 6 xilanh có khả năng điều chỉnh năng suất lạnh 0-33-67-100%. Máy nén có bố trí các đồng hồ đo nhiệt độ, áp suất đầu hút, đẩy, role áp suất cao, role áp suất thấp. Trước máy nén có phin lọc đường hút, đường đẩy có bình tách dầu và có đường hồi dầu về máy nén qua van hồi dầu, lưới lọc, van điện từ.

Hệ thống lạnh sử dụng 1 tháp ngưng tụ. Tháp ngưng tụ gồm dàn ống ngưng tụ bố trí trong tháp có quạt gió hút từ dưới lên và nước làm mát phun từ trên xuống. Nước làm mát được bơm tuần hoàn từ đáy tháp, phun lên dàn ngưng và lại chảy trở lại đáy tháp.

Bình bay hơi kiểu ống vỏ nằm ngang, có bình tách lỏng nằm ngang bố trí phía trên được sử dụng làm lạnh glycol xuống khoảng -5°C đưa đi làm lạnh dịch bia, các tầng lên men...

Bộ phận tiết lưu dạng van phao luôn duy trì mức lỏng cần thiết trong bình bay hơi. Ngoài ra còn có 1 van tiết lưu tay dự phòng.

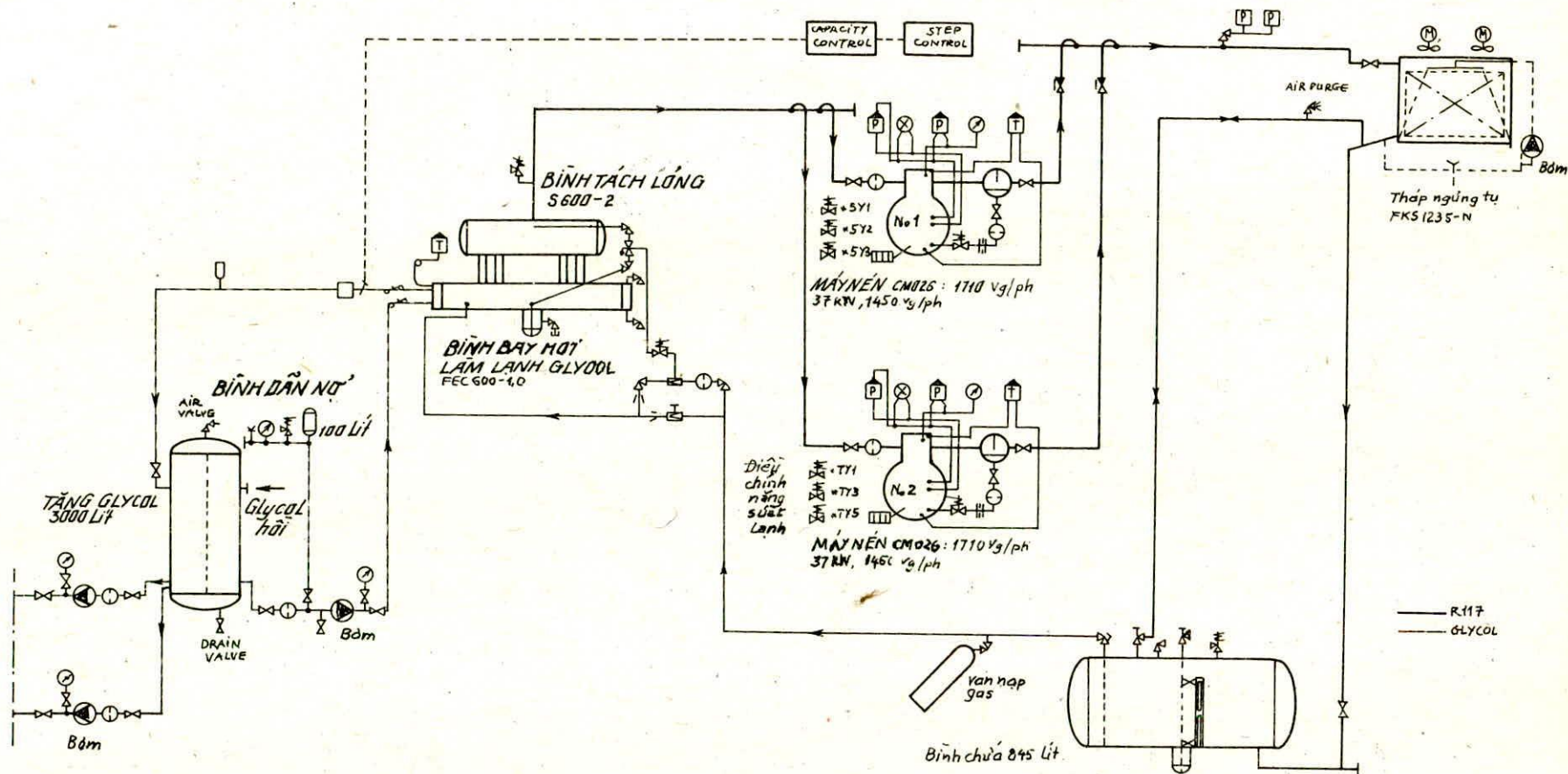
Bình chứa 845 lít dùng để chứa môi chất amoniác lỏng từ dàn ngưng tụ, cung cấp cho bình bay hơi.

Phía glycol ra khỏi bình bay hơi có bố trí đầu cảm nhiệt, nếu nhiệt độ xuống đủ thấp (đủ lạnh), bộ điều chỉnh năng suất lạnh sẽ ngắt bớt xilanh máy nén, điều chỉnh năng suất lạnh phù hợp với các hộ tiêu thụ, đảm bảo nhiệt độ bay hơi không xuống thấp quá -9°C và nhiệt độ glycol không xuống thấp hơn -5°C .

Tính toán chu trình khô

1- Năng suất lạnh riêng khối lượng :

$$q_0 = h_1 - h_4, \text{ kJ/kg} \quad (4.1)$$



Hình 4.3. Một hệ thống lạnh amôniac làm việc theo chu trình khô dùng để làm lạnh glycol phục vụ dây chuyền sản xuất bia 3 triệu lít /năm

2- Năng suất lạnh riêng thể tích :

$$q_v = q_o/v_1, \text{ kJ/m}^3 \quad (4.2)$$

3- Năng suất nhiệt riêng thải ra ở dàn ngưng :

$$q_k = h_2 - h_3, \text{ kJ/kg} \quad (4.3)$$

4- Tỷ số nén :

$$\Pi = p_k/p_o \quad (4.4)$$

5- Công nén riêng :

$$l = h_2 - h_1, \text{ kJ/kg} \quad (4.5)$$

6- Hệ số lạnh của chu trình :

$$\varepsilon = \frac{\text{Năng suất lạnh thu được}}{\text{Công tiêu tốn}} = \frac{q_o}{l} \quad (4.6)$$

7- Độ hoàn thiện chu trình hay hiệu suất exergy :

$$\nu = \varepsilon \frac{T_k - T_o}{T_o} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_c} \quad (4.7)$$

Thí dụ 4.1 : Một máy lạnh nén hơi amoniác có thể tích hút lý thuyết $V_{lt}=20\text{m}^3/\text{h}$, nhiệt độ ngưng tụ 40°C , nhiệt độ bay hơi -10°C . Hãy xác định chu trình khô, năng suất lạnh Q_o và công nén hiệu dụng Ne.

Giải : Dựa vào đồ thị (hình 2.6) lgp-h của amoniác có thể xây dựng được chu trình khô theo $t_k = 40^\circ\text{C}$ và $t_o = -10^\circ\text{C}$. Trước hết kẻ 2 đường $p_o=0,29 \text{ MPa}$ tương ứng $t_o=-10^\circ\text{C}$ và $p_k = 1,56 \text{ MPa}$ tương ứng $t_k = 40^\circ\text{C}$ (nếu tra đồ thị bảng 2.2 có $p_o=2,9136 \text{ bar}$ và $p_k = 15,559 \text{ bar}$).

Các điểm nút chu trình :

- Điểm 1 : là điểm cắt p_o với đường hơi bão hòa khô $x=1$
- Điểm 3 : là điểm cắt p_k với đường lỏng bão hòa $x=0$
- Điểm 4 : là điểm cắt giữa p_o và $h_3 = \text{const}$ (đường song song với trục tung và đi qua điểm 3).
- Điểm 2 là điểm cắt giữa p_k và $s = \text{const}$ (đường cong song song với các đường $s = \text{const}$ và đi qua điểm 1) vì $s_2 = s_1$.

Các thông số trạng thái p, T, h của các điểm nút chu trình 1,2,3,4 có thể đọc được trên đồ thị lgp-h. Riêng điểm 1 và 3 có thể tra trong bảng hơi bão hòa 2.2. Các thông số tra được tập hợp trong bảng 4.1.

BẢNG 4.1. Chu trình khô NH_3 , $t_k = 40^\circ\text{C}$, $t_o = -10^\circ\text{C}$

	1	2	3	4
P, MPa	0,29	1,56	1,56	0,29
t, °C	-10	116	40	-10
h, kJ/kg	1749	1998	688	688
v, m ³ /kg	0,42	-	-	-

Độ quá lạnh lỏng :

$$\Delta t_{ql} = t_{3'} - t_3 = t_k - t_3$$

So sánh với chu trình khô ta thấy :

- Do có độ quá nhiệt nên công nén riêng lớn lên chút ít, năng suất hút giảm chút ít do thể tích riêng v_1 tăng lên. Công nén riêng $l = h_2 - h_1$.

- Do có độ quá lạnh lỏng nên năng suất lạnh riêng tăng 1 khoảng

$$\Delta q_0 = h_3 - h_4 = h_3 - h_3 \text{ (xem hình 4.4b).}$$

Năng suất lạnh riêng :

$$q_0 = h_1 - h_4$$

Nếu nhiệt độ buồng lạnh cao hơn t_1 trong trường hợp dùng van tiết lưu nhiệt và trường hợp thiết bị bay hơi là dàn trao đổi nhiệt ngược dòng có thể tính :

$$q_0 = h_1 - h_4$$

Các hệ thống lạnh amoniác vận hành theo chu trình khô nhưng trong thực tế để đảm bảo không bị cuốn lỏng vào máy nén và do tổn thất lạnh trên đường hút nên nhiệt độ hút thường cao hơn nhiệt độ sôi từ 5 đến 8°C. Nhiệt độ lỏng vào van tiết lưu do tỏa nhiệt ra môi trường nên cũng thấp hơn nhiệt độ ngưng tụ 2 - 5°C. Như vậy chu trình khô đã lệch sang chu trình quá lạnh và quá nhiệt. Chu trình này cũng chủ yếu sử dụng cho môi chất NH_3 . Sau đây là ưu và nhược điểm so với chu trình khô :

Ưu : - Khi có quá lạnh q_0 tăng một khoảng Δq_0 (xem hình 4.4).

- Khi có quá nhiệt, nguy cơ hút phải lỏng giảm, nguy cơ va đập thủy lực giảm.

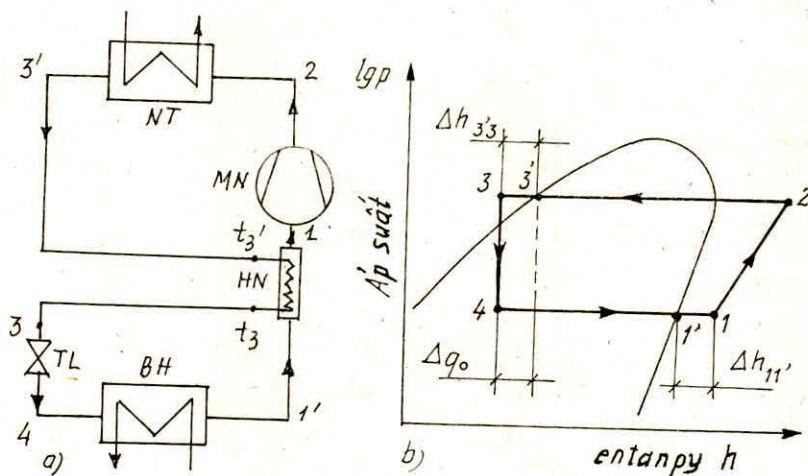
Nhược :

- Khi quá nhiệt, nhiệt độ cuối tầm nén tăng - Điều này đặc biệt nguy hiểm với máy lạnh NH_3 , vì máy lạnh NH_3 có nhiệt độ cuối tầm nén rất cao.

4.4. CHU TRÌNH HỒI NHIỆT

Chu trình hồi nhiệt (hình 4.5) là chu trình có thiết bị trao đổi nhiệt trong giữa môi chất lỏng nóng (trước khi vào van tiết lưu) và hơi lạnh trước khi hút về máy nén.

Chu trình hồi nhiệt biểu diễn trên đồ thị $l_{gp} - h$ gần giống như chu trình quá lạnh quá nhiệt.



Hình 4.5. Chu trình hồi nhiệt

a) sơ đồ thiết bị ; b) chu trình biểu diễn trên đồ thị $l_{gp} - h$
HN - Thiết bị hồi nhiệt (còn gọi là thiết bị trao đổi nhiệt trong)

2 chu trình có khác biệt cơ bản như sau :

- Ở chu trình quá lạnh quá nhiệt, độ quá lạnh và quá nhiệt không phụ thuộc vào nhau và có các giá trị bất kỳ.

- Ở chu trình hồi nhiệt, lượng nhiệt do hơi lạnh thu vào đúng lượng nhiệt do lỏng nóng thải ra, do đó $\Delta h_{3,3} = \Delta h_{11}$, trong đó $\Delta h_{3,3} = h_3 - h_3$ và $\Delta h_{11} = h_1 - h_1$,

Các quá trình cơ bản của chu trình hồi nhiệt :

1-2 : Quá trình nén đoạn nhiệt $s = \text{const}$ hay $s_1 = s_2$

2-3' : Ngưng tụ trong dàn ngưng tụ, đẳng áp, đẳng nhiệt

3'-3 : Quá lạnh lỏng trong thiết bị hồi nhiệt

3-4 : Tiết lưu đẳng entanpy $h = \text{const}$ hay $h_3 = h_4$

4-1' : Bay hơi đẳng áp, đẳng nhiệt thu nhiệt môi trường lạnh trong dàn bay hơi.

1'-1 : Quá nhiệt hơi hút trong thiết bị hồi nhiệt.

Các thiết bị hồi nhiệt thường được thiết kế với $\Delta t_{\min} = 5K$ nghĩa là nhiệt độ của hơi ra t_1 thấp hơn nhiệt độ lỏng vào t_3 , là $5^\circ C$. Thí dụ nhiệt độ lỏng vào $30^\circ C$ thì nhiệt độ hơi ra hồi nhiệt vào máy nén là $25^\circ C$. Sau đó đo khoảng Δh_{11} và lấy $\Delta h_{3,3} = \Delta h_{11}$. Như vậy có thể xác định được điểm 3 và điểm 4. Tuy nhiên nhiệt độ hơi hút về máy nén trong mọi trường hợp không được vượt quá $25^\circ C$. Thí dụ : nếu $t_k = 50^\circ C$ thì t_1 vẫn chỉ $25^\circ C$ là tối đa.

Các máy lạnh tự lắp đặt, không có hồi nhiệt chính thức mà chỉ bố trí hồi nhiệt bằng cách quấn đường lỏng quanh đường hút hoặc bố trí một số vòng ống dẫn lỏng trong bình bay lỏng thì hiệu quả kém hơn nhiều và nhiệt độ hơi hút ra khỏi hồi nhiệt thấp hơn nhiệt độ lỏng vào có khi đến 20 hoặc $30^\circ C$. Khi đó phải đo đặc trực tiếp các giá trị nhiệt độ mới có thể xây dựng được chu trình trên đồ thị lgp-h.

Ghi nhớ : Chu trình hồi nhiệt chỉ sử dụng cho các môi chất freon như R12, R22, R502, R134a. Với các môi chất này chu trình hồi nhiệt tỏ ra có hiệu suất lạnh cao hơn, hệ số lạnh cao hơn các chu trình khô và quá lạnh quá nhiệt.

Chu trình hồi nhiệt không sử dụng cho môi chất amoniác vì qua tính toán và thực tế chu trình hồi nhiệt NH_3 cho hiệu suất lạnh kém hơn, hệ số lạnh kém hơn chu trình khô.

Thí dụ 4.2

Một buồng lạnh sử dụng 1 máy lạnh làm việc ở nhiệt độ ngưng tụ $40^\circ C$ và nhiệt độ bay hơi $-20^\circ C$, môi chất R22. Máy nén hở của hãng BOCK (CHLB Đức) có thể tích hút lý thuyết $27,1 m^3/h$. Xác định các thông số trạng thái điểm nút chu trình.

Hãy xác định chu trình hồi nhiệt với $t_3' - t_1 = 15K$ và xác định các thông số của hệ thống lạnh.

Giải : Xác định các điểm nút chu trình

Nhờ bảng 2.4 có thể xác định được :

$$p_k = 15,33 \text{ bar ở } t_k = 40^\circ C$$

$$p_o = 2,45 \text{ bar ở } t_o = -20^\circ C$$

$$\Pi = p_k/p_o = 6,26$$

$$\text{Do } t_{3'} = t_k \text{ nên } t_k - t_1 = 15$$

$$\text{và } t_1 = t_k - 15 = 40 - 15 = 25^\circ C$$

Xây dựng chu trình trên đồ thị lgp-h :

- Kẻ 2 đường p_k và p_o song song với trục hoành, xác định được 3 điểm :

- 1' là điểm cắt của p_o và đường hơi bão hòa khô
- 3' là điểm cắt của p_k và đường lỏng bão hòa.
- 1 là điểm cắt của p_o và đường $t = 25^\circ\text{C}$.

- Từ 1 kẻ đường cong $s_1 = \text{const} = s_2$. Điểm 2 là điểm cắt của p_k và $s_1 = s_2 = \text{const}$

- Đo khoảng cách 1'1 và lấy dấu 3'3 đúng bằng 1'1 như vậy xác định được điểm 3 trên đồ thị. Chỉ có thể sử dụng phương pháp đồ thị để tìm điểm 3, mà không thể tính toán được vì rất phức tạp.

- Kẻ đường $h_3 = \text{const}$ song song trục tung cắt đường p_o ở 4.

Như vậy tất cả 6 điểm nút chu trình đã được xác định. Chỉ có 2 điểm 1' và 3' có thể đọc được các thông số từ bảng hơi bão hòa 2.4, còn tất cả các điểm khác phải đọc trực tiếp trên đồ thị.

Bảng 4.2 tập hợp các thông số trạng thái của các điểm nút chu trình hồi nhiệt.

BẢNG 4.2

	1'	1	2	3'	3	4
P, bar	2,45	2,45	15,33	15,33	15,33	2,45
t, °C	-20	25	116	40	(14)	-20
h, kJ/kg	697	728	785	549	518	518
v, m ³ /kg	-	0,125	-	-	-	-

$$\Delta h_{11'} = h_{1'} - h_1 = 728 - 697 = 31 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{3'} - h_3 = \Delta h_{11'} \Rightarrow h_3 = h_{3'} - \Delta h_{11'} = 549 - 31 = 518 \text{ kJ/kg}$$

Xác định chu trình hồi nhiệt

1 - Năng suất lạnh riêng khối lượng :

$$q_o = h_{1'} - h_4 = 697 - 518 = 179 \text{ kJ/kg}$$

2 - Năng suất lạnh riêng thể tích :

$$q_v = \frac{q_o}{v_1} = \frac{179}{0,125} = 1432 \text{ kJ/m}^3$$

3 - Năng suất nhiệt riêng ngưng tụ :

$$q_k = h_2 - h_{3'} = 785 - 549 = 236$$

4 - Tỷ số nén :

$$\Pi = p_k/p_o = 6,26$$

5 - Công nén riêng :

$$l = h_2 - h_1 = 785 - 728 = 57 \text{ kJ/kg}$$

6 - Hệ số lạnh :

$$\varepsilon = \frac{q_o}{I} = \frac{179}{57} = 3,14$$

7 - Độ hoàn thiện chu trình :

$$\nu = \varepsilon \frac{T_k - T_o}{T_o} = 3,14 \cdot \frac{60}{253} = 0,74$$

Tính toán máy nén

8 - Thể tích hút lý thuyết đã cho $V_{lt} = 27,1 \text{ m}^3/\text{h}$.

9 - Hệ số cấp λ

Với $\Pi = 6,26$ tra đồ thị (h.3.4) được $\lambda = 0,62$ cho máy nén R22.

10 - Thể tích hút thực tế :

$$V_{lt} = \lambda \cdot V_{lt} = 0,62 \cdot 27,1 = 16,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

11 - Lưu lượng nén qua máy nén :

$$m = \frac{V_{lt}}{v_1} = \frac{16,8}{0,125} = 134,4 \text{ kg/h}$$

12 - Năng suất lạnh Q_o :

$$Q_o = m \cdot q_o = \frac{134,4}{3600} \cdot 179 = 6,68 \text{ kW} \quad (5745 \text{ kcal/h})$$

13 - Công nén lý thuyết :

$$N_s = m I = \frac{134,4}{3600} \cdot 57 = 2,13 \text{ kW}$$

14 - Hiệu suất nén hữu ích $\eta_c = 0,745$ (tra đồ thị hình 3.6) cho môi chất R22, $\Pi = 6,26$.

15 - Công nén hữu ích :

$$N_e = \frac{N_s}{\eta_c} = \frac{2,13}{0,745} = 2,86 \text{ kW}$$

16 - Công nén tiêu thụ :

Đây là loại máy nén hở truyền động khớp nên lấy :

- Hiệu suất động cơ $\eta_{cl} = 0,90$ và

- Hiệu suất truyền động $\eta_{ld} = 0,95$

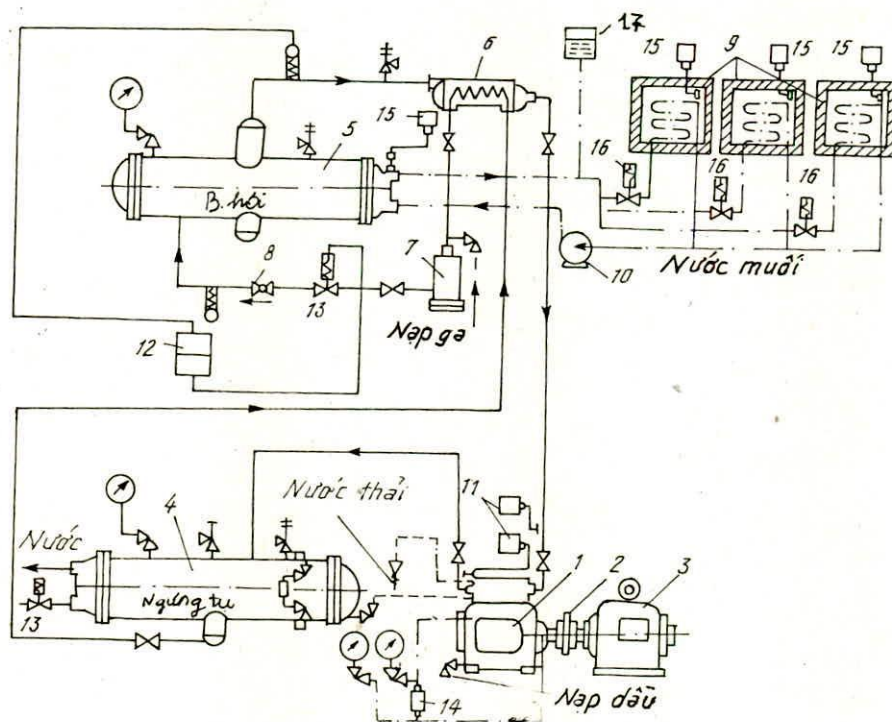
Vậy công suất tiêu thụ :

$$N_{cl} = \frac{2,86}{0,90 \cdot 0,95} = 3,35 \text{ kW}$$

Chọn động cơ có công suất khoảng từ $3,7 \div 7,0 \text{ kW}$ tùy theo từng trường hợp lắp đặt và sử dụng. Nếu chọn $3,7 \text{ kW}$ điện năng tiêu thụ ít hơn nhưng dễ cháy máy nếu điện không ổn định. Nếu chọn 7 kW điện năng tiêu thụ tăng do tổn thất ma sát tăng nhưng an toàn khi điện không ổn định và chế độ làm việc thay đổi, đặc biệt trong thời gian bắt đầu vận hành buồng lạnh, (thường gọi xả lạnh) đưa buồng từ nhiệt độ môi trường xuống nhiệt độ lạnh yêu cầu hoặc khi đưa nhiều sản phẩm có nhiệt độ cao vào buồng lạnh làm phụ tải đột ngột tăng lên.

Ghi nhớ : Dù lắp động cơ 3,7kW hay 7kW thì năng suất lạnh cũng chỉ đạt 6,68 kW ở nhiệt độ tính toán $t_k = 40^{\circ}\text{C}$ và $t_o = -20^{\circ}\text{C}$. Nếu nhiệt độ ngưng tụ và bay hơi lệch khỏi các giá trị tính toán thì tùy theo hướng lên xuống mà năng suất lạnh cũng sẽ thay đổi theo.

Hình 4.6 giới thiệu một máy lạnh hoàn chỉnh R22 theo dạng tổ hợp ký hiệu XM22 làm việc theo chu trình hồi nhiệt 1 cấp. Tổ hợp được bố trí như sau : máy nén, động cơ nằm trên bình ngưng. Bình bay hơi đặt trên cùng. Hai bình ngưng và bay hơi có giá đỡ. Tất cả các phụ kiện, đường ống, bảng điện bố trí lên một phía của khung để phía kia có thể kê sát vào tường. Khi lắp đặt người ta chỉ cần đưa máy vào vị trí đã dự tính, đấu điện, nước làm mát và hệ thống tuần hoàn nước muối làm lạnh phòng là có thể đưa máy vào vận hành rất đơn giản và tiện lợi.

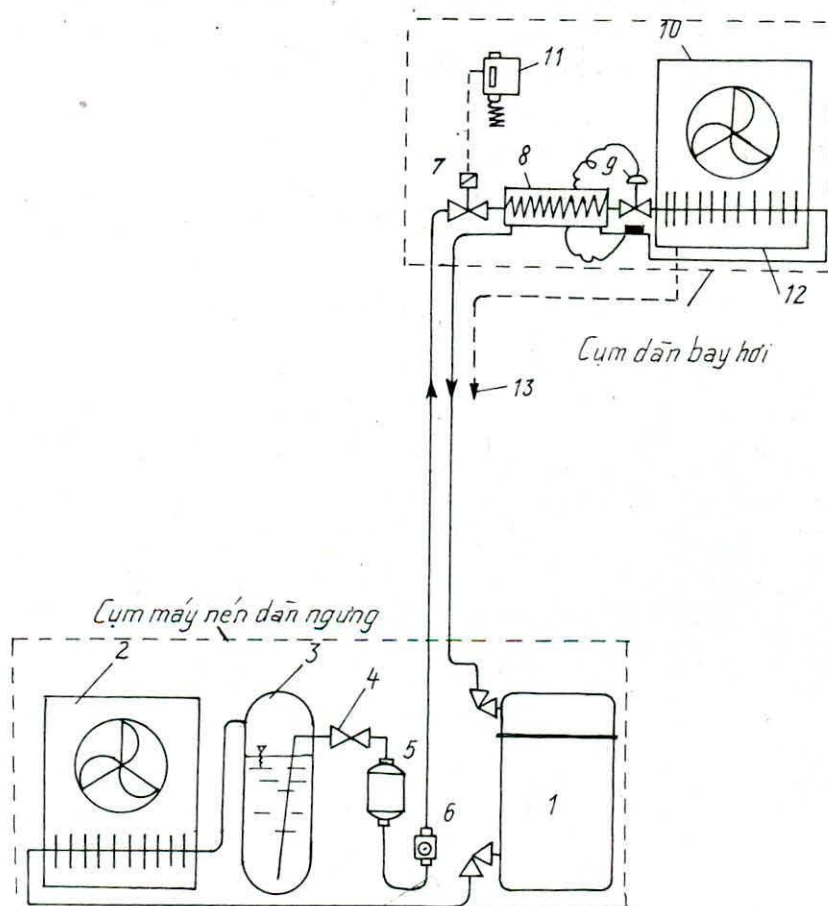


Hình 4.6. Máy làm lạnh nước muối XM22 môi chất lạnh R22

- 1 - máy nén ; 2 - khớp nối ; 3 - động cơ ; 4 - bình ngưng ; 5 - bình bay hơi ; 6 - hồi nhiệt ;
- 7 - phin sấy lọc ; 8 - van tiết lưu ; 9 - phòng lạnh ; 10 - bơm nước muối ; 11 - rơle áp suất ;
- 12 - bộ điều chỉnh cấp lỏng cho bình bay hơi theo độ quá nhiệt hơi hút ; 13 - van điện từ ;
- 14 - rơle hiệu áp suất dầu ; 15 - thermostat ; 16 - van điện từ phòng lạnh. 17 - Bình dẫn nở nước muối.

Đối với các phòng lạnh nhỏ thường bố trí hệ thống lạnh thành 2 cụm : cụm máy nén dàn ngưng và cụm dàn bay hơi. Khi lắp ráp chỉ cần đặt vị trí thích hợp cho 2 cụm, nối đường ống, hàn, thử kín, thử bền, hút chân không, nạp ga, đấu điện là hệ thống có thể vận hành được ngay (hình 4.7).

Máy nén kín 1 có thể thay bằng máy nén nửa kín hay máy nén hở. Khi lắp nhiều máy nén trong 1 cụm phải bố trí bình tích lỏng (còn gọi bể lỏng) và ống phân phối hơi, dầu đồng đều cho tất cả các máy. Điều này càng đặc biệt quan trọng khi phải chạy không hết máy do điều chỉnh năng suất lạnh.

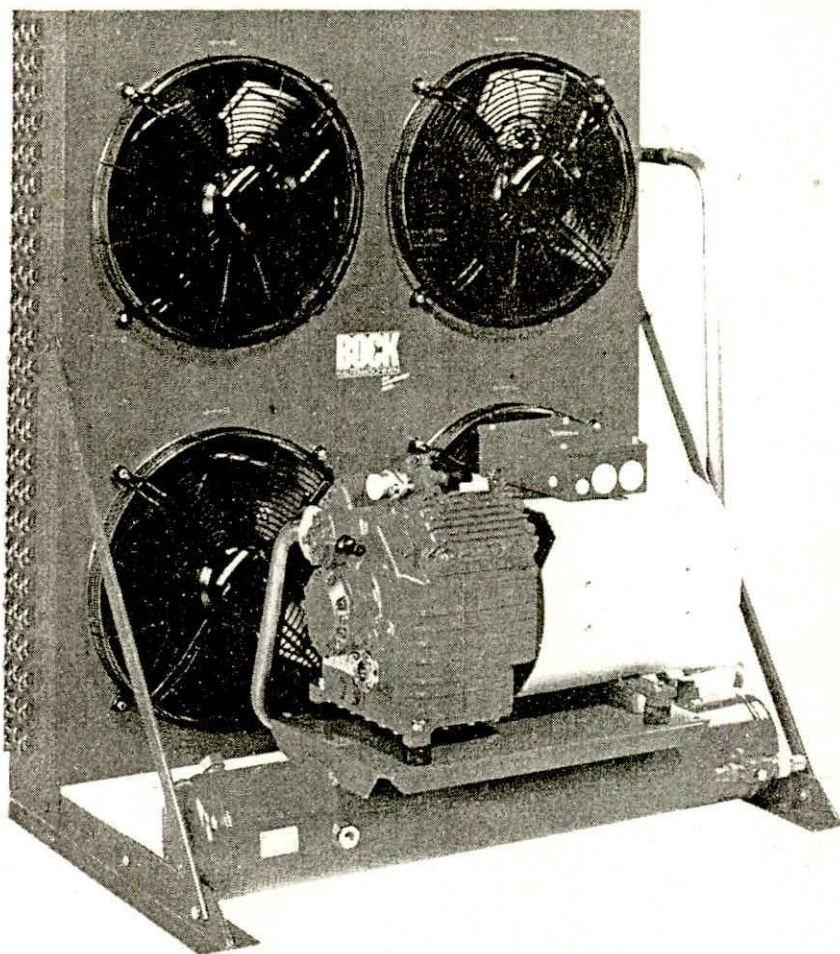


Hình 4.7. Máy lạnh nhỏ chia 2 cụm. Cụm máy nén dàn ngưng và cụm dàn bay hơi
 1 - máy nén kín ; 2 - dàn quạt ngưng tụ ; 3 - bình chứa ; 4 - van chặn ; 5 - phin sấy lọc ;
 6 - mắt gas ; 7 - van điện từ ; 8 - hồi nhiệt ; 9 - van tiết lưu nhiệt ; 10- dàn quạt bay hơi ;
 11 - thermostat (rôlê nhiệt độ) ; 12- khay nước xả băng ; 13 - ống thải nước xả băng.

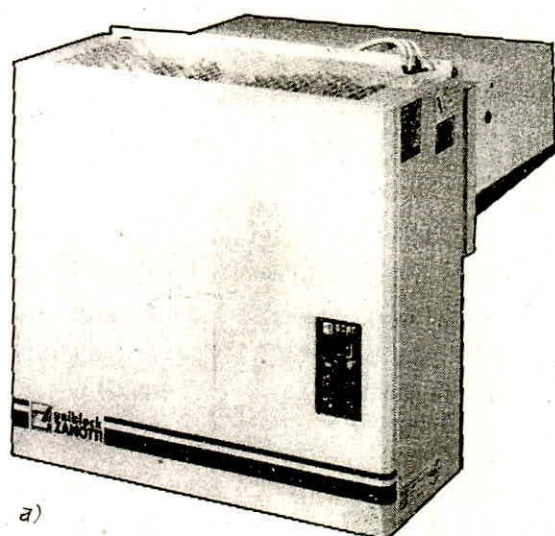
Hình 4.8. giới thiệu 1 tổ máy nén dàn ngưng SHA-L của hãng BOCK (CHLB Đức) sử dụng cho các phòng lạnh nhỏ, bình chứa nằm ngang, 4 quạt gió, máy nén có thể tích hút lý thuyết từ 27,1 đến 82,2m³/h với điện 50Hz.

Để đơn giản hóa việc lắp đặt, nhiều nhà chế tạo đã bố trí toàn bộ hệ thống lạnh thành một khối duy nhất kiểu máy điều hòa nhiệt độ 1 cục, chỉ cần cắm điện là có thể hoạt động, đơn giản được toàn bộ khâu lắp đặt đường ống nối giữa 2 cục, thử kín, thử bền, nạp ga chạy thử... Các tổ hợp này phần lớn là loại dàn ngưng quạt làm mát bằng không khí cưỡng bức và dàn lạnh quạt để có thể đạt độ gọn gàng đến mức tối đa.

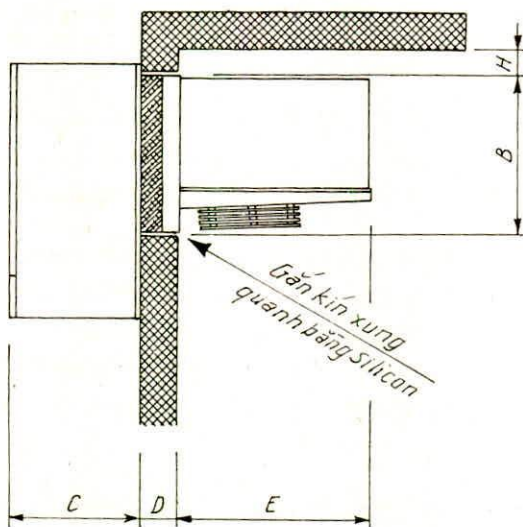
Các tổ hợp này có 2 loại chính : loại lắp vào vách bên và loại lắp trên trần buồng lạnh. Nhược điểm chủ yếu là độ dày của buồng lạnh tùy loại tối đa 100 - 120mm nên không thể lắp đặt cho các buồng lạnh xây và cách nhiệt thủ công. Khi lắp đặt, chỉ cần khoét 1 lỗ đúng kích thước chỉ dẫn và cố định tổ hợp máy lạnh vào là có thể cho buồng lạnh hoạt động.



Hình 4.8. Tổ máy nén dàn ngưng SHA-L và SHG-L của BOCK (CHLB Đức)
thể tích hút lý thuyết 27,1 đến 82,2m³/h với điện 50 Hz.

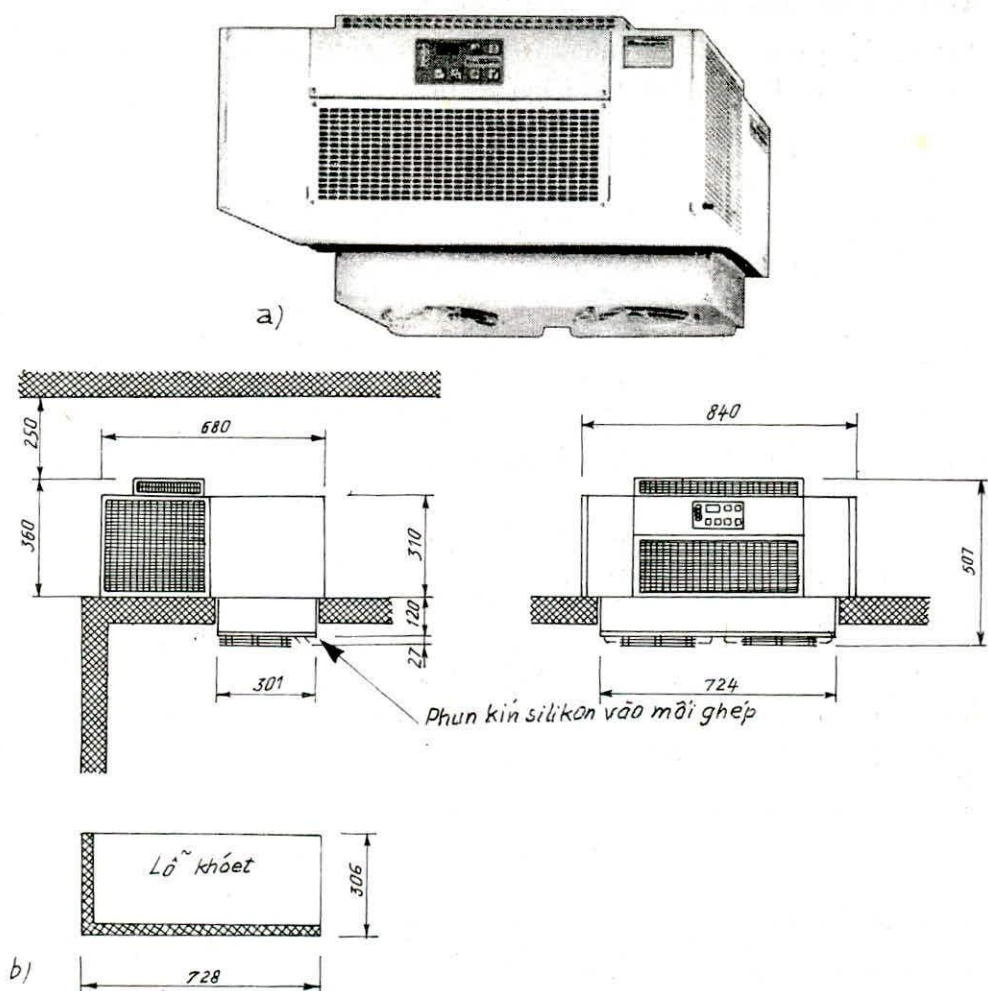


a)



b)

Hình 4.9. Tổ hợp lạnh uniblock ZANOTTI (ý) gắn vào vách buồng lạnh kiểu AS
a) hình ảnh bên ngoài ; b) cách gắn vào vách buồng lạnh.



Hình 4.10. Tổ hợp lạnh đặt trên trần buồng lạnh lắp ghép kiểu SB của uniblock ZANOTTI (Ý)
a) hình ảnh bên ngoài ; b) cách lắp đặt lên trần buồng lạnh.

Hình 4.9 giới thiệu một máy lạnh kiểu 1 tổ hợp của uniblock ZANOTTI của Ý để lắp vào thành bên của buồng lạnh lắp ghép.

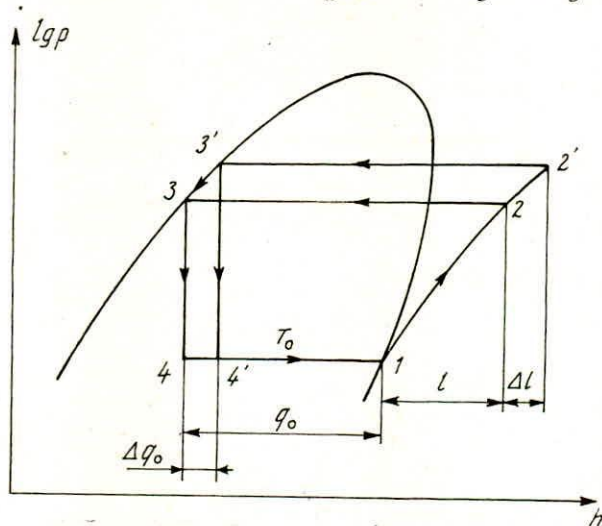
Hình 4.10. giới thiệu một tổ hợp lạnh tương tự của ZANOTTI nhưng để gắn lên trần buồng lạnh lắp ghép.

4.5. SỰ PHỤ THUỘC CỦA Q_0 VÀO NHIỆT ĐỘ BAY HƠI VÀ NGƯNG TỤ t_0 VÀ t_k

Trong mục 3.2.8 đã đề cập đến năng suất lạnh Q_0 của máy nén phụ thuộc vào chế độ làm việc. Ở đây ta nghiên cứu sâu hơn về sự phụ thuộc của Q_0 vào nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ trong chu trình 1 cấp nén.

a) Ảnh hưởng của nhiệt độ ngưng tụ t_k

Hình 4.11 biểu diễn sự phụ thuộc của năng suất lạnh Q_0 vào nhiệt độ ngưng tụ t_k trên đồ thị lgp-h. Ta thấy rõ ràng khi t_k tăng từ t_3 lên t_3' thì q_0 giảm 1 khoảng



Hình 4.11. Sự phụ thuộc của năng suất lạnh Q_0 vào nhiệt độ ngưng tụ t_k .

Δq_0 và công nén cũng tăng 1 khoảng Δl . Do t_k tăng nên p_k tăng kéo theo Π tăng và λ giảm. Theo biểu thức tính Q_0 :

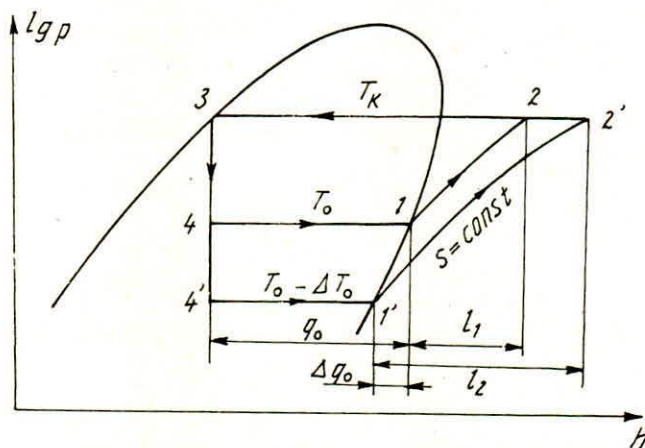
$$Q_o = \frac{\lambda V_{lt} q_o}{v_1}$$

Ở đây v_1 giữ nguyên, V_{ll} giữ nguyên, λ và q_0 giảm thì Q_0 sẽ giảm.

Ngược lại nếu t_k giảm Q_0 sẽ tăng.

b) Ảnh hưởng của nhiệt độ bay hơi t_0

Hình 4.12 biểu diễn sự phụ thuộc của năng suất lạnh Q_0 vào nhiệt độ bay hơi t_0 . Khi t_0 giảm 1 khoảng ΔT_0 thì q_0 giảm một khoảng Δq_0 . Hơn nữa khi t_0 giảm, tỷ số



Hình 4.12. Sự phụ thuộc của năng suất lạnh Q_0 vào nhiệt độ bay hơi t_0 .

nén giảm và λ giảm theo. Thể tích riêng hơi hút v_1 tăng do đó Q_0 giảm. Ngược lại nếu t_0 tăng Q_0 tăng. Ảnh hưởng của nhiệt độ bay hơi tới năng suất lạnh Q_0 mạnh hơn ảnh hưởng của t_k tới $2 \div 3$ lần do có thêm ảnh hưởng của thể tích riêng v_1 .

Ngoài Q_0 , công nén hiệu dụng N_e và hệ số lạnh hiệu dụng ε_e cũng phụ thuộc vào nhiệt độ ngưng tụ t_k và bay hơi t_0 .

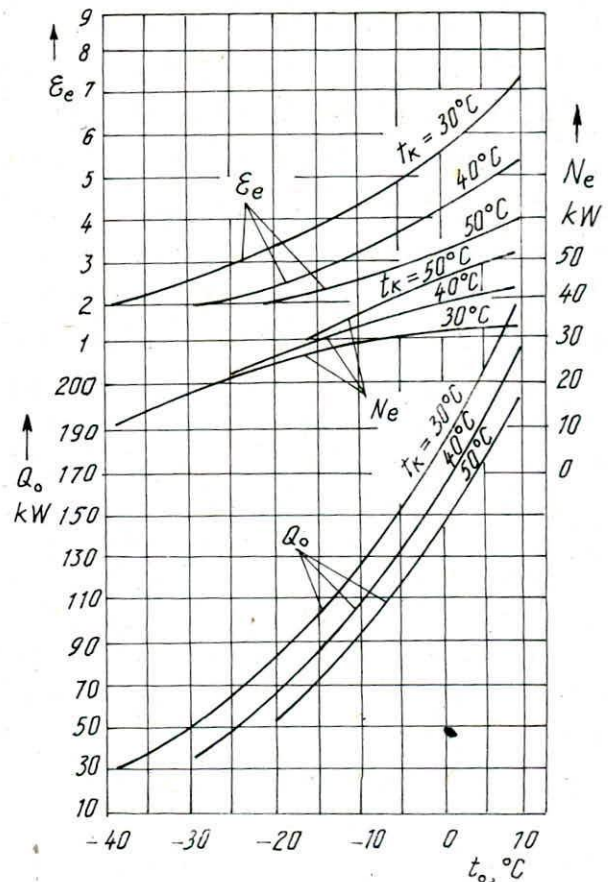
Hình 4.13 biểu diễn sự phụ thuộc của Q_0 , N_e và $\varepsilon_e = Q_0/N_e$ vào nhiệt độ t_0 và t_k .

Nhiệt độ ngưng tụ tăng, N_e tăng và ε_e giảm.

Nhiệt độ bay hơi giảm, N_e giảm và ε_e giảm.

Đối với các nhu cầu nhiệt độ thấp, chỉ nên chọn nhiệt độ bay hơi vừa đủ thấp (thường thấp hơn nhiệt độ yêu cầu trong phòng lạnh hoặc chất tải lạnh từ $5-8^\circ\text{C}$). Nếu t_0 thấp quá, hệ thống lạnh làm việc không hiệu quả. Trên đồ thị ta thấy các đường Q_0 có độ dốc lớn.

Đối với nhiệt độ ngưng tụ cũng vậy, giảm được càng nhiều càng tốt vì năng suất lạnh tăng, máy lạnh làm việc an toàn hơn, nhẹ nhàng hơn và tiêu tốn điện năng cũng ít hơn. Theo kinh nghiệm khi t_k giảm 1°C , năng suất lạnh tăng 1,5% và tiêu tốn điện năng giảm 1% ; khi nhiệt độ bay hơi tăng 1°C thì năng suất lạnh tăng khoảng 4% và tiêu tốn điện năng cũng giảm khoảng 1%.



Hình 4.13. Sự phụ thuộc của Q_0 , N_e , ε_e vào nhiệt độ ngưng tụ t_k và nhiệt độ bay hơi t_0 của máy nén $\Pi 80$, môi chất R22.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Thế nào là chu trình thuận chiều và ngược chiều ?
2. Hãy vẽ sơ đồ thiết bị và đồ thị T-s của chu trình Carnot ngược chiều.
3. Hãy phát biểu các quá trình cơ bản của chu trình Carnot ngược chiều.
4. Hãy viết biểu thức tính hệ số lạnh chu trình Carnot.
5. Hệ số lạnh chu trình Carnot phụ thuộc vào môi chất lạnh như thế nào ?
6. Hãy phát biểu các ưu và nhược điểm của chu trình Carnot.
7. Hãy vẽ sơ đồ thiết bị và đồ thị lgp - h của chu trình khô.
8. Các quá trình cơ bản của chu trình khô là gì ?
9. So với chu trình Carnot chu trình khô có ưu nhược điểm gì ?
10. Độ hoàn thiện chu trình hay hiệu suất exergy được tính như thế nào ?

11. Thế nào là chu trình quá lạnh, quá nhiệt ?
12. Nguyên nhân quá lạnh, quá nhiệt có thể là gì ?
13. Hãy vẽ sơ đồ thiết bị và đồ thị lgp - h của chu trình quá lạnh quá nhiệt.
14. Ưu nhược điểm của chu trình quá lạnh, quá nhiệt so với chu trình khô thể nào ?
15. Vẽ sơ đồ thiết bị và đồ thị lgp - h của chu trình hồi nhiệt.
16. Hãy phát biểu các quá trình cơ bản của chu trình hồi nhiệt.
17. Vì sao không sử dụng NH_3 cho chu trình hồi nhiệt ?
18. Vì sao không sử dụng freon cho chu trình khô ?
19. Ảnh hưởng của nhiệt độ ngưng tụ t_k đến năng suất lạnh Q_o như thế nào khi giữ nguyên nhiệt độ bay hơi t_o ? Hãy vẽ và giải thích trên đồ thị lgp-h.
20. Ảnh hưởng của nhiệt độ bay hơi t_o đến năng suất lạnh Q_o như thế nào khi giữ nguyên nhiệt độ ngưng tụ t_k ? Hãy vẽ và giải thích trên đồ thị lgp-h.
21. Hãy vẽ các đường đặc tính của Q_o , Ne , ε_e phụ thuộc vào nhiệt độ ngưng tụ t_k và bay hơi t_o .
22. Một máy lạnh nén hơi amoniác cỡ trung có thể tích hút lý thuyết $V_{lt} = 100\text{m}^3/\text{h}$. Cho biết nhiệt độ ngưng tụ 40°C , nhiệt độ bay hơi -15°C . Hãy xác định chu trình khô và tính toán các thông số còn lại của máy nén.
23. Cho biết :

$$Q_o = 100\text{kW}, \text{ môi chất R12}$$

$$t_k = 40^\circ\text{C}$$

$$t_o = -5^\circ\text{C}$$

Hãy xác định chu trình khô và tính toán máy nén !

24. Một máy làm đá môi chất R22, $Q_o = 100\text{kW}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$, $t_o = -15^\circ\text{C}$. Hãy xác định chu trình hồi nhiệt và tính toán máy nén.

25. Máy nén R22, $V_{lt} = 29\text{m}^3/\text{h}$

Hãy xác định chu trình hồi nhiệt và tính toán các thông số còn lại của máy nén cho biết :

$$t_k = 42^\circ\text{C} \text{ và } t_o = -10^\circ\text{C}$$

Chương 5

CHU TRÌNH 2 VÀ NHIỀU CẤP

Máy nén lạnh, đặc biệt máy nén pittông cần đáp ứng các yêu cầu :

- Nhiệt độ cuối tầm nén không vượt quá 130°C.
- Nhiệt độ dầu nhỏ hơn 60°C.
- Hệ số cấp λ lớn hơn 0,60...

để đảm bảo cho hệ thống lạnh làm việc an toàn, hiệu quả với độ tin cậy và tuổi thọ cao, chi phí vận hành thấp.

Theo các giá trị trên, máy nén amoniác tối đa chỉ làm việc với tỷ số nén $\Pi_{\max} = 9$ và máy nén freon tối đa $\Pi_{\max} = 12 \div 13$. Khi tỷ số nén vượt giá trị $\Pi_{\max}$ trên nên sử dụng chu trình 2 hoặc nhiều cấp nén.

Tuy nhiên, việc lựa chọn chu trình 1 cấp hay 2 cấp nén là bài toán tối ưu về kinh tế, phải xem xét nghiên cứu tất cả các khía cạnh của từng trường hợp ứng dụng cụ thể.

Máy lạnh 1 cấp có những ưu điểm chính là đơn giản, ít thiết bị, sử dụng và vận hành dễ dàng, giá thành rẻ, vốn đầu tư ban đầu thấp nhưng có nhược điểm là giá vận hành cao khi vượt quá chế độ làm việc thuận lợi.

Máy lạnh 2 cấp ngược lại phức tạp hơn, thiết bị nhiều hơn, sử dụng và vận hành khó hơn, giá thành cao hơn làm cho vốn đầu tư ban đầu cao nhưng lại có ưu điểm là có hiệu suất cao, giá vận hành rẻ, giá thành 1 đơn vị lạnh thấp hơn đặc biệt ở các chế độ làm việc mà máy lạnh 1 cấp hầu như không vận hành nổi.

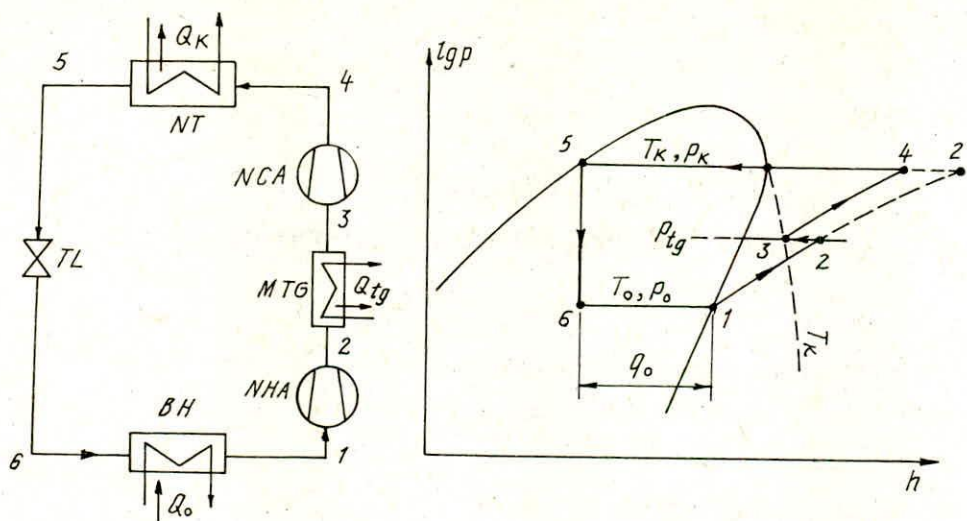
Do đó, nếu hệ thống lạnh phải làm việc liên tục thì nên chọn máy 2 cấp, còn nếu chỉ làm việc một số giờ trong năm thì nên chọn máy 1 cấp ta sẽ đạt được giá thành chung cho 1 đơn vị lạnh là thấp nhất.

Có rất nhiều chu trình 2 và nhiều cấp với các cách bố trí thiết bị khác nhau. Ở đây chúng ta sẽ khảo sát một số chu trình thông dụng nhất.

5.1. CHU TRÌNH 2 CẤP, 1 TIẾT LƯU, LÀM MÁT TRUNG GIAN 1 PHẦN

Đây là chu trình 2 cấp nén đơn giản nhất. Quá trình ngưng tụ, tiết lưu và bay hơi giống như chu trình 1 cấp.

Riêng quá trình nén được bố trí làm 2 cấp có làm mát trung gian nhưng hơi môi chất trước khi vào máy nén cao áp chưa đạt đến điểm bão hòa khô do đó chưa được gọi là làm mát trung gian toàn phần. Hình 5.1 giới thiệu chu trình 2 cấp làm mát trung gian 1 phần 1 tiết lưu.



Hình 5.1. Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần :
 NHA - Máy nén hạ áp ; NCA - Máy nén cao áp ;
 MTG - Thiết bị làm mát trung gian (bằng nước làm mát).

Định nghĩa : Chu trình 2 cấp 1 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần là chu trình tương tự chu trình khô 1 cấp, riêng quá trình nén được phân thành 2 cấp, hơi ra cấp hạ áp được làm mát đến nhiệt độ môi trường ($t_a = t_k$).

Khi hiệu nhiệt độ $t_k - t_o$ quá cao, tỷ số nén $\Pi = p_k/p_o$ vượt giới hạn cho phép cần thiết phải sử dụng chu trình 2 cấp nén. Áp suất trung gian P_{tg} được xác định theo biểu thức :

$$P_{tg} = \sqrt{P_o \cdot P_k}$$

Đây là áp suất trung gian tối ưu xét về mặt nhiệt động. Trong thực tế, do chế độ làm việc thay đổi hoặc do phải chọn máy nén với kết cấu cố sẵn, áp suất trung gian có thể lệch khỏi áp suất trung gian tối ưu.

Chu trình làm việc như sau

Hơi ra ở thiết bị bay hơi có trạng thái 1 được máy nén hạ áp hút và nén lên áp suất trung gian. ở đây hơi được làm mát bằng nước hoặc không khí môi trường xuống nhiệt độ $T_a = T_k$ và được máy nén cao áp hút và nén lên áp suất ngưng tụ p_k . Sau ngưng tụ, lỏng được đưa vào van tiết lưu và tiết lưu xuống áp suất p_o và cấp vào cho dàn bay hơi. Ở dàn bay hơi môi chất lỏng sôi thu nhiệt của môi trường lạnh. Hơi tạo thành trong thiết bị bay hơi lại được máy nén hạ áp hút về khép kín chu trình lạnh.

Ưu điểm so với chu trình 1 cấp (1-2' - 5 - 6)

- Nhiệt độ cuối tầm nén thấp, không vượt quá giới hạn cho phép : $T_4 \ll T_2$, máy vận hành an toàn, tin cậy, hiệu quả hơn.
- Do được làm mát trung gian nên công nén giảm.

Nhược điểm

- Chu trình phức tạp hơn, vận hành khó hơn, đầu tư lớn hơn.

Tính toán chu trình

Chu trình tính toán gần giống như chu trình khô 1 cấp, riêng :

- Năng suất lạnh riêng khối lượng :

$$q_o = h_1 - h_6 \quad (5.1)$$

- Công nén riêng :

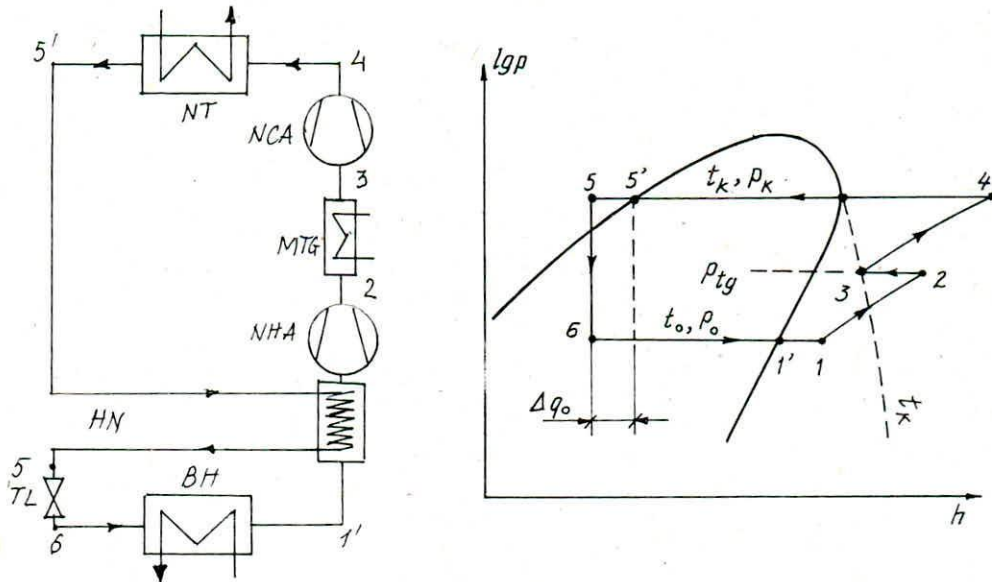
$$l = (h_2 - h_1) + (h_4 - h_3) \quad (5.2)$$

Ứng dụng trong thực tế

Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần được ứng dụng chủ yếu cho môi chất freon với nhiệt độ cuối tẩm nén không cao.

5.2. CHU TRÌNH 2 CẤP, 1 TIẾT LƯU, LÀM MÁT TRUNG GIAN 1 PHẦN CÓ HỒI NHIỆT

Do nhiệt độ t_2 tương đối thấp nên thường bố trí thêm thiết bị hồi nhiệt để tăng hiệu quả lạnh cho chu trình. Điểm 1 dịch vào vùng hơi quá nhiệt và điểm 5 tiến vào vùng lỏng quá lạnh (hình 5.2).



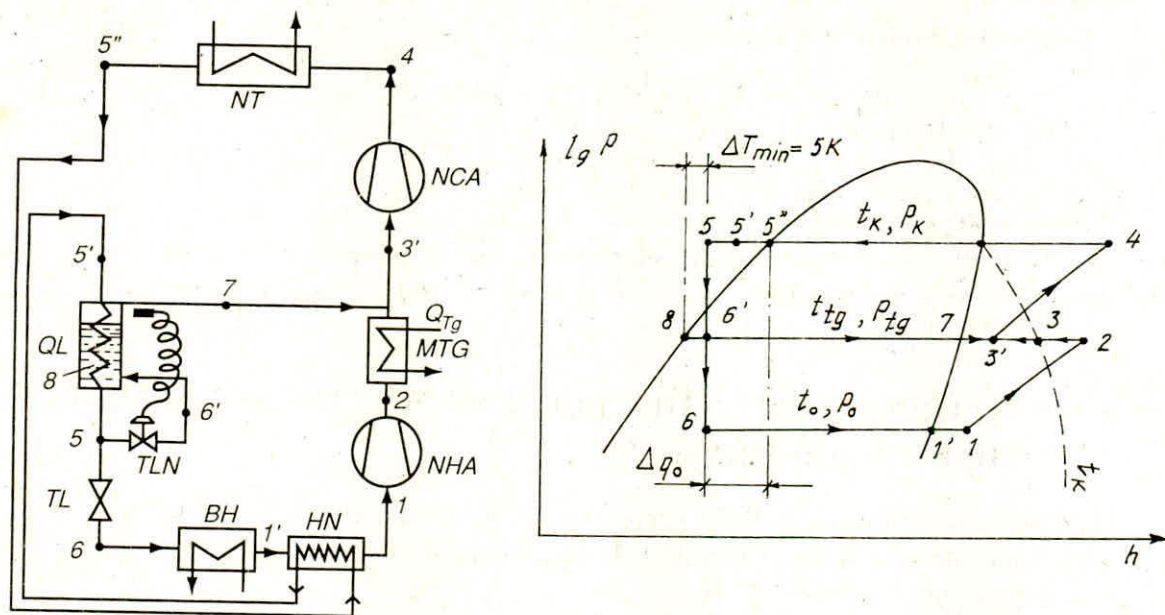
Hình 5.2. Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần, có hồi nhiệt HN.

So với sơ đồ biểu diễn trên hình 5.1 ta thấy rõ ràng, nhờ có hồi nhiệt mà năng suất lạnh riêng khối lượng tăng lên một khoảng Δq_o , trong khi đó sơ đồ thiết bị hầu như không phức tạp thêm.

Để có thể tăng thêm hiệu quả lạnh người ta còn tìm cách bố trí thêm 1 bình quá lạnh môi chất lạnh lỏng ở giữa thiết bị hồi nhiệt và van tiết lưu. Hình 5.3 giới thiệu chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu, làm mát trung gian không hoàn toàn, có hồi nhiệt và bình quá lạnh lỏng.

Bình quá lạnh lỏng sử dụng 1 van tiết lưu nhiệt để tiết lưu 1 phần lỏng vào làm mát môi chất lỏng từ thiết bị hồi nhiệt ra. Môi chất lỏng khi ra khỏi bình quá lạnh

lòng có nhiệt độ t_5 gần bằng nhiệt độ của bình trung gian $t_{tg} = t_8$. Về lý thuyết có thể tính $t_5 = t_8 + 5K$.



Hình 5.3. Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu, làm mát trung gian một phần có hồi nhiệt và có bình quá lạnh QL.

Hơi môi chất ra khỏi bình bay hơi có trạng thái 1' qua hồi nhiệt trao đổi nhiệt với lỏng nóng trở thành hơi quá nhiệt trạng thái 1, được máy nén hút và nén lên trạng thái 2. Khi qua bình mát trung gian hơi nén ở áp suất trung gian được làm mát xuống đến t_3 . Hơi từ bình làm mát trung gian có trạng thái 3 sẽ hòa trộn với hơi từ bình quá lạnh QL có trạng thái 7 (hơi bão hòa khô) thành trạng thái 3' và đi vào máy nén cao áp. Sau khi nén hơi có trạng thái 4. Ở bình ngưng tụ hơi ngưng tụ thành lỏng ở trạng thái lỏng bão hòa 5", qua hồi nhiệt, giảm nhiệt độ xuống 5' và qua bình quá lạnh nhiệt độ giảm xuống điểm 5, cao hơn nhiệt độ trung gian khoảng 5°C .

Từ trạng thái 5, 1 phần lỏng được đưa qua van tiết lưu nhiệt TLN tiết lưu xuống áp suất trung gian 6' bay hơi làm quá lạnh môi chất lỏng còn phần lớn tiết lưu thẳng xuống áp suất bay hơi 6 đưa vào bình bay hơi để bay hơi sinh lạnh, và như vậy khép kín chu trình lạnh.

Việc tính toán chu trình theo hình 5.2 và 5.3 phải căn cứ vào độ quá nhiệt hơi hút 1'-1 trong hồi nhiệt hay căn cứ vào sự trao đổi nhiệt thực tế trong thiết bị trao đổi nhiệt.

Cũng giống như chu trình biểu diễn trên hình 5.1 có thể chọn thiết bị hồi nhiệt hoàn hảo với $\Delta t_{\min} = t_5 - t_1 = 5K$ và $t_1 = t_5 - 5K = t_k - 5K$, nhưng tùy theo nhà chế tạo máy nén có thể chọn độ quá nhiệt hơi hút $\Delta t_{qn} = t_1 - t_1' = 25 \div 35K$ để tính toán. Khi đó bằng phương pháp đồ thị có thể xác định được điểm 5' còn điểm 5 xác định qua quan hệ $t_5 - t_8 = \Delta t_{\min} = 5K$ hay $t_5 = t_8 + 5K$.

- Năng suất lạnh riêng khối lượng :

$$q_0 = h_1 - h_6, \text{ kJ/kg}$$

- Công nén riêng :

$$l_1 = h_2 - h_1 \quad (5.3a)$$

$$l_4 = h_4 - h_3 \quad (5.3b)$$

trong đó l_1 là công nén riêng của máy nén hạ áp và l_4 là công nén riêng của máy nén cao áp.

Công nén lý thuyết :

$$N_{s1} = m_1 l_1 \quad (5.4a)$$

$$N_{s4} = m_4 l_4 \quad (5.4b)$$

trong đó m_1 và m_4 là lưu lượng nén qua máy nén hạ áp và cao áp.

Để xác định lưu lượng cao áp phải cân bằng điểm hòa trộn :

- Cân bằng chất

$$m_4 = m_7 + m_1 \text{ hay } m_7 = m_4 - m_1$$

- Cân bằng entanpy :

$$m_7 h_7 + m_1 h_3 = m_4 h_3$$

Thay $m_7 = m_4 - m_1$ vào phương trình cân bằng entanpy và rút gọn ta được :

$$m_4 = m_1 \frac{h_3 - h_7}{h_3 - h_7} \text{ hay } \frac{m_4}{m_1} = \frac{h_3 - h_7}{h_3 - h_7} \quad (5.5)$$

- Hệ số lạnh :

$$\varepsilon = \frac{m_1 \cdot q_o}{m_1 l_1 + m_4 l_4} = \frac{q_o}{l_1 + \frac{h_3 - h_7}{h_3 - h_7} \cdot l_4} \quad (5.6)$$

Thí dụ 5.1 : Tính toán chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu, làm mát trung gian 1 phần, có hồi nhiệt và quá lạnh, môi chất R22, năng suất lạnh $Q_o = 100\text{kW}$. Hãy xác định các thông số cơ bản của máy nén cao và hạ áp. Cho biết : Nhiệt độ ngưng tụ 40°C và nhiệt độ bay hơi -40°C , độ quá nhiệt hơi hút trong hồi nhiệt là 30K . Chu trình tương ứng hình 5.3.

Giải :

Trước hết phải xây dựng chu trình theo các dữ kiện đã cho của đầu bài trên đồ thị lgp-h.

- Áp suất trung gian :

$$p_{lg} = \sqrt{p_k \cdot p_o} = \sqrt{15,33 \cdot 1,05} = 4,01\text{bar}$$

trong đó $p_k = 15,33\text{ bar}$ tương ứng $t_k = 40^\circ\text{C}$

và $p_o = 1,05\text{ bar}$ tương ứng $t_o = -40^\circ\text{C}$

$$p_{lg} = 4,01\text{ bar tương ứng } t_{lg} = -6,8^\circ\text{C}$$

Như vậy ta đã xác định được các điểm nút :

1' - Điểm cắt p_o và $x = 1$ (hơi bão hòa khô)

1 - Điểm cắt p_o và $t_1 = -10^\circ\text{C}$ ($t_1 = t_o + 30\text{K}$)

- 2- Điểm cắt p_{tg} và $x_1 = x_2 = \text{const}$
- 3- Điểm cắt t_k và p_{tg}
- 5"- Điểm cắt p_k và $x = 0$ (bão hòa lỏng)
- 7- Điểm cắt p_{tg} và $x = 1$
- 8- Điểm cắt p_{tg} và $x = 0$
- 5'- Điểm cắt giữa p_k và h_5 .

$$h_{5'} = h_{5''} - (h_1 - h_{1'})$$

- 5- Điểm cắt giữa p_k và t_5

$$t_5 = t_8 + 5K = -40 + 5 = -35^\circ\text{C}$$

- 6- Điểm cắt giữa p_o và $h_5 = h_6 = \text{const}$ (vuông góc trục hoành)

- 6'- Điểm cắt giữa p_{tg} và $h_5 = h_6' = h_6 = \text{const}$

Điểm 3' được xác định qua cân bằng lưu lượng và cân bằng entanpy ở điểm hòa trộn và ở bình quá lạnh :

Năng lượng vào bằng năng lượng ra khỏi bình quá lạnh nên :

$$m_4 \cdot h_5 + (m_4 - m_1) h_5 = m_4 h_5 + (m_4 - m_1) h_7$$

Khai triển và rút gọn được :

$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_7 - h_5}{h_7 - h_{5'}} \quad (5.7)$$

So sánh với biểu thức (5.5) có :

$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_7 - h_5}{h_7 - h_{5'}} = \frac{h_3 - h_7}{h_3' - h_7}$$

Nên :

$$h_{3'} = h_7 + \frac{(h_7 - h_{5'})}{(h_7 - h_5)} (h_3 - h_7)$$

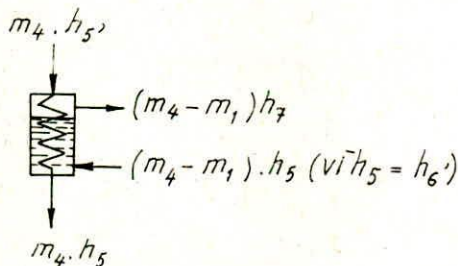
Vậy điểm 3' đã được xác định là điểm cắt của p_{tg} và $h_{3'}$.

Điểm 4 sẽ là điểm cắt của p_k và $s_{3'} = s_4 = \text{const}$

Như vậy, tất cả các điểm nút chu trình đã được xác định.

Ở đây xin nhắc lại là tùy từng trường hợp người ta có thể chọn hồi nhiệt lớn hay nhỏ. Khi 2 cấp nén dùng hai máy nén riêng biệt, có thể dùng hồi nhiệt lớn để nhiệt độ hơi ra khỏi hồi nhiệt chỉ nhỏ hơn nhiệt độ ngưng tụ 5°C . Nhưng ngược lại, nếu 2 cấp nén bố trí trên 1 máy nén duy nhất thì dùng hồi nhiệt nhỏ thậm chí bỏ hồi nhiệt và dùng hơi nén ra từ cấp áp thấp làm mát cho máy nén và động cơ (loại nửa kín) vì nhiệt độ hơi ra ở cấp này khá thấp, sau đó mới đi vào xilanh cao áp.

Thông số trạng thái các điểm nút chu trình đọc được trên đồ thị $lgp-h$ (hoặc tra từ bảng 2.4) được tập hợp trong bảng 5.1.



BẢNG 5.1. Thông số các điểm nút chu trình thí dụ 5.1

	p, MPa	t, °C	h, kJ/kg	v, m ³ /kg
1'	0,105	-40	689	0,206
1	0,105	-10	707	0,255
2	0,401	52	744	-
3	0,401	40	736	-
3'	0,401	31	731	0,07
4	1,533	99	769	-
5''	1,533	40	550	-
5'	1,533	26	532	-
5	1,533	-1,8	498	-
6'	0,401	-6,8	498	-
6	0,105	-40	498	-
7	0,401	-6,8	703	-
8	0,401	-6,8	492	-

Tính toán chu trình :

1 - Năng suất lạnh riêng khối lượng :

$$q_o = h_{1'} - h_6 = 689 - 489 = 191 \text{ kJ/kg}$$

2 - Năng suất lạnh riêng thể tích :

$$q_v = \frac{q_o}{v_1} = \frac{191}{0,255} = 749 \text{ kJ/m}^3$$

3 - Năng suất nhiệt riêng thải ra ở bình ngưng :

$$q_k = h_4 - h_{5''} = 769 - 550 = 219 \text{ kJ/kg}$$

4 - Công nén riêng :

$$l_1 = h_2 - h_1 = 744 - 707 = 37 \text{ kJ/kg}$$

$$l_4 = h_4 - h_{3'} = 769 - 731 = 38 \text{ kJ/kg}$$

5 - Tỷ số nén :

$$\Pi = p_k / p_o = 14,6$$

$$\Pi_1 = p_k / p_{tg} = \Pi_2 = p_{tg} / p_o = 3,32$$

6 - Hệ số lạnh của chu trình (phương trình (5.6)) :

$$\varepsilon = \frac{q_o}{l_1 + \frac{h_3 - h_7}{h_{3'} - h_7} l_4} = \frac{191}{37 + \frac{736 - 703}{731 - 703} \cdot 38} = 2,33$$

7 - Độ hoàn thiện chu trình :

$$\nu = 2,33 \cdot \frac{T_k - T_o}{T_o} = 2,33 \cdot \frac{80}{233} = 0,8$$

Tính toán máy nén :

8 - Năng suất lạnh $Q_o = 100\text{kW}$ (đầu bài cho)

9 - Lưu lượng nén qua máy nén hạ áp :

$$m_1 = \frac{Q_o}{q_o} = \frac{100}{191} = 0,5236 \text{ kg/s}$$

Lưu lượng nén qua máy nén cao áp theo (5.7) :

$$m_4 = m_1 \frac{h_7 - h_5}{h_7 - h_{5'}} = 0,5236 = \frac{703 - 498}{703 - 532} = 0,6277 \text{ kg/s}$$

10 - Thể tích hút thực tế của máy nén hạ áp và cao áp :

$$V_{tt1} = v_1 \cdot m_1 = 0,5236 \cdot 0,255 = 0,1335 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{tt4} = v_3 \cdot m_4 = 0,07 \cdot 0,6277 = 0,0439 \text{ m}^3/\text{s}$$

11 - Hệ số cấp λ :

Với $\Pi = 3,32$ tra đồ thị hình 3.4 được

$$\lambda_1 = \lambda_4 = 0,825 \text{ (máy nén R22)}$$

12 - Thể tích hút lý thuyết hạ áp và cao áp :

$$V_{lt1} = \frac{V_{tt1}}{\lambda} = 0,1618 \text{ m}^3/\text{s} = 583 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{lt4} = \frac{V_{tt4}}{\lambda} = 0,0532 \text{ m}^3/\text{s} = 192 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\varphi = V_{lt1}/V_{lt4} = 3,04 \text{ (}\approx \text{ cứ 3 xilanh hạ áp có 1 xilanh cao áp)}$$

13 - Công nén lý thuyết hạ áp và cao áp :

$$N_{s1} = \dot{m}_1 \cdot l_1 = 19,37 \text{ kW}$$

$$N_{s4} = \dot{m}_4 \cdot l_4 = 28,85 \text{ kW}$$

14 - Hiệu suất nén hữu ích tra đồ thị hình 3.6 :

$$\text{Với } \Pi = 3,32 \text{ có } \eta_e = 0,76.$$

15 - Công nén hữu ích :

$$N_{e1} = \frac{N_{s1}}{\eta_e} = 25,49 \text{ kW}$$

$$N_{e4} = \frac{N_{s4}}{\eta_e} = 31,38 \text{ kW}$$

16 - Công nén tiêu thụ với giả thiết hiệu suất động cơ $\eta_{el} = 0,90$ và hiệu suất truyền động đai $\eta_{ld} = 0,95$:

$$N_{e1l} = 29,81 \text{ kW}$$

$$N_{e14} = 36,70 \text{ kW}$$

17- Chọn máy nén (bảng 3.2c)

Chọn 2 tổ F42B2, môi chất R22

Năng suất lạnh 50.700 kcal/h/tổ hay 59 kW/tổ ở chế độ làm việc

$$t_k = 40^\circ\text{C}, t_o = -40^\circ\text{C}.$$

$$N_e = 38,5 \text{ kW/tổ} ;$$

Hình 5.6 giới thiệu một tổ máy nén nhỏ 2 cấp của BOCK (CHLB Đức) với nhiệt độ bay hơi đến -60°C , môi chất R22 kiểu ký hiệu FZ, 6 xilanh trong đó 2 xilanh cao

Đặc tính kỹ thuật máy nén :

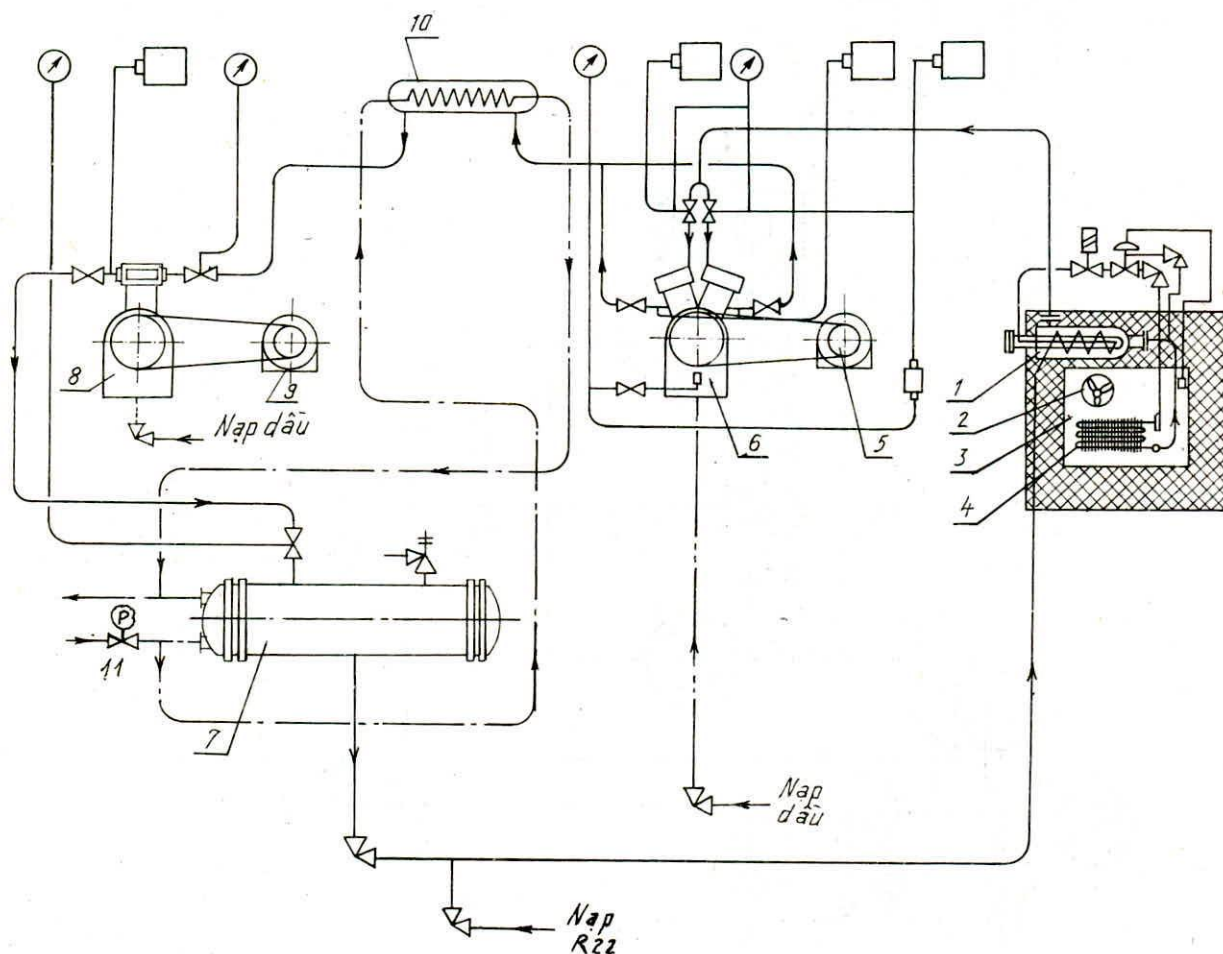
$d = 130\text{mm}$; $s = 100\text{mm}$; $n = 900 \text{ vg/ph}$; $z_{\text{CA}} = 2 \text{ xilanh}$; $z_{\text{HA}} = 4 \text{ xilanh}$.

$V_{\text{H1}} = 2 \text{ máy} \times 286\text{m}^3/\text{h} = 573 \text{ m}^3/\text{h} \approx 583 \text{ m}^3/\text{h}$ như yêu cầu.

$V_{\text{H2}} = 2 \text{ máy} \times 143\text{m}^3/\text{h} = 286 \text{ m}^3/\text{h} > 192 \text{ m}^3/\text{h}$ như yêu cầu.

2 tổ F42B2 đủ đảm bảo năng suất lạnh nhưng chế độ làm việc có xê dịch. Áp suất trung gian giảm hơn so với tính toán.

Hình 5.4 giới thiệu một sơ đồ 2 cấp làm việc theo chu trình giới thiệu trên hình 5.2, môi chất lạnh R22, nhiệt độ bay hơi -70°C .



Hình 5.4. Sơ đồ hệ thống lạnh làm việc theo chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn có hồi nhiệt : Nhiệt độ ngưng tụ 25°C ; nhiệt độ bay hơi -70°C , năng suất lạnh $1,22 \text{ kW}$; công suất động cơ $6,4\text{kW}$. Tiêu tốn nước cho bình ngưng $1\text{m}^3/\text{h}$:
 1 - hồi nhiệt, đồng thời là phin sấy lọc ; 2 - quạt dàn lạnh ; 3 - buồng lạnh ;
 4 - dàn làm lạnh không khí ; 5 - động cơ điện ; 6 - máy nén cấp hạ áp ;
 7 - bình ngưng làm mát bằng nước ; 8 - máy nén cấp cao áp ; 9 - động cơ điện ;
 10 - bình làm mát trung gian bằng nước ; 11 - van điều chỉnh nước làm mát.

Hình 5.5 giới thiệu 1 sơ đồ 2 cấp 1 tiết lưu, làm mát trung gian không hoàn toàn, có hồi nhiệt và bình quá lạnh dùng để thu hồi CO_2 trong nhà máy bia DANBREW Đan Mạch.

Ưu điểm : Khí hơi hút về máy nén cao áp được làm mát xuống đến đường bão hòa khô, công nén tiết kiệm được cũng đạt tối đa $\Delta l_{\max}$. Nhiệt độ cuối tầm nén T_5 cũng là nhiệt độ tối thiểu với quá trình nén đoạn nhiệt. Đây cũng là ưu điểm cơ bản của chu trình này so với các chu trình làm mát 1 phần.

Nhược điểm : Chu trình này có nhược điểm về vận hành là dầu từ máy nén hạ áp đi vào bình trung gian sẽ theo môi chất lỏng, qua tiết lưu 2 vào bình bay hơi. Ở nhiệt độ thấp (khoảng -40°C) dầu bị đặc quánh khó lưu thông, dính lên bề mặt trao đổi nhiệt của bình hoặc dàn bay hơi tạo ra lớp trở nhiệt làm giảm khả năng trao đổi nhiệt của bình bay hơi.

Ứng dụng : Chu trình này chủ yếu ứng dụng cho môi chất amoniác.

Tính toán chu trình

Các điểm nút chu trình có thể xác định rất dễ dàng trên đồ thị lgp-h và tương tự như chu trình trên hình 5.8. Riêng tỷ số m_4/m_1 có thể xác định qua cân bằng entanpy ở bình trung gian :

$$m_4 h_8 + m_1 h_9 = m_4 h_7 + m_1 h_3$$

$$m_4 (h_8 - h_7) = m_1 (h_3 - h_9)$$

$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_3 - h_9}{h_8 - h_7}$$

Hệ số lạnh của chu trình :

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_1 + \frac{m_4}{m_1} l_4} = \frac{h_1 - h_{10}}{(h_2 - h_1) + \frac{(h_3 - h_9)}{h_8 - h_7} (h_5 - h_4)}$$

Thí dụ 5.2 : Một buồng kết đông kiểu tunel yêu cầu

$Q_0 = 100\text{kW}$, $t_0 = -40^\circ\text{C}$, $t_k = +40^\circ\text{C}$; môi chất lạnh NH_3 .

a) Hãy tính toán chu trình lạnh 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian toàn phần theo hình 5.9.

b) Hãy tính toán máy nén.

Giải :

Từ $t_k = 40^\circ\text{C}$ xác định được $p_k = 15,56 \text{ bar}$

Từ $t_0 = -40^\circ\text{C}$ xác định được $p_0 = 0,719 \text{ bar}$

Tỷ số nén : $\Pi = p_k/p_0 = 21,64 > 9$: sử dụng chu trình 2 cấp

Áp suất trung gian :

$$p_{tg} = \sqrt{15,56 \cdot 0,719} = 3,34 \text{ bar tương ứng } t_{tg} = -6,8^\circ\text{C}$$

Tỷ số nén :

$$\Pi = \frac{p_k}{p_{tg}} = \frac{p_{tg}}{p_0} = \frac{3,34}{0,719} = 4,65$$

Xây dựng chu trình trên đồ thị lgp-h và đọc các thông số trạng thái của từng điểm nút chu trình. Các thông số tập hợp trong bảng 5.2.

- Tỷ số lưu lượng :

$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_3 - h_9}{h_8 - h_7} = \frac{1862 - 469}{1753 - 688} = 1,308$$

BẢNG 5.2

	p, bar	t, °C	h, kJ/kg	v, m ³ /kg
1	0,719	-40	1707	1,55
2	3,34	64	1920	-
3	3,34	40	1862	-
4	3,34	-6,8	1753	0,37
5	15,56	105	1972	-
6	15,56	40	688	-
7	3,37	-6,8	688	-
8	3,34	-6,8	1753	-
9	3,34	-6,8	469	-
10	0,719	-40	469	-

a) *Tính toán chu trình :*

1 - Năng suất lạnh riêng khối lượng :

$$q_o = h_1 - h_{10} = 1707 - 469 = 1238 \text{ kJ/kg}$$

2 - Năng suất lạnh riêng thể tích :

$$q_v = \frac{q_o}{v_1} = \frac{1238}{1,55} = 798,7 \text{ kJ/m}^3$$

3 - Năng suất nhiệt riêng thải ra ở bình ngưng :

$$q_k = h_5 - h_6 = 1972 - 688 = 1284 \text{ kJ/kg}$$

4 - Công nén riêng :

$$l_1 = h_2 - h_1 = 1920 - 1707 = 213 \text{ kJ/kg}$$

$$l_2 = h_5 - h_4 = 1972 - 1753 = 219 \text{ kJ/kg}$$

5 - Tỷ số nén :

$$\Pi_1 = \Pi_2 = 4,65$$

6 - Hệ số lạnh của chu trình :

$$\varepsilon = \frac{q_o}{l_1 + 1,308 l_4} = \frac{1238}{213 + 1,308 \cdot 219} = 2,48$$

(lớn hơn so với hệ số lạnh chu trình R22 ở thí dụ 5.1 : $\varepsilon = 2,33$)

7 - Độ hoàn thiện chu trình :

$$\nu = \varepsilon \cdot \frac{T_k - T_o}{T_o} = 0,85$$

(lớn hơn so với chu trình R22 (thí dụ 5.1) $\nu = 0,80$).

b) Tính toán máy nén :

8 - Năng suất lạnh $Q_o = 100\text{kW}$ (đầu bài cho)

9 - Lưu lượng nén qua máy nén hạ áp và cao áp :

$$m_1 = \frac{Q_o}{q_o} = \frac{100}{1238} = 0,08078 \text{ kg/s}$$

$$m_4 = 1,308 \cdot m_1 = 0,1057 \text{ kg/s}$$

10 - Thể tích hút thực tế máy nén hạ áp và cao áp :

$$V_{tt1} = v_1 m_1 = 1,55 \cdot 0,08078 = 0,12521 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{tt4} = v_4 m_4 = 0,37 \cdot 0,1057 = 0,03909 \text{ m}^3/\text{s}$$

11 - Hệ số cấp λ : tra đồ thị h.3.4 cho máy nén cỡ trung NH_3 , $\Pi = 4,65$

$$\lambda_1 = \lambda_4 = 0,71$$

12 - Thể tích hút lý thuyết hạ áp và cao áp :

$$V_{lt1} = \frac{V_{tt1}}{\lambda} = 0,1764 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{lt4} = \frac{V_{tt4}}{\lambda} = 0,0551 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\varphi = V_{lt1}/V_{lt4} = 3,2 \text{ (cứ 3 xilanh hạ áp có 1 xilanh cao áp)}$$

13 - Công nén đoạn nhiệt hạ áp và cao áp :

$$N_{s1} = m_1 \cdot l_1 = 17,2 \text{ kW}$$

$$N_{s4} = m_4 \cdot l_4 = 23,2 \text{ kW}$$

14 - Hiệu suất nén hữu ích η_e

Tra đồ thị h.3.6 môi chất amoniác, $\Pi = 4,65$ được :

$$\eta_{e1} = \eta_{e2} = 0,77$$

15 - Công nén hữu ích hạ áp và cao áp :

$$N_{e1} = \frac{N_{s1}}{\eta_{e1}} = 22,34 \text{ kW}$$

$$N_{e4} = \frac{N_{s4}}{\eta_{e4}} = 30,13 \text{ kW}$$

16 - Công nén tiêu thụ thực tế hạ áp và cao áp :

(giả thiết $\eta_{el} = 0,90$; $\eta_{el} = 0,95$)

$$N_{el1} = \frac{N_{e1}}{\eta_{el} \cdot \eta_{td}} = 26,13 \text{ kW}$$

$$N_{el4} = \frac{N_{e4}}{\eta_{el} \cdot \eta_{td}} = 35,24 \text{ kW}$$

Có thể chọn 2 máy N62B với các đặc tính kỹ thuật :

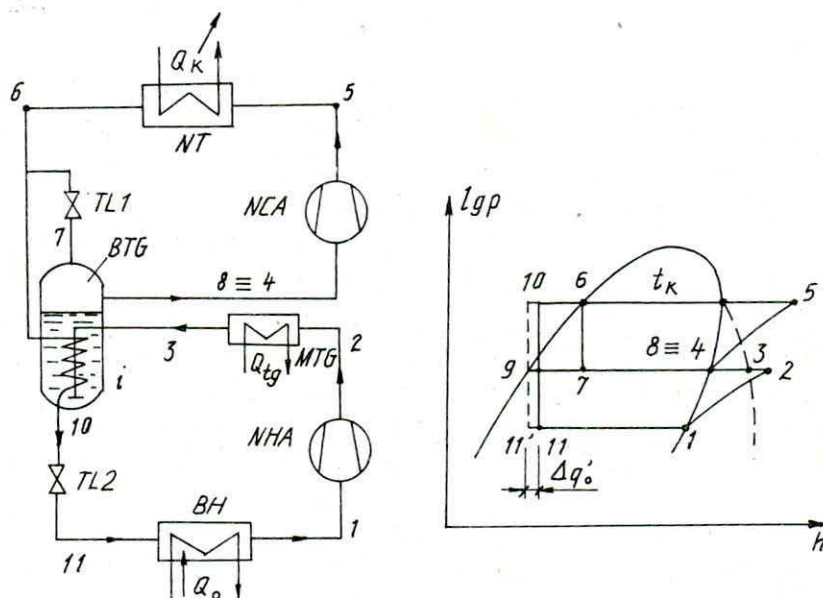
$N_e = 2 \times 42,7 = 85,4 \text{ kW}$ lớn hơn tính toán 39,3%.

Đặc tính máy nén : Hiệu MYCOM, ký hiệu N62B

$d = 130\text{mm}$; $s = 100\text{mm}$; $n = 900\text{vg/ph}$; $z_1 = 6$ xilanh hạ áp ; $z_4 = 2$ xilanh cao áp.

Như trên đã nói, chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian toàn phần (h.5.9) có nhược điểm là dầu của cấp nén hạ áp theo lỏng vào bình bay hơi tạo trở nhiệt trên bề mặt trao đổi nhiệt. Để khắc phục nhược điểm này người ta dẫn lỏng qua ống xoắn vào làm quá lạnh trong bình trung gian, và dầu ở cấp nén hạ áp không thể đi vào bình bay hơi được. Hình 5.10 giới thiệu chu trình 2 cấp bình trung gian ống xoắn.

- Dòng môi chất lỏng từ thiết bị ngưng tụ ra chia làm 2 nhánh : nhánh chính đi qua ống xoắn được quá lạnh đến trạng thái 10 để qua tiết lưu 2 vào bình bay hơi ; nhánh phụ vào tiết lưu 1 để vào bình trung gian bay hơi làm mát hơi nén hạ áp từ điểm 3 xuống điểm 4 $\equiv$ 8 bão hòa khô.



Hình 5.10. Chu trình 2 cấp bình trung gian ống xoắn.

- Nhiệt độ t_{10} là nhiệt độ lỏng ra khỏi bình trung gian ống xoắn lấy bằng :

$$t_{10} = t_9 + \Delta t_{\min} = t_9 + 5K$$

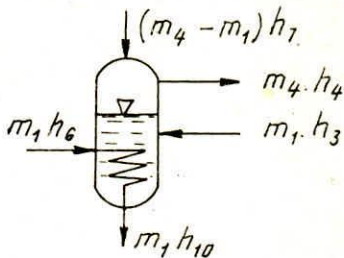
Hiệu nhiệt độ tối thiểu trong thiết bị trao đổi nhiệt : $\Delta t_{\min} = 5K$

- Môi chất lỏng tiết lưu trực tiếp từ áp suất p_k xuống p_0 (không qua áp suất trung gian nên có thể coi là chu trình 2 cấp 1 tiết lưu). Chu trình 1 tiết lưu có ưu điểm là có thể đặt dàn lạnh ở xa vì hiệu áp rất cao.

- Do nhiệt độ tiết lưu cao hơn nhiệt độ bình trung gian (điểm 9) do đó năng suất lạnh bị giảm mất 1 khoảng $\Delta q_0 = h_{11} - h_{11'}$.

Nhưng do bình trung gian ống xoắn có ưu thế vận hành không bị dầu làm bẩn bình bay hơi nên vẫn được ứng dụng rộng rãi cho môi chất amoniác, tuy phải chấp nhận tổn thất nhỏ về năng suất lạnh.

- Tính toán chu trình giống như chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian toàn phần (h.5.9). Tỷ số m_4/m_1 cũng được xác định bằng cách cân bằng entanpy ở bình trung gian.



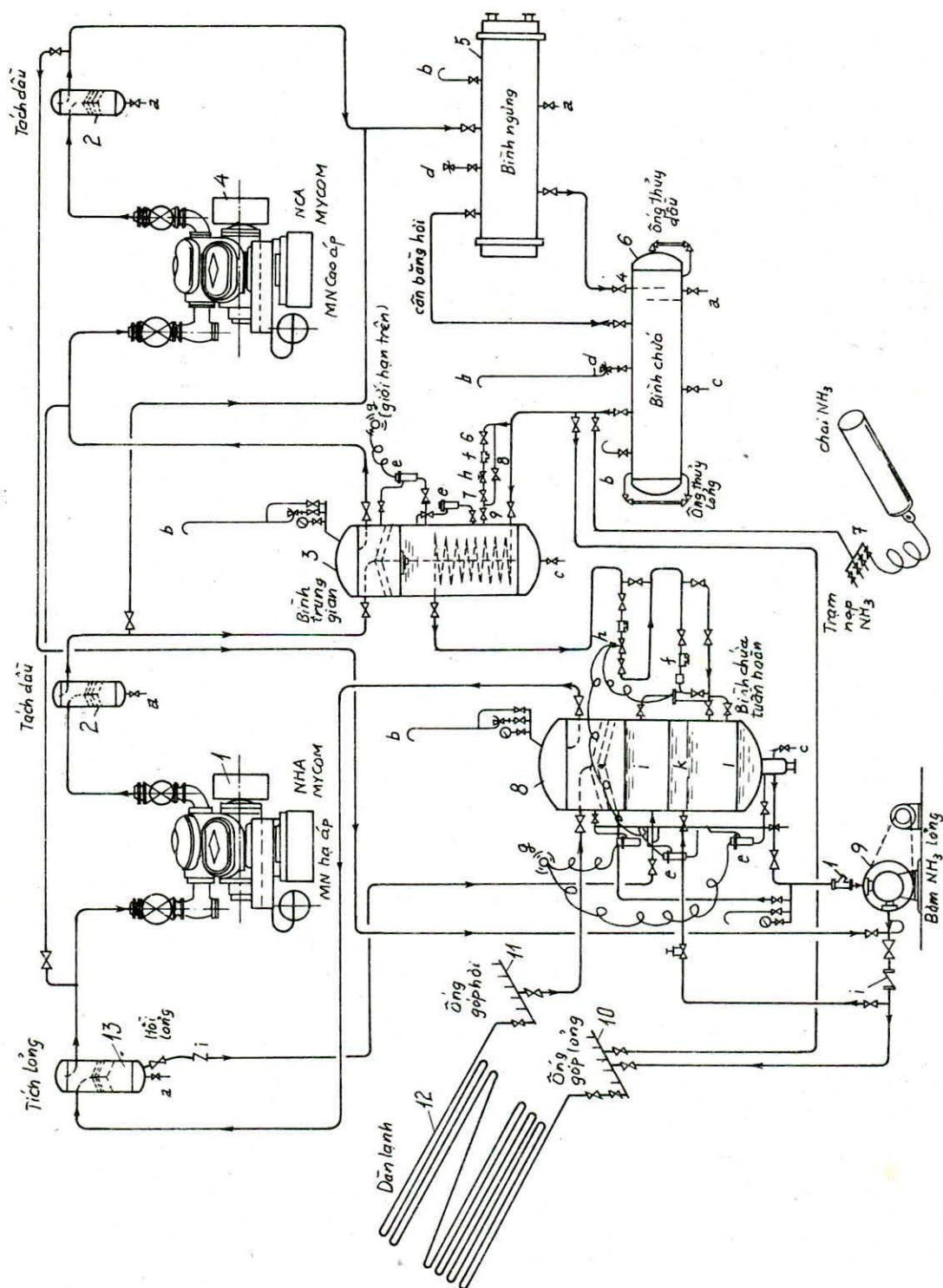
$$m_1 h_6 + m_1 h_3 + (m_4 - m_1) \cdot h_7 = m_4 h_4 + m_1 h_{10}$$

$$\text{Vậy } \frac{m_4}{m_1} = \frac{h_6 + h_3 - h_7 - h_{10}}{h_4 - h_7}$$

Riêng điểm 10 là giao điểm của p_k và $t_{10}, t_{10} = t_9 + 5K$. Như vậy tất cả các điểm nút đều đã được xác định.

Hình 5.11 giới thiệu 1 sơ đồ hệ thống lạnh 2 cấp (MYCOM) sử dụng bình trung gian ống xoắn, hệ thống dàn bay hơi có bơm cấp lỏng từ bình chứa tuần hoàn (bình chứa hạ áp).

Máy nén hạ áp hút hơi từ bình chứa tuần hoàn về qua bình tách lỏng nén lên áp suất trung gian đẩy vào bình tách dầu đưa vào bình trung gian ống xoắn. Máy nén cao áp hút hơi đã được làm mát nén lên áp cao đưa qua bình tách dầu đẩy vào bình ngưng. Môi chất lạnh NH_3 ngưng tụ và chảy vào bình chứa cao áp, đi vào bình trung gian ống xoắn, được quá lạnh, sau đó được tiết lưu xuống áp suất sôi p_0 và chứa vào bình chứa tuần hoàn. Từ bình chứa tuần hoàn NH_3 lỏng được bơm NH_3 đưa đến ống phân phối lỏng (ống góp lỏng) để phân phối cho các dàn bay hơi trong các buồng lạnh. Sau khi bay hơi làm lạnh phòng, NH_3 về ống góp hơi và quay trở lại bình chứa tuần hoàn. Lỏng rơi xuống dưới để được bơm bơm trở lại các dàn còn hơi quay về máy nén hạ áp. Bình chứa tuần hoàn làm cả nhiệm vụ tách lỏng nhưng để đề phòng trường hợp tải nhiệt quá lớn, dòng hơi quá mạnh vẫn cuốn theo lỏng về máy nén nên 1 bình tách lỏng thứ 2 vẫn được lắp đặt trước đầu hút về máy nén hạ áp. Trước van tiết lưu người ta bố trí van điện từ để khống chế mức lỏng tiêu chuẩn trong bình chứa tuần hoàn. Trường hợp mức lỏng ra ngoài mức cho phép (cao quá hoặc thấp quá) sẽ có tín hiệu âm thanh và ánh sáng cấp báo cho người vận hành xem xét điều chỉnh.



Hình 5.11. Sơ đồ hệ thống lạnh 2 cấp bình trung gian ống xoắn có bơm amoniắc

- 1 - máy nén hạ áp ; 2 - bình tách dầu ; 3 - bình trung gian ống xoắn ; 4 - máy nén cao áp ;
 5 - bình ngưng làm mát bằng nước ; 6 - bình chứa cao áp ; 7 - trạm nạp NH_3 ;
 8 - bình chứa tuần hoàn (bình chứa hạ áp) ; 9 - bơm NH_3 ; 10 - ống phân phối lỏng ;
 11 - ống góp hơi ; 12 - dàn lạnh lắp đặt trong phòng lạnh ; 13 - bình tách lỏng ;
 a) xả dầu ; b) xả khí ; c) van xả đáy ; d) van an toàn ; e) phao ; f) lưới lọc ; g) chuông báo động ;
 h) van điện từ ; i) van 1 chiều ; j) giới hạn trên ; k) mức tiêu chuẩn ; l) giới hạn dưới.

5.6. CÁC CHU TRÌNH 2 VÀ NHIỀU CẤP KHÁC

a) Chu trình 2 cấp 2 chế độ bay hơi

Về nguyên tắc chu trình 2 cấp là có 2 nhiệt độ bay hơi t_o và t_{lg} . Nếu cần nhiệt độ bay hơi trung gian người ta chỉ cần mắc thêm vào bình trung gian các dàn bay hơi theo ý muốn. Khi đó bình trung gian kiêm vai trò bình tách lỏng cho các dàn bay hơi trung gian.

Với 2 nhiệt độ bay hơi có thể sử dụng role nhiệt độ phòng lạnh điều khiển van điện từ đóng ngắt việc cấp lỏng cho dàn bay hơi, như vậy ta có thể thực hiện được nhiều nhiệt độ phòng lạnh theo ý muốn.

b) Chu trình có máy nén trực vít và turbin

Đây là các chu trình chỉ có 1 máy nén (máy trực vít là 1 cấp, máy turbin là 2 hoặc nhiều cấp) nhưng chúng có đặc điểm có thể trích ngang sườn máy để tạo đường hút có áp suất trung gian do đó có thể bố trí bình trung gian làm quá lạnh lỏng trước khi vào van tiết lưu.

c) Chu trình 3 cấp kín

Chu trình dùng để tạo các nhiệt độ rất thấp nhưng vì có nhược điểm là áp suất bay hơi quá thấp (chân không) và áp suất ngưng tụ quá cao nên ít được sử dụng.

d) Chu trình 3 cấp hở sản xuất đá khô

Đá khô được sử dụng rất nhiều trong công nghiệp và đời sống. Sau 3 cấp nén và 3 cấp tiết lưu người ta có thể tạo được CO_2 rắn dạng tuyết. CO_2 tuyết được máy ép thành bánh đưa đi sử dụng làm chất tải lạnh.

e) Chu trình ghép tầng

Để tạo nhiệt độ thấp $-80 \div -120^\circ\text{C}$ nhưng tránh các nhược điểm của chu trình 3 cấp, người ta sử dụng 2 chu trình 1 cấp độc lập ghép vào nhau để lạnh bay hơi tầng trên làm ngưng tụ môi chất tầng dưới. Các hình vẽ và giải thích tỷ mỉ xin tham khảo tài liệu [1].

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Vì sao phải cân nhắc giữa chu trình 1 cấp và 2 cấp khi thiết kế cho một ứng dụng lạnh cụ thể ?
2. Vì sao phải sử dụng chu trình 2 và nhiều cấp ?
3. Hãy vẽ sơ đồ thiết bị và chu trình 2 cấp 1 tiết lưu biểu diễn trên đồ thị lgp-h.
4. Cách tính áp suất trung gian tối ưu như thế nào ?
5. Hãy mô tả nguyên tắc làm việc của chu trình 2 cấp 1 tiết lưu.
6. Vẽ sơ đồ thiết bị và đồ thị lgp-h của chu trình 2 cấp 1 tiết lưu có hồi nhiệt.
7. Mô tả nguyên tắc làm việc chu trình 2 cấp 1 tiết lưu có hồi nhiệt.
8. Vẽ sơ đồ thiết bị và đồ thị lgp-h của chu trình 2 cấp 1 tiết lưu có hồi nhiệt và bình quá lạnh.
9. Phát biểu nguyên tắc làm việc của chu trình 2 cấp 1 tiết lưu có hồi nhiệt và bình quá lạnh.

10. Ưu nhược điểm của chu trình 2 cấp 1 tiết lưu có hồi nhiệt và bình quá lạnh so với các chu trình 1 tiết lưu khác là gì ?
11. Ứng dụng và môi chất của các chu trình 2 cấp 1 tiết lưu ?
12. Vẽ sơ đồ thiết bị và đồ thị lgp-h của chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần.
13. Phát biểu các quá trình cơ bản của chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần.
14. Ưu nhược điểm của chu trình 2 tiết lưu so với 1 tiết lưu là gì ?
15. Vẽ sơ đồ thiết bị và đồ thị lgp-h của chu trình 2 tiết lưu làm mát trung gian toàn phần.
16. Phát biểu nguyên tắc làm việc của chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian toàn phần.
17. Ưu nhược điểm của chu trình làm mát toàn phần so với chu trình làm mát 1 phần ?
18. Vẽ sơ đồ và đồ thị lgp-h của chu trình 2 cấp bình trung gian có ống xoắn.
19. Ưu nhược điểm của bình trung gian ống xoắn so với bình trung gian không có ống xoắn.
20. Môi chất và ứng dụng chủ yếu của các chu trình 2 cấp 2 tiết lưu ?
21. Thế nào là làm mát trung gian 1 phần và toàn phần ?
22. Vì sao có thể làm mát trung gian trên máy nén trục vít 1 cấp ?
23. Vì sao có thể thực hiện 2 nhiệt độ bay hơi đối với chu trình 2 cấp nén ?
24. Thế nào là chu trình ghép tầng ?
25. Người ta sử dụng chu trình nào để sản xuất đá khô ?
26. Tính chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần có hồi nhiệt và quá lạnh. Tính chọn máy nén cho biết (tương tự thí dụ 5.1), môi chất R22.

a) $Q_o = 100 \text{ kW}$	b) $Q_o = 100 \text{ kW}$
$t_k = 40^\circ\text{C}$	$t_k = 40^\circ\text{C}$
$t_o = -30^\circ\text{C}$	$t_o = -50^\circ\text{C}$
27. Tính chu trình lạnh 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian toàn phần theo hình 5.9. Tính chọn máy nén, cho biết môi chất NH_3 (tương tự thí dụ 5.2).

a) $Q_o = 100 \text{ kW}$	b) $Q_o = 100 \text{ kW}$
$t_k = 40^\circ\text{C}$	$t_k = 40^\circ\text{C}$
$t_o = -30^\circ\text{C}$	$t_o = -50^\circ\text{C}$

Chương 6

THIẾT BỊ NGƯNG TỤ

6.1. VAI TRÒ, VỊ TRÍ, ĐẶC ĐIỂM CỦA THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT TRONG HỆ THỐNG LẠNH

6.1.1. Vai trò, vị trí của thiết bị trao đổi nhiệt

Trong các hệ thống lạnh thông thường (có máy nén) các thiết bị trao đổi nhiệt chiếm một tỷ lệ rất lớn : 52 đến 68% về khối lượng và 45 đến 62% về thể tích của toàn bộ hệ thống lạnh.

Hai thiết bị trao đổi nhiệt quan trọng nhất là thiết bị ngưng tụ và thiết bị bay hơi cũng là 2 trong số 4 phần tử cơ bản của hệ thống lạnh (cùng với máy nén và thiết bị tiết lưu). Ngoài ra còn có những thiết bị phụ khác cũng thực hiện các quá trình trao đổi nhiệt khác nhau để nâng cao hiệu quả hoạt động của hệ thống như thiết bị quá lạnh, thiết bị hồi nhiệt, bình trung gian và một số loại bình tách dầu.

Thiết bị ngưng tụ là thiết bị trao đổi nhiệt để biến hơi môi chất lạnh có áp suất và nhiệt độ cao sau quá trình nén thành trạng thái lỏng. Trong thiết bị ngưng tụ có thể xảy ra quá trình quá lạnh lỏng tức là hạ nhiệt độ lỏng ngưng tụ thấp hơn nhiệt độ ngưng tụ. Môi trường nhận nhiệt trong thiết bị ngưng tụ gọi là môi trường làm mát (thường là nước hoặc không khí).

Thiết bị bay hơi là thiết bị trao đổi nhiệt thu nhiệt từ môi trường làm lạnh tuân hoàn giữa thiết bị bay hơi và đối tượng làm lạnh để nhận nhiệt và làm lạnh đối tượng làm lạnh, khi làm lạnh trực tiếp thì không có mặt môi trường làm lạnh trung gian (hay chất tải lạnh).

Ngoài các thiết bị của máy lạnh (có môi chất lạnh tuần hoàn qua), trong hệ thống lạnh còn có các thiết bị để sử dụng lạnh như thiết bị làm lạnh bằng không khí, bằng nước lạnh...

Khối lượng kim loại để chế tạo các thiết bị trao đổi nhiệt cũng chiếm một tỷ lệ rất lớn so với tiêu hao kim loại cho toàn bộ hệ thống, thí dụ : thiết bị ngưng tụ và thiết bị bay hơi làm lạnh nước muối chiếm khoảng 2/3 khối lượng toàn bộ của máy lạnh amôniac, còn giá thành của nó gần bằng 1/2 giá thành toàn bộ. Trong máy lạnh freon, khối lượng của các thiết bị cũng bằng khoảng 3/4 khối lượng của máy. Trong các hệ thống làm lạnh trực tiếp, tỷ lệ của các thiết bị trao đổi nhiệt so với khối lượng chung còn cao hơn nữa.

6.1.2. Đặc điểm của thiết bị trao đổi nhiệt

Các thiết bị trao đổi nhiệt có ảnh hưởng rất lớn tới các đặc tính năng lượng của máy lạnh. Nhiệt độ ngưng tụ t_k trong máy lạnh luôn luôn lớn hơn nhiệt độ môi

trường xung quanh, còn nhiệt bay hơi t_0 lại luôn nhỏ hơn nhiệt độ của môi trường bị làm lạnh (hay của đối tượng làm lạnh khi làm lạnh trực tiếp).

- Để giảm tổn thất năng lượng ở các thiết bị trao đổi nhiệt thì phải vận hành các thiết bị này ở các độ chênh nhiệt độ kể trên với giá trị nhỏ nhất có thể được.

- Với điều kiện áp suất thấp trong thiết bị bay hơi, áp suất cao trong thiết bị ngưng tụ và các tính chất rất riêng của môi chất lạnh khi sôi và khi ngưng, nói chung máy lạnh làm việc trong điều kiện phụ tải nhiệt riêng (công suất nhiệt tính cho 1m^2 bề mặt truyền nhiệt) thấp, chỉ khoảng $1100 - 11000 \text{ W/m}^2$.

- Do có những đặc điểm riêng về áp suất, nhiệt độ làm việc, tính chất môi chất và sự có mặt của dầu bôi trơn trong môi chất nên các thiết bị trao đổi nhiệt trong hệ thống lạnh không thể được tính toán theo cách thông thường tính cho các thiết bị ngưng tụ hay bay hơi của nước trong các hệ thống công nghiệp, mà phải theo các phương pháp và quan hệ tính toán riêng.

- Quá trình ngưng tụ của các môi chất lạnh nói chung (của freon, amoniac hay các cacbua hydro thường là quá trình ngưng màng nên việc xác định cường độ trao đổi nhiệt phải tính tới nhiệt trở của màng chất ngưng.

6.2. PHÂN LOẠI THIẾT BỊ NGƯNG TỤ

6.2.1. Khái niệm về thiết bị ngưng tụ

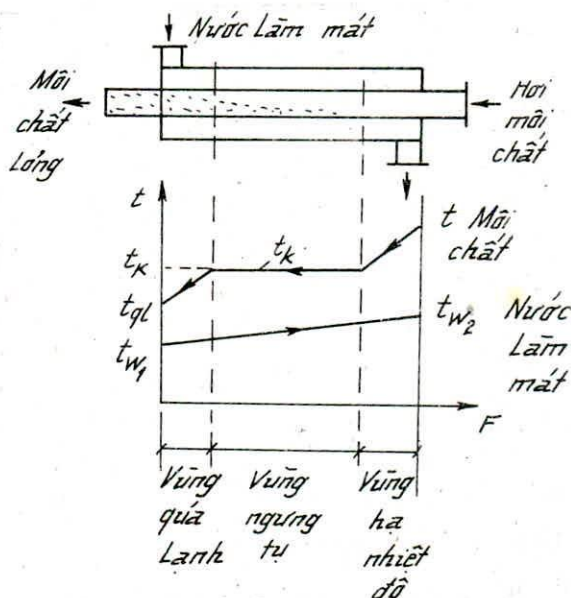
Như đã trình bày ở mục trên, thiết bị ngưng tụ dùng để hóa lỏng hơi môi chất sau khi nén trong chu trình máy lạnh.

Thiết bị ngưng tụ thường là thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt. Hơi môi chất có áp suất, nhiệt độ cao truyền nhiệt cho nước hay không khí làm mát (qua bề mặt ngăn cách của ống hay kênh dẫn). Do bị mất nhiệt, hơi môi chất giảm nhiệt độ, đến nhiệt độ bằng nhiệt độ bão hòa (hay nhiệt độ sôi) ở áp suất ngưng tụ thì bắt đầu ngưng tụ thành lỏng.

Bỏ qua tổn thất ma sát của môi chất đi trong ống thì có thể xem áp suất của môi chất là không thay đổi trong suốt quá trình ngưng tụ. Nhiệt độ ngưng tụ (t_k) trong suốt quá trình này cũng là hằng số.

Áp suất (p_k) và nhiệt độ ngưng tụ (t_k) có thể xác định bằng đồ thị hay bảng hơi môi chất bão hòa, khi biết một trong hai thông số này sẽ xác định được thông số còn lại.

Nếu bề mặt F của thiết bị ngưng tụ đủ lớn (thí dụ : ống đủ dài), nhiệt độ môi trường làm mát thấp (chẳng hạn khi làm mát bằng nước giếng, nước máy) hay cường độ truyền nhiệt cao



Hình 6.1. Sơ đồ thiết bị ngưng tụ.

(thí dụ khi quạt gió mạnh, bơm nước lưu lượng lớn) thì sau khi toàn bộ hơi đã ngưng tụ thành lỏng, lỏng ngưng tụ lại tiếp tục bị hạ thấp nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ ngưng tụ t_k , ta nói môi chất được làm quá lạnh (hình 6.1) : $t_{ql} < t_k$

Trong thiết bị ngưng tụ, nhiệt độ của môi trường làm mát (nhiệt độ của nước làm mát t_w ở hình 3.1) tăng liên tục từ giá trị t_{w1} ở lối vào đến giá trị t_{w2} ở lối ra.

6.2.2. Phân loại thiết bị ngưng tụ

Theo môi trường làm mát, có thể chia các thiết bị ngưng tụ thành 4 nhóm :

- Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước
- Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước và không khí
- Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí
- Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng môi chất khác khi sôi hay bằng các sản phẩm công nghệ.

Theo đặc điểm của quá trình ngưng tụ môi chất, có thể chia các thiết bị ngưng tụ thành hai nhóm lớn :

- Thiết bị ngưng tụ có môi chất ngưng ở bề mặt ngoài của bề mặt trao đổi nhiệt, như thiết bị kiểu ống vỏ nằm ngang, kiểu ống vỏ đứng hay kiểu ống lồng ống,...
- Thiết bị ngưng tụ có môi chất ngưng trên mặt trong của bề mặt trao đổi nhiệt, như các thiết bị kiểu panen, kiểu tưới, kiểu bay hơi, các dàn ngưng trong tủ lạnh gia đình, trong máy lạnh thương nghiệp và công nghiệp.... Đây là nhóm thiết bị ngưng tụ được sử dụng rộng rãi nhất trong các hệ thống lạnh.

Theo đặc điểm của quá trình lưu động của môi trường làm mát qua bề mặt trao đổi nhiệt người ta còn chia các thiết bị ngưng tụ thành các nhóm : thiết bị ngưng tụ có môi trường làm mát tuần hoàn tự nhiên, thiết bị có môi trường làm mát tuần hoàn cưỡng bức và thiết bị ngưng tụ kiểu xối tưới nước trên bề mặt ngoài của dàn ngưng tụ.

Trong các mặt thiết bị ngưng tụ đã trình bày, các thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước (như bình ngưng ống vỏ nằm ngang), thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí lưu động cưỡng bức (có quạt) như dàn ngưng không khí và thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước và không khí (thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi hay kiểu xối tưới) là được sử dụng rộng rãi nhất và cho hiệu quả cao nhất trong điều kiện khí hậu nước ta.

Trong các máy lạnh dân dụng và thương nghiệp công suất nhỏ chúng ta cũng hay gặp các thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí đối lưu tự nhiên (không có quạt).

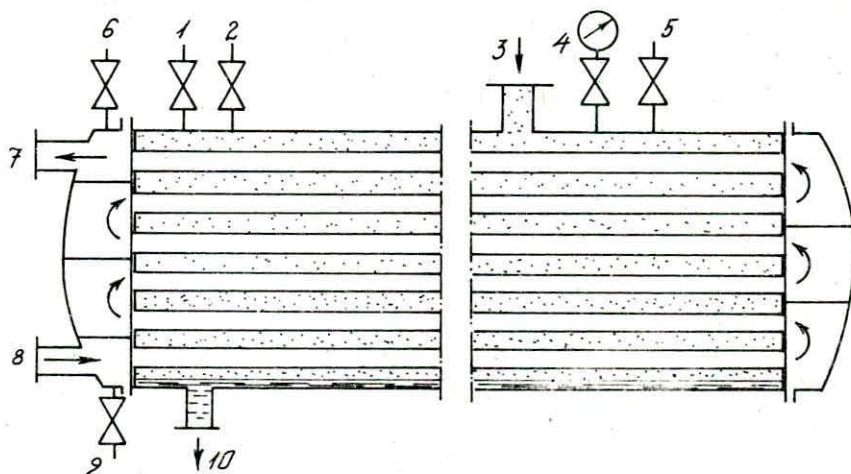
6.3. THIẾT BỊ NGƯNG TỤ LÀM MÁT BẰNG NƯỚC

Các thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước gồm bình ngưng ống vỏ ngang, bình ngưng ống vỏ đứng, thiết bị ngưng tụ kiểu phần tử và thiết bị kiểu panen.

6.3.1. Bình ngưng ống vỏ nằm ngang

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

Bình ngưng gồm một bình hình trụ nằm ngang chứa bên trong nhiều ống trao đổi nhiệt đường kính nhỏ - vì thế gọi là bình ngưng ống vỏ nằm ngang. Hình 6.2 là sơ đồ cấu tạo của bình ngưng loại này.



Hình 6.2. Bình ngưng ống vỏ ngang NH_3

- 1 - nối van an toàn ; 2 - ống nối đường cân bằng với bình chứa ; 3 - ống hơi NH_3 vào ;
 4 - áp kế ; 5 - ống nối van xả không ngưng ; 6 - van xả không khí ở khoang nước ;
 7 - ống nước làm mát ra ; 8 - ống nước làm mát vào ; 9 - van xả nước ; 10 - ống NH_3 lỏng ra.

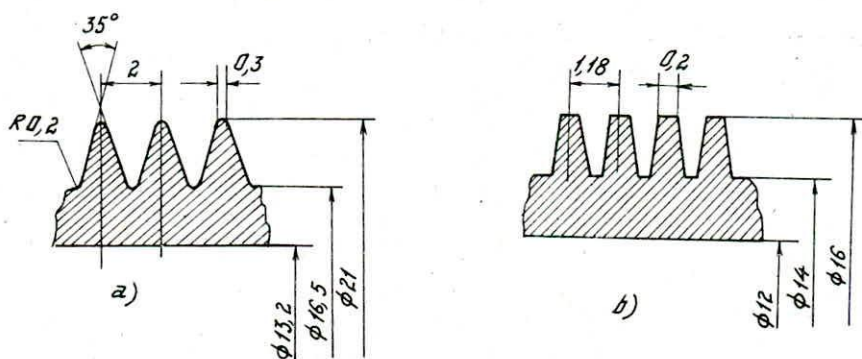
Hơi NH_3 qua ống 3 rồi chia vào hai đường vào bình ngưng bao phủ không gian giữa các ống dẫn nước lạnh và truyền nhiệt cho nước lạnh đi và ngưng lại thành lỏng. Để tăng tốc độ nước và sự truyền nhiệt giữa hơi và nước lạnh, cũng như để kéo dài đường đi của nước trong bình ngưng, người ta bố trí cho nước đi qua đi lại nhiều lần trước khi ra ngoài theo ống dẫn 7.

Lỏng ngưng tụ ở phần dưới bình được dẫn ra ngoài qua ống 10 đi vào bình chứa.

Để thoát lỏng liên tục vào bình chứa phải có ống nối cân bằng (qua đầu 2) giữa bình ngưng và bình chứa.

Để không làm tăng áp suất ngưng tụ và công suất lạnh, các khí không ngưng có lẫn trong hơi sẽ được xả ra ngoài qua ống 5 vào bình tách khí để được tách ra ở đó và trả lại phần NH_3 có lẫn trong hỗn hợp khí - hơi cho hệ thống lạnh.

Không khí lẫn trong nước làm mát sẽ được xả ra ngoài qua van 6 bố trí ở đầu bình, nước cần được tháo qua van 9.



Hình 6.3. Dạng cánh cơ bản của bề mặt ống thiết bị ngưng tụ

- a) cánh dạng tam giác ; b) cánh dạng hình thang.

Các ống trong bình ngưng amôniac thường là các ống trơn, thẳng, đường kính $d = 25 \times 2,5\text{mm}$ và được núc hoặc hàn vào hai mặt sàng theo đỉnh của tam giác đều cạnh 34mm.

Trong các hệ thống lạnh freon, cấu tạo bình ngưng và các ống trao đổi nhiệt có một số khác biệt so với bình ngưng amôniac để phù hợp với tính chất của môi chất. Các ống trao đổi nhiệt thường là ống đồng có cánh nhôm lồng vào hoặc cuốn trên bề mặt ngoài của ống để tăng cường khả năng truyền nhiệt từ phía freon.

Hình 6.3 giới thiệu hai dạng cánh cơ bản và các kích thước cấu tạo của hai trường hợp thí dụ.

2. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

Đây là loại thiết bị ngưng tụ gọn và chắc chắn nhất, có thể bố trí trong nhà mà vẫn chiếm ít diện tích.

Bình ngưng có tiêu hao kim loại nhỏ nhất, vào khoảng $40 \div 45 \text{ kg/m}^2$ diện tích bề mặt trao đổi nhiệt (của các ống). ống nước có đường kính $20 \div 50\text{mm}$, tốc độ nước khoảng 1,5 đến 2,5 m/s (giá trị lớn cho nước bẩn).

Nhiệt độ nước làm mát qua bình ngưng có thể tăng từ $4 \div 10\text{K}$ tức 1kg nước nhận từ 6 đến 33 kJ nhiệt từ môi chất.

Phần dưới của bình ngưng có thể thay luôn chức năng của bình chứa, nhưng chiều cao mức lỏng không quá 100mm.

Hệ số truyền nhiệt (k) tương đối lớn : $k = 800 \div 1000 \text{ W/m}^2\text{K}$, độ chênh nhiệt độ trung bình giữa hơi ngưng và nước làm mát $\Delta t_{tb} = 5 \div 6 \text{ K}$ với mật độ dòng nhiệt $q = 3000 \div 6000 \text{ W/m}^2$.

Bình ngưng cũng dễ chế tạo và lắp đặt, có thể sửa chữa và làm sạch ống bằng cơ học hay hóa chất.

Tuy nhiên bình ngưng loại này cũng có một số nhược điểm :

Diện tích mặt bằng bản thân bình ngưng chiếm không lớn nhưng phải có diện tích dự phòng phía đầu bình hoặc có phương án thích hợp để có thể rút ống ra khi sửa chữa thay thế.

Yêu cầu khối lượng nước làm mát lớn và nhanh tạo cáu bẩn (nhất là khi chất lượng nước xấu) giảm nhanh khả năng truyền nhiệt.

Để tiết kiệm nước thường phải có tháp giải nhiệt tức phải đầu tư thêm kinh phí, chiếm thêm diện tích và thường gây ồn, ẩm môi trường lân cận.

Với những ưu nhược điểm kể trên, bình ngưng loại này được dùng khá phổ biến cho cả các máy lạnh cỡ công suất trung bình và lớn, dùng thích hợp cho những nơi có nguồn nước sạch và sẵn nước, giá thành nước không cao.

Khi có thêm tháp giải nhiệt thì nhiệt độ ngưng tụ và do đó cả công suất lạnh rất ổn định, ít phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường và mùa khí hậu trong năm.

3. Những hư hỏng thường gặp và cách khắc phục

Nếu chất lượng nước làm mát xấu và chế độ bảo dưỡng không đảm bảo thì bình ngưng rất dễ bị bám cáu bẩn làm tắc nghẽn đường nước, giảm khả năng truyền nhiệt nên nhiệt độ ngưng tụ tăng cao, công suất lạnh không đáp ứng được yêu cầu công nghệ. Trong trường hợp này nếu không thay thế bình ngưng mới được thì phải tẩy rửa cặn bằng cơ học (dùng bàn chải lông sắt) hoặc kết hợp với hóa chất (thường dùng xôđa Na_2CO_3 5% để rửa) sau đó thổi sạch bằng khí nén.

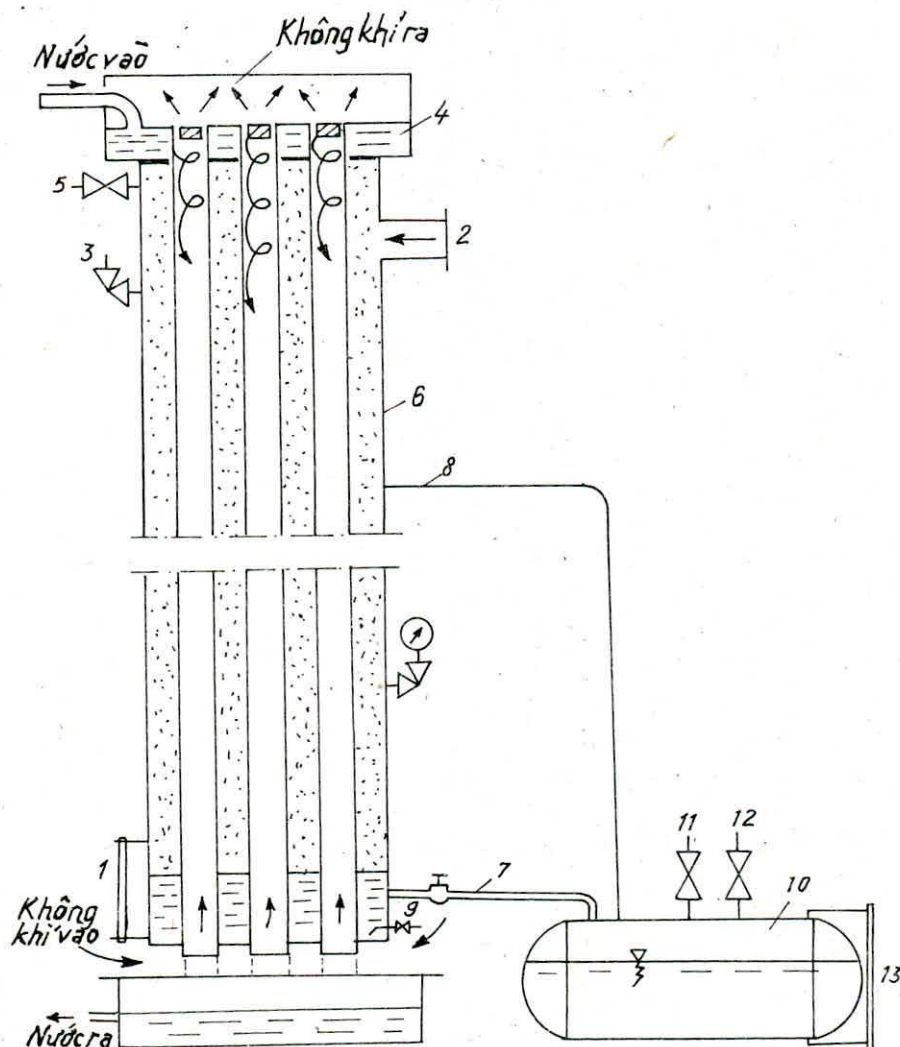
Khi áp suất ngưng tụ tăng cao, kim áp kế rung mạnh, không ổn định thì phải xả khí không ngưng qua bình tách khí đặt phía trên bình chứa cao áp hay bình ngưng.

Nếu để mất nước làm mát bình ngưng do bơm nước hỏng hay đường ống dẫn bị rò sẽ gây sự cố nguy hiểm cho cả hệ thống, vì thế phải đảm bảo hệ thống điều chỉnh tự động và bảo vệ tự động hoạt động tốt để cấp đủ nước cho bình ngưng hoặc ngừng máy nén khi lưu lượng và nhiệt độ nước làm mát không đảm bảo. Định kỳ xả dầu để không có dầu bám ở bề mặt ống trao đổi nhiệt làm xấu điều kiện truyền nhiệt.

6.3.2. Bình ngưng ống vỏ thẳng đứng

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

Bình ngưng tụ loại này cũng có vỏ hình trụ đặt thẳng đứng, bên trong có các ống dẫn nước làm mát được hàn hay núc vào hai mặt sàng. Các mặt sàng này hàn vào thân bình.



Hình 6.4. Bình ngưng amôniac ống vỏ đứng

- 1, 13 - kính quan sát mức lỏng ; 2 - ống hơi vào ; 3, 11 - nối van an toàn ; 4 - hộp phân phối nước ; 5 - nối ống xả khí ; 6 - vỏ bình ; 7 - ống dẫn lỏng ra ; 8 - ống cân bằng ; 9 - van xả dầu ; 10 - bình chứa cao áp ; 12 - đường cấp lỏng từ bình chứa ; 13 - ống thủy.

Các ống trao đổi nhiệt là ống thép, thường có đường kính $57 \times 3,5$ mm phía trong có nước chảy từ trên xuống thành màng mỏng dưới tác dụng của trọng lực. Từ hộp phân phối nước ở phía trên, nước được chảy vòng qua nút hình côn ở phía trên mỗi ống để tạo thành màng nước chảy trong ống. Hơi môi chất lạnh đưa vào không gian giữa các ống truyền nhiệt cho nước trong ống và ngưng tụ thành màng mỏng chạy dọc theo bề mặt ngoài ống, rồi được chứa ở đáy bình để đi sang bình chứa cao áp.

Bình ngưng tụ amôniac ống vỏ thẳng đứng được trình bày trên hình 6.4. Nước sau khi trao đổi nhiệt được chảy vào bể chứa ở đáy bình. Môi chất lạnh lỏng ngưng tụ được đưa vào bình chứa 10 qua ống dẫn lỏng có miệng ở vị trí cao hơn mặt sàng dưới 80mm để tránh dầu vào bình chứa rồi vào thiết bị bay hơi. Trên bình ngưng và bình chứa có đặt các van an toàn (3.11) với hai cửa thoát, ống hơi cân bằng 8 nối bình ngưng và bình chứa, van xả dầu 9, kính quan sát mức lỏng 1, 13.

2. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

Với hệ số truyền nhiệt cao loại lớn ($k = 800 \div 1000 \text{ W/m}^2\text{K}$), mật độ dòng nhiệt q_F có thể đạt tới 4500 W/m^2 khi độ chênh nhiệt độ trung bình giữa hơi ngưng và nước $\Delta t_{tb} = 5 \div 6 \text{ K}$, bình ngưng ống vỏ đứng có thể được dùng cho các hệ thống lạnh công suất lớn, mặt bằng gian máy hẹp, phải bố trí bình ngưng phía ngoài.

Bình ngưng loại này còn có ưu điểm là cả lỏng và dầu có thể chảy tự do xuống đáy nên dễ xả dầu, kết cấu chắc chắn, dễ làm sạch ống nên có thể sử dụng các nguồn nước khác nhau không yêu cầu chất lượng cao lắm.

Tuy vậy, việc lắp ráp và theo dõi vận hành cũng khó hơn bình ngưng ống vỏ ngang. Nhược điểm này cộng với những nhược điểm chung như bình ngưng ống vỏ ngang làm cho bình ngưng loại này không được dùng rộng rãi phổ biến trong các xí nghiệp lạnh nước ta với hầu hết là công suất trung bình và nhỏ.

3. Những hư hỏng và cách khắc phục

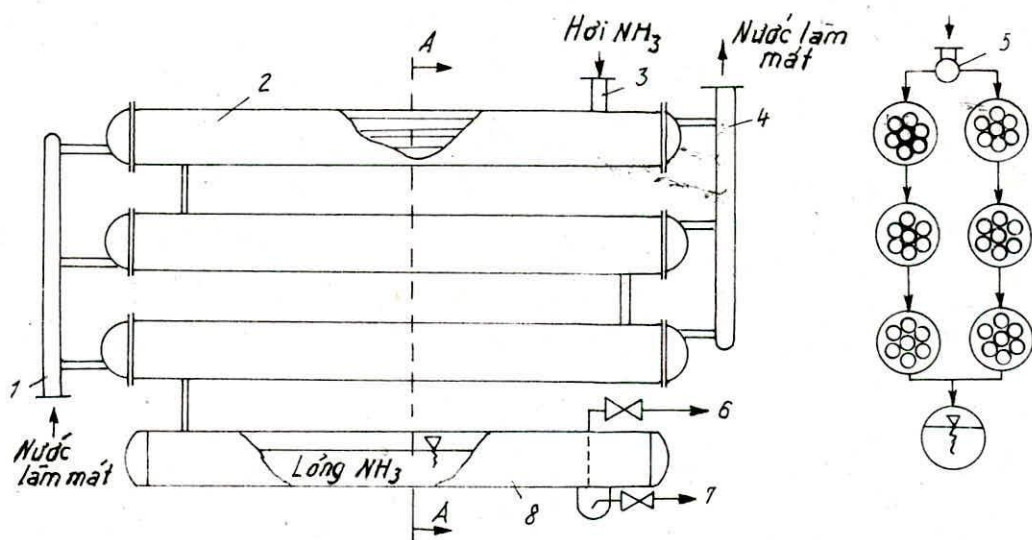
Vì cũng là thiết bị trao đổi nhiệt ống chùm như bình ngưng ống vỏ nằm ngang nên bình ngưng ống vỏ đứng cũng có thể xảy ra các hư hỏng do bị bám cặn phía trong ống hay các ống bị ăn mòn gây thủng ống hoặc cũng có thể xì hở ở mặt sàng hay mối hàn... Tuy nhiên khi bảo dưỡng và sửa chữa sẽ khó khăn hơn bình ngưng ống vỏ ngang. Ngoài ra, chế độ làm việc bình thường cũng có thể bị phá vỡ và gây hư hỏng do thiếu hoặc mất nước làm mát, do có khí không ngưng.

Đặc biệt ở bình ngưng ống vỏ đứng, các rãnh dẫn nước vào các ống rất dễ bị tắc do đóng cặn gây thiếu nước làm mát nên phải thường xuyên định kỳ, kiểm tra và bảo dưỡng nút côn còn có rãnh ở đầu ống và các rãnh xoắn phía trong đầu ống.

6.3.3. Thiết bị ngưng tụ kiểu phần tử và kiểu ống lồng

1. Thiết bị ngưng tụ kiểu phần tử

Hình 6.5 là sơ đồ cấu tạo của thiết bị ngưng tụ kiểu phần tử. Nó gồm những phần tử riêng biệt là các ống trao đổi nhiệt (2) ghép với nhau thành từng cụm. Mỗi phần tử như vậy xem như một bình ngưng ống vỏ nằm ngang loại nhỏ. Các phần tử được lắp nối tiếp với nhau theo đường hơi môi chất (từ ống hơi vào 3 đến ống lỏng ra 6) và ghép song song theo đường nước làm mát (từ ống vào 1 đến ống ra 4). Mỗi cụm này (thí dụ trong hình vẽ gồm 3 phần tử) lại được ghép song song với nhau tạo thành thiết bị ngưng tụ kiểu phần tử (trên hình vẽ gồm 2 cụm với 6 phần tử và một bình chứa ở dưới, có ống xả dầu 7).



Hình 6.5. Thiết bị ngưng tụ kiểu phân tử

- 1 - ống nước vào ; 2 - ống trao đổi nhiệt ; 3 - ống dẫn hơi vào ; 4 - ống nước ra ;
5 - ống góp hơi vào ; 6 - ống dẫn lồng ra ; 7 - ống xả dầu ; 8 - bình chứa lồng.

Đường kính vỏ của các phân tử thường là $255 \times 6,5$ mm hay $232 \times 6,5$ mm. Trong mỗi phân tử có 3 ; 7 ; 14 hay 19 ống truyền nhiệt đường kính $31 \times 3,5$ mm hay $38 \times 3,5$ mm. Trong mỗi phân tử, hơi môi chất được đưa vào không gian giữa các ống và được ngưng thành lỏng do thải nhiệt cho nước làm mát đi trong các ống trao đổi nhiệt. Nước được đưa vào từ ống góp phía dưới và chảy song song qua các phân tử rồi đi ra ở ống góp trên, còn hơi môi chất được đưa vào từ phân tử phía trên cùng. Vì vậy, điều kiện trao đổi nhiệt trong thiết bị loại này gần với thiết bị làm việc theo nguyên lý trao đổi nhiệt ngược chiều.

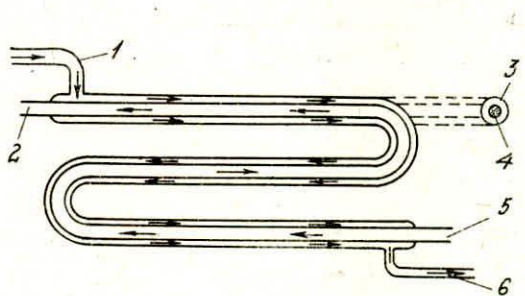
Các thiết bị loại này thường có hệ số truyền nhiệt $k = 930 \div 1000 \text{ W/m}^2\text{K}$, mật độ dòng nhiệt $q = 4700 \div 6000 \text{ W/m}^2$ và độ chênh nhiệt độ trung bình giữa môi chất và nước làm mát $\Delta t_{tb} = 5 \div 6 \text{ K}$. Nó có thể được sử dụng trong các hệ thống lạnh công suất trung bình và lớn và có ưu điểm là chắc chắn, nhẹ nhàng, dễ tháo lắp thêm bớt số phân tử và số cụm để phù hợp với công suất lạnh của hệ thống. Tuy nhiên nó cũng có nhược điểm là khó làm sạch cấu kiện, tỷ số giữa chiều dài l và đường kính D của loại này khá lớn (khoảng 15 đến 20) nên khối lượng tương đối của vỏ và nắp so với khối lượng toàn bộ khá lớn, do đó tiêu hao nhiều kim loại.

Sử dụng thiết bị loại này có thể dễ làm quá lạnh môi chất ở đầu ra nên nó còn hay được dùng làm thiết bị quá lạnh đặt sau thiết bị ngưng tụ để giảm tiêu hao kim loại.

2. Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng

Thiết bị ngưng tụ loại này có cùng nguyên lý làm việc như thiết bị ngưng tụ kiểu phân tử, nhưng chỉ gồm có vỏ (ống ngoài) và một ống trong (hình 6.6.)

Ống ngoài thường có đường kính $57 \times 3,5$ mm và bên trong chỉ có một ống đường kính 38×4 mm. Nước làm mát cũng đi trong ống, còn môi chất được chảy theo chiều ngược lại trong không gian giữa các ống.



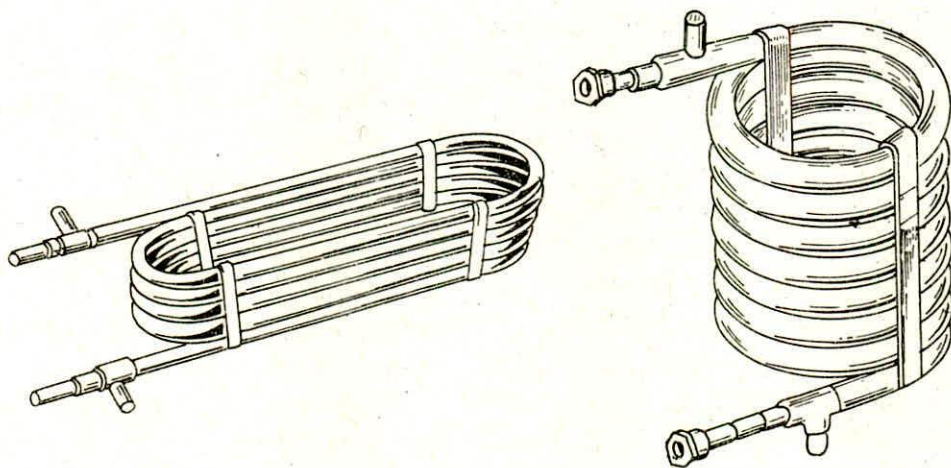
Hình 6.6. Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng

- 1,6 - ống hơi và ống lồng ra ;
- 2,5 - ống nước ra và ống nước vào ;
- 3 - môi chất lạnh ;
- 4 - nước.

Hình 6.7. Là hai kiểu kết cấu của thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng.

Cũng giống như thiết bị ngưng tụ kiểu phân tử, khi sử dụng thiết bị loại này không cần dùng bộ quá lạnh mà cho nước và môi chất lưu động ngược chiều.

Nhược điểm cơ bản của nó cũng là suất tiêu hao kim loại lớn, độ kín khít nhỏ vì có nhiều mối nối. Thiết bị này thường được sử dụng làm thiết bị quá lạnh.



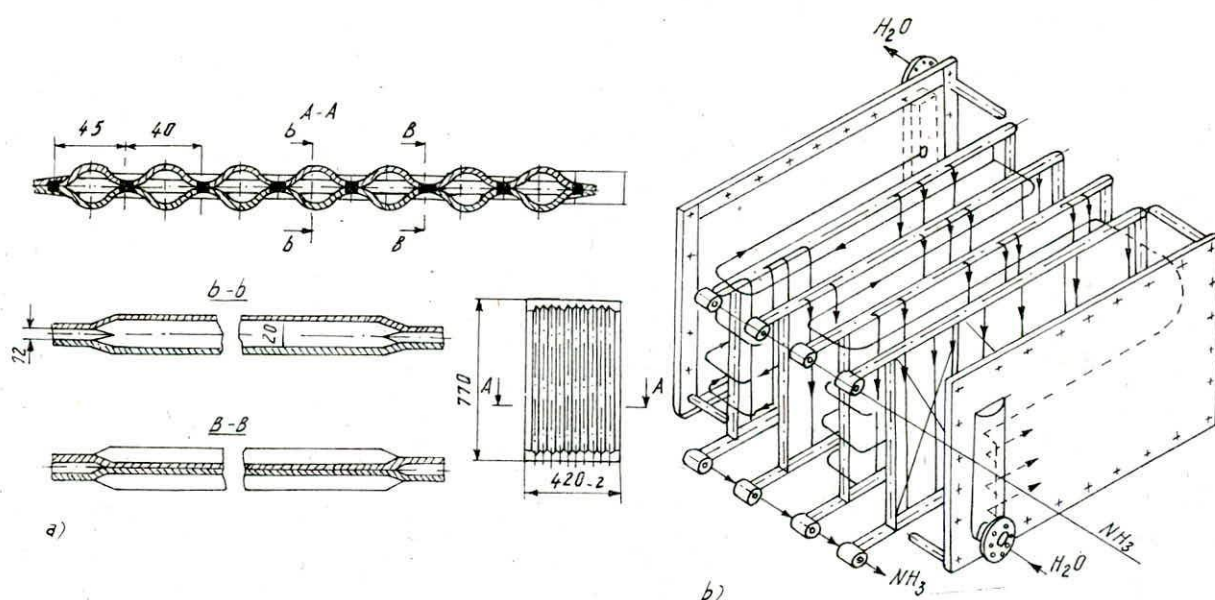
Hình 6.7. Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng dạng ôvan (a) và dạng xoắn lò xo (b).

6.3.4. Thiết bị ngưng tụ kiểu panen

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

Thiết bị này cũng được lắp ghép thành từng cụm tương tự như thiết bị ngưng tụ kiểu phân tử, nhưng ở đây các cụm được mắc song song theo đường môi chất và nối tiếp theo đường nước (hình 6.8).

Mỗi cụm gồm một số panen liên tiếp ép chặt với nhau, giữa có đệm chèn để đảm bảo kín về đường nước (lưu động ngang qua bên ngoài) và được giữ chặt bằng hai tấm nắp. Mỗi panen gồm hai lá thép dập hình lòng máng đặt thẳng đứng và được hàn kín hai bên sườn và trong khoảng giữa các rãnh. Vách chắn giữa tấm còn có tác dụng



Hình 6.8. Thiết bị ngưng tụ kiểu panen
a) phần tử cơ bản (panen) ; b) hình vẽ tháo rời.

như cánh tản nhiệt. Nước làm mát đi trong không gian giữa các cụm (hình 6.8b) cắt vuông góc với chiều chuyển động của môi chất đi trong các rãnh. Như vậy các panen được lắp ráp sao cho nước có thể đi vòng qua các cụm rồi vào ống góp đặt ở thành bên ra ngoài (xem thêm h.6.9).

2. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

Thiết bị có kết cấu chắc chắn, có thể tháo lắp được để quan sát, làm sạch và quét lớp phủ chống ăn mòn khi bảo dưỡng sửa chữa. Cũng có thể thay đổi số panen hay số cụm để thay đổi công suất trao đổi nhiệt khi cần thiết hoặc sửa chữa thay thế. Tương đối dễ làm sạch cặn bẩn theo đường nước.

Nhược điểm chính của loại này là có thể bị rò rỉ do bị ăn mòn hóa học hay điện hóa, bong hờ mối hàn hay không kín khít ở các chèn kín theo đường nước.

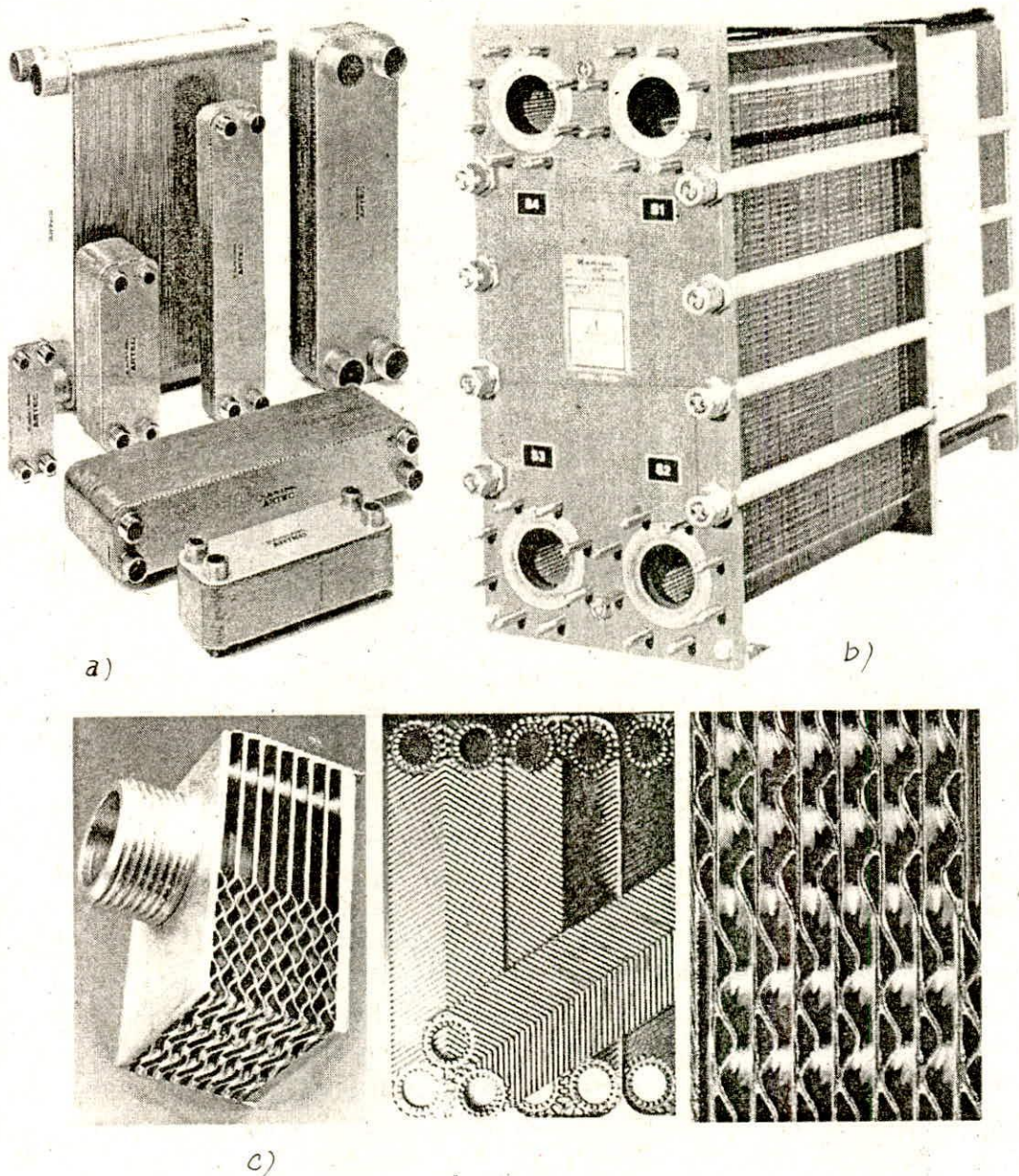
Về mặt công suất và hiệu quả truyền nhiệt, thiết bị loại này cũng có các đặc tính tương tự như bình ngưng ống vỏ amôniac. Mật độ dòng nhiệt và hệ số truyền nhiệt cũng có các giá trị tương tự.

Tuy vậy ở nước ta do thiếu các thiết bị chế tạo sẵn (các panen hay các cụm panen) mà các thiết bị ngưng tụ kiểu panen không được sử dụng phổ biến như bình ngưng ống vỏ ngang với vật liệu chủ yếu ban đầu là các ống chế tạo sẵn và thép tấm.

3. Hư hỏng thường gặp và cách khắc phục

Cũng như các thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước khác, rất hay gặp hiện tượng đóng cặn ở bề mặt ngoài panen làm giảm khả năng truyền nhiệt. Vì vậy phải lưu ý chất lượng nước làm mát, chế độ cung cấp nước và lịch trình bảo dưỡng sửa chữa định kỳ.

Do tính dễ tháo lắp nên công việc sửa chữa thiết bị loại này không quá khó khăn phức tạp.



Hình 6.9. Thiết bị ngưng tụ và bay hơi kiểu tấm (Alfa - Laval)

a) kiểu tấm hàn chảy ; b) kiểu hàn điện tử ngăn ; c) chi tiết và cấu tạo của thiết bị.

Khi phá cặn bằng hóa chất xong phải trung hòa trở lại và tráng rửa sạch để chống ăn mòn điện hóa và hóa học. Khi cọ rửa cặn bằng cơ khí tránh đập, gõ hay làm xước bề mặt gây rạn nứt, hỏng mối hàn.

6.4. THIẾT BỊ NGƯNG TỤ LÀM MÁT BẰNG NƯỚC VÀ KHÔNG KHÍ

Các thiết bị ngưng tụ mà môi chất được làm mát đồng thời bằng nước và không khí tiêu biểu là thiết bị ngưng tụ kiểu tưới nước và kiểu bay hơi (còn gọi là thiết bị ngưng tụ bay hơi).

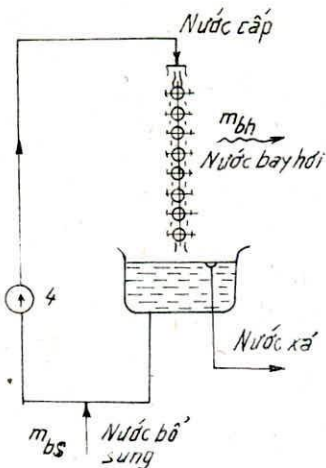
6.4.1. Thiết bị ngưng tụ kiểu tưới

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

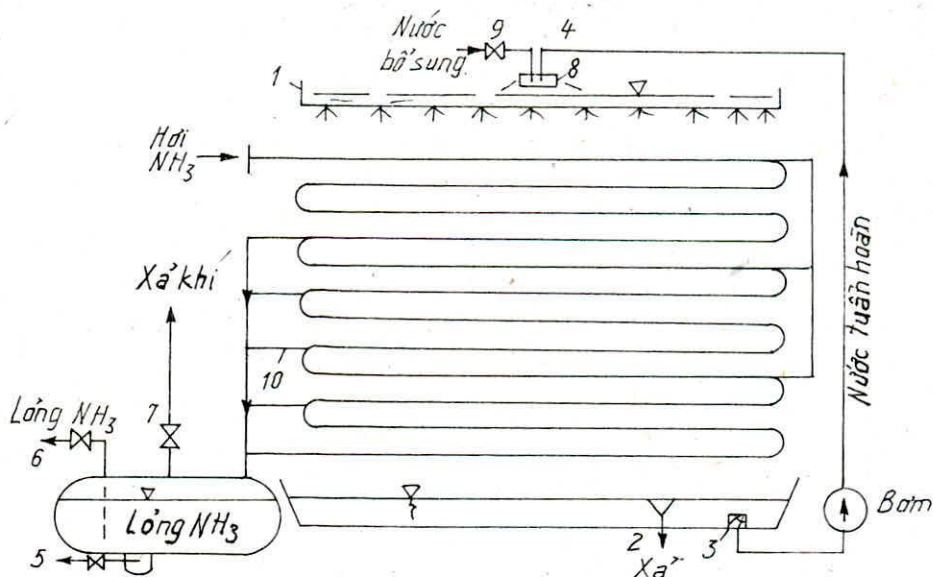
Trong thiết bị loại này, nước làm mát được xối tưới trên bề mặt ngoài các ống dẫn hơi môi chất và chảy thành màng bên ngoài ống để nhận nhiệt truyền từ hơi trong ống, nguyên lý làm việc của nó được trình bày trên sơ đồ hình 6.10.

Nước từ thiết bị cấp nước chảy xuống thành màng bao quanh ống, nhận nhiệt nóng lên và bay hơi một phần vào không khí. Nước nóng rơi xuống máng hứng được tháo bớt ra ngoài để bổ sung nước mới vào, hạ nhiệt độ của nước trước khi được bơm trở lại để thực hiện quá trình tưới xối tiếp tục.

Hình 6.11 là sơ đồ thiết bị ngưng tụ kiểu tưới có trích lỏng trung gian. Nhờ các ống trích lỏng trung gian (10) này mà lỏng ngưng tụ trong các ống được dẫn kịp thời ra ngoài, giải phóng bề mặt truyền nhiệt để tăng cường quá trình ngưng tụ.



Hình 6.10. Sơ đồ nguyên lý thiết bị ngưng tụ kiểu tưới.



Hình 6.11. Thiết bị ngưng tụ kiểu tưới

- 1 - máng cấp nước ; 2 - ống xả tràn ; 3 - đầu lấy nước ; 4 - đường nước tuần hoàn ;
5 - xả dầu ; 6 - đường lỏng ra ; 7 - van xả khí ; 8 - hộp phân phối nước ;
9 - nước mới bổ sung ; 10 - đường trích lỏng trung gian.

Thiết bị ngưng tụ do Liên Xô cũ chế tạo gồm nhiều cụm, các cụm được nối với ống gộp. Ở thiết bị dùng cho amôniac, mỗi cụm gồm 14 ống nhẵn $\Phi 57 \times 3,5\text{mm}$ có diện tích bề mặt trao đổi nhiệt 15m^2 và được bố trí theo chiều đứng. Môi chất lỏng ngưng tụ được đưa ra ống gộp qua 5 ống thoát trung gian. Hơi môi chất được đưa vào từ ống dưới, lỏng ngưng tụ được đưa vào bình chứa. Thiết bị ngưng tụ loại này thường có từ 2 đến 6 cụm, hệ số truyền nhiệt khoảng $700 \div 900\text{W/m}^2\text{K}$.

2. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

Ưu điểm cơ bản của loại thiết bị này là đơn giản, chắc chắn, dễ chế tạo và có khả năng sử dụng cả nước bẩn vì bề mặt ngoài của ống tương đối dễ làm sạch, do vậy nó thích hợp với những nơi có nguồn nước chất lượng kém, điều kiện gia công chế tạo cơ khí hạn chế, ở các hệ thống lạnh công suất nhỏ hay công suất trung bình.

Nước nóng trong khi rơi xuống đã được không khí xung quanh làm mát nên nhiệt độ nước không cao như trong bình ngưng ống vỏ vì vậy lượng nước nóng phải thải đi để thay thế bằng nước mới nhiệt độ thấp hơn không nhiều (lượng nước bổ sung chỉ khoảng 30% lượng nước tuần hoàn).

Thiết bị loại này thường được đặt ngoài trời nên tiết kiệm diện tích nhà xưởng mà nước lại được không khí làm mát tốt hơn, nên nó cũng thích hợp với những nơi mặt bằng hạn chế và thiếu nước làm mát hay giá thành nước cao.

Nhược điểm cơ bản của nó là kống kênh, độ ăn mòn thiết bị tăng trong điều kiện tồn tại không khí và nước chất lượng thấp và chế độ làm việc phụ thuộc vào điều kiện khí tượng (đặc biệt là độ ẩm của không khí) và thời gian trong năm.

Ở nước ta, công ty thiết bị lạnh Long Biên đã chế tạo hàng loạt thiết bị ngưng tụ loại này trong các hệ thống lạnh với máy nén 2AT125 cho các kho lạnh, bể kem, bể đá, bia mini,... đạt hiệu quả kinh tế - kỹ thuật tương đối tốt trong điều kiện thực tế nước ta.

3. Hư hỏng thường gặp và cách khắc phục

Hư hỏng hay xảy ra ở thiết bị này là bề mặt các ống trao đổi nhiệt bị bám cặn bẩn giảm khả năng truyền nhiệt và bị ăn mòn gây rò rỉ. Các bể chứa nước bé và thiếu nước bổ sung cũng là nguyên nhân không thể giảm được nhiệt độ ngưng tụ nên hiệu quả làm việc kém.

Nếu hệ thống phun nước không được trang bị các mũi phun hiệu quả mà chỉ dùng các ống đục lỗ để phun nước thì các lỗ này rất dễ bị bịt kín làm giảm khả năng làm mát, mặc dù các máng cấp nước thường đã được thay bằng ống nước áp lực cao do bơm cung cấp nhưng vẫn không tránh khỏi có các lỗ bị cặn bẩn làm giảm tiết diện.

Cần đảm bảo chế độ bảo dưỡng, lưu lượng và áp lực nước đủ và chất lượng tốt của các béc phun nước.

6.4.2. Tháp ngưng tụ

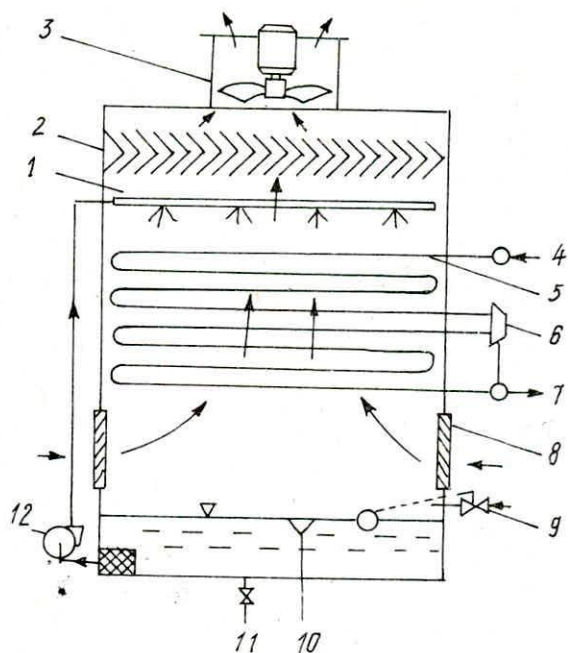
1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

Tháp ngưng tụ (còn gọi thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi) cũng là kiểu thiết bị ngưng tụ dùng nước tưới, nhưng khác với thiết bị ngưng tụ kiểu tưới ở trên, trong thiết bị này không khí chuyển động cưỡng bức nhờ bố trí quạt hút hay quạt đẩy. Toàn bộ nhiệt do môi chất tỏa ra được truyền cho không khí và làm nước bay hơi, vì vậy nhiệt độ nước ở đầu ra và đầu vào thực tế không thay đổi. Cấu tạo của thiết bị ngưng tụ bay hơi được trình bày trên hình 6.12.

Khác với thiết bị ngưng tụ kiểu tưới, ở đây tất cả các thiết bị chính (trừ bơm và đường ống nước) được đặt trong một vỏ kín chỉ để các cửa đưa gió vào (8) và miệng thổi của quạt (3) là thông với môi trường ngoài.

Hơi mỗi chất đi trong ống xoắn trao đổi nhiệt (5) truyền nhiệt cho nước chảy thành màng ngoài ống do thiết bị phân phối nước (1) đặt phía trên phun xuống. Nước nóng lên và bay hơi một phần. Nước này gặp gió hút từ dưới lên qua cửa gió (8) nhờ quạt hút (3) đặt phía trên thiết bị và được gió làm mát rồi rơi xuống đáy và lại được bơm nước (12) bơm lên mũi phun. Nước mới được bổ sung vào qua ống (9) với số lượng bằng lượng nước đã bay hơi và nước bị gió cuốn theo. Nhờ các tấm chắn nước 2 mà lượng nước tổn thất do gió cuốn theo ít hơn.

Với các thiết bị chế tạo trong nước, ống trao đổi nhiệt (5) dùng trong các hệ thống lạnh amoniác là các ống trơn. Các thiết bị của Liên Xô cũ, Pháp, Đan Mạch, Tây Đức, CHDC Đức cũ..., thường lắp các ống trao đổi nhiệt có cánh ngoài. Trong những trường hợp này, mật độ dòng nhiệt có thể tăng đến $2,32\text{kW/m}^2$, lượng nước bổ sung 3kg/h cho 1kW phụ tải nhiệt.



Hình 6.12. Tháp ngưng tụ

- 1 - miệng phun nước ; 2 - tấm chắn nước ;
- 3 - quạt gió ; 4 - ống hơi vào ; 5 - dàn ống ngưng tụ ;
- 6 - ống trích lỏng trung gian ; 7 - ống góp lỏng ;
- 8 - cửa gió vào ; 9 - nước bổ sung ;
- 10 - xả tràn ; 11 - xả đáy ; 12 - bơm.

2. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

Ưu điểm cơ bản của thiết bị loại này là rất tiết kiệm nước bổ sung (chỉ khoảng 3%), thiết bị tương đối đơn giản, dễ chế tạo, lại đạt hiệu quả truyền nhiệt khá cao, chi phí điện năng cho động cơ bơm, quạt khoảng $20 \div 30\text{W}$ cho 1kW lạnh. Mật độ dòng nhiệt vào khoảng 1400 đến 1900 W/m^2 , hệ số truyền nhiệt $k = 450 \div 600\text{W/m}^2\text{K}$, độ chênh nhiệt độ trung bình giữa môi chất và chất làm mát $\Delta t_{tb} = 2 \div 3\text{K}$.

Cũng có thể đặt thiết bị ngưng tụ bay hơi ở ngoài trời để tiết kiệm diện tích mặt bằng gian máy.

Trong điều kiện trong nước hiện nay, cùng với bình ngưng ống vỏ và thiết bị ngưng tụ kiểu tưới, thiết bị ngưng tụ bay hơi là những thiết bị dễ chế tạo, lắp đặt, vận hành và cho hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao, vì vậy nó cũng được chế tạo ngày càng nhiều với chất lượng ngày càng cao hơn.

Tuy vậy, cũng như thiết bị ngưng tụ kiểu tưới, thiết bị ngưng tụ bay hơi có nhược điểm là nhiệt độ ngưng tụ phụ thuộc vào trạng thái khí tượng và thay đổi theo mùa trong năm.

3. Hư hỏng thường gặp và cách khắc phục

Do đặc tính quá trình kỹ thuật gần giống nhau giữa thiết bị ngưng tụ kiểu tưới và thiết bị kiểu bay hơi mà các hư hỏng thường xảy ra ở hai thiết bị này cũng giống nhau. Nhưng với thiết bị ngưng tụ bay hơi người ta thường dùng các mũi phun mạnh và phun đều hơn nên thường ít bị tắc vòi phun hay tắc ống hơn.

Trong loại này, nếu không dùng động cơ bơm và quạt loại đặc biệt chống nước và mưa thì động cơ sẽ nhanh hỏng và gây sự cố.

Cũng phải thường xuyên bảo dưỡng và sửa chữa kịp thời các hư hỏng ở tấm chắn nước để nó làm tốt chức năng tách nước giữ cho quạt làm việc lâu bền hơn. Cũng có thể đặt quạt dấy ở phía cửa gió dưới (5) để dấy gió lên thì có thể tránh cho động cơ và quạt gió bị nước va đập.

6.5. THIẾT BỊ NGUNG TỤ LÀM MÁT BẰNG KHÔNG KHÍ

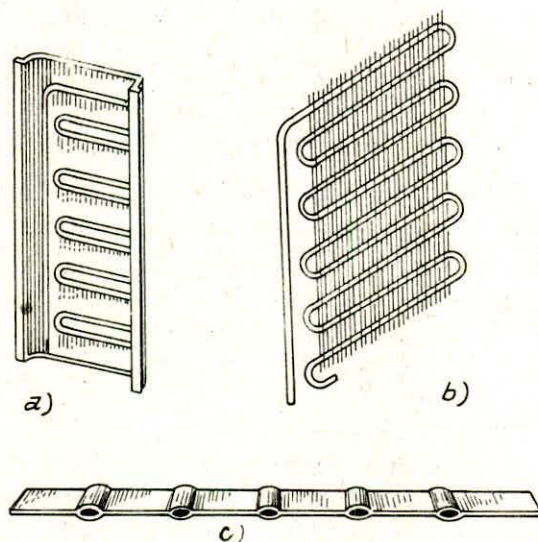
1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

Đây là kiểu dàn ngưng tụ : Hơi môi chất đi trong ống xoắn tỏa nhiệt cho không khí bên ngoài ống để ngưng thành lỏng. Sự chuyển động của không khí có thể nhờ quạt (đối lưu cưỡng bức) hoặc tự do (đối lưu tự nhiên).

Trước đây loại thiết bị này chủ yếu chỉ được dùng trong các máy lạnh gia đình và các hệ thống lạnh thương nghiệp cỡ nhỏ. Các hệ thống lạnh công suất vừa và lớn chủ yếu dùng các thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước. Ngày nay ở các nước công nghiệp phát triển người ta đã chế tạo thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí cho cả hệ thống công suất vừa và lớn, đặc biệt là trong các hệ thống lạnh freôn cho các công trình điều hòa không khí dân dụng và công cộng.

Các thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí trong các máy lạnh gia đình thường được chế tạo theo ba dạng chính như trình bày ở sơ đồ hình 6.13.

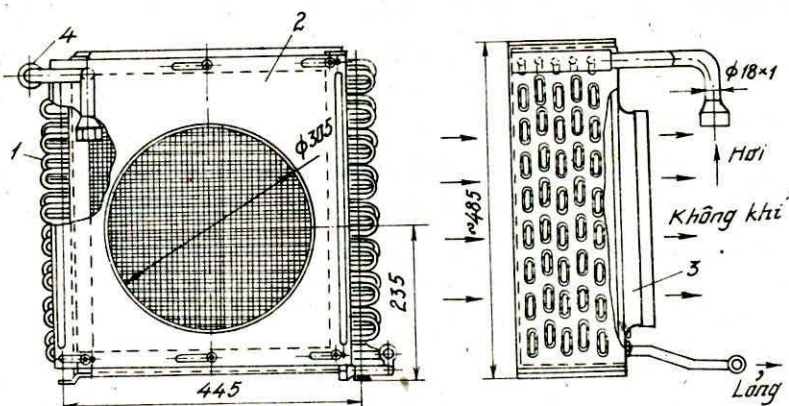
Thiết bị ngưng tụ kiểu tấm - ống (hình 6.13a) là một trong những dạng chính. Nó là một tấm kim loại có hàn dính các ống xoắn bằng đồng có đường kính $5 \times 1\text{mm}$. Hình 6.13b là thiết bị dạng ống xoắn có cánh làm bằng các sợi dây thép. Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí đối lưu tự nhiên còn được chế tạo thành dạng panen như sơ đồ hình 6.13c. Nó được chế tạo từ 2 tấm nhôm dày 1,5mm, sau khi đã tạo thành các rãnh tương ứng có hình dạng đặc biệt để khi ghép lại tạo thành kênh dẫn, người ta đem cán nóng các tấm liên lại với nhau và thổi bằng nước hoặc không khí ở áp suất 40 đến 100bar để có các kênh dẫn môi chất. Hệ số truyền nhiệt của thiết bị ngưng tụ máy lạnh gia đình khoảng $6 \times 7\text{W/m}^2\text{K}$.



Hình 6.13. Dàn ngưng tụ không khí đối lưu tự nhiên

- a) kiểu ống - tấm nhôm ;
- b) kiểu ống có cánh dây thép ;
- c) kiểu panen ống trong tấm.

Dàn ngưng tụ không khí cưỡng bức gồm các ống xoắn có cánh sắp xếp trong nhiều dãy và dùng quạt để tạo chuyển động của không khí như ở hình 6.14. Nó gồm những ống thẳng hoặc ống chữ U nối thông với nhau, mỗi dàn có thể có hai hay nhiều dãy (cụm) nối song song qua ống góp. Vật liệu ống thường là thép hay đồng, còn các cánh

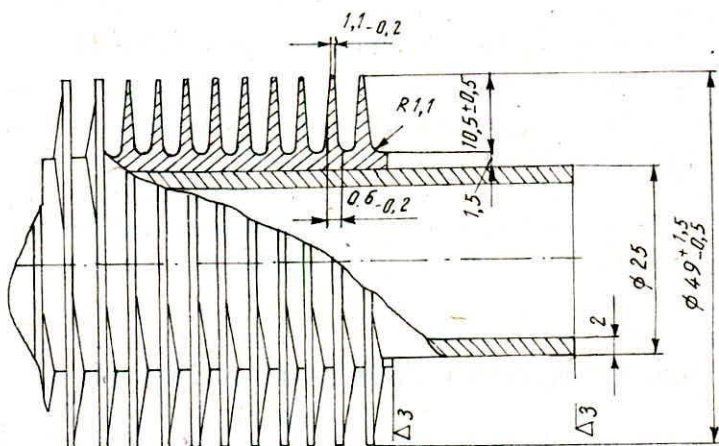


Hình 6.14. Dàn ngưng tụ không khí đối lưu cưỡng bức

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1 - ống xoắn có cánh ; | 4 - ống góp hơi vào ; |
| 2 - vỏ ; | 5 - ống góp lỏng ra. |
| 3 - ống khuếch tán ; | |

bằng thép hoặc bằng nhôm. Các ống có cánh thường có đường kính $12 \times 1\text{mm}$, bước ống 26mm, chiều dày cánh 0,3mm và bước cánh là 3,5mm. Mỗi cụm có 10 đến 12 ống. Phụ tải nhiệt tính trên 1m^2 bề mặt ngoài vào khoảng $180 \div 340\text{W/m}^2$, hệ số truyền nhiệt cỡ $30 \div 35\text{W/m}^2\text{K}$ ở tốc độ không khí khoảng $4 \div 5 \text{ m/s}$. Ở các hệ thống máy nén kín, quạt gió có động cơ riêng (hiệu suất thấp hơn quạt cùng trục động cơ máy nén ở máy nén hở) nên tốc độ tối ưu thường chỉ đạt $2 \div 4 \text{ m/s}$ và hệ số truyền nhiệt chỉ đạt $25 \div 30\text{W/m}^2\text{K}$.

Dàn ngưng không khí trong các hệ thống lạnh amoniác cỡ lớn gồm những ống có cánh làm bằng hai kim loại như ở hình 6.15. Ống trong bằng thép có đường kính $25 \div 2\text{mm}$ được lồng chặt với ống ngoài bằng nhôm có cánh. Mỗi cụm có 4 đến 8 hàng ống. Các ống cũng được núc vào mặt sàng theo đỉnh tam giác đều, cạnh 56mm.



Hình 6.15. Ống dàn ngưng hai kim loại có cánh.

Các nước Liên Xô cũ, Mỹ, Anh, Đức đã chế tạo nhiều thiết bị công suất lớn có các kiểu kết cấu khác nhau. Ba dạng chính được tiêu chuẩn hóa ở Liên Xô cũ là :

- Dạng ống nằm ngang có chiều dài từ 1,5 đến 3m tương ứng có 1 hoặc 2 quạt sai cánh 800mm. Diện tích trao đổi nhiệt của bề mặt ngoài từ 12 đến 630m^2 .
 - Dạng thứ hai tương tự dạng trên nhưng lớn hơn, có ống dài từ 4 đến 8m, diện tích bề mặt ngoài từ 300 đến 3550m^2 .
 - Dạng thứ ba có các ống dài 6m, các cụm được bố trí dích dắc, có 1 quạt chung.
- Ở Pháp được chế tạo thiết bị công suất lớn đến 3700kW.

BẢNG 6.1. Các giá trị k và Q_F kinh nghiệm

Kiểu thiết bị ngưng tụ	k, W/m ² K	q _F , W/m ²	Δt _{tb} , K (thí dụ)
Bình ngưng ống vỏ nằm ngang amoniắc thẳng đứng amoniắc nằm ngang freôn	700 - 1000 800 700	3500 ÷ 2500 4200 3600	5 ÷ 6 5 ÷ 6 5 ÷ 6
Dàn ngưng tước	700 ÷ 930	3500 ÷ 4650	5 ÷ 6
Dàn ngưng bay hơi	500 ÷ 700	1500 ÷ 2400	3
Dàn ngưng không khí	30	240 ÷ 300	8 ÷ 10

$$k = 700 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{10 - 5}{\ln \frac{10}{5}} = \frac{5}{0,6931} = 7,21 \text{ K}$$

Diện tích trao đổi nhiệt cần thiết là :

$$F = \frac{32210}{700 \cdot 7,21} = 6,38 \text{ m}^2$$

Chọn bình ngưng KTF-10 có diện tích trao đổi nhiệt thực tế $9 \text{ m}^2 >$ diện tích tính toán (xem thêm ở [3]).

Thí dụ 6.2 : Hãy tính diện tích trao đổi nhiệt F của dàn ngưng bay hơi cho máy nén 6AW95 của cơ khí Long Biên giả thiết máy làm việc ở điều kiện tiêu chuẩn.

Giải : Theo bài 1.7 (Bài tập kỹ thuật lạnh), máy 6AW95 ở điều kiện làm việc tiêu chuẩn có :

$$Q_o = 86,32 \text{ kW}$$

$$N_e = 23,07 \text{ kW}$$

Vậy : $Q_k = 109,39 \text{ kW} = 109390 \text{ W}$.

Theo bảng 6.1 có :

$$k = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\Delta t_{tb} = 3,0 \text{ K}$$

Vậy : $F = \frac{Q_k}{k \cdot \Delta t_{tb}} = \frac{109390}{500 \cdot 3} = 72,93 \text{ m}^2$

Nếu sử dụng ống Φ38 để chế tạo dàn ngưng bay hơi cần chiều dài tổng thể là :

$$L = \frac{F}{U} = \frac{F}{\pi \cdot 0,038} = 611 \text{ m}$$

BẢNG 6.2. Bình ngưng ống vỏ nằm ngang amoniác

Ký hiệu bình ngưng	Diện tích bề mặt m^2	Kích thước phủ bì, mm				Số ống	Kích thước ống mm			Thể tích giữa các ống m^3	Khối lượng kg
		Đường kính	Dài L	Rộng B	Cao H		Hơi d	Lòng d_1	Nước d_2		
KTT- 10	9	408	1880	535	760	99	50	10	11/4TP	0.16	555
KTT- 20	20	500	2930	810	910	144	50	20	70	0.32	995
KTT- 25	25	500	3430	810	910	144	50	20	70	0.39	1140
KTT- 32	32	500	4430	810	910	144	50	20	70	0.52	1440
KTT- 40	40	600	3520	910	1000	216	70	25	80	0.53	1550
KTT- 50	50	600	4520	910	1000	216	70	25	80	0.7	1980
KTT- 65	65	600	5520	910	1000	216	80	25	100	0.885	2430
KTT- 90	90	800	4640	1110	1230	386	80	32	125	1.26	3300
KTT- 110	110	800	5640	1110	1230	386	80	32	125	1.58	4000
KTT- 140	140	1000	4750	1330	1670	614	100	40	200	2.0	5330
KTT- 180	180	1000	5750	1330	1670	614	100	40	200	2.5	6450
KTT- 250	250	1200	5845	1520	1940	870	125	50	250	3.5	9360
KTT- 300	300	1200	6845	1520	1940	870	125	50	250	4.1	10920

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Hãy nêu vai trò, vị trí của thiết bị trao đổi nhiệt trong hệ thống lạnh.
2. Các thông số kỹ thuật chính của một thiết bị trao đổi nhiệt là gì ?
3. Nhiệm vụ của thiết bị ngưng tụ là gì ?
4. Có thể phân loại thiết bị ngưng tụ theo các đặc điểm chính như thế nào ?
5. Hãy vẽ cấu tạo và trình bày nguyên lý làm việc của bình ngưng ống vỏ nằm ngang.
6. Bình ngưng ống vỏ nằm ngang amoniác và freôn khác nhau như thế nào ?
7. Cấu tạo và nguyên tắc làm việc của bình ngưng ống vỏ thẳng đứng amoniác ?
8. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của bình ngưng ống vỏ thẳng đứng amoniác như thế nào ?
9. Cấu tạo và nguyên tắc làm việc của dàn ngưng tụ bay hơi ?
10. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của dàn ngưng tụ bay hơi như thế nào ?
11. Cấu tạo và nguyên tắc làm việc của dàn ngưng không khí ?
12. Ưu nhược điểm của dàn ngưng không khí so với các loại bình ngưng làm mát bằng nước như thế nào ?
13. Tính diện tích trao đổi nhiệt F cho máy nén lạnh 6AW95 của cơ khí Long Biên cho biết :

$$Q_k = 109390W$$

Bình ngưng ống vỏ nằm ngang

Hiệu nhiệt độ trung bình logarit $\Delta t_{tb} = 5$

Hãy chọn bình ngưng theo bảng 6.2.

14. Tính diện tích trao đổi nhiệt và chiều dài tổng thể đường ống $\phi 57$ của dàn ngưng tụ bay hơi cho máy nén 2AT125, cho biết :

$$Q_k = 32200W$$

15. Hãy tính diện tích trao đổi nhiệt cho dàn ngưng không khí cho biết :

$$Q_k = 20kW$$

$$\Delta t_{tb} = 8K$$

Chương 7

THIẾT BỊ BAY HƠI

7.1. PHÂN LOẠI THIẾT BỊ BAY HƠI

7.1.1. Khái niệm về thiết bị bay hơi

Thiết bị bay hơi là thiết bị trao đổi nhiệt trong đó môi chất lạnh lỏng hấp thụ nhiệt từ môi trường lạnh, sôi và hóa hơi. Do vậy, cùng với thiết bị ngưng tụ, nó là thiết bị trao đổi nhiệt quan trọng nhất và không thể thiếu được trong hệ thống lạnh.

Trong thiết bị bay hơi xảy ra sự chuyển pha từ lỏng sang hơi, đây là quá trình sôi ở áp suất và nhiệt độ không đổi. Nhiệt lấy đi từ môi trường lạnh chính là nhiệt làm hóa hơi môi chất.

Sự truyền nhiệt trong thiết bị bay hơi được thực hiện qua vách ngăn cách. Cường độ trao đổi nhiệt phụ thuộc vào cường độ tỏa nhiệt về phía môi trường lạnh (không khí hoặc chất tải lạnh lỏng như nước muối, nước, glycol, rượu...) và từ phía môi chất sôi, cũng như phụ thuộc vào nhiệt trở của vách thiết bị (vách ống, kênh dẫn,...). Sự tỏa nhiệt từ phía không khí hay chất tải lạnh chủ yếu phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của nó. Tốc độ chuyển động của nước muối trong thiết bị bay hơi khoảng 1 - 2 m/s. Hệ số truyền nhiệt nói chung trong khoảng 600 - 1700 W/m²K, với thiết bị làm lạnh không khí đối lưu tự nhiên là 6 - 12 W/m²K, và 14 - 40 W/m²K với không khí đối lưu cưỡng bức.

Sự tỏa nhiệt về phía môi chất phụ thuộc vào đặc tính hóa hơi và tốc độ chuyển động của nó trong thiết bị.

Trong quá trình làm việc, khả năng truyền nhiệt của thiết bị bay hơi giảm dần do có dầu, bẩn đọng về phía môi chất và ẩm ở dạng nước, tuyết hay băng về phía không khí hoặc cạn bẩn (đặc biệt là của nước muối) khi dùng chất tải lạnh lỏng. Độ chênh nhiệt độ trung bình giữa môi chất và nước muối trong thiết bị amoniác bằng khoảng 4 - 5K và trong thiết bị ống đồng của hệ thống freon là 6 - 8K. Khi làm lạnh không khí, độ chênh nhiệt độ thường trong khoảng 10 - 15K.

7.1.2. Phân loại thiết bị bay hơi

Thiết bị bay hơi có thể được phân loại theo môi trường bị làm lạnh, theo điều kiện để ngập môi chất lạnh hay theo điều kiện tuần hoàn của chất tải lạnh.

Theo môi trường lạnh người ta phân thiết bị bay hơi thành thiết bị làm lạnh chất tải lạnh lỏng và thiết bị làm lạnh không khí. Các chất tải lạnh lỏng thường dùng là nước, nước muối, glycol, rượu hoặc các chất lỏng khác không đông cứng ở nhiệt độ bay hơi. Thiết bị làm lạnh không khí có thể là dàn lạnh đối lưu tự nhiên (hay còn gọi là bộ (bata) lạnh bay hơi trực tiếp) hay thiết bị làm lạnh không khí đối lưu cưỡng bức.

Theo điều kiện để ngưng môi chất lạnh của thiết bị bay hơi, phân thành bình bay hơi kiểu ngập và thiết bị bay hơi kiểu không ngập. Ở bình bay hơi kiểu ngập ống vỏ ngang thì môi chất sôi phía ngoài ống, mức lỏng được duy trì ngập các ống. Thiết bị bay hơi kiểu không ngập có thể là dàn bay hơi ống xoắn cấp lỏng từ trên, bình bay hơi môi chất sôi trong ống và bình bay hơi ống vỏ kiểu tưới.

Theo điều kiện tuần hoàn của chất tải lạnh, người ta phân thành thiết bị bay hơi có chất tải lạnh tuần hoàn kín như ở bình bay hơi ống vỏ hoặc ống vỏ xoắn và thiết bị có chất tải lạnh với vòng tuần hoàn hở như các thiết bị bay hơi kiểu panen hay dàn bay hơi ống đứng làm lạnh bể nước muối.

Trong các hệ hở, chất tải lạnh là nước muối sẽ gây ăn mòn mạnh. Glycol và các chất rượu phải dùng trong hệ thống kín để tránh bay hơi và tăng cường ăn mòn.

Trong các loại thiết bị bay hơi kể trên, thiết bị bay hơi kiểu tưới và kiểu ngập có môi chất lạnh sôi và bay hơi trên bề mặt ngoài ống, còn ở các thiết bị khác thì môi chất sôi trong ống.

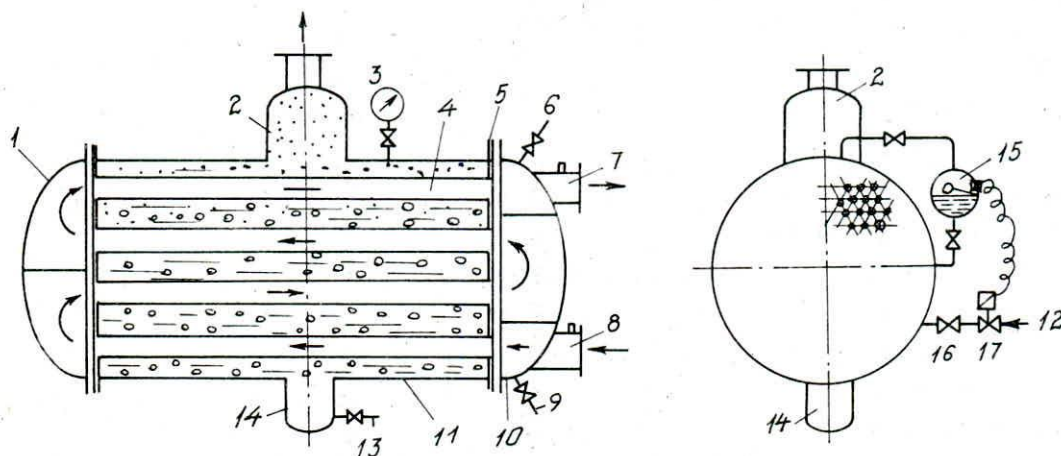
7.2. THIẾT BỊ BAY HƠI LÀM LẠNH CHẤT LỎNG

7.2.1. Thiết bị bay hơi ống vỏ kiểu ngập

Nguyên lý cấu tạo và quá trình truyền nhiệt trong loại thiết bị này khá giống với bình ngưng tụ làm mát bằng nước, nhưng ở đây chất lỏng được làm lạnh chảy trong các ống trao đổi nhiệt còn môi chất sôi ở bề mặt ngoài ống, trong không gian giữa các ống.

Không có sự khác nhau về nguyên lý làm việc giữa bình bay hơi ống vỏ kiểu ngập amoniác và loại dùng cho môi chất freon. Sự khác nhau ở đây chỉ do kết cấu của bề mặt truyền nhiệt, vật liệu sử dụng và kích thước các bộ phận.

Hình 7.1. là sơ đồ cấu tạo bình ngưng bay hơi ống vỏ amoniác kiểu ngập.



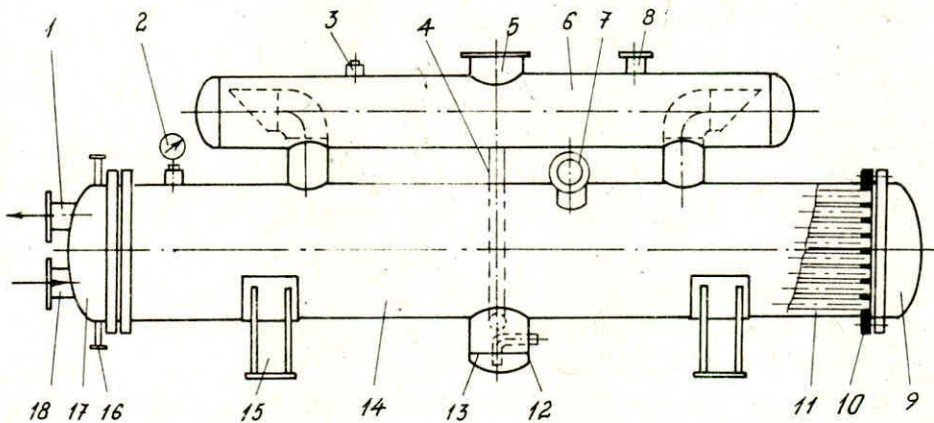
Hình 7.1. Bình bay hơi ống vỏ amoniác kiểu ngập lỏng

- 1, 10 - nắp bình ; 2 - Tách lỏng ; 3 - áp kế ; 4 - Ống trao đổi nhiệt ; 5 - mặt sàng ;
6 - ống xả không khí ; 7, 8 - ống nước (muối) vào và ra ; 9 - xả nước ; 11 - thân ;
12 - ống amoniác lỏng vào ; 13 - Xả dầu ; 14- bầu dầu ; 15- bộ điều chỉnh mức lỏng ;
16 - van tiết lưu ; 17 - van điện từ ;

Trên một nắp lắp ống dẫn nước muối (hay một chất tải lạnh lỏng khác) vào từ phía dưới và ra ở phía trên và các ống xả không khí và nước. Trong các nắp cũng có các tấm chắn để phân dòng chất tải lạnh kéo dài hành trình của nó do đó làm tăng hiệu quả truyền nhiệt. Số hành trình thường từ 4 đến 12.

Trên bình bay hơi amoniác còn có bao hơi có tác dụng tách lỏng và rớt bình (hay bầu lỏng) ở phía dưới để tích dầu xả ra ngoài. Chùm ống truyền nhiệt không lắp kín không gian trong bình mà chứa một khoảng trống phía trên cho khoang hơi. Môi chất lạnh lỏng được đưa vào từ phía dưới, nhận nhiệt của chất tải lạnh trong ống, sôi và sinh hơi. Hơi này được lấy ra qua ống hơi phía trên bao hơi. Ở các bình bay hơi công suất lớn, lỏng được đưa vào ống gộp rồi theo một số ống nhánh dẫn vào bình, phân bố đều theo chiều dài. Hơi cũng được dẫn ra từ nhiều ống để môi chất phân bố đều trong không gian.

Các nước Đức, Đan Mạch và một số nước khác hiện nay thường chế tạo bình bay hơi ống vỏ làm lạnh glycol, cồn... có bao hơi hay bình tách lỏng dạng hình trụ ngang nằm dài phía trên bình như sơ đồ hình 7.2.



Hình 7.2. Bình bay hơi amoniác ống vỏ kiểu ngấp lỏng có bình tách lỏng nằm ngang

- 1,18 - ống chất tải lạnh ra và vào ; 2 - áp kế ; 3 - xả khí không ngưng ; 4 - ống hồi lỏng ;
5 - ống dẫn hơi ra ; 6 - bình tách lỏng ; 7 - ống dẫn lỏng vào ; 8 - ống nối van an toàn ;
9 - nắp sau ; 10 - mặt sàng ; 11 - ống chùm ; 12 - ống xả dầu ; 13 - bầu dầu ; 14 - vỏ bình ;
15 - chân đỡ ; 16 - xả (chất tải lạnh lỏng) ; 17 - nắp trước ;

Các ống trong bình bay hơi amoniác là ống thép nhẵn, còn trong bình bay hơi freôn là các ống đồng có cánh.

Trong các bình bay hơi của hệ thống lạnh có máy nén ly tâm thì bề mặt truyền nhiệt tạo thành từ chùm ống bố trí so le có bước ống nhỏ và chỉ chiếm khoảng một nửa không gian trong bình. Nửa không gian còn lại có vai trò như bao hơi để làm khô và làm quá nhiệt hơi để tránh nguy cơ các cánh của máy nén bị dòng hơi ẩm có các giọt lỏng tấn công. Nhằm đảm bảo độ quá nhiệt của hơi hút, chất tải lạnh được đưa vào qua đường ống phía trên. Các giọt lỏng bay theo hơi được giữ lại nhờ thiết bị phân ly bố trí phía trên chùm ống trao đổi nhiệt.

Cường độ trao đổi nhiệt trong thiết bị phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của chất tải lạnh lỏng và độ chênh nhiệt độ giữa môi chất và chất tải lạnh. Với nước muối, tốc độ chuyển động trong ống khoảng 1 - 1,5 m/s, độ làm lạnh nước muối khoảng 2-3°C, hệ số truyền nhiệt cỡ 400 - 520W/m²K.

Trong các bình bay hơi freôn, ống trao đổi nhiệt có cánh với hệ số cánh khoảng 3,5 ; hệ số truyền nhiệt đối với R12 cỡ 230 - 350 W/m²K, độ chênh nhiệt độ khi thiết kế lấy khoảng 5-8K (lớn hơn bình bay hơi amoniác làm lạnh nước muối) vì giá thành của ống đồng cao hơn. Với môi chất R22, các ống trao đổi nhiệt có thể là ống nhẵn vì hệ số truyền nhiệt của nó cao hơn của R12 từ 20 đến 30%.

Nói chung, đây là kiểu thiết bị bay hơi được dùng phổ biến nhất trong các hệ thống lạnh công nghiệp công suất lớn và trung bình.

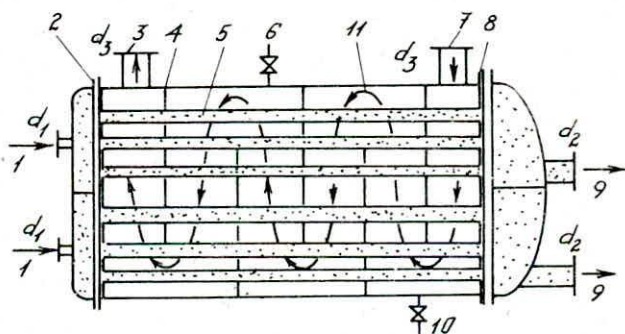
7.2.2. Thiết bị bay hơi ống vỏ, môi chất sôi trong ống và trong kênh

Thiết bị bay hơi loại này có thể là các kiểu bình bay hơi ống vỏ chùm ống thẳng, chùm ống chữ U hoặc thiết bị bay hơi kiểu ống đứng và kiểu panen nhưng môi chất lạnh lưu động, sôi và bay hơi ở phía bên trong.

Hiện nay, thiết bị bay hơi ống vỏ loại này được sử dụng rất rộng rãi trong các hệ thống làm lạnh chất lỏng trong vòng tuần hoàn kín (đặc biệt là khi làm lạnh nước - Water Chiller) vì chất lỏng chuyển động phía ngoài ống nên loại trừ được sự cố đóng băng trong các ống truyền nhiệt gây nổ ống.

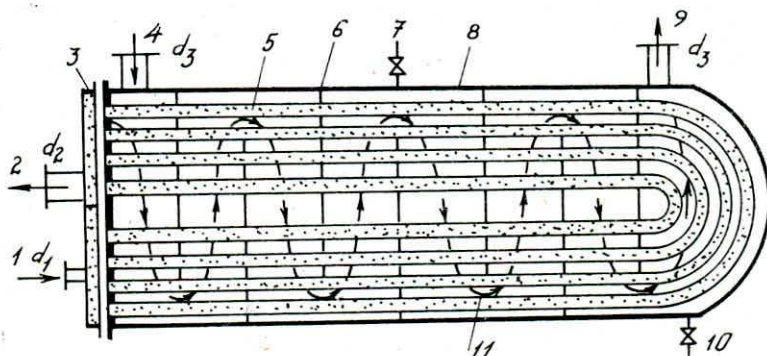
Hình 7.3 là sơ đồ bình bay hơi ống vỏ chùm ống thẳng môi chất sôi trong ống. Các tấm chắn thẳng đứng đặt trong không gian giữa các ống bên trong vỏ để tăng tốc độ chuyển động của chất tải lạnh. Tốc độ chất tải lạnh đi trong bình khoảng 0,3 - 0,8 m/s.

Toàn bộ thân, nắp và đường ống dẫn hơi được cách nhiệt. Trên hình 7.4 là sơ đồ bình bay hơi ống vỏ ống chữ U môi chất sôi trong ống.



Hình 7.3. Bình bay hơi ống vỏ chùm ống thẳng, môi chất sôi trong ống

- 1 - môi chất lạnh vào ra ; 2 - nắp trước ;
- 3, 7 - lối ra, vào của chất tải lạnh ; 4 - tấm chắn ;
- 5 - ống chứa môi chất sôi ; 6 - van xả khí ; 8 - mặt sàng ;
- 10 - xả chất tải lạnh ; 11 - đường chất tải lạnh đi zíc-zắc.



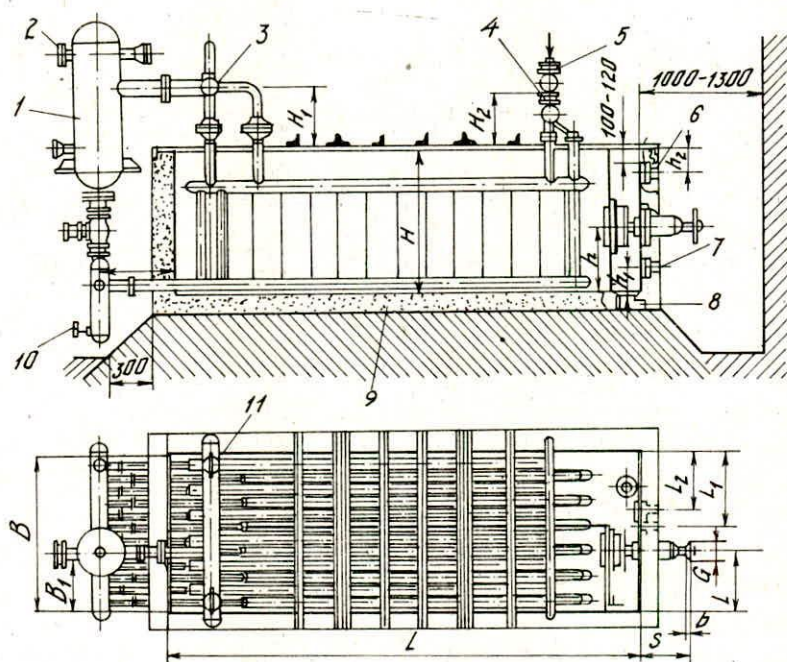
Hình 7.4. Bình bay hơi ống vỏ ống chữ U môi chất sôi trong ống

- 1, 2 - môi chất lạnh vào ra ; 3 - nắp bình ; 4, 9 - ống vào, ra của chất tải lạnh ; 5 - ống sôi ;
- 6 - tấm chắn ; 7 - xả khí ; 8 - thân bình ; 10 - xả chất tải lạnh ; 11 - đường zíc zắc chất tải lạnh.

Thiết bị bay hơi loại này được sử dụng để làm lạnh chất tải lạnh, hạ nhiệt độ của nó đi khoảng 2 - 3 K. Khác với loại chùm ống thẳng, ở đây ống được uốn hình chữ U và như vậy bình ngưng chỉ có một mặt sàng. Để nâng cao cường độ trao đổi nhiệt về phía freôn, các ống trao đổi nhiệt thường là ống có cánh phía trong. Để hạ giá thành do ống bằng đồng rất đắt, người ta đã chế tạo ống 2 kim loại : ống ngoài bằng đồng lồng khít vào ống nhôm bên trong có cánh ở bề mặt trong.

Ưu điểm cơ bản của bình bay hơi ống vỏ ống xoắn chữ U môi chất sôi trong ống là giảm khối lượng môi chất từ 2 đến 3 lần so với bình bay hơi ống vỏ ngập. Điều này đặc biệt có ý nghĩa vì freôn có giá thành cao hơn nhiều amoniác.

Thiết bị bay hơi kiểu panen được trình bày trên sơ đồ hình 7.5.



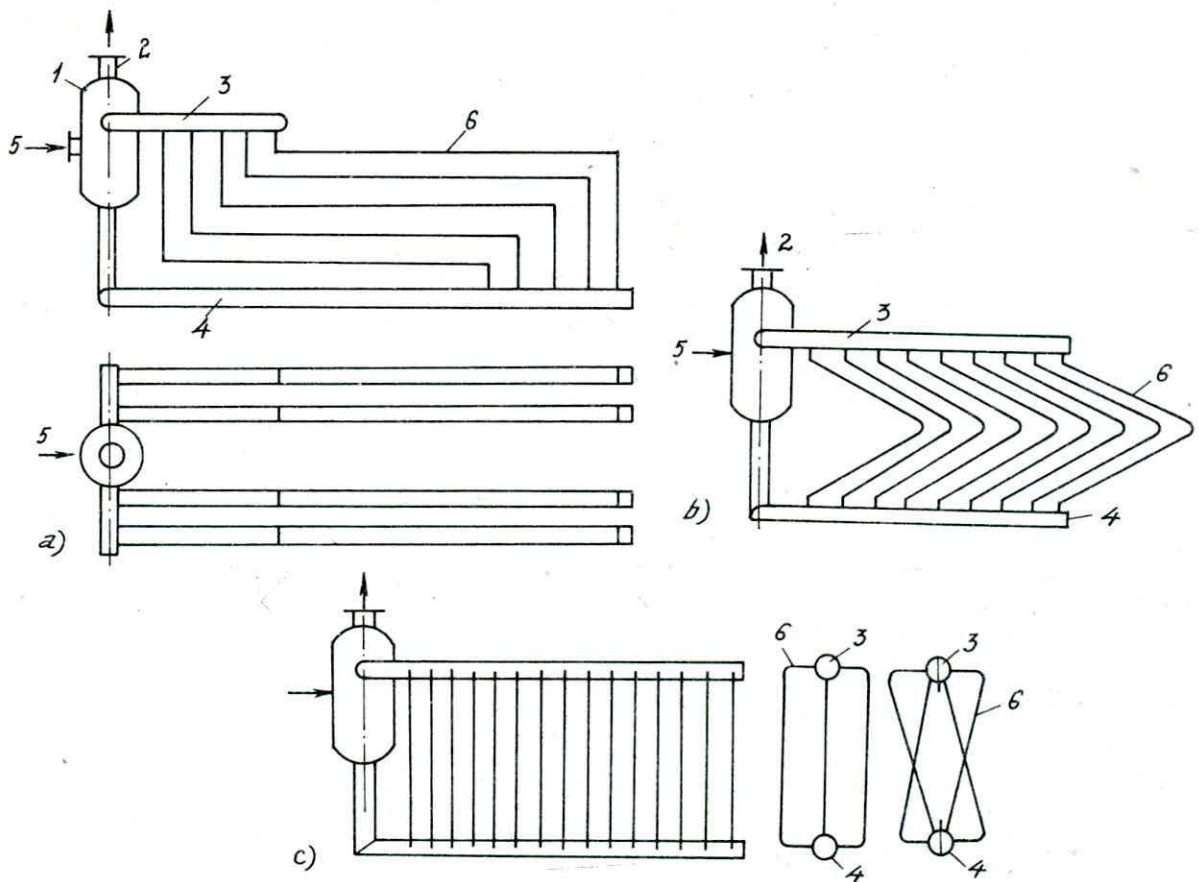
Hình 7.5. Thiết bị bay hơi kiểu panen

- 1 - bình tách lỏng ; 2 - ống hơi về máy nén ; 3 - ống góp hơi ; 4 - ống góp lỏng vào ;
5 - ống lỏng vào ; 6 - ống xả tràn nước muối ; 7 - ống tháo nước muối ; 8 - xả cạn nước muối ;
9 - cách nhiệt ; 10 - xả dầu ; 11 - van an toàn.

Để làm lạnh nước muối trong các chu trình hở người ta có thể sử dụng các dàn bay hơi ống đứng. Nó gồm có ống góp lỏng phía dưới và ống góp hơi phía trên nối với nhau bằng nhiều ống nhỏ để môi chất lưu động bên trong sôi và thu nhiệt. Đó là dàn bay hơi kiểu ống đứng đơn giản hoặc ống xoắn hay ống lượn dạng "xương cá". Nó làm việc khá hiệu quả nhưng dễ bị ăn mòn và rò rỉ. Để khắc phục nhược điểm này người ta chế tạo dàn bay hơi dạng panen, môi chất sôi trong rãnh.

Hình dạng và kết cấu panen tương tự như thiết bị ngưng tụ kiểu panen. Các tổ dàn panen được đặt trong bể nước muối trao đổi nhiệt với nước muối lưu động qua bề mặt ngoài dưới tác dụng của quạt khuấy. Tốc độ lưu động của nước muối trong bể khoảng 0,5 - 0,8 m/s, hệ số truyền nhiệt từ 460 đến 580 W/m²K. Khi hiệu nhiệt độ môi chất - nước muối khoảng 5 - 6 K, mật độ dòng nhiệt của dàn ngưng

kiểu panen đạt được 2900 đến 3500 W/m². Diện tích bề mặt của panen từ 20 đến 320m² (hình 7.6)

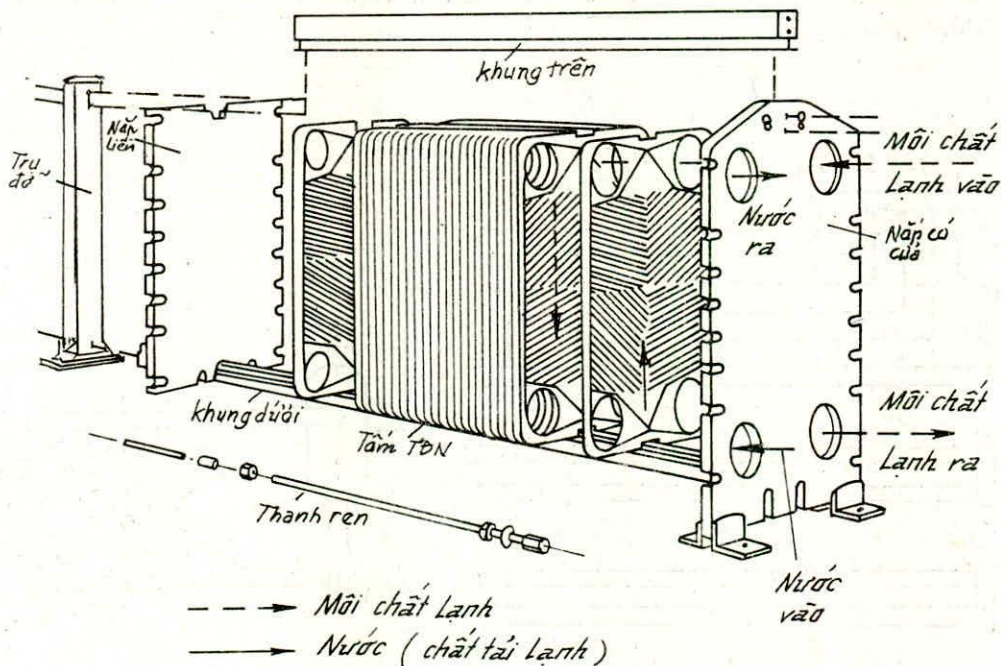


Hình 7.6. Dàn bay hơi kiểu ống đứng

- a) dàn chữ L mặt chiếu đứng và bằng ; b) dàn xương cá ;
c) dàn ống đứng với các cách bố trí ống đứng khác nhau.
1 - bình tách lỏng ; 2 - hơi về máy nén ; 3 - ống góp hơi ;
4 - ống góp lỏng ; 5 - lỏng từ van tiết lưu đến ; 6 - ống bay hơi.

7.2.3. Thiết bị bay hơi kiểu tấm làm lạnh chất lỏng

Dàn bay hơi kiểu tấm đã được giới thiệu ở hình 6.9. Các thiết bị trao đổi nhiệt này có thể sử dụng làm dàn ngưng và dàn bay hơi. Cấu tạo của chúng giống nhau. Phối cảnh của dàn bay hơi kiểu tấm giới thiệu trên hình 7.7. Các tấm được dập hình và được ghép khít lại với nhau bằng đệm kín. Hai tấm khung và thanh giằng được xiết lại bằng bulông đảm bảo độ kín với áp suất làm việc đến 3MPa. Đường chuyển động của môi chất và chất tải lạnh bố trí ngược dòng và xen kẽ giữa các tấm, đảm bảo diện tích trao đổi nhiệt rất lớn. Nhiệt độ nước có thể hạ tới 0,5°C trên nhiệt độ đóng băng của nước. Dàn bay hơi amoniác có thể đạt hệ số truyền nhiệt k tới 2500-4500W/m²K khi làm lạnh nước và đối với cặp nước/R22 có thể đạt 1500-3000W/m²K. Lượng môi chất lạnh nạp cho máy cũng ít hơn kiểu ống vỏ 10%. Dàn bay hơi kiểu tấm đang ngày càng được sử dụng rộng rãi.

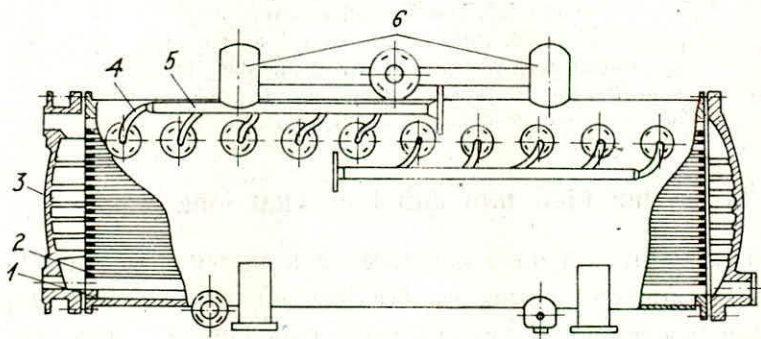


Hình 7.7. Phối cảnh dàn bay hơi kiểu tấm để làm lạnh chất lỏng.

7.2.4. Thiết bị bay hơi ống vỏ kiểu tưới

Đó là bình bay hơi ống vỏ chùm ống thẳng môi chất sôi trong không gian giữa các ống. Cũng giống như ở bình bay hơi ống vỏ kiểu ngập, trong bình bay hơi ống vỏ kiểu tưới, nước muối cũng chảy trong các ống, nhưng môi chất lạnh chảy thành màng và sôi trên bề mặt chùm ống thẳng.

Kết cấu của bình bay hơi ống vỏ kiểu tưới được trình bày trên sơ đồ hình 7.8



Hình 7.8. Bình bay hơi ống vỏ kiểu tưới

1 - thân bình ; 2 - mặt sàng chùm ống ; 3 - nắp có vách phân dòng ;
4 - ống phun nước ; 5 - ống dẫn nước phun ; 6 - bao hơi.

Trong bình bay hơi loại này, lượng lỏng cấp vào là nhỏ nhất nên cột lỏng thủy tĩnh thực tế không ảnh hưởng đến nhiệt độ sôi, đồng thời cường độ truyền nhiệt lớn hơn do hệ số truyền nhiệt khi sôi trong màng chảy lớn hơn. Để đảm bảo hiệu quả hoạt động của thiết bị cần đảm bảo tưới đồng đều môi chất lạnh trên bề mặt các ống và hơi thoát ra đồng đều. Mật độ dòng nhiệt trong thiết bị loại này vào khoảng $2900-3500 \text{ W/m}^2$.

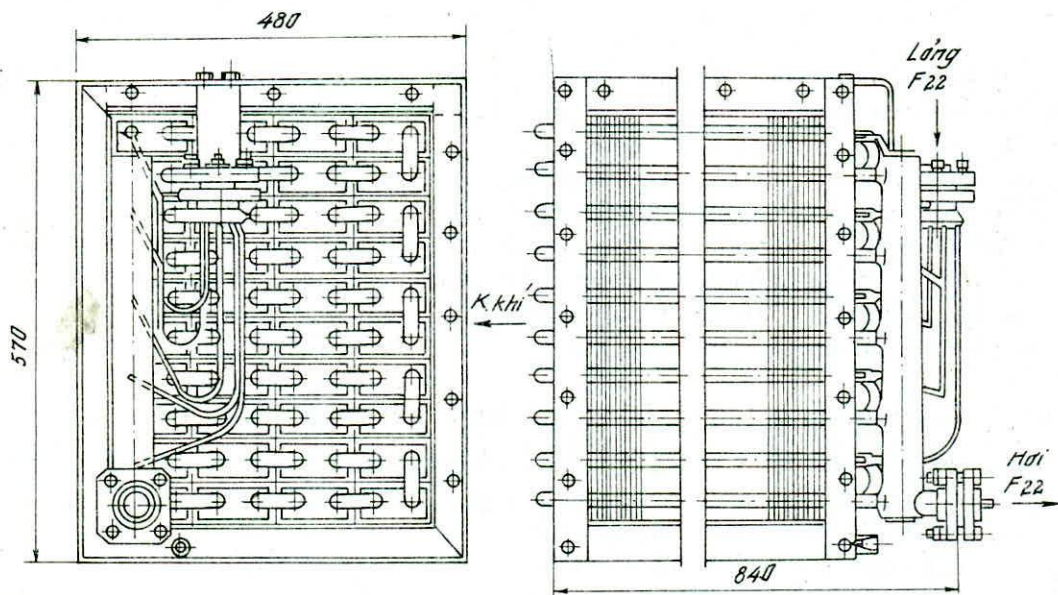
7.3. THIẾT BỊ BAY HƠI LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ

7.3.1. Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí kiểu khô

Thiết bị này thuộc loại thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt. Ở đây không khí lưu động ngoài chùm ống có cánh và truyền nhiệt cho môi chất sôi trong ống. Nó còn có tên gọi là dàn lạnh không khí bay hơi trực tiếp và được sử dụng phổ biến nhất hiện nay. Nếu không khí được làm lạnh do truyền nhiệt cho nước hay chất tải lạnh lỏng đi trong ống thì thiết bị được gọi là dàn làm lạnh không khí gián tiếp. Cả hai loại này thường được chế tạo ở dạng chùm ống thẳng hay ống chùm ống xoắn có cánh đặt trong vỏ. Các ống nhẵn thường chỉ được sử dụng khi làm lạnh kết hợp với làm khô không khí như trường hợp các máy hút ẩm.

Trong các thiết bị loại này, không khí thường có chuyển động cưỡng bức dưới tác dụng của quạt trong thiết bị để hút không khí tuần hoàn cùng không khí bổ sung (nếu có) rồi đẩy qua dàn lạnh. Không khí lạnh có thể là không khí trong các kho lạnh hay trong phòng điều hòa không khí.

Hình 7.9 là cấu tạo của thiết bị làm lạnh không khí kiểu khô bay hơi trực tiếp dùng cho môi chất lạnh R22. Không khí được đưa ngang qua theo hướng vuông góc với chùm ống, còn lỏng R22 đưa qua thiết bị phân phối vào các xéc-xi đặt nằm ngang nối tiếp theo chiều cao của thiết bị. Hơi tạo thành từ dưới lên trong mỗi xéc-xi và vào ống góp hơi đặt thẳng đứng. Kết cấu như vậy của thiết bị đảm bảo hồi dầu về máy nén.



Hình 7.9. Thiết bị làm lạnh không khí kiểu khô bay hơi trực tiếp, bằng nước lạnh hoặc chất tải lạnh.

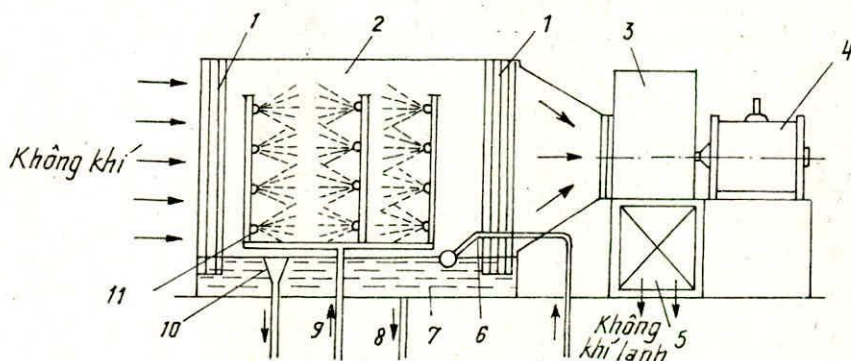
Mỗi ống xoắn có chiều dài (từ ống góp lỏng đến ống góp hơi) vào khoảng 5 - 15m, ở các thiết bị lớn có thể đến 20 - 25m.

Thiết bị làm lạnh không khí kiểu khô bay hơi trực tiếp được dùng rất rộng rãi trong các kho lạnh, các hệ thống điều hòa không khí cục bộ với các thiết bị xử lý không khí tại chỗ công suất nhỏ. Đó chính là dàn bay hơi của máy điều hòa "một cục"

hay tổ hợp dàn lạnh - quạt (Indoor Unit) của máy điều hòa "hai cục" hay của hệ thống "một mẹ nhiều con" (Variable Refrigerant Volume-VRV).

7.3.2. Thiết bị làm lạnh không khí kiểu ướt

Trong các thiết bị bay hơi làm lạnh không khí kiểu ướt thì không khí được làm lạnh nhờ tiếp xúc trực tiếp với nước hoặc nước muối lạnh phun ra từ các vòi phun hoặc các lỗ "tưới nước". Hình 7.10 là sơ đồ nguyên lý của thiết bị làm lạnh không khí tiếp xúc có vòi phun.



Hình 7.10. Thiết bị làm lạnh không khí kiểu ướt

1 - máng chắn nước ; 2 - Buồng phun ; 3 - quạt gió ; 4 - động cơ ; 5 - cửa gió lạnh ;
6 - van phao đường nước bổ sung ; 7 - đáy nước ; 8 - ống xả đáy ; 9 - ống dẫn nước lạnh ;
10 - ống xả tràn ; 11 - vòi phun nước.

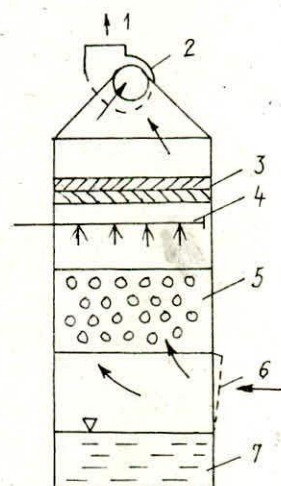
Thiết bị loại này được sử dụng rộng rãi trong điều hòa không khí khi yêu cầu cả làm lạnh và điều chỉnh nhiệt độ không khí, nhưng nó thường được dùng như là thiết bị điều chỉnh độ ẩm bên cạnh thiết bị kiểu khô hoạt động thường xuyên. Ưu điểm cơ bản của nó là có thể thực hiện quá trình trao đổi nhiệt ở độ chênh nhiệt độ nhỏ giữa không khí và chất tải lạnh do đó có khả năng tăng hiệu quả làm lạnh cũng như hạ nhiệt độ không khí xuống thấp hơn và thay đổi được độ ẩm của không khí theo yêu cầu.

7.3.3. Thiết bị làm lạnh không khí kiểu hỗn hợp

Trong thiết bị làm lạnh không khí kiểu hỗn hợp, không khí được làm lạnh nhờ có chất tải lạnh lỏng phun trực tiếp vào luồng không khí, đồng thời nhờ cả sự trao đổi nhiệt với chất tải lạnh lỏng đi trong ống của bộ trao đổi nhiệt bề mặt. Ở đây có cả bộ phận phun nước (hay nước muối) và dàn làm lạnh - nó được xem là tổ hợp của loại khô và loại ướt.

Sơ đồ nguyên lý của thiết bị làm lạnh không khí kiểu hỗn hợp được trình bày trên hình 7.11.

Không khí trong phòng vào thiết bị qua cửa gió 6 tiếp xúc với dàn làm lạnh khô 5 truyền nhiệt cho môi chất sôi trong ống hay cho nước lạnh hoặc nước muối đi trong ống hạ nhiệt độ rồi lại được làm lạnh tiếp nhờ tiếp xúc trực tiếp



Hình 7.11. Thiết bị kiểu hỗn hợp

1 - không khí lạnh ;
2 - quạt gió ; 3 - chắn nước ;
4 - dàn phun nước ;
5 - dàn bay hơi ;
6 - không khí tuần hoàn ;
7 - bể chứa nước.

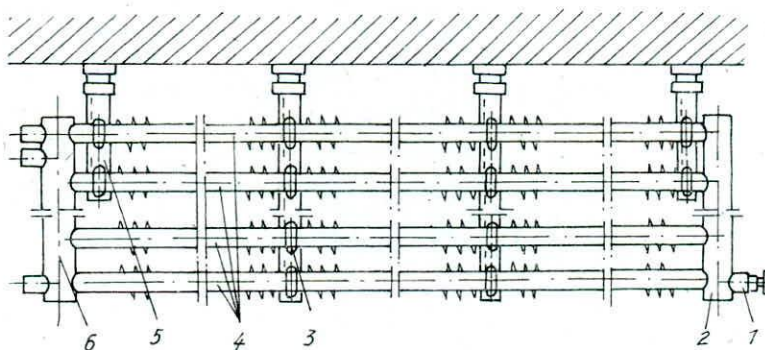
với nước lạnh phun từ ống 4. Nước bay theo bị các tấm chắn nước 3 giữ lại, còn không khí lạnh được thổi vào phòng.

Nguyên lý làm việc của thiết bị này rất giống thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi, nhưng ở đây không khí được làm lạnh còn môi chất bay hơi trong ống.

Thiết bị loại này cũng hay được dùng trong điều hòa không khí khi yêu cầu điều chỉnh cả nhiệt độ và độ ẩm không khí và thường được bố trí nằm ngang, cũng thường bố trí cùng với dàn gia nhiệt bằng nước nóng hay điện trở (dàn nhiệt) để điều chỉnh nhiệt độ, độ ẩm.

7.4. DÀN LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ BẰNG NƯỚC VÀ NƯỚC MUỐI

Để làm lạnh không khí người ta còn dùng các chất tải lạnh như nước hay nước muối. Các chất tải lạnh này lưu động trong các ống trao đổi nhiệt dạng ống xoắn hay ống thẳng có ống góp ở hai đầu. Khi dùng các ống thẳng với ống góp thì hơi tạo thành được dẫn ra nhanh khỏi ống trao đổi nhiệt nên có khả năng tăng được công suất và hiệu quả truyền nhiệt. Để tăng cường truyền nhiệt thì các ống cũng thường là ống có cánh ngoài.

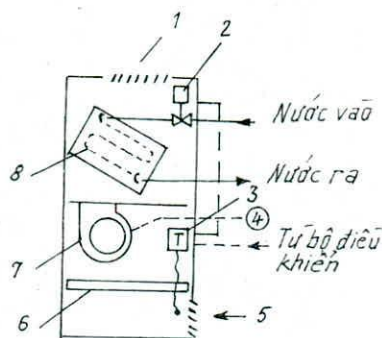


Hình 7.12. Bộ lạnh amoniác một hàng ống có cánh treo tường
1 - ống nối ; 3, 5 - giá treo ; 2, 6 - ống góp ; 4 - ống có cánh.

Vì nước muối gây ăn mòn, dễ bám bẩn nhưng lại có thể truyền nhiệt ở nhiệt độ thấp hơn nên nó được dùng trong các phòng lạnh nhiệt độ thấp. Chất tải lạnh là nước thường được dùng trong các hệ thống điều hòa nhiệt độ để làm lạnh và làm khô không khí. Do vậy, các dàn lạnh nước muối thường có cánh thưa để giảm tuyết bám trên bề mặt ống mà lớp tuyết dày sẽ làm giảm khả năng truyền nhiệt (hình 7.12).

Bộ lạnh có cánh còn có tác dụng giảm tiêu hao kim loại do giảm số lượng ống, đồng thời cũng làm cho thiết bị nhỏ gọn hơn. Các bộ lạnh không khí có thể là loại treo tường hoặc treo trần có một hoặc hai dàn ống có các ống góp hai đầu hay loại ống xoắn liên tục.

Dàn lạnh không khí dùng nước lạnh thường được dùng trong các hệ thống điều hòa không khí có máy lạnh làm lạnh nước (Water chiller) được dùng khá phổ

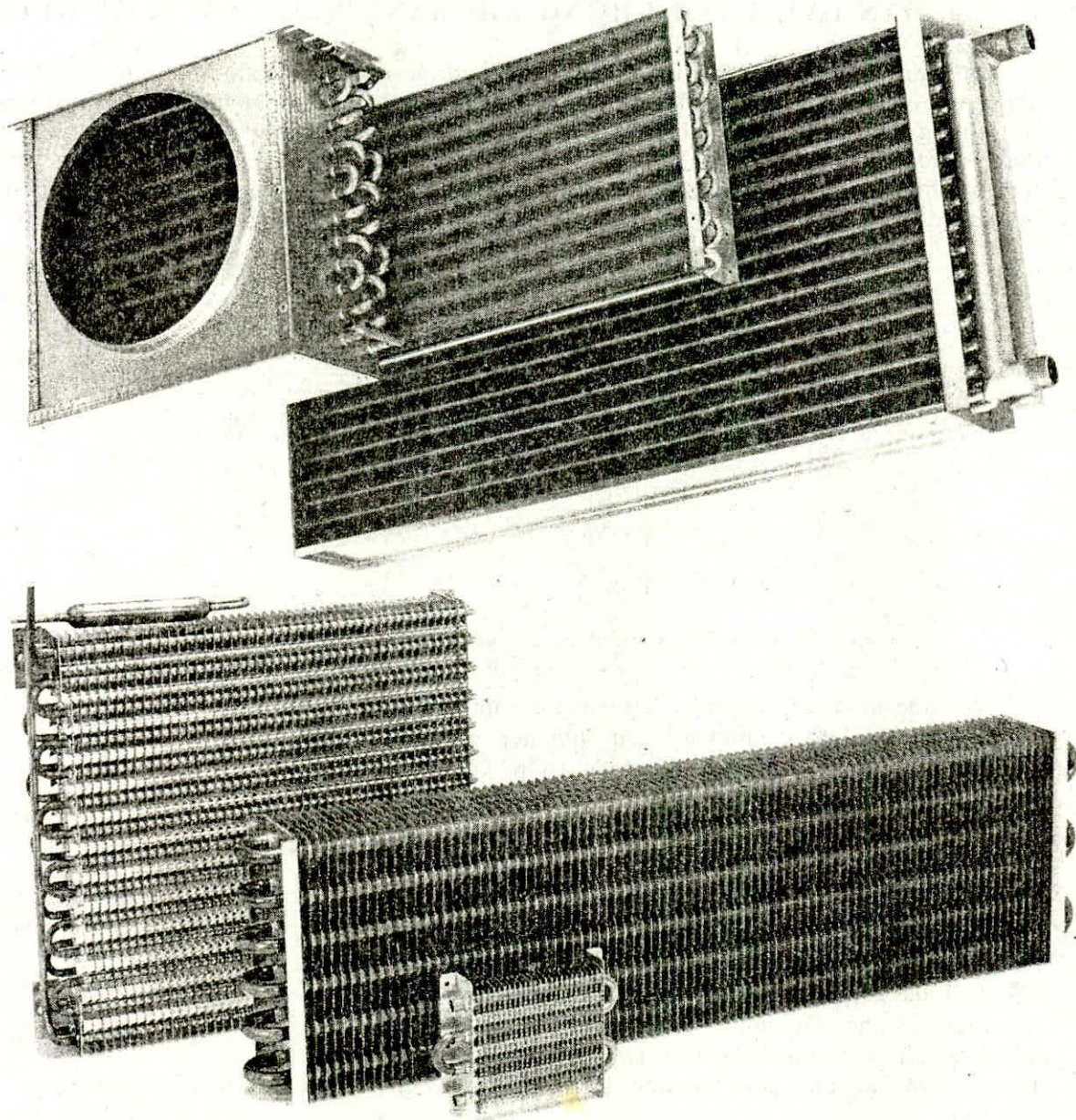


Hình 7.13. Dàn lạnh không khí dùng nước lạnh

- 1 - không khí lạnh ;
- 2 - van điện từ ; 3 - rô le nhiệt độ ;
- 4 - hộp số quạt ; 5 - không khí hồi ; 6 - fin lọc ;
- 7 - quạt gió ; 8 - dàn ống xoắn có cánh làm lạnh không khí.

biến và có nhiều ưu điểm trong thời gian gần đây. Đó là các dàn lạnh (Fan Coil Unit) của các hệ thống điều hòa không khí kiểu cục bộ hay các thiết bị xử lý không khí (Air Handling Unit AHU) trong các hệ thống điều hòa trung tâm. Đây cũng là các dàn lạnh ống xoắn có cánh bình thường đặt đồng bộ với quạt gió lạnh. Nhưng ở đây các cánh tản nhiệt có bước cánh nhỏ hơn nhiều so với dàn lạnh nước muối do ở đây không khí có nhiệt độ cao hơn, không có nguy cơ bám tuyết.

Hình 7.13 là sơ đồ dàn làm lạnh không khí bằng nước lạnh (Fan Coil Unit) kiểu để trên sàn trong gian điều hòa không khí, tương tự như dàn lạnh bay hơi trực tiếp trong hệ thống VRV. Hình 7.14. giới thiệu một số dàn làm lạnh không khí khác nhau.



Hình 7.14. Một số dàn lạnh không khí

- a) nước lạnh, không khí, nước muối/không khí hoặc môi chất lạnh sôi trực tiếp ;
- b) dàn lạnh cấp lỏng từ trên (dàn lạnh trọng trường) dùng cho buồng lạnh hoặc tủ lạnh thương nghiệp.

7.5. TÍNH TOÁN THIẾT BỊ BAY HƠI:

Cũng giống như thiết bị ngưng tụ, tính toán thiết bị bay hơi chủ yếu để thiết kế và kiểm tra diện tích trao đổi nhiệt cần thiết theo các thông số cho trước như tải lạnh Q_o , nhiệt độ và lưu lượng chất tải lạnh vào và ra, nhiệt độ bay hơi...

Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt được xác định theo biểu thức :

$$F = \frac{Q_o}{k\Delta t}$$

Q_o - tải lạnh của thiết bị bay hơi, W ;

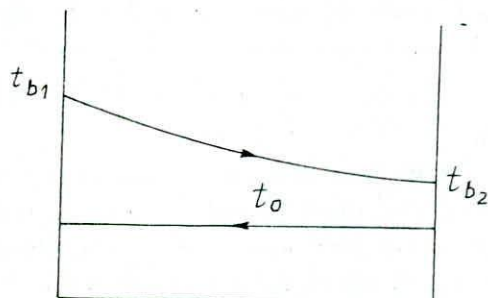
k - hệ số truyền nhiệt, W/m^2K ;

Δt - hiệu nhiệt độ trung bình logarit giữa môi chất lạnh và chất tải lạnh (hình 7.15)

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}$$

$$\Delta t = \frac{(t_{b1} - t_o) - (t_{b2} - t_o)}{\ln \frac{t_{b1} - t_o}{t_{b2} - t_o}}$$

t_{b1} , t_{b2} - nhiệt độ chất tải lạnh vào, ra



Hình 7.15. Biến thiên nhiệt độ trong thiết bị bay hơi .

BẢNG 7.1. Hệ số truyền nhiệt kinh nghiệm k , W/m^2K

Kiểu thiết bị bay hơi	Môi chất lạnh /chất tải lạnh	k W/m^2K	Ghi chú
Bình bay hơi ống vỏ	NH_3 / nước muối	460 ÷ 580	với $\Delta t = 5K$
Bình bay hơi ống vỏ	R12/ nước muối	230 ÷ 350	k tính theo bề mặt có cánh
Bình bay hơi ống vỏ	R22/ nước muối	350 ÷ 400	k tính theo bề mặt có cánh
Bình bay hơi ống xoắn	NH_3 + freôn / nước muối	290 ÷ 1000	k tính theo bề mặt nhẵn phía trong ống
Dàn bay hơi panen	NH_3 + freôn / nước muối	460 ÷ 580	với $\Delta t = 5K$
Dàn ống trơn treo trần	NH_3 /không khí	9,8	ở $0^\circ C$ nhiệt độ buống lạnh
	(nước muối / không khí)	7	ở $-20^\circ C$ nhiệt độ buống lạnh
Dàn ống trơn áp tường	"	9,8 ÷ 14	ở $0^\circ C$ nhiệt độ buống lạnh
	"	7 ÷ 9,9	ở $-20^\circ C$ nhiệt độ buống lạnh
Dàn ống có cánh treo trần 1 hàng	"	5,1 ÷ 5,9	ở $0^\circ C$ "
Dàn ống có cánh treo trần 2 hàng	"	4,2 ÷ 4,7	ở $-20^\circ C$ "
	"	4,8 ÷ 5,6	ở $0^\circ C$ "
	"	4,0 ÷ 4,4	ở $-20^\circ C$ "
Dàn lạnh quạt	R22/không khí	11,6	ở $-40^\circ C$ "
		12,8	ở $-20^\circ C$ "
		14,0	ở $-15^\circ C$ "
		17,5	> $0^\circ C$ "

Hệ số truyền nhiệt k phụ thuộc vào kiểu loại thiết bị bay hơi, môi chất lạnh, chất tải lạnh (nước, nước muối, glycol, cồn, rượu, bia, nước ngọt, sữa, không khí...) tính

chất vật lý và nhiệt động của chất tải lạnh... Việc tính hệ số truyền nhiệt k là rất phức tạp. Sau đây là một số giá trị kinh nghiệm, tuy không chính xác nhưng có thể giúp chúng ta ước lượng sơ bộ diện tích trao đổi nhiệt cần thiết của thiết bị bay hơi.

Thí dụ 7.1. Thiết lập chế độ làm việc, chọn hàm lượng nước muối và chọn thiết bị bay hơi ống vỏ NH_3 để làm lạnh buồng kho lạnh bảo quản hoa quả. Nhiệt độ buồng $-0,5^\circ\text{C}$. Tải lạnh $Q_0 = 250 \text{ kW}$.

Giải : Đối với buồng lạnh bảo quản hoa quả nên chọn nhiệt độ nước muối thấp hơn nhiệt độ buồng lạnh $5-6 \text{ K}$. Chọn nhiệt độ nước muối vào dàn -7°C và ra khỏi dàn -5°C vậy nhiệt độ nước muối vào bình bay hơi là -5°C và ra là -7°C .

Nhiệt độ amoniác sôi chọn thấp hơn nhiệt độ nước muối 5K . Vậy nhiệt độ sôi $t_0 = -12^\circ\text{C}$.

Để đảm bảo nước muối không bị đóng băng, chọn nhiệt độ đóng băng nước muối thấp hơn nhiệt độ sôi ít nhất 5K ở đây chọn 9K , như vậy $t_0 = -21^\circ\text{C}$. Theo các bảng [1] chọn nước muối CaCl_2 nồng độ $21,9\%$ khối lượng, $\rho = 1,2\text{kg/l}$, nhiệt độ đóng băng $-21,2^\circ\text{C}$, nhiệt dung riêng ở -6°C là $2,99 \text{ kJ/kgK}$. Hiệu nhiệt độ trung bình (tính gần đúng theo kiểu số học) :

$$\Delta t = \frac{-7 - 5}{2} = \frac{-12}{2} = 6\text{K}$$

Theo bảng 7.1 chọn $k = 520 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$q_F = 520.6 = 3120 \text{ W/m}^2$$

Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của bình bay hơi ống vỏ NH_3 là :

$$F = \frac{250000}{3120} = 80,1\text{m}^2$$

Chọn bình ИКТ90 theo bảng 7.2 với $F = 96,8\text{m}^2 > 80,1\text{m}^2$

(Xem thêm tài liệu [3] : hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh mục 8.2)

BẢNG 7.2. Bình bay hơi ống vỏ nằm ngang amoniác và freôn

Thiết bị bay hơi	Diện tích bề mặt, m^2	Đường kính, mm	Kích thước phù bì, mm			Số lượng ống	Thể tích không gian giữa các ống m^3
			dài	rộng	cao		
ИКТ-40	40,7	600×8	3580	1075	1590	216	0,52
ИКТ-50	54	600×8	4580	1075	1590	216	0,7
ИКТ-65	67,8	600×8	5580	1075	1590	216	0,885
ИКТ-90	96,8	800×8	4670	1310	1950	386	1,14
ИКТ-110	121	800×8	5670	1310	1950	386	1,58
ИКТ-140	154	1000×10	4800	1493	2670	616	2,1
ИКТ-180	193	1000×10	5800	1493	2670	616	2,64
ИКТ-250	273	1200×12	5920	1788	2670	870	3,8
ИКТ-300	327	1200×12	6920	1788	2670	870	4,5

Ghi chú : Số lối của ИКТ-250 và ИКТ-300 là 4 ; còn lại số lối là 8.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Phân loại thiết bị bay hơi theo các đặc điểm nào ?
2. Nhiệm vụ của thiết bị bay hơi là gì ?
3. Hãy vẽ và phát biểu nguyên tắc làm việc của thiết bị bay hơi kiểu ống vỏ có đôm hơi (bao hơi).
4. Hãy vẽ và phát biểu nguyên tắc làm việc của bình bay hơi ống vỏ có bình tách lỏng nằm ngang.
5. Hãy vẽ và phát biểu nguyên tắc làm việc của bình bay hơi (làm lạnh chất lỏng) môi chất sôi trong ống.
6. Hãy so sánh ưu nhược điểm của 2 loại bình bay hơi ống vỏ môi chất sôi ngoài ống và sôi trong ống.
7. Hãy vẽ và mô tả nguyên tắc làm việc của thiết bị bay hơi kiểu panen.
8. Hãy vẽ và mô tả nguyên tắc làm việc của các dàn bay hơi ống đứng.
9. Hãy vẽ và mô tả nguyên tắc làm việc của dàn bay hơi kiểu tấm.
10. So sánh ưu nhược điểm cũng như phạm vi ứng dụng của dàn bay hơi kiểu tấm với bình bay hơi ống vỏ.
11. Thế nào là dàn bay hơi làm lạnh không khí kiểu khô ?
12. Thế nào là dàn bay hơi làm lạnh không khí kiểu ướt.
13. Hãy so sánh ưu nhược điểm của dàn làm lạnh không khí kiểu khô và kiểu ướt.
14. Dàn lạnh không khí dùng cho điều hòa không khí khác dàn lạnh của buồng lạnh nhiệt độ ẩm như thế nào ? Giải thích vì sao ?
15. Khi nào người ta dùng dàn lạnh nước lạnh hoặc nước muối.
16. Nêu phương pháp tính nhanh diện tích trao đổi nhiệt của thiết bị bay hơi.

Ở điều kiện Việt Nam, nóng và ẩm (độ ẩm cao) không thuận lợi cho sự làm việc của tháp giải nhiệt do đó hiệu quả làm việc của tháp giải nhiệt kém. Thường ở Hà Nội phải chọn tháp giải nhiệt lớn gấp rưỡi các tháp đã cho sẵn trong catalog, hay năng suất cho trong catalog chỉ đạt được 2/3 giá trị đã cho khi làm việc tại Hà Nội.

8.2. CÁC CHI TIẾT THÁP GIẢI NHIỆT

a) Khối đệm

Quá trình bay hơi nước cơ bản được thực hiện trong khối đệm. Nước chảy theo các bề mặt khối đệm (với nhiều đường zíc zắc khác nhau) từ trên xuống còn không khí đi ngược dòng từ dưới lên. Để đạt được sự phân phối nước và không khí đồng đều ở mọi vị trí trong khối đệm, người ta đã đưa ra rất nhiều dạng khối đệm với các vật liệu khác nhau :

- Các ghi ô vuông bằng gang.
- Các tấm nhựa định hình kiểu tổ ong (khoảng 18000 lỗ trong $1m^3$)
- Các loại tấm lưới đan chéo với bề mặt rất lớn...
- Ở các tháp giải nhiệt đơn giản khối đệm đôi khi chỉ là các thanh gỗ như giá giường xếp lên nhiều tầng để tăng diện tích bề mặt tiếp xúc giữa nước và không khí và tăng thời gian nước lưu lại trước khi rơi xuống bồn chứa nước.

Nói chung, khối đệm có nhiệm vụ sau :

- Tạo được bề mặt dính ướt lớn, tiếp xúc được với không khí chuyển động ngược chiều, nghĩa là phải có bề mặt trao đổi nhiệt và trao đổi chất hiệu quả lớn. Các bề mặt vì lý do gì đó bị bọc kín là các bề mặt chết không có tác dụng.

- Có kiểu băng cuộn với cấu trúc đồng nhất (hình sóng, dạng tổ ong) thuận tiện cho việc chế tạo hàng loạt.

- Cần có khả năng giữ nước lưu lại lâu trong khối đệm như vậy có khả năng giảm chiều cao cần thiết của tháp.

- Diện tích tiếp xúc với không khí lớn nhưng tổn thất áp suất không khí đi qua khối đệm phải nhỏ. Các dầm đỡ càng ít và càng nhỏ, càng thuận lợi cho quá trình làm việc của tháp.

- Dòng khí đi lên cần phải là dòng chảy rối để tăng khả năng trao đổi chất và trao đổi nhiệt.

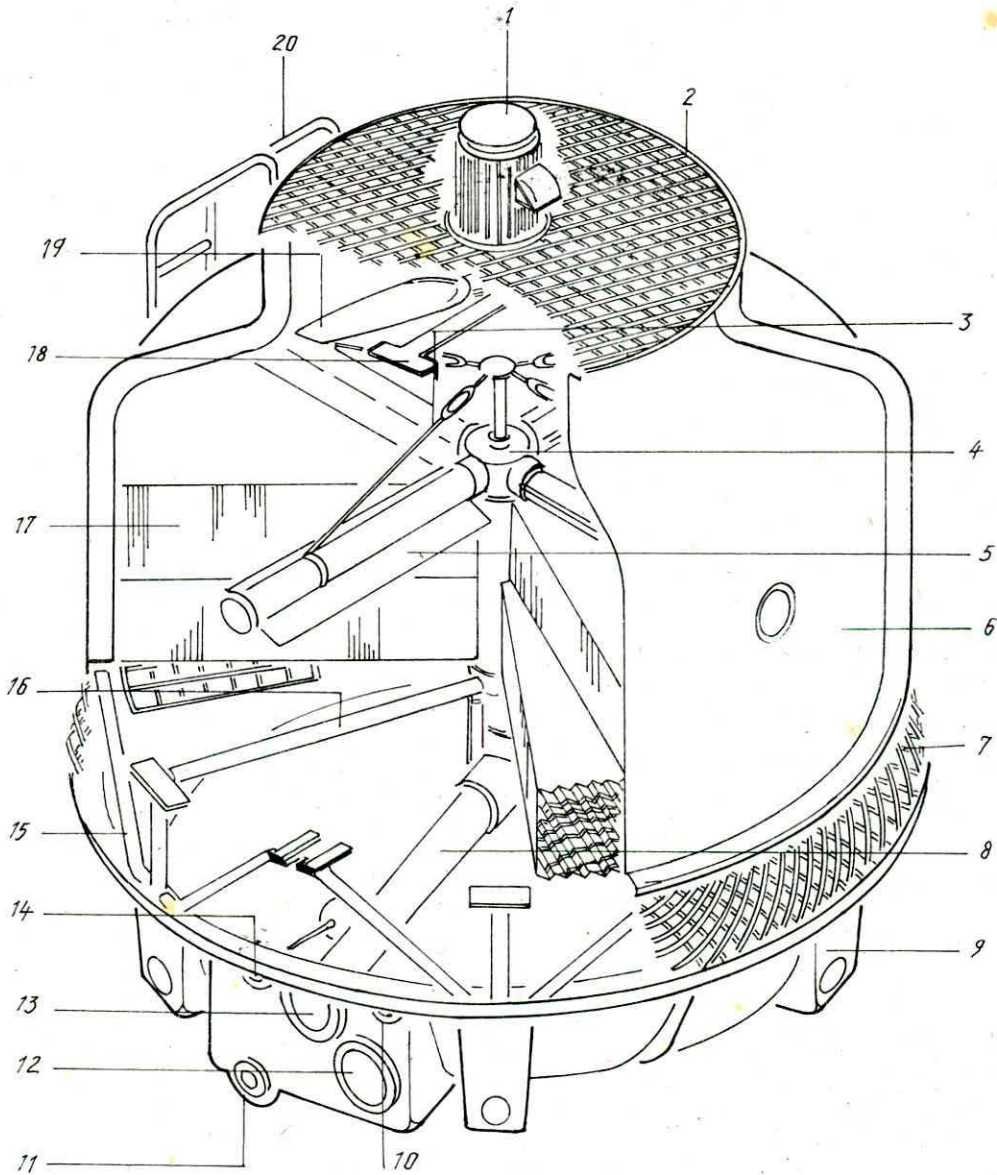
- Chiều dày của màng nước chảy trên bề mặt phải mỏng để đỡ chặn lối lên của khí.

- Cần phải phân phối đều nước tưới trong khối đệm trên toàn tiết diện ngang của tháp. Nếu nước chỗ tưới dày, chỗ tưới mỏng hiệu quả sẽ bị giảm.

- Cần phải tránh được hiện tượng nước bị cuốn theo không khí tổn thất ra bên ngoài.

- Cần khó bị nhiễm bẩn như bụi, cát, côn trùng, rác rưởi, lá cây...

Hình 8.2 giới thiệu phối cảnh tháp giải nhiệt của RINKI (Cooling Tower Institute). Các khối đệm ở đây là các tấm nhựa cán định hình cuộn lại nên rất nhẹ và có bề mặt trao đổi nhiệt lớn.



Hình 8.2. Phối cảnh tháp giải nhiệt CTI (Cooling Tower Institute)

- 1 - động cơ ; 2 - lưới bảo vệ quạt gió ; 3 - dây néo ; 4 - đầu góp dẫn phun ; 5 - cánh chắn ;
 6 - vỏ tháp ; 7 - lưới bảo vệ đường gió vào ; 8 - ống dẫn nước vào ; 9 - bồn nước ;
 10 - cửa chảy tràn ; 11 - cửa xả đáy ; 12 - cửa nước ra (về bơm) ;
 13 - cửa nước vào (hước nóng từ bình ngưng vào) ; 14 - van phao lấy nước bổ sung từ mạng ;
 15 - các thanh đỡ trên cửa lấy gió ; 16 - các thanh đỡ khối đệm ; 17 - khối đệm ;
 18 - các thanh đỡ cơ động ; 19 - cánh quạt ; 20 - thang.

b) Quạt gió

Trong tháp giải nhiệt sử dụng cho hệ thống lạnh, người ta dùng cả quạt hướng trục lẫn quạt ly tâm. Hình 8.3 giới thiệu các cánh bố trí quạt ly tâm và hướng trục khác nhau ngoài kiểu quạt hướng trục đặt trên đỉnh tháp như hình 8.1 và 8.2.

Quạt đặt ở dưới tuy khống kênh và chiếm chỗ nhưng thuận tiện cho việc kiểm tra bảo dưỡng quạt. Khi đặt quạt phía dưới cần có bộ phân phối gió 4.

Vật liệu tiêu chuẩn để chế tạo các bộ phận của tháp giải nhiệt được giới thiệu trên bảng 8.2.

BẢNG 8.2. Vật liệu tiêu chuẩn chế tạo tháp giải nhiệt FRK

Kiểu FRK	8 ÷ 25	30 ÷ 50	60 ÷ 90	100÷ 150	175÷ 225	250 ÷ 300	350 ÷ 500	600 ÷ 1000
Kiểu truyền động	trực tiếp					đai thang		hộp số
Cánh quạt	nhựa polycarbonat		FPR hợp kim nhôm					
Mô tơ	TEFC 380V/3ph/50Hz							
Giá đỡ mô tơ	thép mạ kẽm							
Bảo vệ mô tơ			thép mạ kẽm					
Vỏ tháp	polyester gia cường bằng sợi thủy tinh							
Bồn nước	polyester gia cường bằng sợi thủy tinh							
Tăng hút							FRP	
Dàn phun	polycarbonat/PVC			hợp kim nhôm và PVC				
Cánh chặn		FRP (polyester gia cường bằng sợi thủy tinh)						
Lưới gió	FRP và PVC		FRP và PVC					
Chân đỡ tháp	FRP						thép mạ kẽm	
Thang			thép mạ kẽm					
Lỗ nối ống	ống PVC							
Giá đỡ khối đệm	PC	PC và GI		thép mạ kẽm				
Khối đệm	màng PVC cứng, dập định hình, hiệu suất cao.							
FRP : Polyester gia cường bằng sợi thủy tinh ; PC : Polycarbonat								

Các con số đi kèm ký hiệu FRK của tháp chỉ năng suất lạnh (tấn lạnh TR) tối đa của hệ thống lạnh lắp kèm với tháp. Thí dụ tháp giải nhiệt có ký hiệu FRK60 thì hệ thống lạnh lắp kèm tháp chỉ có thể có năng suất lạnh tối đa đến 60 tấn lạnh.

Tháp giải nhiệt với năng suất giải nhiệt đã cho được tính toán theo điều kiện nước ngoài nên có sai lệch so với điều kiện khí hậu từng vùng của Việt Nam, do đó phải tiến hành tính toán kiểm tra lại. Ở đây chúng tôi giới thiệu một cách tính kiểm tra trực tiếp theo thí dụ 8.1.

Thí dụ 8.1 : hãy tính chọn tháp giải nhiệt theo CTI cho biết :

- Năng suất lạnh của máy lạnh : $Q_0 = 60$ tấn lạnh (Mỹ)
- Địa phương lắp đặt máy lạnh : Hà Nội.

Nếu chỉ căn cứ vào năng suất lạnh là 60 tấn, có thể chọn ngay tháp giải nhiệt theo catalog :

- Theo catalog RINKI chọn FRK60 với các kích thước cơ bản và vật liệu tiêu chuẩn cho trong bảng 8.1 và 8.2

- Theo catalog của Công ty TNHH Tân Phát chọn LBC-60 (xem trang 158 cuốn Bài tập kỹ thuật lạnh).

- Nếu tiến hành tính kiểm tra, ta có thể hiểu rõ ràng về chế độ vận hành của tháp và hệ thống lạnh, qua đó có thể loại trừ được các chế độ làm việc quá khắc nghiệt cho máy lạnh.

Bài giải :

Các thông số thời tiết Hà Nội, như sau :

- Nhiệt độ tối cao trung bình tháng nóng nhất $t_{\max}^{tb} = 32,8^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt độ tối cao tuyệt đối trong vòng 100 năm $t_{\max} = 42,8^{\circ}\text{C}$.
- Độ ẩm trung bình lúc 13h tháng nóng nhất $\varphi_{13h} = 66\%$.

Các giá trị không khí dùng để tính toán :

- Nhiệt độ nhiệt kế khô :

$$t_{kk} = t_{tt} = \frac{t_{\max}^{tb} + t_{\max}}{2} = 37,8^{\circ}\text{C}$$

- Độ ẩm $\varphi = 66\%$
- Tra đồ thị h-x của không khí ẩm được (h.1.2 tài liệu [4])

$$t_u = 31,5^{\circ}\text{C}.$$

- Nhiệt độ nước vào bình ngưng tụ (ra khỏi tháp) :

$$\text{PA1 (Phương án 1) : } t_{w1} = t_u + 3\text{K} = 35^{\circ}\text{C}$$

$$\text{PA2 (Phương án 2) : } t_{w1} = t_u + 4\text{K} = 36^{\circ}\text{C}$$

$$\text{PA3 (Phương án 3) : } t_{w1} = t_u + 5\text{K} = 37^{\circ}\text{C}$$

- Nhiệt độ nước ra khỏi bình ngưng tụ (vào tháp) :

$$t_{w2} = t_{w1} + 5\text{K} \quad (z = t_{w2} - t_{w1} = 5\text{K})$$

$$\text{PA1 : } t_{w2} = 35 + 5 = 40^{\circ}\text{C}$$

$$\text{PA2 : } t_{w2} = 36 + 5 = 41^{\circ}\text{C}$$

$$\text{PA3 : } t_{w2} = 37 + 5 = 42^{\circ}\text{C}$$

- Nhiệt độ ngưng tụ của môi chất lạnh :

$$t_k = t_{w2} + t_{\min} = t_{w2} + 5\text{K}$$

$$\text{PA1 : } t_k = 45^{\circ}\text{C}$$

$$\text{PA2 : } t_k = 46^{\circ}\text{C}$$

$$\text{PA3 : } t_k = 47^{\circ}\text{C}$$

- Lưu lượng thể tích nước làm mát : Q_k - Nhiệt thải ra ở bình ngưng ;

$$W_w = \frac{Q_k}{\rho \cdot c \cdot \Delta t}, \text{ m}^3/\text{s}$$

Đầu bài đã cho $Q_o = 60$ tấn

ρ - Mật độ của nước = 1000 kg/m^3 ;

C - Nhiệt dung riêng của nước : $4,18 \text{ kJ/kgK}$

Δt - Hiệu nhiệt độ nước, 5K .

Công suất làm mát cần thiết

$$Q = \frac{Q_o}{k_1}$$

trong đó k_1 là hệ số hiệu chỉnh đọc trên đồ thị hình 8.6.

$$\text{PA1 : } k_1 = 0,75 \quad (t_u = 32 ; z = 40 - 35)$$

$$\text{PA2 : } k_1 = 0,92 \quad (t_u = 32 ; z = 41 - 36)$$

$$\text{PA3 : } k_1 = 1,10 \quad (t_u = 32 ; z = 42 - 37)$$

Công suất làm mát cần thiết :

$$PA1 : Q = \frac{60}{0,75} = 80 \text{ tấn}$$

$$PA2 : Q = \frac{60}{0,92} = 65,3 \text{ tấn}$$

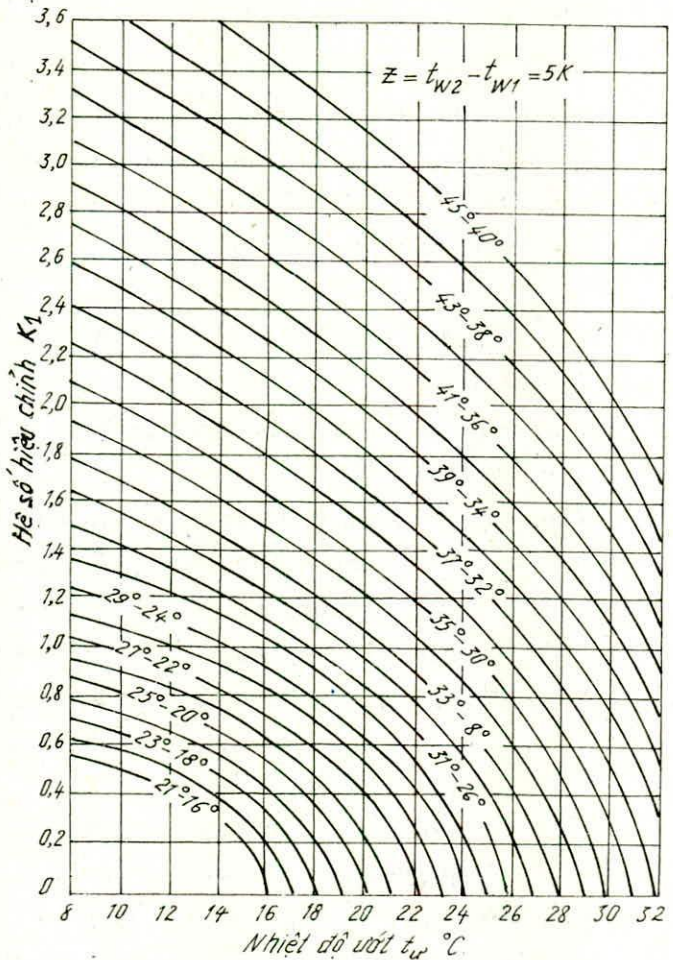
$$PA3 : Q = \frac{60}{1,1} = 54,5 \text{ tấn}$$

Theo bảng 8.1 ta có thể chọn được 2 phương án :

a) FA1 : chọn tháp FRK80, nhiệt độ ngưng tụ là thấp nhất $t_k = 45^\circ\text{C}$, máy làm việc an toàn nhất.

b) FA2 : chọn tháp FRK60, nhiệt độ ngưng tụ sẽ ở trong khoảng $46 \div 47^\circ\text{C}$. Do nhiệt độ ngưng tụ cao hơn nên chế độ làm việc của máy lạnh khắc nghiệt hơn.

Để giảm nhiệt độ ngưng tụ xuống thêm 1°C nữa thí dụ từ 45 xuống 44°C ta có thể tìm k_1 ($t_u = 32^\circ\text{C}$, $z = 39 \div 34$) = 0,55, $Q_o = 109$ tấn, chọn FRK125. Ta thấy rõ ràng, để giảm thêm 1°C ở đây cần phải tăng tháp giải nhiệt lên gấp đôi. Điều này không kinh tế, do đó chỉ nên chọn nhiệt độ nước ra khỏi tháp lớn hơn nhiệt độ ướt từ $3 \div 5$ độ là hợp lý nhất.



Hình 8.6. Đồ thị xác định hệ số hiệu chỉnh k_1 theo $z = t_{w2} - t_{w1} = 5K$ và nhiệt độ ướt.

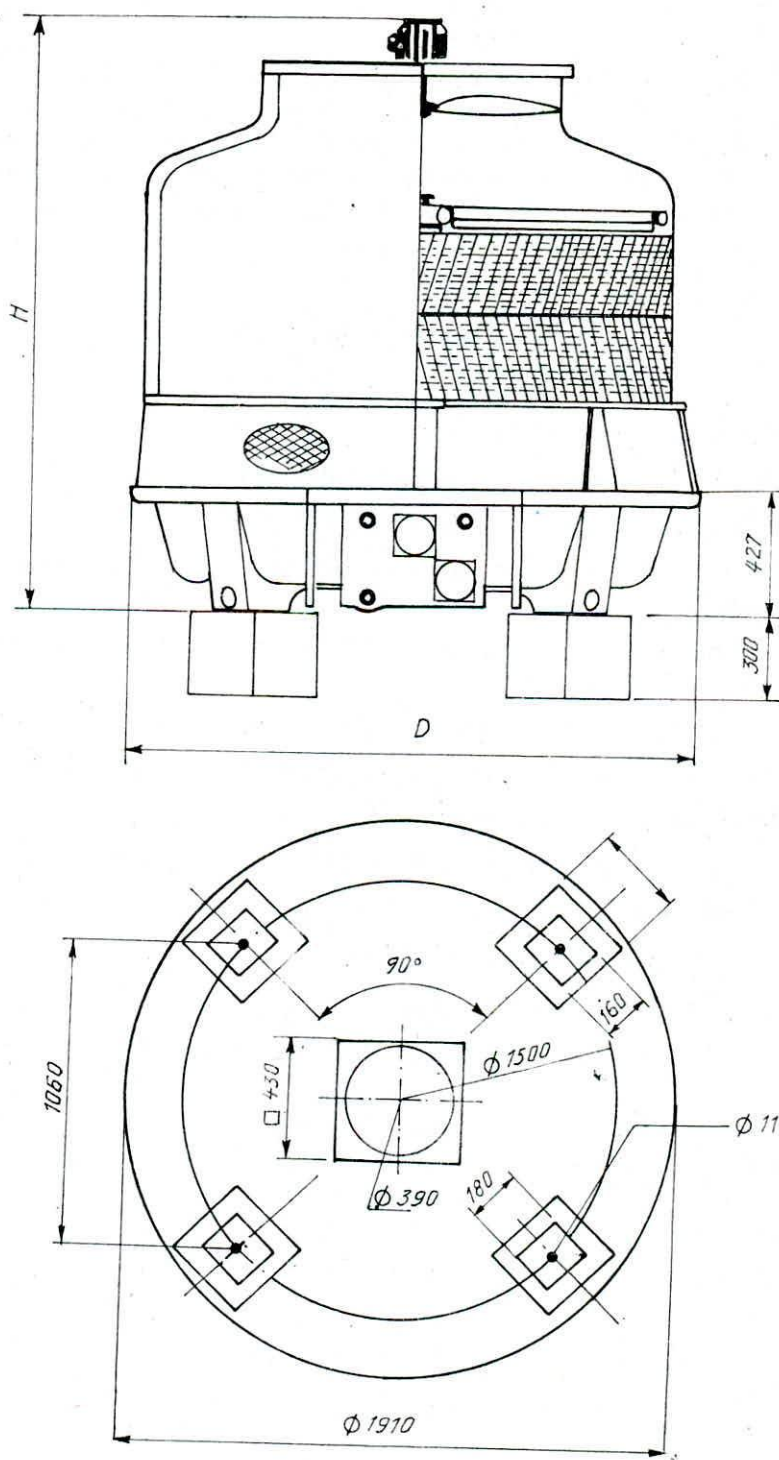
8.4. LẮP ĐẶT, VẬN HÀNH

Khi lắp đặt, vận hành tháp giải nhiệt, cần lưu ý một số vấn đề sau :

- Vị trí lắp đặt cần phải đảm bảo thông gió hoàn hảo, dòng khí của quạt gió không bị vướng, tái tuần hoàn hoặc bị quẩn làm cho lưu lượng gió giảm, độ ẩm gió tăng, làm giảm năng suất thải nhiệt của tháp.

- Cần phải chọn vị trí lắp đặt sao cho tiếng ồn do quạt và bơm nước ít ảnh hưởng đến con người nhất đặc biệt khi tháp và bơm nước đặt trên mái.

- Cần phải chọn vị trí lắp đặt sao cho bụi nước bị cuốn theo không khí không ảnh hưởng đến công trình xây dựng và kiến trúc như làm ướt tường, cửa sổ, cửa kính gây rêu mốc và tạo độ ẩm không khí cao ở các không gian xây dựng.



Hình 8.7. Kích thước lắp đặt của tháp FRK50 - 60.

- Không được bố trí tháp giải nhiệt ở những nơi có các dòng không khí nóng, trong các phòng hoặc không gian có không khí quá bẩn.

- Cần phải đo các nhiệt độ nước ra hoặc nước vào, không khí ra, vào, lưu lượng nước, lưu lượng không khí để xác định xem tháp làm việc có đúng các thông số định mức hay không.

Dòng không khí quá mạnh, động cơ quạt quá tải có thể do độ nghiêng cánh quạt đặt sai. Nước phun quá mạnh hoặc quá yếu cũng có thể do sử dụng sai bơm nước. Cần thiết phải đạt đúng lưu lượng nước tưới và các thông số làm việc đã cho để đảm bảo năng suất giải nhiệt cho tháp và cho hệ thống lạnh.

Hình 8.7 giới thiệu kích thước lắp đặt chính của tháp FRK50-60.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nhiệm vụ của tháp giải nhiệt là gì ?
2. Nguyên tắc cấu tạo của tháp giải nhiệt như thế nào ?
3. Khối đệm là gì, khối đệm có nhiệm vụ gì ?
4. Có bao nhiêu cách bố trí quạt gió cho tháp giải nhiệt ? Ưu nhược điểm của từng phương pháp ?
5. Công suất động cơ quạt phụ thuộc vào đường kính sai cánh và lưu lượng thể tích như thế nào ?
6. Độ ồn phụ thuộc vào đường kính sai cánh và lưu lượng thể tích như thế nào ?
7. Có bao nhiêu dạng phân phối nước, ưu nhược điểm của từng phương pháp ?
8. Hãy giải thích ký hiệu tháp FRK100 ?
9. Năng suất lạnh Q_o và Q_k tính từ FRK 100 như thế nào ?
10. Tính tháp giải nhiệt cho biết :
 - Năng suất lạnh $Q_o = 50$ tấn.
 - Nơi lắp đặt Thái Bình.
 - Tính cho 3 phương án $t_{w1} = t_u + (3 \div 5)K$

Chương 9

CÁC THIẾT BỊ PHỤ

Những thiết bị phụ của hệ thống lạnh bao gồm : bình tách dầu, bình chứa dầu, các loại bình chứa môi chất lạnh như bình chứa cao áp, bình chứa hạ áp, bình chứa thu hồi, bình chứa tuần hoàn, bình trung gian, thiết bị hồi nhiệt, bình tách lỏng, bình quá lạnh lỏng, phin lọc, phin sấy, thiết bị xả khí không ngưng, bơm, quạt, van, đường ống....

Cùng với các thiết bị chính (máy nén, dàn ngưng, dàn bay hơi, van tiết lưu) các thiết bị phụ giúp cho hệ thống lạnh trong từng trường hợp ứng dụng cụ thể làm việc với độ tin cậy cao hơn, an toàn hơn, hợp lý và kinh tế hơn, tạo điều kiện thuận lợi hơn cho việc vận hành máy lạnh.

Một hệ thống lạnh không nhất thiết phải có tất cả các thiết bị phụ mà tùy theo môi chất lạnh, chế độ vận hành có thể cần thiết bị phụ này mà không cần thiết bị phụ kia.

9.1. BÌNH TÁCH DẦU

Máy nén lạnh cần có dầu bôi trơn để bôi trơn các bề mặt ma sát trong đó có bề mặt xilanh và séc măng. Khi máy nén làm việc, luôn có 1 lượng dầu bị cuốn theo hơi nén vào đường đẩy rồi vào bình ngưng tạo 1 lớp trở nhiệt trên bề mặt trao đổi nhiệt của bình ngưng, bình bay hơi... làm giảm hiệu suất máy lạnh đặc biệt đối với loại môi chất không hòa tan dầu như amoniác.

Để tránh hiện tượng trên người ta bố trí bình tách dầu lắp đặt trên đường hơi nén từ máy nén đến bình ngưng.

Nhiệm vụ : Bình tách dầu có nhiệm vụ tách dầu cuốn theo hơi nén, không cho dầu đi vào dàn ngưng mà dẫn dầu quay trở lại máy nén (hoặc bình gom dầu).

Nguyên tắc làm việc :

- Nguyên tắc chủ yếu là giảm tốc độ dòng hơi từ $18 \div 25\text{m/s}$ xuống $0,5 \div 1\text{m/s}$, ngoài ra :

- Thay đổi hướng chuyển động bằng cách bố trí các tấm chặn vuông góc với dòng chảy hoặc xoắn kiểu cyclon để các bụi dầu mất động năng tích tụ lại và chảy xuống đáy bình.

- Làm mát hơi nén xuống nhiệt độ thấp $50-60^{\circ}\text{C}$ bằng ống xoắn ruột gà cho nước làm mát chảy bên trong.

- Rửa hơi nén lẫn dầu bằng amoniác lỏng đối với hệ thống lạnh amoniác.

Hình 9.1 giới thiệu 1 số kiểu bình tách dầu với các nguyên tắc làm việc khác nhau. Hiệu quả tách dầu của a và b thấp nhưng của c và d có thể đạt tới 90%.

b) Trường hợp nhiều máy nén dùng 1 bình tách dầu :

$$d_{td} \geq d_{vx} \sqrt{i}$$

$$Q_{otd} \geq Q_{OMN} \cdot i$$

i - số máy nén (các máy nén phải có năng suất lạnh giống nhau).

Hệ thống hồi dầu kiểu AC&R

Trong các hệ thống lạnh có nhiều máy nén, các máy nén có thể có công suất khác nhau, đặt ở các vị trí khác nhau, có khi do vị trí lắp đặt chật chội phải chồng lên nhau... Người ta có thể dùng hệ thống hồi dầu AC&R để bảo đảm hồi dầu về máy nén một cách hoàn hảo.

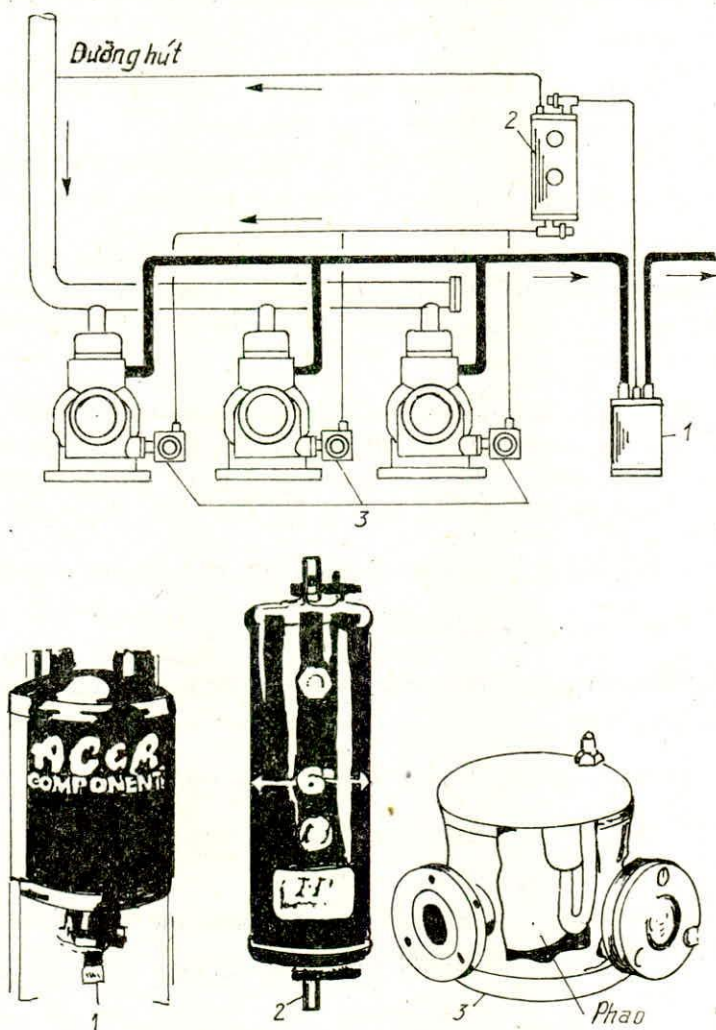
Hệ thống hồi dầu kiểu AC&R gồm 3 bộ phận : Bình tách dầu, bình chứa dầu và bình ổn định mức dầu hay van phao. Hình 9.3 giới thiệu hệ thống hồi dầu kiểu AC&R.

Bình tách dầu có cấu tạo giống như hình 9.3. Bình chứa có 2 mắt dầu để có thể quan sát và biết được lượng dầu trong hệ thống. Van phao hay bình ổn định mức dầu là một bình hình trụ có 1 van phao bên trong đảm bảo cho mức dầu không đổi. Khi mức dầu hạ xuống, van phao mở ra cho dầu vào. Khi dầu đạt mức quy định van phao đóng lại. Do van phao làm việc ở áp suất bay hơi nên bình chứa dầu được nối với đường hút. Vì vậy, để đảm bảo dầu từ bình chứa chảy xuống van phao dễ dàng phải đặt bình chứa dầu ở độ cao tương đối phía trên van phao. Nếu không đạt độ cao yêu cầu, có thể bố trí 1 van hiệu áp trên đường nối bình chứa dầu với đường hút để đảm bảo áp suất trong bình chứa dầu luôn luôn cao hơn áp suất hút khoảng 1,4 bar.

Khi lắp van phao cần lưu ý rằng mức dầu trong các máy nén luôn bằng mức dầu trong van phao.

Khi lắp đặt đường ống phải chú ý chia nhánh đều ống hồi dầu cho các máy nén để tổn thất áp suất các đường bằng nhau tạo điều kiện hồi dầu đều cho tất cả các máy nén :

- Đường kính ống chính lớn hơn đường kính ống nhánh,



Hình 9.3. Hệ thống hồi dầu kiểu AC & R

1 - bình tách dầu ; 2 - bình chứa dầu ; 3 - van phao ; 4 - máy nén

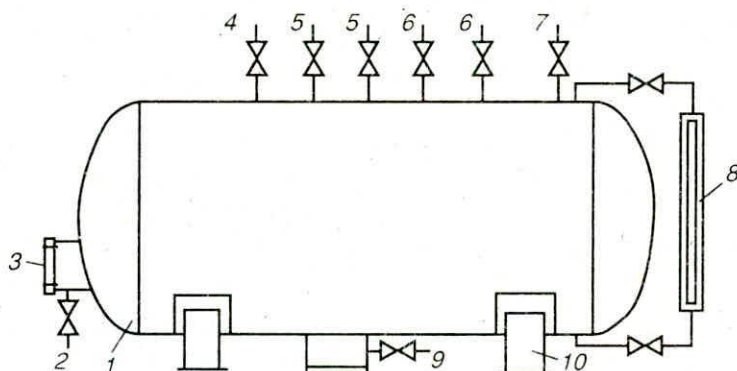
- Các đường ống nhánh phải cân xứng.
- Các đường ống nhánh phải có độ dài và đường kính giống nhau.

9.2. BÌNH CHỨA DẦU

Bình chứa dầu dùng để gom dầu từ các thiết bị như bình tách dầu, bầu dầu của bình ngưng, bình chứa, bình bay hơi, bình tách lỏng... để giảm tổn thất và giảm nguy hiểm khi xả dầu từ áp suất cao.

Bình chứa dầu là bình hình trụ đặt đứng hay nằm ngang, có đường nối với đường hút máy nén và đường nối với áp kế, nối với các đáy xả dầu và đường xả dầu ra ngoài (hình 9.4).

Khi mở van nối đường hút, áp suất trong bình giảm xuống, môi chất lạnh được thu hồi. Khi áp suất dư giảm xuống gần 0, có thể mở van xả để xả dầu ra khỏi bình. Hồi dầu từ các bình về bình chứa dầu nhờ chênh lệch áp suất.



Hình 9.4. Bình chứa dầu hình trụ nằm ngang

- 1 - thân bình ; 2- ống lấy dầu ; 3 - bộ lọc dầu ;
4 - đường nối về ống hút ; 5 - đường nối về máy nén ;
6 - đường nối dầu vào ; 7 - áp kế ;
8 - bộ chỉ mức (ống thủy) ; 9 - xả cặn ; 10 - chân bình.

9.3. BÌNH CHỨA MÔI CHẤT LẠNH

9.3.1. Bình chứa cao áp

Nhiệm vụ : Bình chứa cao áp thường đặt bên dưới bình ngưng dùng để chứa lỏng đã ngưng tụ và giải phóng bề mặt trao đổi nhiệt của thiết bị ngưng tụ, duy trì sự cấp lỏng liên tục cho van tiết lưu.

Cấu tạo

Bình chứa cao áp là một bình hình trụ đặt đứng (dùng cho các máy nhỏ) hoặc đặt nằm ngang (dùng cho các hệ thống lạnh lớn) có các đường nối phù hợp.

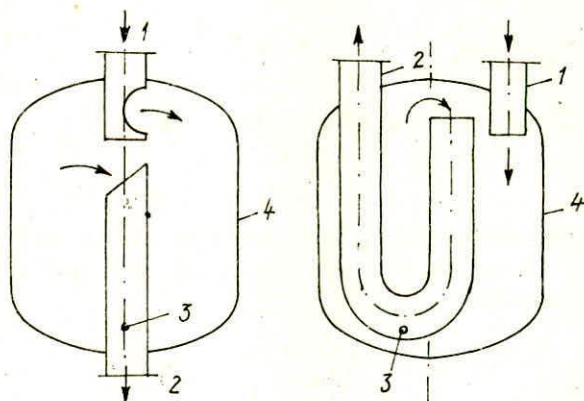
Bình chứa cao áp cần bố trí các đường ống nối lỏng từ bình bay hơi đến 8, và đường lỏng dẫn đến trạm tiết lưu 2, đường cân bằng hơi với bình ngưng tụ 5, đường nối với bộ tách khí không ngưng 3, 4, đường nối áp kế 6 và đường nối van an toàn 7. Để kiểm tra mức lỏng cần có bộ chỉ thị mức lỏng (ống thủy 9), ngoài ra còn đường xả dầu 10 và xả cặn 11, áp suất làm việc là 1,8 MPa.

Tính chọn thể tích bình

Thể tích của bình chứa cao áp được tính toán theo các yêu cầu sau đây :

- Khi vận hành, mức lỏng (NH_3) đạt 50% thể tích bình.

Bình tách lỏng sử dụng được cho tất cả các loại máy lạnh với môi chất NH_3 và freôn, đặc biệt các máy cỡ nhỏ có bố trí phá băng bằng hơi nóng. Khi phá băng, bình tách lỏng kiêm thêm chức năng bình chứa thu hồi.



Hình 9.7. Bình tích lỏng

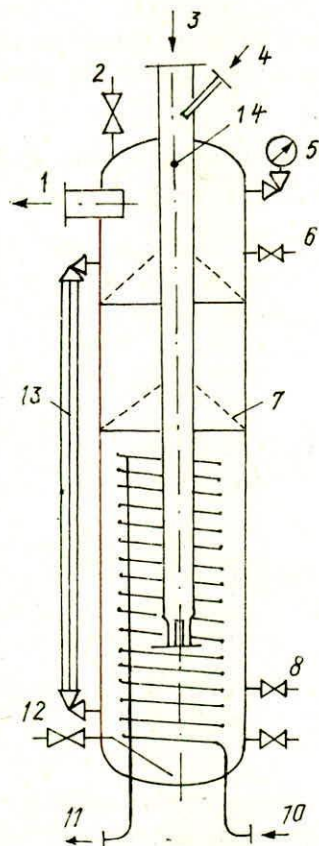
(accumulator hoặc liquid trap)

- 1 - hơi ẩm từ dầu bay hơi về ;
- 2 - hơi khô về máy nén ;
- 3 - lỗ tiết lưu lỏng và dầu về máy nén ;
- 4 - vỏ bình.

9.5. BÌNH TRUNG GIAN

Nhiệm vụ

Bình trung gian sử dụng trong máy lạnh 2 và nhiều cấp có làm mát trung gian nhờ tiết lưu môi chất lỏng. Bình trung gian có nhiệm vụ làm mát trung gian 1 phần hay



Hình 9.8. Bình trung gian ống xoắn

- 1 - đường hơi về máy nén cao áp ;
- 2 - nổi van an toàn ;
- 3 - hơi đến từ máy nén hạ áp ;
- 4 - lỏng tiết lưu vào ;
- 5 - áp kế ;
- 6,8- đường cân bằng hơi và lỏng với van phao ;
- 7 - nón chặn lỏng ;
- 9 - xả NH_3 lỏng ;
- 10 - lỏng vào quá lạnh ở ống xoắn ;
- 11 - lỏng ra từ ống xoắn ;
- 12 - xả dầu ;
- 13 - ống thủy ;
- 14 - lỗ cân bằng.

toàn phần hơi môi chất ra ở cấp nén áp thấp và để quá lạnh lỏng trước khi vào van tiết lưu bằng cách bay hơi một phần lỏng ở áp suất và nhiệt độ trung gian (xem h.5.8 ; 5.9 ; 5.10).

Cấu tạo

Hai loại hình trung gian được sử dụng chủ yếu là bình trung gian làm mát toàn phần hơi hút về máy nén cao áp đặc biệt loại có ống xoắn (hình 9.8). Bình trung gian không có ống xoắn có cấu tạo giống bình trung gian ống xoắn trừ ống xoắn.

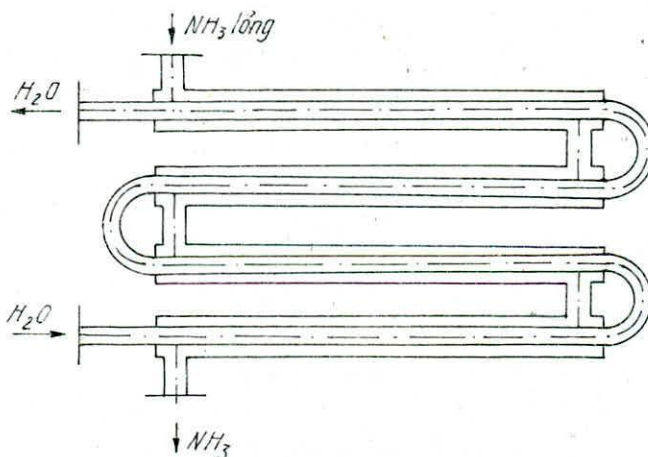
9.6. BÌNH QUÁ LẠNH LỎNG

Nhiệm vụ

Dùng làm lạnh môi chất lạnh lỏng sau ngưng tụ (thường sử dụng cho môi chất amoniác) trước khi đưa vào van tiết lưu để tăng hiệu suất lạnh của chu trình.

Cấu tạo

Bình quá lạnh lỏng là thiết bị trao đổi nhiệt ngược dòng kiểu ống lồng ống. Phía trong là nước làm mát và phía ngoài là môi chất lạnh lỏng. Ống trong thường có đường kính 38 mm dày 2,5mm, ống ngoài 57mm, dày 3mm (hình 9.9).



Hình 9.9. Thiết bị trao đổi nhiệt ngược dòng kiểu ống lồng ống dùng để quá lạnh lỏng.

Ở điều kiện khí hậu Việt Nam, không nên sử dụng bình quá lạnh lỏng mà nên tăng diện tích trao đổi nhiệt cho dàn ngưng để giảm nhiệt độ ngưng tụ đến mức thấp nhất có thể được.

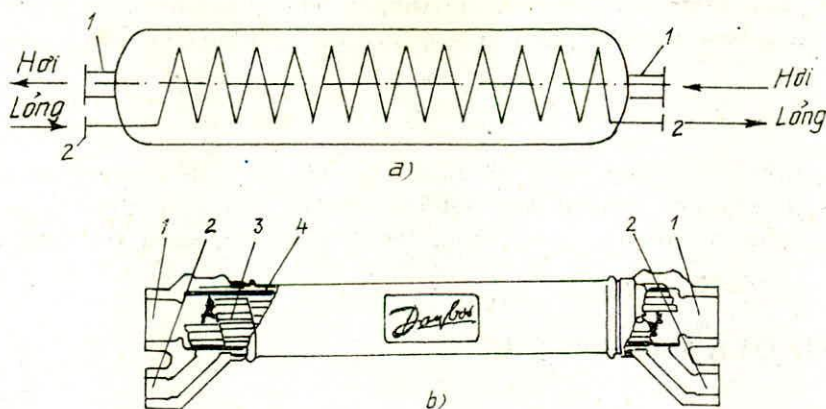
9.7. THIẾT BỊ HỒI NHIỆT

Nhiệm vụ

Thiết bị hồi nhiệt dùng để quá lạnh lỏng môi chất sau ngưng tụ trước khi vào van tiết lưu bằng hơi lạnh ra từ dàn bay hơi trước khi về máy nén trong các máy lạnh freôn nhằm tăng hiệu suất lạnh chu trình.

Cấu tạo

Hồi nhiệt có nhiều dạng khác nhau nhưng đều chung nguyên tắc là một thiết bị trao đổi nhiệt ngược dòng, trong đó hơi đi phía ngoài ống xoắn, lỏng đi trong ống xoắn. Hình 9.10 mô tả một thiết bị hồi nhiệt đơn giản. Để tăng hiệu quả trao đổi nhiệt, có thể tăng diện tích trao đổi nhiệt bằng cách bố trí nhiều tầng ống xoắn phía trong.



Hình 9.10. Hối nhiệt

a) nguyên lý cấu tạo ; b) hối nhiệt của Danfoss (Dan Mạch)

1 - hơi vào ra ; 2 - lỏng vào, ra ; 3 - không gian bên trong ; 4 - không gian 2 vỏ.

9.8. BÌNH TÁCH KHÍ KHÔNG NGỪNG

Nhiệm vụ

Trong hệ thống lạnh (amoniác) luôn có 1 lượng khí không ngưng tuần hoàn cùng với môi chất lạnh làm giảm hiệu quả trao đổi nhiệt, tăng áp suất ngưng tụ và nhiệt độ cuối tâm nén. Bình tách khí không ngưng có nhiệm vụ tách lượng khí không ngưng này ra khỏi hệ thống.

Khí không ngưng lọt vào hệ thống lạnh do nhiều nguyên nhân :

- Hút chân không không triệt để khi nạp gas

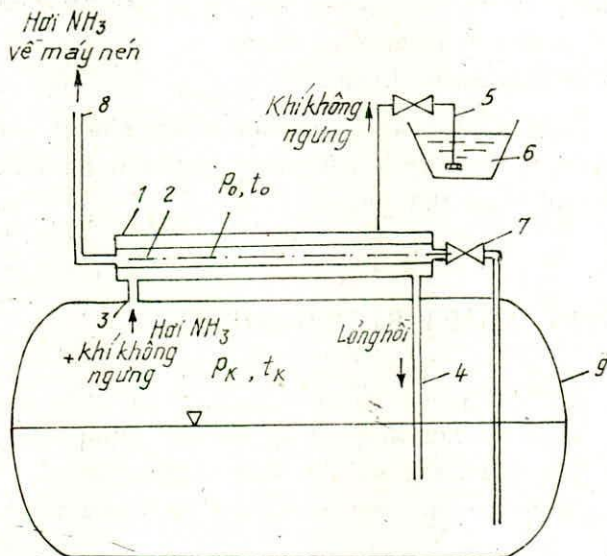
- Khi nạp dầu, bảo dưỡng, sửa chữa các chi tiết.

- Do môi chất, dầu, ẩm phản ứng phân hủy thành.

- Do môi chất lạnh phân hủy, đặc biệt với môi chất amoniác vì NH_3 phân hủy ngay ở nhiệt độ $110-120^\circ\text{C}$ ở cuối quá trình nén, do đó các hệ thống lạnh NH_3 đều được bố trí bình tách khí không ngưng.

Cấu tạo

Bình tách khí không ngưng có nhiều dạng cấu tạo khác nhau nhưng đều dựa trên nguyên tắc là làm lạnh hơi nén lẫn khí không ngưng xuống nhiệt độ bay hơi, hơi môi chất lạnh sẽ ngưng tụ lại hầu hết và chảy trở lại bình chứa còn khí không ngưng sẽ bị thổi ra ngoài. Hình 9.11 giới thiệu 1 bình tách khí không ngưng đơn giản nhất.



Hình 9.11. Bình xả khí không ngưng

1 - vỏ ; 2 - ống lồng có áp suất p_0 và nhiệt độ thấp t_0 ;
3 - đường hơi NH_3 và khí không ngưng đi vào ;
4 - đường lỏng hồi ; 5 - đường xả khí không ngưng ;
6 - chậu nước ; 7 - van tiết lưu ;
8 - đường hơi NH_3 về máy nén ; 9 - bình chứa.

Vận hành

Dấu hiệu về sự có mặt của khí không ngưng trong hệ thống lạnh là áp suất ngưng tụ cao hơn bình thường, thí dụ nếu nhiệt độ ngưng tụ là 40°C (NH_3) thì áp suất ngưng tụ tương ứng theo đồ thị lgp - h hoặc bảng hơi bão hòa là 15,56 bar, áp suất đọc trên áp kế 14,56 bar. Nếu lớn hơn 14,56 nghĩa là có khí không ngưng trong hệ thống. Khi đó mở van tiết lưu 7, một lúc sau bắt đầu mở van chặn 5 đường xả khí. Chậu nước dùng để hấp thụ hơi NH_3 còn sót lại trong dòng khí không ngưng xả ra ngoài. Bình tách khí không ngưng tự động làm việc hoàn toàn tự động khi có mặt khí không ngưng giới thiệu ở tài liệu [1].

9.9. PHIN SẤY, PHIN LỌC

Nhiệm vụ

Phin sấy và phin lọc có nhiệm vụ loại trừ các cặn bẩn cơ học và các tạp chất hóa học đặc biệt nước và các axit ra khỏi vòng tuần hoàn môi chất lạnh. Phin sấy và phin lọc được lắp cả trên đường lỏng và đường hơi của hệ thống lạnh.

Cặn bẩn cơ học có thể là đất cát, gỉ sắt, vẩy hàn, mặt kim loại. Các cặn bẩn này đặc biệt nguy hiểm cho máy nén khí chúng lọt vào xilanh và các chi tiết chuyển động. Các cặn bẩn này cũng nguy hiểm đối với van đặc biệt van tiết lưu, chúng gây tắc bẩn.

Các tạp chất hóa học đặc biệt là ẩm (nước) và các axit tạo thành trong vòng tuần hoàn có thể làm han rỉ, ăn mòn các chi tiết máy. Nước có thể đông đá bịt kín van tiết lưu gây tắc ẩm.

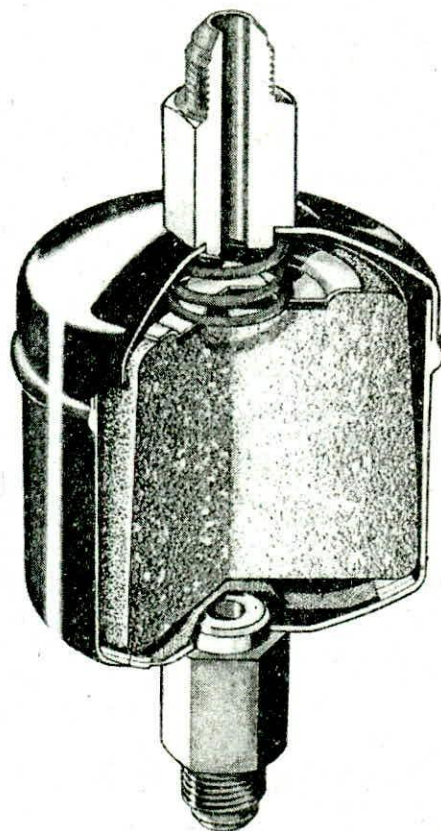
Cấu tạo

Có nhiều dạng cấu tạo tùy thuộc vào công suất máy, môi chất lạnh.... Hình 9.12 giới thiệu 1 phin lọc dùng cho môi chất freon cỡ nhỏ và cỡ trung. Bộ phận lọc và sấy đơn giản là 1 khối zeolit định hình bằng keo dính đặc biệt đặt trong 1 vỏ hàn kín.

Phin lọc của các hệ thống lớn thường có thân hình trụ bằng thép hàn hoặc đúc, bố trí đường vào và ra cho hơi hoặc lỏng. Một đầu hình trụ có bố trí nắp để dễ dàng tháo phin ra vệ sinh. Nếu có thêm chức năng sấy, người ta bố trí thêm các hạt hút ẩm tương ứng (zeolit, silicagel...) vào bên trong lưới lọc xem thêm tài liệu [1].

Vị trí lắp đặt

Phin sấy lọc đường hơi thường bố trí ngay ở đầu hút máy nén để loại trừ cặn bẩn đi vào máy nén, trên đường lỏng thường lắp trước các van điện từ (nếu có) và đặc biệt là van tiết lưu để giữ cho các van này hoạt động bình thường không bị tắc.



Hình 9.12. Phin sấy lọc cho máy lạnh freon cỡ nhỏ và cỡ trung.

9.10. MẮT GAS

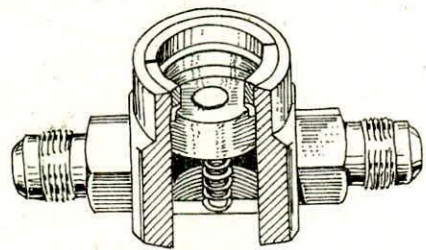
Nhiệm vụ

Mắt gas là kính quan sát lắp trên đường lỏng (sau phin sấy lọc) để quan sát dòng chảy của môi chất lạnh. Ngoài việc chỉ thị dòng chảy, mắt gas còn có nhiệm vụ :

- Báo hiệu đủ gas khi dòng gas không bị sủi bọt,
- Báo hiệu thiếu gas khi dòng gas bị sủi bọt mạnh,
- Báo hết gas khi thấy xuất hiện các vệt dầu trên kính,
- Báo độ ẩm môi chất qua sự biến màu của chấm màu trên tâm mắt gas so sánh với màu trên chu vi mắt gas xanh : khô (dry) ; vàng : thận trọng (caution) ; nâu : ẩm (wet). Nếu bị ẩm, nhất thiết phải thay phin sấy mới ;
- Báo hiệu hạt hút ẩm bị rã khi thấy gas bị vẩn đục, khi đó cũng phải thay phin sấy lọc để phòng van tiết lưu và các đường ống bị tắc.

Cấu tạo

Hình 9.13 giới thiệu hình phối cảnh cấu tạo của mắt gas. Mắt gas có thân hình trụ phía dưới kín còn phía trên được lắp mắt kính để có thể quan sát dòng gas chảy bên trong.

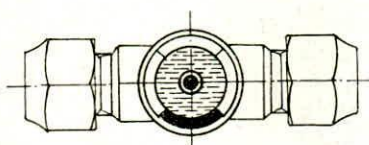


Hình 9.13. Cấu tạo mắt gas.

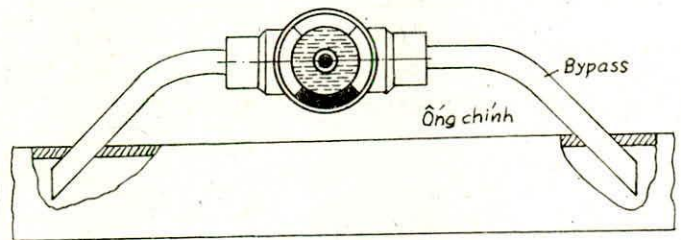
Lắp đặt

Mắt gas được lắp đặt trên đường lỏng, sau phin sấy lọc, trước van tiết lưu.

Trường hợp ống gas lỏng tương đối phù hợp với đường kính lắp mắt gas, có thể lắp ngay trên đường ống (h.9.14).



Hình 9.14. Lắp mắt gas lên đường lỏng chính.



Hình 9.15. Lắp mắt gas lên đường phụ.

Trường hợp đường ống lỏng lớn, phải lắp trên đường ống nhánh song song với ống chính (h.9.15).

9.11. ĐẦU CHIA LỎNG

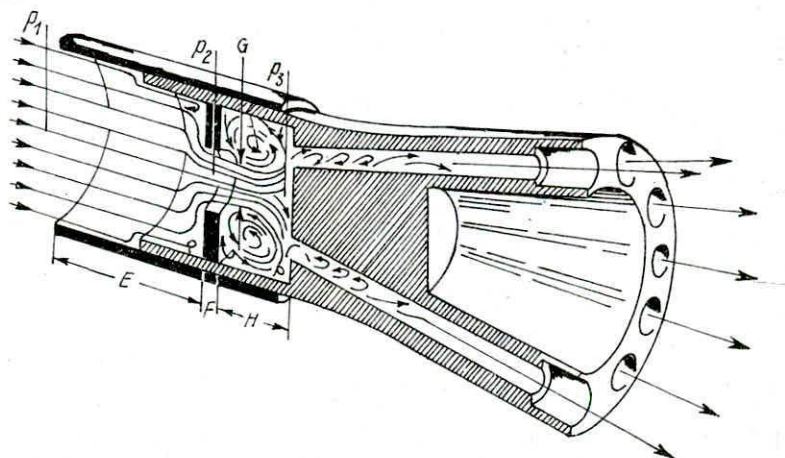
Nhiệm vụ

Ở các dàn bay hơi lớn, để giảm tổn thất áp suất nếu chỉ bố trí 1 ống xoắn từ đầu đến cuối dàn, người ta chia dàn bay hơi ra nhiều phần, và mỗi phần là 1 ống

xoắn chạy song song. Để đảm bảo phân phối lỏng đều cho các ống xoắn, cần thiết phải có 1 đầu chia lỏng với các đoạn ống nối bằng nhau đến các ống xoắn.

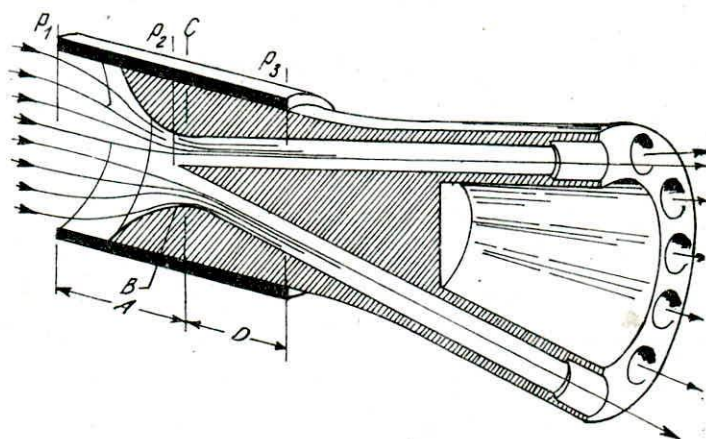
Nguyên tắc làm việc

Đầu chia lỏng làm việc chủ yếu theo các nguyên tắc : áp động và thủy động. Hình 9.16 giới thiệu đầu chia lỏng làm việc theo kiểu áp động và hình 9.17 giới thiệu đầu chia lỏng kiểu thủy động ALCO - Venturi.



Hình 9.16. Đầu chia lỏng kiểu áp động

$P_1 - P_3$ - sự giảm áp trong đầu chia lỏng ; E - đoạn đổi và thay đổi dòng chảy đột ngột ; F - tấm tiết lưu ; G - tiết diện dòng chảy hẹp nhất ; H - vùng xoáy do tiết lưu tự do.

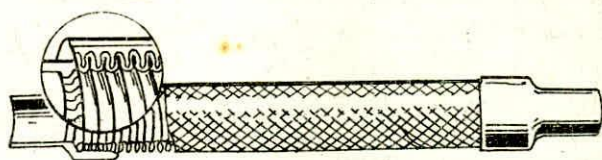


Hình 9.17. Đầu chia lỏng kiểu thủy động ALCO - Venturi

A - khoảng tiếp cận thủy động ; B - khoảng phun ; C - tiết diện co hẹp nhất ; D - khoảng thoát phân kỳ, áp suất tăng trở lại.

9.12. ỐNG MỀM

Khi làm việc, máy nén rung động nhưng ngược lại các chi tiết khác như dàn lạnh hoặc dàn nóng lại không rung động. Nếu lắp đường ống cứng giữa các bộ phận với máy nén, ống có thể bị nứt, gãy. Để tránh hiện tượng đó người ta lắp ống mềm ở đầu hút và đầu đẩy của máy nén. Hình 9.18 mô tả cấu tạo của ống mềm, phía trong



Hình 9.18. Ống mềm.

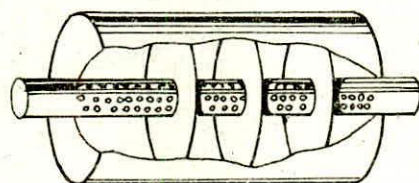
ống mềm là ống thép inox dạng sóng hay dạng hộp xếp. Bên ngoài là lưới thép inox hoặc đồng, 2 đầu là các đầu nối bằng đồng và để hàn vào các đầu ống. Có loại ống mềm, có đầu nối bằng thép inox hoặc bằng bích.

Đối với các máy nén nhỏ, sử dụng các ống đồng mềm, rung động ít thường không cần dùng ống mềm.

9.13. ỐNG TIÊU ÂM

Máy nén pittông làm việc theo chu kỳ hút đẩy nên có xung động ở cả hai đường ống hút và đẩy gây tiếng ồn. Để tiêu âm cho đường hút và đẩy người ta bố trí các ống tiêu âm.

Hình 9.19 giới thiệu cấu tạo đơn giản của 1 ống tiêu âm cho máy nén lạnh. Ống tiêu âm được lắp ngay phía trước và phía sau máy nén trên đường hút và đẩy.



Hình 9.19. Ống tiêu âm

9.14. VAN TẠP VỤ

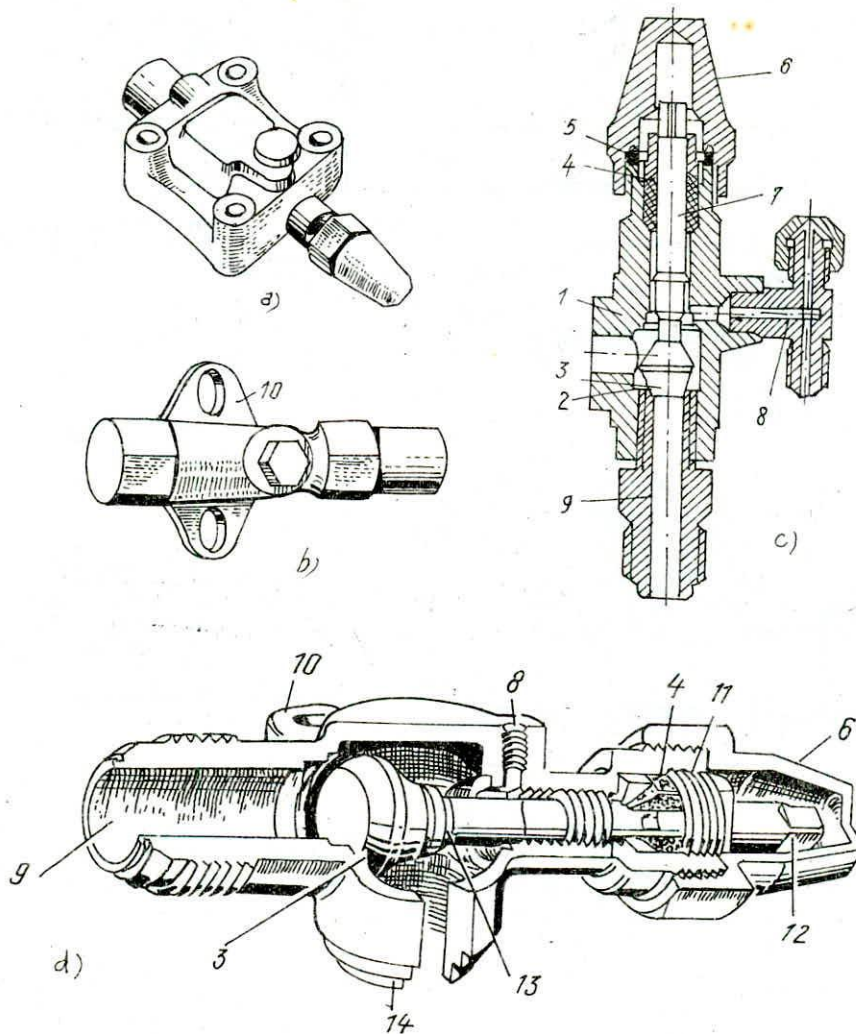
Van tap vụ (service valve) là van lắp ngay trên đầu máy nén ở đường hút và đường đẩy, van tap vụ là loại van 3 ngã. Khi vận hết xuống là đóng đường hơi từ dàn bay hơi hoặc dàn ngưng đến máy nén nhưng thông máy nén với đầu nối đầu nạp hoặc áp kế. Nếu vận hết lên là đóng đường nối đầu nạp hoặc áp kế mà thông máy nén với dàn. Nếu để van ở lưng chừng thì cả 3 ngã đều thông với nhau. Van tap vụ dùng để bảo dưỡng, sửa chữa, nạp dầu, nạp gas, hút chân không cũng như để phục vụ việc đo đạc kiểm tra máy nén (kiểm tra áp suất đẩy và hút...)

Hình 9.20 giới thiệu một số loại van tap vụ (xem thêm hình 3.15).

Van tap vụ có thể bị hư hỏng. Nếu đệm kín cổ van bị xì hở, có thể tháo ra để thay đệm kín mới hoặc chỉ cần siết chặt là van kín. Tấm van hoặc tấm chặn của van nếu bị hở thì không sửa được mà phải thay van mới.

9.15. VAN 1 CHIỀU

Trong một số hệ thống lạnh người ta thiết kế chu trình chỉ cho lỏng và hơi đi theo một hướng nhất định và khi đã đi vào thiết bị thì không được phép quay trở lại thí dụ khi hơi nén đã vào bình ngưng thì không được phép quay lại máy nén, lỏng đã qua bơm cũng không được quay trở lại (để phòng trường hợp máy nén, bơm hỏng đột ngột)... Van 1 chiều có nhiều loại khác nhau nhưng đều làm việc dựa trên nguyên tắc chênh lệch áp suất. Khi áp suất đầu vào lớn hơn, van tự động mở cho dòng hơi hoặc



Hình 9.20. Van tap vụ

a) loại 4 bulông bắt lên máy nén ; b) loại 2 bulông bắt lên máy nén ;

c) mặt cắt qua 1 van tap vụ ; d) hình cắt phối cảnh.

- 1 - thân ; 2 - đế van ; 3 - tấm chặn dưới ; 4 - đệm kín trục ; 5 - đệm nắp ; 6 - nắp ;
 7 - trục van ; 8 - đầu nối lấy tín hiệu áp suất hoặc để hút chân không, nạp gas, nạp dầu ;
 9 - đầu nối vào dàn ngưng hoặc dàn bay hơi ; 10 - tai cố định vào đầu máy nén ; 11 - vòng siết ;
 12 - đầu vuông ; 13 - tấm chặn trên ; 14 - đầu nối vào máy nén.

lòng đi qua, nhưng khi áp suất đầu vào giảm nhỏ hơn phía đầu ra, van sẽ tự động đóng lại. Hình 9.21 giới thiệu hình dạng một số loại van 1 chiều cỡ nhỏ.

9.16. VAN KHÓA, VAN CHẶN

Nhiệm vụ

Khi vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa máy lạnh cần thiết phải khóa hoặc mở dòng chảy môi chất lạnh trên vòng tuần hoàn môi chất lạnh. Các van khóa, van chặn đảm đương nhiệm vụ đó.

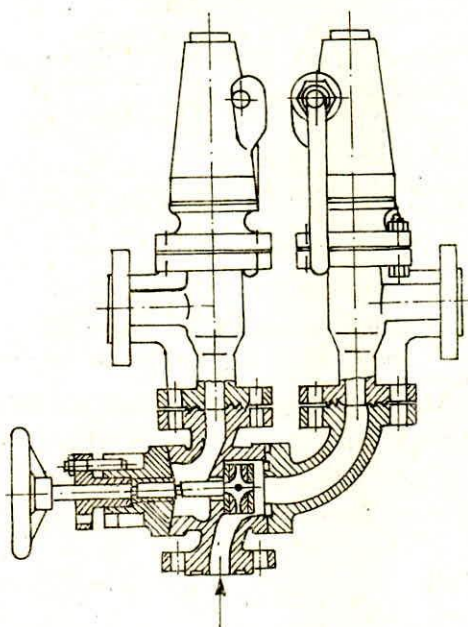
9.18. VAN ĐẢO CHIỀU

Có hai loại van đảo chiều thường dùng trong kỹ thuật lạnh với chức năng khác hẳn nhau đó là van đảo chiều dùng cho van an toàn và van đảo chiều dùng để đảo chiều vòng tuần hoàn môi chất lạnh làm cho máy lạnh 1 chiều thành 2 chiều : làm lạnh và bơm nhiệt.

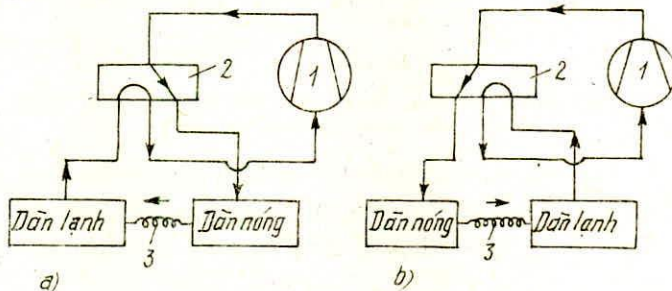
a) Van 3 ngã dùng cho van an toàn

Van an toàn thường phải định kỳ kiểm định lại. Để dễ dàng tháo ra khỏi hệ thống lạnh thường người ta dùng van 3 ngã. Nếu để van ở giữa, van thông cả 3 ngã nhưng có thể chặn ngã trái hoặc phải khi đóng chặt ngã đó.

Hình 9.26 giới thiệu 1 van 3 ngã có lắp 2 van an toàn kèm theo.



Hình 9.26. Van 3 ngã có 2 van an toàn lắp lên trên.



Hình 9.27. Máy lạnh 2 chiều

a) làm lạnh ; b) bơm nhiệt

1 - máy nén ; 2 - van đảo chiều ; 3 - ống mao.

b) Van đảo chiều trong máy lạnh 2 chiều

Khi làm lạnh, hơi nén đi vào dàn ngưng tụ, hóa lỏng, qua tiết lưu vào dàn bay hơi và trở lại máy nén nhưng khi tác động van đảo chiều, cho máy hoạt động ở chế độ bơm nhiệt thì hơi nóng đi vào dàn bay hơi (dàn bay hơi trở thành dàn ngưng tụ) hóa lỏng qua tiết lưu vào dàn ngưng tụ (dàn ngưng tụ trở thành dàn bay hơi) rồi về máy nén. Hình 9.27 giới thiệu chức năng của van đảo chiều. Cấu tạo của van giới thiệu ở tài liệu [2] và [5].

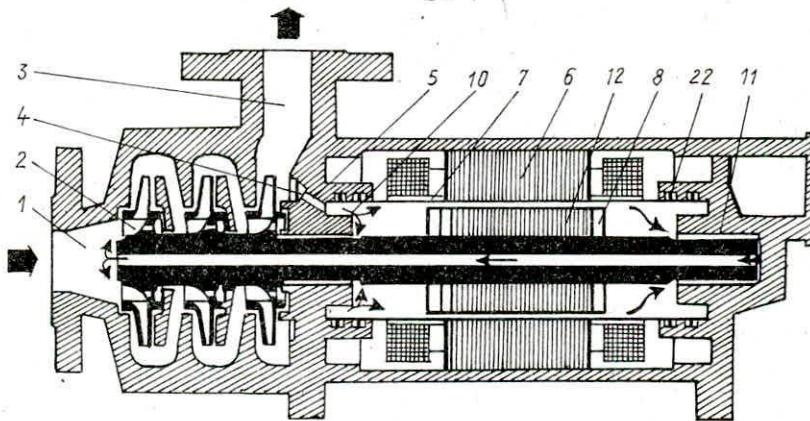
9.19. BƠM

Trong kỹ thuật lạnh thường dùng :

- Bơm nước kiểu ly tâm để bơm nước giải nhiệt cho tháp giải nhiệt bình ngưng.

- Bơm chất tải lạnh (nước, nước muối, glycol...) kiểu ly tâm cho vòng tuần hoàn chất tải lạnh

- Bơm môi chất lạnh (amoniắc, freon,...) cho các hệ thống lạnh dùng bơm tuần hoàn cấp lỏng cho các dàn bay hơi. Bơm nước và nước muối ly tâm là khá quen thuộc ở đây không giới thiệu. Riêng bơm NH_3 là loại đặc biệt, bơm lỏng NH_3 ở nhiệt độ bay hơi từ bình chứa tuần hoàn đến phân phối cho các dàn bay hơi. Hình 9.28 giới thiệu một loại bơm ly tâm dùng cho NH_3 .



Hình 9.28. Bơm amoniắc.

9.20. QUẠT

Quạt sử dụng trong kỹ thuật lạnh chủ yếu gồm :

- Quạt hướng trục sử dụng cho các dàn lạnh, dàn ngưng tụ, tháp giải nhiệt để đối lưu cưỡng bức không khí.

- Quạt ly tâm khi cần cột áp cao hơn, dùng cho các buồng điều không, các dàn lạnh không khí hoặc để tuần hoàn vận chuyển và phân phối không khí đặc biệt trong các hệ thống điều hòa không khí.

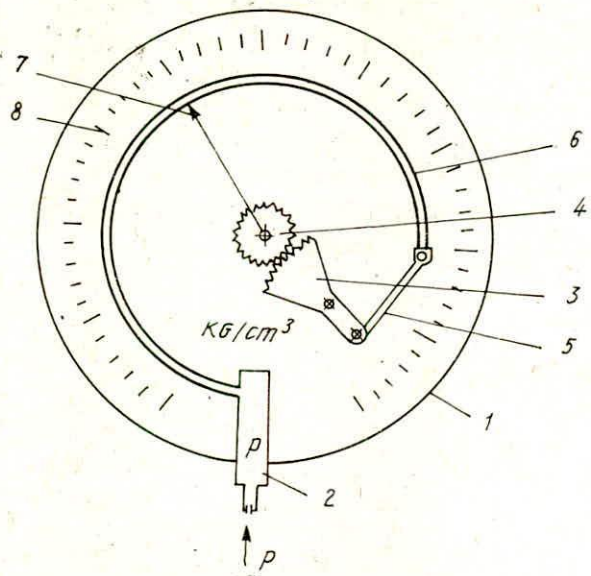
- Quạt ly tâm trục cán là loại quạt ly tâm nhưng guồng cánh quạt nhỏ mà dài, có độ ồn rất nhỏ nên được sử dụng rộng cho các dàn lạnh đặt trong nhà của hệ thống điều hòa không khí (INDOOR UNIT) để giảm ồn tới mức tối thiểu.

9.21. ÁP KẾ

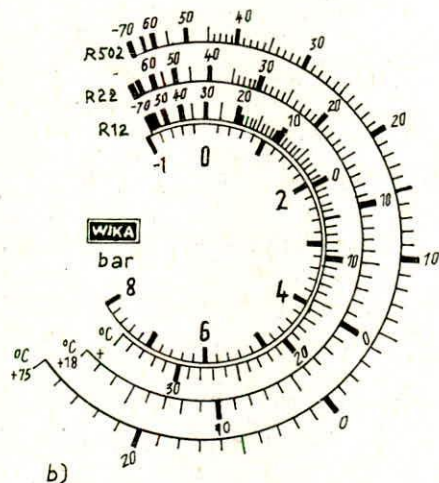
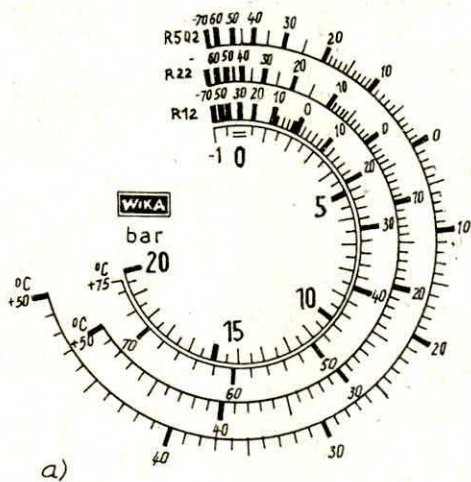
Áp kế dùng để đo và chỉ thị áp suất của môi chất ở đầu hút, đầu đẩy và chỉ thị hiệu áp suất dầu bôi trơn. Áp kế còn được sử dụng trong các đồng hồ nạp gas, trên bình ngưng, bình chứa, bình trung gian....

Các áp kế chuyên dùng trong hệ thống lạnh ngoài thang chia ghi áp suất còn có thang chia ghi nhiệt độ tương ứng của các môi chất lạnh thường dùng như NH_3 , R12, R22 và R502.

Các áp kế thường có cấu tạo kiểu ống đàn hồi. Hình 9.29 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của áp kế. Khi áp suất trong ống đàn hồi thay đổi sẽ làm cho ống có độ co giãn khác nhau và qua các cơ cấu cơ khí làm cho kim quay tương ứng với trị số áp suất. Hình 9.30 giới thiệu cấu tạo thang chia trên mặt áp kế.



Hình 9.29. Nguyên tắc cấu tạo áp kế
1 - vỏ ; 2 - ống nối ; 3 - chạc răng cửa ;
4 - bánh răng cửa ; 5 - thanh nối ; 6 - ống lò xo ;
7 - kim ; 8 - thang chia.



Hình 9.30. Cấu tạo mặt áp kế dùng trong kỹ thuật lạnh cho R12, R22 và R502
a) phía áp cao H_1 ; b) phía áp thấp L_0 .

9.22. ĐƯỜNG ỐNG

Đường ống dùng trong kỹ thuật lạnh là loại ống đồng freôn và ống thép không hàn. Việc tính toán kiểm tra sức bền là không cần thiết vì ống thường chịu được áp lực 3MPa.

Tính chọn đường ống

Đường kính trong của ống được xác định theo biểu thức :

$$d = \sqrt{\frac{4m}{\rho \cdot \pi \omega}} ; m$$

m - lưu lượng khối lượng, kg/s ($m = Q_o/q_o$);

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

ω - tốc độ chuyển động của môi chất, m/s.

Trong hệ thống lạnh cần phải xác định 3 loại đường ống là đường hút, đường đẩy và đường dẫn lỏng, ngoài ra nếu có vòng tuần hoàn chất tải lạnh phải xác định đường kính ống nước và nước muối :

		ω m/s
Đường hút	NH ₃	15 ÷ 20
	R22	7 ÷ 12
Đường đẩy	NH ₃	15 ÷ 25
	R22	8 ÷ 15
Đường lỏng	NH ₃	0,5 ÷ 2
	R22	0,4 ÷ 1
Nước muối	-	0,3 ÷ 1
Nước	-	0,5 ÷ 1

Sau khi tính toán phải chọn đường kính ống theo ống tiêu chuẩn và tính kiểm tra lại xem tốc độ thực tế có vượt ra khỏi giới hạn cho phép hay không. Bảng 9.1 và 9.2 giới thiệu kích thước ống đồng và thép không hàn theo tiêu chuẩn DIN của CHLB Đức.

BẢNG 9.1. Ống đồng theo DIN 1786 và DIN 1754

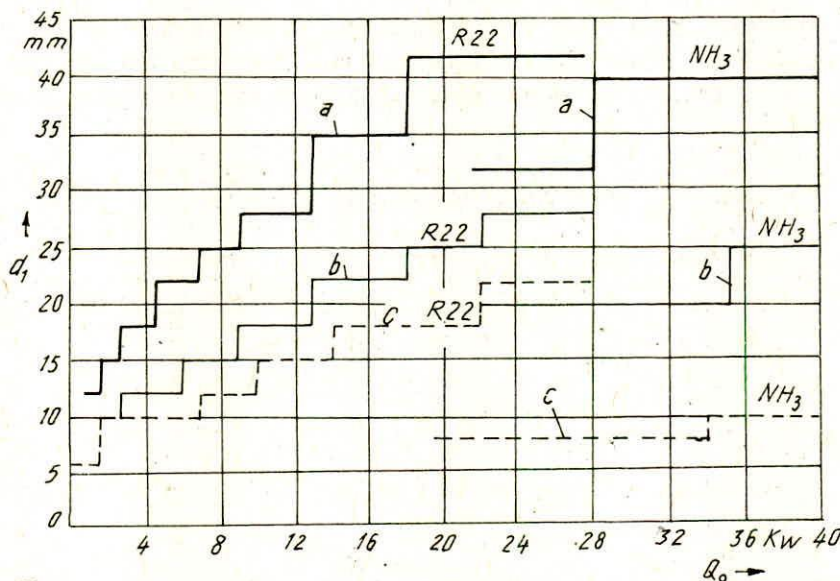
	$d \times s$	P_{max} bar (DIN 2413)	Khối lượng, kg/m
DIN 1786	6 × 1	137	0,14
	8 × 1	102	0,19
	10 × 1	82	0,25
	12 × 1	68	0,31
	15 × 1	55	0,39
	18 × 1	45	0,47
	22 × 1,5	56	0,86
	35 × 2,5	58	2,27
DIN 1754	20 × 1	41	0,53
	25 × 2	65	1,29
	28 × 1,5	44	1,11
	35 × 1,5	35	1,4
	42 × 1,5	29	1,7
	44,5 × 3	55	3,48
	54 × 2	30	2,91
	57 × 3	43	4,53
	76 × 3	32	6,12

BẢNG 9.2. Ống thép không hàn theo DIN 2448

Đường kính danh nghĩa d_y , mm	Kích thước, mm $d \times s$	Tiết diện trong cm^2	Diện tích bề mặt m^2/m	
			trong	ngoài
(20)	26,9 × 2,3	3,9	0,0700	0,0845
25	33,7 × 2,6	6,4	0,0895	0,106
(32)	42,4 × 2,6	10,9	0,117	0,133
40	48,3 × 2,6	14,5	0,135	0,152
50	60,3 × 2,9	23,4	0,171	0,189
(65)	76,1 × 2,9	38,8	0,221	0,239
80	88,9 × 3,2	53,6	0,259	0,279
100	114,3 × 3,6	90	0,336	0,359
(125)	133,0 × 4,0	122,5	0,392	0,418
150	168,3 × 4,5	199	0,500	0,528
200	219,1 × 5,9	338	0,652	0,688
250	273,0 × 6,3	532	0,818	0,857
300	323,9 × 7,1	758	0,972	1,017
400	406,4 × 7,1	1188	0,220	1,276
500	508 × 11,0	1855	0,526	1,595

Ghi chú : khi thiết kế, nên tránh các ống có kích thước trong ngoặc đơn.

Hình 9.31 giới thiệu đồ thị tra đường kính ống đã tính sẵn của hãng Danfoss theo môi chất và năng suất lạnh.



Hình 9.31. Đường kính ống phụ thuộc môi chất và năng suất lạnh (NH_3 và $R22$)
a) đường hút ; b) đường đẩy ; c) đường lỏng.

Nối ống :

Có nhiều phương pháp nối ống nhưng có thể chia ra một số loại nối chính như sau :

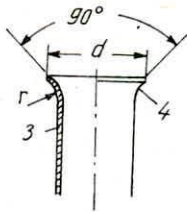
- Hàn (điện) hay hàn hồ quang trực tiếp dùng cho các ống thép,
- Hàn hơi hay hàn chảy dùng cho các ống thép, ống đồng và các mối nối giữa thép/đồng, đồng/nhôm, đồng/đồng,

- Nối bích chủ yếu dùng cho ống thép,

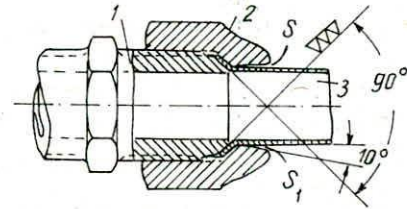
- Nối loe chủ yếu dùng cho ống đồng và cả các ống thép mềm (khi đã nung đỏ).

Nối loe chủ yếu dùng cho các ống từ $\phi 6$ đến $\phi 22$, kèm theo các dụng cụ như uốn ống, dao cắt ống, dụng cụ loe ống.

Hình 9.32 và hình 9.33 giới thiệu hình dạng ống sau khi loe và cơ cấu nối loe. Cơ cấu nối loe gồm đầu ren 1, mũ ốc 2 bằng đồng hoặc bằng thép mạ kẽm. Lỗ luồn ống trên mũ ốc lớn hơn đường kính ống từ 0,2 đến 0,3mm.



Hình 9.32. Đầu ống loe.



Hình 9.33. Cơ cấu nối loe

1 - đầu ren ; 2 - mũ ốc ; 3 - ống loe.

Nối loe có ưu điểm so với nối hàn là có thể tháo ra một cách dễ dàng để kiểm tra, thay thế hoặc sửa chữa nên được sử dụng khá rộng rãi. Tuy nhiên cần phải lưu ý là không nên dùng nối loe ở các vị trí có nước đá hoặc tuyết hình thành và khi tháo ra phải bịt kín, tránh không khí và ẩm lọt vào hệ thống.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nhiệm vụ của bình tách dầu là gì ?
2. Nguyên tắc làm việc của bình tách dầu như thế nào ?
3. Hiệu quả tách dầu phụ thuộc vào các yếu tố nào ?
4. Hãy vẽ một vài kiểu bình tách dầu mà anh hay chị biết.
5. Hệ thống hồi dầu tự động kiểu AC&R như thế nào ? vẽ và giải thích !
6. Bình chứa cao áp có nhiệm vụ gì ?
7. Vẽ và giải thích nguyên tắc cấu tạo bình chứa cao áp ?
8. Bình chứa tuần hoàn có nhiệm vụ gì ?
9. Bình chứa thu hồi có nhiệm vụ gì ?
10. Bình chứa dự phòng có nhiệm vụ gì ?
11. Bình tách lỏng có nhiệm vụ gì ?
12. Vẽ kết cấu của 1 bình tách lỏng.
13. Vẽ và giải thích cách làm việc của bình tích lỏng. Bình tích lỏng được sử dụng ở đâu ?
14. Nhiệm vụ của bình trung gian là gì ?
15. Hãy vẽ nguyên lý kết cấu bình trung gian ống xoắn.
16. Hãy vẽ nguyên lý kết cấu bình trung gian làm mát toàn phần không có ống xoắn.
17. Hãy vẽ nguyên lý kết cấu bình trung gian làm mát 1 phần.

18. Nhiệm vụ, nguyên tắc làm việc và cấu tạo của bình quá lạnh lỏng ?
19. Nhiệm vụ, nguyên tắc làm việc và cấu tạo của bình hồi nhiệt ?
20. Nhiệm vụ, nguyên tắc làm việc và cấu tạo của bình tách khí không ngưng.
21. Ảnh hưởng của khí không ngưng đến sự làm việc của hệ thống lạnh như thế nào ?
22. Phin sấy và phin lọc có nhiệm vụ và kết cấu thế nào ?
23. Tác bản là gì ? Vị trí tác bản thường ở đâu ?
24. Vì sao phải bố trí phin lọc đường hút ?
25. Tác ẩm là gì ? Làm thế nào để khắc phục ?
26. Nhiệm vụ của mất gas là gì ?
27. Vẽ nguyên tắc cấu tạo mất gas và cách lắp đặt.
28. Đầu chia lỏng dùng để làm gì, nguyên tắc cấu tạo và hoạt động thế nào ?
29. Nhiệm vụ của ống mềm, cấu tạo ?
30. Vì sao không cần lắp ống mềm cho máy lạnh nhỏ ?
31. Ống tiêu âm có nhiệm vụ gì ? Cấu tạo như thế nào ?
32. Van tap vù có nhiệm vụ gì ?
33. Hãy vẽ cấu tạo của một van tap vù.
34. Van 1 chiều có nhiệm vụ gì ?
35. Hãy vẽ cấu tạo của van 1 chiều hình nấm và hình cối.
36. Hãy vẽ và giải thích phương pháp làm việc van 1 chiều hình cối.
37. Người ta cần lắp van khóa, van chặn ở các vị trí nào trong hệ thống lạnh ?
38. Phương pháp làm kín các van chặn ?
39. Khác biệt cơ bản giữa van tiết lưu tay và van chặn là gì ?
40. Van đảo chiều dùng cho máy ĐHND hai chiều hoạt động như thế nào ?
41. Các loại bơm lỏng nào được sử dụng trong kỹ thuật lạnh ?
42. Cấu tạo của áp kế và áp kế dùng trong kỹ thuật lạnh có đặc điểm gì ?
43. Vì sao phải tính toán đường kính ống phù hợp trong kỹ thuật lạnh ?
44. Nêu các phương pháp nối ống trong kỹ thuật lạnh và phạm vi ứng dụng của nó ?

Chương 10

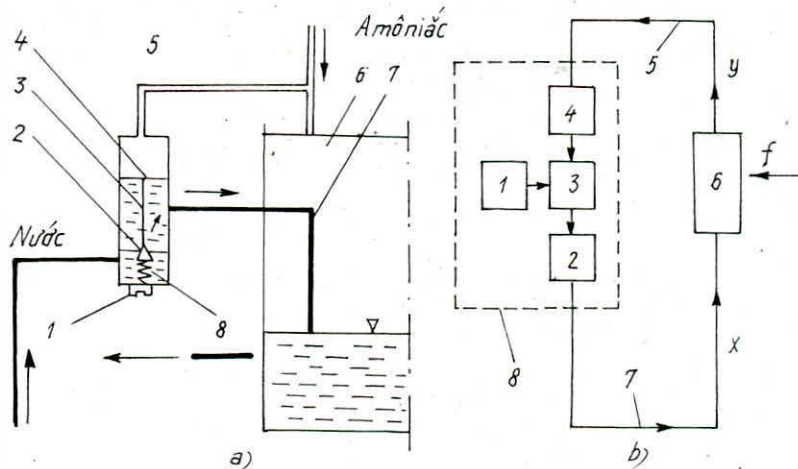
TỰ ĐỘNG HÓA HỆ THỐNG LẠNH

10.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ TỰ ĐỘNG HÓA HỆ THỐNG LẠNH

Hệ thống điều khiển tự động của thiết bị lạnh là tổ hợp các thiết bị điều khiển tự động và đối tượng điều khiển để đảm bảo khả năng vận hành ở chế độ tối ưu hoặc một chế độ cho trước nào đó mà không cần phải có sự tham gia của người vận hành. Các thiết bị tự động bao gồm các thiết bị điều chỉnh tự động, các thiết bị đo lường và tín hiệu, các thiết bị điều khiển, các loại van và các phần tử khác.

10.1.1. Hệ thống điều chỉnh tự động

Hệ thống điều chỉnh tự động gồm đối tượng điều chỉnh, thiết bị điều chỉnh tự động và các kênh hay ống dẫn liên hệ (hình 10.1).



Hình 10.1. Hệ thống điều chỉnh tự động

a) sơ đồ công nghệ hệ thống điều chỉnh tự động áp suất ngưng tụ ;

b) sơ đồ nguyên lý hệ thống điều chỉnh tự động.

1 - vít hiệu chỉnh ; 2 - van điều chỉnh ; 3 - cần van ; 4 - màng cảm biến ;

5 - kênh liên hệ ngược ; 6 - bình ngưng ; 7 - kênh liên hệ thuận ; 8 - van điều chỉnh nước.

Để làm thí dụ, chúng ta hãy khảo sát mối quan hệ giữa các phần tử của một hệ thống loại như vậy trình bày trên hình 10.1a, đó là hệ thống điều chỉnh tự động áp suất ngưng tụ.

Đối tượng điều chỉnh là bình ngưng làm mát bằng nước (6), còn đại lượng điều chỉnh (y) là áp suất hơi của môi chất lạnh trong khoang hơi của bình ngưng. Khi vận hành thiết bị lạnh áp suất này có thể biến động trong một giới hạn rộng dưới tác

dụng của những nguyên nhân bên ngoài như sự thay đổi của nhiệt độ nước làm mát, sự biến đổi của lưu lượng và nhiệt độ hơi vào bình ngưng, sự biến động của mức lỏng trong bình ngưng v.v...

Trên hình 10.1b tác dụng tổng hợp của tất cả các yếu tố bên ngoài tới áp suất ngưng tụ được quy ước trình bày bằng đại lượng f_{ng} . Van điều chỉnh nước (8) ở đây đóng vai trò của thiết bị điều chỉnh tự động và được đặt trên đường nước làm mát ở lối vào bình ngưng. Khi áp suất ngưng tụ thay đổi thì van này sẽ điều chỉnh lượng nước vào làm mát bình ngưng. Tác động điều chỉnh (x) này được truyền tới đối tượng điều chỉnh qua kênh liên hệ thuận (7). Không gian hơi của bình ngưng và không gian phía trên màng (4) của thiết bị điều chỉnh (8) được thông với nhau qua ống (5), do vậy đại lượng điều chỉnh là áp lực hơi (y) trong bình ngưng sẽ tác động lên van điều chỉnh tự động (8) qua kênh liên hệ ngược (5) này.

Vít 1 dùng để hiệu chỉnh van điều chỉnh nước theo áp suất ngưng tụ yêu cầu qua thay đổi lực nén của lò xo hiệu chỉnh. Phần tử cảm biến của bộ điều chỉnh là màng 4, nó bị tác động trực tiếp của áp suất ngưng tụ. Như vậy cần van 3 nhận được đồng thời tín hiệu của áp suất ngưng tụ và lực nén của lò xo, người ta gọi cần này là phần tử so sánh của bộ điều chỉnh. Nếu hai tín hiệu tác động này không cân bằng nhau (về trị số) thì sẽ gây nên lực tác động lên cơ quan điều chỉnh 2 để thiết lập vị trí cân bằng mới.

Khi áp lực ngưng tụ tăng thì lực tác động lên màng lớn hơn lực của lò xo và cần 3 đi xuống mở to van 2 tăng lưu lượng làm mát vào bình ngưng (trị số x tăng). Như vậy, đại lượng điều chỉnh (y) ở đây là áp suất ngưng tụ sẽ thay đổi (giảm) khi đó giá trị điều chỉnh sẽ khác với giá trị đặt, nhưng sau đó do được làm mát tốt nên áp suất ngưng tụ sẽ giảm đi làm van 2 đóng bớt lại. Các quá trình tăng giảm tương tự sẽ xảy ra cho đến khi lập lại trạng thái cân bằng ban đầu, tức là áp suất ngưng tụ dao động xung quanh giá trị không đổi đã chọn.

Hệ thống điều chỉnh như vừa khảo sát được gọi là hệ thống kín vì đối tượng điều chỉnh và thiết bị điều chỉnh tự động có liên hệ với nhau bằng các kênh liên lạc thuận (7) và ngược (5).

10.1.2. Hệ thống bảo vệ tự động

Hệ thống bảo vệ tự động dùng để ngắt (không cho làm việc nữa) đối tượng cần bảo vệ hay các phần tử nào đó khi đại lượng cần khống chế của nó đạt tới giá trị quy định (nguy hiểm hay không mong muốn, ...). Hệ thống bảo vệ tự động gồm có đối tượng bảo vệ, các thiết bị kiểm tra và điều khiển tự động, các kênh dẫn liên hệ thuận và ngược.

Trên sơ đồ hình 10.2 là hệ thống bảo vệ tự động động cơ điện của máy nén theo tín hiệu áp suất đầu đẩy của role áp suất cao. Đối tượng bảo vệ ở đây là động cơ 7 của máy nén lạnh, thiết bị kiểm tra tự động là role áp suất cao 3, thiết bị điều khiển là khởi động từ 1 còn kênh liên hệ ngược là ống nối đường đẩy 6 của máy nén với phần tử cảm biến 5 của thiết bị kiểm tra 3.

Phần tử cảm biến được chế tạo ở dạng hộp xếp (5) để tiếp nhận đại lượng kiểm tra y là áp suất đẩy qua kênh liên hệ ngược 6. Phần tử so sánh 4 trong role áp suất cũng là một hệ thống cần truyền động mà khi áp suất đẩy vượt quá giá trị quy định thì nó cho tín hiệu ngắt động cơ máy nén (mở tiếp điểm điều khiển trong role áp suất). Cũng như trong các sơ đồ bảo vệ tự động khác, ở đây tín hiệu cũng được xử lý bằng phần tử so sánh và thay đổi đột biến. Công suất ngắt của công tắc role phải

Figure 1 consists of two parts: (a) a schematic diagram of the physical control system and (b) a control logic flowchart.

Part (a) shows a pump (1) connected to a pressure sensor (2). The sensor is linked to a relay (3) which controls a switch (4). The switch is connected to a valve (5) and a motor (6). The pump is also connected to a pressure sensor (7) which is linked to a relay (8) which controls a switch (9). The switch is connected to a valve (10) and a motor (11).

Part (b) shows a control logic flowchart. The flow starts at step 1, goes to step 2, then to step 4, then to step 5, and finally back to step 1, forming a closed loop.

a) sơ đồ công nghệ hệ thống bảo vệ động cơ điện theo áp suất dầu đẩy; b) sơ đồ nguyên lý.
1 - khởi động từ ; 2 - vít hiệu chỉnh ; 3 - rơle áp suất cao ; 4 - cần đẩy ;
5 - xyphông cảm biến ; 6 - kênh liên hệ ngược ; 7 - động cơ máy nén.

10.1.3. Hệ thống tín hiệu tự động

Figure 1 consists of two diagrams. Diagram (a) is a schematic of a hydraulic system. It shows a pump (1) connected to a valve (2), which controls the flow to an actuator (3). The actuator is connected to a feedback loop (4, 5, 6). The feedback loop includes a sensor (4) that measures the output (y) and a controller (5) that adjusts the valve (2). The output (y) is also measured by a sensor (6). Diagram (b) is a block diagram of the control system. It shows a feedback loop with blocks 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 7. Block 1 is the reference input, which goes to block 7. Block 7 outputs to block 3, which then goes to block 2. Block 2 outputs to block 6, which is the output (y). Block 6 is also the input to block 4, which goes to block 5. Block 5 outputs to block 1, completing the feedback loop.

a) sơ đồ hệ thống tín hiệu tự động báo mức lỏng bình chứa cao áp; b) sơ đồ nguyên lý.
1 - rơle mức lỏng LC (Level Control); 2 - đèn tín hiệu và còi 'A' (Alarm);
3 - hộp điện của rơle mức lỏng; 4 - đường cân bằng; 5 - vỏ van phao;
6 - bình chứa cao áp; 7 - nguồn.

249

Mức lỏng trong bình chứa phụ thuộc vào một loạt các yếu tố bên ngoài như số lượng lỏng từ bình ngưng đi vào bình chứa, số lượng môi chất lỏng từ bình chứa đi vào hệ thống, số lượng môi chất lạnh xả qua van an toàn, qua bình tách khí, do rò rỉ,... Thông tin về mức lỏng trong bình chứa (đại lượng y) được truyền theo đường liên hệ ngược vào thiết bị tín hiệu và được so sánh với giá trị đặt. Khi hai giá trị này trùng nhau thì thiết bị tín hiệu phát tín hiệu qua đèn hiệu hoặc còi.

Không có kênh liên hệ thuận trong hệ thống tín hiệu tự động, tuy nhiên cũng có thể tạo nên kênh này nếu theo tín hiệu của hệ thống tín hiệu tự động tác động (mũi tên X) lên cơ quan điều chỉnh để nó đóng hay điều chỉnh van và khôi phục sự làm việc bình thường của bình chứa.

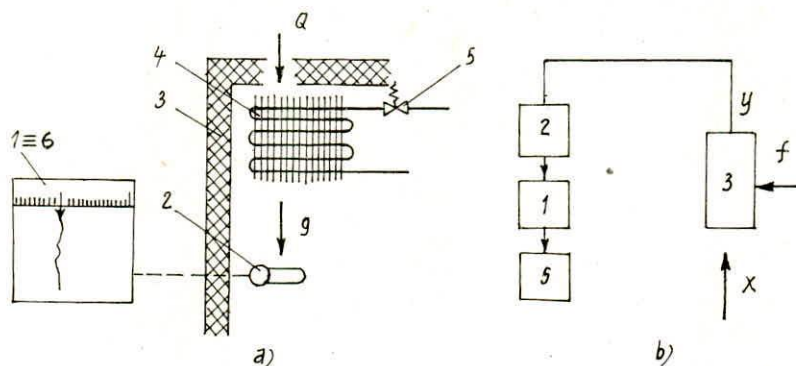
Trong thí dụ trên không có thiết bị chủ động (như tín hiệu áp lực hơi hay lực lò xo,...). Việc đặt mức được thực hiện nhờ đặt buông van phao 5 ở chiều cao nhất định so với bình chứa và không thay đổi. Hệ thống tín hiệu tự động là hệ thống tự động hóa hở.

Phần tử cảm biến là phao bằng thép 5, phần tử so sánh 3 là khối điện của role mức trong đó có bộ khuếch đại tín hiệu và role tín hiệu ra. Các tiếp điểm của role này mắc vào mạch nguồn của còi hoặc đèn tín hiệu.

10.1.4. Hệ thống đo lường tự động

Hệ thống đo lường tự động dùng để đo liên tục hay theo chu kỳ các đại lượng kiểm tra và biến đổi nó thành số chỉ của dụng cụ đo lường. Hệ thống đo lường tự động (hình 10.4) gồm đối tượng kiểm soát, thiết bị đo lường và kênh liên hệ ngược. Thí dụ, trong hệ thống đo lường tự động nhiệt độ không khí trong buồng lạnh thì đối tượng kiểm soát là buồng lạnh, đại lượng điều chỉnh là nhiệt độ không khí trong phòng lạnh, bộ cảm biến nhiệt độ là nhiệt kế điện trở đồng hoặc platin, thiết bị đo là cầu điện xoay chiều. Không khí buồng lạnh thực hiện chức năng kênh liên hệ ngược, nhiệt độ buồng lạnh được truyền cho bộ cảm ứng nhiệt độ.

Hệ thống đo lường tự động là hệ thống hở, không có liên hệ thuận giữa thiết bị đo và đối tượng kiểm tra.



Hình 10.4. Hệ thống đo lường tự động

- a) sơ đồ công nghệ hệ thống đo lường tự động nhiệt độ phòng lạnh ; b) sơ đồ nguyên lý
1 - thiết bị đo ; 2 - nhiệt kế điện trở ; 3 - buồng lạnh ; 4 - dàn lạnh nước muối ;
5 - van điện từ ; 6 - thiết bị tự ghi.

Trong sơ đồ này, cơ quan điều chỉnh có thể là van chặn đặt ở đầu vào của dàn nước muối phòng lạnh. Nếu nhiệt độ không khí buồng lạnh theo số chỉ của thiết bị đo thấp hơn yêu cầu thì người vận hành sẽ dùng tay đóng van hoặc nhờ cơ cấu điều

khiến từ xa. Khi nhiệt độ tăng đến giới hạn cho phép thì trên cơ sở số chỉ của dụng cụ đo, người công nhân lại làm thao tác mở van ra. Khi nhiệt độ không khí trong buồng được điều chỉnh tự động thì hệ thống đo lường tự động dùng để kiểm tra liên tục và ghi lại chế độ nhiệt độ trong buồng.

10.1.5. Hệ thống điều khiển tự động

Hệ thống điều khiển tự động dùng để đóng ngắt theo trình tự thời gian yêu cầu hoặc theo những tín hiệu quy định của đối tượng điều chỉnh hay những phần tử riêng của nó. Hệ thống điều khiển tự động gồm đối tượng điều khiển, thí dụ, thiết bị máy nén và tổ hợp các thiết bị điều khiển tự động.

Hệ thống điều khiển tự động có thể được nối liền với hệ thống bảo vệ và tín hiệu tự động để đảm bảo vận hành an toàn hệ thống lạnh ở chế độ làm việc tự động.

Trong các sơ đồ tự động hóa thiết bị lạnh, người ta thường sử dụng những ký hiệu quy ước biểu thị các thiết bị đo, thiết bị điều chỉnh và tín hiệu, các bộ cảm biến và các cơ cấu phụ.

Các dụng cụ tự động thường được biểu thị bằng vòng tròn, ô vuông hay chữ nhật có ngăn đôi theo chiều đứng. Trên vạch ngang ghi ký hiệu các đại lượng cần đo hay kiểm tra như : nhiệt độ (T), hiệu-nhiệt độ (ΔT), áp suất (p), hiệu áp suất (Δp), dòng (F), mức (L). Dưới vạch ngang ghi ký hiệu quy ước chức năng các dụng cụ tự động như : chỉ thị (I), tự ghi (R), ký hiệu (A), bảo vệ, khống chế (C), vị trí (ĐV).

10.2. TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN MÁY NÉN LẠNH

Hệ thống tự động hóa máy nén lạnh bao gồm hệ thống điều khiển tự động, hệ thống bảo vệ và tín hiệu tự động. Trong phạm vi giáo trình này chúng ta chỉ tìm hiểu hai phương pháp chính điều chỉnh tự động máy nén lạnh là phương pháp điều chỉnh liên tục và phương pháp điều chỉnh gián đoạn.

10.2.1. Điều chỉnh liên tục công suất lạnh

Phương pháp điều chỉnh liên tục công suất lạnh của máy nén thường được sử dụng trong các máy nén lạnh công suất lớn và trung bình bằng cách thay đổi số vòng quay của động cơ hay của máy nén hoặc khi dùng cơ cấu nâng van hút kiểu điện từ. Cũng có thể thay đổi công suất lạnh của máy nén một cách liên tục nhờ van xả tắt (bypas) hơi nén sang đường hút hoặc dùng van tiết lưu đặt trên đầu hút.

1. Thay đổi tốc độ quay của thiết bị dẫn động máy nén

Theo cách này, có thể thay đổi tốc độ quay của động cơ dẫn động máy nén hay thay đổi tỷ số truyền khi dẫn động máy nén bằng dây đai (dây courroi). Phương pháp này làm thay đổi từ từ và liên tục số vòng quay của máy nén do đó cũng làm thay đổi liên tục công suất lạnh, vì như ta biết, công suất lạnh của máy nén tỷ lệ với số vòng quay của nó.

Để thay đổi tốc độ quay của động cơ điện ta phải thay đổi tần số hay điện áp của nguồn điện. Trong các động cơ điện một chiều, tốc độ quay được thay đổi do điều chỉnh điện áp. Một khó khăn làm cho phương pháp này ít được áp dụng là phải tạo ra được một nguồn điện một chiều có công suất đủ lớn để cung cấp cho động cơ dẫn động máy nén. Trong các động cơ không đồng bộ có rôto ngắn mạch thì tốc độ quay của nó cũng được điều chỉnh bằng bộ điều chỉnh điện áp hoặc tần số dòng điện, tuy

nhiên khoảng điều chỉnh của nó không rộng. Để điều chỉnh tốc độ quay của động cơ nói chung cũng khó khăn và tốn kém nhất là với những hệ thống lớn.

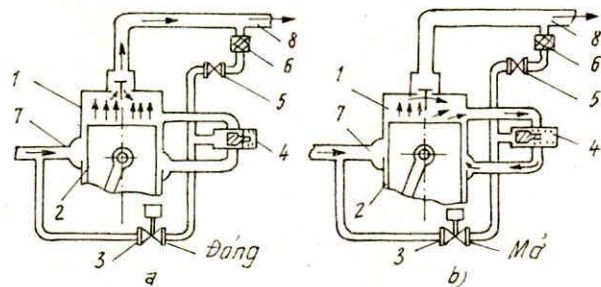
Khi truyền động máy nén qua dây đai, người ta không điều chỉnh tốc độ quay của động cơ mà thay đổi tốc độ quay của máy nén do thay đổi tỷ số truyền bằng cách thay đổi liên tục vị trí của dây đai trên trục côn (đường kính thay đổi). Phương pháp này đơn giản, dễ áp dụng, song gây tổn thất do ma sát.

Tính kinh tế của các phương pháp này phụ thuộc vào mức độ giảm hiệu suất động cơ khi giảm số vòng quay của nó và việc giảm hiệu suất truyền động khi truyền động bằng dây đai.

2. Sử dụng van tiết lưu hơi hút hoặc van xả tắt hơi từ đầu đẩy về đầu hút

Thay đổi áp lực hơi hút thông qua việc điều chỉnh van tiết lưu đặt trên đường hút vào máy nén cũng làm thay đổi công suất lạnh của máy. Khi vận nhỏ van tiết lưu này thì áp suất hút giảm đi và do đó tỷ số nén và nhiệt độ đầu đẩy cũng tăng, còn công suất lạnh của máy nén thì giảm đi. Vì vậy mà hệ thống điều chỉnh kiểu này không được sử dụng phổ biến, người ta thường chỉ áp dụng nó khi có nhu cầu điều chỉnh công suất lạnh của máy nén mà không được trang bị sẵn các thiết bị điều chỉnh chuyên dùng khác.

Trong các máy nén công suất lớn việc điều chỉnh công suất lạnh liên tục lại thường được thực hiện bằng cách xả bớt hơi nén về lại cửa hút bằng van xả tắt (bypass) như ở hình 10.5. Các cửa trích này thường được bố trí ở phần trên xilanh tại vị trí khoảng 3/4 hành trình pittông. Bình thường thì van điện từ 3 đóng mạch, van bypass 4 được đóng kín nhờ áp lực phía đầu đẩy truyền qua van giảm áp 5. Khi cần giảm công suất lạnh



Hình 10.5. Sơ đồ điều chỉnh máy nén bằng van xả tắt (bypass)

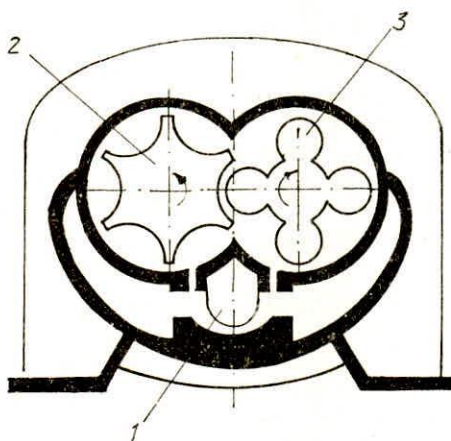
- a) 100% công suất lạnh ;
b) giảm công suất lạnh.

1 - xilanh ; 2 - pittông ; 3 - van điện từ ;
4 - by pas ; 5 - van tiết lưu ; 6 - phin lọc ;
7 - đường hút ; 8 - đường đẩy .

thì van điện từ 3 mở thông với đường hút, áp suất phía dưới pittông của van bypass giảm làm cho van mở, một phần hơi nén quay lại khoang hút nên công suất lạnh của máy giảm.

3. Dùng các cơ cấu điều chỉnh đặt bên trong máy nén

Trong các máy nén pittông, các cơ cấu loại như vậy thường là các vòng chèn làm thay đổi tiết diện van hút và thể tích chết của xilanh, nhờ đó mà hệ số cấp và công suất máy nén thay đổi. Trong máy nén trục vít thì do thay đổi vị trí của thanh điều chỉnh mà chiều dài hiệu quả của trục vít thay đổi làm cho công suất lạnh của nó cũng biến đổi theo (hình 10.7).



Hình 10.6. Vị trí thanh trượt

trong máy nén trục vít
1 - thanh trượt ; 2 - rôto bị động ;
3 - rôto dẫn động.

Hình 10.6 biểu thị sơ đồ vị trí chi tiết chính của máy nén trực vít. Tùy thuộc vị trí thanh trượt ở hình 10.7 mà có hay không có một lượng hơi nhất định quay lại đầu hút để điều chỉnh công suất lạnh. Sự dịch chuyển của pittông dẫn động 7 có thể bằng động cơ điện hay truyền dẫn thủy lực bằng dầu như ở sơ đồ hình 10.8.

Khi cần giảm công suất lạnh, pittông hiệu chỉnh và thanh trượt dịch chuyển sang phải, dầu được bơm thêm lên từ thùng dầu 6 qua ngăn kéo phân phối 3. Khi tăng công suất, pittông dịch chuyển sang trái, dầu được tích tụ thêm ở thùng 6. Bơm dầu bánh răng 4 hoạt động liên tục.

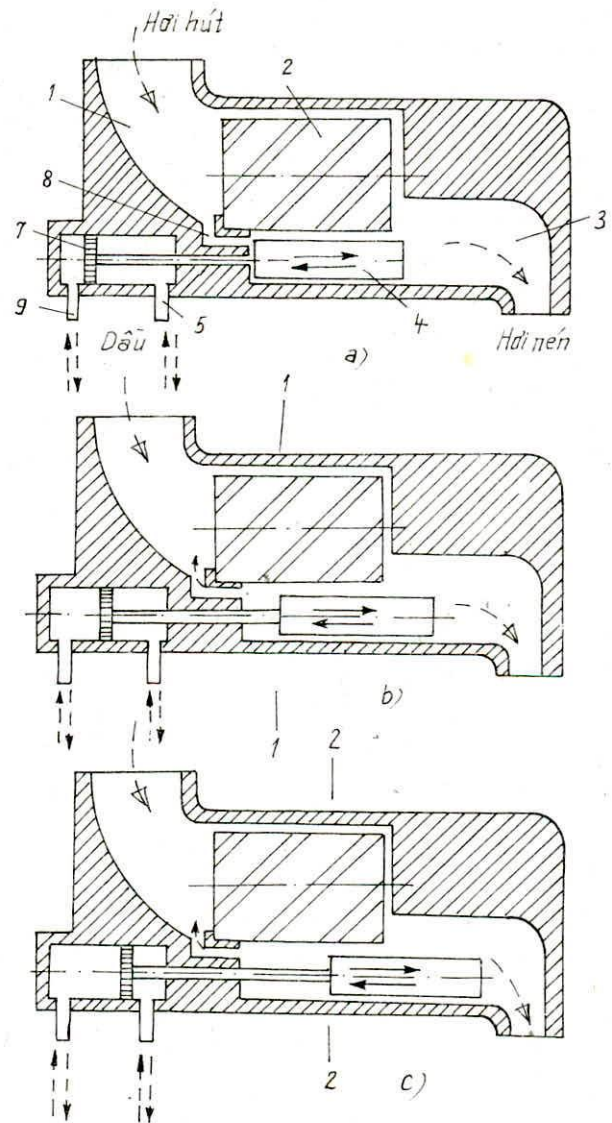
10.2.2. Điều chỉnh nhảy cấp công suất lạnh

Ở phương pháp này, công suất lạnh của máy nén không được điều chỉnh từ từ liên tục mà được điều chỉnh nhảy cấp, tăng hay giảm đáng kể. Các phương pháp hay được dùng ở nhóm này là phương pháp khởi động - ngừng máy nén và phương pháp nâng van hút.

1. Phương pháp khởi động - ngừng máy nén

Phương pháp này được áp dụng phổ biến trước hết ở các máy lạnh công suất nhỏ. Các máy nén này thường không có các thiết bị để điều chỉnh công suất lạnh như vẫn thường gặp ở máy nén công suất lớn và trung bình. Đối tượng phục vụ của các máy nén nhỏ thường có quán tính nhiệt đủ lớn có thể giữ chế độ nhiệt độ ở trong giới hạn cho phép bằng cách ngừng và khởi động máy nén để điều chỉnh công suất lạnh. Tuy nhiên, về nguyên tắc, số lần khởi động như vậy không nên vượt quá 4 - 6 lần trong một giờ.

Để điều chỉnh công suất lạnh của máy nén nhiều xilanh - máy nén công suất lớn và trung bình - người ta hay sử dụng phương pháp tách ra hay đưa trở lại hoạt động một hay một số xilanh. Khi đó năng lượng tiêu tốn phụ thêm chỉ là để khắc phục trở lực ma sát ở các van đẩy và van hút của các xilanh không làm việc, các van này làm



Hình 10.7. Sơ đồ điều chỉnh công suất máy nén trực vít vị trí thanh trượt tương ứng với công suất lớn nhất (a), trung bình (b) và nhỏ nhất (c)

- 1 - ống hút ; 2 - rôto ; 3 - ống đẩy ;
- 4 - thanh trượt ; 5, 6 - ống dầu vào và ra ngăn kéo truyền động thanh trượt ;
- 7 - pittông của xilanh - ngăn kéo truyền động ;
- 8 - lỗ truyền hơi trở lại khoang hút
- Hướng chuyển động của thanh trượt
- > Hướng chuyển động của dầu .

việc nhưng hơi nén được trở lại đầu hút, ở phương pháp này, đường dẫn từ mỗi xilanh là những ống dẫn riêng dẫn vào một ống gộp chung (hình 10.9).

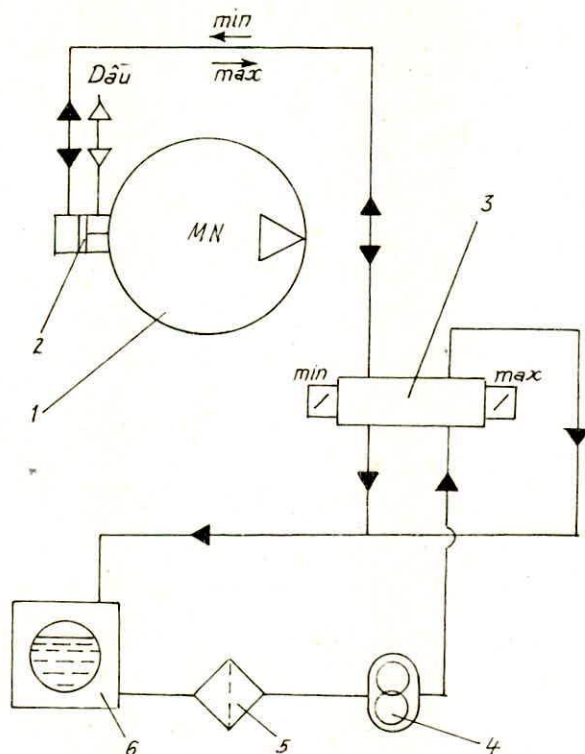
Công suất tiêu thụ của máy nén không tỷ lệ với công suất lạnh. Khi tỷ số nén lớn hơn 6 và máy nén làm việc lâu ở trạng thái có các xilanh tách ra như vậy nhiệt độ thân máy tăng đáng kể.

2. Phương pháp nâng van hút

Phương pháp này còn có tên gọi là phương pháp giữ van hút hay phương pháp nối lỏng van hút. Nó được sử dụng rộng rãi để điều chỉnh công suất các máy nén lớn và trung bình một cách liên tục hay nhảy cấp. Chỉ ở những máy nén pittông kiểu thẳng dòng, có van hút bố trí ở đỉnh pittông, thì phương pháp này không dùng được.

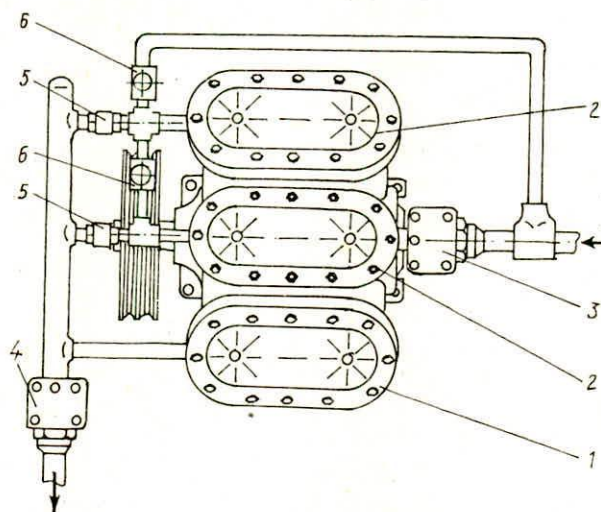
Nhờ cố định tấm van hút ở vị trí mở mà ta có thể giảm công suất hay tách ra một số xilanh không làm việc bình thường. Ở các xilanh bị tách ra, công suất tiêu tốn thêm chỉ để khắc phục trở lực ma sát giữa séc măng với xilanh và trở lực ở van hút mở. Van hút thường được giữ bằng một cơ cấu đặc biệt chuyên dùng hay bằng một trường điện từ tác dụng trực tiếp lên tấm van hút. Cơ cấu chuyên dùng có thể là loại cơ cấu nâng điện từ (cần nâng được nối với van điện từ), cơ cấu nâng thủy lực (áp suất dầu do bơm dầu máy nén cung cấp tác động lên pittông nối với cần nâng) hoặc cơ cấu nâng khí nén (áp suất do khí nén cung cấp tác động lên pittông nối với cần nâng). Ở cơ cấu nâng điện từ thì điện từ trường được tạo nên ở ổ van hút hay ở nắp xilanh sẽ hút tấm van để duy trì ở trạng thái mở nào đó.

Phương pháp nâng van hút bằng cơ cấu nâng thủy lực được sử dụng phổ biến trong các máy nén hiện đại như Sabroe của Đan Mạch, Mycom của Nhật ... với khả năng điều chỉnh công suất là 33%, 50%, 67% và 100% hay



Hình 10.8. Sơ đồ dẫn động thủy lực thanh trượt

- 1 - máy nén ; 2 - pittông truyền động thanh trượt ;
- 3 - ngăn kéo phân phối ; 4 - bơm dầu bánh răng ;
- 5 - phin lọc ; 6 - thùng dầu.



Hình 10.9. Sơ đồ điều chỉnh tách xilanh máy nén nhiều xilanh bằng van nối tắt.

- 1 - cụm xilanh không điều chỉnh ; 2 - các cụm có điều chỉnh ; 3 - van hút ; 4 - van đẩy ;
- 5 - van một chiều ; 6 - van điện từ nối tắt.

25%, 50%, 75% và 100%. Máy nén lạnh amoniác mới của Việt Nam do công ty thiết bị lạnh Long Biên sản xuất 6AW95 cũng dùng cơ cấu nâng thủy lực kiểu như vậy. Các máy lạnh công suất lớn và trung bình do Liên Xô cũ chế tạo thường dùng cơ cấu nâng điện từ có cuộn dây tạo từ trường đặt ở đỉnh xilanh.

Phương pháp điều chỉnh bằng các phương pháp nâng van hút là phương pháp kinh tế nhất, khi đó công suất tiêu thụ hầu như giảm tỷ lệ với độ giảm công suất lạnh.

Khi máy nén được trang bị các thiết bị điều chỉnh công suất đặc biệt là các thiết bị để tách xilanh, để nâng van hút và cả các van xả tắt (bypass) thì chúng cũng được dùng để khởi động máy nén.

10.3. TỰ ĐỘNG HÓA THIẾT BỊ NGỪNG TỤ

Nhiệm vụ tự động hóa thiết bị ngưng tụ là giữ cho áp suất ngưng tụ p_k (và do đó cả nhiệt độ ngưng tụ t_k) ở một giới hạn cho phép.

Khi áp suất và nhiệt độ ngưng tụ tăng sẽ làm tăng chi phí điện năng tiêu thụ cho máy nén và ảnh hưởng tới độ bền của thiết bị. Tự động hóa thiết bị ngưng tụ còn có ý nghĩa làm giảm lượng nước làm mát và đảm bảo khả năng điều chỉnh cấp lỏng cho thiết bị bay hơi.

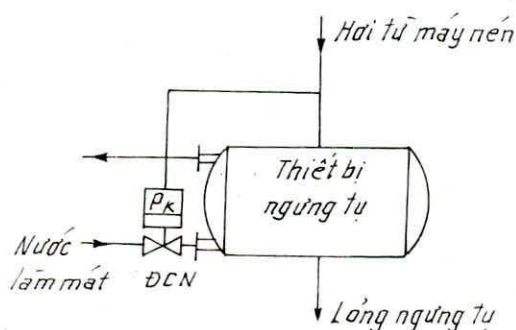
Khi áp suất và nhiệt độ ngưng tụ giảm thì công suất lạnh tăng, còn công suất tiêu hao cho máy nén sẽ giảm, nhưng nếu khả năng điều chỉnh của thiết bị cấp lỏng không đáp ứng được thì cũng phải điều chỉnh để áp suất ngưng tụ không thấp quá giới hạn cho phép.

Các phương pháp duy trì áp suất ngưng tụ chủ yếu phụ thuộc vào cấu tạo của thiết bị ngưng tụ và môi trường làm mát (là nước hay không khí).

10.3.1. Tự động hóa thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước

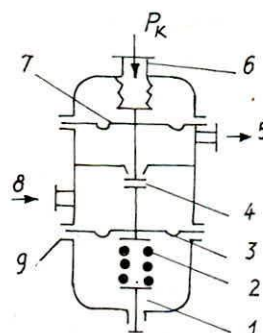
Áp suất ngưng tụ thường được cho phép dao động trong một khoảng tương đối rộng.

Phương pháp điều chỉnh thường là làm thay đổi lưu lượng nước làm mát nhờ đưa vào đường nước cấp cho thiết bị ngưng tụ một bộ điều chỉnh nước (ĐCN - hình 10.11) và được lắp đặt như sơ đồ hình 10.10.



Hình 10.10

Sơ đồ điều chỉnh lưu lượng nước làm mát.



Hình 10.11. Sơ đồ bộ điều chỉnh nước

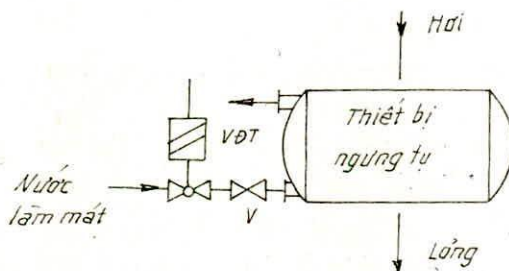
- 1 - vít hiệu chỉnh ; 2 - lò xo ;
- 3, 7 - màng ngăn ; 4 - van ;
- 5, 8 - cửa nước ra và vào ;
- 6 - hộp xếp và cửa hơi vào ; 9 - thân.

Tín hiệu đưa vào bộ điều chỉnh nước là áp suất ngưng tụ p_k lấy từ đường đẩy của máy nén đến bình ngưng hoặc từ cửa trích phía trên bình ngưng.

Van này sẽ đóng bớt lại khi áp suất ngưng tụ giảm thấp hơn định mức. Khi áp suất ngưng tụ tăng, hộp xếp bị dãn ra, đẩy cần van làm mở to cửa van để tăng lượng nước vào làm mát.

Độ mở ban đầu của van (tương ứng với áp suất ngưng tụ định mức) được ấn định ban đầu nhờ điều chỉnh vít hiệu chỉnh 1, sau đó thì tùy theo tín hiệu áp suất p_k thay đổi mà hộp xếp sẽ làm cho van mở thêm ra hay đóng bớt lại để thay đổi lượng nước đi vào các cửa 8 và 5 điều chỉnh áp suất p_k trong giới hạn cho phép.

Trường hợp máy lạnh làm việc gián đoạn hay theo chu kỳ, để tiết kiệm nước làm mát, việc cung cấp nước cho thiết bị ngưng tụ được thực hiện đồng thời với việc mở hoặc tắt máy nén. Khi đó người ta có thể sử dụng van điện từ (VDT) để đóng, mở đường nước ở chế độ làm việc tự động.



Hình 10.12. Cấp nước định kỳ bằng van điện từ.

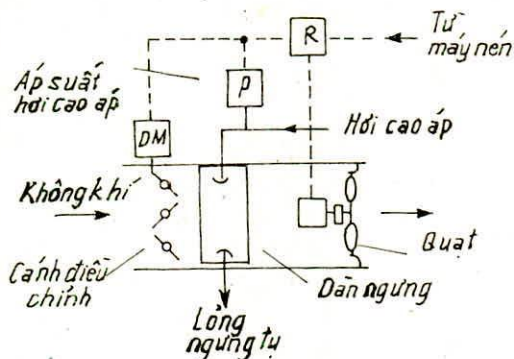
Van điện từ nhận tín hiệu từ hệ thống điều khiển tự động : mở van khi khởi động và đóng khi ngừng máy nén (hình 10.12).

Khi nhiệt độ nước cấp thay đổi nhiều (thí dụ khi thay đổi mùa) thì lưu lượng nước được điều chỉnh bằng van tay V. Trong các hệ thống lớn, tín hiệu từ hệ thống điều khiển tự động được dẫn tới động cơ bơm nước để khởi động hay dừng bơm nước ngưng tụ, ngoài ra, cũng có thể đặt bơm phụ hoạt động theo tín hiệu nhiệt độ nước ở đầu ra và đầu vào bình ngưng tụ để điều chỉnh "tinh" áp suất tụ.

10.3.2. Tự động hóa thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí

Áp suất ngưng tụ p_k trong các thiết bị ngưng tụ loại này có thể được điều chỉnh do thay đổi tốc độ hoặc lưu lượng không khí làm mát. Đôi khi cũng có thể điều chỉnh p_k do thay đổi diện tích bề mặt trao đổi nhiệt thực tế của dàn bằng cách "che" bớt một phần nào đó của dàn, chẳng hạn để ngấp lỏng phần dưới.

Tốc độ và lưu lượng không khí làm mát có thể thay đổi do thay đổi tốc độ quay của quạt gió, nhờ điều chỉnh lượng gió qua quạt bằng các tấm chắn hiệu chỉnh (hình 10.13). Khi áp lực ngưng tụ giảm, các tấm chắn này mở to để dòng không khí đi qua bề mặt trao đổi nhiệt giảm tốc độ và do đó giảm khả năng truyền nhiệt làm cho nhiệt độ và áp suất ngưng tụ lại tăng khi các tấm chắn gần như đóng hết thì role sẽ ngừng động cơ quạt. Khi cần tăng nhiệt độ ngưng tụ cũng có thể chắn bớt không khí, không cho thổi qua toàn bộ bề mặt dàn ngưng, thí dụ ngắt quạt gió của một số xéc-xi (đơn nguyên) hay một phần nào đó của dàn.



Hình 10.13

Trên hình 10.14 trình bày một sơ đồ điều chỉnh nhiệt độ ngưng tụ có sử dụng van điều áp (điều chỉnh áp suất), có nguyên tắc cấu tạo trình bày trên sơ đồ hình 10.13.

Thường thì trên đường nhánh của van này có bố trí van điều chỉnh pilot PL để tạo nên áp suất p_2 đưa vào van điều chỉnh để đơn giản chế tạo và hoạt động của van này. Khi độ mở của van pilot thay đổi thì hiệu áp suất $p_2 - p_3$ tác động lên pittông 1 cũng thay đổi làm cho van 4 mở to ra hoặc đóng nhỏ lại.

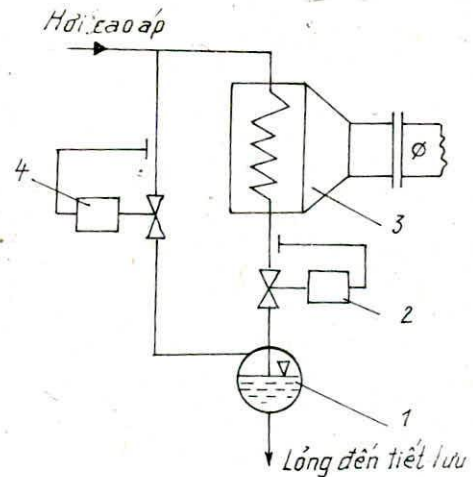
Trong sơ đồ hình 10.14, áp suất ngưng tụ p_k (chính là áp suất p_1 đưa vào van 2) sẽ thay đổi do thay đổi mức lỏng ngưng tụ trong dàn ngưng nhờ có 2 van điều chỉnh áp suất 2 và 4 đặt giữa dàn ngưng 3 và bình chứa 1.

Khi nhiệt độ không khí giảm làm giảm áp suất ngưng tụ thì van 2 sẽ đóng bớt lại (do áp suất p_2 và hiệu áp suất $p_2 - p_3$ giảm) làm tăng mức lỏng trong dàn ngưng tức làm giảm hiệu quả trao đổi nhiệt của dàn, do vậy mà áp suất và nhiệt độ ngưng tụ sẽ tăng trở lại. Khi đó nhờ có van 4 mở to hơn (do áp suất từ phía bình chứa giảm) và áp suất trong bình chứa lại tương ứng với áp suất ngưng tụ ở chế độ mới xác lập. áp suất ngưng tụ trở về trị số định mức sẽ tạo điều kiện để cấp lỏng bình thường.

Có thể sử dụng sơ đồ điều chỉnh áp suất ngưng tụ bằng van điều áp đặt trên đường hơi vào và van bypass giữa đường hơi vào và đường lỏng ra như ở sơ đồ hình 10.16.

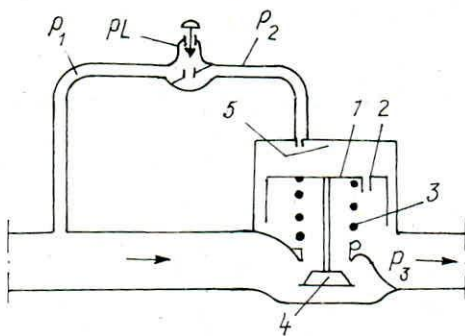
Khi áp suất trong bình chứa giảm nhỏ hơn giới hạn dưới thì van bypass 5 sẽ mở để hơi cao áp vào bình chứa, dùng chính nó hạn chế dòng môi chất lỏng ra khỏi dàn ngưng và tạo nên sự tích lỏng ở phần dưới dàn ngưng.

Lượng hơi nóng qua van bypass và lượng lỏng tụ lại trong dàn ngưng được điều chỉnh tự động liên tục bằng van điều áp tùy thuộc vào áp lực trong bình chứa.



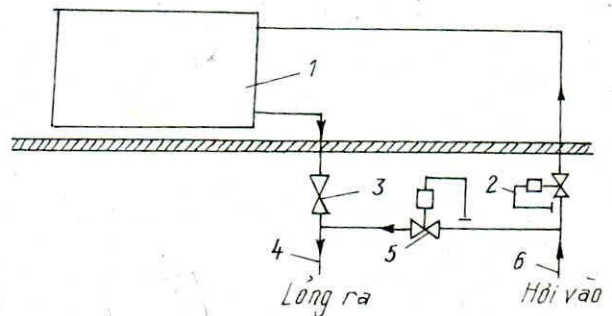
Hình 10.14. Điều chỉnh áp suất ngưng tụ dàn ngưng không khí

1 - bình chứa cao áp ; 2, 4 - van điều áp ; 3 - dàn ngưng không khí.



Hình 10.15. Sơ đồ nguyên lý bộ điều chỉnh pilot

1 - pittông ; 2 - lỗ điều chỉnh ; 3 - lò xo ; 4 - van ; 5 - van một chiều ; PL - van pilot.

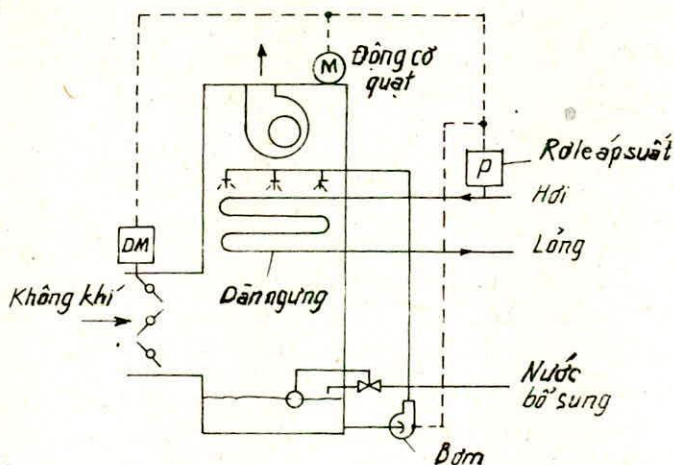


Hình 10.16. Sơ đồ tự động hóa dàn ngưng không khí.

1 - dàn ngưng ; 2 - van điều áp ; 3 - van một chiều ; 4 - ống dẫn lỏng ra ; 5 - van bypass ; 6 - ống hơi cao áp.

Nếu dàn ngưng tụ gồm nhiều đơn nguyên (xéc - xi) thì việc điều chỉnh phải được thực hiện cho từng đơn nguyên.

Công suất nhiệt của thiết bị ngưng tụ - bay hơi cũng được điều chỉnh bằng cách thay đổi lượng không khí tuần hoàn qua thiết bị như đối với dàn ngưng không khí, nhờ thay đổi tốc độ quạt hay bằng cách điều chỉnh các tấm chắn (hình 10.17).



Hình 10.17. Sơ đồ tự động hóa thiết bị ngưng tụ bay hơi.

10.4. TỰ ĐỘNG HÓA THIẾT BỊ BAY HƠI

10.4.1. Thông số điều chỉnh

Để đảm bảo sự làm việc bình thường của thiết bị bay hơi (bình bay hơi hay dàn bay hơi), trước hết cần phải chú ý :

Điều chỉnh cấp lỏng

Tránh đóng băng chất tải lạnh lỏng

Tránh để lớp tuyết quá dày khi làm lạnh không khí.

Mức lỏng nạp vào dàn bay hơi thường được kiểm tra thông qua việc xác định độ quá nhiệt và độ khô của hơi ở lối ra khỏi dàn. Khi cung cấp không đủ môi chất vào dàn bay hơi thì mức lỏng trong nó thấp, đồng thời độ quá nhiệt và độ khô của hơi ở cửa ra cũng sẽ tăng lên. Ngược lại, nếu cấp thừa lỏng thì độ khô và độ quá nhiệt của hơi ra sẽ giảm. Vì vậy, độ khô của hơi là thông số khách quan nhất phản ánh tình hình cấp lỏng và sự làm việc của thiết bị bay hơi, tuy nhiên còn thiếu các phương pháp và dụng cụ đo đơn giản xác định độ khô của hơi.

Thông số điều chỉnh được dùng phổ biến nhất phản ánh tình hình cấp lỏng cho thiết bị bay hơi là độ quá nhiệt của hơi ở lối ra.

Thông số này dễ xác định nhờ các phép đo nhiệt độ hơi ở lối ra t_1 và nhiệt độ sôi trong thiết bị bay hơi t_0 . Hiệu $t_1 - t_0 = \Delta t$ là độ quá nhiệt của hơi.

Để đo lường chính xác, cần lưu ý rằng trong dòng hơi ra khỏi thiết bị vẫn tồn tại cả môi chất lạnh lỏng (nhất là trong hệ thống lạnh freon do môi chất hòa tan dầu) và do trở lực thủy lực trong dòng chuyển động cưỡng bức và thể lỏng trong thể tích chất lỏng sôi trong thiết bị nên áp suất và nhiệt độ sôi thực tế có thay đổi theo vị trí của điểm xác định. Tuy vậy, độ quá nhiệt của hơi ở lối ra khỏi thiết bị bay hơi vẫn là chỉ tiêu đánh giá mức độ cấp lỏng.

Chỉ tiêu này có thể sử dụng đối với bất cứ loại môi chất lạnh nào, chỉ trừ những trường hợp ở thiết bị bay hơi không có thể tích cần thiết làm quá nhiệt hơi.

Đối với bình bay hơi ống vỏ kiểu ngập và các dàn bay hơi không có phần làm quá nhiệt hơi, chỉ tiêu xem xét mức độ cấp lỏng lúc đó là mức lỏng ở thiết bị.

Hệ thống lạnh amoniắc

Amoniắc không hòa tan dầu, người ta thường sử dụng phương pháp đo lường và điều chỉnh cấp lỏng trong các hệ thống lạnh này theo nguyên lý bình thông nhau như chỉ ra trên sơ đồ hình 10.18.

Mức lỏng trong bình đo 1 và trong bình bay hơi 2 chênh nhau một khoảng $\Delta H = H_1 - H_2$ do trong bình bay hơi mật độ dòng nhiệt lớn hơn ở bình đo nên nhiệt độ hơi cũng nhỏ hơn ở bình đo dẫn đến H_1 lớn hơn H_2 . Điều này cần được lưu ý khi đánh giá mức lỏng thực nạp và thiết kế hệ thống cấp lỏng.

Hệ thống lạnh freôn

Đối với hệ thống freôn, do môi chất hòa tan dầu bôi trơn nên chế độ sôi của môi chất là chế độ sôi màng mạnh, đôi khi không tồn tại cả biên phân pha nên không nhận biết được mức lỏng. Nhiệt độ và áp lực sôi giảm. Khi đó không thể xác định được quan hệ giữa nhiệt độ sôi và mức lỏng, vì vậy không thể sử dụng nguyên lý bình thông nhau trong trường hợp này.

Trong thực tế, các bộ điều chỉnh cấp lỏng thường là van tiết lưu nhiệt (van tiết lưu tự động) hoạt động theo tín hiệu độ quá nhiệt của hơi hoặc là các bộ điều chỉnh mức hoạt động theo tín hiệu độ quá nhiệt hay theo tín hiệu mức lỏng từ van phao.

Trong các hệ thống lạnh freôn thường sử dụng van tiết lưu nhiệt hoặc bộ điều chỉnh cấp lỏng hai vị trí.

Trong các hệ thống amoniắc thường dùng bộ điều chỉnh cấp lỏng liên tục hoặc hai vị trí (điều chỉnh gián đoạn).

10.4.2. Điều chỉnh cấp lỏng bằng van tiết lưu tự động

1. Van tiết lưu tự động

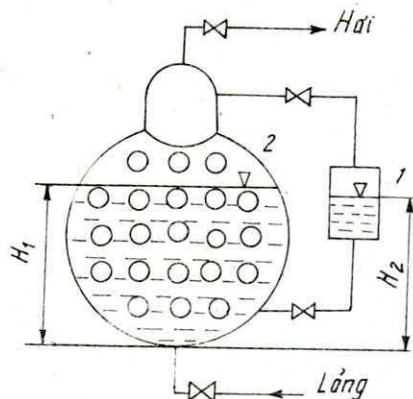
Van tiết lưu tự động (hay còn gọi là van tiết lưu nhiệt) cũng được xem là bộ điều chỉnh cấp lỏng liên tục hoạt động theo tín hiệu độ quá nhiệt của hơi.

Van tiết lưu tự động cũng có thể là loại cân bằng trong hay cân bằng ngoài.

Van tiết lưu cân bằng đơn

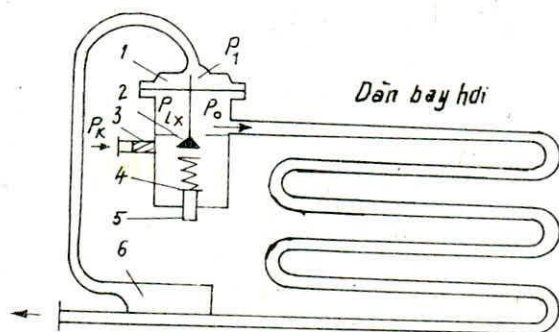
Hình 10.19 là sơ đồ nguyên lý sử dụng van tiết lưu tự động cân bằng đơn (còn gọi cân bằng trong) để điều chỉnh cấp lỏng.

Áp lực p_1 tác dụng lên một phía của màng 1 là áp lực bão hòa của hơi nạp trong bầu cảm nhiệt 6 tiếp xúc với



Hình 10.18.

Sơ đồ đo mức lỏng trong bình bay hơi
1 - bình đo ; 2 - bình bay hơi.



Hình 10.19. Sơ đồ cấp lỏng dàn bay hơi không khí dùng van tiết lưu cân bằng đơn
1 - màng cảm biến; 2 - cửa van; 3 - phin lọc;
4 - lò xo; 5 - vít hiệu chỉnh; 6 - bầu cảm nhiệt.

ống hơi ra khỏi thiết bị bay hơi. Áp lực này sẽ cân bằng với áp lực p_0 ở lối vào dàn bay hơi và áp lực p_{lx} của lò xo 4. Hơi môi chất có áp suất p_k qua phin lọc 3 và cửa van 2 giảm đến áp suất p_0 rồi đi vào dàn bay hơi.

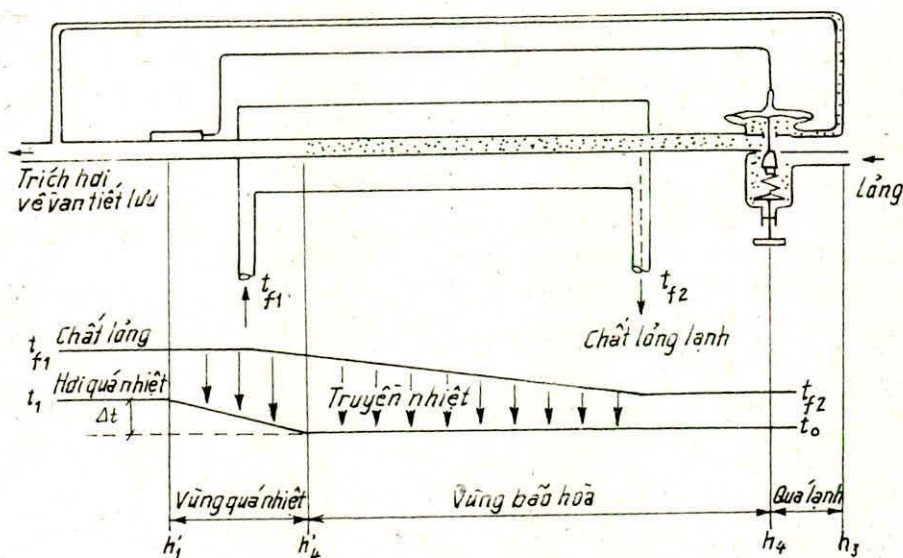
Độ mở của van được hiệu chỉnh ban đầu bằng vít 5 để khống chế độ quá nhiệt cho phép.

Như vậy, ở sơ đồ này chỉ điều chỉnh cấp lỏng giữ cho độ quá nhiệt của hơi không đổi chứ không giữ được áp suất và nhiệt độ sôi là hằng số. Mặt khác khi có tổn thất áp suất đáng kể trong thiết bị bay hơi thì áp lực hơi ra sẽ giảm nhỏ, nhiệt độ bão hòa ở lối ra thấp hơn ở lối vào và khi đó cần phải duy trì một độ quá nhiệt lớn hơn (bể mặt dàn bay hơi phải tăng thêm) để duy trì cân bằng lực p_1 trong van.

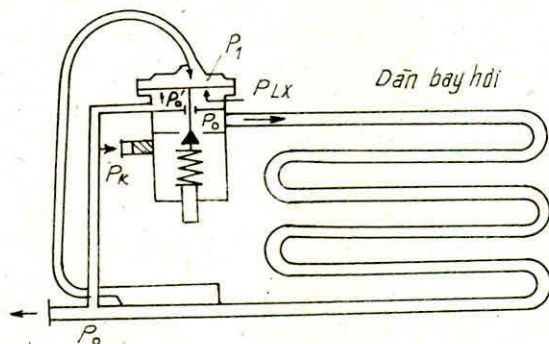
Để khắc phục nhược điểm nêu trên, người ta sử dụng van tiết lưu tự động cân bằng kép.

Van tiết lưu cân bằng kép

Sơ đồ điều chỉnh cấp lỏng dùng van tiết lưu cân bằng kép (cân bằng ngoài) được trình bày trên hình 10.20 và 10.21.



Hình 10.20. Sơ đồ cấp lỏng dùng van tiết lưu cân bằng kép, thiết bị bay hơi kiểu ống lồng.



Hình 10.21. Sơ đồ cấp lỏng dàn bay hơi làm lạnh không khí dùng van tiết lưu cân bằng kép.

Trên hình 10.20 là sơ đồ cấp lỏng cho thiết bị bay hơi kiểu ống lồng. Tùy theo nhiệt độ hay độ quá nhiệt Δt ở đầu ra mà van tiết lưu sẽ thay đổi độ mở để điều chỉnh cấp lỏng.

Sơ đồ hình 10.21 là trường hợp dàn bay hơi làm lạnh không khí tương tự như ở sơ đồ hình 10.19.

Trong trường hợp này, áp lực p_1 trong ống tín hiệu tác dụng lên màng cân bằng với áp suất của hơi (ở lối ra chứ không phải ở lối vào dàn bay hơi)

và lực đẩy của lò xo p_{lx} . Do vậy đã giảm được đáng kể diện tích bề mặt thiết bị bay hơi lẽ ra dùng để quá nhiệt, hơi tạo áp suất p_1 thì ở đây diện tích này được sử dụng có hiệu quả hơn vào việc làm bay hơi môi chất lạnh.

Khi chọn thiết bị tự động cấp lỏng cần chú ý rằng các van tiết lưu nhiệt cần được chọn để đảm bảo cấp lỏng bình thường cả khi công suất lạnh lớn nhất và khi nhỏ nhất.

Hệ thống cấp lỏng dùng van tiết lưu tự động thường làm việc ở chế độ quá nhiệt và mức lỏng dao động đáng kể. Thực ra thì những hệ thống loại này chỉ làm việc ổn định khi độ quá nhiệt đạt từ 3 đến 5K tùy theo từng trường hợp cụ thể.

2. Điều chỉnh cấp lỏng cho thiết bị bay hơi làm lạnh không khí

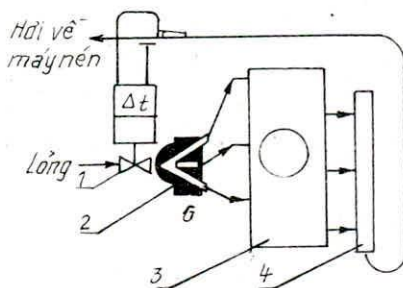
Các dàn bay hơi làm lạnh không khí (đối lưu tự nhiên hay cưỡng bức) cũng thường được điều chỉnh bằng van tiết lưu tự động.

Nếu dàn bay hơi có trở kháng thủy lực bé, cỡ 0,1 bar, thì có thể chỉ cần dùng van tiết lưu cân bằng trong, còn trong trường hợp trở lực lớn hơn thì phải dùng van tiết lưu cân bằng ngoài.

Trong các dàn bay hơi không khí chuyển động cưỡng bức thì ở hệ thống lạnh amoniác, việc cấp lỏng thường được điều chỉnh theo tín hiệu mức lỏng trong bình tách lỏng, còn ở hệ thống freon việc điều chỉnh cấp lỏng được thực hiện nhờ van tiết lưu nhiệt như sơ đồ hình 10.22.

Trong các hệ thống này, dàn bay hơi thường gồm nhiều phần tử hoặc một số dàn mắc song song. Khi số lượng dàn lớn hơn 2 người ta có thể đặt trước mỗi dàn một van tiết lưu. Khi số dàn hay số phần tử ít hơn thì người ta thường sử dụng bộ góp thủy lực có trở lực khoảng 0,01 đến 0,03 bar và thường sử dụng một van tiết lưu cân bằng ngoài.

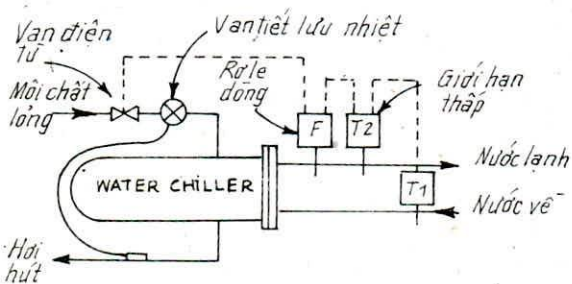
Khi chọn van tiết lưu cần chú ý lấy theo công suất tiêu chuẩn và cao hơn 20 đến 30% công suất lạnh lớn nhất của dàn bay hơi.



Hình 10.22. Điều chỉnh cấp lỏng hệ thống freon làm lạnh không khí.

- 1 - van tiết lưu tự động ;
- 2 - bộ góp thủy lực ;
- 3 - dàn bay hơi làm lạnh không khí ;
- 4 - ống góp hơi.

3. Điều chỉnh cấp lỏng cho thiết bị bay hơi làm lạnh chất lỏng



Hình 10.23. Điều chỉnh cấp lỏng bình làm lạnh nước.

Thiết bị loại này hay gặp nhất là bình bay hơi làm lạnh nước (water chiller) và được dùng trong điều hòa không khí, trong công nghiệp rượu bia, ... việc cấp lỏng ở đây có thể dùng van tiết lưu tự động (điều khiển liên tục) kết hợp với van điện từ điều khiển gián đoạn (2 vị trí) như trình bày ở sơ đồ hình 10.23.

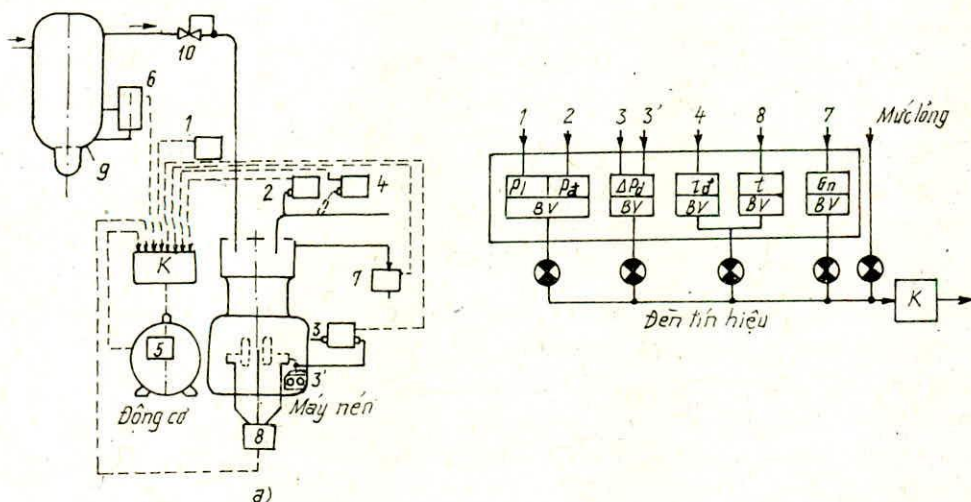
Dòng môi chất lạnh được đóng ngắt bằng van điện từ đặt ở đường lỏng cấp vào bình và được điều khiển bởi role nhiệt độ (thermostat) nước

anh. Role nhiệt độ nước thấp và role dòng nối liên động với van điện từ để phòng nhiệt độ nước xuống quá thấp làm nước đóng băng. Role nhiệt độ T_1 lắp trên đường nước vào bình bay hơi cũng để thông báo nhiệt độ nước vào không quá thấp, gần điểm băng của nước.

10.5. BẢO VỆ TỰ ĐỘNG HỆ THỐNG LẠNH

10.5.1. Sơ đồ hệ thống bảo vệ

Hệ thống bảo vệ tự động thiết bị lạnh là một phần của hệ thống tự động hóa hệ thống lạnh.



Hình 10.24. Sơ đồ bảo vệ tự động

a) sơ đồ công nghệ ; b) sơ đồ nguyên lý .

- 1 - role áp suất hút ; 2 - role áp suất đẩy ; 3 - role áp suất dầu ; 4 - role nhiệt độ dầu đẩy ;
5 - role nhiệt độ dây cuốn ; 6 - role mức lỏng ; 7 - role lưu lượng nước làm mát ;
8 - role nhiệt độ ở trực ; 9 - bình tách lỏng ; 10 - van điều áp.

Sơ đồ tiêu biểu của hệ thống bảo vệ tự động hệ thống lạnh một cấp được trình bày trên hình 10.24a, sơ đồ nguyên lý bảo vệ tự động được trình bày ở hình 10.24b.

Các thiết bị bảo vệ tự động hệ thống lạnh khi chế độ làm việc rơi vào giới hạn nguy hiểm thường dùng để dừng máy nén, ngắt tải thiết bị bay hơi hoặc ngăn ngừa các nguy hiểm khác bằng biện pháp thích hợp.

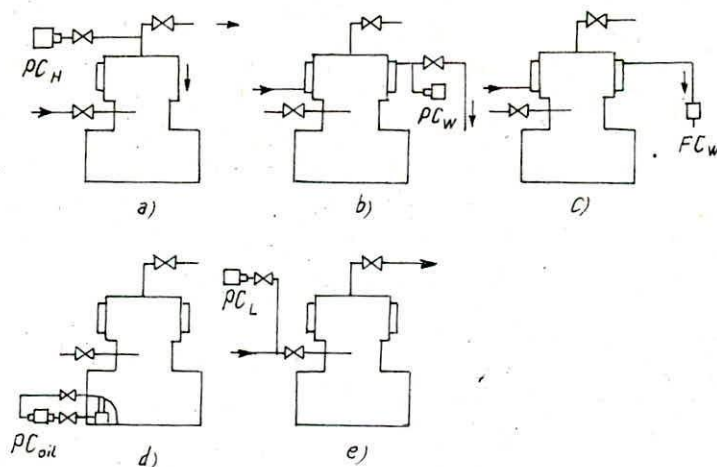
Dưới đây chúng ta khảo sát các thiết bị chính đảm nhận chức năng bảo vệ máy và hệ thống lạnh.

1. Bảo vệ máy nén khi áp suất hút thấp quá mức cho phép

Đối với các máy nén có công suất lạnh đến 500kW người ta thường sử dụng role áp suất thấp để ngắt mạch động cơ truyền động máy nén.

Trong các máy nhiệt độ trung bình và cao người ta hiệu chỉnh role cắt khi áp suất hút xuống khoảng 120kPa (cỡ 1,2 bar) để máy nén không phải làm việc với chân không trong các-te. Ở các hệ thống nhiệt độ thấp trị số này chỉ khoảng 20kPa (0,2 bar).

2. Bảo vệ máy nén khí áp suất đẩy cao quá mức cho phép (hình 10.25)



Hình 10.25. Bảo vệ tự động máy nén lạnh.

- a) Bảo vệ áp suất đẩy dùng rơle áp suất cao PC_H (Pressure control highside) ;
- b) Bảo vệ áp suất nước làm mát - rơle áp suất nước PC_W (~ waterside) ;
- c) Bảo vệ lưu lượng nước làm mát - rơle lưu lượng FC_W (Flow control of water) ;
- d) Bảo vệ áp suất dầu - rơle áp suất dầu PC_{oil} ;
- e) Bảo vệ áp suất hút - rơle áp suất thấp PC_L .

Thiết bị bảo vệ là rơle áp suất cao, nó sẽ ngắt mạch động cơ khi áp suất cao quá giới hạn và được lắp trên ống đẩy giữa máy nén và van đẩy. Nhờ có rơle áp suất cao mà máy nén không bị hư hỏng khi khởi động mà van đẩy không mở. Áp suất cần thiết để điều chỉnh rơle được trình bày ở bảng 10.1.

BẢNG 10.1. Giá trị đặt rơle áp suất cao

Môi chất	Môi trường làm mát ngưng tụ	Áp suất cắt $\times 10^{-2}$ kPa	Nhiệt độ sôi $^{\circ}\text{C}$
R142	Không khí	14,8	86
R12	Không khí	18,2	71
R12	Nước	11,7	52
R22	Không khí	18,8	51
R22	Nước	15	41
Amoniắc	Nước	15,8	41
R502	Không khí	19	46
R13B1	Nước	20,5	36
R13	Môi chất lạnh	12,5	-14

3. Bảo vệ máy nén khí áp suất dầu bôi trơn không đủ

Trong tất cả các máy nén sử dụng bơm dầu bôi trơn, người ta sử dụng rơle áp suất kiểu vi phân để ngắt mạch động cơ dẫn động máy nén mỗi khi hiệu áp suất dầu và áp suất ở các-te xuống thấp hơn mức cho phép. Trên hình 10.24d rơle áp suất dầu tác động theo tín hiệu áp suất trước và sau bơm dầu.

4. Bảo vệ máy nén khí nhiệt độ dầu dầy ở một hay nhiều nhóm xilanh cao quá mức cho phép

Role bảo vệ này cũng sẽ ngắt mạch, dừng động cơ máy nén khí nhiệt độ dầu dầy tăng cao quá. Tuy nhiên, trong trường hợp này nếu thiếu dầu bôi trơn hay nước làm mát máy nén có thể role này cũng tác động.

5. Bảo vệ máy nén khí hệ thống làm mát máy nén hoạt động kém hiệu lực

Đó là trường hợp khi bơm nước làm mát bị hỏng hay hoạt động yếu gây thiếu nước làm mát hay áp lực nước quá yếu (hình 10.24 b,c). Cũng có thể dùng kết hợp của nghẽn tiết lưu và áp kế vi phân làm role lưu lượng.

6. Bảo vệ máy nén không hút phải ẩm

Để tránh nguy cơ máy nén hút phải ẩm, ở các hệ thống lạnh thường đã được thiết kế với độ quá nhiệt hơi hút không nhỏ hơn 5°C , nhưng trong thực tế nhiều trường hợp máy nén vẫn hút phải ẩm.

Để tránh hút phải ẩm gây va đập thủy lực cần phải trang bị hệ thống điều chỉnh và bảo vệ tự động. Ở các hệ thống lạnh amoniác người ta sử dụng các role mức để khống chế cấp lỏng và ngừng máy nén khi mức lỏng lên cao quá để tránh lỏng bị hút về máy nén.

Mức lỏng trong các thiết bị bay hơi ở trong những giới hạn xác định và thực tế không phản ánh điều kiện làm việc kinh tế của hệ thống. Vì vậy số lượng môi chất nạp vào hệ thống được khống chế để khi môi chất lỏng qua thiết bị bay hơi được hóa hơi toàn bộ không gây nguy hiểm cho máy nén của các hệ thống lạnh amoniác.

7. Bảo vệ máy nén khí nhiệt độ dây cuốn động cơ điện tăng cao quá mức

Trong các máy nén kín và nửa kín người ta hay đặt các role nhiệt độ hay bộ cảm biến nhiệt độ để đưa tín hiệu ngắt động cơ máy nén mỗi khi nhiệt độ dây cuốn stato cao quá giới hạn cho phép. Các role này được đặt cho từng pha và sẽ tác động khi mất pha, khi lưu lượng môi chất về đầu hút quá ít không đủ làm mát dây cuốn động cơ và khi máy nén bị quá tải.

Trong nhiều động cơ máy nén và cả ở một số động cơ bơm, quạt người ta đặt role dòng nhiệt để ngắt mạch động cơ khi bị quá tải hay mất pha, tránh làm cho nhiệt độ dây cuốn tăng quá cao phá hủy cách điện dây cuốn động cơ...

8. Bảo vệ máy nén khí nhiệt độ xilanh hay nhiệt độ của cơ cấu truyền động tăng quá mức

Để bảo vệ động cơ của các máy nén kín, người ta thường dùng role nhiệt - nhiệt độ để ngắt động cơ khi dòng điện tăng quá mức hay nhiệt độ vỏ máy quá cao.

Role này được đặt ở vỏ máy (thường ở cùng chỗ với hộp nối điện vào lốc máy), nó sẽ tác động khi nhiệt độ vỏ máy tăng, ngay cả khi dòng điện có thể không cao lắm. Ở một số máy nén kín có công suất động cơ lớn hơn 1kW , các role này được trang bị một nút ấn hồi phục bằng tay.

Nhiệt độ ở các ổ đỡ có thể được kiểm tra bằng role có phần tử cảm biến đặt ở trong ổ. Tuy nhiên đây là hệ thống phức tạp, khó thực hiện, đặc biệt là khi kiểm tra nhiệt độ ổ trục khuỷu, vì thế cũng ít được sử dụng trong thực tế.

9. Bảo vệ máy nén khí hiệu áp suất dầy và áp suất hút lớn quá mức

Nhằm mục đích này, ở các máy nén có lưu lượng thể tích hút lớn hơn $0,03\text{m}^3/\text{s}$ (lớn hơn $100\text{m}^3/\text{h}$) người ta đặt van an toàn xả tắt hơi nén về đầu hút để giảm hiệu

áp suất bảo vệ an toàn các cơ cấu chuyển động của máy nén. Những van an toàn loại như vậy không bảo vệ máy nén khi áp suất đẩy tăng quá mức. Khi đó ở những máy lớn thì role áp suất cao ngừng máy nén, còn tình thế cao áp ở đầu đẩy được giải thoát do van an toàn có cửa thoát ra ngoài bố trí ở đầu đẩy đảm nhận.

10. Bảo vệ chống đóng băng chất tải lạnh ở thiết bị bay hơi

Khi chất tải lạnh bị đóng băng (thường là nước hay nước muối) trong thiết bị bay hơi thì áp suất bay hơi cũng giảm và chất tải lạnh ngừng lưu động.

Các hiện tượng này được kiểm tra bằng các dụng cụ bảo vệ tự động là role nhiệt độ (dừng máy nén khi nhiệt độ giảm quá mức cho phép) role lưu lượng chất tải lạnh và role áp suất thấp đặt trên đầu hút máy nén.

10.5.2. Nguyên lý làm việc của hệ thống bảo vệ tự động hệ thống lạnh

Ở mục 10.1 đã trình bày nguyên lý bảo vệ tự động máy nén lạnh theo tín hiệu áp suất đầu đẩy.

Số thông số có thể gây nên sự cố cho hệ thống lạnh phụ thuộc vào sơ đồ hệ thống, tính chất của môi chất và cấu tạo của máy và thiết bị. Ở các hệ thống lạnh amoniác công suất lớn, các thông số như vậy có tới trên một chục như đã khảo sát ở phần 10.5.1, còn trong các máy freon nhỏ chỉ có vài thông số (như dòng điện động cơ máy nén và áp lực đẩy).

Các thiết bị bảo vệ tự động thường sẽ điều khiển ngừng máy nén và bơm khi chế độ làm việc nguy hiểm và phát tín hiệu báo sự cố. Ngày nay người ta hay sử dụng các hệ thống bảo vệ dự báo tức là phát tín hiệu và dừng máy khi xuất hiện những dấu hiệu chắc chắn dẫn đến sự cố nguy hiểm.

Các thông số cơ bản của hệ thống lạnh phải khống chế và bảo vệ đã được trình bày ở phần trên và trên sơ đồ hình 10.24.

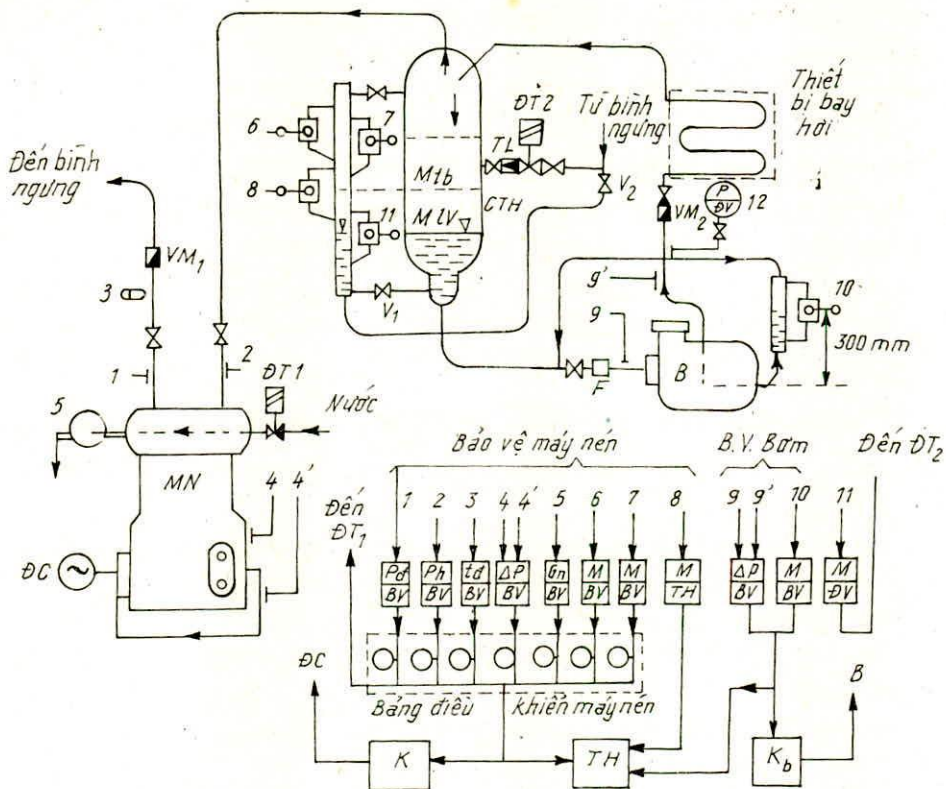
Kỹ thuật duy trì và khống chế giới hạn các thông số của hệ thống là nội dung của công việc vận hành hệ thống lạnh. Trên hình 10.26 giới thiệu công nghệ bảo vệ máy nén và bơm trong hệ thống lạnh amoniác.

Các thiết bị bảo vệ máy nén được lắp đặt tại chỗ, khi tác động chúng cho tín hiệu ở bảng điều khiển để chỉ rõ vị trí sự cố. Qua khởi động từ K bảng điều khiển cho lệnh ngừng động cơ máy nén ĐC và cung cấp thông tin cho bảng tín hiệu TH đặt ở trung tâm điều khiển. Khi máy nén ngừng, van điện từ ĐT₁ đóng lại và ngừng cung cấp nước làm mát máy nén.

Mức lỏng làm việc M_{lv} trong bình chứa tuần hoàn CTH được duy trì nhờ role điều chỉnh mức 11, role này đóng mở van điện từ ĐT₂ đặt trước van tiết lưu TL cấp lỏng cho CTH. Trong trường hợp van ĐT₂ không đóng được thì mức lỏng sẽ tăng đến vị trí M_{lb} và role mức 8 cho tín hiệu dự báo. Nếu mức lỏng vẫn tiếp tục tăng thì role mức 7 điều khiển ngừng máy nén. Để đảm bảo ngừng máy chắc chắn, người ta đặt thêm role mức 6.

Khi muốn kiểm tra sự tác động của các role mức, có thể đóng van V₁ và mở van V₂. Khi mức lỏng trong cột đo dâng cao, các role tốt phải lần lượt tác động.

Trên sơ đồ, các role áp suất cao P_d, role áp suất thấp P_h, role nhiệt độ hơi nén t_d, role hiệu áp suất dầu ΔP, role lưu lượng nước làm mát G_n và các role mức M (6,7) đều cho tín hiệu về bảng tín hiệu và điều khiển ngừng máy nén MN và van điện từ nước ĐT₁ thông qua khởi động từ K đồng thời cho tín hiệu về trung tâm điều khiển TH.



Hình 10.26. Sơ đồ bảo vệ máy nén và bơm amoniắc.

Role mức M (8) chỉ cho tín hiệu dự báo về trung tâm tín hiệu điều khiển TH.

Các role hiệu áp lực (cột áp) của bơm ΔP (9,9') và role mức cột lỏng đầu đẩy của bơm M(10) cũng cho tín hiệu bảo vệ ngừng bơm qua khởi động từ K_b và tín hiệu về trung tâm điều khiển qua bảng tín hiệu trung tâm TH.

Role mức 11 duy trì mức lỏng làm việc (định mức) M_{lv} sẽ phát tín hiệu điều khiển đóng mở van điện từ ΔT_2 . Role này là một role điều chỉnh mức (M) hai vị trí (ĐV).

Role áp suất 12 bảo vệ áp suất đầu đẩy của bơm. Ở đầu đẩy của máy nén và của bơm có bố trí các van 1 chiều VM_1 và VM_2 . Trước bơm có phin lọc lỏng F.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Hệ thống điều khiển tự động của thiết bị lạnh gồm các loại thiết bị nào ? Chức năng của nó trong hệ thống lạnh ?
2. Khái niệm về hệ thống điều chỉnh tự động và vai trò của nó. Sơ đồ công nghệ và sơ đồ nguyên lý của hệ thống điều chỉnh tự động áp suất ngưng tụ ?
3. Hệ thống bảo vệ tự động gồm những thiết bị nào ? Vai trò của nó. Giải thích sơ đồ bảo vệ động cơ điện theo tín hiệu của role áp suất cao ?
4. Khái niệm về hệ thống tín hiệu tự động ? Tại sao nó lại được gọi là hệ thống tự động hóa "hở" ?

5. Hệ thống đo lường tự động gồm các phần tử nào ? Đây là hệ thống hở hay kín, tại sao ?
6. Có mấy phương pháp chỉnh điều chỉnh liên tục công suất lạnh ? Nói rõ nội dung từng phương pháp ?
7. Các phương pháp điều chỉnh nhảy cấp công suất lạnh ?
8. Nhiệm vụ chung của tự động hóa thiết bị ngưng tụ là gì ?
9. Giải thích sơ đồ tự động hóa thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước ?
10. Tự động hóa thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí được thực hiện theo những cách nào ? Cho ví dụ.
11. Để điều chỉnh chế độ làm việc của thiết bị bay hơi người ta thường dựa trên thông số điều chỉnh nào ? Tại sao ? Đặc điểm điều chỉnh thiết bị bay hơi amoniác và freôn ?
12. Có mấy loại van tiết lưu tự động ? Nguyên lý hoạt động của từng loại để điều chỉnh cấp lỏng thiết bị bay hơi ?
13. Nêu các ví dụ về hệ thống điều chỉnh cấp lỏng dàn bay hơi làm lạnh không khí và bình bay hơi làm lạnh chất lỏng ?
14. Khi làm việc, máy nén có thể gặp những nguy hiểm gì cần được bảo vệ ? Phương pháp và thiết bị bảo vệ máy nén trong các tình huống khác nhau ?
15. Giải thích sơ đồ và nguyên lý bảo vệ hệ thống lạnh ở hình 10.26 ?
16. Vẽ và giải thích phương pháp điều chỉnh mức lỏng trong bình bay hơi kiểu ngập bằng van phao kết hợp van điện từ.
17. Vẽ và giải thích phương pháp điều chỉnh nhiệt độ phòng bằng thermostat và van điện từ.
18. Hãy liệt kê các thông số cần bảo vệ cho máy nén và động cơ máy nén lạnh công nghiệp.

Chương 11

VẬT LIỆU KỸ THUẬT LẠNH

11.1. VẬT LIỆU CHẾ TẠO MÁY VÀ THIẾT BỊ LẠNH

Các máy và thiết bị lạnh được chế tạo chủ yếu từ các vật liệu kim loại. Các vật liệu phi kim loại chủ yếu được dùng để làm đệm kín và vật liệu cách điện, cách nhiệt.

11.1.1. Vật liệu kim loại

Các kim loại dùng chế tạo máy và thiết bị lạnh đáp ứng được các yêu cầu sau :

1 - Phải đủ bền và có đầy đủ các tính chất vật lý cần thiết phù hợp với điều kiện nhiệt độ và áp suất làm việc của hệ thống lạnh.

2 - Không tác dụng hóa học với các môi trường mà hệ thống lạnh tiếp xúc trực tiếp như môi chất lạnh, dầu bôi trơn, ẩm, vật liệu hút ẩm, các hóa chất sinh ra khi vận hành, các chất tải lạnh, các môi trường làm mát, môi trường lạnh và các sản phẩm cần bảo quản.

3 - Rẻ tiền, dễ kiểm và dễ gia công.

Độ bền cơ học của các thiết bị trong hệ thống lạnh được thiết kế và kiểm tra theo các tiêu chuẩn nhà nước về an toàn kỹ thuật đối với các thiết bị áp lực.

Độ bền hóa học của vật liệu kim loại chế tạo máy và thiết bị lạnh cũng có vai trò đặc biệt quan trọng trước hết là đối với những chi tiết máy và thiết bị tiếp xúc trực tiếp với môi chất lạnh, chất tải lạnh và các tạp chất có sẵn hay hình thành trong quá trình vận hành máy lạnh.

Hệ thống lạnh còn thường xuyên tiếp xúc với nước, không khí hay các chất khác trong buồng lạnh, các vật liệu chế tạo máy cũng cần phải có độ bền hóa học với những chất như vậy.

Bảng 11.1 trình bày một số kim loại chế tạo máy thường dùng và khả năng ứng dụng của nó trong kỹ thuật lạnh.

Khi xác định độ trơ hóa học của kim loại sử dụng cần khảo sát nó trong quan hệ nhiều thành phần trong hệ thống lạnh như tương tác với các chất phi kim loại, môi chất, chất tải lạnh, dầu bôi trơn, ẩm, ...

Một trong các chất gây ăn mòn mạnh trong hệ thống lạnh là hơi nước (hay gọi tắt là "ẩm"). Ẩm lọt vào hệ thống có thể làm lão hóa dầu, tác dụng với dầu, với môi chất freon tạo thành các axit ăn mòn như HCl. Trong hệ thống amoniác, ẩm là chất xúc tác cùng với thép gây phân hủy NH_3 ở cuối quá trình nén ở nhiệt độ 120°C trở lên.

Vì có nước trong các thành phần của cặp môi chất mà các máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ thường bị ăn mòn mạnh. Để hạn chế tính ăn mòn các môi chất loại này, phải sử dụng các muối có thành phần crôm như các muối bicromat gốc natri,

kali hoặc amonium. Các chất ức chế ăn mòn được nạp đồng thời với môi chất lạnh vào máy với tỷ lệ từ 0,2 đến 2%. Khi hệ thống làm việc crôm sẽ bám lên bề mặt thép của thiết bị thành một lớp mỏng vài micromet (μm) bảo vệ bề mặt thiết bị khỏi bị ăn mòn.

BẢNG 11.1. Vật liệu kim loại chính trong kỹ thuật lạnh

Kim loại	Ứng dụng	Tính phù hợp hóa học
Sắt và các hợp kim của sắt	Máy nén, các thiết bị, đường ống	Phù hợp, sử dụng được cho tất cả các loại môi chất lạnh
Đồng và các hợp kim của đồng	Đường ống, các thiết bị, đệm kín, ổ bạc, đế van, ổ đỡ, ổ trượt	Không sử dụng cho môi chất amoniắc, trừ đồng thau photpho - chì
Nhôm và các hợp kim của nhôm	Các thiết bị trao đổi nhiệt (đặc biệt thiết bị bay hơi) Các tế máy nén, chi tiết động cơ, ổ đỡ, đệm kín	Thận trọng khi sử dụng với freôn, chỉ dùng sau khi đã thử nghiệm. Cũng thận trọng với amoniắc không dùng với nước muối
Crôm, Niken	Dùng bảo vệ bề mặt hoặc tinh luyện, có trong thép, gang đúc	Dùng cho tất cả các môi chất lạnh
Magiê, kẽm	Là thành phần trong các hợp kim, kẽm dùng bảo vệ bề mặt	Không dùng được cho môi chất freôn và NH_3
Thiếc	Là thành phần trong các hợp kim và để bảo vệ bề mặt	Không sử dụng được cho NH_3
Chì	Làm đệm kín. Là thành phần hợp kim trong ổ đỡ, ổ trượt	Có thể có phản ứng với Clo trong môi chất freôn

BẢNG 11.2. Giới hạn nhiệt độ sử dụng của kim loại

Vật liệu	Giới hạn nhiệt độ sử dụng $^{\circ}\text{C}$	
	Tải trọng động	Tải trọng tĩnh
Gang xám	Không dùng được	-30
Thép đúc (không phải hợp kim)	Không dùng được	-30 ÷ -70
Thép đúc austenit crôm - niken Đồng đúc Nhôm đúc	-160	
Thép xây dựng (nhóm 3)	-10 ÷ -20	-10 ÷ -20
Ống thép liền	-20	-40 ÷ -120
Nhôm (>99,5%), hợp kim nhôm, đồng, hợp kim đồng (đồng thau, đồng thau đặc biệt, hợp kim $\text{CuNi}_{31}\text{Zn}_{14}$) Niken Thép austenit crômniken hoặc thép crommangan	Ở mọi nhiệt độ không hạn chế	Không hạn chế

Các chất tải lạnh lỏng như nước muối NaCl , CaCl_2 cũng có tính ăn mòn mạnh đặc biệt đối với các vật liệu bằng sắt và thép như thành bể, dàn ống, cánh khuấy. Để hạn chế tính ăn mòn của nước muối có thể dùng các chất ức chế có thành phần crôm và hòa trộn thêm với các phụ gia để đưa độ pH của dung dịch về độ trung hòa $\text{pH} = 7$.

Các thiết bị có tiếp xúc trực tiếp với chất tải lạnh lỏng là muối Clo, nhất thiết không được chế tạo bằng nhôm và các loại thép hợp kim cao như thép hợp kim crôm - niken.

Các môi chất lạnh freôn không tác dụng với các kim loại chế tạo máy, kể cả kim loại đen và kim loại màu.

Ở nhiệt độ thấp, tính ăn mòn hóa học giảm đi nhưng các tính chất khác về sức bền của kim loại cần phải được đặc biệt lưu ý, nhất là ở các nhiệt độ dưới -40°C . Khi nhiệt độ xuống thấp, độ bền kéo của kim loại tăng nhưng khả năng giãn nở và độ bền dai va đập giảm đáng kể. Thép trở nên giòn rất nhanh khi nhiệt độ giảm, nhưng đồng và nhôm lại không bị giòn.

Bảng 11.2 giới thiệu giới hạn nhiệt độ sử dụng của một số vật liệu kim loại.

11.1.2. Vật liệu phi kim loại

Các vật liệu phi kim loại thường dùng trong kỹ thuật lạnh chủ yếu là cao su, chất dẻo, amiăng, nhựa nhân tạo, thủy tinh hữu cơ và gốm. Các chất này chủ yếu dùng làm chất cách điện, cách nhiệt hay đệm kín. Thủy tinh còn dùng làm kính quan sát, chất dẻo dùng làm gioăng và màng. Vật liệu cách điện động cơ có thể ở dạng sơn hay tấm, bản. Phổ biến và rất quan trọng là các vật liệu cách nhiệt phi kim loại.

Để sử dụng được vào các mục đích trên, các vật liệu phi kim loại phải có các tính chất cơ, lý, hóa học và nhiệt - vật lý phù hợp.

Các vật liệu hữu cơ thường dùng làm gioăng đệm hoặc vật cách điện có thể bị trương phồng hay hòa tan trong các freôn.

Các freôn R22, R12, R13, R114, R115... không làm trương phồng các vật liệu chất dẻo và cao su tự nhiên như R11 hay R21 thế nhưng hỗn hợp dầu bôi trơn và freôn lại làm tăng ảnh hưởng và phản ứng của freôn với các chất hữu cơ đàn hồi đó.

Các vật liệu phi kim loại vô cơ về cơ bản không tác dụng với các chất lạnh. Các chất vô cơ tự nhiên như thủy tinh, gốm hoặc amiăng thường được trộn với các chất đàn hồi để làm đệm kín.

Các tạp chất có thể tạo thành trong quá trình làm việc của môi chất lạnh như ẩm, dầu bôi trơn, không khí và các loại bụi bẩn cặn xỉ... lại có thể phản ứng với nhau tạo ra các hóa chất ăn mòn kim loại. Vì vậy trong các hệ thống lạnh, nhất là các hệ thống với máy nén kín, việc làm sạch hệ thống là cực kỳ quan trọng.

Tùy theo từng loại, các vật liệu phi kim loại có các tính chất vật lý và cơ học phụ thuộc ít hay nhiều vào nhiệt độ.

Các tính chất của thủy tinh và gốm hầu như không phụ thuộc vào nhiệt độ.

Sự phụ thuộc nhiệt độ của các chất dẻo mềm, chất dẻo cứng và của chất đàn hồi rất khác nhau.

Ở nhiệt độ -20°C đến -30°C tính dẻo của vật liệu đã giảm đi nhiều và trở nên cứng và giòn.

Ở vật liệu đàn hồi khi nhiệt độ giảm đến giá trị nào đó có thể trở nên giòn hoặc cũng có thể dễ gia công hơn. Ni, len, cao su... nhúng vào nitơ lỏng (-196°C) sẽ trở nên giòn và dễ vỡ như thủy tinh, tính chất này được áp dụng trong nhiều quy trình công nghệ sản xuất.

Trong môi trường freon các vật liệu dẻo thường gặp có các đặc tính sau :

Polyeste : bền, không bị ăn mòn

Polystyrol (PS) : không bền vững, không nên dùng

Polyurethan (PU) : bền, ổn định

Nhựa époxi : phần lớn là ổn định, không bị trương phồng

Polyamit : không bị phân hủy, có thể không biến dạng nhưng cũng có thể trở nên giòn

Polyetylen (PE) : bị trương phồng và có thể bị hòa tan từng phần.

Polypropylen (PP) : bị trương phồng

Polyvinylclorit (PVC) : nói chung giống PE và PP, không bền vững

Polytetrafloetylen (PTFE) : bền, chống ăn mòn.

Các vật liệu phi kim loại thường dẫn nhiệt kém (hệ số dẫn nhiệt ở nhiệt độ 20°C thường chỉ bằng $0,15 \div 0,5 \text{ W/mK}$ - tức là bằng 1/100 đến 1/1000 độ dẫn nhiệt của kim loại) và khi nhiệt độ giảm, thì khả năng dẫn nhiệt cũng giảm.

Nói chung, cần phải thận trọng khi sử dụng các loại chất dẻo và các chất hữu cơ trong máy lạnh freon. Cần chú ý đến tính lão hóa nhanh và tính mài mòn nhanh của chất dẻo, nhất là khi tiếp xúc với môi chất lạnh có tác dụng của dầu bôi trơn, ẩm và các sản phẩm thứ cấp của chúng.

Các chất dẻo lại có tính bền và chịu ăn mòn rất cao.

11.2. VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT

11.2.1. Nhiệm vụ của vật liệu cách nhiệt

Các vật liệu cách nhiệt dùng trong hệ thống lạnh có nhiệm vụ hạn chế dòng nhiệt truyền từ ngoài môi trường có nhiệt độ cao hơn vào phòng lạnh, đường ống hay các thiết bị làm việc ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ môi trường qua vách ống, vỏ thiết bị hay kết cấu bao che của phòng lạnh, bể lạnh. Chính những dòng nhiệt này gây nên tổn thất lạnh, tăng tiêu hao năng lượng, chi phí vốn đầu tư, chi phí vận hành,...

Để phát huy được tác dụng, chiều dày lớp cách nhiệt phải được tính toán theo hai điều kiện cơ bản sau :

1 - Vách ngoài của kết cấu bao che, của ống dẫn hay của thiết bị không bị đọng sương.

2 - Tổng chi phí cho một đơn vị lạnh là thấp nhất.

Chi phí để có được một đơn vị công suất lạnh (W, kW, kcal/h, ...) gồm chi phí vốn đầu tư và chi phí vận hành.

Cách nhiệt càng dày, chi phí vốn đầu tư cho cách nhiệt càng lớn, nhưng ít tổn thất lạnh nên chi phí vận hành lại giảm (yêu cầu công suất lạnh phát ra, tiêu thụ điện cho động cơ máy nén, bơm, quạt và các chi phí khác ít hơn). Ngược lại, cách

hiệu càng mỏng thì chi phí đầu tư giảm nhưng lạnh tổn thất nhiều và chi phí vận hành lại tăng.

Vì vậy, chiều dày cách nhiệt phải được xác định theo điều kiện tối ưu tổng hợp : tổng chi phí vốn và chi phí vận hành là nhỏ nhất.

11.2.2. Các yêu cầu đối với vật liệu cách nhiệt

Một vật liệu cách nhiệt lý tưởng phải đáp ứng được các yêu cầu sau đây :

- Khả năng dẫn nhiệt kém (hệ số dẫn nhiệt λ phải nhỏ)
- Khối lượng riêng bé ρ , kg/m^3
- Khả năng hấp thụ hơi nước nhỏ
- Độ bền cơ và độ dẻo cao
- Bền ở nhiệt độ thấp và không gây ăn mòn các vật liệu xây dựng tiếp xúc với nó
- Không cháy hoặc không dễ cháy
- Không hấp thụ mùi và cũng không phát ra mùi khó chịu
- Không gây nấm mốc và phát sinh vi khuẩn, không bị chuột hay sâu bọ đục phá
- Không độc hại đối với sức khỏe con người
- Không độc hại đối với sản phẩm bảo quản hoặc làm biến chất các sản phẩm đó
- Rẻ tiền, dễ kiểm, dễ vận chuyển, lắp đặt và sửa chữa
- Dễ gia công và không đòi hỏi nhiều bảo dưỡng đặc biệt.

Thực tế, không có vật liệu lý tưởng. Khi chọn một vật liệu cách nhiệt cần lợi dụng triệt để các ưu điểm và hạn chế đến mức thấp nhất nhược điểm trong từng trường hợp ứng dụng cụ thể, nhưng phải ưu tiên những vật liệu đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật và kinh tế quan trọng nhất.

Đặc tính kỹ thuật quan trọng nhất của vật liệu cách nhiệt là hệ số dẫn nhiệt (λ) phải nhỏ.

Hệ số dẫn nhiệt của một số vật liệu cách nhiệt ở nhiệt độ thấp được trình bày trên hình 11.1. Từ đồ thị ta thấy các vật liệu cách nhiệt cơ bản có λ nhỏ là các vật liệu phi kim loại vô cơ và hữu cơ ở dạng xốp ngậm các bọt không khí hay khí khác.

Hệ số dẫn nhiệt của các vật liệu cách nhiệt phụ thuộc vào nhiều yếu tố, như : khối lượng riêng, cấu trúc của bọt xốp (độ lớn, cách sắp xếp các lỗ khí, cấu tạo của phần rắn,...) nhiệt độ, áp suất chất khí chứa trong các lỗ, độ ẩm và độ khuếch tán hơi và không khí trong thời gian sử dụng.

Khối lượng riêng của vật liệu là khối lượng của một đơn vị thể tích kể cả các khoảng trống chứa khí. Vật liệu càng xốp, thể tích rỗng chứa khí càng lớn, hệ số dẫn nhiệt càng nhỏ do không khí thường dẫn nhiệt kém hơn các vật liệu khác.

Hệ số dẫn nhiệt của các vật liệu cách nhiệt đặc trưng cho dòng nhiệt truyền qua vách bao che. Hệ số dẫn nhiệt của không khí hay các chất khí đứng im đạt giá trị nhỏ nhất, vì lúc đó thành phần truyền nhiệt đối lưu (do sự dịch chuyển của khối khí) bỏ qua. Vì thế, để có khả năng truyền nhiệt kém nhất, phương pháp duy nhất là tạo cho vật liệu cách nhiệt ở dạng xốp với những lỗ chứa khí kích thước đủ nhỏ.

Khả năng dẫn nhiệt của các vật liệu cách nhiệt giảm khi nhiệt độ giảm (hình 5.26) trừ một số kim loại tinh khiết đạt cực đại ở nhiệt độ -223 đến -263°C .

Chân không có khả năng cách nhiệt lý tưởng. Tuy nhiên khó có thể tạo chân không trong các lỗ của vật liệu xốp vì ẩm và không khí luôn thấm thấu vào vật liệu. Chỉ có thể tạo lớp chân không cách nhiệt trong các bình hai vỏ bằng thủy tinh (phích nước, phích đá) hoặc bằng thép (phích nóng-lạnh, chai cryô).

11.2.3. Một số vật liệu cách nhiệt thông dụng

1. Không khí

Không khí có hệ số dẫn nhiệt rất nhỏ, ở áp suất khí quyển $\lambda = 0,025 \text{ W/mK}$. Đây cũng là giới hạn mà một vật liệu cách nhiệt xốp có thể đạt được. Để tạo ra các vật liệu cách nhiệt có khả năng dẫn nhiệt nhỏ hơn nữa, cần phải tìm được các chất khí có hệ số dẫn nhiệt nhỏ hơn của không khí.

Một số bọt xốp polyurêthan đạt hệ số dẫn nhiệt nhỏ hơn của không khí do sử dụng một vài loại freôn có λ nhỏ (như R11). Để tránh khuếch tán hơi nước và không khí, các loại bọt xốp này thường được bọc kín ngay bằng vật liệu không thấm ẩm. Không khí ẩm có khả năng truyền nhiệt lớn hơn nhiều của không khí khô, vì vậy khi bị ẩm khả năng cách nhiệt của vật liệu giảm đi rõ rệt, bởi vậy cách nhiệt lạnh bao giờ cũng đi đôi với cách ẩm.

2. Các chất vô cơ tự nhiên

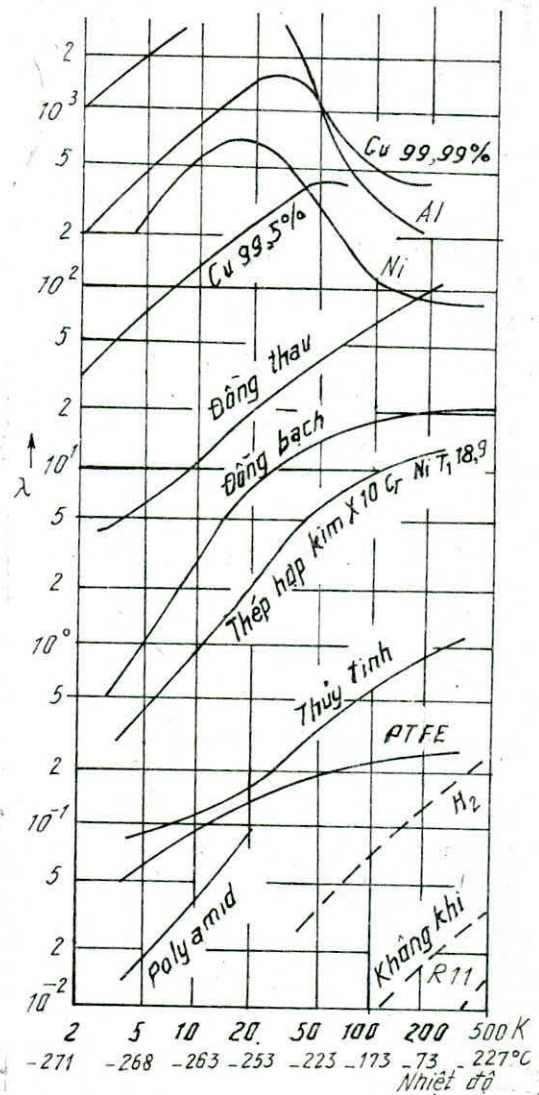
Các vật liệu cách nhiệt là những chất vô cơ tự nhiên như gốm, thủy tinh, amiăng thường được gia công thành sản phẩm hay bán sản phẩm trước khi sử dụng ở dạng tấm, sợi, bông... đó là các loại bông thủy tinh, bông xỉ, thủy tinh bọt, sợi amiăng, sợi gốm...

3. Các chất hữu cơ tự nhiên

Các chất hữu cơ tự nhiên như lie, trấu, xơ dừa, mùn cưa... cũng có thể dùng làm vật liệu cách nhiệt lạnh, tuy nhiên cần phải có các biện pháp chống chuột, chống mối, chống ẩm và có công nghệ tiện dùng, kinh tế.

4. Các chất hữu cơ nhân tạo

Các vật liệu cách nhiệt chế tạo từ các chất hữu cơ hiện nay được sử dụng nhiều nhất để cách nhiệt lạnh. Chúng có khả năng cách nhiệt tốt, được sản xuất với quy trình công nghệ ổn định về chất lượng, kích thước, dễ gia công lắp ghép và ứng dụng kinh tế hơn. Các vật liệu có ý nghĩa nhất hiện nay là polystyrol (stirôpô), polyurethan, polyêtylen, nhựa phenon và nhựa urê phocmadêhit.



Hình 11.1. Hệ số dẫn nhiệt của một số vật liệu ở nhiệt độ thấp.

Xốp stirôpo và polyurêthan được sử dụng rộng rãi để cách nhiệt cho các buồng lạnh đến nhiệt độ -180°C .

Bột xốp polystyrol còn được sử dụng nhiều trong các công trình điều hòa không khí và làm vật liệu cách nhiệt cho các nhiệt độ không quá 80°C . Polystyrol dễ bị cháy, gần đây đã xuất hiện các loại polystyrol khó cháy do được trộn các phụ gia chống cháy.

Polyurêthan gần đây rất được ưa chuộng để cách nhiệt các phòng lạnh, quầy lạnh, tủ lạnh và đường ống của hệ thống lạnh công nghiệp. Nó có ưu điểm là độ bền đảm bảo, dễ chế tạo do khi tạo bột không cần phải gia nhiệt như styrôpo và thường được chế tạo thành những tấm sẵn để lắp ghép cho các buồng lạnh khác nhau. Khả năng cách nhiệt của polyurêthan rất tốt do sử dụng freôn R11 là chất tạo bọt, tuy nhiên hiện nay người ta đang tìm các môi chất khác để thay thế R11 vì chất này làm suy giảm tầng ozôn và gây hiệu ứng làm nóng trái đất.

Bảng 11.3 giới thiệu các thông số cơ bản của một số vật liệu cách nhiệt, với μ là hệ số trở âm, σ là ứng suất bền khi nén. Chất sinh khí tạo bọt xốp là R11.

BẢNG 11.3. Tính chất của một số vật liệu cách nhiệt

Vật liệu	ρ kg/m ³	λ W/mK	μ	σ nén N/cm ²	$t_{\max}$ $^{\circ}\text{C}$
Bột xốp styrôpo	10 - 60	0,03 - 0,04	40 - 150	10 - 25	80
Bột xốp Polyurêthan	30 - 50	0,023 - 0,03	30 - 60	15 - 30	120
Bột xốp nhựa urê	10 - 15	0,035	1,5 - 3,5	1	120
Bột xốp PVC	40 - 60	0,03 - 0,04	150 - 300	30 - 50	70
Bột xốp nhựa phenon	30 - 60	0,035 - 0,04	30 - 50	20 - 40	150
Bột thủy tinh	130 - 150	0,05 - 0,06	∞	70	430
Lie	150 - 350	0,04 - 0,05	3 - 20	-	-
Các loại sợi khoáng	20 - 250	0,035 - 0,05	1 - 7	-	-
Bột polyetylen	35	0,033	3000	25 - 35	110
Bột perlit	35 - 100	0,03 - 0,05	-	-	-
Bột acrosil	60 - 80	0,023 - 0,03	-	-	-
Alfol nhiều lớp	1 - 8	0,023 - 0,05	-	-	-
Wellit nhiều lớp	40 - 100	0,04 - 0,06	-	-	-

11.3. VẬT LIỆU HÚT ẤM

11.3.1. Công dụng

Vật liệu hút ẩm trong hệ thống lạnh chủ yếu dùng để hút ẩm (nước hay hơi nước lẫn trong môi chất và dầu) giữ lại các axit, các chất lạ sinh ra trong quá trình vận hành máy lạnh. Như vậy các chất hút ẩm trong máy lạnh có tác dụng "sấy khô" môi chất lạnh và dầu, loại trừ tác hại của ẩm trong hệ thống lạnh có thể gây ra cho dầu bôi trơn các chi tiết máy và các thiết bị.

Nhờ có chất hút ẩm loại trừ ẩm trong máy mà các hệ thống lạnh freôn tránh được hiện tượng tắc ẩm.

Trong hệ thống lạnh, các vật liệu hút ẩm thường ở dạng hạt và được đựng trong các phin sấy hay phin sấy - lọc.

11.3.2. Phân loại vật liệu hút ẩm

Dựa trên nguyên lý hút ẩm người ta phân các vật liệu hút ẩm thành 3 loại :

1. Các chất hấp phụ ẩm

Đó là các chất rắn hút ẩm theo nguyên lý liên kết cơ học và được gọi là các chất hấp phụ (hay hấp thụ rắn) như silicagen SiO_2 , đất sét hoạt tính Al_2O_3 , zeolit (silicat nhôm, kali, natri và canxi).

Các chất hấp phụ có thể dùng để hút ẩm cho tất cả các loại môi chất lạnh và có thể đặt ở đường lỏng và đường hơi của hệ thống.

2. Các chất hấp thụ ẩm

Các chất này có liên kết hóa học với hơi nước trong hệ thống tạo ra các tinh thể ngậm nước hoặc các hydrat. Quá trình đó gọi là quá trình hấp thụ. Các chất thuộc nhóm này hay gặp là sunphat canxi CaSO_4 , Clorua canxi CaCl_2 và perelorat manhe $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$.

3. Các chất hút ẩm qua phản ứng hóa học

Các chất như Ôxyt canxi CaO (vôi sống), Ôxyt bari BaO , pentôxit photpho P_2O_5 sẽ có tác dụng hóa học với nước trong hệ thống lạnh để tạo thành các chất mới.

11.3.3. Các vật liệu hút ẩm thường dùng

1. Zeolit

Zeolit dùng trong hệ thống lạnh có công thức $\text{Na}_{12}(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}$, ký hiệu là 4A hay A4 dùng cho môi chất freon R12 và R22. Hiện nay người ta có thể chế tạo được các loại zeolit có diện tích bề mặt lớn đến $800\text{m}^2/\text{g}$ với kích thước lỗ Å.

Zeolit có khả năng hấp phụ ẩm rất tốt và ít chịu ảnh hưởng của nhiệt độ, vì vậy nó được dùng nhiều để hút ẩm trong các hệ thống lạnh freon. Khả năng hấp phụ của nó lớn gấp 5 lần của silicagen. Các phin sấy zeolit có thể đặt ngay cạnh máy nén, dàn ngưng hay bình chứa cao áp mà không sợ nhiệt độ cao.

Về nguyên tắc, khi đã bão hòa zeolit có thể được tái sinh phục hồi khả năng hút ẩm bằng cách gia nhiệt tới nhiệt độ $450 - 500^\circ\text{C}$. Tuy nhiên, thực tế là các zeolit đã làm việc trong hệ thống lạnh thường đã bị nhiễm bẩn và dầu nên việc tái sinh là ít hiệu quả. Vì vậy, nói chung không nên tái sinh phin sấy cũ mà nên thay mới khi cần.

2. Silicagel

Cùng với zeolit, silicagen là chất rắn hấp phụ ẩm có thể dùng cho các hệ thống lạnh freon. Silicagen là SiO_2 ở dạng xốp không định hình, kích thước lỗ không cố định, diện tích riêng bề mặt khoảng $500\text{ m}^2/\text{g}$.

Khả năng hấp phụ của silicagen giảm ngay từ khi nhiệt độ tăng đến $40 - 50^\circ\text{C}$, vì thế không bố trí phin sấy silicagel gần các thiết bị có nhiệt độ cao như máy nén, dàn ngưng hay bình chứa cao áp. Khả năng hấp phụ của silicagen có thể được tái sinh nếu sấy nó ở nhiệt độ 120 đến 200°C trong vòng 12 giờ. Tuy vậy, cũng như đối với zeolit, hiệu quả tái sinh silicagel rất hạn chế, nên thay phin sấy mới khi cần thiết.

3. Các chất hút ẩm khác

Đất sét hoạt tính cũng có cấu trúc tương tự, có khả năng hút ẩm và các loại axit, bazơ. Hiện nay người ta đang nghiên cứu để sử dụng đất sét hoạt tính làm chất chống ẩm trong hệ thống lạnh.

Các chất lỏng hấp thụ ẩm thực tế không được sử dụng để hút ẩm trong các hệ thống lạnh vì nhiều nhược điểm do tính chất cơ, hóa, lý của nó.

Các chất có phản ứng hóa học với nước tuy có hiệu quả khử ẩm rất cao, nhưng vì khi tác dụng hóa học chúng lại tạo ra các chất mới khác nên thực tế không thể dùng trong các hệ thống lạnh được. Với sống, oxytbari bố trí trong hệ thống lạnh có thể tạo ra các loại axit và bazơ gây ăn mòn thiết bị, làm lão hóa và phá hủy dầu bôi trơn, phá hủy sơn cách điện trong các máy nén kín và nửa kín, ...

11.4. DẦU BÔI TRƠN MÁY LẠNH

11.4.1. Nhiệm vụ

Dầu bôi trơn được sử dụng trong các hệ thống lạnh có máy nén cơ. Nhiệm vụ chủ yếu của dầu bôi trơn là :

- Bôi trơn các chi tiết chuyển động của máy nén, các bề mặt ma sát, giảm ma sát và tổn thất năng lượng do ma sát gây nên.

Các máy nén và máy dẫn nở oxy không dùng dầu bôi trơn vì khi nén, dầu gây ra cháy, nổ nguy hiểm, còn khi dẫn nở thì nhiệt độ hạ đột ngột và dầu bị đông cứng ngay lập tức.

- Làm nhiệm vụ tải nhiệt từ các bề mặt ma sát ở pittông, xy lanh, ổ bi, ổ bạc... ra vỏ máy để tỏa ra môi trường, đảm bảo nhiệt độ ở các vị trí trên không quá cao.
- Chống rò rỉ môi chất cho các cụm bít kín và đệm kín đầu trục.
- Giữ kín các khoang nén trong máy nén trục vít.

11.4.2. Yêu cầu đối với dầu bôi trơn

Dầu bôi trơn chủ yếu nằm ở các-te máy nén và tiếp xúc trực tiếp với môi chất lạnh lưu động qua tất cả các thiết bị của hệ thống. Vì vậy dầu kỹ thuật lạnh phải thỏa mãn các yêu cầu rất khắt khe :

- Có tính chống mài mòn và chống sây sát bề mặt tốt.
- Có độ nhớt thích hợp đảm bảo bôi trơn các chi tiết.
- Có độ tinh khiết cao, không chứa các thành phần có hại cho hệ thống lạnh như ẩm, axit, lưu huỳnh và không được hút ẩm.
- Nhiệt độ bốc cháy phải cao hơn nhiều so với nhiệt độ cuối quá trình nén. Nhiệt độ đông đặc phải thấp hơn nhiều so với nhiệt độ sau tiết lưu và nhiệt độ bay hơi.
- Nhiệt độ lưu động phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi để đảm bảo tuần hoàn trong hệ thống và dễ hồi dầu về máy nén.
- Không gây cháy, nổ.
- Không bị phân hủy trong phạm vi nhiệt độ vận hành (thường từ -60 đến 150°C , đặc biệt với máy lạnh ghép tầng có thể đến -80 đến 110°C).
- Không có phản ứng hóa học với môi chất lạnh, với các vật liệu chế tạo máy và thiết bị, dây điện, sơn cách điện, vật liệu hút ẩm,...
- Tuổi thọ phải cao và bền vững, đặc biệt trong các hệ thống với máy nén kín, có thể làm việc liên tục 20 đến 25 năm ngang với tuổi thọ của lốc tủ lạnh.

- Không độc hại.
- Rẻ tiền, dễ kiếm.

Ngoài ra thì với các hệ thống có máy nén kín và nửa kín dầu phải có độ cách điện cao ở cả pha lỏng và hơi, không dẫn điện.

Tính chất hòa tan hay không hòa tan của dầu vào môi chất lạnh có tính chất hai mặt của nó : Dầu hòa tan vào môi chất thì dễ tổ chức bôi trơn nhưng lại làm giảm nhiệt độ bay hơi. Dầu không hòa tan vào môi chất thì dễ tạo thành lớp trên bề mặt thiết bị trao đổi nhiệt cản trở quá trình truyền nhiệt nhưng lại không làm giảm nhiệt độ bay hơi.

Trong thực tế, ta chỉ có thể tìm được các loại dầu thích hợp cho từng trường hợp cụ thể và phải ưu tiên các ưu điểm chính thỏa mãn điều kiện kinh tế - kỹ thuật.

11.4.3. Phân loại và ký hiệu dầu bôi trơn

Dầu kỹ thuật lạnh có thể được chia thành hai nhóm chính là dầu khoáng và dầu tổng hợp. Ngoài ra còn một nhóm phụ là dầu khoáng có phụ gia tổng hợp gọi là dầu hỗn hợp.

1. Dầu khoáng : ký hiệu là M

Là loại dầu được lọc từ dầu thô, dùng thích hợp nhất trong các hệ thống lạnh là các loại dầu gốc là Naphten.

Nó có thể dùng để bôi trơn các loại máy lạnh amoniác và máy lạnh freôn R22, R502 và R12 như M46-68, M68, M46, M100.

2. Dầu tổng hợp

Dầu tổng hợp có 4 loại chính ký hiệu là A, P, E, G.

- Dầu tổng hợp A : Đây là loại dầu tổng hợp thường được chiết từ khí thiên nhiên, gốc Benzen Alkyl. Nó có độ ổn định nhiệt cao hơn dầu khoáng, vì thế tuy nó có độ hòa tan cao trong các môi chất (H) CFC (các freôn) và được dùng rộng rãi, phù hợp cho các hệ thống lạnh freôn, nhưng nó cũng được dùng trong cả các hệ thống amoniác, giảm được nguy cơ cacbon hóa như A46, A68, A100, A46-68, ...

- Dầu tổng hợp P :

Là dầu tổng hợp gốc Polyalphaolefin, có độ ổn định nhiệt - hóa cao nên thường được dùng trong các máy nén làm việc ở nhiệt độ cao như bơm nhiệt.

Loại dầu này cũng rất phù hợp với các hệ thống lạnh amoniác vì nó rất bền vững khi trong hệ thống có không khí. Nhiệt độ đông đặc của dầu P thấp nên nó được dùng thích hợp trong các hệ thống lạnh NH_3 nhiệt độ thấp, nhưng lại ít hòa tan trong freôn ở nhiệt độ bay hơi thấp.

Các loại dầu P hay được dùng trong các hệ thống NH_3 đến nhiệt độ -50°C hoặc trong hệ thống R22 ở nhiệt độ cao hơn -20°C là P68, P100, P150 và P220, trong đó đặc biệt phù hợp cho NH_3 là P68.

- Dầu tổng hợp E :

Khác với các loại dầu M, A và P dầu E tổng hợp trên cơ sở este hòa tan một phần trong các môi chất lạnh không chứa Clo (HFC) như R134a, nên nó được dùng trong các hệ thống này và cũng có thể dùng cho hệ thống R22 đến -40°C , như E68, E100, E150, còn E46, E220 chỉ dùng cho hệ thống R134a.

- Dầu tổng hợp G :

Là loại dầu tổng hợp trên cơ sở của Polyglycol, được chiết từ khí thiên nhiên Etan và Propan. Các loại dầu này chỉ có thể dùng trong các hệ thống lạnh có môi chất gốc dầu thô LPG như Propan, Butan, Izobutan.

Các loại dầu thuộc nhóm này có ký hiệu G150 hoặc G150-200.

3. Dầu hỗn hợp

Có 3 loại chính ký hiệu là MA, AP và MP.

- Dầu hỗn hợp MA :

Đó là hỗn hợp của dầu A và dầu M (dầu tổng hợp A và dầu khoáng M). Nó có độ ổn định cao hơn và ít bị sủi bọt trong máy nén hơn dầu khoáng và có thể dùng cho các hệ thống lạnh NH_3 đến nhiệt độ -50°C , trong các hệ thống R22, R12 và R502 như các loại dầu MA46, MA46-68, MA68, MA100.

- Dầu hỗn hợp MP :

Là hỗn hợp của dầu khoáng và dầu Polyalpha - ôlêfin. Nó rất phù hợp với hệ thống lạnh NH_3 nhiệt độ thấp, ở đó dễ có không khí lọt vào hệ thống nhưng dầu MP khó bị oxy hóa lại có nhiệt độ đông đặc thấp. Hay được dùng là loại MP46.

- Dầu hỗn hợp AP :

Là hỗn hợp của dầu tổng hợp A và P, có tính hòa tan tốt hơn trong các môi chất freon (H)CFC so với dầu tổng hợp P, vì vậy nó được dùng thích hợp hơn dầu P trong các hệ thống có nhiệt độ bay hơi thấp. Ở các hệ thống NH_3 , R22 và R12 người ta hay dùng các loại dầu AP46, AP68 và AP100.

Các loại dầu lạnh của các hãng sản xuất khác nhau dùng trong các hệ thống lạnh được giới thiệu chi tiết hơn trong tài liệu [2].

11.4.4. Các tính chất cơ bản của dầu lạnh

Các tính chất của dầu máy lạnh trình bày dưới đây là căn cứ theo tiêu chuẩn quốc tế (ISO) về dầu máy lạnh.

1. Khối lượng riêng

Chỉ tiêu khối lượng riêng rất có ý nghĩa khi chọn loại dầu bôi trơn máy lạnh. Dầu có khối lượng riêng lớn hơn của môi chất không hòa tan dầu sẽ đọng lại ở các phần thấp nhất trong hệ thống. Khối lượng riêng của các loại dầu cũng không giống nhau : dầu Benzen Alkyl nhẹ hơn, còn dầu Polyglycol nặng hơn dầu khoáng. Dầu khoáng có hàm lượng parafin lớn hơn sẽ có khối lượng riêng thấp hơn dầu Naphten.

2. Độ nhớt

Theo ISO, các loại dầu bôi trơn được phân theo các nhóm tùy theo độ nhớt và được ký hiệu bằng số ISO VG (ISO VG N_o). Tương ứng với ISO VG N_o , độ nhớt của dầu tính bằng CST (centistoc) ở $+40^\circ\text{C}$ sẽ nằm giữa hai giá trị cho trong bảng 11.4. Chẳng hạn ở $+40^\circ\text{C}$ độ nhớt của dầu 68 sẽ ở giữa 61,2 và 74,8cst.

BẢNG 11.4. Tiêu chuẩn quốc tế về độ nhớt của dầu

ISO VG No	Khoảng độ nhớt động ở +40°C (cSt)
15	13,5 ÷ 16,5
22	19,8 ÷ 24,2
32	28,8 ÷ 35,2
46	41,4 ÷ 50,6
68	61,2 ÷ 74,8
100	90,0 ÷ 110,0
150	135,0 ÷ 165,0
220	198,0 ÷ 242,0
320	288,0 ÷ 352,0
460	414,0 ÷ 506,0

3. Điểm bắt lửa

Điểm bắt lửa hay nhiệt độ bắt lửa là nhiệt độ mà hơi dầu từ một thùng chứa hở, bị gia nhiệt có thể bốc cháy khi đưa ngọn lửa vào. Nó dùng để xác định tính ổn định của dầu ở nhiệt độ cao. Dầu có điểm bắt lửa cao sẽ có áp suất hơi thấp và dễ tách ra khỏi hơi thải trong bình tách dầu, do đó giảm được lượng dầu cuốn theo từ máy nén vào hệ thống. Các loại dầu như vậy có thể được dùng rất thích hợp trong các hệ thống amoniác.

4. Điểm lưu động

Là nhiệt độ mà dầu đặc quánh lại và không chuyển động trong vòng 5 giây khi đặt nằm ngang bình chứa này. Theo tiêu chuẩn thì nhiệt độ điểm lưu động thấp hơn nhiệt độ xác định được như trên 3°C.

Điểm lưu động rất có ý nghĩa với các loại dầu dùng cho hệ thống lạnh NH₃ vì dầu có nhiệt độ lưu động thấp sẽ dễ tháo ra khỏi hệ thống phía áp lực thấp.

Thông thường có thể sử dụng dầu ở nhiệt độ bay hơi của hệ thống thấp hơn nhiệt độ lưu động mà không gây nên những hậu quả xấu.

Để giảm lượng dầu bị cuốn đi từ máy nén trong hệ thống NH₃ có nhiệt độ bay hơi thấp hơn -40°C, nên có các bình tách dầu hiệu quả cao hoặc dùng các dầu P hay AP.

5. Điểm vẫn đục

Là nhiệt độ mà khi hỗn hợp R12 với 10% dầu thì nó trở nên vẫn đục do tạo thành các phần tử sáp bị phân ly từ dầu khi bị làm lạnh.

Với các loại dầu E điểm vẫn đục được đo khi hỗn hợp 10% dầu với 90% R134a như chỉ dẫn của hãng cung cấp dầu.

Điểm vẫn đục có vai trò đặc biệt quan trọng khi chọn dầu cho các hệ thống lạnh có môi chất hòa tan dầu như các hệ thống freon (H) CFC.

Dầu có điểm vẫn đục thấp tức là có hàm lượng sáp nhỏ và do đó rất phù hợp với các hệ thống lạnh freon (H) CFC làm việc với nhiệt độ bay hơi thấp.

6. Điểm anilin

Là nhiệt độ (đo bằng độ C) mà dầu trở nên một hỗn hợp trong suốt với anilin nguyên chất. Nó biểu thị số lượng cacbon chưa no có trong dầu và rất có ý nghĩa khi xác định độ tương hợp của dầu khi tiếp xúc với những loại cao su khác nhau.

Đa số dầu máy lạnh có điểm anilin rất thấp và ít có khả năng phân hủy các gioăng đệm cao su, trừ các loại dầu P.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Đặc điểm, yêu cầu của các vật liệu sử dụng trong các máy và thiết bị lạnh ?
2. Quan hệ giữa tính chất của các vật liệu kim loại dùng trong các máy và thiết bị với tính chất hóa - lý của môi chất và dầu bôi trơn ? Từ đó rút ra kết luận gì khi sử dụng.
3. Các vật liệu phi kim loại chủ yếu có thể được dùng trong các hệ thống máy và thiết bị lạnh ? Tính chất của chúng thay đổi như thế nào theo nhiệt độ, trong môi trường dầu và môi chất lạnh ?
4. Các vật liệu cách nhiệt thường được sử dụng ở đâu trong hệ thống máy và thiết bị lạnh ? Đặc điểm và những yêu cầu kỹ thuật chính ?
5. Kể tên và nêu vắn tắt tính chất của các vật liệu cách nhiệt hay được sử dụng trong các máy và hệ thống lạnh ?
6. Vật liệu hút ẩm dùng trong kỹ thuật lạnh có mấy loại chính ? Tính chất và công nghệ sử dụng zeolit và silicagen ?
7. Đặc điểm yêu cầu đối với dầu bôi trơn máy lạnh ?
8. Các loại dầu, tính chất và phạm vi ứng dụng của nó trong các hệ thống máy lạnh.

TRẢ LỜI CÂU HỎI

Chương 1

14. $t = 35^{\circ}\text{C} \rightarrow t^{\circ}\text{F} = 32 + \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C}$

thay vào ta có $t^{\circ}\text{F} = 85^{\circ}\text{F}$.

15. $t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32) = \frac{5}{9}(85 - 32)$

$$t = 29,44^{\circ}\text{C}.$$

20. 1calo là lượng nhiệt nâng 1g nước từ $13,5^{\circ}\text{C}$ lên $14,5^{\circ}\text{C}$, 1Jun (Joule) là 1 công dịch chuyển 1 vật với lực 1N quãng đường 1m theo lượng lực hoặc bằng năng lượng sinh ra do dòng điện 1Ampe chạy qua dây dẫn điện thế 2 đầu 1V trong thời gian 1 giây.

1BTU là lượng nhiệt nâng 1 bảng nước (454g) từ 39°F lên 40°F .

21. 1 kcal/h là lượng nhiệt tương đương rút ra từ 1 kg nước để hạ nhiệt độ từ $14,5^{\circ}\text{C}$ xuống $13,4^{\circ}\text{C}$.

1 kW là lượng nhiệt tương đương 860 kcal/h rút ra từ buồng lạnh.

1BTU/h lượng nhiệt tương đương rút ra từ 1 bảng nước để hạ nhiệt độ từ 40°F xuống 39°F .

1 tôn lạnh (US) là lượng lạnh tương đương thu được khi 1 tôn nước đá (2000 bảng = 908 kg) ở 32°F (0°C) biến thành nước cũng ở 32°F trong thời gian 24h.

$$1 \text{ tôn lạnh} = \frac{2000 \text{ lb} \cdot 144 \text{ BTU/lb}}{24 \text{ h}} = 12.000 \text{ BTU/h}$$

$$1 \text{ tôn lạnh} = 3,024 \text{ kW} \approx 3 \text{ kW}$$

24. Còn một nửa thể tích

29. $\lambda, q = \frac{\lambda}{\delta} F \Delta t$

31. Sơn đen để tăng cường bức xạ nhiệt, sơn trắng hạn chế hấp thụ nhiệt.

33. Trong các thiết bị trao đổi nhiệt, đặc biệt khi $\alpha_1 \neq \alpha_2$.

34. e)

Chương 2

13. Do NH_3 ăn mòn đồng (dây quấn động cơ) và lỏng NH_3 dẫn điện.

17. Đơn chất chỉ có 1 nhiệt độ sôi duy nhất ứng với một áp suất sôi. Hỗn hợp không đồng sôi (kí hiệu bắt đầu bằng số 4 như R402A, B...), ứng với mỗi áp suất sôi. Có 1 dải nhiệt độ sôi, còn gọi sự trượt nhiệt độ.

21. Bảng hơi bão hòa tập hợp các thông số trạng thái p, v, t, h, s nằm trên đường lỏng bão hòa và hơi bão hòa của mỗi chất.

26. Nhiệt độ bay hơi - 15°C , nhiệt độ đóng băng của dung dịch cần chọn thấp hơn 5°C là : - 20°C . Tra đồ thị hình 2.11 nồng độ nước muối NaCl là 20% kg/kg. Nếu sử dụng nước muối CaCl_2 nồng độ cần thiết khoảng 18% kg/kg. Tra bảng 2.7 và 2.8 có nồng độ NaCl là 22,4% kg/kg và CaCl_2 là 21,3%. Sự sai khác trên là sai số đọc trên đồ thị và sai số từ các nguồn tài liệu tham khảo khác nhau.

27. Cho nhiệt độ sôi - 10°C.

Nhiệt độ đông đặc thấp hơn 5K nên $t_s = -15^\circ\text{C}$

Nồng độ etylen - glycol sẽ là khoảng 19% (tra hình 2.12).

28. Cho biết nhiệt độ sôi - 70°C $\rightarrow t_s = -75^\circ\text{C}$. Tra đồ thị hình 2.12 ta có :

Đối với metanol nồng độ yêu cầu khoảng 60%

Đối với etanol nồng độ yêu cầu khoảng 82%.

Chương 3

2. Không thể dùng máy nén khí để làm máy nén lạnh vì các máy nén khí là loại máy nén hở nhưng không có cụm bít kín cổ trục.

6. Thể tích hút lí thuyết xác định theo công thức (3.1)

$$V_{lt} = \frac{\pi d^2}{4} s \cdot z \cdot n$$

Thay số vào ta có :

$$V_{lt} = \frac{\pi \cdot 0,095^2 \text{ m}^2}{4} \cdot 0,076 \text{ m} \cdot 6 \cdot \frac{1000}{60} \text{ vg/s} = 0,05384 \text{ m}^3/\text{s} \\ = 193,8 \text{ m}^3/\text{h}.$$

9. Tra đồ thị hình 3.4 với $\Pi = 7$, môi chất NH_3 , máy nén cỡ trung được $\lambda = 0,58$.

28. Để giảm nhiệt độ cuối tâm nén đến mức thấp nhất nên máy nén NH_3 phải hút hơi bão hòa. Do hút hơi bão hòa nên khả năng hút phải lỏng rất cao vì vậy người ta bố trí lò xo an toàn giữ nắp xilanh. Khi hút phải lỏng lò xo bị đẩy lên, lỏng thoát lên không gây va đập thủy lực.

42. Bộ sườn dầu thường lắp đặt cho các máy nén freôn hòa tan dầu để sấy dầu trước khi khởi động tránh hiện tượng sủi bọt dầu dữ dội và béc khô máy nén.

47. Dây được coi là bảo vệ kép đối với các máy nén lớn.

48. Cơ bản là để điều chỉnh năng suất lạnh.

57. Vì nhiệt do quá trình nén sinh ra được dầu hấp thụ nên λ tăng và nhiệt độ quá trình nén giảm. Quá trình nén xê dịch từ đoạn nhiệt về đẳng nhiệt.

Chương 4

1. Chu trình thuận chiều là chu trình của các máy sinh công như máy nổ ; động cơ hơi nước ... Các quá trình thay đổi trạng thái biểu diễn trên các đồ thị chuyển biến theo chiều kim đồng hồ. Chu trình ngược chiều là chu trình của máy lạnh và bơm nhiệt. Các quá trình thay đổi trạng thái môi chất có chiều ngược chiều kim đồng hồ.

22. Cho biết $V_{lt} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$; $t_k = 40^\circ\text{C}$; $t_o = -10^\circ\text{C}$; Môi chất NH_3

	1	2	3	4
$t, ^\circ\text{C}$	-10	105	40	-10
$p, \text{ bar}$	2,9	15,5	15,5	2,9
$h, \text{ kJ/kg}$	1749	1985	688	688
$v, \text{ m}^3/\text{kg}$	0,42			

$$q_o = 1749 - 688 = 1061 \text{ kJ/kg}$$

$$q_k = 1985 - 688 = 1297 \text{ kJ/kg}$$

$$l = 1985 - 1749 = 236 \text{ kJ/kg}$$

$$\varepsilon = 1061 / 236 = 4,5$$

$$\Pi = 15,5/2,9 = 5,3$$

$$\lambda = 0,67 \text{ (tra đồ thị h.3.4)}$$

$$\eta_e = 0,76 \text{ (tra đồ thị h.3.6)}$$

$$V_{it} = 0,67 \cdot 100 = 67,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$m = 67,0 / 0,42 = 159,5 \text{ kg/h} = 159,5/3600 \text{ kg/s}$$

$$Q_o = m \cdot q_o = \frac{159,5}{3600} \cdot 1061 = 47,0 \text{ kW}$$

$$N_s = m \cdot l = \frac{159,5}{3600} \cdot 236 = 10,46 \text{ kW}$$

$$N_e = N_s / \eta_e = 10,46/0,76 = 13,76 \text{ kW.}$$

$$N_{dc} \geq 1,1 \cdot N_e = 15,2 \text{ kW.}$$

23. Cho biết $V_{it} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$, môi chất R22 ; $t_k = 40^\circ \text{C}$; $t_o = -10^\circ \text{C}$

	1	2	3	4
$t, ^\circ\text{C}$	-10	74	40	-10
$p, \text{ bar}$	3,5	15,3	15,3	3,5
$h, \text{ kJ/kg}$	702	738	550	550
$v, \text{ m}^3/\text{kg}$	0,065			

$$q_o = h_1 - h_4 = 702 - 550 = 152 \text{ kJ/kg}$$

$$q_k = h_2 - h_3 = 738 - 550 = 188 \text{ kJ/kg}$$

$$l = h_2 - h_1 = 738 - 702 = 36 \text{ kJ/kg}$$

$$\varepsilon = q_o/l = 152/36 = 4,2$$

$$\Pi = p_k/p_o = 15,3/3,5 = 4,5$$

$$\lambda = 0,74 \text{ (tra đồ thị h.3. 4)}$$

$$\eta_e = 0,68 \text{ (tra đồ thị h.3.6)}$$

$$V_{it} = \lambda \cdot V_{it} = 0,74 \cdot 100 = 74,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$m = V_{it}/v_1 = 74,4/0,065 = 1138,5 \text{ kg/h} = 0,316 \text{ kg/s}$$

$$Q_o = m q_o = 0,316 \cdot 152 = 48,07 \text{ kW}$$

$$N_s = m \cdot l = 0,316 \cdot 36 = 11,38 \text{ kW}$$

$$N_e = N_s / \eta_e = 11,38/0,68 = 16,74 \text{ kW}$$

$$N_{dc} \geq 1,1 N_s = 18,42 \text{ kW.}$$

24. Thông số các điểm nút chu trình, q_o , q_k , l , ε , Π , λ và η_e giống bài 22.

$$m = \frac{Q_o}{q} = \frac{100}{1061} = 0,09425 \text{ kg/s}$$

$$V_{it} = m \cdot v_1 = 0,03959 \text{ m}^3/\text{s} , V_{it} = V_{it}/\lambda = 0,05908 \text{ m}^3/\text{s} = 212,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tra bảng 3.2a có thể chọn máy nén MYCOMN6WA

$$\text{với } V_{lt} = 280,7 \text{ m}^3/\text{h} > 212,7 \text{ m}^3/\text{h}. \text{ Với } Q_o = 100 \cdot \frac{280,7}{212,7} = 135 \text{ kW}$$

$$N_s = m \cdot l = 22,24 \text{ kW}$$

$$N_e = N_s / \eta_e = 32,71 \text{ kW}$$

Tuy nhiên, do chọn máy N6WA có $V_{lt} = 280,7 \text{ m}^3/\text{h}$ nên công suất hiệu dụng cũng phải tính cho N6WA :

$$N_e = 32,71 \cdot \frac{280,7}{212,7} = 43,17 \text{ kW}$$

So sánh với các số liệu tra ở bảng 3.2a ta thấy.

Do nhiệt độ ngưng tụ cao hơn (40°C) nên năng suất lạnh giảm từ $155,5 \text{ kW}$ xuống 135 kW và công suất hiệu dụng tăng từ $42,4 \text{ kW}$ lên $43,17 \text{ kW}$.

25. a) Chọn hệ thống lạnh kiểu thấp ngưng tụ (dàn ngưng tụ bay hơi và dàn lạnh đặt trong bể nước muối).

Nhiệt độ môi trường không khí thiết kế theo TCVN4088 - 85 ;

$$\begin{aligned} t_{kk} &= 0,5(t_{tb, \max} + t_{\max}) \\ &= 0,5 (32,8 + 41,6) = 37,2^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Với $t_{kk} = 37,2^\circ\text{C}$ và độ ẩm không khí lúc $13 \div 15\text{h}$; $\varphi_{13h} = 66\%$ tra đồ thị h - x của không khí ẩm được nhiệt độ ướt $t_u = 31^\circ\text{C}$ (xem chương 1 tài liệu [3]). Chọn nhiệt độ nước phun cao hơn nhiệt độ ướt 4K và nhiệt độ ngưng tụ cao hơn nhiệt độ nước phun 5K ta có nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$.

Nước đá thuộc loại nước đá đục nên nhiệt độ nước muối chọn -10°C và nhiệt độ bay hơi thấp hơn 5K nên

$$t_o = -15^\circ\text{C}$$

- b) Theo hình 4.5 (chu trình hồi nhiệt), tra bảng và đồ thị R12

	1'	1	2	3'	3	4
p, bar	3,0	3,0	15,3	15,3	15,3	3,0
t, °C	-15	10	93	40	24	-15
h, kJ/kg	699	718	764	547	528	528
v, m ³ /kg		0,09				

- c) Các thông số chu trình

$$q_o = 171 \text{ kJ/kg}$$

$$q_k = 236 \text{ kJ/kg}$$

$$l = 46 \text{ kJ/kg}$$

$$\varepsilon = 3,72$$

$$\Pi = 5,1$$

$$\lambda = 0,685$$

$$\eta_e = 0,76$$

- d)

$$V_{lt} = 29,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{tt} = 19,865 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$m = 220,7 \text{ kg/h}$$

$$Q_o = 10,48 \text{ kW}$$

$$N_s = 2,82 \text{ kW}$$

$$N_e = 3,72 \text{ kW}$$

e) Theo chương 9 (sản xuất và sử dụng nước đá) [2] nhu cầu lạnh để làm 1 kg đá từ nước có nhiệt độ ban đầu + 30°C xuống nhiệt độ cuối - 10°C là 479,9 kJ/kg. Giả sử lượng lạnh tổn thất tổng (tổn thất vào môi trường qua vách cách nhiệt của bể, bơm, quạt, khuấy, khuôn, tan giá để tháo khuôn ...) là 15%, nhu cầu lạnh thực tế là $1,15 \cdot 479,9 = 551,9$ kJ/kg

Năng suất bể đá sẽ là :

$$m_d = \frac{Q_o}{q_d} = \frac{10,48}{551,9} = \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{kJ}} \cdot \frac{3600\text{s}}{\text{h}} \cdot \frac{24\text{h}}{\text{ngày} \cdot \text{đêm}} = 1640 \text{ kg/ngày đêm.}$$

Khuôn đá loại 25 kg và thời gian đông đá ở - 8°C (nước muối vào - 6°C, ra khỏi dàn lạnh - 10°C) tính theo công thức 9.1 [2] :

$$\tau_o = \frac{A}{t_m} b_o (b_o + B)$$

τ_o là thời gian làm đá, h.

$t_m = -8^\circ\text{C}$: nhiệt độ nước muối trung bình trong bể

b_o = chiều rộng khuôn, chọn khuôn 240 mm × 150 mm lấy cạnh ngắn ;
 $b_o = 0,15$.

Dạng khuôn hình chữ nhật $A = 4540$ và $B = 0,026$

$$\tau_o = \frac{4540}{8} \cdot 0,15(0,15 + 0,026) = 15\text{h}$$

Số khuôn cần thiết

$$z = \frac{1640 \cdot 15}{25 \cdot 24} = 41 \text{ khuôn}$$

Có thể chọn 45 khuôn, mỗi linh đá 5 khuôn và bể có 9 linh. Từ các số liệu trên có thể tính ra kích thước bể.

Chương 6

13. Chọn k theo bảng 6.1

$$k = 850 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Vậy $F = Q_k / k\Delta t = 25,74\text{m}^2$

Chọn KTT- 32 với $F = 32\text{m}^2$

$D = 500\text{mm}$; $L = 4430 \text{ mm}$; 144 ống. Thể tích giữa các ống $0,52\text{m}^3$.

14. Chọn $k = 600 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$F = 17,9\text{m}^2$$

Diện tích trao đổi nhiệt trong của 1 m chiều dài ống $\phi 57 \times 3$ là $f_1 = 0,157\text{m}^2/\text{m}$.
 Chiều dài yêu cầu là :

$$L = 17,9/0,157 = 114\text{m}$$

15. Chọn $k = 30\text{W/m}^2\text{K}$.

$$F = 83,3\text{m}^2$$

Chương 7

16. $Q_o = kF\Delta t \rightarrow F = Q_o/k\Delta t$.

$$17. F = Q_o / k\Delta t$$

Tra bảng 7.1 cho dầu lạnh trực tiếp R22/không khí.

Với nhiệt độ ở 0°C có thể lấy $k = 16,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Δt có thể chọn từ 2 đến 4K. Để đảm bảo nhiệt độ bay hơi không quá thấp, giảm năng suất lạnh, nên chọn $\Delta t = 8\text{K}$. Như vậy diện tích trao đổi nhiệt là : $F = 50.000 / (16,5 \cdot 8) = 379 \text{ m}^2$ (là diện tích của cả bề mặt ống và cánh).

Nhiệt độ buồng bảo quản 0°C. Nhiệt độ không khí vào dàn + 1°C, ra khỏi dàn lạnh - 1°C, nhiệt độ bay hơi $t_o = -8^\circ\text{C}$ ($t_o = t_{\text{buồng}} - \Delta t$)

Trạng thái không khí xác định trên đồ thị h - x của không khí ẩm : $\varphi = 90\%$, $h_1 = 10\text{kJ/kg}$, $h_2 = 6,9 \text{ kJ/kg}$, $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$ lưu lượng không khí yêu cầu.

$$V_{kk} = \frac{50}{1,29 \cdot (10 - 6,9)} = 12,503\text{m}^3/\text{s}$$

Nếu chọn 5 dàn quạt ta có lưu lượng gió của mỗi dàn quạt là $12,503/5 = 2,5\text{m}^3/\text{s} = 9000 \text{ m}^3/\text{h}$. Căn cứ vào diện tích trao đổi nhiệt và lưu lượng gió có thể chọn được các dàn lạnh chế tạo sẵn.

Chương 8 : $F = Q_o / k\Delta t_o$ với k và Δt_o chọn theo bảng.

8. FRK là kí hiệu của đơn vị sản xuất.

100 là năng suất lạnh đơn vị là tấn lạnh Mỹ.

9. FRK 100 có thể sử dụng cho máy lạnh có năng suất lạnh tối đa là 100 tấn hay 302.400 kcal/h, hoặc năng suất nhiệt 100.3900 hay 390.000 kcal/h.

10. Theo TCVN4088 -85 : Ở Thái Bình.

Nhiệt độ cực đại trung bình tháng nóng nhất $t_{tb, \max} = 32,0^\circ\text{C}$.

Nhiệt độ cực đại tuyệt đối ghi nhận được $t_{\max} = 42,3^\circ\text{C}$

$$t_{kk} = \frac{32,0 + 42,3}{2} = 37,2^\circ\text{C}$$

Độ ẩm lúc 13 ÷ 15h tính được $\varphi_{13} = 67\%$

Tra đồ thị h - x của không khí ẩm được $t_u = 31^\circ\text{C}$

Có thể chọn hiệu nhiệt độ nước vào bình ngưng so với nhiệt độ ướt là 3 : 4 hoặc 5 và tính theo 3 phương án này :

	$\Delta t = t_{w1} - t_{u,k}$	$t_{w1}, ^\circ\text{C}$	$t_{w2} = t_{w1} + \Delta t (^\circ\text{C})$	$t_k = t_{w2} + \Delta t_{\min} (^\circ\text{C})$	$Q_o, \text{tôn}$	z	k_1	Công suất thấp giải nhiệt	
								$Q = Q_o/k$	chọn
FA1	3	34	39	44	50	39-34°	0,76	65,8	FRK80
FA2	4	35	40	45	50	40-35°	0,93	53,8	FRK60
FA3	5	36	41	46	50	41 - 36	1,12	44,6	FRK50

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NGUYỄN ĐỨC LỢI ; PHẠM VĂN TÙY :
Kỹ thuật lạnh cơ sở - Nhà xuất bản Giáo dục Hà Nội - 1996.
2. NGUYỄN ĐỨC LỢI ; PHẠM VĂN TÙY ; DINH VĂN THUẬN :
Kỹ thuật lạnh ứng dụng - Nhà xuất bản Giáo dục - Hà Nội 1995.
3. NGUYỄN ĐỨC LỢI :
Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh - Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - Hà Nội, 1995.
4. NGUYỄN ĐỨC LỢI ; PHẠM VĂN TÙY : Tủ lạnh, máy kem, máy đá, máy điều hòa nhiệt độ. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - Hà Nội 1996.
5. NGUYỄN ĐỨC LỢI ; VŨ DIỄM HƯƠNG ; NGUYỄN KHẮC XƯƠNG :
Vật liệu kỹ thuật lạnh và kỹ thuật nhiệt. Nhà xuất bản Giáo dục - Hà Nội 1995.
6. NGUYỄN ĐỨC LỢI ; PHẠM VĂN TÙY :
Môi chất lạnh - Nhà xuất bản Giáo dục - Hà Nội 1995.
7. NGUYỄN ĐỨC LỢI ; PHẠM VĂN TÙY :
Bài tập kỹ thuật lạnh - Nhà xuất bản Giáo dục-Hà Nội 1996.
8. Breidenbach : Der junge Kälteanlagenbauer, Band 1, 2 Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1984.
9. B.C.Langley : Refrigeration and Air Conditioning, Reston Publishing Company - 1981.
10. P.C.Koplet : Industrial Refrigeration MacMillan Press - Hong Kong 1992
11. Aufgabensammlung Kältetechnik, Verlag C.F Müller, Karlsruhe 1995.

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Chương 1. GIỚI THIỆU CHUNG	
1.1. Lịch sử phát triển	5
1.2. ý nghĩa kinh tế	7
1.3. Các loại máy lạnh thông dụng	9
1.3.1. Máy lạnh nén hơi	9
1.3.2. Máy lạnh hấp thụ	10
1.3.3. Máy lạnh nén khí	11
1.3.4. Máy lạnh ejector	11
1.3.5. Máy lạnh nhiệt điện	12
1.4. Nhắc lại cơ sở kỹ thuật nhiệt	12
1.4.1. Mở đầu	12
1.4.2. Những thông số trạng thái cơ bản	13
1.4.3. Nhiệt động của các chất khí	19
1.4.4. Cơ sở truyền nhiệt	22
1.4.5. Bức xạ nhiệt	26
Câu hỏi ôn tập	30
Chương 2. MÔI CHẤT LẠNH VÀ CHẤT TẢI LẠNH	
2.1. Môi chất lạnh	32
2.1.1. Yêu cầu đối với môi chất lạnh	32
2.1.2. Kí hiệu môi chất lạnh	33
2.1.3. Các môi chất lạnh thường dùng	35
2.1.4. Môi chất lạnh thay thế	40
2.1.5. An toàn môi chất lạnh	41
2.1.6. Bảng và đồ thị	42
2.2. Chất tải lạnh	65
2.2.1. Yêu cầu đối với chất tải lạnh	66
2.2.2. Một số chất tải lạnh thường dùng	66
Câu hỏi ôn tập	69
Chương 3. MÁY NÉN LẠNH	
3.1. Phân loại máy nén lạnh	70
3.2. Lý thuyết chung về máy nén lạnh	72
3.2.1. Quá trình làm việc của máy nén	72
3.2.2. Thệ tích hút lý thuyết	73
3.2.3. Thệ tích hút thực tế	73
3.2.4. Hệ số cấp λ	74
3.2.5. Năng suất khối lượng của máy nén	75
3.2.6. Hiệu suất nén và công suất động cơ yêu cầu	76
3.2.7. Hệ số lạnh của chu trình	78
3.2.8. Năng suất lạnh của máy nén	78
3.2.9. Ba chế độ lạnh tiêu chuẩn	84

3.3. Máy nén pittông (trượt)	85
3.3.1. Phân loại máy nén pittông trượt	86
3.3.2. Các dạng cấu tạo của máy nén pittông trượt	86
3.3.3. Chi tiết máy nén pittông trượt	97
3.3.4. Điều chỉnh năng suất lạnh máy pittông trượt	112
3.4. Máy nén trục vít	119
3.4.1. Cấu tạo	120
3.4.2. Nhiệt độ cuối tẩm nén và tỷ số nén	120
3.4.3. Hệ số cấp λ	122
3.4.4. Điều chỉnh năng suất lạnh	123
3.4.5. Tổ máy nén trục vít	124
3.5. Máy nén rôto	125
3.5.1. Máy nén rôto lăn	125
3.5.2. Máy nén rôto tẩm trượt	126
3.5.3. Máy nén rôto kiểu xoắn ốc	127
3.6. Máy nén turbin	128
3.7. Động cơ của máy nén lạnh	131
3.7.1. Mômen khởi động	131
3.7.2. Tốc độ động cơ và trục khuỷu	133
3.7.3. Quan hệ công suất động cơ và năng suất lạnh	133
3.7.4. Bảo vệ động cơ	134
Câu hỏi ôn tập	135
Chương 4. CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI 1 CẤP	
4.1. Chu trình Carnot ngược chiều	137
4.2. Chu trình khô	138
4.3. Chu trình quá lạnh, quá nhiệt	143
4.4. Chu trình hồi nhiệt	144
4.5. Sự phụ thuộc của Q_0 vào nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ t_0 và t_k	151
Câu hỏi ôn tập	153
Chương 5. CHU TRÌNH 2 VÀ NHIỀU CẤP	
5.1. Chu trình 2 cấp 1 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần	155
5.2. Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu, làm mát trung gian 1 phần có hồi nhiệt	157
5.3. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian 1 phần	165
5.4. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian toàn phần	167
5.5. Chu trình 2 cấp, bình trung gian ống xoắn	171
5.6. Các chu trình 2 và nhiều cấp khác	174
Câu hỏi ôn tập	174
Chương 6. THIẾT BỊ NGỪNG TỤ	
6.1. Vai trò, vị trí, đặc điểm của thiết bị trao đổi nhiệt trong hệ thống lạnh	176
6.1.1. Vai trò, vị trí của thiết bị trao đổi nhiệt	176
6.1.2. Đặc điểm của thiết bị trao đổi nhiệt	176
6.2. Phân loại thiết bị ngưng tụ	177
6.2.1. Khái niệm về thiết bị ngưng tụ	177
6.2.2. Phân loại thiết bị ngưng tụ	178
6.3. Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước	178
6.3.1. Bình ngưng ống vỏ nằm ngang	178
6.3.2. Bình ngưng ống vỏ thẳng đứng	181
6.3.3. Thiết bị ngưng tụ kiểu phần tử và kiểu lồng ống	182
6.3.4. Thiết bị ngưng tụ kiểu panen	184
6.4. Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước và không khí	186
6.4.1. Thiết bị ngưng tụ kiểu tưới	187

6.4.2. Thấp ngưng tụ	188
6.5. Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí	190
6.6. Tính toán thiết bị ngưng tụ	192
Câu hỏi ôn tập	195
Chương 7. THIẾT BỊ BAY HƠI	196
7.1. Phân loại thiết bị bay hơi	196
7.1.1. Khái niệm về thiết bị bay hơi	196
7.1.2. Phân loại thiết bị bay hơi	197
7.2. Thiết bị bay hơi làm lạnh chất lỏng	197
7.2.1. Thiết bị bay hơi, ống vỏ kiểu ngập	199
7.2.2. Thiết bị bay hơi ống vỏ môi chất sôi trong ống và trong kênh	201
7.2.3. Thiết bị bay hơi kiểu tấm làm lạnh chất lỏng	202
7.2.4. Thiết bị bay hơi ống vỏ kiểu tưới	203
7.3. Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí	203
7.3.1. Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí kiểu khô	204
7.3.2. Thiết bị làm lạnh kiểu ướt	204
7.3.3. Thiết bị bay hơi kiểu làm lạnh hỗn hợp	205
7.4. Dàn làm lạnh không khí bằng nước và nước muối	207
7.5. Tính toán thiết bị bay hơi	209
Câu hỏi ôn tập	
Chương 8. THÁP GIẢI NHIỆT	210
8.1. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc	212
8.2. Các chi tiết tháp giải nhiệt	216
8.3. Tính chọn tháp giải nhiệt	220
8.4. Lắp đặt, vận hành	222
Câu hỏi ôn tập	
Chương 9. CÁC THIẾT BỊ PHỤ	223
9.1. Bình tách dầu	227
9.2. Bình chứa dầu	227
9.3. Bình chứa	227
9.3.1. Bình chứa cao áp	228
9.3.2. Bình chứa tuần hoàn	228
9.3.3. Bình chứa thu hồi	229
9.3.4. Bình chứa dự phòng	229
9.4. Bình tách lỏng	230
9.5. Bình trung gian	231
9.6. Bình quá lạnh lỏng	231
9.7. Thiết bị hồi nhiệt	232
9.8. Bình tách khí không ngưng	233
9.9. Phin sấy, phin lọc	234
9.10. Mắt gas	234
9.11. Dầu chia lỏng	235
9.12. Ống mềm	236
9.13. Ống tiêu âm	236
9.14. Van tap vù	236
9.15. Van 1 chiều	237
9.16. Van khóa, van chặn	239
9.17. Van tiết lưu tay	240
9.18. Van đảo chiều	240
9.19. Bơm	

9.20. Quạt	241
9.21. Áp kế	241
9.22. Đường ống	242
Câu hỏi ôn tập	245
Chương 10. TỰ ĐỘNG HÓA HỆ THỐNG LẠNH	
10.1. Đại cương về tự động hóa hệ thống lạnh	247
10.1.1. Hệ thống điều chỉnh tự động	247
10.1.2. Hệ thống bảo vệ tự động	248
10.1.3. Hệ thống tín hiệu tự động	249
10.1.4. Hệ thống đo lường tự động	250
10.1.5. Hệ thống điều khiển tự động	251
10.2. Tự động điều khiển máy nén lạnh	251
10.2.1. Điều chỉnh liên tục công suất lạnh	251
10.2.2. Điều chỉnh nhảy cấp công suất lạnh	253
10.3. Tự động hoá thiết bị ngưng tụ	255
10.3.1. Tự động hóa thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước	255
10.3.2. Tự động hóa thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí	256
10.4. Tự động hóa thiết bị bay hơi	258
10.4.1. Thông số điều chỉnh	258
10.4.2. Điều chỉnh cấp lỏng bằng van tiết lưu tự động	259
10.5. Bảo vệ tự động hệ thống lạnh	262
10.5.1. Sơ đồ hệ thống bảo vệ	262
10.5.2. Nguyên lý làm việc của hệ thống bảo vệ tự động hóa thống lạnh	265
Câu hỏi ôn tập	266
Chương 11. VẬT LIỆU KỸ THUẬT LẠNH	
11.1. Vật liệu chế tạo máy và thiết bị lạnh	268
11.1.1. Vật liệu kim loại	268
11.1.2. Vật liệu phi kim loại	270
11.2. Vật liệu cách nhiệt	271
11.2.1. Nhiệm vụ của vật liệu cách nhiệt	271
11.2.2. Các yêu cầu đối với vật liệu cách nhiệt	272
11.2.3. Một số vật liệu cách nhiệt thông dụng	273
11.3. Vật liệu hút ẩm	274
11.3.1. Công dụng	274
11.3.2. Phân loại vật liệu hút ẩm	275
11.3.3. Các vật liệu hút ẩm thường dùng	275
11.4. Dầu bôi trơn máy lạnh	276
11.4.1. Nhiệm vụ	276
11.4.2. Yêu cầu đối với dầu bôi trơn	276
11.4.3. Phân loại và ký hiệu dầu bôi trơn	277
11.4.4. Các tính chất cơ bản của dầu lạnh	278
Câu hỏi ôn tập	280
Trả lời câu hỏi	281
Tài liệu tham khảo	287
Mục lục	288

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung:

Phó Tổng biên tập NGÔ ÁNH TUYẾT
Giám đốc Công ty CP Sách ĐH-ĐN NGÔ THỊ THANH BÌNH

Biên tập lần đầu:

THANH BÌNH

Biên tập tái bản:

TRẦN VĂN THẮNG

Trình bày bìa:

TRẦN THUỶ HẠNH

Sửa bản in:

BÌNH MINH

Chế bản:

PHÒNG CHẾ BẢN (NXB GIÁO DỤC)

MÁY VÀ THIẾT BỊ LẠNH

Mã số: 7B410y1 – DAI

In 1.000 bản (QĐ : 22), khổ 19 x 27 cm. In tại Công ty CP In – Thương mại Hà Tây.

Địa chỉ : Số 15, đường Quang Trung, Quận Hà Đông, Hà Nội.

Số ĐKKH xuất bản : 14 – 2011/CXB/58 – 2075/GD.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 6 năm 2011.