

NGUYỄN ĐỨC LỢI

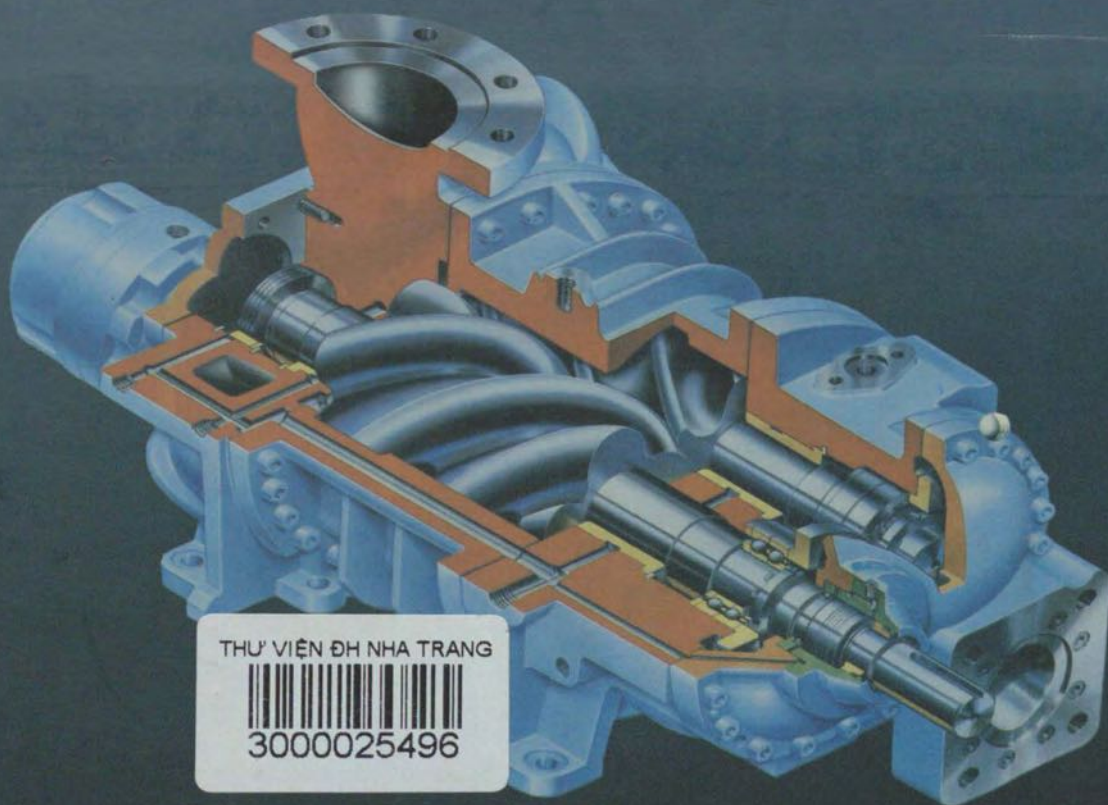
EBOOKBKMT.COM

HỖ TRỢ TÀI LIỆU HỌC TẬP

GIÁO TRÌNH

KỸ THUẬT LẠNH

(CƠ SỞ VÀ ỨNG DỤNG)



THƯ VIỆN ĐH NHA TRANG



3000025496



NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

NGUYỄN ĐỨC LỢI

GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT LẠNH

(TRỌN BỘ)

EBOOKBKMT.COM

HỖ TRỢ TÀI LIỆU HỌC TẬP

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA – HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Trong số hơn mười môn học^{)} phân kỹ thuật lạnh và điều hòa không khí (ĐHKK) trong chương trình đào tạo Kỹ sư Nhiệt Lạnh Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội thì hai môn quan trọng nhất là Kỹ thuật lạnh cơ sở và Kỹ thuật lạnh ứng dụng.*

Hiện nay, do nhu cầu đào tạo chuyên ngành rộng, một số trường muốn gộp 2 môn Kỹ thuật lạnh cơ sở và ứng dụng làm một do đó chúng tôi biên soạn cuốn giáo trình này. Đây là những nội dung cơ động nhất để giảng dạy cho sinh viên trong khoảng 75 ÷ 90t. Nếu trong chương trình đào tạo có các môn học trùng với các chương trong giáo trình thì có thể bỏ qua ví dụ Tự động hóa Hệ thống lạnh, Vật liệu Nhiệt Lạnh, Tủ lạnh và Máy điều hòa gia dụng...

Do kỹ thuật điều hòa không khí, kỹ thuật Cryô (lạnh sâu), lắp đặt, vận hành, thử nghiệm, bảo dưỡng, sửa chữa máy lạnh dân dụng và công nghiệp là những môn dạy riêng nên các nội dung này cũng được đưa ra khỏi giáo trình.

Cuốn giáo trình Kỹ thuật Lạnh (trọn bộ) này nhằm trang bị cho sinh viên ngành Nhiệt Lạnh những kiến thức cơ bản nhất về kỹ thuật lạnh, tuy nhiên, giáo trình cũng có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho tất cả mọi đối tượng có liên quan đến lạnh và điều hòa không khí.

Xin chân thành cảm ơn Viện KHCN Nhiệt Lạnh và Nhà xuất bản Bách Khoa Hà Nội, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã giúp đỡ chúng tôi hoàn thành giáo trình. Cuốn sách chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc. Các ý kiến xin gửi về Nhà xuất bản Bách Khoa - Hà Nội, Tel. 04. 8684569 hoặc cho tác giả - Viện Nhiệt Lạnh Đại học Bách Khoa Hà Nội. Xin chân thành cảm ơn!

PGS TS Nguyễn Đức Lợi

Nr. 04.7165860 Mob. 0982288995

**) Các môn học về kỹ thuật lạnh và điều hoà không khí do Bộ môn Kỹ thuật Lạnh và Điều hoà không khí Viện KHCN Nhiệt - Lạnh biên soạn trong gần 30 năm qua xin xem bảng trang sau.*

Bảng các môn học và giáo trình

<i>Môn học</i>	<i>Giáo trình</i>
1. <i>Kỹ thuật lạnh cơ sở (60t);</i>	<i>Kỹ thuật lạnh cơ sở, NXB GD</i> <i>Bài tập tính toán Kỹ thuật lạnh, NXB BK</i> <i>Ga, dầu và chất tải lạnh, NXB GD</i>
2. <i>Kỹ thuật lạnh ứng dụng (60t);</i>	<i>Kỹ thuật lạnh ứng dụng, NXB GD</i> <i>Bài tập tính toán Kỹ thuật lạnh, NXB BK</i>
3. <i>Đồ án môn học kỹ thuật lạnh (30t);</i>	<i>HD dẫn thiết kế hệ thống lạnh, NXB KHKT</i> <i>Giáo trình thiết kế hệ thống lạnh, NXB GD</i>
4. <i>Kỹ thuật điều hòa không khí (60t);</i>	<i>Kỹ thuật điều hoà không khí, NXB KHKT</i>
5. <i>Đồ án môn học ĐHKK (30t);</i>	<i>HD dẫn thiết kế HT ĐHKK, NXB KHKT</i> <i>Giáo trình thiết kế HT ĐHKK, NXB GD</i>
6. <i>Tự động hóa hệ thống lạnh (60t);</i>	<i>Tự động hoá hệ thống lạnh, NXB GD</i>
7. <i>Vật liệu kỹ thuật Nhiệt - Lạnh (30t);</i>	<i>Vật liệu kỹ thuật Nhiệt Lạnh, NXB KHKT</i>
8. <i>Kỹ thuật an toàn hệ thống Lạnh (30t);</i>	<i>KT an toàn hệ thống lạnh, NXB GD</i>
9. <i>Tiếng Anh chuyên ngành lạnh và ĐHKK (75t);</i>	<i>Tiếng Anh chuyên ngành (luật hành nội bộ)</i> <i>Từ điển Kỹ thuật lạnh và ĐH KK Anh - Pháp - Việt, NXB KHKT</i>
10. <i>Các chuyên đề (mỗi chuyên đề 30t);</i> <i>a. Tủ lạnh và máy điều hòa nhiệt độ gia dụng;</i> <i>b. Lắp đặt, vận hành bảo dưỡng sửa chữa máy lạnh dân dụng;</i> <i>c. Lắp đặt, vận hành bảo dưỡng, sửa chữa máy lạnh công nghiệp;</i> <i>d. Bơm nhiệt và ứng dụng của bơm nhiệt</i>	<i>Tủ lạnh, máy kem, máy đá, máy điều hoà nhiệt độ, NXB KHKT</i> <i>Tủ lạnh và máy điều hoà dân dụng, NXB BK</i> <i>Dạy nghề sửa chữa tủ lạnh và máy ĐH dân dụng, NXB GD</i> <i>Sửa chữa máy lạnh và ĐHKK, NXB KHKT</i>

Ghi chú: Xem thêm phần tài liệu tham khảo.

HỖ TRỢ TÀI LIỆU HỌC TẬP

Chương 1

GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA KỸ THUẬT LẠNH

Con người đã biết làm lạnh và sử dụng lạnh từ cách đây rất lâu. Ngành khảo cổ học đã phát hiện ra những hang động có mạch nước ngầm nhiệt độ thấp chảy qua dùng để chứa thực phẩm và lương thực khoảng từ 5000 năm trước.

Các tranh vẽ trên tường trong các kim tự tháp Ai Cập cách đây khoảng 2500 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.

Nhưng kỹ thuật lạnh hiện đại bắt đầu phải kể từ khi giáo sư Black tìm ra nhiệt ẩn hóa hơi và nhiệt ẩn nóng chảy vào năm 1761 - 1764. Con người đã biết làm lạnh bằng cách cho bay hơi chất lỏng ở áp suất thấp.

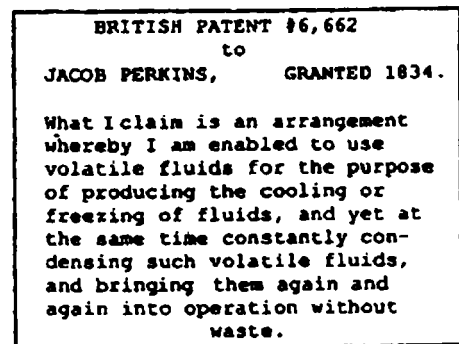
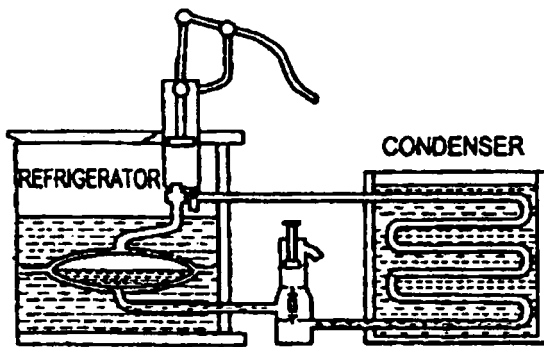
Tiếp theo phát hiện quan trọng đó, Clouet và Monge lần đầu tiên hóa lỏng được khí SO_2 vào năm 1780. Từ 1781 Cavallo bắt đầu nghiên cứu hiện tượng bay hơi một cách có hệ thống.

Thế kỷ 19 là thời kỳ phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật lạnh. Năm 1823 Faraday bắt đầu công bố những công trình về hóa lỏng khí SO_2 , H_2S , CO_2 , N_2O , C_2H_2 , NH_3 và HCl . Đến 1845, ông đã hóa lỏng được hầu hết các loại khí kể cả êtylen, nhưng vẫn phải bó tay trước các khí O_2 , N_2 , CH_4 , CO , NO và H_2 . Người ta cho rằng chúng là các khí không hóa lỏng được và luôn luôn chỉ ở thể khí nên gọi là các khí “vĩnh cửu - permanent”, lí do là vì Natlerev (Áo) đã nén chúng tới một áp lực cực lớn 3600 atm mà vẫn không hóa lỏng được chúng. Mãi tới 1869, Andrew (Anh) giải thích được điểm tới hạn của khí hóa lỏng và nhờ đó Cailletet và Picde (Đức) hóa lỏng O_2 và N_2

và tách bằng chưng cất, K.Onnes (Hà Lan) hóa lỏng được Heli.

Năm 1834, J.Perkins (Anh) đã đăng kí bằng phát minh đầu tiên về máy lạnh nén hơi với đầy đủ các thiết bị như một máy lạnh nén hơi hiện đại gồm có máy nén, dàn ngưng tụ, dàn bay hơi và van tiết lưu (hình 1). Đến cuối thế kỉ 19, nhờ có một loạt cải tiến của Linde (Đức) với việc sử dụng amôniac làm môi chất lạnh cho máy lạnh nén hơi, việc chế tạo và sử dụng máy lạnh nén hơi mới thực sự phát triển rộng rãi trong hầu hết các ngành kinh tế quốc dân.

Máy lạnh hấp thụ đầu tiên do Leslie (Pháp) đưa ra vào năm 1810 là máy lạnh hấp thụ chu kì với cặp môi chất H_2O/H_2SO_4 . Đến giữa thế kỉ 19, nó được phát triển một cách rầm rộ nhờ kĩ sư tài ba Carré (Pháp) với hàng loạt bằng phát minh về máy lạnh hấp thụ chu kì và liên tục với các cặp môi chất khác nhau.



Hình 1.1. Văn bản phát minh của J.Perkins

Máy lạnh hấp thụ khuếch tán hoàn toàn không có chi tiết chuyển động được Geppert (Đức) đăng kí bằng phát minh năm 1899 và được Platen và Munters (Thụy Điển) hoàn thiện vào năm 1922 được nhiều nước trên thế giới sản xuất chế tạo hàng loạt và nó vẫn có vị trí quan trọng cho đến ngày nay.

Máy lạnh nén khí đầu tiên do bác sĩ người Mĩ Gorrie chế tạo vào năm 1845. Dựa vào các kết quả nghiên cứu của các nhà lí thuyết, bác sĩ Gorrie đã thiết kế chế tạo thành công máy lạnh nén khí dùng để điều tiết không khí cho trạm xá chữa bệnh sốt cao của ông. Nhờ thành tích đặc biệt này mà ông và trạm xá của ông trở thành nổi tiếng thế giới.

Máy lạnh ejectơ hơi nước đầu tiên do Leiblanc chế tạo năm 1910. Đây là một sự kiện có ý nghĩa rất trọng đại vì máy lạnh ejectơ hơi nước rất đơn giản. Năng lượng tiêu tốn cho nó lại là nhiệt năng do đó có thể tận dụng được các nguồn năng lượng phế thải để làm lạnh.

Một sự kiện quan trọng nữa của lịch sử phát triển kĩ thuật lạnh là việc sản xuất và ứng dụng các freon ở Mỹ vào năm 1930. Freon thực chất là các chất hữu cơ hydrocacbua no hoặc chưa no như metan (CH_4), êtan (C_2H_6)... được thay thế một phần hoặc toàn bộ các nguyên tử hydro bằng các nguyên tử gốc halôgen như clo (Cl), flo (F) hoặc brom (Br). Các chất này được sản xuất ở xưởng Dupont Kinetic Chemical Inc với cái tên thương mại là freon. Đây là những môi chất lạnh có nhiều tính chất quý báu như không cháy, không nổ, không độc hại, phù hợp với chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi do đó nó đã góp phần tích cực vào việc thúc đẩy kĩ thuật lạnh phát triển, nhất là kĩ thuật điều hoà không khí.

Ngày nay, kĩ thuật lạnh hiện đại đã tiến những bước rất xa, có trình độ khoa học kĩ thuật ngang với các ngành kĩ thuật tiên tiến khác. Phạm vi nhiệt độ của kĩ thuật lạnh ngày nay được mở rộng rất nhiều. Người ta đang tiến dần đến nhiệt độ không tuyệt đối. Phía nhiệt độ cao của thiết bị ngưng tụ, nhiệt độ có thể đạt trên 100°C dùng cho các mục đích của bơm nhiệt như sưởi ấm, chuẩn bị nước nóng, sấy v.v. Đây là ứng dụng của bơm nhiệt góp phần thu hồi nhiệt thải, tiết kiệm năng lượng sơ cấp.

Năng suất lạnh của các tổ hợp máy lạnh cũng được mở rộng: từ những máy lạnh sử dụng trong phòng thí nghiệm chỉ có công suất chừng vài mW đến các tổ hợp có công suất hàng triệu W ở các trung tâm điều hoà không khí.

Hiệu suất máy tăng lên đáng kể, chi phí vật tư và chi phí năng lượng cho một đơn vị lạnh giảm xuống rõ rệt. Tuổi thọ và độ tin cậy tăng lên. Mức độ tự động hóa của các hệ thống lạnh và máy lạnh tăng lên rõ rệt. Những thiết bị lạnh tự động hoàn toàn bằng điện tử và vi điện tử đang dần thay thế các thiết bị thao tác bằng tay.

1.2. Ý NGHĨA KINH TẾ CỦA KỸ THUẬT LẠNH

1.2.1. Ứng dụng lạnh trong bảo quản thực phẩm

Lĩnh vực ứng dụng quan trọng nhất của kĩ thuật lạnh là bảo quản thực phẩm. Theo một số thống kê thì khoảng 80% năng suất lạnh được sử dụng trong công nghiệp bảo quản thực phẩm ôi thiu do vi khuẩn gây ra. Nước ta là một nước nhiệt đới có thời tiết nóng và ẩm nên quá trình ôi thiu thực phẩm xảy ra càng nhanh.

Muốn làm ngừng trệ hoặc làm chậm quá trình ôi thiu, phương pháp có

hiệu quả và kinh tế nhất là bảo quản lạnh. Giả sử sữa 35°C có một mầm vi khuẩn thì chỉ 6 giờ sau số mầm vi khuẩn đã tăng lên 600 lần, sữa đó chỉ có thể bảo quản trong vòng một ngày. Ở nhiệt độ 15°C ta có thể bảo quản sữa được khoảng 3 ngày và nếu ở 5°C thời gian bảo quản có thể được hơn 4 ngày và đến ngày thứ 4 cũng chỉ có khoảng 4,5 mầm vi khuẩn.

Quá trình ôi thiu ở các loại thực phẩm khác cũng gần như vậy. Theo kinh nghiệm thì thời gian bảo quản là một hàm mũ của nhiệt độ. Sau đây là thời gian bảo quản của một số thực phẩm phụ thuộc vào nhiệt độ (bảng 1.1).

Bảng 1.1. Số ngày bảo quản phụ thuộc vào nhiệt độ bảo quản

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

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..., nhưng nhiệt độ đóng vai trò quan trọng nhất.

Ngày nay công nghiệp thực phẩm như chế biến thịt cá rau quả, công nghiệp đánh bắt hải sản dài ngày trên biển không thể phát triển nếu không có sự hỗ trợ tích cực của kỹ thuật lạnh. Các kho lạnh bảo quản, các kho lạnh chế biến, phân phối, các máy lạnh thương nghiệp đến các tủ lạnh gia đình, các nhà máy sản xuất nước đá, máy lạnh lắp đặt trên tàu thủy và các phương tiện vận tải, các máy lạnh đông nhanh thực phẩm không còn xa lạ với chúng ta; kể cả các ngành công nghiệp rượu bia, bánh, kẹo, kem, nước uống, công nghiệp sữa, nước hoa quả, công nghiệp sản xuất aga - aga...

1.2.2. Sấy thăng hoa

Vật sấy được làm lạnh đông xuống -20°C và được sấy bằng cách hút chân không nên sấy thăng hoa là một phương pháp sấy hiện đại hầu như không làm giảm chất lượng của vật sấy. Nước được rút ra gần như hoàn toàn và sản phẩm trở thành dạng bột, bảo quản và vận chuyển dễ dàng. Giá thành sấy thăng hoa cao do đó người ta chỉ ứng dụng cho những sản phẩm quý và hiếm như những

được liệu từ hoa, cây, quả,... những sản phẩm y dược dễ biến đổi chất lượng do tác động của nhiệt độ như máu, các loại thuốc tiêm, hoóc môn hoặc trong công nghệ nuôi cấy vi khuẩn...

1.2.3 Ứng dụng lạnh trong công nghiệp hóa chất

Những ứng dụng quan trọng nhất trong công nghiệp hóa chất là sự hóa lỏng khí bao gồm hóa lỏng các chất khí là sản phẩm của công nghiệp hóa học như clo, amôniac, cacbonic, sunfuro, clohydric, các loại khí đốt, các loại khí sinh học...

Hóa lỏng và tách khí từ các thành phần của 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 và argon... được sử dụng trong nghiên cứu vật lí, trong công nghiệp hóa chất và sản xuất bóng đèn.

Việc sản xuất vải, sợi, tơ, cao su nhân tạo, phim ảnh đòi hỏi sự hỗ trợ tích cực của kĩ thuật lạnh trong quy trình công nghệ. Thí dụ, trong quy trình sản xuất tơ nhân tạo, người ta phải làm lạnh bề quay tơ xuống nhiệt độ thấp đúng yêu cầu công nghệ thì chất lượng tơ mới đảm bảo.

Cao su và các loại chất dẻo khi hạ nhiệt độ xuống đủ thấp chúng sẽ trở nên giòn và dễ vỡ như thủy tinh. Nhờ đặc tính này người ta có thể chế tạo bột cao su mịn. Khi hòa trộn với bột sắt để tạo cao su từ tính hoặc hòa trộn với phụ gia nào đó, có thể đạt được độ đồng đều rất cao.

Các phản ứng hóa học trong công nghiệp hóa học cũng phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ. Nhờ có kĩ thuật lạnh người ta có thể chủ động điều khiển được tốc độ các phản ứng hóa học.

1.2.4. Ứng dụng lạnh trong điều hòa không khí

Một lĩnh vực ứng dụng quan trọng của kĩ thuật lạnh là điều hòa không khí. Ngày nay người ta không thể tách rời kĩ thuật điều hòa không khí với các ngành như cơ khí chính xác, kĩ thuật điện tử và vi điện tử, kĩ thuật phim ảnh, máy tính, in ấn, sợi dệt, dược phẩm, học, kĩ thuật quang học...

Để đảm bảo chất lượng cao của các sản phẩm, để đảm bảo các máy móc, thiết bị làm việc bình thường cần có những yêu cầu nghiêm ngặt về các điều kiện và thông số của không khí như: thành phần, độ ẩm, nhiệt độ, độ chứa bụi và các loại hóa chất độc hại... Kĩ thuật lạnh và đặc biệt là bơm nhiệt có thể giúp chúng

ta khống chế các yêu cầu đó.

Điều hoà không khí cũng đóng vai trò quan trọng trong các ngành công nghiệp nhẹ nhằm đảm bảo chất lượng sản phẩm như công nghiệp dệt, vải, sợi, thuốc lá. Ví dụ: ở một nhà máy thuốc lá, nếu độ ẩm quá thấp khi quấn, sợi thuốc sẽ bị rời và điều thuốc bị rỗng, ngược lại nếu độ ẩm quá cao thì điều thuốc sẽ quá chặt, không cháy và dễ bị mốc...

Ở các nước tiên tiến, các chuồng trại chăn nuôi của công nghiệp sản xuất thịt sữa được điều hoà không khí để có thể đạt được tốc độ tăng trọng cao nhất, vì gia súc và gia cầm cần có khoảng nhiệt độ và độ ẩm thích hợp để tăng trọng và phát triển. Ngoài khoảng nhiệt độ và độ ẩm đó, quá trình phát triển và tăng trọng giảm xuống, và nếu vượt qua giới hạn nhất định chúng có thể bị sút cân hoặc bệnh tật.

Một trong những nội dung nâng cao đời sống con người là tạo cho con người điều kiện khí hậu thích hợp để sống và lao động. Điều hoà không khí công nghiệp và dân dụng đã trở thành quen thuộc với những người dân ở các nước phát triển. Nhiệt độ, độ ẩm và các thông số không khí quanh năm trong phòng hoàn toàn phù hợp với cơ thể con người. Cũng chính ở điều kiện đó, con người có khả năng lao động sáng tạo cao nhất.

1.2.5. Siêu dẫn

Một ứng dụng quan trọng của kỹ thuật lạnh là ứng dụng hiện tượng siêu dẫn để tạo ra các nam châm cực mạnh trong các máy gia tốc ở các nhà máy điện nguyên tử, nhiệt hạch, trong các phòng thí nghiệm nguyên tử, các đệm từ cho các tàu hỏa cao tốc.

Năm 1911, nhà vật lý Hà Lan O. Kamerlingh phát hiện ra rằng, khi giảm đến một nhiệt độ rất thấp nào đó, điện trở biến mất, kim loại trở thành siêu dẫn. Nhiệt độ khi điện trở biến mất gọi là nhiệt độ nhảy. Do nhiệt độ nhảy thường rất thấp thí dụ đối với chì là 7,2K, thường là ở khoảng nhiệt độ sôi của heli (4K) nên việc ứng dụng rất hạn chế vì heli lỏng rất đắt.

Để có thể ứng dụng rộng rãi siêu dẫn trong công nghiệp phải tìm được các chất siêu dẫn ở nhiệt độ cao, trên nhiệt độ sôi của nitơ lỏng (-196°C), nhiệt độ thăng hoa của đá khô ($-78,5^{\circ}\text{C}$) hoặc cao hơn nữa. Nhiệt độ siêu dẫn càng gần nhiệt độ môi trường, chi phí để làm lạnh dây dẫn càng giảm.

Năm 1964, V.Little (Mỹ) và Ginsbua (Nga) đã đưa ra những cơ chế mới về siêu dẫn ở nhiệt độ cao.

Tháng 2 - 1987, hai nhà bác học ở trường Alabama (Mỹ) đã mở ra bước

đột phá, tìm ra chất siêu dẫn ở -180°C . Sau đó, C.W. Chu ở trường Houston (Mĩ) tìm ra chất siêu dẫn ở -175°C . Gần đây, ở Hungari, các nhà bác học đã chế tạo được chất siêu dẫn ở -100°C và ở Nga người ta công bố một mẫu gốm có nhiệt độ siêu dẫn ở -23°C .

Những thành tựu vừa qua đã làm cho những ước mơ về các đường dây tải điện không hao hụt điện năng, các nam châm cực mạnh, các tàu hỏa cao tốc trên đệm từ sắp trở thành hiện thực.

1.2.6. Sinh học cryô

Kĩ thuật lạnh, ngày càng đóng vai trò quan trọng trong nông, lâm nghiệp, sinh học, vi sinh... Kĩ thuật lạnh thâm độ, còn gọi là kĩ thuật cryô (-80°C đến -196°C) đã hỗ trợ đắc lực cho việc lai tạo giống, bảo quản tinh đông, gây đột biến hoặc cho các quá trình xử lí trong công nghệ sinh học. Nhờ kĩ thuật cryô mà một con bò đực có thể phối giống cho hàng vạn con bò cái, ngay cả sau khi con bò đực đã chết hàng chục năm.

Ở Mĩ hiện nay có khoảng hai chục bệnh nhân được ướp “sống”, ở nhiệt độ rất thấp. Họ bị các loại bệnh y học hiện nay chưa chữa được. Người ta sẽ làm cho họ sống lại khi tìm được liệu pháp điều trị thích hợp. Nếu thành công, con người có thể ngừng cuộc sống một thời gian nhất định. Thực tế, sinh học cryô ngày nay đã trở thành một môn khoa học đầy hấp dẫn và lí thú.

1.2.7 Ứng dụng trong kĩ thuật đo và tự động

Áp suất bay hơi của một chất lỏng luôn luôn phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi áp suất tăng, nhiệt độ tăng và khi áp suất giảm nhiệt độ giảm.

Hiệu ứng nhiệt điện nói lên sự liên quan giữa nhiệt độ và cường độ dòng điện của hai dây dẫn khác tính. Khi cho một dòng điện chạy qua một dây dẫn gồm hai dây khác tính (cặp nhiệt điện) một đầu nối sẽ nóng lên và đầu kia lạnh đi. Ứng dụng những quan hệ trên người ta có thể tạo ra các dụng cụ đo đặc nhiệt độ, áp suất hoặc các dụng cụ tự động điều chỉnh, bảo vệ trong kĩ thuật đo và tự động.

1.2.8. Ứng dụng trong thể dục thể thao

Trong thể dục, thể thao hiện đại, nhờ có kĩ thuật lạnh người ta có thể tạo ra các sân trượt băng, các đường đua trượt băng và trượt tuyết nhân tạo cho các vận động viên luyện tập hoặc cho các đại hội thể thao ngay cả khi nhiệt độ không khí

còn rất cao. Trong một cung thể thao, người ta có thể sử dụng máy lạnh giải quyết hai nhu cầu đồng thời về nóng và lạnh. Thí dụ năng suất lạnh của máy dùng để duy trì sân trượt băng còn năng suất nhiệt lấy ra từ dàn ngưng có thể dùng để sưởi ấm bể bơi, đun nước nóng tắm rửa trong mùa đông v.v.

1.2.9. Một số ứng dụng khác

Trong ngành hàng không và du hành vũ trụ, máy bay hoặc con tàu vũ trụ phải làm việc trong rất nhiều điều kiện khác nhau. Nhiệt độ bên ngoài có lúc tăng lên hàng ngàn độ nhưng có lúc hạ xuống dưới -100°C . Kỹ thuật lạnh khi đó giúp các nhà khoa học kiểm tra xem máy bay hoặc con tàu vũ trụ có làm việc được trong các điều kiện tương tự.

Trong khai thác mỏ, hầm lò càng sâu, nhiệt độ càng cao và độ ẩm càng lớn vì trung bình cứ khoan sâu xuống dưới đất 30 mét, nhiệt độ tăng lên 1°C . Nhờ có kỹ thuật lạnh người ta mới có thể điều tiết được không khí trong hầm lò bảo đảm điều kiện làm việc của công nhân. Đối với lò xây dựng ở các vùng đầm lầy, nhờ có kỹ thuật lạnh làm đông cứng đất ướt, mới có thể xây dựng được hầm lò.

Các công trình ngầm quân sự hoặc dân sự cũng có sự hỗ trợ của kỹ thuật lạnh để đảm bảo nhiệt độ, độ ẩm và thành phần không khí như các hầm ngầm, các đường tàu điện ngầm v.v.

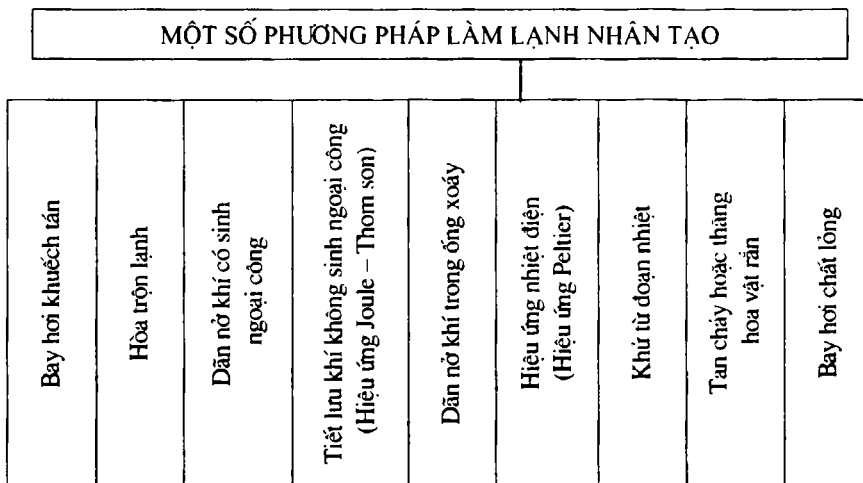
Ngoài ra sinh học cryô, trong các phòng nghiên cứu nông lâm nghiệp người ta còn ứng dụng rộng rãi phòng nhiệt áp để nghiên cứu tạo và lai giống cây trồng. Phòng nhiệt áp có khả năng điều chỉnh nhiệt độ, áp suất, điều kiện ánh sáng và khí hậu đúng theo chương trình định sẵn. Tính chất vật lý của vật chất phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ. Từ nhiều thế kỷ nay con người đã không ngừng khám phá những tính chất đó để có thể tạo ra được công nghệ sản xuất phù hợp. Chính vì vậy, kỹ thuật lạnh từ khi ra đời đã phát triển nhanh chóng và ngày càng đóng một vai trò quan trọng trong công nghệ sản xuất, gia công, chế biến, bảo quản và trong nghiên cứu khoa học.

1.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP LÀM LẠNH NHÂN TẠO

Từ lâu, con người đã biết lợi dụng thiên nhiên để thỏa mãn một phần nhu cầu về lạnh của mình. Ở các nước ôn đới, người ta sản xuất nước đá tự nhiên trên các sân băng, cưa thành các cây đá, bảo quản trong các hầm ngầm cách nhiệt trong lòng đất để sử dụng trong mùa hè. Ở các nước nhiệt đới người ta sử

dụng các hang động có nhiệt độ thấp để bảo quản lương thực thực phẩm... Tuy nhiên những phương pháp này vẫn được coi là làm lạnh tự nhiên, chưa phải làm lạnh nhân tạo.

Làm lạnh nhân tạo là quá trình làm lạnh nhờ một phương tiện hoặc thiết bị do con người tạo ra. Hình 1.2 giới thiệu 1 số phương pháp làm lạnh nhân tạo.

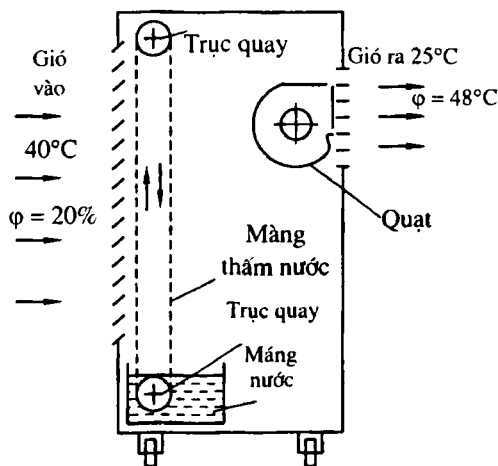


Hình 1.2. Một số phương pháp làm lạnh nhân tạo

1.3.1. Phương pháp bay hơi khuếch tán

Một thí dụ điển hình của bay hơi khuếch tán là nước bay hơi vào không khí chưa bão hòa. Đây là quá trình đẳng entanpy nên độ ẩm không khí tăng lên còn nhiệt độ giảm xuống. Các loại quạt hơi nước bán trên thị trường làm việc theo nguyên tắc này (xem hình 1.3).

Quạt là một khối hộp hình chữ nhật có bánh xe. Bên trong có bố trí quạt lồng sóc và 1 màng thấm nước chuyển động liên tục nhờ hai trục quay phía trên và dưới. Màng luôn thấm dính nước nhờ đặt trong máng nước. Không khí đi từ bên trái qua chóp lấy gió, đi qua màng và nhờ quạt đi ra phía phải. Nếu nhiệt độ gió vào giả sử là 40°C và $\phi = 20\%$ và khi ra độ ẩm tăng lên 80% thì nhiệt độ giảm xuống đến 25°C .



Hình 1.3. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của quạt hơi nước

Ở các vùng nóng và khô (ví dụ Trung cận Đông) có thể sử dụng phương pháp này để điều hòa nhiệt độ rất hiệu quả. Ở nước ta khí hậu nóng và ẩm nên không thể ứng dụng trừ một số ngày nắng gió Tây. Do độ ẩm trung bình ở nước ta đã khá cao, hiệu quả không những kém mà còn có thể làm tăng cảm giác khó chịu và tăng nguy cơ bệnh hô hấp nếu thường xuyên sử dụng máy.

1.3.2. Phương pháp hòa trộn lạnh

Cách đây hơn 2000 năm, người Trung Quốc và Ấn Độ đã biết làm lạnh bằng cách hòa trộn lạnh, thí dụ hòa trộn 31 gam NaNO_3 và 31 gam NH_4Cl với 100 gam nước ở 10°C thì nhiệt độ hỗn hợp có thể giảm đến -12°C . Nếu hòa trộn 200 gam CaCl_2 với 100 gam đá vụn ở 0°C , nhiệt độ sẽ giảm xuống đến -42°C ...

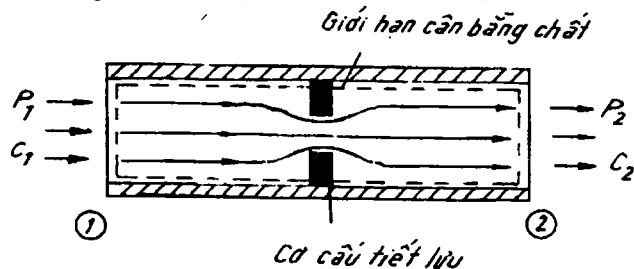
Cho đến đầu thế kỷ 20, ở Mỹ người ta vẫn bán các loại muối làm lạnh. Sau khi sử dụng, hỗn hợp dùng làm phân bón rất tiện lợi. Ngày nay người ta vẫn sử dụng muối ăn trộn với đá để ướp cá. Nhiệt độ thấp nhất của hỗn hợp có thể tới -17°C . Nhược điểm chủ yếu của phương pháp này là giá thành muối cao và các muối đều có tính ăn mòn mạnh.

1.3.3 Phương pháp dẫn nở khí có sinh ngoại công

Đây là phương pháp làm lạnh quan trọng. Các máy lạnh làm việc theo phương pháp này gọi là máy lạnh nén khí có máy dẫn nở. Phạm vi ứng dụng rất đa dạng từ điều hòa không khí đến sản xuất khí ôxi, nitơ, hóa lỏng không khí và khí đốt... Nội dung trình bày sâu hơn ở mục 1.3.4 dưới đây.

1.3.4. Phương pháp tiết lưu không sinh ngoại công - Hiệu ứng Joule - Thomson

Có thể dẫn nở khí không sinh ngoại công bằng cách tiết lưu chúng qua các cơ cấu tiết lưu từ áp suất cao p_1 xuống áp suất thấp hơn p_2 , không có trao đổi nhiệt với môi trường để sinh lạnh (xem hình 1.4).



Hình 1.4. Tiết lưu không sinh ngoại công của 1 dòng môi chất

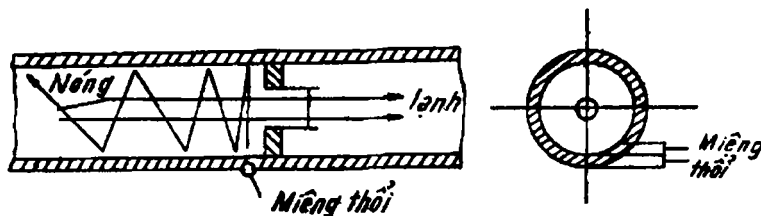
Người ta đã xác lập phương trình cân bằng nhiệt ở trạng thái 1 và 2 và chứng minh rằng quá trình này là quá trình tiết lưu đẳng entanpy $h_1 = h_2$. Năm

1852 Joule và Thomson đã nêu ra quan hệ giữa sự thay đổi áp suất và thay đổi nhiệt độ trong quá trình tiết lưu đối với khí lí tưởng và khí thực. Đối với khí lí tưởng nhiệt độ không thay đổi trong quá trình tiết lưu còn đối với khí thực thì xảy ra ba trường hợp. Ở nhiệt độ $T = 6,75T_K$ (T_K – nhiệt độ tới hạn), nhiệt độ sẽ không đổi sau tiết lưu. Khi $T > 6,75T_K$ thì nhiệt độ tăng và khi $T < 6,75T_K$ thì nhiệt độ giảm sau tiết lưu. Tóm lại do nhiệt độ tới hạn của các chất khí khá cao nên khi tiết lưu khí (và lỏng) ở nhiệt độ thường, hầu như tất cả các môi chất đều có nhiệt độ giảm.

1.3.5. Dẫn nở khí trong ống xoáy

Năm 1933 Ranque (Mỹ) đã mô tả về một hiệu ứng đặc biệt trong ống xoáy như sau:

Khi cho một dòng không khí áp suất 6 bar ở 20°C thổi tiếp tuyến với thành trong của ống, vuông góc với trục ống $\phi 12\text{ mm}$ thì nhiệt độ ở thành ống tăng lên trong khi nhiệt độ ở tâm ống giảm xuống. Khi đặt một tấm chắn, sát dòng thổi tiếp tuyến có đường kính lỗ $d < 12\text{ mm}$ thì gió lạnh sẽ đi qua tấm chắn còn gió nóng đi theo hướng ngược lại. Độ chênh nhiệt độ lên đến 70K . Nhiệt độ phía lạnh đạt tới -12°C , phía nóng tới 58°C , áp suất sau khi dẫn nở bằng áp suất khí quyển (hình 1.5).



Hình 1.5. Ống xoáy

Hiệu ứng ống xoáy mới đầu hấp dẫn nhiều nhà khoa học vì nó đơn giản và đầy hứa hẹn nhưng đến nay ống xoáy vẫn không được ứng dụng vì hệ số lạnh quá nhỏ.

1.3.6. Hiệu ứng nhiệt điện – Hiệu ứng Peltier

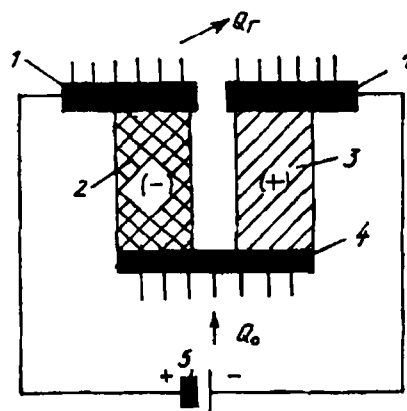
Năm 1821 Seebeck (Đức) đã phát hiện ra rằng trong một vòng dây dẫn kín gồm 2 kim loại khác nhau, nếu đốt nóng một đầu nối và làm lạnh đầu kia thì xuất hiện một dòng điện trong dây dẫn.

Đến năm 1834 Peltier (Mỹ) phát hiện ra hiện tượng ngược lại là nếu cho một dòng điện một chiều đi qua vòng dây dẫn kín gồm 2 kim loại khác nhau thì một đầu nối sẽ nóng lên và đầu kia lạnh đi. Hiệu ứng Peltier được gọi là hiệu ứng nhiệt điện và được ứng dụng để chế tạo tủ lạnh nhiệt điện. Hình 1.7 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của 1 tủ lạnh nhiệt điện.

Để tạo được hiệu nhiệt độ lớn giữa bên nóng và bên lạnh người ta phải sử dụng các cặp nhiệt điện 2, 3 khác nhau bằng bán dẫn đặc biệt bismut antimon, selen và các phụ gia và mắc nối tiếp chúng vào 1 nguồn điện 1 chiều. Để tăng cường tỏa nhiệt phía nóng và lạnh người ta bố trí đồng thanh có cánh tản nhiệt.

Ưu điểm chính của tủ lạnh nhiệt điện là không gây tiếng ồn, không có chi tiết chuyển động, không có môi chất lạnh, dễ mang xách, gọn nhẹ. Chỉ cần đổi chiều dòng điện là tủ lạnh biến thành tủ nóng (bơm nhiệt). Chỉ cần dùng điện 1 chiều nên thuận tiện cho du lịch và các vùng nông thôn không có điện.

Nhược điểm chính của tủ lạnh là hệ số lạnh thấp, tiêu tốn điện năng lớn, giá thành cao và phải chạy liên tục vì không trữ được lạnh do các cặp nhiệt điện 2, 3 là các cầu nhiệt lớn. Nhược điểm khác là năng suất lạnh hạn chế dưới 100W.



Hình 1.6. 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.

1.3.7. Tan chảy hoặc thăng hoa vật rắn

Đây là phương pháp chuyển pha các chất tải lạnh như nước đá, nitơ lỏng và đá khô.

Nước đá khi tan ở 0°C cho 1 lượng lạnh là 333kJ. Nếu cần nhiệt độ thấp hơn phải trộn với muối ăn hoặc muối CaCl_2 tùy theo nồng độ. Có thể cho muối trước vào dung dịch để làm đá. Khi đó ta có nước đá muối. Nước đá và nước đá muối được sử dụng rất rộng rãi trong công nghiệp đánh bắt thủy hải sản vì có ưu điểm rẻ tiền, không độc hại và nhiệt ẩn tan chảy lớn. Nhược điểm cơ bản là gây ẩm ướt cho sản phẩm và có tính ăn mòn cao.

CO_2 rắn khi sử dụng nó chuyển thẳng từ dạng rắn sang dạng khí (thăng hoa) mà không gây ẩm ướt nên còn gọi là đá khô. Ngày nay đá khô có ý nghĩa công nghiệp rộng lớn, đặc biệt để làm lạnh trong các phương tiện vận tải. Nhiệt ẩn thăng hoa của đá khô ở $-78,5^{\circ}\text{C}$ là 572,2 kJ/kg. Khi tăng lên đến 0°C , mỗi kg đá khô có năng suất lạnh 637,3 kJ/kg. Đá khô có rất nhiều ưu điểm: khá rẻ so với nitơ lỏng, nhiệt ẩn thăng hoa lớn (năng suất lạnh lớn), không làm ẩm ướt sản phẩm, có

khả năng kìm hãm sự phát triển của vi sinh vật. Nhược điểm là đá khô đắt tiền so với nước đá.

1.3.8. Bay hơi chất lỏng

Quá trình bay hơi chất lỏng bao giờ cũng gắn liền với quá trình thu nhiệt. Nhiệt lượng cần thiết để bay hơi một kg chất lỏng gọi là nhiệt ẩn bay hơi r . Vì nhiệt ẩn bay hơi của chất lỏng bao giờ cũng lớn hơn rất nhiều nhiệt ẩn hóa rắn nên hiệu ứng lạnh lớn hơn.

Chất lỏng bay hơi đóng vai trò là môi chất lạnh và chất tải lạnh quan trọng trong kỹ thuật lạnh.

Nitơ lỏng được coi là chất tải lạnh quan trọng đặc biệt trong sinh học cryo. Nhiều trường hợp, nitơ lỏng vừa là chất tải lạnh vừa là chất để bảo quản vì nitơ là loại khí trơ có tác dụng kìm hãm các quá trình sinh hóa trong sản phẩm bảo quản.

Nitơ lỏng sôi ở nhiệt độ -196°C . Nhiệt ẩn hóa hơi 200 kJ/kg . Nếu tăng lên nhiệt độ 0°C , nitơ thu thêm một lượng nhiệt cũng khoảng 200 kJ/kg , như vậy năng suất lạnh riêng q_0 gần bằng 400 kJ/kg ở nhiệt độ 0°C .

Các môi chất lạnh cho máy lạnh nén hơi, hấp thụ và ejector là amoniắc, nước, các freôn đều thực hiện quá trình thu nhiệt ở môi trường lạnh bằng quá trình bay hơi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp, và thải nhiệt ra môi trường bằng quá trình ngưng tụ ở áp suất cao và nhiệt độ cao.

1.3.9. Khử từ đoạn nhiệt

Đây là phương pháp sử dụng trong kỹ thuật cryô để hạ nhiệt độ của các mẫu thử từ nhiệt độ sôi của heli ($3\div 4\text{K}$) xuống gần nhiệt độ không tuyệt đối. Nguyên tắc làm việc như sau: Người ta sử dụng một loại muối nhiễm từ giữa 2 cực từ mạnh, các tinh thể muối được sắp xếp thứ tự, muối tỏa ra một lượng nhiệt nhất định, truyền ra ngoài làm bay hơi heli lỏng. Quá trình nhiễm từ và tỏa nhiệt kết thúc, từ trường bị ngắt, muối bị khử từ đoạn nhiệt, nhiệt độ giảm đột ngột, hiệu ứng lạnh q_0 được tạo ra. Lặp lại quá trình đó nhiều lần, người ta có thể tạo ra nhiệt độ gần độ không tuyệt đối.

1.4. CÁC LOẠI MÁY LẠNH THÔNG DỤNG

Ngoài 9 phương pháp làm lạnh ở mục trên, mới đây người ta còn đưa ra phương pháp làm lạnh nhờ tiếng ồn... Tuy nhiên phần lớn các phương pháp đó chỉ có ý nghĩa trong phòng thí nghiệm, đôi khi chỉ là lý thuyết. Được sử dụng

rộng rãi và thực tế hiện nay chỉ có một số loại máy lạnh sau:

- Máy lạnh nén hơi
- Máy lạnh hấp thụ
- Máy lạnh nén khí
- Máy lạnh ejector,

Trong đó máy lạnh nén hơi là loại được sử dụng nhiều nhất nên được đề cập chủ yếu trong giáo trình này. Ở đây chỉ giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của các loại máy lạnh nói trên.

1.4.1 Máy lạnh nén hơi

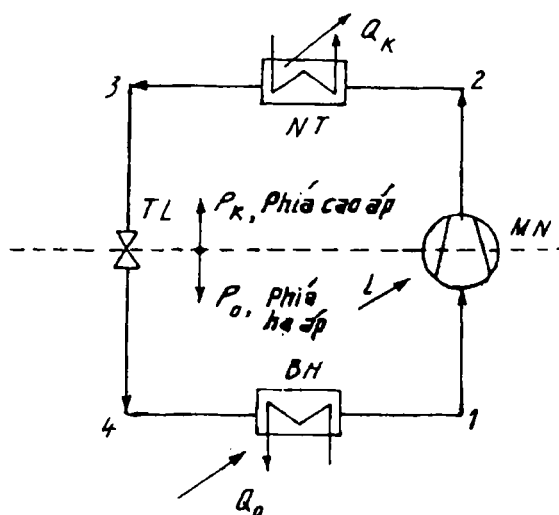
Máy lạnh nén hơi là loại máy lạnh có máy nén cơ để hút hơi môi chất có áp suất thấp và nhiệt độ thấp ở thiết bị bay hơi và nén lên áp suất cao và nhiệt độ cao đẩy vào thiết bị ngưng tụ.

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.

Hình 1.7 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 1.7. 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 hút;
- 2-3: Quá trình ngưng tụ hơi nén ở áp suất cao và nhiệt độ cao;
- 3-4: Quá trình tiết lưu lỏng đẳng entanpy;
- 4-1: Quá trình bay hơi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp tạo hiệu ứng lạnh.



Hình 1.7. 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

Các loại môi chất thường là amoniắc và các loại freôn. 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.

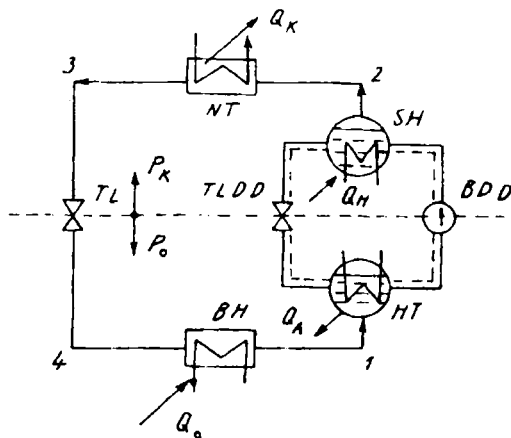
1.4.2. Máy lạnh hấp thụ

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 1.8 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 1.8. 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 amoniắc/nước và nước/liti-bromua.

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 amoniắc/nước khoảng 130°C) và hơi amoniắc sẽ thoát ra khỏi dung dịch đi vào bình ngưng tụ. Do amoniắc 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,



Hình 1.8. 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 hình 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

- 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/liti-bromua cũng như với yêu cầu hồi nhiệt đặc biệt máy có cấu tạo khác nhau [1].

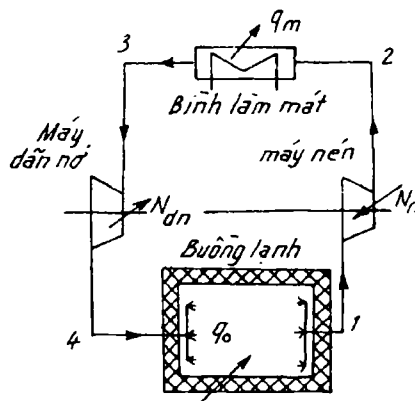
Ứng dụng: Ứng dụng rộng rãi trong các xí nghiệp có nhiệt thải dạng hơi hoặc nước nóng.

1.4.3. Máy lạnh nén khí

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

Hình 1.9 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 turbine, lắp trên một trục. Máy nén 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 khép kín chu trình lạnh.



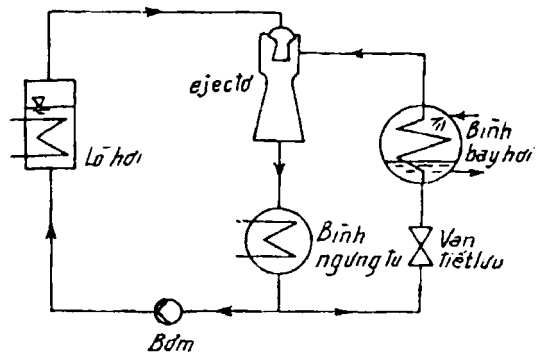
Hình 1.9. Sơ đồ nguyên lý máy lạnh nén khí

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.

1.4.4. Máy lạnh ejector

Máy lạnh ejector là máy lạnh mà quá trình nén hơi môi chất lạnh từ áp suất thấp lên áp suất cao được thực hiện nhờ ejector. Giống như máy lạnh hấp thụ, máy nén kiểu ejector cũng là kiểu “máy nén nhiệt”, sử dụng động năng của dòng hơi để nén dòng môi chất lạnh. Hình 1.10 mô tả cấu tạo máy lạnh ejector 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 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 xuống. 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.



Hình 1.10. Nguyên lý cấu tạo của máy lạnh ejectơ hơi 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.

Câu hỏi ôn tập

1. Nêu ý nghĩa của kỹ thuật lạnh trong bảo quản thực phẩm.
2. Có bao nhiêu phương pháp làm lạnh nhân tạo?
3. Hãy nêu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của quạt hơi nước?
4. Hãy nêu thí dụ về phương pháp hòa trộn lạnh.
5. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của máy lạnh nén khí như thế nào?
6. Dẫn nỏ có sinh ngoại công là gì?
7. Hiệu ứng tiết lưu là gì?
8. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của ống xoáy là gì?
9. Hiệu ứng nhiệt điện Peltier là gì?
10. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của máy lạnh nén hơi như thế nào?
11. Nêu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của máy lạnh hấp thụ?
12. Nêu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của máy lạnh ejectơ.
13. Máy lạnh nén hơi, hấp thụ và ejectơ có làm việc theo cùng phương pháp bay hơi chất lỏng không?

Vì sao?

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, ga 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 thải 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, ôxy trong không khí, hơi ẩm và tạp chất có trong máy lạnh.

b) Tính an toàn cháy nổ

- Phải an toàn, không dễ cháy dễ nổ.

c) Tính chất vật lý

- Áp suất ngưng tụ không được quá cao để giảm nguy cơ rò rỉ, giảm chiều dài thiết bị...
- Nhiệt độ cuối tầm nén phải thấp để khỏi cháy dầu, tăng tuổi thọ máy nén;
- Áp suất bay hơi không quá thấp để tránh rò lọt không khí vào phía hạ áp;
- 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, van và đường ống càng gọn;

- Hệ số dẫn nhiệt càng lớn càng tốt để thiết bị trao đổi nhiệt càng nhỏ gọn.

- Môi chất càng hoà tan dầu càng nhiều càng dễ bôi trơn.

- Môi chất hòa tan nước càng 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.

g) Môi trường

- Không được phá hủy môi sinh và môi trường: không được phá hủy tầng ozôn và gây hiệu ứng lồng kính làm trái đất nóng lên.

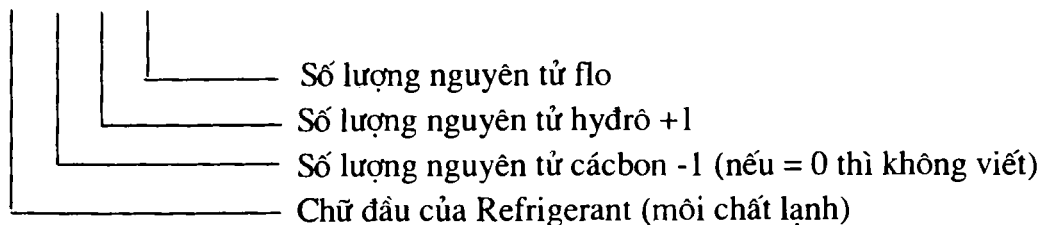
Nói chung, trong thực tế không có môi chất lạnh lý tưởng đáp ứng tất cả các yêu cầu trên. Do đó, khi chọn môi chất lạnh cần chọn môi chất phát huy được các ưu điểm và hạn chế được các nhược điểm trong từng ứng dụng cụ thể.

2.1.2. Ký hiệu môi chất lạnh

a) Các freôn

Các freôn là các cacbua hydro no 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 ($C_2Cl_3F_3$).

R 1 2 3



- Số lượng nguyên tử clo có thể xác định dễ dàng nhờ số hóa trị còn lại

của các nguyên tử cacbon, thí dụ R113 có 3 flo 0 hydro và 2 cacbon là dẫn xuất của C_2H_6 vậy công thức hóa học của R113 là $C_2Cl_3F_1$.

- 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 và R134b: CHF_2-CHF_2 .

- Quy tắc ký hiệu mở rộng đến propan C_3H_8 , tiếp theo butan là R600.

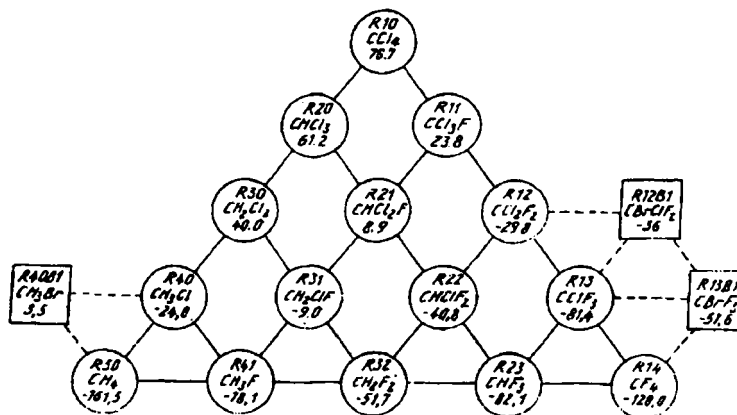
- Các olefin có số 1 trước 3 chữ số: C_3F_6 kí hiệu R1216.

- Các hợp chất có cấu trúc vòng có thêm chữ C: C_4H_8 kí 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...

Hình 2.1 giới thiệu các freon dẫn xuất từ metan CH_4 .



Hình 2.1. Các freon 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

Thí dụ 2.1: Môi chất có công thức hóa học CCl_2F_2 , hãy tìm kí 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 2.2: 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 2.3: Môi chất có ký hiệu R114, hãy tìm công thức hóa học.

- Số nguyên tử cacbon: 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: $C_2Cl_2F_4$

b) Các chất vô cơ

Các chất vô cơ có chữ R và sau đó là 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 freon 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 có rất ít môi chất được coi là môi chất lạnh hiện đại, đó là NH_3 , CO_2 , R22, R134a, R404A, R407C, R410A, R507...

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 sôi ở áp suất khí quyển °C	Ghi chú
1	R717	Amoniác	NH_3	17	-33,4	Các chất vô cơ
2	R718	nước	H_2O	18	100	
3	R744	Cacbonic	CO_2	44	-78,5	
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 2040
8	R23	triflometan	CHF_3	70,0	-82,1	Thay thế R13
9	R113	triflometan	$C_2Cl_3F_3$	187,4	47,7	Đã bị cấm
10	R123	diclorodiflometan	$C_2HCl_2F_3$	153	28,7	đến năm 2040 Thay cho R12, R22
11	R134a	tetraflometan	$C_2H_2F_4$	102	-26,5	Thay cho R12, R22
12	R404A	R125/143a/134a (44/52/14%)	-	97,6	- 46,4	Thay thế cho R502
13	R407C	R32/125/134a (23/25/52%)	-	86,2	- 43,8	Thay thế cho R22
14	R410A	R32/125(50/50%)	-	72,58	- 51,6	Thay thế cho R22
15	R500	R12/152a (73,8/26,2%)	-	99,3	-33,6	Đã bị cấm
16	R502	R22/R115 (48,8/51,2%)	-	111,63	- 45,4	Đã bị cấm
17	R507	R125/143a (50/50%)	-	89,86	- 47,1	Thay thế cho R502

2.1.3. Các môi chất lạnh thường dùng

a) Amoniắc

Amoniắc có công thức hóa học NH_3 , ký hiệu R717 là một chất khí không màu, có mùi rất hắc. Lỏng NH_3 sôi ở áp suất khí quyển ở nhiệt độ $-33,35^\circ\text{C}$. Amoniắc 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 tương đối cao, nhiệt độ cuối tầm nén rất cao nên cần làm mát đầu máy nén bằng nước và hút hơi ở nhiệt độ bão hòa. Ở máy nén 2 cấp áp suất bay hơi thường nhỏ hơn áp suất khí quyển nên dễ lọt không khí vào hệ thống. Năng suất lạnh riêng thể tích lớn nên máy nén gọn nhẹ. Độ nhớt nhỏ, tính lưu động cao nên ít tổn thất áp suất, đường ống nhỏ. Hệ số dẫn nhiệt và tỏa nhiệt lớn nên các thiết bị trao đổi nhiệt gọn nhẹ. Hòa tan nước hoàn toàn nên không gây tắc ẩm nhưng hàm lượng nước phải khống chế dưới 0,1%. Không hòa tan dầu bôi trơn nên phải có bình tách dầu tránh lớp dầu bám lên bề mặt thiết bị cản trở quá trình trao đổi nhiệt NH_3 dẫn điện nên không thể sử dụng 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 $110 - 120^\circ\text{C}$ nên máy lạnh NH_3 phải có bình tách khí không ngưng. Cũng 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 đồng trong máy lạnh amoniắc. 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 amoniắc 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 amoniắc 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 kiểm, dễ vận chuyển, bảo quản.

Amoniắc 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 . Amoniắc thích hợp với máy nén pittông, không ứng dụng cho máy nén tuabin 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

R22 có áp suất ngưng tụ 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 có độ an toàn kém hơn R12 nên sự cố điện xảy ra 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 freôn.

- Tính an toàn cháy nổ

Không cháy và không nổ tuy độ 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 kiểm, 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 2040.

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 lĩnh vực 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 nhưng tốt hơn R22.

d) Môi chất lạnh R502 và 500

Môi chất R502 là hỗn hợp đồng sôi gồm 48,8% R22 và 51,2% R115 theo khối lượng. Do ngưng tụ và bay hơi đẳng áp và đẳng nhiệt nên R502 được coi như 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 các tính chất hóa, lý, sinh, an toàn của R502 đều gần giống như R22.

Môi chất R500 so với R12 gần giống như R502 so với R22. R500 có tính chất gần giống như R12 nhưng có năng suất lạnh riêng thể tích lớn hơn 20% so với R12. Máy lạnh sản xuất ở Mỹ, Nhật điện 60Hz khi chuyển sang điện 50Hz ở Việt Nam, năng suất lạnh giảm khoảng 20%. Muốn giữ nguyên năng 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 có máy nén tuabin 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 tuabin. 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 trương phồng một số chất hữu cơ.

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 sôi tới hạn thấp $+28,8^\circ\text{C}$, thuộc loại môi chất lạnh có áp suất làm việc cao.

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.

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 tầng ôzôn. Thực tế nhiều freôn không những là thủ phạm phá hủy tầng ôzôn mà còn gây hiệu ứng nhà kính 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 nhà kính cao thấp khác nhau. Chính vì lẽ đó 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 Clo - Flo - Cacbon (không có nguyên tử Hydro). Đây 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 các danh sách các chất bị cấm. Các chất này đồng thời được gọi là các chất phá hủy ôzôn ODS (Ozone Depletion Substances).

- HCFC là các chất Hydro-Clo-Flo-Cacbon là các chất ít nguy hiểm hơn. Ngoài thành phần clo, flo chúng có chứa thêm một hoặc nhiều nguyên tử hydro, chính thành phần hydro làm chúng ít bền vững, dễ bị phân hủy nên chỉ số phá hủy tầng ôzôn giảm. Tuy nhiên các chất này vẫn gây hiệu ứng lồng kính cao. Tùy theo tính chất cụ thể của từng môi chất mà chúng được lựa chọn làm môi chất quá độ từ 2020 ÷ 2040. Đại diện tiêu biểu là R22 (HCFC22) và R123 (HCFC123).

- HFC là các chất Hydro - Flo - Cacbon (không có nguyên tử clo trong

thành phần cấu tạo). Đây là các chất không phá hủy tầng ôzôn, nhưng vẫn gây hiệu ứng nhà kính nên nhiều nhà khoa học dự đoán chúng cũng sẽ bị thay thế trong tương lai xa. Đại diện cho các chất này là freôn HFC 134a, HFC125.

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, carbonic...

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 (Ozone Depletion Potential) là tiềm năng phá hủy tầng ozôn;
- GWP (Global Warming Potential) là tiềm năng làm nóng địa cầu.

Ngoài R134a và R123 các nhà khoa học đang chịu bó tay không tìm ra được các chất (đơn chất) thay thế phù hợp do đó họ đành 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. Sau đây là một số đơn chất và hỗn hợp thay thế đáng lưu ý:

a) Môi chất R134a (HFC134a)

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 102,0kg/kmol, sôi ở áp suất khí quyển – 26,5°C, dự định thay thế cho R12. Tuy nhiên tính chất nhiệt động và hiệu suất lạnh đều kém so với R12. R134a vẫn được sử dụng ở Mỹ Nhật, nhưng châu Âu đang đề nghị cấm R134a vì chỉ số làm nóng địa cầu $\text{GWP} = 1300$ quá cao và vì dịch vụ rất khó khăn. Hầu hết các điều hòa ô tô và máy lạnh R134a ở Đức đã chuyển sang sử dụng CO_2 .

b) Môi chất R123 (HCFC123)

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. R123 có hiệu suất lạnh kém hơn R11.

c) Môi chất R404A

Là hỗn hợp môi chất lạnh gần đồng sôi gồm R125/143a/134a (44/52/4% nồng độ khối lượng dùng để thay thế R502. Ứng dụng chủ yếu của nó là trong thiết bị lạnh thương nghiệp nhiệt độ -20 đến -50°C. Hiệu suất lạnh kém hơn R134a. Hệ

số tỏa nhiệt cũng kém hơn. R404A không cháy nhưng độc hại hơn R502, bền vững hóa học giống như R502, dùng với dầu PO như các HFC khác.

d) Môi chất R407C

Là hỗn hợp ga lạnh quan trọng thuộc nhóm không đồng sôi, nhiệt độ sôi thường $-43,9^{\circ}\text{C}$, ngưng tụ $-36,3^{\circ}\text{C}$ (độ trượt nhiệt độ $\Delta t = 6,6\text{K}$) gồm R32/125/134a với thành phần khối lượng 23/25/52%. Dùng để thay thế cho R22 nên được hòa trộn sao cho có tính chất nhiệt lạnh gần giống R22, tuy nhiên áp suất ngưng tụ cao hơn R22 khoảng 13%. Các tính chất nhiệt động tương tự R22. Các tính chất vật lý và dầu bôi trơn gần giống các HFC.

e) Môi chất R410A

Là hỗn hợp ga lạnh quan trọng thuộc nhóm không đồng sôi, nhiệt độ sôi thường $-51,5^{\circ}\text{C}$ gồm R32/125 tỉ lệ khối lượng 50/50%, dùng thay thế cho R22 và R13B1, sử dụng trong máy lạnh, điều hòa không khí và bơm nhiệt cũng như các máy lạnh sâu. Khác biệt cơ bản là áp suất ngưng tụ cao gấp 1,6 lần R22, do đó các kỹ thuật dịch vụ và các dụng cụ dịch vụ khác hẳn so với R22. Năng suất lạnh riêng thể tích cao 1,6 lần so với R22, điều đó có nghĩa là máy nén nhỏ gọn hơn R22 khá nhiều. Trong máy điều hòa người ta chứng minh được rằng hiệu suất lạnh cao hơn R22. Do R410A (và cả R407C) là môi chất không đồng sôi nên phải nạp lỏng và nếu có rò rỉ thì phải xả bỏ toàn bộ ga lạnh trong hệ thống để nạp lại hoàn toàn vì khi rò rỉ, thành phần dễ bay hơi bị tổn thất nhiều hơn và tỉ lệ đã thay đổi.

f) Môi chất R507

Là hỗn hợp đồng sôi quan trọng, nhiệt độ sôi $-46,5^{\circ}\text{C}$ gồm R125/R143a, tỷ lệ hòa trộn 50/50%, dùng để thay thế cho R502 và cả R22 ở dải nhiệt độ thấp. Có tính chất hóa lý gần giống như R502 nhưng nhiệt độ cuối tầm nén thấp hơn năng suất lạnh riêng trong một số trường hợp lớn hơn nhưng hiệu suất lạnh nhỏ hơn R502. Có thể sử dụng thay thế cho R134a ở khoảng nhiệt độ trung bình với năng suất lạnh riêng thể tích lớn hơn. R507 có các tính chất vật lý và nhiệt năng giống như R404A nhưng có ưu điểm là không có độ trượt nhiệt độ, khi hệ thống bị rò rỉ, có thể nạp bổ sung. Các tính chất khác giống như các HFC thành phần không cháy nổ, không độc hại, không ăn mòn các vật liệu chế tạo máy.

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 chất 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), SO₂ (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 C₂H₆, propan C₃H₈, butan C₄H₁₀, izobutan CH(CH₃)₃, etylen C₂H₄ và propylen C₃H₆. 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

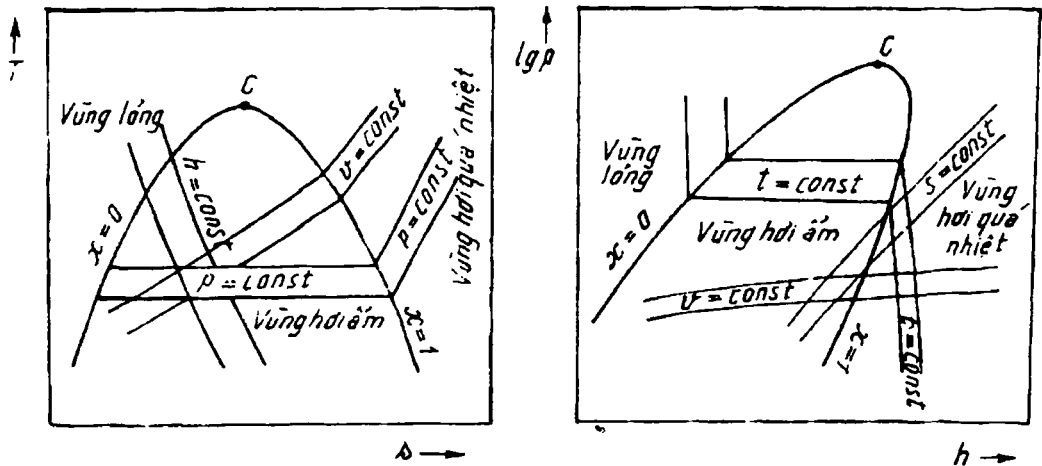
a) Bảng hơi ẩm

Bảng hơi ẩm còn được gọi là bảng hơi bão hòa. Khi thiết kế hệ thống lạnh ta cần biết các thông số trạng thái trước và sau các quá trình nén, ngưng tụ, bay hơi và tiết lưu. Bảng hơi ẩm có thể cung cấp cho ta các thông số trạng thái như nhiệt độ, áp suất, thể tích riêng, entropy và entanpy của lỏng bão hòa ($x = 0$) và hơi bão hòa ($x = 1$). Từ các thông số đó có thể tìm được thông số trạng thái của hơi ẩm nhờ x . Các phụ lục A1 đến A5 tài liệu [1] giới thiệu bảng hơi ẩm của các môi chất lạnh NH_3 , R12, R22, R502 và R134a.

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 $\lg p - h$ và $T - s$



Hình 2.2. Đồ thị $T-s$ và đồ thị $\lg p-h$ với 5 thông số trạng thái chính p , v , t , h và s .

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 dùng 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 2.2 giới thiệu cấu tạo của đồ thị T-s và lgp – h cũng như biến thiên các họ đường cong còn lại.

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 thoải 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 thoải đều từ góc trái phía dưới lên góc phải phía trên. Riêng đường đẳng nhiệt $t = \text{const}$ chia làm ba 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 phụ lục 6 ÷ 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.

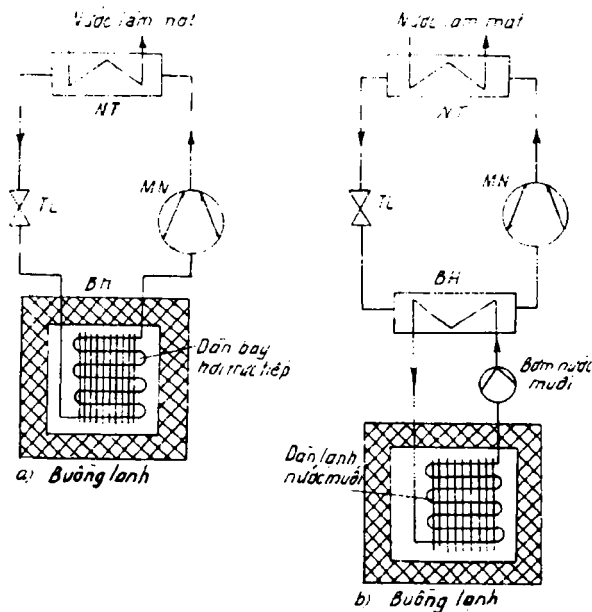
2.2. CHẤT TẢI LẠNH

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 (hình 2.3). 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 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 2.3b).



Hình 2.3. 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.
- Khó 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

2.2.2.1. Nước

Nước là môi chất tải lạnh lý tưởng, nó đáp ứng hầu hết các yêu cầu đã nêu. Nhược điểm duy nhất của nước là nhiệt độ đông đặc cao 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 buồng 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 dương.

2.2.2.2 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°C. Như vậy nhiệt độ sôi môi chất không được thấp hơn -16,2°C (h2.3). 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 2.3 giới thiệu tính chất vật lý của nước muối NaCl.

2.2.2.3. 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 .

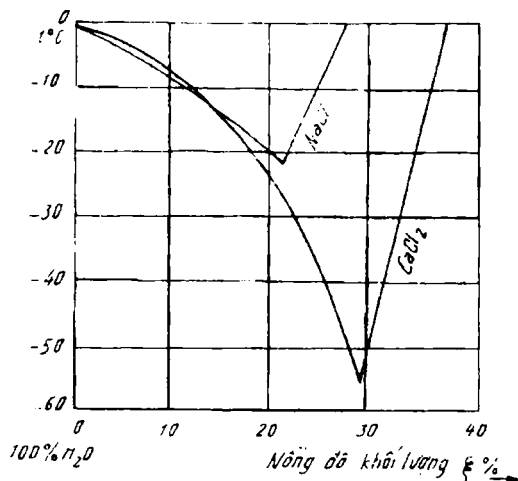
Nước muối CaCl_2 dùng cho các ứng dụng có nhiệt độ thấp hơn NaCl . Ở nồng độ 29,9% khối lượng, nước muối CaCl_2 đạt nhiệt độ cùng tinh -55°C .

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 2.4 và bảng 2.2 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 2.4. Quan hệ nhiệt độ hòa rắn và nồng độ khối lượng, kg/kg của nước muối NaCl và CaCl_2

Bảng 2.2. 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 2.3. 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

2.2.2.4. 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)
- Etylenglycol $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$
- 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 2.4 giới thiệu nhiệt độ hóa rắn của một vài chất hữu cơ.

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

• Metanol

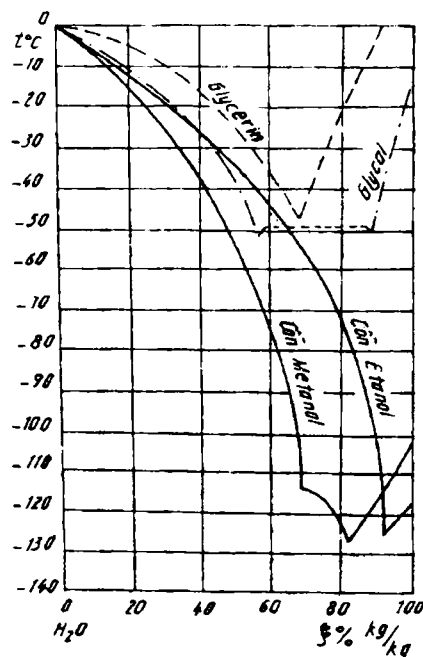
Metanol còn gọi là rượu metylic không màu, rất độc (làm mù mắt và chết người), pha với nước thành dung dịch có mùi cồn, được sản xuất bằng phương pháp tổng hợp xúc tác ở áp suất cao (250 bar, 380°C) từ carbon monooxit và hydro, dùng làm chất tải lạnh, dung môi cũng như để sản xuất fomadehit và chất dẻo.

• 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



Hình 2.5. Nhiệt độ hóa rắn của một số dung dịch các hợp chất hữu cơ với nước phụ thuộc nồng độ khối lượng

$C_2H_5(OH)_2$. 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 ethanol 4-5 lần nên nhiều nhà máy bia dùng ethanol thay cho glycol.

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 freon 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 được dẫn điện?
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? 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 $0^\circ C$ 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 và 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, metanol, ethanol, glycol...)
26. Nhiệt độ bay hơi $-15^\circ C$, hãy xác định hàm lượng nước muối NaCl và $CaCl_2$.
27. Nhiệt độ bay hơi $-10^\circ C$, hãy xác định nồng độ glycol.
28. Cho biết nhiệt độ bay hơi $-70^\circ C$, hãy xác định nồng độ chất tải lạnh là metanol và ethanol?
29. Những freon nào không phá hủy tầng ôzôn?
30. Những freon nào có hiệu ứng lồng kính làm nóng địa cầu lớn?

Chương 3

MÁY NÉN LẠNH

3.1. PHÂN LOẠI VÀ PHẠM VI ỨNG DỤNG

3.1.1 Phân loại

Máy nén lạnh là bộ phận quan trọng nhất trong các hệ thống lạnh nén hơi. Máy nén có nhiệm vụ: Liên tục hút hơi môi chất lạnh sinh ra ở thiết bị bay hơi để nén lên áp suất cao và đẩy vào thiết bị ngưng tụ.

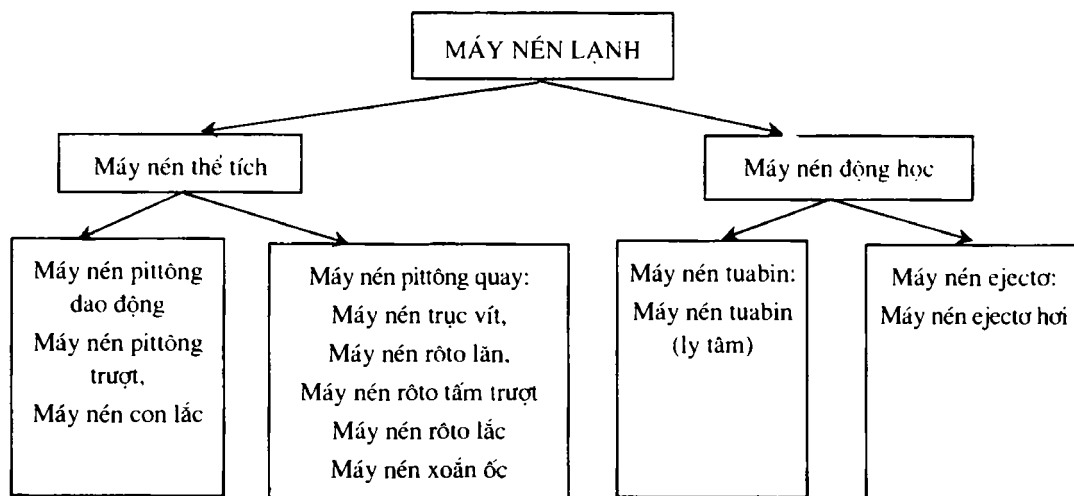
Máy nén quan trọng một mặt do chức năng của nó trong hệ thống, mặt khác, do gồm nhiều bộ phận chuyển động phức tạp nên chất lượng, độ tin cậy và năng suất lạnh của hệ thống phụ thuộc chủ yếu vào chất lượng, độ tin cậy và năng suất lạnh của máy nén.

Trong kỹ thuật lạnh, người ta sử dụng hầu như tất cả các kiểu loại máy nén với các nguyên lý làm việc khác nhau, nhưng những loại máy nén hay được sử dụng nhất là máy nén pittông, trục vít, rôto, xoắn ốc... làm việc theo nguyên lý nén thể tích và máy nén tuabin, máy nén ejectơ... làm việc theo nguyên lý động học.

Theo nguyên lý nén thể tích thì quá trình nén từ áp suất thấp lên áp suất cao nhờ sự thay đổi thể tích của khoang hơi giữa pittông và xilanh. Máy nén thể tích làm việc theo chu kì, không liên tục. Hơi được hút và nén theo những phần riêng, do đó đường hút và đẩy có hiện tượng xung động. Trong các máy nén làm việc theo nguyên lý động học, áp suất của dòng hơi tăng lên là do động năng biến thành thế năng. Quá trình làm việc của máy nén tuabin được chia ra làm 2 giai đoạn. Giai đoạn đầu dòng hơi được làm tăng tốc nhờ đĩa quay và bánh cánh quạt. Giai đoạn hai, dòng hơi có động năng lớn được dẫn đến buồng khuếch tán, ở đó, động năng biến thành thế năng và áp suất tăng dần. Đặc điểm của máy nén động học là làm việc liên tục và không có clape hút và đẩy.

Máy nén thể tích có thể tạo ra áp suất lớn với lưu lượng nhỏ, nhưng ngược lại, máy nén động học đòi hỏi có một dòng hơi với lưu lượng lớn hoặc rất lớn, tỉ số áp suất đạt được qua mỗi tầng bánh cánh quạt lại tương đối hạn chế và phụ thuộc nhiều vào tính chất của từng môi chất nhất định.

Hình 3.1 giới thiệu sự phân loại tổng quát các loại máy nén lạnh khác nhau.



Hình 3.1. Phân loại các loại máy nén lạnh

3.1.2. Phạm vi ứng dụng các loại máy nén lạnh

a) Máy nén pittông

Là tên gọi tắt cho máy nén pittông trượt, được sử dụng cho năng suất nhỏ và trung bình. Với 1 cấp nén, tỉ số nén $\pi = p_k/p_0$ có thể đạt cao nhất khoảng 12 tùy theo môi chất, kiểu máy và độ hoàn thiện thiết kế. Tỉ số nén được giới hạn bởi nhiệt độ cuối tâm nén không được quá cao và hiệu suất thể tích không bị quá nhỏ. Đối với amoniác $\pi \leq 9$, freon $\pi \leq 12$. Nếu cần tỉ số nén lớn hơn phải chuyển sang chu trình 2 hoặc 3 cấp nén. Máy nén pittông rất nhạy cảm với va đập thủy lực.

b) Máy nén trục vít

Được sử dụng cho năng suất lạnh trung bình và lớn. Ưu điểm của nó là vững chắc, ít chi tiết chuyển động, không có clapê hút và đẩy, tỉ số nén 1 cấp đạt tới 20 nên có thể thay thế cho các hệ thống 2 cấp pittông rất công kênh mà hiệu suất vẫn đảm bảo. Máy nén trục vít ít nhạy cảm với va đập thủy lực.

c) Máy nén rôto

Gồm 3 loại là rôto lăn, rôto tấm trượt và rôto tấm lắc được sử dụng chủ yếu cho các block kín của các máy điều hòa không khí, công suất động cơ từ 3/4 đến 10HP. Ưu điểm là đơn giản, ít chi tiết truyền động, không có clapê hút, hiệu suất cao hơn máy nén pittông, ít nhạy cảm với va đập thủy lực.

d) Máy nén xoắn ốc (scroll)

Đây là loại máy nén mới có rất nhiều ưu điểm. Với 1 chi tiết hình xoắn ốc đứng im (xilanh) và một chi tiết hình xoắn ốc chuyển động theo quỹ đạo, quá trình hút và nén môi chất được thực hiện. Giống như máy nén trục vít, máy nén xoắn ốc không có clapê hút và đẩy nên loại trừ được tổn thất tiết lưu. Máy nén xoắn ốc được sử dụng chủ yếu hiện nay cho các loại máy điều hòa không khí công suất động cơ từ 3/4 đến 10HP như máy nén roto. Hiện nay máy nén xoắn ốc được nghiên cứu chế tạo để sử dụng cho nhiều lĩnh vực khác như lạnh sâu, điều hoà, không khí, bơm nhiệt và chiller với công suất động cơ tới 25 kW.

e) Máy nén tuabin

Được sử dụng cho các máy lạnh có năng suất lớn và rất lớn, đặc biệt trong máy làm lạnh nước của hệ thống điều hòa trung tâm nước. Ưu điểm là rất nhỏ gọn so với máy nén pittông và trục vít, ít nhạy cảm với va đập thủy lực và làm việc không xung động. Bảng 3.1 giới thiệu các tính chất đặc trưng của 3 loại máy nén pittông, trục vít và tuabin.

Bảng 3.1. Bảng so sánh các tính chất đặc trưng của máy nén pittông, trục vít và máy nén tuabin cũng như phạm vi ứng dụng của chúng

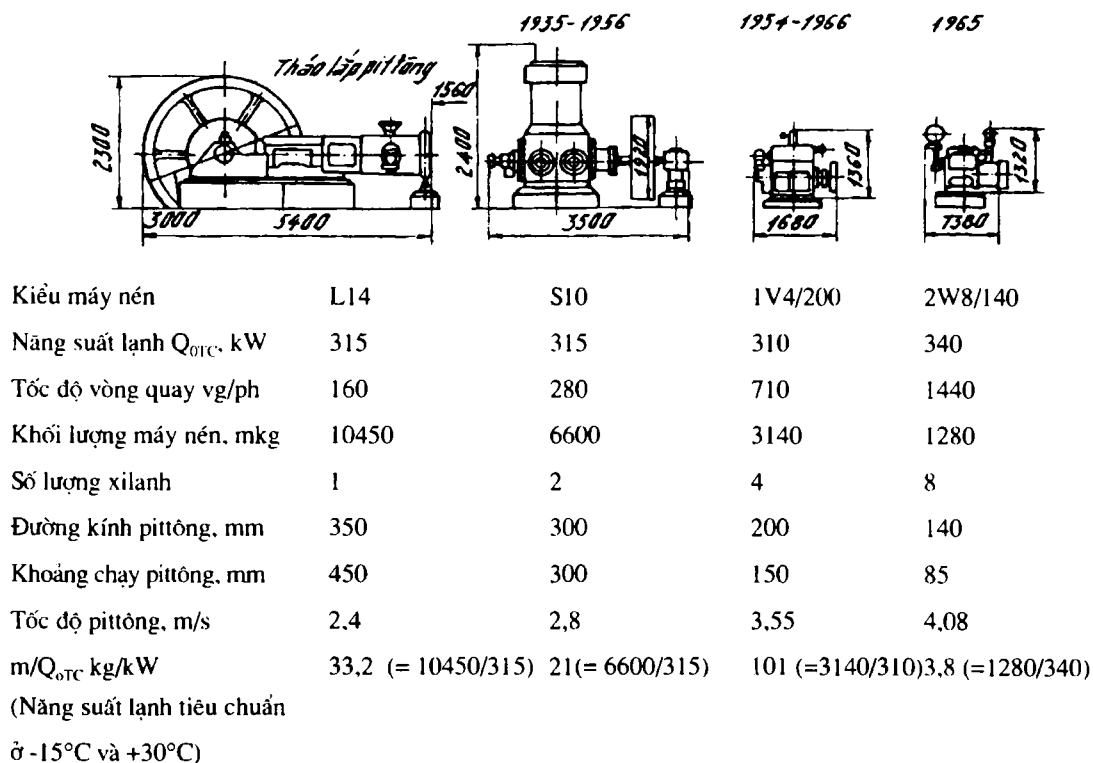
Loại máy nén	Pittông trượt	Trục vít	Tuabin
Đặc tính kỹ thuật			
Năng suất lưu lượng	0,00015 – 1,5m ³ /s (0,5.....5000m ³ /h) trạng thái hút	0,055 – 3m ³ /s (200...10000 m ³ /h) trạng thái hút	Tối thiểu 0,3m ³ /s (1000m ³ /h) trạng thái nén
Tỷ số nén tối đa hoặc hiệu áp suất trong 1 cấp nén	$\pi = 8...$ cho NH ₃ 10... 13 cho freon	$\pi = 20$; $\Delta p = 2\text{MPa}$	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 khí 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 cho năng suất từ 1,5 MW trở lên	Nhỏ nhất cho năng suất từ 2 MW trở lên, đặc biệt ĐHKH

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 phát triển của máy nén pittông

Hình 3.2 giới thiệu quá trình phát triển của máy nén pittông.



Hình 3.2. Quá trình phát triển máy nén pittông

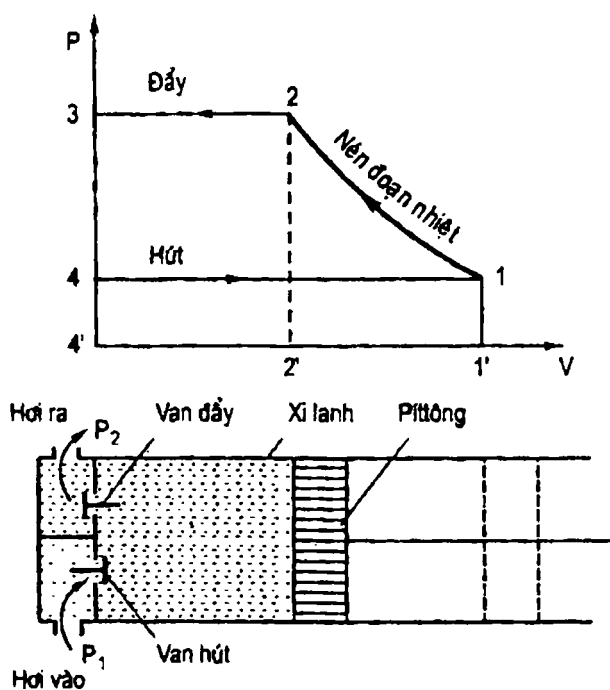
Những máy nén đầu tiên được chế tạo cách đây hơn một thế kỷ. Đó là các máy nén nằm ngang có con trượt (đầu chữ thập). Đặc điểm cơ bản là tốc độ rất chậm (100 ÷ 200 vg/ph), rất nặng nề, công kênh. Thí dụ máy nén ký hiệu L14 (Đức) giới thiệu trên hình 3.2 nặng 10.450 kg. Ngoài kích thước lắp đặt đến 5,4m 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 33,2 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, tốc độ vòng quay trực khuỷu đạt đến 1450 vg/min.

3.2.2 Quá trình nén lý thuyết, thể tích hút lý thuyết

Hình 3.3 biểu diễn quá trình nén lý thuyết của máy nén pittông trên sơ đồ và trên đồ thị p - V bỏ qua các tổn thất của quá trình nén thực.



Hình 3.3. Sơ đồ nguyên lý máy nén pittông và quá trình nén lý thuyết biểu diễn trên đồ thị p-V

Quá trình pittông đi từ 1 đến 2 là quá trình nén, hai van hút và đẩy đều đóng. Tại 2, áp suất p trong xilanh đạt áp suất đẩy, clape đẩy mở ra để pittông tiếp tục đi lên đẩy hơi nén vào khoang đẩy với áp suất không đổi p_2 .

Quá trình hút 4-1 và đẩy 2-3 không phải là quá trình nhiệt động vì hơi trong xilanh chỉ biến đổi về lượng chứ không phải biến đổi về trạng thái.

Quá trình nén 1-2 có thể là các quá trình nén đẳng nhiệt, đa biến hoặc đoạn nhiệt. Khi nén hơi với tốc độ chậm và làm mát hoàn hảo, người ta có thể

Pittông chuyển động qua lại trong xilanh làm thay đổi thể tích giới hạn bởi xilanh và bề mặt pittông tạo nên các quá trình hút, nén và đẩy hơi môi chất. Khi pittông chuyển động từ điểm 4 đến điểm 1 (điểm 4 gọi là điểm chết trên và điểm 1 gọi là điểm chết dưới, điểm pittông thay đổi hướng chuyển động), thể tích từ 0 tiến tới V_{\max} van hút mở ra để hơi hút đi vào xilanh. Khi pittông đạt đến điểm 1 quá trình hút kết thúc. Pittông chuyển động ngược lại, thể tích nhỏ dần.

Quá trình pittông đi từ 1 đến

thực hiện được quá trình nén đẳng nhiệt với công tiêu hao cho quá trình nén là nhỏ nhất. Tuy nhiên máy nén lạnh làm việc với tốc độ rất lớn nên quá trình nén được coi là đoạn nhiệt có $n = k$. Một đặc điểm khác việc tính toán quá trình nén hơi môi chất lạnh chủ yếu dựa trên đồ thị lgp-h vì hơi môi chất lạnh là khí thực.

Thể tích hút lý thuyết

Thể tích hút lý thuyết của máy nén là thể tích quét của pittông trong 1 đơn vị thời gian:

$$V_{lt} = \frac{\pi d^2}{4} s.z.n, \text{ m}^3/\text{s} \quad (3.1)$$

trong đó:

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

d - đường kính pittông, m

s - khoảng chạy pittông, m

n - số vòng quay trục khuỷu, 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 $d = 125 \text{ mm}$, hành trình pittông $s = 110 \text{ mm}$, số xilanh: $z = 2$ và số vòng quay trục khuỷu $n = 450 \text{ vg/ph}$. Hãy xác định thể tích hút lý thuyết của máy nén.

Giải

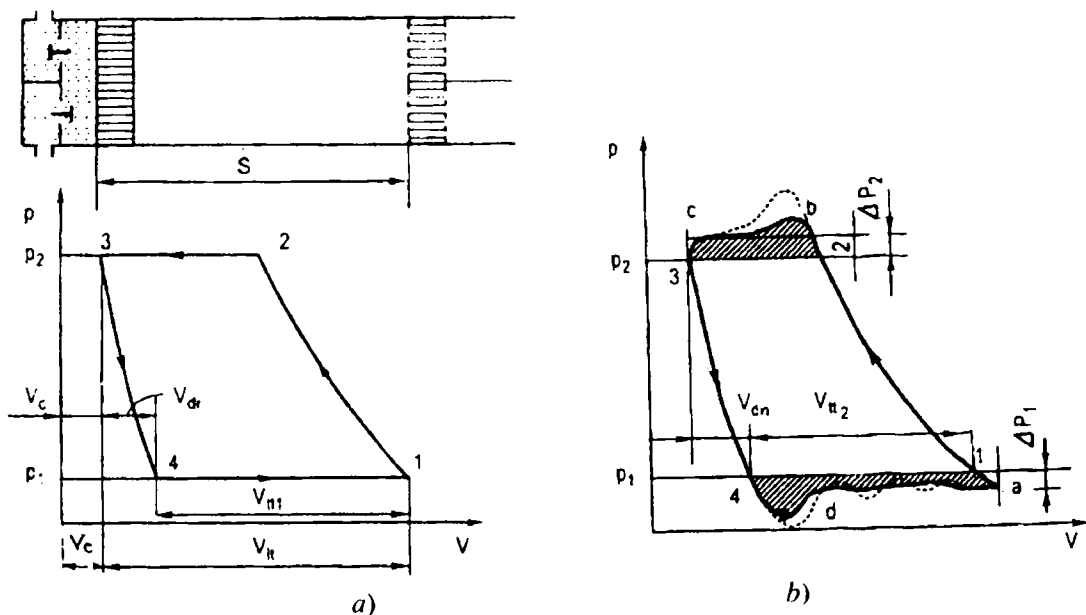
Trước hết phải đổi các đơn vị của các đại lượng tính toán $d = 0,125 \text{ m}$, $s = 0,11 \text{ m}$ và $n = 450/60 = 7,5 \text{ vg/s}$ rồi thay vào biểu thức (3.1) ta có:

$$\begin{aligned} V_{lt} &= \frac{\pi \cdot 0,125^2}{4} 0,110 \cdot 2 \cdot 7,5 = 0,02025 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 72,9 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

3.2.3. Quá trình máy nén thực và thể tích hút thực tế

Quá trình nén thực là quá trình nén có tính đến các tổn thất khác nhau như tổn thất do thể tích chết, do tiết lưu hơi hút ở clapê hút và clapê đẩy... Hình 3.4 giới thiệu các tổn thất cơ bản đó.

Tổn thất áp suất lớn nhất phải kể đến là do thể tích chết. Thể tích chết là không gian còn sót lại giữa pittông và xilanh khi pittông đã đạt vị trí cao nhất. Vì lý do công nghệ thể tích chết thường chiếm khoảng từ $3 \div 5\%$ thể tích hút lý thuyết.

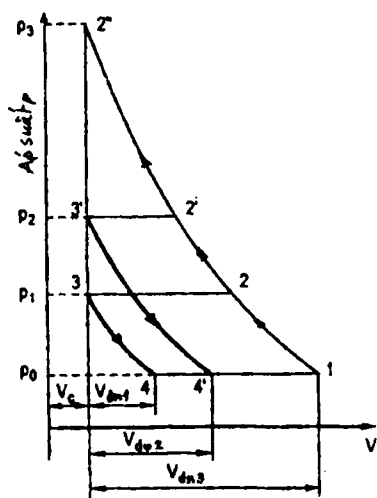


Hình 3.4. Quá trình nén thực của máy nén pittông

a) Quá trình nén thực chỉ kể đến tổn thất do thể tích chết V_c (tương ứng cho các máy nén không có clapê đẩy và hút như máy nén trục vít, xoắn ốc...)

b) Quá trình nén kể đến tổn thất do thể tích chết và do tiết lưu hơi hút ở clapê hút và clapê đẩy.

V_h – Thể tích hút lí thuyết; V_c – Thể tích chết; V_{h2} – Tổn thất thể tích do dẫn nở hơi cao áp; V_h – Thể tích hút thực tế; --- Quá trình thực; --- Quá trình thực có xung động.



Hình 3.6. Sự phụ thuộc của V_d vào áp suất hút và đẩy

Do có thể tích chết nên hơi nén trong xilanh không được đẩy ra hết. Khi pittông đi xuống nó sẽ dẫn nở làm giảm lượng hơi hút vào máy nén. Hình 3.6 mô tả quá trình này. Khi áp suất đẩy càng cao, thể tích dẫn nở càng lớn, và khi áp suất đẩy tăng đến điểm 2'' thì đường dẫn nở trùng lên đường nén. Khi đó thể tích hút của máy nén sẽ bằng không.

Tổn thất lớn thứ hai phải kể đến là tổn thất tiết lưu của clapê hút và đẩy. Tổn thất này có thể hiểu là do chênh lệch áp suất để tác động mở van. Đối với van hút, áp suất trong xilanh phải nhỏ hơn áp suất hút thực tế thì van hút mới mở được và đối với van đẩy thì áp suất trong xilanh phải lớn hơn áp suất trong khoang đẩy thì van đẩy mới mở được. Theo thực nghiệm tổn thất áp suất cho clapê

hút khoảng 0,2 ÷ 0,3 bar còn clapê đẩy 0,5 ÷ 0,7 bar. Hình 3.5b giới thiệu tổn thất

áp suất cho clapê hút và đẩy và thể tích hút lý thuyết $V_{tt2} < V_{tt1} < V_{lt}$.

Thể tích hút thực tế

Thể tích hút thực tế được tính toán theo biểu thức:

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

Trong đó λ là hiệu suất thể tích.

3.2.4. Hiệu suất thể tích

Hiệu suất thể tích λ còn được gọi là hệ số cấp hoặc hệ số nạp. Như biểu thức 3.2 giới thiệu hiệu suất thể tích kí hiệu λ là tỉ số giữa thể tích hút thực tế trên thể tích hút lý thuyết.

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

Nếu nhân cả tử và mẫu số với mật độ, kg/m^3 , ta được $\lambda = m_{tt}/m_{lt}$ hay λ là tỉ số giữa lưu lượng nén thực trên lưu lượng lý thuyết.

Về mặt lý thuyết, có thể xác định λ qua tính toán từng thành phần tổn thất riêng lẻ, vì λ phụ thuộc rất nhiều yếu tố khác nhau nên ta có thể viết:

$$\lambda = \lambda_c \lambda_{lt} \lambda_w \lambda_r \lambda_k \quad (3.4)$$

Trong đó :

λ_c - Hệ số tính đến tổn thất do thể tích chết gây ra;

λ_{lt} - Hệ số tính đến tổn thất do tiết lưu ở clapê hút và đẩy;

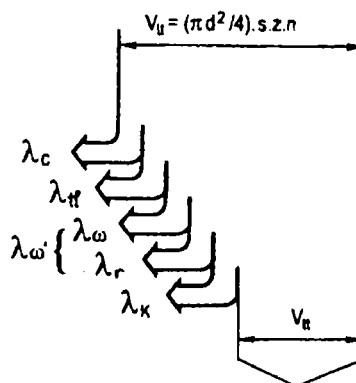
λ_w - Hệ số tính đến tổn thất do hơi hút vào xilanh bị đốt nóng;

λ_r - Hệ số tính đến các tổn thất do rò rỉ môi chất từ khoang nén về khoang hút qua séc măng pittông và van, phụ thuộc chủ yếu vào công nghệ chế tạo, vật liệu và tình trạng của máy nén (rão hoặc chưa rão)...

λ_k - Hệ số tính đến các tổn thất khác; λ_k thường lấy bằng 1.

Hình 3.7 giới thiệu sơ đồ dòng các tổn thất thể tích của máy nén.

Mỗi nhà chế tạo đều đưa ra những công thức riêng để tính toán λ . Ví dụ



Hình 3.7. Tổn thất thể tích của máy nén

đối với máy nén amoniắc chế tạo tại Halle (Đức):

$$\lambda = 0,093 - 0,06(\pi - 1) \quad (3.5)$$

Đối với máy nén amoniắc thẳng dòng chế tạo tại Nga, λ được tính theo công thức của Badukes:

$$\lambda = 0,0012 + 0,0437c(1 - \pi) \quad (3.6)$$

Hoặc theo công thức:

$$\lambda = \left\{ \frac{p_o - \Delta p_o}{p_o} - c \left[\left(\frac{p_k + \Delta p_k}{p_o} \right)^{1/m} - \frac{p_o - \Delta p_o}{p_o} \right] \right\} \frac{T_o}{T_k} \quad (3.7)$$

trong đó:

$\pi = p_k/p_o$ – tỷ số nén

c – thể tích chết, $c = V_c/V_h = 2 \div 6\%$,

p_o – áp suất bay hơi, bar

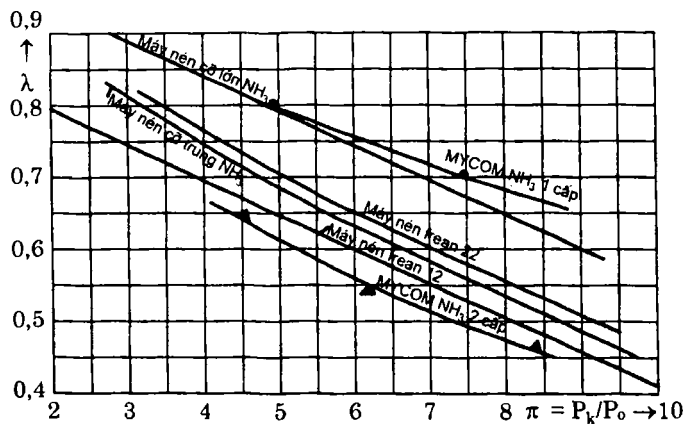
Δp_o – tổn thất tiết lưu ở clape hút lấy $\Delta p_o = 0,3 \div 0,6$ bar,

p_k – áp suất ngưng tụ, bar

Δp_k – tổn thất tiết lưu ở clape đẩy, lấy $\Delta p_k = 0,8 \div 1,2$ bar,

$m = 0,95 \div 1,1$ đối với amoniắc và $m = 0,90 \div 1,05$ đối với freôn.

Đối với máy nén 2 cấp, khi tính cấp hạ áp thì coi p_{tg} là p_k còn khi tính cấp cao áp thì coi p_{tg} là p_o . Chính vì các đại lượng dao động nên giá trị λ thường phân tán trên một dải khá rộng. Khi tính toán gần đúng, có thể lấy λ định hướng theo hình 3.8.



Hình 3.8. Hiệu suất thể tích λ phụ thuộc vào tỷ số nén $\pi = p_k/p_o$

Thí dụ 3.2: Điều kiện như bài 3.1. Hãy xác định hiệu suất thể tích λ và thể tích hút thực tế của máy nén 2AT 125 nếu nhiệt độ sôi là -15°C và nhiệt độ ngưng là 30°C , môi chất NH_3 .

Giải:

Xác định λ : Từ nhiệt độ -15°C tra có $p_0 = 2,3675$ bar và từ nhiệt độ ngưng tụ $+30^{\circ}\text{C}$ có $p_k = 11,678$ bar. Vậy $\pi = p_k/p_0 = 11,678/2,3675 = 4,93$.

Tra đồ thị hình 3.7 với máy nén cỡ trung NH_3 được $\lambda = 0,69$.

Nếu chọn $\Delta p_0 = 0,3$ bar, $\Delta p_k = 1,0$ bar, $m = 1$ và $c = 0,03$ vào biểu thức 3.7) được $\lambda = 0,59$.

Xác định V_{tt}

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

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

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

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

Hiệu suất nén là tỉ số giữa công lý thuyết và công tiêu thụ thực tế cho quá trình nén:

$$\eta = \frac{\text{Công tiêu thụ lý thuyết}}{\text{Công tiêu thụ thực tế}} = \frac{N_s}{N_{el}} \quad (3.8a)$$

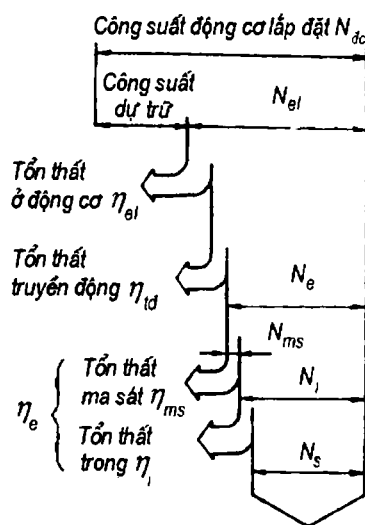
Hình 3.9 giới thiệu các tổn thất công nén khác nhau. Về lý thuyết có thể viết:

$$\eta = \eta_i \cdot \eta_{ms} \cdot \eta_{td} \cdot \eta_{el} = \eta_e \cdot \eta_{td} \cdot \eta_{el} \quad (3.8b)$$

trong đó:

η_i - hiệu suất trong; N_{ms} - công suất tổn thất do ma sát; η_e - hiệu suất nén hữu ích; η_{td} - hiệu suất truyền động; η_{el} - hiệu suất động cơ điện.

Quan hệ của chúng với các loại công nén như sau:



Hình 3.9. Công nén và các loại tổn thất

3.2.5.1. Công nén đoạn nhiệt N_s

Công nén đoạn nhiệt N_s là công nén lý thuyết đoạn nhiệt đẳng entropy ($s_1 = s_2$) dùng để nén hơi môi chất lạnh từ áp suất p_0 lên p_k ở chế độ làm việc đã cho, tính theo biểu thức sau:

$$N_s = m \cdot l = m(h_2 - h_1), \text{ kW} \quad (3.9)$$

trong đó: m - lưu lượng khối lượng ga lạnh nén qua máy nén, kg/s;

h_2, h_1 - entanpy ở cửa ra và cửa vào máy nén, kJ/kg;

l - công nén riêng lý thuyết cho 1 kg ga lạnh, kJ/kg.

3.2.5.2. Công nén chỉ thị N_i

Công nén chỉ thị N_i là công nén có tính đến tổn thất trong của máy nén và được tính theo công thức $N_i = p_i \cdot V_{ti}$. Tuy nhiên ở đây không xác định được p_i là áp suất trung bình trên đồ thị chỉ thị của quá trình nén nên người ta xác định N_i như sau:

$$N_i = \frac{N_s}{\eta_i}, \text{ kW} \quad (3.10)$$

Có thể xác định η_i theo công thức của Levin:

$$\eta_i = \lambda_w + b t_o = T_o/T_k + b t_o \quad (3.11)$$

trong đó: $\lambda_w = T_o/T_k$ với $b = 0,001$ cho máy nén amoniắc và $b = 0,0025$ cho máy nén freôn.

3.2.5.3. Công nén hữu ích N_e

Công nén hữu ích N_e là công nén đo trên trục khuỷu gồm công nén chỉ thị và tổn thất ma sát (pittông, séc măng/ xilanh, ổ đỡ, trục khuỷu, tay biên, bạc biên, ốc...) của máy nén:

$$N_e = N_i + N_{ms}, \text{ kW} \quad (3.12)$$

Có thể tính công tiêu tổn để thắng ma sát N_{ms} theo công thức sau:

$$N_{ms} = p_{ms} \cdot V_{ti} \quad (3.13)$$

trong đó: V_{ti} là thể tích hút lí thuyết, m^3/s ; còn p_{ms} là áp suất ma sát. Lấy $p_{ms} = 49 \div 69 \text{ kPa}$ cho máy nén amoniắc thẳng dòng, $p_{ms} = 39 \div 69$ cho máy nén freôn thẳng dòng và $p_{ms} = 19 \div 34 \text{ kPa}$ cho máy nén freôn ngược dòng. Ví dụ một máy nén amoniắc có $V_{ti} = 70 m^3/h$ sẽ có $N_{ms} = 59 kPa (70 m^3/3600s) = 1,147 \text{ k Nm/s} = 1,147 \text{ kJ/s} = 1,147 \text{ kW}$.

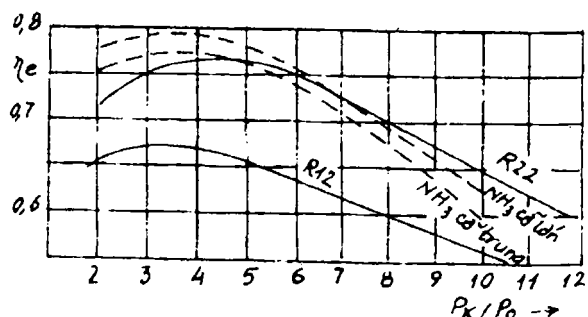
Tổn thất ma sát cũng được đặc trưng bằng hiệu suất cơ η_{ms} như sau:

$$\eta_{ms} = \frac{N_i}{N_e} = \frac{N_s}{\eta_i N_e} \quad (3.14)$$

Đặt $\eta_e = \eta_{ms} \cdot \eta_i$ ta có:

$$\eta_e = \frac{N_s}{N_e} \quad (3.15)$$

Hình 3.10 giới thiệu hiệu suất nén $\eta_e = N_i/N_e$ phụ thuộc vào tỷ số nén p_k/p_o của một số máy nén Nga.



Hình 3.10. Sự phụ thuộc của η_e vào tỷ số áp suất p_k/p_o .

3.2.5.4. Công suất điện tiêu thụ N_{el}

Công suất điện tiêu thụ là công suất đo được trên bảng đầu điện của động cơ, so với công suất hữu ích nó còn tổn thêm tổn thất truyền động từ động cơ đến trục khuỷu máy nén (đặc trưng bằng hiệu suất η_{td}) và tổn thất trong chính động cơ điện (đặc trưng bằng hiệu suất động cơ η_{cl}):

$$N_{el} = \frac{N_c}{\eta_{td} \cdot \eta_{cl}} \quad (3.16)$$

Truyền động đai, khớp có $\eta_{td} = 0,95$, nếu truyền động trực tiếp $\eta_{td} = 1$. Hiệu suất động cơ tùy từng loại $\eta_{cl} = 0,80 \div 0,95$. Như vậy:

$$N_{el} = \frac{N_s}{\eta_c \cdot \eta_{td} \cdot \eta_{cl}} = \frac{N_s}{\eta} \quad (3.17)$$

3.2.5.5. Công suất điện lắp đặt N_{dc}

Công suất điện lắp đặt thường lớn hơn công suất điện tiêu thụ khoảng 10% hoặc hơn. 10% đó thường gọi là công suất dự trữ đề phòng trường hợp điện lưới chập chờn, điện áp lên xuống và chế độ làm việc dao động, đặc biệt trong thời kỳ xả lạnh. Máy nén của nhà máy cơ khí Long Biên Hà Nội chọn công suất lắp đặt gấp đến 2 lần công suất tiêu thụ.

Thí dụ 3.3: Điều kiện như bài 3.2, xác định lưu lượng khối lượng của máy nén 2AT125.

Giải: Giả sử hơi hút về máy nén là hơi bão hòa khô nhiệt độ -15°C . Tra bảng hơi ẩm có $\rho = \rho'' = 1,9706 \text{ kg/m}^3$ 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: Cho biết máy nén amoniắc nhiệt độ bay hơi -15°C , nhiệt độ ngưng tụ $+40^\circ\text{C}$ dùng để làm nước đá. Công nén riêng $l = h_2 - h_1 = 320 \text{ kJ/kg}$, lưu lượng qua máy nén $0,1 \text{ kg/s}$. Hãy xác định công suất hữu ích của máy nén.

Giải

a) Giải theo công thức:

- Công nén lí thuyết:

$$N_s = m \cdot l = 0,1 \cdot 320 = 32 \text{ kW}$$

- Công nén chỉ thị:

$$\text{Lấy gần đúng: } \lambda_w = T_o/T_k = (273 - 15)/(273 + 40) = 0,824$$

$$\eta_i = 0,824 + 0,001 \cdot (-15) = 0,809$$

$$N_i = 32/0,89 = 39,55 \text{ kW}$$

- Công nén hữu ích N_c theo công thức (3.12 và 3.13)

Giả sử hơi hút là hơi bão hòa ở -15°C , tra bảng có $v'' = v_i = 0,050746 \text{ m}^3/\text{kg}$.

Vậy:

$$V_{it} = m \cdot v_i = 0,1 \cdot 0,050746 = 0,0050746 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$N_{ms} = p_m \cdot V_{it} = 59 \cdot 0,0050746 = 2,99 \text{ kNm/s} = 2,99 \text{ kW}$$

$$N_c = N_i + N_{ms} = 39,55 + 2,99 = 42,54 \text{ kW}.$$

b) Giải theo đồ thị

- Công nén lí thuyết: $N_s = m \cdot l = 32 \text{ kW}$.

- Hiệu suất chỉ thị và hiệu suất cơ:

$$p_o = 2,3675 \text{ bar}; p_k = 15,559 \text{ bar} \text{ vậy } \pi = 6,57.$$

Tra đồ thị hình 3.10 cho máy nén amoniắc được $\eta_e = 0,76$, vậy:

$$N_c = N_s/0,76 = 42,11 \text{ kW}$$

(sai số khoảng 1% so với giải theo công thức).

Thí dụ 3.5

Máy nén lạnh MYCOM N6WB (phụ lục 4) có $Q_o = 317,1 \text{ kW}$ và công suất hữu ích $N_c = 86,4 \text{ kW}$ ở nhiệt độ sôi $t_o = -10^\circ\text{C}$, và 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:

$$N_{el} = N_c/(\eta_{id} \cdot \eta_{el}) = 86,4/(0,95 \cdot 0,94) = 96,75 \text{ kW}$$

Công suất động cơ lắp đặt:

$$N_{dc} = 1,10 \cdot N_{el} = 106,4 \text{ kW}$$

Thí dụ 3.6

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

Tra η_e trên đồ thị hình 3.10 với $p_k/p_o = 4,93$ (thí dụ 3.2) có $\eta_e = 0,76$ vậy:

$$N_c = \frac{N_s}{\eta_e} = \frac{5,87}{0,76} = 7,72 \text{ kW}; \quad N_{el} = \frac{N_c}{\eta_{id} \cdot \eta_{el}} = \frac{7,72}{0,95 \cdot 0,90} = 9,03 \text{ kW};$$

$$N_{dc} = 0,15 \cdot N_{el} = 1,15 \cdot 9,03 = 10,38 \text{ kW}$$

3.2.6. Hệ số lạnh của chu trình

Hệ số lạnh của chu trình lạnh là tỉ số giữa năng suất lạnh đạt được và công tiêu tốn cho chu trình. Thường người ta sử dụng hệ số lạnh lí thuyết, đặc biệt trong các tính toán tối ưu và so sánh các chu trình lạnh.

a) Hệ số lạnh lí thuyết của chu trình thực là tỉ số giữa năng suất lạnh riêng và công nén đoạn nhiệt:

$$\varepsilon = \frac{q_o}{l} = \frac{Q_o}{N_s} \quad (3.18)$$

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

b) Hệ số lạnh hữu ích:

$$\varepsilon_e = \frac{Q_o}{N_e} \quad (3.19)$$

c) Hệ số lạnh thực:

$$\varepsilon_t = \frac{Q_o}{N_{el}} \quad (3.20)$$

Thường hệ số lạnh lí thuyết được sử dụng để tính toán và so sánh các chu trình và các môi chất lạnh khác nhau.

3.2.7. Năng suất lạnh của máy nén Q_o

Năng suất lạnh của máy nén được xác định bằng quan hệ:

$$Q_o = m \cdot q_o, \text{ kW} \quad (3.21)$$

Trong đó m là lưu lượng nén qua máy nén, kg/s và $q_o = h_1 - h_4$ là hiệu entanpy ra và vào dàn bay hơi, còn gọi là năng suất lạnh riêng khối lượng, đơn vị kJ/kg. Xác định m theo biểu thức sau:

$$m = \frac{V_u}{v_1} = \frac{\lambda \cdot V_{lt}}{v_1}, \text{ kg/s} \quad (3.22)$$

Trong đó v_1 là thể tích riêng hơi hút vào máy nén, m^3/kg , λ là hiệu suất thể tích, V_{lt} và V_u là thể tích hút lí thuyết và thực tế đã trình bày ở trên.

Như vậy, năng suất lạnh cũng có thể viết dưới dạng:

$$Q_o = \lambda V_{lt} \cdot (q_o/v_1) = \lambda \cdot V_{lt} \cdot q_v \quad (3.23)$$

Trong đó $q_v = q_o/v_1$ là năng suất lạnh riêng thể tích, kJ/m^3 hay năng suất lạnh do 1m^3 hơi hút sinh ra ở dàn bay hơi.

3.2.7.1. Ba chế độ lạnh tiêu chuẩn

Trong công thức (3.23) chỉ có V_h là không đổi còn λ , q_o và đặc biệt v_1 thay đổi rất lớn phụ thuộc vào p_o và p_k do đó Q_o của 1 máy nén không phải giữ nguyên mà luôn thay đổi theo chế độ làm việc p_o , t_o và p_k , t_k . Do đó trên máy của nhiều loại máy nén sản xuất trên thế giới chỉ cho thể tích hút lý thuyết (126m³/h), 30 là công suất động cơ lắp đặt (30HP).

Riêng máy nén chế tạo tại Nga, Trung Quốc, Tiệp, Bun... lại phân ra ba chế độ lạnh tiêu chuẩn là lạnh thường (1 cấp nén), lạnh đông (2 cấp nén, và điều hòa không khí (xem trong bảng 3.2). Dựa vào năng suất lạnh tiêu chuẩn đó có thể tính được năng suất lạnh ở chế độ bất kỳ theo biểu thức:

$$Q_o = \frac{\lambda}{\lambda_{TC}} \cdot \frac{q_v}{q_{vTC}} \cdot Q_{oTC} \quad (3.24)$$

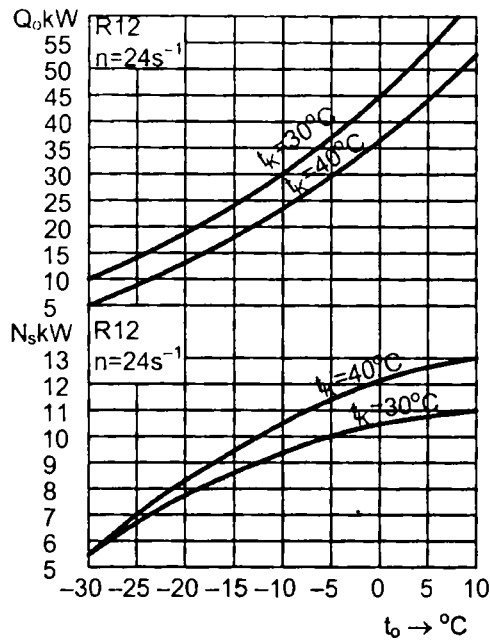
Bởi vì $V_h = Q_o / (\lambda \cdot q_v) = Q_{oTC} / (\lambda_{TC} \cdot q_{vTC})$ từ biểu thức (3.23). Trong đó λ , λ_{TC} là hiệu suất thể tích (có thể xác định theo hình 3.8) còn q_o , v_1 , q_{oTC} , v_{1TC} hay q_v và q_{vTC} có thể xác định trên đồ thị lgp-h rồi tính toán.

Bảng 3.2. Ba chế độ lạnh tiêu chuẩn

Các chế độ lạnh Tiêu chuẩn	Môi chất	Nhiệt độ sôi t_o , quá nhiệt t_{qn} ngưng tụ t_k và quá lạnh t_{ql} ; °C			
		t_o	t_{qn}	t_k	t_{ql}
Chế độ lạnh thường (1 cấp nén)	NH ₃	-15	-10	+30	+25
	Freon	-15	+15	+30	+25
Chế độ điều hòa không khí	Freon	+5	+15	+35	+30
Chế độ lạnh đông (2 cấp nén)	NH ₃	-40	-30	+35	+30
	Freon	-35	-20	+30	+25

3.2.7.2. Các đường đặc tính của máy nén

Để tránh điều bất tiện là xây dựng và tính toán trên đồ thị lgp-h, một số nhà chế tạo cung cấp kèm theo máy nén đồ thị các đường đặc tính của máy nén. Các đặc tính đó là năng suất lạnh, công suất hữu ích, cường độ dòng điện và hệ số lạnh phụ thuộc vào nhiệt độ ngưng tụ và bay hơi t_k và t_o : $Q_o = f(t_k, t_o)$; $N_c = f(t_k, t_o)$; $I = f(t_k, t_o)$ và $\varepsilon = f(t_k, t_o)$. Hình 3.11 giới thiệu đường đặc tính Q_o và N_c của máy nén FV 20 của Nga. Ở chế độ tiêu chuẩn $Q_o = 24kW$, $N_c = 8,4 kW$.



Hình 3.11. Đường đặc tính máy nén FV của Nga

3.2.7.3. Bảng đặc tính năng suất lạnh của máy nén

Nhiều nhà chế tạo máy nén (Mỹ, Nhật) thường không cho năng suất lạnh và công suất hữu ích theo đồ thị mà theo bảng. Các phụ lục 4÷6 giới thiệu các bảng đặc tính năng suất lạnh của máy Mycom (Nhật). Ưu điểm của bảng là các thông số chính xác hơn nhưng thường các thông số nhiệt độ ngưng tụ ít hơn. Khi cần Q_0 , N_c ở một chế độ bất kỳ nào đó cần thiết phải nội suy hoặc ngoại suy từ các thông số đã biết cho trong bảng. Ngoài Q_0 và N_c theo t_0 và t_k trong bảng còn có thêm các thông số như thể tích hút lý thuyết V_{lt} , đường kính và hành trình pittông, số vòng quay n ... cần thiết cho việc tính toán chu trình lạnh.

Thí dụ 3.7: Theo phụ lục 4, máy nén N4WB môi chất NH_3 có $Q_0 = 164,9$ kW ở $t_k = 35^\circ C$, $t_0 = -15^\circ C$ và có $Q_0 = 125,6$ kW ở $t_k = 35^\circ C$, $t_0 = -20^\circ C$. Hỏi khi vận hành ở $t_k = 35^\circ C$ và $t_0 = -18^\circ C$ thì năng suất lạnh là bao nhiêu?

Giải: Nội suy: khi t_0 giảm 5K (từ -15 xuống $-20^\circ C$) thì Q_0 giảm $164,9$ kW - $125,6$ kW = $39,3$ kW. Vậy khi giảm từ -15 xuống $-18^\circ C$ (3K) thì Q_0 sẽ giảm $(39,3/5) \cdot 3 = 23,6$ kW.

Trả lời: Khi chạy ở $t_k = 35^\circ C$, $t_0 = -18^\circ C$. Năng suất lạnh $Q_0 = 164,9 - 23,6$ kW = 141 kW.

Ghi chú: Năng suất lạnh này chỉ còn bằng 86% ($141,3/164,9 = 0,86$) nghĩa là nhiệt độ sôi cứ giảm đi 1°C thì năng suất lạnh giảm đi khoảng 4,7% ($= 14\%/3\text{K}$).

Thí dụ 3.8. Theo phụ lục 4, máy nén N4WB, môi chất lạnh NH_3 có $Q_0 = 164,9 \text{ kW}$ ở $t_k = 35^{\circ}\text{C}$, $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$. Giả thiết giữ nguyên $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$ nhưng do lắp đặt ở điều kiện Hà Nội, nhiệt độ ngưng tụ lên tới 45°C (nhiệt độ ngoài trời thiết kế $t_N = 37,2^{\circ}\text{C}$, độ ẩm $\varphi_N = 66\%$ suy ra nhiệt độ ướt $t_v = 31^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ nước vào 35°C , ra 40°C , nhiệt độ ngưng tụ 45°C). Hỏi năng suất lạnh của máy nén còn bao nhiêu?

Giải: Có 4 cách giải như sau:

a) Nội suy: Ở đây không thể nội suy hoặc ngoại suy vì phụ lục 4 chỉ có một nhiệt độ ngưng tụ duy nhất là $t_k = 35^{\circ}\text{C}$.

b) Tính gần đúng nhờ hệ số thực nghiệm: Đối với máy lạnh NH_3 một cấp: khi nhiệt độ ngưng tụ tăng 1°C , năng suất lạnh giảm khoảng 1,5% và công tiêu tốn tăng 1,5%. Suy ra Q_0 giảm 15% khi t_k tăng từ 35°C lên 45°C . Vậy:

$$Q_0 = 0,85.164,9 = 139,5 \text{ kW}$$

Nếu tính gần đúng theo hình 3.11, ở -15°C , $+30^{\circ}\text{C}$, $Q_0 = 24 \text{ kW}$, ở -15°C , $+40^{\circ}\text{C}$, $Q_0 = 18 \text{ kW}$, giảm đến 25%, vậy:

$$Q_0 = 0,75.164,9 = 124,7 \text{ kW}$$

c) Tính toán theo chu trình lạnh trên đồ thị $\lg p$ - h (xem mục 4.5).

3.3. MÁY NÉN PITTÔNG TRƯỢT

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: hở, nửa kín và kín

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, truyền động trực tiếp, bích bắt bulông.

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

7. Năng suất lạnh Q_0 : nhỏ, trung bình và lớn.

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

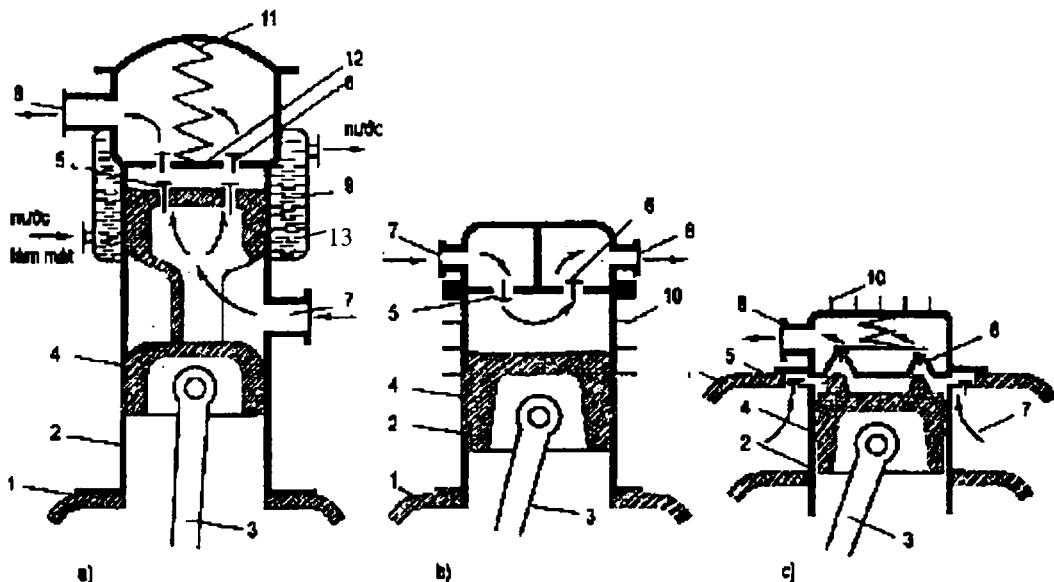
Máy nén trung bình $Q_0 = 14 \div 105 \text{ kW}$

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

3.3.2. Các dạng cấu tạo của máy nén pittông

3.3.2.1. Máy nén thuận dòng

Một trong những đặc điểm phân loại quan trọng của máy nén pittông là hướng chuyển động của hơi môi chất qua xilanh trong quá trình nén. Người ta phân ra hai loại thuận dòng và ngược dòng. Ở máy nén thuận dòng, dòng môi chất không đổi hướng, còn ở máy nén ngược dòng, dòng môi chất đổi hướng (hình 3.12a) khi đi qua xilanh.



Hình 3.12. Các dạng máy nén pittông

a) Máy nén thuận dòng; b) Máy nén ngược dòng van lá; c) Máy nén ngược dòng van vòng.

1 - Thân máy; 2- Xilanh; 3 - Tay biên; 4 - Pittông; 5 - Clapê hút; 6 - Clapê đẩy; 7 - Đường hút;

8 - Đường đẩy; 9 - Áo nước làm mát; 10 - Cánh tản nhiệt; 11 - Lò xo an toàn; 12 - Nắp xilanh

Máy nén thuận dòng thường là máy cỡ trung và lớn dùng cho NH_3 . Đặc điểm cấu tạo là clapê hút bố trí trên đầu pittông. Trên nắp xilanh chỉ có clapê đẩy và cửa hút bố trí trên sườn xilanh. Pittông rất dài và nặng nề, xilanh rất cao. Môi chất lạnh đi vào sườn xi lanh, qua clapê hút ở đầu pittông để vào xilanh. Clapê hút mở theo quán tính khi pittông đi xuống và đóng khi pittông chuyển hướng đi lên. Do nắp trên xilanh chỉ có clapê đẩy nên người ta có thể thiết kế để nắp này có thể nâng lên cho lỏng thoát nhanh khi hút phải lỏng để bảo vệ máy nén. Nắp được giữ kín trên đỉnh xilanh nhờ lò xo 11.

Máy nén thuận dòng có các ưu nhược điểm chính:

- Không có tổn thất do trao đổi nhiệt giữa khoang hút và khoang đẩy,
- Có khả năng tăng tiết diện của clapê hút và đẩy, giảm tổn thất tiết lưu,
- Clapê hút đóng mở theo quán tính nên ít tổn thất tiết lưu.
- Khối lượng pittông lớn nên lực quán tính, lực ma sát lớn, khó tăng tốc độ vòng quay. Máy nén loại này có tốc độ hạn chế nên rất cồng kềnh, xilanh thường cao hơn hẳn các máy ngược dòng. Do nhược điểm này, máy nén thuận dòng ngày nay không còn được chế tạo.

3.3.2.2. Máy nén ngược dòng

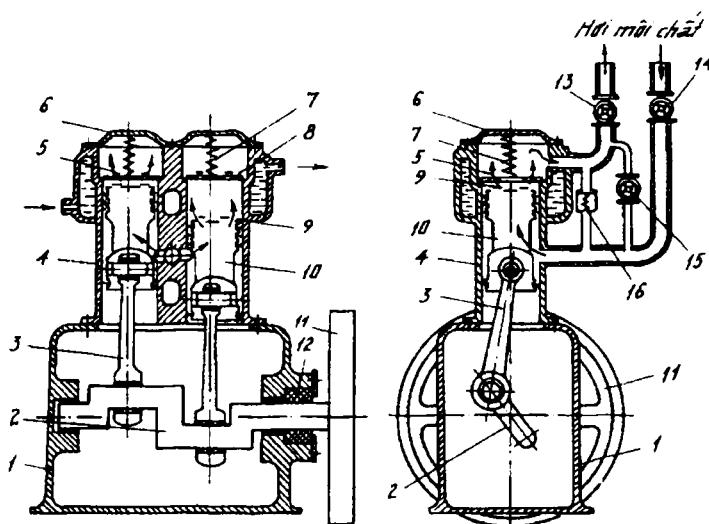
Máy nén ngược dòng là máy nén có dòng môi chất đổi hướng khi đi qua xilanh (hình 3.12 b, c). Kết cấu loại này gọn nhẹ hơn nhiều so với máy nén ngược dòng, đặc biệt pittông đơn giản, nhẹ nên có thể nâng tốc độ vòng quay lên rất cao 2950 vg/phút thậm chí 3500 vg/phút. Nắp xilanh có thể chia làm 2 khoang riêng biệt (hình 3.12b) hoặc có clapê dạng vòng như hình 3.12c giới thiệu. Với clapê dạng vòng, có thể thiết kế nắp xilanh di động để phòng hút phải lỏng như hình 3.12a.

3.3.2.3. Máy nén hở

Máy nén hở là máy nén có động cơ nằm bên ngoài vỏ máy nén. Trục khuỷu nhận truyền động qua khớp nối hoặc đai truyền. Hình 3.13 giới thiệu một máy nén hở 2 xilanh kiểu đứng, thuận dòng môi chất amoniác kiểu cũ.

Để giữ kín khoang môi chất trong các 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 bít kín cổ trục đối với các máy lớn chỉ còn $10 \div 15$ gam/24 giờ. Các loại máy nén có năng suất trung bình và lớn 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 áp suất 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 đà giúp pittông vượt qua các điểm chết.

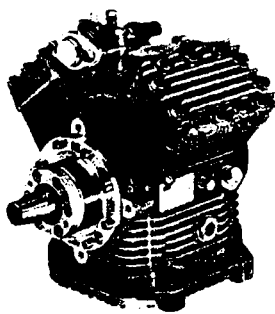


Hình 3.13. Máy nén hơi, 2 xilanh đứng,
thuận dòng môi chất NH_3

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

Ưu điểm chủ yếu là công nghệ gia công đơn giản, có thể sử dụng cả động cơ xăng, diesel... để truyền động. Nhược điểm là tốc độ thấp nên công kênh, chi phí vật liệu cao, dễ rò rỉ môi chất qua đệm kín cổ trục. Từ năm 1971 đến 1999, Bộ Cơ khí và luyện kim và Nhà máy Cơ khí Long Biên Hà Nội sản xuất một số loại máy kiểu này (xem phụ lục 10).

Hình 3.14 giới thiệu hình dáng một máy nén hơi của hãng Bock (Đức).

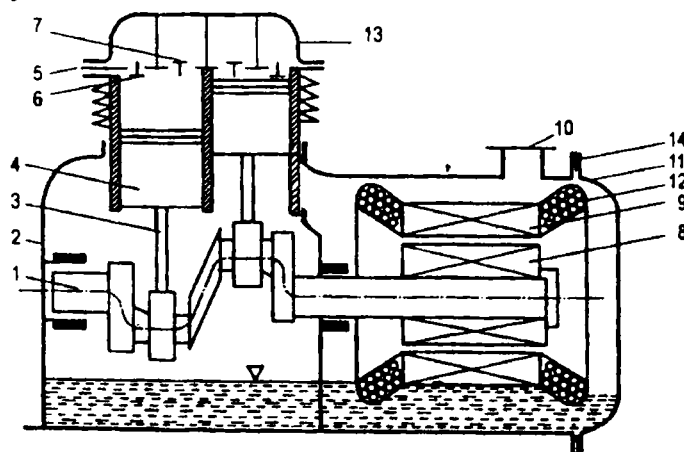


Hình 3.14. Hình dáng một máy nén hơi của hãng Bock (Đức)

3.3.2.4. Máy nén nửa kín

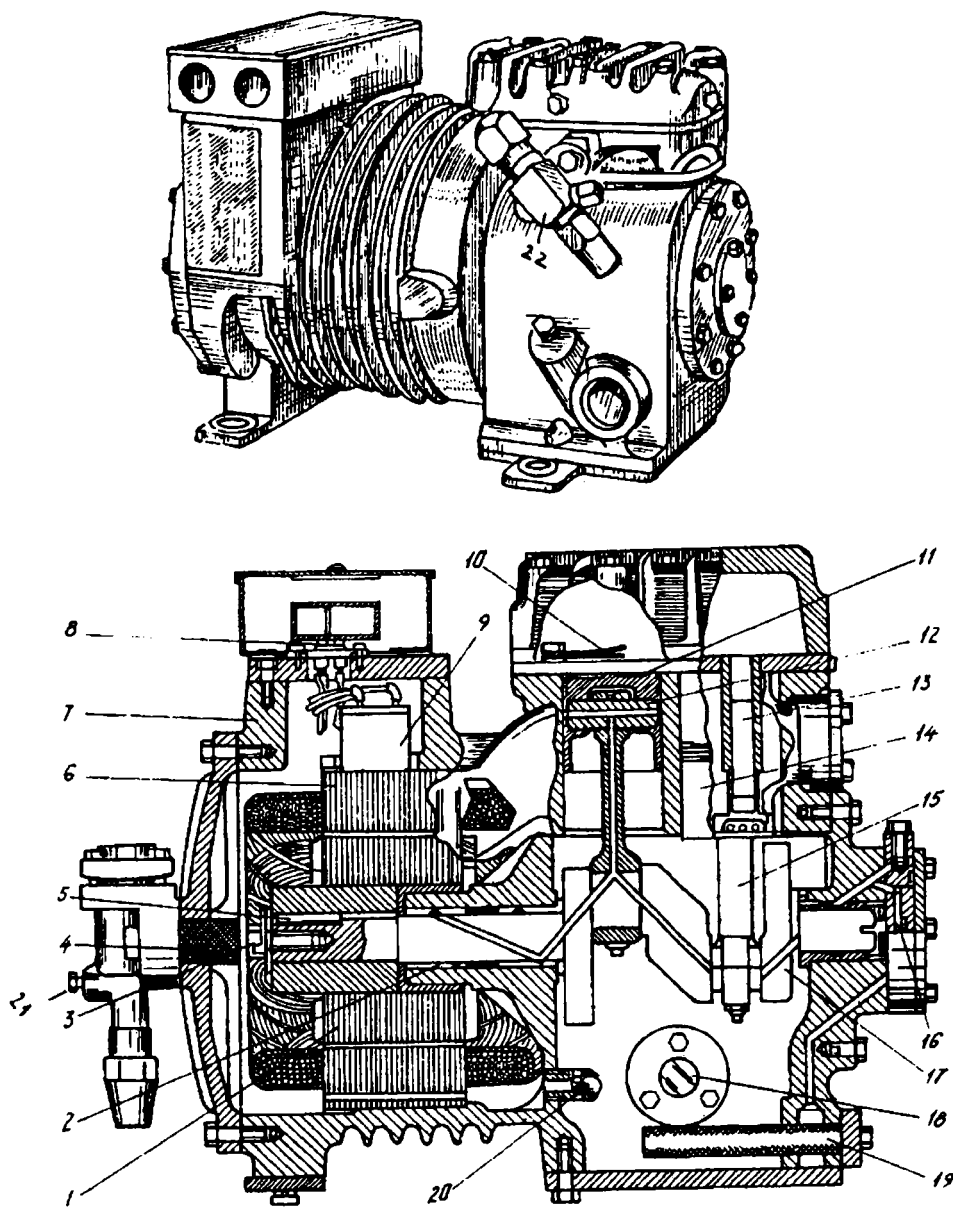
Máy nén nửa kín là máy nén có động cơ nằm trong vỏ máy nén được làm kín bằng mặt bích bắt chặt bằng bulông. Máy nén kín khắc phục được nhược điểm của đệm kín cổ trục dễ hỏng hóc và rò rỉ của máy nén hơi. Hình 3.15 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của máy nén nửa kín.

Ưu điểm là khoang môi chất gần như kín tuyệt đối. Tuy nhiên máy nén nửa kín lại có nhược điểm là chỉ sử dụng được cho các môi chất freon không dẫn điện và không ăn mòn đồng nên không sử dụng được cho amoniắc, không điều chỉnh năng suất lạnh được qua tỉ số đại truyền, khó sửa chữa (xem thêm bảng 3.6 so sánh các loại máy nén). Hình 3.16 giới thiệu một máy nửa kín của hãng Copeland (Mỹ).



Hình 3.15. Nguyên lý cấu tạo máy nén nửa kín

- 1- Trục khuỷu; 2- Khối vỏ xilanh đúc liền; 3- Tay biên; 4- Pittông; 5- Nắp trong;
6- Clapê hút; 7- Clapê đẩy; 8- Rôto; 9- Stato; 10- Cửa hút; 11- Nắp bích động cơ bắt chặt bằng bulông vào vỏ máy; 12- Cuộn dây; 13- Nắp trên; 14- Đệm kín.

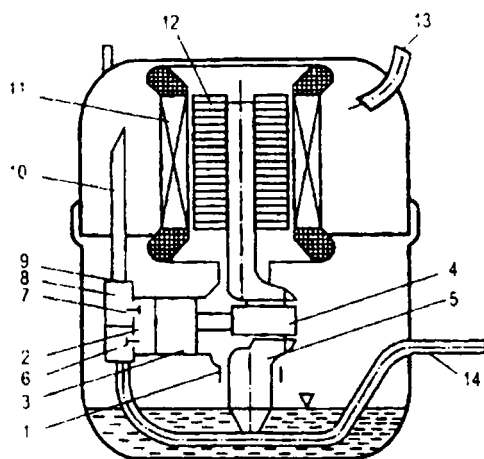


Hình 3.16. Máy nén nửa kín Copeland (Mỹ): a) hình dáng; b) mặt cắt

- 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 đẩy (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); 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 bằng 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 dịch vụ dầu hút; 22 - van dịch vụ dầu đẩy.

3.3.2.5. Máy nén kín

Toàn bộ máy nén và động cơ được đặt trong vỏ hàn kín gọi là máy nén kín. Máy nén kín cũng có tất cả các ưu điểm như máy nén nửa kín. Máy nén kín có năng suất lạnh nhỏ và rất nhỏ. Ngày nay người ta đã sản xuất các máy nén kín có năng suất lạnh lớn đến hàng chục kW hoặc hơn. Máy nén kín được sử dụng rộng rãi trong các máy lạnh như tủ lạnh gia đình; điều hoà nhiệt độ và tủ lạnh thương nghiệp... ước tính năm 2006 toàn thế giới đã sản xuất tới 100 triệu chiếc máy nén kín các loại kiểu pittông dùng cho tủ lạnh gia đình và thương nghiệp. Hình 3.17 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo một máy nén kín.



Hình 3.17. Nguyên lý cấu tạo một dạng máy nén kín

- | | |
|-------------------|----------------|
| 1 - Thân máy nén; | 2 - xilanh; |
| 3 - Pittông; | 4 - Tay biên; |
| 5 - Trục khuỷu; | 6 - Clápê đẩy |
| 7 - Clápê hút; | 8 - Nắp trong; |
| 9 - Nắp ngoài; | 10 - Ống hút; |
| 11 - Stato; | 12 - Rôto; |
| 13 - Cửa hút; | 14 - Ống đẩy |

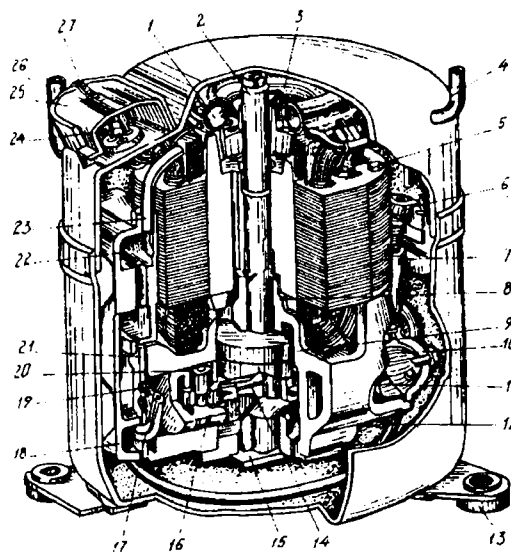
Máy nén kín còn được gọi là **blốc**. Blốc có cấu tạo đặc biệt sau:

- Toàn bộ máy nén và động cơ được treo trên 3 lò xo giảm rung nên ít rung động,
- Máy nén và động cơ trong vỏ hàn kín nên ít ồn,
- Trục động cơ và máy nén lắp liền nên tốc độ đạt rất cao,
- Bôi trơn nhờ các rãnh xoắn trên trục hút từ dưới và văng theo lực li tâm để tải dầu lên bôi trơn cho các chi tiết nên nhất thiết trục khuỷu chỉ được quay

theo một hướng nhất định. Đối với bloc 3 pha (công suất 2,5 kW trở lên) các đầu dây phải được đánh dấu đảm bảo đúng chiều quay.

- Bloc làm mát chủ yếu nhờ hơi lạnh hút về từ dàn bay hơi. Một số bloc có vòng làm mát dầu. Hơi nóng từ máy nén ra đi qua một vòng ở dàn ngưng tụ rồi quay lại làm mát dầu rồi mới đi tiếp vào dàn ngưng tụ.

- Ưu và nhược điểm của bloc cũng gần giống như máy nén nửa kín. Bảng 3.2 giới thiệu các đặc điểm cơ bản của máy nén kín, nửa kín và hở. Hình 3.18 giới thiệu cấu tạo máy nén kín kiểu AJ của TECUMSEH (Mỹ) dùng cho điều hòa không khí.



Hình 3.18. Máy nén kiểu AJ hãng TECUMSEH (Mỹ)

- 1 - vòng tiêu âm đường hút; 2 - trục khuỷu; 3 - roto; 4 - đầu nạp ga;
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 - pít tông; 17 - van đẩy; 18 - nắp xilanh; 19 - van hút; 20 - chốt pít tông;
21 - đế van; 22 - buồng tiêu âm đường hút; 23 - ống hút; 24 - cọc tiếp điện;
25 - nắp bảo vệ cọc tiếp điện và rơ le bảo vệ;
26 - ống hút; 27 - tấm lò xo hãm nắp bảo vệ.

Bảng 3.2. Các đặc điểm cơ bản của máy nén hơi, 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	Động cơ nằm ngoài máy nén. Truyền động từ động cơ vào máy nén nhờ đai truyền hoặc khớp nối. Giữ kín khoang môi chất nhờ cụm bít cố trục. Dễ rò rỉ.	Động cơ nằm trong vỏ máy nén có nắp bích, đem kín trên bích tĩnh nên việc giữ kín dễ dàng hơn	Động cơ 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 ≤ 30 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 freon không dẫn điện và không ăn mòn đồng (cuộn dây động cơ). Không dùng cho amoniắc	
Đặc điểm tốc độ	Chậm	Có thể đạt tốc độ rất cao	
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 cặp 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)	

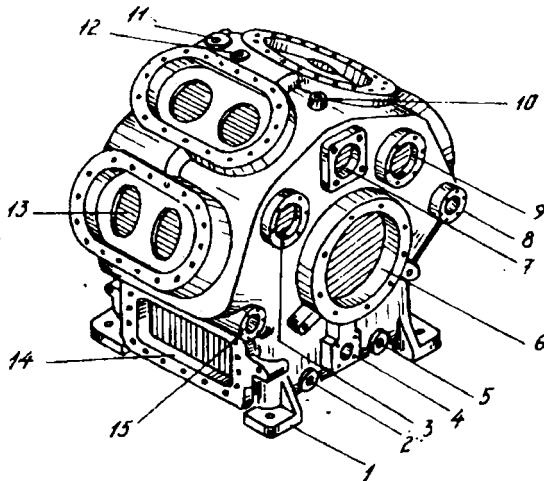
3.3.3. Chi tiết máy nén pittông trượt

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



Hình 3.19. 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 – lỗ nắp van an toàn;
 12 – lỗ công nghệ; 13 – ổ lắp xilanh; 14 – cửa
 thao tác lắp trục khuỷu; 15 – ổ lắp đường dầu.

Nhiều thân máy có xilanh đúc liền, nhưng phần lớn là đúc rời, somi xilanh là chi tiết riêng biệt. Khoang hút bao bọc gần như toàn bộ thân xilanh nhưng không thông với các te. 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 ổ lắp xilanh, trục khuỷu tương ứng.

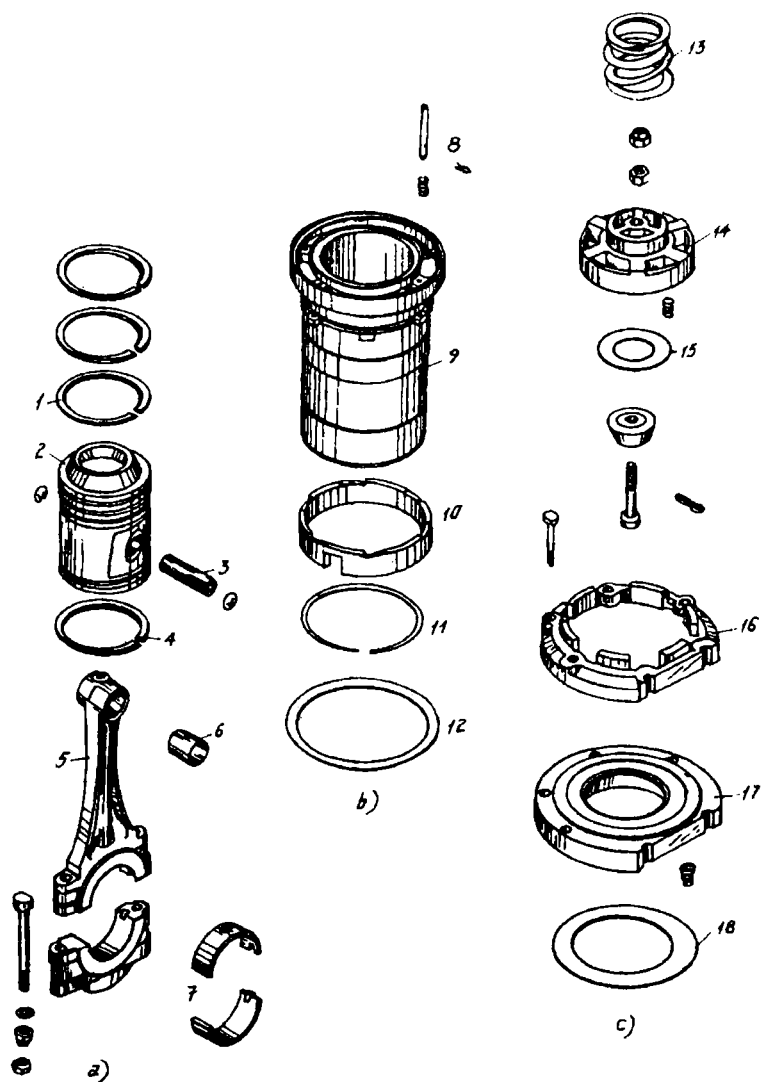
b) Xilanh

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.

Đối với máy nén ngược dòng (hình 3.20b) 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 amoniắc 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.



Hình 3.20. Hình vẽ khai triển cụm pittông xilanh, van đẩy hút (MYCOM)

a) cụm pittông tay biên; b) cụm xilanh; c) cụm nắp xilanh đẩy – 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 - chốt nâng lá van và lò xo;
 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 - clapê xả;
 16 - vành dẫn hướng lồng van xả; 17 - đế van; 18 - calpê hút

c) Pittông, séc măng

Pittông trượt (hình 3.20a) 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 tránh rò rỉ giữa hai khoang nén và hút trong quá trình làm việc và 1 séc măng dầu để quét 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.

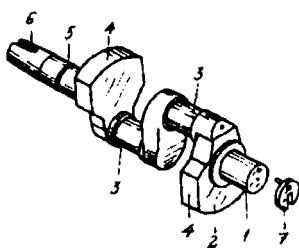
Bề mặt ngoài của pittông do phải di chuyển qua lại với tốc độ cao trong xilanh nên đòi hỏi độ chính xác và độ bóng cao. Pittông được nối với tay biên qua chốt pittông. Lỗ tay biên có bạc lót và được bôi trơn nhờ ống dầu dẫn từ trục khuỷu qua bạc lót cổ trục, qua thân tay biên lên đến bạc lót chốt pittông.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

d) Tay biên

Tay biên (hình 3.20a – 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 lót và được bôi trơn đảm bảo nhờ các lỗ dẫn dầu và rãnh dẫn dầu từ tâm trục khuỷu đến.

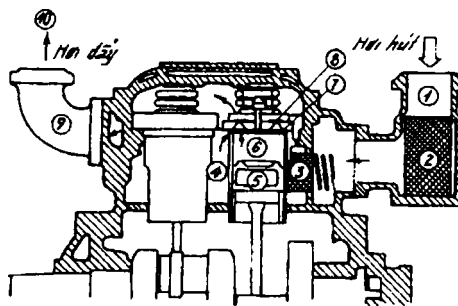
e) Trục khuỷu

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 3.21 giới thiệu một trục khuỷu của máy nén hơi.



Hình 3.21. Trục khuỷu

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

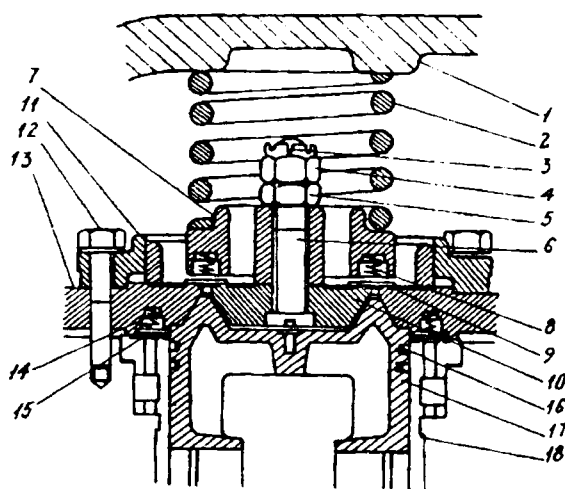


Hình 3.22. Nguyên tắc làm việc của một loại máy nén ngược dòng thông dụng: 1 – cửa hút; 2 – lưới lọc 1; 3 – lưới lọc 2; 4 – buồng hút; 5 – pittông; 6 – buồng xilanh; 7 – Clapê hút; 8 – clapê đẩy; 9 – cút đẩy; 10 – đường ống đẩy

Đầu 6 của trục khuỷu máy nén nửa kín và kín gắn liền lên trục động cơ nên không có rãnh then. Các máy nén kín nhỏ thường dùng trục lệch tâm hoặc trục có cơ cấu tay quay thanh truyền (xem thêm tài liệu [13]).

g) Clapê hút và clapê đẩy

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



Hình 3.23. Mặt cắt cụm clapê đẩy, clapê hút

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

Các máy lớn công nghiệp thường sử dụng loại clapê hút và đẩy hình tròn như giới thiệu nguyên tắc làm việc của máy nén MYCOM. Hơi hút từ dàn bay hơi đi qua van chặn đường hút, vào cửa 1 sau đó phin lọc 2, 3 rồi vào buồng hút 4. Từ buồng hút 4, hơi đi qua clapê hút 7 để vào buồng xilanh 6 khi pittông đi xuống. Khi pittông đi lên và khi đạt áp suất đẩy, hơi được đẩy qua clapê đẩy 8 vào khoang nắp xilanh để theo đường 9 và 10 ra khỏi máy nén. Hình 3.23 biểu diễn mặt cắt trích cụm clapê đẩy và hút từ hình 3.22. Tấm 13 ngăn cách khoang hút và đẩy. Trên tấm 13 người ta bố trí lồng clapê hút phía dưới và đế clapê đẩy phía trên. Lồng clapê đẩy 7 có thể nâng lên trong vòng dẫn hướng 11 trường hợp xảy ra va đập thủy lực. Khi đó lò xo 2 bị nén lại, lồng 7 nâng lên cho lồng thoát ra dễ dàng để bảo vệ máy nén không bị hỏng.

h) Cơ cấu giảm tải

Cơ cấu giảm tải dùng để khởi động máy nén và để điều chỉnh năng suất lạnh bằng cách giảm tải từng xilanh hoặc từng cụm xilanh. Cơ cấu

thường dùng nhất là cơ cấu nâng clapê hút. Khi nâng clapê hút và giữ nó ở trạng thái mở liên tục thì hơi được hút vào rồi lại bị đẩy ra khỏi xilanh mà không thực hiện quá trình nén và đẩy. Cơ cấu giảm tải sẽ được giới thiệu sâu hơn ở phần tự động hóa.

i) Cơ cấu bôi trơn máy nén

Máy nén có rất nhiều bề mặt ma sát như ổ đỡ trục khuỷu, đệm kín cổ trục, ổ bạc tay biên, ốc pittông và đặc biệt là bề mặt ma sát giữa pittông và xilanh. Tất cả các bề mặt này đều cần được bôi trơn hoàn hảo để giảm tổn thất ma sát cũng như thải nhiệt sinh ra từ bề mặt ma sát nhằm tăng tuổi thọ và độ tin cậy làm việc. Dầu bôi trơn còn góp phần làm kín các khoang môi chất lạnh ví dụ ở đệm kín cổ trục và pittông/ xilanh...

Mỗi máy nén đều phải có một cơ cấu bơm dầu. Đối với các máy nén lớn, thường sử dụng bơm dầu bánh răng (loại thường hoặc trochoid). Dầu từ đáy các-te sẽ được hút qua phin lọc, bơm qua bộ làm mát dầu sau đó vào hệ thống rãnh dầu bố trí trên trục khuỷu, tay biên đến ốc pittông tỏa ra bề mặt xilanh. Cũng từ trục khuỷu dầu đi đến 2 ổ đỡ trục khuỷu và đệm kín cổ trục. Hộp đệm kín cổ trục luôn luôn đầy dầu vừa để bôi trơn vừa để làm kín đệm quay ở cổ trục. Để điều chỉnh áp suất dầu phù hợp trên đường cấp dầu thường có van điều chỉnh áp suất dầu.

k) Đệm kín cổ trục

Đệm kín cổ trục cần thiết cho máy nén hở để làm kín khoang môi chất trong các-te máy nén. Nói chung, việc làm kín cổ trục được thực hiện nhờ 2 bề mặt ma sát bằng vật liệu thép tôi cứng với đồng gồm teflon và graphit, một quay theo trục, một đứng im cùng vỏ máy nén. Hai bề mặt này luôn được để ngập trong dầu bôi trơn. Các bề mặt ma sát được gia công rất chính xác, có độ phẳng cao. Tùy theo kết cấu người ta phân ra đệm kín cổ trục kiểu màng, kiểu hộp xếp tĩnh hoặc kiểu hộp xếp quay (xem thêm tài liệu 1 và 3).

e) Van an toàn của máy nén

Các máy nén lớn thường có bố trí van an toàn bảo vệ áp suất đầu đẩy. Hình 3.13 có bố trí van an toàn 16 kiểu lò xo nối giữa đường hút và đường đẩy. Khi áp suất đầu đẩy quá cao, van mở ra xả hơi nén quay lại đường hút để bảo vệ máy nén.

m) Bộ sưởi dầu

Trong máy nén freôn, do môi chất hòa tan dầu nên ở chu kỳ ngừng máy, freôn có xu hướng bị hấp thụ vào dầu trong các-te. Khi khởi động, áp suất trong các-te giảm đột ngột freôn bốc hơi gây sủi bọt dầu rất mạnh. Bọt dầu lọt vào máy nén vừa gây va đập thủy lực vừa gây bốc dầu khỏi các-te rất nguy hiểm. Để

tránh hiện tượng này, người ta bố trí một bộ sưởi dầu bằng điện trở ở đáy các-te. Khi máy nén làm việc, bộ sưởi dầu ngừng, còn khi máy nén ngừng thì bộ sưởi dầu làm việc. Đặc biệt sau khi nghỉ dài ngày cần phải tiếp điện lại cho hệ thống lạnh ít nhất 12 đến 24 giờ trước khi cho máy nén hoạt động để dầu không còn ngậm freôn nữa.

n) Làm mát dầu máy nén

Phương pháp làm mát dầu máy nén phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ cuối tầm nén. Đối với máy nén amoniác thường được làm mát bằng áo nước.

Máy nén freôn có nhiệt độ bay hơi càng thấp nhiệt độ cuối tầm nén càng cao nên càng phải được làm mát tốt. Máy nén R22 nhiệt độ lạnh thường được làm mát bằng cánh tản nhiệt đối lưu không khí tự nhiên, nhiệt độ lạnh sâu ($-25 \div -45^{\circ}\text{C}$) được làm mát bằng quạt đối lưu cưỡng bức hoặc có phun lỏng bổ sung, đôi khi bằng áo nước.

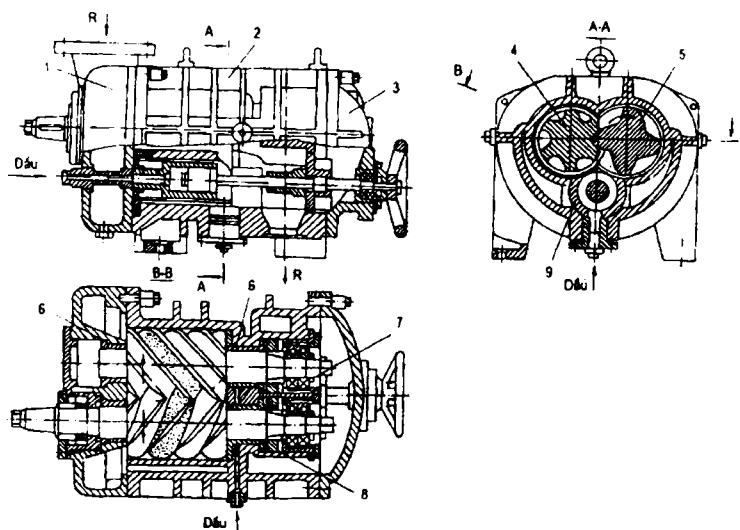
o) Role áp suất cao thấp và hiệu áp dầu

Các máy nén cỡ trung và lớn thường được trang bị role áp suất cao, role áp suất thấp và role hiệu áp dầu cùng với các áp kế cao thấp và dầu. Role áp suất cao để đề phòng áp suất dầu đẩy vượt quá cho phép, role hiệu áp dầu để phòng hiệu áp dầu ($p_{\text{dầu}} - p_o$) tụt xuống dưới mức quy định để đảm bảo bôi trơn cho máy nén và role áp suất thấp để tránh cho máy nén làm việc dưới áp suất bay hơi quá thấp và đôi khi để điều chỉnh năng suất lạnh bằng cách đóng ngắt máy nén. Phần điều chỉnh năng suất lạnh máy nén pittông (xin xem chương 12).

3.4. MÁY NÉN TRỤC VÍT

Máy nén trục vít là loại máy nén pittông quay. Hai trục quay nằm song song với nhau có răng xoắn theo hình xoắn ốc. Hai trục nằm gọn trong thân máy có cửa hút và cửa đẩy bố trí ở hai đầu thân. Kiểu máy nén trục vít thông dụng nhất hiện nay có hai rôto, một chính (lõi) có 4 răng xoắn và một phụ (lỗm) có 6 răng xoắn. Khi trục quay, thể tích phía cuối trục vít giới hạn giữa hai răng và vỏ giảm dần thực hiện quá trình nén.

Máy nén trục vít có hai loại tràn dầu và loại khô. Máy nén khô được sử dụng trong kĩ thuật nén khí và máy nén trục vít tràn dầu được sử dụng trong kĩ thuật lạnh. Nhờ có phun dầu mà máy nén trục vít mới được ứng dụng rộng rãi trong kĩ thuật lạnh ngày nay do nhiệt độ cuối tầm nén được giảm xuống λ tăng lên đáng kể (hình 3.19).



Hình 3.19. Máy nén trục vít (có hai vít) kiểu tràn dầu, nửa kín

1 - nắp; 2 - thân; 3 - nắp; 4 - vít bị động; 5 - vít chủ động; 6 - bạc lót; 7 - ổ bi

Hai trục vít khi quay trong thân máy không hề tiếp xúc với nhau và không hề tiếp xúc cả với thân máy. Các khoang nén có áp suất khác nhau của môi chất được giữ kín bằng cách phun tràn dầu bôi trơn. Chính vì phương pháp làm việc đó nên các chi tiết chuyển động rất ít bị mòn, môi chất có nhiệt độ cuối quá trình nén rất thấp vì nhiệt sinh ra trong quá trình nén đoạn nhiệt đã được thải cho dầu bôi trơn.

Một ưu điểm nữa của máy nén trục vít là không có clapê hút và đẩy nên không có không gian chết, không có tổn thất tiết lưu áp suất hút và đẩy. Hệ số cấp của máy nén trục vít $\lambda = f(\pi)$ lớn hơn nhiều so với máy nén pittông. Máy nén trục vít một cấp có thể đạt tỉ số áp suất lớn $\pi \approx 20$, lớn hơn nhiều so với máy nén pittông.

Số lượng chi tiết chuyển động của máy nén trục vít rất ít, độ tin cậy cao, tuổi thọ cao và rất gọn gàng, chắc chắn, có khả năng chống va đập cao. Đó là những ưu điểm cơ bản so với máy nén pittông trượt. Đặc điểm chu trình lạnh cũng thuận lợi hơn, nghĩa là chỉ một máy nén nhưng vẫn có thể làm mát trung gian bằng hòa trộn (xem mục 5.6.2).

Ngoài máy nén trục vít kiểu hai trục, Hãng Daikin còn tiến hành nghiên cứu chế tạo máy nén trục vít một trục. Đặc điểm của loại máy nén này là chỉ có

một trục vít nhưng có thêm hai bánh răng ở bên sườn của trục vít để ngăn cách khoang nén và khoang hút. Nhưng loại này chưa được ứng dụng rộng rãi.

3.5. MÁY NÉN RÔTÔ

Thời gian vừa qua, máy nén rôto phát triển rất nhanh chóng cả về số lượng và chủng loại. Máy nén rôto được ứng dụng rộng rãi trong các máy lạnh năng suất nhỏ như máy điều hòa nhiệt độ RAC (Room Air Conditioner) máy điều hòa cửa sổ hai cụm nhỏ với môi chất freôn R407C, R410A. Máy nén rôto có nhiều loại khác nhau như: máy nén rôto pittông lăn gọi tắt là máy nén rôto lăn và máy nén rôto tấm trượt, máy nén rôto lắc, trong đó loại rôto lăn được sử dụng rộng rãi nhất với sản lượng khoảng 55 triệu chiếc được sản xuất năm 2006 trên toàn thế giới.

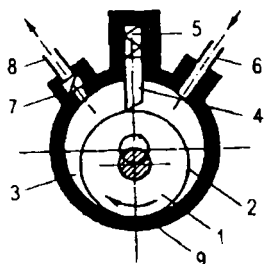
Máy nén rôto lăn (hình 3.20) gồm có thân 9 hình trụ, đóng vai trò xi lanh, pittông 1 cũng có dạng hình trụ nằm trong xi lanh. Nhờ có một tay quay lệch tâm, pittông có thể lăn trên bề mặt trong của xi lanh. Vì kích thước pittông nhỏ hơn nên chúng chỉ có một đường tiếp xúc với nhau và đây cũng chính là đường ngăn cách khoang nén và khoang hút. Do tấm 4 luôn tì lên mặt trong xi lanh nên luôn tồn tại 2 khoang nén và hút.

Khi pittông lăn theo chiều mũi tên, thể tích khoang hút lớn dần. Thể tích khoang hút đạt cực đại khi pittông lăn trên đỉnh cao nơi bố trí tấm trượt. Đây cũng là thời điểm thể tích khoang nén bằng không. Khi pittông lăn qua miệng hút, khoang hút và khoang nén lại xuất hiện. Thể tích khoang hút lớn dần và khoang nén nhỏ dần thực hiện đồng thời quá trình hút và nén. Phía hút không có clapê hút nên tránh được tổn thất áp suất phía hút. Chỉ có phía đẩy có clapê. Hiệu áp suất cần thiết để clapê đẩy mở khoảng 0,3 MPa.

Máy nén rôto lăn có ưu điểm chính là ít chi tiết, rất gọn nhẹ nhưng cũng có một số nhược điểm như: khó giữ kín khoang hút và nén đặc biệt hai đầu pittông, khó bôi trơn, độ mài mòn tấm trượt lớn, công nghệ gia công khó khăn. Ngày nay để nâng cao hiệu suất, công suất máy, giảm ồn, rung và xung động người ta còn sản xuất các loại máy nén hai xilanh (máy nén rôto đôi).

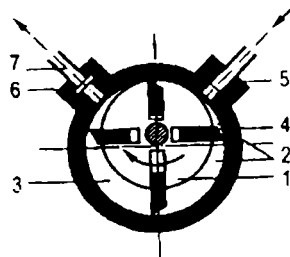
Cấu tạo của máy nén rôto tấm trượt (hình 3.21) gần giống của máy nén rôto lăn, gồm một thân máy đồng thời là xi lanh hình trụ, một rôto nằm trong có kích thước nhỏ hơn, bên trên có bố trí ít nhất là hai tấm trượt. Khi rôto quay, các tấm trượt văng ra do lực li tâm tạo thành các khoang hút và nén phù hợp. Nếu làm mát tốt tỉ số nén đạt 5 đến 6, hiệu áp đạt $3 \div 5$ bar. Lưu lượng thể tích

thường từ 0,03 đến 1m³/s. Máy nén rôto tấm trượt có ưu điểm rất gọn nhẹ ít chi tiết, mômen khởi động nhỏ nhưng cũng có nhược điểm là khó bịt kín hai đầu máy nén, ma sát lớn. Máy nén rôto tấm trượt sử dụng chủ yếu trong kĩ thuật điều hòa không khí.



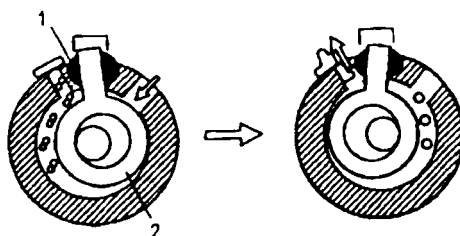
Hình 3.20. Nguyên tắc làm việc của máy nén rôto lăn

- 1 – Pittông lăn;
- 2 – Khoang hút;
- 3 – Khoang nén;
- 4 – Tấm ngăn;
- 5 – Lò xo nén;
- 6 – Ống hút;
- 7 – Clapê đẩy;
- 8 – Ống đẩy;
- 9 – Thân máy (xi lanh)



Hình 3.21. Nguyên tắc làm việc của máy nén rôto tấm trượt

- 1 – Rôto;
- 2 – Khoang hút;
- 3 – Khoang nén;
- 4 – Tấm trượt;
- 5 – Cửa hút;
- 6 – Clapê đẩy;
- 7 – Cửa đẩy;



Hình 3.22. Nguyên tắc làm việc của máy nén rôto lắc (Daikin)

- 1 – Ổ lót hình cầu;
- 2 – Pittông kết hợp với tấm ngăn làm giảm ma sát và rò rỉ.

Máy nén rôto lắc (hình 3.22) được hãng Daikin chế tạo từ khoảng 1995. Theo Daikin thì máy nén lắc có ưu điểm hơn so với rôto lăn là loại bỏ được hoàn toàn sự rò rỉ và yêu cầu bôi trơn qua bề mặt tiếp xúc giữa pittông lăn và tấm ngăn 4, tăng hiệu suất máy nén đến hơn 10% so với máy nén rôto lăn.

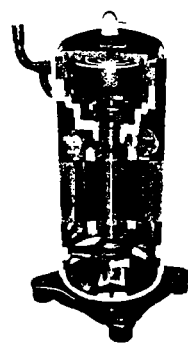
3.6. MÁY NÉN XOẮN ỐC (SCROLL)

Tuy nguyên lí của máy nén xoắn ốc đã được một kĩ sư người Pháp thiết kế từ năm 1908 nhưng do công nghệ chế tạo yêu cầu cao nên phải đến những năm 1980 nó mới trở thành hiện thực. Những máy nén xoắn ốc đầu tiên của Copeland đưa ra thị trường là vào năm 1983.

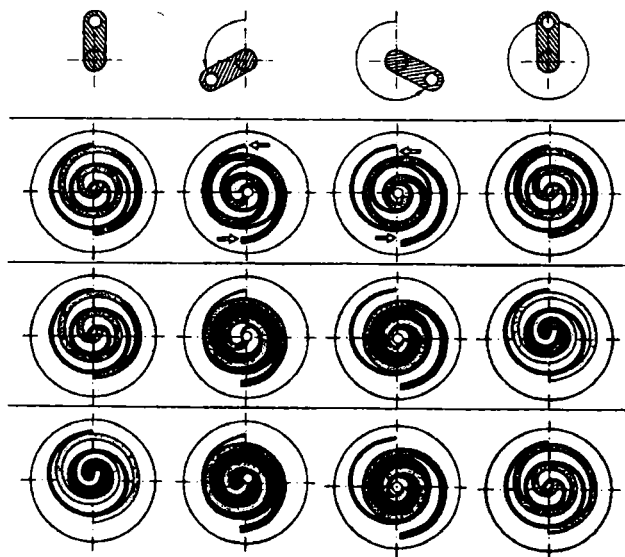
Tuy mới ra đời nhưng vì có những ưu điểm vượt trội so với máy nén pittông và rôto là ít xung động trong quá trình nén, do đó ít ồn và ít rung hơn nên máy nén xoắn ốc đã được ứng dụng rộng rãi ngay trong các máy điều hòa không khí vừa và nhỏ, có công suất động cơ lên đến 20 kW và cao hơn. Tuy vậy khoảng 80% số lượng máy nén chỉ có công suất từ 0,75 đến 1,2 kW ($1 \div 1,5$ HP).

Máy nén xoắn ốc gồm một xilanh và một pittông có băng xoắn giống nhau (hình 3.23). Pittông và xilanh được lồng tương ứng vào nhau.

Trong khi xi lanh đứng im được gắn lên vỏ trên thì pittông ở dưới được gắn lên trục quay của động cơ. Khi pittông quay, các bề mặt của xilanh và pittông tạo ra các khoang có thể tích thay đổi thực hiện quá trình hút nén và đẩy.



Hình 3.23. a) Hình dáng pittông và xilanh dạng băng xoắn
b) Hình cắt máy nén kín xoắn ốc



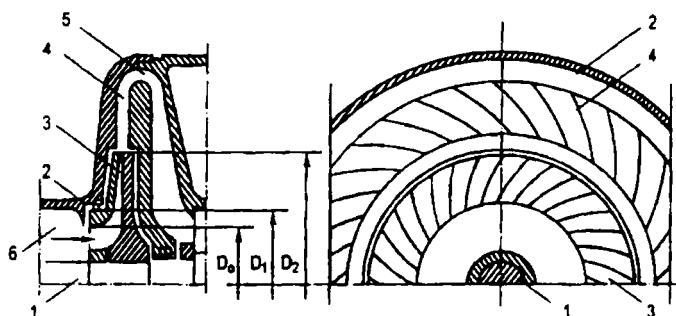
Hình 3.24. Máy nén xoắn ốc 3-D™ hãng Trane

- Máy nén xoắn ốc có hai vòng xoắn. Vòng xoắn trên (xilanh) đứng im, vòng xoắn dưới chuyển động theo quỹ đạo;
- Quá trình hút – khi vòng xoắn dưới quay được một vòng 360° , hai túi hơi được hình thành và khép kín;
- Quá trình nén – hai túi hơi khép nhỏ dần thực hiện quá trình nén;
- Quá trình đẩy – hai túi hơi khép nhỏ hơn và thực hiện quá trình đẩy.

Hình 3.24 giới thiệu nguyên lí làm việc của máy nén xoắn ốc 3-D™ của hãng Trane (Mĩ). Đây là loại máy nén băng xoắn động (pittông chuyển động theo quỹ đạo). Băng xoắn động không quay mà chuyển động theo một quỹ đạo ngược chiều kim đồng hồ. Ta thấy trên hình 4.30, ở vị trí 0° băng xoắn động và tĩnh khép kín. Khi quay được 120° và 240° thì hai khoang hút trên và dưới càng ngày càng mở rộng và sau đó khép dần lại. Khi góc quay đạt 360°, quá trình hút kết thúc và hai túi khí được khép kín. Hai túi khí đó sẽ giảm thể tích dần để thực hiện quá trình nén và đẩy sau hai vòng quay nữa.

3.7. MÁY NÉN TUABIN

Trong máy nén tuabin, áp suất tăng lên là do sự biến đổi động năng của dòng môi chất nhận được ở bánh cánh quạt tuabin thành thế năng, nội năng hoặc entanpy. Máy nén tuabin gồm hai loại ly tâm và hướng trục nhưng trong kĩ thuật lạnh chỉ sử dụng máy nén kiểu ly tâm (hình 3.25).



Hình 3.25: Nguyên lí làm việc của máy nén ly tâm

1 – Trục; 2 – Thân máy; 3 – Bánh cánh quạt;

4 – Ống khuếch tán; 5 – Buồng đổi hướng; 6 – Ống hút

Máy nén tuabin ly tâm gồm một số bộ phận cơ bản là: ống hút 6, thân máy 2, bánh cánh quạt 3, ống khuếch tán 4, buồng đổi hướng 5.

Buồng đổi hướng 5 dùng để chuyển hơi nén lên cấp nén cao hơn. Độ tăng áp suất của máy nén tuabin phụ thuộc vào khối lượng riêng của môi chất lạnh và tốc độ bánh cánh quạt.

So với máy nén pittông, máy nén tuabin có những ưu nhược điểm cơ bản sau đây:

- Có cấu tạo đơn giản, số lượng chi tiết chuyển động ít, làm việc liên tục, tiêu tốn nguyên vật liệu ít, tiêu tốn vật liệu chế tạo thường chỉ bằng 1/3 so với máy nén pittông cỡ lớn có cùng năng suất lạnh, chạy với tốc độ cao.

- Có hiệu suất thấp, đặc biệt với năng suất nhỏ và tỉ số áp suất lớn.

- Rất gọn nhẹ, diện tích lắp đặt nhỏ, vững chắc.
- Vận hành đơn giản, độ tin cậy cao.
- Môi chất không bị dẫn dầu, vì các chi tiết chuyển động và đứng im không tiếp xúc với nhau, không cần dầu bôi trơn.
- Khi làm việc, lực quán tính nhỏ.
- Có thể điều chỉnh năng suất lạnh vô cấp.
- Có thể thực hiện làm mát trung gian trên một máy nén bằng tiết lưu môi chất ở áp suất trung gian (xem mục 5.6.2).

Tỉ số áp suất thấp, áp suất đạt được có hạn và dao động. Máy nén tuabin được ứng dụng rộng rãi cho những hệ thống lạnh có năng suất lớn và rất lớn từ khoảng $1\text{m}^3/\text{s}$ trở lên, đặc biệt được ứng dụng rộng rãi trong kĩ thuật điều hòa không khí. Môi chất sử dụng cho máy nén tuabin hiện nay thường là R22, R123, R134a, R407c, R404A... dùng trong các máy làm lạnh nước hoặc làm lạnh chất lỏng (chiller) cho mục đích điều hòa không khí.

Câu hỏi ôn tập

1. Hãy phát biểu định nghĩa máy nén lạnh.
2. Vì sao không thể dùng một máy nén khí bất kì để làm máy nén lạnh?
3. Hãy nêu các loại máy nén lạnh chính.
4. Hãy so sánh các đặc điểm chính của máy nén pittông, trục vít và tuabin.
5. Hãy vẽ và miêu tả quá trình làm việc của máy nén pittông.
6. Hãy xác định thể tích hút lý thuyết của máy nén 6AW95 cho biết $z = 6$ xilanh, đường kính pittông $d = 95\text{mm}$, khoảng chạy pittông $s = 76\text{mm}$, tốc độ $n = 1000\text{vg/ph}$.
7. Hãy kể các tổn thất thể tích của máy nén.
8. Hiệu suất là gì?
9. Cho biết $\pi = p_k/p_o = 7$, hãy xác định λ bằng đồ thị và tính thể tích hút thực tế của máy nén 6AW95 (bài 6).
10. Lưu lượng khối lượng của máy nén là gì, ký hiệu và đơn vị?
11. Hãy cho biết công nén đoạn nhiệt, công nén hữu ích là gì?
12. Hãy nêu các tổn thất công nén.
13. Hệ số lạnh của chu trình là gì?
14. Năng suất lạnh của máy nén là gì? Định nghĩa và công thức tính.
15. Năng suất lạnh của một máy nén là cố định hay thay đổi? Nó phụ thuộc như thế nào vào nhiệt độ bay hơi t_o và nhiệt độ ngưng tụ t_k ?
16. Hãy phát biểu về 3 chế độ lạnh tiêu chuẩn.

17. Nêu các căn cứ phân loại máy nén pittông.
18. Thế nào là máy nén thuận dòng, máy nén ngược dòng?
19. Hãy phát biểu ưu và nhược điểm của máy nén thuận dòng.
20. Hãy phát biểu ưu và nhược điểm của máy nén ngược dòng.
21. Thế nào là máy nén hở, kín và nửa kín?
22. Vẽ nguyên tắc cấu tạo máy nén hở, [kín và nửa kín].
23. So sánh ưu và nhược điểm cơ bản của máy nén hở, kín và nửa kín.
24. Thân máy nén có nhiệm vụ gì? Vật liệu và cấu tạo?
25. Hãy mô tả xilanh, pittông, tay biên của máy nén lạnh.
26. Vẽ và mô tả cấu tạo, chức năng của trục khuỷu.
27. Hãy vẽ và mô tả cấu tạo của một số loại clapê hút và đẩy.
28. Vì sao phải bố trí lò xo an toàn cho máy nén amoniác?
29. Nguyên lý làm việc của lò xo an toàn?
30. Hãy nêu nguyên lý làm việc của cơ cấu giảm tải máy nén.
31. Vì sao phải bôi trơn máy nén?
32. Bôi trơn máy nén như thế nào?
33. Vì sao phải có đệm kín cổ trục?
34. Vì sao phải bố trí van an toàn nối đường hút và đẩy của máy nén? Nguyên tắc làm việc của van an toàn?
35. Bộ sườn dầu có chức năng gì trong máy nén lạnh?
36. Hãy nêu các phương pháp làm mát dầu máy nén lạnh.
37. Vì sao phải bảo vệ hiệu áp suất dầu?
38. Vì sao phải bố trí role áp suất cao?
39. Mục đích của việc sử dụng role áp suất thấp là gì?
40. Có bao nhiêu phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh của máy nén pittông.
41. Hãy nêu nguyên tắc cấu tạo của máy nén trục vít.
42. Hãy phát biểu các ưu nhược điểm của máy nén trục vít.
43. Hãy phát biểu đặc điểm nhiệt độ cuối tấm nén và tỷ số nén của máy nén trục vít.
44. Vì sao hiệu suất thể tích λ của máy nén trục vít cao hơn hẳn máy nén pittông?
45. Nêu phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh của máy nén trục vít.
46. Vì sao máy nén trục vít luôn được cung cấp dưới dạng tổ hợp?
47. Hãy vẽ và mô tả nguyên lý làm việc của máy nén rôto tấm trượt.
48. Hãy vẽ và mô tả nguyên lý làm việc của máy nén rôto lăn.
49. Hãy mô tả cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy nén rôto lắc.
50. Hãy mô tả cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy nén tuabin.
51. Hãy nêu ưu nhược điểm của máy nén rôto lăn và rôto tấm trượt so với máy nén pittông.
52. Hãy nêu ưu nhược điểm của máy nén tuabin so với máy nén pittông.

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 nhiệt độ cao hơn. Tất cả các chu trình đề cập dưới đây là chu trình ngược chiều.

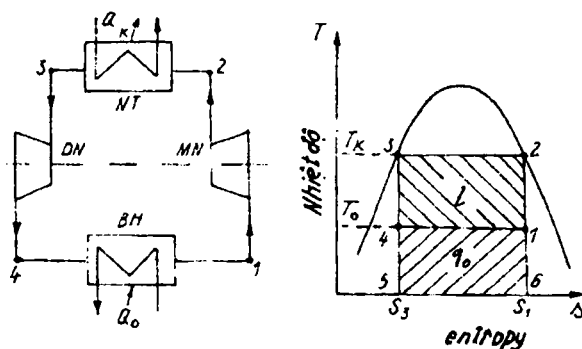
4.1. CHU TRÌNH CARNOT NGƯỢC CHIỀU

Chu trình Carnot (Các nô) 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 đúng 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 dẫn nở đoạn nhiệt có sinh ngoại công với $s_4 = s_3$.



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

- Quá trình 4-1 là quá trình bay hơi đẳng nhiệt $T_1 = T_1$ 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 đạt được nên chu trình Carnot ngược chiều được coi là chu trình lý tưởng và hệ số lạnh của chu trình Carnot 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:

$$\varepsilon_c = \frac{q_0}{l} = \frac{\text{Diện tích } 6-1-4-5}{\text{Diện tích } 1-2-3-4} = \frac{T_o(s_1 - s_4)}{(T_k - T_o)(s_2 - s_3)} = \frac{T_o}{T_k - T_o}$$

(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 vào tính chất của môi chất lạnh.

Ưu nhược điểm của chu trình Carnot:

- Công nén nhỏ do nhiệt độ cuối tấm nén thấp ($T_2' = T_k$);
- Quá trình dẫn nở trong máy dẫn nở có 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 tấm 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 dẫn nở có ưu điểm là sinh ngoại công có ích nhưng khi vận hành thực tế, máy dẫn nở rất cồng 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 dẫn nở được thay thế bằng van tiết lưu.

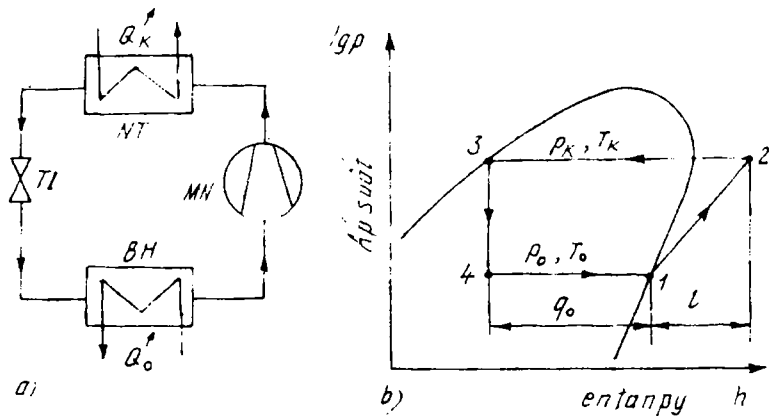
Định nghĩa: Chu trình khô là chu trình có hơi hút về máy nén là hơi bão hòa khô. Hình 4.2 biểu diễn chu trình khô.

Các quá trình của chu trình khô là :

1-2: Quá trình nén hơi đoạn nhiệt ($s_1 = s_2$) từ áp suất bay hơi và nhiệt độ bay hơi lên áp suất ngưng tụ và nhiệt độ $T_2 > T_k$. Điểm 1 nằm trên đường hơi bão hoà khô, điểm 2 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.



Hình 4.2. Chu trình khô

a) Sơ đồ thiết bị; b) Chu trình biểu diễn trên đồ thị $\lg p$ - h
TL – Van tiết lưu (các chú thích còn lại xem hình 4.1)

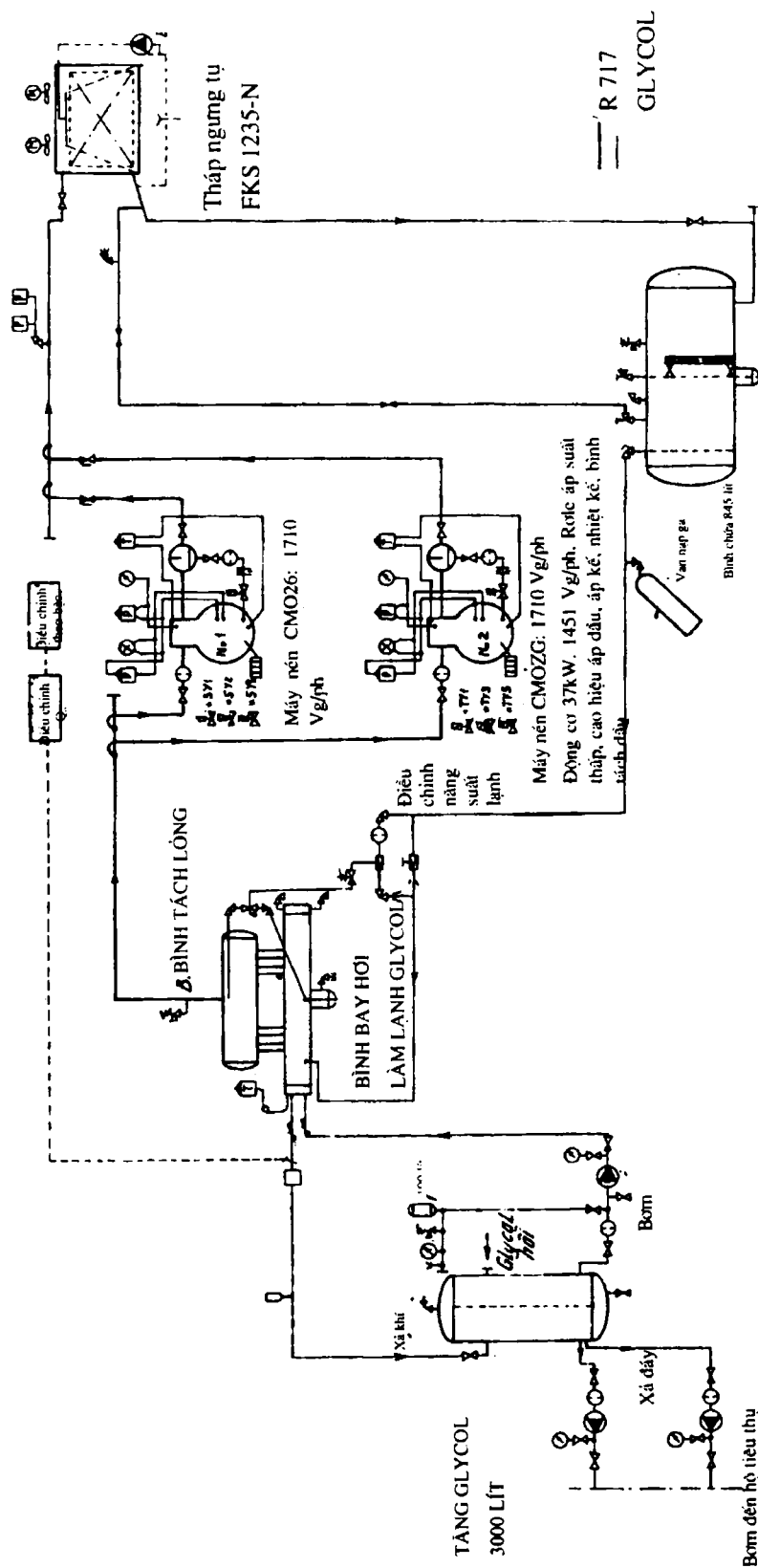
4-1: Quá trình bay hơi đẳng áp và đẳng nhiệt để thu nhiệt của môi trường cần làm lạnh. Đây chính là quá trình làm lạnh mà ta muốn thực hiện.

Chu trình khô chủ yếu sử dụng cho môi chất amôniac với các lý do sau :

- Nhiệt độ cuối tầm nén của amôniac rất cao. Để hạn chế bớt nhiệt độ này, cần phải cho máy nén hút hơi bão hoà. Để đảm bảo máy nén không hút phải lỏng, phải bố trí bình tách lỏng sau dàn bay hơi. 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 hai 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, rơle áp suất cao, rơle 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.



Hình 4.3. Một hệ thống lạnh amoniác làm việc theo chu trình khô dùng để làm lạnh glycol phục vụ dây chuyền sản xuất bia 3 triệu lít/ năm

Hệ thống lạnh sử dụng một 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 để 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 cao áp 845 lít dùng để chứa môi chất amoniắc 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 (đã đủ lạnh), bộ điều chỉnh năng suất lạnh sẽ ngắt bớt xylanh 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 :

$$q_0 = h_1 - h_4, \text{ kJ/kg} \quad (4.1)$$

2 - Năng suất lạnh riêng thể tích :

$$q_v = q_0/v_1, \text{ kJ/m}^3 \quad (4.2)$$

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 :

$$\pi = p_k/p_0 \quad (4.4)$$

5 - Công nén riêng :

$$l = h_2 - h_1, \text{ kJ/kg} \quad (4.5)$$

6 - Hệ số lạnh của chu trình :

$$\varepsilon = \frac{\text{Năng suất lạnh hữu ích}}{\text{Công tiêu tốn}} = \frac{q_0}{l} \quad (4.6)$$

Thí dụ 4.1: Một máy nén lạnh amoniắc có thể tích hút lý thuyết $V_h = 200\text{m}^3/\text{h}$, nhiệt độ ngưng tụ 40°C , nhiệt độ bay hơi -10°C . Hãy xác định chu trình khô, năng suất lạnh Q_0 và công nén hiệu dụng N^e .

Giải: Dựa vào đồ thị lgp-h của amoniắc (phụ lục 1) 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 bảng hơi ẩm của NH_3 phụ lục A1b [1] Bài tập tính toán kỹ thuật lạnh có $p_o = 2,9136 \text{ bar}$ và $p_k = 15,559 \text{ bar}$).

Các điểm nút chu trình:

- Điểm 1: là giao điểm của p_o với đường hơi bão hòa khô $x=1$
- Điểm 3: là giao điểm của p_k với đường lỏng bão hòa $x = 0$
- Điểm 4: là giao điểm của p_o và $h_3 = \text{const}$ (đường song song với trục tung và đi qua điểm 3).
- Điểm 2: là giao điểm của p_k và $s_1 = \text{const}$ (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 ẩm (Phụ lục A1b[1]). 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
$t, ^\circ\text{C}$	-10	-116	40	-10
$h, \text{kJ/kg}$	1749	1998	688	688
$v, \text{m}^3/\text{kg}$	0,42	-	-	-

a) Tính toán chu trình

1 - Năng suất lạnh riêng khối lượng:

$$q_0 = h_1 - h_4 = 1749 - 688 = 1061 \text{ kJ/kg}$$

2 - Năng suất lạnh riêng thể tích:

$$q_v = q_0/v_1 = 2526 \text{ kJ/m}^3$$

3 - Năng suất nhiệt riêng ngưng tụ:

$$q_k = h_2 - h_3 = 1998 - 688 = 1310 \text{ kJ/kg}$$

4 - Tỷ số nén:

$$\pi = p_k/p_o = 5,38$$

5 - Công nén riêng:

$$l = h_2 - h_1 = 1998 - 1749 = 249 \text{ kJ/kg}$$

6 - Hệ số lạnh của chu trình:

$$\varepsilon = \frac{q_o}{I} = \frac{1061}{249} = 4,26$$

b) Tính toán máy nén

1 - Thể tích hút lý thuyết của máy nén (đã cho):

$$V_{lt} = 200 \text{ m}^3/\text{h} = 0,5556 \text{ m}^3/\text{s}$$

2 - Hiệu suất thể tích λ :

Với $\pi = 5,38$ tra đồ thị hình 3.8 máy nén NH_3 cỡ trung có $\lambda = 0,67$

10 - Thể tích hút thực tế V_u :

$$V_u = \lambda \cdot V_{lt} = 0,67 \cdot 200 = 134 \text{ m}^3/\text{h}$$

3 - Lưu lượng thực tế nén qua máy nén:

$$m = \frac{V_u}{v_1} = \frac{134}{0,42} = 319 \text{ kg/h}$$

4 - Năng suất lạnh của máy nén:

$$Q_o = m \cdot q_o = \frac{319}{3600} \cdot 1061 = 94 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 94 \text{ kW}$$

5 - Công nén lý thuyết:

$$N_s = m \cdot I = \frac{319}{3600} \cdot 249 = 22,1 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 22,1 \text{ kW}$$

6 - Hiệu suất nén tra đồ thị hình 3.10 cho môi chất lạnh NH_3 với $p_k/p_o = 5,38$ có:

$$\eta_e = 0,755$$

7 - Công nén hiệu dụng N_e :

$$N_e = \frac{N_s}{\eta_e} = \frac{22,1}{0,755} = 29,3 \text{ kW}$$

8 - Công suất tiêu thụ đo tại bảng đấu điện động cơ:

- Vì đây là máy nén hở NH_3 truyền động đai hoặc khớp nên có thêm tổn thất truyền động, thí dụ η_{td} là hiệu suất truyền động đai $\eta_{td} = 0,95$ thì

$$N_{el} = \frac{N_e}{\eta_{el} \cdot \eta_{td}} = \frac{29,3}{0,90 \cdot 0,95} = 34,3 \text{ kW}$$

Công suất động cơ thực chọn phải lớn hơn công suất tính toán từ 1,1 lần trở

lên: $N_{dk} \geq 37,7 \text{ kW}$.

- Chọn máy nén: Q_o , V_o , N_e là các thông số cơ bản nhất để chọn máy nén.
Nếu chọn máy nén MYCOM thì chọn $\lambda = 0,78$ cho máy nén 1 cấp (hình 3.8).

4.3. CHU TRÌNH QUÁ LẠNH, QUÁ NHIỆT

Chu trình quá lạnh và quá nhiệt là chu trình có nhiệt độ lỏng vào van tiết lưu nhỏ hơn nhiệt độ ngưng tụ (nằm trong vùng lỏng quá lạnh) và hơi hút về máy nén lớn hơn nhiệt độ bay hơi (nằm trong vùng quá nhiệt)

Nguyên nhân quá lạnh có thể do:

- Có bố trí thêm thiết bị quá lỏng sau thiết bị ngưng tụ,
- Được quá lạnh lỏng ngay trong thiết bị ngưng tụ vì thiết bị ngưng tụ thuộc kiểu trao đổi nhiệt ngược dòng.
- Do tỏa nhiệt ra môi trường trên đường từ bình ngưng tụ đến van tiết lưu.

Nguyên nhân quá nhiệt có thể do:

- Sử dụng van tiết lưu nhiệt để điều chỉnh sự quá nhiệt hơi hút.
- Do tải nhiệt lớn và thiếu lỏng cấp cho dàn bay hơi.
- Do tổn thất lạnh trên đường từ bình bay hơi về máy nén.

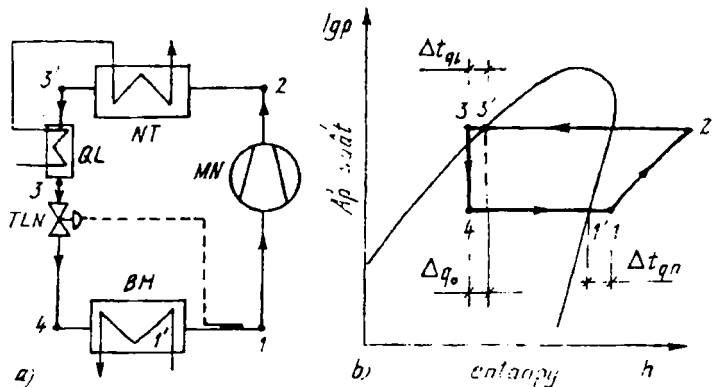
Hình 4.4 giới thiệu một chu trình quá lạnh và quá nhiệt.

Độ quá nhiệt hơi hút:

$$\Delta t_{qn} = t_1 - t_1' = t_1 - t_o$$

Độ quá lạnh lỏng:

So sánh với chu trình khô ta thấy:



Hình 4.4. Chu trình quá lạnh và quá nhiệt

QL – Thiết bị quá lạnh lỏng; TLN – Van tiết lưu tự động nhờ độ quá nhiệt hơi hút gọi tắt là van tiết lưu nhiệt.

a) sơ đồ thiết bị; b) chu trình biểu diễn trên đồ thị

- 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 một 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 $Q_0 = h_1 - h_4$ còn thông thường thì tính $Q_0 = h_{1'} - h_4$.

Các hệ thống lạnh amoniắc 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 NH_3 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 tâm nén tăng. Điều này đặc biệt nguy hiểm với máy lạnh NH_3 , vì máy lạnh NH_3 có nhiệt độ cuối tâm 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 $lq_p - h$ gần giống như chu trình quá lạnh quá nhiệt.

Hai 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

đo lỏng nóng thải ra, do đó $\Delta h_{3'3} = \Delta h_{1'1}$, trong đó $\Delta h_{3'3} = h_{3'} - h_3$ và $\Delta h_{1'1} = h_1 - h_{1'}$.

Các quá trình cơ bản của chu trình hồi nhiệt:

1-2: Quá trình nén đoạn nhiệt $s = \text{const}$ hay $s_1 = s_2$

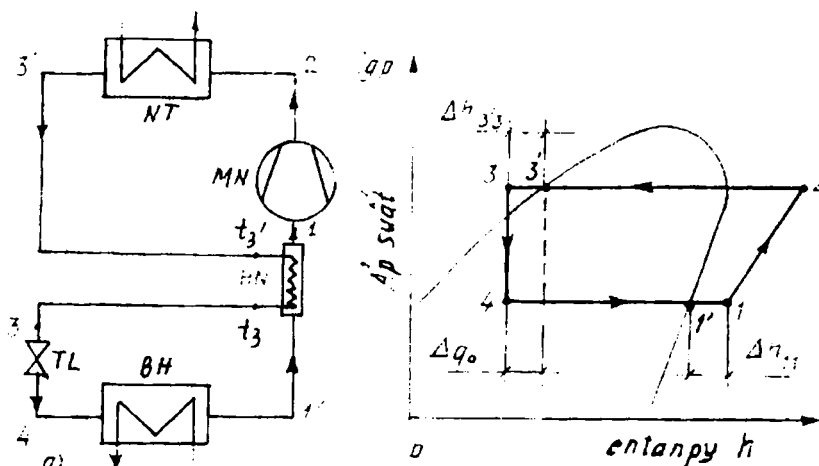
2-3': Ngưng tụ trong dàn ngưng tụ, đẳng áp, đẳng nhiệt

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.



Hình 4.5. Chu trình hồi nhiệt

a) sơ đồ thiết bị; b) chu trình biểu diễn trên đồ thị p - h

HN – Thiết bị hồi nhiệt (còn gọi là thiết bị trao đổi nhiệt trong)

Các thiết bị hồi nhiệt thường được thiết kế với $\Delta t_{\min} = 5\text{K}$ nghĩa là nhiệt độ của hơi ra t_1 thấp hơn nhiệt độ lỏng vào t_3 , là 5°C . Thí dụ nhiệt độ lỏng vào 30°C thì nhiệt độ hơi ra khỏi hồi nhiệt để vào máy nén là 25°C . Sau đó đo khoảng $\Delta h_{1'1}$ và lấy $\Delta h_{3'3} = \Delta h_{1'1}$. 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°C . Thí dụ nếu $t_k = 50^\circ\text{C}$ thì t_1 vẫn chỉ 25°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 ống lỏng quanh đường ống 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°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 freôn 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 NH₃ vì nhiệt độ đầu đẩy sẽ tăng lên quá cao.

Thí dụ 4.2

Một buồng lạnh sử dụng 1 máy lạnh làm việc ở nhiệt độ ngưng tụ 40°C và nhiệt độ bay hơi -20°C, môi chất R22. Máy nén hở của hãng BOCK (CHLB Đức) có thể tích hút lý thuyết 27,1m³/h. Xác định các thông số trạng thái điểm nút 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:

$$p_k = 15,33 \text{ bar ở } t_k = 40^\circ\text{C}$$

$$p_o = 2,45 \text{ bar ở } t_o = -20^\circ\text{C}$$

$$\pi = p_k/p_o = 6,26$$

Do $t_3' = t_k$ nên $t_k - t_1 = 15$

Và $t_1 = t_k - 15 = 40 - 15 = 25^\circ\text{C}$

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 $s_1 = s_2 = \text{const}$

- Xác định điểm 3: Điểm 3 là giao điểm của p_k và h_3 . Do $h_{3'} - h_3 = \Delta h_{11'}$ nên $h_3 = h_{3'} - \Delta h_{11'}$.

- Điểm 4 là giao điểm của $h_4 = h_3$ và p_o .

Như vậy tất cả 6 điểm nút chu trình đã được xác định. Có hai điểm là điểm 1' và 3' có thể đọc được các thông số từ bảng hơi ẩm, 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. Thông số trạng thái các điểm nút chu trình hồi nhiệt

	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	-	-	-	-

$$\Delta h_{11'} = h_{1'} - h_1 = 728 - 697 = 31 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{3'} - h_3 = \Delta h_{11'} \Rightarrow h_3 = h_{3'} - \Delta h_{11'} = 549 - 31 = 518 \text{ kJ/kg}$$

a) Xác định chu trình hồi nhiệt

1 - Năng suất lạnh riêng khối lượng:

$$q_0 = h_{1'} - h_4 = 697 - 518 = 179 \text{ kJ/kg}$$

2 - Năng suất lạnh riêng thể tích:

$$q_v = \frac{q_0}{v_1} = \frac{179}{0,125} = 1432 \text{ kJ/m}^3$$

3 - Năng suất nhiệt riêng ngưng tụ:

$$q_k = h_2 - h_{3'} = 785 - 549 = 236$$

4 - Tỷ số nén:

$$\pi = p_k/p_0 = 6,26$$

5 - Công nén riêng:

$$l = h_2 - h_1 = 785 - 728 = 57 \text{ kJ/kg}$$

6 - Hệ số lạnh:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l} = \frac{179}{57} = 3,14$$

b) Tính toán máy nén

1 - Thể tích hút lý thuyết đã cho $V_h = 27,1 \text{ m}^3/\text{h}$

2 - Hệ số cấp λ

Với $\pi = 6,26$ tra đồ thị (h.3.4) được $\lambda = 0,62$ cho máy nén R22.

3 - Thể tích hút thực tế:

$$V_u = \lambda \cdot V_n = 0,62 \cdot 27,1 = 16,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

4- Lưu lượng nén qua máy nén:

$$m = \frac{V_u}{v_1} = \frac{16,8}{0,125} = 134,4 \text{ kg/h}$$

5 - Năng suất lạnh Q_o :

$$Q_o = m \cdot q_o = \frac{134,4}{3600} \cdot 179 = 6,68 \text{ kW}$$

6 - Công nén lý thuyết:

$$N_s = m l = \frac{134,4}{3600} \cdot 57 = 2,13 \text{ kW}$$

7- Hiệu suất nén hữu ích $\eta_e = 0,745$ (tra đồ thị hình 3.10) môi chất R22, $\pi = 6,26$.

8 - Công nén hữu ích :

$$N_e = \frac{N_s}{\eta_e} = \frac{2,13}{0,745} = 2,86 \text{ kW}$$

9 - Công nén tiêu thụ:

Đây là loại máy nén hở truyền động khớp nên lấy:

- Hiệu suất động cơ $\eta_{el} = 0,90$ và
- Hiệu suất truyền động $\eta_{ld} = 0,95$

Vậy công suất tiêu thụ:

$$N_{cl} = \frac{2,86}{0,09 \cdot 0,95} = 3,35 \text{ kW}$$

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 6,68kW 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 và công tiêu tốn cũng sẽ thay đổi theo.

4.5. NĂNG SUẤT LẠNH Q_o VÀ ẢNH HƯỞNG t_k VÀ t_o

a) Ảnh hưởng của nhiệt độ ngưng tụ t_k

Hình 4.11 biểu diễn sự phụ thuộc của năng suất lạnh Q_o 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_o giảm 1 khoảng Δq_o và công nén cũng tăng một khoảng Δl . Do t_k tăng nên p_k tăng kéo theo π tăng và λ giảm. Theo biểu thức:

$$Q_o = \frac{\lambda V_{\text{li}} q_o}{v_1}$$

Ở đây v_1 và V_{li} giữ nguyên, λ và q_o giảm thì Q_o sẽ giảm.

Ngược lại nếu t_k giảm Q_o sẽ tăng.

Thí dụ 4.3. Đầu bài cho như thí dụ 4.1: $V_{\text{li}} = 200 \text{ m}^3/\text{h}$, chu trình khô NH_3 , nhiệt độ bay hơi -10°C nhưng nhiệt độ ngưng tụ tăng lên 45°C . Xác định Q_o và so sánh với Q_o của thí dụ 4.1.

Giải: - Năng suất lạnh riêng khối lượng:

$$q_o = h_1 - h_4 = 1749 - 712 = 1037 \text{ kJ/kg}$$

- Tỷ số nén: $\pi = p_k/p_o = 1,78/0,29 = 6,14$, tra được $\lambda = 0,64$

- Thể tích hút thực tế:

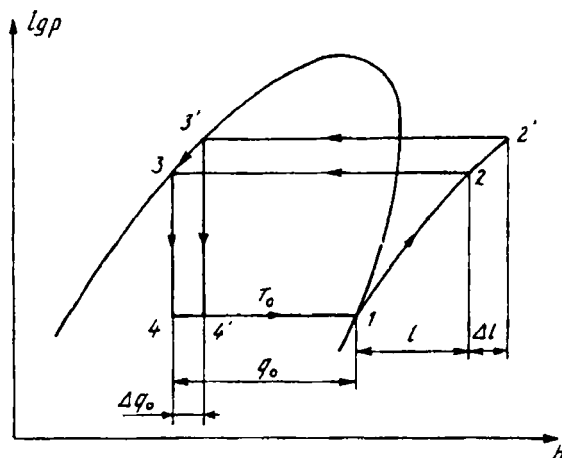
$$V_{\text{li}} = \lambda \cdot V_{\text{li}} = 0,64 \cdot 200 = 128 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$m = V_{\text{li}}/v_1 = 128/0,42 = 304,8 \text{ kg/h} = 0,084656 \text{ kg/s}$$

- Năng suất lạnh:

$$Q_o = m \cdot q_o = 87,8 \text{ kW giảm } 6,6\% \text{ so với } 94\text{kW ở } +40^\circ\text{C và } -10^\circ\text{C}$$

Như vậy, nhiệt độ ngưng tụ tăng 1°C thì Q_o giảm 1,32%.



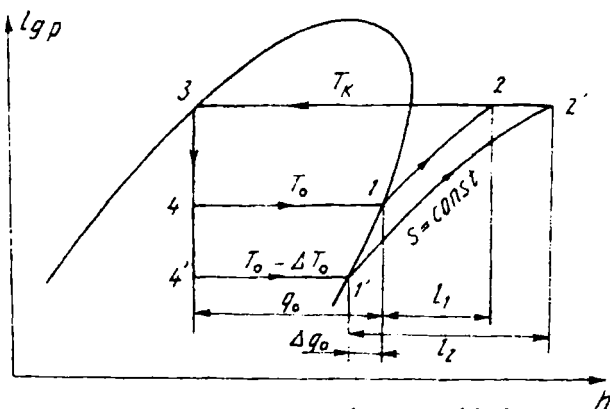
Hình 4.11. Sự phụ thuộc của năng suất lạnh Q_o vào nhiệt độ ngưng tụ t_k

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 nén giảm, λ giảm theo.

Thể tích riêng hơi hút v_1 tăng do đó Q_0 giảm. Ngược lại nếu t_0 tăng Q_0 sẽ tăng.

Ảnh hưởng của nhiệt độ bay hơi tới năng suất lạnh Q_0 mạnh hơn ảnh hưởng của t_k tới 2 ÷ 3 lần do có thêm ảnh hưởng của thể tích riêng v_1 .



Hình 4.12. Sự phụ thuộc của năng suất lạnh Q_0 vào nhiệt độ bay hơi t_0

Thí dụ 4.4. Đầu bài

cho như thí dụ 4.1: $V_{tt} = 200 \text{ m}^3/\text{h}$, chu trình khô NH_3 , nhiệt độ ngưng tụ giữ nguyên 40°C , nhiệt bay hơi giảm xuống -15°C . Xác định Q_0 và so sánh với Q_0 của thí dụ 4.1.

Giải: - Năng suất lạnh riêng khối lượng:

$$q_0 = h_1 - h_4 = 1743 - 688 = 1055 \text{ kJ/kg}$$

- Tỷ số nén: $\pi = p_k/p_0 = 1,56/0,237 = 6,58$, tra được $\lambda = 0,60$

- Thể tích hút thực tế:

$$V_{tt} = \lambda \cdot V_{tt} = 0,60 \cdot 200 = 120 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$m = V_{tt}/v_1 = 120/0,508 = 236 \text{ kg/h} = 0,0656 \text{ kg/s}$$

- Năng suất lạnh:

$$Q_0 = m \cdot q_0 = 69,2 \text{ kW giảm } 26\% \text{ so với } 94 \text{ kW ở } +40^\circ\text{C và } -10^\circ\text{C}$$

Như vậy, nhiệt độ giảm 1°C thì Q_0 giảm khoảng 5,2%.

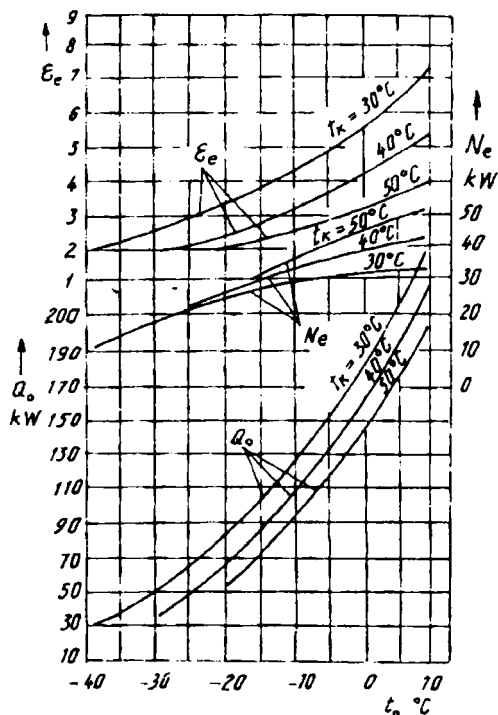
Ngoài Q_0 , công nén hiệu dụng N_e và hệ số lạnh hiệu dụng ε_c cũng phụ thuộc vào nhiệt độ ngưng tụ t_k và bay hơi t_0 .

Hình 4.13 biểu diễn sự phụ thuộc của Q_0 , N_e và $\varepsilon_c = Q_0/N_e$ vào nhiệt độ t_0 và t_k . Nhiệt độ ngưng tụ tăng, N_e tăng và ε_c giảm.

Nhiệt độ bay hơi giảm, N_c giảm và ϵ_c 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 8-10°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 khá 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_c , ϵ_c vào nhiệt độ ngưng tụ t_k và nhiệt độ bay hơi t_0 của máy nén P 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. Thế nào là chu trình quá lạnh, quá nhiệt?
11. Nguyên nhân quá lạnh, quá nhiệt có thể là gì?
12. Hãy vẽ sơ đồ thiết bị và đồ thị lgp-h của chu trình quá lạnh quá nhiệt.

13. Ưu nhược điểm của chu trình quá lạnh, quá nhiệt so với chu trình khô thế nào?
14. Vẽ sơ đồ thiết bị và đồ thị lgp-h của chu trình hồi nhiệt."
15. Hãy phát biểu các quá trình cơ bản của chu trình hồi nhiệt.
16. Vì sao không sử dụng NH_3 cho chu trình hồi nhiệt?
17. Vì sao không sử dụng freon cho chu trình khô?
18. Ảnh hưởng của nhiệt độ ngưng tụ t_k đến năng suất lạnh Q_0 như thế nào khi giữ nguyên nhiệt độ bay hơi t_0 ? Hãy vẽ và giải thích trên đồ thị lgp-h.
19. Ảnh hưởng của nhiệt độ bay hơi t_0 đến năng suất lạnh Q_0 như thế nào khi giữ nguyên nhiệt độ ngưng tụ t_k ? Hãy vẽ và giải thích trên đồ thị lgp-h.
20. Hãy vẽ các đường đặc tính của Q_0 , N_c , ϵ_c phụ thuộc vào nhiệt độ ngưng tụ t_k và bay hơi t_0 .
22. Một máy lạnh nén hơi amoniác cỡ trung có thể tích hút lý thuyết $V_h = 100\text{m}^3/\text{h}$. 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:
 $Q_0 = 100\text{kW}$, môi chất R12.
 $t_k = 40^\circ\text{C}$
 $t_0 = -5^\circ\text{C}$
 Hãy xác định chu trình khô và tính toán máy nén.
24. Một máy làm đá môi chất R22, $Q_0 = 100\text{kW}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$, $t_0 = -15^\circ\text{C}$. Hãy xác định chu trình hồi nhiệt và tính toán máy nén.
25. Máy nén R22, $V_h = 29\text{m}^3/\text{h}$
 Hãy xác định chu trình hồi nhiệt và tính toán các thông số còn lại của máy nén cho biết:
 $t_k = 42^\circ\text{C}$ và $t_0 = -10^\circ\text{C}$.

Chương 5

CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI 2 VÀ NHIỀU CẤP

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, máy nén lạnh, đặc biệt máy nén pittông cần đáp ứng các yêu cầu:

- Nhiệt độ cuối tầm nén không vượt quá 120°C .
- Nhiệt độ dầu bôi trơn không vượt quá 60°C .
- Hiệu suất thể tích λ phải đủ lớn ($\lambda \geq 0,5 \dots 0,6$).

Theo các giá trị trên, máy nén amoniác tối đa chỉ làm việc với tỷ số nén $\pi_{\max} = 9$ và máy nén freôn tối đa $\pi_{\max} = 12 \div 13$. Khi tỷ số nén vượt quá giá trị π_{\max} trên cần thiết phải 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.

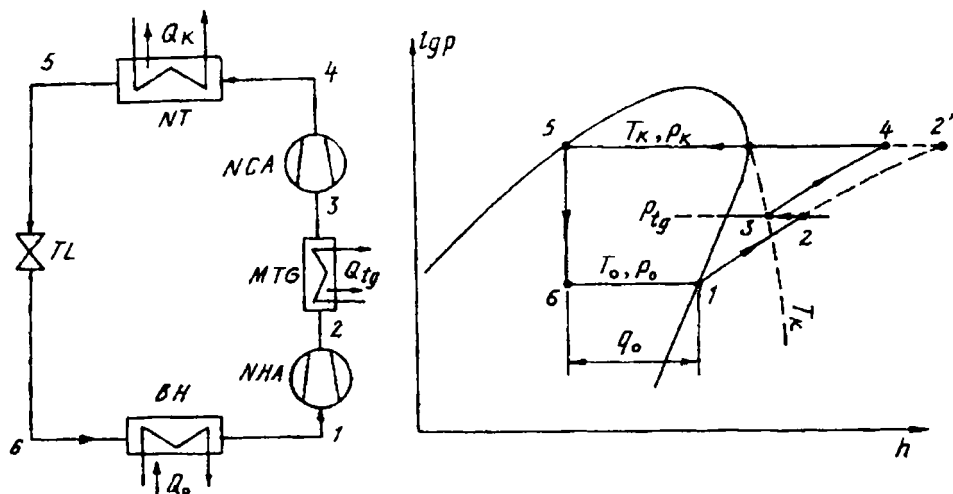
Do đó, nếu hệ thống lạnh phải làm việc liên tục thì nên chọn máy 2 cấp, còn nếu chỉ làm việc một số giờ trong năm thì nên chọn máy 1 cấp ta sẽ đạt được giá thành chung cho 1 đơn vị lạnh là thấp nhất.

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)

Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu, làm mát trung gian 1 phần 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 ($t_a = t_k$) trước khi đưa vào máy cao áp.

Khi hiệu nhiệt độ $t_k - t_0$ quá cao, tỷ số nén $\pi = p_k/p_0$ vượt giới hạn cho phép cần thiết phải sử dụng chu trình 2 cấp nén. Áp suất trung gian p_{lg} được xác định theo biểu thức:

$$p_{lg} = \sqrt{p_0 \cdot p_k}$$

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 có 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_0 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:

$$q_0 = h_1 - h_6 \quad (5.1)$$

- Công nén riêng:

$$l = (h_2 - h_1) + (h_4 - h_3) \quad (5.2)$$

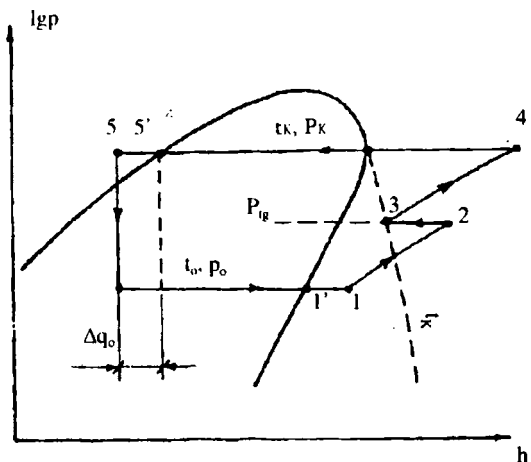
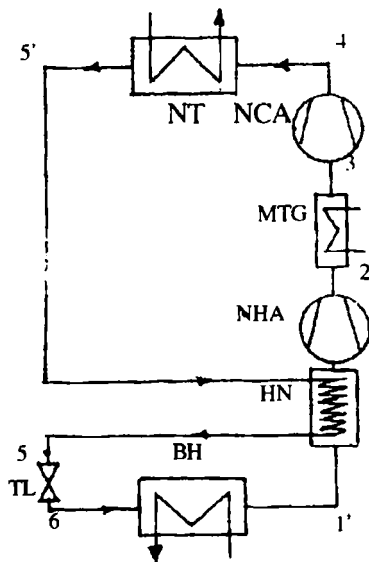
Ứng dụng trong thực tế

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 tầm nén không cao.

5.2. CHU TRÌNH 2 CẤP, 1 TIẾT LƯU, LÀM MÁT TRUNG GIAN 1 PHẦN CÓ HỒI NHIỆT

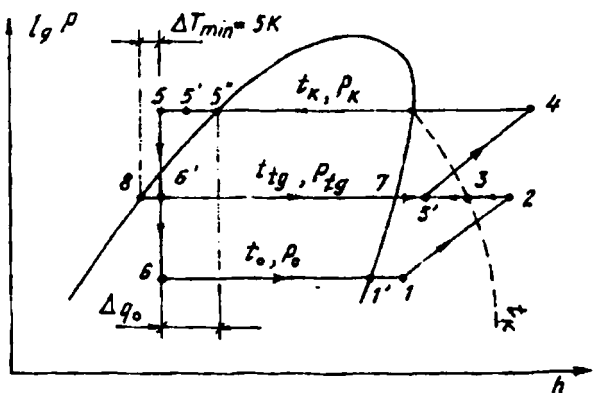
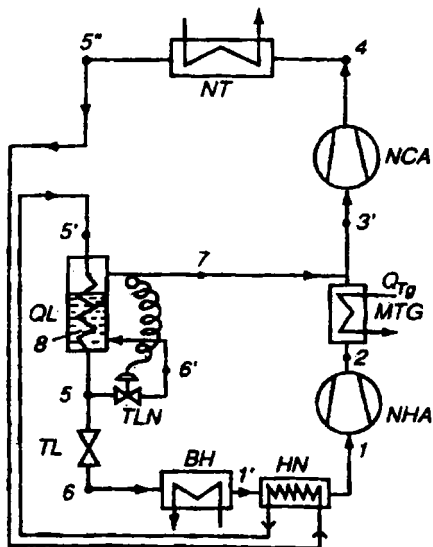
Do nhiệt độ t_2 tương đối thấp nên thường bố trí thêm thiết bị hồi nhiệt để tăng hiệu quả lạnh cho chu trình. Điểm 1 dịch vào vùng hơi quá nhiệt và điểm 5 tiến vào vùng lỏng quá lạnh (hình 5.2).

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_0 , trong khi đó sơ đồ thiết bị hầu như không phức tạp thêm.



Hình 5.2. Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu, làm mát trung gian 1 phần, có hồi nhiệt HN

5.3. CHU TRÌNH 2 CẤP, 1 TIẾT LƯU, LÀM MÁT TRUNG GIAN 1 PHẦN CÓ HỒI NHIỆT VÀ QUÁ LẠNH LỎNG



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

Để có thể tăng thêm hiệu quả lạnh Δq_o 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 1 phần, có hồi nhiệt và bình quá lạnh lỏng.

Bình quá lạnh lỏng sử dụng một van tiết lưu nhiệt để tiết lưu một phần lỏng vào làm mát môi chất lỏng từ thiết bị hồi nhiệt ra. Môi chất lỏng khi ra khỏi bình quá lạnh lỏng có nhiệt độ t_5 gần bằng nhiệt độ của bình trung gian $t_g = t_8$. Về lý thuyết có thể tính $t_5 = t_8 + 5K$.

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 hạ áp 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 $5^\circ C$.

Từ trạng thái 5, một phần lỏng được đưa qua van tiết lưu nhiệt TLN tiết lưu xuống áp suất trung gian 6' để 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 $\Delta t_{\text{qn}} = t_1 - t_{1'} = 25 \div 35K$ 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:

$$q_o = h_{1'} - h_6, \text{ kJ/kg}$$

- 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:

$$p_{tg} = \sqrt{p_k \cdot p_o} = \sqrt{15,33 \cdot 1,05} = 4,01 \text{ bar}$$

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 $t_k = -40^\circ\text{C}$

$p_{tg} = 4,01 \text{ bar}$ tương ứng $t_{tg} = -6,8^\circ\text{C}$

Như vậy ta đã xác định được các điểm nút:

1' - Giao điểm p_0 và $x = 1$ (hơi bão hòa khô)

1 - Giao điểm p_0 và $t_1 = -10^\circ\text{C}$ ($t_1 = t_0 + 30\text{K}$)

2 - Giao điểm p_{tg} và entropy $s_1 = s_2 = \text{const}$

3 - Giao điểm t_k và p_{tg}

5'' - Giao điểm p_k và $x = 0$ (lỏng bão hòa)

7 - Giao điểm p_{tg} và $x = 1$ (hơi bão hòa)

8 - Giao điểm p_{tg} và $x = 0$ (lỏng bão hòa)

5' - Giao điểm giữa p_k và h_5 .

$$h_{5'} = h_{5''} - (h_1 - h_{1'})$$

5 - Giao điểm giữa p_k và t_5

$$t_5 = t_8 + 5\text{K} = -40 + 5 = -35^\circ\text{C}$$

6 - Giao điểm giữa p_0 và $h_5 = h_6 = \text{const}$ (vuông góc trục hoành)

6' - Giao điểm 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:

$$m_4 h_{5'} + (m_4 - m_1) h_5 = m_4 h_5 + (m_4 - m_1) h_7$$

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:

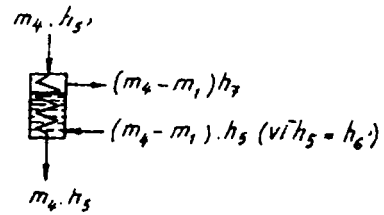
$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_7 - h_5}{h_7 - h_{5'}} = \frac{h_3 - h_7}{h_{3'} - h_7}$$

$$\text{Nên:} \quad h_{3'} = h_7 + \frac{(h_7 - h_5)}{(h_7 - h_5)} (h_3 - h_7)$$

Vậy điểm 3' đã được xác định là giao điểm của p_{tg} và $h_{3'}$.

Điểm 4 sẽ là giao điểm 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 được trên đồ thị lgp-h (hoặc tra từ bảng hơi ẩm - Phụ lục tài liệu [1]) được tập hợp trong bảng 5.1.

Bảng 5.1. Thông số các điểm nút chu trình thí dụ 5.1

	p, MPa	t, $^{\circ}\text{C}$	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	-

a) 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:

$$\pi = p_k/p_o = 14,6$$

$$\pi_1 = p_k/p_{1g} = \pi_2 = p_{1g}/p_o = 3,32$$

6 – Hệ số lạnh của chu trình (phương trình (5.6)):

$$\varepsilon = \frac{q_o}{l_1 + \frac{h_3 - h_7}{h_{3'} - h_7} l_4} = \frac{191}{37 + \frac{736 - 703}{731 - 703} \cdot 38} = 2,33$$

b) Tính toán máy nén

1 – Năng suất lạnh $Q_o = 100 \text{ kW}$ (đầu bài cho)

2 – 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 công thức (5.7):

$$m_4 = m_1 \frac{h_7 - h_5}{h_7 - h_{5'}} = 0,5236 \cdot \frac{703 - 498}{703 - 532} = 0,6277 \text{ kg/s}$$

3 – Thể tích hút thực tế của máy nén hạ áp và cao áp:

$$V_{n1} = v_1 \cdot m_1 = 0,5236 \cdot 0,255 = 0,1335 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{n4} = v_3 \cdot m_4 = 0,07 \cdot 0,6277 = 0,0439 \text{ m}^3/\text{s}$$

4 – Hiệu suất thể tích λ :

Với $\pi = 3,32$ tra đồ thị hình 3.8 được $\lambda_1 = \lambda_4 = 0,825$ cho máy nén R22.

5 – Thể tích hút thực tế của máy nén hạ áp cao áp và tổng:

$$V_{n1} = \frac{V_{n1}}{\lambda} = 0,1618 \text{ m}^3/\text{s} = 583 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{n4} = \frac{V_{n4}}{\lambda} = 0,0532 \text{ m}^3/\text{s} = 192 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{\text{tt}} = 583 + 192 = 775 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\varphi = V_{h1}/V_{h4} = 3,04$$

(\approx cứ 3 xilanh hạ áp có 1 xilanh cao áp)

6 – Công nén lý thuyết hạ áp và cao áp:

$$N_{s1} = m_1 \cdot l_1 = 19,37 \text{ kW}$$

$$N_{s4} = m_4 \cdot l_4 = 28,85 \text{ kW}$$

7 – Hiệu suất nén hữu ích tra đồ thị hình 3.10:

$$\text{Với } \pi = 3,32 \text{ có } \eta_e = 0,76.$$

8 – Công nén hữu ích hạ áp và cao áp:

$$N_{e1} = \frac{N_{s1}}{\eta_e} = 25,49 \text{ kW}$$

$$N_{e4} = \frac{N_{s4}}{\eta_e} = 31,38 \text{ kW}$$

9 – Công tiêu thụ với giả thiết hiệu suất động cơ $\eta_{el} = 0,90$ và hiệu suất truyền động đai $\eta_{td} = 0,95$:

$$N_{e11} = 29,81 \text{ kW}$$

$$N_{e14} = 36,70 \text{ kW}$$

10 – Chọn máy nén (Phụ lục 13)

Theo $\varphi = 3,04$ nên chọn loại máy nén có số xilanh hạ áp gần 3 lần cao áp (cứ 3 xilanh hạ áp có 1 xilanh cao áp), và có $V_{ht} \geq 775 \text{ m}^3/\text{h}$.

Chọn 3 tổ F62A2, môi chất R22.

Đặc tính kỹ thuật máy nén:

$D = 95\text{mm}$; $s = 76\text{mm}$; $n = 1200 \text{ vg/ph}$; 6 xilanh hạ áp và 2 cao áp.

$$V_{hMN} = 310,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Số máy nén:

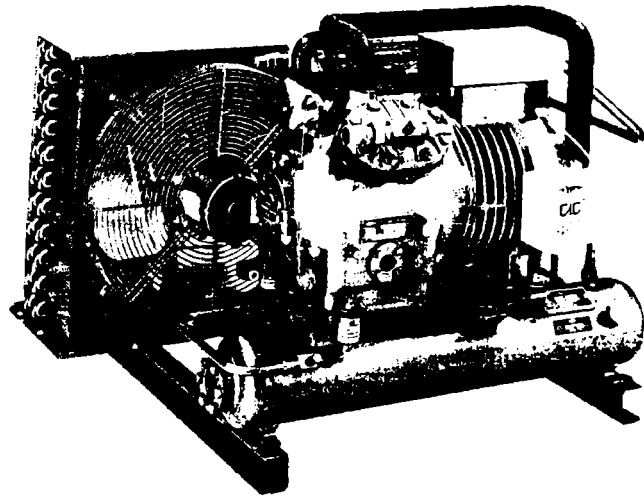
$$Z = \frac{V_{ht}}{V_{hMn}} = \frac{775}{310,3} = 2,5.$$

Chọn 3 tổ. Năng suất lạnh mỗi tổ ở $+40^\circ\text{C}$ và -40°C là:

$$36,2 \text{ kW} \times 3 = 108,6 \text{ kW}$$

Nếu chọn 2 tổ F42B2 cũng đủ năng suất lạnh nhưng chế độ làm việc sẽ bị xê dịch, áp suất trung gian sẽ nhỏ hơn so với tính toán. Nếu sử dụng tổ ngưng tụ giải nhiệt gió phải dùng đến 6 tổ L862/S6G-25.2 của Bitzer. Hình 5.4 giới thiệu

tổ ngưng tụ 2 cấp R22 của Bitzer (CHLB Đức).

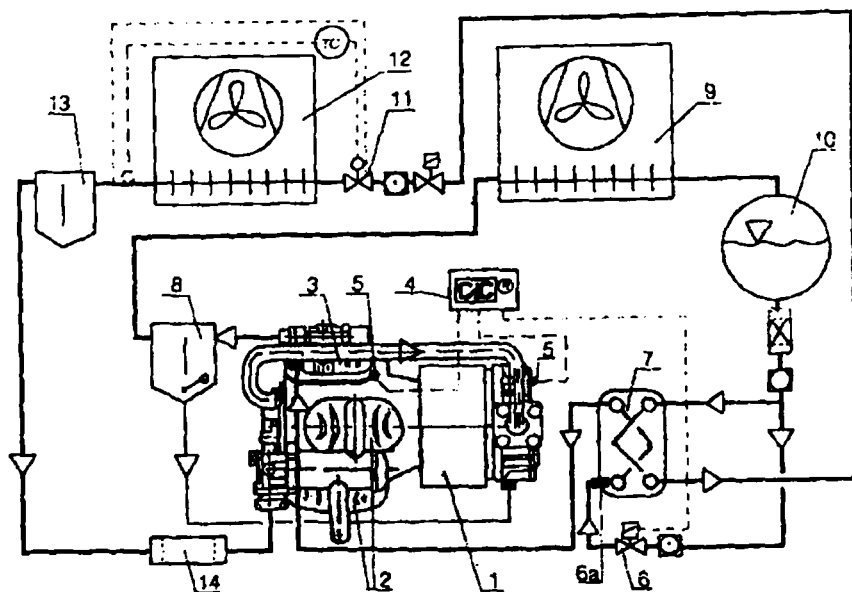


Kí hiệu tổ ngưng tụ 2 cấp	Nhiệt độ môi trường °C	Năng suất lạnh Q ₀ W							Công hữu ích N _e kW						
		Nhiệt độ sôi, °C													
		-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
L 443/S4T- 5.2	27	9490	7920	6530	5290	4210	3280	2480	4,39	4,05	3,72	3,38	3,03	2,67	2,31
	36	9240	7700	6340	5130	4070	3160	2370	4,89	4,51	4,13	3,75	3,35	2,95	2,53
	43	9070	7560	6210	5020	3980	3080	-	5,33	4,88	4,46	4,03	3,61	3,17	-
L 543/S4N-8.2	27	13670	11450	9460	7690	6130	4770	3590	6,74	6,12	5,53	4,98	4,47	3,99	3,53
	36	13200	11060	9140	7420	5890	4540	3340	7,54	6,84	6,18	5,56	4,97	4,41	3,87
	43	12810	10730	8860	7190	5700	4370	-	8,13	7,38	6,68	6,00	5,36	4,74	-
L743/S4G-12.2	27	20640	17300	14290	11620	9260	7200	5420	10,20	9,25	8,36	7,54	6,76	6,03	5,33
	36	19930	16710	13800	11210	8900	6850	5040	11,40	10,35	9,35	8,41	7,52	6,67	5,86
	43	19340	16200	13380	10860	8610	6590	-	12,30	11,17	10,09	9,07	8,10	7,16	-
L 862/S6J-16.2	27	30040	25260	20960	17130	13710	10610	7950	15,30	13,70	12,19	10,77	9,42	8,15	6,93
	36	29360	24710	20540	16780	13380	10290	7430	17,01	15,21	13,52	11,91	10,38	8,93	7,54
	43	28810	24260	20190	16510	13150	10040	-	18,32	16,36	14,52	12,77	11,08	9,44	-
L 862/S6H-20.2	27	34630	29150	24210	19790	15850	12330	9170	18,22	16,24	14,40	12,68	11,06	9,54	8,10
	36	33830	28500	23710	19380	15460	11880	8560	20,20	17,99	15,94	14,01	12,17	10,43	8,78
	43	33180	27960	23310	19090	15220	11620	-	21,73	19,32	17,10	14,99	12,97	11,02	-
L 862/S6G-25.2	27	39520	33300	27690	22650	18140	14100	10470	21,52	19,11	16,88	14,81	12,88	11,07	9,38
	36	38590	32540	27100	22170	17690	13580	9770	23,80	21,11	18,64	16,33	14,14	12,08	10,13
	43	-	31920	26650	21860	17440	13320	-	-	22,64	19,97	17,45	15,05	12,74	-

Hình 5.4. Tổ ngưng tụ Bitzer 2 cấp, R22, nhiệt độ sôi đến -50°C, giải nhiệt gió

Hình 5.5 giới thiệu sơ đồ hệ thống lạnh 2 cấp trên một máy nén Bitzer theo hình 5.4. Đặc điểm hệ thống lạnh 2 cấp Bitzer này như sau:

- Năng suất nhỏ và trung bình Q_0 đến 22kW (hoặc 44 kW đối với máy nén kép) dùng cho các thiết bị lạnh thương nghiệp, đơn giản, gọn nhẹ...



Hình 5.5. Sơ đồ hệ thống lạnh 2 cấp nén Bitzer (xem hình.5.4)

1. Máy nén; 2. Các xilanh hạ áp; 3- Các xilanh cao áp; 4 – CIC – bộ điều khiển phun lỏng bổ sung để quá lạnh lỏng và khống chế nhiệt độ cuối tầm nén; 5- Bầu cảm nhiệt; 6- Van phun lỏng; 6a – Mũi phun; 7 – Thiết bị quá lạnh lỏng kiểu tấm; 8 – Bình tách dầu; 9 – Dẫn ngưng tụ; 10 – Bình chứa cao áp; 11- Van tiết lưu; 12 – Dẫn bay hơi; 13 – Bình tích lỏng; 14 – Phin lọc đường hút

- Giải nhiệt gió. Tất nhiên có thể sử dụng máy nén này với một bình ngưng giải nhiệt nước để tạo ra tổ ngưng tụ giải nhiệt nước, khi đó năng suất lạnh sẽ tăng lên do nhiệt độ ngưng tụ giảm và nhiệt độ bay hơi có thể hạ xuống thấp hơn. Nhiệt độ môi trường có thể tới 43°C (nhiệt độ ngưng tụ có thể tới 58°C).

- Sơ đồ này không sử dụng hồi nhiệt.

- Sơ đồ này chỉ sử dụng một thiết bị quá lạnh lỏng 7 kiểu tấm bản với bộ điều khiển phun lỏng bổ sung CIC để quá lạnh lỏng và khống chế nhiệt độ cuối tầm nén. Nếu không dùng thiết bị quá lạnh lỏng thì năng suất lạnh giảm từ $16 \div 20\%$ so với hình 5.4.

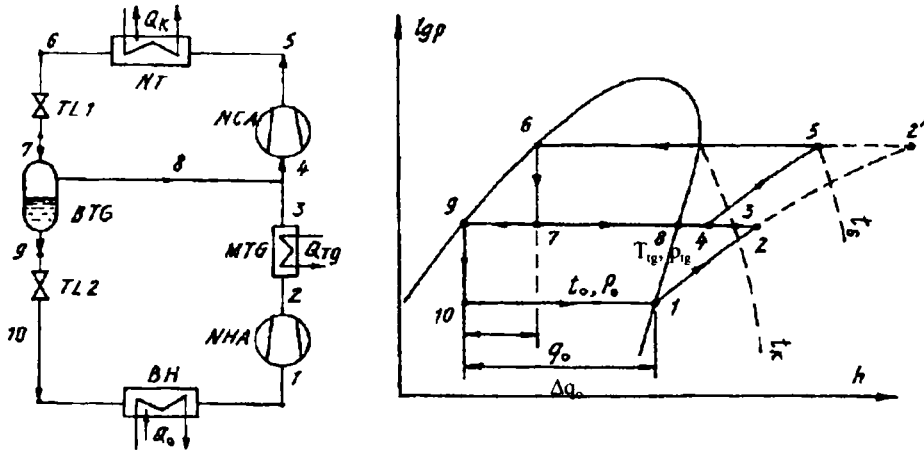
Số xilanh của máy nén được phân ra 2 cấp hạ áp và cao áp theo tỉ lệ 2:1 hoặc 3:1. Ở đây có 6 xilanh thì 4 là hạ áp và 2 là cao áp. Hơi sinh ra ở dàn bay hơi được hút trực tiếp về các xilanh hạ áp rồi được hòa trộn với hơi lạnh ra ở thiết bị quá lạnh 7, sau đó đi qua động cơ để làm mát động cơ trước khi đi vào xilanh cao áp.

Ra khỏi xilanh cao áp, hơi đi vào bình tách dầu rồi vào dàn ngưng tụ. Nhờ có bộ điều khiển phun lỏng bổ sung nên máy nén làm việc an toàn tin cậy, nhiệt độ quá lạnh ga lỏng và nhiệt độ cuối tầm nén luôn được kiểm soát trong giới

hạn tối ưu cho phép. Nhiệt độ quá lạnh tối ưu cũng bảo đảm năng suất lạnh riêng lớn và hệ số lạnh ε (hoặc COP – Coefficient of performance) cao.

5.4. CHU TRÌNH 2 CẤP, 2 TIẾT LƯU, LÀM MÁT TRUNG GIAN 1 PHẦN

Hình 5.6 biểu diễn chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần.



Hình 5.6. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần, BTG – bình trung gian

So với chu trình 1 tiết lưu (hình 5.1), sơ đồ này bố trí thêm 1 van tiết lưu, 1 bình trung gian và đường ống nối bình trung gian với ống hút của máy nén cao áp.

Các quá trình cơ bản:

1-2: Nén đoạn nhiệt qua máy nén hạ áp $s_1 = s_2 = \text{const}$

2-3: Làm mát trung gian xuống nhiệt độ môi trường $t_3 = t_k$

3-4: Hòa trộn giữa dòng hơi nén từ máy nén hạ áp với dòng hơi từ bình trung gian BTG có trạng thái 8 thành trạng thái 4.

4-5: Nén đoạn nhiệt trong máy nén cao áp $s_4 = s_5 = \text{const}$.

5-6: Làm mát và ngưng tụ đẳng áp trong bình ngưng.

6-7: Tiết lưu đẳng entanpy từ áp suất ngưng tụ p_k xuống áp suất trung gian p_g đẩy vào bình trung gian $h_6 = h_7$. Thành phần hơi 8 về máy nén cao áp, thành phần lỏng đi vào tiết lưu 2 có trạng thái 9.

9-10: Tiết lưu đẳng entanpy ($h_9 = h_{10}$) và đưa vào bình bay hơi.

10-1: Bay hơi lỏng thu nhiệt môi trường, tạo hiệu ứng lạnh.

Ưu nhược điểm so với chu trình 1 tiết lưu

- Năng suất lạnh riêng tăng 1 khoảng Δq_0 rất đáng kể so với việc tiết lưu trực tiếp từ điểm 6.

- Công nén giảm một khoảng Δl do hơi được làm mát từ 2 xuống 3 và xuống điểm 4.

- Nhiệt độ cuối tâm nén được giảm đáng kể từ 2' xuống 5 nên độ tin cậy và hiệu suất làm việc cao hơn đồ cháy dầu, độ bền và tuổi thọ máy nén tăng.

Tính toán chu trình

- Năng suất lạnh riêng khối lượng:

$$q_o = h_1 - h_{10} \text{ kJ/kg}$$

- Công nén riêng cấp hạ áp và cao áp:

$$l_1 = h_2 - h_1 \text{ kJ/kg}$$

$$l_4 = h_5 - h_4 \text{ kJ/kg}$$

- Hệ số lạnh:

$$\varepsilon = \frac{m_1 \cdot q_o}{m_1 l_1 + m_4 l_4} = \frac{q_o}{l_1 + \frac{m_4}{m_1} l_4}$$

Tỷ số m_4/m_1 có thể xác định qua cân bằng chất và cân bằng entanpy ở bình trung gian:

$$\begin{cases} m_4 \cdot h_7 = m_1 \cdot h_9 + m_8 \cdot h_8 \\ m_8 = m_4 - m_1 \end{cases}$$

Vậy:
$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_8 - h_9}{h_8 - h_7}$$

Nên:
$$\varepsilon = \frac{q_o}{l_1 + \frac{h_8 - h_9}{h_8 - h_7} \cdot l_4}$$

Các điểm nút chu trình xác định tương đối dễ dàng.

Riêng điểm 4 phải tính toán entanpy h_4 . Có thể tính được h_4 nhờ cân bằng entanpy ở điểm hòa trộn:

$$m_1 h_3 + (m_4 - m_1) h_8 = m_4 \cdot h_4$$

$$h_4 = \frac{m_1}{m_4} (h_3 - h_8) + h_8$$

$$h_4 = \frac{h_8 - h_7}{h_8 - h_9} (h_3 - h_8) + h_8$$

Như vậy, tất cả các điểm nút chu trình đã được xác định.

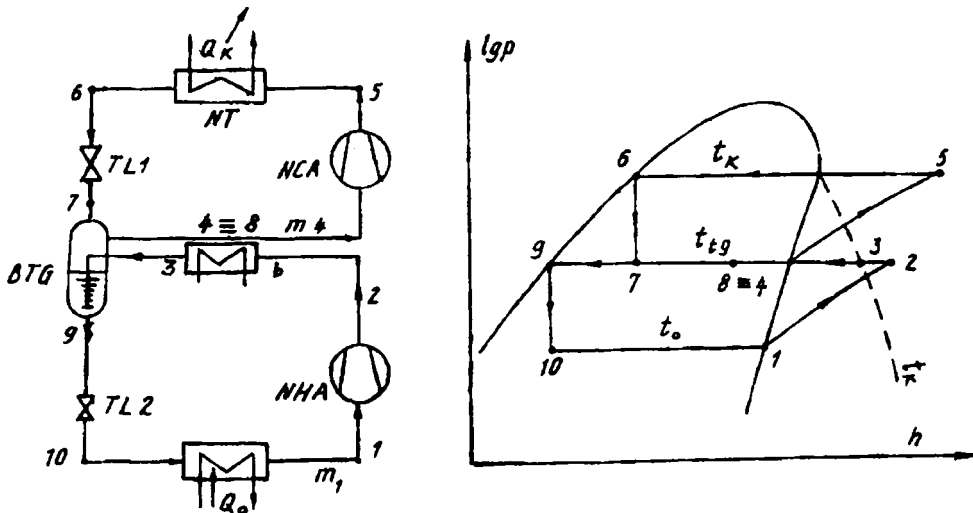
Ứng dụng

Chu trình này có thể ứng dụng cho cả môi chất amoniắc và freôn nhưng ít được dùng. Nếu dùng cho freôn, nên có thể có thêm hồi nhiệt. Nếu ứng dụng cho môi chất amoniắc cần hạn chế tối đa nhiệt độ cuối tầm nén vì đặc điểm của môi chất amoniắc là có nhiệt độ cuối tầm nén rất cao. Nói chung đối với NH_3 người ta chỉ sử dụng chu trình làm mát trung gian toàn phần giới thiệu dưới đây.

5.5. CHU TRÌNH 2 CẤP, 2 TIẾT LƯU, LÀM MÁT TRUNG GIAN TOÀN PHẦN

Nhược điểm chủ yếu của các chu trình làm mát trung gian 1 phần là hơi hút về máy nén cao áp chưa được làm mát “toàn phần” xuống đến trạng thái hơi bão hòa khô nên công nén tiết kiệm được chưa phải là tối đa và nhiệt độ cuối tầm nén cao áp t_5 chưa phải là thấp nhất.

Để làm mát toàn phần hơi nén hạ áp sau khi qua mát trung gian người ta cho sục thẳng hơi nén cấp hạ áp vào bình trung gian. Ở đây, một phần lỏng ở áp suất và nhiệt độ trung gian sẽ bay hơi làm mát hơi ở trạng thái 3 xuống trạng thái bão hòa khô 8. Điểm 4 sẽ trùng với điểm 8. Hình 5.7 giới thiệu chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian toàn phần.



Hình 5.7. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian toàn phần

Ưu điểm: 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 Δl_{\max} . Nhiệt độ cuối tầm nén t_5 cũng là nhiệt độ thấp nhất 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, phủ lên bề mặt trao đổi nhiệt của bình bay hơi cản trở quá trình trao đổi nhiệt.

Ứng dụng: Chu trình này chủ yếu ứng dụng cho môi chất amôniac.

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:

$$\varepsilon = \frac{q_o}{l_1 + \frac{m_4}{m_1} l_4} = \frac{h_1 - h_{10}}{(h_2 - h_1) + \frac{(h_3 - h_9)}{h_8 - h_7} (h_5 - h_4)}$$

Thí dụ 5.2: Một buồng kết đông kiểu tunel yêu cầu

$Q_o = 100\text{kW}$, $t_o = -40^{\circ}\text{C}$, $t_k = +40^{\circ}\text{C}$; môi chất lạnh NH_3 .

Hãy tính toán chu trình lạnh 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian toàn phần theo hình 5.7 và tính chọn máy nén.

Giải:

Từ $t_k = 40^{\circ}\text{C}$ xác định được $p_k = 15,56 \text{ bar}$

Từ $t_o = -40^{\circ}\text{C}$ xác định được $p_o = 0,719 \text{ bar}$

Tỷ số nén: $\pi = p_k/p_o = 21,64 > 9$: sử dụng chu trình 2 cấp

Áp suất trung gian:

$$p_{ig} = \sqrt{15,56 \cdot 0,719} = 3,34 \text{ bar tương ứng } t_{ig} = -6,8^{\circ}\text{C}$$

Tỷ số nén:

$$\pi = \frac{p_k}{p_{ig}} = \frac{p_{ig}}{p_o} = \frac{3,34}{0,719} = 4,65$$

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:

$$\varepsilon = \frac{q_o}{l_1 + 1,308 l_2} = \frac{1238}{213 + 1,308 \cdot 219} = 2,48$$

(lớn hơn so với hệ số lạnh chu trình R22 ở thí dụ 5.1: $\varepsilon = 2,33$)

b) Tính toán máy nén:

1 – Năng suất lạnh $Q_o = 100\text{kW}$ (đầu bài cho)

2 – Lưu lượng nén qua máy nén hạ áp và cao áp:

$$m_1 = \frac{Q_o}{q_o} = \frac{100}{1238} = 0,08078 \text{ kg/s}$$

$$m_4 = 1,308 \cdot m_1 = 0,1057 \text{ kg/s}$$

3 – Thể tích hút thực tế máy nén hạ áp và cao áp:

$$V_{u1} = v_1 m_1 = 1,55 \cdot 0,08078 = 0,12521 \text{ m}^3/\text{s} = 450,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{u4} = v_4 m_4 = 0,37 \cdot 0,1057 = 0,03909 \text{ m}^3/\text{s} = 140,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

4 – Hệ số cấp λ : tra đồ thị h.3.4 cho máy nén MYCOM 2 cấp NH_3 ,
 $\pi = 4,65$

$$\lambda_1 = \lambda_4 = 0,71$$

5 – Thể tích hút lý thuyết hạ áp và cao áp:

$$V_{l1} = \frac{V_{u1}}{\lambda} = 693,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{l4} = \frac{V_{u4}}{\lambda} = 216,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{lt} = V_{l1} + V_{l4} = 910,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\varphi = V_{l1}/V_{l4} = 3,2 \text{ (cứ 3 xilanh hạ áp có 1 xilanh cao áp)}$$

6 – Công nén đoạn nhiệt hạ áp và cao áp:

$$N_{s1} = m_1 \cdot l_1 = 17,2 \text{ kW}$$

$$N_{s4} = m_4 \cdot l_4 = 23,2 \text{ kW}$$

7 – Hiệu suất nén hữu ích η_c

Tra đồ thị h.3.10 môi chất amoniác với $\pi = 4,65$ được:

$$\eta_{e1} = \eta_{e2} = 0,77$$

8 – Công nén hữu ích hạ áp và cao áp:

$$N_{e1} = \frac{N_{s1}}{\eta_{e1}} = 22,34 \text{ kW}$$

$$N_{e4} = \frac{N_{s4}}{\eta_{e4}} = 30,13 \text{ kW}$$

9 – Công nén tiêu thụ thực tế hạ áp và cao áp:

(giả thiết $\eta_{e1} = \eta_{e4} = 0,90$; $\eta_{ld1} = \eta_{ld4} = 0,95$)

$$N_{cl1} = \frac{N_{el}}{\eta_{el} \cdot \eta_{tt1}} = 26,13 \text{ kW}$$

$$N_{cl4} = \frac{N_{cl}}{\eta_{e4} \cdot \eta_{td4}} = 35,24 \text{ kW}$$

10 – Chọn máy nén:

Với $\phi = 3,2$ chọn máy nén kiểu cứ 3 xilanh hạ áp có 1 cao áp. Với $V_{tt} = 910,0 \text{ m}^3$ chọn 2 máy N62B với các đặc tính kỹ thuật:

$$V_{tt} = 2 \times 573,4 = 1146,8 \text{ m}^3/\text{h} \text{ lớn hơn tính toán } 20,6\%.$$

$$Q_o = 2 \times 56,1 = 112,2 \text{ kW} \text{ lớn hơn yêu cầu } 30,5\%.$$

$$N_e = 2 \times 42,7 = 85,4 \text{ kW} \text{ lớn hơn tính toán } 39,3\%$$

Ở chế độ làm việc $t_o = -40^\circ\text{C}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$

Đặc tính máy nén: Hiệu MYCOM, ký hiệu N62B với

$d = 130\text{mm}$; $s = 100\text{mm}$; $n = 900\text{vg/ph}$; 6 xilanh hạ áp và 2 xilanh cao áp.

Theo phụ lục 5 vẫn có thể chọn 2 máy N42B, năng suất lạnh gần hơn với yêu cầu là $2 \times 54,2 \text{ kW}$ nhưng áp suất trung gian sẽ giảm so với tính toán.

5.6. CHU TRÌNH 2 CẤP, BÌNH TRUNG GIAN ỐNG XOẮN

Như trên đã nói, chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian toàn phần (hình 5.7) có nhược điểm là dầu của cấp nén hạ sẽ áp theo lỏng đi vào bình bay hơi tạo lớp 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, nên dầu ở cấp nén hạ áp không thể đi vào bình bay hơi được. Hình 5.8 giới thiệu chu trình 2 cấp bình trung gian ống xoắn.

Khác biệt cơ bản với chu trình là:

- 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.

- Nhiệt độ t_{10} là nhiệt độ lỏng ra khỏi bình trung gian ống xoắn lấy bằng:

$$t_{10} = t_9 + \Delta t_{\min} = t_9 + 5\text{K}$$

Hiệu nhiệt độ tối thiểu trong thiết bị trao đổi nhiệt: $\Delta t_{\min} = 5\text{K}$.

- Môi chất lỏng tiết lưu trực tiếp từ áp suất p_k xuống p_o (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

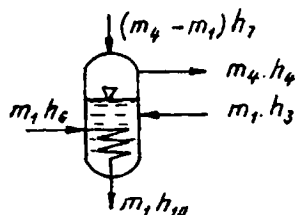
điểm là có thể đặt dàn lạnh ở xa vì hiệu suất rất cao.

- Do nhiệt độ tiết lưu cao hơn nhiệt độ bình trung gian (điểm 9) nên năng suất lạnh bị giảm mất một khoảng $\Delta q'_0 = h_{11} - h_{11'}$.

Nhưng do bình trung gian ống xoắn có ưu điểm vận hành

không bị dầu làm bẩn bình bay hơi nên vẫn được ứng dụng rộng rãi cho môi chất amoniắc, 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 (hình 5.7). Tỷ số m_4/m_1 cũng được xác định bằng cách cân bằng entanpy ở bình trung gian.



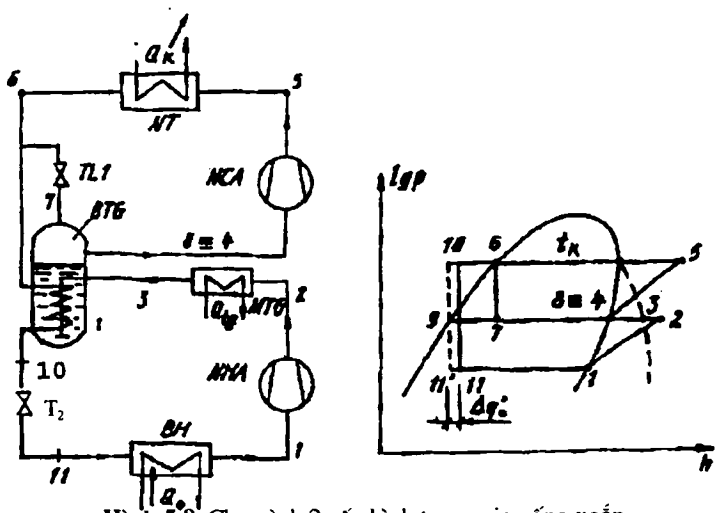
$$m_1 h_6 + m_1 h_3 + (m_4 - m_1) h_7 = m_4 h_4 + m_1 h_{10}$$

Vậy
$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_6 + h_3 - h_7 - h_{10}}{h_4 - h_7}$$

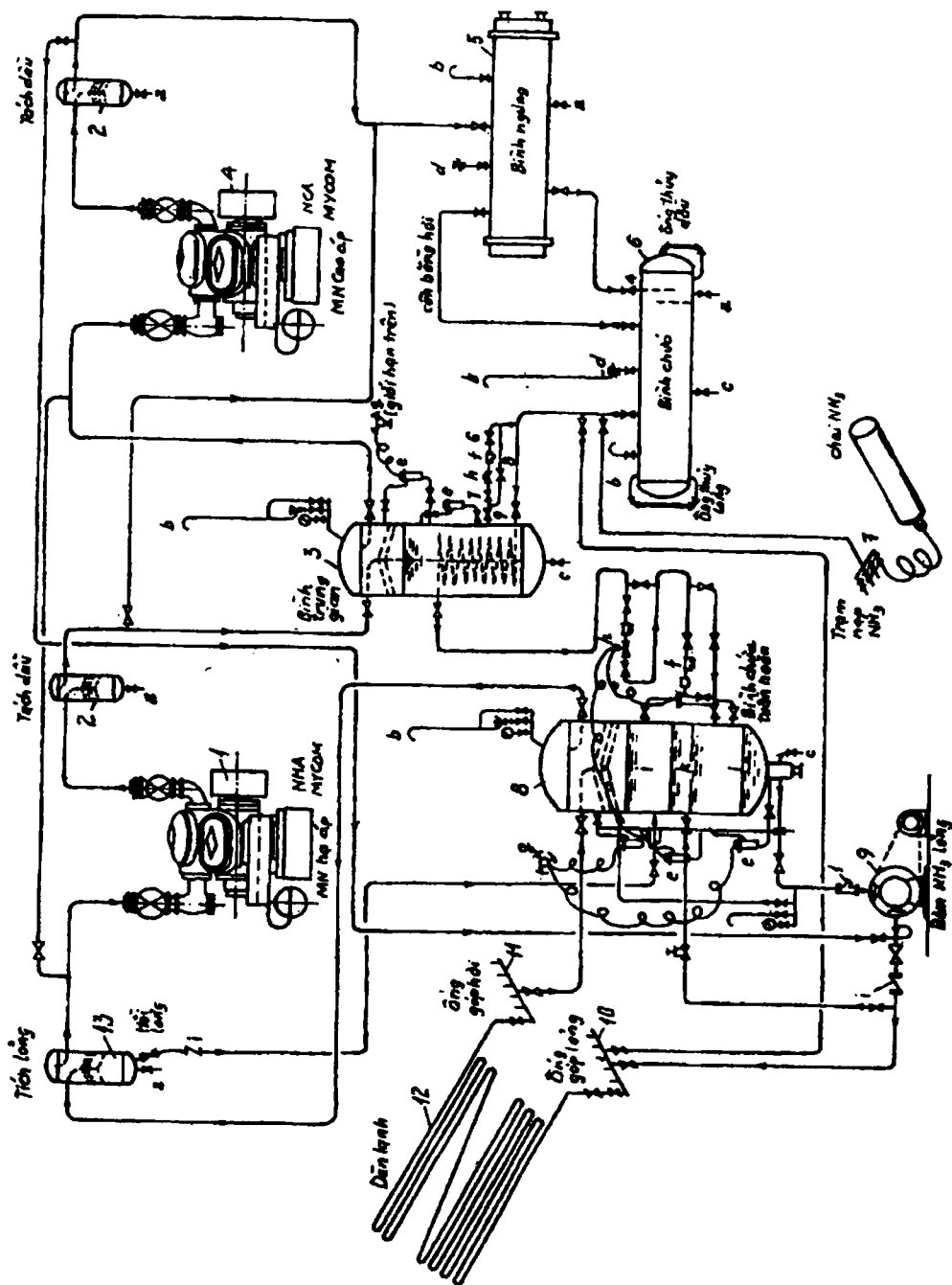
Riêng điểm 10 là giao điểm của p_k và $t_{10} = t_9 + 5K$. Như vậy tất cả các điểm nút đều đã được xác định.

Hình 5.9 giới thiệu một 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 đưa đến các 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



Hình 5.8. Chu trình 2 cấp bình trung gian ống xoắn



Hình 5.9. Sơ đồ hệ thống lạnh 2 cấp bình trung gian ống xoắn có bơm amoniác

- 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 một chiều; j) giới hạn trên; k) mức tiêu chuẩn; l) giới hạn dưới

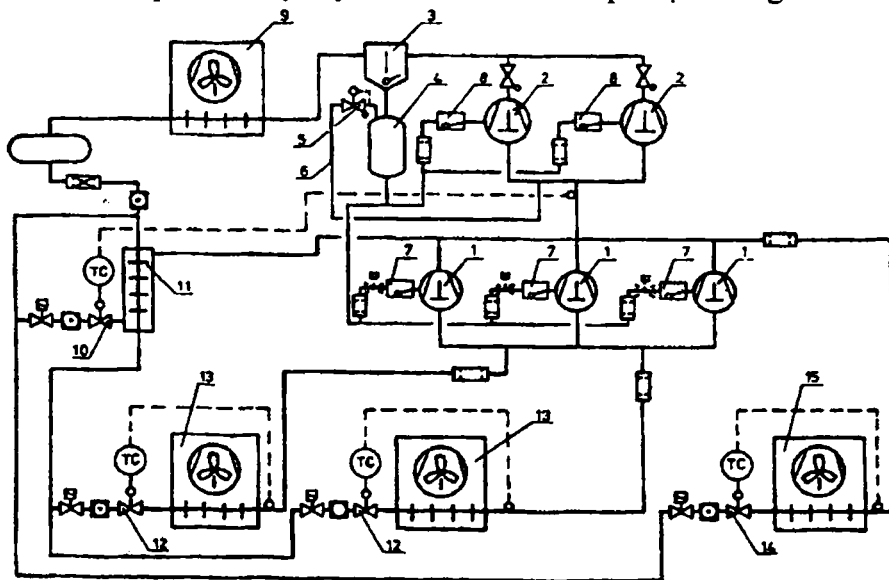
quá mạnh vẫn cuốn theo lòng về máy nén nên một bình tách lòng thứ 2 vẫn được lắp đặt trước đầu hút về máy nén hạ áp. Trước van tiết lưu người ta bố trí van điện từ để khống chế mức lòng tiêu chuẩn trong bình chứa tuần hoàn. Trường hợp mức lòng ra ngoài mức cho phép (cao quá hoặc thấp quá) sẽ có tín hiệu âm thanh và ánh sáng cấp báo cho người vận hành xem xét điều chỉnh.

5.7. CÁC CHU TRÌNH 2 VÀ NHIỀU CẤP KHÁC

5.7.1. Chu trình 2 cấp 2 chế độ bay hơi

Về nguyên tắc, chu trình 2 cấp là có 2 nhiệt độ bay hơi đó là nhiệt độ bay hơi thiết kế và nhiệt độ trung gian. Nếu cần dần bay hơi có nhiệt độ trung gian người ta có thể mắc vào bình trung gian các dàn bay hơi theo ý muốn, khi đó bình trung gian đóng vai trò như bình tách lòng cho các dàn bay hơi trung gian.

Tuy nhiên để phải tiến hành tính toán chu trình để đạt được nhiệt độ trung gian phù hợp yêu cầu cũng như năng suất lạnh của từng cấp nhiệt độ yêu cầu. Áp suất trung gian sẽ không phải là $\sqrt{p_k \cdot p_0}$ như trong các tính toán đã giới thiệu mà phải phù hợp với nhiệt độ bay hơi trung gian yêu cầu. Hình 5.10 giới thiệu 1 sơ đồ 2 cấp 2 chế độ bay hơi R22 với bình quá lạnh lòng của Bitzer.



Hình 5.10. Sơ đồ 2 cấp 2 chế độ bay hơi, R22, có bình quá lạnh lòng

1 - Máy nén cấp hạ áp; 2 - Máy nén cao áp; 3 - Bình tách dầu; 4 - Bình chứa dầu; 5 - Van áp suất (1,4 bar); 6 - Đường cân bằng áp suất; 7 - Van phao hạ áp điều chỉnh mức dầu (thiết kế cho 6,5 bar), 8 - Van phao hạ áp điều chỉnh mức dầu (giống như 7 hoặc kiểu tiêu chuẩn); 9 - Dàn ngưng; 10 - Van tiết lưu phun lỏng bổ sung và để quá lạnh lòng; 11 - Thiết bị quá lạnh lòng; 12, 13 - Van tiết lưu và dàn bay hơi nhiệt độ thấp; 14, 15 - Van tiết lưu và dàn bay hơi nhiệt độ trung gian

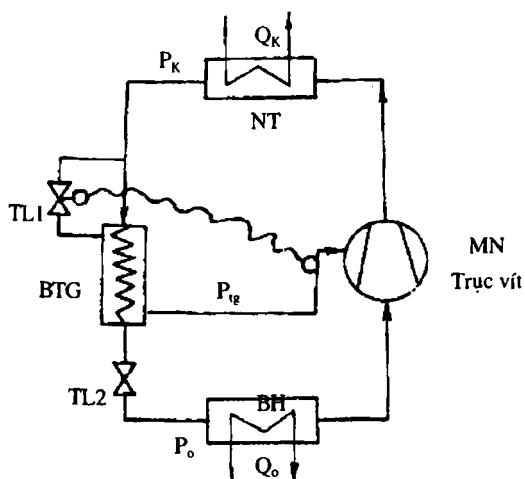
Ở đây, các máy nén là riêng lẻ chứ không phải loại 2 cấp nén trên cùng 1 máy, vì chúng được tính toán để đạt năng suất lạnh cũng như áp suất bay hơi và áp suất trung gian yêu cầu. Để kiểm soát nhiệt độ cuối tầm nén cấp cao áp cần có van tiết lưu phun lỏng bổ sung 10. Việc khống chế mức dầu tự động cho cả hệ thống máy nén được tiến hành nhờ bình chứa dầu 4 và van phao hạ áp 7, 8.

Tất nhiên, so với hệ thống 2 cấp ở hình 5.4 thì hệ thống này phức tạp hơn nhiều về máy nén, đường ống cũng như hệ thống điện điều khiển.

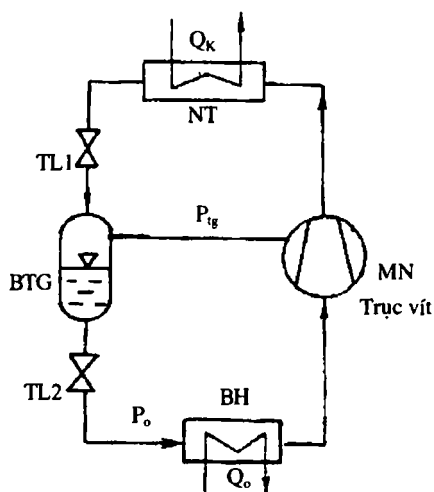
5.7.2. Đặc điểm chu trình máy nén trực vít và tuabin

Đối với máy nén trực vít và tua bin, người ta có thể bố trí trên thân máy những cửa hút có áp suất trung gian nằm trong khoảng p_k và p_o . Môi chất lạnh có thể được hút qua những cửa đó với áp suất trung gian mà quá trình nén không bị ảnh hưởng. Do đặc điểm thuận lợi đó, có thể bố trí chu trình giống như chu trình hai cấp nhưng chỉ có một máy nén duy nhất để đạt được hiệu quả nhiệt độ giống như chu trình hai cấp. Ngoài ra máy nén trực vít và tuabin còn có khả năng tạo ra nhiều cấp nhiệt độ bay hơi, sử dụng phổ biến trong công nghiệp hóa học.

Hình 5.11 mô tả khả năng quá lạnh lỏng bằng môi chất lỏng tiết lưu xuống áp suất trung gian giống như chu trình trên hình 5.3 nhưng chỉ sử dụng một máy nén trực vít. Hình 5.12 biểu diễn chu trình hai tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn nhưng cũng chỉ sử dụng một máy nén trực vít hoặc tuabin tương tự chu trình biểu diễn trên hình 5.6.



Hình 5.11. Chu trình quá lạnh lỏng bằng môi chất tiết lưu xuống áp suất trung gian p_{tg} bằng máy nén trực vít hoặc tuabin



Hình 5.12. Chu trình làm mát trung gian hai tiết lưu bằng máy nén trực vít hoặc tuabin

Thí dụ 5.3. Cho biết nhiệt độ ngưng tụ là 45°C , nhiệt độ bay hơi thấp nhất có thể đạt được là bao nhiêu khi sử dụng máy nén pittông và trục vít, môi chất NH_3 .

Giải:

a) Đối với máy nén pittông NH_3 , tỷ số nén khuyến dùng là 8 còn tối đa $\pi_{\max} = 9$ và với $t_k = 45^{\circ}\text{C}$ nên $p_k = 17,83 \text{ bar}$

$$p_o = p_k / \pi = 17,83 \text{ bar} / 9 = 1,98 \text{ bar}$$

Vậy nhiệt độ bay hơi thấp nhất có thể đạt được là $t_{\text{omin}} = -19^{\circ}\text{C}$.

b) Đối với máy nén trục vít NH_3 , tỉ số nén đạt tới 20 do đó

$$p_o = 17,83 \text{ bar} / 20 = 0,89 \text{ bar} \text{ tương ứng } t_{\text{omin}} = -36^{\circ}\text{C}$$

Với nhiệt độ này có thể thực hiện buồng bảo quản đông lạnh tới nhiệt độ buồng -28°C mà chỉ dùng chu trình 1 cấp máy nén trục vít.

Thí dụ 5.4: Cho biết nhiệt độ ngưng tụ 45°C , môi chất R22. Hỏi nhiệt độ bay hơi thấp nhất có thể đạt được khi sử dụng:

a) Máy nén R22 pittông?

b) Máy nén R22 trục vít?

Giải

Nhiệt độ ngưng tụ là 45°C , áp suất tương ứng là $17,3 \text{ bar}$

a) Đối với máy nén pittông R22, tỷ số nén khuyến dùng là $\pi = 12$ và $\pi_{\max} = 13$ vậy $p_{\text{omin}} = 17,3 / 13 = 1,33 \text{ bar}$,

Tương ứng $t_{\text{omin}} = -35^{\circ}\text{C}$

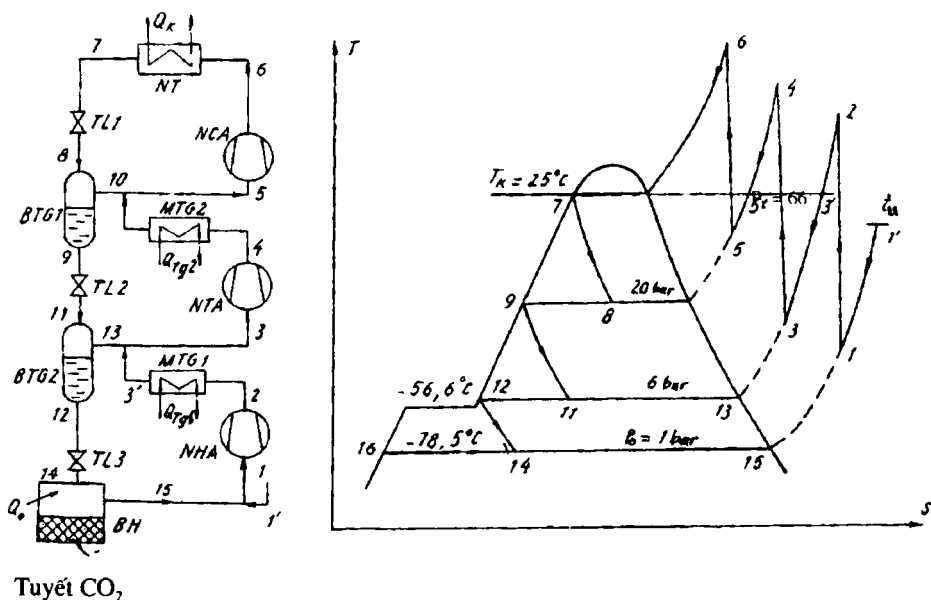
b) Đối với máy nén trục vít ta có thể đạt được nhiệt độ sôi thấp hơn nhiều so với máy nén pittông $p_{\text{omin}} = 17,3 / 20 = 0,865 \text{ bar}$ tương ứng $t_{\text{omin}} = -44^{\circ}\text{C}$.

5.7.3. Chu trình 3 cấp sản xuất đá khô

Đá khô là cacbonic ở thể rắn. Đá khô được sử dụng như chất tải lạnh đặc biệt để làm lạnh trong vận tải lạnh. Điểm 3 thể của nó có áp suất $5,18 \text{ bar}$ nhiệt độ $-56,6^{\circ}\text{C}$, khi sử dụng đá khô để làm lạnh, đá khô thăng hoa ở 1 bar , nhiệt độ $-78,5^{\circ}\text{C}$. Khi nhiệt độ tăng đến 0°C năng suất lạnh riêng của đá khô sẽ là $q_o = 565 \text{ kJ/kg} + 62,8 \text{ kJ/kg} = 628 \text{ kJ/kg}$, trong đó nhiệt ẩn thăng hoa là 565 kJ/kg và nhiệt lượng quá nhiệt đến 0°C là $62,8 \text{ kJ/kg}$.

Hình 5.13 mô tả chu trình hở ba cấp sản xuất đá khô. Do áp suất ngưng tụ quá cao $p_k = 66 \text{ bar}$ nên cấp nén trên cùng cần phải đặc biệt quan tâm đến sức bền và độ kín các chi tiết. Do nhiệt độ tới hạn thấp nên phải thực hiện chế độ

ngưng tụ ở 25°C và $p_k = 66\text{bar}$.



Hình 5.13. Chu trình hờ ba cấp sản xuất đá khô

BH – Bình bay hơi có thiết bị đóng bánh đá khô

Giữa các cấp nén đều có làm mát trung gian xuống nhiệt độ t_k , cấp nén hạ áp trung gian và cao áp đều hút hơi quá nhiệt. Các cấp áp suất được chia ra như sau: $p_0 = 1\text{bar}$; $p_{tg} = 6\text{bar}$; $p_{tg2} = 20\text{bar}$; $p_k = 66\text{bar}$. Hơi cacbonic được hút vào máy nén hạ áp ở nhiệt độ môi trường và áp suất p_0 gần bằng 1 bar hòa trộn với hơi ở trạng thái 15. Điểm hòa trộn ở trạng thái 1. Qua máy nén hạ áp hơi có nhiệt độ t_2 , được làm mát trong thiết bị làm mát trung gian MTG 1 đến nhiệt độ t_3 , bằng nhiệt độ ngưng tụ t_k rồi hòa trộn với hơi bão hòa ở trạng thái 13. Hỗn hợp hơi có nhiệt độ t_3 được máy nén trung áp nén lên trạng thái 4 có nhiệt độ t_4 lớn hơn t_k . Ở thiết bị trao đổi nhiệt trung gian MTG2, hơi được làm mát xuống trạng thái 5. Sau khi hòa trộn với hơi ra ở bình trung gian BTG1 hơi có trạng thái 5 và đi vào máy nén cao áp. Sau thiết bị ngưng tụ NT, hơi ngưng tụ thành lỏng bão hòa (điểm 7). Qua cấp tiết lưu thứ nhất ta có lỏng CO_2 ở nhiệt độ khoảng -20°C . Qua tiết lưu thứ hai, nhiệt độ lỏng xuống gần nhiệt độ ba thể. Qua tiết lưu thứ ba, trong bình bay hơi BH có tuyết CO_2 và hơi. Hơi được hút về máy nén để hòa trộn với CO_2 mới và được nén lên cấp trung áp. Tuyết CO_2 được ép lại thành bánh và chuyển đến nơi tiêu thụ.

5.7.4. Chu trình máy lạnh ghép tầng

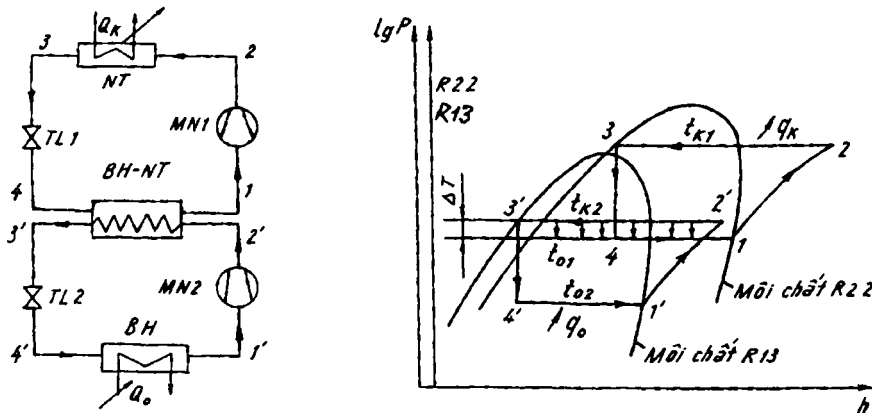
Nguyên lý của chu trình ghép tầng là ghép các chu trình lạnh đơn giản một cấp vào với nhau theo kiểu: thiết bị bay hơi của cấp trên làm lạnh thiết bị ngưng tụ của cấp dưới. Hình 5.14 mô tả nguyên lý chu trình ghép tầng gồm hai tầng.

Năng suất lạnh của tầng dưới cũng là Q_o , nhiệt thải ở thiết bị ngưng tụ tầng trên cũng sẽ là:

$$Q_k = Q_o + \sum_{i=1}^n Li$$

Như vậy hệ số lạnh ε sẽ là:

$$\varepsilon = \frac{Q_o}{\sum_{i=1}^n Li}$$



Hình 5.14. Nguyên lý chu trình ghép tầng (hai tầng).

BH – NT – Thiết bị bay hơi ngưng tụ

Mỗi tầng là một máy lạnh 1 cấp đơn giản. Năng suất lạnh của tầng trên dùng để hấp thụ toàn bộ nhiệt ngưng tụ của tầng dưới nên thiết bị đó được gọi là bình bay hơi ngưng tụ (BH-NT). Trong máy lạnh ghép 2 tầng người ta sử dụng R22 cho tầng trên còn R13 cho tầng dưới, nhiệt độ bay hơi tầng trên khoảng -20°C và tầng dưới -60°C (hoặc có thể tới -80°C).

Chu trình ghép tầng được sử dụng rộng rãi cho nhu cầu nhiệt độ lạnh từ -50 đến -100°C . Đây là phạm vi nhiệt độ mà máy lạnh chu trình 3 cấp có rất nhiều nhược điểm như áp suất ngưng tụ quá cao còn áp suất bay hơi lại quá thấp. Chu trình ghép tầng còn được sử dụng cho công nghiệp hóa lỏng khí đốt đến nhiệt độ -160°C , thậm chí đến -210°C .

Nhược điểm chủ yếu của chu trình ghép tầng là:

- Thiết bị phức tạp, có nhiều loại môi chất lạnh gây khó khăn cho việc vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa.
- Năng suất lạnh dao động mạnh, khó vận hành, khó điều chỉnh tự động.
- Áp suất cân bằng khi dừng máy ở tầng dưới rất lớn nên phải có bình cân bằng áp suất để khống chế áp suất tầng dưới không qua cao khi máy dừng và nhiệt độ hệ thống nâng lên đến nhiệt độ môi trường.

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 biểu diễn chu trình 2 cấp 1 tiết lưu 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 chu trình 2 cấp 1 tiết lưu.
6. Vẽ sơ đồ thiết bị và biểu diễn chu trình 2 cấp 1 tiết lưu có hồi nhiệt trên đồ thị lgp-h.
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. Chu trình 2 cấp 1 tiết lưu có hồi nhiệt và bình quá lạnh làm việc như thế nào?
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 thường dùng môi chất gì, vì sao?
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 cấp 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 là gì?
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? Khi nào gọi là chu trình hở?
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) $Q_o = 100 \text{ kW}$; $t_k = 40^\circ\text{C}$; $t_o = -30^\circ\text{C}$

b) $Q_o = 100 \text{ kW}$; $t_k = 40^\circ\text{C}$; $t_o = -50^\circ\text{C}$

27. Tính chu trình lạnh 2 cấp 2 tiết lưu làm mát 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) $Q_o = 100 \text{ kW}$; $t_k = 40^\circ\text{C}$; $t_o = -30^\circ\text{C}$

b) $Q_o = 100 \text{ kW}$; $t_k = 40^\circ\text{C}$; $t_o = -50^\circ\text{C}$

28. Ưu điểm cơ bản của chu trình máy nén trực vít so với máy nén pittông là gì?

29. Vì sao máy nén trực vít có hiệu suất thể tích λ cao hơn hẳn so với máy nén pittông?

30. Vì sao máy nén trực vít có nhiệt độ cuối tầm nén thấp hơn hẳn so với máy nén pittông?

Chương 6

THIẾT BỊ NGƯNG TỤ

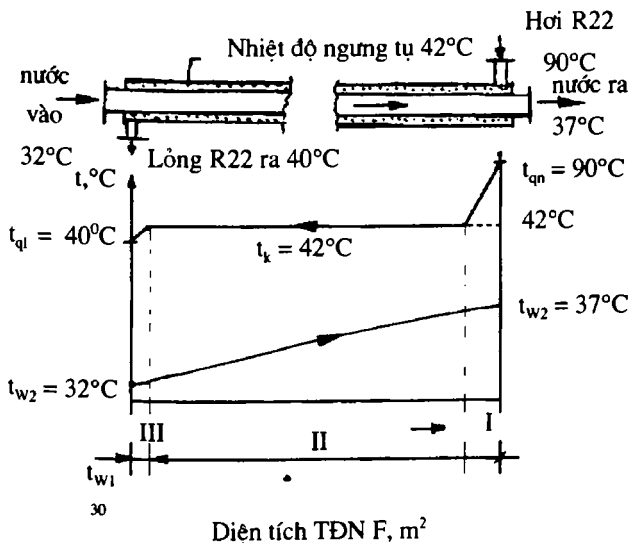
6.1. ĐỊNH NGHĨA, PHÂN LOẠI

6.1.1. Định nghĩa

Thiết bị ngưng tụ là thiết bị trao đổi nhiệt có vách ngăn dùng để thải nhiệt ngưng tụ của môi chất lạnh ra môi trường làm mát như nước, không khí...

Thiết bị ngưng tụ được lắp sau máy nén và trước van tiết lưu của hệ thống lạnh. Hơi có áp suất cao, nhiệt độ cao, từ máy nén ra, sau khi đi qua thiết bị ngưng tụ sẽ ngưng tụ hoàn toàn thành dịch lỏng.

6.1.2. Nguyên tắc làm việc



Hình 6.1. Biến thiên nhiệt độ trong thiết bị ngưng tụ (trao đổi nhiệt kiểu ống lồng), thí dụ hơi vào 90°C , nhiệt độ ngưng tụ 42°C , nhiệt độ quá lạnh lỏng 40°C , nhiệt độ nước làm mát vào $t_{w1} = 32^\circ\text{C}$, ra $t_{w2} = 37^\circ\text{C}$.

I. Quá trình làm mát hơi quá nhiệt từ máy nén từ nhiệt độ quá nhiệt $t_{qn} = 90^\circ\text{C}$ xuống nhiệt độ ngưng tụ 42°C

II. Quá trình ngưng tụ $t_k = 42^\circ\text{C}$ không đổi

III. Quá trình quá lạnh lỏng từ nhiệt độ ngưng tụ 42°C xuống nhiệt độ quá lạnh $t_{ql} = 40^\circ\text{C}$

Hình 6.1 giới thiệu nguyên tắc làm việc của một thiết bị kiểu ống lồng làm mát bằng nước và đồ thị biểu diễn biến thiên nhiệt độ của môi chất lạnh và nước làm mát (ví dụ cho R22/ nước).

6.1.3. Ba phương trình cơ bản

Năng suất nhiệt độ của thiết bị ngưng tụ Q_k được xác định theo 3 phương trình như sau:

a) Theo hiệu entanpy đầu vào và ra của môi chất lạnh

$$Q_k = m(h_2 - h_1), \text{ kW} \quad (6.1)$$

trong đó:

m - lưu lượng môi chất lạnh qua dàn ngưng, kg/s

$h_2 - h_1$ - hiệu entanpy của môi chất lạnh vào và ra, kJ/kg.

b) Theo hệ số truyền nhiệt k từ phía môi chất lạnh sang môi trường làm mát

$$Q_k = k.F.\Delta t_{tb} = q_F.F, \text{ kW} \quad (6.2)$$

trong đó:

k - hệ số truyền nhiệt, $\text{W/m}^2\text{K}$; F - diện tích bề mặt trao đổi nhiệt, m^2

Δt_{tb} - hiệu nhiệt độ trung bình logarit, K ; q_F - mật độ dòng nhiệt, W/m^2 .

c) Theo môi trường giải nhiệt

$$Q_k = m_w C_{pw} (t_{w2} - t_{w1}), \text{ kW} \quad (6.3)$$

Trong đó:

m_w - lưu lượng nước làm mát thiết bị ngưng tụ, kg/s,

C_{pw} - nhiệt dung riêng của nước kJ/kgK,

$(t_{w2} - t_{w1})$ - hiệu nhiệt độ nước ra và vào, K

Nếu giải nhiệt gió thì là lưu lượng, nhiệt dung và hiệu nhiệt độ của gió (không khí).

6.1.4. Phân loại thiết bị ngưng tụ (TBNT)

Thiết bị ngưng tụ có thể được phân loại theo các đặc điểm sau:

a) Theo môi trường làm mát

- TBNT làm mát bằng nước (còn gọi bình ngưng giải nhiệt nước)
- TBNT làm mát bằng không khí (còn gọi dàn ngưng giải nhiệt gió)
- TBNT làm mát bằng nước và không khí kết hợp (tháp ngưng)
- TBNT làm mát bằng sản phẩm công nghệ hoặc sản phẩm khác.

b) Theo đặc điểm bề mặt ngưng tụ

- Ngưng tụ trên bề mặt ngoài ống trao đổi nhiệt (ví dụ bình ngưng ống vỏ nằm thẳng đứng, ống lồng...).

- Ngưng tụ trên bề mặt trong của ống trao đổi nhiệt (dàn ngưng giải nhiệt gió, tháp ngưng, dàn ngưng tưới, kiểu panel...)

c) Theo chế độ chảy của môi trường làm mát

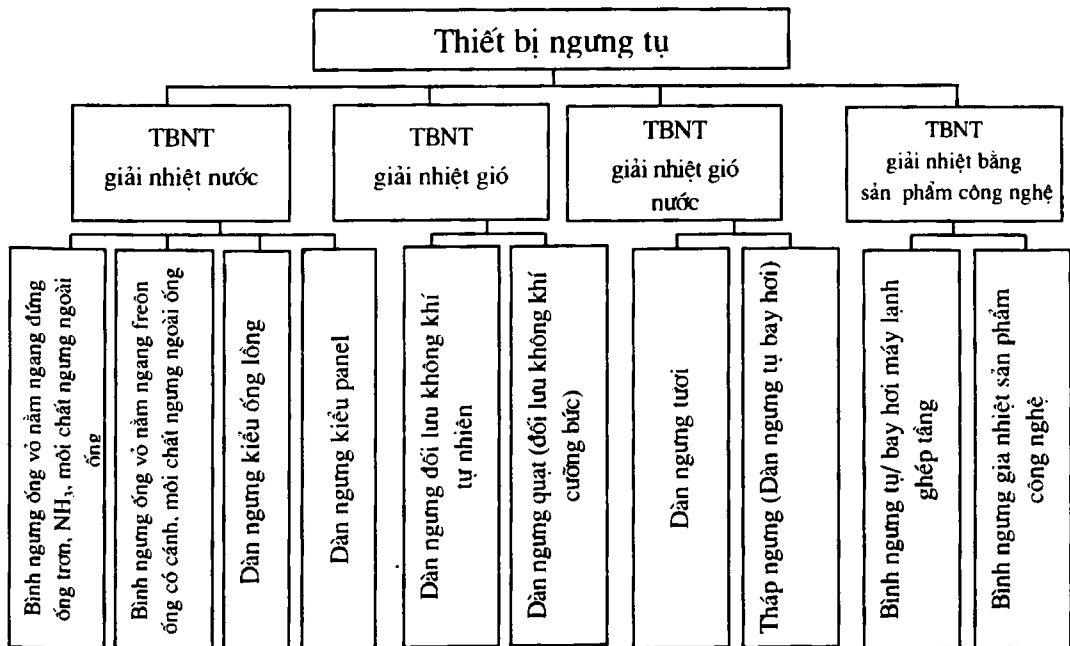
- Tuần hoàn gió tự nhiên (ví dụ dàn ngưng tủ lạnh gia đình...)
- Tuần hoàn gió cưỡng bức (tuần hoàn cưỡng bức gió nhờ quạt,
- Tuần hoàn nước cưỡng bức (bơm nước cho bình ngưng giải nhiệt nước).

d) Theo môi chất lạnh

- TBNT amoniắc
- TBNT freôn.

Ngoài ra, còn nhiều dạng thiết bị ngưng tụ đặc chủng khác.

Hình 6.2 giới thiệu sơ đồ phân loại TBNT chủ yếu.



Hình 6.2. Phân loại các thiết bị ngưng tụ chủ yếu

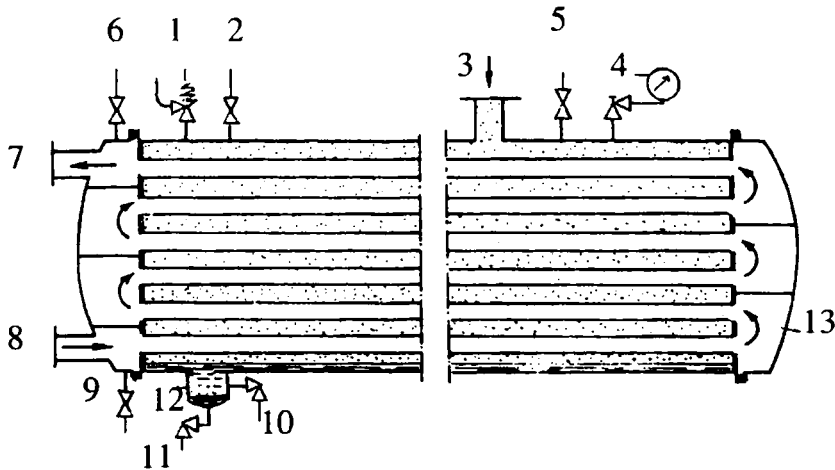
6.2. TBNT GIẢI NHIỆT NƯỚC

6.2.1. Bình ngưng ống vỏ nằm ngang

a) Nguyên tắc cấu tạo và làm việc

Hình 6.3 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của bình ngưng ống vỏ nằm ngang. Hơi môi chất đi vào theo đường 3 và sau khi thải nhiệt cho nước làm mát sẽ ngưng tụ thành lỏng, chảy xuống bầu gom lỏng 12 rồi chảy qua van

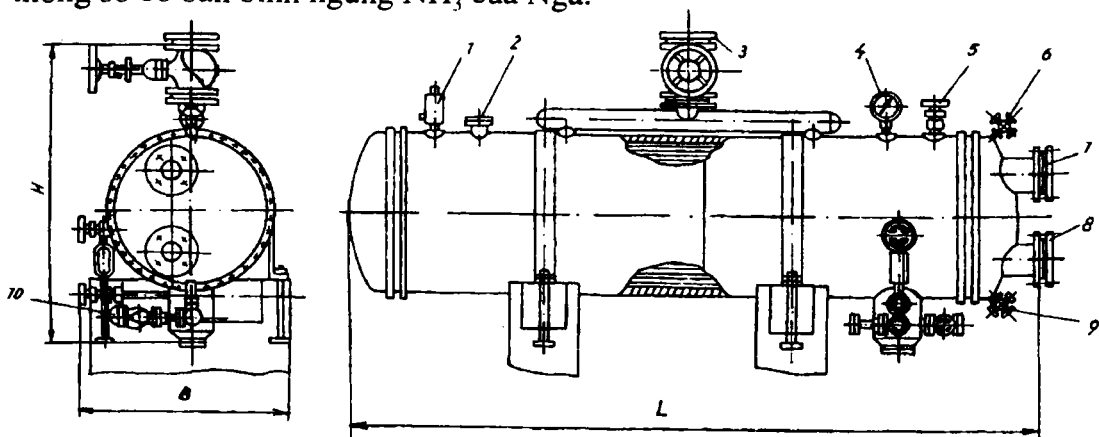
10 xuống bình chứa cao áp. Toàn bộ lòng ngưng được đưa xuống bình chứa cao áp để giải phóng bề mặt trao đổi nhiệt, nâng cao hiệu suất của thiết bị. Để thoát lỏng từ bình ngưng xuống bình chứa dễ dàng theo kiểu bình thông nhau cần có đường cân bằng hơi 2. Đường 5 dùng để xả khí không ngưng hình thành do phân huỷ amôniac thành hydro và nitơ. Van 6 và 5 phía nước dùng để xả khí và xả nước khi cần.



Hình 6.3. 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 trong nước; 7 - ống nước làm mát ra; 8 - ống nước làm mát vào; 9 - van xả nước; 10 - ống hơi NH_3 lỏng ra; 11 - xả dầu; 12 - bầu gom dầu; 13 - nắp phân khoang cho các lối nước làm mát đảm bảo tốc độ nước tối ưu cho quá trình trao đổi nhiệt (ở đây 6 lối)

Các ống trao đổi nhiệt trong bình ngưng amoniác thường là ống trơn đường kính 25mm chiều dày 2,5mm. Hình 6.4 và bảng 6.1 giới thiệu cấu tạo và thông số cơ bản bình ngưng NH_3 của Nga.



Hình 6.4. Cấu tạo và thông số cơ bản bình ngưng ống vỏ nằm ngang amoniác của Nga

1-Van an toàn, 2-Đường cân bằng; 3-Hơi NH_3 vào; 4-áp kế; 5-Van xả khí không ngưng; 6-Xả không khí; 7 - Nước ra; 8 - Nước vào; 9 - Nước xả; 10 - NH_3 ra.

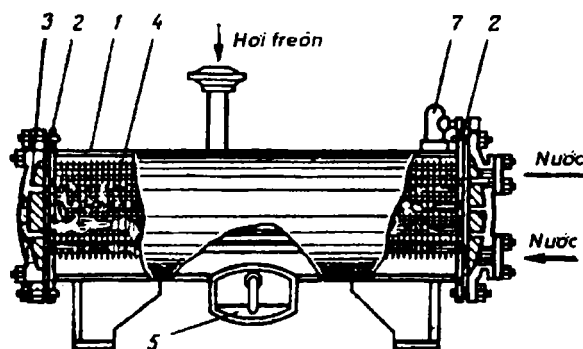
Bảng 6.1. Thông số cơ bản bình ngưng NH₃ của Nga

Ký hiệu bình ngưng	Diện tích bề mặt, m ²	Kích thước phủ bì, mm				Số ống	Kích thước ống nối, mm			Thể tích giữa các ống m ³	Khối lượng kg
		Đường kính D	Dài L	Rộng B	Cao H		hơi d	Lòng dl	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	2,5	5330
KTT-180	180	1000	5750	1330	1670	614	100	40	200	2,0	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	1092

Ghi chú :

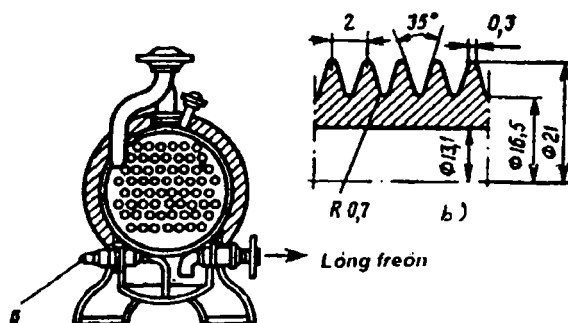
1. Ống thép trong bình ngưng Φ 25 x 2,5 mm từ thép 102.
2. Số lối: 8 riềng KTT-10: 10 lối
3. Van an toàn cho các bình ngưng đến KTT-65 có đường kính danh nghĩa Dy 15; còn lại là Dy 25.

Hình 6.5 và bảng 6.2 giới thiệu cấu tạo và các thông số cơ bản của bình ngưng ống vỏ freôn của Nga.



Hình 6.5. Cấu tạo và thông số cơ bản bình ngưng freôn

- a) Bình ngưng; b) Profil cánh ống lăn hoa.
- 1 - Vỏ; 2 - Mặt sàng; 3 - Nắp;
 - 4 - Ống trao đổi nhiệt bằng đồng có cánh lăn hoa hệ số cánh 3,5; 5 - Bầu gom lỏng;
 - 6 - Van xả; 7 - Van an toàn



Bảng 6.2. Thông số cơ bản bình ngưng freôn của Nga

Bình ngưng	Diện tích bề mặt ngoài, m ²	Đường kính vỏ, mm	Chiều dài ống, mm	Số ống	Ống nối, mm			Kích thước phủ bì, mm			Thể tích không gian chứa các ống, m ³
					Hơi	Lỏng	Nước	Dài	Rộng	Cao	
MKTHP-10	10	325	1500	60	25	20	50	1850	530	665	0.0885
MKTHP-16	16	325	1500	90	40	20	65	1850	530	665	0,0795
MKTHP-25	25	377	2000	110	40	32	65	2450	600	700	0.142
MKTHP-40	40	426	2000	174	50	40	100	2500	640	790	0.185
MKTHP-50	50	426	2500	174	50	40	125	3000	640	790	0,2325
MKTHP-63	63	426	2500	218	55	30	125	3000	535	790	0,2125
MKTHP-80	80	530	2000	358	65	50	150	2530	700	930	0.265
MKTHP-100	100	530	2500	358	80	65	150	3050	700	930	0,335
MKTHP-125	125	530	3000	358	80	65	200	3550	700	930	0,411
MKTHP-160	160	600	2500	530	100	80	200	3150	800	1020	0,430
MKTHP-200	200	600	3000	530	100	80	200	3650	800	1020	0,620
MKTHP-250	250	700	3000	730	125	100	250	3650	870	1155	0,850
MKTHP-315	315	700	3000	730	125	100	250	4150	870	1155	0,990

Khác biệt cơ bản của bình ngưng freôn so với bình ngưng amoniác là chùm ống trao đổi nhiệt có thể bằng thép hoặc bằng đồng, ống được tạo cánh phía freôn để tăng cường trao đổi nhiệt vì hệ số toả nhiệt khi ngưng của freôn nhỏ hơn nhiều so với của nước. Cánh có thể là cánh ép hoặc cánh lăn hoa.

a) Ưu điểm

- Bình ngưng ống vỏ ống nằm ngang là TBNT gọn và chắc chắn, chiếm ít diện tích phù hợp với những nơi chật hẹp như trong giàn máy, trên tàu thủy,
- Tiêu hao kim loại nhỏ khoảng $40 \div 45 \text{ kg/m}^2$ diện tích trao đổi nhiệt,
- Hiệu nhiệt độ nước ra vào có thể đạt $4 \div 10 \text{ K}$ tùy trường hợp ứng dụng, trung bình lấy 5K ,
- Có thể dùng ngay phần dưới của bình kết hợp làm bình chứa cao áp,
- Hệ số truyền nhiệt k đạt 800 đến $1000 \text{ W/m}^2\text{K}$, độ chênh nhiệt độ trung bình logarit bằng $5 \div 6 \text{ K}$, mật độ trung bình đạt $3000 \div 6000 \text{ W/m}^2$,
- Dễ dàng chế tạo, lắp đặt, bảo dưỡng sửa chữa.

b) Nhược điểm chủ yếu là

- Cần không gian để tháo ống khi thay thế ống trao đổi nhiệt,
- Yêu cầu lượng nước làm mát lớn và nhanh bị cáu bẩn, giảm nhanh khả năng truyền nhiệt khi bị cáu bẩn.

- Nếu dùng nước tuần hoàn phải đầu tư thêm tháp giải nhiệt, tốn thêm diện tích, gây ồn, ẩm môi trường lân cận.

Do những ưu điểm trên nên bình ngưng loại này được dùng khá phổ biến cho cả năng suất lạnh trung bình và lớn.

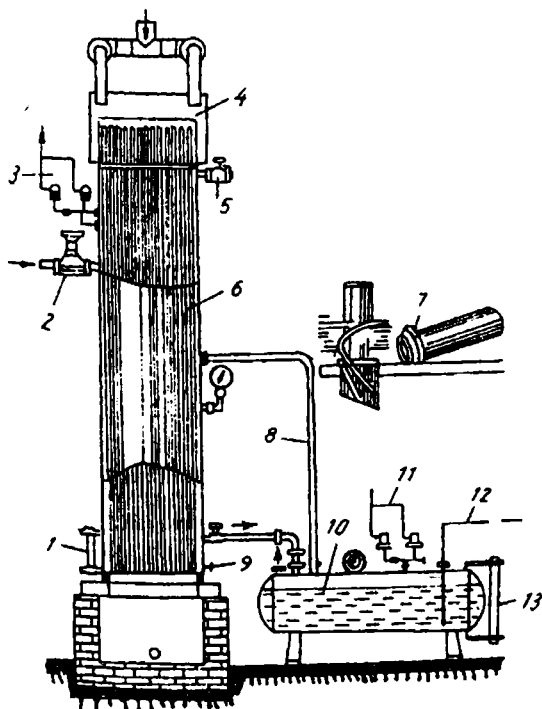
c) Hư hỏng và cách khắc phục

- Đóng cặn là hư hỏng thường gặp nhất. Cặn cặn không những làm giảm hiệu suất trao đổi nhiệt mà còn làm tắc nghẽn đường ống nước làm cho nhiệt độ và áp suất ngưng tụ tăng cao, hiệu suất máy giảm và đôi khi không đáp ứng được nhu cầu công nghệ. Có thể dùng phương pháp cơ học như dùng bàn chải lông sắt (bàn chải đuôi cáo) để thông rửa. Cũng có thể dùng hóa chất kết hợp như dùng dung dịch soda Na_2CO_3 5% để súc rửa sau đó thổi sạch bằng khí nén.

6.2.2. BÌNH NGƯNG ỐNG VỎ THẲNG ĐỨNG

a) Nguyên tắc cấu tạo và làm việc

Hình 6.6 và bảng 6.3 giới thiệu cấu tạo và các thông số cơ bản bình ngưng ống vỏ thẳng đứng amoniác của Nga. Vỏ hình trụ, ống trao đổi nhiệt bằng thép trơn đường kính 57mm x 3,5mm được núc vào hai mặt sàng không có nắp. Phía trên bố trí bộ phân phối nước để nước xoáy khi chảy xuống, toả đều trên bề mặt trong của ống. Phía dưới đặt trên bệ xây bằng gạch có lỗ thoát ra cống.



Hình 6.6. Cấu tạo bình ngưng ống vỏ thẳng đứng amoniác của Nga

1' 13 - Ống thủy; 2 - Ống hơi vào; 3 - Van an toàn; 4 - Hộp phân phối nước; 5 - Đường xả khí; 6 - Vỏ; 7 - Ống lỏng ra; 8 - Ống cân bằng; 9 - Van xả dầu; 10 - Bình chứa cao áp; 11 - Van an toàn; 12 - Đường cấp lỏng

Bảng 6.3. Thông số cơ bản bình ngưng ống vỏ thẳng đứng của Nga

Ký hiệu bình ngưng thẳng đứng	Diện tích, bề mặt m ²	Kích thước phủ bì, mm			Số ống	Ống nối, mm		Thể tích không gian giữa các ống, m ³	Khối lượng, kg
		Đường kính D	Rộng B	Cao H		Hơi	Lòng		
50 KB	50	700	920	5500	64	70	32	1.12	2490
75 KB	75	800	1020	5500	96	70	32	1.27	3350
100 KB	100	1000	1220	5000	150	80	40	1.8	4650
125 KB	125	1000	1220	6000	150	80	40	2.2	5590
150 KB	150	1200	1450	5000	240	100	50	2.64	6625
150 KB	250	1400	1650	5500	312	125	50	3.64	10605

b) Ưu nhược điểm

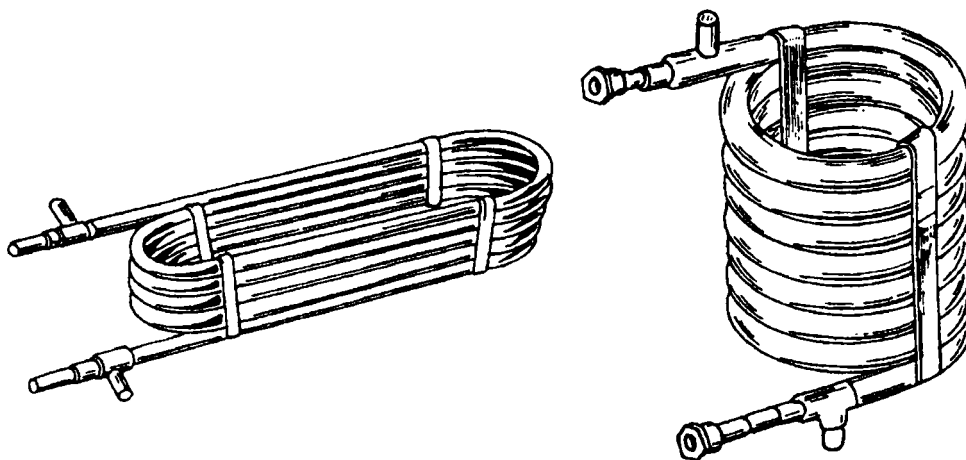
- Hệ số truyền nhiệt khá cao $k = 800 \div 1000 \text{ W/m}^2\text{K}$, mật độ dòng nhiệt đạt 4500 W/m^2 ở hiệu nhiệt độ trung bình logarit $5 \div 6\text{K}$,
- Bề mặt trao đổi nhiệt phía nước khó bám bẩn nên có thể dùng nguồn nước có chất lượng không cao để làm mát.
- Việc lắp ráp vận hành bảo dưỡng khó hơn.

c) Phạm vi ứng dụng

- Chỉ sử dụng ở các xí nghiệp lạnh lớn với nguồn nước kém chất lượng như nước lợ, mặn, nước sông...

6.2.3. Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng xoắn

Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của TBNT kiểu ống lồng đã được giới thiệu ở hình 6.1. Hình 6.7 giới thiệu hình dáng 2 kiểu xoắn ô van và xoắn lò xo.

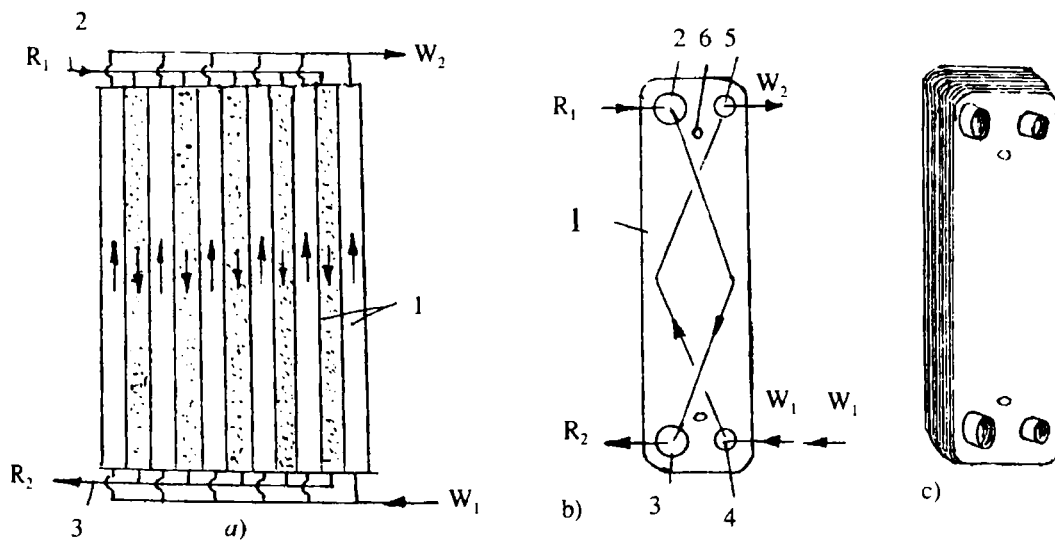


Hình 6.7. Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng xoắn ô van và xoắn lò xo

Ưu điểm cơ bản của loại TBNT là trao đổi nhiệt ngược dòng nên hiệu suất trao đổi nhiệt cao. Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng hiện nay được sử dụng rất rộng rãi cho các thiết bị lạnh thương nghiệp và đặc biệt các máy điều hoà nhiệt độ giải nhiệt nước.

6.2.4. Thiết bị ngưng tụ kiểu panel

Hình 6.8 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của TBNT kiểu panel.



Hình 6.8 Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của TBNT kiểu panel

a) Nguyên tắc phân dòng; b) Bố trí tấm vào ra trên tấm; c) Hình dáng bên ngoài
 1- Các tấm panel; 2 - Hơi môi chất lạnh vào; 3 - Lồng môi chất lạnh ra; 4 - Nước làm mát vào; 5 - Nước làm mát ra; 6 - Bu lông xiết chặt; R₁, R₂ - Môi chất lạnh vào, ra; W₁, W₂ - Nước vào ra.

Các tấm panel có 4 lỗ cho các chất lỏng vào ra xen kẽ khi ghép chúng lại với nhau. Trên các tấm panel có bố trí các rãnh lượn sóng đặc biệt để các dòng chất lỏng chảy tỏa đều trên bề mặt tấm và thực hiện trao đổi nhiệt ngược dòng, môi chất lạnh ngưng tụ đi từ trên xuống còn nước làm mát đi từ dưới lên.

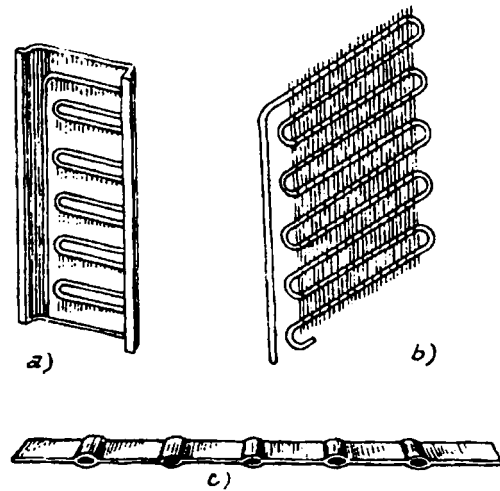
6.3. THIẾT BỊ NGƯNG TỤ GIẢI NHIỆT GIÓ

6.3.1. Dàn ngưng tụ tự nhiên

Dàn ngưng tụ tự nhiên là TBNT làm mát bằng không khí đối lưu tự nhiên. Đây là các loại dàn có năng suất lạnh nhỏ và rất nhỏ sử dụng cho các tủ lạnh gia đình, thương nghiệp. Hình 6.9 giới thiệu một vài kiểu dáng ngưng tụ tự nhiên.

Hình 6.9a giới thiệu một dàn ống xoắn bằng đồng đường kính 5 x 1mm

hàn dính lên một tấm kim loại. Ngày nay tấm kim loại chính là 3 mặt vỏ của tủ lạnh. Hình 6.9b dàn ống xoắn bằng thép đường kính 5 x 1mm có hàn dính các dây thép làm cánh tản nhiệt và hình 6.8c giới thiệu dàn ngưng dạng panel dập nóng từ 2 tấm nhôm có độ dày 1,5mm bố trí các kênh cho ga lạnh. Trước khi gia công cán nóng cho 2 tấm liền vào nhau.



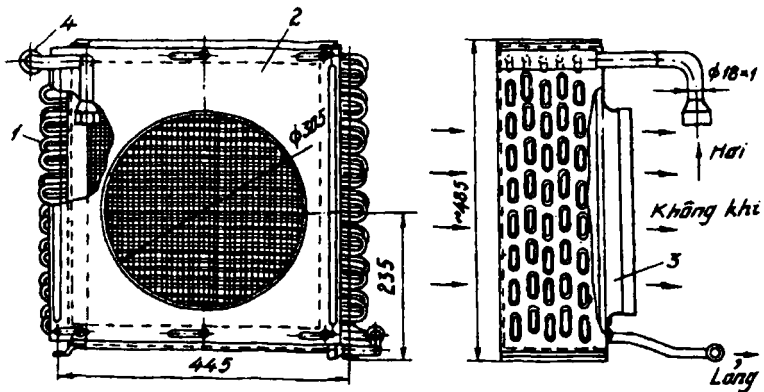
Hình 6.9. Dàn ngưng tụ không khí đối lưu tự nhiên

- a) kiểu ống - tấm nhôm
- b) kiểu ống có cánh dây thép
- c) kiểu panel ống trong tấm

Các kênh được vẽ bằng sơn màu sau đó dùng nước hoặc dầu áp suất cao 100 ÷ 400bar thổi tạo kênh ôvan. Hệ số truyền nhiệt của dàn ngưng tụ tự nhiên đạt khoảng $6 \div 7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

6.3.2. Dàn ngưng quạt

Dàn ngưng quạt là thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí thổi cưỡng bức hoặc thiết bị ngưng tụ giải nhiệt gió. Hình 6.10 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của một dàn ngưng quạt. Dàn gồm các ống xoắn có cánh.



Hình 6.10. Dàn ngưng tụ không khí đối lưu cưỡng bức

- 1 - ống xoắn có cánh; 2 - vỏ hộp quạt; 3 - ống khuếch tán; 4 - ống góp hơi vào; 5 - ống góp lỏng ra

Nếu là dàn NH_3 thì ống bằng thép, cánh thép hoặc nhôm. Nếu là dàn freon thì ống thường bằng đồng đường kính 12 x 1mm, bên ngoài có vỏ hộp

quạt. Ống khuếch tán 3 dùng để phân phối đều gió cho toàn bộ tiết diện dàn.

Hệ số truyền nhiệt dàn ngưng quạt đạt từ $30 \div 35 \text{ W/m}^2\text{K}$ ở tốc độ không khí $4 \div 5 \text{ m/s}$, mật độ dòng nhiệt đạt khoảng $180 \div 340 \text{ W/m}^2$. Đối với hệ thống có máy nén kín, tốc độ gió $2 \div 4 \text{ m/s}$ thì k chỉ đạt khoảng $25 \div 30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dàn ngưng quạt có năng suất nhiệt từ một vài trăm W đến hàng ngàn kW.

Ưu nhược điểm

- Không dùng nước nên không tốn nước, dùng cho vùng thiếu nước, không tốn kém cho các thiết bị giải nhiệt nước, xử lý nước và các nhược điểm do chúng mang lại.

- Do hệ số truyền nhiệt nhỏ nên diện tích trao đổi nhiệt lớn nên khá cồng kềnh. Tuy nhiên ngày nay rất nhiều máy điều hoà không khí sử dụng dàn ngưng quạt đặt trên tầng thượng nên vẫn tiết kiệm được diện tích.

- Nhược điểm cơ bản là phụ thuộc nhiều vào thời tiết, dễ chịu bức xạ mặt trời. Dàn ngưng quạt đặt trên tầng thượng thường có $k = 23 \div 35 \text{ W/m}^2\text{K}$, $q = 140 \div 230 \text{ W/m}^2$, $\Delta t_{\text{in}} = 5 \div 15\text{K}$.

- Do các cánh tản nhiệt nhỏ và dày nên dễ bám bẩn và khó vệ sinh nên cần tránh đặt dàn ở nơi có nhiều bụi bẩn, nên có mái che tránh mưa, bụi làm cho lớp bẩn trở thành keo rắn chắc bám dính chặt vào bề mặt ống và cánh tản nhiệt làm giảm khả năng toả nhiệt.

6.4. THIẾT BỊ NGƯNG TỤ LÀM MÁT BẰNG NƯỚC VÀ KHÔNG KHÍ

6.4.1. Tháp ngưng tụ

Tháp ngưng tụ còn được gọi là thiết bị ngưng tụ bay hơi do hiệu quả giải nhiệt chủ yếu nhờ vào nước bay hơi vào không khí khi nước phun từ trên xuống và không khí đi từ dưới lên nhờ quạt. Hình 6.11 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của tháp ngưng tụ.

Dàn ngưng tụ bằng ống trơn hoặc ống có cánh được bố trí trong vỏ tháp, hơi cao áp vào theo đường 4 và lỏng ra theo đường 7 để đến bình chứa cao áp. Ống trích lỏng trung gian 6 để thu lỏng trung gian giải phóng bề mặt trao đổi nhiệt bên trong ống khỏi lỏng ngưng.

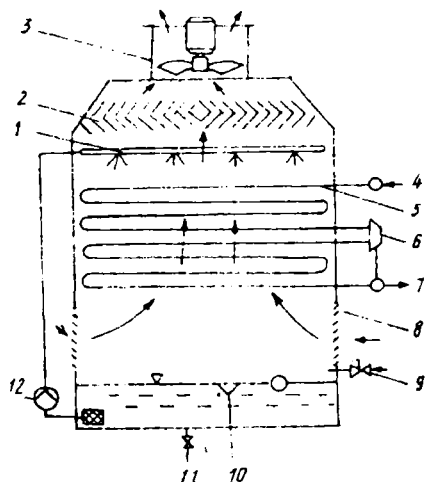
Tháp bao gồm bể nước phía dưới, xung quanh bao kín bằng tôn hoa hoặc vỏ composit, phía trên có quạt hút. Nước được bơm từ bể nước lên dàn phun phân phối đều lên dàn ngưng tụ. Để tránh nước tổn thất do cuốn theo gió người ta bố trí dàn chắn nước 2.

Ưu nhược điểm

- Ưu điểm cơ bản là tiết kiệm nước, nước bổ sung chỉ khoảng 3% so với lượng nước tuần hoàn. Hệ số truyền nhiệt đạt $450 \div 600 \text{ W/m}^2\text{K}$, mật độ dòng nhiệt $900 \div 1800 \text{ W/m}^2\text{K}$, hiệu nhiệt độ trung bình logarit từ $2 \div 3 \text{ K}$. Điện năng tiêu tốn cho bơm nước khoảng $20 \div 30 \text{ W}$ cho một kW năng suất lạnh.

- Nhược điểm là phụ thuộc nhiều vào thời tiết ngoài trời. Tháp có hiệu suất cao khi độ ẩm nhỏ và ngược lại. Mũi phun dễ bị tắc, hỏng do nước bẩn.

- Do khá gọn nhẹ, dễ vận hành bảo dưỡng sửa chữa giảm được nhiệt độ ngưng tụ so với dùng bình ngưng và tháp giải nhiệt nên hay được sử dụng cho các hệ thống lạnh NH_3 lớn.



Hình 6.11 Tháp ngưng tụ

- 1 - dàn phun nước; 2 - chắn nước;
3 - quạt gió; 4 - ống hơi vào;
5 - dàn ống ngưng tụ; 6 - ống trích
lòng trung gian; 7 - ống góp lòng
8 - cửa gió vào; 9 - nước bổ sung;
10 - xả tràn; 11 - xả đáy;
12 - bơm nước

6.4.2. Dàn ngưng tưới

Khác biệt duy nhất của dàn ngưng tưới so với tháp ngưng là không có vỏ bao che và quạt gió cưỡng bức nên tiêu tốn nước cao, chịu ảnh hưởng nhiều hơn của thời tiết mưa nắng, hệ số truyền nhiệt nhỏ hơn, dàn công kênh hơn, chiếm nhiều diện tích hơn nên ngày nay hầu như không được sử dụng (nếu cần xem ở tài liệu 1.2).

6.5. TÍNH TOÁN THIẾT BỊ NGƯNG TỤ

Có hai dạng bài toán tính toán TBNT đó là bài toán thuận và bài toán nghịch. Bài toán thuận là cho biết năng suất nhiệt Q_k , tính diện tích trao đổi nhiệt cần thiết. Bài toán nghịch là bài toán cho sẵn TBNT (hay cho biết trước diện tích trao đổi nhiệt) tính kiểm tra Q_k xem có phù hợp với nhu cầu sử dụng hay không. Bài toán thuận thường gọi là bài toán thiết kế còn bài toán nghịch gọi là bài toán kiểm tra.

Ngoài ra, liên quan đến TBNT có thể phải tính lưu lượng nước làm mát, tổn thất áp suất để chọn bơm nước, tính lưu lượng không khí để chọn quạt, tính nhiệt độ nước vào, ra, tính nhiệt độ không khí vào ra...

Các phương pháp tính toán cơ bản là các biểu thức (6.1) (6.2) và (6.3) đã

giới thiệu ở trên. Diện tích trao đổi nhiệt được xác định từ biểu thức:

$$F = \frac{Q_k}{k \cdot \Delta t_{th}} = \frac{Q_k}{q_F} \quad (6.4)$$

trong đó: k , q_F và Δt_{th} có thể xác định gần đúng theo hai cách:

- Định hướng theo các giá trị thực nghiệm (gọi tắt là phép tính đơn giản)
- Theo các tính toán truyền nhiệt truyền thống, nghĩa là xác định các trị số Re , Pr , Gr , xác định phương trình tính toán Nu rồi hệ số toả nhiệt α_1 , α_2 để xác định hệ số truyền nhiệt k ... (gọi tắt là phép tính phức tạp).

6.5.1. Phép tính đơn giản

Sử dụng biểu thức (6.1) đến (6.4) kết hợp với các giá trị thực nghiệm cho trong bảng 6.4 để tính toán TBNT.

Thí dụ 6.1.

Cho biết $Q_k = 100 \text{ kW}$, tính chọn bình ngưng amoniắc nằm ngang phù hợp.

Giải: Theo bảng 6.4 chọn $k = 800 \text{ W/m}^2\text{K}$ và $\Delta t_{th} = 5\text{K}$. Thay số vào (6.4) được:

$$F = \frac{100.000}{800.5} = 25\text{m}^2$$

Theo bảng 6.1 chọn bình ngưng KTT25 có diện tích trao đổi nhiệt 25m^2 , đường kính vỏ 500mm, chiều dài 3430mm rộng 810mm, cao 910mm, số ống 114 chiếc $d25 \times 2,5 \text{ mm}$, thể tích giữa các ống $0,39\text{m}^3$ khối lượng 1140kg.

Bảng 6.4. Các giá trị k và q_F kinh nghiệm

Kiểu thiết bị ngưng tụ	$k, \text{W/m}^2\text{K}$	$q_F, \text{W/m}^2$	$\Delta t_{th}, \text{K}$
Bình ngưng ống vỏ			
- nằm ngang amoniắc	700 ÷ 1000	3500 ÷ 2500	5 ÷ 6
- thẳng đứng amoniắc	800	4200	5 ÷ 6
- nằm ngang freon	400 ÷ 470	3600	5 ÷ 6
Dàn ngưng tưới	700 ÷ 930	3500 ÷ 4650	5 ÷ 6
Tháp ngưng	500 ÷ 700	1500 ÷ 2400	3
Dàn ngưng quạt	30	240 ÷ 300	8 ÷ 10

Riêng hiệu nhiệt độ trung bình logarit có thể tính toán theo điều kiện làm việc thực từ nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ vào ra của môi trường làm mát.

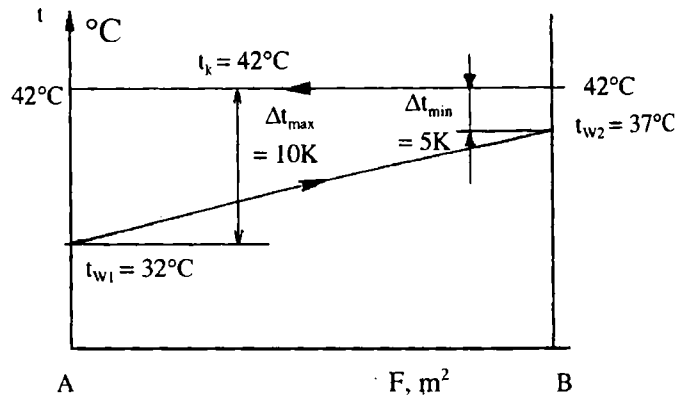
$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln(\Delta t_{\max} / \Delta t_{\min})} \quad (6.5)$$

Trong đó: Δt_{\max} là hiệu nhiệt độ lớn nhất và Δt_{\min} là nhiệt độ nhỏ nhất ở hai đầu của thiết bị ngưng tụ. Hình 6.12 giới thiệu cách tính Δt_{\max} và Δt_{\min} theo 1 ví dụ cụ thể.

Thí dụ 6.2. Cho biết thiết bị ngưng tụ là bình ngưng giải nhiệt nước; nhiệt độ ngưng tụ 42°C , nhiệt độ nước vào và ra lần lượt là 32°C và 37°C . Tính Δt_{\max} , Δt_{\min} và Δt_{tb} .

Giải

Để đơn giản hóa tính toán, bỏ qua nhiệt độ quá nhiệt hơi vào bình ngưng và nhiệt độ quá



Hình 6.12. Cách xác định Δt_{\max} và Δt_{\min}

lạnh, thì ở đầu A của bình ngưng ta có $\Delta t_A = 42 - 32 = 10\text{K}$ và ở đầu B có $\Delta t_B = 42 - 37 = 5\text{K}$. Vậy $\Delta t_{\max} = \Delta t_A = 10\text{K}$ và $\Delta t_{\min} = \Delta t_B = 5\text{K}$.

Thay vào (6.5) ta có:

$$\Delta t_{tb} = \frac{10 - 5}{\ln(10/5)} = 7,1 \text{ K}$$

Có thể giải hiệu nhiệt độ trung bình logarit nhờ toán đồ tra nhanh biểu diễn trên hình 6.12.

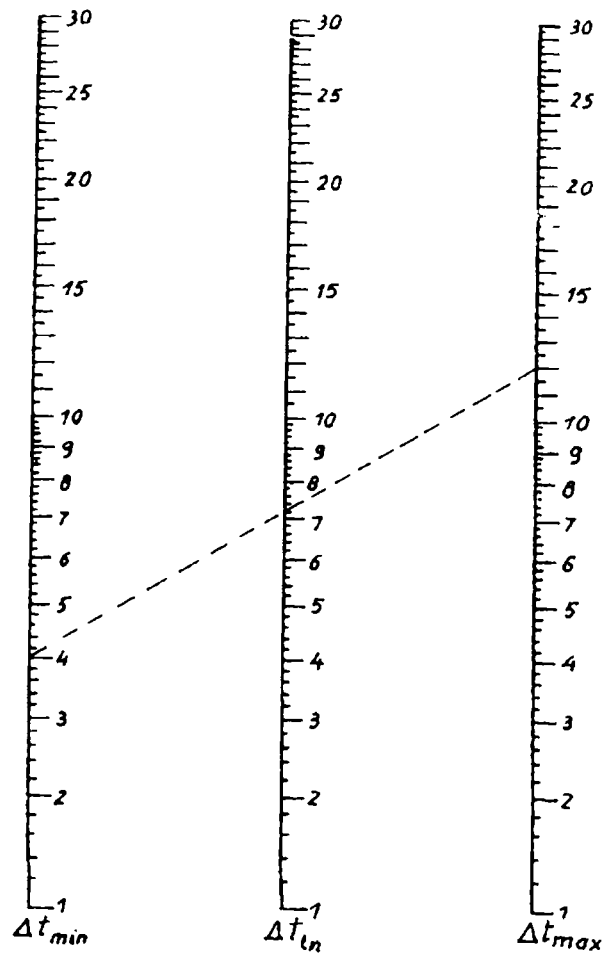
Thí dụ 6.3. Điều kiện giống như bài 6.2 riêng nhiệt độ ngưng tụ giảm còn 40°C . Xác định Δt_{tb} và diện tích bề mặt trao đổi nhiệt tăng thêm bao nhiêu lần so với bài 6.2.

Giải

$$\Delta t_{\max} = 40 - 32 = 8\text{K}$$

$$\Delta t_{\min} = 40 - 37 = 3\text{K}$$

$$\Delta t_{tb} = \frac{8 - 3}{\ln(8/3)} = 5,1 \text{ K}$$



Hình 6.13. Toán đồ tra nhanh hiệu nhiệt độ trung bình logarit

Thí dụ $\Delta t_{\min} = 4\text{K}$; $\Delta t_{\max} = 12\text{K}$; $\Delta t_{\ln} = 7,15\text{ K}$

Diện tích trao đổi nhiệt phải tăng lên:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{\frac{Q_k}{(k \cdot \Delta t_2)}}{\frac{Q_k}{(k \cdot \Delta t_1)}} = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{7,1}{5,1} = 1,392$$

Như vậy, muốn giảm nhiệt độ ngưng tụ từ 42°C xuống 40°C ở cùng điều kiện nước giải nhiệt vào 32°C ra 37°C phải tăng thêm khoảng 40% diện tích trao đổi nhiệt.

6.5.2. Phép tính phức tạp

Có thể tính toán bài toán thuận (cho biết Q_k , tính F) theo các bước sau:

- Chọn kiểu thiết bị ngưng tụ

- Xác định hiệu nhiệt độ trung bình logarit
- Xác định hệ số toả nhiệt phía môi chất lạnh ngưng α_1
- Xác định hệ số toả nhiệt phía môi trường làm mát α_2
- Xác định hệ phương trình tính mật độ dòng nhiệt
- Xác định diện tích trao đổi nhiệt F.

Các bước tính toán tương đối phức tạp, xin xem thí dụ tính toán ở cuốn Bài tập tính toán kỹ thuật lạnh đi kèm giáo trình này [1].

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 freon khác nhau như thế nào?
7. Cấu tạo và nguyên tắc làm việc của bình ngưng ống vỏ đứng amoniác?
8. Cho biết ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của bình ngưng ống vỏ đứng?
9. Cấu tạo và nguyên tắc làm việc của tháp ngưng tụ?
10. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của tháp ngưng tụ như thế nào?
11. Cấu tạo và nguyên tắc làm việc của dàn ngưng không khí?
12. Cho biết ưu nhược điểm của TBNT giải nhiệt gió so với các loại TBNT giải nhiệt nước?
13. Tính diện tích trao đổi nhiệt F cho máy nén lạnh 6AW95 của cơ khí Long Biên cho biết $Q_k = 110 \text{ kW}$. Bình ngưng ống vỏ nằm ngang. Hiệu nhiệt độ trung bình logarit $\Delta t_{tb} = 5\text{K}$. Hãy chọn bình ngưng theo bảng 6.1.
14. Tính diện tích trao đổi nhiệt và chiều dài tổng thể dàn ống tháp ngưng NH_3 $Q_k = 150 \text{ kW}$. $\Delta t_{tb} = 5\text{K}$.
15. Hãy tính diện tích trao đổi nhiệt cho dàn ngưng không khí cho biết: $Q_k = 20\text{kW}$, $\Delta t_{tb} = 5\text{K}$.

Chương 7

THIẾT BỊ BAY HƠI

7.1. ĐỊNH NGHĨA, PHÂN LOẠI

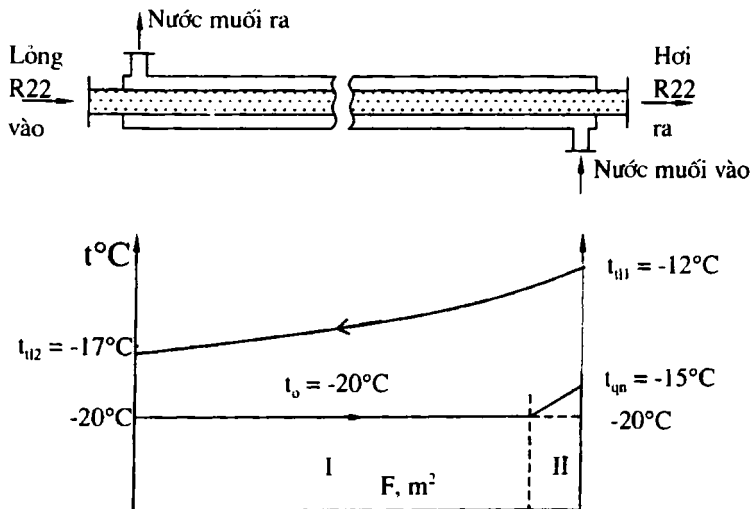
7.1.1. Định nghĩa

Thiết bị bay hơi (TBBH) là một dạng thiết bị trao đổi nhiệt có vách ngăn giữa một bên là môi chất lạnh lỏng sôi ở nhiệt độ thấp và một bên là môi trường cần làm lạnh như không khí, nước hoặc nước muối...

TBBH được lắp sau van tiết lưu và trước cửa hút về máy nén. Trong TBBH môi chất lạnh lỏng chuyển pha hoàn toàn thành hơi.

7.1.2. Nguyên tắc làm việc

Hình 7.1 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của TBBH ống lồng ngược dòng và biến thiên nhiệt độ của môi chất lạnh và chất tải lạnh (nước muối).



Hình 7.1. Biến thiên nhiệt độ của môi chất lỏng sôi và nước muối (thí dụ nhiệt độ sôi $t_0 = -20^\circ\text{C}$, nhiệt độ quá nhiệt độ hơi hút $t_{qh} = -15^\circ\text{C}$, nhiệt độ chất tải lạnh vào $t_{11} = -12^\circ\text{C}$, ra $t_{12} = -17^\circ\text{C}$); I - vùng sôi có nhiệt độ sôi không đổi; II - Vùng hơi quá nhiệt ở cuối TBBH ($\Delta t_{\max} = -12 - (-20) = 8\text{K}$; $\Delta t_{\min} = -17 - (-20) = 3\text{K}$)

Trong TBBH chia làm 2 vùng, vùng I là vùng sôi với nhiệt độ sôi không đổi và vùng II là vùng hơi quá nhiệt. Ở vùng II không còn lỏng mà chỉ còn hơi. Nếu sử dụng van tiết lưu nhiệt, độ quá nhiệt Δt_{qn} khoảng 5K. Do vùng này rất nhỏ nên khi tính Δt_{tb} có thể bỏ qua và $\Delta t_{max} = t_{tl1} - t_{tl2}$ và $\Delta t_{min} = t_{tl2} - t_0$ còn Δt_{tb} được xác định bằng đồ thị trên hình 6.11.

Thí dụ 7.1: Tính Δt_{tb} với các giá trị nhiệt độ cho trên hình 7.1.

Giải: $\Delta t_{max} = -12 - (-20) = 8K$

$\Delta t_{min} = -17 - (-20) = 3K$

Tra hình 6.11 có $\Delta t_{tb} = 5,1K$

7.1.3. Ba phương trình cơ bản

Cũng giống như TBNT, khi tính toán cho TBBH ta cũng cần 3 phương trình cơ bản:

a) Theo hiệu entanpy đầu vào và ra của môi chất lạnh sôi

$$Q_0 = m(h_1 - h_4), kW \quad (7.1)$$

Trong đó: m – lưu lượng môi chất lạnh qua máy nén, kg/s; h_1, h_4 – entanpy đầu ra và đầu vào TBBH, kJ/kg.

b) Theo hệ số truyền nhiệt k từ môi trường vào môi chất lạnh

$$Q_0 = k \cdot F \cdot \Delta t_{tb} = q_F \cdot F \quad (7.2)$$

Trong đó: k – hệ số truyền nhiệt, $W/m^2 K$,

F – diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của TBBH, m^2

Δt_{tb} – hiệu nhiệt độ trung bình logarit, K

q_F – mật độ dòng nhiệt, W/m^2 .

a) Theo chất tải lạnh

$$Q_0 = m_{tl} \cdot C_{ptl} (t_{tl1} - t_{tl2}), kW \quad (7.3)$$

Trong đó: m_{tl} – lưu lượng chất tải lạnh, kg/s

C_{ptl} – nhiệt dung riêng đẳng áp chất tải lạnh kJ/kgK

t_{tl1}, t_{tl2} – nhiệt độ chất tải lạnh vào và ra, °C.

Nếu là dàn bay hơi làm lạnh không khí trực tiếp thì đó là lưu lượng, nhiệt dung riêng đẳng áp cũng như nhiệt độ vào và ra của không khí.

7.1.4. Phân loại TBBH

Giống như TBNT, TBBH cũng được phân loại theo các đặc điểm:

a) Theo môi trường làm lạnh

- TBBH làm lạnh chất tải lạnh lỏng (nước, nước muối, glycol, cồn...).

- TBBH làm lạnh không khí trực tiếp
- TBBH làm lạnh trực tiếp của sản phẩm công nghệ.

b) Theo đặc điểm trên bề mặt bay hơi

- TBBH sôi trên bề mặt ngoài ống trao đổi nhiệt
- TBBH sôi trong ống trao đổi nhiệt.

c) Theo chế độ chảy của môi trường làm lạnh

- TBBH làm lạnh tự nhiên
- TBBH tuần hoàn cưỡng bức.

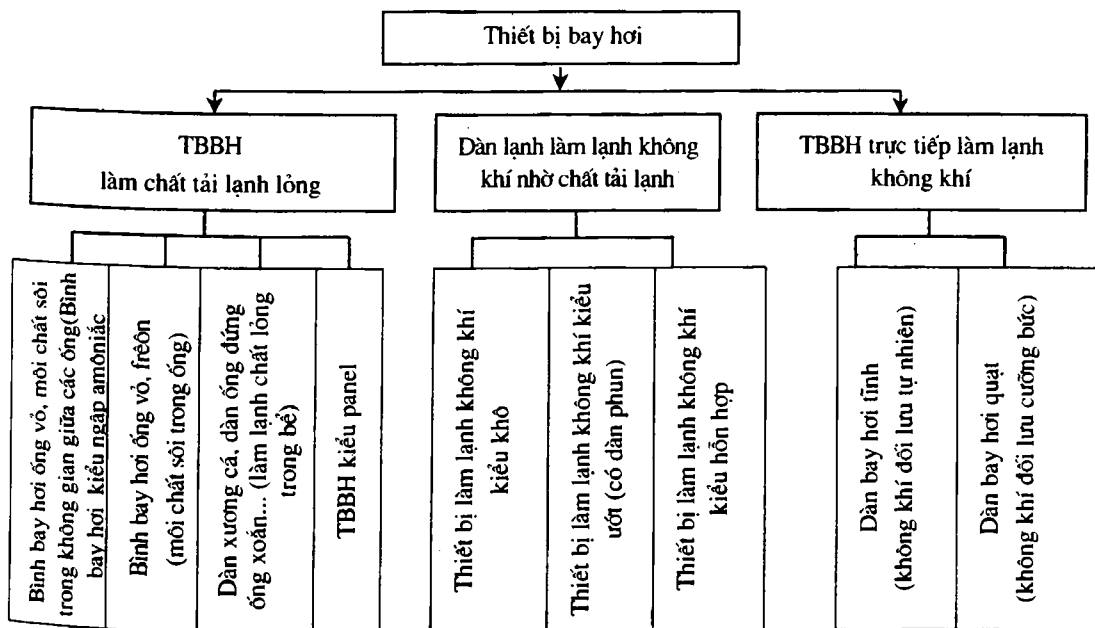
d) Theo chế độ cấp lỏng trong TBBH

- TBBH kiểu ngập lỏng
- TBBH kiểu không ngập lỏng
- TBBH cấp lỏng từ trên xuống
- TBBH cấp lỏng từ dưới lên.

e) Theo điều kiện tiếp xúc của chất tải lạnh với không khí có

- Hệ thống tuần hoàn chất tải lạnh kín (thí dụ bình bay hơi và dàn kín)
- Hệ thống tuần hoàn chất tải lạnh hở (thí dụ bể nước muối hoặc dàn phun)

Thường dùng hệ thống tuần hoàn kín khí sử dụng nước muối ăn mòn thiết bị hoặc chất tải lạnh dễ bay hơi. Hình 7.2 giới thiệu sơ đồ phân loại thiết bị bay hơi.



Hình 7.2. Sơ đồ phân loại TBBH chính

7.2. TBBH LÀM LẠNH CHẤT TẢI LẠNH LỎNG

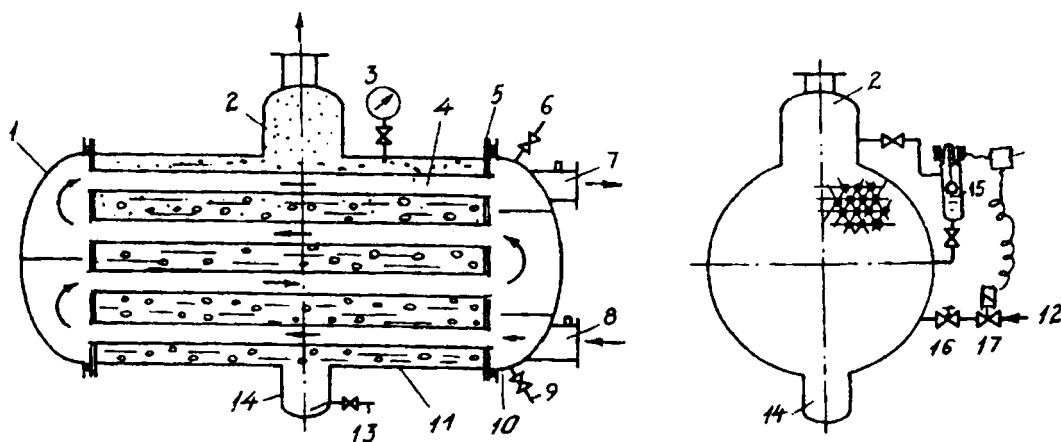
7.2.1. TBBH ống vỏ amôniac kiểu ngập

Nguyên tắc cấu tạo và làm việc gần giống như bình ngưng ống vỏ nằm ngang. Khác biệt cơ bản là amôniac lỏng được đưa vào phía dưới bình, còn hơi được đưa ra khỏi bình ở phía trên. Lỏng môi chất sôi trong không gian giữa các ống để thu nhiệt của chất tải lạnh đi trong ống. Mức lỏng môi chất ngập hết hàng ống thứ 2 còn hàng ống trên cùng dùng để quá nhiệt hơi hút. Để đề phòng lỏng lọt về máy nén, người ta bố trí bình tách lỏng phía trên. Nếu chiều dài bình nhỏ chỉ cần một bình tách lỏng đặt đứng (xem hình 7.3). Nếu chiều dài bình lớn cần bố trí 2 bình đặt đứng rồi nối lại với nhau hoặc một bình tách lỏng nằm ngang có hai hoặc nhiều ống nối. Bảng 7.1 giới thiệu thông số của một số bình bay hơi amôniac của Nga.

Ưu nhược điểm

- Có hệ số truyền nhiệt cao, thiết bị gọn nhẹ, chế tạo, vận hành, lắp đặt, bảo dưỡng vệ sinh sửa chữa dễ dàng, năng suất lạnh lớn.

Nhược điểm cơ bản là lượng nạp môi chất lạnh vào hệ thống quá lớn nên chỉ sử dụng được cho loại môi chất lạnh rẻ tiền dễ kiếm như NH_3 .



Hình 7.3. Bình bay hơi ống vỏ amoniac 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 amoniac lỏng vào; 13 - xả dầu; 14 - bầu dầu;
15 - bộ điều chỉnh mức lỏng; 16 - van tiết lưu tay; 17 - van điện từ; 18 - bộ khuếch đại

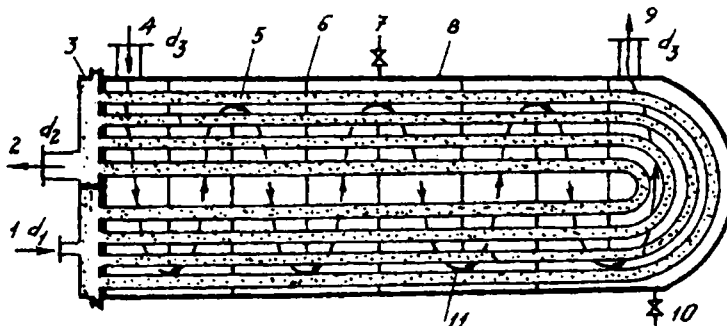
Bảng 7.1. Thông số kỹ thuật một số bình bay hơi ống vỏ amoniác kiểu ngáp của Nga

Thiết bị bay hơi	Diện tích bề mặt, m ²	Đường kính mm	Kích thước phủ 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	2270	616	2.1
ИКТ – 180	193	1000 × 10	5800	1493	2270	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 lõi của ИКТ – 250 và ИКТ – 300 là 4 còn lại là 8.

7.2.2. Bình bay hơi ống vỏ freôn

Để khắc phục nhược điểm là lượng nạp môi chất quá lớn, đối với bình bay hơi ống vỏ freôn người ta bố trí cho môi chất lạnh sôi trong ống, nên ống trao đổi nhiệt thường có dạng chữ U. Hình 7.4 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của bình bay hơi ống vỏ chữ U môi chất sôi trong ống. Bảng 7.2 giới thiệu thông số kỹ thuật của một số bình bay hơi ống vỏ freôn ống hình chữ U của Nga. Do ống hình chữ U nên bình bay hơi chỉ có 1 mặt sàng. Môi chất lạnh vào và ra bố trí trên cùng 1 nắp nhưng ở 2 ngăn khác nhau. Do hệ số tỏa nhiệt của freôn nhỏ hơn của chất tải lạnh nên ống trao đổi nhiệt thường được tạo cánh phía trong (phía trên).



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 zic zắc chất tải lạnh

**Bảng 7.2. Thông số kỹ thuật một số bình bay hơi
ống vỏ freon ống chữ U của Nga**

Thiết bị bay hơi	Diện tích bề mặt, m ²	Đường kính mm	Chiều dài mm	Số lượng ống	Số lõi	Sức chứa m ³
ИТБР – 5	5	273	1500	64	26	0.0054
ИТБР – 6,3	6,3	273	2000	64	28	0.0072
ИТБР – 8	8	325	1500	98	20	0.0087
ИТБР – 10	10	325	2000	98	22	0.0110
ИТБР – 12,5	12,5	325	2500	98	20	0.0146
ИТБР – 16	16	325	3000	98	22	0.0175
ИТБР – 20	20	426	2000	184	14	0.0216
ИТБР – 25	25	426	2500	184	14	0.027
ИТБР – 31,5	31,5	426	3000	184	14	0.0324
ИТБР – 40	40	530	2500	282	12	0.0412
ИТБР – 50	50	530	3000	282	10	0.0495
ИТБР – 63	63	600	2500	416	10	0.061
ИТБР – 80	80	600	3000	416	8	0.072
ИТБР – 100	100	700	3000	568	6	0.117
ИТБР – 125	125	700	3500	568	6	0,1
ИТБР – 160	160	800	3500	750	6	0,154
ИТБР ~ 200	200	800	4000	750	6	0,176

Ghi chú: Loại ИТБР – 5 đến loại ИТБР – 16 có 1 mặt sàng, ống hình chữ U, các loại còn lại có 2 mặt sàng

Để kéo dài đường đi của chất tải lạnh và tăng cường trao đổi nhiệt người ta tạo đường đi zig zắc của chất tải lạnh trong bình, tốc độ khoảng $0,3 \div 0,8$ m/s.

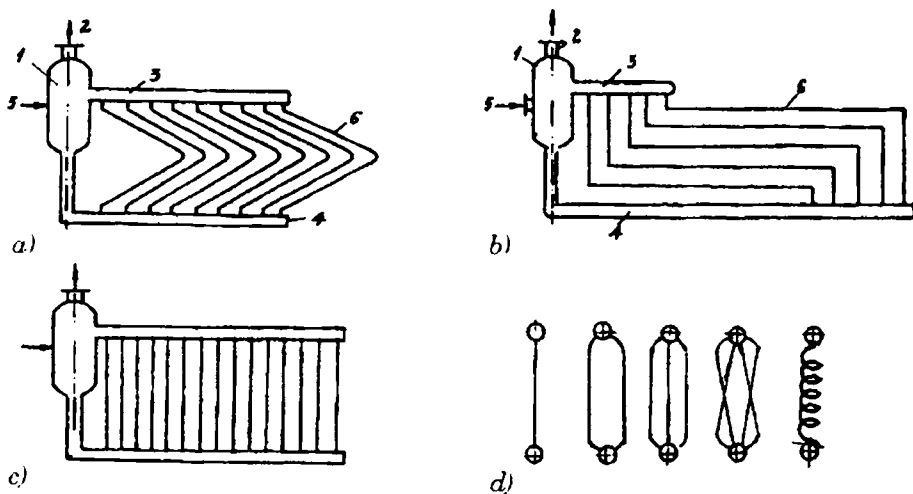
Một số bình bay hơi không sử dụng kiểu ống chữ U mà vẫn là kiểu ống thẳng. Khi đó bình vẫn có 2 nắp nhưng bên trong nắp phải bố trí các lõi để freon đi qua lại.

Ưu nhược điểm

Ưu điểm rõ rệt là giảm lượng nạp môi chất lạnh xuống đáng kể tuy nhiên kiểu môi chất sôi trong ống lại có một nhược điểm là rất khó vệ sinh bề mặt trao đổi nhiệt phía chất tải lạnh. Đối với loại này, không thể dùng phương pháp cơ khí để vệ sinh, phương pháp duy nhất còn lại là súc rửa bằng hoá chất.

7.2.3. Dàn xương cá, dàn ống đứng

Khi cần làm lạnh chất tải lạnh trong bể như bể nước muối chẳng hạn người ta thường sử dụng các loại dàn bay hơi có kết cấu phù hợp khác nhau ví dụ dàn xương cá, dàn ống đứng, dàn ống xoắn. Hình 7.5 giới thiệu dàn bay hơi xương cá, ống đứng với các dạng ống trao đổi nhiệt khác nhau.



Hình 7.5. Dàn bay hơi xương cá và ống đứng làm lạnh chất tải lạnh trong bể nước muối có máy khuấy

a) Dàn xương cá; b) Dàn zig zắc; c) Dàn ống đứng; d) Các dạng ống đứng trao đổi nhiệt
(từ trái sang phải: ống đơn, 2 ống đứng; 3 ống đứng; 4 ống xiên và dạng ống xoắn lò xo);

1 - Bình tách lỏng; 2 - Hơi về máy nén; 3 - Ống góp hơi; 4 - Ống phân phối lỏng;

5 - Lồng đến từ van tiết lưu; 6 - Ống trao đổi nhiệt (ống bay hơi)

Tùy theo bề mặt trao đổi nhiệt yêu cầu có thể bố trí nhiều hàng dàn xương cá, ống đứng song song nhau. Đối với NH_3 cần phải bố trí phía dưới bình tách lỏng, chỗ thấp nhất một bầu gom dầu. Do tốc độ lưu động nước muối qua dàn tương đối nhỏ từ 0,5 đến 0,8 m/s nên người ta tạo ra các dạng khác nhau của ống trao đổi nhiệt để tạo dòng chảy rối để tăng hiệu suất trao đổi nhiệt. Theo thực nghiệm hiệu suất trao đổi nhiệt dàn xương cá vào loại cao nhất. Hệ số truyền nhiệt của dàn xương cá đạt 460 đến 580 $\text{W/m}^2 \text{K}$. Khi hiệu nhiệt độ trong bình logarit là 5 ÷ 6K thì mật độ dòng nhiệt đạt 2500 ÷ 3400 W/m^2 .

Ưu nhược điểm

Ưu điểm lớn nhất là gia công chế tạo dễ dàng, vận hành đơn giản tuy nhiên do dùng chủ yếu cho bể nước muối hồ nên dễ bị ăn mòn gây rò rỉ môi chất lạnh.

7.2.4. Thiết bị bay hơi kiểu panel

TBBH kiểu panel cũng có nguyên tắc cấu tạo và làm việc như đã trình bày ở mục 6.2.4 TBNT kiểu panel, chỉ khác ở quá trình truyền nhiệt giữa môi lạnh sôi và chất tải lạnh.

Ưu điểm là chất tải lạnh lỏng có thể được hạ xuống rất gần tới điểm đóng băng (ví dụ đối với nước có thể hạ xuống đến 0,5°C). Hệ số truyền nhiệt đối với

amôniac có thể đạt $2500 \div 3400 \text{ W/m}^2\text{K}$ đối với R22 có thể đạt $1500 \div 3000 \text{ W/m}^2\text{K}$ khi làm lạnh nước. Lượng nạp môi chất cũng rất ít do đó TBBH kiểu panel ngày càng được ứng dụng rộng rãi.

7.3. DÀN BAY HƠI LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ

Dàn bay hơi làm lạnh không khí là dàn trao đổi nhiệt ống xoắn bên trong là môi chất lạnh sôi còn bên ngoài là không khí cần làm lạnh. Dàn bay hơi làm lạnh không khí tùy theo cấu tạo có thể phân loại theo các đặc điểm sau:

a) Theo chuyển động không khí có loại dàn tĩnh và dàn quạt. Dàn tĩnh có không khí đối lưu tự nhiên và dàn quạt đối lưu không khí cưỡng bức.

b) Theo bề mặt ống chia ra ống trơn và ống có cánh tản nhiệt. Cánh tản nhiệt có thể bố trí theo chiều dọc ống hoặc theo chiều vuông góc với ống.

c) Theo cách bố trí có thể phân ra dàn bay hơi đặt sàn, treo tường, treo trần thổi theo một hướng, hoặc loại theo trần nhiều hướng, loại dàn bay hơi có ống gió... Khi chọn dàn bay hơi cần phải lựa chọn sao cho có thể phân phối đều gió lạnh cho khắp cả phòng.

d) Theo kiểu xả băng có thể phân ra dàn bay hơi xả băng tự nhiên bằng không khí hoặc nước môi trường, xả băng bằng điện trở hoặc bằng hơi nóng thủ công, tự động hoặc bán tự động.

e) Theo nhiệt độ phòng lạnh có loại dàn cho điều hoà không khí, phòng lạnh dương (bước cách dày), âm nông (bước cách thưa hơn), âm sâu (bước cách thưa) và rất sâu (ống trơn)... hoặc loại dàn bay hơi cho bơm nhiệt, máy lạnh 2 chiều...

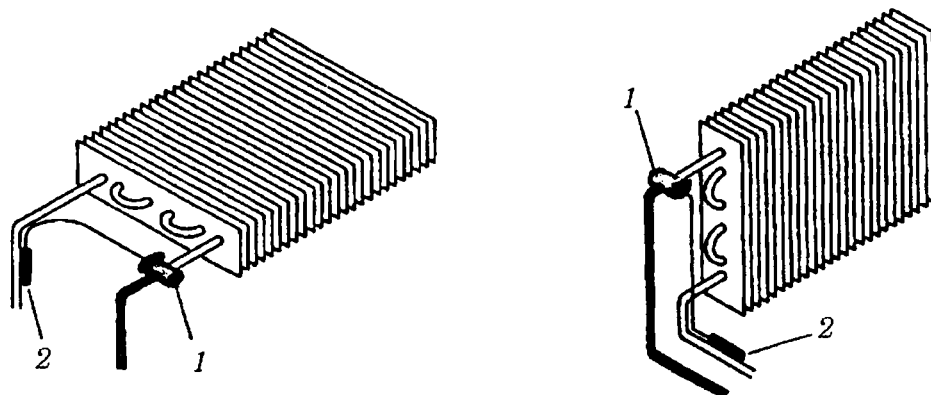
f) Theo cách bố trí ống xoắn trong dàn bay hơi chia ra loại dàn có một lối (sử dụng cho van tiết lưu nhiệt cân bằng trong) và dàn có nhiều lối (sử dụng cho van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài cùng với đầu chia lỏng) hoặc dàn bay hơi dùng ống mao.

g) Theo cách xả nước ngưng tụ chia ra kiểu tự chảy và kiểu máng xả có bơm nước đóng ngắt bằng van phao tự động.

7.3.1. Dàn bay hơi tĩnh

Dàn bay hơi tĩnh hay dàn bay hơi không khí đối lưu tự nhiên thường được sử dụng trong tủ lạnh gia đình, tủ lạnh thương nghiệp, quầy lạnh, quầy đông có năng suất lạnh nhỏ. Hình 7.6 giới thiệu một dạng dàn bay hơi tĩnh đặt đứng

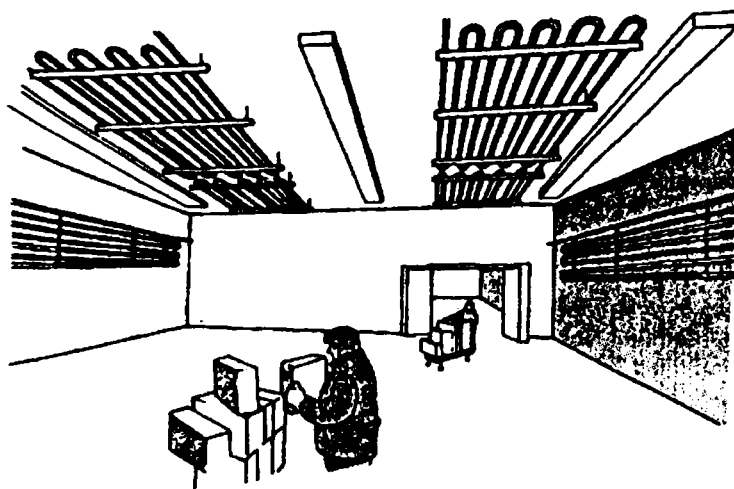
hoặc ngang dùng cho các tủ lạnh thương nghiệp. Đối với tủ lạnh gia đình người ta thường dùng dạng tấm nhôm có rãnh. Đặc biệt trong các kho lạnh nhiệt độ thấp cần có độ ẩm cao người ta cũng hay sử dụng các dàn bay hơi tĩnh treo trên trần và gắn xung quanh tường có cánh hoặc trơn. Hình 7.7 giới thiệu các dàn lạnh tĩnh trong kho lạnh bảo quản.



Hình 7.6. Dàn bay hơi tĩnh của tủ lạnh thương nghiệp

a) Dàn đặt ngang; b) Dàn đặt đứng

1 - Van tiết lưu nhiệt; 2 - Bầu cảm nhiệt



Hình 7.7. Dàn bay hơi gắn tường và treo trần trong kho lạnh bảo quản thực phẩm lạnh sâu

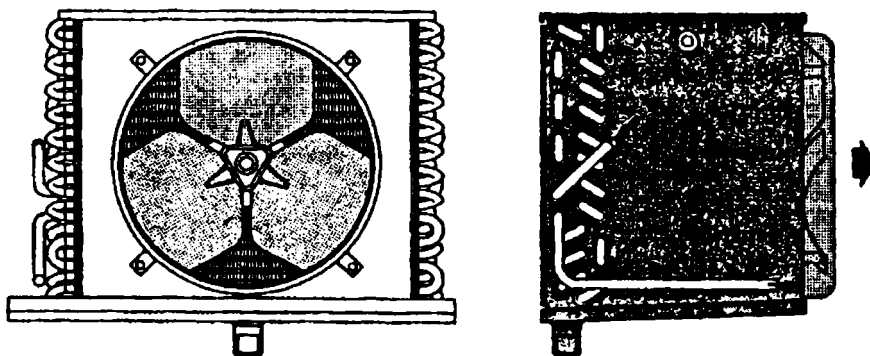
Ưu nhược điểm

- Không có quạt và tiết kiệm được tổn thất lạnh do động cơ quạt gây ra.
- Đơn giản, lắp đặt dễ dàng.

Tuy nhiên dàn bay hơi tĩnh có nhược điểm là hệ số truyền nhiệt nhỏ $k = 3 \div 5 \text{ W/m}^2\text{K}$ tổn diện tích lắp đặt, tốn vật liệu kim loại chế tạo dàn, lượng nạp môi chất lạnh lớn, khó bố trí khay hứng nước xả băng.

7.3.2. Dàn bay hơi quạt

Dàn bay hơi quạt còn gọi là dàn bay hơi cưỡng bức hay dàn quạt. Nhờ có quạt tuần hoàn gió cưỡng bức nên hệ số truyền nhiệt được cải thiện hơn nhiều. Ở nhiệt độ bay hơi -40°C , hệ số truyền nhiệt k đạt $11 \div 12 \text{ W/m}^2\text{K}$, ở -20°C , $k = 12,5 \div 13 \text{ W/m}^2\text{K}$, ở -15°C đạt $14 \text{ W/m}^2\text{K}$ và ở nhiệt độ 0°C , $k = 17 \div 18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hình 7.8 giới thiệu hình dáng một dạng dàn bay hơi thông dụng. Bảng 7.3 giới thiệu thông số kỹ thuật một số dàn lạnh của hãng Gao Xiang Trung Quốc.



Hình 7.8. Một dạng dàn bay hơi quạt thông dụng

Đây là loại dàn quạt kiểu treo trần, năng suất lạnh từ 1,52 đến 28,10 kW, số lượng quạt từ 1 đến 4 chiếc, đường kính quạt $\phi 300$ và 400 , chiều cao dàn 425 và 560, chiều dài dàn từ 800 đến 3360 mm. Các quạt gió và điện trở sưởi đều là loại sử dụng điện 1 hoặc 3 pha 50 Hz. Phía dưới có khay hứng nước xả băng. Các dàn có 3 loại bước cánh tản nhiệt 4,5 mm cho nhiệt độ cao đến 0°C , 6mm cho nhiệt độ trong bình đến -10°C và 9mm cho nhiệt độ xuống đến -20°C .

Bảng 7.3. Dàn quạt do hãng Gao Xiang Trung Quốc sản xuất kiểu treo trần

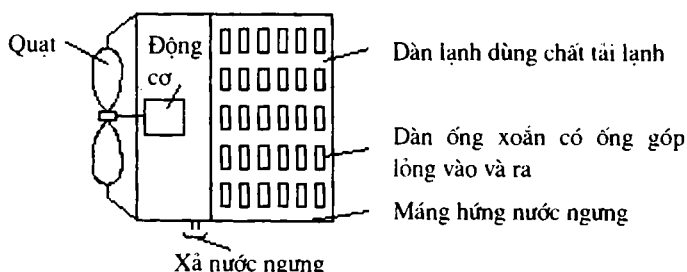
Ký hiệu	Năng suất lạnh ở $\Delta t = 8^{\circ}\text{C}$	Diện tích trao đổi nhiệt	Lưu lượng gió	Khoảng thổi	Dung tích ống	Đường kính ống nối		Thông số quạt gió			Điện trở suất			
						vào	ra	Số lượng	Đường kính	Nguồn điện	Công suất dòng điện		Nguồn điện công suất	
	kW	m ²	m ³ /h	m	dm ³	Φ-mm		bộ	Φ-mm	V/Hz	W	A	V/Hz	kW
Bước cánh kiểu nhiệt độ cao: 4,5 mm (nhiệt độ buồng đến 0°C)														
GX-HE301-150	2,84	13,5	1850	9	2,3	12	22	1	300	230-400/50	65	0,17	220/50	1,03
GX-HE252-200	3,90	18,6	2000	6	3,2	12	22	2	250	230-400/50	2x70	0,33	220/50	1,43
GX-HE302-300	4,90	23,3	3700	9	4,0	12	22	2	300	230-400/50	130	0,34	220/50	1,82
GX-HE302-400	7,10	33,7	3700	9	5,7	12	28	2	300	230-400/50	130	0,34	220/50	2,73
GX-HE303-500	10,30	49,0	5550	11	8,3	15	28	3	300	230-400/50	195	0,51	220/50	3,03
GX-HE402-750	12,30	67,0	8470	15	16,1	15	35	2	400	230-400/50	300	1,1	220/50	3,64
GX-HE403-1000	18,00	98,2	12705	15	23,6	22	42	3	400	230-400/50	450	1,65	220/50	4,84
GX-HE403-1500	24,0	131	12705	15	31,3	22	42	3	400	230-400/50	450	1,65	220/50	6,56
GX-HE404-2000	28,10	153,8	16940	18	36,9	22	42	4	400	230-400/50	600	2,2	220/50	7,25
Bước cánh kiểu nhiệt độ trung bình: 6,0 mm (nhiệt độ buồng đến -10°C)														
GX-ME301-150	1,70	8,4	1850	9	1,9	12	22	1	300	230-400/50	65	0,17	220/50	1,63
GX-ME252-200	2,81	13,9	2x2000	6	3,2	12	22	2	250	130-400/50	2x70	0,33	220/50	2,22
GX-ME302-300	3,54	17,5	3700	9	4,0	12	22	2	300	230-400/50	130	0,34	220/50	3,13
GX-ME302-400	5,00	25,3	3700	9	5,7	12	28	2	300	230-400/50	130	0,34	220/50	3,93
GX-ME303-500	6,22	30,8	5550	11	7,0	15	28	3	300	230-400/50	195	0,51	220/50	4,04
GX-ME402-750	7,53	50,2	8470	15	16,1	15	35	2	400	230-400/50	300	1,1	220/50	4,54
GX-ME403-1000	11,1	73,8	12705	15	23,6	22	42	3	400	230-400/50	450	1,65	220/50	5,54
GX-ME403-1500	14,7	97,7	12705	15	31,3	22	42	3	400	230-400/50	450	1,65	220/50	7,96
GX-ME404-2000	17,30	115,3	16940	18	36,9	22	42	4	400	230-400/50	600	2,2	220/50	9,46
Bước cánh kiểu nhiệt độ thấp: 9,0 mm (nhiệt độ buồng đến -20°C)														
GX-LE252-200	1,52	9,2	2x2000	6	3,2	12	22	2	250	230-400/50	2x70	0,33	220/50	2,73
GX-LE302-300	1,93	11,7	3700	9	4,0	12	22	2	300	230-400/50	130	0,34	220/50	2,73
GX-LE302-400	2,77	16,8	3700	9	5,7	12	28	2	300	230-400/50	130	0,34	220/50	3,03
GX-LE303-500	4,1	24,6	5550	11	8,3	15	28	3	300	230-400/50	195	0,51	220/50	4,84
GX-LE402-750	4,50	31,4	8470	15	11	15	35	2	400	230-400/50	300	1,1	220/50	5,44
GX-LE403-1000	6,60	45,8	12705	15	16,1	22	42	3	400	230-400/50	450	1,65	220/50	7,64
GX-LE403-1500	8,20	57,3	12705	15	20	22	42	3	400	230-400/50	450	1,65	9,96	9,96
GX-LE404-2000	13,3	92,7	16940	18	32,4	22	42	4	400	230-400/50	600	2,2	220/50	14,6

7.4. THIẾT BỊ LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ NHỜ CHẤT TẢI LẠNH

Trong kỹ thuật lạnh và đặc biệt là trong điều hoà không khí người ta sử dụng rất nhiều thiết bị làm lạnh không khí nhờ chất tải lạnh. Trong điều hoà không khí chất tải lạnh là nước và thiết bị làm lạnh là các phòng điều không hay thiết bị xử lý không khí AHU (Air Handling Unit) và các dàn quạt FCU (Fan Coil Unit). Các FCU là dạng dàn làm lạnh không khí kiểu khô trong khi các AHU lại bao gồm cả kiểu khô và kiểu ướt (dàn phun).

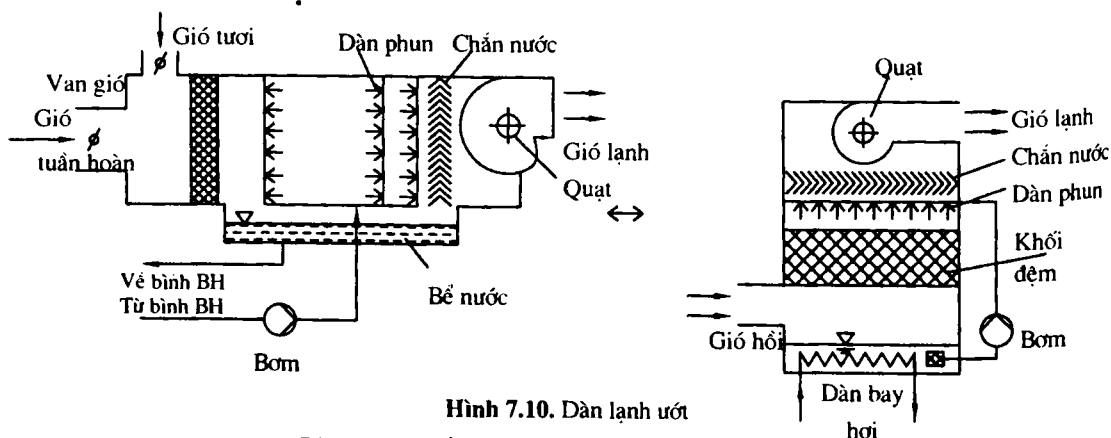
7.4.1. Dàn lạnh khô

Các dàn lạnh khô là các dàn làm lạnh không khí có kết cấu gần giống như dàn bay hơi làm lạnh không khí, trong đó thay cho môi chất lạnh sôi trong ống là chất tải lạnh nước hoặc nước muối. Do có khác biệt về dòng chảy nên các dàn lạnh chất tải lạnh thường có ống góp lỏng, ống góp hơi lớn. Các dàn lạnh khô cũng có 2 loại dàn tĩnh và dàn quạt. Rất nhiều kho lạnh kiểu cũ sử dụng nước muối cho qua các dàn lạnh tĩnh bố trí trên trần và trên tường của kho lạnh. Hình 7.9 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của dàn quạt khô.



Hình 7.9. Nguyên tắc cấu tạo của dàn quạt khô dùng chất tải lạnh làm lạnh không khí

7.4.2. Dàn lạnh ướt



Hình 7.10. Dàn lạnh ướt

- Dàn lạnh ướt nằm ngang, chất tải lạnh được bơm từ bình bay hơi
- Dàn lạnh ướt thẳng đứng, dàn bay hơi đặt ngay trong đáy bể nước muối

Dàn lạnh ướt là kiểu dàn làm lạnh không khí nhờ dàn phun chất tải lạnh lỏng. Ưu điểm của loại này là kết hợp được với việc rửa sạch không khí tuần hoàn. Nhược điểm là cần có bơm, hệ thống tuần hoàn chất tải lạnh và vòi phun dễ tắc bẩn. Hình 7.10 giới thiệu một số kiểu dàn lạnh ướt kiểu nằm ngang và thẳng đứng, bình bay hơi đặt xa hoặc dàn bay hơi đặt ngay trong bể nước.

7.5. TÍNH TOÁN THIẾT BỊ BAY HƠI

Tính toán TBBH cũng giống như thiết bị ngưng tụ, các phương trình cơ bản từ (7.1) đến (7.3) giới thiệu ở mục 7.1.3 dùng để tính toán TBBH. Hiệu nhiệt độ trung bình logarit cũng được tính như công thức 6.5 và giá trị của nó cũng được tra nhanh theo toán đồ hình 6.11. Tính toán TBBH cũng có thể tính theo phương pháp đơn giản và phức tạp. Ở đây sẽ giới thiệu phép tính đơn giản, còn phép tính phức tạp xin xem ở cuốn *Bài tập tính toán kỹ thuật lạnh* [1] đi kèm giáo trình này.

7.5.1. Phép tính đơn giản

Phép tính đơn giản là sử dụng các giá trị thực nghiệm k cho trong bảng 7.4. Sau đây giới thiệu phép tính đơn giản qua các thí dụ.

Bảng 7.4. Hệ số truyền nhiệt k theo thực nghiệm

Kiểu thiết bị bay hơi	Môi chất lạnh / chất tải lạnh	k , W/m ² K	Ghi chú
Bình bay hơi ống vỏ	NH ₃ /nước muối	460 ÷ 580	Với $\Delta t_b = 5K$
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 + freon/nước muối	290 ÷ 1000	k tính theo bề mặt nhẵn phía trong ống
Dàn bay hơi panen	NH ₃ + freon/nước muối	460 ÷ 580	Với $\Delta t_b = 5K$
Dàn ống trơn treo trần	NH ₃ /không khí	9,8	ở nhiệt độ buồng lạnh 0°C
	(nước muối/không khí)	7	ở nhiệt độ buồng lạnh -20°C
Dàn ống trơn áp tường	"	9,8 ÷ 14	ở nhiệt độ buồng lạnh 0°C
	"	7 ÷ 9,9	ở nhiệt độ buồng lạnh -20°C
Dàn ống có cánh treo trần 1 hàng	"	5,1 ÷ 5,9	ở nhiệt độ buồng lạnh 0°C
	"	4,2 ÷ 4,7	ở nhiệt độ buồng lạnh -20°C
Dàn ống có cánh treo trần 2 hàng	"	4,8 ÷ 5,6	ở nhiệt độ buồng lạnh 0°C
	"	4,0 ÷ 4,4	ở nhiệt độ buồng lạnh -20°C
Dàn lạnh quạt	R22/không khí hoặc	11,6	ở nhiệt độ buồng lạnh -40°C với $\Delta t_b \approx 8K$
	Amoniác/không khí	12,8	ở nhiệt độ buồng lạnh -20°C
	hoặc	14,0	ở nhiệt độ buồng lạnh -15°C
	Nước, muối/ không khí	17,5	ở nhiệt độ buồng lạnh > 0°C

Thí dụ 7.2: Thiết lập chế độ làm việc, chọn hàm lượng nước muối và chọn TBBH kiểu ống vỏ NH₃ để làm lạnh kho lạnh bảo quản rau quả nhiệt độ buồng + 2°C. Tải lạnh Q₀ = 250 kW; dàn lạnh nước muối.

Giải

a) Thiết lập chế độ làm việc: đối với buồng lạnh bảo quản rau quả, nên chọn nhiệt độ nước muối thấp hơn nhiệt độ buồng 5 ÷ 6K để đảm bảo độ ẩm lớn trong buồng. Ở đây chọn 6K vậy nhiệt độ nước muối là - 4°C. Chọn nhiệt độ nước muối vào bình là - 2°C và ra khỏi bình là - 6°C (nhiệt độ nước muối vào dàn lạnh - 6°C và ra khỏi dàn lạnh - 2°C). Nhiệt độ sôi của amôniac chọn thấp hơn cả nước muối ít nhất 5K, vậy amôniac sôi ở nhiệt độ -11°C.

Nhiệt độ đóng băng của chất tải lạnh chọn thấp hơn nhiệt độ sôi của amôniac ít nhất là 5K. Vậy nhiệt độ đóng băng của nước muối không được cao hơn - 16°C.

Theo bảng 2.3 chọn dung dịch nước muối ăn NaCl có nồng độ muối 20,0%, khối lượng riêng ở 15°C là 1,15kg/lít, nhiệt độ đóng băng - 16,6°C.

b) Tính dàn lạnh nước muối

Hiệu nhiệt độ trung bình logarit: Giả thiết biến thiên nhiệt độ của không khí buồng lạnh và nước muối theo nguyên tắc cùng chiều (hình 7.11) có:

$$\Delta t_{\max} = 3 - (-6) = 9\text{K}$$

$$\Delta t_{\min} = 1 - (-2) = 3\text{K}$$

Tra ở toán đồ hình 6.11 được 5,4K

Hệ số truyền nhiệt k tra theo bảng 7.4:

$$k = 14,0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Diện tích trao đổi nhiệt cần thiết là:

$$F = Q_0 / (k \cdot \Delta t_{\ln}) = 250.000 / (14.5,4) = 3307\text{m}^2$$

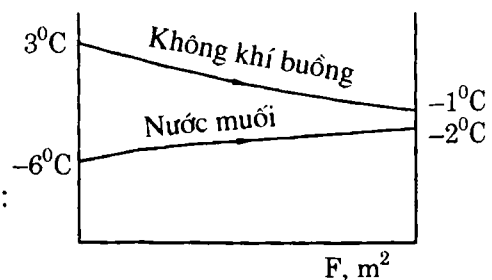
c) Tính bình bay hơi NH₃

Hiệu nhiệt độ trung bình logarit tính theo hình 7.12

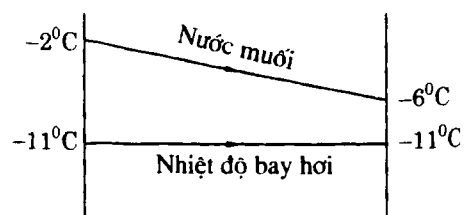
$$\Delta t_{\max} = -2 - (-11) = 9\text{K}$$

$$\Delta t_{\min} = -6 - (-11) = 5\text{K}$$

Tra toán đồ hình 6.11 được $\Delta t_{\ln} = 6,6\text{K}$



Hình 7.11. Biến thiên nhiệt độ ở dàn lạnh



Hình 7.11. Biến thiên nhiệt độ ở bình bay hơi

Vậy diện tích trao đổi nhiệt của bình bay hơi ống vỏ của amôniac với $k = 520 \text{ W/m}^2\text{K}$ tra ở bảng 7.4 là:

$$F = 250.000 \text{ W} / (520.6,6) = 73,8\text{m}^2$$

Tra bảng 7.1 chọn bình bay hơi ИКТ – 90 có diện tích trao đổi nhiệt $96,8\text{m}^2$ đường kính vỏ $\phi 800 \times 8\text{mm}$, số lượng ống trao đổi nhiệt 386 chiếc, kích thước phủ bì dài x rộng x cao = $5580 \times 1075 \times 1590 \text{ mm}$, thể tích không gian giữa các ống $0,885\text{m}^3$.

Thí dụ 7.3: Tính chọn dàn bay hơi quạt nhỏ cho 1 buồng lạnh nhiệt độ buồng -20°C , năng suất lạnh $5,5 \text{ kW}$.

Giải: Theo bảng 7.4 ta chọn giá trị k định hướng là: $k = 12,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ với $\Delta t_{tb} \approx 8\text{K}$ vậy:

$$F = Q_0 / (k \cdot \Delta t_{tb}) = 5,500\text{W} / (12,8.8) = 54\text{m}^2$$

Theo bảng 7.3 có thể chọn:

- Theo $F = 54\text{m}^2$ được GX – LE 403 – 1500 có $Q_0 = 8,2\text{kW}$, $F = 57,3\text{m}^2$, lưu lượng gió $12705 \text{ m}^3/\text{h}$. 3 quạt $\phi 400$, mỗi quạt 450W .

- Theo $Q_0 = 55\text{kW}$ chọn được GX – LE 403 – 1000 có $Q_0 = 6,6 \text{ kW}$, diện tích trao đổi nhiệt $45,8\text{m}^2$, lưu lượng gió $12705 \text{ m}^3/\text{h}$, 3 quạt có $\phi 400$ động cơ 300 W .

Như vậy các dàn này nhà chế tạo tính với $k = 18,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ chứ không phải $12,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

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 bình tách lỏng đặt đứng.
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 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 panel.
8. Hãy vẽ và mô tả nguyên tắc làm việc của các dàn bay hơi ống đứng.
9. Có thể phân loại dàn bay hơi làm lạnh không khí kiểu khô theo các đặc điểm nào?

- 10.** Dân bay hơi làm lạnh không khí kiểu khô khác với dân lạnh nước muối kiểu khô thế nào?
- 11.** Thế nào là dân nước muối làm lạnh không khí kiểu khô?
- 12.** Thế nào là dân nước muối làm lạnh không khí kiểu ướt?
- 13.** Hãy so sánh ưu nhược điểm của dân làm lạnh không khí kiểu khô và kiểu ướt.
- 14.** Dân lạnh không khí dùng cho điều hoà không khí khác dân lạnh nhiệt độ ẩm thế nào? Giải thích vì sao?
- 15.** Khi nào người ta dùng dân lạnh nước hoặc nước muối.
- 16.** Nêu phương pháp tính nhanh diện tích trao đổi nhiệt của thiết bị bay hơi.

Chương 8

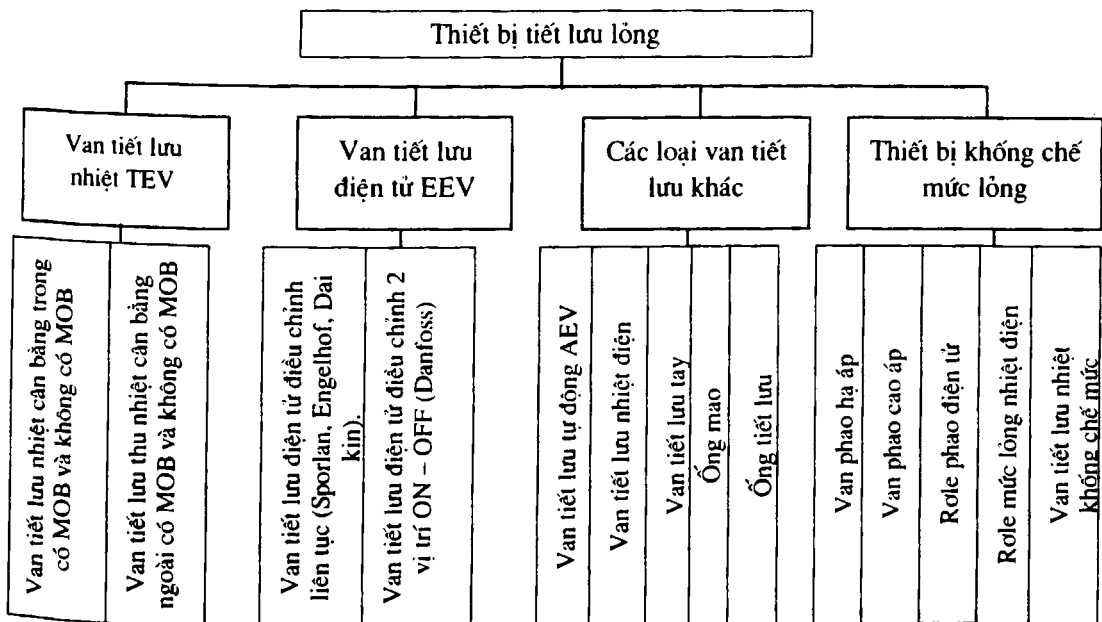
THIẾT BỊ TIẾT LƯU

8.1. ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI

Thiết bị tiết lưu còn gọi là thiết bị giãn nở (Expansion devices) là 1 trong 4 thiết bị chính của một hệ thống lạnh. Nó làm nhiệm vụ điều tiết lưu lượng của dòng môi chất lỏng cấp cho dàn bay hơi duy trì áp suất và nhiệt độ bay hơi phù hợp với công nghệ làm lạnh yêu cầu.

Thiết bị tiết lưu (TBTL) có thể được phân loại theo các đặc điểm sau:

- Theo tín hiệu điều chỉnh phân ra TBTL làm việc theo độ quá nhiệt hơi hút và theo mức lỏng.
- Theo phương pháp điều chỉnh phân ra loại liên tục, loại 2 vị trí ON - OFF và loại cố định (ống mao, ống tiết lưu).



Hình 8.1. Một cách phân loại van tiết lưu

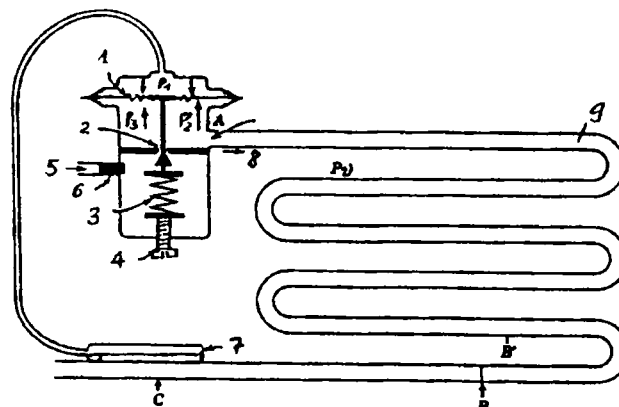
- Theo cơ cấu điều chỉnh phân ra loại cơ khí, điện, điện tử và điều chỉnh bằng tay.
 - Theo áp suất làm việc tối đa MOP (Maximum Operating Pressuse) phân ra loại có và loại không có MOP.
 - Theo dạng môi chất có thể phân ra loại TBTL lỏng và TBTL khí, hơi.
 - Theo loại môi chất có thể phân ra TBTL amôniac, R22, R134a ...
- Hình 8.1 giới thiệu 1 cách phân loại TBTL.

8.2. VAN TIẾT LƯU NHIỆT

Van tiết lưu nhiệt TEV (Thermostatic Expansion Valve) còn được gọi là van dẫn nở tĩnh nhiệt hay van tiết lưu tĩnh nhiệt. Có 2 loại là van tiết lưu nhiệt cân bằng trong và cân bằng ngoài.

8.2.1. Van tiết lưu nhiệt cân bằng trong

Đây là loại van tiết lưu được ứng dụng rộng rãi nhất hiện nay cho các loại dàn bay hơi nhỏ và trung bình trong nhiều lĩnh vực ứng dụng khác nhau. Nguyên tắc làm việc của nó là giữ một độ quá nhiệt độ ổn định hơi hút sau dàn bay hơi. Độ quá nhiệt này đảm bảo cho dàn bay hơi luôn được cung cấp đủ lỏng từ van tiết lưu để làm việc có hiệu quả nhưng đảm bảo máy nén không hút phải lỏng gây va đập thủy lực. Hình 8.2 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của van tiết lưu nhiệt cân bằng trong.



Hình 8.2. Van tiết lưu nhiệt cân bằng trong

- 1 - Màng dẫn nở; 2 - Kim van và đế van; 3 - Lò xo; 4 - Vít điều chỉnh độ quá nhiệt;
 5 - Ga lỏng vào; 6 - Lưới lọc; 7 - Bầu cảm nhiệt; 8 - Lồng vào dàn bay hơi; 9 - Dàn bay hơi.
 Điểm A - Lồng phun vào dàn bay hơi; Điểm B' - Đại bộ phận lỏng đã hóa hơi;
 Điểm B - Toàn bộ lỏng đã hóa hơi (hơi bão hòa khô); Điểm C - Hơi quá nhiệt

Lòng từ dàn ngưng tụ đi vào van qua cửa 5, phin lọc 6, qua kim và đế van 2, qua cửa 8 để vào dàn bay hơi 9. Đế van nằm cố định nhưng kim van được gắn liền với màng dẫn nở 1 và được tỳ lên lò xo 3. Nhờ bầu cảm 7 có nạp lòng bên trong mà nhiệt độ quá nhiệt của hơi ra khỏi dàn bay hơi chuyển thành tín hiệu áp suất làm co giãn màng 1, qua đó tác động điều chỉnh đóng bớt hoặc mở rộng thêm cửa thoát. Nhờ lò xo 3 và vít 4 ta có thể điều chỉnh được độ quá nhiệt hơi ra khỏi dàn bay hơi ở điểm C.

Chất lỏng nạp vào bầu cảm nhiệt thường là cùng loại ga sử dụng trong hệ thống lạnh. Thể tích bầu cảm và lượng nạp cần phải thiết kế sao cho ở mọi chế độ làm việc của van vẫn còn tồn tại lỏng trong bầu cảm.

Ưu điểm của van là bầu cảm luôn điều chỉnh được lượng lỏng phun vào dàn.

Nhược điểm của van là:

- Khi máy nén khởi động, áp suất hút giảm xuống, nhưng nhiệt độ bầu cảm chưa giảm kịp thời nên van mở quá lớn dễ gây quá tải cho máy nén và tràn lỏng về máy nén.

- Ở chu kỳ máy nghỉ, nếu bầu cảm cố định ở vị trí tương đối “ấm” so với buồng lạnh thì áp suất bầu cảm đủ cao để mở van làm lỏng tràn ngập dàn lạnh, dẫn đến quá tải và tràn lỏng về máy nén. Để khắc phục nhược điểm này thông thường phải lắp thêm một van điện từ trước van tiết lưu hoặc sử dụng van có MOP sẽ trình bày ở phần sau.

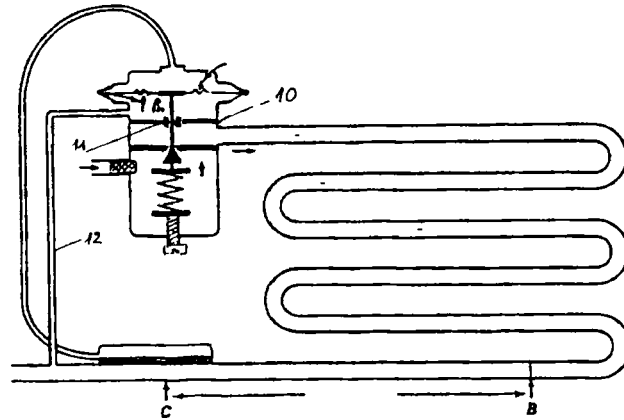
- Ở các dàn bay hơi lớn có tổn thất áp suất lớn, làm tăng độ quá nhiệt qua đó làm giảm hiệu quả trao đổi nhiệt của dàn.

8.2.2. Van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài

Để khắc phục nhược điểm của van tiết lưu nhiệt cân bằng trong đối với dàn bay hơi lớn có tổn thất áp suất lớn người ta sử dụng van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài (hình 8.3).

Khác biệt cơ bản so với van cân bằng trong là ống 12 và tấm ngăn 10 cũng như đệm kín 11. Nhờ cơ cấu này mà phía màng dẫn nở có áp suất hút, nhỏ hơn áp suất bay hơi ngay sau van tiết lưu nên kim van mở không phụ thuộc vào tổn thất áp suất trong dàn nữa. Đối với các dàn có nhiều lối cần dùng đầu chia lỏng thì nhất thiết phải dùng van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài vì tổn thất áp suất

của riêng đầu chia lòng đã rất lớn.



Hình 8.3. Van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài

10 - Tấm ngăn; 11 - Đệm kín quanh tavan;

12 - Ống cân bằng ngoài. Chú thích còn lại giống hình 8.2

8.2.3. Van tiết lưu nhiệt có MOP

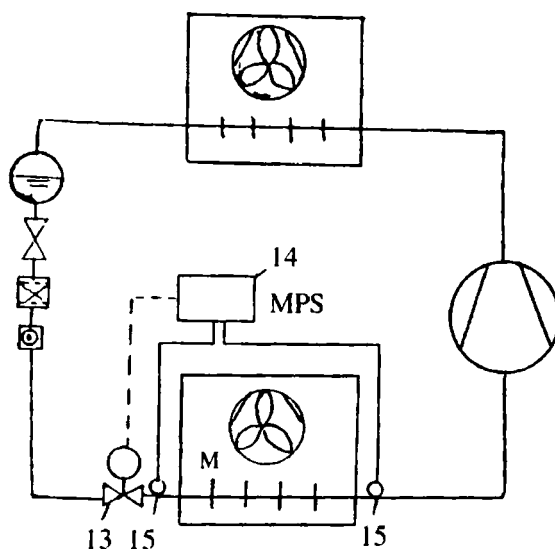
Để khắc phục nhược điểm của van tiết lưu nhiệt thông thường là ở chu kỳ máy nghỉ do bầu cảm bị “ấm” lên nên van mở làm tràn lỏng trong dàn bay hơi dẫn đến quá tải và tràn lỏng về máy nén người ta lắp thêm một van điện từ trước van tiết lưu và chỉ mở van này khi máy nén hoạt động. Nếu không lắp van điện từ thì phải sử dụng van tiết lưu có MOP (Maximum Operation Pressure). MOP cơ cấu giới hạn áp suất tối đa cho bầu cảm nhiệt. Ví dụ một van tiết lưu làm việc ở -25°C , người ta đặt MOP ở -20°C , như vậy khi máy dừng, dù cho nhiệt độ bầu cảm có tăng lên 0°C chẳng hạn thì áp suất trong bầu cảm cũng không tăng quá áp suất tương đương -20°C . Khi máy dừng thì áp suất bay hơi trong dàn tăng lên cao hơn áp suất trong bầu cảm do đó van tiết lưu đóng hoàn toàn. Có nhiều phương pháp thiết kế MOP cho van như cơ cấu cơ khí hoặc sử dụng bầu nạp hơi thay cho bầu nạp lỏng. Chi tiết xin xem tài liệu [9] .

Ưu điểm của van có MOP là đóng chặt van trong chu kỳ dừng máy và cả trong chu kỳ khởi động máy. Van chỉ mở ra khi áp suất trong dàn bay hơi đã giảm xuống dưới điểm MOP.

8.3. VAN TIẾT LƯU ĐIỆN TỬ

Van tiết lưu điện tử EEV (Electronic Expansion Valve) còn gọi là van giãn

nở điện tử. Giống như van TEV, van EEV cũng làm nhiệm vụ điều tiết lưu lượng ga lỏng phun vào dàn bay hơi theo độ quá nhiệt hơi hút. Nhưng khác với TEV, van tiết lưu điện tử sử dụng một tín hiệu điện tử nhờ đầu cảm độ quá nhiệt hơi hút từ một bộ vi xử lý. Hình 8.4 giới thiệu sơ đồ nguyên lý một hệ thống lạnh sử dụng van tiết lưu điện tử.



Hình 8.4. Hệ thống lạnh đơn giản có van tiết lưu điện tử với bộ vi xử lý (Microprocessor)

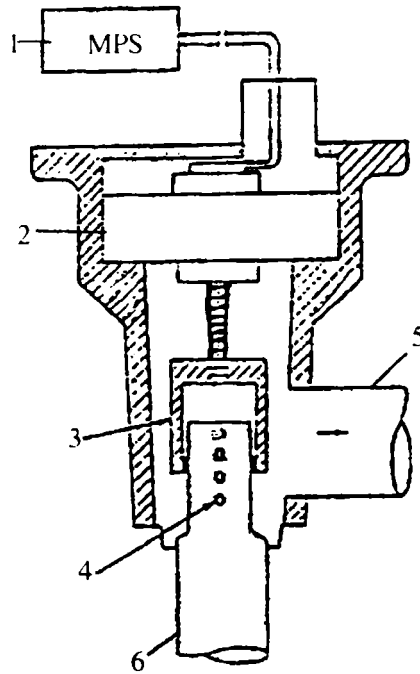
13 - Van tiết lưu điện tử; 14 - Bộ vi xử lý; 15 - Đầu cảm nhiệt

Qua hình 8.4 ta thấy trên sơ đồ không có van điện tử đứng trước van tiết lưu. Van tiết lưu không phải kiểu tác động bằng màng dẫn nở mà là van điều chỉnh bởi một mô tơ điện. Bộ vi xử lý có 2 đầu cảm nhiệt. Tuy nhiên, với cùng một nguyên lý cấu tạo nhưng mỗi hãng chế tạo có những thiết kế riêng biệt khác nhau. Sau đây chúng ta sẽ đi sâu tìm hiểu van tiết lưu điện tử của 1 số hãng như Sporlan (Mỹ), Engelhof (Đức), Danfoss (Đan Mạch) và Daikin (Nhật).

Tuy cùng có nguyên tắc cấu tạo như hình 8.4 nhưng có 2 dạng van làm việc theo 2 nguyên tắc khác nhau là loại làm việc gần như vô cấp (Sporlan, Daikin) và loại làm việc theo 2 vị trí ON – OFF. Sau đây sẽ đi sâu giới thiệu về 2 loại van này.

8.3.1. Van tiết lưu điện tử vô cấp

Hình 8.5 giới thiệu cấu tạo van EEV của Sporlan.



Hình 8.5. Van tiết lưu điện tử Sporlan

a) Hình dáng bên ngoài; b) Nguyên tắc cấu tạo

1 - Bộ vi xử lý; 2 - Mô tơ làm việc theo bước tuyến tính;

3 - Ống chụp; 4 - Lỗ thoát ga lỏng; 5 - Ống nối vào dàn bay hơi; 6 - Ống cấp lỏng vào van

Van tiết lưu (hình 8.5) bao gồm ống cấp lỏng vào van có khoan rất nhiều lỗ thoát lỏng, trên đó có ống chụp 3. Khi ống chụp 3 di chuyển lên xuống sẽ tạo ra sự thay đổi tiết diện thoát lỏng và qua đó điều chỉnh lưu lượng qua van. Sự di chuyển lên xuống của ống chụp 3 được thực hiện nhờ một vít dẫn gắn với mô tơ làm việc theo bước tuyến tính. Vít dẫn có nhiệm vụ truyền chuyển động quay của mô tơ thành chuyển động tịnh tiến của ống chụp. Khi ống chụp chuyển động lên trên, van mở rộng cửa thoát cho ga lỏng vào nhiều hơn. Khi ống chụp chuyển động xuống, van khép bớt cửa thoát, ga lỏng vào ít hơn và khi ống chụp chuyển động xuống vị trí thấp nhất van sẽ đóng hoàn toàn cửa thoát.

Qua việc chuyển động lên xuống của mô tơ bước tuyến tính và vít dẫn van có thể đóng mở ở 760 bước hay 760 vị trí khác nhau. Mô tơ bước như đã nêu được điều khiển bởi một bộ vi xử lý MPS. Bộ vi xử lý sẽ duy trì độ quá nhiệt 8,3K (15°F) của hơi hút tại cửa hút vào xi lanh máy nén. Điều đó có thể thực hiện được nhờ sự đo đặc nhiệt độ của ga lạnh ở cửa vào dàn bay hơi và hơi ga

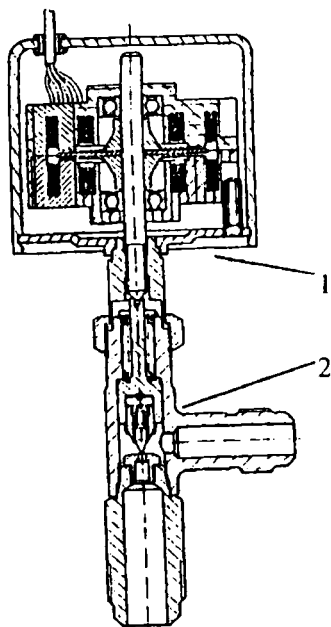
sau khi đã đi qua cuộn dây của động cơ của máy nén vì đây là loại máy nén nửa kín làm mát bằng ga lạnh. Độ quá nhiệt ở đây là độ tăng nhiệt độ của hơi ra từ dàn bay hơi đến cửa hút vào xi lanh máy nén khi đã đi qua cuộn dây động cơ để làm mát động cơ. Động cơ máy nén gây ra độ quá nhiệt khoảng 8,3 đến 11,1K. Bằng cách đo đặc và điều chỉnh độ quá nhiệt hơi hút sau động cơ ở khoảng 8,3K thì độ quá nhiệt hiệu quả ở sau dàn bay hơi giảm xuống chỉ còn 1,1 đến 1,7K. Điều đó có nghĩa hiệu suất trao đổi nhiệt của dàn bay hơi tăng lên và năng suất lạnh của dàn bay hơi tăng lên. Chúng ta biết rằng, độ quá nhiệt của van tiết lưu nhiệt thông thường là 4,5 đến 5,5K.

Các thermistor đo đặc các nhiệt độ đó sẽ báo về cho bộ vi xử lý biết độ quá nhiệt thực đã vượt 8,3K là bao nhiêu cũng như tốc độ biến thiên độ quá nhiệt là bao nhiêu. Từ các thông tin đó, bộ vi xử lý sẽ đưa ra các xung (các lệnh) điều chỉnh kim van thích hợp. Vị trí kim van được hiệu chỉnh lại sau mỗi 3 giây. Bộ vi xử lý và van tiết lưu điện tử giới hạn độ quá nhiệt không vượt quá 30,5K để tránh quá tải cho máy nén. Đó cũng chính là điểm MOP và nó được thermistor lắp ở dàn bay hơi cảm nhận và chuyển về MPS. Nhờ bộ vi xử lý, van EEV có thể mở ở vị trí bất kỳ để đảm bảo cấp đủ lỏng cho dàn bay hơi trong khi nhiệt độ ngưng tụ có thể hạ xuống phù hợp với nhiệt độ của môi trường làm mát. Đây cũng là một ưu điểm quan trọng của van tiết lưu điện tử vì ta biết khi nhiệt độ ngưng tụ giảm, năng suất lạnh tăng và công nén giảm. Điều đó đặc biệt quan trọng cho chế độ chạy giảm tải của hệ thống điều hoà không khí.

Trong khi van tiết lưu nhiệt cần độ chênh áp qua van tối thiểu là 4,8 bar để hoạt động hiệu quả thì van tiết lưu điện tử chỉ cần 1,0 bar. Như vậy với van tiết lưu điện tử EEV hệ thống lạnh có thể hoạt động ở tỷ số áp suất rất nhỏ và đạt hiệu suất lạnh tối ưu.

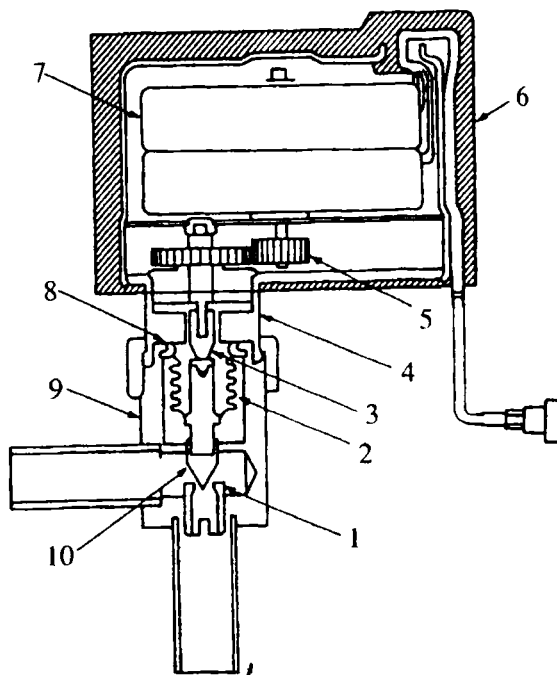
Tùy thuộc vào sự kết hợp giữa bộ vi xử lý và van EEV mà van EEV có thể làm thêm chức năng của một van điện từ (Van EEV = van điện từ + van TEV) trong chu trình hút kiệt và khoá đường lỏng. Khi dừng máy, trước hết bộ vi xử lý đóng (khóa) van tiết lưu điện tử, máy nén sẽ dừng sau khi chạy thêm khoảng 10 giây nữa để hút kiệt ga lạnh ra khỏi dàn bay hơi. Ở quá trình khởi động thì ngược lại, máy nén khởi động khoảng 10 giây trước khi mở van tiết lưu điện tử để phòng tràn lỏng về máy nén.

Hình 8.6 và 8.7 giới thiệu kết cấu của van EEV của Engelhof và của Daikin. 2 loại van này có nguyên tắc làm việc theo bước giống như van Sporlan.



Hình 8.6. Van tiết lưu điện tử Engelhof

- 1 - Mô tơ điều chỉnh theo bước;
- 2 - Van tiết lưu cơ khí kiểu góc.



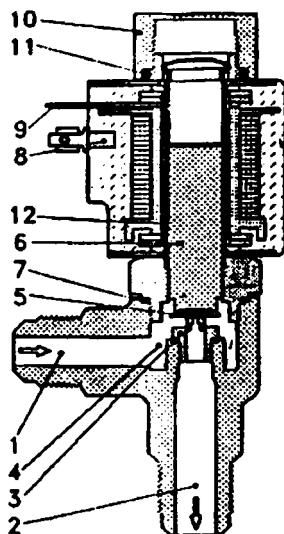
Hình 8.7. Van tiết lưu điện tử Daikin

- 1 - Đế van; 2 - Hộp xếp; 3 - Ngăn truyền động; 4 - Ngăn vít;
- 5 - Bánh răng; 6 - Nắp không thấm nước; 7 - Mô tơ xung;
- 8 - Chi tiết hàn; 9 - Thân van; 10 - Kim van
- Khi vận hành: 1+2000 xung (mở hoàn toàn)
- Khi đóng van: 0 xung (đóng hoàn toàn)

8.3.2. Van tiết lưu điện tử điều chỉnh ON – OFF

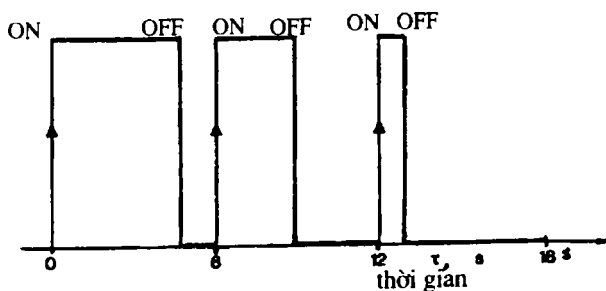
Hãng Danfoss Đan Mạch chế tạo các loại van tiết lưu điện tử kí hiệu AKV có năng suất lạnh từ 0,5 kW đến hàng ngàn kW giống như kết cấu của một van điện từ. Tuy nhiên các van này chỉ là một bộ phận của hệ thống ADAP – COOL (làm lạnh thích ứng) với rất nhiều chức năng khác nhau. Ví dụ các bộ vi xử lý kí hiệu AKC (AKC 114 – 116) không phải điều khiển một dàn bay hơi mà cùng lúc có thể điều khiển tới 3 dàn bay hơi, loại AKC 25H có thể điều khiển cùng lúc 9 dàn bay hơi cho hệ thống lạnh thương nghiệp và siêu thị kết hợp với các chức năng khác như khống chế nhiệt độ bay hơi, nhiệt độ buồng lạnh, kho lạnh, xả băng tự động, tự ghi và lưu trữ dữ liệu nhiệt độ cho từng buồng lạnh... Hình 8.8 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc van AKV 10. Đó là loại van tác động trực tiếp. Các loại van lớn hơn AKV15, AKV20 đều là loại van tác động gián tiếp. Khi đó van điện từ đóng vai trò van lái. Ở đây ta

thấy van AKV có nguyên tắc cấu tạo và làm việc khác hẳn các loại van đã khảo sát là Sporlan, Engelhof và Daikin. Các van AKV không có động cơ hoạt động theo bước mà lại có cuộn dây điện từ giống như các van điện từ. Các lỗ thoát làm nhiệm vụ tiết lưu giống như các ống tiết lưu. Khi mở, van có lưu lượng không đổi max và khi đóng lưu lượng bằng không. Chính vì vậy thời gian đóng và mở van được điều chỉnh dài ngắn sao cho nó cung cấp đúng lượng lỏng yêu cầu vào dàn bay hơi. Thời gian đóng mở do bộ vi xử lý quyết định. Hình 8.9 giới thiệu nguyên lý làm việc của van tiết lưu điện tử AKV.



Hình 8.8. Kết cấu van AKV 10

1 - Cửa vào; 2 - Cửa ra; 3 - Lỗ thoát; 4 - Phin lọc;
5 - Đế van; 6 - Lõi sắt; 7 - Đệm nhôm; 8 - Cuộn dây;
9 - Nút AMP; 10 - Mũ; 11-12 - Vòng O



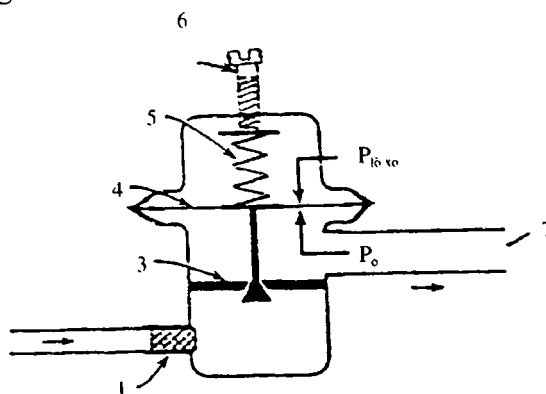
Hình 8.9. Nguyên lý làm việc của van AKV

Mỗi chu kỳ đóng mở là 6 giây. Nếu độ quá nhiệt hơi hút lớn (năng suất lạnh yêu cầu lớn) thì van mở hầu như hết cả chu kỳ 6 giây nhưng nếu độ quá nhiệt nhỏ (tương ứng năng suất lạnh yêu cầu nhỏ) thì van chỉ mở một phần rất nhỏ của chu kỳ 6 giây. Khi dừng máy, van đóng hoàn toàn như một van điện từ.

8.4. CÁC LOẠI VAN VÀ DỤNG CỤ TIẾT LƯU KHÁC

8.4.1. Van tiết lưu tự động AEV

Van tiết lưu tự động AEV (Automatic Expansion Valve) là loại van tiết lưu tự động theo áp suất bay hơi. Hình 8.10 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của van tiết lưu tự động.



Hình 8.10. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của van tiết lưu tự động

1 - Phin lọc; 2 - Ga lỏng vào; 3 - Đế và kim van; 4 - Màng dẫn nở; 5 - Lò xo; 6 - Vít điều chỉnh;

7 - Ga lỏng ra; P_{LX} , P_o - Áp suất lò xo và bay hơi

Gần giống như van TEV, van AEV có màng dẫn nở 4 để điều chỉnh kim van nhưng màng dẫn nở của van AEV không phải do áp suất bầu cảm mà do áp suất lò xo ấn định. Áp suất này có thể điều chỉnh và cài đặt trước nhờ vít 6. Khi vận hành, áp suất lò xo và áp suất bay hơi sẽ cân bằng nhau.

Thí dụ, giả thiết lực lò xo đặt là 0,7 bar thì khi áp suất bay hơi giảm xuống dưới 0,7 bar, màng sẽ dẫn xuống mở to cửa thoát, lỏng vào nhiều hơn. Do lỏng vào nhiều, áp suất bay hơi lại tăng lên và màng lại co lên khép bớt cửa thoát. Như vậy, van điều chỉnh lưu lượng ga để duy trì áp suất bay hơi xung quanh áp suất đặt 0,7 bar.

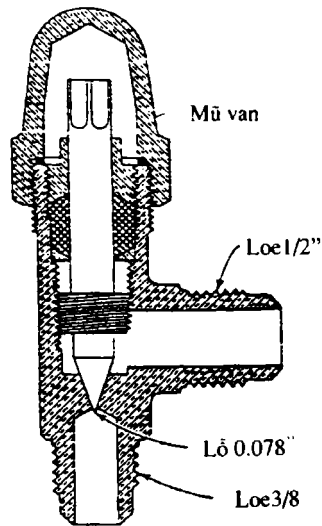
Khi máy nén dừng, áp suất dàn bay hơi tăng lên và kim sẽ đóng kín van tiết lưu. Chỉ khi nào máy nén làm việc trở lại, áp suất giảm xuống dưới áp suất đặt thì van lại mở ra. Đây là ưu điểm của van.

Nhược điểm cơ bản của van tiết lưu tự động là hiệu suất kém hơn và không thể tự điều chỉnh phù hợp với tải lạnh yêu cầu của dàn bay hơi. Khi tải lạnh tăng, lẽ ra van phải mở to thì do áp suất bay hơi cao nên van lại khép bớt lại. Ngược lại khi phòng đã đủ lạnh (tải lạnh giảm), lẽ ra van phải khép bớt thì ngược lại van lại mở to thêm (do p_o thấp), gây nguy cơ tràn lỏng về máy nén. Van tiết lưu tự động ít được sử dụng trong thực tế.

8.4.2. Van tiết lưu tay

Van tiết lưu tay là loại điều chỉnh hoàn toàn bằng tay. Van tiết lưu tay ngày nay chỉ còn được sử dụng ở các hệ thống lạnh lớn (bể nước muối amôniac, bể đá cây...) và những nơi cần điều chỉnh mức lỏng trong các bình bay hơi, bình tách lỏng đặt trên cao, bình trung gian các loại, bình chứa tuần hoàn, đặt trên đường hồi dầu từ bình tách dầu về máy nén ...

Hình 8.11 giới thiệu một van tiết lưu tay loại nhỏ kiểu góc.



Hình 8.11. Van tiết lưu tay cỡ nhỏ kiểu góc

Nói chung van tiết lưu tay nhìn bề ngoài không khác gì một van chặn, van khoá, nhưng có 2 điều khác biệt cơ bản là:

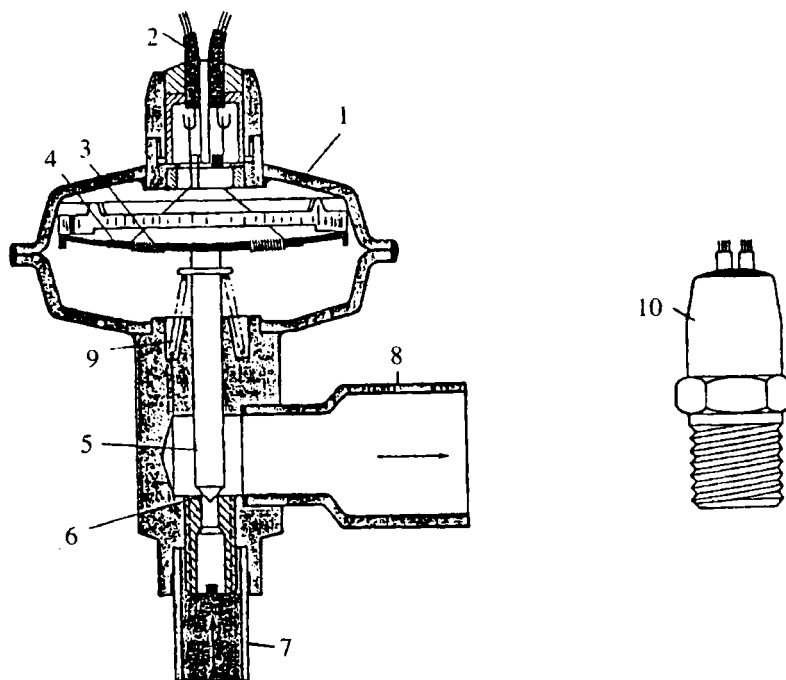
- Kim van có cấu tạo đặc biệt dạng côn, nón, xẻ rãnh hoặc vát để có thể điều chỉnh chính xác lưu lượng qua van.

- Vít điều chỉnh kim van lên xuống có ren rất mịn để có thể điều chỉnh lưu lượng dễ dàng.

Ưu điểm là đơn giản, rẻ tiền, dễ sử dụng và điều chỉnh được bằng tay. Nhược điểm là chỉ thích hợp với hệ thống ổn định, không thể tự thích ứng với các điều kiện thay đổi tải liên tục ở dàn bay hơi.

8.4.3. Van tiết lưu nhiệt điện

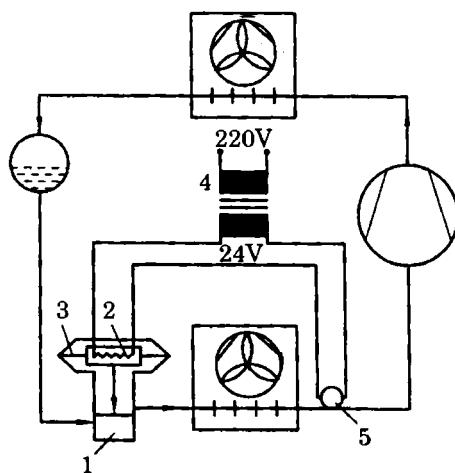
Hình 8.12 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của van tiết lưu nhiệt điện với đầu cảm nhiệt độ quá nhiệt sau dàn bay hơi.



Hình 8.12. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của van tiết lưu nhiệt điện

1 - Đầu van; 2 - Dây điện; 3 - Sợi đốt; 4 - Màng lưỡng kim; 5 - Kim van; 6 - Lò thoát;
7 - Lồng từ bình chứa tới; 8 - Đến dàn bay hơi; 9 - Lò xo; 10 - Đầu cảm

Trên đầu van có bố trí màng dẫn nở lưỡng kim có sợi đốt. Tùy theo điện áp đặt trên 2 đầu sợi đốt cao hay thấp mà nhiệt sinh ra nhiều hay ít. Điện áp cao, nhiệt sinh ra nhiều, màng sẽ co lên để mở rộng thêm cửa thoát và ngược lại, điện áp thấp, nhiệt sinh ra ít, màng dẫn xuống để khép bớt cửa van lại. Hình 8.13 giới thiệu cách bố trí van tiết lưu nhiệt điện trong hệ thống lạnh.



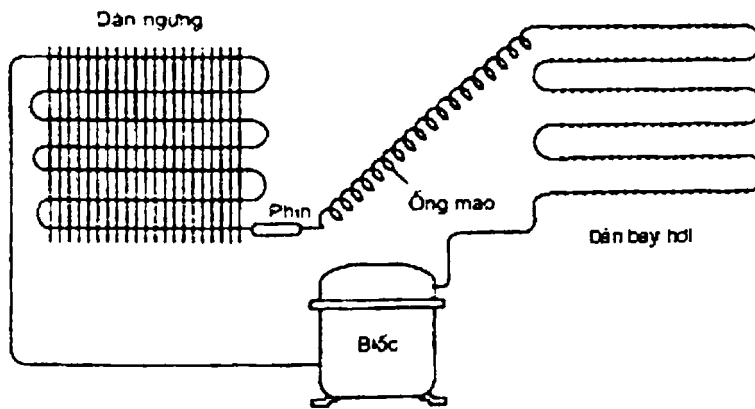
Hình 8.13. Van tiết lưu nhiệt điện trong hệ thống lạnh.

1 - Van tiết lưu nhiệt điện; 2 - Sợi đốt; 3 - Màng lưỡng kim; 4 - Biến áp; 5 - Đầu cảm

Van tiết lưu nhiệt điện có ưu điểm cơ bản là có khả năng cảm nhận khá chính xác sự có mặt của lỏng do đó nếu chuyển đầu cảm tới vị trí gần đầu máy nén, van có khả năng làm mát máy nén tốt và an toàn hơn so với các loại van tiết lưu khác.

8.4.4. Ống mao

Ống mao còn gọi là ống kapile, ống mao dẫn, cấp phun... là một thiết bị tiết lưu cố định được sử dụng rất nhiều trong tủ lạnh và máy điều hoà gia dụng. Nó chỉ đơn giản là một đoạn ống có đường kính rất nhỏ từ 0,6 đến 2mm và chiều dài lớn từ 0,5 đến 5m. Hình 8.14 giới thiệu 1 hệ thống lạnh đơn giản có ống mao.



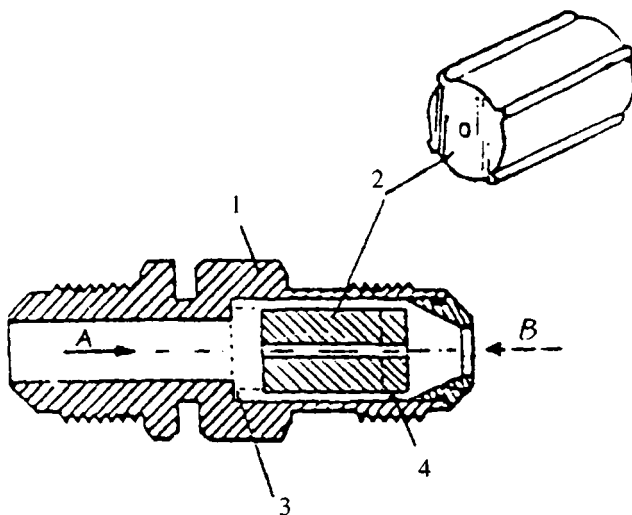
Hình 8.14. Hệ thống lạnh đơn giản có ống mao

Ưu điểm: Rất đơn giản, không có chi tiết chuyển động, không cần bình chứa. Sau khi máy nén ngừng làm việc vài phút, áp suất hai bên ống mao cân bằng nên máy nén khởi động lại rất dễ dàng.

Nhược điểm: Dễ tắc bẩn, tắc ẩm, khó xác định độ dài ống, không tự điều chỉnh được lưu lượng theo các chế độ làm việc khác nhau nên chỉ sử dụng cho các hệ thống có năng suất nhỏ và rất nhỏ.

8.4.5. Ống tiết lưu

Hình 8.15 giới thiệu một ống tiết lưu. Ống tiết lưu được sử dụng rộng rãi cho máy điều hoà và bơm nhiệt gia dụng.



Hình 8.15. Ống tiết lưu

- 1 - Thân; 2 - Ruột tháo rời được; 3 - Vị trí khóa khi chảy chiều B;
4 - Vị trí chảy tắt (bypass) khi chảy chiều A

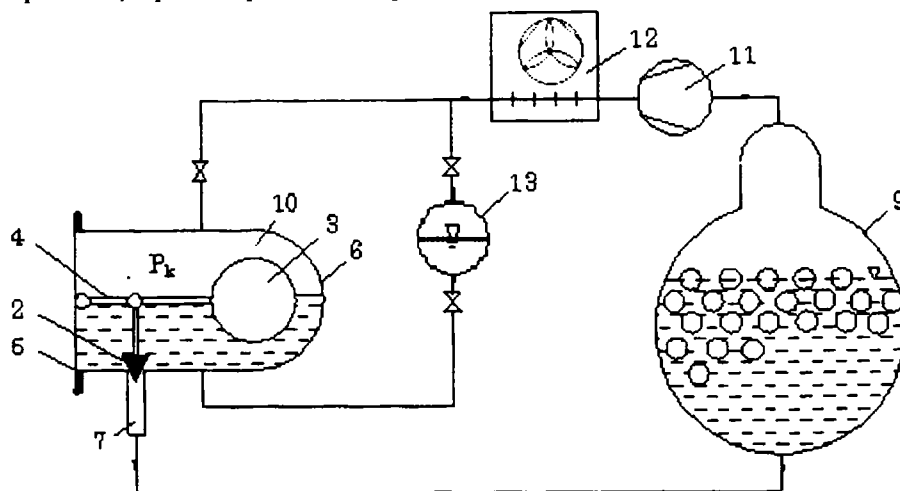
Sự vận hành của nó gần tương tự như ống mao, tạo ra độ chênh áp suất cần thiết giữa bên cao và hạ áp trong hệ thống lạnh. Khi máy dừng, sau khoảng 3 phút áp suất 2 bên cân bằng với nhau tránh được mômen khởi động lớn.

Ruột ống thường có độ dài 5 đến 30mm với đường kính trong từ 0,7 đến 2mm. Đường kính của ống quan trọng hơn rất nhiều so với chiều dài trong việc điều tiết lưu lượng đi qua. Sự vận hành của nó gần tương tự như ống mao, tạo ra độ chênh áp suất cần thiết giữa bên cao áp và hạ áp trong hệ thống lạnh. Khi máy dừng, sau khoảng 3 phút áp suất 2 bên cân bằng với nhau tránh được mômen khởi động lớn.

Ống tiết lưu có 2 loại cố định và di động, loại cố định là loại không có khả năng thay đổi lưu lượng khi dòng đổi hướng, loại di động là loại có ruột van di động như biểu diễn trên hình 8.15. Khi dòng chảy từ trái sang phải ống tiết lưu nằm lên má ống nên ga lỏng chỉ chảy qua lỗ thoát ở tâm ống. Nhưng khi dòng chảy ngược lại từ trái qua phải thì ga lỏng có thể tăng lưu lượng nhờ chảy qua tất cả các rãnh quanh ống tiết lưu. Ống tiết lưu di động là rất quan trọng đối với các máy điều hoà 2 chiều nóng lạnh do lưu lượng yêu cầu ở mỗi chế độ làm việc (làm lạnh, sưởi ấm) là khác nhau. Ống tiết lưu có ưu điểm nữa là loại bỏ được van một chiều ở máy điều hoà 2 chiều khi sử dụng 2 ống tiết lưu hoặc 2 ống mao cho 2 chế độ nóng và lạnh.

8.5.2. Van phao cao áp

Hình 8.17 giới thiệu nguyên tắc và cấu tạo của van phao cao áp trong hệ thống lạnh. Được gọi là van phao cao áp vì buồng phao có áp suất cao p_k . So với van phao hạ áp, van phao cao áp có 3 khác biệt cơ bản sau:



Hình 8.17. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của 1 van phao cao áp trong hệ thống lạnh lớn có bình bay hơi

1 - Lòng từ đàn ngưng tới; 2 - Kim van; 3 - Phao; 4 - Cầu phao mang ti van và kim van;

5 - Nắp bích; 6 - Thân phao; 7 - Ống dẫn lỏng; 8 - Bình bay hơi; 9 - Buồng phao có áp suất p_k ;

10 - Máy nén; 11 - Thiết bị ngưng tụ; 12 - Bình chứa cao áp

So với van phao hạ áp, van phao cao áp có 3 khác biệt cơ bản sau:

a) Hệ thống lạnh có van cao áp thường không cần bình chứa cao áp. Bình chứa cao áp lắp đặt ở đây chỉ dùng để chứa lỏng khi cần điều chỉnh mức lỏng trong bình bay hơi, dồn lỏng khi dừng máy hoặc sửa chữa.

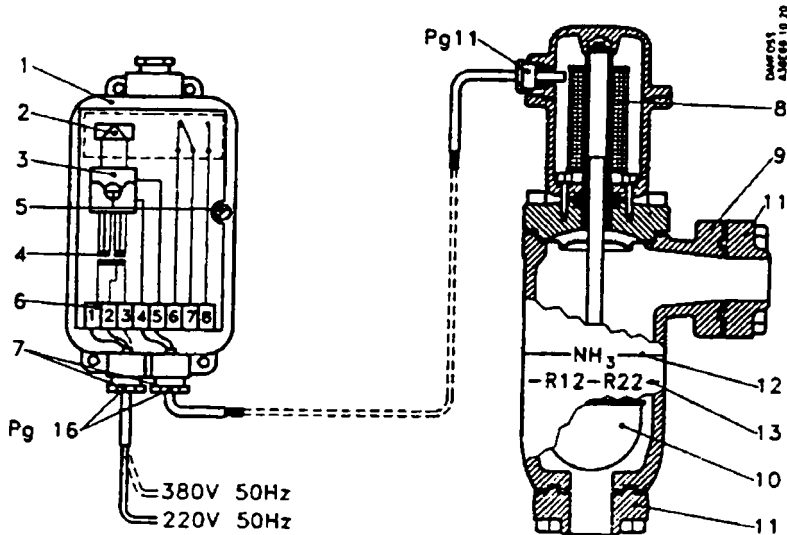
b) Nếu có lỏng từ TBNT chảy vào, phao tự động nâng lên để cấp vào TBBH. Do đó mức lỏng trong bình bay hơi phụ thuộc hoàn toàn vào lượng nạp trong hệ thống, thiếu phải nạp bổ sung còn thừa phải xả bớt ra. Cũng có thể dùng BCCA 13 để điều chỉnh mức lỏng.

c) Vị trí lắp đặt của van phao cao áp là tùy ý, chỉ cần nằm ở phía dưới thiết bị ngưng tụ đảm bảo dịch lỏng chảy tự do từ TBNT đến van là được. Không yêu cầu đặt ngang mức như van phao hạ áp. Van phao cao áp cũng có rất nhiều dạng cấu tạo khác nhau [9,6].

8.5.3. Rơle phao điện tử

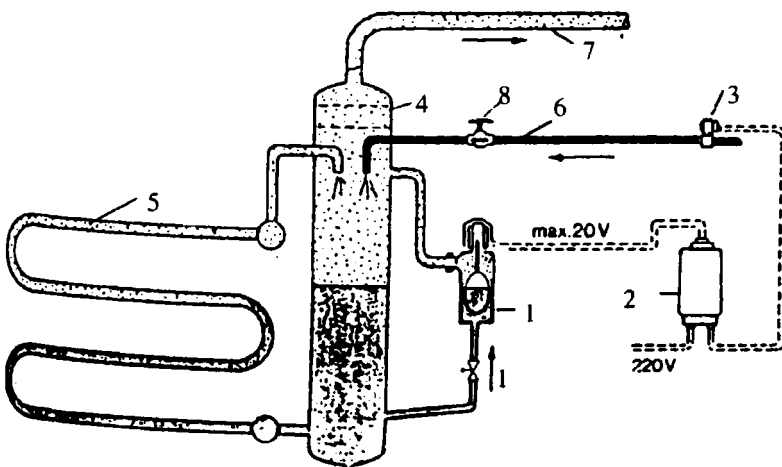
Hình 8.18 giới thiệu nguyên tắc làm việc và cấu tạo của rơle phao điện tử

kí hiệu 38E của Danfoss. Role phao điện tử gồm một bầu phao với cuộn dây điện từ 8 và bộ khuếch đại. Tín hiệu mức lỏng lên xuống truyền qua phao vào cảm biến cuộn dây điện từ 8 rồi sang bộ khuếch đại. Bộ khuếch đại phát xung đóng ngắt van điện từ cấp lỏng cho bình. Hình 8.19 giới thiệu ứng dụng của role phao điện tử kết hợp với van tiết lưu tay để khống chế mức lỏng trong bình.



Hình 8.18. Cấu tạo của role mức lỏng điện tử kiểu phao 38E Danfoss

- | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 - vỏ bộ khuếch đại chịu được nước; | 6 - các vít nối dây; | 11 - bích nối; |
| 2 - role; | 7 - lõi luồn dây điện; | 12 - mức lỏng danh nghĩa của NH_3 ; |
| 3 - bộ khuếch đại; | 8 - cuộn dây điện từ pilot; | 13 - mức lỏng danh nghĩa của R12 và R22 |
| 4 - biến áp chính; | 9 - bầu phao; | |
| 5 - nối đất; | 10 - phao và cán phao; | |



Hình 8.19. Ứng dụng của role mức lỏng 38E kết hợp với van điện từ và van tiết lưu tay để khống chế mức lỏng.

- | |
|----------------------------|
| 1 - hộp phao 28E; |
| 2 - bộ khuếch đại; |
| 3 - van điện từ; |
| 4 - bình tách lỏng; |
| 5 - dàn bay hơi; |
| 6 - lỏng từ bình chứa tới; |
| 7 - đường hút về máy nén; |
| 8 - Van tiết lưu tay |

Lồng từ bình chứa cao áp cấp vào bình tách lỏng 4 qua van điện từ 3 và van tiết lưu tay 8. Van điện từ đóng mở theo tín hiệu từ bộ khuếch đại 2. Khi mức lỏng hạ xuống dưới mức cho phép, bộ khuếch đại mở van điện từ cho lỏng vào và khi mức lỏng vượt mức cho phép bộ khuếch đại đóng van điện từ ngừng cấp lỏng. Cứ như vậy, mức lỏng trong bình được giữ ổn định trong phạm vi yêu cầu.

8.5.4. Role mức lỏng bầu cảm có sợi đốt

Cấu tạo của role mức lỏng tương tự như role nhiệt độ phòng lạnh, đóng ngắt mạch điện khi nhiệt độ phòng thay đổi: ngắt khi đủ lạnh và đóng khi thiếu lạnh. Do bầu cảm thông thường không cảm nhận được mức lỏng nên người ta bố trí một sợi đốt 24V, 10W để đốt nóng bầu cảm. Nhiệt độ bầu cảm khá cao và chỉ hạ xuống đột ngột khi mức lỏng dâng lên chạm vào bầu cảm vì khả năng dẫn nhiệt của lỏng rất lớn. Role mức lỏng có thể dùng để bảo vệ mức lỏng cũng có thể kết hợp với van tiết lưu tay và van điện từ (như hình 8.19) để điều chỉnh mức lỏng trong bình.

8.5.5. Van tiết lưu nhiệt bầu cảm có sợi đốt

Van tiết lưu nhiệt bầu cảm có sợi đốt cũng có nguyên tắc cấu tạo và làm việc tương tự. Bầu cảm của van tiết lưu cũng có sợi đốt và đóng hoàn toàn khi mức lỏng chạm tới bầu cảm và mở khi mức lỏng hạ xuống dưới bầu cảm. Van tiết lưu nhiệt với bầu cảm có sợi đốt chỉ sử dụng để điều chỉnh mức lỏng trong bình. Chi tiết xin xem thêm tài liệu [6, 9].

Câu hỏi ôn tập

1. Hãy phát biểu các đặc điểm phân loại thiết bị tiết lưu.
2. Vẽ và mô tả nguyên tắc cấu tạo và làm việc của van TEV cân bằng trong.
3. Ưu nhược điểm của van TEV cân bằng trong là gì?
4. Vẽ và mô tả nguyên tắc cấu tạo và làm việc của van TEV cân bằng ngoài.
5. Ưu nhược điểm của TEV cân bằng ngoài là gì?
6. MOP là gì? Van TEV có MOP khác van TEV không có MOP như thế nào?
7. Yêu cầu chung về vị trí lắp đặt bầu cảm nhiệt van TEV như thế nào?
8. Khi ống hút có đường kính nhỏ hơn 22mm cần lắp bầu cảm nhiệt ở đâu?
9. Khi ống hút có đường kính lớn hơn 22mm cần lắp bầu cảm nhiệt ở đâu?
10. Cần lắp bầu cảm nhiệt ở đâu khi dàn lạnh để trong bể nước muối?
11. Nếu ống hút có đoạn đi lên thì vì sao phải lắp bầu nhiệt trên đoạn đó?
12. Cho biết $p_k = 50^\circ\text{C}$, R22, tổng tổn thất áp suất là 2bar, $Q_0 = 5\text{kW}$. Hãy chọn van tiết lưu nhiệt cho:
 - a) hệ thống điều hoà không khí $t_0 = 5\text{K}$
 - b) hệ thống làm nước đá $t_0 = -10^\circ\text{C}$

13. Năng suất lạnh của một van tiết lưu nhiệt phụ thuộc vào những đại lượng nào?
14. Hãy vẽ sơ đồ nguyên tắc hệ thống lạnh sử dụng van tiết lưu điện tử.
15. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của van EEV điều chỉnh theo bậc gán vô cấp?
16. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của van EEV kí hiệu AKC của Danfoss?
17. Van tiết lưu tự động AEV có nguyên tắc cấu tạo và hoạt động như thế nào?
18. Ưu nhược điểm của van AEV là gì?
19. Khác biệt cơ bản của van tiết lưu tay với van chặn là gì?
20. Nêu nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của van tiết lưu điện tử.
21. Vẽ sơ đồ hệ thống lạnh đơn giản có ống mao.
22. Ống tiết lưu là gì? mô tả nguyên tắc cấu tạo và làm việc.
23. Van phao hạ áp có nguyên tắc cấu tạo và hoạt động thế nào?
24. Van phao cao áp có nguyên tắc cấu tạo và hoạt động thế nào?
25. Role mức lỏng điện tử có nguyên tắc cấu tạo và hoạt động thế nào?
26. Role mức lỏng với bầu cảm có sợi đốt có nguyên tắc cấu tạo và hoạt động thế nào?
27. Van tiết lưu với bầu cảm có sợi đốt có nguyên tắc cấu tạo và hoạt động thế nào?
28. Làm thế nào để điều chỉnh mức lỏng trong bình khi sử dụng van phao hạ áp?
29. Làm thế nào để điều chỉnh mức lỏng trong bình khi sử dụng van phao cao áp?
30. Có thể sử dụng bình chứa cao áp để điều chỉnh mức lỏng khi sử dụng van phao cao áp như thế nào?
31. Role điện tử mức 38E có nguyên tắc cấu tạo và làm việc thế nào?
32. Vì sao hay sử dụng mức lỏng cho các thiết bị bay hơi amôniac?
33. Vì sao hay sử dụng độ quá nhiệt để cấp lỏng cho TBBH freon?

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 thiết bị phụ mà tùy theo môi chất lạnh, tùy theo 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 một lượng dầu bị cuốn theo hơi nén vào đường đẩy rồi vào bình ngưng tạo một 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 hoà tan dầu như amôniac.

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 đối với freon và đưa đến bình gom dầu đối với hệ thống lạnh NH_3 . Khi nhiệt độ cuối tầm nén cao lớn hơn 120°C , dầu ra ở bình tách dầu hệ thống NH_3 hầu như đã bị biến chất nên phải đưa về bình gom, xả ra ngoài để hoàn nguyên rồi mới nạp lại cho máy nén.

Nguyên tắc làm việc:

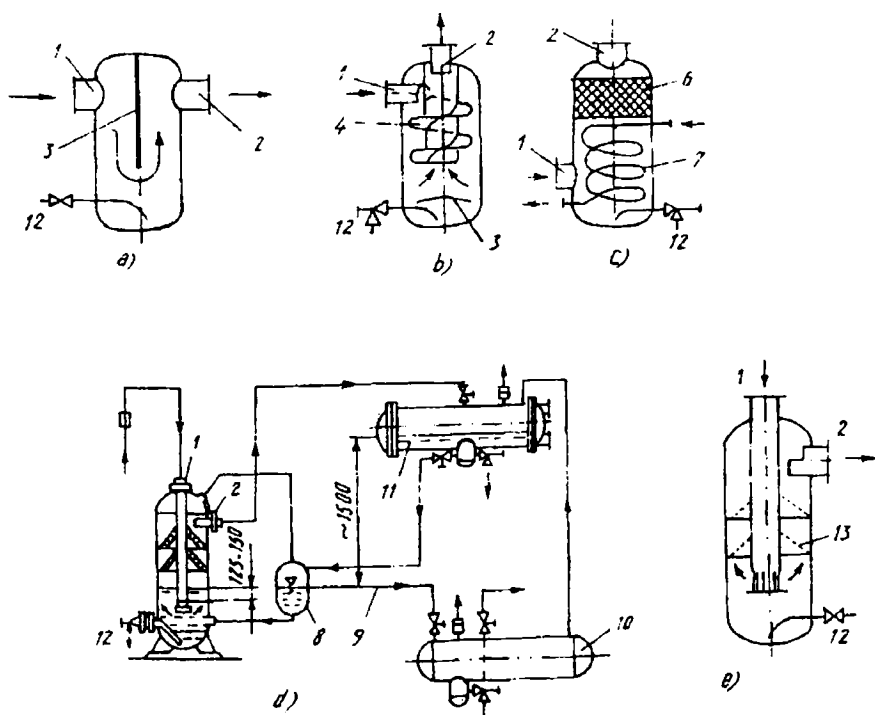
- Nguyên tắc chủ yếu là giảm tốc độ dòng hơi từ $18 \div 25\text{m/s}$ xuống $0,5 \div 1\text{m/s}$, ngoài ra:

- Thay đổi hướng chuyển động bằng cách bố trí các tấm chặn vuông góc với dòng chảy hoặc xoắn kiểu xyclon 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 amoniắc lỏng đối với hệ thống lạnh amoniắc.

Hình 9.1 giới thiệu một 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%.



Hình 9.1. Một số kiểu bình tách dầu với các nguyên lý làm việc khác nhau

a) kiểu tấm chặn đối hướng; b) kiểu tấm xyclon; c) kiểu khối đệm và làm mát bằng nước;

d) kiểu rửa hơi trong amoniắc lỏng; e) kiểu nón chặn

1 – cửa hơi vào; 2 – cửa hơi ra; 3 – tấm chắn; 4 – tấm dẫn hướng; 5 – tấm chặn luồng hơi;
6 – khối đệm; 7 – ống xoắn làm mát bằng nước; 8 – bình giữ mức lỏng; 9 – ống chảy tràn;

10 – bình chứa; 11 – bình ngưng; 12 – lối dầu ra; 13 – nón chặn

Ứng dụng

Bình tách dầu sử dụng chủ yếu cho các hệ thống lạnh có môi chất không hoà tan dầu như amôniac, R13 và các môi chất hoà tan dầu hạn chế như R22 đôi khi cả R12.

- Bình tách dầu chỉ sử dụng trong các hệ thống lạnh lớn, rất lớn và có nhiều máy nén mắc song song. Rất ít khi sử dụng cho các hệ thống lạnh trung bình và nhỏ.

- Bình tách dầu thường sử dụng trong các hệ thống lạnh có đường ống dẫn từ máy nén đến dàn ngưng đặt xa. Ở đây bình tách dầu vừa đóng vai trò giảm xung, tiêu âm cho đường ống và tránh ngưng tụ lỏng trên đường dẫn trường hợp máy lạnh dùng.

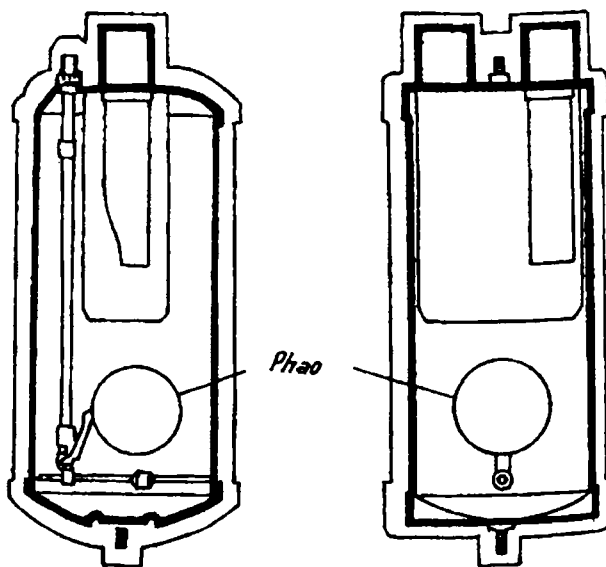
Phương pháp hồi dầu về máy nén

- Có thể xả định kỳ dầu trở lại máy nén khi mức dầu trong máy nén tụt xuống dưới mức yêu cầu.

- Có thể bố trí cơ cấu tự động hồi dầu về máy nén thí dụ sử dụng van phao cao áp. Trường hợp mỗi máy nén có một bình tách dầu có thể sử dụng van phao cao áp bố trí ngay trong bình tách dầu. Khi dầu trong bình tách dầu dâng lên, van phao mở để dầu phụt trở lại máy nén nhờ độ chênh áp suất giữa bình tách dầu và cacte máy nén $\Delta p = p_k - p_0$. Trường hợp nhiều máy nén có chung một bình tách dầu thì phải bố trí van phao hạ áp phía máy nén. Khi máy nén thiếu dầu, mức dầu tụt xuống, van phao hạ áp mở để dầu hồi tự động từ bình chứa dầu về máy nén.

Để tránh đưa dầu có nhiệt độ quá cao ($> 60^\circ\text{C}$) quay trở về máy nén, cần phải bố trí van điện từ trên đường hồi và thermostat kiểm tra nhiệt độ dầu. Thermostat chỉ mở van điện từ cho dầu hồi về máy nén khi nhiệt độ dầu ở dưới mức cho phép (xem hình 3.32).

Hình 9.2 giới thiệu sơ



Hình 9.2. Bình tách dầu có phao hồi dầu tự động

đồ nguyên tắc hồi dầu tự động về máy nén kiểu van phao đặt trong bình tách dầu.

Lắp đặt

Bình tách dầu được lắp gần máy nén trên đường đẩy từ máy nén đến bình ngưng.

- Bình tách dầu luôn đặt đứng và vuông góc với đường đẩy. Tùy theo thiết kế, đường hồi dầu có thể nằm phía trên hoặc phía dưới bình. Ống hồi dầu có thể có đường kính 6, 10 hoặc 12mm ống đồng (cho freon), nối theo kiểu lœ.

- Loại có phao khi lắp đặt cần đổ đủ dầu vào bình để thử độ kín van phao (thường khoảng 0,75lít). Nếu van phao không kín, khí nén liên tục xì về cacte làm giảm năng suất lạnh của máy nén. Ngoài ra cần đổ dầu vào để hiệu chỉnh mức làm việc của van phao.

Nếu máy nén không có mất dầu nên bố trí mắt kính quan sát dầu trên đường hồi. Trường hợp dầu quá nhiều trong cacte, dầu bốc mạnh và van phao liên tục mở để hồi dầu. Nếu có kính trên đường hồi, có thể phát hiện và xả bớt dầu khỏi hệ thống và khi van phao mở liên tục, sẽ có tổn thất năng suất lạnh đối với máy nén.

- Chỉ lắp đặt một bình tách dầu cho tối đa 3 máy nén.

Tính chọn bình tách dầu

Thông thường bình tách dầu đã được chế tạo sẵn. Khi lắp đặt, chỉ cần chọn cỡ bình phù hợp.

a) Trường hợp một máy nén một bình tách dầu:

$$d_{ld} \geq d_{vx}$$

$$Q_{old} \geq Q_{oMN}$$

Trong đó: d_{ld} - đường kính ống nối vào bình tách dầu

d_{vx} - đường kính van xả máy nén (12, 16, 18, 22, 28, 35, 42...mm)

Q_{old} - năng suất lạnh (tương đương) của bình tách dầu (thường cho trong catalog của bình tách dầu chế tạo sẵn), kW.

Q_{oMN} - năng suất lạnh của máy nén, kW.

b) Trường hợp nhiều máy nén dùng một bình tách dầu:

$$d_{ld} \geq d_{vx} \sqrt{i}$$

$$Q_{old} \geq Q_{oMN} \cdot i$$

Trong đó: i - số máy nén (các máy nén phải có năng suất lạnh giống nhau).

Hệ thống hồi dầu kiểu AC&R

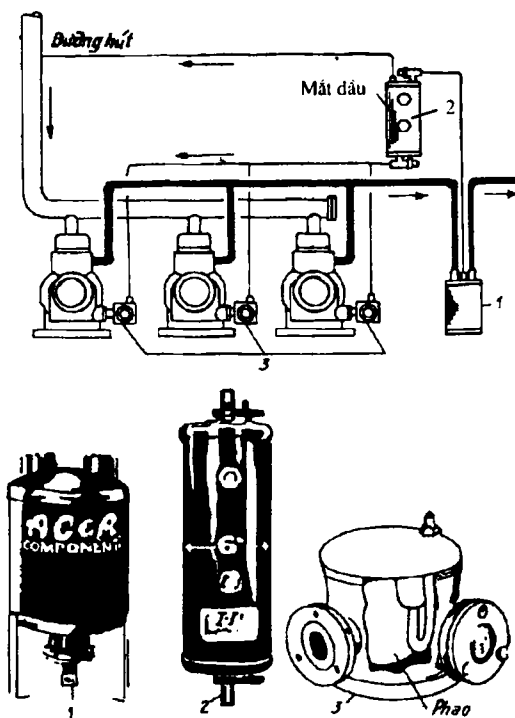
Trong các hệ thống lạnh có nhiều máy nén, các máy nén có thể có công suất khác nhau, đặt ở vị trí khác nhau, có khi do vị trí lắp đặt chật chội phải chồng lên nhau... Người ta có thể dùng hệ thống hồi dầu AC&R để đảm bảo hồi dầu về máy nén một cách hoàn hảo.

Hệ thống hồi dầu kiểu AC&R gồm 3 bộ phận: Bình tách dầu, bình chứa dầu hay van phao hạ áp. 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 hạ áp ổn định mức dầu là một bình hình trụ có một phao bên trong đảm bảo cho mức dầu không đổi. Khi mức dầu hạ xuống, phao hạ xuống mở cho dầu vào, đảm bảo mức dầu không đổi. Trong các trường hợp 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 một 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:



Hình 9.3. Hệ thống hồi dầu kiểu AC & R

1- bình tách dầu; 2 - bình chứa dầu;

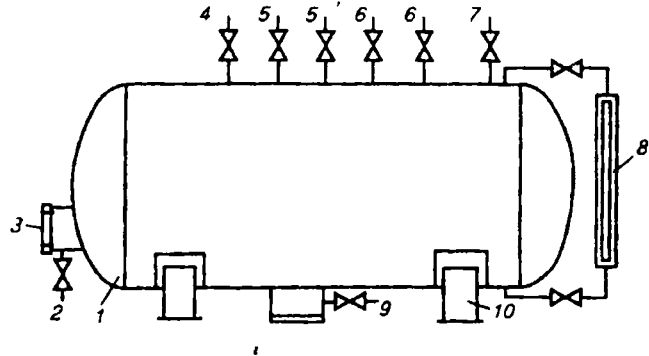
3 - van phao; 4 - máy nén

- Đường kính ống chính lớn hơn đường kính ống nhánh,
- 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).



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.

Khi mở van nối đường hút, áp suất trong bình giảm xuống, môi chất lạnh được hút hết ra khỏi bình chứa dầu. Khi áp suất dư giảm xuống gần 0, có thể mở van xả để xả dầu ra khỏi bình để đưa đi hoàn nguyên

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 cho hệ thống lạnh NH_3 lớn (hình 9.5) cần bố trí các đường ống nối lỏng vào từ bình bay hơi 8, đường lỏng dẫn đến trạm tiết lưu 2, đường cân bằng hơi nối 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.
- Với hệ thống cấp lỏng từ trên xuống (kiểu khô), bình phải chứa được 30% toàn bộ thể tích dàn bay hơi do đó $V_{\text{BCK}} > 0,6 V_{\text{BH}}$ trong đó V_{BCK} - thể tích bình chứa cao áp kiểu khô.
- Với hệ thống cấp lỏng từ dưới lên (kiểu ngập), bình phải chứa được 60% toàn bộ thể tích bình và dàn bay hơi. : V_{BCN} - thể tích bình chứa cao áp kiểu ngập.

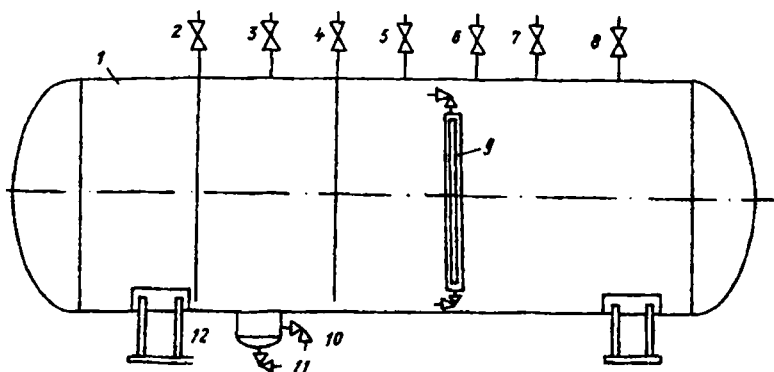
$$V_{\text{BCN}} \geq 1,2 V_{\text{BH}}$$

Nếu lấy hệ số an toàn 1,2 thì:

Bình chứa kiểu khô: $V_{\text{BCK}} \geq 0,6 \cdot 1,2 V_{\text{BH}} = 0,72 V_{\text{BH}}$

Bình chứa kiểu ngập: $V_{\text{BCN}} \geq 1,2 \cdot 1,2 V_{\text{BH}} = 1,44 V_{\text{BH}}$

Trong đó V_{BH} là tổng thể tích của các dàn bay hơi.



Hình 9.5. Bình chứa cao áp

- 1 - thân bình; 2 - ống lỏng ra; 3 - ống xả khí không ngưng; 4 - ống hồi lỏng từ bộ xả khí;
 5 - cân bằng hơi; 6 - áp kế; 7 - nối van an toàn; 8 - lỏng vào; 9 - ống thủy;
 10 - xả dầu; 11 - xả cặn; 12 - chân

9.3.2. Bình chứa tuần hoàn

Nhiệm vụ

Bình chứa tuần hoàn dùng để chứa lỏng ở áp suất bay hơi trong các hệ thống lạnh lớn có bơm tuần hoàn cấp dịch lỏng cho các dàn bay hơi.

Cấu tạo và hoạt động

Bình chứa tuần hoàn là bình hình trụ đặt đứng hoặc nằm ngang (hình 17.3; 17.4) với các đường ống nối: lỏng từ van tiết lưu hoặc van phao vào, lỏng từ đáy bình đến bơm tuần hoàn; hỗn hợp hơi lỏng từ các dàn bay hơi trở lại bình và đường hơi hút về máy nén trên đỉnh bình. Bình chứa tuần hoàn đồng thời là bình tách lỏng. Bình phải chứa được 30% đối với hệ khô, 60% đối với hệ ngập và 50% thể tích bên trong dàn bay hơi V_{BH} đối với dàn bay hơi làm lạnh không khí.

9.3.3. Bình chứa thu hồi

Bình thu hồi dùng để chứa môi chất lỏng từ các dàn bay hơi khi phá băng bằng hơi nóng phun ra. Bình có thể là hình trụ nằm ngang hoặc thẳng đứng. Bình có đường nối với các dàn bay hơi ở vị trí xả lỏng khi cấp hơi nóng phá băng và có đường nối với hơi nén để ép lỏng trở lại bình chứa cao áp hoặc trạm tiết lưu.

Bình chứa thu hồi cần phải chứa được toàn bộ thể tích của dàn lạnh lớn nhất với hệ số chứa 80%. Như vậy thể tích của bình chứa thu hồi:

$$V_{TH} \geq \frac{V_{Dmax}}{0,8} = 1,25 V_{Dmax}$$

V_{Dmax} thể tích bên trong của dàn lớn nhất.

9.3.4. Bình chứa dự phòng

Bình chứa dự phòng được sử dụng trong các hệ thống lạnh amôniac không có bơm tuần hoàn và được lắp dưới bình tách lỏng kiểu hình trụ nằm ngang để chứa môi chất lỏng từ các dàn lạnh phun ra trường hợp phụ tải nhiệt tăng.

Ở chế độ làm việc bình thường:

Bình chứa cao áp chứa 50% dung tích

Bình chứa tuần hoàn chứa 30% dung tích

Bình chứa thu hồi và dự phòng để trống.

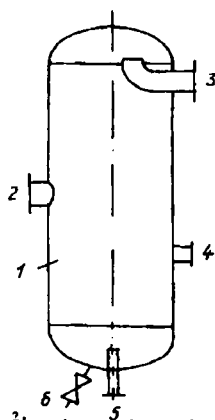
9.4. BÌNH TÁCH LỎNG, TÍCH LỎNG

Nhiệm vụ

Bình tách lỏng có nhiệm vụ tách các giọt chất lỏng khỏi luồng hơi hút về máy nén, tránh cho máy nén không hút phải lỏng gây va đập thủy lực làm hư hỏng máy nén.

Cấu tạo

Bình tách lỏng đơn giản là một bình hình trụ đặt đứng lắp đặt trên đường hút từ thiết bị bay hơi về máy nén (hình 9.6).



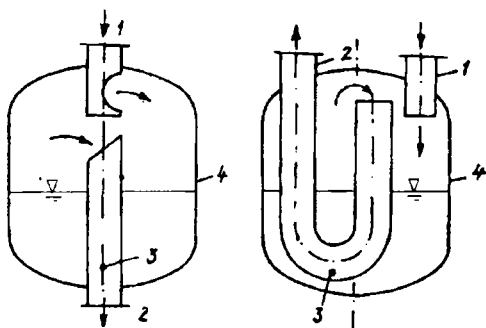
Hình 9.6. Nguyên tắc cấu tạo bình tách lỏng

- 1 - thân bình hình trụ
- 2 - đường hơi và ẩm vào từ dàn bay hơi;
- 3 - đường hơi khô về máy nén;
- 4 - từ van tiết lưu vào (có thể không có nếu tiết lưu thẳng vào dàn);
- 5 - lỏng quay trở về dàn bay hơi;
- 6 - xả dầu;

(có thể thêm ống thủy, áp kế, đường cân bằng hơi với dàn lạnh để lỏng chảy về dàn dễ dàng).

Ở các máy nén nhỏ người ta sử dụng bình tích lỏng (accumulator) để tích lỏng và dầu về đột ngột sau đó tiết lưu dần về máy nén vừa tránh được va đập thủy lực, vừa hạ được nhiệt độ cuối tầm nén (hình 9.7).

Bình tách lỏng sử dụng được cho tất cả các loại máy lạnh với môi chất 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 tích lỏng kiêm thêm chức năng bình chứa thu hồi.



Hình 9.7. Bình tích lỏng
(accumulator hoặc liquid trap)

- 1 - hơi ẩm từ dàn 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

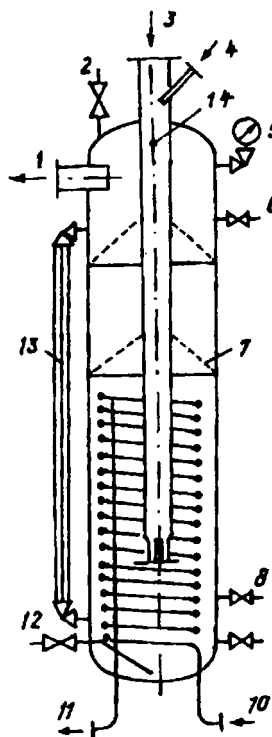
Bình trung gian sử dụng trong máy lạnh 2 và nhiều cấp có làm mát trung gian nhờ tiết lưu môi chất lỏng. Bình trung gian có nhiệm vụ làm mát trung gian 1 phần hay toàn phần hơi môi chất ra ở cấp nén áp thấp và để quá lạnh lỏng trước khi vào van tiết lưu bằng cách bay hơi một phần lỏng ở áp suất và nhiệt độ trung gian (xem hình 5.8; 5.9; 5.10).

Cấu tạo

Hai loại bình 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.

Hình 9.8. Bình trung gian ống xoắn

- 1 - đường hơi về máy nén cao áp;
- 2 - nối 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 khống chế mức lỏng trong bình trung gian;
- 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.



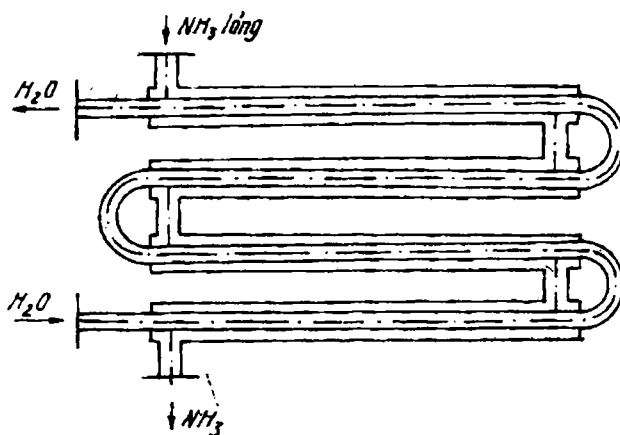
9.6. BÌNH QUÁ LẠNH LỎNG

Nhiệm vụ

Dùng làm lạnh môi chất lạnh lỏng sau ngưng tụ (thường sử dụng cho môi chất amôniac) 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 38mm 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 sẽ hiệu quả hơn so với dùng bình quá lạnh.

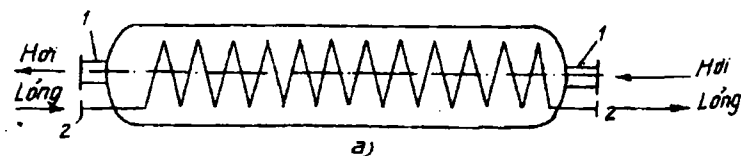
9.7. THIẾT BỊ HỒI NHIỆT

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 freon 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.



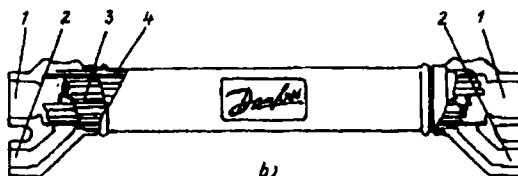
Hình 9.10. Hồi nhiệt

a) nguyên lý cấu tạo;

b) hồi nhiệt của Danfoss (Đan 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 NGƯNG

Nhiệm vụ : Trong hệ thống lạnh (amoniac) luôn có một 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 tầm 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:

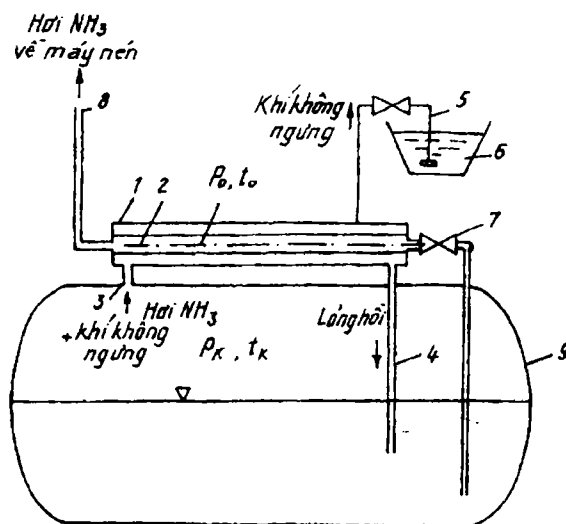
- Hút chân không không triệt để khi nạp ga.
- Khi nạp dầu, bảo dưỡng, sửa chữa các chi tiết.
- Do môi chất, dầu, ẩm phản ứng phân hủy thành.
- Do môi chất lạnh phân hủy, đặc biệt với môi chất amoniac vì NH_3 phân hủy ngay ở nhiệt độ $110 - 120^\circ\text{C}$ ở cuối quá trình nén, đều được bố trí bình tách khí không ngưng.
- Do rò rỉ không khí vào hệ thống khi áp suất bay hơi nhỏ hơn áp suất khí quyển.

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 thải ra ngoài. Hình 9.11 giới thiệu 1 bình tách khí không ngưng đơn giản nhất.

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 hoà là 15,56 bar, áp suất đọc trên áp kế 14,56 bar. Nếu lớn hơn 14,56 nghĩa là có khí



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

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 hoá 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, vảy hàn, mặt kim loại. Các cặn bẩn này đặc biệt nguy hiểm cho máy nén khi chúng lọt vào xilanh và các chi tiết chuyển động. Các cặn bẩn này cũng đặc biệt nguy hiểm đối với van đặc biệt là van tiết lưu, chúng gây tắc bẩn van tiết lưu.

Các tạp chất hoá 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 đóng băng bịt kín van tiết lưu gây tắc ẩm.

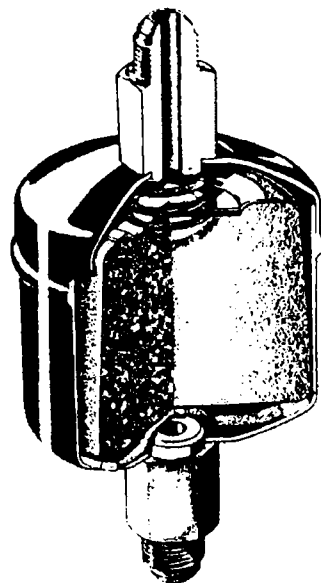
Cấu tạo

Có nhiều dạng cấu tạo tùy thuộc vào năng suất máy, môi chất lạnh... Hình 9.12 giới thiệu một phin lọc dùng cho môi chất freon cỡ nhỏ và cỡ trung. Bộ phận lọc và sấy đơn giản là một khối zeolit định hình bằng keo dính đặc biệt đặt trong một 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



Hình 9.12. Phin sấy lọc cho máy lạnh freon cỡ nhỏ và cỡ trung

cần bắn đi vào máy nén, trên đường lọc 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.

9.10. MẮT GA

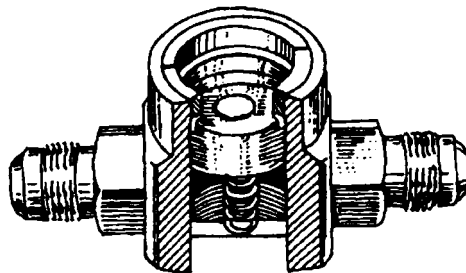
Nhiệm vụ

Mắt ga 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 ga còn có nhiệm vụ:

- Báo hiệu đủ ga khi dòng ga không bị sủi bọt,
- Báo hiệu thiếu ga khi dòng ga bị sủi bọt mạnh,
- Báo hết ga khi thấy xuất hiện các vệt dầu trên kính,
- Báo độ ẩm môi chất qua sự biến màu của chấm màu trên tâm mắt ga khi so sánh với màu chỉ thị xung quanh mắt ga (xanh: khô (dry); vàng: thận trọng (caution); nâu: ẩm (wet)). Nếu ga bị ẩm, nhất thiết phải thay phin sấy mới;
- Báo hiệu hạt hút ẩm bị rã khi thấy ga 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 ga. Mắt ga có thân hình trụ phía dưới kín còn phía trên được lắp mắt kính để có thể quan sát dòng ga chảy bên trong.

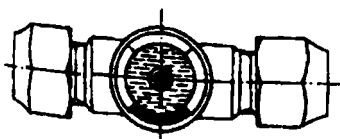


Hình 9.13. Cấu tạo mắt ga

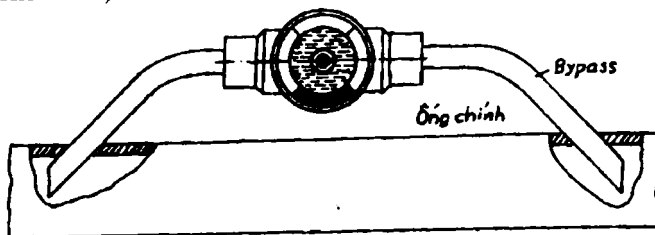
Lắp đặt

Mắt ga được lắp đặt trên đường lỏng, sau phin sấy lọc, trước van tiết lưu.

Trường hợp ống ga lỏng tương đối phù hợp với đường kính lắp mắt ga, có thể lắp ngay trên đường ống (hình 9.14).



Hình 9.14. Lắp mắt ga lên đường lỏng chính



Hình 9.15. Lắp mắt ga lên đường lỏng phụ

Trường hợp đường ống lớn, phải lắp trên đường ống nhánh song song với ống chính (hình 9.15).

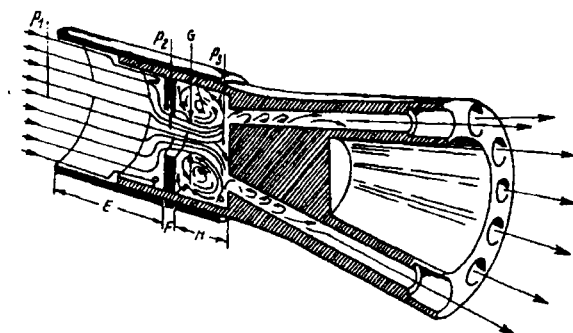
9.11. ĐẦU CHIA LỎNG

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 cho đều các ống xoắn, cần thiết phải có một đầu chia lỏng với các đoạn ống nối bằng nhau đến các ống xoắn.

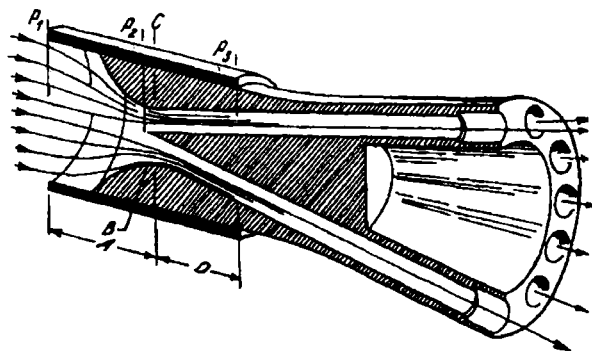
Nguyên tắc làm việc

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 giáng áp trong đầu chia lỏng; E - đoạn dội 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



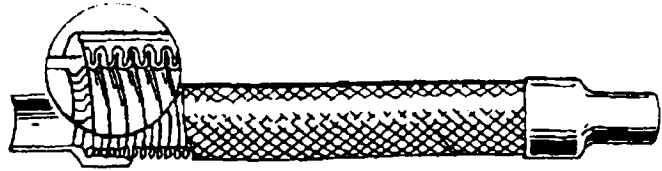
Hình 9.17. Đầu chia lỏng kiểu thủy động ALCO - Venturi

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 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 hàn hoặc bằng bích.

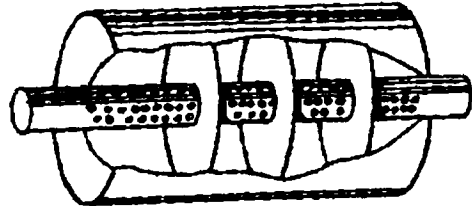


Hình 9.18. Ống mềm

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 ống tiêu âm người ta bố trí các ống tiêu âm.



Hình 9.19. Ống tiêu âm

Hình 9.19 giới thiệu cấu tạo đơn giản của 1 ống tiêu âm cho máy

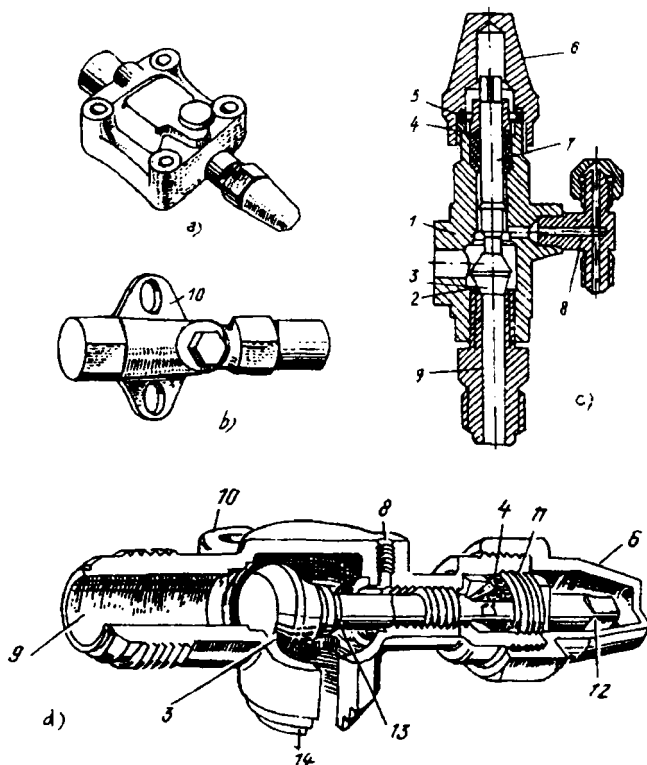
nén lạnh. Ống tiêu âm được lắp ngay phía trước và phía sau máy nén trên đường hút và đẩy.

9.14. VAN DỊCH VỤ

Van dịch vụ (service valve) là van lắp ngay trên đầu máy nén ở đường hút và đường đẩy, van dịch 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 dịch vụ dùng để bảo dưỡng, sửa chữa, nạp dầu, nạp ga, 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 dịch vụ. Van dịch 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. Tắm van hoặc tắm chặn của van nếu bị hở thì không sửa được mà phải thay van mới.



Hình 9.20. Van dịch vụ

a) loại 4 bulông bắt lên máy nén; b) loại 2 bulông bắt lên máy nén;

c) mặt cắt qua 1 van nạp vụ; d) hình cắt phối cảnh.

1 - thân; 2 đế van; 8 - đầu nối lấy tín hiệu áp suất hoặc để hút chân không, nạp ga, nạp dầu;

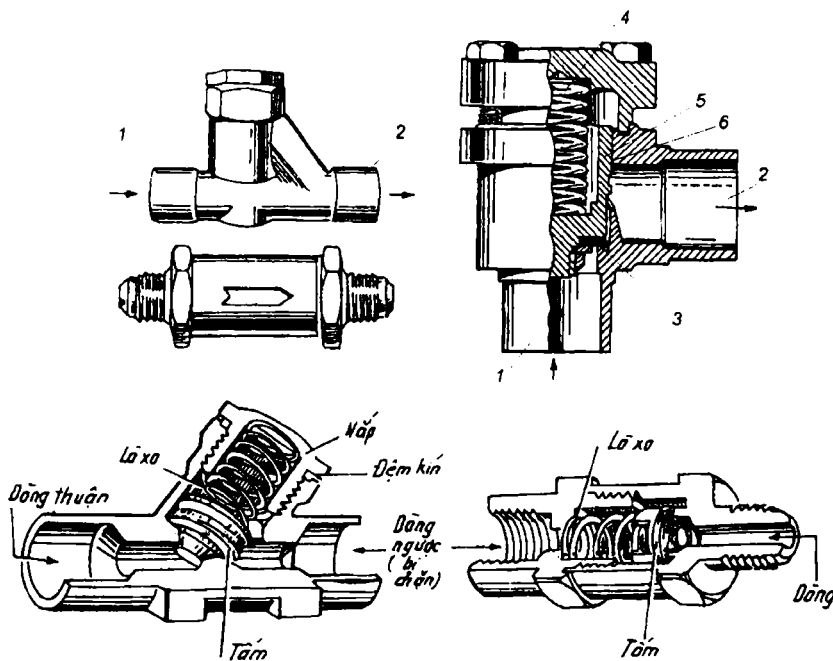
9 - đầu nối vào dàn ngưng hoặc dàn bay hơi; 10 - tai cố định vào đầu máy nén; 11 - vòng siết;

12 - đầu vuông; 13 - tấm chặn trên; 14 - đầu nối vào máy nén

9.15. VAN 1 CHIỀU

Trong một 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,

lòng đã qua bơm cũng không được quay trở lại (để phòng trường hợp máy nén, bơm hỏng đột ngột)... Van một 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 lỏng đi qua, nhưng khi áp suất đầu vào nhỏ hơn phía đầu ra, van sẽ tự động đóng lại. Hình 9.21 giới thiệu hình dạng một số loại van 1 chiều.



Hình 9.21. Một số loại van 1 chiều

1 - lối vào; 2 - lối ra; 3 - đế van; 4 - lò xo nén; 5 - cốc van; 6 - gờ dẫn hướng.

Khi cửa vào có áp suất, lò xo bị nén lại, cốc van bị đẩy lên cho môi chất đi qua. Khi cửa vào mất áp suất $p_1 \leq p_2$ lò xo tự động dẫn ra đẩy cốc xuống phía dưới để đóng van lại

9.16. VAN KHÓA, VAN CHẶN

Nhiệm vụ

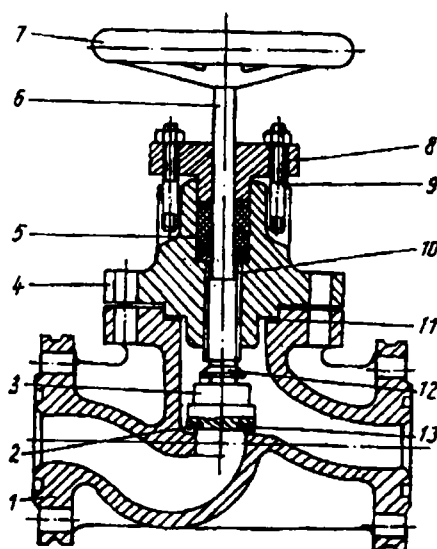
Khi vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa máy lạnh cần thiết phải cô lập bộ phận nào đó (thí dụ dàn bay hơi, dàn ngưng, máy nén, van điện từ...) ra khỏi hệ thống. Các van khoá, van chặn đảm đương nhiệm vụ đó.

Cấu tạo và vận hành

Van khoá và van chặn có rất nhiều dạng khác nhau tùy theo chức năng, công dụng, kích cỡ, dòng chảy, môi chất, phương pháp làm kín, vật liệu, phương pháp gia công... Theo chức năng có thể phân ra van chặn đường đẩy, van chặn đường hút, van chặn đường hơi, van chặn đường lỏng. Theo dòng chảy

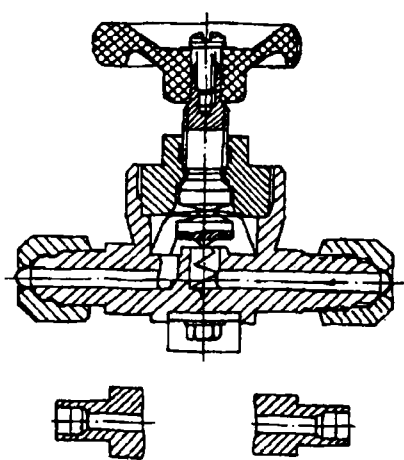
có thể phân ra van thẳng dòng, van góc, theo môi chất phân ra van NH_3 , van freôn, theo phương pháp làm kín có thể phân ra loại có khối đệm kín, vòng đệm kín, kiểu màng, kiểu hộp xếp (không có khối đệm kín), theo vật liệu có thể phân ra gang, thép hoặc đồng, theo phương pháp gia công có thể phân ra van đúc, van hàn, Hình

9.22 giới thiệu van chặn kiểu gang đúc, thẳng dòng dùng khối đệm kín, cho NH_3 và freôn.

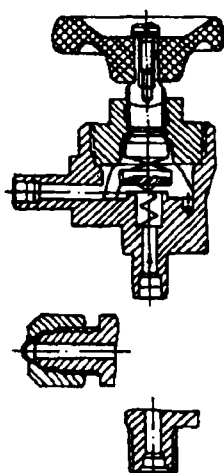


Hình 9.22. Van chặn

- 1 - thân;
- 2 - đế van (ổ tựa van);
- 3 - nón van;
- 4 - nắp;
- 5 - đệm kín ti van;
- 6 - ti van;
- 7 - tay van;
- 8 - chèn đệm;
- 9 - bulông;
- 10 - ren của ti van;
- 11 - vòng đệm kín;
- 12 - đệm kín ngược;
- 13 - vòng đệm của nón van

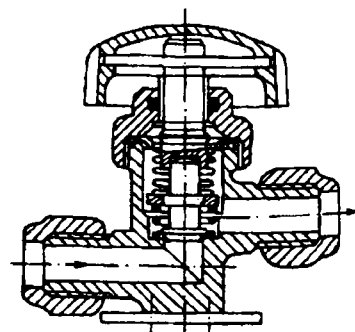


a)



b)

Hình 9.23. Van chặn không đệm kín, làm kín bằng màng, nối ống bằng hàn hoặc cơ cấu lœ.

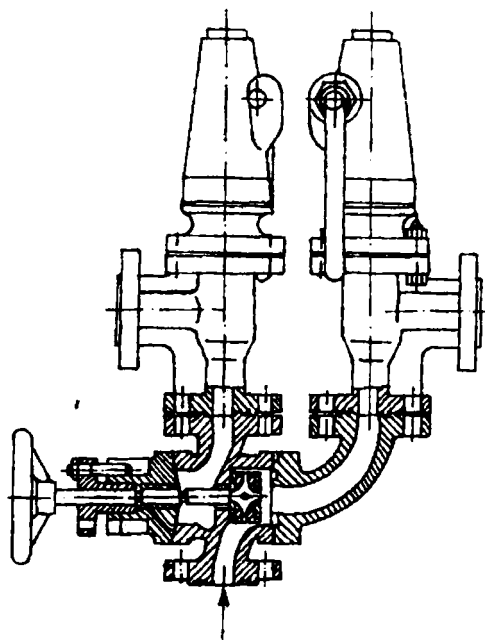


Hình 9.24. Van chặn dùng hộp xếp để làm kín, nối ống bằng cơ cấu lœ

Hình 9.23 giới thiệu một số van freôn loại nhỏ không dùng đệm kín, làm kín bằng màng kim loại đàn hồi kiểu thẳng hoặc góc đầu hàn hoặc nối bằng đầu lœ. Hình 9.24 giới thiệu van không có đệm kín, làm kín bằng hộp xếp của Danfoss.

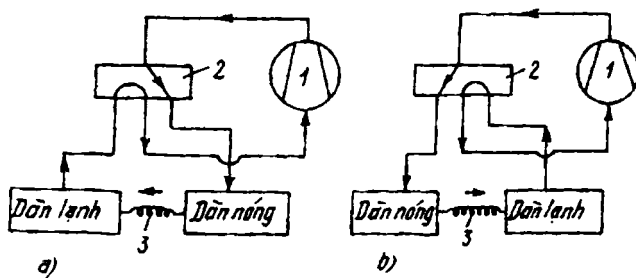
9.17. VAN 3 NGÃ

Van 3 ngã là van có một cửa vào và 2 cửa ra, trong đó có thể đóng một trong 2 cửa ra theo yêu cầu. Hình 9.25 giới thiệu 1 van 3 ngã sử dụng cho 2 van an toàn lắp trên các thiết bị áp lực của hệ thống lạnh. Do nhu cầu phải kiểm định định kỳ van an toàn và luôn luôn phải có một van an toàn giám sát bảo vệ áp lực trong bình nên người ta đã dùng van 3 ngã để lắp van an toàn trên đó. Khi cần tháo một van nào ra kiểm định, người ta chỉ cần xoay để tấm van chặn lên phía đó. Van còn lại tự động đi vào làm nhiệm vụ bảo vệ áp suất.



Hình 9.25. Van 3 ngã có 2 van an toàn lắp lên trên

9.18. VAN ĐẢO CHIỀU



Hình 9.26. Máy lạnh hai chiều

a) làm lạnh; b) bơm nhiệt

1 - máy nén; 2 - van đảo chiều; 3 - ống mao

Van đảo chiều còn gọi van đổi chiều hoặc đổi dòng là van sử dụng để đổi chiều dòng môi chất lạnh trong máy lạnh 2 chiều (bơm nhiệt). Van đảo chiều có thân hình trụ, bên trong có một pittông, trên pittông có cơ cấu hướng dòng để đảo chiều dòng chảy. Pittông được điều khiển nhờ một van điện từ lá, lấy tín hiệu áp suất đầu đẩy và hút để pittông chạy qua, chạy lại làm đổi hướng dòng chảy như biểu diễn trên hình 9.26. Chi tiết xin xem ở tài liệu [5, 7, 8].

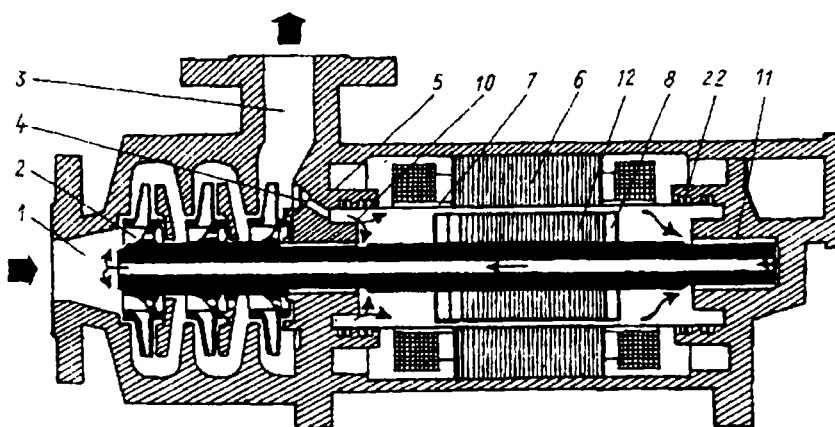
9.19. BƠM

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 (amôniac, 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 dùng để bơm lỏng NH_3 ở nhiệt độ bay hơi từ bình chứa tuần hoàn đến phân phối cho các dàn bay hơi. Hình 9.27 giới thiệu một loại bơm ly tâm dùng cho NH_3 .



Hình 9.27. Bơm amôniac lỏng

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 hoà không khí.

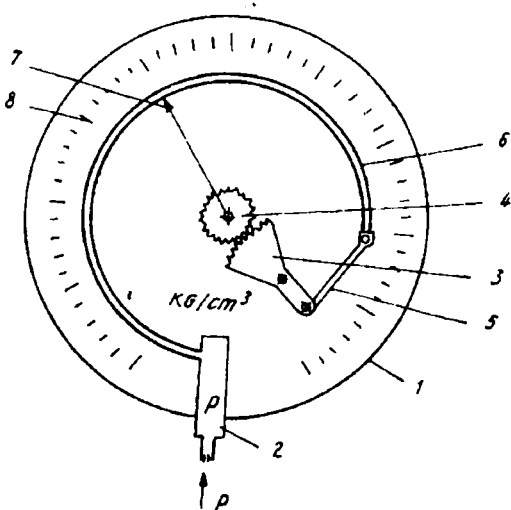
- Quạt ly tâm trục cán là loại quạt ly tâm nhưng guồng cánh quạt nhỏ mà dài, có độ ồn rất nhỏ nên được sử dụng rộng cho các dàn lạnh đặt trong nhà của hệ thống điều hoà không khí (INDOOR UNIT) để giảm ồn tới mức tối thiểu.

9.21. ÁP KẾ

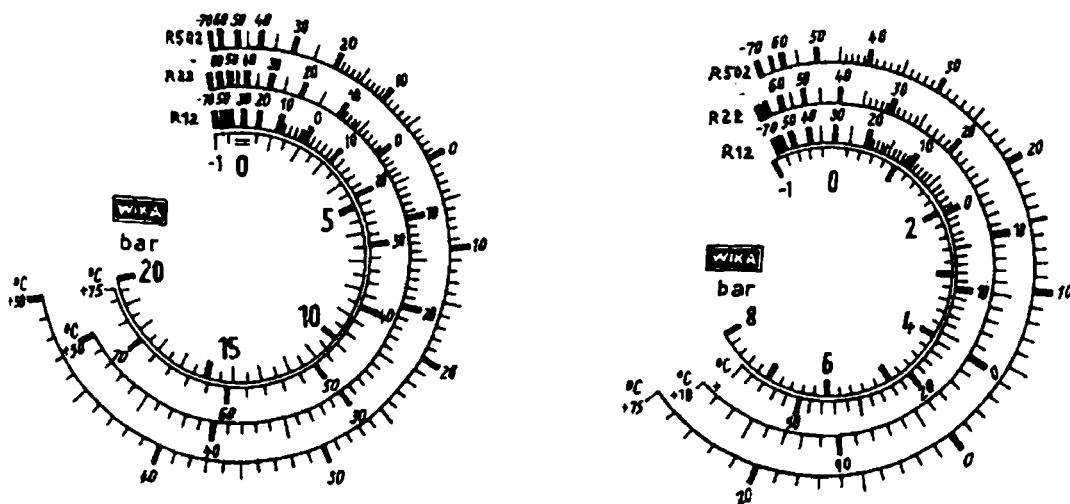
Áp kế dùng để đo và chỉ thị áp suất của môi chất ở đầu hút, đầu đẩy và chỉ thị hiệu áp suất dầu bôi trơn. Áp kế còn được sử dụng trong các đồng hồ nạp ga, trên bình ngưng, bình chứa, bình trung gian...

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 9.28 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 9.29 giới thiệu cấu tạo thang chia trên mặt áp kế.



Hình 9.28. Nguyên tắc cấu tạo áp kế



Hình 9.29. Cấu tạo mặt áp kế dùng trong kỹ thuật lạnh cho R12, R22 và R502

a) phía cao áp H_1 ; b) phía áp thấp L_0 .

9.22. ĐƯỜNG ỐNG

Đường ống dùng trong kỹ thuật lạnh là loại ống đồng freon và ống thép không hàn. Việc tính toán kiểm tra sức bền là không cần thiết vì ống thường chịu được áp lực cao đến 30 bar.

Tính chọn đường ống

Đường kính trong của ống được xác định theo biểu thức:

$$d = \sqrt{\frac{4m}{\rho \cdot \pi \cdot \omega}}; \text{ m}$$

m - lưu lượng khối lượng, kg/s ($m = Q_0/q_0$);

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

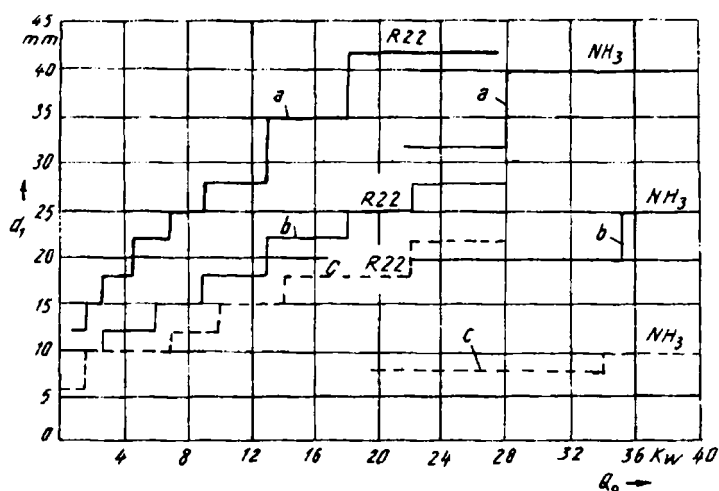
	D x s	P _{max} bar (DIN 2413)	Khối lượng kg/ m
DIN 1786	6 x 1	137	0,14
	8 x 1	102	0,19
	10 x 1	82	0,25
	12 x 1	68	0,31
	15 x 1	55	0,39
	18 x 1	45	0,47
	22 x 1,5	56	0,86
	35 x 2,5	58	2,27
DIN 1754	20 x 1	41	0,53
	25 x 2	65	1,29
	28 x 1,5	44	1,11
	35 x 1,5	35	1,4
	42 x 1,2	29	1,7
	44,5 x 3	55	3,48
	54 x 2	30	2,91
	57 x 3	43	4,53
	76 x 3	32	6,12

Bảng 9.2. Ống thép không hàn theo DIN 2448

Đường kính danh nghĩa dy. mm	Kích thước, mm d x s	Tiết diện trong cm ²	Diện tích bề mặt m ² /m	
			trong	ngoài
(20)	26,9 x 2,3	3,9	0,0700	0,0845
25	33,7 x 2,6	6,4	0,0895	0,106
(32)	42,4 x 2,6	10,9	0,117	0,133
40	48,3 x 2,6	14,5	0,135	0,152
50	60,3 x 2,9	23,4	0,171	0,189
(65)	76,1 x 2,9	38,8	0,221	0,239
80	88,9 x 3,2	53,6	0,259	0,279
100	114,3 x 3,6	90	0,336	0,359
(125)	133,0 x 4,0	122,5	0,392	0,418
150	168,3 x 4,5	199	0,500	0,528
200	219,1 x 5,9	338	0,652	0,688
250	273,0 x 6,3	532	0,818	0,857
300	323,9 x 7,1	758	0,972	1,017
400	406,4 x 7,1	1188	0,220	1,276
500	508 x 11,0	1855	0,526	1,595

Ghi chú: khi thiết kế, nên tránh các ống có kích thước trong ngoặc đơn

Hình 9.30 giới thiệu đồ thị tra đường kính ống đã tính sẵn của hãng Danfoss theo môi chất và năng suất lạnh.



Hình 9.30. Đường kính ống phụ thuộc môi chất và năng suất lạnh (NH_3 và R22)

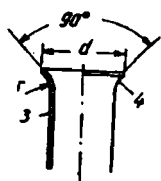
a) đường hút; b) đường đẩy; c) đường lỏng

Nối ống:

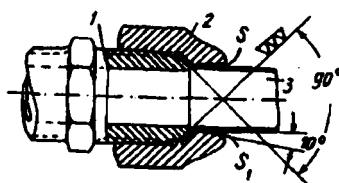
Có nhiều phương pháp nối ống nhưng có thể chia cho ra một số loại mối nối ống chính như sau:

- 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 9.31 và hình 9.32 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 0,3 mm.



Hình 9.31. Đầu ống loe



Hình 9.32. Cơ cấu nối loe

1 - đầu ren; 2 - mũ ốc; 3 - ống loe.

Nồi lọc có ưu điểm so với nồi 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 nồi lọc 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 và bình tích lỏng có nhiệm vụ gì cấu tạo và khác nhau thế nào?
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 cấu tạo và nhiệm vụ như thế nào?
23. Tác bản là gì? Vị trí tác bản thường xảy ra 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 mắt ga là gì?
27. Vẽ nguyên tắc cấu tạo mắt ga 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?
32. Van dịch vụ có nhiệm vụ gì?

33. Hãy vẽ cấu tạo của 1 van dịch vụ.
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 khoá, 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 ĐHNĐ 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?
45. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình chứa dầu NH_3
46. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình chứa cao áp.
47. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình chứa tuần hoàn
48. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình chứa thu hồi
49. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình chứa dự phòng NH_3
50. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình tách lỏng đặt trên cao NH_3
51. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình tách lỏng đặt dưới thấp NH_3
52. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình trung gian có ống xoắn NH_3
53. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình trung gian không có ống xoắn, làm mát toàn phần NH_3 .
54. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình quá lạnh lỏng freon.
55. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có bình tách khí không ngưng NH_3 .
56. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có phin sấy lọc.
57. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có mắt ga.
58. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có đầu chia lỏng.
59. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có ống mềm.
60. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có ống tiêu âm.
61. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có có van dịch vụ đường hút và đường đẩy.
62. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có van 1 chiều.
63. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có van khoá.
64. Vẽ 1 hệ thống lạnh đơn giản có van đảo chiều.

Chương 10

THÁP GIẢI NHIỆT

Tháp giải nhiệt hay tháp làm mát (cooling towers) để làm mát nước từ bình ngưng ra ngày càng chiếm vị trí quan trọng trong kỹ thuật lạnh. Lý do chủ yếu là:

- Nước ngày càng khan hiếm và được tiết kiệm đến mức tối đa, tháp giải nhiệt có khả năng tiết kiệm nước cao, vì sau khi giải nhiệt cho bình ngưng, nước được làm mát ở tháp giải nhiệt để quay lại giải nhiệt bình ngưng, khép kín vòng tuần hoàn mà không bị xả bỏ.

- Các dàn ngưng tụ kiểu tưới và dàn ngưng tụ bay hơi tỏ ra kém hiệu quả công kênh và thiếu tính sản xuất hàng loạt.

- Các tổ hợp có dàn ngưng không khí rất công kênh và không thể ứng dụng cho các máy lạnh năng suất lớn do điều kiện vận chuyển.

- Một lý do khác là tháp giải nhiệt đã có hiệu suất rất cao so với trước đây nên kích thước dài, rộng, cao đã giảm đi rõ rệt, tháp gọn nhẹ, hình thức đẹp, chịu được thời tiết ngoài trời, rất thuận tiện cho việc lắp đặt trên tầng thượng. . .

Nhược điểm chủ yếu của tháp giải nhiệt là bơm nước và quạt gây tiếng ồn nên cần có giải pháp chống ồn hữu hiệu đặc biệt khi lắp đặt trên tầng thượng. Nhược điểm khác là gây ẩm ướt môi trường nên cần đặt nơi thoáng mát.

10.1. NGUYÊN TẮC CẤU TẠO LÀM VIỆC

Nguyên tắc cấu tạo

Hình 10.1 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của tháp giải nhiệt thường dùng trong hệ thống lạnh cùng với bơm và bình ngưng tụ của hệ thống lạnh.

Nhiệm vụ

- Tháp giải nhiệt phải thải được toàn bộ lượng nhiệt do quá trình ngưng tụ của môi chất lạnh trong bình ngưng tỏa ra.

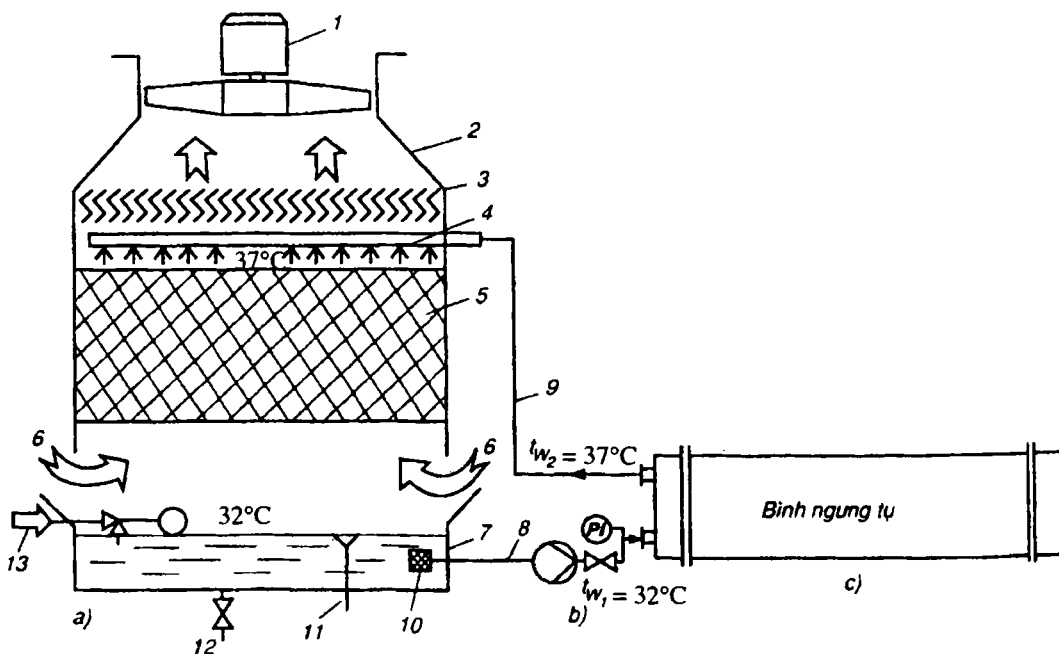
- Chất tải nhiệt trung gian là nước. Nhờ quạt gió và dàn phun mưa, nước bay hơi một phần và giảm nhiệt độ xuống tới mức yêu cầu để được bơm trở lại bình ngưng nhận nhiệt ngưng tụ.

Nguyên tắc làm việc

Nước nóng ra từ bình ngưng được phun đều lên khối đệm. Nhờ khối đệm nước chảy theo hình zig zắc với thời gian lưu lại khá lâu trong khối đệm. Không khí được hút từ dưới lên nhờ quạt. Cũng nhờ khối đệm, diện tích tiếp xúc giữa nước và không khí tăng lên gấp bội và nhờ đó quá trình trao đổi chất và trao đổi nhiệt được tăng cường. Nước bay hơi vào không khí. Quá trình bay hơi nước gắn liền với quá trình thu nhiệt của môi trường, do đó nhiệt độ của nước giảm xuống. Ngoài nhiệt ẩn do hơi nước mang đi, vẫn có thể có một dòng nhiệt hiện trao đổi giữa không khí và nước. Dòng nhiệt này yếu hay mạnh tùy thuộc vào trạng thái không khí vào tháp và trạng thái nước phun. Đây là một quá trình trao đổi nhiệt và chất phức tạp chúng ta không đi sâu nghiên cứu. Tuy nhiên chúng ta cần biết rằng:

Quá trình trao đổi nhiệt diễn ra càng mạnh, hiệu quả trao đổi nhiệt càng lớn, năng suất giải nhiệt của tháp càng tăng khi:

- Độ ẩm và nhiệt độ của không khí vào tháp càng thấp.
- Tốc độ không khí càng cao.
- Bề mặt trao đổi nhiệt giữa nước và không khí càng lớn.



Hình 10.1. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của tháp giải nhiệt ngược dòng kiểu hút

a) tháp giải nhiệt; b) bơm nước tuần hoàn; c) bình ngưng tụ của máy lạnh.

1 - động cơ quạt gió; 2 - vỏ tháp; 3 - chấn bụi nước; 4 - dàn phun nước; 5 - khối đệm;

6 - cửa không khí vào, 7 - bể nước; 8 - đường nước lạnh cấp để làm mát bình ngưng;

9 - đường nước nóng từ bình ngưng ra đưa vào dàn phun để làm mát xuống nhờ không khí đi ngược chiều từ dưới lên; 10 - phin lọc nước; 11 - phễu chảy tràn; 12 - van xả đáy; 13 - đường nước cấp với van phao.

PI - áp kế (Pressure indicator)

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 hơn từ 25 đến 50% so với yêu cầu. Ví dụ chiller có năng suất lạnh 100 tấn nên chọn tháp 125 ÷ 150.

10.2. CÁC CHI TIẾT THÁP GIẢI NHIỆT

10.2.1. 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 1m³).
- 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 giát 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 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 chắn lối

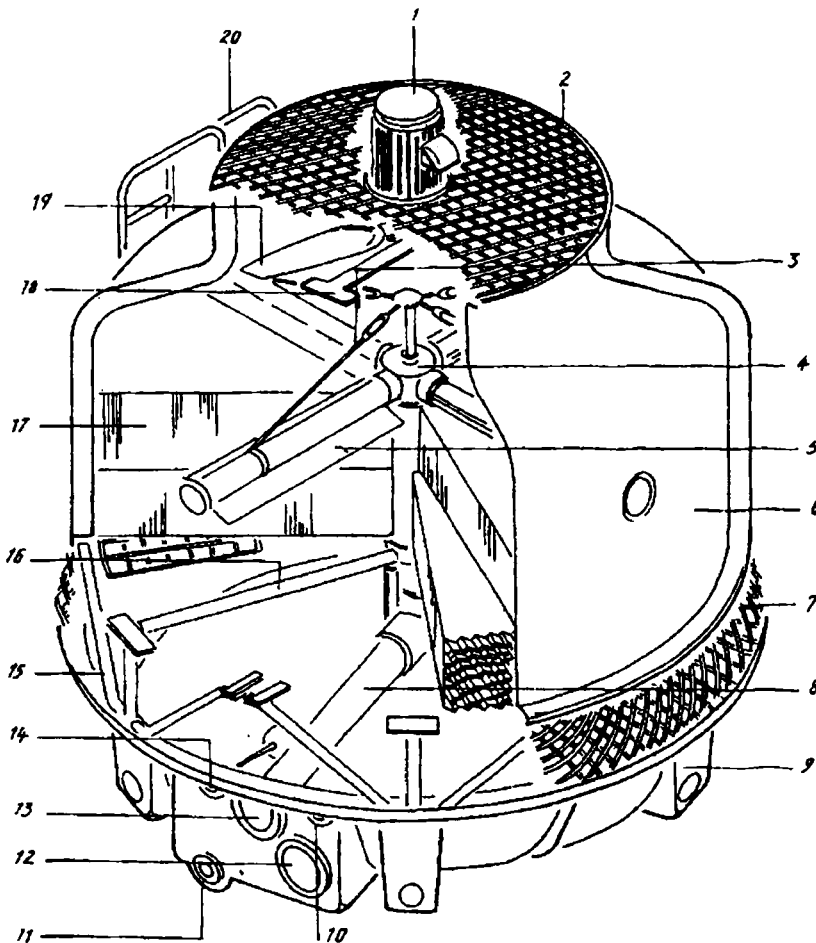
lên của khí.

- 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 10.2 giới thiệu phối cảnh tháp giải nhiệt của RINKI thành viên của Viện tháp giải nhiệt CTI (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.



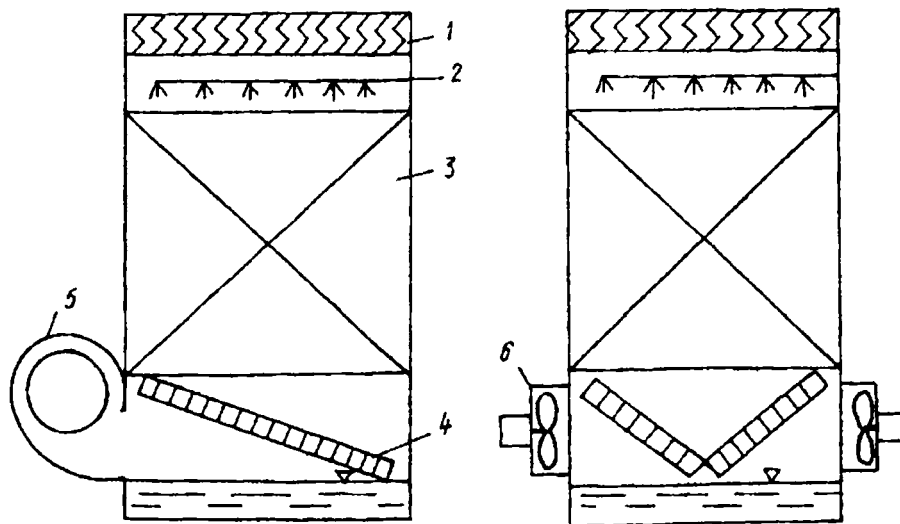
Hình 10.2. Phối cảnh tháp giải nhiệt CTI (Cooling Tower Institute)

- 1 - động cơ; 2 - lưới bảo vệ quạt gió; 3 - dây néo; 4 - đầu góp dàn phun; 5 - cánh chắn dàn phun;
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 (nước 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

10.2.2. Quạt gió

Trong tháp giải nhiệt sử dụng cho hệ thống lạnh, người ta dùng cả quạt hướng trục lẫn quạt ly tâm. Hình 10.3 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 10.1 và 10.2.

Quạt đặt ở dưới tuy công 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.



Hình 10.3. Khả năng bố trí quạt ly tâm và hướng trục cho tháp giải nhiệt

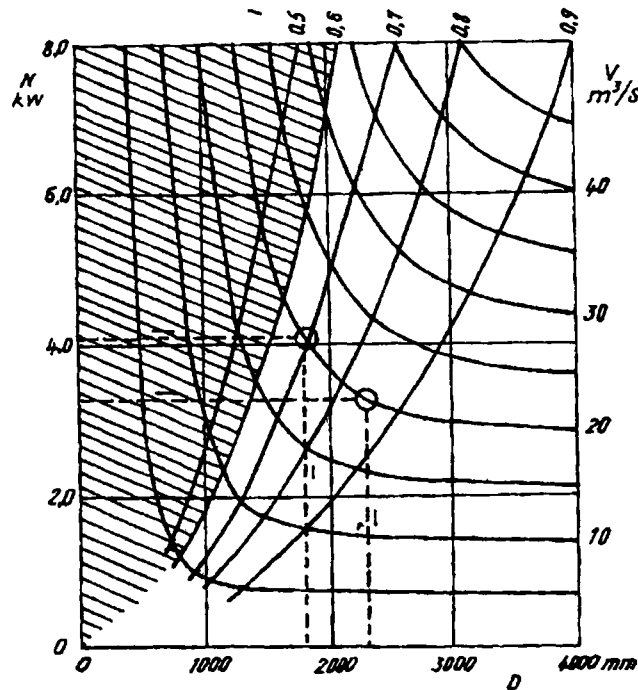
1 - chắn nước; 2 - dàn phun; 3 - khối đệm; 4 - bộ phân phối gió; 5 - quạt ly tâm; 6 - quạt hướng trục

Các quạt ly tâm và hướng trục thường được chế tạo bằng vật liệu nhẹ như polyester gia cường bằng sợi thủy tinh với các mục đích:

- Đạt được lưu lượng gió lớn với công suất động cơ nhỏ.
- Quạt chạy êm không gây tiếng ồn.

Quạt của CTI thường có 4 cánh nhựa rời gắn với nhau và nối vào trục động cơ bằng một ổ cố định cánh vào động cơ. Các cánh có thể điều chỉnh được tốc độ và lưu lượng gió. Tuy nhiên động cơ quạt đã có công suất cố định, không thể tùy tiện điều chỉnh ra ngoài phạm vi cho phép làm cho động cơ bị quá tải hoặc dẫn đến gãy cánh, vỡ ổ đỡ cánh vì các chi tiết này đều bằng nhựa. Các quạt đường kính 1,2m trở lên mới chế tạo bằng hợp kim nhôm. Hình 10.4 giới thiệu sự phụ

thuộc của công suất động cơ vào đường kính sai cánh cũng như lưu lượng cũng như lưu lượng gió. Công suất động cơ yêu cầu giảm theo căn bậc 4 của đường kính sai cánh chính vì vậy người ta có xu hướng chọn quạt sai cánh lớn. Tỷ số áp suất $\Delta p_{\text{stat}}/\Delta p_t$ nên nằm trong khoảng 0,7 đến 0,9.



Hình 10.4. Sự phụ thuộc của công suất động cơ yêu cầu N vào đường kính sai cánh D

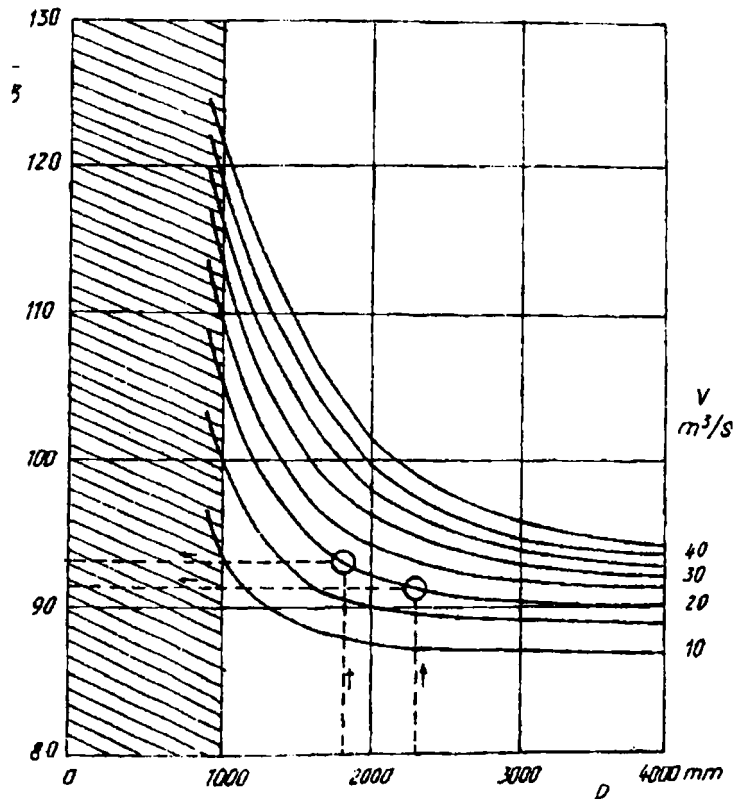
Thí dụ trên đồ thị: khi giữ nguyên lưu lượng V , tăng đường kính sai cánh từ 1800 lên 2300 mm thì công suất động cơ yêu cầu giảm từ 4,1 kW xuống còn 3,2 kW.

V – lưu lượng gió, m^3/s

$$\tau = \frac{\text{áp suất tĩnh}}{\text{áp suất tổng}} = \frac{\Delta p_{\text{stat}}}{\Delta p_t}$$

Vùng gạch chéo: vùng không ứng dụng

Cũng tương tự, ta có thể chọn quạt sao cho đạt độ ồn thấp nhất. Hình 10.5 giới thiệu đồ thị quan hệ giữa cường độ tiếng ồn L , dB vào đường kính sai cánh của quạt D , mm là lưu lượng gió V , m^3/s . Cũng từ đây có thể rút ra kết luận là các quạt có sai cánh rộng lắp trên đỉnh tháp với tốc độ $5 \div 15 \text{ m/s}$ thuận lợi và tiết kiệm hơn nhiều so với các quạt có đường kính nhỏ, tốc độ gió đạt tới $30 \div 40 \text{ m/s}$ lắp ở bên sườn thổi vào.



Hình 10.5. Sự phụ thuộc của độ ồn vào đường kính sai cánh của quạt. Thí dụ trên đồ thị: khi giữ nguyên lưu lượng V , tăng đường kính sai cánh từ 1800 lên 2300mm thì độ ồn giảm đi khoảng 1,5dB.

10.2.3. Bộ phân phối nước

Việc phân phối nước đều cho mọi vị trí trong toàn khối đệm là rất quan trọng, nó quyết định hiệu quả giải nhiệt của tháp. Có nhiều kiểu phân phối nước và mỗi kiểu phù hợp với mỗi loại cấu tạo của vỏ tháp cũng như khối đệm. Loại máng chảy tràn phù hợp với tốc độ gió nhỏ và các tháp hình chữ nhật. Loại vòi phun phù hợp với nhiều dạng tháp khác nhau. Các bụi nước nhỏ có bề mặt trao đổi nhiệt và chất lớn, nhưng cũng dễ bị gió cuốn theo nên phải bố trí bộ chắn nước có hiệu quả cao. Một nhược điểm khác của loại vòi phun là áp suất nước phun lớn nên công tiêu tốn cho bơm lớn hơn.

Để đạt độ đồng đều cao khi phân phối nước cho khối đệm người ta đã sử dụng dàn phun quay. Ngoài độ đồng đều cao, phương pháp dàn phun quay còn có ưu điểm là áp suất yêu cầu không lớn nên tiết kiệm được công suất bơm.

Dàn phun quay biểu diễn trên hình 10.2 là chi tiết 4 và 5. Nước theo đường ống 8 vào tháp và theo trục giữa đi lên dàn phun. Dàn phun có 4 ống phun bố trí một hoặc hai hàng lỗ phía dưới để phun nước. Có thể bố trí thêm cánh 5 để chặn nước. Hàng lỗ bố trí nghiêng do đó khi phun ra tạo phản lực làm cho dàn phun tự động quay quanh trục. Chuyển động quay của dàn còn được hỗ trợ thêm nhờ gió chuyển động từ dưới lên tác động vào cánh chặn 5.

Ưu điểm tiếp theo của dàn phun quay là vệt nước chảy ra từ các lỗ của dàn có kích thước lớn, không có các bụi nước nhỏ nên nước hầu như không bị gió cuốn theo do đó không cần bố trí bộ chắn nước như hình 10.3 biểu diễn.

Nhược điểm của dàn phun quay là chỉ thích hợp với tháp dạng hình trụ.

10.2.4. Vỏ tháp

Trước đây, tùy theo cách bố trí ngược dòng thổi ngang, tùy theo cách bố trí quạt bên dưới hay trên mà có rất nhiều dạng vỏ khác nhau: dạng hình chữ nhật, dạng ô van, dạng hình trụ...

Ngày nay, do cách bố trí quạt trên đỉnh tháp, cùng với việc sử dụng dàn phun quay nên hầu hết các tháp giải nhiệt (thí dụ của CTI) đều có dạng hình trụ đứng (h8.2) trừ những tháp giải nhiệt có công suất rất lớn.

Vỏ tháp giải nhiệt cần có các yêu cầu sau:

- Kết cấu của tháp phải có tính khí động cao thí dụ tiết diện gió vào không quá bé, không có các vị trí quẩn gió gây tổn thất áp suất, không có các vị trí thiếu gió, gió phải được phân phối đều trên toàn bộ tiết diện, các đường thất và mở gió phải hợp lý đảm bảo lưu lượng tối đa, tổn thất áp suất tối thiểu...
- Khối lượng vỏ phải đạt tối thiểu với điều kiện vỏ đủ cứng vững.
- Vỏ phải chịu được thời tiết, phải làm việc được ở ngoài trời hàng chục năm không bị han rỉ, hư hỏng.
- Vỏ cần có hình dáng thích hợp với mặt bằng diện tích lắp đặt, có thẩm mỹ cao.
- Công việc lắp đặt vỏ và các chi tiết phải nhanh chóng dễ dàng.
- Giá thành phải hạ.

Vật liệu composit và một số loại vật liệu nhựa có gia cường (polyester có gia cường bằng sợi thủy tinh) đáp ứng hầu như đầy đủ các yêu cầu nêu trên của vỏ tháp giải nhiệt: nhẹ, vững chắc, chịu được thời tiết, dễ tạo hình khí động, lắp đặt nhanh chóng dễ dàng tuy giá thành không thấp.

10.3. NƯỚC BỔ SUNG, NƯỚC TUẦN HOÀN VÀ YÊU CẦU CHẤT LƯỢNG

Tổn thất nước tuần hoàn khi vận hành tháp bao gồm các tổn thất thành phần như sau:

10.3.1. Lượng nước bay hơi vào không khí để thải nhiệt cho nước nhờ nhiệt ẩn hoá hơi. Nhiệt ẩn hoá hơi của nước ở áp suất thường $r = 2258$ kJ/kg. Nghĩa là cứ bay hơi được 1kg nước, nhiệt thải khỏi tháp là 2258 kJ. Nếu giả thiết là toàn bộ nhiệt thải của tháp được thải theo đường bay hơi (nhiệt ẩn bằng 100%, nhiệt hiện bằng 0%) thì lượng nước bay hơi có thể xác định theo các phương trình cân bằng nhiệt như sau:

$$Q_k = m_w \cdot c_{pw} \cdot (t_{w2} - t_{w1}), \text{ kW} \quad (10.1)$$

$$Q_k = m_{wh} \cdot r, \text{ kW} \quad (10.2)$$

$$m_{wh} = \frac{Q_k}{r} = \frac{m_w}{r} \cdot c_{pw} (t_{w2} - t_{w1}), \text{ kg/s} \quad (10.3)$$

trong đó:

Q_k – năng suất giải nhiệt thực của tháp, kW (hay năng suất nhiệt thải ra ở dàn ngưng).

m_w - lưu lượng nước tuần hoàn, kg/s,

m_{wh} - lượng nước bay hơi, kg/s,

c_{pw} - nhiệt dung riêng đẳng áp của nước, kJ/(kg K).

t_{w2}, t_{w1} - nhiệt độ nước vào và ra khỏi tháp, °C

$r = 2258$ kJ/kg - nhiệt ẩn hoá hơi của nước.

Thí dụ 10.1

Hãy xác định lượng nước tuần hoàn và bay hơi làm việc ở điều kiện tiêu chuẩn cho máy làm lạnh nước cho điều hoà không khí có năng suất lạnh $Q_0 = 351$ kW với giả thiết nhiệt ẩm bằng 100%.

Giải:

$$Q_0 = 351 \text{ kW} = 100 \text{ tấn lạnh}$$

Vì điều kiện thời tiết của nơi lắp đặt máy phù hợp với điều kiện tiêu chuẩn nên chọn tháp 100 (ví dụ tháp Rinki là FRK – 100, tháp Tân Phát là LBC – 100).

Năng suất giải nhiệt lực của tháp (theo phương trình (10.4) là:

$$Q_k = Q_0 (1 + 1/\varepsilon) = 100 (1 + 1/3,45) = 129 \text{ tấn} = 453 \text{ kW}$$

(chọn $\varepsilon = 3,45$ vì đây là máy làm lạnh nước Water Chiller).

- Lưu lượng nước tuần hoàn

$$\begin{aligned} m_w &= \rho \cdot 13 \text{ lít/phút} \cdot 100 \text{ tấn} \\ &= 1300 \text{ kg/phút} = 21,7 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

- Lượng nước bay hơi

$$m_{wh} = \frac{Q_k}{r} = \frac{453}{2258} \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \frac{\text{kg}}{\text{kJ}} = 0,2 \text{ kg/s} = 722 \text{ kg/h}$$

Lượng nước bay hơi bằng khoảng 0,92% lượng nước tuần hoàn. Tuy nhiên tháp thải nhiệt vào không khí không chỉ qua nhiệt ẩn mà qua cả nhiệt hiện nên lượng nước bay hơi thực tế nhỏ hơn 0,92%.

10.3.2. Lượng nước bị cuốn theo gió Do quạt với tốc độ không khí lớn nên các bụi nước nhỏ bị cuốn theo ra ngoài. Lượng nước cuốn theo nằm trong khoảng từ 0,2 đến 0,3% lượng nước tuần hoàn.

10.3.3. Lượng nước xả định kì

Khi vận hành tháp trong thời gian dài, do lượng nước bay hơi nên nồng độ tạp chất như độ cứng, bụi, cặn bẩn, độ pH... tích tụ và tăng lên vượt quá tiêu chuẩn cho phép. Để bảo vệ bình ngưng không bị đóng cặn và xâm thực, ăn mòn người ta phải xử lý nước bổ sung và xả một phần nước tuần hoàn để thay thế bằng nước tươi. Lượng nước xả định kì chiếm khoảng 0,3% lượng nước tuần hoàn.

10.3.4. Lượng nước bổ sung

Lượng nước bổ sung là tổng của 3 thành phần trên cộng với lượng tổn thất do rò rỉ hoặc các tổn thất khác. Nếu bỏ qua tổn thất rò rỉ và tổn thất khác ta có lượng nước bổ sung:

$$m_{wbs} = m_{wh} + m_{wc} + m_{wx}, \text{ kg/s}$$

m_{wh} – lượng nước bay hơi,

m_{wc} – lượng nước cuốn theo,

m_{wx} – lượng nước xả định kì.

Theo kinh nghiệm lượng nước bổ sung nằm trong khoảng 2% lưu lượng nước tuần hoàn.

10.3.5. Yêu cầu chất lượng nước

Bảng 10.1 giới thiệu các chỉ tiêu yêu cầu về chất lượng nước của Viện Tháp giải nhiệt CTI.

Bảng 10.1. Chỉ tiêu yêu cầu về chất lượng nước (ppm = phần triệu)

Đại lượng	Độ pH	Hệ số dẫn điện ở 25°C	Độ cứng tổng	Độ cứng vĩnh cửu	Ion clo	Ion acid sulphuric	Acid silic	Ferric
Đơn vị	-	UV/cm	ppm CaCO ₃	ppm CaCO ₃	ppm Cl ⁻	ppm SO ₄ ²⁻	ppm SiO ₂	ppm Fe
Nước tuần hoàn	6 ÷ 8	Dưới 500	Dưới 200	Dưới 100	Dưới 200	Dưới 200	Dưới 50	Dưới 1,0
Nước bổ sung	6 ÷ 8	Dưới 200	Dưới 50	Dưới 50	Dưới 50	Dưới 50	Dưới 30	Dưới 0,3

Nếu nước tuần hoàn không đạt các chỉ tiêu chất lượng cần bố trí hệ thống xử lý nước đi kèm.

10.4. TÍNH CHỌN THÁP GIẢI NHIỆT

10.4.1. Tính chọn theo bảng

Bảng 10.2 giới thiệu các thông số kỹ thuật cơ bản của tháp RINKI và LBC.

Bảng 10.3 giới thiệu năng suất giải nhiệt của tháp quy theo lưu lượng nước tuần hoàn (1 tấn lạnh Mỹ yêu cầu lưu lượng nước tiêu chuẩn 13 lít/ phút) phụ thuộc vào điều kiện vận hành là nhiệt độ ướt t_v của môi trường không khí xung quanh và nhiệt độ nước vào tháp t_{w2} , ra khỏi tháp t_{w1} với giả thiết là hiệu nhiệt độ nước vào ra $\Delta t_w = t_{w2} - t_{w1} = 5K = \text{const}$ không đổi.

Ta có thể tìm hiểu cách sử dụng bảng qua ví dụ tính toán sau đây.

Thí dụ 10.2:

Hãy tính chọn tháp giải nhiệt cho máy chiller điều hoà không khí kiểu bình ngưng giải nhiệt nước, năng suất lạnh 100 tấn lạnh Mỹ (351kW) làm việc tại Hà Nội theo điều hoà cấp 2; $\Delta t_v = 3K$.

Giải

Theo điều hoà cấp 2 tại Hà Nội, ta có:

$t_k = 37,2^\circ\text{C}$, $\phi = 66^\circ\text{C}$, tra đồ thị Mollier (h – x) hoặc ẩm độ Carrier được nhiệt độ $t_v = 31^\circ\text{C}$. Lưu ý: Tiêu chuẩn khí hậu Việt Nam TCVN 4088 – 85 không cho dữ liệu nhiệt độ ướt t_v nên có một điều phiền phức là phải xác định t_v từ nhiệt độ t_k và độ ẩm ϕ của không khí.

- Để điều kiện làm việc của máy lạnh được thuận lợi ta chọn hiệu nhiệt độ ướt $t_{w1} - t_v = 3K$ nghĩa là nhiệt độ nước ra khỏi tháp là $t_{w1} = t_v + 3K = 34^\circ\text{C}$ và vì $\Delta t_w = 5K = \text{const}$ nên nhiệt độ nước vào tháp là $t_{w2} = 34 + 5 = 39^\circ\text{C}$.

Bảng 10.2. Các đặc tính kỹ thuật cơ bản tháp RINKI và LBC

Kiểu FRK	Lưu lượng định mức		Kích thước (mm)		Kích thước ống nối (ϕ mm)						Quạt gió		Mô tơ quạt	Khối lượng (kg)		Độ ồn
	l/s	l/min	H	D	in	out	of	dr	fv	qs	m ³ /ph	ϕ mm	kW	Khô	Ướt	dBA
8	1,63	98	1600	930	40	40	25	25	15		70	530	0,20	40	130	46,0
10	2,17	130	1735	930	40	40	25	25	15		85	630	0,20	44	140	50,0
15	3,25	195	1665	1170	50	50	25	25	15		140	630	0,37	52	165	50,5
20	4,5	270	1845	1170	50	50	25	25	15		170	760	0,37	58	185	54,0
25	5,4	324	1932	1400	80	80	25	25	15		200	760	0,75	97	290	55,0
30	6,5	390	2032	1400	80	80	25	25	15		230	760	0,75	105	315	56,0
40	8,67	520	2052	1580	80	80	25	25	15		290	940	1,50	128	380	57,0
50	10,1	606	2067	1910	80	80	25	25	15		330	940	1,50	214	640	57,5
60	13,0	780	2417	1910	100	100	25	25	20		420	1200	1,50	238	770	57,0
80	17,4	1044	2487	2230	100	100	25	25	20		450	1200	1,50	420	1260	58,5
90	19,5	1170	2487	2230	100	100	25	25	20		620	1200	2,25	546	1638	59,5
100	21,7	1300	2875	2470	125	125	50	50	20		680	1500	2,25	575	1710	61,0
125	27,1	1626	3030	2900	125	125	50	50	20		830	1500	2,25	589	1767	60,5
150	32,4	1944	3030	2900	150	150	50	50	20		950	1500	2,25	605	1820	61,0
175	38,0	2280	3100	3400	150	150	50	50	25	25	1150	1960	3,75	753	2260	61,5
200	43,4	2600	3200	3400	150	150	50	50	25	25	1250	1960	3,75	778	2350	62,5
225	48,5	2925	3200	3400	150	150	50	50	25	25	1350	1960	3,75	810	2430	62,5
250	54,2	3250	3760	4030	200	200	80	80	32	32	1750	2400	5,50	990	2970	56,5
300	65	3900	3860	4030	200	200	80	80	32	32	2200	2400	7,50	1040	3140	57,5
350	76	4550	4160	4760	200	200	80	80	32	32	2200	2400	7,50	1750	3705	61,0
400	86,7	5200	4300	4760	200	200	80	80	32	32	2600	3000	1,00	2080	100	1,0
500	109	6500	4650	5600	250	250	100	100	50	50	2600	3000	11,00	2850	7360	62,5
600	130	7800	5360	6600	250	250	100	100	50	50	3750	3400	15,00	4325	10735	66,0
700	152	9100	5360	6600	250	250	100	100	50	50	3750	3400	15,00	4410	10950	66,0
800	174	10400	6280	7600	300	300	100	100	80	80	5000	3700	22,00	6580	15300	74,0
1000	217	13000	6280	7600	300	300	100	100	80	80	5400	3700	22,00	6700	15680	74,0

Chú thích:

H – chiều cao tháp (cả mô tơ)
D – đường kính ngoài của tháp
in – đường nước vào
out – đường nước ra
of – đường chảy tràn
dr – đường xả
fv – van phao
qs – cấp nước nhanh, (châm nhanh)

Kiểu: FRK60

Trong đó FRK là ký hiệu còn con số 60 ý nghĩa là tháp chỉ giải nhiệt được cho hệ thống lạnh có năng suất lạnh tối đa 60 tấn lạnh, ký hiệu TR (Ton of Refrigeration).

$$Q_0 = 1TR = 3,516kW = 3024kcal/h.$$

Lượng nhiệt thực tế mà tháp thải ra là
 $Q_k = Q_0 + N_c = Q_0 + 0,29 Q_0$ (cho hệ thống điều hoà không khí) nên

$$Q_k = 4,536kW = 3900kcal/h.$$

Với FRK 60: $Q_0 = 211 kW$

$$Q_k = 272 kW$$

- Theo tiêu chuẩn thì cứ 1 tấn lạnh với yêu cầu lưu lượng nước là 13 lít/phút.

Vây máy lạnh 100 tấn yêu cầu 1300 lít/phút.

- Với dữ liệu $t_v = 31^\circ\text{C}$ và $t_{w2} \div t_{w1} = 39 \div 34^\circ\text{C}$ ta tìm được cột cuối cùng ở bảng 10.3 lưu lượng lớn hơn hoặc bằng 1300 lít/ phút yêu cầu. Ở hàng thứ 15 ta tìm được số 1300 bằng giá trị 1300 yêu cầu. Đúng ngang ta chọn được tháp LBC - 125. Ta thấy trường hợp này phải chọn tháp 125 cho máy lạnh có năng suất lạnh là 100 tấn lạnh Mỹ.

Bảng 10.3. Bảng hiệu chỉnh năng suất giải nhiệt của tháp giải nhiệt quy ra lưu lượng nước tuần hoàn (lít/phút) phụ thuộc điều kiện vận hành là nhiệt độ ướt t_v và nhiệt độ nước vào ra khác nhau. Với giả thiết hiệu nhiệt độ nước vào ra $\Delta t_w = 5\text{K} = \text{const}$ (1 tấn lạnh có lưu lượng yêu cầu là 13 lít/ phút)

t_v		27°C				28°C			29°C			30°C			31°C		
Δt_w		5				5			5			5			5		
Kiểu tháp	$t_{w2}^\circ\text{C}$	$t_{w1}^\circ\text{C}$				$t_{w1}^\circ\text{C}$			$t_{w1}^\circ\text{C}$			$t_{w1}^\circ\text{C}$			$t_{w1}^\circ\text{C}$		
		38	37	36	35	38	37	36	39	38	37	40	39	38	41	40	39
		33	32	31	30	33	32	31	34	33	32	35	34	33	36	35	34
LBCS - 3		47	39	30	23	40	32	25	42	34	26	50	38	29	53	39	29
5		78	65	53	40	67	55	43	70	57	45	72	59	46	74	61	46
8		121	104	84	67	107	90	70	112	90	74	116	90	77	120	90	80
10		155	130	107	85	135	112	90	140	115	93	151	120	94	158	121	96
15		235	195	158	125	204	170	135	210	175	142	222	170	143	231	170	149
20		305	260	218	170	270	225	180	285	235	190	295	230	183	300	230	183
LBC - 25		388	325	265	190	338	283	223	355	290	231	360	280	220	355	280	220
30		455	390	325	210	405	340	270	420	350	285	440	350	285	455	350	285
40		613	520	440	360	545	450	370	570	470	383	490	475	380	610	480	380
50		760	650	550	415	670	570	450	700	595	480	720	605	500	740	615	520
60		940	780	675	525	820	700	560	865	725	590	895	720	620	930	720	650
70		975	910	770	630	930	810	660	950	840	680	960	840	680	970	835	690
80		1040	1040	8870	710	1040	920	740	1040	960	775	1040	1000	770	1040	940	770
100		1560	1300	1120	880	1400	1170	920	1450	1220	970	1490	1250	1010	1550	1300	1040
125		1890	1625	1360	1070	1700	1430	1130	1770	1470	1180	1785	1530	1250	1830	1570	1300
150		2290	1950	1630	1290	2050	1730	1350	2160	1760	1450	2150	1810	1510	2200	1850	1570
175		2650	2275	1920	1510	2390	2020	1600	2490	2080	1680	2565	2130	1790	2650	2140	1860
200		3000	2600	2170	1720	2690	2280	1830	2830	2360	1930	2850	3410	2010	2900	2450	2090
225		3580	2925	2530	1990	3180	2670	2100	3330	2750	2200	3225	2700	2230	3300	2800	2330
250		3900	3250	2820	2200	3500	2950	2320	3680	3050	2450	3760	3030	2530	3920	3040	2610
300		4730	3900	3380	2640	4250	3510	2800	4400	3620	2930	4300	3650	2950	4400	3800	3020
350		5320	4550	3800	2990	4800	4000	3200	4970	4120	3400	5050	4100	3520	5200	4100	3610
400		6230	5200	4490	3520	5600	4700	3700	5850	4900	3900	6150	5200	4300	6400	5400	4500
500		7450	6500	5550	4550	6750	5800	40	7050	6000	5000	7300	6150	5150	7550	6250	5250
600		9080	7800	6430	5070	8000	6750	5350	8450	7000	5500	8850	7500	5950	9150	7800	5950
700		10400	9100	7700	6300	9400	8100	6600	9850	840	6950	10150	8600	7250	10450	8700	7550
800		12100	10400	8620	6860	10800	9000	7200	11200	9300	7500	11700	9700	8050	12100	9800	8250
1000		14900	13000	1100	8970	13500	11600	9400	14100	12000	1000	14600	12300	10400	15100	12500	10800
1250		18200	16250	13600	1100	16500	14400	11700	17600	15100	12300	18100	15900	13000	18700	16250	13700
1500		21500	19500	16400	13370	19500	17200	14100	21100	18200	14800	21600	19200	15600	22300	19500	16500

Ghi chú: Ví dụ ở điều kiện tiêu chuẩn $t_v = 27^\circ\text{C}$, $t_{w2} = 37^\circ\text{C}$, $t_{w1} = 32^\circ\text{C}$; $\Delta t_w = 5\text{K}$ tháp LBC 100 có năng suất lạnh $Q_0 = 1300/13 = 100$ tấn nhưng ở điều kiện $t_v = 29^\circ\text{C}$, $t_{w2} = 35^\circ\text{C}$, $t_{w1} = 30^\circ\text{C}$; $\Delta t_w = 5\text{K}$ thì năng suất giải nhiệt của tháp chỉ còn $Q_0 = 880/13 = 67,7$ tấn. Và khi làm việc ở điều kiện nước vào và ra cao hơn $t_{w2} = 38^\circ\text{C}$; $t_{w1} = 33^\circ\text{C}$ thì năng suất giải nhiệt của tháp tăng lên $Q_0 = 1560/13 = 120$ tấn > 100 tấn.

Thí dụ 10.3: Hãy tính chọn tháp giải nhiệt cho máy Chiller điều hoà không khí có năng suất lạnh 150kW tại thành phố Hồ Chí Minh, bình ngưng giải nhiệt nước, điều hoà cấp 3, với $\Delta t_v = 3K$. Xác định nhiệt độ vào và ra khỏi tháp.

Giải

- Tính chuyển năng suất lạnh sang lưu lượng nước tuần hoàn yêu cầu:

$$Q_0 = 150kW/3,51 = 47,74 \text{ tấn lạnh}$$

$$m_w = 47,74.13 = 556 \text{ lít/phút}$$

- Điều kiện điều hoà cấp 3 ở TP. HCM

$$t_N = t_{bmax} = 34,6^{\circ}C$$

$$\varphi_N = \varphi_{13 \div 15} = 55\%$$

- Từ $t_N = 34,6^{\circ}C$; $\varphi_N = 55\%$ tra được $t_v = 26^{\circ}C$.

Trong bảng chỉ có nhiệt độ ướt thấp nhất là $27^{\circ}C$ nên ta chọn $27^{\circ}C$ (chú ý không chọn ngược lại, ví dụ chọn $31^{\circ}C$ khi tính được $t_v = 34^{\circ}C$ chẳng hạn vì khi nhiệt độ ướt chọn cao hơn thực tế thì năng suất tháp dư thừa còn nhỏ hơn thực tế thì năng suất tháp bị thiếu, không đảm bảo).

- Nếu $\Delta t_v = 3K$ ta có

$$\text{Nhiệt độ nước ra khỏi tháp là } t_{w1} = t_v + 3 = 30^{\circ}C$$

$$\text{Nhiệt độ nước vào tháp là } t_{w2} = t_{w1} + 5 = 35^{\circ}C$$

- Tra bảng theo $t_v = 27^{\circ}C$; $t_{w2} \div t_{w1} = 35 \div 30^{\circ}C$ tìm được lưu lượng 675 l/phút > 556 l/phút.

Dóng ngang tìm được tháp LBC – 60.

- Nếu chọn LBC – 50 thì hơi đuối vì $550 < 556$ l/phút, nhưng vì nhiệt độ $t_v = 26^{\circ}C$ thực nhỏ hơn $27^{\circ}C$ dùng tra bảng nên có thể lựa chọn tháp LBC – 50.

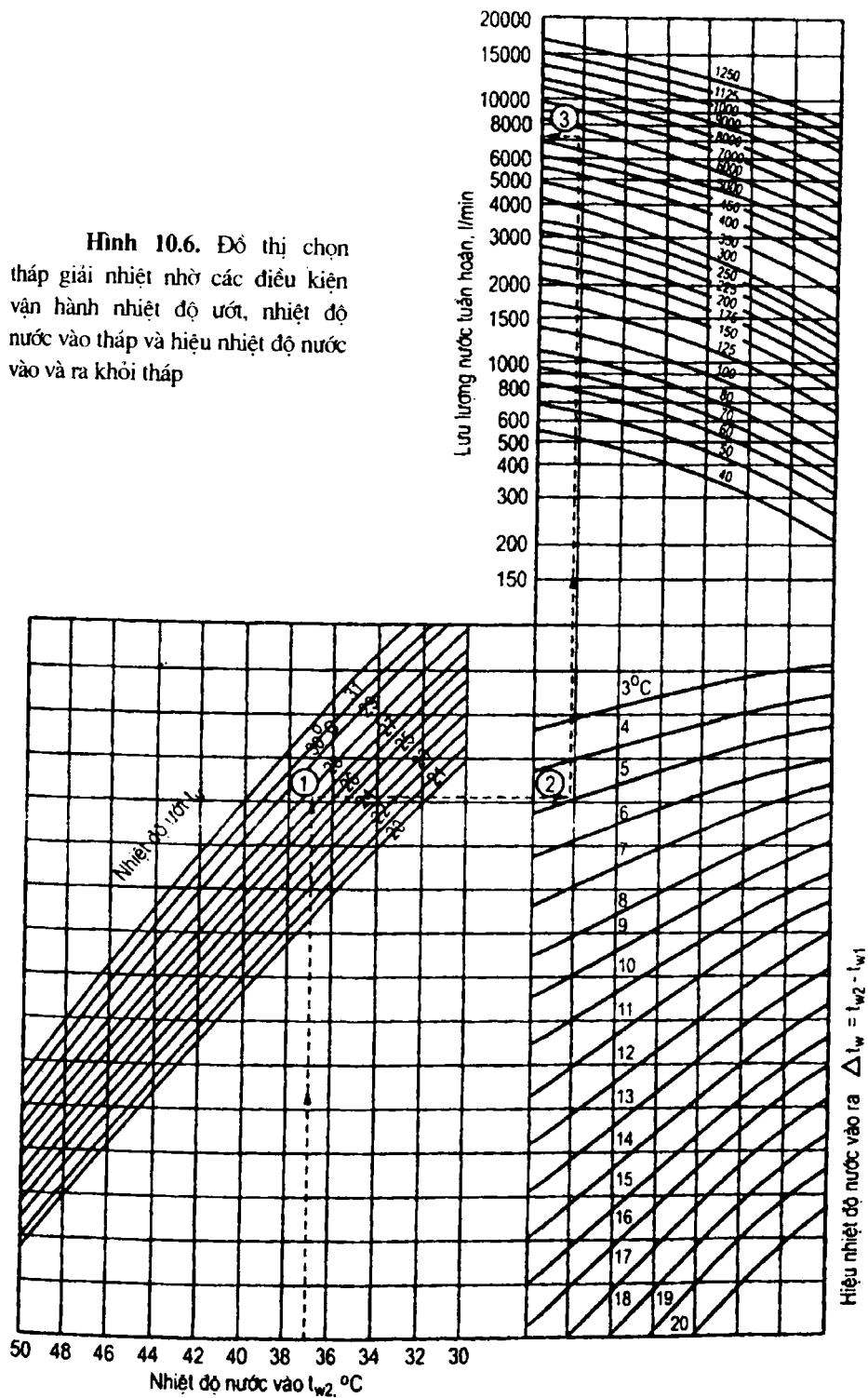
10.4.2. Tính chọn tháp giải nhiệt theo đồ thị

Hình 10.6 giới thiệu đồ thị kiểu toán đồ để chọn tháp. Đồ thị giải quyết được một số nhược điểm của bảng như sau:

- Nhiệt độ ướt mở rộng xuống đến $20^{\circ}C$.
- Nhiệt độ nước vào tháp có thể lên tới $50^{\circ}C$.
- Hiệu nhiệt độ nước vào và ra không chỉ cố định là 5K mà có thể mở rộng từ 3K đến 20K.

Căn cứ vào các thông số vận hành có thể nhanh chóng chọn được tháp phù hợp. Để dễ hiểu, có thể theo dõi ví dụ tính chọn sau:

Hình 10.6. Đồ thị chọn tháp giải nhiệt nhờ các điều kiện vận hành nhiệt độ ướt, nhiệt độ nước vào tháp và hiệu nhiệt độ nước vào và ra khỏi tháp



Thí dụ 10.4

Hãy chọn tháp giải nhiệt cho hệ thống Chiller điều hoà không khí có bình

ngưng giải nhiệt nước. Năng suất lạnh của hệ thống điều hoà không khí $Q_0 = 2947 \text{ kW}$. Điều kiện vận hành $t_v = 27^\circ\text{C}$, nhiệt độ nước vào ra 37°C và 32°C .

- Từ $Q_0 = 1947 \text{ kW}$ tính được lưu lượng nước như sau:

Từ kW đổi ra tấn lạnh:

$$Q_0 = 1947/3,516 = 554 \text{ tấn}$$

Từ tấn chuyển ra lưu lượng nước tuần hoàn yêu cầu:

$$m_w = 554.13 = 7200 \text{ lít/phút}$$

- Từ nhiệt độ nước vào 37°C ở dưới đồ thị đóng lên trên gặp đường $t_v = 27^\circ\text{C}$ ở 1, đóng ngang sang trái gặp $\Delta t_w = 5$ ở 2, sau đó đóng lên trên gặp đường lưu lượng 7200 ở 3. Điểm 3 nằm giữa 2 tháp 500 và 600 nên phải chọn tháp lớn hơn là 600.

Chọn tháp: LRC – 600.

Thí dụ 10.5. Một máy lạnh thương nghiệp $Q_0 = 150 \text{ kW}$ lắp đặt ở thành phố Hồ Chí Minh. Hãy chọn tháp giải nhiệt tương ứng.

Giải

- Quy đổi năng suất lạnh ra lưu lượng nước tuần hoàn:

$$Q_0 = 150 \text{ kW} = 42,7 \text{ tấn lạnh}$$

$$m_w = 555 \text{ lít /phút}$$

(Lưu ý, ở đây do ε nhỏ hơn máy điều hoà nên Q_0 phải lớn hơn nhưng bỏ qua không tính).

- Theo tài liệu [4], nhiệt độ và độ ẩm thiết kế cho hệ thống lạnh (không phải hệ thống điều hoà không khí) ở thành phố Hồ Chí Minh là $t_N = 37,3^\circ\text{C}$ và $\varphi = 77\%$.

Tra đồ thị I – d ta có : $t_v = 33^\circ\text{C}$.

- Chọn $\Delta t_v = 3\text{K}$ ta có $t_{w1} = 36^\circ\text{C}$ và $t_{w2} = 41^\circ\text{C}$.

- Từ nhiệt độ 41°C nước vào tháp đóng lên trên gặp $t_v = 33^\circ\text{C}$ (ở đây phải ngoại suy), gặp $\Delta t_w = 5\text{K}$, đóng lên gặp $m_w = 555 \text{ l/min}$ được điểm 3 nằm giữa tháp 40 và 50. Chọn tháp LRC – LN50.

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_0 và Q_k tính từ FRK 100 như thế nào?
10. Tính tháp giải nhiệt cho biết: Năng suất lạnh $Q_0 = 50$ tấn. Nơi lắp đặt Thái Bình.
 - a) Xác định theo bảng 10.3.
 - b) Xác định theo đồ thị.

Chương 11

TỔ HỢP LẠNH

Các tổ hợp lạnh là các tập hợp máy và thiết bị lắp đặt đồng bộ với các thiết bị phụ, các thiết bị tự động điều khiển, điều chỉnh, đo lường, báo hiệu, báo động và bảo vệ cần thiết để đáp ứng một yêu cầu cụ thể nào đó.

11.1. PHÂN LOẠI

Máy và thiết bị lạnh ngày càng đa dạng về chủng loại và phong phú về kích cỡ. Có máy gọn nhẹ chỉ vài kilôgam, nhiệt độ xuống đến gần độ không tuyệt đối sử dụng trong phòng thí nghiệm nhưng cũng có những hệ thống nặng hàng trăm tấn phục vụ cho rất nhiều yêu cầu khác nhau từ -40°C để kết đông thực phẩm đến $+60^{\circ}\text{C}$ để điều hoà không khí, chuẩn bị nước nóng, sấy, sưởi.

Phương châm của các nhà chế tạo máy hiện nay là hoàn thiện máy lạnh đến mức tối đa có thể tại nhà máy chế tạo, giảm thiểu rủi ro và công việc lắp đặt tại công trường. Tốt nhất là công việc lắp đặt tại hiện trường chỉ cần tới thợ điện mà không cần tới thợ lạnh. Ví dụ, tủ lạnh gia đình và máy điều hoà nhiệt độ cửa sổ là hai dạng tổ hợp lạnh hoàn chỉnh, sau khi mua về chỉ cần tuân theo một vài hướng dẫn là có thể lắp đặt, cắm điện và đưa vào sử dụng.

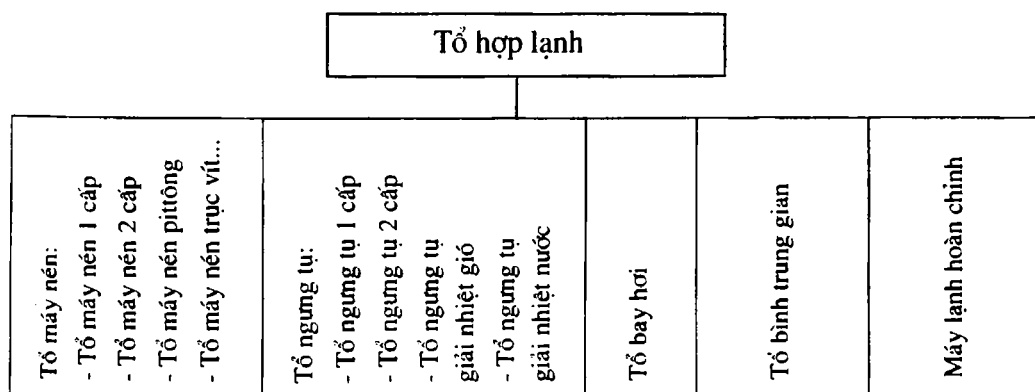
Tuy nhiên đối với một số hệ thống lạnh lớn hàng chục tấn, thậm chí hàng trăm tấn, không thể lắp ráp hoàn chỉnh tại nhà máy vì không thể có phương tiện nào vận chuyển được chúng. Khi đó các hệ thống phải phân ra từng tổ hợp hợp lý để có thể lắp ráp kết nối chúng một cách nhanh chóng tại công trường. Việc chế tạo theo tổ hợp rất được coi trọng vì chúng có những ưu điểm rõ ràng:

- Độ tin cậy và tuổi thọ của máy và thiết bị được tăng lên rõ rệt do chất lượng công việc tại nhà máy cao hơn ngoài công trường rất nhiều.
- Các tổ hợp có độ gọn cao, đường ống ngắn, tiết kiệm không gian lắp đặt

và giảm đáng kể khối lượng công việc tại công trường kể cả công tác làm sạch, thể bền, thể kín, nạp dầu nạp ga tại công trường.

- Rất thuận tiện cho việc thay thế sửa chữa khi thay thế từng cụm thiết bị.

Tuỳ theo điều kiện bao bì, đóng gói, vận chuyển, lắp ráp, ứng dụng người ta phân ra các dạng tổ hợp sau: tổ máy nén, tổ ngưng tụ, tổ bay hơi, tổ bình trung gian và máy lạnh hoàn chỉnh. Hình 11.1 giới thiệu một cách phân loại các tổ hợp lạnh.



Hình 11.1. Một cách phân loại tổ hợp lạnh

Các tổ hợp lạnh thường lại được ký hiệu và phân loại theo nhiều đặc điểm khác nhau mà qua ký hiệu ấy chúng ta có thể nhận biết được:

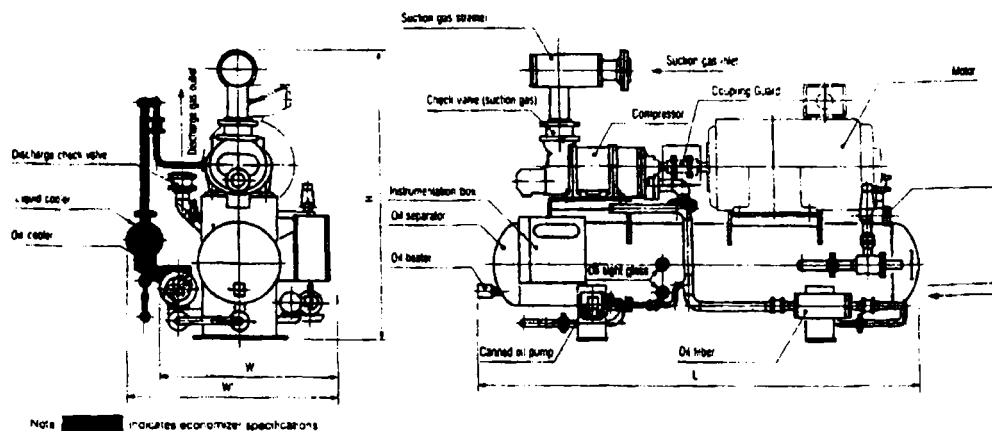
- Kiểu máy nén: máy nén pittông, trục vít, rô to, xoắn ốc, tua bin,
- Năng suất lạnh,
- Công suất tiêu thụ,
- Môi chất lạnh (NH_3 , freôn...)
- Nhiệt độ bay hơi hoặc phạm vi nhiệt độ bay hơi,
- Nhiệt độ ngưng tụ tối đa,
- Dạng thiết bị ngưng tụ,
- Dạng thiết bị bay hơi...

11.2. TỔ MÁY NÉN

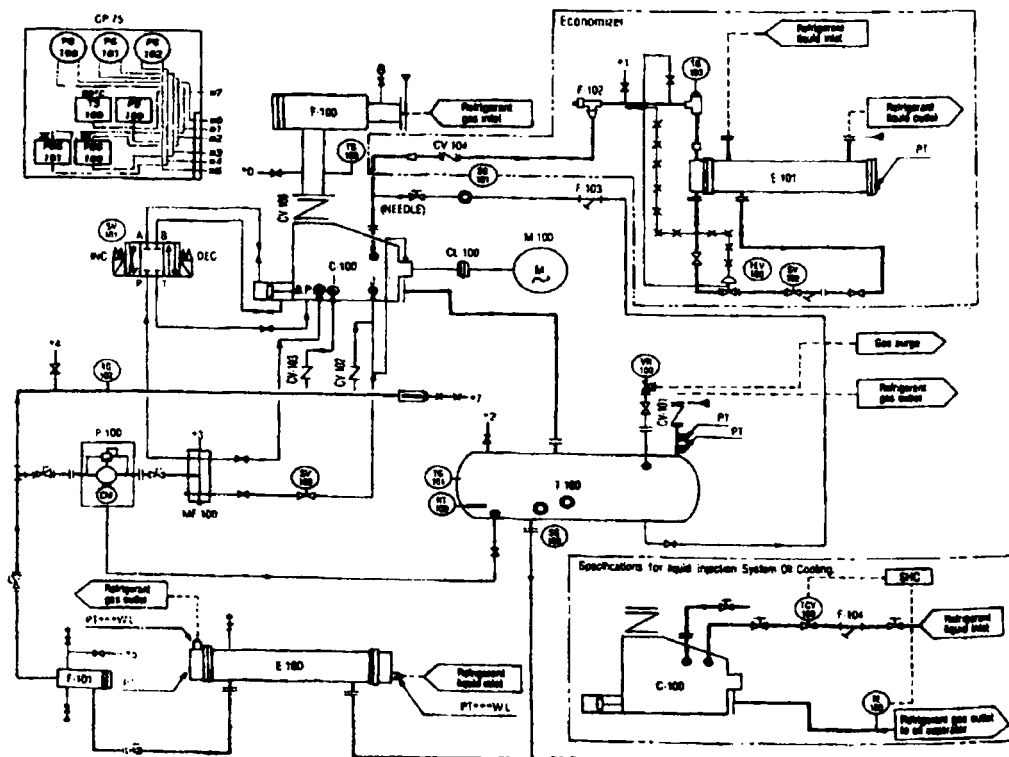
Tổ máy nén là tổ hợp gồm máy nén, động cơ và đầy đủ các thiết bị phụ trợ ví dụ van chặn đường hút, đường đẩy, các role áp suất thấp, cao, hiệu áp dầu, các áp kế cao, thấp, dầu, role nhiệt độ dầu đẩy, role nhiệt độ dầu, hộp đấu điện... được lắp hoàn chỉnh trên khung bệ máy.

Hình 11.2 giới thiệu 1 tổ máy nén trục vít MYCOM M90 cho amôniac một

cấp nén và hình 11.3 giới thiệu sơ đồ cấu tạo và làm việc của máy nén trục vít một cấp MYCOM hình 11.2. Bảng 11.1 giới thiệu một số thông số cơ bản của máy nén trục vít M90 kiểu tiết kiệm năng lượng (Economizer) với chế độ nhiệt độ ngưng tụ khoảng 40°C và nhiệt độ bay hơi khoảng -20°C . Năng suất hút lí thuyết tính cho điện 50Hz, vòng quay động cơ 2950 vg/min. Khối lượng tổ máy nén cho trong bảng chưa bao gồm khối lượng động cơ.



Hình 11.2. Tổ máy nén trục vít 1 cấp MYCOM cho amoniac



Hình 11.3 (xem chú thích ở trang 223)

Hình 11.3. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo và làm việc của tổ máy nén trực vít MYCOM hình 11.2

TEV - 100 - Van TL nhiệt	PDS - 100 - Bảo vệ hiệu áp dầu	CV - 101 - Van 1 chiều (đẩy)
HT - 100 - Bộ sườn dầu	TG - 103 - Nhiệt kế (trung gian)	CV - 100 - Van 1 chiều (hút)
SG - 101 - Mất ga	TG - 102 - Nhiệt kế (dầu)	MF.100 - Bơm dầu (dầu dầu)
SG - 100 - Mất ga	TG - 101 - Nhiệt kế (dầu đẩy)	F - 103 - Phin lọc
SV - 102 - Van điện từ (cấp lỏng cho bình làm mát lỏng)	TG - 100 - Nhiệt kế (hơi hút)	F - 102 - phin lọc trung gian
	PG - 102 - Áp kế (trước/sau phin lọc)	F - 100 - phin lọc dầu
	PG - 101 - Áp kế dầu đẩy	E - 101 - làm mát lỏng
SV - 100 - Van điện từ (cấp dầu)	PG - 100 - Áp kế (hút, trung gian)	E100 - bộ làm mát dầu cao áp
TS - 100 - Bảo vệ nhiệt độ dầu	VR - 100 - Van an toàn (MN)	T - 100 - Bộ tách dầu
		CL - 100 - Khớp nối và bảo vệ khớp nối
PS - 100 - Bảo vệ áp suất cao	CV - 104 - Van 1 chiều (trung gian)	M - 100 - Mô tơ
PDS - 101 - Bảo vệ hiệu áp	C - 103 - Van 1 chiều (phun)	C - 100 - Máy nén trực vít
	C - 102 - Van 1 chiều	

Bảng 11.1. Thông số kỹ thuật 1 số tổ máy nén trực vít MYCOM
1 cấp amôniac kiểu tiết kiệm năng lượng (Economizer)

Hạng mục	Kiểu	MCN125		MCN160			MCN200			MCN250		
		SE- $\frac{1}{L}$	LE- $\frac{1}{L}$	SE- $\frac{1}{L}$	ME- $\frac{1}{L}$	LE- $\frac{1}{L}$	SE- $\frac{1}{L}$	ME- $\frac{1}{L}$	LE- $\frac{1}{L}$	SE- $\frac{1}{L}$	ME- $\frac{1}{L}$	LE- $\frac{1}{L}$
Đường kính rôto, mm		127,5		163,2			204,0			255,0		
Chiều dài rôto, mm		140	210	180	225	270	225	282	337	280	352	420
L/D		1.10	1.65	1.10	1.38	1.65	1.10	1.38	1.65	1.10	1.38	1.85
Thể tích hút lý thuyết, m³/h		196/236	294/353	412/496	516/620	619/744	805/969	1010/1215	1210/1450	1590/1880	1970/2390	2350/2830
Lượng dầu nạp, lít		65		120		150	200		240	280	470	610
Điều chỉnh năng suất lạnh, %		100 ~ 10 (continuous)										
hút, A		100		125			150			200		
Đường ống đẩy, A		50		65		80		100		125	150	
lỏng, A		40		50			80			100		
Bộ làm mát dầu	Phun lỏng	15		20			25			32		
	Lỏng vào, A											
	Xi phòng nhiệt	32		40			65			80		
	Lỏng vào, A											
	Hơi ra, A	50		65			100			125		
Kích thước phù bì	Dài (D)	2240	2240	2700	2700	2930	2960	3100	3800	4180	4330	4380
	Rộng (R)	1120	1120	1260	1260	1310	1440	1490	1540	1680	1770	1870
	Cao (C)	1620	1620	1880	1880	1930	2180	2230	2290	2730	2830	2940
Khối lượng, kg		1010	1040	1410	1470	1650	2120	2320	2560	3460	4050	4410

Ghi chú: (bảng 11.1)

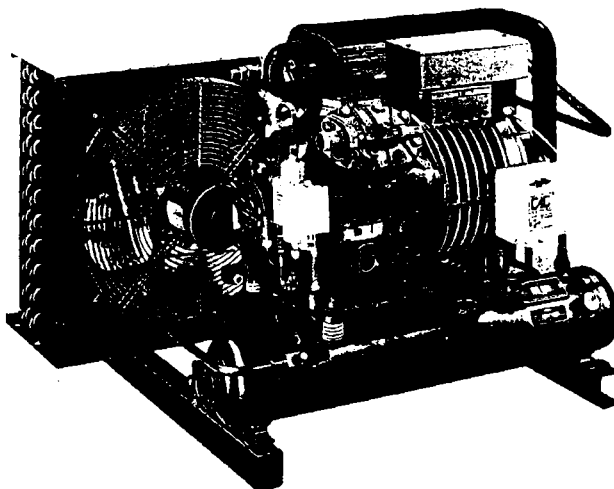
1. Khối lượng máy không bao gồm khối lượng động cơ;
2. Kích thước phù bì có thể thay đổi tùy thuộc vào động cơ chọn;
3. I ký hiệu cho kiểu máy phun lỏng làm mát (Injection) còn L ký hiệu cho kiểu máy dùng xiphông nhiệt, ví dụ MCN 250M -L;
4. Phạm vi vận hành tiêu chuẩn. Nhiệt độ ngưng tụ dưới 40°C, nhiệt độ bay hơi dưới 20°C.

11.3. TỔ NGƯNG TỤ

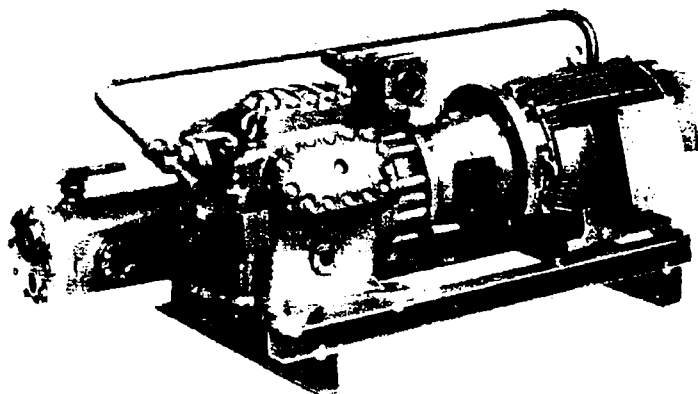
Tổ ngưng tụ (Condensing unit) là tổ máy nén có lắp thêm thiết bị ngưng tụ hoàn chỉnh với các thiết bị phụ và tự động của thiết bị ngưng tụ. Tổ ngưng tụ thông dụng nhất phải kể đến cụm dàn nóng hay còn gọi cụm ngoài nhà OU (Outdoor Unit) của máy điều hoà hai cụm. Cụm dàn nóng gồm máy nén dàn ngưng quạt, phin lọc, và cả bộ phận tiết lưu (ống mao hoặc van tiết lưu). Tổ ngưng tụ của các máy lạnh thương nghiệp hoặc buồng lạnh lắp ghép cũng bao gồm máy nén, dàn ngưng quạt, bình chứa cao áp, các thiết bị tự động như role áp suất cao, thấp, bảo vệ động cơ máy nén...

Tổ ngưng tụ được chia làm 2 loại là giải nhiệt gió và giải nhiệt nước. Tổ ngưng tụ giải nhiệt gió là loại có dàn ngưng giải nhiệt gió và tổ ngưng tụ giải nhiệt nước loại có bình ngưng giải nhiệt nước. Theo cấp nén còn chia ra tổ ngưng tụ một cấp và hai cấp.

Hình 11.4 và 11.5 giới thiệu một tổ ngưng tụ giải nhiệt gió 2 cấp và một tổ ngưng tụ giải nhiệt nước một cấp nén của Bitzer (Đức).



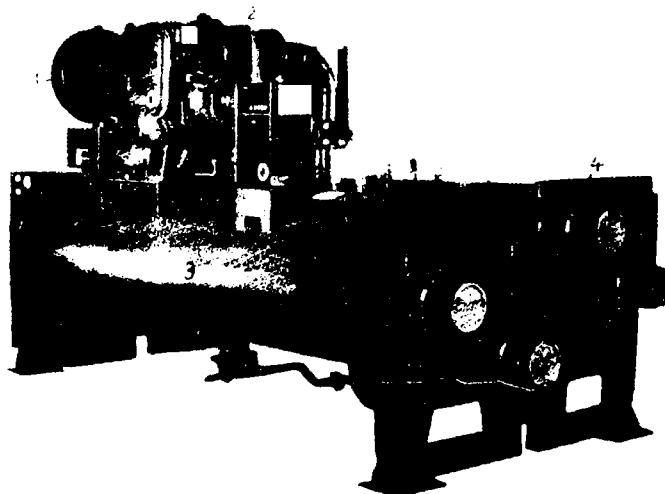
Hình 11.4. Tổ ngưng tụ giải nhiệt gió máy nén 2 cấp nửa kín freôn Bitzer



Hình 11.5. Tổ ngưng tụ giải nhiệt nước máy nén 1 cấp hở, truyền động khớp Bitzer

11.4. MÁY LẠNH HOÀN CHỈNH

Máy lạnh hoàn chỉnh là các tổ hợp lạnh hoàn chỉnh đã được lắp thành khối độc lập, chỉ cần một số thao tác đơn giản là có thể cho lạnh theo yêu cầu. Tiêu biểu cho máy lạnh hoàn chỉnh là tủ lạnh gia đình, thương nghiệp, máy điều hoà cửa sổ. Chỉ cần đọc một số hướng dẫn lắp đặt vận hành đơn giản là khách hàng có thể tự lắp đặt vận hành mà không cần đến thợ lành nghề về lạnh. Các máy lạnh hoàn chỉnh có độ tin cậy, tuổi thọ rất cao vì tất cả các thao tác lắp ráp, thử bền, thử kín, làm sạch, hút chân không, sấy khô, nạp ga, nạp dầu, kiểm tra, chạy thử đều được tiến hành tại nhà máy, trong các xưởng chuyên dùng với các thiết bị hiện đại và điều kiện chuẩn.



Hình 11.6. Máy sản xuất nước lạnh, bình ngưng làm mát bằng nước,

máy nén kiểu li tâm 19XL của hãng CARRIER (Mỹ)

1 - Động cơ; 2 - Máy nén; 3 - Bình bay hơi; 4 - Bình ngưng tụ; 5 - Tủ điện

Thiết bị lạnh càng lớn càng gây nhiều khó khăn trong việc chế tạo máy lạnh hoàn chỉnh vì kích thước càng lớn càng khó vận chuyển và lắp đặt. Tuy nhiên hiện nay có những máy làm lạnh nước (chiller) cho ĐHKK trung tâm rất lớn được lắp ráp hoàn chỉnh tại nhà máy. Khi đưa đến hiện trường chỉ cần kết nối với hệ thống bơm nước lạnh và nước giải nhiệt tuần hoàn là có thể hoạt động được. Hãng Trane và Carrier (của Mỹ) sản xuất các loại đó. Ví dụ máy 17 DA8 – 8787 có năng suất lạnh 21.100 kW nặng 84,6 tấn. Hình 11.6 giới thiệu chiller kí hiệu 19EX 4747 của Carrier có năng suất lạnh 4920 kW nặng 31,9 tấn.

11.5. CÁC LOẠI TỔ HỢP KHÁC

Ngoài các loại tổ hợp đã giới thiệu đôi khi người ta chế tạo một số loại tổ hợp khác nhằm hợp lý hoá trong các khâu vận chuyển, lắp đặt, vận hành sửa chữa, thay thế như tổ máy nén bay hơi, tổ tiết lưu bay hơi, tổ bình trung gian, tổ bình chứa dự phòng, tổ ngưng tụ bình chứa... nhưng những loại tổ hợp này không thông dụng nên không nêu ở đây.

Câu hỏi ôn tập

1. Tổ hợp lạnh là gì?
2. Các căn cứ để phân loại tổ hợp lạnh là gì?
3. Tổ ngưng tụ giải nhiệt gió là gì?
4. Tổ ngưng tụ giải nhiệt nước là gì?
5. Hãy cho thí dụ các tổ hợp lạnh hoàn chỉnh.
6. Tổ máy nén trực vít thường bao gồm các thiết bị gì?
7. Ưu điểm của tổ hợp lạnh so với việc lắp ráp đơn lẻ thiết bị là gì?

Chương 12

TỰ ĐỘNG HOÁ HỆ THỐNG LẠNH

12.1. ĐẠI CƯƠNG

Tự động hoá hệ thống lạnh là trang bị cho hệ thống lạnh các dụng cụ mà nhờ đó có thể vận hành từng phần hoặc toàn bộ hệ thống lạnh một cách tự động, chắc chắn, an toàn, hiệu quả và với độ tin cậy cao mà không cần sự tham gia trực tiếp của người vận hành.

Tự động hoá sự làm việc của hệ thống lạnh so với điều chỉnh bằng tay là giữ ổn định liên tục chế độ làm việc hợp lý. Ưu điểm này kéo theo một loạt ưu điểm về tăng thời gian bảo quản, nâng cao chất lượng sản phẩm, giảm tiêu hao điện năng, tăng tuổi thọ và độ tin cậy của máy và thiết bị, giảm chi phí nước làm mát, giảm chi phí vận hành và chi phí lạnh cho một đơn vị sản phẩm, góp phần hạ giá thành sản phẩm... Việc bảo vệ tự động cũng được thực hiện một cách nhanh, nhạy, đảm bảo và tin cậy hơn thao tác của con người.

Tự động hoá hệ thống lạnh bao gồm 4 nội dung cơ bản là tự động điều khiển, điều chỉnh, báo hiệu (báo động) và bảo vệ, trong đó quá trình điều chỉnh các đại lượng (áp suất, nhiệt độ, lưu lượng, mức lỏng, độ ẩm...) là quan trọng nhất. Do điều khiển điện động cơ máy nén là một môn học riêng nên ở đây không đề cập.

12.1.1. Những khái niệm cơ bản

- *Điều khiển (control)*: tác động để một thiết bị máy móc vận hành đúng quy luật (điều khiển động cơ máy nén, điều khiển quạt...).
- *Điều chỉnh (control, regulate)*: tác động để một đại lượng được giữ ổn định hoặc biến đổi theo yêu cầu công nghệ (ví dụ điều chỉnh nhiệt độ, áp suất, lưu lượng, mức lỏng, độ ẩm...)
- *Báo hiệu (indicate)*: chỉ báo cho biết bằng tín hiệu (ví dụ báo hiệu bằng

hiệu số bằng đèn hiệu, bằng âm thanh, bằng còi...)

- *Báo động (alarim)*: chỉ báo cho biết bằng tín hiệu âm thanh hoặc ánh sáng khẩn cấp để kịp thời ứng phó (báo động bằng còi hú và đèn nhấp nháy).

- *Mạch điều chỉnh (control loop)*: là một hệ thống gồm nhiều phần tử như phần tử cảm biến (CB); phần tử so sánh (SS), phần tử định trị (ĐT), phần tử điều chỉnh (ĐC) để điều chỉnh một đại lượng (p, t...) nào đó.

- *Mạch điều chỉnh kín (closed control loop)*: là mạch điều chỉnh có phản hồi (feed back system).

- *Phản hồi (feed back)*: hệ thống cảm biến truyền tín hiệu của đại lượng được điều chỉnh quay trở lại phần tử so sánh để hiệu chỉnh cơ cấu điều chỉnh (ví dụ bầu cảm van tiết lưu nhiệt).

- *Mạch điều chỉnh hở (open control loop)* mạch điều chỉnh không có phản hồi (ví dụ van tiết lưu tay).

- *Phần tử cảm biến (sensor)* của thiết bị tự động thường có phần tử cảm biến để nhận tín hiệu của đại lượng ra phản hồi để hiệu chỉnh cơ cấu điều chỉnh (ví dụ bầu cảm của van tiết lưu nhiệt).

- *Phần tử định trị* của thiết bị tự động là bộ phận để cài đặt giá trị yêu cầu của đại lượng ra (ví dụ vít điều chỉnh độ quá nhiệt của van tiết lưu nhiệt).

- *Phần tử điều chỉnh* là phần tử nhận tác động của phần tử so sánh để gây ra tác động điều chỉnh trực tiếp (ví dụ ở van tiết lưu nhiệt là kim van, ở rơ le áp suất, nhiệt độ là công tắc đóng ngắt mạch điện).

12.1.2. Yêu cầu của tự động hoá hệ thống lạnh

Do khuôn khổ giáo trình, ở đây không đề cập đến điều khiển điện (hạn chế dòng khởi động, hút kiệt, điều khiển tốc độ vòng quay...) mà chỉ đề cập đến 4 nội dung cơ bản là:

- Đối với máy nén: Điều chỉnh năng suất lạnh máy nén, bảo vệ động cơ (dòng điện, nhiệt độ cuộn dây, thí dụ pha, đối xứng pha...), bảo vệ máy nén (áp suất cao, thấp, nhiệt độ dầu, nhiệt độ dầu đẩy, nhiệt độ nước làm mát, lưu lượng nước làm mát...).

- Đối với TBNT: Điều chỉnh áp suất ngưng tụ, điều chỉnh lưu lượng nước làm mát, gió làm mát, mức lỏng trong bình ngưng, bình chứa cao áp.

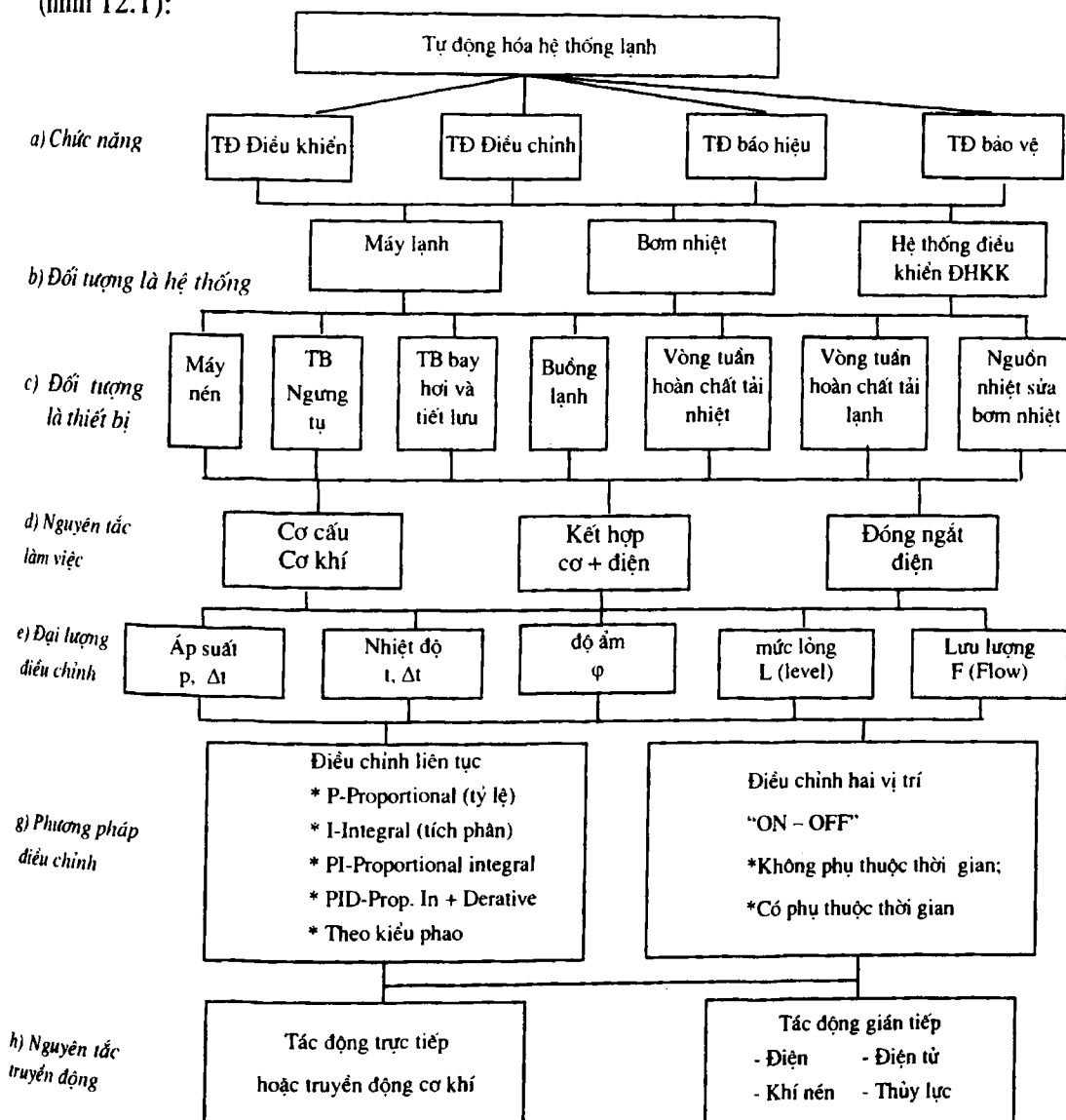
- Đối với TBBH: Điều chỉnh cấp lỏng cho TBBH, áp suất bay hơi, xả băng

dàn lạnh, bảo vệ mức lỏng, bảo vệ đóng bằng chất tải lạnh.

- Đối với phòng lạnh: Điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm phòng, nhiều thông số có yêu cầu tự ghi và lưu trữ lâu dài.

12.1.3. Phân loại

Một số thiết bị tự động có thể được phân loại theo các đặc điểm sau (hình 12.1):



Hình 12.1. Sơ đồ phân loại thiết bị tự động hoá hệ thống lạnh

(Ví dụ: Van tiết lưu nhiệt là a) Thiết bị tự động điều chỉnh; b) Máy lạnh (hoặc bơm nhiệt, máy điều hòa không khí); c) Dùng cho thiết bị bay hơi; d) Loại có cơ cấu cơ khí; e) Điều chỉnh theo độ quá nhiệt Δt_{qn} ;

g) Điều chỉnh liên tục; h) Tác động trực tiếp, cơ cấu cơ khí

a) Theo chức năng phân ra các thiết bị điều khiển, điều chỉnh, báo hiệu báo động hoặc bảo vệ.

b) Theo đối tượng là hệ thống có thể phân ra thiết bị tự động dùng cho máy lạnh, bơm nhiệt hoặc máy điều hoà không khí.

c) Theo đối tượng là thiết bị có thể phân ra thiết bị tự động đó dùng cho máy nén, TBNT, TBBH, buồng lạnh, vòng tuần hoàn chất tải nhiệt, tải lạnh hay nguồn nhiệt.

d) Theo nguyên tắc làm việc có thể phân ra loại có cơ cấu cơ khí, kết hợp cơ điện hay đóng ngắt điện.

e) Theo đại lượng điều chỉnh có thể phân ra thiết bị điều chỉnh áp suất, nhiệt độ, độ ẩm, mức lỏng hay lưu lượng.

f) Theo phương pháp điều chỉnh có thể phân ra liên tục (P, I, PI, PID, phao) hoặc on - off.

g) Theo nguyên tắc truyền động có thể phân ra tác động trực tiếp (truyền động cơ khí) hoặc tác động gián tiếp (điện, điện tử, khí nén, thủy lực).

12.2. TỰ ĐỘNG HÓA MÁY NÉN LẠNH

12.2.1. Điều chỉnh năng suất lạnh máy nén pittông

Năng suất lạnh của máy nén pittông(MNPT) xác định theo biểu thức:

$$Q_o = \frac{\lambda}{v_1} \cdot \frac{\pi d^2}{4} s.z.n q_o = m q_o \quad (12.1)$$

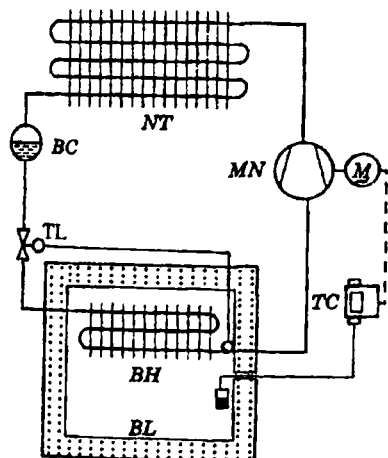
Từ đây ta thấy có thể điều chỉnh Q_o theo những phương pháp cơ bản sau:

1. Đóng ngắt máy nén (ON- OFF)
2. Tiết lưu hơi hút (điều chỉnh thể tích riêng hơi hút v_1 và cả năng suất lạnh riêng q_o)
3. Xả hơi nóng từ đường đẩy về đường hút (điều chỉnh lưu lượng qua máy nén m , kg/s)
4. Vô hiệu hoá từng xilanh bằng cách nâng van hút (điều chỉnh số xilanh z)
5. Thay đổi vòng quay trục khuỷu máy nén (điều chỉnh m).

12.2.2. Đóng ngắt máy nén (ON - OFF)

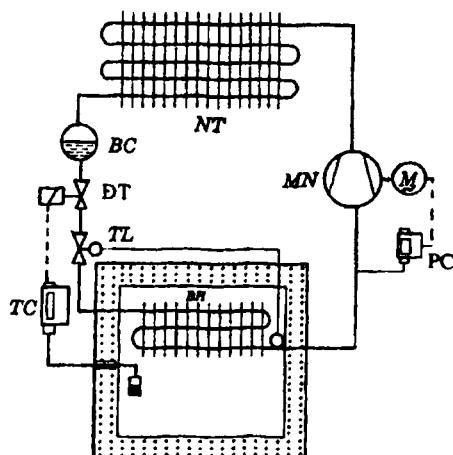
Phương pháp đóng ngắt máy nén thường sử dụng cho các máy lạnh nhỏ

và rất nhỏ, đặc biệt cho tủ lạnh gia đình, thương nghiệp và máy điều hoà nhiệt độ. Ưu điểm của nó là đơn giản, rẻ tiền, lắp đặt, bảo dưỡng, sửa chữa dễ dàng. Hình 12.2 và 12.3 giới thiệu 2 phương pháp đóng ngắt máy nén, một là dùng role nhiệt độ (thermostat) trực tiếp đóng ngắt động cơ máy nén, hai là dùng role nhiệt độ đóng ngắt van điện từ cấp lỏng cho dàn bay hơi sau đó dùng role áp suất thấp đóng ngắt động cơ máy nén.



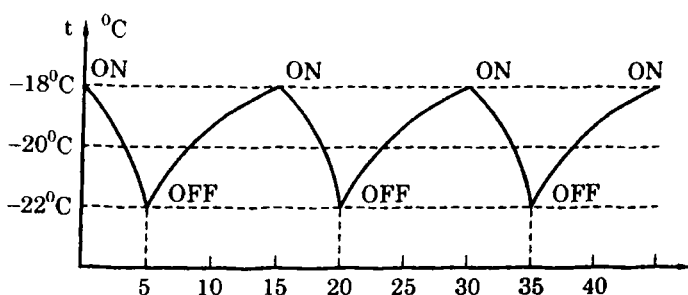
Hình 12.2. Máy nén lạnh dùng role nhiệt độ trực tiếp đóng ngắt máy nén

MN – Máy nén; M – Động cơ (Motor) máy nén;
NT – Dàn ngưng tụ; TL – Tiết lưu (ống mao dẫn);
BH – Dàn bay hơi; BL – Buồng lạnh cách nhiệt;
TC – Role nhiệt độ (Thermostat)
(TC = Temperature Controller)



Hình 12.3. Điều chỉnh năng suất lạnh hai vị trí gián tiếp qua role áp suất thấp (Low Pressure Controller)

ĐT – Van điện từ; BC – Bình chứa cao áp;
TL – Van tiết lưu nhiệt
(các ký hiệu khác như hình 12.2)



Hình 12.4 Biến thiên nhiệt độ trong buồng lạnh của máy lạnh điều chỉnh năng suất lạnh kiểu ON - OFF

Hình 12.4 giới thiệu biến thiên nhiệt độ trong buồng lạnh và chu kỳ ON - OFF của máy nén. Ví dụ nếu nhiệt độ buồng lạnh yêu cầu là -20°C thì ta phải cài đặt nhiệt độ trên role nhiệt độ là -20°C . Vì sai đóng ngắt của role là $\pm 2^{\circ}\text{C}$, như

vậy role nhiệt độ sẽ điều chỉnh nhiệt độ phòng luôn nằm trong khoảng $-20 \pm 2^\circ\text{C}$ hay nhiệt độ phòng tăng đến -18°C thì role đóng mạch cho máy nén chạy và khi nhiệt độ phòng giảm xuống đến -22°C thì role lại ngắt mạch, máy nén ngừng chạy. Nếu thời gian chạy như biểu diễn trên hình là 5 phút và thời gian nghỉ là 15 phút thì hệ số làm việc b của máy lạnh là:

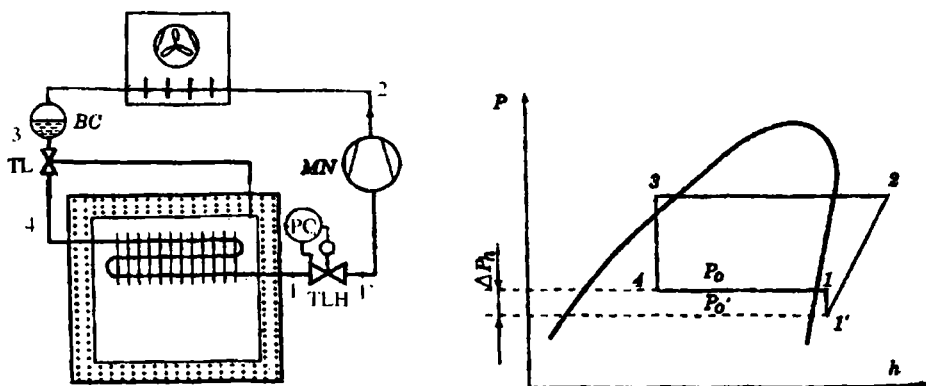
$$b = \frac{\tau_{cv}}{\tau_{cv} + \tau_{nghe}} = \frac{5}{15 + 5} = 25\%.$$

Đối với tủ lạnh, vào mùa đông hệ số làm việc khoảng $20 \div 30\%$ và mùa hè $70 \div 80\%$, khi nhiệt độ bên ngoài trên 33°C tủ làm việc hầu như không nghỉ với $b = 100\%$.

Các hệ thống ON – OFF theo role áp suất thấp (hình 12.3) cũng có biến thiên nhiệt độ tương tự như hình 12.4 vì role áp suất tác động chậm hơn chút ít so với role nhiệt độ nên các điểm ON – OFF cũng gần như nhau. Sơ đồ này thường được gọi là *sơ đồ hút kiệt* (pump down) vì máy nén chỉ dừng khi đã hút hầu như hoàn toàn ga lạnh ra khỏi dàn bay hơi.

12.2.3. Điều chỉnh năng suất lạnh nhờ tiết lưu hơi hút

Hình 12.5 giới thiệu sơ đồ điều chỉnh năng suất lạnh nhờ tiết lưu hơi hút. Van tiết lưu hơi hút tự động làm việc theo áp suất hút. Khi đủ lạnh, áp suất hút giảm xuống, van sẽ tự động khép bớt cửa van làm cho áp suất hút thực tế nhỏ hơn áp suất bay hơi khá nhiều. Nhờ thế năng suất lạnh giảm xuống phù hợp với yêu cầu.



Hình 12.5. Tiết lưu hơi hút để điều chỉnh năng suất lạnh

a) Sơ đồ máy lạnh; b) Biểu diễn trên đồ thị lgp-h

TLH - Van tự động điều chỉnh tiết lưu hơi hút theo áp suất p_0

Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản, lắp đặt, vận hành, bảo dưỡng và sửa chữa dễ dàng. Nhưng nhược điểm là có tổn thất tiết lưu và tổn thất ma sát. Phương pháp này thường được sử dụng cho máy lạnh có công suất động cơ đến 20kW.

12.2.4. Xả hơi nén về đường hút

1. Xả hơi nén theo đường bypass: Có thể xả trực tiếp hơi nóng về đường hút theo đường bypass để điều chỉnh năng suất lạnh. Tuy nhiên khi xả như vậy, nhiệt độ cuối tầm nén sẽ tăng cao vì hơi xả trở lại đường hút có nhiệt độ lớn. Để khắc phục điều này người ta đưa ra một số giải pháp sau:

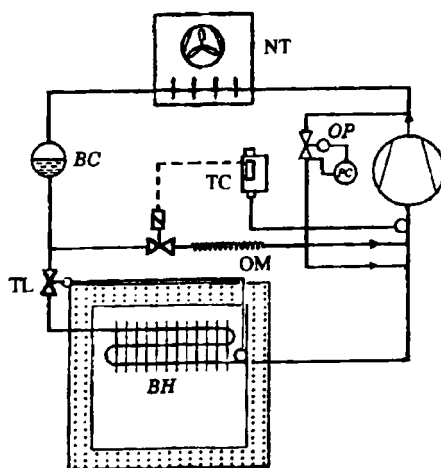
2. Xả hơi nén về đường hút có phun lỏng trực tiếp nghĩa là bố trí một ống mao (cáp phun) nối từ bình chứa vào đường xả để làm mát hơi nóng trước khi vào máy nén. Để có thể phun lỏng được chính xác có thể sử dụng một van tiết lưu tay hoặc ống mao kết hợp với rơle nhiệt độ và bố trí bầu cảm của rơle nhiệt độ trên đường ống hút về máy nén. Như vậy chỉ khi nào nhiệt độ cao vượt quá mức cho phép thì van điện từ mới mở để phun lỏng bổ sung.

3. Xả hơi từ bình chứa về đường hút: Do hơi ở bình chứa tuy có áp suất cao nhưng lại có nhiệt độ không cao do đó thuận lợi hơn cho sự làm việc của máy nén.

4. Xả hơi nén về trước dàn bay hơi: Phương pháp này tỏ ra hiệu quả hơn vì hơi nóng đã được làm mát hoàn toàn trong dàn bay hơi. Van xả có thể làm việc tự động theo áp suất bay hơi. Khi áp suất bay hơi giảm, nó tự động mở ra còn khi áp suất bay hơi tăng nó sẽ tự động khép lại.

5. Xả hơi nén về trước dàn bay hơi: Có thể coi đây là kết hợp của 2 phương pháp 3 và 4.

Hình 12.6 giới thiệu sơ đồ xả hơi nén về đường hút có phun lỏng trực tiếp bằng một



Hình 12.6. Hệ thống lạnh điều chỉnh năng suất lạnh bằng xả hơi nóng về đường hút có phun lỏng bổ sung trực tiếp vào đường hút để không chế nhiệt độ cuối tầm nén

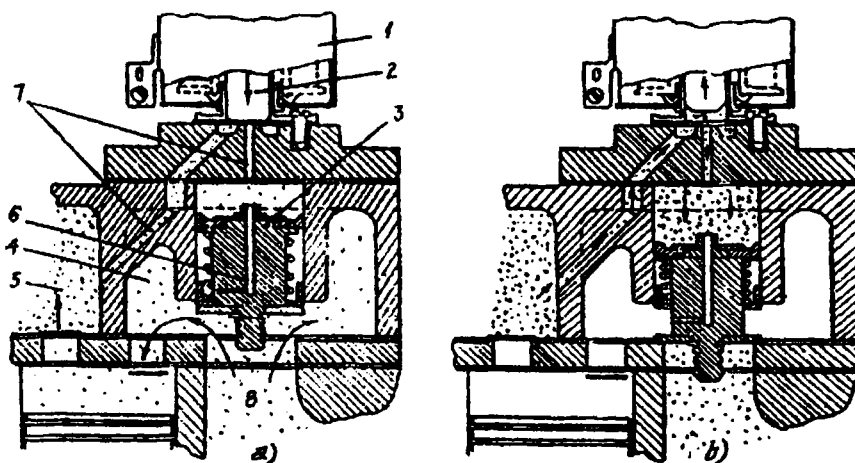
OP – Van ổn áp xả hơi nén; OM – Ống mao phun lỏng; TC – Rơle nhiệt độ không chế nhiệt độ hút.

cấp phun điều chỉnh bằng van điện từ và role nhiệt độ. Khi nhiệt độ hơi hút vượt yêu cầu, role nhiệt độ tác động mở van điện từ phun lỏng bổ sung làm mát hơi hút.

12.2.5. Vô hiệu hoá từng xilanh hoặc từng cụm xilanh

12.2.5.1. Phương pháp khoá đường hút

Đối với các xilanh có clapê hút kiểu lá người ta bố trí một đường dẫn hơi hút vào clapê mà trên đó có thể lắp một van điện từ tác động gián tiếp để khoá được đường hơi này lại. Hình 12.7 giới thiệu van điện từ khoá đường hút dùng cho máy nén nhỏ có clapê hút kiểu lá. Van làm việc như sau:



Hình 12.7. Van khóa đường hút điều chỉnh năng suất lạnh

a) Có tải; b) Không tải

1 – cuộn dây điện từ; 2 – lõi sắt; 3 – pittông điều chỉnh của van khóa; 4 – buồng hút; 5 – buồng đẩy;
6 – lỗ cân bằng hơi; 7 – kênh nối với buồng đẩy (hơi nén có áp suất cao); 8 – đường hút

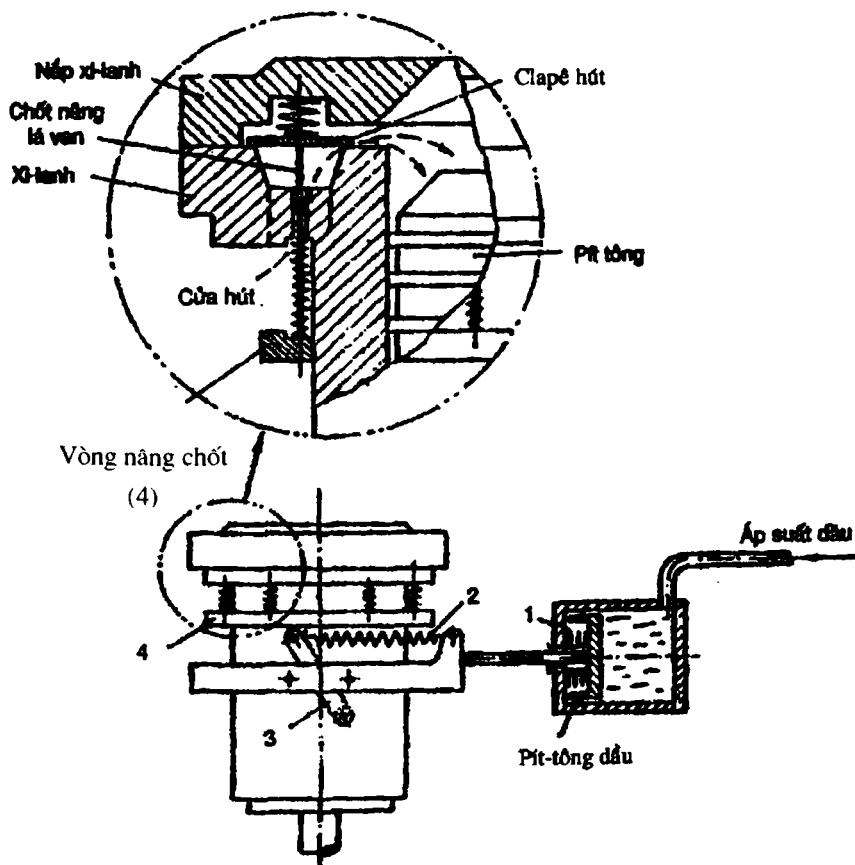
- Khoảng trên của pittông 3 nối thông với khoang hút bằng một lỗ cân bằng 6 rất nhỏ và nối thông với khoang đẩy bằng kênh 7 đóng mở bằng van điện từ lá.

- Khi xilanh làm việc có tải, van điện từ không có điện, kênh 7 đóng do đó khoang trên pittông 3 có áp suất hút nên pittông đi lên, mở đường hút cho hơi đi vào xilanh.

- Khi làm việc không tải, van điện từ có điện, kênh 7 mở, khoang trên đầu pittông 3 có áp suất cao, pittông bị đẩy xuống, đóng cửa thoát đường hút.

12.2.5.2. Phương pháp nâng clapê hút kiểu vòng máy nén pittông

Đối với các loại máy nén lớn có clapê hút kiểu vòng người ta có thể bố trí cơ cấu nâng clapê hút kiểu vòng một cách dễ dàng. Khi đó hơi được hút vào và lại bị đẩy ra nên xilanh làm việc không tải. Hình 12.8 giới thiệu một phương pháp nâng clapê hút kiểu vòng của hãng MYCOM (Nhật). Cơ cấu giảm tải hoạt động như sau:



Hình 12.8. Nguyên tác làm việc của cơ cấu cơ khí nâng clapê hút dạng vòng

1, 2 – lò xo; 3 – tay đòn; 4 – vòng đỡ chốt

(Ở các máy nén kiểu mới cơ cấu 2, 3 được thay bằng vòng cam)

- Làm việc không tải: khi không có dầu cao áp cấp cho pittông (khi máy nén dừng hoặc khi khoá van điện từ cấp dầu), pittông dầu chuyển động về bên phải, lò xo 2 kéo cần 3 dựng lên, vòng nâng chốt 4 nâng lên đẩy clapê hút lên hết cỡ trên và giữ ở vị trí mở liên tục.

- Làm việc có tải: khi pittông dầu có dầu áp suất (máy nén đang chạy và van điện từ cấp dầu mở), pittông chuyển động về bên trái, cần 3 hạ xuống và

vòng 4 hạ xuống, clapê hút hoạt động bình thường, xilanh làm việc có tải (xem thêm tài liệu [6]).

Bằng cơ cấu trên có thể điều chỉnh năng suất lạnh đến từng xilanh. Một ưu điểm nổi bật của phương pháp này là khi máy nén dừng, bơm dầu ngừng hoạt động, tất cả van hút nâng lên nên khởi động máy nén rất thuận lợi. Chỉ khi nào máy nén đã khởi động xong, áp suất dầu được thiết lập và van điện từ cấp dầu cho máy nén mở thì xilanh mới làm việc có tải.

12.2.6. Thay đổi vòng quay máy nén

Phương pháp này có thể sử dụng cho các loại máy nén khác nhau như pittông, rôto, trục vít, tuabin và xoắn ốc... Nói chung có các phương pháp thay đổi vòng quay máy nén như sau:

1. Đại truyền với các tỷ số truyền khác nhau, chỉ sử dụng được cho máy nén hở.

2. Sử dụng động cơ có nhiều cặp cực. Như ta biết tốc độ quay của động cơ $n = f(1 - s)/p$ trong đó f là tần số ($f = 50 \text{ Hz}$), p là số cặp cực và s là hệ số trượt. Nhiều máy nén của hãng Bock, Bitzer sử dụng loại 2 cặp cực ($n = 1450 \text{ vg/min}$) và 4 cặp cực ($n = 725 \text{ vg/min}$).

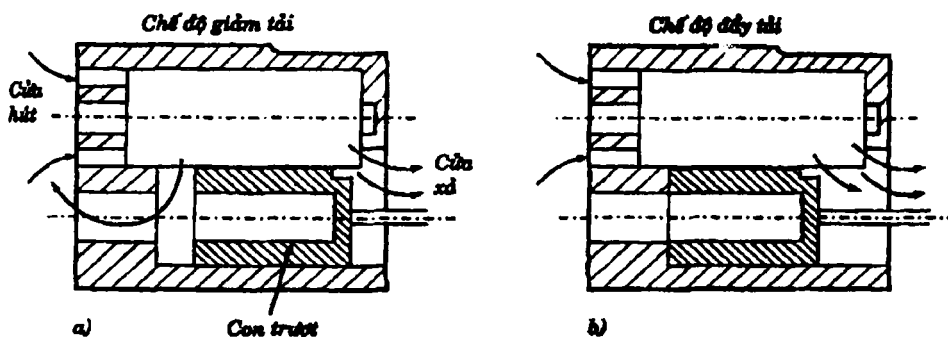
3. Thay đổi tốc độ quay vô cấp bằng máy biến tần: Đây là phương pháp hiện đại và tiên tiến nhất hiện nay có thể điều chỉnh chính xác năng suất lạnh yêu cầu và qua đó cũng mang lại hiệu quả tiết kiệm năng lượng cao nhất. Máy biến tần không những dùng để điều chỉnh năng suất lạnh mà còn để điều chỉnh động cơ quạt gió, bơm nước. Lĩnh vực được ứng dụng nhiều nhất và rộng rãi nhất hiện nay là điều hoà không khí, từ các máy điều hoà không khí, từ các máy điều hoà phòng tới các chiller. Do máy biến tần có giá thành cao và công kênh nên đến nay loại biến tần lớn nhất được sử dụng cho chiller tuabin mới đạt đến năng suất 250 tấn lạnh.

12.2.7. Đặc điểm điều chỉnh năng suất lạnh máy nén trục vít

Đối với máy nén trục vít, người ta có thể điều chỉnh năng suất lạnh vô cấp từ 100% xuống 10% nhờ điều chỉnh một con trượt bố trí phía dưới 2 trục. Hình 12.9 giới thiệu cơ chế điều chỉnh năng suất lạnh bằng con trượt của máy nén trục vít.

Tuy nhiên cũng cần lưu ý rằng năng suất lạnh và công tiêu tốn không phải thay đổi tỷ lệ mà bất lợi cho công tiêu tốn. Ví dụ khi chạy đầy tải ta có 100% Q_0 và tiêu tốn 100% Ne . Tuy nhiên ở chế độ giảm tải $Q_0 = 10\%$ thì điện

năng tiêu tốn vẫn là 30% Ne, do đó có thể nói hệ số lạnh đã giảm đi 3 lần. Vì vậy không nên chạy máy ở chế độ giảm tải (xem thêm [6]). Nếu sử dụng biến tần có thể tránh được bất lợi này.



Hình 12.9. Cơ chế điều chỉnh năng suất lạnh bằng con trượt

a) chế độ giảm tải; b) chế độ đầy tải

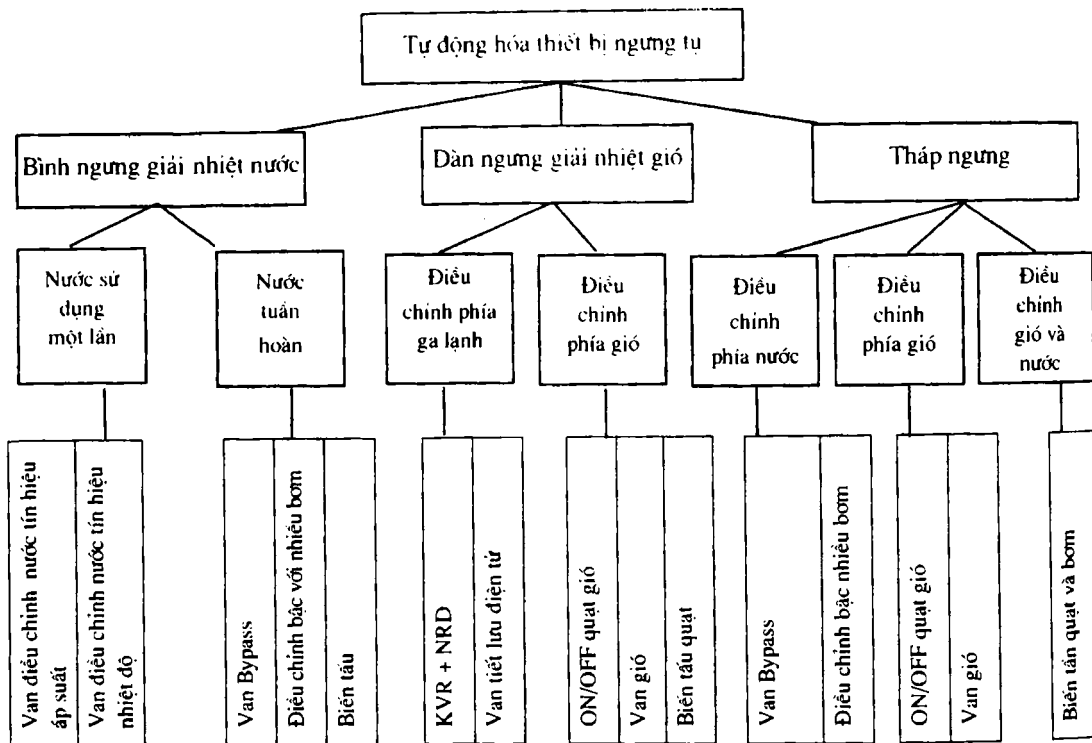
12.2.8. Đặc điểm điều chỉnh năng suất máy nén tuabin

Nói chung có thể điều chỉnh năng suất lạnh máy nén tuabin theo nhiều cách khác nhau như điều chỉnh tốc độ vòng quay, tiết lưu đường hút, điều chỉnh hướng xoắn dòng và điều chỉnh ống khuếch tán nhưng 2 phương pháp đầu là thông dụng hơn cả.

Có thể điều chỉnh tốc độ vòng quay nhờ máy biến tần. Đây là phương pháp tiên tiến, hiện đại nhất và có khả năng tiết kiệm cao nhất, nhưng hiện nay sử dụng cho chiller có năng suất lạnh cao nhất mới đến 250 tấn. Ngoài ra có thể sử dụng hộp giảm tốc để điều chỉnh tốc độ hoặc dùng khớp nối lỏng. Phương pháp tiết lưu đường hút cũng là một giải pháp rất đơn giản. Trên đường hút có lắp van tiết lưu với các lá xếp giống như ở máy ảnh để mở to nhỏ phù hợp với cường độ ánh sáng. Nhờ các lá trượt này có thể tiết lưu hơi hút phù hợp với năng suất lạnh yêu cầu.

12.3. TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT BỊ NGUNG TỰ

Tự động hoá thiết bị ngưng tụ có nhiệm vụ chính là duy trì, khống chế nhiệt và áp suất không đổi hoặc thay đổi trong một giới hạn cho phép duy trì việc cấp lỏng đầy đủ cho TBBH. Ngoài ra tự động hoá cấp nước giải nhiệt cho bình ngưng giải nhiệt nước để tiết kiệm nước làm mát. Hình 9.10 phân loại các khả năng tự động TBNT.



Hình 12.10. Các khả năng tự động hóa thiết bị ngưng tụ

12.3.1. Bình ngưng giải nhiệt nước

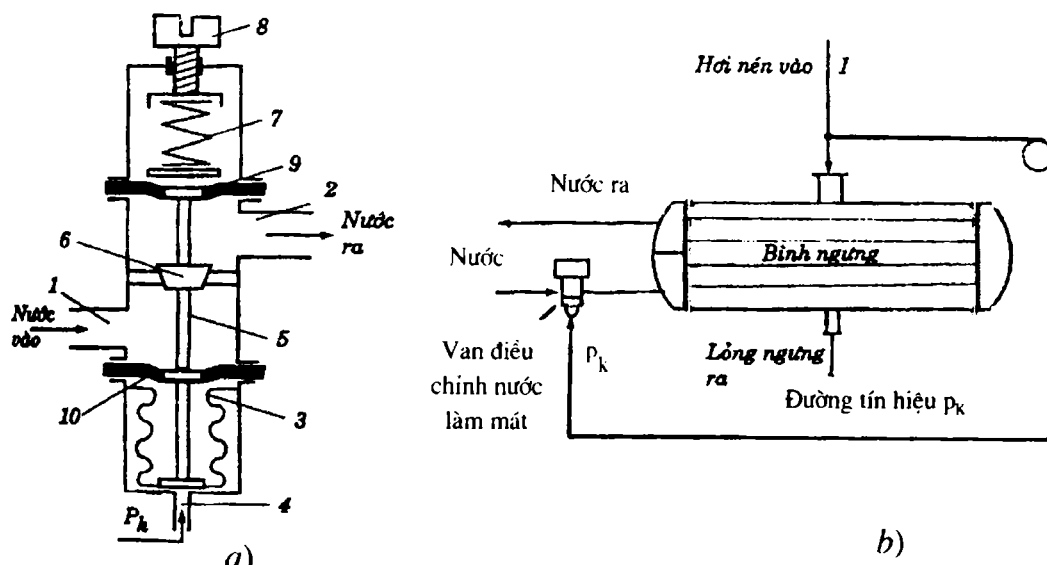
a) Sử dụng nước một lần

Đối với hệ thống lạnh giải nhiệt, nước sử dụng một lần thì giá thành một đơn vị lạnh bằng tổng giá thành nước làm mát, giá vận hành và giá khấu hao. Nếu quan sát riêng giá nước ta thấy nước làm mát càng nhiều thì chi phí cho nước càng tăng nhưng nếu dùng càng ít nước, áp suất ngưng tụ càng cao thì giá vận hành càng cao. Tổng giá thành này đạt giá trị cực tiểu ở một lưu lượng nước tối ưu. Do đó cần điều chỉnh van nước theo lưu lượng nước tối ưu đó.

Hình 9.11 giới thiệu van điều chỉnh nước và cách lắp đặt vào đường nước giải nhiệt của bình ngưng.

Nhờ có thanh truyền 5, tấm van 6 được điều chỉnh lên xuống khi áp suất p_k tác động vào hộp xếp 3. Hai đệm cao su 9 và 10 làm nhiệm vụ giữ kín khoang nước nhưng không cản trở sự dịch chuyển của tấm van 6. Khi áp suất trong bình ngưng tăng, hộp xếp bị nén lại, thanh truyền 5 mở to cửa thoát cho nước vào nhiều hơn. Khi áp suất p_k giảm, hộp xếp dãn xuống dưới, tấm van khép bớt lại. Nhờ vít 8,

có thể điều chỉnh được áp suất p_k và lưu lượng nước tối ưu.



Hình 12.11. a) Nguyên lý cấu tạo và làm việc của van điều chỉnh nước; b) Cách lắp đặt vào bình ngưng
1, 2 - ống nước vào và ra khỏi van; 3 - hộp xếp; 4 - ống nối tín hiệu áp suất vào; 5 - thanh truyền;
6 - clape; 7 - lò xo nén; 8 - vít điều chỉnh lưu lượng nước; 9, 10 - màng đàn hồi bằng cao su

Về nguyên tắc cũng có thể sử dụng một van điều chỉnh làm việc theo nhiệt độ ngưng tụ hoặc theo nhiệt độ nước ra vì hộp xếp cũng tác động khi nhiệt độ đó thay đổi lên xuống.

Đối với máy lạnh làm việc theo chu kỳ ON – OFF, để tiết kiệm nước tối đa có thể sử dụng một van điều chỉnh bằng tay kết hợp với van điện từ. Nhiệt độ và áp suất ngưng tụ có thể điều chỉnh gần đúng lưu lượng tối ưu yêu cầu. Khi ngừng máy, van điện từ tác động đóng hoàn toàn việc cấp nước cho bình.

b) Bình ngưng sử dụng nước tuần hoàn

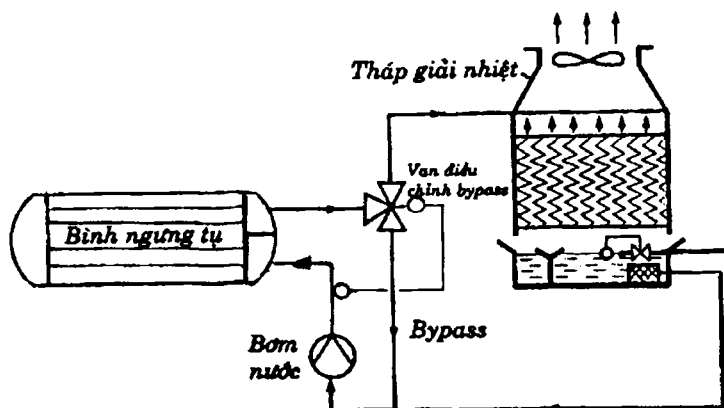
Phương pháp 1: Sử dụng van bypass

Hình 9.12 giới thiệu sơ đồ sử dụng van tự động bypass (chảy tắt) để điều chỉnh áp suất ngưng tụ.

Van điều chỉnh bypass ba ngã được bố trí trên đường nước ra khỏi bình ngưng tụ. Van có đường nối tắt về đầu hút của bơm. Van được điều khiển bằng một màng dẫn nở lấy tín hiệu nhiệt độ của nước vào bình ngưng. Khi nhiệt độ nước vào bình ngưng hạ xuống van sẽ tự động mở rộng đường bypass lấy nước nóng hoà trộn với nước từ tháp giải nhiệt để đưa vào bình ngưng.

Phương pháp 2: Không dùng van bypass mà sử dụng nhiều bơm để điều chỉnh lưu lượng nước theo bậc. Ví dụ có thể dùng cho 3 bơm trong đó một bơm

làm việc liên tục, 2 bơm còn lại làm việc tự động theo role nhiệt độ hoặc áp suất ngưng tụ. Như vậy ta có thể điều chỉnh được 3 bậc 33%, 66% và 100%.



Hình 12.12. Sơ đồ bypass nước giải nhiệt để điều chỉnh nhiệt độ và áp suất ngưng tụ

Phương pháp 3: Sử dụng biến tần, đây là phương pháp tiên tiến và hiện đại nhất, có khả năng tiết kiệm năng lượng cao nhất. Có thể dùng biến tần điều chỉnh lưu lượng bơm, điều chỉnh quạt gió hoặc điều chỉnh cả lưu lượng bơm và lưu lượng gió.

12.3.2. Dàn ngưng gió

a) Dàn ngưng gió, điều chỉnh phía ga lạnh

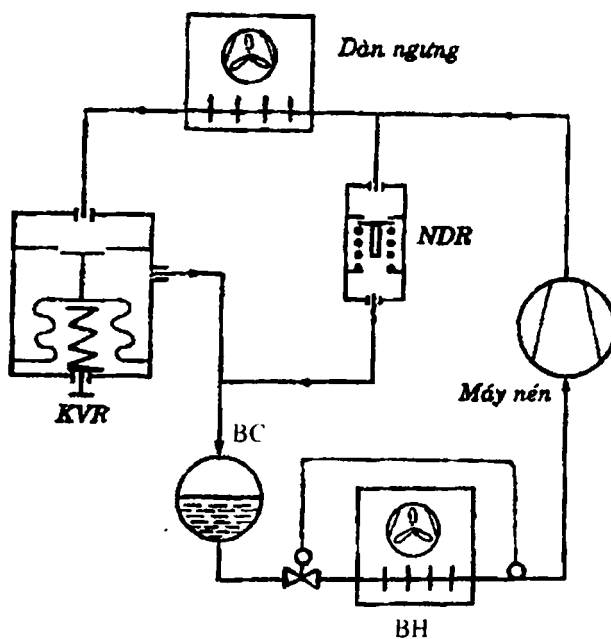
- Phương pháp dùng van điều chỉnh áp suất

Nguyên tắc của phương pháp này là khi áp suất ngưng tụ giảm xuống dưới mức cho phép, dụng cụ điều chỉnh phải tự động xả hơi nén thẳng vào bình chứa và đồng thời vô hiệu hoá một số vòng ống xoắn dàn ngưng bằng cách cho ngập lỏng các vòng ống xoắn phía dưới. Hãng Danfoss giải quyết 2 yêu cầu đó bằng 2 van trong đó có một van một chiều NDR có thể xả thẳng hơi nóng vào bình chứa và một van điều chỉnh áp suất ngưng tụ KVR như hình 12.13 mô tả. Khi áp suất bình chứa giảm xuống dưới mức cho phép, van NDR tự động mở ra cho hơi nén đi vào thẳng bình chứa, và van KVR chỉ mở khi áp suất trong dàn ngưng vượt qua áp suất đặt của van.

Nhờ lò xo và vít điều chỉnh trên van KVR người ta có thể đặt được áp suất này. Ưu điểm là đơn giản, nhược điểm là phải dự trữ lượng lỏng đủ lớn trong bình đáp ứng khi làm ứ lỏng.

- Phương pháp dùng van tiết lưu điện tử

Đây là phương pháp tiên tiến nhất. Nếu dùng van tiết lưu điện tử, người ta không cần phải điều chỉnh áp suất ngưng tụ nữa. Khi đó áp suất ngưng tụ sẽ hoàn toàn thích ứng với môi trường làm mát. Đây cũng là lý do van tiết lưu điện tử giúp tiết kiệm điện năng tiêu thụ vì khi nhiệt độ ngưng tụ giảm 1K thì điện năng tiêu thụ giảm từ 1 đến 1,5%.



Hình 12.13. Vị trí lắp đặt của KVR và NDR trong hệ thống lạnh, điều chỉnh áp suất ngưng tụ bằng ứ lỏng, vô hiệu hóa một phần dàn ngưng

b) Dàn ngưng gió, điều chỉnh phía gió

Có 3 phương pháp điều chỉnh phía gió là đóng ngắt quạt gió, dùng van gió và sử dụng biến tần điều chỉnh vô cấp tốc độ quạt gió. Dùng van gió thường là công kênh phức tạp do phải sử dụng một mô tơ hoạt động theo bước để đóng mở van gió theo tín hiệu áp suất của dàn ngưng. Phương pháp thường sử dụng là một role áp suất hoặc role nhiệt độ để đóng ngắt quạt. Phương pháp này tương đối thuận lợi vì động cơ quạt không lớn lắm, tổn thất cho khởi động không lớn.

Ưu việt nhất là sử dụng phương pháp biến tần điều chỉnh vô cấp quạt dàn ngưng, đặc biệt khi sử dụng phương pháp này cho cả hệ thống lạnh.

12.3.3. Tháp ngưng

Để điều chỉnh áp suất ngưng tụ cho tháp ngưng người ta có thể sử dụng cả các phương pháp cho bình ngưng giải nhiệt nước và dàn ngưng giải nhiệt gió phù hợp như đã trình bày ở trên.

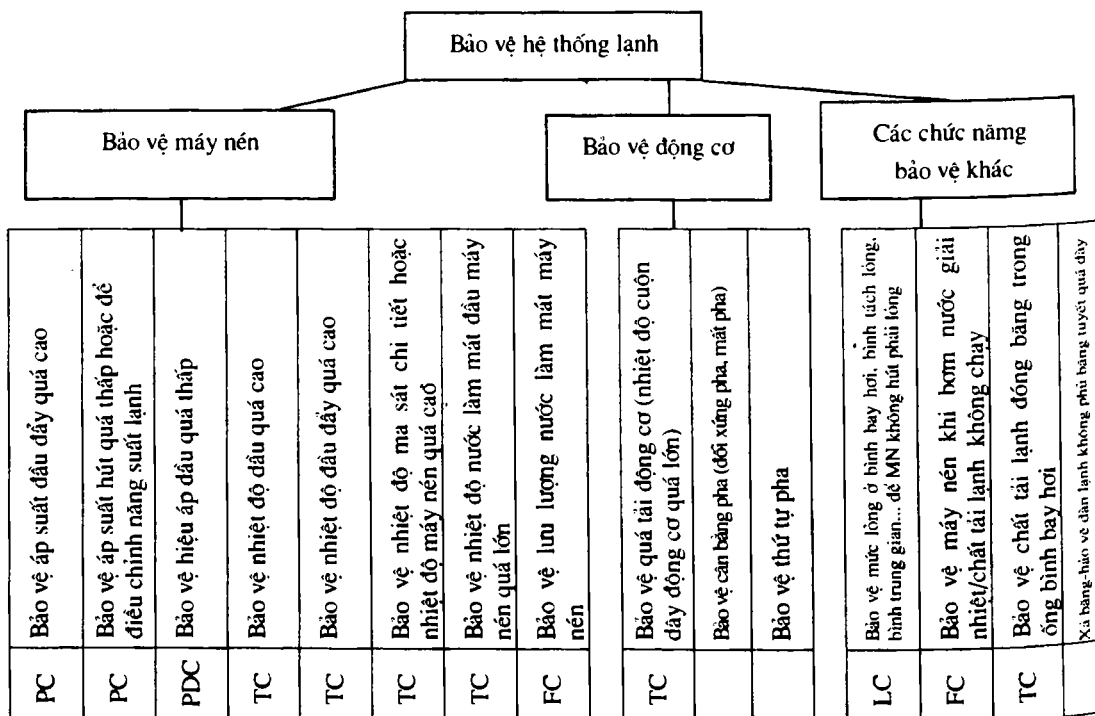
12.4. TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT BỊ BAY HƠI

Tự động hoá TBBH có nhiệm vụ chính sau:

Cấp lỏng đầy đủ cho TBBH theo đúng tải nhiệt yêu cầu. Các thiết bị và phương pháp tiết lưu đã được trình bày ở chương 9. Phương pháp cấp lỏng cho TBBH phụ thuộc rất nhiều vào dạng TBBH, cỡ hệ thống lạnh và loại ga lạnh. Nội dung này được trình bày chi tiết trong sơ đồ hệ thống lạnh.

12.5. TỰ ĐỘNG BẢO VỆ HỆ THỐNG LẠNH

Công tác bảo vệ hệ thống lạnh chủ yếu là bảo vệ máy nén và động cơ máy nén sau đó là đến các thiết bị khác như thiết bị ngưng tụ, thiết bị bay hơi, các bình cao áp, hạ áp, tách lỏng trung gian và các thiết bị ở vòng tuần hoàn ngoại vi như bơm nước giải nhiệt, bơm chất tải lạnh...



Hình 12.14. Phân loại các chức năng bảo vệ hệ thống lạnh

Hình 12.14 giới thiệu một cách phân loại các chức năng bảo vệ hệ thống lạnh công nghiệp và hình 12.15 giới thiệu các dụng cụ tự động biểu diễn trên sơ đồ hệ thống lạnh. Đây là các ký hiệu tiêu chuẩn quốc tế ISO (International Standard organisation) và có các ý nghĩa sau:

PC – Rơ le áp suất (Pressure Controller)

TC – Rơ le nhiệt độ (Temperature Controller)

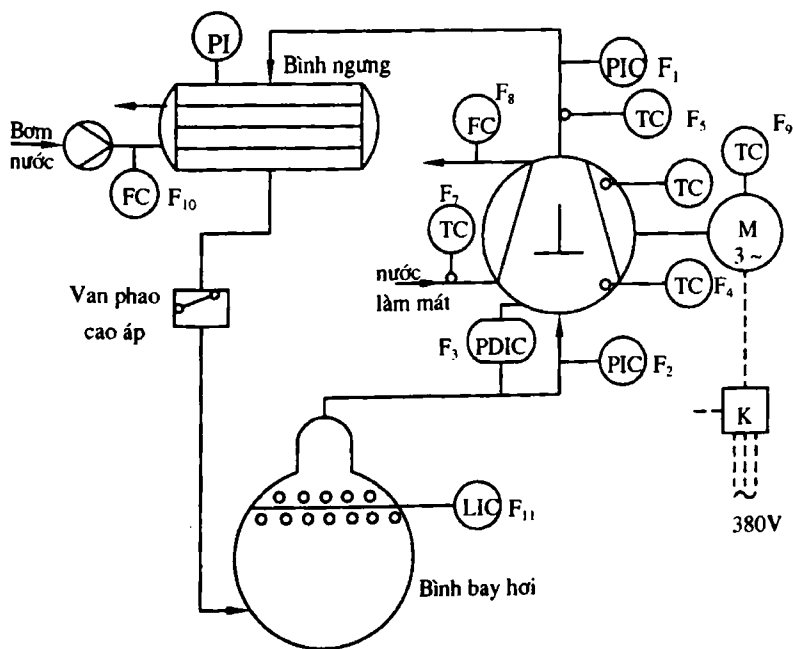
FC – Rơ le dòng chảy, lưu lượng (Flow Controller)

LC – Rơ le mức lỏng (Level Controller)

I – Bộ chỉ báo, chỉ thị (Indicator)

PD – Hiệu áp suất (Pressure Difference)

Ví dụ: PIC là rơ le áp suất và áp kế; TIC là rơ le nhiệt độ và nhiệt kế, PDIC là rơ le hiệu áp (dầu) kèm áp kế chỉ thị hiệu áp (dầu).



Hình 12.15. Biểu diễn các chức năng bảo vệ trên một sơ đồ hệ thống lạnh

(Tất cả các dụng cụ bảo vệ được mắc nối tiếp với cuộn dây công tắc tơ động cơ máy nén)

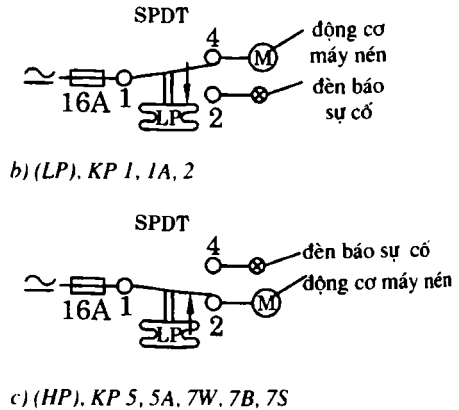
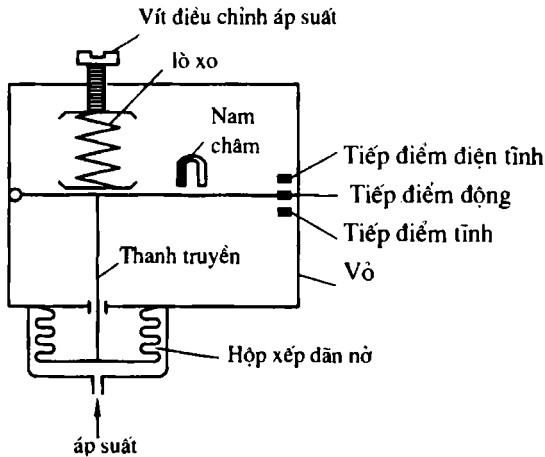
F₁ – rơ le áp suất cao + áp kế; F₂ – rơ le áp suất thấp + áp kế; F₃ – rơ le hiệu áp suất dầu + áp kế; F₄ – rơ le nhiệt độ bảo vệ nhiệt độ dầu; F₅ – rơ le nhiệt độ bảo vệ nhiệt độ dầu máy nén; F₆ – rơ le nhiệt độ bảo vệ nhiệt độ chỉ tiết; F₇ – rơ le nhiệt độ nước vào làm mát dầu máy nén; F₈ – rơ le dòng bảo vệ lưu lượng nước vào làm mát máy nén; F₉ – rơ le nhiệt độ bảo vệ nhiệt độ cuộn dây động cơ; F₁₀ – rơ le dòng bảo vệ nước làm mát bình ngưng; F₁₁ – rơ le mức lỏng + ống thủy

12.5.1. Tự động bảo vệ áp suất và nhiệt độ cho máy nén

a) Bảo vệ áp suất cao và thấp với rơle áp suất

Người ta sử dụng rơle áp suất cao để bảo vệ áp suất đầu đẩy tăng quá mức cho phép và rơle áp suất thấp để bảo vệ khi áp suất hút tụt xuống dưới mức cho phép vì áp suất cao quá mức có thể gây ra nổ vỡ thiết bị còn áp suất thấp quá có thể gây cháy máy nén do điều kiện bôi trơn không đảm bảo.

Hình 12.16 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc đơn giản của rơle áp suất.



Hình 12.16. a) Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của rơle áp suất cao và thấp; b) Nguyên tắc đóng ngắt rơle áp suất thấp LP; c) Nguyên tắc đóng ngắt của rơle áp suất cao HP

Đôi khi rơle áp suất thấp và cao được bố trí chung trong một vỏ, khi đó được gọi là rơle áp suất kép. Rơle áp suất làm việc như sau: tín hiệu áp suất vào làm cho hộp xếp đàn nơ đẩy tay đòn mang tiếp điểm động lên xuống nhờ có thanh truyền nối giữa đáy hộp xếp và tay đòn mang tiếp điểm động. Khi xoay vít điều chỉnh áp suất, nhờ tác động của lò xo nén, ta có thể điều chỉnh được áp suất cài đặt. Nhờ có nam châm vĩnh cửu hoặc một cơ cấu lật, tiếp điểm có thể được đóng ngắt dứt khoát. Rơle áp suất thực tế có cấu tạo phức tạp hơn thực hiện với cơ cấu thực hiện vi sai đóng ngắt.

b) Bảo vệ hiệu áp dầu với rơle hiệu áp

Hiệu áp dầu là:

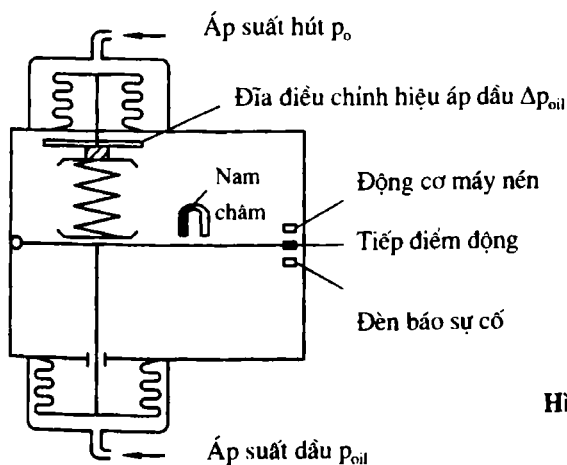
$$\Delta p_{oil} = p_{oil} - p_0, \text{ bar}$$

Trong đó:

p_{oil} - áp suất đầu đẩy bơm dầu

p_0 - áp suất bay hơi hay áp suất hút hoặc áp suất cacte

Hiệu áp dầu (chứ không phải áp suất dầu đẩy bơm dầu) được coi là thông số đánh giá khả năng bôi trơn máy nén. Rơle hiệu áp dầu (Oil Pressure Difference Controller) sẽ bảo vệ Δp_{oil} không giảm xuống dưới mức cho phép. Thông thường người ta bố trí một áp kế hiệu áp dầu đi kèm để chỉ báo hiệu áp dầu. Khi máy nén dừng, hiệu áp dầu bằng không nên rơle ngắt. Để khởi động được máy nén cần có một bộ nối tắt. Bộ nối tắt tự ngắt sau một khoảng thời gian đặt trước từ 45 đến 120 giây. Với giả thiết là trong khoảng thời gian đó áp lực dầu đã được thiết lập. Hình 12.7 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của rơle hiệu áp dầu.



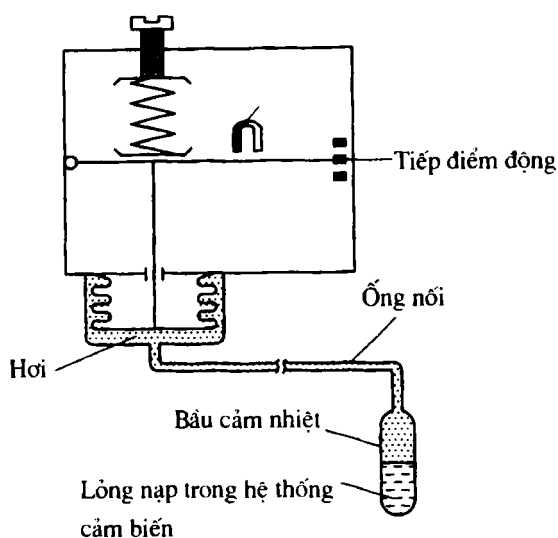
Hình 12.17. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của rơle hiệu áp dầu

Rơle hiệu áp dầu có cấu tạo gần giống rơle áp suất cao và thấp, tuy nhiên lực tác động phía trên gồm 2 thành phần là áp suất hút p_0 và áp suất lò xo. Áp suất lò xo có thể điều chỉnh nhờ vít điều chỉnh gắn trên một núm xoay dạng đĩa nhô ra khỏi bề mặt vỏ để có thể dùng tay điều chỉnh dễ dàng. Khi hiệu áp suất dầu đủ lớn tiếp điểm động đóng cho động cơ máy nén hoạt động.

c) Khống chế nhiệt độ với rơle nhiệt độ

Rơle nhiệt độ còn gọi là thermostat là một dụng cụ để khống chế nhiệt độ buồng lạnh hoặc để bảo vệ nhiệt độ dầu, nhiệt độ dầu đẩy, nhiệt độ cuộn dây động cơ... không quá cao.

Có nhiều nguyên tắc cấu tạo và làm việc của một rơle nhiệt độ kiểu nhiệt áp.



Hình 12.18. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của rơle nhiệt độ kiểu nhiệt áp
(Các chú thích khác giống hình 12.16)

Về nguyên tắc rơle nhiệt độ kiểu nhiệt áp có cấu tạo giống như rơle áp suất hình 12.16. Điều khác biệt cơ bản là trong khi rơle áp suất lấy trực tiếp tín hiệu áp suất p thì rơle nhiệt độ phải dùng hệ thống bầu cảm nhiệt và ống nối để chuyển tín hiệu nhiệt độ ra tín hiệu áp suất để làm dẫn nở hộp xếp vì sự biến thiên của nhiệt độ luôn luôn tương ứng với sự biến thiên của áp suất.

Như hình 12.4 đã giới thiệu, để khống chế nhiệt độ trong buồng lạnh người ta dùng rơle áp suất. Ví dụ khi đặt nhiệt độ buồng là $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ thì khi nhiệt độ buồng tăng đến -18°C rơle nhiệt độ sẽ đóng mạch cho máy nén làm việc còn khi nhiệt độ buồng xuống đến -22°C thì rơle nhiệt độ ngắt máy nén. Hoạt động của nó gần giống như rơle áp suất thấp (khi áp suất cao thì đóng mạch còn khi áp suất đủ thấp thì ngắt mạch máy nén).

d) Bảo vệ nhiệt độ dầu

Khi nhiệt độ quá cao ($\geq 60^{\circ}\text{C}$), dầu mất tính bôi trơn, sẽ làm cháy bạc biên và phá hỏng các chi tiết ma sát. Người ta sử dụng rơle nhiệt độ để bảo vệ máy nén khi nhiệt độ dầu quá cao.

e) Bảo vệ nhiệt độ dầu đầy

NH_3 phân huỷ thành H_2 và N_2 ngay ở 126°C ở đầu xi lanh. Hơn nữa, nhiệt độ dầu đầy càng cao máy nén làm việc càng không ổn định và tuổi thọ giảm, vì

vậy việc bảo vệ nhiệt độ đầu dây là rất cần thiết. Bảo vệ nhiệt độ đầu dây bằng role nhiệt độ. Các chức năng bảo vệ khác của máy nén và động cơ có thể tham khảo thêm ở [6].

12.5.2. Bảo vệ động cơ máy nén

Nhiệt độ cuộn dây động cơ khi tăng lên quá cao sẽ làm cháy lớp sơn emay cách điện cuộn dây làm cho động cơ hư hỏng do chập điện. Thông thường nhiệt độ cuộn dây không được vượt quá $120 \div 130^{\circ}\text{C}$. Có thể bảo vệ nhiệt độ cuộn dây nhờ role nhiệt độ có bầu cảm lắp trực tiếp lên cuộn dây, role nhiệt (kiểu dòng điện) kiểu lưỡng kim bố trí trực tiếp lên cuộn dây đối với động cơ lớn, bố trí trên vỏ hoặc bên ngoài đối với máy nén kín... Ngoài ra còn có thể bảo vệ động cơ bằng thermistor (xem thêm tài liệu [6]).

Role nhiệt bảo vệ động cơ là dụng cụ bảo vệ không thể thiếu đối với bất cứ động cơ máy nén nào từ nhỏ đến lớn, từ tủ lạnh gia đình đến máy lạnh công nghiệp. Đối với block kín, role nhiệt đôi khi còn được gọi là role quá tải, role quá tải dòng điện...

Ngoài bảo vệ nhiệt độ cuộn dây động cơ, tùy kiểu loại và cỡ động cơ còn được trang bị các phụ kiện bảo vệ thứ tự pha, đối xứng pha (cân bằng pha, mất pha)...

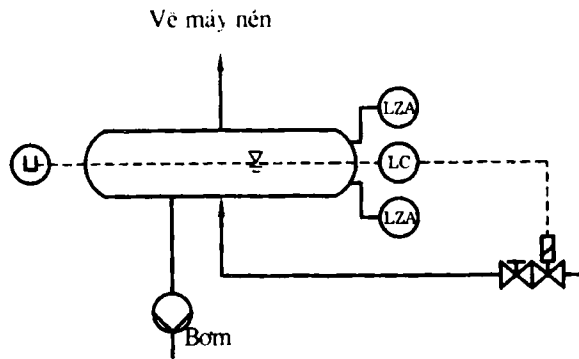
Nói chung, tùy theo cỡ máy nén mà số lượng dụng cụ bảo vệ sử dụng nhiều hay ít. Các máy nén cỡ trung thường chỉ có role áp suất thấp, cao, hiệu áp dầu còn máy nén nhỏ như tủ lạnh gia đình chỉ có duy nhất một role bảo vệ quá tải.

12.5.3. Bảo vệ máy nén không hút phải lỏng

12.5.3.1. Bảo vệ mức lỏng cao, thấp NH_3

Tất cả các bình có bố trí đường hút trực tiếp về máy nén như bình tách lỏng, bình bay hơi kiểu ngập, bình trung gian, bình chứa tuần hoàn... đều phải có role mức lỏng để bảo vệ không cho mức lỏng vượt quá mức cho phép, bảo vệ không để tràn lỏng về máy nén.

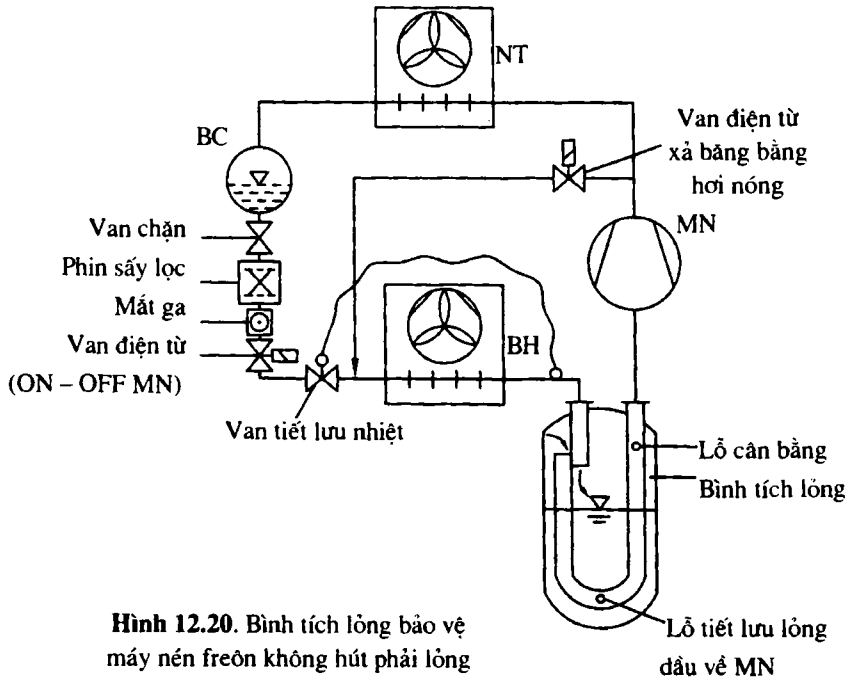
Đặc biệt trong máy lạnh amoniác, để đảm bảo nhiệt độ cuối tầm nén không quá cao thì nhiệt độ hút không được quá cao. Để nhiệt độ hút không quá cao cần phải bảo vệ cả mức lỏng trong các bình không được quá thấp. Role mức lỏng cao và thấp đều được ký hiệu chung là LC, được mắc nối tiếp vào mạch của cuộn dây công tắc te máy nén. Khi mức lỏng vượt quá mức cho phép role mức lỏng cao tác động ngắt máy nén, còn khi mức lỏng thấp dưới mức cho phép role mức lỏng thấp ngắt máy nén để bảo vệ. Hình 12.19 giới thiệu ký hiệu role mức lỏng bảo vệ cao thấp ở một bình chứa tuần hoàn.



Hình 12.19. Ký hiệu mức trên bình chứa tuần hoàn

LI – Ống thủy (dụng cụ chỉ báo mức lỏng hay mức lỏng kế); LC – rơ le mức lỏng nói chung;
LZA⁺ rơ le mức lỏng có chức năng tác động nhanh (Z) có báo động (A – Alarm) bảo vệ mức lỏng cao (+);
LZA⁻ – rơ le mức lỏng tác động nhanh (Z) có báo động (A) và bảo vệ mức lỏng thấp (-). Thông thường có thể ghi LC thay cho LZA⁺ và LZA⁻.

12.5.3.2. Bảo vệ máy nén freôn không hút phải lỏng



Hình 12.20. Bình tích lỏng bảo vệ máy nén freôn không hút phải lỏng

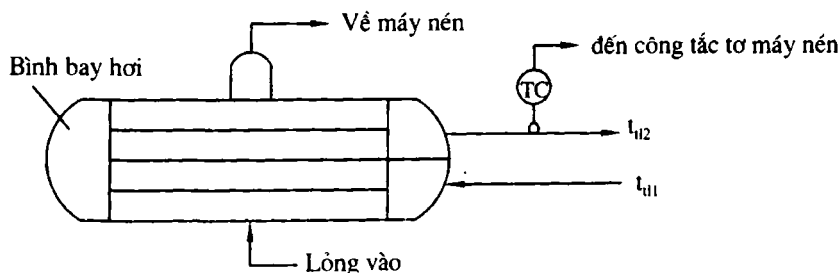
Máy nén freôn thường có nhiệt độ cuối tầm nén thấp nên độ quá nhiệt hơi hút cho phép lớn nên ít xảy ra trường hợp máy nén hút phải lỏng. Tuy nhiên để phòng máy nén hút phải lỏng khi tải lạnh của dàn tăng đột biến và đặc biệt khi xả băng bằng hơi nóng người ta bố trí một bình tích lỏng đặt trên đường ống hút máy nén. Bình tích lỏng (liquid accumulator) có khả năng chứa được toàn bộ lỏng và dầu phun ra khỏi dàn bay hơi khi xả băng bằng hơi nóng và cho

tiết lưu từ từ về máy nén nhờ một lỗ tiết lưu rất nhỏ đặt phía dưới mức lỏng. Hình 12.20 giới thiệu bình tích lỏng trong hệ thống lạnh freon.

12.5.4. Bảo vệ chất tải lạnh không đóng băng trong ống

Chất tải lạnh đóng băng trong ống gây ra nhiều hư hỏng nghiêm trọng, trước hết là làm nổ ống trao đổi nhiệt gây ra rò rỉ môi chất lạnh vào chất tải lạnh. Khi đóng băng ở mức độ nhẹ nó gây cản trở hoặc tắc dòng chảy. Tăng tổn thất áp suất, tăng điện tiêu thụ cho bơm, có thể gây quá tải bơm.

Phương pháp đơn giản nhất để bảo vệ đóng băng trong ống là đặt role nhiệt độ có đầu cảm nhiệt độ trên đường chất tải lạnh ra khỏi bình bay hơi. Nhiệt độ ra của chất tải lạnh ít nhất phải cao hơn nhiệt độ đóng băng của chất tải lạnh là 5K. Hình 12.21 giới thiệu role nhiệt độ bảo vệ chất tải lạnh không đóng băng trong ống đối với bình bay hơi ống vỏ kiểu ngập.



Hình 12.21. Role nhiệt độ TC bảo vệ chất tải lạnh không đóng băng trong ống trao đổi nhiệt
(Ví dụ chất tải lạnh là nước. TC phải ngắt máy nén ở 5°C vì nhiệt độ nước đóng băng là 0°C)

Đối với các bình bay hơi ống vỏ freon sôi trong ống thì việc đóng băng của chất tải lạnh chỉ xảy ra ở ngoài ống nên không làm vỡ ống mà chỉ gây cản trở dòng chảy nên có thể điều chỉnh nhiệt độ ngắt máy nén xuống thấp hơn. Nhiệt độ ngắt máy nén chỉ cần cao hơn nhiệt độ đóng băng khoảng 2K là đủ.

12.5.5. Xả băng dàn lạnh

Có nhiều phương pháp xả băng cho dàn bay hơi và dàn lạnh nước muối. Theo phương pháp có thể phân ra xả băng thủ công, bán tự động hoặc tự động, theo nguồn nhiệt có thể phân ra nước, không khí môi trường, điện trở hoặc hơi nóng. Xin xem chi tiết ở mục 17.6 chương 17.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Thế nào là tự động hoá hệ thống lạnh?
2. Điều khiển và điều chỉnh khác nhau như thế nào?
3. Mạch điều chỉnh, mạch điều chỉnh kín, hở và mạch phản hồi là gì?
4. Có thể phân loại một thiết bị tự động theo các đặc điểm nào?
5. Vẽ sơ đồ máy lạnh điều chỉnh năng suất lạnh theo kiểu ON – OFF bằng role nhiệt độ phòng.
6. Vẽ sơ đồ máy lạnh điều chỉnh năng suất lạnh ON – OFF theo kiểu hút kiệt.
7. Hệ số thời gian làm việc là gì? Cho một ví dụ cụ thể?
8. Vì sao khi tiết lưu hơi hút có thể điều chỉnh được năng suất lạnh?
9. Nhược điểm của phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh bằng xả hơi nén về đường hút là gì? Có bao nhiêu giải pháp khắc phục?
10. Phương pháp khóa đường hút là gì?
11. Phương pháp nâng clape hút là gì?
12. Vì sao nên chạy đầy tải mà không nên điều chỉnh Q_0 của máy nén trực vít?
13. Phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh của máy nén trực vít thế nào?
14. Vẽ và mô tả nguyên tắc làm việc của van điều chỉnh nước bình ngưng?
15. Nguyên tắc hoạt động của van bypass điều chỉnh áp suất ngưng tụ sử dụng nước tuần hoàn.
16. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của van NDR và KVR để điều chỉnh áp suất ngưng tụ thế nào?
17. Điều chỉnh áp suất ngưng tụ phía gió như thế nào?
18. Nguyên tắc điều chỉnh áp suất ngưng tụ của một tháp ngưng như thế nào?
19. Hãy vẽ sơ đồ cấp lỏng cho một bình bay hơi kiểu ngập NH_3 .
20. Hãy vẽ sơ đồ hệ thống lạnh đơn giản NH_3 có bình tách lỏng đặt trên cao.
21. Hãy vẽ sơ đồ hệ thống lạnh đơn giản có bình chứa tuần hoàn.
22. Hãy vẽ sơ đồ hệ thống lạnh đơn giản có bình chứa thu hồi.
23. Hãy vẽ sơ đồ hệ thống lạnh đơn giản có bình tách lỏng đặt dưới thấp.
24. Hãy vẽ sơ đồ cấp lỏng cho một dàn bay hơi freon nhỏ.
25. Hãy vẽ sơ đồ cấp lỏng cho một dàn bay hơi freon lớn.
26. Hãy vẽ sơ đồ cấp lỏng cho một bình bay hơi môi chất sôi trong ống.
27. Hãy vẽ sơ đồ bảo vệ máy nén một hệ thống lạnh công nghiệp.
28. Nguyên tắc hoạt động của role bảo vệ hiệu áp dầu như thế nào?
29. Hiệu áp dầu là gì? Vì sao phải bảo vệ hiệu áp dầu?
30. Động cơ máy nén cần những thiết bị bảo vệ gì?
31. Nguyên tắc bảo vệ máy nén amôniac không hút phải lỏng thế nào?
32. Nguyên tắc bảo vệ máy nén freon không hút phải lỏng thế nào?
33. Bình tách lỏng là gì? Hãy vẽ sơ đồ hệ thống đơn giản có bình tách lỏng.
34. Nguyên tắc bảo vệ chất tải lạnh không đóng băng như thế nào?
35. Hãy phát biểu các phương pháp xả băng dàn bay hơi.

36. Vẽ sơ đồ xả băng thủ công đơn giản bằng dàn phun nước.
37. Hãy vẽ sơ đồ điện của đồng hồ xả băng bằng điện trở.
38. Hãy vẽ sơ đồ điện của đồng hồ xả băng bằng hơi nóng.
39. Hãy vẽ sơ đồ hệ thống lạnh xả băng bằng điện trở.
40. Hãy vẽ sơ đồ hệ thống lạnh xả băng bằng hơi nóng.

Chương 13

VẬT LIỆU KỸ THUẬT LẠNH

13.1. VẬT LIỆU CHẾ TẠO MÁY VÀ THIẾT BỊ LẠNH

Các máy và thiết bị lạnh được chế tạo cơ bản 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.

13.1.1. Vật liệu kim loại

Các kim loại dùng chế tạo máy và thiết bị lạnh đáp ứng được các yêu cầu sau:

- 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.
- 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.
- Rẻ tiền, dễ kiếm 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 13.1 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 tro 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 huỷ 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 13.1. 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 amoniác, 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 bộ máy nén, chi tiết động cơ, ổ đỡ, đệm kín	Thận trọng khi sử dụng với freon, chỉ dùng sau khi đã thử nghiệm. Cũng thận trọng với amoniác 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 freon 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 freon

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 như Na_2CrO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ hoặc $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ và hòa trộn thêm với các phụ gia để đưa độ pH của dung dịch về độ trung hòa pH = 7. Bằng biện pháp này, tốc độ gỉ sét giảm đến 10 lần (xem thêm mục 5.4 tài liệu [17]).

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 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 13.2 giới thiệu giới hạn nhiệt độ sử dụng của một số vật liệu kim loại.

Bảng 13.2. 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 – 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 crômmangan	Ở mọi nhiệt độ không hạn chế	Không hạn chế

13.1.2. 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 môi 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 êpôxi: phần lớn là ổn định, không bị tương phản.

Polyamit: không bị phân hủy, có thể không biến dạng nhưng cũng có thể trở nên giòn.

Polyetylen (PE): bị tương phản và có thể bị hòa tan từng phần.

Polypropylen (PP): bị tương phản.

Polyvinylclorit (PVC): nói chung giống PE và PP, không bền vững.

Polyetrafloêtylen (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.

13.2. VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT

13.2.1. 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:

- Vách ngoài của kết cấu bao che, của ống dẫn hay của thiết bị không bị đóng sương.

- Tổng chi phí cho một đơn vị lạnh là thấp nhất.

Chi phí để có được một đơn vị năng suất lạnh (kW) 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 tiêu thụ điện cho động cơ máy nén, bơm, quạt và các chi phí khác ít hơn). Ngược lại, cách nhiệt 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.

13.2.2. 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 nhỏ (hệ số dẫn nhiệt λ phải nhỏ)
- 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, thân thiện với môi trường
- Không độc hại đối với sản phẩm bảo quản hoặc làm biến chất các sản phẩm đó
- Rẻ tiền, dễ kiểm, dễ vận chuyển, dễ gia công, lắp đặt và sửa chữa, bảo dưỡng

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 13.1. 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 khoang rỗng 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 không còn thành phần truyền nhiệt đối lưu (do sự dịch chuyển của khối khí). 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 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 thẩm 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, bình Dewar).

13.2.3. Một số vật liệu cách nhiệt thông dụng

a) Không khí

Không khí có hệ số co 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 polyurethane 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.

b) 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...

c) Các chất hữu cơ tự nhiên

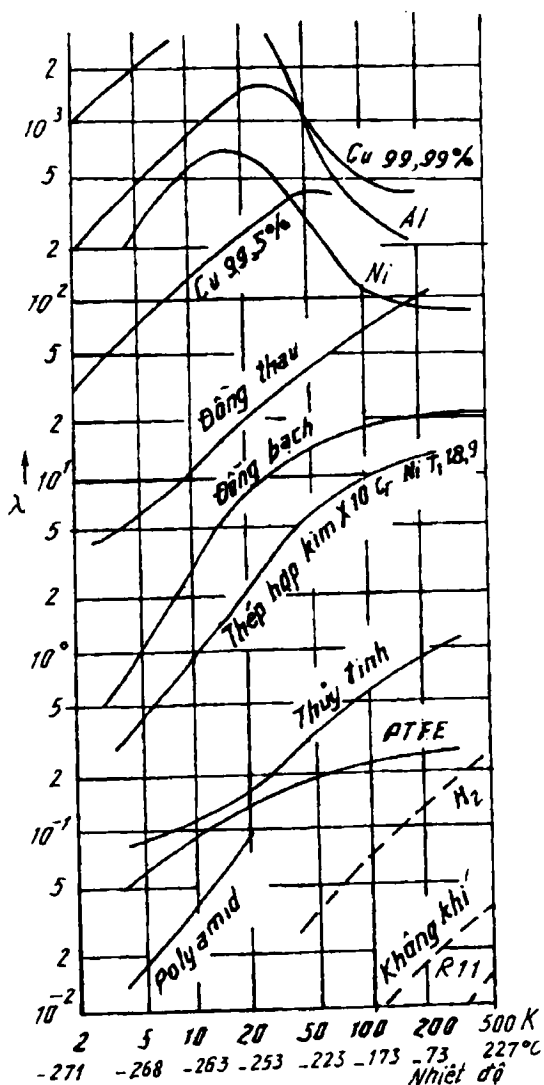
Các chất hữu cơ tự nhiên như lie, trấu, xơ dừa, mùn cưa... cũng có thể dùng làm vật liệu cách nhiệt lạnh, tuy nhiên cần phải có biện pháp chống chuột, chống mối, chống ẩm và có công nghệ phù hợp và kinh tế.

d) 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 (stirôpo), polyurethan, polyetylen, nhựa phenon và nhựa urê phocmadêhit.

Xốp stirôpo và polyurethane được sử dụng rộng rãi để cách nhiệt cho các buồng lạnh đến nhiệt độ -180°C .

Bọt 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 .



Hình 13.1. Hệ số dẫn nhiệt của một số vật liệu ở nhiệt

Polystyrol dễ bị cháy, gần đây đã xuất hiện các loại polystyrol khó cháy do được trộn các phụ gia chống cháy.

Polyurethane 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 bọt 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 polyurethane 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 (thí dụ R141b) vì chất này làm suy giảm tầng ozôn và gây hiệu ứng làm nóng trái đất.

Bảng 13.3 giới thiệu các thông số cơ bản của một số vật liệu cách nhiệt, với μ là hệ số khuếch tán ẩm, σ là ứng suất bền khí nén. Chất sinh khí tạo bọt xốp là R11.

Bảng 13.3. Tính chất của một số vật liệu cách nhiệt

Vật liệu	ρ , kg/m ³	λ , W/mK	μ , g/mhMPa	σ nén, 10 ⁴ Pa	t_{\max} °C
Bọt xốp styrôpo	10 - 60	0,03 - 0,04	7,5	10 - 25	80
Bọt xốp polyurethane	30 - 50	0,023 - 0,03	45	15 - 30	120
Bọt xốp nhựa urê	10 - 15	0,035		1	120
Bọt xốp PVC	40 - 60	0,03 - 0,04		30 - 50	70
Bọt xốp nhựa phenon	30 - 60	0,035 - 0,04		20 - 40	150
Bọt thủy tinh	130 - 150	0,05 - 0,06	488	70	430
Bông thủy tinh	20 - 250	0,035 - 0,05	488	25 - 35	
Bông khoáng	20 - 250	0,035 - 0,05	188		
Bọt polyêtylen	35	0,033		25 - 35	110
Bọt perlit	35 - 100	0,03 - 0,05			
Bọt 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			
Lie	150 - 350	0,04 - 0,05	41	-	-

13.3. VẬT LIỆU HÚT ẨM

13.3.1. 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

dùng “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 các 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.

13.3.2. Phân loại vật liệu hút ẩm

Dựa trên nguyên lý hút ẩm người ta phân các vật liệu hút ẩm thành 3 loại:

a) 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 , zeôlít (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.

b) 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 perclorat manhê $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$.

c) 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.

13.3.3. Các vật liệu hút ẩm thường dùng

a) Zeôlít

Zeôlít 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 freôn R12 và R22. Hiện nay người ta có thể chế tạo được các loại zeôlít có diện tích bề mặt lớn đến $800 \text{ m}^2/\text{g}$ với kích thước lỗ ngang bằng kích thước phân tử nước.

Zeôlít 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 freôn. Khả năng hấp phụ của nó lớn gấp 5 lần của silicagen. Các phin sấy zeôlít 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 zeôlít có thể được tái sinh phục hồi khả

năng hút ẩm bằng cách gia nhiệt tới nhiệt độ 450 - 500°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.

b) Silicagen

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 m²/g.

Khả năng hấp phụ của silicagen giảm ngay từ khi nhiệt độ tăng đến 40 - 50°C, vì thế không bố trí phin sấy silicagen 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 silicagen rất hạn chế, nên thay phin sấy mới khi cần thiết.

c) 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, oxit bari 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...

13.4. DẦU BÔI TRƠN MÁY NÉN

13.4.1. 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 ôxy 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, xilanh, ổ bi, ổ bạc... ra vỏ máy để tỏa ra môi trường, đảm bảo nhiệt độ ở các vị 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.

13.4.2. 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 từ -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 bloc 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 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.

13.4.3. 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.

a) 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 amoniắc và máy lạnh freôn R22, R502 và R12 như M46 – 68, M68, M46, M100.

b) 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 amoniắc, giảm được nguy cơ cacbon hóa như A46, A68, A100, A46 – 68, ...

- Dầu tổng hợp P: là dầu tổng hợp gốc Polyalphaôlêfin, 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 amoniắc 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 NH₃ 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 NH₃ 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 NH₃ 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 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.

c) Dầu hỗn hợp

Có 3 loại chính ký hiệu 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 NH₃ 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 Polyalphaôlêfin. Nó rất phù hợp với hệ thống lạnh NH₃ 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 freôn (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 NH₃, 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].

13.4.4. 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.

a) 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.

b) 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: $1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) ở $+40^{\circ}\text{C}$ sẽ nằm giữa hai giá trị cho trong bảng 13.4. Chẳng hạn ở $+40^{\circ}\text{C}$ độ nhớt của dầu 68 sẽ ở giữa 61,2 và 74,8 cSt.

Bảng 13.4. Tiêu chuẩn quốc tế về độ nhớt của dầu

ISO VG N ^o	Khoảng độ nhớt động ở $+40^{\circ}\text{C}$ (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

c) 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 amoniắc.

d) 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 NH_3 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.

e) Điểm vẫn đục

Là nhiệt độ mà khi hỗn hợp R12 với 10% dầu thì nó trở nên vẫn đục do tạo thành các phân 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 freôn (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 freôn (H)CFC làm việc với nhiệt độ bay hơi thấp.

f) 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 là gì?
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 nào? 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 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?

Phần thứ hai

KỸ THUẬT LẠNH ỨNG DỤNG

Chương 14

KHO LẠNH

14.1. ĐẠI CƯƠNG

Kho lạnh là các kho có cấu tạo và kiến trúc đặc biệt dùng để bảo quản các sản phẩm và hàng hóa khác nhau ở điều kiện nhiệt độ lạnh và điều kiện không khí thích hợp. Do không khí trong buồng lạnh có tính chất khác xa không khí ngoài trời nên kết cấu xây dựng, cách nhiệt, cách ẩm của kho lạnh và kho lạnh đông có những yêu cầu đặc biệt nhằm bảo vệ hàng hóa bảo quản và kết cấu công trình khỏi hư hỏng do các điều kiện khí hậu bên ngoài. Cũng vì các lý do đó, kho lạnh khác biệt hẳn với các công trình xây dựng khác.

Kho lạnh đầu tiên được xây dựng ở Mỹ năm 1890. Qua hơn 100 năm phát triển, ngày nay kho lạnh các chủng loại khác nhau đã được xây dựng khắp nơi, đóng góp một phần không nhỏ vào việc bảo quản, dự trữ và phân phối lương thực thực phẩm một cách có hiệu quả trên phạm vi toàn thế giới, đồng thời hỗ trợ cho nhiều ngành kinh tế phát triển.

14.1.1. Phân loại kho lạnh

Dung tích và công dụng của các kho lạnh và kho lạnh đông rất khác nhau. Dung tích và mục đích sử dụng ảnh hưởng rất nhiều tới hình dáng cũng như thiết kế mặt bằng cụ thể của kho.

- Theo kết cấu của kho người ta phân ra:

1. Kho lạnh truyền thống: là các kho lạnh được xây dựng từ các vật liệu xây dựng như bê tông cốt sắt, gạch đá, vôi vữa và các vật liệu cách nhiệt, cách ẩm phù hợp. Chương này giới thiệu sơ lược về kho lạnh xây dựng. Chi tiết xin xem tài liệu [4].

2. Kho lạnh lắp ghép: là các kho lạnh lắp ghép từ các panel chế tạo sẵn tại nhà máy. Ưu điểm vượt trội của nó là đơn giản, gọn nhẹ, thi công nhanh, có thể di chuyển từ vị trí này đến vị trí khác, nhược điểm là giá thành cao và không thể xây dựng kho lạnh lắp ghép nhiều tầng.

- Theo công dụng của kho lạnh người ta phân ra:

1. Kho lạnh chế biến: là một bộ phận của cơ sở chế biến lạnh các loại thực phẩm như thịt, cá, sữa, rau, hoa, quả... Các sản phẩm được chế biến và bảo quản tạm thời ở xí nghiệp sau đó được chuyển đến các kho lạnh phân phối, trung chuyển, thương nghiệp hoặc xuất khẩu. Chúng là mắt xích đầu tiên của dây chuyền lạnh, dung tích không lớn.

2. Kho lạnh phân phối: dùng để bảo quản các sản phẩm trong mùa thu hoạch, phân phối, điều hòa cho cả năm, dùng cho các thành phố và các trung tâm công nghiệp lớn.

Phần lớn các sản phẩm được kết đông hoặc gia lạnh ở xí nghiệp chế biến ở nơi khác rồi đưa đến đây bảo quản. Một phần nhỏ có thể được gia lạnh và kết đông tại chỗ. Thời hạn bảo quản tương đối dài 3 ÷ 6 tháng, dung tích của kho thường rất lớn tới 10, 15 ngàn tấn đặc biệt có thể tới 35 ngàn tấn.

Kho lạnh chuyên dùng để bảo quản một loại mặt hàng và kho lạnh vạn năng để bảo quản nhiều mặt hàng.

Nếu kho lạnh có phân xưởng kem, nước đá, phân xưởng chế biến đóng gói thì gọi là xí nghiệp liên hiệp lạnh.

3. Kho lạnh trung chuyển: thường đặt ở các hải cảng, những điểm nút đường sắt, bộ... dùng để bảo quản ngắn hạn tại những nơi trung chuyển. Kho lạnh trung chuyển có thể kết hợp làm một với kho lạnh phân phối hoặc thương nghiệp.

4. Kho lạnh thương nghiệp: dùng để bảo quản ngắn hạn thực phẩm sắp đưa ra tiêu thụ ở thị trường. Nguồn hàng chủ yếu là từ kho lạnh phân phối. Kho lạnh thương nghiệp được chia ra 2 loại theo dung tích: cỡ lớn từ 10 đến 150t dùng cho các trung tâm công nghiệp, thị xã...; cỡ nhỏ đến 10t dùng cho các cửa hàng, quầy hàng, khách sạn... Thời gian bảo quản khoảng 20 ngày.

5. Kho lạnh vận tải: thực tế là các ô tô, tàu hỏa và tàu thủy lạnh dùng để

chuyên chở, vận tải các sản phẩm bảo quản lạnh.

6. Kho lạnh sinh hoạt: thực chất là các tủ lạnh, tủ đông các loại sử dụng tại gia đình. Chúng được coi là mắt xích cuối cùng của dây chuyền lạnh, dùng để bảo quản thực phẩm trong vòng một tuần lễ.

14.1.2. Phân loại phòng lạnh

Kho lạnh thường có nhiều phòng với các chế độ nhiệt độ khác nhau để bảo quản các sản phẩm khác nhau. Ngay trong tủ lạnh gia đình cũng có 3 ngăn riêng với ba chế độ nhiệt độ: ngăn đông (nhiệt độ -6 , -12 hoặc -18°C) để bảo quản đông lạnh; ngăn lạnh (nhiệt độ $0 \div 5^{\circ}\text{C}$) để bảo quản lạnh và ngăn rau quả (nhiệt độ $7 \div 10^{\circ}\text{C}$) để bảo quản rau quả tươi. Sau đây là đặc trưng các loại phòng lạnh khác nhau có thể có trong kho lạnh.

1. Phòng bảo quản lạnh (0°C): thường có nhiệt độ $-1,5$ đến 0°C độ ẩm $90 \div 95\%$. Các sản phẩm bảo quản như thịt, cá... được xếp trong bao bì và đặt lên giá trong phòng lạnh. Dàn lạnh là loại dàn tĩnh hoặc dàn quạt.

2. Phòng bảo quản đông (-18°C): dùng để bảo quản các loại thịt, cá, rau, quả... đã được kết đông, nhiệt độ -18 đến -20°C nhiều khi đến -23°C theo yêu cầu đặc biệt; độ ẩm $80 \div 95\%$. Dàn lạnh có thể là dàn tĩnh hoặc dàn quạt.

3. Phòng đa năng (-12°C): được thiết kế cho nhiệt độ -12°C nhưng khi cần có thể đưa lên 0°C để bảo quản lạnh hoặc đưa xuống -18°C để bảo quản đông. Có thể dùng phòng đa năng gia lạnh cho sản phẩm. Dàn lạnh có thể là dàn tĩnh hoặc dàn quạt.

4. Phòng gia lạnh (0°C): dùng để gia lạnh (làm lạnh) sản phẩm từ nhiệt độ môi trường xuống đến nhiệt độ bảo quản lạnh cần thiết hoặc để gia lạnh sơ bộ cho các sản phẩm đông, kết đông theo phương pháp hai pha.

Tuỳ theo yêu cầu có thể hạ nhiệt độ phòng gia lạnh xuống đến -5°C hoặc nâng nhiệt độ lên trên 0°C theo yêu cầu công nghệ lạnh. Dàn lạnh thường là loại dàn quạt để tăng cường trao đổi nhiệt, tăng tốc độ gia lạnh cho sản phẩm.

5. Phòng kết đông (-35°C): dùng để kết đông các sản phẩm bảo quản như cá, thịt... Kết đông một pha nhiệt độ sản phẩm vào là 37°C , hai pha là 4°C . Sản phẩm ra có nhiệt độ bề mặt từ -12 đến -18°C , nhiệt độ tâm phải đạt -8°C .

Do có nhiều ưu điểm hơn, kết đông một pha ngày nay được sử dụng nhiều hơn. Phòng kết đông thường có dạng tunnel, nhiệt độ không khí đạt -35°C , tốc độ $1 \div 2\text{m/s}$; có khi $3 \div 5\text{m/s}$.

Thịt được đặt trên giá hay treo trên xe đẩy và được kết đông theo từng mẻ.

Ngoài phòng kết đông, ngày nay người ta còn sử dụng rộng rãi các loại máy kết đông thực phẩm ví dụ máy kết đông tiếp xúc, băng chuyền, kiểu tấm, kiểu tăng sôi, kiểu nhúng chìm... có tốc độ kết đông nhanh và cực nhanh, đảm bảo chất lượng cao của thực phẩm.

6. Phòng chất tải và tháo tải (0°C): có nhiệt độ không khí khoảng 0°C phục vụ cho các buồng kết đông và gia lạnh.

7. Phòng bảo quản nước đá (-4°C): có nhiệt độ -4°C đi kèm bể sản xuất nước đá khối. Dung tích phòng tùy theo yêu cầu có thể trữ được từ 2 đến 5 lần (đặc biệt đến 30 lần) năng suất ngày đêm của bể đá. Dàn lạnh thường là loại treo trần tĩnh.

8. Phòng chế biến lạnh ($+15^{\circ}\text{C}$): dùng trong các xí nghiệp chế biến lạnh thực phẩm có công nhân làm việc liên tục bên trong. Nhiệt độ tùy theo công nghệ chế biến có thể từ 10 đến 18°C .

Ngoài ra kho lạnh còn có thể có các phòng tiếp nhận phân loại và phân phối sản phẩm bảo quản, phòng phụ bảo quản các sản phẩm kém phẩm chất, phòng phụ cho phương tiện bốc xếp cơ khí khi đi vào thang máy, các hành lang giữa các phòng lạnh và các hành lang trong phòng lạnh. Các phòng này có thể có nhiệt độ từ 0°C đến nhiệt độ môi trường tùy theo vị trí của phòng.

14.1.3. Dung tích và tiêu chuẩn chất tải

Để đánh giá độ lớn của một kho lạnh người ta có thể dùng các tiêu chuẩn khác nhau:

- Đối với tủ lạnh, phòng lạnh lắp ghép thường tính theo lít và mét khối (m^3) thể tích hữu ích.

- Đối với kho lạnh lớn một số nơi dùng đơn vị là tấn sản phẩm bảo quản đồng thời trong kho ví dụ kho lạnh 2000t thịt lợn, kho lạnh 750t rau quả; kho lạnh 1500t cá; có một số nơi dùng đơn vị là m^2 diện tích bảo quản lạnh hữu ích: kho lạnh 15.000m^2 hoặc 20.000m^2 .

Tuy nhiên khi nói kho lạnh 1000t ta khó tính được diện tích hoặc thể tích tổng thể các phòng vì đối với 1000t mỡ chỉ cần 1250m^3 nhưng đối với 1000t thịt cừu phải cần đến 3572m^3 vì tiêu chuẩn chất tải của mỡ chỉ có $0,8\text{t}/\text{m}^3$ nhưng của thịt cừu là $0,28\text{t}/\text{m}^3$.

Ở Mi và các nước phương Tây, ngoài các kho lạnh chuyên dùng, các kho lạnh đa năng phần lớn dùng để cho thuê do đó người ta thường sử dụng đơn vị diện tích phòng lạnh là m^2 với chiều cao phòng thông thường từ 3,5 đến 3,8m. Khối lượng tải (t) có thể chất được phụ thuộc vào mật hàng và do người thuê tự tính lấy.

Bảng 14.1 giới thiệu tiêu chuẩn chất tải (còn gọi là định mức chất tải) của một số sản phẩm bảo quản lạnh và bảo quản đông.

Bảng 14.1. Tiêu chuẩn chất tải của một số sản phẩm bảo quản lạnh và lạnh đông (Chú ý: Tiêu chuẩn chất tải là khối lượng không bì nếu sản phẩm không bao bì và là khối lượng cả bì nếu sản phẩm có bao bì)

Sản phẩm bảo quản	Tiêu chuẩn chất tải $m, t/m^3$	Sản phẩm bảo quản	Tiêu chuẩn chất tải $m, t/m^3$
Thịt bò kết đông 1/4 con	0,40	KHI SẮP XẾP TRÊN GIÁ	
1/2 con	0,30	Mỡ trong các hộp cactông	0,70
1/2 con và 1/4 con	0,35	Trứng trong các ngăn cactông	0,26
Thịt cừu kết đông	0,28	Thịt hộp trong các ngăn gỗ	0,38
Thịt lợn kết đông	0,45	Giò trong các ngăn gỗ	0,30
Gia cầm kết đông trong hòm gỗ	0,38	Thịt gia cầm kết đông	
Cá kết đông trong hòm gỗ hoặc hộp cactông	0,45	- trong ngăn gỗ	0,44
		- trong ngăn cactông	0,38
Thịt thân, cá kết đông trong hộp cactông	0,70	Nho và cà chua ở khay	0,30
Mỡ trong hộp cactông	0,80	Táo và lê trong ngăn gỗ	0,31
Trứng trong hộp cactông	0,27	Cam, quýt	
		- trong các hộp gỗ mỏng	0,32
		- trong ngăn gỗ, cactông	0,30
Đồ hộp trong hòm gỗ hoặc hộp cactông	0,60 ÷ 0,65	Hành tây khô, bắp cải tươi	0,32
Cam, quýt trong các hộp gỗ mỏng	0,45	Cà rốt	0,32
		Dưa hấu, dưa bở	0,40

14.1.4. Xác định kích thước và số lượng phòng lạnh

1. Dung tích kho lạnh được xác định theo biểu thức:

$$E = V \cdot m_v \quad (14-1)$$

E - dung tích kho lạnh, t;

V - thể tích kho lạnh, m^3 ;

m_v - tiêu chuẩn chất tải theo thể tích, t/m^3 (tra bảng 2-1)

Như vậy chỉ cần biết thêm một thông số dung tích hoặc thể tích ta tính được thông số còn lại.

2. Diện tích chất tải hữu ích của buồng lạnh F , m^2 , được xác định qua thể tích buồng lạnh và chiều cao chất tải h , m .

$$F = \frac{V}{h} \quad (14-2)$$

Chiều cao chất tải là chiều cao lô hàng chiếm trong kho, chiều cao này phụ thuộc vào bao bì đựng hàng và phương tiện bốc xếp. Chiều cao h có thể tính từ chiều cao buồng lạnh trừ phần lắp đặt dàn lạnh treo trần và khoảng không gian cần thiết để thao tác chất và dỡ hàng bằng xe rùa. Kho lạnh một tầng có chiều cao 6m thì chiều cao chất tải có thể tới 5m.

3. Tải trọng của nền và của trần được tính theo tiêu chuẩn chất tải và chiều cao tải của nền và giá treo cố định vào trần.

$$m_F = m_v \cdot h \quad (14-3)$$

m_F - tiêu chuẩn chất tải theo diện tích, t/m^2 .

4. Xác định diện tích lạnh cần xây dựng (diện tích tổng thể)

$$F_1 = \frac{F}{\beta_F} \quad (14-4)$$

F_1 - diện tích tổng thể cần thiết, m^2 ;

β_F - hệ số sử dụng diện tích của các phòng lạnh. β_F là tỉ số giữa diện tích lạnh hữu ích trên diện tích tổng thể của phòng gồm cả đường đi lại bốc xếp hàng hóa, khoảng cách giữa các lô hàng, cột và các diện tích lắp đặt thiết bị như dàn quạt... β_F lấy theo bảng 14.2. Diện tích phòng càng rộng β_F càng lớn.

Bảng 14.2. Hệ số sử dụng diện tích theo diện tích phòng lạnh

Diện tích phòng lạnh, m^2	β_F
Đến 20	0,50 ÷ 0,60
Từ 20 đến 100	0,70 ÷ 0,75
Từ 100 đến 400	0,75 ÷ 0,80
Từ 400 trở lên	0,80 ÷ 0,85

5. Số lượng phòng

$$z = \frac{F_1}{f} \quad (14-5)$$

f - diện tích phòng lạnh quy chuẩn xác định qua các hàng, cột kho, m^2 .

Các hàng cột có khẩu độ 6m do đó diện tích quy chuẩn có thể là 36, 72, 108m²...

Để có z là số nguyên, diện tích phòng có thể lớn hơn 10 đến 15% so với diện tích lạnh cần thiết và dung tích thực tế cũng lớn hơn.

Ngoài việc tính toán các phòng lạnh, phòng đông, cần phải dự trù tính toán các buồng chất thải, tháo tải, kiểm nghiệm sản phẩm, phòng chứa phế phẩm, hành lang... sao cho hợp lí với công nghệ sản xuất và tối ưu về kinh tế xây dựng và vận hành.

14.2. KHO LẠNH TRUYỀN THỐNG

14.2.1. Quy hoạch mặt bằng kho lạnh

14.2.1.1. Yêu cầu chung

Quy hoạch mặt bằng kho lạnh là bố trí các nơi sản xuất, xử lí, bảo quản lạnh và những nơi phụ trợ phù hợp với dây chuyền công nghệ, tối ưu kinh tế về xây dựng vận hành và sử dụng kho lạnh. Khi quy hoạch mặt bằng kho lạnh cần lưu ý một số yêu cầu sau:

1. Kho lạnh cần phải nằm cạnh các đường giao thông sắt, bộ và nếu cần cả đường thủy. Các kho lạnh bến cảng cần phải có cầu cảng để bốc xếp hàng trực tiếp xuống tàu hoặc từ tàu vào kho lạnh.

2. Phải bố trí các phòng phù hợp dây chuyền công nghệ, sản phẩm đi theo dây chuyền không gặp nhau, không đan chéo nhau. Các cửa ra vào phòng chứa phải quay ra hành lang. Cũng có thể không cần có hành lang nhưng sản phẩm đi theo dây chuyền công nghệ không đi ngược.

3. Quy hoạch phải đạt chi phí đầu tư là nhỏ nhất. Cần sử dụng tối đa các cấu kiện tiêu chuẩn, giảm đến mức thấp nhất các diện tích phụ nhưng phải đảm bảo tiện nghi. Giảm công suất thiết bị đến mức thấp nhất.

4. Phải đảm bảo sự vận hành tiện lợi và rẻ tiền.

- Đảm bảo lối đi và đường vận chuyển thuận lợi cho việc bốc xếp thủ công hoặc cơ giới đã thiết kế.

- Chiều rộng kho lạnh nhiều tầng thường không quá 40m.

- Chiều rộng kho lạnh một tầng phải phù hợp với khoảng vượt lớn nhất 12m; thường lấy: 12, 24, 36, 48, 60, 72m...

- Chiều dài kho lạnh có hiên bốc xếp tàu hỏa nên chọn chứa được 5 toa

tàu lạnh cùng bốc xếp một lúc.

- Chiều rộng hiên bốc dỡ tàu hỏa và ô tô có chiều rộng từ $6 \div 7,5\text{m}$.
- Trong một vài trường hợp, kho lạnh có hiên bốc dỡ nối liền rộng $3,5\text{m}$, nhưng thông thường các kho lạnh có hành lang nối ra cả hai phía rộng 6m .
- Kho lạnh dung tích tới 600t thường không bố trí đường sắt, chỉ có hiên ô tô dọc theo chiều dài kho đảm bảo mọi phương thức bốc dỡ.
- Để giảm tổn thất nhiệt qua kết cấu bao che, giảm vật liệu cách nhiệt cần thiết, các phòng có cùng chế độ nhiệt độ được nhóm thành một khối.

5. Mặt bằng kho lạnh phải phù hợp với hệ thống lạnh đã chọn. Điều này đặc biệt quan trọng đối với kho lạnh một tầng vì không phải luôn luôn đảm bảo đưa được môi chất lạnh từ các thiết bị lạnh về, do đó phải chuyển sang sơ đồ lớn hơn với việc cấp lỏng từ dưới lên.

6. Đảm bảo kỹ thuật an toàn phòng cháy, chữa cháy.

7. Khi quy hoạch luôn luôn phải tính đến khả năng mở rộng kho lạnh. Phải để lại một mặt mút tường để mở rộng kho.

14.2.1.2. Dung tích và ứng dụng

Nói chung, các kho lạnh và các kho lạnh đông có dung tích, công dụng khác nhau và mặt bằng cũng rất khác nhau. Kho lạnh đa năng phần lớn là các kho lạnh cho thuê. Hàng hóa hết sức đa dạng và chế độ bảo quản cũng đa dạng. Các kho lạnh cho thuê trung bình có diện tích $5000 \div 10.000\text{m}^2$, tuy nhiên nếu có hiệu quả kinh tế thì diện tích này không giới hạn.

Nhưng hiện nay, đang có xu hướng phát triển lại các kho lạnh chuyên dùng như các kho lạnh của xí nghiệp giết mổ, chế biến thực phẩm, thủy hải sản...

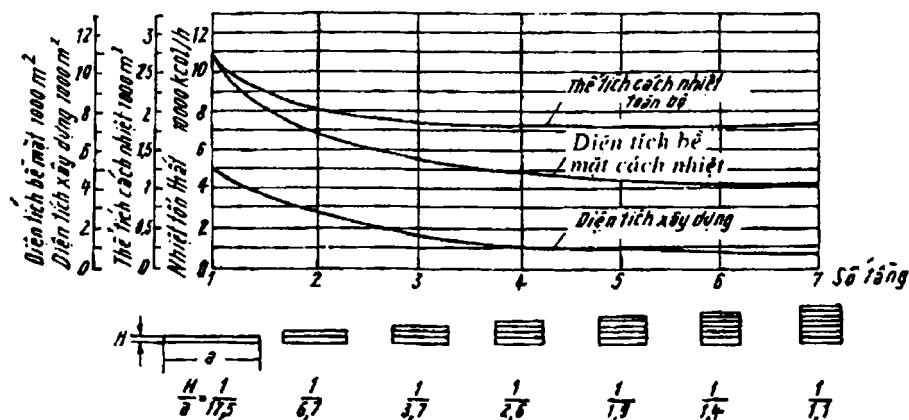
14.2.1.3. Hình khối kho lạnh

Về lý thuyết, hình lập phương là hình lý tưởng nhất cho kho lạnh vì diện tích cách nhiệt là nhỏ nhất và thể tích là lớn nhất. Tổn thất nhiệt qua vách là nhỏ nhất, vật liệu xây dựng và cách nhiệt tốn ít nhất. Khối lập phương càng lớn càng kinh tế vì tỉ lệ thể tích trên diện tích chung quanh càng lớn. Nếu khối lập phương có thể tích 1m^3 cạnh là 1m thì diện tích chung quanh là 6m^2 và tỉ lệ thể tích trên diện tích là $1\text{m}^3/6\text{m}^2$. Nhưng nếu khối lập phương có cạnh 10m thì thể tích là 1000m^3 trong khi diện tích chung quanh chỉ là $6 \times 10 \times 10 = 600\text{m}^2$, tỉ lệ đó tăng lên mười lần $10\text{m}^3/6\text{m}^2$. Trong thực tế, do địa hình, mặt bằng, đường

giao thông cũng như các điều kiện xây dựng khác như phân chia phòng, mở rộng kho lạnh... người ta không thể xây dựng các kho lạnh hình khối lập phương như ý muốn.

Kho lạnh một tầng tuy chiếm rất nhiều diện tích xây dựng, tốn rất nhiều vật liệu cách nhiệt và do dòng nhiệt tổn thất qua vách lớn hơn (bề mặt vách rộng hơn) nên hệ thống lạnh cần lớn hơn, chi phí về năng lượng cũng lớn hơn nhưng chúng lại có ưu điểm là xây dựng dễ dàng và việc đi lại vận chuyển trong kho cũng dễ dàng. Do tải được phân đều trên diện tích rộng nên có thể bỏ qua việc xử lý nền móng bằng cọc đôi khi rất tốn kém. Chính vì vậy tốn kém cho bao che và cách nhiệt cũng được bù lại. Đỡ tốn diện tích cho cầu thang và thang máy. Hiên bốc xếp cho ô tô và tàu hỏa có thể bố trí rất rộng rãi và thuận tiện. Do việc sử dụng giá chất hàng và thùng bảo quản nên chiều cao kho tăng thêm. Giá thành bốc xếp cũng nhỏ hơn.

Bảng 14-4 giới thiệu các số liệu so sánh cho một kho lạnh 4000m^2 diện tích hữu ích. Để tiện so sánh, các mặt bằng đều là hình vuông. Các tầng có chiều cao như nhau. Các phòng xây dựng có kích thước gần giống nhau. Giả sử diện tích lạnh hữu ích bằng khoảng 70% diện tích mặt bằng, không có tầng hầm và nhiệt độ trong kho là -25°C trong tất cả các phòng và kho lạnh 7 tầng có kích thước gần với dạng lập phương.



Hình 14.1. Biểu đồ các dữ liệu so sánh

Hình 14-1 giới thiệu biểu đồ biểu diễn các dữ liệu so sánh của bảng 14-4. Qua biểu đồ ta thấy sự khác biệt giữa các dữ liệu của các kho lạnh 4 tầng đến 7 tầng không khác nhau nhiều, trong khi đó các số liệu kho lạnh 3 tầng trở xuống

khác nhau khá xa. Bên cạnh các số liệu đó, việc chọn lựa mặt bằng và số tầng còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác, do đó người ta không chấp nhận phương án kho lạnh 6, 7 tầng đối với kho lạnh 4000m². Ngược lại phương án 4 hoặc 5 tầng dễ được chấp nhận hơn vì dễ bố trí phòng lạnh, đỡ tốn diện tích cho lối đi lại vận chuyển, các đường đi lại vận chuyển cũng ngắn hơn. Nếu mặt bằng không phải hình vuông mà là hình chữ nhật thì các số liệu xê dịch càng xa hơn nữa. Do đó phải có các tính toán kinh tế tối ưu.

Bảng 14.4. Các số liệu so sánh đối với kho lạnh 4000m² diện tích sử dụng khi xây dựng một tầng và nhiều tầng

Dữ liệu so sánh	Số tầng						
	1	2	3	4	5	6	7
Diện tích mặt bằng xây dựng, m ²	5200	2600	1770	1450	1160	900	780
% so với kho 7 tầng, %	665	334	227	186	149	115	100
Diện tích bao ngoài (diện tích cách nhiệt), m ²	11580	6770	5440	5160	4840	4460	4440
% so với kho 7 tầng, %	260	153	123	116,5	109	100,5	100
Thể tích cách nhiệt bao ngoài, m ³	2500	1460	1150	1090	1010	936	930
% so với kho 7 tầng, %	269	157	124	117,5	109	101	100
Thể tích cách nhiệt tổng thể (cả ngoài và giữa các phòng), m ³	2960	2090	1950	1990	1850	1800	1800
% so với kho 7 tầng, %	164	116	108,5	105,5	102,7	100	100
Nhiệt tổn thất qua vách, kW	127	76	63	60	58	55	54
% so với kho 7 tầng, %	235	141	117	111	107	102	100

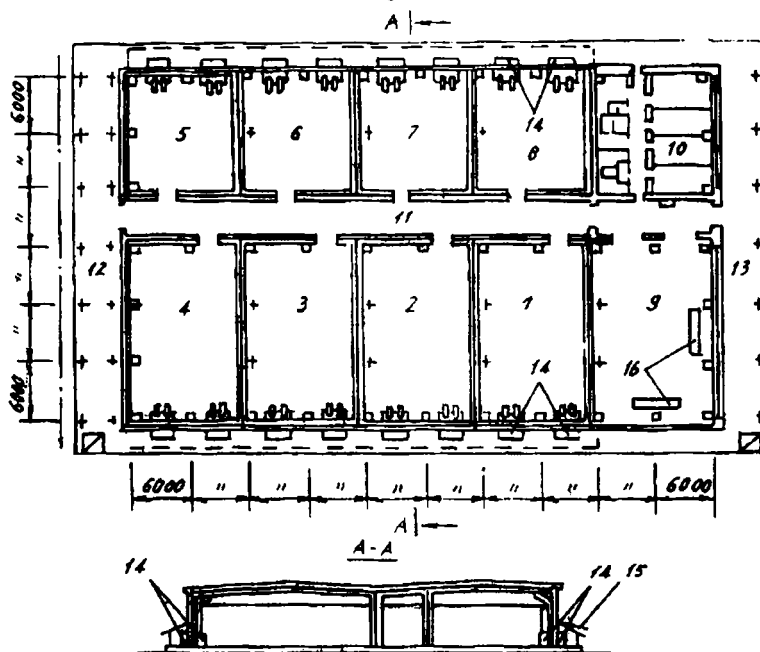
14.2.1.4. Mặt bằng kho lạnh

Việc quy hoạch hợp lý mặt bằng kho lạnh đòi hỏi phải có kiến thức và nhiều kinh nghiệm. Phải bố trí sao cho hợp lý nhất các phòng và các nhóm phòng lạnh, phòng đông và các nhóm phòng đông, các phòng phụ, hiên ô tô, hiên tàu hỏa, các dàn lạnh quạt, các đường đi ống... Cũng cần nhấn mạnh rằng vì lý do kinh tế không được thu hẹp diện tích phòng lạnh khi phải nở rộng các phòng khác. Cần phải loại trừ việc đổ mồ hôi và bám tuyết ở các vị trí mà không khí nóng gặp các bề mặt lạnh ở các hành lang, cầu thang, thang máy, các đường ống gió, ống lạnh... Cần phải tính tới khả năng thông gió để đảm bảo cho tường không đổ mồ hôi. Cần phải tuân thủ các kỹ thuật vận hành như: các đường vận chuyển tới cầu thang và buồng lạnh phải ngắn và thẳng không vướng cột; phải dễ tiếp cận với dàn lạnh quạt, các kênh bố trí đường ống mà không

cần phải vào phòng lạnh, cần phải bố trí cầu thang phù hợp với qui tắc an toàn phòng cháy, chữa cháy và để phòng sự bốc mùi từ phòng nọ sang phòng kia, từ tầng nọ sang tầng kia.

Nói chung, không thể đưa ra một sơ đồ mặt bằng tiêu chuẩn vì mỗi mặt bằng có những đặc điểm riêng và sự hợp lí của một mặt bằng phụ thuộc rất nhiều yếu tố: kích cỡ kho, tính chất kho đa năng, chuyên dùng hay cho thuê, vị trí xây dựng, khả năng nối với đường giao thông... Ở đây, xin nêu ra một vài ví dụ để phân tích.

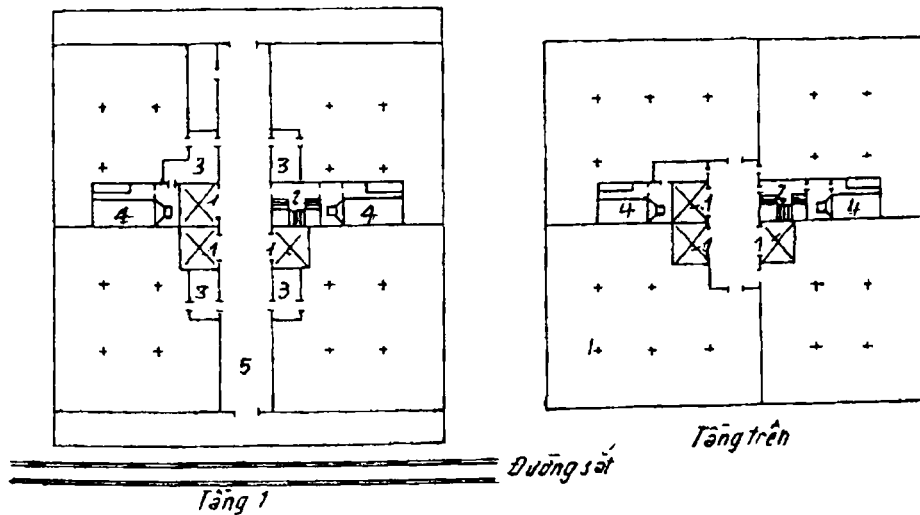
Hình 14.2 mô tả mặt bằng 1 kho lạnh 1200 tấn rau quả và rượu vang. Đây là kho lạnh 1 tầng làm lạnh cục bộ. Mỗi phòng được trang bị 1 hoặc 2 máy lạnh cục bộ riêng biệt freon năng suất lạnh 18kW. Dàn lạnh bố trí trong buồng còn tổ ngưng tụ phía ngoài dưới mái hiên thấp 15 có lưới B40 bao quanh. Mạng cột kho là 16 x 18m. Tất cả các buồng lạnh nối ra thông với hiên đường sắt 12 và hiên ô tô 13. Nền và hiên kho lạnh đặt cao 0,2m so với mặt đường ray và hiên ô tô. Vì hoa quả hoặc rượu vang được đóng trong các thùng hoặc côngtenơ tiêu chuẩn nên có thể bốc dỡ, sắp xếp cơ khí bằng xe nâng hạ. Nhược điểm của kho là hiên ô tô và tàu hỏa quá ngắn hạn chế tốc độ bốc dỡ, sắp xếp hàng.



Hình 14.2. Kho lạnh rau quả và rượu vang 1200t trang bị các máy lạnh cục bộ

1,4 - Buồng bảo quản hoa quả; 5,8 - Buồng bảo quản rượu vang; 9 - Buồng phân phối; 10 - Các buồng phụ, sinh hoạt và hành chính; 11 - Hành lang; 12 - Hiên tàu hỏa; 13 - Hiên ô tô; 14 - Máy lạnh freon 18kW; 15 - Mái hiên thấp; 16 - Bảng kiểm tra

Hình 14.3 giới thiệu một kho lạnh nhiều tầng có 2 mặt giao thông là hiên ô tô và hiên tàu hỏa cũng như các lối đi vào các phòng chất tải, tháo tải với thang máy ở giữa và một cầu thang bộ. Nối giữa hiên ô tô và hiên tàu hỏa là một hành lang xuyên qua tầng 1. Các hiên ô tô, tàu hỏa có mái che để sử dụng đồng thời làm phòng chất và tháo tải. Ở tầng 1 có các cửa tránh xe còn ở tầng trên chỗ đó là diện tích phụ ra vào thang máy. Phương pháp bố trí này làm cho diện tích lạnh hữu ích của kho lạnh 5000m² đạt tới 74%.



Hình 14.3. Mặt bằng 1 kho lạnh nhiều tầng

1 - Thang máy; 2 - Thang bộ; 3 - Chỗ tránh xe; 4 - Dàn lạnh; 5 - Hành lang; 6,7 - Hiên ô tô, tàu hỏa

14.2.2. Kết cấu xây dựng, cách nhiệt và cách ẩm tường, trần, nền

Kho lạnh truyền thống được xây dựng từ các vật liệu xây dựng như gạch, vữa, xi măng, bê tông cốt thép và vật liệu cách nhiệt, cách ẩm. Bảng 14.5 giới thiệu các vật liệu cách nhiệt, cách ẩm xây dựng kho lạnh truyền thống.

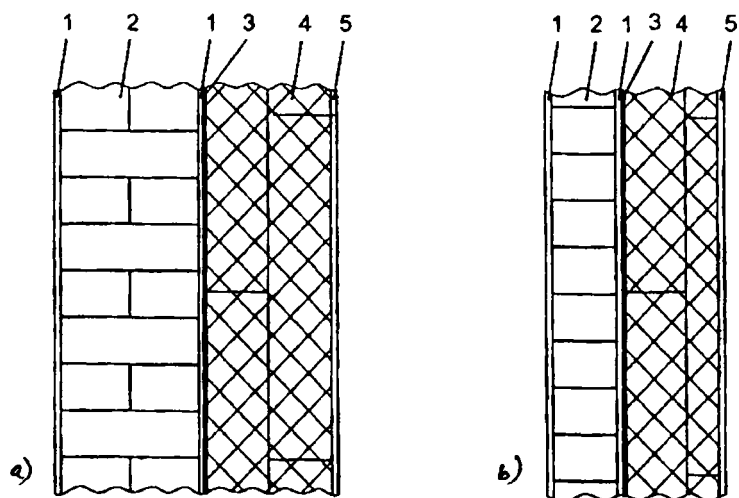
Bảng 14.5. Một số vật liệu cách nhiệt, cách ẩm và xây dựng kho lạnh

Vật liệu	Khối lượng riêng ρ , kg/m ³	Hệ số dẫn nhiệt λ , W/mK	Hệ số thấm hơi μ , g/mh MPa	Ứng dụng
Cách nhiệt				
- Polystirol (Stiropo)	25 ÷ 40	0,047	7,5	Tường bao, tường ngăn
- Polyurethae cứng	100	0,041	45	Cột, trần, nền, đường ống
- Polyurethane rót ngập	50	0,041	45	Thiết bị và dụng cụ
- Bê tông xốp	400 ÷ 500	0,15	244	Tường ngăn
- Xi lò cao	500	0,19	563	Nền, trần

Bảng 14.5. (tiếp)

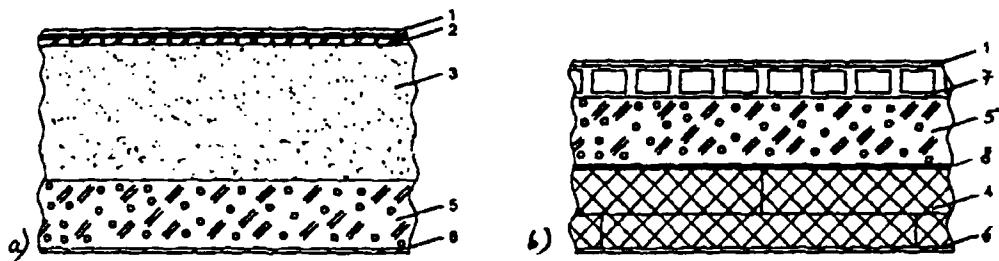
Vật liệu	Khối lượng riêng ρ , kg/m ³	Hệ số dẫn nhiệt λ , W/mK	Hệ số thấm hơi μ , g/mh MPa	Ứng dụng
Cách ẩm				Cách ẩm
- Nhựa đường	1800 ÷ 2000	0,75 ÷ 0,87	0,86	Nền, trần, tường
- Bitum dầu lửa	1050	0,18	0,80	“
- Pergamin, giấy dầu	600 ÷ 800	0,14 ÷ 0,18	1,350	“
- Màng PVC			0,0018	“
Xây dựng				
- Bê tông	2000 ÷ 2200	1,0 ÷ 1,1	30	Để xây dựng kho lạnh
- Bê tông cốt sắt	2300 ÷ 2400	1,4 ÷ 1,6	30	
- Tường xây bằng gạch	1800 ÷ 2200	0,93 ÷ 1,3	105	
- Vữa trát xi măng	1700 ÷ 1800	0,88 ÷ 0,93	90	
- Vữa thường	1600 ÷ 1700	0,86 ÷ 0,90	135	

Hình 14.4, 14.5, 14.6 giới thiệu kết cấu thông thường của tường bao, tường ngăn, trần và nền kho lạnh.



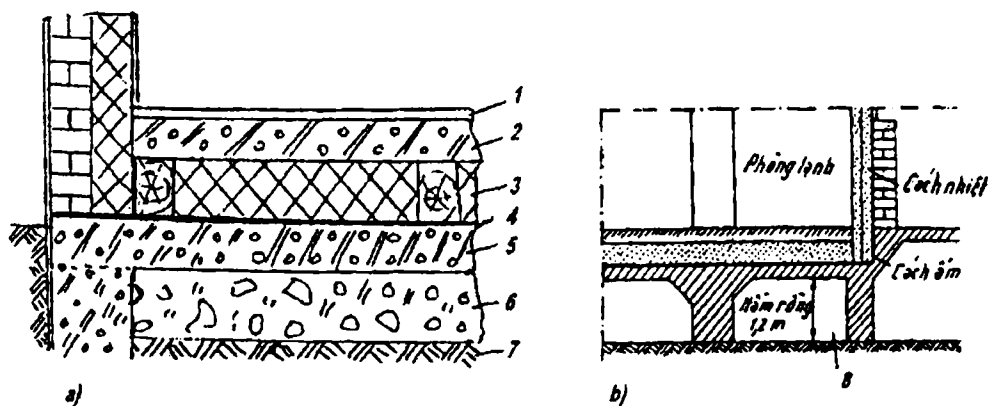
Hình 14.4. Kết cấu tường bao a) và tường ngăn b)

1. Lớp vữa xi măng 10 mm;
2. Lớp gạch đỏ 110, 220 hoặc 360 mm;
3. Lớp bitum chống ẩm;
4. Lớp cách nhiệt stiropo;
5. Lớp vữa thường có lưới thép 10 mm.



Hình 14.5. Kết cấu cách nhiệt mái

- a) Mái bằng bê tông cách nhiệt phía trên; b) Mái bằng bê tông cách nhiệt phía dưới
1. Lớp phủ chống thấm ốp gạch lá nem; 2. Lớp bê tông giăng; 3. Lớp cách nhiệt bằng xỉ lò cao;
 4. Lớp cách nhiệt bằng xốp polystirol; 5. Lớp bê tông cốt thép mái; 6. Lớp vữa trát lưới thép;
 7. Lớp gạch chống nóng; 8. Lớp bitum.



Hình 14.6. Kết cấu cách nhiệt nền kho lạnh dương a) và âm b)

1. Nền lát gạch nhân; 2. Lớp bê tông tăng cường; 3. Lớp cách nhiệt có dầm gỗ tẩm hắc ín; 4. Lớp chống ẩm;
5. Lớp bê tông cốt thép chịu lực; 6. Lớp bê tông gạch vờ; 7. Nền đất nện; 8. Hầm không khí.

14.2.3. Xác định chiều dày cách nhiệt

Có thể xác định chiều dày cách nhiệt từ biểu thức:

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

trong đó: k là hệ số truyền nhiệt lấy trong bảng từ 14.6;

δ_{CN} , λ_{CN} là chiều dày và hệ số dẫn nhiệt của lớp cách nhiệt, m;

δ_i , λ_i là chiều dày và hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ i, m;

α_1 , α_2 là hệ số tỏa nhiệt bên trong và bên ngoài lấy theo bảng 14.7.

Bảng 14.6. Hệ số truyền nhiệt k , W/m^2K

a) Hệ số k vách ngoài phụ thuộc vào nhiệt độ buồng lạnh							
Nhiệt độ, °C Vách	-40 ÷ -30	-25 ÷ -20	-15 ÷ -10	-4	0	4	12
Vách bao ngoài	0,19	0,21	0,23	0,28	0,30	0,35	0,52
Mái bằng	0,17	0,20	0,23	0,26	0,29	0,33	0,47
b) Hệ số k của tường ngăn với hành lang, buồng đệm							
Nhiệt độ không khí trong buồng lạnh, °C	-30	-20	-10	-4	4	12	
Hệ số truyền nhiệt k, W/m².K	0,27	0,28	0,33	0,35	0,52	0,64	
c) Hệ số k của tường ngăn giữa các buồng lạnh							
Vách ngăn giữa các buồng lạnh					k, W/m².K		
Kết đông/ gia lạnh					0,23		
Kết đông/ bảo quản lạnh					0,26		
Kết đông/ bảo quản đông					0,47		
Bảo quản lạnh/ bảo quản đông					0,28		
Gia lạnh/ bảo quản đông					0,33		
Gia lạnh/ bảo quản lạnh					0,52		
Các buồng có cùng nhiệt độ					0,58		
d) Hệ số k của nền có sườn							
Nhiệt độ không khí trong buồng lạnh	từ -4 đến 4		-10		Từ -20 đến -30		
Hệ số truyền nhiệt k, W/m².K	0,41		0,29		0,21		

Bảng 14.7. Hệ số tỏa nhiệt α_1 và α_2

Bề mặt vách	Hệ số tỏa nhiệt, α , W/m^2K
Bề mặt ngoài của vách ngoài (tường bao và mái)	23,3
Bề mặt trong của buồng đối lưu tự nhiên	
tường	8
nền và trần	6 ÷ 7
Bề mặt trong buồng lưu thông không khí cưỡng bức vừa phải (bảo quản hàng lạnh)	9
Bề mặt trong buồng đối lưu cưỡng bức mạnh (buồng gia lạnh và kết đông)	10,5

14.2.4. Tính kiểm tra đọng sương

Điều kiện để bề mặt vách ngoài (phía nóng) không bị đọng sương (đổ mồ hôi) là nhiệt độ bề mặt vách t_{wl} phải cao hơn nhiệt độ đọng sương t_s hoặc hệ số k thực của vách phải nhỏ hơn k_s đọng sương.

$$k = \alpha_1 \frac{t_1 - t_{wl}}{t_1 - t_2}$$

$$k_s = \alpha_1 \frac{t - t_s}{t_1 - t_2}$$

$$\text{Và } k \leq 0,95 k_s$$

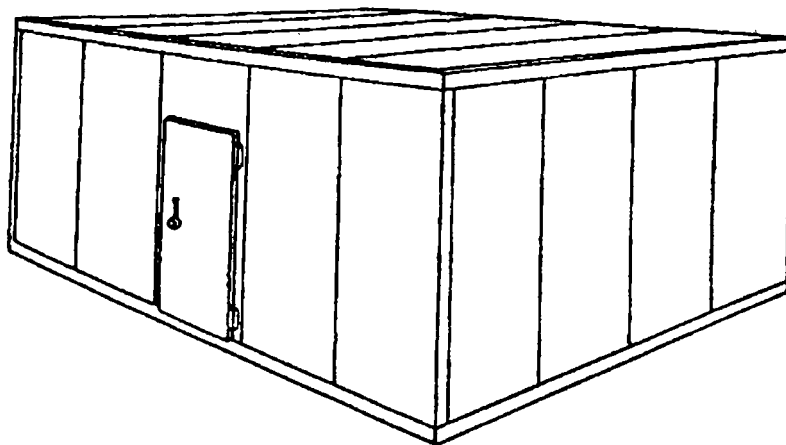
Trong đó: 0,95 - hệ số an toàn

α_1 - hệ số tỏa nhiệt phía ngoài phòng lạnh

t_1, t_2, t_{wl}, t_s - nhiệt độ ngoài phòng, trong phòng, bề mặt vách ngoài và nhiệt độ đọng sương của không khí ngoài phòng, $^{\circ}\text{C}$.

14.3. KHO LẠNH LẮP GHÉP

Ngày nay, kho lạnh lắp ghép được sử dụng rất rộng rãi do kết cấu đơn giản, có thể lắp ráp nhanh chóng và khi cần có thể tháo ra di chuyển đến địa điểm khác. Kho lạnh lắp ghép ngày nay rất đa dạng từ một vài mét khối đến hàng chục ngàn mét khối, chứa được vài ba tấn hàng đến hàng chục ngàn tấn.



Hình 14.7. Hình dáng bên ngoài kho lạnh lắp ghép Teledoor (CHLB Đức)

Trước đây, kho lạnh lắp ghép được sử dụng chủ yếu cho ngành thương nghiệp nhưng ngày nay đã được sử dụng ở hầu hết các ngành kinh tế khác nhau như chế biến thủy sản, sữa, bia, rượu vang, nước giải khát, nhà hàng, khách sạn,

y tế, bệnh viện, dược phẩm, thực phẩm, rau quả...

Về kết cấu, kho lạnh lắp ghép được lắp từ các tấm panel tiêu chuẩn (tấm sàn, tấm trần, tấm sườn, tấm góc và tấm cửa) (xem hình 14.7). Các tấm này có kích thước và chiều dày tiêu chuẩn do nhà sản xuất quy định để có thể đáp ứng được nhu cầu rất đa dạng về kích cỡ cũng như nhiệt độ trong kho của các ngành kinh tế khác nhau.

Hình 14.7 giới thiệu hình dáng bên ngoài một kho lạnh lắp ghép của CHLB Đức.

14.3.1. Yêu cầu đối với kho lạnh lắp ghép

Cũng gần giống như các thiết bị lạnh thương nghiệp và các kho lạnh khác, kho lạnh lắp ghép có những yêu cầu sau:

- Kho cần được lắp đặt ở vị trí thuận tiện làm việc hiệu quả, đưa hàng vào và lấy hàng ra nhanh chóng.
- Nên bố trí sàn kho ngang bằng mặt sàn nhà để có thể sử dụng xe đẩy bốc xếp hoặc phương tiện cơ giới bốc xếp hàng. Nếu sử dụng cơ giới cần đảm bảo tải trọng của nền.
- Cần có giá treo và giá hàng phù hợp cho các hàng nặng như bò nửa con, lợn cả con...
- Các cửa cần chắc chắn, khóa đảm bảo không bị han rỉ, sử dụng dễ dàng và nhẹ nhàng.
- Cần dự trữ diện tích thao tác, bốc xếp trong kho, tuy nhiên không để mất diện tích bảo quản.
- Chiều cao ít nhất phải đạt 2,4m để bố trí giá treo và dàn bay hơi dễ dàng.
- Cần phải vệ sinh tẩy rửa dễ dàng, các tấm bên trong không được han rỉ, nên phải có chỗ thoát nước mà không ảnh hưởng đến cách nhiệt. Phải dự trữ thiết kế, xây dựng để có thể phun nước tẩy rửa vệ sinh được, đặc biệt khi sử dụng cho thực phẩm, thịt, cá...
- Vách không được đọng sương (đủ chiều dày cách nhiệt).
- Kho phải duy trì được phạm vi nhiệt độ yêu cầu, ngoài ra là độ ẩm và tốc độ gió phù hợp cho hàng bảo quản. Cần bố trí sưởi mùa đông khi nhiệt độ bên ngoài thấp hơn nhiệt độ yêu cầu của kho lạnh. Cần bố trí trao đổi không khí (lấy gió tươi) phù hợp cho các sản phẩm có hô hấp (rau, hoa, quả, trứng...).
- Đặc biệt chú ý chống ngưng ẩm vào cách nhiệt qua các khe hở giữa các panel cách nhiệt, vì khi bị ngưng ẩm vật liệu mất hoặc giảm khả năng cách nhiệt, máy lạnh phải làm việc liên tục và tiêu tốn điện năng tăng. Ẩm rất dễ

ngắm qua các khe ghép giữa các panel khi mạch silicon làm kín khe không liên tục hoặc bị hư hại rách thủng...

- Cần đảm bảo các quy tắc an toàn phòng cháy chữa cháy và bảo hộ lao động.

14.3.2. Ưu nhược điểm so với kho lạnh truyền thống

- Tất cả các chi tiết của kho lạnh lắp ghép là các panel tiêu chuẩn chế tạo sẵn nên có thể vận chuyển dễ dàng đến nơi lắp ráp một cách nhanh chóng trong một vài ngày so với kho truyền thống phải xây dựng trong nhiều tháng.

- Có thể tháo lắp và di chuyển đến nơi mới khi cần thiết.

- Có thể lắp đặt ngay trong phân xưởng có mái che nhưng cần lưu ý với máy lạnh có dàn ngưng giải nhiệt gió thì thể tích phòng đặt kho không được nhỏ hơn 20m³ cho 1kW năng suất lạnh của máy. Khoảng cách tối thiểu từ vách kho lạnh đến các tường là 1m.

- Tổ hợp lạnh không cần có buồng máy mà có thể đặt ở vị trí nào thuận lợi nhất. Trường hợp mái nhà xưởng cao có thể đặt máy lạnh ngay trên nóc kho, treo cạnh sườn hoặc ở phía sau.

- Không cần đến vật liệu xây dựng trừ nền có con lươn đặt kho nên công việc xây dựng đơn giản hơn nhiều.

- Cách nhiệt là các tấm polyurethane tiêu chuẩn có hệ số dẫn nhiệt thấp.

- Tấm bọc ngoài của panel đa dạng từ chất dẻo đến nhôm tấm hoặc thép không gỉ...

- Nhược điểm cơ bản là giá thành cao hơn khá nhiều so với kho lạnh truyền thống (cao hơn 2 ÷ 3 lần).

14.3.3. Cấu tạo kho lạnh lắp ghép

Kho lạnh tiêu chuẩn được lắp ghép từ các tấm tiêu chuẩn như sau:

- Các tấm sàn

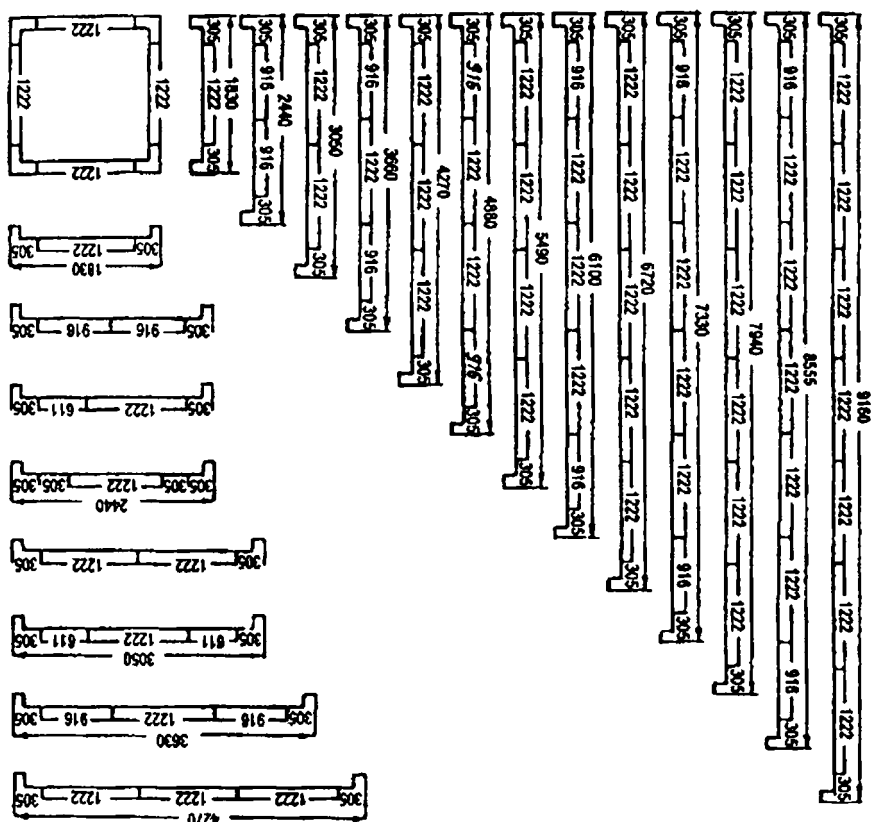
- Các tấm trần

- 4 tấm góc

- Các tấm sườn

- 1 tấm cửa (hoặc 2 nếu có thêm cửa phụ)

Hình 14.8 giới thiệu các tấm sườn và góc tiêu chuẩn cũng như khả năng mở rộng kho lắp ghép của hãng Tyler của Mỹ. Các tấm có bố trí cơ cấu khóa cam (cam lock) để lắp ghép. Thường dùng chìa 6 cạnh chìm để khóa hoặc mở khi vận theo chiều kim đồng hồ hoặc ngược lại.



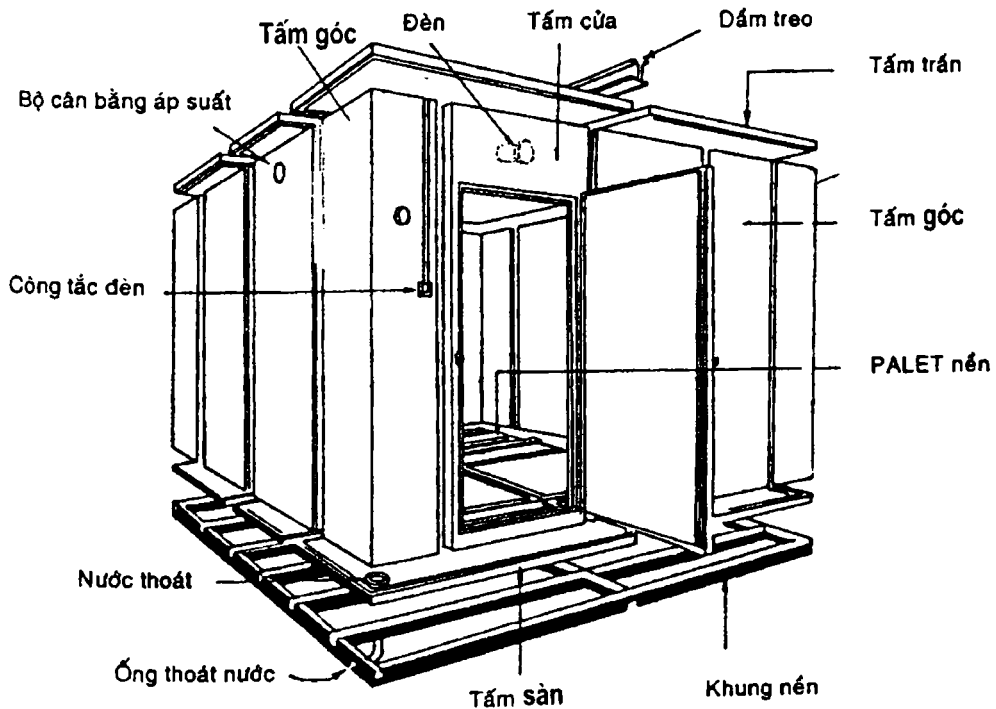
Hình 14.8. Các tấm sườn và tấm góc tiêu chuẩn cũng như khả năng lắp ghép chúng thành các kho có kích cỡ khác nhau của hãng Tyler (Mỹ)

Như vậy, kho nhỏ nhất có diện tích mặt bằng là $1,830 \times 1,830 = 3,35\text{m}^2$ và kho lạnh lớn nhất là $9,160 \times 4,270 = 39,1\text{m}^2$. Chiều ngang của kho không vượt quá 4270mm là do kích thước của tấm trần và tấm nền.

Về chiều cao, đối với các buồng lạnh nhỏ của Mỹ, người ta chọn chiều cao 2,4m. Tuy nhiên, nhiều hãng chọn chiều cao khác nhau như hãng Bally Pensylvania sử dụng 3 loại chiều cao tiêu chuẩn 2,59m (8'6"), 2,29m (7'6") và 1,98m (6'6"). Hãng Tyler chọn chiều cao phủ bì bên ngoài là 2,67m và chiều cao bên trong 2,35m.

Ngày nay với nhu cầu ngày càng cao và đa dạng của kho lạnh lắp ghép cỡ lớn và do các tiến bộ vượt bậc về kỹ thuật nên chiều dài và rộng của kho hầu như không bị hạn chế, chiều cao kho có thể lên tới 12m. Các tấm trần dài đến 5m chưa cần phải đỡ. Khi dài hơn 5m người ta bố trí dầm đỡ phía dưới hoặc dầm treo bằng khung thép hàn phía trên.

Hình 14.9 giới thiệu kết cấu của kho lạnh lắp ghép của công ty kỹ nghệ lạnh Searefico thuộc Seaprodex Thành phố Hồ Chí Minh. Theo Searefico, kích thước của panel không phải cố định (tiêu chuẩn) mà có thể thay đổi theo yêu cầu thiết kế, kết cấu cứng vững và lâu bền, liên kết chắc chắn nhờ khóa cam lock thiết bị đóng gói hiện đại giúp cho việc vận chuyển được dễ dàng và an toàn, lắp đặt nhanh chóng dễ dàng, chiều cao panel đến 12m, chiều dày đến 200mm thích hợp cho các kho cao có bố trí kệ di động, đáp ứng các tiêu chuẩn vệ sinh được phẩm FDA/HACCP.



Hình 14.9. Kết cấu kho lạnh lắp ghép của Searefico

Các tấm đáy được thiết kế đặc biệt để không bị thấm nước làm hỏng cách nhiệt, có bố trí ống thoát nước để nước dễ dàng chảy ra ngoài.

14.3.4. Cấu tạo panel

14.3.4.1. Độ dày panel và hệ số truyền nhiệt

Bảng 14.8 giới thiệu độ dày panel tiêu chuẩn, hệ số truyền nhiệt và lĩnh vực ứng dụng của kho lạnh.

Bảng 14.8. Độ dày panel, hệ số k và lĩnh vực ứng dụng của kho lạnh

TT	Chiều dày mm	Hệ số truyền nhiệt K W/m ² K	Lĩnh vực ứng dụng của kho
1	50	0,43	Điều hòa không khí ở các khu vực công nghiệp, nhiệt độ trong phòng 20 ⁰ C
2	75	0,30	Kho lạnh nhiệt độ dương 0 ÷ 5 ⁰ C Vách ngăn kho lạnh -18 ⁰ C
3	100	0,22	Kho lạnh -18 ⁰ C Vách ngăn kho lạnh -25 ⁰ C
4	125	0,18	Kho lạnh -20 ⁰ C ÷ -25 ⁰ C Vách ngăn kho lạnh -35 ⁰ C
5	150	0,15	Kho lạnh -25 ⁰ C ÷ -30 ⁰ C Vách ngăn kho lạnh -40 ⁰ C
6	175	0,13	Kho lạnh (phân phối) đến -35 ⁰ C
7	200	0,11	Kho lạnh đông sâu đến -60 ⁰ C

14.3.4.2. Vật liệu panel

Vật liệu bề mặt phủ 2 bên panel là vật liệu hoàn toàn cách ẩm, có thể là nhựa, nhôm lá hoặc thép lá cần có tuổi thọ ngang với tuổi thọ của kho lạnh. Những vật liệu hay được sử dụng hiện nay là:

- Tôn mạ mầu (colorbond steel sheet) dày 0,5mm
- Tôn phủ lớp PVC (PVC coated steel sheet) dày 0,6mm
- Tôn inox (stainless steel sheet) dày 0,5mm

Các tấm có thể ở dạng phẳng nhưng cũng có thể cán sóng để tăng cường độ cứng vững cho panel.

Vật liệu cách nhiệt là polyurethane phun, khối lượng riêng 38 ÷ 40 kg/m³, cường độ chịu nén 0,20 đến 0,29 MPa, tỷ lệ điền đầy bọt trong panel 95%; chất tạo bọt là R141b không phá hủy ôzôn (chất tạo bọt cũ là R11).

Chiều dài tối đa của panel là 12m.

Chiều rộng tối đa của panel là 1,2m.

Chiều rộng tiêu chuẩn là 300, 600, 900 và 1200mm.

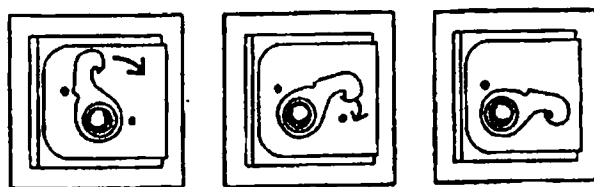
Chiều dày tiêu chuẩn là 50, 75, 100, 125, 150 và 175mm.

Phương pháp lắp ghép: mộng âm dương hoặc camlock.

14.3.5. Chi tiết lắp ghép

14.3.5.1. Khóa cam (camlock)

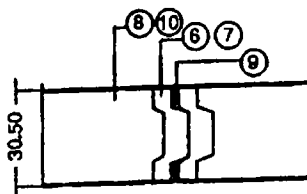
Hình 14.10 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của khóa cam. Cơ cấu móc bên trái nằm ở mép một panel, chốt ngang nằm ở vị trí tương ứng ở mép panel cần ghép nối. Khi đặt 2 panel cạnh nhau, dùng chìa khóa (thường là loại khóa chìm 6 cạnh) quay theo chiều kim đồng hồ 1/4 vòng thì móc đã ăn khớp vào chốt của panel đối diện, khi quay thêm 1/4 vòng nữa (quay đến khi chặt) thì cơ cấu cam kéo chốt về bên trái siết chặt 2 tấm panel vào với nhau. Khóa cam thường dùng cho các loại kho lạnh lắp ghép nhỏ.



Hình 14.10. Nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của khóa cam

14.3.5.2. Mộng âm dương

Mộng âm dương thường được sử dụng kết hợp với khóa cam để tăng hiệu quả cách nhiệt. Nguyên tắc cấu tạo là một cạnh panel bố trí khe còn cạnh tương ứng của panel ghép có vấu lồi để ăn khớp hoàn toàn với nhau (hình 14.11), qua đó tránh được khe hở ở mỗi ghép panel với nhau, với trần, nền... Mộng âm dương kết hợp với nẹp giữ được sử dụng cho các kho lạnh lắp ghép cỡ lớn.

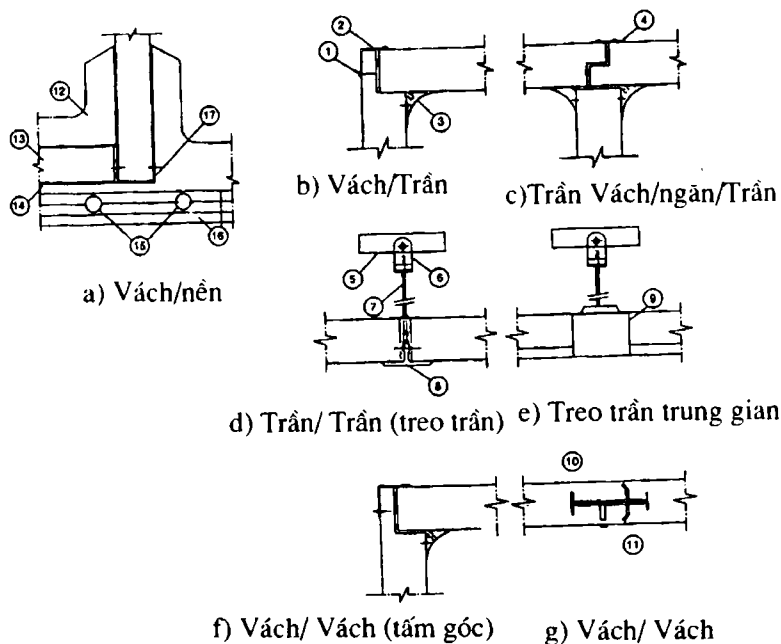


Hình 14.11. Mộng âm dương cho panel và vách/sàn

6 - Bờ mép; 7 - Nẹp nhôm; 8 - Xốp polyurethane;
9 - Silicon làm kín; 10 - Xốp khoáng

14.3.5.3. Các chi tiết lắp ghép khác

Các chi tiết lắp ghép khác được biểu diễn trên các hình 14.12 a ÷ g. Đó là các mối lắp ghép giữa vách và nền; vách và trần; trần vách ngăn và trần; vách (tấm góc) và trần; giữa vách và vách cũng như các cơ cấu treo trần.



Hình 14.12. Các chi tiết lắp ghép

- a) Vách/ Nền; b) Vách/ Trần; c) Trần/ Vách ngăn/ Trần; d) Cơ cấu treo trần; e) Cơ cấu treo trần trung gian; f) Vách (tấm góc)/Trần; g) Vách/ Vách. 1 - Tán rivê; 2 - Thanh nhôm hình L; 3 - Thanh nhựa profil bán kính; 4 - Miếng che mối ghép bằng thép; 5 - Khung dầm thép treo mái; 6 - Tấm treo; 7 - Thanh treo trần có tăng đơ; 8 - Tấm nhựa ốp chữ T; 9 - Tấm đệm treo; 10 - Khóa cam; 11 - Núm che lỗ khóa cam; 12 - Nền bê tông kho lạnh; 13 - Cách nhiệt nền kho; 14 - Lớp cách ẩm (bitum + giấy dầu); 15 - ống thông hơi nền kho; 16 - Lớp bê tông lót; 17 - Thanh thép hình chữ U định vị

14.3.6. Cửa kho lạnh

Cửa buồng kho lạnh cũng là một chi tiết có nhiều yêu cầu đặc biệt.

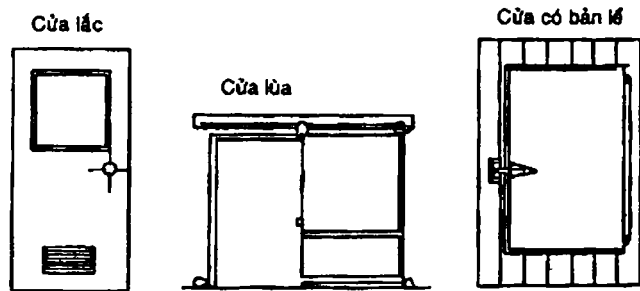
- Cần phải có cách nhiệt đủ dày để mặt ngoài không bị đọng sương.
- Cần phải đóng mở nhẹ nhàng, kín khít.
- Cần phải giữ được lạnh, không để cho không khí nóng lọt vào và tổn thất khí lạnh khi mở cửa.

- Khóa cửa và tay nắm phải làm việc tốt, nhẹ nhàng, không han rỉ và phải mở được cả phía trong (cơ cấu chống bị nhốt do vô ý).

- Cần phải đóng mở nhẹ nhàng ngay cả khi có băng giá đóng vào cửa.

Thường người ta bố trí sợi đốt điện để sưởi cửa để phòng băng dính chặt. Để chống tổn thất nhiệt, nhiều khi người ta làm cửa khổ lớn chum lên lối vào và còn bố trí thêm cửa treo ở phía trong.

Searefico chế tạo 3 loại cửa buồng lạnh là: Cửa lắc, cửa lùa và cửa có bản lề (hình 14.13), nhưng thông dụng nhất là cửa có bản lề với kiểu bản lề tự đóng. Khi mở ra cửa bị nâng lên theo chiều vít xoắn lên. Khi thả cửa ra, do sức nặng cửa tự trượt xuống và tự đóng lại.



Hình 14.13. Cửa lắc, cửa lùa và cửa có bản lề của Searefico

14.3.7. Một số kho lạnh lắp ghép dung tích lớn

Hình 14.14 giới thiệu một kho lạnh lắp ghép 500 tấn (2400m^3). Các kích thước cơ bản của kho lạnh như sau:

- Tổng mặt bằng rộng $30\text{m} \times \text{dài } 27\text{m} = 810\text{m}^2$
- 4 buồng bảo quản -25°C , mỗi buồng 125 tấn có kích thước rộng $13,3\text{m} \times 7,5\text{m} \approx 100\text{m}^2$. Chiều cao kho là 6m nên thể tích mỗi buồng là $100\text{m}^2 \times 6\text{m} = 600\text{m}^3$. Thể tích 4 buồng là $600\text{m}^3 \times 4 = 2400\text{m}^3$.
- Hành lang ở giữa đồng thời là phòng đệm có cửa đi vào 4 phòng bảo quản đông và ra hiện ô tô kích thước $3,6\text{m} \times 15\text{m} = 54\text{m}^2$.
- Phòng máy đặt phía sau có diện tích $12\text{m} \times 6\text{m} = 72\text{m}^2$ dạng mái vẩy.
- Hiện ô tô cùng dạng mái vẩy có kích thước dài $30\text{m} \times \text{rộng } 6\text{m} = 180\text{m}^2$ nằm phía trước phòng lạnh.

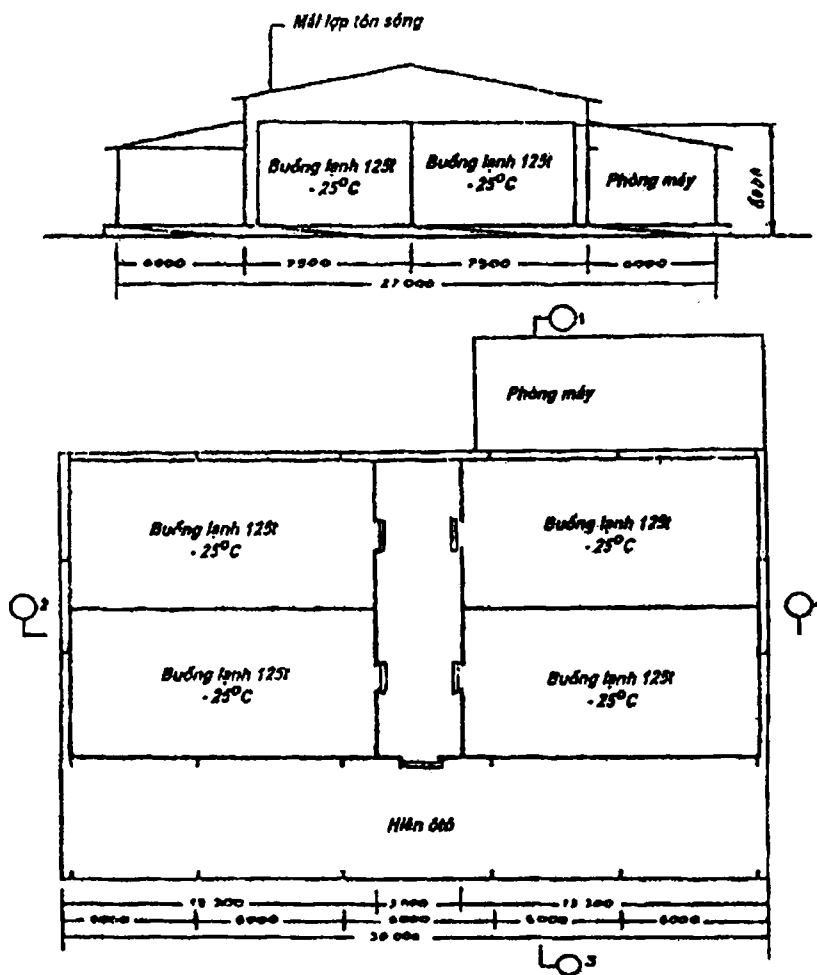
Hình 14.15 giới thiệu một mặt bằng kho lạnh lắp ghép 2000 tấn (11.600m^3), nhiệt độ bảo quản -25°C với các kích thước cơ bản như sau:

- Tổng mặt bằng rộng $72\text{m} \times \text{dài } 51\text{m} = 3672\text{m}^2$.
- Mỗi buồng bảo quản đông -25°C rộng $18\text{m} \times \text{dài } 27\text{m} = 486\text{m}^2$, chiều cao 6m nên thể tích mỗi buồng là 2916m^3 . Có 4 buồng nên thể tích bảo quản tổng là $2916\text{m}^3 \times 4 = 11664\text{m}^3$.
- Hành lang đồng thời là phòng đệm chạy dọc phía trước các phòng lạnh rộng $6\text{m} \times \text{dài } 72\text{m} = 432\text{m}^2$ có 4 cửa vào các buồng lạnh và 3 cửa thông ra hiện

ô tô.

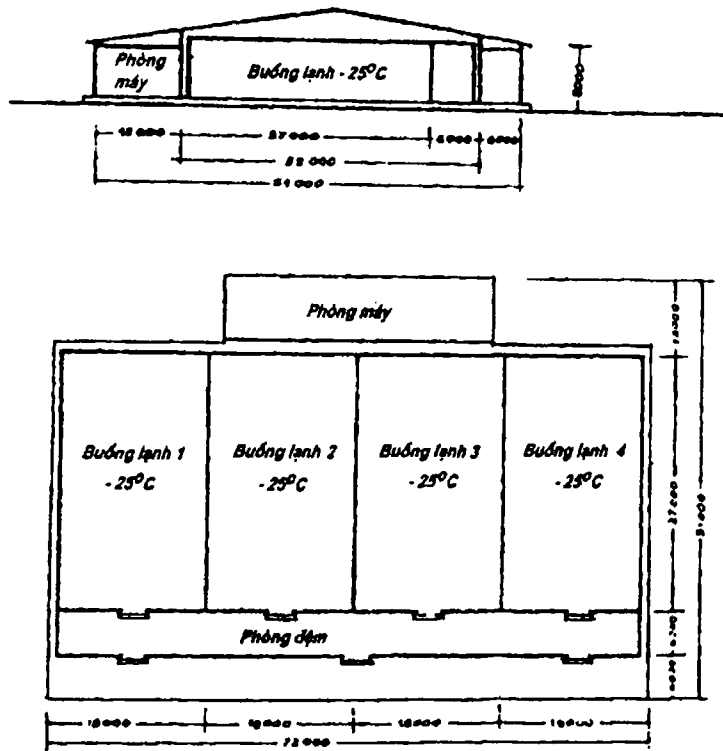
- Hiên ô tô cũng có chiều rộng 6m x chiều dài 72m = 432m² nằm phía trước phòng đệm.

- Phòng máy bố trí phía sau kho lạnh có kích thước 32m dài x 12m rộng = 384m².

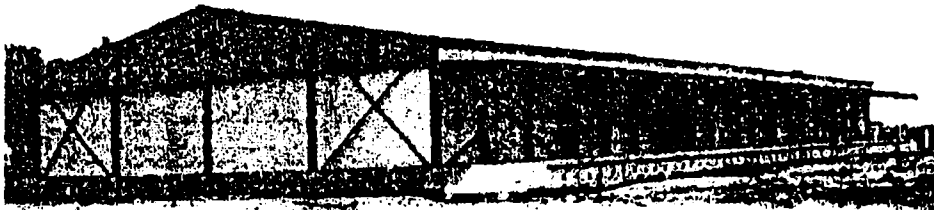


Hình 14.14. Mặt đứng và mặt bằng kho lạnh lắp ghép 500 tấn (2400m³)

Hình 14.16 giới thiệu hình ảnh kho lạnh lắp ghép dung tích lớn. Trên hình ta có thể thấy rõ sự kết hợp giữa các cơ cấu cách nhiệt panel của vách bao che với các kết cấu khung thép chịu lực và mái tôn của kho lạnh. Các cơ cấu này là rất nhẹ so với kho lạnh truyền thống xây dựng bằng vật liệu xây dựng như gạch, vữa, bê tông... nên đôi khi kho lạnh lắp ghép còn được là kho lạnh kết cấu nhẹ.



Hình 14.15. Mặt bằng và mặt đứng kho lạnh lắp ghép 2000 tấn



Hình 14.16. Hình dáng một kho lạnh lắp ghép với kết cấu khung thép chịu lực và mái tôn

Ngày nay, chiều cao kho lạnh lắp ghép một tầng được nâng lên đến 12m hoặc hơn, nên với cùng mặt bằng, khả năng chứa tải cũng được nâng lên. Tuy nhiên trong kho phải sử dụng các phương tiện vận tải và bốc xếp đặc biệt. Để đảm bảo sự đi lại của các phương tiện vận tải và bốc xếp nên kho lạnh được chú ý đặc biệt để có thể chịu được tải trọng của cả các phương tiện và cả tải trọng của hàng bảo quản. Thường phải sử dụng 2 lớp bê tông giăng, ở giữa có lớp cách nhiệt với dầm gỗ đỡ để vừa đảm bảo tải trọng vừa đảm bảo cách nhiệt kho lạnh.

Chương 15

TÍNH TOÁN CÂN BẰNG NHIỆT

15.1. ĐẠI CƯƠNG

Tính toán cân bằng nhiệt là tính toán các dòng nhiệt khác nhau đi từ ngoài môi trường vào phòng lạnh hoặc kho lạnh. Đây chính là dòng nhiệt tổn thất mà máy lạnh phải có đủ công suất để thải nó trở lại môi trường nóng đảm bảo sự chênh lệch nhiệt độ ổn định giữa phòng lạnh và không khí bên ngoài.

Mục đích cuối cùng của việc tính toán cân bằng nhiệt là để xác định năng suất lạnh của máy cân lắp đặt. Phòng lạnh có nhiều loại kể cả bể nước muối, cách tính tương tự nhau. Ở đây giới thiệu cách tính cho kho lạnh làm thí dụ.

Nếu là kho lạnh dùng máy lạnh cục bộ (mỗi buồng lạnh hoặc một cụm buồng lạnh có cùng nhiệt độ được bố trí một máy lạnh riêng) thì tính toán trong buồng lạnh và chọn thiết bị phù hợp.

Nếu là kho lạnh có chung một hệ thống lạnh trung tâm thì phải tính toán tổn thất nhiệt cho từng phòng để chọn dàn lạnh và toàn bộ kho lạnh để chọn năng suất lạnh tổng cho một hệ thống lạnh phù hợp. Khối lượng tính toán ở đây khá lớn và người ta thường sử dụng các bảng biểu tổng kết các kết quả tính toán để dễ bao quát và tránh nhầm lẫn.

Dòng nhiệt tổn thất vào kho lạnh Q được xác định bằng biểu thức sau:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, W \quad (15.1)$$

Q_1 - Dòng nhiệt đi qua kết cấu bao che;

Q_2 - Dòng nhiệt do sản phẩm tỏa ra (đặc biệt khi gia lạnh và kết đông);

Q_3 - Dòng nhiệt từ ngoài vào do thông gió phòng lạnh;

Q_4 - Dòng nhiệt từ các nguồn khác nhau khi vận hành;

Q_5 - Dòng nhiệt tỏa do hô hấp (chỉ có ở các loại rau, hoa, quả, trứng...).

Dòng nhiệt tổn thất $Q = \sum Q_i$ tại một thời điểm nhất định thì được gọi là phụ tải nhiệt của thiết bị lạnh. Đặc điểm của các dòng nhiệt là chúng thay đổi liên tục theo thời gian.

Q_1 - phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ bên ngoài, thay đổi theo giờ trong ngày và theo mùa trong năm;

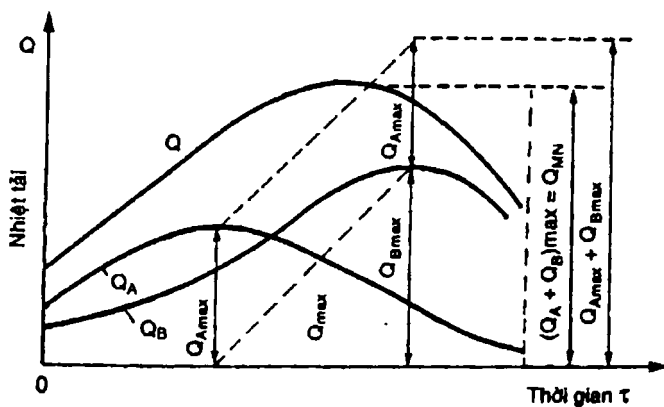
Q_2 - phụ thuộc vào thời vụ;

Q_3 - phụ thuộc vào loại hàng bảo quản. Các sản phẩm như thịt, bơ, sữa, cá không phải thông gió nhưng các sản phẩm thở như rau, hoa, quả, trứng phải thông gió để chúng thở;

Q_4 - phụ thuộc vào quy trình công nghệ chế biến và bảo quản;

Q_5 - phụ thuộc vào biến đổi sinh hoá của sản phẩm thở.

Công suất lạnh của hệ thống lạnh được thiết kế theo phụ tải nhiệt lớn nhất Q_{\max} mà ta ghi nhận được ở một thời điểm nào đó trong cả năm.



Hình 15.1. Sơ đồ tính phụ tải cho máy nén

Nhưng cần lưu ý rằng Q_{\max} không phải bằng tổng phụ tải max thành phần vì các phụ tải max không trùng pha với nhau vào một thời điểm. Hình 15.1 mô tả sơ đồ tính phụ tải cho máy nén lạnh, ví dụ từ hai phụ tải thành phần:

$$Q = f(\tau) = Q_A + Q_B$$

Phụ tải nhiệt của máy nén bằng Q tại mỗi thời điểm τ .

Để đáp ứng mọi phụ tải ở bất kỳ thời điểm nào cần phải chọn máy nén có phụ tải nhiệt lớn nhất Q_{\max} . Ở đây phải chọn $Q_{MN} = (Q_A + Q_B)_{\max}$. Không nên chọn tổng nhiệt tải thành phần max là $Q_{A\max} + Q_{B\max}$ vì như vậy là quá dư thừa.

Trường hợp một máy lạnh phục vụ cho nhiều phòng thì có sự khác nhau giữa phụ tải của máy nén và phụ tải của thiết bị. Cũng dùng đồ thị trên và giả sử Q_A là phụ tải nhiệt của phòng lạnh A còn Q_B là của phòng B thì trong khi phụ tải của máy nén là $(Q_A + Q_B)_{\max}$ thì phụ tải của thiết bị (dàn bay hơi) phòng A là $Q_{A\max}$ và của phòng B là $Q_{B\max}$ và tổng phụ tải thiết bị sẽ là $Q_{A\max} + Q_{B\max}$, lớn hơn phụ tải máy nén.

15.2. DÒNG NHIỆT QUA KẾT CẤU BAO CHE Q_1

$$Q_1 = Q_v + Q_n + Q_i + Q_{bx}$$

Q_v , Q_n , Q_i - dòng nhiệt tổn thất qua vách, nền và trần do chênh lệch nhiệt độ;

Q_{bx} - dòng nhiệt tổn thất qua tường và trần do ảnh hưởng của bức xạ mặt trời;

$$Q_v = k_1 F_v (t_1 - t_2) \quad (15.2)$$

k_1 - hệ số truyền nhiệt thực của kết cấu bao che, W/m^2K ;

F_v - diện tích bề mặt của kết cấu bao che, m^2 ;

t_1 - nhiệt độ môi trường bên ngoài, $^{\circ}C$;

t_2 - nhiệt độ phòng lạnh, $^{\circ}C$.

Để tính toán diện tích bề mặt tường bao người ta sử dụng:

a) Kích thước chiều dài tường ngoài:

- Đối với phòng ở cạnh kho lạnh lấy chiều dài từ giữa các trục tâm;
- Đối với phòng ở góc kho lấy chiều dài ở mép tường ngoài đến trục tâm tường ngăn.

b) Kích thước chiều dài tường trong (tường ngăn): từ bề mặt trong của tường ngoài đến tâm tường ngăn.

c) Chiều cao tường: từ mặt nền đến mặt trên của trần.

Diện tích của trần và của nền được xác định từ chiều dài và chiều rộng lấy từ tâm các tường ngăn hoặc từ bề mặt trong của tường ngoài đến tâm tường ngăn.

Nhiệt độ không khí bên trong lấy theo yêu cầu thiết kế.

Nhiệt độ bên ngoài là nhiệt độ trung bình của 4 ÷ 5 ngày nóng nhất trong năm ghi nhận được trong vòng 25 năm gần đây. Nếu không tìm được số liệu đó có thể tính t_1 theo biểu thức:

$$t_1 = 0,5(t_{tbmax} + t_{max}) \quad (15.3)$$

t_{tbmax} - nhiệt độ trung bình cao nhất của tháng nóng nhất;

t_{max} - nhiệt độ tuyệt đối cao nhất.

Ví dụ ở Hà Nội $t_{tbmax} = 32,7^{\circ}C$ và $t_{max} = 41,6^{\circ}C$ có $t_1 = 37,2^{\circ}C$.

Tuy nhiên, đối với các công trình đòi hỏi hệ số an toàn không cao có thể chọn nhiệt độ thấp hơn còn đối với công trình đòi hỏi hệ số an toàn cao hơn, có thể chọn nhiệt độ cao hơn. Các số liệu thời tiết có thể lấy theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4088-85.

Đối với các tường ngăn mở ra hành lang, phòng đệm không cần xác định

hiệu nhiệt độ bên ngoài mà hiệu nhiệt độ được lấy theo định hướng như sau:

- Bằng 70% hiệu nhiệt độ giữa môi trường và phòng lạnh, nếu lành lang và phòng đệm có cửa thông ra bên ngoài;

- Bằng 60% nếu lành lang và phòng đệm không có cửa thông ra bên ngoài.

Dòng nhiệt qua sàn lửng tính như đối với vách bao.

Dòng nhiệt qua nền có sưởi xác định theo biểu thức:

$$Q_n = k_n F_n (t_n - t_2); W \quad (15.4)$$

t_n - là nhiệt độ trung bình của nền khi có sưởi (thông thường $t_n = 4^\circ\text{C}$);

Nếu nền không có sưởi, dòng nhiệt qua nền xác định theo biểu thức:

$$Q_n = \sum k_q F_n (t_1 - t_2) m \quad (15.5)$$

k_q - hệ số truyền nhiệt quy ước tương ứng với từng vùng nền;

F_n - diện tích tương ứng với từng vùng nền, m^2 ;

t_1 - nhiệt độ không khí bên ngoài, $^\circ\text{C}$;

t_2 - nhiệt độ không khí trong phòng, $^\circ\text{C}$;

m - hệ số tính đến sự tăng tương đối trở nhiệt của nền khi có lớp cách nhiệt.

Giá trị của hệ số truyền nhiệt quy ước k_q , $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, lấy theo từng vùng là:

- vùng rộng 2m theo chu vi tường bao $k_q = 0,47$

- vùng rộng 2m tiếp theo về phía tâm phòng $k_q = 0,23$

- vùng rộng 2m tiếp theo $k_q = 0,12$

- vùng còn lại ở giữa phòng lạnh $k_q = 0,07$

Diện tích rộng 2m theo chu vi tường bao, ở góc tường được tính hai lần, vì được coi là có dòng nhiệt đi vào từ hai phía. Các diện tích phía trong không tính hai lần. Hệ số m tính theo biểu thức:

$$m = \frac{1}{1 + 1,25 \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right)} \quad (15.6)$$

δ - chiều dày các lớp nền, m;

λ - hệ số dẫn nhiệt của các lớp nền, W/mK ;

Nếu nền không có cách nhiệt thì $m = 1$.

Bề mặt tường ngoài và mái kho lạnh chịu ảnh hưởng trực tiếp của bức xạ mặt trời thì dòng nhiệt do bức xạ mặt trời được xác định như sau:

$$Q_{bx} = k_1 F_{bx} \Delta t_{12} \quad (15.7)$$

k_1 - hệ số truyền nhiệt thực của vách;

F_{bx} - diện tích nhận bức xạ trực tiếp;

Δt_{12} - hiệu nhiệt độ dư, đặc trưng ảnh hưởng bức xạ mặt trời.

Dòng nhiệt do bức xạ mặt trời phụ thuộc vào vị trí địa lý của kho lạnh, hướng của vách cũng như diện tích của nó.

Hiện nay chưa có những nghiên cứu về bức xạ mặt trời đối với các kho lạnh ở Việt Nam, vĩ độ địa lý từ 10 đến 25° vĩ bắc. Có thể lấy các giá trị định hướng sau cho tính toán:

- Đối với trần màu xám (bê tông, xi măng hoặc lớp phủ) lấy $\Delta t_{12} = 19K$, màu sáng lấy 16K.

- Đối với tường lấy Δt_{12} theo bảng 15.1.

Bảng 15.1. Hiệu nhiệt độ dư Δt_{12} theo hướng và tính chất bề mặt vách

Hướng Vĩ độ Vách	Nam			Đông Nam	Tây Nam	Đông	Tây	Tây Bắc	Đông Bắc	Bắc
	10°	20°	30°	Từ 10° đến 30°						
Bê tông	0	2	4	10	11	11	13	7	6	0
Vữa thấm màu	0	1,6	3,2	8	10	10	12	6	5	0
Vôi trắng	0	1,2	2,4	5	7	7	8	4	3	0

Cho mỗi phòng lạnh, người ta chỉ tính dòng nhiệt bức xạ mặt trời qua mái và qua một bức tường nào đó có tổn thất bức xạ lớn nhất. Ví dụ có nhiệt độ dư lớn nhất (hướng Tây) hoặc có diện tích lớn nhất, bỏ qua các bề mặt tường còn lại.

Trong kho lạnh, có nhiều phòng với nhiệt độ khác nhau. Khi tính nhiệt cho phòng có nhiệt độ cao bố trí ngay cạnh phòng có nhiệt độ thấp hơn ta gặp trường hợp dòng nhiệt tổn thất là âm vì nhiệt không truyền vào mà truyền ra ngoài, vào phòng có nhiệt độ thấp hơn. Trong trường hợp này, ta lấy tổn thất nhiệt của vách bằng 0 để tính phụ tải cho thiết bị (dàn bay hơi) còn lấy đúng giá trị âm để tính phụ tải cho máy nén. Như vậy, dàn bay hơi vẫn đủ diện tích để làm lạnh buồng trong khi buồng bên lạnh hơn ngừng hoạt động.

15.3. DÒNG NHIỆT DO SẢN PHẨM TOẢ RA Q_2

Dòng nhiệt do sản phẩm toả ra khi xử lý lạnh như gia lạnh, kết đông và hạ nhiệt độ tiếp tục trong phòng bảo quản đông được tính theo biểu thức:

$$Q_2 = M(h_1 - h_2) \frac{1000}{24.3600} \quad (15.8)$$

Bảng 15. 2. Entanpy của sản phẩm, kJ/kg, ở nhiệt độ khác nhau, °C

Sản phẩm t, °C	-20	-18	-15	-12	-10	-8	-5	-3	-2	-1	0	1	2	4	8	10	12	15	20	25	30	35	40
- Thịt bò già cấm	0	4,6	13,0	22,2	30,2	39,4	57,3	75,3	98,8	185,5	232,2	235,5	238,2	245,5	248,2	264,5	270,8	280,4	296,8	312,0	329,0	345,0	361,0
- Thịt cừu	0	4,6	12,6	21,8	29,8	38,5	55,6	74,0	95,8	179,5	224,0	227,0	230,0	236,3	249,0	255,3	271,2	271,2	286,7	301,8	314,0	334,0	349,8
- Thịt lợn	0	4,6	12,2	21,4	28,9	34,8	54,4	73,3	91,6	170,0	211,8	214,7	217,8	224,0	235,8	241,7	248,2	256,8	272,5	287,7	301,8	317,8	332,2
- Sản phẩm phụ của thịt	0	5,0	13,8	24,4	33,2	43,1	62,8	87,9	109,6	204,0	261,0	264,5	268,3	273,3	289,2	296,0	302,2	312,8	330,6	348,0	366,0	384,0	401,0
- Cá gầy	0	5,0	14,3	24,8	33,6	43,5	64,0	88,4	111,6	212,2	265,8	269,5	272,9	280,0	293,9	301,0	308,0	314,4	336,0	353,6	371,0	388,0	406,0
- Cá béo	0	5,0	14,3	24,4	32,7	42,3	62,5	85,5	106,2	199,8	249,0	252,0	256,0	262,6	277,0	283,0	290,0	300,4	317,4	334,4	351,5	369,0	385,0
- Trứng	-	-	-	-	-	-	-	227,4	230,2	233,8	237,0	240,0	243,3	249,8	262,4	268,7	274,3	284,4	300,0	316,2	331,5	347,5	362,7
- Mỡ động vật	0	3,8	10,1	10,1	23,5	29,3	40,6	50,5	60,4	91,6	95,0	98,8	101,4	106,5	121,4	129,8	138,6	155,3	182,8	204,2	221,4	240,0	253,6
- Sữa nguyên chất	0	5,5	14,3	14,3	32,7	42,3	62,8	88,7	111,2	184,2	317,8	322,8	326,8	334,4	350,7	358,5	366,0	378,0	398,0	418,0	437,0	458,0	477,0
- Sữa chua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3,2	8,0	15,9	31,4	39,4	47,3	59,0	78,6	98,4	118,0	-	-
- Kem chua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8,3	5,9	13,0	29,3	36,8	44,4	55,2	73,7	95,8	110,6	-	-
- Pho mát tươi	0	9,4	26,8	26,8	53,2	63,7	85,9	103,0	-	192,6	299,1	302,2	205,5	313,0	326,9	334,0	334,3	351,5	369,4	387,2	404,7	-	-
- Pho mát	-	-	-	-	-	1,3	5,5	11,3	14,3	16,7	19,7	22,7	25,2	31,0	42,3	47,7	53,2	61,5	75,7	89,6	103,8	-	-
- Kem	0	7,1	19,7	19,7	46,9	62,4	105,3	178,8	221,0	224,4	227,4	230,8	234,0	240,9	254,4	264,0	267,9	277,8	294,8	311,0	328,0	344,6	361,4
- Nho, mơ, anh, đào	0	7,5	20,6	20,6	49,8	66,5	116,0	202,2	229,0	232,6	235,8	239,5	242,9	250,2	264,5	271,8	278,6	289,6	307,0	325,5	343,0	360,5	378,0
- Quả các loại	0	6,7	17,2	29,2	38,5	51,0	82,9	139,0	211,0	267,9	271,7	274,3	274,0	286,7	302,0	308,0	317,0	328,0	346,5	365,6	384,8	403,0	421,0

h_1, h_2 - entanpi của sản phẩm trước và sau khi xử lý lạnh, kJ/kg, lấy theo bảng 15.2;

M - năng suất buồng gia lạnh, kết đông hoặc lượng hàng nhập vào các buồng bảo quản lạnh hoặc đông, t/24h;

1000 : (24.3600) - hệ số chuyển đổi từ t/24h ra kg/s;

Q_2 - dòng nhiệt do sản phẩm tỏa ra, kW.

Nếu không có các số liệu cụ thể để tính Q_2 , có thể lấy các số liệu định hướng sau đây để tính toán:

Khối lượng hàng nhập vào buồng bảo quản lạnh trong một ngày đêm M_1 khi tính phụ tải nhiệt cho máy nén.

$$M_1 = \frac{E_1 \cdot B \cdot m}{365} = 0,025 E_1, \text{ t/24h}; \quad (15.9)$$

E_1 - dung tích buồng bảo quản lạnh, t;

M - hệ số nhập hàng không đồng đều (đối với kho lạnh phân phối $m = 15$);

365 - số ngày kho nhập hàng trong một năm;

B - hệ số quay vòng hàng, đối với kho lạnh phân phối $B = 5 \div 6$ lần/năm.

Khối lượng hàng nhập vào phòng bảo quản đông trong một ngày một đêm dùng để xác định phụ tải nhiệt cho máy nén:

$$M_d = \frac{E_d \cdot \Psi \cdot B \cdot m}{365} = (0,027 \div 0,035) E_d, \text{ t/24h}; \quad (15.10)$$

M_d - khối lượng hàng nhập vào phòng bảo quản đông, t/24h;

E_d - dung tích phòng bảo quản đông, t;

Ψ - tỷ lệ nhập có nhiệt độ không cao hơn -8°C đưa trực tiếp vào phòng bảo quản đông. Trong thời gian bảo quản, lượng hàng này sẽ được hạ nhiệt độ xuống nhiệt độ phòng. Đối với kho lạnh phân phối: $\psi = 0,65 \div 0,85$

$m = 2,5$

$B = 5 \div 6$ lần/năm

Khối lượng hàng nhập vào phòng kết đông trong một ngày một đêm được tính theo biểu thức:

$$M_{kd} = \frac{E_{kd} (1 - \Psi) B \cdot m}{365}, \text{ t/24h}; \quad (15.11)$$

$(1 - \Psi)$ - tỉ lệ hàng có nhiệt độ cao hơn -8°C được đưa vào phòng kết đông trước khi đưa vào phòng bảo quản. Các hệ số B và m lấy như ở biểu

thức (3 – 10).

Khi tính Q_2 cho phụ tải thiết bị, lấy khối lượng hàng nhập trong một ngày đêm vào phòng bảo quản lạnh và bảo quản đông bằng 8% dung tích phòng nếu dung tích phòng nhỏ hơn 200t và bằng 6% dung tích phòng nếu dung tích phòng lớn hơn 200t.

Vì hoa quả có thời vụ, nên đối với kho lạnh xử lý và bảo quản hoa quả, khối lượng hàng nhập vào trong một ngày đêm tính theo biểu thức:

$$M = \frac{E.B.m}{120}, t/24h \quad (15.12)$$

B - hệ số quay vòng hàng, $B = 8 \div 10$;

m - hệ số nhập hàng không đồng đều, $m = 2 \div 2,5$;

120 - hệ số ngày nhập hàng trong một năm.

Theo biểu thức (15.12) $M = 10 \div 15\%$ dung tích kho lạnh.

Đối với kho lạnh trung chuyển cá, số lượng hàng nhập về ngày đêm bằng 10% dung tích phòng.

Đối với kho lạnh của nhà máy liên hợp thịt, khối lượng hàng nhập vào kho lạnh trong một ngày đêm bằng năng suất của nhà máy liên hợp.

Để xác định được entanpy của sản phẩm trước và sau khi xử lý lạnh cần biết được nhiệt độ cụ thể hoặc nhiệt độ trung bình của sản phẩm trước và sau khi xử lý lạnh.

Nhiệt độ của sản phẩm vào kho lạnh phụ thuộc vào loại kho lạnh, đặc tính của sản phẩm cũng như quá trình xử lý lạnh. Ví dụ, hàng nhập vào kho lạnh chế biến và bảo quản tạm thời cao hơn nhiệt độ của hàng nhập vào kho lạnh phân phối hoặc thương nghiệp.

Đối với kho lạnh phân phối, nhiệt độ hàng nhập vào lấy bằng $5 \div 6^\circ\text{C}$. Các sản phẩm này được làm lạnh tiếp xuống trong phòng bảo quản. Nếu kho lạnh có phòng gia lạnh sơ bộ thì sản phẩm được làm lạnh sơ bộ xuống đến nhiệt độ bảo quản và dòng Q_2 không tính cho phòng bảo quản. Nhiệt độ của sản phẩm chưa được làm lạnh sơ bộ lấy bằng 5 đến 8°C thấp hơn nhiệt độ môi trường khi nhập vào phòng lạnh.

Các sản phẩm lạnh đông bị nóng lên trên -8°C trên đường vận chuyển (khoảng $15 \div 35\%$ tổng khối lượng nhập vào kho lạnh) sẽ được chuyển vào phòng kết đông. Ở phòng kết đông, nhiệt độ của chúng được hạ xuống đến

nhệt độ bảo quản -20°C . Số sản phẩm có nhiệt độ thấp hơn -8°C ($65 \div 85\%$ khối lượng hàng nhập vào kho) sẽ được đưa thẳng vào phòng bảo quản đông, ở đây các hàng này cũng sẽ được hạ nhiệt độ xuống đến -20°C . Bởi vậy hàng nhập vào phòng kết đông lấy là -6°C và hàng nhập thẳng vào phòng bảo quản đông lấy là $-8^{\circ}\text{C} \div -10^{\circ}\text{C}$.

Nhiệt độ sản phẩm xuất ra lấy bằng nhiệt độ phòng lạnh nếu thời gian bảo quản đủ dài (từ 4 đến 5 ngày trở lên). Nhiệt độ phòng bảo quản lạnh lấy là 0°C và bảo quản đông lấy là -20°C .

Hàng thực phẩm nhập vào một số kho lạnh thương nghiệp nhỏ có nhiệt độ từ -12 đến -15°C .

Lượng hàng xuất ra khỏi kho lạnh không cần dùng để tính phụ tải nhiệt mà chỉ để tính năng suất các phương tiện vận tải.

$$M_x = \frac{E.B.m}{265}, t/24h \quad (15.13)$$

M_x - lượng hàng xuất, t/24h;

265 - số ngày xuất hàng trong một năm;

Các hệ số B, m lấy theo biểu thức (15.9).

Khi tính toán dòng nhiệt cho các sản phẩm toả ra, cần lưu ý là nhiều sản phẩm được bảo quản trong bao bì, do đó phải tính cả tải nhiệt do bao bì toả ra khi làm lạnh sản phẩm.

Dòng nhiệt toả ra từ bao bì Q_{2b} :

$$Q_{2b} = M_b.C_b(t_1 - t_2) \frac{1000}{24.3600}, \text{ kW} \quad (15.14)$$

M_b - khối lượng bao bì đưa vào cùng sản phẩm, t/24h;

C_b - nhiệt dung riêng của bao bì;

$1000/(24.3600)$ – hệ số chuyển đổi từ t/24h ra kg/s.

Khối lượng bao bì bằng $10 \div 30\%$ khối lượng hàng, đặc biệt bao bì thủy tinh tới 100% . Bao bì gỗ chiếm khoảng 20% khối lượng hoa quả: cứ 100kg hoa quả cần 20kg bao bì gỗ.

Nhiệt dung riêng của bao bì lấy như sau:

Bao bì gỗ: $2,5\text{kJ/kgK}$

Bìa cactông: $1,46\text{kJ/kgK}$

Kim loại: $0,46\text{kJ/kgK}$

Thủy tinh: 0,835 kJ/kgK

Trong các kho lạnh thương nghiệp và đời sống, sản phẩm bảo quản chỉ được làm lạnh (không có nhiệt ẩn hoá đông) nên dòng nhiệt Q_2 có thể tính theo biểu thức:

$$Q_2 = (M.C + M_b.C_b) \cdot (t_2 - t_1) \cdot \frac{1000}{24.3600}, \text{ kW} \quad (15.15)$$

M - khối lượng hàng nhập vào kho, t/24h;

M_b - khối lượng bao bì kèm hàng, t/24h;

C và C_b - nhiệt dung riêng của hàng và của bao bì, kJ/kgK.

Khối lượng hàng nhập vào kho lạnh thương nghiệp M phụ thuộc vào số ngày bảo quản trong kho. Nếu bảo quản 1 ÷ 2 ngày lấy $M = E$, bảo quản 3 ÷ 4 ngày lấy $M = 0,5E$ và nếu bảo quản từ 5 ngày trở lên lấy $M = 0,3E$.

Nhiệt dung riêng của sản phẩm lấy theo bảng 15.3.

Bảng 15.3. Nhiệt dung riêng của một số sản phẩm

Sản phẩm	C, kJ/kgK	Sản phẩm	C, kJ/kgK
Thịt bò	3,44	Sữa	3,94
Thịt lợn	2,98	Váng sữa	3,86
Thịt cừu	2,89	Kem sữa chua	3,02
Cá gầy	3,62	Pho mát	2,10 ÷ 2,52
Cá béo	2,94	Trứng	3,35
Hàng thực phẩm	2,94 ÷ 3,35	Rau quả	3,44 ÷ 3,94
Dầu động vật	2,68	Bia, nước quả	3,94

Nhiệt độ t_1 lấy từ 5 đến 8°C. Nhiệt độ t_2 lấy bằng nhiệt độ bảo quản trong phòng lạnh. Trường hợp quãng đường vận chuyển xa, nhiệt độ sản phẩm tăng cao hơn thì phải lấy nhiệt độ tương ứng khi nhập vào kho.

15.4. DÒNG NHIỆT DO THÔNG GIÓ PHÒNG LẠNH Q_3

Dòng nhiệt Q_3 chỉ tính toán cho các phòng lạnh bảo quản rau quả và các sản phẩm “thở” như trứng. Dòng nhiệt chủ yếu do không khí tươi đưa vào thay thế cho sản phẩm “thở”. Dòng nhiệt Q_3 được xác định qua biểu thức:

$$Q_3 = M_k(h_1 - h_2) \quad (15.16)$$

M_k - lưu lượng không khí của quạt thông gió, kg/s;

h_1 và h_2 - entanpy của không khí ở ngoài và ở trong phòng, kJ/kg, xác định trên đồ thị entanpy - độ chứa hơi h – x của không khí ẩm theo t và φ tương ứng.

Lưu lượng quạt thông gió M_k có thể xác định theo biểu thức:

$$M_k = \frac{V \cdot a \cdot \rho_k}{24 \cdot 3600}, \text{ kg/s} \quad (15.17)$$

V - thể tích phòng bảo quản cần thông gió, m^3 ;

a - bội số tuần hoàn, hay số lần thay đổi không khí trong một ngày đêm, lần/24h;

ρ_k - khối lượng riêng của không khí ở nhiệt độ và độ ẩm trong phòng lạnh, kg/m^3 .

Trong các kho lạnh thương nghiệp và đời sống, các phòng bảo quản rau hoa quả và phòng bảo quản phế phẩm được thông gió.

Các phòng bảo quản rau hoa quả được trang bị quạt thông gió hai chiều đảm bảo thông gió với bội số tuần hoàn 4 lần trong 24h.

Các phòng bảo quản phế phẩm dùng quạt thổi ra đảm bảo bội số tuần hoàn 10 lần trong một giờ.

Dòng nhiệt Q_3 dùng để tính cho tải nhiệt của máy nén và của thiết bị.

15.5. CÁC DÒNG NHIỆT VẬN HÀNH Q_4

$$Q_4 = Q_{41} + Q_{42} + Q_{43} + Q_{44}$$

Q_{41} - dòng nhiệt do chiếu sáng;

Q_{42} - dòng nhiệt do người toả ra;

Q_{43} - dòng nhiệt do các động cơ điện;

Q_{44} - dòng nhiệt tổn thất khi mở cửa.

Các dòng nhiệt này được tính vào phụ tải nhiệt của máy nén và thiết bị.

1. Dòng nhiệt do chiếu sáng được tính theo biểu thức:

$$Q_{41} = AF, \quad W \quad (15.18)$$

F - diện tích phòng lạnh;

A - công suất chiếu sáng riêng, W/m^2 ; đối với phòng bảo quản $A = 1,2 W/m^2$; đối với phòng chế biến $A = 4,5 W/m^2$.

2. Dòng nhiệt do người toả ra được xác định theo biểu thức:

$$Q_{42} = 350 \cdot n, \quad W \quad (15.19)$$

n - số người làm việc trong phòng;

350 - nhiệt lượng do một người thải ra khi làm việc nặng, $W/người$.

Số người làm việc trong buồng phụ thuộc vào công nghệ gia công, chế biến, vận chuyển, bốc xếp... Nếu không có số liệu cụ thể có thể lấy các số liệu

định hướng sau: nếu phòng nhỏ hơn 200m^2 $n = 2 \div 3$ người và phòng lớn hơn 200m^2 $n = 3 \div 4$ người.

3. Dòng nhiệt do các động cơ điện tỏa ra

Các động cơ điện, ví dụ của dàn quạt thiết bị bay hơi, của quạt thông gió, của các máy móc gia công chế biến, của xe nâng vận chuyển... Khi hoạt động tỏa ra một dòng nhiệt. Dòng nhiệt đó có thể xác định theo biểu thức:

$$Q_{43} = 1000 \cdot N \cdot \varphi, \quad W \quad (15.20a)$$

N - tổng công suất của động cơ điện, kW;

φ - hệ số hoạt động đồng thời, %. Nếu tất cả các động cơ đều hoạt động đồng thời thì $\varphi = 1$.

Nếu không có các số liệu về tổng công suất động cơ lắp đặt có thể lấy các số liệu định hướng sau:

Phòng bảo quản lạnh $N = 1 \div 4$ kW;

Phòng gia lạnh $N = 3 \div 8$ kW;

Phòng kết đông $N = 8 \div 16$ kW.

Phòng có diện tích nhỏ lấy giá trị nhỏ và ngược lại.

Đối với các động cơ bố trí ngoài phòng lạnh như quạt thông gió, quạt dàn lạnh tính theo biểu thức:

$$Q_{43} = 1000 N \cdot \varphi \cdot \eta, \quad W \quad (15.20b)$$

η - hiệu suất động cơ.

4. Dòng nhiệt khi mở cửa được tính toán qua biểu thức:

$$Q_{44} = B \cdot F, \quad W \quad (15.21)$$

B - dòng nhiệt riêng khi mở cửa, W/m^2 , lấy theo bảng 15.4.

F - diện tích phòng, m^2 .

Bảng 15.4. Dòng nhiệt riêng B khi mở cửa theo diện tích phòng

Tên phòng	B, W/m^2 đối với F, m (chiều cao phòng 6m)		
	đến $50 m^2$	$50 + 150 m^2$	$> 150 m^2$
Gia lạnh, trữ lạnh và bảo quản cá	23	12	10
Bảo quản lạnh	29	15	12
Kết đông	32	15	12
Bảo quản đông	22	12	8
Xuất nhập	78	32	20

Dòng nhiệt do mở cửa phòng không chỉ phụ thuộc vào tính chất của phòng, diện tích phòng mà còn phụ thuộc vào sự vận hành của cửa. Thợ chuyên

môn bạc cao vận hành tốt hơn có thể giảm đáng kể dòng nhiệt do mở cửa, ngay cả việc bố trí ra vào hợp lí làm cho số lần đóng mở và qua đó dòng nhiệt do mở cửa cũng giảm.

Dòng nhiệt vận hành Q_4 là tổng các dòng nhiệt thành phần. Đối với các kho lạnh thương nghiệp và đời sống, dòng nhiệt vận hành Q_4 có thể lấy như sau:

- Đối với các phòng bảo quản lạnh thịt, gia cầm, đồ ăn chín, mỡ, sữa, rau quả, cá, đồ uống, phế phẩm lấy $11,6 \text{ W/m}^2$;

- Đối với phòng bảo quản thức ăn chế biến sẵn, đồ ăn, bánh kẹo là 29 W/m^2 ;

- Đối với một số trường hợp lấy gần đúng bằng $10 \div 40\%$ dòng nhiệt qua kết cấu bao che và thông gió:

$$Q_4 = (0,1 \div 0,4)(Q_1 + Q_3) \quad (15.22)$$

15.6. DÒNG NHIỆT DO HOA QUẢ "HÔ HẤP" Q_5

$$Q_5 = E(0,1q_n + 0,9q_{bq}), \text{ W} \quad (15.23)$$

E - dung tích kho lạnh, t;

q_n và q_{bq} - dòng nhiệt tỏa ra khi nhập sản phẩm vào kho lạnh với nhiệt độ ban đầu và sau đó hạ xuống nhiệt độ bảo quản, W/t tra theo bảng 15.5.

Dòng nhiệt này được tính theo toàn bộ dung tích của phòng.

Bảng 15.5. Dòng nhiệt tỏa ra khi sản phẩm thở (W/t) và ở các nhiệt độ khác nhau

Thứ tự	Rau quả	Nhiệt độ t, °C				
		0	2	5	15	20
1	Mơ	18	27	50	154	199
2	Chanh	9	13	20	46	58
3	Cam	11	13	19	56	69
4	Đào	19	22	41	131	181
5	Lê xanh	20	27	46	161	178
6	Lê chín	11	21	41	126	218
7	Táo xanh	19	21	31	92	121
8	Táo chín	11	14	21	58	73
9	Mận	21	35	65	184	232
10	Nho	9	17	24	49	78
11	Hành	20	21	26	31	58
12	Bắp cải	33	36	51	121	195
13	Khoai tây	20	22	24	36	44
14	Cà rốt	28	34	38	87	135
15	Dưa chuột	20	24	34	121	175
16	Salát	38	44	51	188	340
17	Củ cải đỏ	20	28	34	116	214
18	Rau Spinat	83	119	199	524	900

15.7. BẢNG TỔNG HỢP KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Đối với những kho lạnh nhiều phòng có các chế độ nhiệt độ khác nhau, để tiện theo dõi, các kết quả tính toán nên đưa vào bảng tổng hợp như sau:

Bảng tổng hợp kết quả tính cân bằng nhiệt

Thứ tự	Phòng	Nhiệt độ phòng	Q ₁		Q ₂		Q ₃	Q ₄		Q ₅	ΣQ	
			Thiết bị	Máy nén	Thiết bị	Máy nén		Thiết bị	Máy nén		Thiết bị	Máy nén
1	Bảo quản 1											
2	Bảo quản 2											
3	Gia lạnh...											

Phụ tải nhiệt cho thiết bị (dàn bay hơi hoặc dàn nước muối) được ghi vào cột thiết bị còn phụ tải nhiệt cho máy nén được ghi vào cột máy nén.

Có thể phân ra từng nhóm phòng có cùng nhiệt độ. Thường trong kho lạnh có ba chế độ nhiệt độ gần giống nhau là:

- Phòng gia lạnh và bảo quản nhiệt độ từ -2 đến 4°C;
- Phòng bảo quản đông nhiệt độ từ -18 đến -20°C;
- Phòng đông nhiệt độ từ -30 đến -35°C.

Với mỗi nhóm phòng có nhiệt độ tương đối giống nhau, người ta thường chọn một phương pháp làm lạnh phòng phù hợp với nhiệt độ sôi môi chất phù hợp.

15.8. XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI NHIỆT CHO MÁY NÉN VÀ THIẾT BỊ

Phụ tải nhiệt cho thiết bị và cho máy nén được xác định theo biểu thức (15.1) và lấy giá trị max tính được.

Tuy nhiên theo tiêu chuẩn của Nga “Quy chuẩn thiết kế công nghệ kho lạnh” thì phụ tải nhiệt cho máy nén chỉ lấy 80% Q_{1max} cho các kho lạnh nhiệt độ -20°C và 60% Q_{1max} cho kho lạnh nhiệt độ 0°C.

Đối với kho lạnh công nghiệp cá, các số liệu thực tế đã cho không khác nhiều với những số liệu định hướng của “tiêu chuẩn thiết kế công nghệ kho lạnh”. Tải nhiệt máy nén tính với 100% Q_{1max} đối với kho lạnh trung chuyển ở cảng và 85% Q_{1max} đối với kho lạnh chế biến.

Phụ tải nhiệt cho máy nén lấy 100% Q_2 tính toán được đối với kho lạnh thịt và cá. Đối với kho lạnh rau quả thì tải nhiệt chủ yếu rơi vào thời gian thu hoạch, còn thời gian bảo quản có thể lấy $Q_2 = 0$.

Dòng nhiệt Q_4 tính cho phụ tải máy nén là 100% với kho lạnh nhỏ, 90% với kho lớn và 80% với kho rất lớn.

Dòng nhiệt Q_3 và Q_5 đặc trưng cho quá trình bảo quản lạnh các sản phẩm “thở” được tính đầy đủ cho máy nén.

Các tổn thất khác của hệ thống có thể tính bằng $10 \div 15\%$ giá trị đã tính toán được. Đối với buồng lạnh nhỏ lấy giá trị lớn, kho lạnh lớn lấy giá trị nhỏ:

$$Q_0 = (1,1 \div 1,5)Q_{0u} \quad (15.24)$$

Để dự tính năng suất lạnh cần thiết cho việc chọn máy nén có thể sử dụng một số giá trị định hướng sau đây:

- Để sản xuất nước đá cần 650kJ/kg;
- Tủ lạnh với nhiệt độ trong tủ là 5°C cần 260W/m³;
- Quầy hàng thương nghiệp: 220W/m chiều dài quầy;
- Tủ kính lạnh thương nghiệp: 170W/m chiều dài quầy;
- Kho lạnh nhỏ dưới tầng hầm 100 ÷ 110W/m² diện tích kho;
- Kho lạnh nhỏ thương nghiệp trên mặt đất 120 ÷ 130W/m² diện tích kho;
- Phòng bảo quản lạnh của các kho lạnh lớn 110W/m²;
- Phòng bảo quản đông kho lạnh lớn 170W/m²;
- Phòng kết đông 660W/m²;
- Phòng bảo quản đông có kết đông bổ sung: 270W/m².

(Các giá trị trên đã lấy tăng lên 10% để áp dụng cho khí hậu Việt Nam so với các giá trị lấy từ [14, 17]).

Chương 16

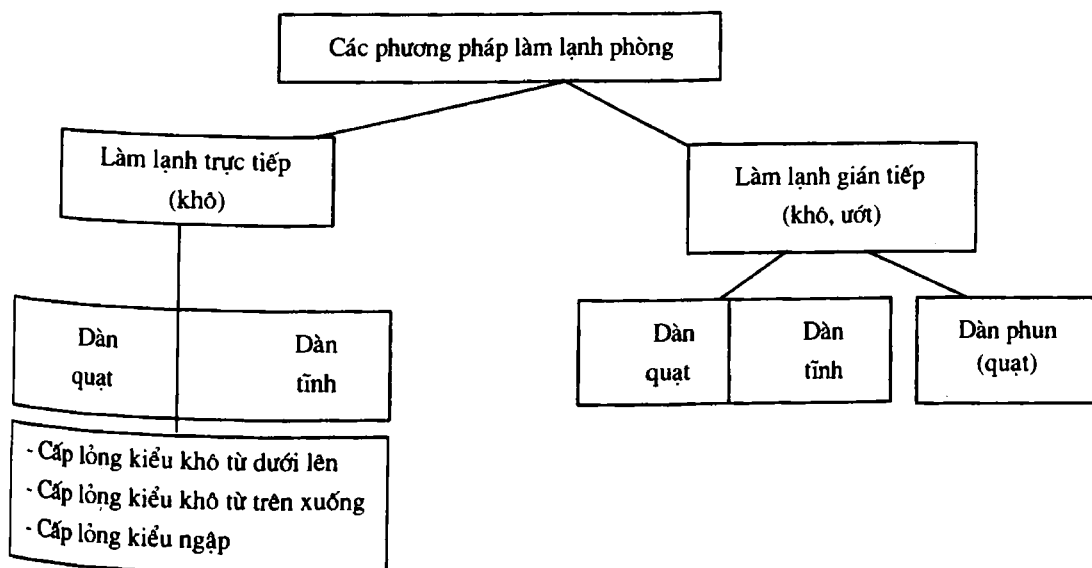
CÁC PHƯƠNG PHÁP

LÀM LẠNH PHÒNG VÀ TÍCH TRỮ LẠNH

16.1 PHÂN LOẠI

Có nhiều phương pháp làm lạnh phòng. Theo môi chất trong dàn lạnh chia ra phương pháp làm lạnh trực tiếp và gián tiếp. Theo cách đối lưu không khí qua dàn chia ra dàn quạt (đối lưu không khí cưỡng bức) và dàn tĩnh (đối lưu không khí tự nhiên). Các dàn quạt thường là loại dàn ống xoắn có cánh còn các dàn tĩnh có cả loại ống xoắn có cánh và ống trơn. Kiểu gián tiếp có thể có kiểu phun. Theo cách cấp lỏng cho dàn bay hơi còn có thể chia ra dàn cấp lỏng kiểu ngập hoặc kiểu khô. Trong kiểu khô còn chia ra cấp lỏng từ dưới lên hoặc từ trên xuống.

Hình 16.1 giới thiệu cách phân loại các phương pháp làm lạnh phòng.



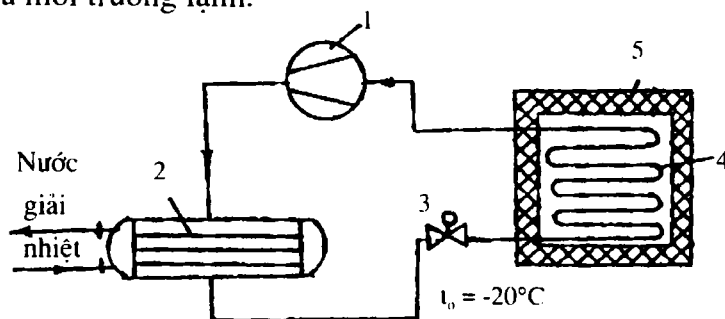
Hình 16.1. Các phương pháp làm lạnh phòng

Làm lạnh trực tiếp là làm lạnh bằng dàn bay hơi môi chất sôi trong ống còn làm lạnh gián tiếp là sử dụng một vòng tuần hoàn chất tải lạnh giữa thiết bị bay hơi và phòng lạnh như nước, nước muối, cồn, glycol... chất tải lạnh có thể tuần hoàn trong dàn lạnh kín (dàn khô) hoặc được phun trong dàn phun để làm lạnh không khí trực tiếp trong phòng (dàn ướt).

Mỗi phương pháp làm lạnh đều có ưu và nhược điểm nhất định. Khi chọn một phương pháp làm lạnh cho một ứng dụng cụ thể cần phải huy được các ưu điểm và hạn chế được các nhược điểm. Thí dụ để giảm khô hao sản phẩm trong các buồng lạnh, người ta chọn dàn lạnh không khí đối lưu tự nhiên. Để gia lạnh hoặc kết đông thực phẩm người ta phải chọn dàn lạnh cưỡng bức mạnh. Với một vài hệ tiêu thụ lạnh có thể chọn kiểu làm lạnh trực tiếp nhưng với nhiều hệ tiêu thụ lạnh thì nên chọn kiểu làm lạnh gián tiếp vì đỡ tốn ga và có thể kiểm soát dễ dàng làm việc rò rỉ ga lạnh.

16.2. LÀM LẠNH TRỰC TIẾP

Hình 16.2 giới thiệu máy lạnh có dàn ngưng giải nhiệt nước và dàn bay hơi làm lạnh trực tiếp không khí trong phòng lạnh. Ví dụ, nhiệt độ yêu cầu trong phòng lạnh là -10°C thì nhiệt độ sôi của môi chất lạnh trong dàn phải là -18°C đến -20°C nghĩa là thấp hơn nhiệt độ phòng từ 8 đến 10K . Nguyên tắc làm việc như sau: máy nén hút hơi môi chất sinh ra ở dàn bay hơi, nén lên áp suất cao đẩy vào bình ngưng. Ở bình ngưng, môi chất hoá lỏng nhờ thải nhiệt cho nước làm mát. Khi đi qua van tiết lưu, môi chất lỏng có áp suất giảm từ áp suất ngưng tụ xuống áp suất bay hơi và chất lỏng lại bay hơi ở nhiệt độ thấp để thu nhiệt của môi trường lạnh.



Hình 16.2. Sơ đồ đơn giản làm lạnh phòng trực tiếp

1 – Máy nén; 2 – Bình ngưng; 3 – Van tiết lưu; 4 – Dàn lạnh; 5 – Phòng cách nhiệt

Thiết bị ngưng tụ có thể là loại giải nhiệt nước hoặc giải nhiệt gió. Dàn bay hơi có thể là loại dàn tĩnh hoặc dàn quạt với nhiều kiểu bố trí khác nhau đáp ứng những yêu cầu về tuần hoàn gió, đồng đều nhiệt độ trong phòng lạnh, xả băng thuận tiện và ít chiếm diện tích bảo quản của phòng. Hiện nay, hầu hết các thiết bị lạnh dân dụng và thương nghiệp làm việc theo sơ đồ trực tiếp như tủ lạnh gia đình, tủ lạnh thương nghiệp, buồng lạnh, kho lạnh lắp ghép, máy kết đông thực phẩm...

Ưu điểm

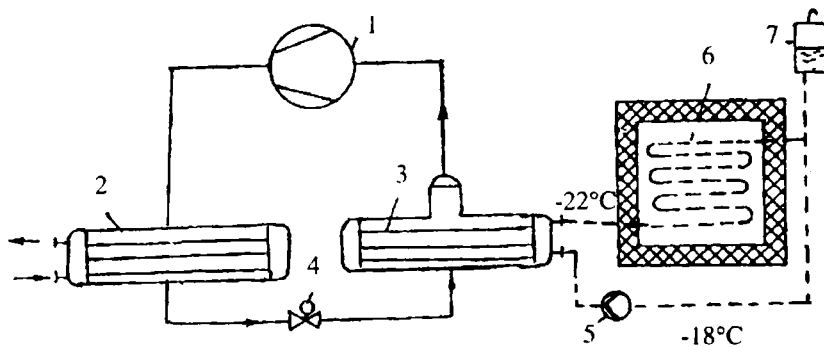
- Thiết bị đơn giản và dễ dàng tự động hoá.
- Tiêu hao điện năng ít hơn so với loại gián tiếp vì đúng về mặt nhiệt động, hiệu nhiệt độ phòng lạnh và nhiệt độ sôi nhỏ hơn, không cần vòng tuần hoàn chất tải lạnh.
- Không có quán tính nhiệt, tổn hao khi khởi động và khi dừng nhỏ.
- Rất dễ dàng điều chỉnh nhiệt độ phòng lạnh.

Nhược điểm

Hệ thống lạnh trực tiếp có một số nhược điểm về vận hành. Thí dụ đối với hệ thống lạnh trung tâm lớn có nhiều dàn lạnh thì lượng nạp môi chất lạnh sẽ lớn và việc kiểm soát rò rỉ ga sẽ khó khăn do quá nhiều dàn và quá nhiều đường ống. Nhược điểm thứ hai là khả năng rò rỉ môi chất lạnh độc hại vào phòng lạnh cao hơn so với hệ thống gián tiếp.

16.3. LÀM LẠNH GIÁN TIẾP

Hình 16.3 giới thiệu sơ đồ đơn giản làm lạnh gián tiếp.



Hình 16.3. Sơ đồ đơn giản làm lạnh phòng gián tiếp

- 1 – Máy nén; 2 – Bình ngưng; 3 – Bình bay hơi; 4 – Van tiết lưu;
5 – Bơm nước muối; 6 – Dàn lạnh nước muối; 7 – Bình dân nờ có thông khí và chảy tràn

Khác biệt cơ bản so với làm lạnh trực tiếp là bình bay hơi làm lạnh chất tải lạnh (nước, nước muối, cồn, glycol...) và vòng tuần hoàn chất tải lạnh với bơm 5, dàn lạnh nước muối 6, bình dẫn nở 7 và hệ thống đường ống dẫn muối.

Ví dụ, nhiệt độ phòng lạnh yêu cầu là -10°C thì nhiệt độ nước muối phải đạt khoảng -20°C (ví dụ nhiệt độ nước muối vào dàn lạnh -22°C , ra khỏi dàn lạnh -18°C), nhiệt độ bay hơi khoảng -25°C . Nước muối (-18°C) được bơm 5 hút từ dàn lạnh đẩy vào bình bay hơi để làm lạnh xuống -22°C rồi đẩy vào dàn lạnh. Trong phòng lạnh, nước muối thu nhiệt của môi trường, nhiệt độ tăng từ -22°C lên -18°C rồi lại được bơm hút về, đẩy vào bình bay hơi. Bình dẫn nở 7 được lắp ở đầu hút bơm để bù nước muối dẫn nở do nhiệt độ trong quá trình vận hành. Các loại chất tải lạnh xin xem chương 2.

Làm lạnh gián tiếp có các ưu điểm:

- Có độ an toàn cao. Các chất tải lạnh như nước, nước muối... không cháy nổ, không độc hại đối với cơ thể sống, không làm ảnh hưởng đến chất lượng bảo quản sản phẩm nên vòng tuần hoàn nước muối được coi là vòng tuần hoàn an toàn ngăn chặn sự tiếp xúc trực tiếp của môi chất lạnh độc hại như amôniac với sản phẩm bảo quản.

- Đối với trạm cấp lạnh trung tâm thì khi có vòng tuần hoàn nước muối, máy lạnh có cấu tạo đơn giản hơn, đường ống dẫn môi chất ngắn. Hệ thống lạnh được lắp ráp thành tổ hợp hoàn chỉnh ngay tại nhà máy chế tạo do đó đảm bảo độ tin cậy cao hơn, các công việc lắp đặt, hiệu chỉnh, thử bền, thử kín, nạp dầu, nạp ga, vận hành, chạy thử, bảo dưỡng đều dễ dàng và đơn giản.

- Việc cấp lạnh cho từng hộ do nước muối đảm nhiệm, áp suất nước muối không cao nên an toàn và độ kín của dàn không trở thành vấn đề quan trọng. Việc sửa chữa, thay thế các dàn đơn giản, dễ dàng.

- Hệ thống dung dịch nước muối có khả năng trữ lạnh lớn nên sau khi máy lạnh ngừng làm việc, nhiệt độ buồng lạnh có khả năng duy trì được lâu hơn.

Nhược điểm của hệ thống lạnh gián tiếp là:

- Năng suất lạnh của máy lạnh bị giảm do nhiệt độ sôi của môi chất lạnh thấp hơn so với làm lạnh trực tiếp từ 4 đến 6K.

- Hệ thống thiết bị công kênh vì phải thêm một vòng tuần hoàn chất tải lạnh (nước muối).

- Các chất tải lạnh hữu cơ êtanol, mêtanol, glycol đều khá đắt tiền. Các

chất tải lạnh như nước muối rẻ hơn nhưng lại ăn mòn thiết bị mạnh.

- Tổn năng lượng bổ sung cho bơm hoặc cánh khuấy.

Cần nhắc từ những ưu nhược điểm trên, hệ thống lạnh gián tiếp ngày nay được ứng dụng trong các trường hợp như hệ thống điều hoà nhiệt độ trung tâm, các kho lạnh có nhiều hộ tiêu thụ lạnh, các vòng tuần hoàn an toàn làm lạnh thực phẩm và nước uống, tránh tiếp xúc trực tiếp với môi chất lạnh độc hại, quá trình sản xuất bia, rượu, kem, đá...

16.4. CÁC THIẾT BỊ LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ KIỂU KHÔ VÀ CÁCH BỐ TRÍ

Để làm lạnh không khí trong phòng, người ta có thể sử dụng các thiết bị làm lạnh không khí sau:

- Các dàn lạnh tĩnh không khí đối lưu tự nhiên, ống trơn, ống có cánh hoặc ống tấm.

- Các dàn lạnh không khí đối lưu cưỡng bức (dàn quạt) ống xoắn có cánh.

Mỗi loại dàn đều có ưu và nhược điểm. Khi chọn dàn cần phải phát huy được ưu điểm và hạn chế được nhược điểm. Tổng quát, người ta định hướng chọn dàn lạnh cho các phòng lạnh khác nhau của kho lạnh như sau:

- Đối với phòng gia lạnh và kết đông: cần chọn dàn quạt với sự lưu thông không khí mạnh.

- Đối với phòng bảo quản lạnh và bảo quản đông các sản phẩm không bao gói nên chọn các dàn lạnh đối lưu không khí tự nhiên để giảm hao ngót sản phẩm. Các dàn được gắn trên tường hoặc trên trần.

- Đối với phòng bảo quản đông có bao gói nên chọn dàn quạt nhưng đảm bảo sự lưu thông không khí ôn hoà.

- Đối với các phòng đa năng nên chọn dàn đối lưu tự nhiên kết hợp với dàn quạt đối lưu ôn hoà.

- Trong các kho lạnh hoặc phòng lạnh thương nghiệp có thể chọn dàn đối lưu tự nhiên hoặc dàn quạt đồng bộ với thiết bị lạnh đi kèm.

16.4.1. Dàn lạnh tĩnh

Dàn lạnh tĩnh là dàn lạnh đối lưu không khí tự nhiên (xem hình 7.6 và 7.7). Dàn lạnh tĩnh thường được sử dụng trong các máy lạnh gia dụng và thương nghiệp như tủ lạnh gia đình, máy lạnh thương nghiệp và các kho lạnh bảo quản truyền thống. Dàn lạnh tĩnh có nhiều dạng như ống trơn, ống cánh,

tấm cánh... Trong các kho lạnh môi chất amôniac hoặc nước muối, dàn là các dãy ống xoắn gắn cách tường hoặc trần 150 đến 200mm.

Ưu điểm của dàn tĩnh là không có quạt nên không gây ồn và không tiêu tốn điện năng cho quạt. Độ ẩm không khí cao, tốc độ tuần hoàn không khí nhỏ nên giảm tổn thất khô hao cho sản phẩm bảo quản.

Nhược điểm cơ bản là nhiệt độ trong phòng lạnh không đồng đều vì tốc độ lưu thông không khí nhỏ, khó bố trí hệ thống thoát nước xả băng, khó xả băng và thời gian xả băng lâu. Một nhược điểm khác là hệ số toả nhiệt nhỏ, dàn lớn, công kênh, tiêu tốn nhiều vật liệu chế tạo và diện tích lắp đặt.

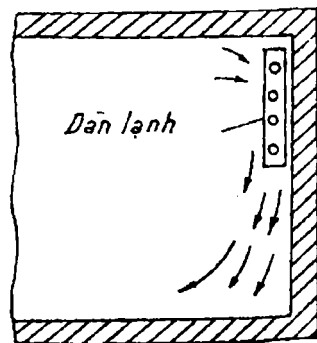
Do khó phá băng nên người ta hay sử dụng ống trơn lắp đặt trên toàn bộ diện tích trần của phòng lạnh. Như vậy dễ phá băng và dễ đồng đều nhiệt độ trong phòng hơn. Tuy nhiên việc dẫn nước thải xả băng gặp nhiều khó khăn và chiều cao chất tải cũng vì thế mà giảm đi đáng kể. Bởi vậy, dàn treo trần thường được bố trí ngay tại hành lang dùng để chuyên chở hàng hoá đi lại. Khi đó, xả băng không cần phải dùng tấm che phủ hàng và chiều cao chất tải cũng không bị giảm. Dưới các dàn lạnh thường phải bố trí máng hướng nước xả băng để thải ra ngoài.

Trong các phòng có nhiệt độ thấp, do tải nhiệt lớn nên dàn lạnh phải bố trí hầu hết diện tích tường và trần. Trong các phòng nhiệt độ dương (đến 0°C) không cần bố trí dàn trần.

Khi làm lạnh không khí trong phòng xảy ra một sự đối lưu không khí tự nhiên do chênh lệch mật độ không khí. Không khí sau khi được làm lạnh có mật độ lớn hơn, chuyển động xuống phía dưới. Khi nóng lên do thu nhiệt của vách hoặc của sản phẩm nó lại chuyển động lên trên, quay lại phía dàn lạnh (hình 16.4).

Khi thải nhiệt do dàn không khí lạnh đi, nhiệt độ hạ xuống dưới điểm đọng sương, hơi nước ngưng tụ lại, bám vào dàn lạnh tạo ra một lớp băng tuyết bám trên bề mặt dàn. Đó là quá trình vận chuyển hơi ẩm từ sản phẩm đến dàn bay hơi rất đặc trưng trong buồng lạnh làm cho sản phẩm bảo quản bị khô hao do mất nước.

Để giảm độ khô hao sản phẩm đối với các mặt hàng không bao gói, người ta có thể sử dụng



Hình 16.4. Dàn lạnh gắn tường

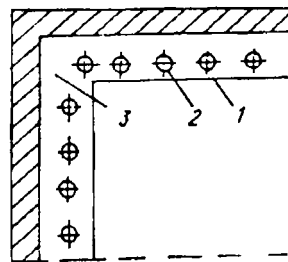
các kết cấu bao che đặc biệt và thiết bị làm lạnh không khí dập tắt được ngay dòng nhiệt tổn thất qua kết cấu bao che từ ngoài vào như vách ngăn có áo bảo vệ nhiệt, bố trí dọc theo chu vi toà nhà kho lạnh hoặc sử dụng áo băng hay chắn bằng nước đá.

Áo bảo vệ nhiệt nằm giữa hai lớp bảo vệ ngoài, bố trí ở khoảng cách $500 \div 600\text{mm}$, phía trong lớp cách nhiệt. Trong khoảng không của áo bảo vệ có bố trí dàn lạnh và không khí lưu thông tự nhiên hay cưỡng bức. Áo bảo vệ dập tắt toàn bộ dòng nhiệt từ ngoài vào do đó dàn lạnh đặt trong phòng lạnh còn rất nhỏ. Độ khô hao sản phẩm giảm từ 1,5 đến 2,5 lần so với độ khô hao khi sử dụng các sản phẩm thông thường.

Ngoài áo bảo vệ nhiệt, người ta còn sử dụng màn chắn bằng một lớp băng dây một vài mm bố trí trên các lớp vải hoặc bao tải bọc trực tiếp lên sản phẩm để làm giảm sự khô hao của các hàng thực phẩm đông lạnh không bao gói như thịt lợn nửa con, thịt bò nửa con hoặc một phần tư con.

Với màn chắn băng, có thể đạt độ ẩm tương đối trong buồng bảo quản đến $98 \div 99\%$. Sự khô hao sản phẩm giảm $1,5 \div 2$ lần so với phương pháp bảo quản thông thường.

Áo giữ nhiệt cũng có thể gắn lên dàn trần và dàn tường như hình 16.5. Màn chắn là tôn tấm mỏng, hàn gắn trực tiếp lên bề mặt ống hoặc cánh. Nếu dàn kiểu tấm (panen) thì phải đặt cách bề mặt tấm 200mm. Màn chắn phải bố trí sao cho không khí và ẩm không thể lọt qua.



Hình 16.5. Áo nhiệt nhờ bố trí màn chắn ở dàn trần và dàn tường
1 – Màn chắn bằng tôn;
2 – Dàn trần; 3 – Lớp không khí

Nhược điểm của áo nhiệt là tiêu tốn kim loại lớn, thể tích phòng bị giảm nhiều, bảo dưỡng, sửa chữa dàn khó khăn và việc phá băng cũng gặp khó khăn.

16.4.2. Dàn quạt

Dàn quạt đã được giới thiệu ở mục 7.3.2 là dàn lạnh không khí cưỡng bức với dàn ống xoắn có cánh tản nhiệt, bên trong là môi chất lạnh sôi hoặc chất tải lạnh. Tùy theo ứng dụng cụ thể để đảm bảo tuần hoàn không khí đồng đều trong phòng, người ta bố trí các loại dàn quạt có hình dáng khác nhau, vị trí lắp

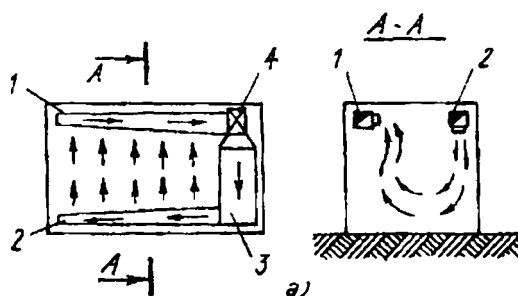
đặt khác nhau, có hoặc không có ống phân phối gió hoặc tái tuần hoàn gió.

Dàn lạnh quạt có những ưu điểm vượt trội so với dàn lạnh tĩnh là:

- Hệ số trao đổi nhiệt cao, diện tích dàn nhỏ, gọn nhẹ, tốn ít vật liệu chế tạo, chiếm ít diện tích lắp đặt, nhiệt độ tương đối đồng đều, rất thuận tiện trong việc xả băng dàn lạnh. Khi xả băng, nước xả băng chảy xuống khay hứng đặt ngay dưới dàn lạnh và chảy ra ngoài. Ở một số dàn gắn trần có bố trí bơm nước xả băng thuận lợi hơn rất nhiều so với dàn tĩnh.

Nhược điểm là ồn, tiêu tốn điện năng cho quạt. Nhược điểm khác là tốc độ gió cao làm cho độ ẩm không khí thấp và độ khô hao sản phẩm tăng do đó cần phải có biện pháp bao bì đóng gói sản phẩm phù hợp để giảm tổn thất này. Đối với các sản phẩm khó bao bì có thể sử dụng áo băng bằng cách tráng băng lên sản phẩm bảo quản đông để giảm hao ngót sản phẩm.

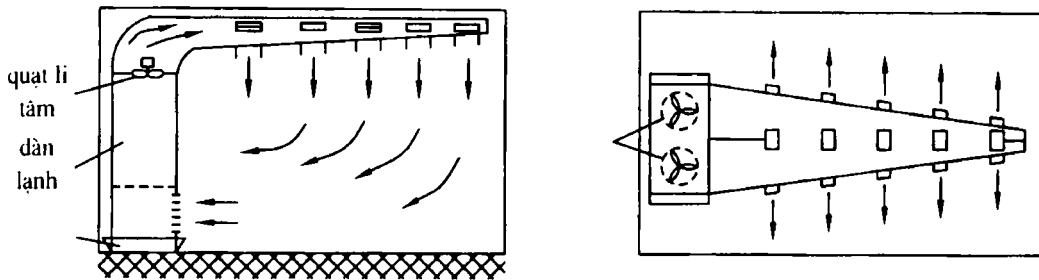
Hình 16.6 giới thiệu một hệ thống phân phối có 2 ống gió: ống cấp (phân phối) và ống hồi, trong đó ống cấp thổi từ trên xuống còn ống hồi có cửa gió nằm ngang. Quạt gió 4 là quạt li tâm, hoặc hướng trục hút gió qua ống hồi thổi qua dàn lạnh 3 để làm lạnh xuống nhiệt độ thấp và đẩy vào ống phân phối. Cũng có thể thực hiện ống cấp ngang khi phòng lạnh có chiều ngang lớn và chiều cao thấp. Dàn lạnh có thể ngăn cách riêng hoặc đặt chung trong phòng lạnh. Phương pháp này hay được sử dụng trên tàu thủy lạnh.



Hình 16.6. Dàn lạnh có ống gió cấp và hồi

1 - Ống gió hồi; 2 - Ống gió cấp; 3 - Dàn lạnh; 4 - Quạt gió

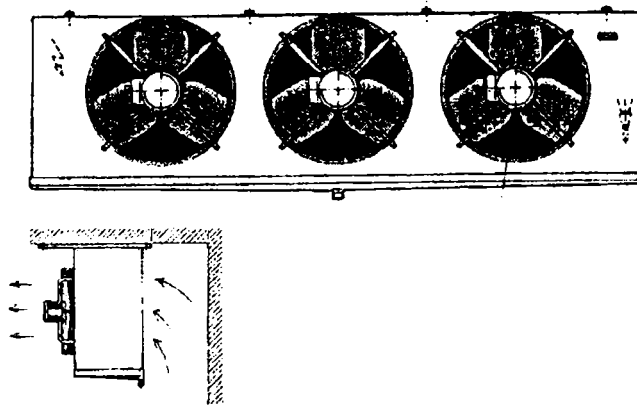
Hình 16.7 giới thiệu dàn lạnh có 1 ống gió cấp, không có ống hồi. Đây cũng là loại hay được sử dụng vì đơn giản hơn mà vẫn đạt được sự đồng đều tương đối của nhiệt độ và trong phân phối gió cho phòng lạnh.



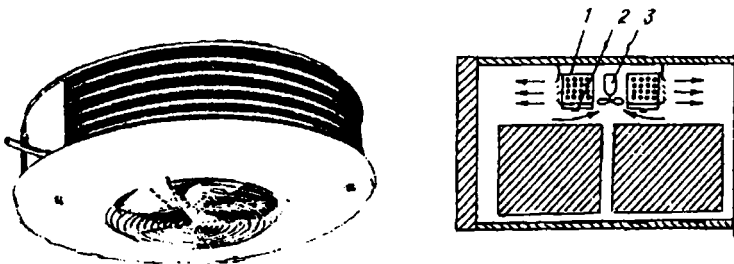
Hình 16.7 Dàn lạnh với một ống phân phối gió

Các ống gió có thể thiết kế khác nhau, có thể có thêm các đường ống nhánh phân phối để có nhiều miệng thổi, đạt sự đồng đều nhiệt độ cao hơn trong phòng. Một số trường hợp người ta làm trần giả phía trên và có các miệng thổi phù hợp bố trí xung quanh 3 phía tường để có thể dập ngay nhiệt tổn thất từ ngoài vào phòng lạnh.

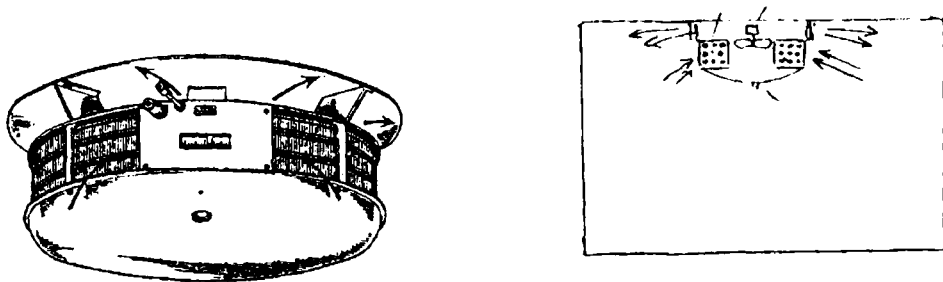
Các hình 16.8 đến 16.14 giới thiệu các phương án khác nhau của dàn lạnh không ống gió. Khi không có ống gió, chắc chắn việc phân phối gió lạnh trong phòng kém hơn nhưng bù lại là đỡ tốn vật liệu, tiết kiệm diện tích lắp đặt ống gió rất công kênh, hơn nữa tiêu tốn điện năng cho quạt cũng giảm vì tổn thất áp suất của quạt giảm.



Hình 16.8. Một loại dàn lạnh thông dụng kiểu hút gắn trần không ống gió, 1 hướng thổi

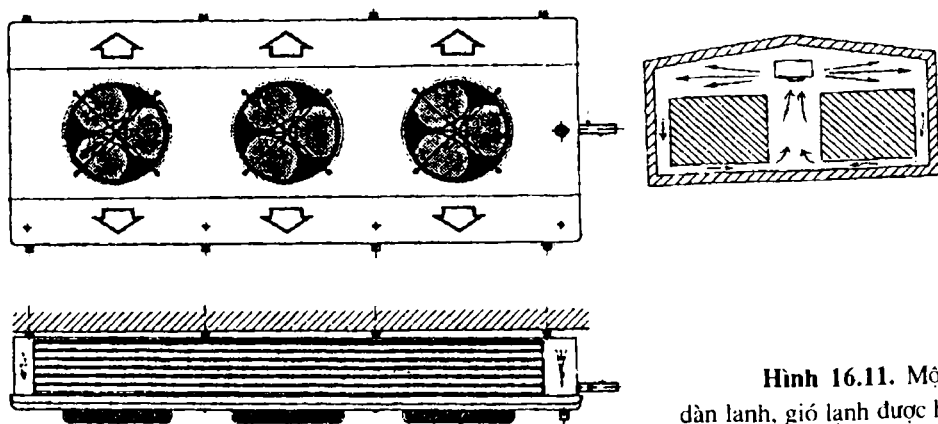


Hình 16.9. Một dạng dàn lạnh hình tròn, không khí được quạt hút vào phía dưới và thổi ra xung quanh
1 – Dàn lạnh; 2 – Máng và lỗ thoát nước xả băng; 3 – Quạt kiểu đẩy.

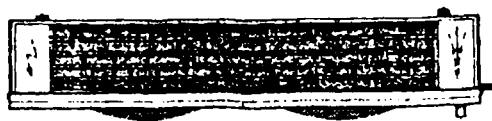
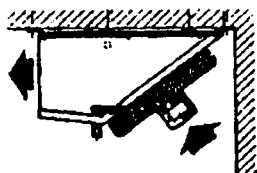
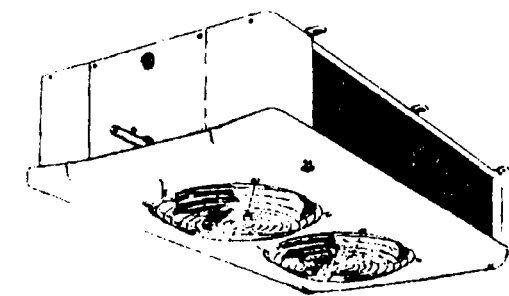


Hình 16.10. Một dạng dàn lạnh hình tròn, không khí được quạt hút qua dàn lạnh theo phương nằm ngang rồi thổi ra xung quanh ở phía trên dàn

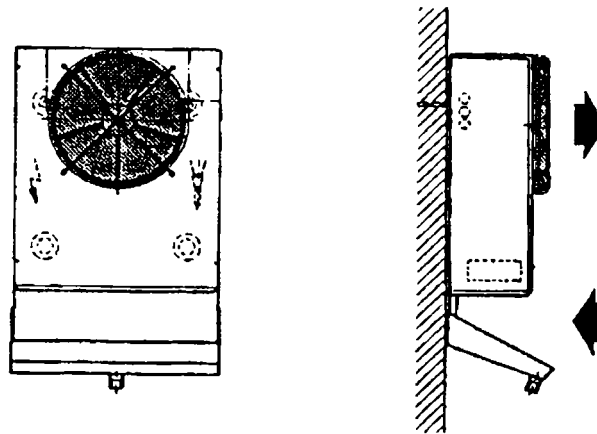
1 – Dàn lạnh; 2 – Lỗ thoát nước xả băng; 3 – Quạt kiểu hút



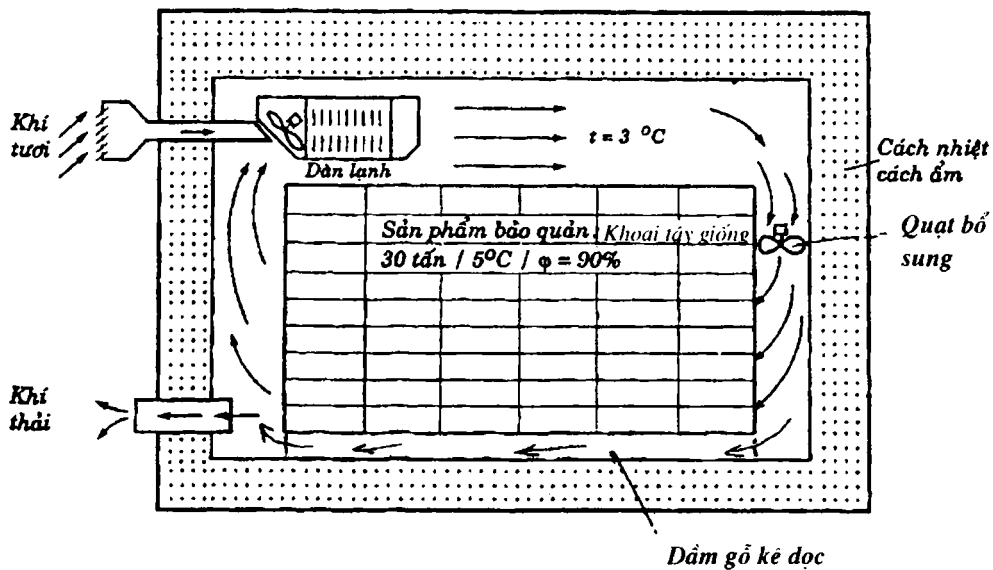
Hình 16.11. Một dạng dàn lạnh, gió lạnh được hút vào phía dưới và đẩy qua dàn lạnh ra hai bên vách và tuần hoàn trở lại qua các dầm gỗ tạo kênh gió phía dưới kệ hàng



Hình 16.12. Một loại dàn lạnh gắn trần 1 hướng thổi gió có quạt đặt nghiêng



Hình 16.13. Một loại dàn lạnh gắn tường hướng gió



Hình 16.14. Buồng lạnh bảo quản khoai tây giống với bố trí cấp khí tươi và thải khí thải đảm bảo sự hô hấp của khoai tây. Quạt bổ sung tăng cường gió qua nền kê bằng các dầm gỗ song song với hướng gió. Khoai tây được chứa trong bao tải đang xếp thành luống cao đến gần dàn lạnh

16.4.3. Phương pháp bố trí dàn quạt và cửa phòng lạnh

Mỗi lần mở cửa phòng lạnh là một lần tổn thất lạnh rất lớn. Lý do là nhiệt độ phòng lạnh thấp, mật độ không khí lớn, nhiệt độ không khí bên ngoài cao, mật độ nhỏ, khi mở cửa không khí lạnh trong phòng ulla ra ngoài ở bên dưới còn không khí nóng ulla vào ở phía trên. Nếu mở lâu thì hầu như mất hết toàn bộ khí lạnh trong phòng. Khí lạnh trong phòng mất càng nhanh hơn khi bố trí dàn lạnh không hợp lý, nghĩa là quạt gió dàn lạnh thổi thẳng không khí lạnh ra phía

cửa.

Để giảm tổn thất lạnh khi mở cửa có một số giải pháp sau:

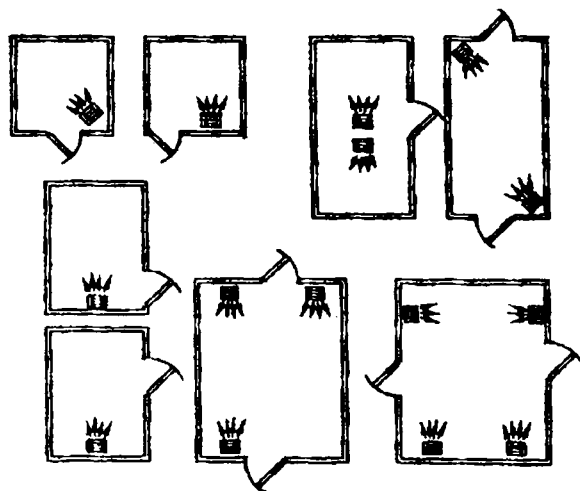
1 - Tạo màn gió trước cửa buồng lạnh. Màn gió là một luồng không khí mạnh tạo bởi các quạt li tâm lắp phía trên cửa, thổi từ trên xuống dưới, có khả năng chặn luồng không khí nóng từ ngoài vào và khí lạnh từ trong ra. Biện pháp này chỉ được ứng dụng cho các kho lạnh lớn.

2 - Rèm cửa bằng các băng cao su đặt so le. Các băng được treo kín phía trong cửa ra vào, có khả năng giảm tổn thất lạnh do khí lạnh ulla ra và khí nóng ulla vào nhưng vẫn không cản trở sự đi lại và bốc xếp hàng hoá. Biện pháp này cũng chỉ được ứng dụng cho các kho lạnh lớn và các phòng lạnh tường đối lớn.

3 - Bố trí cửa ra vào và cửa chất tải, tháo tải riêng. Cửa ra vào chỉ để người ra vào còn dùng một cửa phụ kiểu cửa sổ nhỏ hơn để chất và tháo tải. Khi đó phải có ít nhất hai người, một người ở trong và một người ở ngoài.

4 - Đối với các phòng lạnh nhỏ có thể bố trí hợp lý dàn lạnh, hướng gió và cửa ra vào để giảm tổn thất lạnh khi mở cửa.

Hình 16.15 giới thiệu các phương pháp bố trí đó.

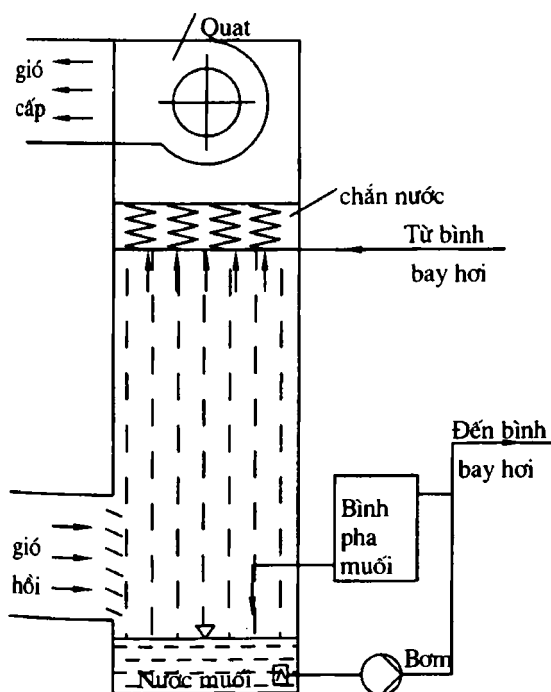


Hình 16.15. Một số cách bố trí dàn lạnh quạt kết hợp với cửa phòng lạnh để giảm tổn thất lạnh khi mở cửa

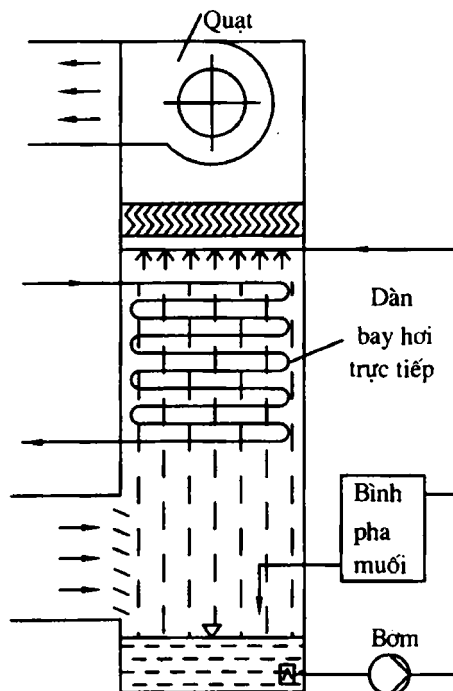
5 - Ở các kho lạnh lớn, hiện tại người ta sử dụng túi khí định hình để tháo, chất tải trên ô tô. Khi ô tô lùi vào đến cửa buồng lạnh, túi khí định hình được choàng lên đuôi ô tô. Sau khi bơm căng, cửa ở đuôi ô tô đã bị cách li hoàn toàn với bên ngoài, khi đó người ta có thể mở cửa buồng lạnh và mở cửa ô tô để tháo chất tải. Phương pháp này giảm tổn thất lạnh gần như hoàn toàn khi mở cửa buồng lạnh.

16.5. CÁC THIẾT BỊ LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ KIỂU ỚT

Kiểu dàn lạnh này còn được gọi là dàn phun. Đây là kiểu thiết bị để làm lạnh không khí trong phòng nhờ phun chất tải lạnh trực tiếp vào không khí (xem thêm mục 7.4.2). Hình 16.16 giới thiệu một dàn phun kiểu đứng. Nước muối được bơm hút từ bể đáy qua bình bay hơi để làm lạnh rồi đưa vào dàn phun thành các hạt mịn từ trên xuống. Không khí đi ngược dòng từ dưới lên nhờ quạt li tâm để cấp vào phòng. Hình 16.17 giới thiệu dàn phun tương tự nhưng có dàn bay hơi đặt trực tiếp ngay trong thiết bị phun.



Hình 16.16. Dàn phun làm lạnh không khí phòng, chất tải lạnh được làm lạnh trong bình bay hơi



Hình 16.17. Dàn phun làm lạnh không khí phòng, chất tải lạnh được làm lạnh trực tiếp nhờ dàn bay hơi đặt trong dàn phun

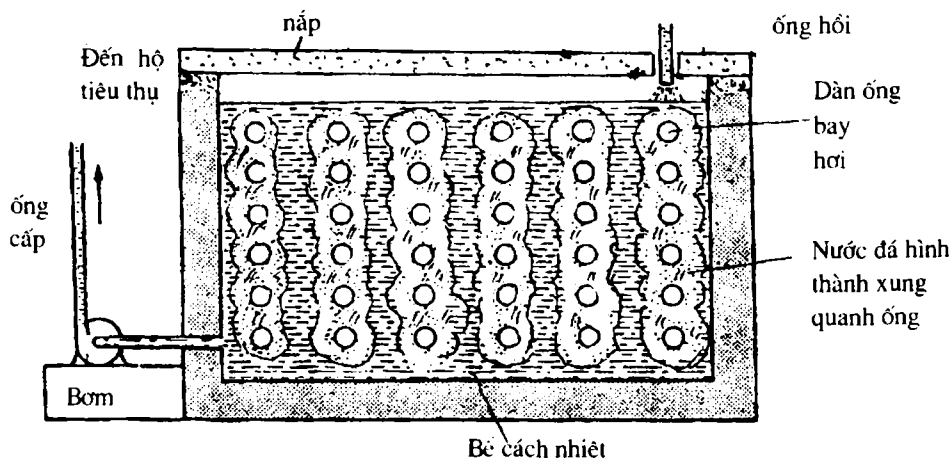
16.6. TRỮ LẠNH

Trong nhiều ứng dụng lạnh cụ thể, năng suất lạnh không phải ổn định mà thay đổi mạnh và đạt các cực đại theo từng chu kỳ thời gian. Ví dụ như trong sản xuất bia, ngoài nhu cầu làm lạnh tăng lên men tương đối ổn định thì nhu cầu làm lạnh nhanh dịch bia thay đổi rất đột ngột, đạt cực đại trong khoảng thời gian ngắn (khoảng 30 phút) rồi lại trở về không. Trong chế biến sữa cũng yêu

cầu lạnh theo từng mẻ như vậy. Khi đó trữ lạnh không những là cần thiết mà còn là giải pháp đem lại hiệu quả kinh tế cao vì giảm được đầu tư kinh phí ban đầu cho thiết bị lạnh.

Thay cho phải trang bị một máy lạnh lớn làm việc trong một thời gian ngắn khi có nhu cầu lạnh thì chỉ cần lắp đặt một máy lạnh, lạnh vừa đủ nhưng làm việc liên tục suốt ngày đêm để đáp ứng nhu cầu lạnh trong một thời gian ngắn.

Lạnh thường được dự trữ dưới dạng nước đá, nước muối đá, hoặc đá eutectic. Nước đá chỉ có thể phục vụ cho các nhu cầu lạnh trên 0°C . Nước muối đá, đá từ nước biển hoặc từ các dung dịch eutectic có thể xuống đến nhiệt độ thấp hơn (ví dụ NaCl đến khoảng -20°C , CaCl_2 khoảng -50°C ...) Hình 16.18 giới thiệu một bể nước đá kiểu tích lạnh. Khi không có nhu cầu, lạnh được tích dưới dạng nước đá bám quanh ống còn khi có nhu cầu, nước đá sẽ tan chảy liên tục thành chất tải lạnh có nhiệt độ thấp đáp ứng nhu cầu. Một khả năng khác là sản xuất cháo đá để tích trữ trong bể. Khi cần có thể bơm dung dịch cháo đá sệt đến hệ tiêu thụ.



Hình 16.18. Bể nước đá kiểu tích lạnh

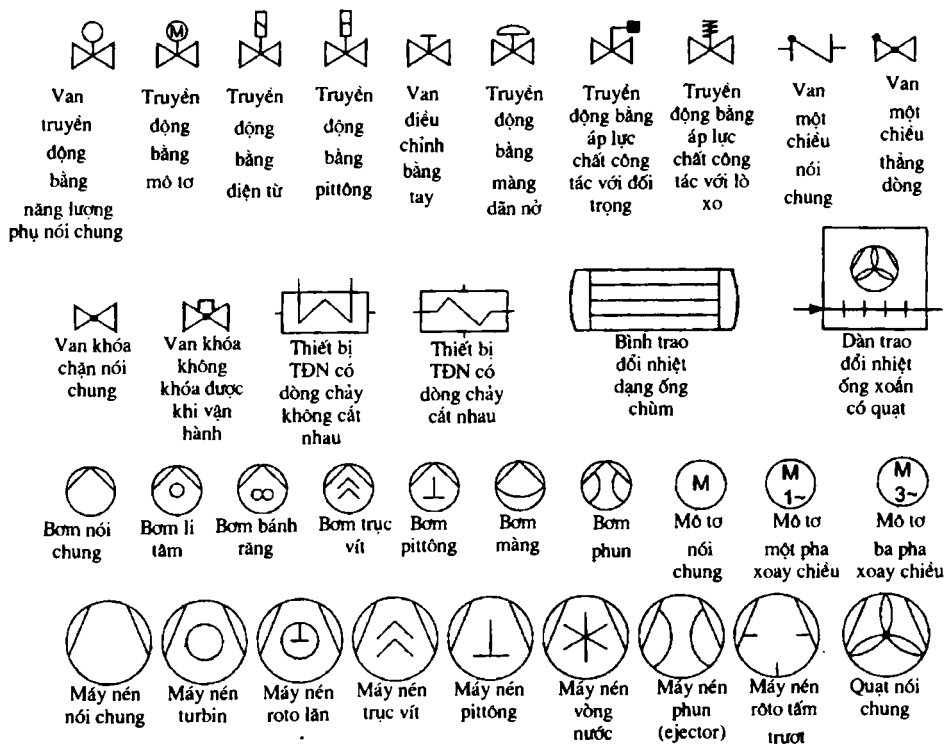
Hiện nay nhu cầu tiết kiệm năng lượng là rất bức thiết để giảm phát thải khí nhà kính gây biến đổi khí hậu. Trong khi điện năng ban ngày thì thiếu mà ban đêm lại thừa thì việc tích trữ lạnh càng có ý nghĩa lớn. Ở Nhật, giá điện ban đêm chỉ bằng 20% giá điện ban ngày. Ở Việt Nam chắc chắn cũng sẽ có chính sách giá cả khuyến khích sử dụng điện ban đêm. Khi đó các bể trữ lạnh sẽ có ý nghĩa lớn.

Chương 17

SƠ ĐỒ HỆ THỐNG LẠNH

Sơ đồ hệ thống lạnh là sự thể hiện một cách đơn giản một hệ thống thiết bị, đường ống, các dụng cụ tự động như điều khiển, điều chỉnh, báo hiệu, báo động, và bảo vệ... cho phép ta có thể hình dung tương đối cụ thể về máy móc, thiết bị, dụng cụ và mối liên hệ giữa chúng, cụ thể là các đường ống liên kết giữa chúng. Tùy theo mức độ yêu cầu mà người ta có các loại sơ đồ từ đơn giản đến phức tạp khác nhau. Sau đây chúng ta sẽ đề cập đến các nội dung liên quan và các loại sơ đồ đó.

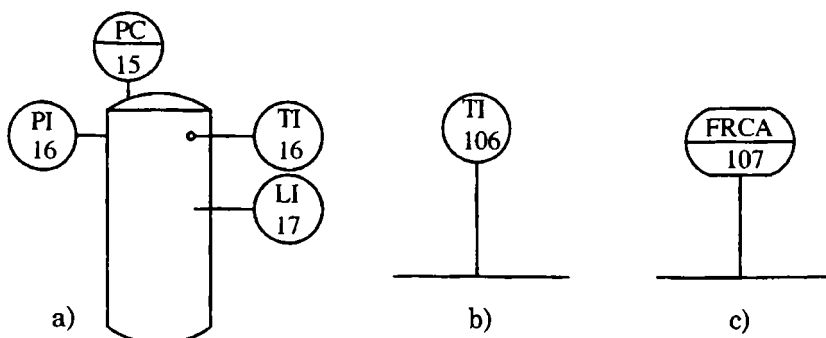
17.1. CÁC KÝ HIỆU THIẾT BỊ VÀ DỤNG CỤ



Hình 17.1. Một số kí hiệu tiêu chuẩn ISO

Thường mỗi quốc gia phát triển đều có riêng tiêu chuẩn quy định các ký hiệu sử dụng cho các loại thiết bị (máy nén, thiết bị trao đổi nhiệt, van, van tiết lưu, tháp giải nhiệt, bình chứa...) và các loại dụng cụ (rơle áp suất, nhiệt độ, nhiệt kế, áp kế, rơle mức lỏng, dòng chảy...) tuy nhiên đôi khi các ký hiệu được vẽ tùy tiện theo hình dáng mô phỏng thiết bị đó. Ở đây chúng tôi giới thiệu và sử dụng hệ thống ký hiệu ISO vì yêu cầu hội nhập là rất lớn. Tuy nhiên do thói quen sử dụng hệ thống ký hiệu truyền thống nên một số sơ đồ vẫn được vẽ theo kiểu truyền thống. Hình 17.1 giới thiệu một số ký hiệu ISO dùng cho sơ đồ hệ thống lạnh. Hình 17.2 giới thiệu một số ký hiệu của các dụng cụ tự động, chi tiết xin xem chương 12 tài liệu [6].

Hệ thống ký hiệu ISO này không chỉ sử dụng cho kỹ thuật lạnh mà còn được sử dụng cho nhiều ngành khác như: hoá, thực phẩm, nhà máy nhiệt điện, luyện kim, giếng mỏ, giấy và bột giấy, xử lý nước, môi trường...



Hình 17.2. Một số ký hiệu dụng cụ tự động (xem thêm hình 12.15)

a) Ký hiệu trên bình; b, c) ký hiệu trên đường ống

Các ký hiệu trên hình 17.2 có các ý nghĩa sau:

PI - áp kế (pressure Indicator- bộ chỉ báo áp suất).

PC - rơle áp suất (pressure Controller - bộ khống chế áp suất). Nếu có cả áp kế và rơle áp suất thì viết gọn thành PIC. Nếu có thêm báo động, thêm chữ A (Alarm), nếu sau khi thiết bị tác động phải đóng lại bằng tay có thêm chữ H ví dụ PAH là khống chế áp suất có báo động đóng lại bằng tay. Có thêm chữ Z là tác động khẩn cấp có báo động. Nếu thêm dấu cộng và trừ ở trên và ở dưới PZA⁺ và PZA⁻ là tác động khẩn cấp mức cao và mức thấp.

TI - nhiệt kế (Temperature Indicator - bộ chỉ báo nhiệt độ)

TC - rơle nhiệt độ (Temperature Controller - bộ khống chế nhiệt độ). Cũng giống như áp suất nếu trang bị cả TI và TC thì có thể viết gọn thành TIC v.v.

LI - ống thủy (Level Indicator - bộ chỉ báo mức lỏng)

TC - rơ le mức lỏng (Level Controller - bộ khống chế mức lỏng). Cũng giống như áp suất có LIC, LZA⁺, LZA ...

FI - lưu lượng kế (Flow Indicator - bộ chỉ báo lưu lượng)

FC - rơ le lưu lượng (Flow Controller - bộ khống chế lưu lượng)

D - hiệu (Difference) ví dụ PD là hiệu áp: PDIC là rơ le và áp kế hiệu áp dùng chỉ rơ le và áp kế hiệu áp dầu ở máy nén.

Các kí hiệu trên được đặt trong một vòng tròn có đường kính 10mm nét 0,25mm và có đường nối đúng tới vị trí cần lắp đặt. Ví dụ muốn đo nhiệt trong bình chứ không phải trên bề mặt bình thì phải có 1 vòng tròn đường kính 1mm ở vị trí đo (h.17.2a). Đối với mức lỏng phải đặt đúng mức lỏng yêu cầu. Các số trong vòng tròn tự động chỉ các vị trí thứ tự trên bảng điều khiển (h.17.2a, b). Khi có gạch ngang ngăn cách giữa kí hiệu và số thì nghĩa là các giá trị đo được chỉ báo tại trung tâm còn khi không có gạch ngang thì có nghĩa các giá trị đo được chỉ báo tại chỗ (cụ thể xin xem chương 12 tài liệu [6]).

17.2. SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ

Sơ đồ nguyên lý còn được gọi là sơ đồ công nghệ hoặc sơ đồ quá trình tương ứng tiếng Anh, Pháp là Process flow sheet; Schéma de procédé. Sơ đồ nguyên lý phải cung cấp đầy đủ các thông tin về thiết bị và đường ống nối giữa chúng, ví dụ tên gọi, kích thước, năng suất, tốc độ vòng quay, áp suất, nhiệt độ làm việc, vật liệu... Hình 17.3 giới thiệu sơ đồ nguyên lý của một hệ thống lạnh hai cấp NH₃ có bình chứa tuần hoàn làm lạnh phòng trực tiếp, nhiệt độ phòng -20°C.

Các sơ đồ nguyên lý phải cung cấp đầy đủ các thông tin cơ bản và các thông tin phụ kèm theo bao gồm:

- Toàn bộ các máy và thiết bị cần thiết cho quá trình công nghệ và các đường ống chính nối giữa chúng,
- Kí hiệu và có ghi chú đầy đủ chất vào, chất ra ví dụ sản phẩm lạnh, chất tải lạnh, nước làm mát (nước giải nhiệt),
- Thông số của môi chất lạnh và chất tải lạnh,

Các thông tin phụ có thể là về các điều kiện cũng như đặc tính vận hành (có thể các thoả thuận giữa chủ đầu tư và nhà thầu) sau đây:

- Đặt tên và kí hiệu các chất trong quy trình công nghệ, ghi chú về lưu lượng cũng như khối lượng.
- Các loại dụng cụ chủ yếu,

- Các yêu cầu về đo đếm, điều khiển, an toàn và bảo vệ,
- Các điều kiện phụ vận hành phụ,
- Các số liệu cơ bản và thông số kỹ thuật của mạng thiết bị có cho trong bảng riêng kèm theo.

17.3. SƠ ĐỒ P + I

Sơ đồ P + I là sơ đồ đường ống và dụng cụ tương ứng tiếng Anh, Pháp, là Piping Instrument flow sheet (hoặc P + I diagram); Schéma P + I; So với sơ đồ nguyên lý, sơ đồ P + I cho ta thêm các đặc tính vận hành tự động cũng như các thiết bị dụng cụ tự động trang bị cho máy và thiết bị của hệ thống như thế nào. Để tiện so sánh và đối chiếu với sơ đồ nguyên lý, hình 17.4 giới thiệu sơ đồ P + I bằng cách bổ sung những thông tin cần thiết cho sơ đồ nguyên lý của hình 17.3.

Sơ đồ P + I cần cung cấp cho các thông tin và phụ cũng như cần mô tả được các trang thiết bị dụng cụ của công trình.

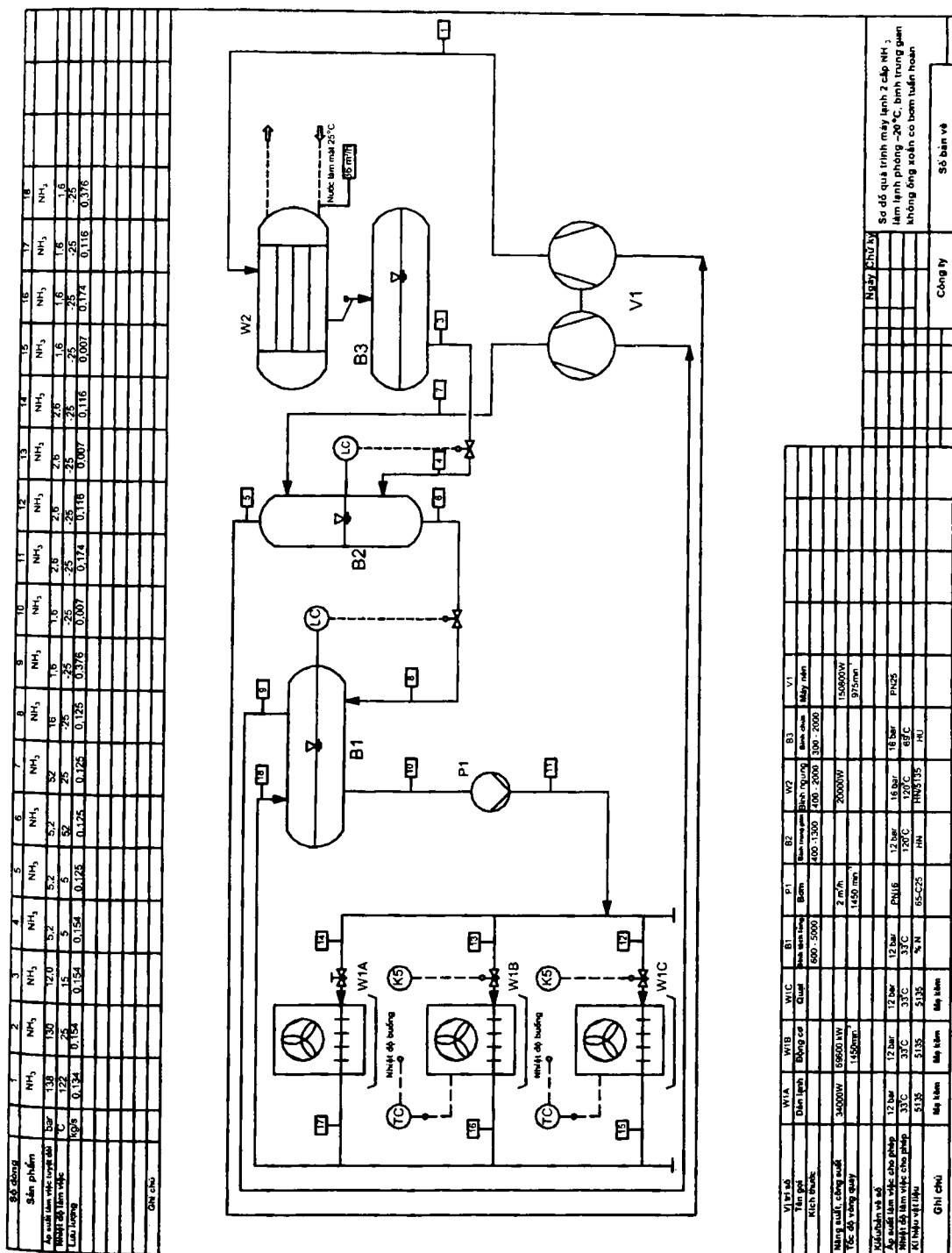
- Toàn bộ máy và thiết bị kể cả các máy truyền động, động cơ, các đường ống dẫn như các đường vận chuyển, các dụng cụ và thiết bị an toàn.
- Kích thước danh nghĩa đường ống: đường kính, chiều dày, chiều dài...
- Biểu diễn cách nhiệt thiết bị, máy và dụng cụ, đường ống..
- Yêu cầu đo lường, điều khiển, điều chỉnh, báo hiệu và an toàn, các đại lượng và thông số kỹ thuật của máy và thiết bị, nếu cần phải thống kê trong 1 bản riêng.

Các thông tin phụ (có thể là thoả thuận giữa chủ đầu tư và nhà thầu):

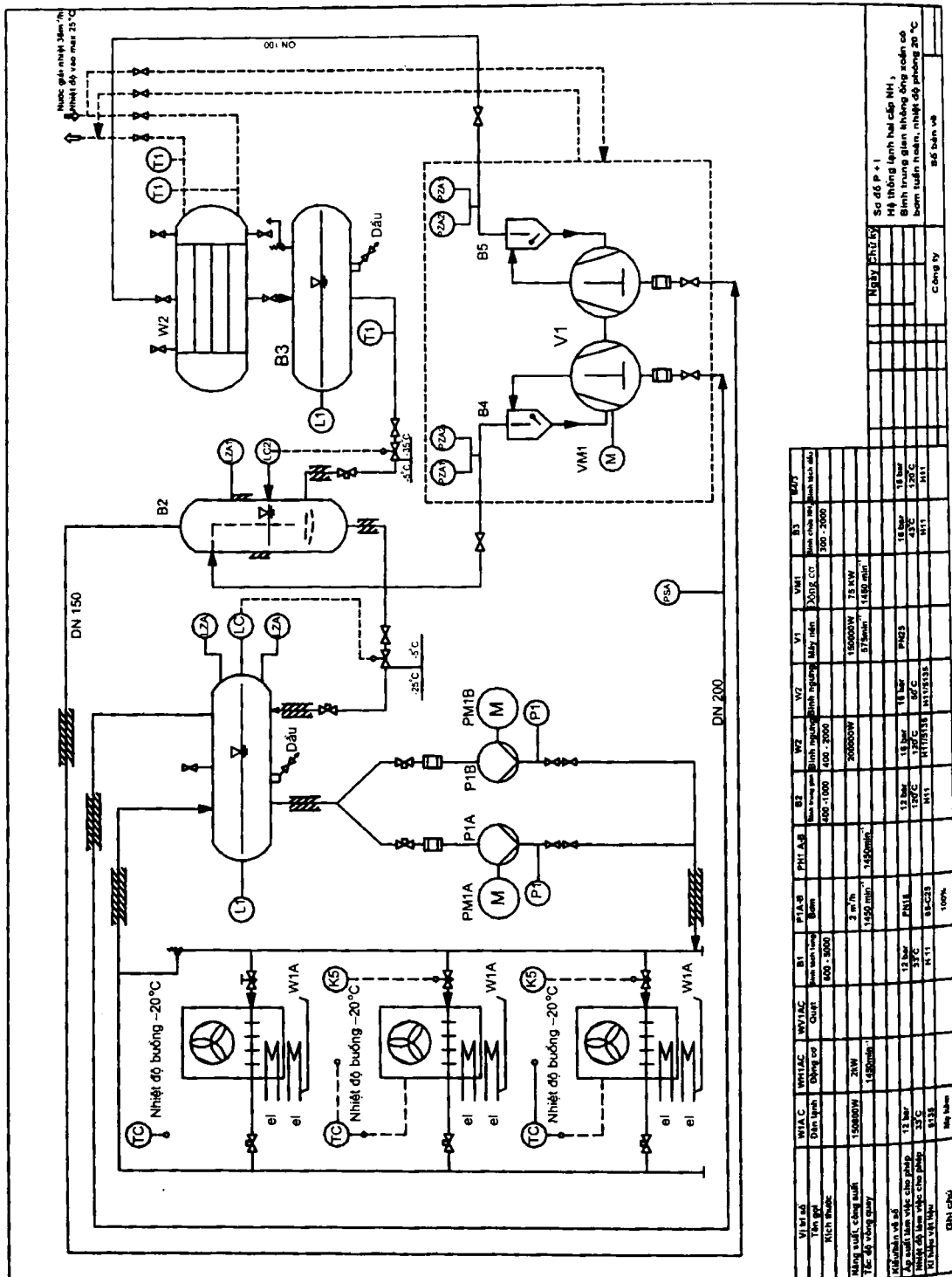
- Ghi chú về môi chất lạnh, chất tải lạnh, lưu lượng, khối lượng...
- Các dụng cụ trong hệ thống đo kiểm, điều khiển, điều chỉnh, báo động, an toàn...

Các ghi chú và yêu cầu hướng dẫn lắp đặt thiết bị, đường ống, dụng cụ, cách nhiệt, cách ẩm... Nếu cần phải có bản thuyết minh riêng.

So sánh giữa 2 hình 17.3 và 17.4 ta thấy máy nén 2 cấp được vẽ thêm động cơ VM1 công suất 75kW vòng quay 1450 vg/min, có thêm bình tách dầu B4 và B5, có role áp suất đường đẩy PZA (4 chiếc vị trí 1,2,3,4) trung áp và cao áp có khả năng ngắt mạch khẩn cấp (Z) và báo động (A); Role áp suất hút hạ áp PSA, ngắt (hoặc chuyển mạch) máy nén (S - Switch) và báo động (A).



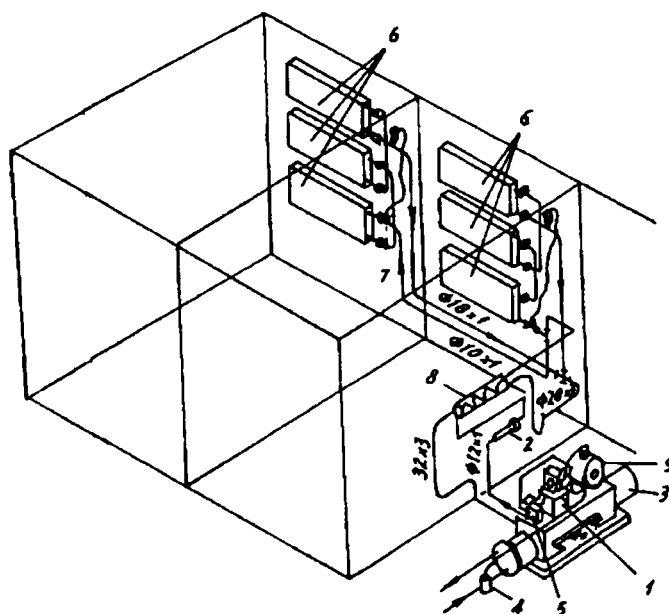
Hình 17.3. Sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh 2 cấp NH₃,
 bình làm lạnh trực tiếp có bơm tuần hoàn, nhiệt độ phòng -20°C



Hình 17.4. Sơ đồ P+I của hệ thống lạnh mô tả trên
sơ đồ nguyên lý hình 17.3

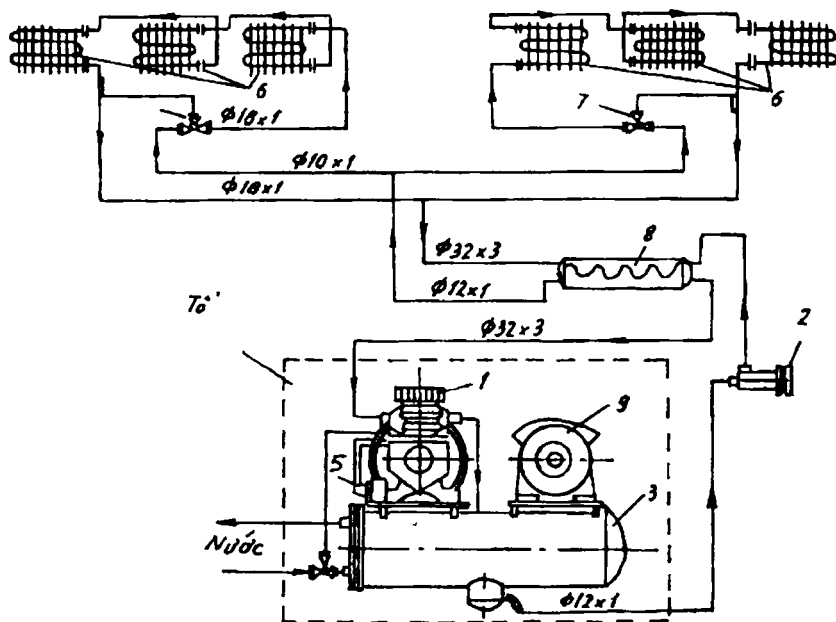
Bình chứa cao áp B3 chỉ được trang bị một bộ đo mức lỏng hay ống thuỷ. Bình trung gian B2 ngoài van tiết lưu có khống chế mức lỏng LC - 2 còn được trang bị thêm một rơle khống chế mức lỏng; khi mức lỏng vượt quá mức cho phép, rơle LZA - 1 sẽ tác động ngắt máy nén khẩn cấp và báo động. Bình chứa tuần hoàn B1 được trang bị 1 ống thuỷ LI và 2 rơle mức lỏng LZA⁺ (cao) LZA (thấp) để khống chế cả mức lỏng cao và thấp ngoài van tiết lưu có khống chế mức lỏng LC. Trên các bơm đều có thể hiện động cơ (M), áp kế PI các van chặn, van 1 chiều và phin lọc cặn. Trên các dàn lạnh thể hiện thêm các van đóng mở hoặc chuyển mạch bằng tay (HS - Hand Switch) cấp lỏng cho dàn lạnh. Mỗi dàn (hoặc mỗi phòng lạnh) được trang bị một rơle nhiệt độ điều chỉnh nhiệt độ buồng bằng cách ngắt quạt dàn bay hơi trong khi bơm dịch vẫn hoạt động. Các vị trí cần đo nhiệt độ (có nhiệt kế) đều được kí hiệu TI như nhiệt độ nước làm mát bình ngưng ra và vào, nhiệt độ lỏng từ bình chứa cao áp đến bình trung gian, lỏng từ bình trung gian đến bình chứa tuần hoàn. Các đường ống đều có ghi chú đường kính danh nghĩa, kí hiệu cách nhiệt. Phần tính năng kỹ thuật có thêm thông số động cơ máy nén, bình chứa cao áp và bình tách dầu B4 và B5.

17.4. SƠ ĐỒ KHÔNG GIAN



Hình 17.5. Sơ đồ máy lạnh AK-FV6

a) Sơ đồ không gian (xem chú giải ở trang sau)

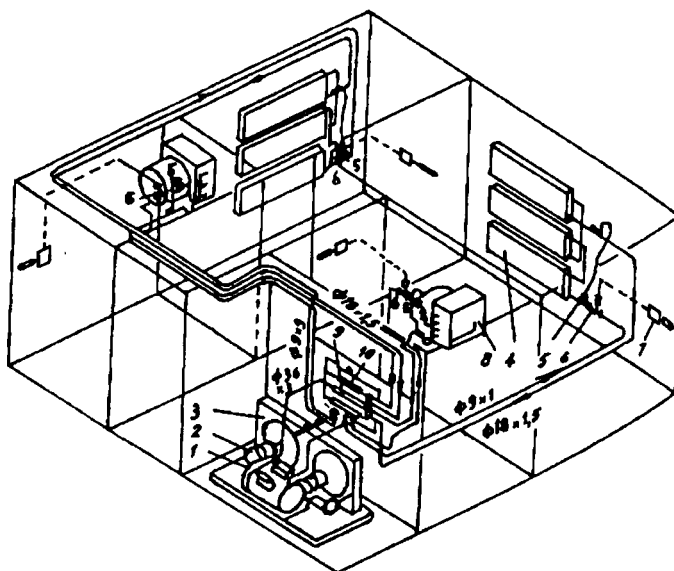


Hình 17.5. Sơ đồ máy lạnh AK-FV6 (tiếp)

b) Sơ đồ nguyên lý (vẽ theo kiểu truyền thống)

1 – Máy nén hơi; 2 – Phin sấy lọc; 3 – Bình ngưng làm mát bằng nước; 4 – Van điều chỉnh áp suất ngưng tụ; 5 – Role áp suất cao, thấp; 6 – Dàn bay hơi tĩnh; 7 – Van tiết lưu nhiệt; 8 – Hồi nhiệt; 9 – Động cơ

Bên cạnh sơ đồ nguyên lý và sơ đồ P + I đôi khi người ta còn thiết lập sơ đồ không gian. Sơ đồ không gian có thể cho ta thấy rõ hơn về cách bố trí máy và thiết bị, cách lắp đặt đường ống và dụng cụ trong không gian yêu cầu. Hình 17.5 giới thiệu sơ đồ hệ thống lạnh AK-FV6 khi biểu diễn trên sơ đồ nguyên lý b) và trên sơ đồ không gian a). Các ký hiệu trên sơ đồ nguyên lý là các ký hiệu truyền thống, còn các ký hiệu trên sơ đồ không gian



Hình 17.6. Sơ đồ không gian máy lạnh nhỏ 4 buồng, 4 nhiệt độ, tổ ngưng tụ giải nhiệt gió có 2 buồng dùng dàn quạt và 2 buồng dùng dàn lạnh tĩnh, nhiệt độ các buồng là -2°C (dàn tĩnh); 0°C dàn tĩnh; 2°C (dàn quạt) và 5°C (dàn quạt)

1 - Máy nén; 2 - Bình chứa; 3 - Dàn ngưng quạt; 4 - Dàn lạnh tĩnh; 5 - Van tiết lưu; 6 - Van điện từ; 7 - Thermostart; 8 - Dàn lạnh quạt; 9 - Hồi nhiệt; 10 - Phin sấy lọc.

cũng theo truyền thống hoặc phòng theo hình dạng của máy và thiết bị. Hình 17.6 giới thiệu sơ đồ không gian máy lạnh XM - FU8 với 4 phòng lạnh, trong đó 2 phòng dùng dân tinh còn 2 phòng dùng dân quạt, nhiệt độ phòng khác nhau từ -2, đến 5°C.

17.5. MỘT SỐ SƠ ĐỒ CẤP LỎNG CHO TBBH

17.5.1. Đặc điểm cấp lỏng dàn NH₃ và freôn – phân loại

Hệ thống dàn bay hơi trực tiếp là bộ phận trực tiếp thực hiện cấp lỏng cho phòng lạnh. Giải pháp đúng cho cụm thiết bị này có ý nghĩa quan trọng trong việc đảm bảo sự hoạt động bình thường và hiệu quả của toàn hệ thống lạnh, đặc biệt hệ thống lạnh lớn, nhiều nhiệt độ của kho lạnh.

Các kết quả nghiên cứu và thực nghiệm cho thấy, hiệu suất trao đổi nhiệt của dàn đạt cao nhất khi cấp lỏng từ dưới lên với điều kiện dịch ngập trong dàn vừa phải.

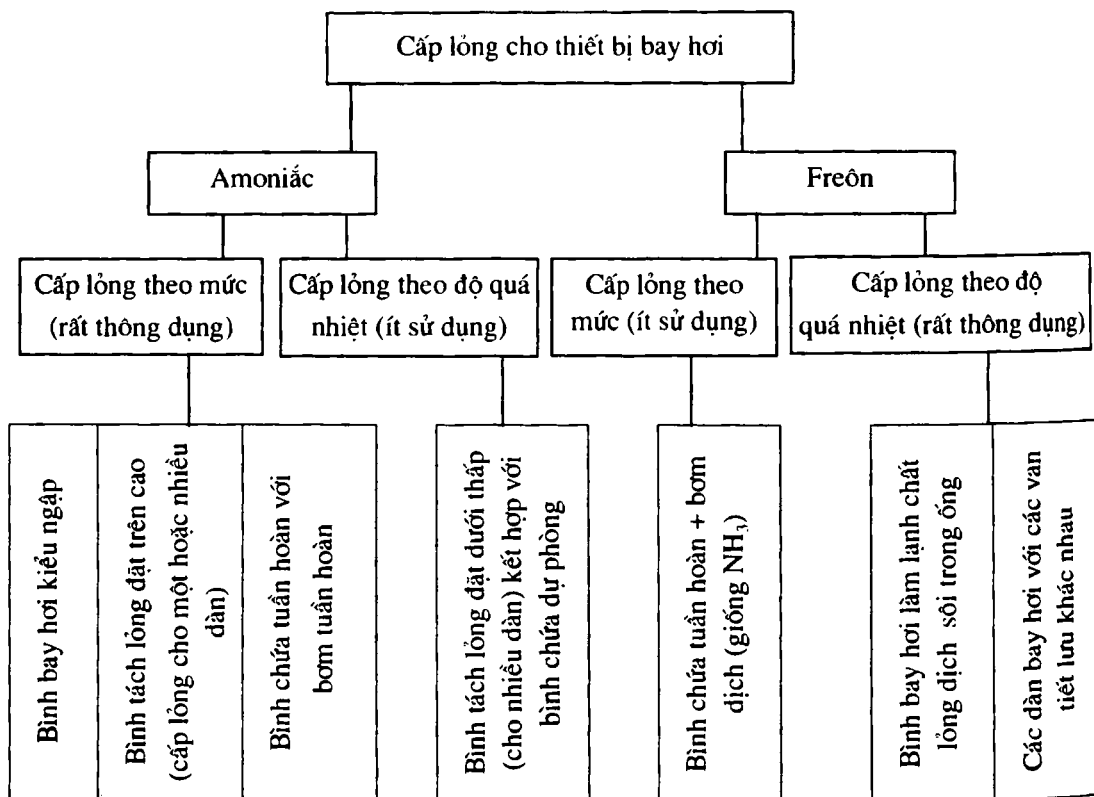
Độ ngập dịch amôniac của dàn được đánh giá qua độ quá nhiệt của hơi hút về máy nén. Độ ngập dịch vừa phải có độ quá nhiệt hơi hút về máy nén. Độ ngập dịch vừa phải có độ quá nhiệt hơi hút ổn định từ 5 ÷ 12K. Nếu độ quá nhiệt quá nhỏ là dàn đã được cấp quá nhiều lỏng, nguy cơ va đập thủy lực có thể xảy ra. Nếu độ quá nhiệt quá lớn, dàn được cấp quá ít lỏng, một phần dàn chỉ có hơi, hiệu quả trao đổi nhiệt kém kéo theo nhiệt độ cuối tầm nén tăng cao làm cháy dầu, hỏng máy nén... Bởi vậy, tất cả các sơ đồ amôniac đều theo hệ cấp lỏng từ dưới lên.

Môi chất freôn so với amôniac có hai khác biệt, một là hoà tan dầu nên thường phải cấp lỏng từ trên xuống để tuần hoàn dầu về máy nén dễ dàng, hai là nhiệt độ cuối tầm nén nhỏ nên không cần lưu ý đến độ quá nhiệt. Chính vì vậy khi hầu hết các dàn amôniac cấp lỏng từ dưới lên thì hầu hết các dàn freôn lại cấp lỏng từ trên xuống

Đối với amôniac, để giữ ổn định độ quá nhiệt hơi hút 5 ÷ 12K, người ta giữ ổn định mức lỏng trong bình tách lỏng, bình trung gian và bình chứa tuần hoàn. Các bình này thường được trang bị 2 role bảo vệ mức lỏng cao và thấp vì mức lỏng cao, dễ dẫn tới va đập thủy lực còn mức lỏng thấp, dễ dẫn tới độ quá nhiệt cao, nhiệt độ cuối tầm nén cao gây cháy dầu và hư hỏng máy nén.

Đối với freôn, do không quan tâm đến độ quá nhiệt (tuy nhiên nhiệt độ hơi hút về máy nén không được vượt quá 25°C) nên thường không có bình tách lỏng, bình trung gian mà lại bố trí hồi nhiệt. Riêng trường hợp bình chứa tuần hoàn và loại dàn có van phao hạ áp, cao áp thì dàn được cấp lỏng từ dưới lên.

Đối với amôniac, dầu được thu hồi từ điểm thấp nhất trong các bình (tách lỏng, tuần hoàn, trung gian ...) thì ở freôn dầu tuần hoàn theo dòng ga lỏng bay hơi. Trường hợp cấp lỏng theo mức (cấp lỏng từ dưới lên) như sử dụng bình chứa tuần hoàn, van phao hạ áp và cao áp thì lỗ hồi dầu cần bố trí ở bề mặt lỏng vì freôn lỏng nặng hơn dầu nên nổi trên bề mặt freôn. Hình 17.7 giới thiệu 1 số phương pháp cấp lỏng cho thiết bị bay hơi.



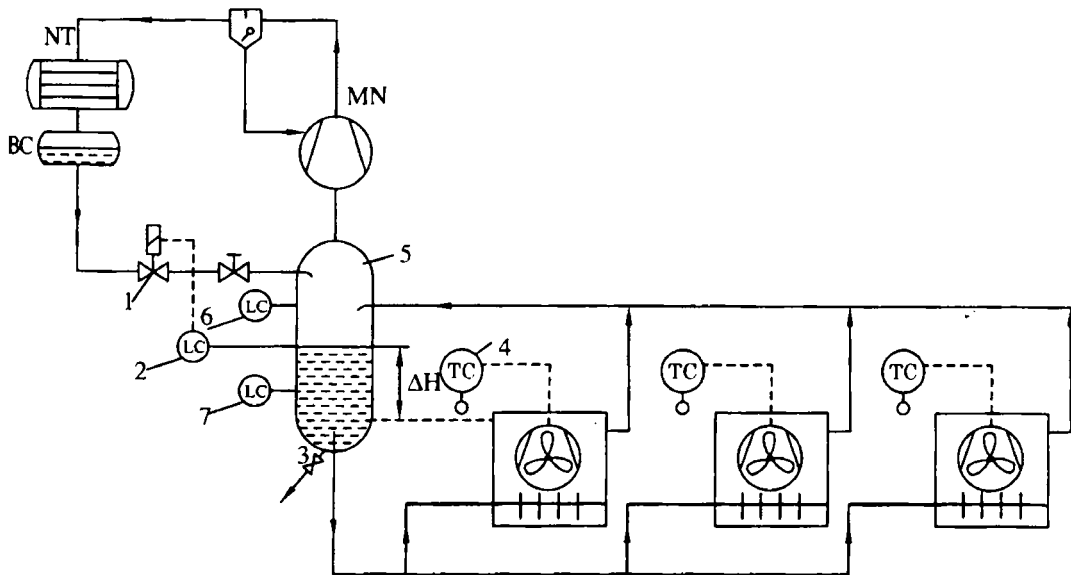
Hình 17.7. Một số phương pháp cấp lỏng cơ bản cho TBBH amôniac và freôn

17.5.2. Bình tách lỏng đặt trên cao NH₃ và freôn

Hình 17.8 giới thiệu 1 sơ đồ cấp lỏng cho nhiều dàn bay hơi bằng bình tách lỏng đặt trên cao. Chiều cao tối thiểu là $\Delta H_{\min} = 3\text{m}$.

Môi chất lạnh ở bình chứa được cấp qua van tiết lưu tay vào bình tách lỏng đặt trên cao 5. Mức lỏng trong bình chứa được role mức lỏng 2 và van điện từ 1 điều chỉnh ở mức cho phép. Nếu mức lỏng thấp quá LC2 mở van điện từ cho lỏng vào còn nếu cao quá thì đóng van điện từ 1. Role LC6 và LC7 dùng để bảo vệ mức lỏng cao và thấp vì khi LC2 bị hư hỏng không đóng và mở được van điện từ thì mức lỏng có thể lên quá cao và xuống quá thấp. Khi đó LC6 và

7 sẽ ngắt máy nén để bảo vệ máy nén. Lồng trong bình tách lỏng tự động chảy vào các dàn bay hơi nhờ chênh lệch cột lỏng. Nhiệt độ trong các phòng lạnh được khống chế nhờ rơle nhiệt độ 4. Khi đủ lạnh TC4 ngắt quạt dàn lạnh và khi thiếu lạnh nó lại tác động mở cho quạt chạy. Sau khi sôi ở dàn lạnh, hơi và lỏng đi theo ống góp quay trở lại bình tách lỏng. Lồng rơi xuống quay trở lại dàn còn hơi được máy nén hút về để nén vào TBNT.



Hình 17.8. Sơ đồ cấp lỏng cho nhiều dàn bay hơi nhờ cột lỏng

1 – van điện từ cấp lỏng; 2 – rơle mức lỏng kiểu phao; 3 – van xả dầu

4 – rơle nhiệt độ điều chỉnh nhiệt độ buồng lạnh; 5 – bình tách lỏng; 6 – rơle bảo vệ mức lỏng cao;

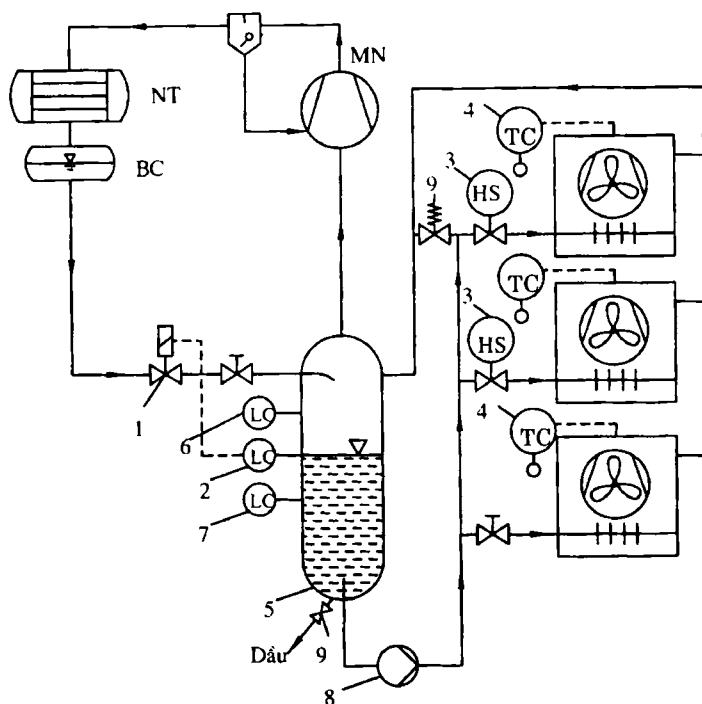
7 – rơle bảo vệ mức lỏng thấp

Phương pháp cấp lỏng này có thể sử dụng cho một dàn đến rất nhiều dàn bay hơi. Yêu cầu duy nhất là bình tách lỏng phải đủ lớn và phải đặt ở vị trí cao nhất so với các dàn. Ưu điểm của nó là đơn giản nhưng nhược điểm là bội số tuần hoàn môi chất nhỏ. Nhược điểm khác là nếu các dàn bố trí ở độ cao không giống nhau thì dàn phía dưới sẽ có nhiệt độ sôi cao hơn do cột áp tĩnh cao hơn. Một nhược điểm khác là về vận hành. Nếu là kho lạnh 5 tầng thì bình tách lỏng phải đặt trên tầng thượng bất tiện cho vận hành vì không nằm cùng trong phòng máy. Để khắc phục nhược điểm này người ta sử dụng thêm bơm tuần hoàn và bình tách lỏng đặt trên cao biến thành bình chứa tuần hoàn.

17.5.3. Bình chứa tuần hoàn NH_3 và freôn

Bình chứa tuần hoàn là bình tách lỏng (còn gọi là bình chứa hạ áp) có bơm. Hình 17.9 giới thiệu sơ đồ hệ thống lạnh sử dụng bình chứa tuần hoàn có

bơm môi chất lạnh lỏng. Sơ đồ này dùng cả cho amôniắc và freôn đặc biệt trong máy kết đông thực phẩm.



Hình 17.9. Sơ đồ cấp lỏng cho nhiều dàn bay hơi nhờ bơm tuần hoàn

- 1 - van điện từ cấp lỏng; 2 - role mức lỏng kiểu phao; 3 - van dẫn nở;
4 - role nhiệt độ điều chỉnh nhiệt độ buống lạnh; 5 - bình chứa tuần hoàn;
6 - 7 - Role mức lỏng bảo vệ cao, thấp; 8 - bơm tuần hoàn; 9 - van an toàn

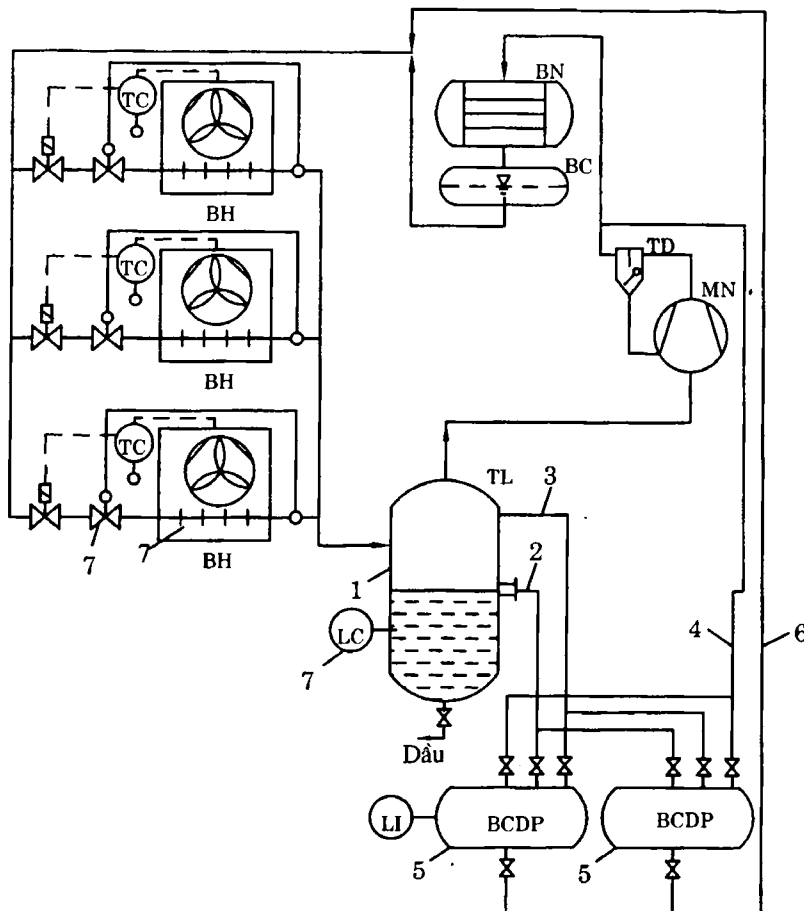
Cấu tạo sơ đồ hệ thống lạnh có bình chứa tuần hoàn cũng giống như sơ đồ bình tách lỏng đặt trên cao. Khác biệt duy nhất là bơm lỏng 8 làm nhiệm vụ bơm lỏng cưỡng bức cho các dàn nên bình chứa tuần hoàn có thể đặt ở dưới thấp ngay trong phòng máy ở tầng 1.

Ưu điểm của sơ đồ này là bình có thể đặt ở dưới thấp và bội số tuần hoàn lỏng qua dàn cao nên hiệu suất trao đổi nhiệt của dàn tăng lên đáng kể. Nhược điểm là phải dùng bơm tuần hoàn là một thiết bị dễ hỏng hóc, hơn nữa do áp lực bơm cao có thể làm thay đổi nhiệt độ bay hơi nên thường người ta phải đặt thêm van dẫn nở trước dàn bay hơi. Việc khống chế nhiệt độ trong các phòng cũng nhờ các role nhiệt độ TC4 để đóng ngắt quạt dàn bay hơi. Việc bảo vệ mức lỏng cao thấp trong bình chứa tuần hoàn cũng phải nhờ đến 2 role mức lỏng LC6, 7 đóng ngắt trực tiếp máy nén. Để bảo vệ bơm cần bố trí van an toàn 9 nối giữa đường đẩy và đường hồi.

17.5.4. Bình tách lỏng đặt dưới thấp NH_3

Do nhược điểm của bình tách lỏng đặt trên cao là không bố trí được tại gian máy nên người ta thiết kế sơ đồ bình tách lỏng đặt dưới thấp.

Hình 17.10 giới thiệu sơ đồ bình tách lỏng đặt dưới thấp. Về nguyên tắc là dùng dàn bay hơi với van tiết lưu nhiệt hoặc một loại van tiết lưu nào đó.



Hình 17.10. Sơ đồ hệ thống lạnh có bình tách lỏng đặt dưới thấp:

- 1 - Bình tách lỏng; 2 - Ống xả lỏng; 3 - Ống cân bằng hơi; 4 - Ống hơi nóng lấy từ sau bình tách dầu;
- 5 - Bình chứa dự phòng (2 chiếc); 6 - Đường xả lỏng về bình chứa cao áp hoặc về trạm tiết lưu;
- 7 - Role bảo vệ mức lỏng thấp

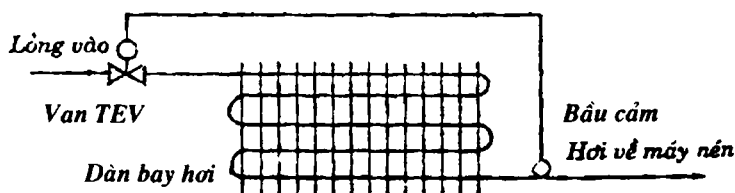
Ống góp hơi được đưa về bình tách lỏng đặt dưới thấp. Van tiết lưu nhiệt được điều chỉnh với độ quá nhiệt hợp lý nên ở những tải lạnh khác nhau dàn vẫn có lỏng phun ra. Để duy trì mức lỏng không vượt mức cho phép người ta bố trí 2 bình chứa dự phòng ở phía dưới có các đường nối tràn lỏng và đường cân bằng hơi. Khi mức lỏng dâng lên, lỏng sẽ tự chảy xuống một bình chứa dự

phòng phía dưới theo nguyên tắc bình thông nhau. Khi mức lỏng tụt xuống dưới mức cho phép, role mức lỏng 7 sẽ ngắt máy nén để bảo vệ. Các bình chứa dự phòng đều có ống thủy để chỉ báo mức lỏng. Khi mức lỏng đạt $50 \div 80\%$ bình người ta khoá các van nối với bình tách lỏng để cô lập ra khỏi hệ thống rồi mở van hơi nóng cho hơi nóng vào, đẩy toàn bộ lỏng về bình chứa cao áp hoặc về trạm tiết lưu. Trong khi xả lỏng cho bình này thì phải đưa bình chứa dự phòng kia vào hoạt động, hứng lỏng thừa từ bình tách lỏng chảy ra.

Có thể lắp thêm cả role mức để bảo vệ mức cao cho bình tách lỏng. Việc khống chế nhiệt độ buồng lạnh cũng như các thiết bị khác hoạt động như đã trình bày ở các phần trên.

17.5.5. Cấp lỏng theo độ quá nhiệt dàn freôn nhỏ

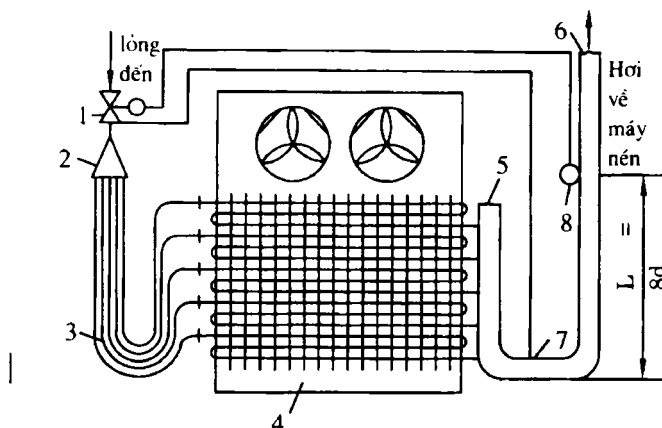
Hình 17.10 giới thiệu sơ đồ cấp lỏng cho một dàn bay hơi freôn nhỏ. Dàn bay hơi là dàn ống xoắn tĩnh hoặc có quạt, dàn thường có một lối và tổn thất áp suất nhỏ nên thường sử dụng van tiết lưu nhiệt cân bằng trong.



Hình 17.10. Cấp lỏng cho dàn bay hơi freôn nhỏ bằng van tiết lưu nhiệt cân bằng trong TEV
(Thermostatic Expansion Valve)

17.5.6. Cấp lỏng theo độ quá nhiệt dàn freôn lớn

Hình 17.11 giới thiệu sơ đồ cấp lỏng theo độ quá nhiệt cho một dàn bay hơi freôn lớn. Đây là dàn bay hơi ống xoắn có nhiều lối, có quạt tuần hoàn gió cưỡng bức. Dàn bố trí nhiều lối để giảm tổn thất áp suất. Do tổn thất áp suất lớn nên cần sử dụng van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài cho dàn. Để phân phối đều lỏng cho các lối phải có các ống phân phối lỏng từ đầu chia lỏng. Các ống phân phối lỏng không những phải có đường kính, độ dài giống nhau mà độ cong uốn cũng cần giống nhau đảm bảo tổn thất áp suất giống nhau. Ống góp hơi phải đủ lớn, lối ra nên bố trí ở dưới để có thể hồi dầu tốt về máy nén. Tổn thất áp suất của các dàn này thường nằm trong khoảng từ $1 \div 2$ bar. Khi lựa chọn van tiết lưu nên chọn loại có năng suất lạnh bằng $1,2 \div 1,3 Q_0$ của dàn.

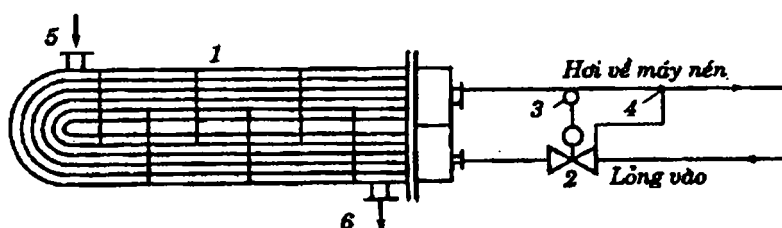


Hình 17.11. Cấp lỏng theo độ quá nhiệt cho dàn freôn lớn bằng van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài

- 1 - Van TEV cân bằng ngoài; 2 - Đầu chia lỏng; 3 - Ống chia lỏng; 4 - Dàn bay hơi; 5 - Ống góp hơi;
6 - Ống đứng về máy nén; 7 - Vị trí nối ống cân bằng ngoài; 8 - Vị trí lắp bầu cảm

17.5.7. Cấp lỏng bình bay hơi freôn theo độ quá nhiệt

Bình bay hơi làm lạnh chất tải lạnh môi chất freôn là loại sôi trong ống. Thông thường người ta có thể dùng van tiết lưu nhiệt cân bằng trong hoặc cân bằng ngoài. Tuy nhiên thường các loại hình này có nắp đặc biệt để phân phối, đều lỏng nên có tổn thất áp suất khá lớn, vì vậy nên dùng loại TEV cân bằng ngoài (xem hình 17.12).



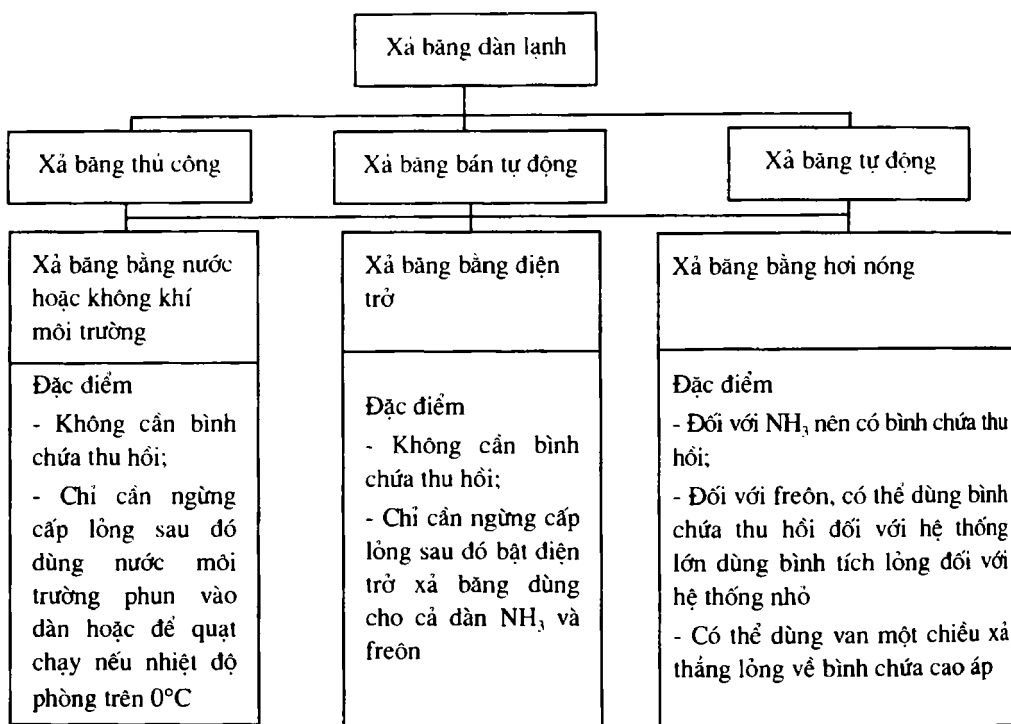
Hình 17.12. Cấp lỏng bình bay hơi lỏng sôi trong ống bằng an tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài

- 1 - bình bay hơi lỏng sôi trong ống; 2 - van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài; 3 - đầu cảm nhiệt;
4 - đầu lấy tín hiệu áp suất; 5, 6 - ống chất tải lạnh vào và ra

17.6. CÁC SƠ ĐỒ XẢ BĂNG DÀN LẠNH

17.6.1. Phân loại

Hình 17.13 giới thiệu sơ đồ phân loại xả băng dàn lạnh.



Hình 17.13. Sơ đồ phân loại xả băng dàn lạnh

Theo phương pháp xả băng có thể phân ra xả băng thủ công, xả băng bán tự động và xả băng tự động. Theo nguồn nhiệt dùng xả băng phân ra xả băng bằng nước hoặc không khí môi trường, xả băng bằng điện trở và xả băng bằng hơi nóng, theo môi chất trong dàn phân ra xả băng dàn NH₃, freôn hoặc nước muối...

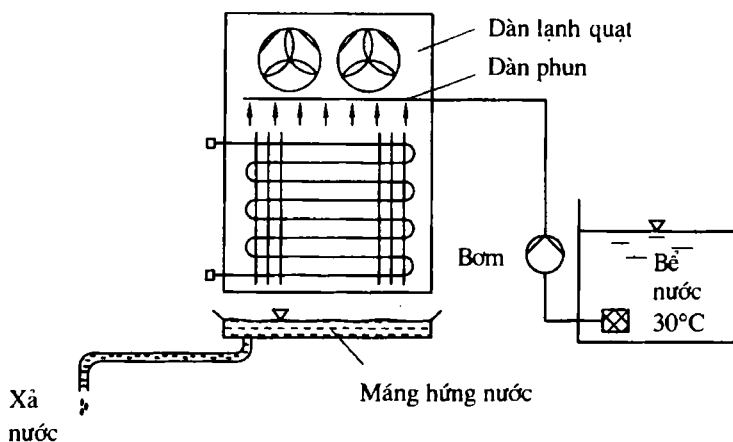
17.6.2. Xả băng thủ công

Xả băng thủ công là công việc xả băng được tiến hành hoàn toàn thủ công, nghĩa là khi thấy dàn lạnh đóng băng tuyết quá dày thì tiến hành xả băng bằng tay. Đối với phòng lạnh có nhiệt độ dương (trên 0°C), có dàn lạnh quạt thì đơn giản là tắt máy nén nhưng cứ để quạt gió hoạt động trong một thời gian 30 phút đến 1 hoặc 2h cho đến khi nào băng tan hết thì lại cho máy nén hoạt động trở lại. Đối với những loại máy nén nhỏ, dàn lạnh tĩnh nhiệt độ thấp đôi khi cũng chỉ dùng phương pháp ngắt máy nén trong một thời gian đủ lâu để băng tuyết tan hết.

a) Xả băng thủ công bằng nước môi trường

Đối với các dàn lạnh công nghiệp, có thể dùng nước môi trường để xả băng. Ở các dàn lạnh này người ta phải bố trí sẵn một dàn phun nước phía trên

dàn ống xoắn và hệ thống bơm và bể nước dùng cho xả băng (xem hình 17.14) bên ngoài phòng lạnh.



Hình 17.14. Xả băng thủ công bằng phun nước cho dàn lạnh

Khi cần xả băng, người ta ngừng cấp lỏng cho dàn lạnh sau đó cho bơm hoạt động để phun nước cho dàn, nước phun và nước xả băng được hứng vào máng và xả ra ngoài.

b) Xả băng thủ công bằng điện trở

Đối với các dàn lạnh công nghiệp cũng có thể xả băng thủ công bằng điện trở. Ví dụ, ở một kho lạnh có nhiều dàn lạnh thì khi xả băng bằng điện trở người ta chỉ cần tắt quạt dàn lạnh, cô lập dàn lạnh (ngừng cấp lỏng) khỏi hệ thống sau đó có thể bật điện trở xả băng. Sau một thời gian nhất định khi đã xả hết băng ta lại cho dàn hoạt động trở lại bằng cách ngắt điện trở xả băng, nối điện lại cho quạt dàn lạnh và cấp lỏng lại cho dàn. Phương pháp này không cần có bình chứa thu hồi.

c) Xả băng thủ công bằng hơi nóng

Phương pháp này cũng chỉ dùng cho các dàn lạnh công nghiệp, các kho lạnh hoặc hệ thống lạnh lớn có nhiều dàn lạnh. Khi sử dụng phương pháp này cần có bình chứa thu hồi trong hệ thống. Hình 17.15 giới thiệu sơ đồ xả băng bằng hơi nóng cho NH_3 và freon.

Mỗi dàn lạnh được trang bị 4 van chặn hoặc van điện từ để chặn đường ga lạnh vào ra (1,2) và đường hơi nóng xả băng (3,4). Khi làm lạnh bình thường 1,2 mở còn 3,4 đóng. Khi xả băng 1,2 đóng còn 3,4 mở. Hơi nóng đi vào dàn lạnh, lỏng ngưng trong dàn được đẩy qua van 4 vào bình chứa thu hồi. Khi xả băng xong

a) Dàn lạnh NH_3 cấp lỏng từ dưới lên

Hơi nóng từ MN

3

hơi NH_3 2

lỏng NH_3 1

4

Hơi nóng

5

6

LI

Bình chứa thu hồi

7

Về BC cao áp hoặc trạm tiết lưu

b) Dàn lạnh Freon cấp lỏng từ trên xuống

Hơi nóng

3

lỏng freon 1

hơi Freon 2

4

Lỏng ngưng

Hơi nóng

5

6

LI

Bình chứa thu hồi

7

Về BC cao áp hoặc trạm tiết lưu

Hình 17.15. Xả bằng thủ công bằng hơi nóng cho dàn lạnh công nghiệp (hệ thống có nhiều dàn bay hơi)

Hình 17.15. Xả băng thủ công bằng hơi nóng cho dàn lạnh công nghiệp (hệ thống có nhiều dàn bay hơi)

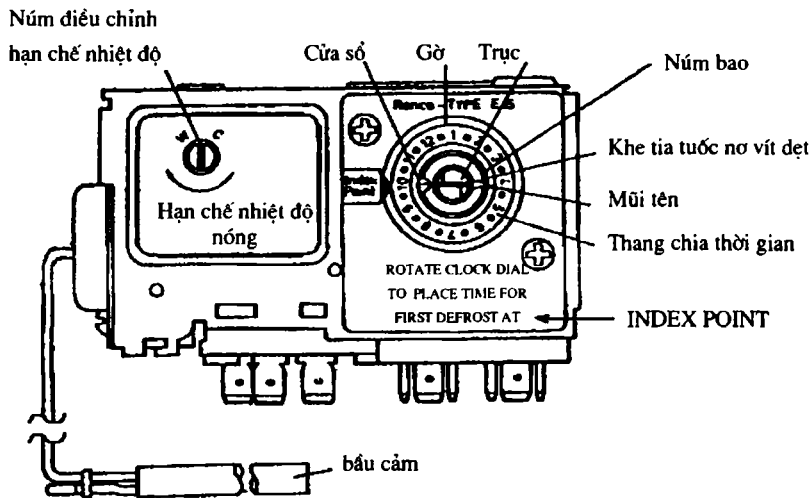
Xả băng bán tự động là đóng mạch xả băng bằng tay bằng cách ấn nút xả cho thiết bị và ngắt mạch xả băng tự động nhờ role nhiệt độ xả băng.

338

và nối điện lại cho máy lạnh làm việc bình thường. Vì băng tuyết tan ở 0°C nên nếu nhiệt độ dàn đạt $7 \div 10^{\circ}\text{C}$ thì coi như dàn đã hết băng tuyết. Vì lý do đó nên rơle nhiệt độ xả băng luôn đặt cố định ở nhiệt độ này. Phương pháp xả băng này thường được sử dụng cho các loại máy lạnh cỡ nhỏ và trong bình có một dàn lạnh ví dụ các tủ lạnh gia đình, tủ lạnh thương nghiệp kiểu cũ, các loại máy lạnh trên ô tô lạnh, tàu hỏa lạnh, buồng lạnh lắp ghép...

17.6.4. Xả băng tự động

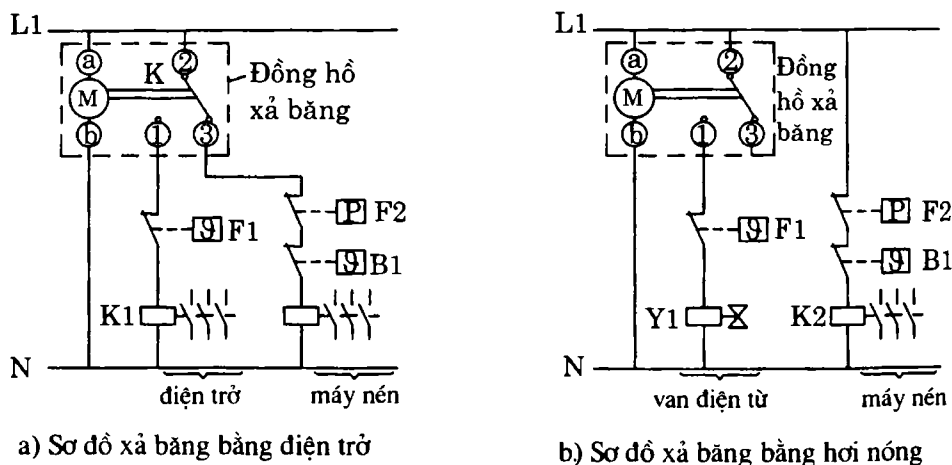
Xả băng tự động là phương pháp xả băng hoàn toàn tự động. Đóng mạch bằng đồng hồ xả băng (defrost timer) và kết thúc bằng rơle nhiệt độ xả băng. Ngoài phương pháp đóng mạch xả băng bằng đồng hồ xả băng, người ta còn phát triển đầu dò chiều dày lớp băng để đóng mạch xả băng. Phương pháp này rất tiết kiệm năng lượng vì dàn chỉ xả băng khi cần (ADAP-COOL của Danfoss). Hình 17.16 giới thiệu hình dáng một loại đồng hồ xả băng kiểu E15 của hãng Ranco (Mỹ).



Hình 17.16. Đồng hồ xả băng của hãng RANCO (Mỹ)

Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của đồng hồ xả băng như sau: Đồng hồ có một động cơ nhỏ tốc độ 1450 vg/min với 1 hộp giảm tốc để truyền động cho một bánh cam quay với tốc độ 1vg/24h. Trên bánh cam có gắn nhiều cam. Nhưng cam này có thể nâng lên và hạ xuống. Khi nâng lên và khi dịch chuyển đến công tắc điện nó sẽ tác động thực hiện việc đóng mạch xả băng. Thời gian đóng mạch này có thể điều chỉnh được. Ít nhất trong một ngày đêm phải xả băng một lần. Nếu nâng 2 vấu, 3 vấu.. thì số lần xả băng trong ngày tương ứng sẽ là 2 lần 3 lần...

Thời gian tiếp điện cho điện trở xả băng (hoặc van điện từ hơi nóng) lại phụ thuộc vào role nhiệt độ xả băng. Khi dàn đạt nhiệt độ $7 \div 10^{\circ}\text{C}$ (tín hiệu cho biết đã hết băng trên dàn lạnh) thì role nhiệt độ xả băng ngắt điện cấp cho điện trở hoặc van điện từ. Như vậy thời gian xả băng có thể có thể đặt 20, 30, 40 phút nhưng thời gian đóng mạch điện trở có thể chỉ kéo dài $7 \div 12$ phút. Hình 17.16 giới thiệu sơ đồ nối mạch đơn giản nhất của máy lạnh với đồng hồ xả băng khi xả băng bằng điện trở và bằng hơi nóng.



Hình 17.17. Sơ đồ điện máy lạnh đơn giản với đồng hồ xả băng

L1 - Dây nóng (Line 1); N - Dây trung tính; F1 - Role nhiệt độ xả băng (ngắt khi nhiệt độ dàn đạt $7 \div 10^{\circ}\text{C}$); F2 - Role áp suất cao; K1 - Công tắc tơ cho điện trở xả băng; K2 - Công tắc tơ cho máy nén quạt dàn bay hơi...; B1 - Role nhiệt độ không chế nhiệt độ phòng; Y1 - Van điện từ

Sơ đồ xả băng bằng điện trở hoạt động như sau:

1. Làm lạnh: Đồng hồ xả băng ở trạng thái như hình vẽ, tiếp điểm 2 nối với 3, K2 có điện, máy nén và quạt dàn bay hơi làm việc. Khi đủ lạnh B1 ngắt, máy nén và quạt dừng. Khi thiếu lạnh B1 lại đóng cho máy nén và quạt chạy. Nếu áp suất cao vượt quá giới hạn cho phép, role áp suất cao F2 ngắt mạch để bảo vệ máy nén.

2. Xả băng: Đến chu kỳ xả băng, đồng hồ xả băng chuyển mạch 2 - 1. Máy nén dừng, điện trở xả băng làm việc. Khi nhiệt độ dàn được $7 \div 10^{\circ}\text{C}$, role nhiệt độ xả băng F1 ngắt điện trở. Khi thời gian xả băng trôi qua, đồng hồ xả băng chuyển mạch 2 - 3 và máy nén trở lại chu kỳ làm lạnh.

Sơ đồ xả băng bằng hơi nóng hoạt động như sau:

1. Làm lạnh. Máy lạnh làm việc không phụ thuộc vào đồng hồ xả băng giống như trên.

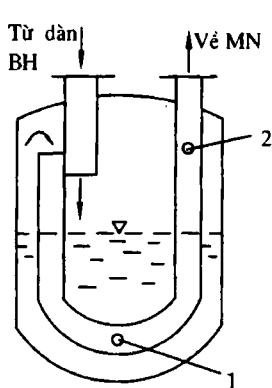
2. Xả băng: Đến chu kỳ xả băng, đồng hồ xả băng chuyển mạch 2 - 1, van điện từ mở, hơi nóng đi trực tiếp vào dàn lạnh để xả băng. Khi nhiệt độ dàn đạt $7 \div 10^{\circ}\text{C}$ role nhiệt độ xả băng F1 ngắt mạch van điện từ. Khi thời gian đặt trôi qua, đồng hồ xả băng chuyển mạch 2 - 3 về vị trí cũ. Đặc điểm của quá trình xả băng này là máy nén vẫn làm việc trong khi xả băng cho dàn lỏng ra khỏi dàn được gom về bình tích lỏng.

17.6.5. Bảo vệ tràn lỏng về máy nén khi xả băng

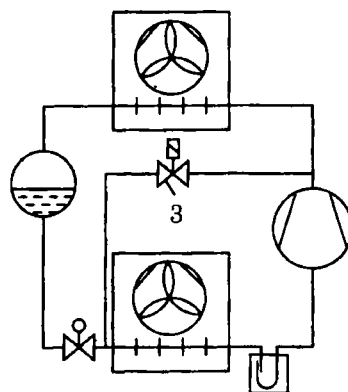
Khi xả băng, đặc biệt khi xả băng bằng hơi nóng, nguy cơ tràn lỏng về máy nén là rất lớn. Để tránh nguy cơ này người ta phải bố trí bình chứa thu hồi cho các dàn lạnh công nghiệp như đã trình bày ở hình 17.15.

Riêng đối với hệ thống lạnh Freôn nhỏ và trung bình người ta có một số giải pháp sau:

1. Sử dụng bình tích lỏng (Liquid Accumulator) ở sau dàn bay hơi để tích trữ lỏng và dầu phun ra ở dàn khi xả băng và tiết lưu dần dần về máy nén (hình 17.18).



a) Bình tích lỏng
(liquid Accumulator)



b) Vị trí bình tích lỏng
lắp trong hệ thống lạnh freôn

Hình 17.18. Bình tích lỏng và máy lạnh freôn xả băng bằng hơi nóng có bình tích lỏng

1 – Lỗ tiết lưu lỏng và dầu về máy nén; 2 – Lỗ cân bằng; 3 – Van điện từ xả băng

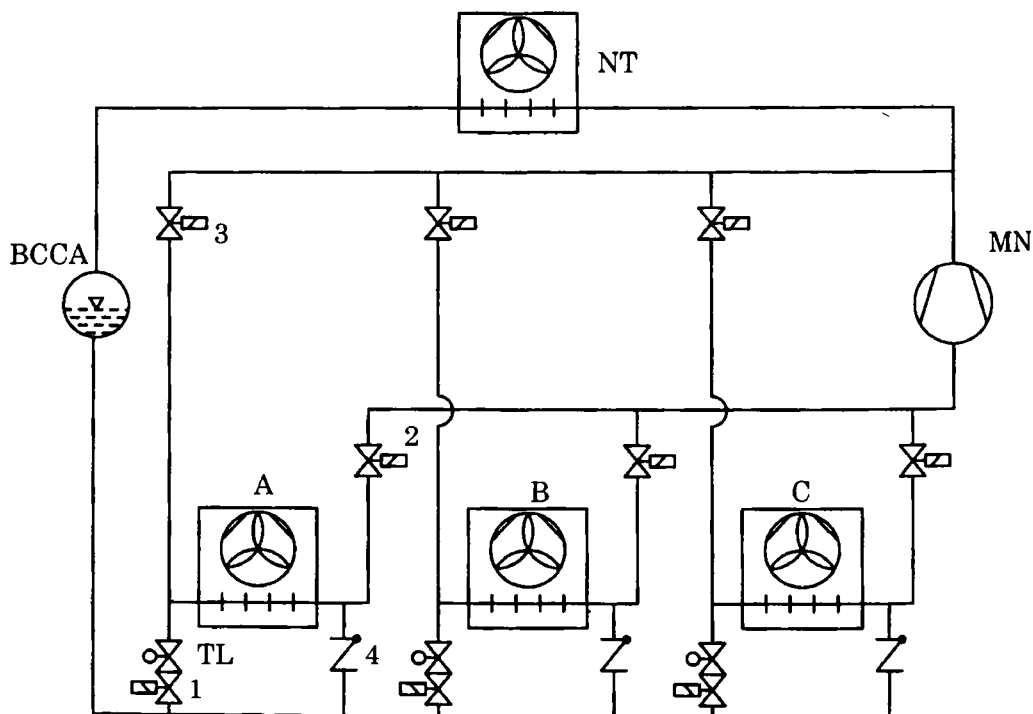
2. Sử dụng van 1 chiều trong hệ thống có nhiều dàn bay hơi. Trong hệ thống nhiều dàn bay hơi có thể bố trí van một chiều để lỏng ra từ dàn bay hơi khi xả băng được đẩy trở lại bình chứa cao áp (hình 17.19).

Hệ thống xả băng hoạt động như sau:

1. Làm lạnh. Van điện từ 3 đóng, van điện từ 1 và 2 mở. Lỏng đi qua van

tiết lưu vào dàn bay hơi rồi về máy nén thực hiện quá trình làm lạnh phòng.

2. Xả băng: Các dàn lạnh phải được xả băng thứ tự theo thời gian khác nhau, không được xả băng đồng thời. Ví dụ, tiến hành xả băng cho dàn A: Đóng van điện từ 1, 2 mở van 3. Hơi nóng vào xả băng, lỏng ngưng sẽ đi qua van 1 chiều 4 để về bình chứa cao áp. Kết thúc quá trình xả băng bằng cách đóng van 3 và mở van 1 và 2. Sau đó có thể tiến hành xả băng dàn B rồi dàn C.



Hình 17.19. Máy lạnh freon với 3 buồng lạnh xả băng bằng hơi nóng, lỏng phun ra ở dàn bay hơi được đẩy về bình chứa

- 1 – Van điện từ cấp lỏng; 2 – Van điện từ chặn đường hơi về máy nén;
3 – Van điện từ hơi nóng xả băng; 4 – Van 1 chiều; A, B, C – Dàn lạnh

Ghi chú: Giáo trình thiết kế Hệ thống Lạnh Nhà xuất bản Giáo dục 2008 [19] có giới thiệu một số sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh NH_3 và R22 nhiều nhiệt độ cũng như có sưu tập một số sơ đồ hệ thống lạnh thông dụng. Bạn đọc có thể tham khảo thêm các sơ đồ đó ở tài liệu trên.

Chương 18

ỨNG DỤNG LẠNH

TRONG CÔNG NGHIỆP THỰC PHẨM

18.1. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP BẢO QUẢN THỰC PHẨM

Từ ngàn xưa, con người đã sản xuất chế biến thực phẩm phục vụ cho đời sống. Các loại thực phẩm đều là các loại dễ ôi thiu đặc biệt ở các nước nóng và ẩm như nước ta. Theo đánh giá, khoảng 20% sản lượng thực phẩm bị hư hỏng và mất hoặc giảm phẩm chất. Đó là những con số thiệt hại rất lớn. Giảm được số thực phẩm hư hỏng có nghĩa là gián tiếp nâng cao sản lượng thực phẩm sản xuất được. Chính vì vậy, từ lâu con người đã nghiên cứu các phương pháp bảo quản lâu dài và phân phối thực phẩm không những trong phạm vi một vùng, một quốc gia mà trên toàn thế giới. Hoa quả, rau hoặc thịt có thể được sản xuất ở một khu vực rất nhỏ nhưng sẽ được bảo quản phân phối trên toàn thế giới. Có nhiều phương pháp bảo quản thực phẩm. Ngày nay phương pháp quen thuộc nhất là bảo quản lạnh. Thực phẩm không sử dụng hết ở gia đình được cất giữ vào tủ lạnh, không dùng hết ở các bếp ăn tập thể, kí túc xá sinh viên được cất giữ trong các kho lạnh hoặc phòng lạnh lắp ghép. Phương pháp bảo quản lạnh thực phẩm sẽ được giới thiệu sâu trong chương này. Ngoài ra người ta còn có thể bảo quản thực phẩm theo các phương pháp khác nhau như phương pháp phóng xạ ion, chiếu tia tử ngoại, sấy khô, sử dụng chất kháng sinh, sử dụng các chất chống ôxi hoá, khí cacbonic, khí ôzôn, khí sunfuro, các khí gốc halôgen...

Tất cả các phương pháp đó đều có ưu và nhược điểm cũng như phạm vi ứng dụng nhất định. Các phương pháp đó đạt hiệu quả rõ rệt hơn nhiều khi kết hợp với phương pháp bảo quản lạnh. Thậm chí, một vài trường hợp nếu không có lạnh có thể gây hư hỏng thực phẩm rất nhanh chóng.

18.1.1. PHƯƠNG PHÁP PHÓNG XẠ

1. Phóng xạ ion. Các tia phóng xạ ion có khả năng sát trùng mạnh.

Nếu đảm bảo định lượng, có thể tiệt trùng hoàn toàn sau vài giây. Các phóng xạ ion có thể là tia âm cực, tia rơnghen và các tia phóng xạ gama. Các tia âm cực có đặc điểm là khả năng xuyên thấu nhỏ, do đó chiều sâu xử lý sản phẩm nhỏ. Nếu sử dụng với liều lượng cao có thể gây nguy hiểm bởi sự phóng xạ cảm ứng làm cho sản phẩm không dùng được. Bởi vậy, không phải lúc nào cũng có thể dùng tia âm cực để bảo quản thực phẩm.

Tia rơnghen là tia bức xạ điện từ dải sóng ngắn, giới hạn phần sóng ngắn là các tia gamma còn phần sóng dài là tia cực tím. Những tia rơnghen có bước sóng càng ngắn, khả năng xuyên thấu càng lớn do đó các tia gamma có ý nghĩa thực tế hơn cả.

Khi sử dụng phóng xạ ion, trong thực phẩm xảy ra một số biến đổi lí hoá học. Tùy vào mức độ chiếu xạ sản phẩm có thể bị biến chất, thay đổi mùi vị và màu sắc. Do đó trước khi sử dụng phóng xạ ion cần có các nghiên cứu cơ bản đối với loại sản phẩm cần bảo quản.

Liều lượng chiếu xạ cũng như công suất chiếu xạ phải phù hợp để có thể tiêu diệt toàn bộ vi sinh vật làm hỏng thực phẩm hoặc phải kìm hãm được chúng không phát triển trong thời gian dự định bảo quản ở nhiệt độ thường hoặc kết hợp với bảo quản lạnh.

* Các ứng dụng triển vọng nhất của phóng xạ ion là:

- Đình chỉ sự nảy mầm của khoai tây, rau quả khi bảo quản, sát trùng hạt, rau quả khô và các thực phẩm cô đặc.

- Khi sử dụng phóng xạ ion để bảo quản phải đặt ra yêu cầu là tiêu diệt hoặc ức chế được hoạt động của vi sinh vật, không làm biến đổi màu sắc, mùi vị, chất lượng và tính chất dinh dưỡng của sản phẩm, đặc biệt khi kết hợp với việc bảo quản lạnh. Trong vấn đề này liều lượng chiếu xạ và công suất chiếu xạ đóng vai trò rất quan trọng.

2. Chiếu tia tử ngoại (tia cực tím hay tia UV ultraviolet). Tia tử ngoại là một bộ phận của ánh sáng không nhìn thấy, bước sóng 1-390nm. Tia tử ngoại có khả năng tiêu diệt hoặc ức chế hoạt động của vi sinh vật mạnh nhất nằm trong khoảng bước sóng 255 ÷ 280 nm. Tuy nhiên mỗi loại vi sinh vật riêng biệt bị tiêu diệt hiệu quả với mỗi bước sóng riêng biệt.

Tia tử ngoại có đặc điểm không thể xuyên thấu vào sản phẩm. Độ xuyên thấu chỉ đạt khoảng 0,1mm do đó chỉ có tác dụng tiêu diệt vi sinh vật trên bề mặt sản phẩm là chủ yếu. Tia tử ngoại được sử dụng rộng rãi để thanh trùng,

diệt khuẩn trong không khí, nước, dung dịch muối và các chất lỏng trong suốt vì tia tử ngoại có khả năng xuyên thấu qua các chất này giống như ánh sáng.

Qua nghiên cứu người ta thấy rằng tia tử ngoại cũng có ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm bảo quản ví dụ protein có thể bị biến tính, cấu trúc bậc hai và bậc ba của các phân tử protein bị phân huỷ thành các mạch polypeptit riêng rẽ, và nếu chiếu xạ lâu các mạch polypeptit biến thành các gốc axit amin, kích thích sự hoạt động của các men. Tia tử ngoại còn kích thích sự ôxi hoá các chất béo. Tia tử ngoại nguy hiểm cho cả con người: tác dụng lên da và đặc biệt đối với mắt.

Chính vì những lí do trên nên việc nghiên cứu liều lượng bức xạ tia tử ngoại và thời gian bức xạ để bảo quản các sản phẩm là rất quan trọng, đảm bảo chất lượng của thực phẩm, đồng thời tiết kiệm được năng lượng bức xạ. Nếu kết hợp với bảo quản lạnh, hiệu quả bảo quản sẽ tăng lên rõ rệt, thời gian bảo quản có thể tăng lên 2÷2,5 lần.

Thời gian và chất lượng bảo quản ngoài ra còn phụ thuộc vào tình trạng sản phẩm trước khi bảo quản. Nếu sản phẩm được xử lí bức xạ và lạnh ngay sau khi thu hái hoặc chế biến sẽ có chất lượng trước khi đưa vào xử lí.

18.1.2. Phương pháp sấy khô

Vi sinh vật và nấm mốc chỉ có thể phát triển và phá hủy thực phẩm khi thủy phần thực phẩm đạt $20 \div 30\%$ đối với vi sinh vật và $12 \div 15\%$ đối với nấm mốc. Khi sấy khô sản phẩm, đưa thủy phần của thực phẩm xuống dưới 20% thì vi sinh vật ngừng hoạt động và khi thủy phần xuống dưới 12% thì nấm mốc sẽ ngừng hoạt động, tuy nhiên phản ứng của từng loại vi sinh vật và nấm mốc với việc sấy khô của từng loại thực phẩm có khác nhau.

Phương pháp sấy khô có rất nhiều ưu điểm so với các phương pháp khác song cũng có một số nhược điểm. Ví dụ, thực phẩm sấy khô không sử dụng được ngay mà phải ngâm nước khi sử dụng. Nếu sấy khô ở nhiệt độ cao có thể làm biến chất sản phẩm bảo quản.

Chính vì vậy để không phá hủy các chất hoạt tính sinh học như hóc môn, men, vitamin người ta sấy khô thực phẩm ở nhiệt độ thấp bằng bơm nhiệt, bằng cách hút chân không hoặc sấy thăng hoa. Sấy thăng hoa thực phẩm ở nhiệt độ -20°C đạt chất lượng rất cao, hầu như không làm thay đổi tính chất sinh hoá

của sản phẩm. Để đảm bảo một phần nước cho sản phẩm, người ta không sấy khô mà kết hợp thêm với các phương pháp khác như xông khói, ướp muối hoặc bảo quản lạnh, tạo điều kiện thuận lợi khi đưa thực phẩm ra sử dụng.

18.1.3. Phương pháp sử dụng chất kháng sinh

Hiện nay, nhiều nước trên thế giới đã sử dụng các chất kháng sinh như oreomixin, streptomixin, clomexitin, teremixin... để bảo quản thực phẩm kết hợp với bảo quản lạnh.

Đã một thời người ta rất ngạc nhiên là cá trên tàu đánh cá Nhật có thể bảo quản tới hàng nửa tháng trời mà cũng chỉ bằng nước đá ở 0°C. Mãi về sau người ta mới khám phá ra bí quyết của thứ nước đá thần kỳ đó là do có trộn thêm chất kháng sinh.

Các chất kháng sinh kết hợp với bảo quản lạnh có thể tăng thời hạn bảo quản lên gấp rưỡi thậm chí gấp 2 gấp 3 lần bình thường. Phương pháp này có thể mở ra triển vọng rất tốt đẹp đối với việc bảo quản lâu dài thực phẩm mau hỏng.

18.1.4. Phương pháp sử dụng khí ôzôn

Ôzôn là chất khí có khả năng ôxi hoá mạnh, khi nó phân li thành ôxi O₂ và một nguyên tử ôxi O nó có khả năng diệt trùng mạnh. Người ta dùng ôzôn để diệt trùng nước và không khí. Ví dụ diệt trùng không khí các phòng lạnh trước khi đưa hàng vào, diệt trùng để khử mùi hôi thực phẩm, hoà trộn với nước để diệt trùng nước; tẩy rửa để tiêu diệt nấm, mốc... của sản phẩm hoặc nấm mốc phát triển trong phòng lạnh.

Khi xử lí ôzôn cần phải kết hợp với việc hạ nhiệt độ phòng lạnh và tăng độ ẩm bảo quản thì hiệu quả sẽ cao hơn. Tác dụng và liều lượng đối với từng trường hợp bảo quản và xử lí cũng khác nhau.

Sản xuất ôzôn bằng cách thổi không khí qua hai điện cực có điện thế cao. Nếu sát trùng nước thì dẫn dòng khí đã ôzôn hoá vào hoà trộn đều với nước. Trong thời gian qua, nước ôzôn đã được coi là loại nước thần kỳ không những để bảo quản rau quả thực phẩm mà cả trong phòng chống dịch bệnh.

18.1.5. Phương pháp dùng khí CO₂

Khí CO₂ có tác dụng kéo dài thời gian bảo quản thực phẩm vì khí CO₂ kìm hãm sự hoạt động của vi sinh vật. Với liều lượng rất thấp cacbonic kích

thích sự phát triển của nấm mốc, nhưng với nồng độ khoảng 1% trong không khí trở lên, CO₂ có tác dụng kìm hãm sự hoạt động của nấm mốc và vi sinh vật. Tuy nhiên dù với liều lượng rất lớn, tới 100%, thì CO₂ cũng không có khả năng đình chỉ, tiêu diệt được nấm mốc và vi sinh vật do đó thường người ta không sử dụng CO₂ với liều lượng cao quá 25%.

Với nồng độ quá cao nhiều sản phẩm bảo quản như thịt, cá có biến đổi chất lượng, thịt mất màu tự nhiên làm xấu sản phẩm, mang cá chóng bị thối... nên cần có quy trình bảo quản từng sản phẩm riêng biệt với các nồng độ CO₂ thích hợp với các phương pháp bảo quản khác để nâng cao thời gian bảo quản như: ướp muối, bảo quản lạnh...

Phương pháp dùng khí CO₂ rất có ý nghĩa trong việc bảo quản rau quả. Thường khi bảo quản, rau quả đã sinh ra CO₂ trong quá trình hô hấp. Nếu nồng độ CO₂ quá cao có thể làm rau quả bị ngạt, hư hỏng và thối rữa. Nhưng với liều lượng vừa phải, CO₂ có tác dụng kìm hãm sự phát triển và hoạt động của rau quả và kéo dài thời gian bảo quản.

Một số cơ sở sử dụng bao bì kín bằng nilông để bảo quản rau quả. Khi CO₂ do rau quả hô hấp, thải ra được sử dụng để bảo quản chính ngay chúng. Ở một số ô tô lạnh sử dụng đá khô để bảo quản thì khí CO₂ thăng hoa từ đá khô lại sử dụng ngay để bảo quản sản phẩm, nghĩa là người ta sử dụng cả khả năng sinh lạnh và khả năng kiểm chế hoạt động của vi sinh vật và nấm mốc. Tuy nhiên có một số loại rau quả không chịu đựng được nồng độ CO₂ quá mức bình thường. Chính vì vậy nồng độ CO₂ đối với việc bảo quản từng loại sản phẩm cũng phải được nghiên cứu kết hợp với các hình thức bảo quản khác như bao bì, ướp muối, bảo quản lạnh v.v.

18.1.6. Phương pháp bao bì đóng gói

Bao bì đóng gói càng ngày càng chiếm vị trí quan trọng trong việc bảo quản thực phẩm.

Bao bì gồm rất nhiều loại khác nhau và tùy từng loại có tác dụng khác nhau. Nhiều loại bao bì chỉ dùng để chứa, đựng thực phẩm khi chuyên chở nhưng nhiều loại dùng để bảo quản thực phẩm: chống sự xâm nhập của vi sinh vật từ bên ngoài vào, chống mất mùi và chống thấm khí ẩm từ bên ngoài vào, chống nhiễm mùi lạ, tăng cảm quan thực phẩm (bao bì thủy tinh, giấy bóng, nhựa trong suốt...); đảm bảo vô trùng và cách li với môi trường xung quanh, tăng thời gian bảo quản, giữ được khí CO₂ hoặc khí trơ cần thiết để bảo quản.

Các dạng chủ yếu của bao bì thực phẩm là: thủy tinh, gỗ, hộp sắt tây, giấy

cactông, giấy gói, giấy tráng parafin, giấy tráng thiếc hoặc tráng nhôm, các vật liệu tổng hợp: bao bì polyme như polyetylen, polyvinylclorit (PVC), các loại nhựa làm túi, can bảo quản thực phẩm... Nếu kết hợp với các phương pháp khác như bảo quản lạnh, sấy khô, ướp muối, chiếu phóng xạ, chiếu tia cực tím, bảo quản khí... thì thời gian bảo quản sẽ tăng lên đáng kể.

Ngoài các phương pháp đã nêu, người ta còn có thể sử dụng các chất sát trùng khác nhau để sát trùng các phòng bảo quản lạnh, các thiết bị và dụng cụ sử dụng trong các phòng bảo quản lạnh, thanh trùng không khí phòng lạnh hoặc nước dùng tẩy rửa, nước làm nước đá v.v. Các chất tẩy trùng thường là các hợp chất có chứa clo. Khi sử dụng, clo được giải phóng sẽ tiêu diệt các vi sinh vật có hại cho thực phẩm.

18.2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ LÀM LẠNH THỰC PHẨM

18.2.1. Các nguyên nhân gây hư hỏng thực phẩm

Có nhiều nguyên nhân gây hư hỏng thực phẩm, trong đó có ba nguyên nhân chính là:

- Do tác dụng của men của chính thực phẩm;
- Do vi sinh vật từ bên ngoài;
- Do các độc tố tiết ra từ các loại vi sinh vật, nấm mốc hoặc từ thực phẩm.

Trong ba nguyên nhân trên thì nguyên nhân do vi sinh vật xâm nhập là lớn hơn cả. Vi sinh vật có thể chia làm ba nhóm: ưa nóng ($30 \div 80^{\circ}\text{C}$), ưa ấm ($24 \div 40^{\circ}\text{C}$), và ưa lạnh ($-10 \div 25^{\circ}\text{C}$). Phổ biến nhất là các loài ưa ấm còn các loài ưa nóng và ưa lạnh ít phổ biến hơn tuy rằng ở đâu cũng tồn tại tất cả các loại trên. Tất nhiên các loại vi sinh vật chỉ phát triển tốt trong điều kiện nhiệt độ thích hợp. Vượt ra ngoài phạm vi nhiệt độ đó chúng sẽ bị kìm hãm phát triển hoặc có thể bị tiêu diệt.

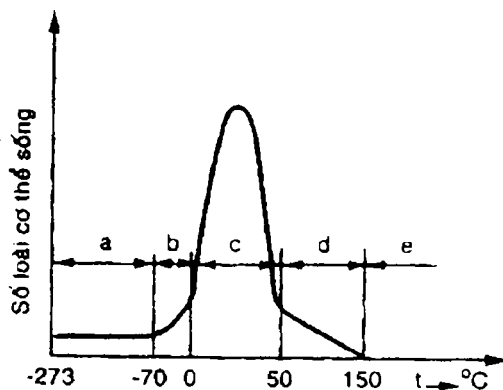
Hình 18.1 biểu diễn sự phân bố số loài cơ thể sống theo từng khoảng nhiệt độ. Qua biểu đồ ta thấy ở khoảng nhiệt độ $0 \div 50^{\circ}\text{C}$ đặc biệt khoảng $20 \div 30^{\circ}\text{C}$ có nhiều loài cơ thể sống hoạt động nhất. Vùng từ 50 đến 150°C là vùng có số lượng rất ít loài cơ thể sống hoạt động. Các vi sinh vật hoạt động trong vùng này phải chịu được nhiệt độ cao. Từ 150°C trở lên hầu như không có một loài vi sinh vật sống được nữa. Bình thường để tiêu diệt vi khuẩn và vi trùng ta chỉ cần đưa nhiệt độ của thực phẩm lên đến 100°C là nhiệt độ nước sôi. Khi cần thanh trùng triệt để hơn người ta tiệt trùng trong các nồi hấp tiệt trùng có áp

suất cao và nhiệt độ có thể đạt tới $130 \div 150^{\circ}\text{C}$. Nhóm ưa nóng có khả năng chịu được nhiệt độ cao nhưng dễ bị tiêu diệt ở nhiệt độ thấp. Ngược lại, nhiệt độ thấp lại khó tiêu diệt các loại vi sinh vật ưa lạnh.

Trong việc bảo quản lạnh thực phẩm, các loại vi sinh vật ưa lạnh này là thủ phạm chủ yếu làm giảm chất lượng sản phẩm. Một vài loại tiêu biểu có thể kể ra là *pseudomonas* làm cho thực phẩm biến thành màu xanh hay màu sẫm tối, hoặc các loại nấm mốc như *Penicillium mucor*... hoạt động ở nhiệt độ -15°C thậm chí đến -80°C , nấm men ưa lạnh

phát triển ở nhiệt độ -2 đến 3°C ở môi trường chua. Các loại vi sinh vật và nấm mốc này có khả năng phát triển ở tất cả các loại thực phẩm bảo quản, đặc biệt trên bề mặt và trong một số trường hợp cả theo chiều sâu vào khối thực phẩm.

Nói tóm lại, nhiệt độ thấp không có khả năng tiêu diệt vi sinh vật. Đối với các vi sinh vật ưa ấm, chúng có thể bị kìm hãm, chúng tạo các vỏ bọc bảo vệ, nằm im nhưng khi nhiệt độ nâng lên chúng lại hoạt động trở lại. Còn các vi sinh vật ưa lạnh, chúng vẫn hoạt động bình thường ở nhiệt độ thấp. Qua các kết quả nghiên cứu người ta thấy rằng cần phải hạ nhiệt độ thực phẩm bảo quản xuống đến -18°C thì hệ thống nấm men mới bị tiêu diệt phần lớn. Tuy nhiên ở nhiệt độ này vẫn có một số loại nấm mốc phát triển. Các độc tố do nấm mốc và vi sinh vật tiết ra hoặc do chính thực phẩm tạo ra không bị biến đổi khi bảo quản lạnh. Chính đây cũng là nhược điểm chủ yếu của việc bảo quản lạnh thực phẩm. Để việc bảo quản lạnh thực phẩm đạt hiệu quả cao hơn, người ta thường kết hợp bảo quản lạnh với các phương pháp bảo quản khác như cho thêm hoá chất, chất sát trùng, chiếu xạ bằng các tia tử ngoại, tia X, tia phóng xạ α , β , γ và cả các tia siêu âm.



Hình 18-1. Sự phân bố số loài cơ thể sống theo khoảng nhiệt độ

- a) Vùng nhiệt độ cơ thể sống rất bị kìm hãm;
- b) Vùng nhiệt độ cơ thể sống bị kìm hãm và hoạt động yếu chỉ có số ít loài tồn tại;
- c) Vùng nhiệt độ thích hợp, có nhiều loài cơ thể sống hoạt động mãnh liệt nhất;
- d) Giống vùng b; e) Vùng nhiệt độ cơ thể sống hầu như không tồn tại

18.2.2. Các biến đổi chính trong quá trình làm lạnh thực phẩm

Trong quá trình làm lạnh và bảo quản lạnh, nhiệt độ thấp chỉ có tác dụng ức chế, kìm hãm sự biến đổi sinh hoá, lí hoá... Các quá trình này thực tế vẫn tiến triển nên chất lượng sản phẩm vẫn bị thay đổi.

1. Biến đổi lý học. Đó là các biến đổi về hình dạng, màu sắc... của thực phẩm, nhưng quan trọng hơn cả là sự khô hao thực phẩm. Trong buồng bảo quản đông hoặc lạnh luôn xảy ra một sự di chuyển ẩm từ sản phẩm đến dàn bay hơi hoặc dàn lạnh. Do sự chênh nhiệt độ giữa dàn lạnh và sản phẩm, ẩm từ bề mặt sản phẩm (thịt hoặc rau quả) bay hơi rồi đến bám vào dàn lạnh làm cho bề mặt sản phẩm luôn khô ráo, rau quả mau bị héo quắt. Bị mất nước, bề mặt thịt có thể trở nên tối sẫm, một phần do mao quản bị teo không phản quang, một phần do bề mặt thịt bị ôxi hoá.

Sự bay hơi phụ thuộc chủ yếu vào diện tích bề mặt bay hơi, độ chênh nhiệt độ giữa sản phẩm và dàn, tốc độ gió trong phòng, tính chất sản phẩm, phương pháp bao gói sản phẩm, độ chín tới của sản phẩm, đặc biệt đối với các loại rau quả.

Sự bay hơi là nguyên nhân chính gây ra sự tổn hao khối lượng khi bảo quản.

2. Biến đổi hoá học. Sự biến đổi hoá học bị kìm hãm do nhiệt độ thấp nhưng không hoàn toàn bị triệt tiêu, do đó vẫn có những biến đổi hoá học trong thực phẩm bảo quản tuy nhiên không đáng kể.

3. Biến đổi về sinh lí. Biến đổi về sinh lí chủ yếu chỉ xảy ra với các loại rau quả có sự hô hấp khi bảo quản. Đó là quá trình trao đổi chất của tế bào cơ thể sống: hấp thụ ôxi, thải khí cacbôníc, hơi nước và nhiệt.

4. Biến đổi sinh hoá. Sau khi chết, nhiệt độ tế bào động vật tăng lên khá nhiều. Nhiệt toả ra trong giai đoạn này nhiều hơn cả khi con vật còn sống. Ở cá cũng ghi nhận thấy hiện tượng này, làm lạnh càng sớm, càng kịp thời thì càng kìm hãm được những quá trình biến đổi sinh hoá đó.

Nói chung, động vật sau khi giết và đem làm lạnh đều trải qua ba giai đoạn sinh hoá là:

- Giai đoạn tê cứng sau khi chết;
- Giai đoạn chín tới (chín hoá học);
- Giai đoạn phân huỷ sâu sắc (thối rữa).

Giai đoạn tê cứng: là quá trình biến đổi sinh hoá - cơ lý - hoá học trong

tế bào động vật chết, khác hẳn với sự tê cứng khi cơ thể sống khi gặp lạnh. Giai đoạn này tùy thuộc nhiều yếu tố khác nhau như: loài động vật, tuổi, nòi giống, điều kiện sống, nhiệt độ bảo quản... ở cá có thể chỉ vài phút, ở bò, lợn có khi vài giờ đến hàng chục giờ. Trong giai đoạn tê cứng độ chắc của cơ bắp tăng, độ đàn hồi giảm, trở lực cắt có thể tăng gấp đôi do đó đem chế biến thịt đang ở giai đoạn tê cứng sẽ mất ngon.

Giai đoạn chín tới: sau khi tê cứng, thịt bắt đầu mềm ra, lúc đó thịt đã chuyển sang giai đoạn chín tới. Ở cá không có giai đoạn chín hoá học mà chuyển ngay sang giai đoạn phân hủy sâu sắc hay thối rữa.

Các quá trình sinh hóa xảy ra trong giai đoạn này là gần như ngược với giai đoạn tê cứng. Độ chắc của thịt giảm mạnh nhất là khoảng 6 ngày sau khi giết thịt. Thịt chín sinh học có độ tiêu hoá cao, ngon hơn thịt tươi, khi chế biến thịt cho nhiều hương vị thơm ngon hơn. Thịt được bảo quản lạnh, sau khoảng 2 ngày có hương vị thơm ngon hơn, sau 5 ngày hương vị rất tốt, sau 10 ÷ 14 ngày hương vị càng dễ nhận rõ hơn. Vị ngọt của thịt chủ yếu nhờ lượng axit glutamic và các muối của nó tạo ra trong thịt.

Giai đoạn phân huỷ sâu sắc: xảy ra sau quá trình chín tới do các men trong chính thịt súc vật. Nếu để thịt ở nhiệt độ thân nhiệt của con vật (36 ÷ 37°C), tốc độ phản ứng rất mãnh liệt và thịt con vật bắt đầu thối rữa.

18.2.3. Phương pháp làm lạnh thực phẩm

Làm lạnh thực phẩm là hạ nhiệt độ thực phẩm xuống đến gần nhiệt độ đông cứng của nó (khoảng 0°C), có nghĩa là không xuống đến nhiệt độ đóng băng của sản phẩm. Nhiệt độ đóng băng của thịt động vật hoặc sản phẩm từ thực vật thấp hơn nhiệt độ đóng băng của nước. Nó không phải là hằng số mà thay đổi theo từng điều kiện cụ thể. Thường nhiệt độ đông cứng của tế bào thấp hơn nhiệt độ đóng băng của nước một vài độ.

1. Làm lạnh tĩnh. Các phòng lạnh được trang bị các dàn lạnh tĩnh bay hơi trực tiếp hoặc làm lạnh gián tiếp qua nước muối. Không khí lạnh trong phòng đối lưu tự nhiên. Sản phẩm cần làm lạnh được xếp lên giá (rau quả) hoặc treo trên giá xe đẩy (thịt lợn nửa con hoặc thịt bò nửa hoặc một phần tư con). Giai đoạn đầu khi nhiệt độ sản phẩm còn cao có thể điều chỉnh để nhiệt độ phòng xuống đến -2 hoặc -3°C. Giai đoạn cuối khi nhiệt độ sản phẩm xuống thấp, nâng nhiệt độ phòng lên -1 đến 0°C.

Phương pháp làm lạnh tĩnh có tốc độ làm lạnh chậm, tổn diện tích làm

lạnh nhưng độ khô hao thực phẩm nhỏ; độ ẩm không khí cao.

2. Làm lạnh tăng cường. Các phòng lạnh được trang bị các loại dàn quạt. Dàn lạnh có thể là bay hơi trực tiếp hoặc gián tiếp qua nước muối. Tốc độ lưu thông không khí trong phòng có thể lên tới $3 \div 4$ m/s. Ở giai đoạn đầu, nhiệt độ có thể hạ xuống đến -5°C cho thịt lợn và -1°C cho bò, giai đoạn sau nâng nhiệt độ lên -1 đến 0°C và tốc độ không khí giảm xuống còn một nửa. Độ ẩm không khí duy trì từ 85 đến 95%.

Do có tuần hoàn không khí nên quá trình làm lạnh tăng, thời gian làm lạnh rất ngắn. Cần chú ý để sản phẩm không bị đóng băng. Tổn hao khối lượng do khô hao lớn hơn phương pháp làm lạnh tĩnh. Phương pháp này có thể áp dụng cho tất cả các loại sản phẩm thịt, cá, rau quả v.v. Phòng lạnh có thể xây dựng theo kiểu tunel có xe đẩy chất sản phẩm và đường ray đẩy vào và ra.

3. Làm lạnh phun. Các phòng lạnh được trang trí các buồng phun nước muối. Không khí trao đổi nhiệt ẩm trực tiếp với nước muối, sau đó vào làm lạnh sản phẩm. Phương pháp này giảm được tổn hao khối lượng do độ ẩm rất cao, tránh được ôxi hoá mỡ, giữ vitamin. Nhược điểm của phương pháp này là không dùng được cho tất cả các sản phẩm kỵ ẩm và kỵ thấm muối.

Phương pháp này sử dụng rất hiệu quả đối với gia cầm (gà, vịt...) đóng trong bao nilông hút chân không. Có thể phun trực tiếp nước muối lạnh lên sản phẩm. Đối với rau quả dùng nước lạnh gần 0°C xối trực tiếp vừa có tác dụng làm lạnh vừa có tác dụng tẩy rửa rau quả.

4. Làm lạnh bằng cách nhúng sản phẩm trong nước muối lạnh. Để làm lạnh, có thể nhúng sản phẩm trực tiếp trong nước muối lạnh, nước lạnh, nước biển đã làm lạnh. Do hệ số trao đổi nhiệt rất lớn giữa nước muối và sản phẩm nên thời gian làm lạnh rút xuống đáng kể. Phương pháp này có thể sử dụng rất hiệu quả cho các sản phẩm đóng gói trong bao nilông kín như gia cầm. Người ta cũng có thể sử dụng phương pháp này để làm lạnh cá không cần bao nilông. Tuy nhiên khi ngâm cá không có bao nilông trong nước biển lạnh cá bị trương và khối lượng tăng tới 10% nên phải cho thêm phụ gia vào nước biển lạnh để cân bằng áp suất thẩm thấu.

5. Ướp đá, vùi tuyết. Làm lạnh cá thông dụng nhất là phương pháp ướp đá. Đá được đập vụn hoặc xay vụn, sau đó có thể được trộn thêm với muối hoặc chất kháng sinh rồi mang bảo quản cá. Đá và cá được xếp thành từng lớp và sau một thời gian nhất định có thể làm chặt thêm vì một số đá đã tan. Nếu cá đã

được làm lạnh trong nước muối thì sẽ đỡ tổn đá khi ướp đá và thời gian giữ đá trong các hòm sẽ lâu hơn nhiều.

Ướp đá cũng có thể sử dụng cho các loại sản phẩm khác đặc biệt rau quả. Chỉ cần xếp đá vào các ngăn bảo ôn sau đó đặt thực phẩm hoặc rau quả ở giữa. Nhiệt độ của thực phẩm hoặc rau quả được giảm xuống gần đến nhiệt độ đá tan 0°C . Ở các nước xứ lạnh, người ta có thể sử dụng phương pháp vùi tuyết để bảo quản thực phẩm và rau quả.

6. Làm lạnh chân không. Đây là phương pháp làm lạnh mới dùng cho rau quả là chính. Rau quả được xếp vào một phòng kín bằng kim loại, sau khi đóng kín phòng được hút chân không nhờ các máy nén kiểu ejector. Dưới áp lực chân không, hơi nước từ chính rau quả bốc ra để làm lạnh rau quả. Phương pháp này có ưu điểm là quá trình làm lạnh rất nhanh, đảm bảo chất lượng và mỹ quan của sản phẩm.

18.2.4. Phương pháp kết đông thực phẩm

Kết đông thực phẩm là làm lạnh thực phẩm xuống dưới nhiệt độ đóng băng. Nhiệt độ đóng băng của thực phẩm thường thấp hơn 0°C một vài độ, tuy nhiên các thực phẩm như tôm, cá, rau củ thường được kết đông thẳng xuống tới -18°C . Các sản phẩm có kích thước lớn như lợn nửa con, lợn cả con, thịt bò 1/4 hoặc 1/2 con sau khi kết đông thường đạt nhiệt độ -12 đến -18°C ở bề mặt và -6 đến -8°C ở tâm thịt. Khi bảo quản ở kho lạnh, nhiệt độ sẽ dần dần hạ xuống đến nhiệt độ bảo quản từ -18°C đến -25°C . Một số thực phẩm còn được bảo quản ở nhiệt độ lạnh hơn như kem cốc ở -35°C .

Mục đích của kết đông và bảo quản đông thực phẩm là nâng cao chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản đến nhiều tháng, thậm chí nhiều năm.

Có nhiều phương pháp kết đông thực phẩm. Theo cách làm lạnh có thể chia ra kết đông trong luồng gió lạnh, theo kiểu tiếp xúc, theo kiểu nhúng chìm, kiểu phun... Theo cách xử lý có thể chia ra kết đông một pha và kết đông hai pha. Theo tốc độ có thể chia ra kết đông chậm, kết đông tăng cường, kết đông nhanh và cực nhanh. Các loại máy kết đông và phương pháp kết đông sẽ được trình bày sâu ở chương 19.

18.2.5. Các chế độ bảo quản lạnh và bảo quản đông

Mỗi loại thực phẩm cần một chế độ bảo quản khác nhau. Các bảng 18.1 và 18.2 giới thiệu các chế độ nhiệt độ, độ ẩm và thời hạn bảo quản của các loại rau quả và thực phẩm khác nhau.

Bảng 18.1. Chế độ bảo quản rau quả tươi (Theo tiêu chuẩn Nga)

Sản phẩm	Nhiệt độ °C	Độ ẩm tương đối %	Chế độ thông gió	Thời hạn bảo quản
Bưởi	0 ÷ 5	85	mở	1 ÷ 2 tháng
Cam	0,5 ÷ 2	85		"
Chanh	1 ÷ 2	85		"
Chuối chín	14 ÷ 16	85	"	5 ÷ 10 ngày
Chuối xanh	11,5 ÷ 13,5	85	"	3 ÷ 10 ngày
Dứa chín	4 ÷ 7	85	"	3 ÷ 4 tuần
Dứa xanh	10	85	"	4 ÷ 6 tháng
Đào	0 ÷ 1	85 ÷ 90	"	5 ÷ 6 tháng
Táo	0 ÷ 3	90 ÷ 95	"	3 ÷ 10 tháng
Cà chua chín	2 ÷ 2,5	75 ÷ 80	mở	1 tháng
Cà rốt	0 ÷ 1	90 ÷ 95	"	vài tháng
Cà chua xanh	4	80 ÷ 90	"	10 ÷ 14 ngày
Dưa chuột	0 ÷ 4	85	"	vài tháng
Đậu khô	5 ÷ 7	70 ÷ 75	đóng/ mở	9 ÷ 12 tháng
Đậu tươi	2	90	mở	3 ÷ 4 tuần
Hành	0 ÷ 4	75	"	1 ÷ 2 tuần
Khoai tây	3 ÷ 6	85 ÷ 90	"	5 ÷ 6 tháng
Nấm tươi	0 ÷ 1	90	"	1 ÷ 2 tuần
Rau muống	5 ÷ 10	80 ÷ 90	"	3 ÷ 5 tuần
Cải xalat	3	90	"	3 tháng
Su hào	0 ÷ 0,5	90	"	2 ÷ 6 tháng
Bắp cải, súp lơ	0 ÷ 1	90	"	4 tuần
Su su	5	90	"	4 tuần

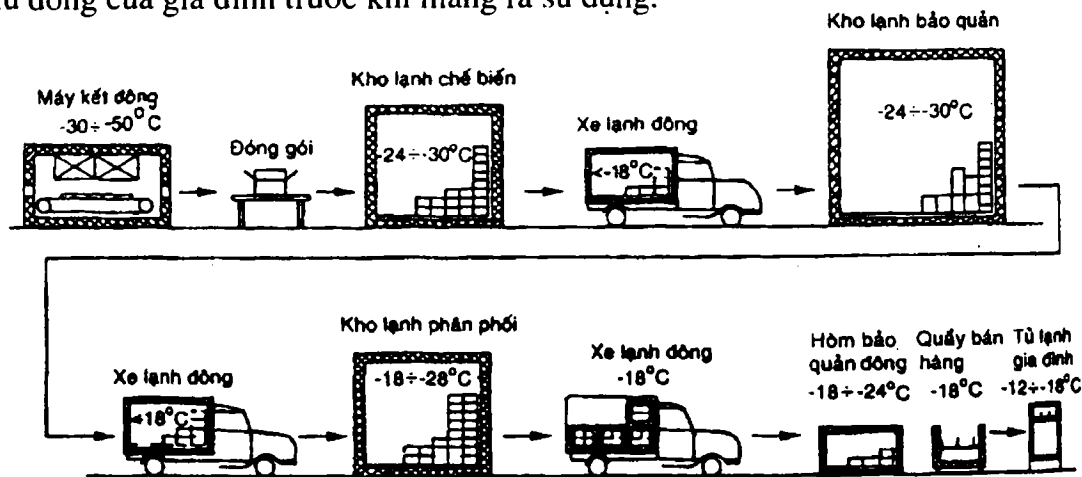
Bảng 18. 2. Chế độ bảo quản sản phẩm động vật (tiêu chuẩn Nga)

Sản phẩm	Nhiệt độ bảo quản °C	Độ ẩm không khí %	Chế độ thông gió	Thời gian bảo quản
Thịt bò, hươu, nai, cừu	-0,5 ÷ 0,5	82 ÷ 85	đóng	10 ÷ 15 ngày
Thịt bò gầy	0 ÷ 0,5	80 ÷ 85	đóng	10 ÷ 15 ngày
Thịt gà, vịt, ngan, ngỗng	-1 ÷ 0,5	85 ÷ 90	đóng	10 ÷ 15 ngày
Thịt lợn tươi ướp lạnh	0 ÷ 4	80 ÷ 85	đóng	10 ÷ 12 ngày
Thịt lợn tươi ướp đông	-18 ÷ -23	80 ÷ 85	đóng	12 ÷ 18 tháng
Thịt hộp	0 ÷ 2	75 ÷ 80	đóng	12 ÷ 18 tháng
Cá tươi ướp đá	-1	100	đóng	6 ÷ 12 ngày
Cá khô (W = 14 – 17%)	2 ÷ 4	50	đóng	6 ÷ 12 ngày
Cá thu muối, sấy	2 ÷ 4	75 ÷ 80	đóng	12 tháng
Lươn sống	2 ÷ 3	85 ÷ 100	mở	vài tháng
Ốc sống	2 ÷ 3	85 ÷ 100	"	vài tháng
Sò huyết	-1 ÷ 1	85 ÷ 100	"	15 ÷ 30 ngày
Tôm sống	2 ÷ 3	85 ÷ 100	"	vài ngày
Tôm nấu chín	2 ÷ 3	85 ÷ 100	"	vài ngày
Bơ muối ngắn ngày	12 ÷ 15	75 ÷ 80	mở	38 tuần
Bơ muối lâu ngày	-1 ÷ 4	75 ÷ 80	"	12 tuần
Bơ muối lâu ngày	-18	75 ÷ 80	"	36 tuần
Phó mát cứng	1,5 ÷ 4	70	"	4 ÷ 12 tháng
Phó mát nhão	7 ÷ 15	80 ÷ 85	"	ít này
Sữa bột đóng hộp	5	75 ÷ 80	"	3 ÷ 6 tháng
Sữa đặc có đường	0 ÷ 10	75 ÷ 80	đóng	6 tháng
Sữa tươi	0 ÷ 2	75 ÷ 80	"	2 ngày
Sữa tươi tiệt trùng	0,5	75 ÷ 80	"	1 tuần

18.3. DÂY CHUYỂN LẠNH

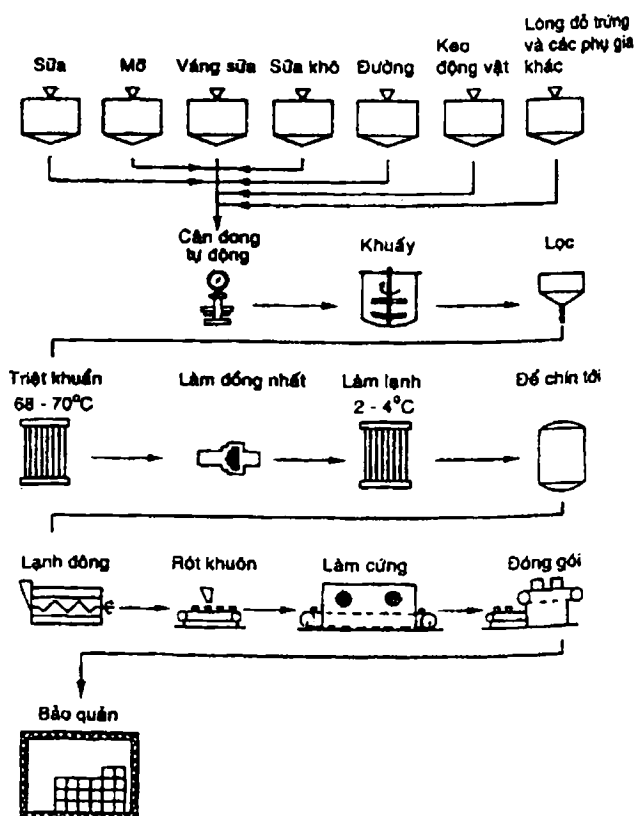
Dây chuyền lạnh là dây chuyền xử lý bảo quản lạnh từ khi chế biến, sản xuất đến khi tiêu thụ. Hình 18.2 mô tả dây chuyền lạnh đông từ lúc kết đông thực phẩm đến khi tiêu dùng. Sản phẩm từ lúc kết đông đến khi tiêu dùng không đông được bảo quản ở cùng chế độ nhiệt độ giống nhau. Sau khi kết đông sản phẩm được đóng gói và bảo quản ở kho lạnh chế biến nhiệt độ từ -24°C đến -30°C ở ngay trong xí nghiệp chế biến thực phẩm. Sau đó chúng được đưa đến kho lạnh bảo quản bằng xe lạnh đông. Từ kho lạnh bảo quản chúng lại

được xe lạnh đưa đến các siêu thị, các nhà hàng, quầy hàng để bán buôn, bán lẻ. Khi người tiêu dùng mua về, sản phẩm lại được bảo quản trong tủ lạnh hoặc tủ đông của gia đình trước khi mang ra sử dụng.



Hình 18.2. Sơ đồ dây chuyền lạnh đông từ lúc kết đông đến lúc tiêu dùng

Các khâu vận chuyển, bốc xếp cần thực hiện nhanh chóng tránh làm tăng nhiệt độ sản phẩm. Các xe lạnh sử dụng cho vận chuyển các hàng kết đông ít nhất đạt -18°C . Nhiệt độ -18 đến -20°C là nhiệt độ đủ thấp để bảo quản thực phẩm từ 6 ÷ 12 tháng nhưng trong khi vận chuyển, bốc xếp hàng nhiệt độ có thể tăng lên và chất lượng sản phẩm có thể giảm vì chất lượng sản phẩm không chỉ phụ thuộc vào chất lượng nguyên liệu ban đầu, phương pháp xử lý lạnh và lạnh đông mà còn phụ thuộc rất nhiều vào độ ổn định nhiệt độ bảo quản và điều kiện bảo quản.

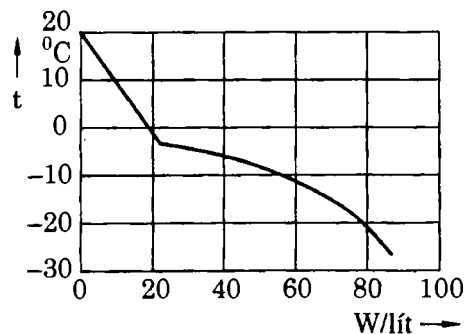


Hình 18.3. Quy trình sản xuất kem công nghiệp

18.4. SẢN XUẤT KEM

Kem là sản phẩm chủ yếu của sữa với các phụ gia. Có nhiều loại kem khác nhau như: kem thường, kem sữa, kem hoa quả, kem trứng, kem váng sữa, kem dầu thơm... Quy trình sản xuất kem công nghiệp giới thiệu trên hình 18.3. Kem ít nhất phải chứa 10% chất béo, kem hoa quả ít nhất 8% và 20% bột hoa quả. Sau khi đã cân đồng tự động, các thành phần được đưa vào máy khuấy, trộn đều, lọc, triết khuẩn, làm đồng nhất và được làm lạnh trong dàn lạnh kiểu tấm đến $2 \div 4^{\circ}\text{C}$ sau đó đưa vào các bình chứa (3000 lít) để ủ cho “chín tới”. Thời gian chín tới của hỗn hợp tùy theo các chất phụ gia, kéo dài $4 \div 24\text{h}$. Sau khi chín tới, hỗn hợp được đưa vào lạnh đông, rót, làm cứng đóng gói rồi bảo quản.

Trong máy lạnh đông, hỗn hợp được nhào trộn để không khí lẫn vào hỗn hợp dưới dạng bọt khí li ti. Sau khi nhào trộn và kết đông thể tích hỗn hợp tăng từ 80 đến 100%, đồng thời nhiệt độ giảm đến -5°C trong đó 30% nước đã hoá băng. Hỗn hợp này được gọi là kem xốp. Kem xốp được rót vào bao bì, đóng vào hộp, rót thành các suất đều... rồi đưa vào máy kết đông hoặc hầm kết đông để đưa nhiệt độ tâm kem xuống -18°C đến -20°C . Quá trình này gọi là làm cứng kem. Có thể làm cứng kem đến -25°C và bảo quản đông ở nhiệt độ -25 đến -35°C . Bảo quản ở nhiệt độ thấp hơn là không kinh tế. Nhiệt độ bảo quản phải ổn định. Nếu nhiệt độ không ổn định, sẽ có sự thay đổi các tinh thể mịn thành tinh thể thô và chất lượng của kem giảm.



Hình 18.4. Năng suất lạnh yêu cầu khi sản xuất một lít kem

Hình 18. 4 giới thiệu yêu cầu năng suất lạnh khi sản xuất kem.

18.5. ỨNG DỤNG TRONG CÔNG NGHIỆP RƯỢU BIA

18.5.1. Sản xuất bia

Bia là loại nước giải khát được ưa chuộng trên thế giới. Ở nước ta hiện nay, việc sản xuất bia đang phát triển một cách mạnh mẽ cả trung ương lẫn các địa phương để đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của thị trường cả về chất lượng và số lượng.

Sơ đồ công nghệ sản xuất bia giới thiệu trên hình 18.5. Công thức chế biến bia là: bia = malt đại mạch + hoa huplông + nước. Nhưng do malt phải

nhập với giá cao nên bia địa phương thường dùng gạo tẻ để độn, thay thế một phần malt. Các chất độn đó có thể lên tới 40%. Bia tất nhiên có chất lượng kém hơn nhưng rẻ hơn. Tuy nhiên nhiều nơi trên thế giới có quy chế cấm dùng các chất độn.

Các công đoạn xử lý lạnh trong dây chuyền công nghệ sản xuất bia gồm các khâu làm lạnh nhanh nước nha từ 80°C xuống $7 \div 8^{\circ}\text{C}$, lên men chính ở nhiệt độ $7 \div 8^{\circ}\text{C}$ hoặc cao hơn tùy theo công nghệ lên men, lên men phụ ở 2°C ngoài ra là các khâu nuôi cấy men giống và bảo quản bia thành phẩm.

• **Phương pháp xử lý lạnh trong các công đoạn**

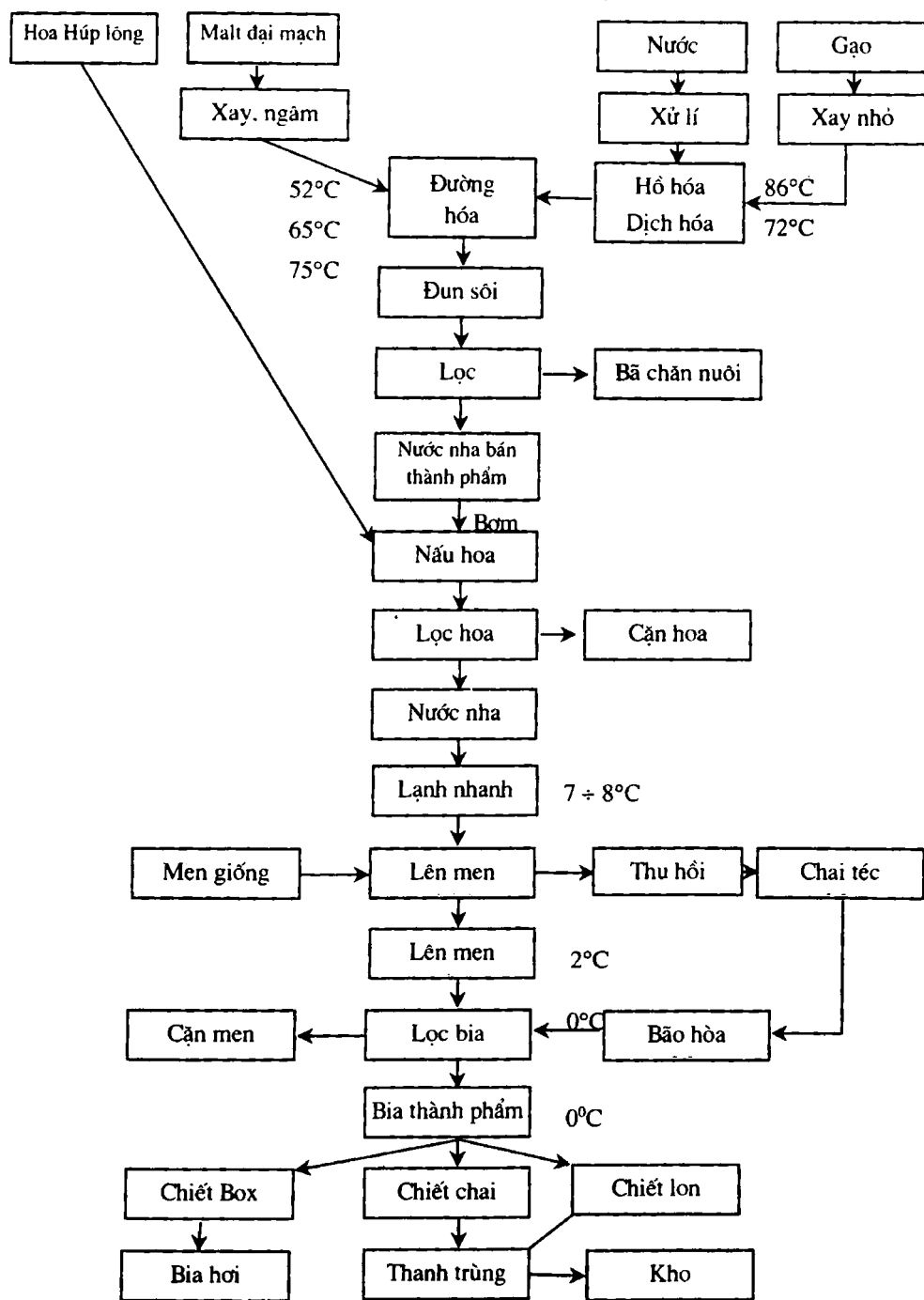
1. Làm lạnh nhanh. Làm lạnh nhanh nước nha từ nhiệt độ cao khoảng 80°C ngay sau khi nấu hoa và lọc hoa xuống $7 \div 8^{\circ}\text{C}$ là một khâu rất quan trọng. Tốc độ làm lạnh yêu cầu là $30 \div 45$ phút. Nếu làm lạnh không nhanh đặc biệt trong khoảng nhiệt độ 50 xuống 20°C sẽ tạo điều kiện rất thuận lợi cho sự phát triển của các nhóm vi sinh vật có hại đối với việc lên men bia làm giảm chất lượng và phẩm chất của bia.

Có nhiều phương pháp làm lạnh nhanh nước nha giống như các phương pháp làm lạnh chất lỏng trình bày trong chương 5. Tuy nhiên công nghệ làm lạnh nhanh thường gắn liền với quy trình lắng cặn nên người ta hay chọn phương pháp lạnh nhanh trong thùng hai vỏ có ống xoắn theo từng mẻ. Thùng lạnh nhanh có thân trụ, đáy côn, hai vỏ và ống xoắn. Nước nha được đổ vào thùng. Nước làm mát đi vào không gian giữa hai vỏ làm lạnh sơ bộ từ 80°C xuống 45°C sau đó tháo nước muối lạnh -10°C vào ống xoắn để làm lạnh nhanh xuống $7 \div 8^{\circ}\text{C}$.

Phương pháp khác là làm lạnh nhanh nước nha khi bơm nước nha đi qua ống xoắn ruột gà. Ống xoắn được chia làm hai phần. Phần làm lạnh sơ bộ bố trí trong bể nước làm mát và phần làm lạnh xuống $7 \div 8^{\circ}\text{C}$ bố trí trong bể muối -10°C . Bằng cách tiết lưu nước nha qua một van điều chỉnh bằng tay người ta có thể điều chỉnh được lượng nước nha đi qua và nhiệt độ ra yêu cầu. Phương pháp này là làm lạnh liên tục, tốc độ làm lạnh nhanh đạt yêu cầu nhưng phải có phương pháp lọc cặn hữu hiệu đi kèm. So với lạnh nhanh thùng hai vỏ phương pháp này vệ sinh dễ dàng hơn, thời gian làm lạnh nhanh hơn và thiết bị đơn giản hơn.

Phương pháp sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm trong đó nước nha và nước lạnh đi xen kẽ ngược dòng hai phía của tấm trao đổi nhiệt. Nước lạnh $0 \div 2^{\circ}\text{C}$ được chuẩn bị và dự trữ vào thùng chứa nước lạnh một độ. Khi làm lạnh nhanh nước lạnh được bơm ngược dòng với nước nha, khi ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt nước có nhiệt độ $80 \div 85^{\circ}\text{C}$ được đưa đến bình đun nước nóng hoặc đưa đi sử dụng. Nước nha khi ra đạt nhiệt độ $7 \div 8^{\circ}\text{C}$ đưa đi cấy men, và đưa

vào lên men chính. Phương pháp này có ưu điểm là không cần dùng nước muối mà chỉ cần nước lạnh $0 \div 2^{\circ}\text{C}$, có thể tận dụng được nhiệt lượng làm mát cho nước nha để đun nước nóng sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau.



Hình 18.5. Sơ đồ công nghệ sản xuất bia

Phương pháp hiện đại nhất là làm lạnh nhanh bằng các thiết bị trao đổi nhiệt kiểu tấm tuy nhiên loại này còn ít được sử dụng ở nước ta vì đắt tiền và chưa chế tạo được ở trong nước.

Khi tính toán năng suất lạnh cho công đoạn làm lạnh nhanh cần lưu ý đến tính chất làm lạnh theo mẻ. Ví dụ mỗi ngày nấu 4 mẻ trong 2 ca ta có thể tính năng suất lạnh máy lạnh bằng $(Q_{\text{omc}} \times 4) / 16\text{h} \approx 1/4 Q_{\text{omc}}$. Khi đó phải làm bể nước hoặc nước muối đủ lớn để trữ đủ lạnh trong 4h máy lạnh làm việc, phục vụ cho làm lạnh nhanh một mẻ trong vòng 30 đến 45 phút. Tải lạnh yêu cầu là 4200kJ/1000lít.

2. Lên men. Có nhiều phương pháp lên men khác nhau. Phương pháp cổ điển vẫn được áp dụng ở một số xưởng bia địa phương là lên men chính 7 ÷ 8 ngày ở nhiệt độ 7 ÷ 8°C sau đó chuyển sang lên men phụ 14 ÷ 15 ngày ở nhiệt độ 2°C. Theo phương pháp này người ta bố trí hai phòng lạnh riêng biệt: phòng lên men chính và phòng lên men phụ với nhiệt độ phù hợp.

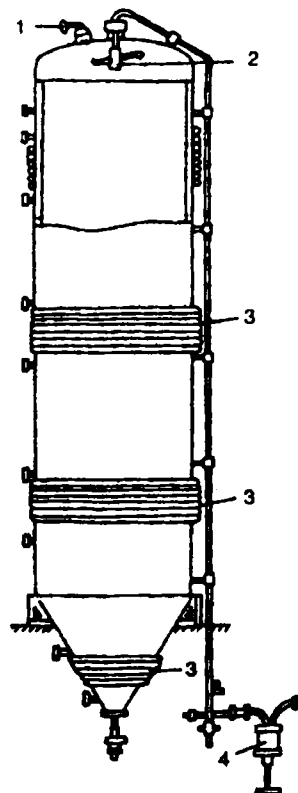
Trong quá trình lên men, đường chuyển đổi ra rượu và khí CO₂ đồng thời toả ra lượng nhiệt lên men.

Nhiệt lên men có thể được thải ra ngoài qua dàn lạnh không khí trong phòng, nhưng cũng có thể được thải trực tiếp qua dàn các áo tăng có nước lạnh, nước muối lạnh hoặc glycol ở nhiệt độ khoảng -3°C chảy qua.

Sau khi lên men chính xong phải chuyển bia sang phòng lên men phụ. Có thể dùng bơm hoặc dùng khí nén để chuyển bia. Có thể đơn giản khâu này bằng cách bố trí phòng lên men chính ở tầng trên, lên men phụ ở dưới, khi đó chỉ cần mở van tháo bia từ trên xuống.

Hiện nay nhiều cơ sở sản xuất bia sử dụng phương pháp lên men hiện đại trong các tầng tự hành. Hình 18.6 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của một tầng tự hành thân trụ đáy chóp, với bốn áo nước làm lạnh trong đó ba áo ở thân và một áo ở đáy chóp.

Sau khi được làm lạnh nhanh xuống 10°C



Hình 18.6. Tầng tự hành thân hình trụ đáy chóp

- 1 - Đường vào của nước nha, men giống, CO₂, các dung dịch rửa;
- 2 - Đầu phun để vệ sinh tầng; 3 - Áo làm lạnh; 4 - Kính quan sát

và cấy nấm men, nước nha được đưa vào tăng. Lên men chính được tiến hành như sau: Hai ngày đầu toàn khối dịch được giữ ở 14°C. Từ ngày thứ 3 đến ngày thứ 5 phần trên của tăng giữ ở 13 ÷ 14°C nhưng phần dưới hạ xuống 10 ÷ 12°C. Kiểm tra khi thấy quá trình lên men chính kết thúc thì người ta hạ nhiệt độ phần đáy xuống 2°C và để 2 ngày cho nấm men lắng xuống đáy. Sau đó hạ nhiệt độ an toàn khối dịch xuống 0 ÷ 2°C để bắt đầu quá trình lên men phụ trong khoảng 5 ÷ 7 ngày. Sau khi lên men phụ xong, tách cặn nấm men, bảo quản ở 0 ÷ 1°C và nạp thêm CO₂ (1g/1l) ở áp suất 4 ÷ 5 bar, nhiệt độ 0°C trong vòng một ngày.

Công nghệ sản xuất bia hiện đại có ưu điểm là thời gian lên men giảm chỉ còn một nửa và vốn đầu tư thiết bị giảm tới 30%.

Yêu cầu về lạnh cho quá trình thải nhiệt lên men khoảng 6300 kJ/ 1000 lít. Tuy nhiên nhiệt toả trong quá trình lên men là không đều đặn mà đạt cực đại ở khoảng lên men vào ngày thứ 3 đến ngày thứ 4 với giá trị khoảng 500kJ/1000l.h.

Để tính toán được nhiệt tải cho máy nén ngoài nhiệt lên men phải tính toán được tổn thất qua kết cấu bao che, các cửa, đèn chiếu sáng, động cơ, số người làm việc trong phòng giống như khi thiết kế phòng và kho lạnh.

3. Các phòng khác có nhu cầu lạnh. Ngoài lạnh nhanh và lên men, một số phòng khác nhau trong quy trình sản xuất bia cũng có nhu cầu về lạnh. Bảng 18.3 giới thiệu nhu cầu lạnh của các phòng tính theo diện tích nền phòng lạnh.

Bảng 18.3. Nhu cầu lạnh của các phòng trong dây chuyền sản xuất bia

Tên phòng	Nhiệt độ phòng, °C	Nhu cầu lạnh kJ/m ²
Phòng bảo quản hoa huplóng	0	4200
Phòng lên men	+2 đến +6	5000
Phòng bảo quản	0 đến 2	5000
Phòng lọc bia	+2	6300
Phòng chiết và xếp	+5	5000
Phòng bảo quản đá	-5	6700

Phòng bảo quản bia dùng để bảo quản bia chưa lên men hết và với giả thiết chỉ có 2 tầng bố trí chồng lên nhau với chiều cao 4 ÷ 5m. Nếu phòng cao hơn phải tính toán như phòng lạnh bình thường, nhu cầu lạnh có khi lên 12.600kJ/m². Bố trí dàn lạnh phải đạt hiệu quả để nhiệt độ phân phối đều trong phòng, đặc biệt tránh quạt dàn lạnh thổi trực tiếp vào các tăng.

Ngày nay người ta ít sử dụng dàn lạnh tĩnh vì quá tốn kém dàn lạnh, nhưng nếu dùng quạt cũng cần xác định tốc độ gió tối ưu. Đối với các bể men, tốc độ gió không được vượt quá 0,1m/s để tránh ảnh hưởng đến lớp bọt nổi trên mặt bia đang lên men. Đối với phòng lên men dùng tăng thì bội số tuần hoàn nằm trong khoảng $8 \div 10$ thể tích phòng tổng thể hoặc $16 \div 18$ thể tích phòng đã trừ thể tích đặt tăng. Người ta tính với độ chênh entanpy của không khí tuần hoàn từ 6,3 đến 8,0kJ/kg.

18.5.2. Sản xuất rượu vang (rượu nho)

Nước nho sau khi ép sẽ được cấy men và đưa vào các tầng lên men. Sau 2 đến 4 ngày quá trình lên men bắt đầu và nhiệt độ tăng lên do nhiệt toả ra trong quá trình lên men. Đối với rượu nho trắng nhiệt độ không được tăng trên +20°C và đối với rượu nho đỏ không được quá 30°C nếu không các tế bào nấm men sẽ bị phá huỷ. Trong nhiều trường hợp, trước khi lên men, nước nho được làm mát để làm chậm lại quá trình lên men đó cũng đủ giữ cho nhiệt độ khối tăng vượt mức quy định.

Quá trình lên men chính kéo dài 3 đến 4 tuần. Nhu cầu lạnh theo Plank khoảng 63000 đến 115000kJ/1000lit. Trong thời gian bảo quản trong hầm rượu, quá trình lên men yếu vẫn còn tiếp diễn.

Làm lạnh các thùng lên men có thể áp dụng nhiều phương pháp như ống xoắn lạnh, thùng hai vỏ hoặc tưới nước lạnh ngoài vỏ. Cũng có thể sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt kiểu tấm hoặc bơm qua ống xoắn nằm trong bể nước lạnh nhưng những phương pháp sau dễ bị tắc ống.

Trước khi đóng chai, rượu nho được làm lạnh đến -3°C bằng dàn bay hơi trực tiếp có bố trí cơ cấu cạo đá. Với dàn bay hơi kiểu này có thể làm lạnh rượu đến điểm đông đặc với các lớp đá mỏng. Chính các lớp đá mỏng này tạo điều kiện cho hạt nhỏ lắng xuống đáy.

Khi sản xuất rượu vang ga và sâm banh người ta sử dụng phương pháp đóng băng nút lie. Các chai sâm banh sau khi lên men chính xong, khi men lắng xuống cổ chai phía trong chai ở tư thế lật ngược, chúng được nhúng vào bể muối ở -20°C đến -25°C. Khi đó men sẽ đóng băng cứng với nút lie. Người ta vớt bỏ nút cùng cặn với men. Sau đó đóng chai bằng nút lie mới và bảo quản lạnh trong vòng 3 đến 6 tháng nữa.

Để thực hiện phương pháp đóng băng nút lie cần có một thiết bị lạnh chuyên dùng, một bể nước muối với thiết bị vận chuyển chai ở tư thế dựng ngược, nhúng cổ chai và nút lie vào bể nước lạnh và kéo từ từ đi qua bể. Ngoài

các thiết bị lạnh trên, xưởng sản xuất sâm banh còn cần có máy làm lạnh nước muối để làm lạnh cho các tầng hai vỏ và làm lạnh phòng bảo quản.

18.5.3. Sản xuất nước khoáng và nước uống không có cồn

Nước khoáng là các loại nước khai thác từ các nguồn thiên nhiên mang nhiều thành phần vi lượng chất khoáng rất tốt cho sức khoẻ con người. Các loại nước uống không có cồn khác là các loại nước chanh, nước côla... Chất lượng các loại nước này chủ yếu được đánh giá qua hàm lượng CO_2 . Hàm lượng CO_2 phụ thuộc chủ yếu vào áp suất và nhiệt độ sục CO_2 .

Nếu sục CO_2 ở nhiệt độ bình thường, áp suất sục yêu cầu sẽ rất lớn. Điều đó làm giảm đáng kể năng suất của xí nghiệp đặc biệt vào mùa hè, lúc cần phải đạt năng suất cao nhất.

Chính vì vậy cần phải làm lạnh nước đến nhiệt độ phù hợp. Thường người ta làm lạnh nước đến 4°C thậm chí xuống 1 đến 2°C bằng các thiết bị lạnh chuyên dùng trong các bình bay hơi ống vỏ hoặc các thiết bị bay hơi kiểu tấm.

Năng suất lạnh yêu cầu tính theo khối lượng nước cần làm lạnh và hiệu nhiệt độ cần đạt được cộng với 10% tổn thất lạnh cho các tổn thất khác nhau.

Ở điều kiện Việt Nam, nhiệt độ mùa hè rất cao, nhiều khi nước được đưa xuống nhiệt độ rất thấp nhưng khi chiết vào chai, vỏ chai có nhiệt độ cao, nhiệt độ nước lại tăng lên và một phần CO_2 lại bị đẩy ra ngoài khi chưa kịp đóng nút. Để đảm bảo nhiệt độ vỏ chai thấp có thể tưới vỏ chai bằng nước lạnh trước khi đưa vào máy chiết chai.

18.6. SẤY THĂNG HOA

Sấy thăng hoa là phương pháp bảo quản các sản phẩm dễ hư hỏng, có giá trị cao. Phương pháp này kết hợp giữa phương pháp bảo quản đông và phương pháp bảo quản bằng cách sấy khô. Phương pháp sấy khô thông thường là rút nước ra khỏi sản phẩm ở nhiệt độ thường và có thể bảo quản ở nhiệt độ trong phòng. Nhược điểm của nó là chất lượng giảm và màu sắc kém. Phương pháp bảo quản đông đảm bảo chất lượng và màu sắc thực phẩm nhưng phải liên tục bảo quản ở nhiệt độ thấp -18 đến -20°C , nếu bảo quản dài ngày sẽ khá tốn kém. Phương pháp sấy thăng hoa kết hợp được ưu điểm của cả hai phương pháp: đảm bảo chất lượng và màu sắc, mùi vị như ban đầu và có thể bảo quản ở nhiệt độ trong phòng.

18.6.1. Nguyên lý làm việc

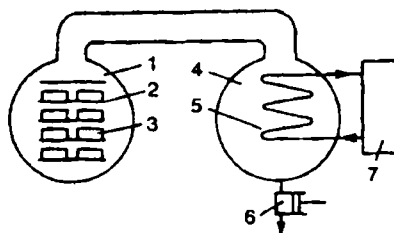
Đầu tiên, sản phẩm sấy thăng hoa được kết đông nhanh xuống -15 đến -20°C sau đó được rút 98% nước ra khỏi sản phẩm bằng cách thăng hoa hơi nước trực tiếp từ các tinh thể đá qua hút chân không cao. Hơi nước thăng hoa khỏi sản phẩm được cho ngưng tụ vào một dàn ngưng có nhiệt độ từ -40 đến -60°C dưới dạng băng tuyết.

Do được kết đông nên sau khi sấy thăng hoa, sản phẩm giữ nguyên được cấu trúc ban đầu và sau này khi cho hút nước trở lại sản phẩm lấy lại được toàn bộ các tính chất ban đầu cả về hình dáng kích thước, chất lượng, màu sắc và mùi vị.

Trong khi sấy thăng hoa liên tục phải cấp cho sản phẩm lượng nhiệt thăng hoa, tuy nhiên, ở nhiệt độ thấp vẫn cần tránh sản phẩm bị chảy nước. Nhiệt thăng hoa của nước đá đạt khoảng 2930kJ/kg . Giá trị đó khá lớn nên luôn luôn có nguy cơ nhiệt độ sản phẩm tăng cao trong quá trình sấy thăng hoa. Việc gia nhiệt cho sản phẩm có thể thực hiện bằng nhiều cách khác nhau. Ví dụ truyền ngay cho tấm kim loại đặt sản phẩm, bằng cách chiếu tia hồng ngoại hoặc sóng cao tần.

Quá trình sấy gồm hai giai đoạn: thăng hoa và sấy bổ sung. Sau khi sấy thăng hoa vẫn còn lại chừng 10% nước trong sản phẩm. Nước này không đóng băng được mặc dù đã hạ nhiệt độ xuống tới -20°C . Lượng nước này sẽ được sấy khô bổ sung để giảm hàm lượng xuống còn 2%. Tùy thuộc vào loại sản phẩm có nhạy cảm với nhiệt độ hay không mà nhiệt độ sấy có thể nâng lên 30 đến 60°C .

Nguyên lý cấu tạo của một thiết bị sấy thăng hoa được biểu diễn trên hình 18.7. Toàn bộ hệ thống luôn được giữ ở áp suất chân không khoảng 1,3mbar suốt trong quá trình sấy thăng hoa. Áp suất này chính là áp suất riêng phần hơi nước của sản phẩm sấy. Nếu hệ thống có không khí rò lọt thì tốc độ thăng hoa giảm đáng kể và năng suất của hệ thống giảm rất nhanh.



Hình 18.7. Nguyên lý cấu tạo của thiết bị sấy thăng hoa

1 – Phòng sấy chân không; 2- Các tấm đốt.

3-Thực phẩm kết đông; 4-Bộ ngưng hơi nước.

5- Các ống lạnh của bộ ngưng hơi nước bằng dàn bay hơi của máy lạnh. 6-Bơm chân không; 7- Máy lạnh.

18.6.2. Các đặc điểm của sản phẩm sấy thăng hoa

Do được kết đông nên sản phẩm thăng hoa giữ được thể tích hình dáng của sản phẩm. Sự thăng hoa các tinh thể nước để lại các lỗ nhỏ li ti trong sản phẩm. Do đó khi sấy xong sản phẩm giống như một miếng bọt biển rất háo nước và tất nhiên không thể tiếp xúc với không khí vì nó sẽ hút ẩm của không khí và bị ôxi hoá và sẽ mất mùi.

Các sản phẩm sấy thăng hoa được bảo quản trong các bao bì chống ẩm và chống ánh sáng. Chúng được bảo quản từ 1,5 đến 2 năm, ở vùng nhiệt đới khoảng 1 năm ở điều kiện nhiệt độ bình thường. Do khối lượng bé nên rất thuận tiện cho việc chuyên chở và bảo quản.

Nhược điểm cơ bản là giá thành sấy thăng hoa cao, vì giá thành thiết bị lớn và năng lượng tiêu tốn nhiều. Ngoài ra thời gian sấy kéo dài. Riêng quá trình sấy thăng hoa đối với thịt kéo dài mỗi mẻ sấy từ 6 đến 11h, ngay cả các loại sản phẩm có kích thước nhỏ như đỗ và đậu cũng phải $2 \div 3$ h. Ngoài ra còn thời gian chuẩn bị, thời gian kết đông. Bằng phương pháp sấy tầng sôi, có thể giảm được thời gian sấy xuống, tăng tốc độ sấy lên.

18.6.3. Phạm vi ứng dụng

Do giá thành cao nên thường chỉ ứng dụng cho các sản phẩm có giá trị cao, cần khối lượng nhỏ và phương pháp bảo quản đơn giản, ví dụ các loại thực phẩm cho du hành vũ trụ, thực phẩm khô phục vụ an ninh và quốc phòng. Đầu tiên, sấy thăng hoa chỉ sử dụng cho các sản phẩm dược và y tế, ví dụ huyết thanh, máu... Ngày nay, sấy thăng hoa được áp dụng rộng rãi cả trong các sản phẩm thương mại như bột cà phê, bột sữa và một số chất lỏng chiết xuất cũng như để bảo quản một số thực phẩm cao cấp như thịt gia cầm, pho mát trắng, tôm, nấm, các loại rau hoa quả cao cấp v.v.

Trong khoa học, sấy thăng hoa được sử dụng trong các viện nghiên cứu khác nhau như: Viện giải phẫu, Viện vi khuẩn học, Viện thực vật học, vệ sinh học, bệnh lí học cũng như trong các phòng thí nghiệm bệnh viện.

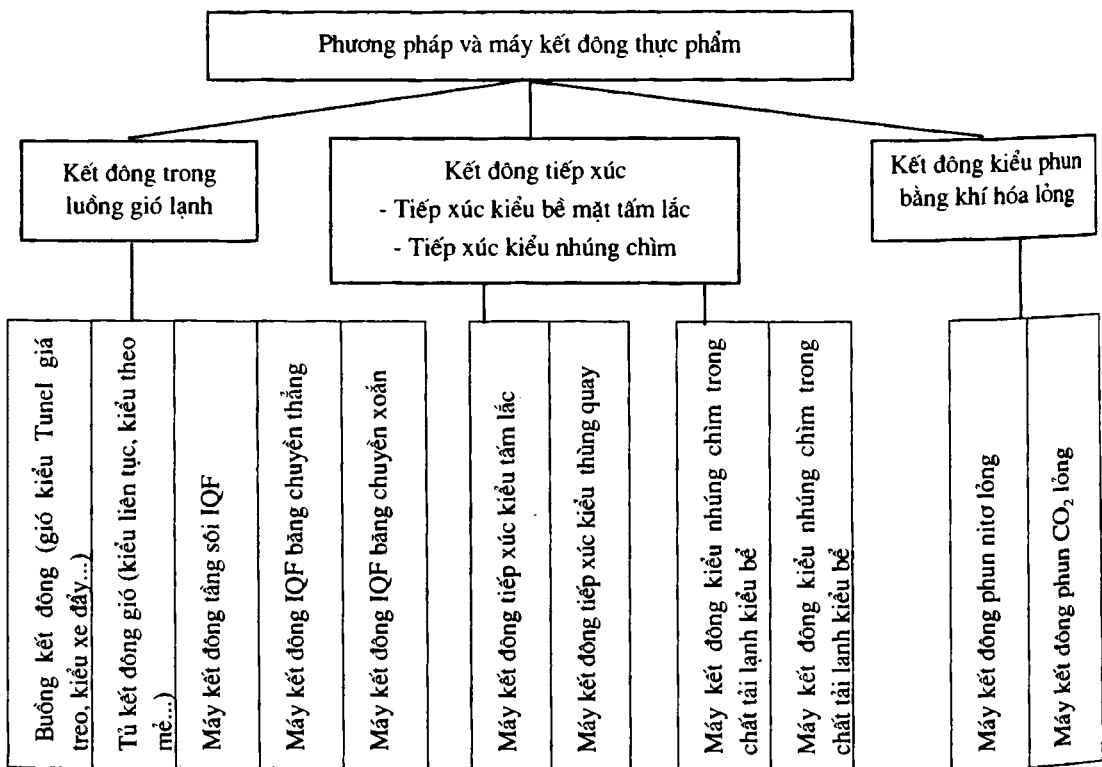
Chương 19

MÁY KẾT ĐÔNG THỰC PHẨM

19.1. ĐẠI CƯƠNG

19.1.1. Phân loại

Hình 19.1 giới thiệu một cách phân loại các phương pháp kết đông thực phẩm.



Hình 19.1. Một cách phân loại các phương pháp kết đông thực phẩm
(IQF – máy kết đông nhanh rời (Individual Quick Freezer))

Như vậy, theo phương pháp kết đông người ta có thể phân ra kết đông trong luồng gió lạnh, kết đông tiếp xúc kiểu bề mặt (trên tấm lắc) hoặc kết đông tiếp xúc kiểu nhúng chìm và kết đông kiểu phun bằng khí hoá lỏng như nitơ lỏng, không khí lỏng hoặc CO₂ lỏng...

Ngoài ra, theo tốc độ kết đông người ta có thể phân ra kết đông rất chậm, chậm kết đông nhanh, kết đông rất nhanh và kết đông cực nhanh (xem bảng 19.1).

Bảng 19.1. Tốc độ kết đông

Phương pháp kết đông	Tốc độ kết đông cm/h	Nhiệt độ gió, °C	Tốc độ gió m/s	Ghi chú
Kết đông rất chậm	< 0,1	-	-	Kết đông trong luồng gió
Kết đông chậm	0,1 ÷ 0,5	- 25°C	1	"
Kết đông nhanh	0,5 ÷ 5	- 35°C	3 ÷ 5	"
Kết đông rất nhanh	≥ 5			Tiếp xúc
Kết đông siêu nhanh	300 ÷ 600			Phun N ₂ lỏng

Tuỳ theo công nghệ kết đông chia ra kết đông một pha và hai pha. Kết đông một pha là kết đông thực phẩm từ nhiệt độ môi trường sau giết mổ (thường lấy là 37°C) trực tiếp xuống nhiệt độ bảo quản đông (-18°C). Kết đông hai pha là thực phẩm được làm lạnh sơ bộ từ 37°C xuống 4°C trước khi đưa vào kết đông đến -18°C. Kết đông một pha có ưu điểm là hao hụt khối lượng sản phẩm nhỏ, thuận lợi trong khâu bốc dỡ sản phẩm, thiết bị đơn giản nên được ứng dụng nhiều hơn.

Tuỳ theo dạng sản xuất có thể chia ra kiểu kết đông cả con (bò, lợn, cả con, 1/2 con hoặc 1/4 con) dạng bánh định hình, hộp tiêu chuẩn (bánh thịt thăn 0,5kg, thịt nạc 0,5kg, mỡ 0,5kg sau khi sơ chế, tôm bánh 0,5kg, 1kg, các khay 5kg, 10kg...) và các loại IQF (kết đông rời) như tôm, cá, đậu hòa lan, đùi gà... rời.

Mỗi loại sản phẩm yêu cầu một dạng thiết bị kết đông riêng. Ví dụ, bò lợn cả con hoặc 1/2 con được kết đông kiểu tunel dây xích treo chuyển động liên tục theo đường zíc zắc trong hầm. Các sản phẩm dạng khay, bánh thường được kết đông trong máy kết đông tiếp xúc còn các loại như tôm rời, đậu, đỗ, bánh pizza, cá phi lê, đùi gà, lườn gà... được kết đông trong máy kết đông IQF.

19.1.2. Ưu nhược điểm của tốc độ kết đông

Kết đông chậm. Thời gian kết đông 15 ÷ 20h tốc độ kết đông khoảng 0,1 đến 0,5cm/h. Nhiệt độ không khí khoảng -25°C, tốc độ lưu thông không khí khoảng 1m/s.

Do thời gian kết đông chậm, tinh thể đá kết tinh trong gian tế bào có kích thước lớn, phá vỡ làm rách các màng tế bào, phá hủy mô tế bào sản phẩm. Khi làm tan giá, dịch bào bị chảy mất do các màng bị rách nên chất lượng sản phẩm giảm giá trị dinh dưỡng, dễ nhiễm trùng. Ngày nay hầu như người ta không sử dụng phương pháp kết đông chậm để kết đông thực phẩm trừ một số ứng dụng có mục đích như đông chậm các loại thịt dai, già như thịt trâu... hoặc rau quả.

Thịt trâu già kết đông chậm, các tinh thể đá làm rách các màng tế bào, khi đem nấu thịt mềm và dễ ăn hơn. Rau quả cần ép nước, khi qua kết đông chậm, các màng tế bào bị phá hủy nên công ép giảm xuống, năng suất ép có khi đạt 150% so với rau quả tươi không qua kết đông chậm.

Kết đông nhanh. Thời gian kết đông nhanh hơn, tốc độ kết đông đạt khoảng 0,5 đến 5cm/h. Có thể kết đông nhanh trong môi trường không khí hoặc chất tải lạnh lỏng. Kết đông trong phòng hoặc tunel yêu cầu nhiệt độ không khí đạt -35°C, tốc độ không khí 3 đến 5m/s. Các máy kết đông thực phẩm có thể có nhiệt độ và đối lưu không khí khác hơn. Nếu dùng chất tải lạnh, người ta nhúng trực tiếp sản phẩm trong chất tải lạnh là nước muối hoặc môi chất lạnh đang sôi. Hiệu quả và thời gian kết đông đảm bảo yêu cầu của phương pháp kết đông nhanh.

Kết đông nhanh làm cho các tinh thể đá mịn hơn, không làm rách màng tế bào. Khi làm tan giá, sản phẩm không bị chảy mất dịch bào, đảm bảo chất lượng của sản phẩm.

Kết đông cực nhanh. Phương pháp kết đông cực nhanh thường thực hiện bằng cách nhúng sản phẩm trong CO₂ lỏng, nitơ lỏng hoặc các khí hoá lỏng khác. Thời gian kết đông còn 5 ÷ 10 phút, chỉ bằng 1/6 so với phương pháp kết đông nhanh. Tốc độ kết đông có khi đạt tới 300 đến 600cm/h.

19.1.3. Điều kiện để có sản phẩm kết đông chất lượng cao

Chất lượng của sản phẩm kết đông phụ thuộc vào rất nhiều các yếu tố sau đây:

- Chất lượng ban đầu của sản phẩm khi đưa vào kết đông.
- Điều kiện vệ sinh và phương pháp gia công chế biến.
- Vào độ chín tới của sản phẩm. Đối với rau quả vào thời gian giữa lúc thu hoạch và khi đưa vào kết đông. Thời gian đó càng dài, chất lượng càng giảm. Đối với thịt động vật vào độ chín sinh học của thịt. Ví dụ nếu bảo quản ở 0 - 2°C thì thời gian chín sinh học của các loại thịt như sau:

Thịt bò 4 ÷ 8 ngày

Thịt lợn 2 ÷ 3 ngày

Thịt bê 1 ÷ 2 ngày

Thịt cừu 2 ÷ 4 ngày (trên 16h ở +12 ÷ +16°C).

Cá phải kết đông ngay sau khi đánh bắt. Ngoài ra chất lượng kết đông còn phụ thuộc:

- Vào bao bì bảo quản không thấm hơi;
- Vào quá trình kết đông trong máy kết đông;
- Vào quá trình bảo quản đông và độ ổn định nhiệt độ;
- Vào quá trình làm ấm sản phẩm (tan giá và làm ấm).

19.1.4. Hao hụt khối lượng và phương pháp giảm hao hụt

Hao hụt khối lượng của sản phẩm kết đông là do nhiệt độ dần bay hơi hoặc dần lạnh thấp. Do chênh lệch phân áp suất hơi nước riêng phần nên ẩm trong sản phẩm bay hơi đến bám vào dàn lạnh dưới dạng băng tuyết. Sự dịch chuyển ẩm này là rất đặc trưng trong quá trình xử lý lạnh cũng như kết đông thực phẩm. Hao hụt này phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác nhau như độ chênh nhiệt độ giữa sản phẩm và không khí lạnh, tốc độ gió, phương pháp kết đông, tốc độ kết đông... Bảng 19.2 giới thiệu hao hụt khối lượng ở các phương pháp kết đông khác nhau đối với thịt lợn, thịt bò 1/2 con, 1/4 con, khối lượng 70 ÷ 100 kg/ sản phẩm.

Để giảm hao hụt khối lượng, nên dùng phương pháp kết đông nhanh một pha. Ngoài ra cần thực hiện các phương pháp bổ sung khác như:

- Bao gói sản phẩm bằng túi nilông. Đối với gà, khi bao gói bằng túi nilông xong người ta còn hút chân không để tránh tạo lớp không khí cách nhiệt khi tiến hành kết đông. Khi đó màng nilông sẽ dính sát lên bề mặt da gà.

- Tráng băng ngay sau khi kết đông để tạo một lớp áo băng trên sản phẩm càng sớm càng tốt. Tráng băng còn gọi là mạ băng sản phẩm.

- Nếu là lợn, bò 1/2 con, 1/4 con... cần xếp chặt trong kho bảo quản, phủ vải bạt tráng băng.

- Cũng cần chú ý là nhiệt độ bảo quản càng thấp độ ẩm càng cao càng đỡ hao hụt.

Bảng 19.2. Một số thông số về kết đông thịt lợn, bò 1/2 hoặc 1/4 con khối lượng 70 ÷ 100 kg

Phương pháp kết đông		Nhiệt độ tâm thịt		Không khí trong buồng kết đông		Thời gian kết đông	Tổn hao khối lượng
		Vào	Ra	Nhiệt độ	Tốc độ		
		°C	°C	°C	m/s		
2 pha	- Chậm	4	- 8	-18	0,1 ÷ 0,2	40	2,58
	- Tăng nhanh	4	- 8	-23	0,5 ÷ 0,8	26	2,35
	- Nhanh	4	- 8	-35	3 ÷ 4	16	2,20
1 pha	- Chậm	37	- 8	-23	0,1 ÷ 0,2	36	1,82
	- Tăng nhanh	37	- 8	-30	0,5 ÷ 0,8	24	1,60
	- Nhanh	37	- 8	-35	1 ÷ 2	20	1,2

19.1.5. Tác động thực phẩm

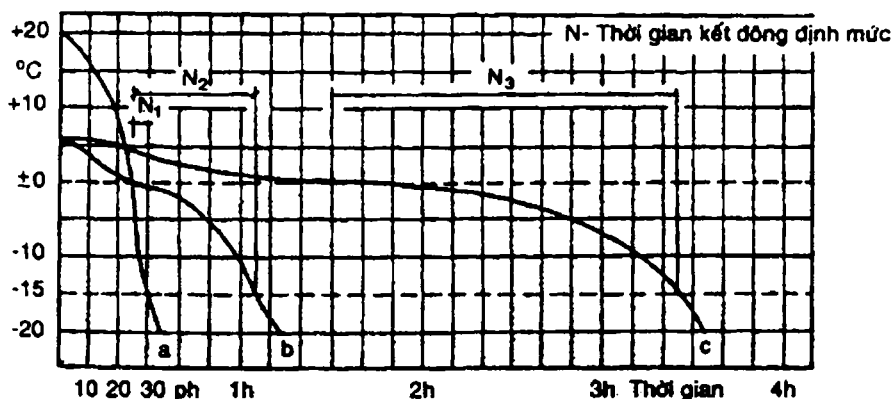
Thực phẩm sau khi kết đông được đưa qua các khâu như mạ băng, bao bì, đóng gói. Nhiệt độ sản phẩm có bị tăng lên chút ít. Để đảm bảo chất lượng sản phẩm tốt hơn, duy trì nhiệt độ ổn định hơn người ta cho sản phẩm qua thiết bị tái đông. Thiết bị tái đông dạng thẳng nhưng có chiều dài ngắn hơn.

19.1.6. Một vài chỉ tiêu so sánh ba phương pháp kết đông

Để có thể kết đông và bảo quản các loại thực phẩm khác nhau một cách tối ưu người ta đã sử dụng nhiều phương pháp kết đông khác nhau với các điều kiện về tiêu tốn năng lượng, yêu cầu diện tích, thời gian kết đông, phương pháp nạp và tháo sản phẩm khác nhau. Bảng 19.3 giới thiệu các giá trị để so sánh.

Hình 19.3 giới thiệu biến thiên nhiệt độ theo thời gian khi kết đông gà (1000g/con) theo các phương pháp khác nhau: dùng nitrơ lỏng, nhúng trong nước

muối - 22°C và đặt trong luồng không khí lạnh. Cùng đạt nhiệt độ kết đông - 15°C , dùng nitơ lỏng chỉ mất 30 phút, nhưng trong nước muối mất hơn một giờ còn kết đông trong luồng không khí lạnh tiêu chuẩn phải mất tới 3h 25phút. Thời gian N_1 , N_2 , N_3 là thời gian kết đông định mức tính từ khi sản phẩm đạt nhiệt độ 0°C đến -15°C .



Hình 19.3. Kết đông gà (loại 1000g/con) bằng các phương pháp kết đông khác nhau

- a) Kết đông bằng cách phun nitơ lỏng;
- b) Kết đông bằng cách nhúng nước muối CaCl_2 -22°C (tương đương phương pháp kết đông tiếp xúc);
- c) Kết đông bằng luồng không khí lạnh -35°C ; tốc độ $3 \div 4\text{m/s}$

19.2. KẾT ĐÔNG TRONG LUỒNG GIÓ LẠNH

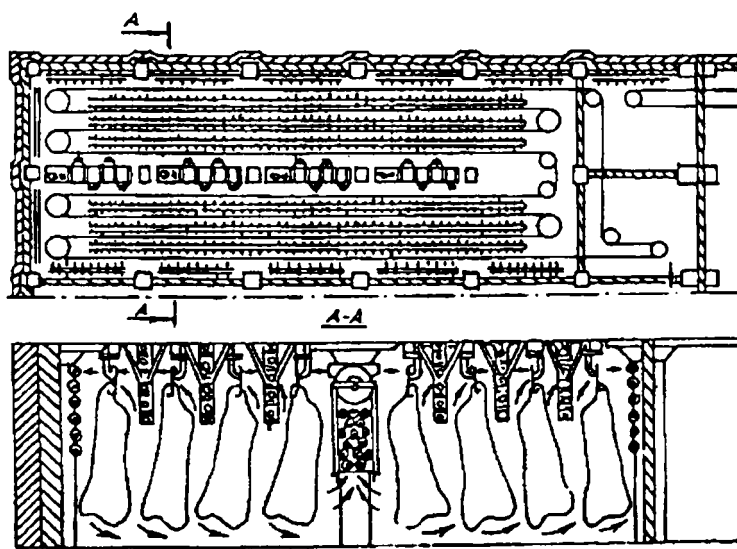
19.2.1. Buồng kết đông

Buồng kết đông được trang bị các dàn lạnh ống cánh quạt gió cưỡng bức mạnh để tăng cường trao đổi nhiệt giữa sản phẩm không khí và dàn lạnh. Chế độ kết đông giới thiệu ở mục 1.3. Các dàn lạnh là các dàn trực tiếp, môi chất lạnh (frêon hoặc amôniac) sôi ở trong ống. Thịt bố trí trên giá treo hoặc bố trí trên xe goòng loại 1/2 hoặc 1/4 con. Nhiệt độ - 35°C và tốc độ đạt 2m/s.

Hình 19.4 mô tả buồng kết đông kiểu Gerasimov. Buồng được trang bị các dàn lạnh một hàng ống, bố trí không chỉ trên trần, trên tường mà còn bố trí ở giữa các dãy móc treo thịt. Ngoài ra, dọc theo chiều dài buồng, giữa các hàng cột người ta còn bố trí các dàn lạnh có quạt gió cưỡng bức đạt tốc độ gió lưu thông 2m/s.

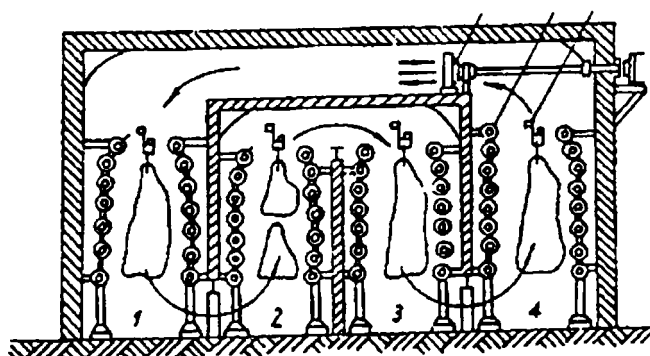
Bảng 19.3. Các giá trị so sánh về nhu cầu lạnh đối với các phương pháp kết đông khác nhau

Phương pháp kết đông	Kết đông trong luồng không khí lạnh			Kết đông tiếp xúc		Kết đông bằng nhúng hoặc phun		
	Hầm kiểu tunnel chất tải theo chiều dọc	Hầm tunnel tự động chất tải theo chiều ngang	Sản phẩm rời trong luồng không khí lạnh	Kiểu tấm với nước muối	Kiểu tấm bay hơi trực tiếp	Với nước muối hoặc glycol	Với nơ lỏng	Với frêon lỏng
Năng suất kết đông, t/h	$0,5 \div 1$	$2 \div 6$	$2 \div 3$	$0,5 \div 1$	$0,5 \div 1$	$2 \div 3$	1	$2 \div 3$
Nhiệt độ bay hơi, °C trung bình.	$-40 \div -45$	$-40 \div -45$	$-35 \div -40$	-40	-35	-35	-	-43
Trong chất tải lạnh, °C trung bình	-	-	-	-35	-	-30	đến -196	$-30 \div -35$
Nhiệt độ không khí, °C trung bình	-35	-35	-30	-	-	-	-	-
1) Nhiệt tổn thất qua bao che, kJ/kg	29	17	13	13	13	13	13	13
2) Nhiệt tổn thất cho quạt và bơm	63	105	75	-	21	17	8	-
3) Nhiệt tổn thất cho thiết bị vận chuyển	13	-	-	8	8	-	4	-
4) Tổn thất khác	54	37	37	75	75	67	67	71
Nhiệt tổn thất tổng, kJ/kg.	159	159	125	96	117	97	97	84
Năng suất lạnh yêu cầu tổng thể từ +5 đến -18°C, kJ/kg	473	473	440	410	431	410	trung bình cần 1,2kg nơ lỏng cho 1kg sản phẩm	398
- Cá gầy	410	410	377	348	368	348		335
- Cá béo	452	452	419	389	368	389		377
- Thịt gầy	368	368	345	306	327	306		393
- Thịt béo	452	452	419	385	410	389		377
- Rau quả								



Hình 19.4. Buồng kết đông kiểu Gerasimov

Hình 19.5 mô tả buồng kết đông kiểu Tunnel dùng để kết đông thịt nửa con (lợn) và 1/4 con (bò). Trên diện tích 6 x 6m người ta bố trí tunnel (đường hầm) có đường móc treo thịt. Chất tải và tháo tải được cơ khí hoá. Dọc theo tunnel người ta bố trí các dàn lạnh ống xoắn có cánh áp tường. Trên các vách ngăn giữa các tunnel người ta bố trí các khe lưu thông không khí. Quạt gió bảo đảm sự lưu thông gió cưỡng bức với tốc độ trung bình đạt $3 \div 3,5\text{m/s}$. Năng suất lạnh kết đông mỗi buồng như vậy khoảng 10 t/ngày đêm.

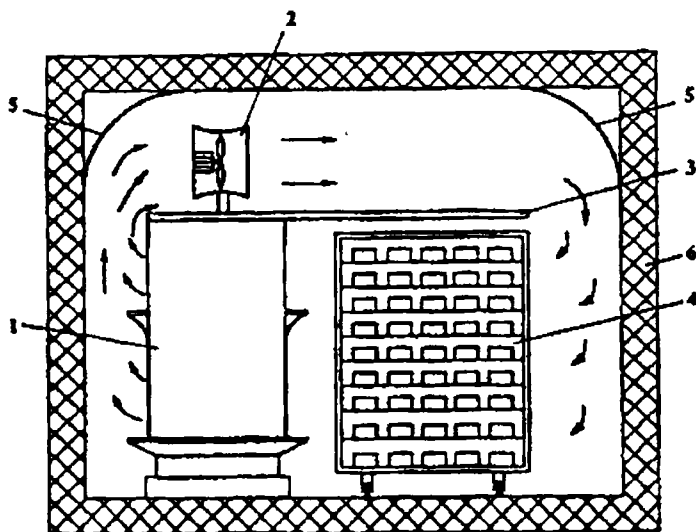


Hình 19.5. Buồng kết đông kiểu Tunnel (Nga)

1, 2, 3, 4. Tunnel; 5. Quạt; 6. Dàn lạnh; 7. Đường móc treo

Trong các kho lạnh chế biến và phân phối người ta sử dụng các buồng lạnh kết đông với hệ thống làm lạnh không khí dùng dàn lạnh tăng cường

Đối với việc kết đông các sản phẩm có kích thước nhỏ hơn như cá, tôm, rau, hoa quả với kích thước tương đối đồng đều người ta có thể bố trí buồng kết đông như giới thiệu trên hình 19.6 với phương án dùng xe đẩy đặt sản phẩm.



Hình 19.6. Buồng kết đông dùng xe xếp sản phẩm

1. Dàn lạnh xả bằng băng nước; 2. Quạt gió; 3. Tấm ngăn;
4. Xe xếp sản phẩm; 5. Tấm dẫn hướng gió; 6. Vỏ cách nhiệt

Xe xếp sản phẩm có thể di động tự do trên mặt sàn hoặc trên đường ray bố trí trên sàn. Dàn bay hơi bố trí dọc theo xe sản phẩm. Để tuần hoàn không khí thuận lợi có thể bố trí dàn phía trên dàn lạnh, ngăn cách khoang trên và dưới buồng sấy bằng một tấm ngăn hướng gió. Tấm dẫn hướng 5 để giảm tổn thất áp suất do tạo dòng chảy rối. Người ta còn có thể bố trí các cánh dẫn hướng gió khác để phân phối đều gió lạnh cho sản phẩm được kết đông đều đặn. Số lượng quạt và công suất quạt được tính toán sao cho tốc độ gió đạt khoảng 5m/s ở giai đoạn đầu và 3m/s ở 1/3 chiều dài còn lại của buồng kết đông là tối ưu nhất. Như vậy ở giai đoạn đầu sản phẩm có thể được kết đông tức thời tránh hao hụt sản phẩm còn ở giai đoạn sau sản phẩm có thời gian kết đông dần vào tâm. Theo các nghiên cứu, tổn hao năng lượng khi đó đạt hiệu quả cao nhất.

Kích thước của buồng kết đông phụ thuộc vào nhiều yếu tố như loại sản phẩm, phương pháp bố trí dàn, quạt, số tầng của xe, kích thước của sản phẩm. Đối với kết đông cá thông thường có thể lấy theo các giá trị định hướng cho trong bảng 19.4.

**Bảng 19.4. Kích thước định hướng buồng kết đông gió
theo năng suất kg/m²**

Năng suất buồng kết đông kg/m ²	Kích thước D x R x C mm	Dung tích m ³	Hệ số chất tải g, kg/ m ³
500	4500 x 2400 x 2800	22	46
2500	4500 x 4500 x 3000	48	104
3500	4500 x 4500 x 3000	58	120
5000	5400 x 5400 x 3000	70	140

Cách nhiệt buồng có thể là kiểu panel lắp ghép dày 150 mm bằng xốp polyurethane hệ số dẫn nhiệt 0,020 W/mK hai bên là lớp tôn mạ màu (color bond) dày 0,6 mm có cán sóng. Các panel được ghép với nhau bằng khóa cam lệch tâm (cam lock). Cách nhiệt buồng cũng có thể được làm theo phương pháp truyền thống là xây gạch, cách nhiệt, cách ẩm bằng polystilol và nhựa đường. Loại này hình thức không đẹp nhưng rẻ hơn.

Cách nhiệt nền cần lưu ý tới 3 điều kiện sau đây:

- Đảm bảo trọng tải yêu cầu
- Chống được phòng nền do đóng băng
- Đủ độ dày cách nhiệt.

Với kho lắp ghép bằng panel, để đảm bảo tải trọng cần phải bố trí một lớp bê tông chịu tải đủ dày. Để tránh đóng băng nền phải bố trí ống gió (φ 100 bằng ống nhựa đi ziczăc và có 2 đầu thông ra ngoài để thông gió). Với kho xây dựng bằng gạch cũng phải có lớp bê tông chịu lực. Để cách nhiệt không bị bẹp, phải có các dầm gỗ sơn hắc ín đỡ, và để tránh đóng băng phải có ống thông gió phía dưới nền cách nhiệt.

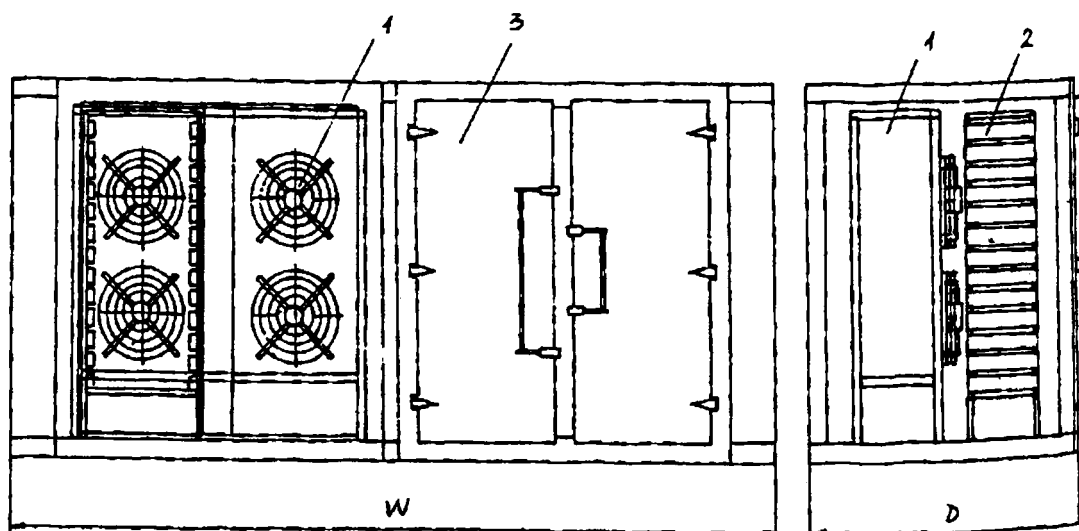
19.2.2. Tủ kết đông thổi gió

Tủ kết đông thổi gió (Air – blast freezer) là dạng máy kết đông có năng suất nhỏ, kết đông trong luồng gió lạnh, làm việc theo từng mẻ, sản phẩm đặt trên khay hoặc trên xe đẩy, theo kiểu rời, không đóng thành bánh hoặc khuôn định hình.

Tủ kết đông gió do Searefico (Bộ Thủy Sản) chế tạo bao gồm một vỏ tủ cách nhiệt dày 150 mm bằng polyurethane, bên trong bố trí một hệ thống dàn lạnh với quạt gió cưỡng bức hiệu suất cao và giá đặt sản phẩm kết đông. Phòng kết đông sản phẩm được chia làm 2 ngăn loại 100/125kg, 4 ngăn loại 200/250kg, 6 ngăn loại 300 kg và 8 ngăn loại 400kg, mỗi ngăn chứa 50kg hoặc 62,5kg có cửa riêng biệt.

Các ngăn kết đông được thiết kế độc lập nên có thể hoạt động riêng rẽ và có thể quay vòng sản phẩm, rất thích hợp cho các nhà máy ở vùng nguyên liệu không ổn định hoặc thường xuyên thay đổi sản phẩm với kích cỡ và chủng loại khác nhau.

Tủ có thể có hệ thống lạnh riêng hoặc mắc nối chung vào hệ thống lạnh có sẵn, môi chất lạnh R22 hoặc amôniac. Hình 19.7 giới thiệu hình dáng, kết cấu tủ và bảng 19.5 giới thiệu một số đặc tính kỹ thuật của tủ.



Hình 19.7. Tủ kết đông thổi gió của Searefico

1. Dàn quạt lạnh;
2. Giá kết đông sản phẩm;
3. Cửa tủ và bản lề

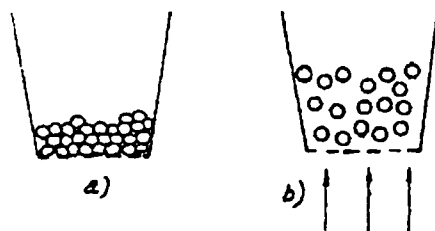
Bảng 19.5. Một số thông số kỹ thuật của tủ kết đông thổi gió của Searefico Bộ Thủy sản

Thông số	Đơn vị	Năng suất kết đông (kg/m ²)			
		100	200	300	400
Kích thước phủ bì: Dài L	mm	2750	5450	8190	10865
Rộng W	mm	1975	1975	1975	1975
Cao H	mm	2300	2300	2300	2300
Chiều dày cách nhiệt vỏ PU	mm	150	150	150	150
Cửa: Kích thước	mm	800 x 1900			
Số lượng cửa	chiếc	2	4	6	8
Giá sản phẩm: Kích thước	mm	730 x 100 x 1900			
Số lượng	chiếc	2	4	6	8
Bước giá	mm	70	70	70	70
Số tầng	-	25	50	75	100
Khay sản phẩm: Kích thước	mm	750 x 500 x 60			
Số khay	chiếc	25	50	75	100
Vật liệu	-	Nhôm			

19.2.3. Máy kết đông tầng sôi

Các sản phẩm có kích thước nhỏ như đậu Hà Lan, cà rốt, su hào thái vuông, khoai tây rán, các loại quả dâu có thể dùng phương pháp tầng sôi. Nguyên tắc của phương pháp này là thực phẩm được đưa vào một kênh cố định bố trí theo chiều dọc hầm sấy, sau khi kết đông xong sẽ chảy ra phía bên kia. Dòng không khí được quạt thổi từ phía dưới lên. Các sản phẩm được nâng lên lơ lửng trong đệm khí. Do được tiếp xúc với dòng không khí lạnh từ nhiều phía nên sản phẩm kết đông rất nhanh. Một ưu điểm nổi bật của phương pháp này là các sản phẩm không bị vón cục và kết dính lại với nhau do đóng băng. Không khí lạnh vừa làm nhiệm vụ kết đông sản phẩm vừa làm nhiệm vụ vận chuyển sản phẩm từ cửa nạp đến cửa ra do tạo luồng không khí có định hướng do đó đơn giản được hầu hết các cơ cấu vận chuyển sản phẩm trong hầm đông, thường là các cơ cấu rất dễ hỏng hóc như băng chuyền, cơ cấu đẩy, cơ cấu nâng hạ, động cơ và hộp số.

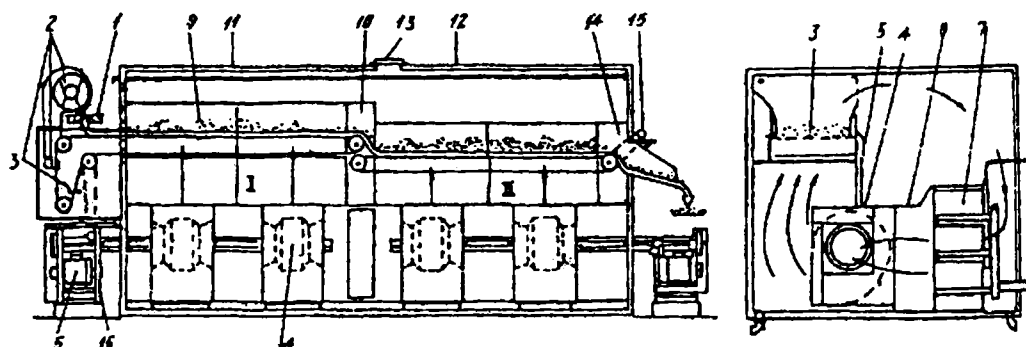
Hình 19.8 mô tả nguyên lí kết đông kiểu tầng sôi.



Hình 19.8. Nguyên tắc kết đông nhanh kiểu tầng sôi

a) Sản phẩm ở trạng thái đứng im

b) Sản phẩm trong quá trình kết đông nhanh kiểu tầng sôi



Hình 19.9. Hầm kết đông kiểu tầng sôi (Samifi –Babcock)

1. Cơ cấu nạp sản phẩm với tấm rung điều chỉnh được độ rung theo sản phẩm nạp; 2. Cơ cấu rửa và sấy tự động cho băng thứ nhất; 3. Băng kết đông inox có các xích truyền động bên cạnh;
4. Quạt li tâm điều chỉnh được tốc độ; 5. Động cơ quạt; 6. Cửa kiểm tra; 7. Dàn bay hơi tráng kẽm có cánh; 8. Cầu kiểm tra; 9. Sản phẩm; 10. Đoạn chuyển tiếp giữa hai vùng I và II; 11. Xả băng bằng hơi nóng; 12. Bao che cách nhiệt; 13. Kính quan sát (tùy theo yêu cầu có thể lắp ở vị trí khác); 14. Cửa trượt sản phẩm ra ngoài bằng inox; 15. Động cơ và hộp số cho mỗi băng chuyển, tốc độ điều chỉnh được cho từng loại sản phẩm

Hình 19.9 mô tả kết cấu của hầm kết đông kiểu tầng sôi của hãng Samafi – Babcock, năng suất kết đông đến 10 tấn/giờ sử dụng cho các loại sản phẩm nặng và rời như ngô bắp. Sản phẩm đi từ trái sang phải qua hết hầm kết đông bằng các băng vận chuyển. Luồng không khí lạnh vừa kết đông vừa tạo tấm đệm không khí cho sản phẩm. Vùng I bố trí dòng không khí yếu để bảo vệ sản phẩm đến điểm đóng băng, làm cứng bề mặt sản phẩm. Vùng II sản phẩm được kết đông đến nhiệt độ yêu cầu với tốc độ không khí mạnh hơn. Một số kích thước cơ bản cho ở bảng 19.6.

Bảng 19.6. Thông số máy kết đông theo hình 6.7

Kiểu	Năng suất, kg/h (đậu Hà lan)	Dài mm	Rộng mm	Cao mm
SLB 2L2	1900	7870	4600	4000
2L4	2900	9870	4600	4000
4L4	3800	11870	4600	4000
4L6	4800	13870	4600	4000
4L8	5600	15870	4600	4000
6L8	6600	18070	4600	4000
6L10	7500	20070	4600	4000
6L12	8400	22070	4600	4000

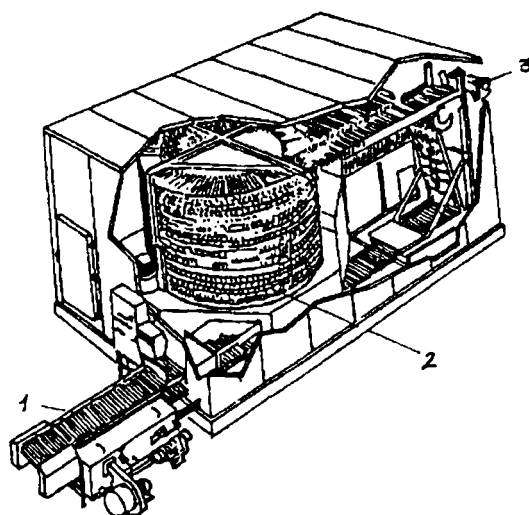
19.2.4. Máy kết đông băng chuyên xoắn IQF

Máy kết đông băng chuyên xoắn làm việc theo phương pháp kết đông sản phẩm trong luồng gió lạnh. Các sản phẩm nằm riêng rẽ trên băng chuyên nên còn gọi là máy kết đông rời IQF (Individual Quick Freezer). Sản phẩm được đặt trên băng chuyên đan bằng dây thép không rỉ xoắn nhiều vòng, hai bên có vây ngăn sản phẩm rơi ra ngoài băng chuyên.

Nhiệt độ không khí đạt tới -40°C . Do yêu cầu năng suất trao đổi nhiệt lớn và hiệu quả nên thường cấp dịch cho dàn lạnh bằng bơm tuần hoàn. Tốc độ băng chuyên được điều chỉnh vô cấp phù hợp với thời gian cấp đông của từng loại sản phẩm. Để tránh sản phẩm dính vào nhau và dính vào băng tải người ta bố trí cơ cấu búa gõ làm rung.

Máy kết đông băng chuyên xoắn có kích thước nhỏ gọn chiếm ít diện tích lắp đặt nhưng công nghệ chế tạo cao, vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa phức tạp, giá thành đắt. Tuy nhiên với đội ngũ cán bộ khoa học trẻ năng động, Searefico đã chế tạo được những máy kết đông băng chuyên xoắn đầu tiên với chất lượng giá thành phù hợp. Hiện nay máy kết đông băng chuyên xoắn đã được các nhà chế tạo Thụy Điển phát triển lên một thế hệ mới là băng chuyên xoắn tự hành không cần khung đỡ với nhiều ưu điểm vượt trội về vận hành cũng như khả năng vệ sinh tẩy rửa dễ dàng.

Hình 19.10 giới thiệu cấu tạo của một kiểu máy kết đông băng chuyên xoắn vô tận của hãng Frigoscandi Thụy Điển.



Hình 19.10. Máy kết đông Gyro Compact System 64 của hãng Frigoscandia Thụy Điển

1. Cửa nạp sản phẩm; 2. Các tầng băng chuyển xoắn; 3. Cửa ra sản phẩm

Máy kết đông Gyro Compact sử dụng cho nhiều loại sản phẩm khác nhau như cá, thịt, thức ăn đông khuôn, khay... có chiều dày tới 150mm.

Bảng 19.7 giới thiệu thông số kỹ thuật của hai kiểu 64 và 77.

Bảng 19.7. Thông số kỹ thuật của Gyro Compact System 64 và 77

Kiểu	64	77
Chiều rộng băng chuyển	640 mm	770 mm
Chiều dày sản phẩm tối thiểu min	45 mm	
Chiều dày sản phẩm tối đa max	105 mm	
Số tầng xoắn tối thiểu	15 tầng	
Số tầng xoắn tối đa	35 tầng	
Kích thước phủ bì: Dài	8400 mm	
Rộng	4900 mm	
Cao min	3510 mm	
Cao max	4410 mm	
Năng suất kết đông	700 đến 2500 kg/ h	

Bảng 19.8 giới thiệu một số máy kết đông rời kiểu băng chuyển xoắn của Searefico Bộ Thủy Sản.

Bảng 19.8. Một số thông số kỹ thuật của máy kết đông băng chuyển xoắn kiểu IQF của Searefico Bộ Thủy Sản

Thông số	Đơn vị	S – IQF 500S	S – IQF 350S	S – IQF 250S
Năng suất kết đông	kg/h	500	350	250
Năng suất lạnh yêu cầu	kW (kcal/h)	107 (92.000)	90 (77.000)	70 (60.000)
Sản phẩm kết đông	tôm, cá, mực, sò			
Nhiệt độ sản phẩm vào/ra	°C	+ 10/ -18		
Nhiệt độ buồng	°C	-32 ÷ -36°C		
Kiểu cấp dịch (môi chất lỏng)	-	bơm tuần hoàn		
Môi chất lạnh	-	amôniac hoặc R22		
Vật liệu băng chuyển	-	inox		
Chiều rộng băng chuyển	mm	457	406	356
Kích thước phủ bì Dài L	mm	6800	6100	5400
Rộng W	mm	3600	3200	2850
Cao H	mm	3600	3300	3100
Chiều dày panel cách nhiệt T	mm	150	150	150
Thời gian kết đông	phút	7 ÷ 45		
Phương pháp xả băng	-	bằng nước hoặc hơi nóng		
Nguồn điện	-	3 pha/ 380 V/50 Hz		

19.2.5. Máy kết đông băng chuyển thẳng

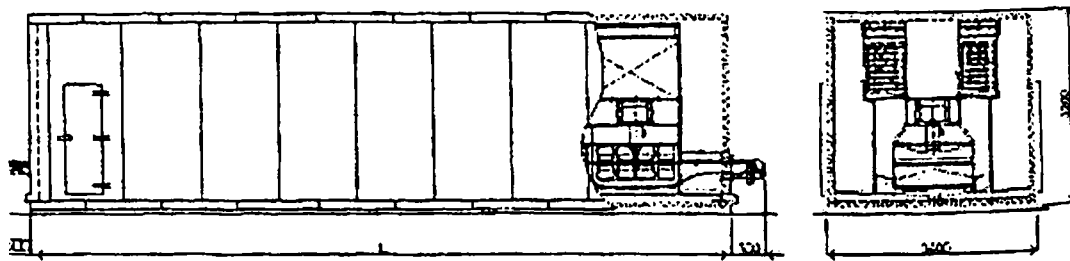
Máy kết đông băng chuyển xoắn đòi hỏi công nghệ chế tạo cao, giá thành đắt. Một dạng máy kết đông khác có công nghệ chế tạo phù hợp với Việt Nam là loại băng thẳng. Sản phẩm cấp đông của loại máy này cũng giống như của băng chuyển xoắn đó là tôm, cá phile và các sản phẩm có kích cỡ gần tương tự nhau. Tốc độ kết đông và thời gian kết đông phụ thuộc vào cỡ và hình dạng cũng như loại sản phẩm. Thời gian kết đông có thể được điều chỉnh qua tốc độ băng chuyển. Vì băng chuyển chỉ chuyển động theo một hướng nên chiều dài của máy lớn hơn loại xoắn để có thể kết đông đồng thời được nhiều sản phẩm. Nguyên tắc cấu tạo là sản phẩm được đặt lên băng tải và cho chuyển động qua luồng gió có nhiệt độ thấp (-45°C) và tốc độ đến 5m/s. Để tăng hiệu quả kết

đồng và tiết kiệm năng lượng ta phải bố trí dàn lạnh, quạt gió, băng chuyền ra sao để đạt được các thông số tối ưu cả về kỹ thuật, chất lượng sản phẩm và chi phí năng lượng.

Bảng 19.10 và hình 19.11 giới thiệu kết cấu máy đông băng phẳng và băng lưới của công ty Năm Dững.

Bảng 19.10. Kích thước phủ bì một số máy kết đông băng phẳng và lưới IQF siêu tốc của máy Công ty Năm Dững

Tên máy	Kí hiệu	Dài A, mm	Rộng B, mm	Cao C, mm
Máy kết đông băng lưới	IQF 250	5050	3800	3045
	IQF 500	7400	3800	3045
Máy kết đông băng phẳng	IQF 250	9700	3600	3270
	IQF 500	15900	3600	3270
Máy tái đông cho băng lưới	IQF 250	3550	3800	3045
	IQF 500	5050	3800	3045
Máy tái đông cho băng phẳng	IQF 250	5400	3600	3045
	IQF 500	7400	3600	3045



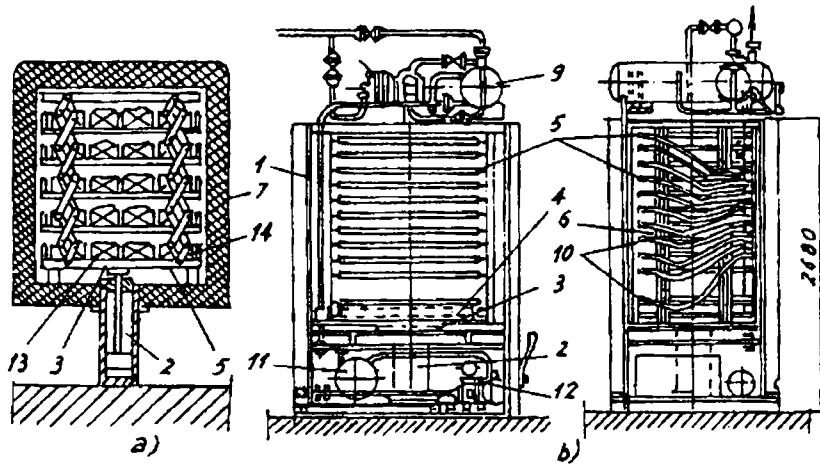
Hình 19.11. Kết cấu máy kết đông băng phẳng IQFF Năm Dững

19.3. KẾT ĐÔNG TIẾP XÚC

19.3.1. Máy kết đông tiếp xúc kiểu tấm lật

Máy kết đông tiếp xúc là loại máy kết đông cho sản phẩm thường ở dạng bánh, khay hoặc có kích thước tiêu chuẩn tiếp xúc trực tiếp với bề mặt lạnh. Bề mặt lạnh có thể được làm lạnh bằng môi chất lạnh sôi trực tiếp hoặc bằng nước muối. Theo kết cấu có thể chia ra các loại máy kết đông tiếp xúc kiểu tấm đứng, tấm ngang hoặc kiểu trống quay.

Hình 19.12 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của máy kết đông tiếp xúc kiểu tấm nằm ngang.



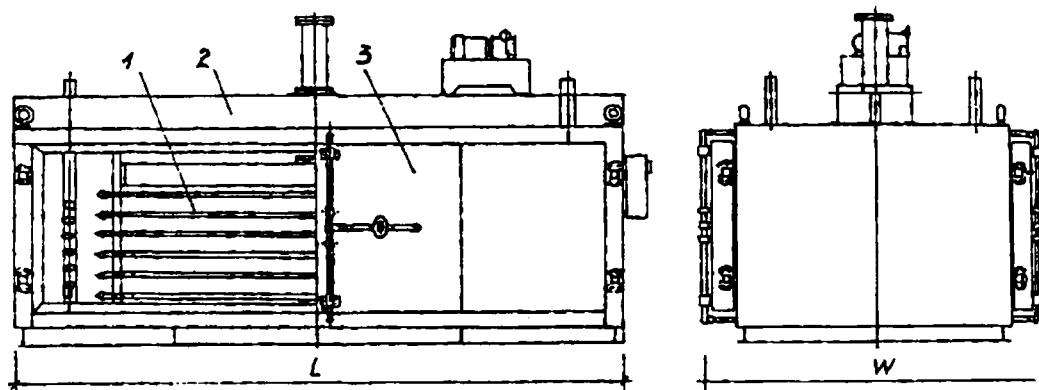
Hình 19.12. Máy lạnh đông nhanh tiếp xúc kiểu tấm

- a) Sơ đồ các tấm bố trí cơ cấu ép từ dưới lên; b) Thiết bị; 1. Khung; 2. Xilanh thủy lực; 3. Bàn nung; 4. Bệ nung; 5. Các tấm làm lạnh; 6. Thanh dẫn hướng của các tấm; 7. Cơ cấu định vị truyền động của tấm; 8. Van phao; 9. Bình tách lỏng; 10. Các ống cao su bọc dây thép để cấp môi chất lạnh cho dàn bay hơi; 11. Bình dầu; 12. Bơm dầu; 13. Sản phẩm kết đông; 14. Giá gỗ

Sản phẩm được kết đông bằng cách cho tiếp xúc trực tiếp với các tấm kim loại. Bên trong các tấm kim loại là dàn bay hơi trực tiếp của môi chất lạnh. Sản phẩm được đóng sẵn vào các khuôn có kích thước tiêu chuẩn, sau đó được sắp xếp vào giữa các tấm dàn bay hơi, tiếp theo bơm dầu từ bình vào xilanh thủy lực. Xilanh sẽ ép các tấm lại để sản phẩm tiếp xúc với cả bề mặt trên và bề mặt dưới, lực ép duy trì từ 1,5 đến 7 kPa. Sau khi ép xong, các dàn lạnh được cấp lỏng và bắt đầu hoạt động. Nhiệt độ sôi đạt -34°C . Sau khi kết đông xong dầu được xả trở lại bình, xilanh đi xuống, các tấm được tách ra và người ta có thể lấy sản phẩm ra dễ dàng. Thiết bị làm việc theo từng mẻ. Chiều dày khuôn sản phẩm từ 25 đến 100 mm. Thời gian kết đông rút xuống đáng kể. Bề dày khuôn sản phẩm 90 mm thời gian kết đông khoảng hơn 3h. Tuy nhiên thời gian kết đông còn phụ thuộc vào sản phẩm, sự tiếp xúc giữa các bề mặt sản phẩm trong khuôn và bao bì của khuôn.

Năng suất của các thiết bị đạt $3 \div 25\text{t/ngày đêm}$.

Hình 19.13 giới thiệu hình dáng, kết cấu tủ kết đông tiếp xúc của Searefico (Bộ Thủy Sản) được thiết kế và chế tạo với các cụm thiết bị nhập ngoại kết hợp với các bộ phận sản xuất trong nước. Máy lạnh là loại 2 cấp amoniắc hoặc freon R22, vỏ tủ được phun polyurethane trực tiếp dày 150mm, thời gian kết đông trung bình $4 \div 5\text{h}$, siêu nhanh $1,5 \div 2\text{h}$, mặt trong và mặt ngoài tủ bọc bằng thép không gỉ, tấm lắc bằng hợp kim nhôm.



Hình 19.13. Hình dáng, kết cấu tủ kết đông tiếp xúc của Searefico (Bộ Thủy sản)

1. Các tấm lặc (tấm lạnh) 2. Vỏ tủ; 3. Cửa tủ

Bảng 19.11 giới thiệu một số thông số kỹ thuật của tủ kết đông tiếp xúc Searefico.

Bảng 19.11. Một số thông số kỹ thuật tủ kết đông tiếp xúc Searefico

Năng suất (kg/m ²)	500	750	1000	1500	2000
Kích thước phủ bì: Dài L, mm	3300	3300	3300	3300	3480
Rộng W, mm	1760	1760	1760	1760	1760
Cao H, mm	1360	1740	1995	2755	2920
Kích thước tấm lặc: Dài L, mm	2020	2020	2020	2020	2400
(tấm tiếp xúc) Rộng W, mm	1220	1220	1220	1220	1220
Cao H, mm	22	22	22	22	22
Số lượng tấm lặc (chiếc)	6	9	11	17	18
Độ cao giữa hai tấm lặc: min (mm)	50	50	50	50	50
max	105	105	105	105	105
Công suất motor ben thủy lực (kW)	0,75	0,75	0,75	1,5	1,5

Bảng 19.12 giới thiệu thời gian kết đông của một số loại sản phẩm khác nhau.

Bảng 19.12. Thời gian kết đông của một số dạng sản phẩm

Dạng sản phẩm	SEA CF - 500	SEA CF - 1000	Thời gian kết đông sản phẩm từ 5°C xuống -25°C
Cá khay 2 kg	340 kg/m ²	680 kg/m ²	150 phút
Cá khay 10 kg	500 kg/m ²	1000 kg/m ²	180 phút
Tôm khay 2 kg	340 kg/m ²	680 kg/m ²	240 phút
Thịt khay 10 kg	500 kg/m ²	1000 kg/m ²	210 phút
Trái cây	340 kg/m ²	680 kg/m ²	120 phút

Bảng 19.13 giới thiệu thông số kỹ thuật của một số máy kết đông tiếp xúc của hãng MYCOM (Nhật).

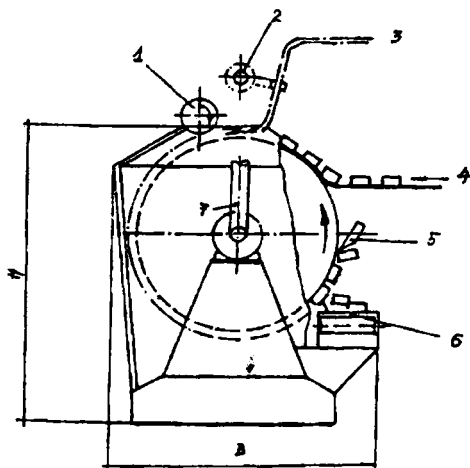
Bảng 19.13. Thông số kỹ thuật của một số máy kết đông tiếp xúc của hãng MYCOM (Nhật)

Thông số	Đơn vị	MCF - 500FC	MCF - 1000FC	MCF - 500FC
Môi chất lạnh	-	NH ₃ hoặc R22		
Năng suất kết đông	kg/mẻ	500	1000	1500
Máy nén MYCOM	-	4 WA hoặc 42 WA	8 WA hoặc 62 WA	6 WB hoặc 42 WB
Chiều rộng /chiều dài hiệu quả của tấm lắc	mm	1220 (R) /2020 (D)		
Số tầng tấm lắc hiệu quả	-	5	10	15
Độ mở hiệu quả	mm	50 ~ 105		
Mô tơ bơm dầu	kW	0.75	0.75	1.5
Xilanh dầu (φ x φ x khoảng chạy)	mm	125 x 56 x 275	125 x 56 x 550	180 x 80 x 825
Vật liệu vỏ và bề mặt cửa	-	Tấm hợp kim nhôm kẽm		
Dây sưởi cửa	-	Một pha 220V x 300W		
Khối lượng tịnh	kg	2700	3350	4200

19.3.2. Máy kết đông tiếp xúc kiểu thùng quay

Ngoài máy kết đông tiếp xúc kiểu tấm nằm ngang, còn có loại tấm thẳng đứng dùng để kết đông cá nhưng ít phổ biến.

Hình 19.14 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của máy kết đông tiếp xúc kiểu thùng quay Rota – Freeze của hãng Atlas Đan Mạch.



Hình 19.14. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của máy kết đông tiếp xúc kiểu thùng quay

1. Trục lăn điều chỉnh độ dày lớp sản phẩm; 2. Bộ gạt để phân phối đều sản phẩm kết đông dạng lỏng cho thùng quay; 3. Sản phẩm dạng lỏng vào; 4. Thành phần sản phẩm vào; 5. Dao nạo; 6. Băng chuyển; 7. Môi chất lạnh hoặc chất tải lạnh vào và ra

Máy bao gồm một thùng quay bằng inox được làm lạnh trực tiếp hoặc gián tiếp từ -30 đến -50⁰C. Thực phẩm dạng lỏng, rắn hoặc có dạng khuôn hình tiêu chuẩn được kết đông qua một vòng quay của thùng quay và được dao nạo ra rơi xuống băng chuyển đi ra ngoài. Các sản phẩm nhão (crêm rau quả) hoặc lỏng như súp được nén thành bánh quả bằng khuôn tiêu chuẩn 1,5 x 2 x 3 cm.

Bảng 19.14 giới thiệu năng suất một số cỡ máy Rota – Freeze.

Bảng 19.14. Máy kết đông tiếp xúc thùng quay Rota – Freeze

Kiểu	Sản phẩm rắn hoặc cá khuôn (file cá, thịt...)	Sản phẩm nhão hoặc lỏng (crêm hoa quả, súp...)	Năng suất lạnh yêu cầu, kW/t ₀	Bề mặt lạnh, m ²	Khối lượng, kg
H - 300	80 ÷ 130 kg/h	khoảng 200 kg/h	37/-40 ⁰ C	3	1700
H - 600	160 ÷ 260 kg/h	~ 400 kg/h	74	6	3300
H - 1200	320 ÷ 520 kg/h	~ 800 kg/h	185	12	6500

19.3.3. Kết đông nhúng chìm trong chất lỏng lạnh

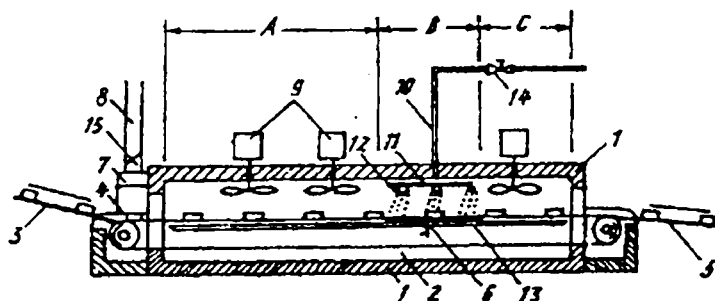
Khi nhúng sản phẩm trong nước muối lạnh hoặc trong chất lỏng lạnh (chuyển động), tốc độ kết đông sản phẩm rất cao do khả năng trao đổi nhiệt giữa chất lỏng và sản phẩm rất lớn tương đương với tấm tiếp xúc kim loại trong máy kết đông tiếp xúc. Do đó có thể so sánh phương pháp này với phương pháp kết đông tiếp xúc nhưng với ưu điểm là sản phẩm không cần có hình dáng, kích thước cố định. Phương pháp này rất thuận lợi cho việc kết đông gà và gia cầm các loại. Người ta cũng hay kết đông cá trong nước muối. Khi đó nước muối được giữ ở nhiệt độ đóng băng, muối sẽ không bị phân li để thấm vào sản phẩm. Tuy nhiên vì phải đưa liên tục sản phẩm nóng vào nên muối có thể khuếch tán vào sản phẩm làm ảnh hưởng đến mùi vị sản phẩm. Nước thừa đóng băng vào các dàn bay hơi ảnh hưởng đến quá trình trao đổi nhiệt. Để cải thiện được tình trạng này có thể cho thêm khoảng 10% glycerin vào nước muối để mở rộng phạm vi nhiệt độ từ -15 đến -17⁰C. Sau khi kết đông có thể mạ băng cho cá để giảm hao ngót. Để tránh tác động xấu của muối, có thể sử dụng bao bì nilon kết hợp với hút chân không sản phẩm. Phương pháp này rất hiệu quả vừa đảm bảo vệ sinh và chất lượng sản phẩm.

19.4. KẾT ĐÔNG BẰNG KHÍ HÓA LỎNG PHUN

Kết đông trong khí hóa lỏng thường được thực hiện với nitơ lỏng. Nitơ lỏng sôi ở nhiệt độ -196⁰C. Do có độ chênh lệch nhiệt độ rất lớn giữa sản phẩm và nhiệt độ sôi nên sản phẩm được kết đông gần như tức thời. Năng suất lạnh của

một kg nitơ lỏng và nhiệt độ ẩn hoá hơi ở -196°C và nhiệt hiện thu vào khi khí lạnh nâng nhiệt độ lên đến gần nhiệt độ kết đông sản phẩm. Nhiệt độ đó cao hay thấp tùy thuộc vào cách bố trí trao đổi nhiệt giữa hơi lạnh và sản phẩm có hiệu quả hay không.

Hình 19.15 giới thiệu sơ đồ nguyên tắc của một hầm kết đông phun nitơ lỏng.



Hình 19.15. Sơ đồ nguyên tắc của một hầm kết đông sử dụng nitơ lỏng phun (Cryogen-Rapid)

A - Vùng kết đông sơ bộ; B - Vùng phun nitơ lỏng; C - Vùng cân bằng nhiệt độ; 1 - Hầm cách nhiệt; 2 - Băng chuyển; 3 - Bàn nạp sản phẩm; 4 - Cửa nạp sản phẩm; 5 - Bàn tháo sản phẩm; 6 - Khay hứng có van xả; 7, 8 - Ống hút và quạt hút; 9 - Quạt khuấy; 10 - Ống dẫn nitơ lỏng; 11 - Ống phun với mũi phun và van giảm áp; 12 - Nitơ lỏng; 13 - Khí nitơ; 14 - Van; 15 - Tấm điều chỉnh lượng khí hút (tấm tiết lưu)

Sản phẩm được kết đông liên tục. Từ bàn nạp vào cửa nạp, sản phẩm được băng chuyển vô tận đưa vào vùng A đầu tiên để kết đông sơ bộ đến nhiệt độ đóng băng. Ở đây, nhờ có quạt khuấy đảo mạnh khí nitơ lạnh mà sản phẩm được làm lạnh và kết đông sơ bộ. Sau đó, sản phẩm đi vào vùng B và được phun nitơ lỏng. Sản phẩm kết đông nhanh chóng do hiệu quả nitơ lỏng sôi trên bề mặt sản phẩm. Sau đó là vùng C, ở đây sản phẩm được ủ để nhiệt độ tâm sản phẩm đạt yêu cầu. Thường, để kết đông 1kg sản phẩm cần 1lít nitơ lỏng. Phương pháp này bởi vậy rất đắt tiền và chỉ có thể áp dụng cho các sản phẩm lạnh đông có giá trị kinh tế cao.

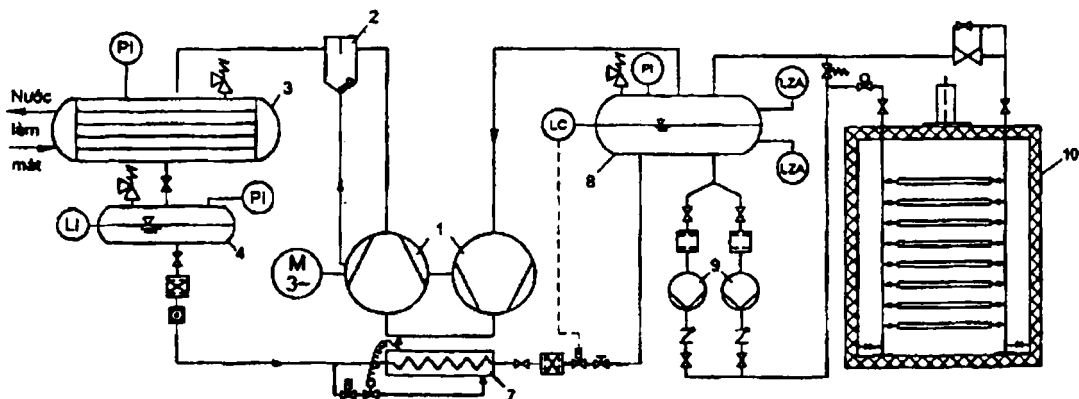
19.5. SƠ ĐỒ HỆ THỐNG LẠNH CỦA MÁY KẾT ĐÔNG

Do nhiệt độ yêu cầu ở dàn bay hơi thấp từ -35 đến -60°C nên nhất thiết hệ thống lạnh phải là loại 2 cấp đối với cả NH_3 và R22. Các máy kết đông yêu cầu cường độ trao đổi nhiệt lớn nên phương pháp cấp lỏng tốt nhất là bằng bơm tuần hoàn. Tuy nhiên vẫn có thể cấp lỏng cho dàn bay hơi nhờ tiết lưu hoặc nhờ bình tách lỏng đặt trên cao.

Đối với môi chất NH_3 , có thể sử dụng sơ đồ 2 cấp biểu diễn trên hình

17.4 cho các loại máy kết đông khác nhau từ buồng, tủ kết đông gió đến máy kết đông băng chuyên xoắn, thẳng hay tầng sôi. Điều cần lưu ý là các dàn bay hơi phải phù hợp. Riêng đối với máy kết đông tiếp xúc các dàn quạt được thay bằng dàn tấm lắc.

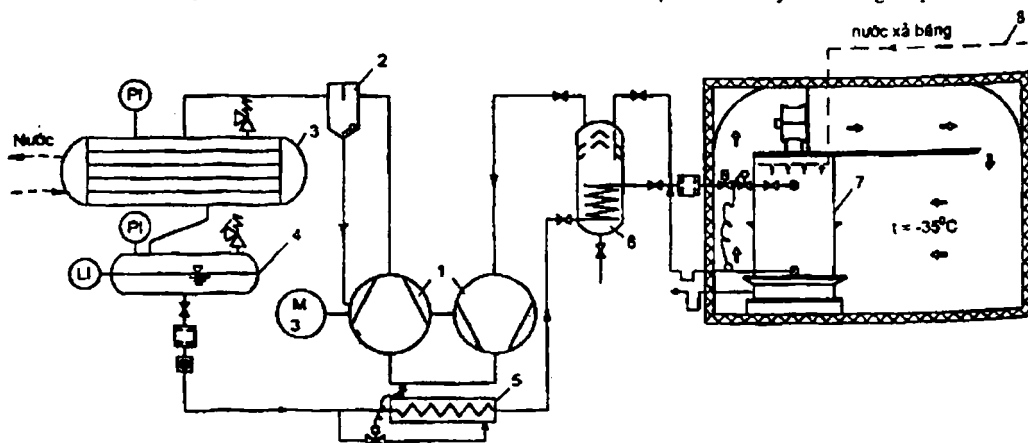
Hình 19.16 và 19.17 giới thiệu một số sơ đồ hệ thống lạnh Freôn (R22) 2 cấp máy nén có bơm tuần hoàn sử dụng cho một máy kết đông tiếp xúc và một tủ kết đông gió. Các dàn lạnh và tấm lắc được xả băng bằng cách phun nước có nhiệt độ môi trường từ hệ thống bể nước và bơm phun cũng như mũi phun đã bố trí sẵn trong dàn lạnh.



Hình 19.16. Sơ đồ hệ thống lạnh 2 cấp R22 (máy nén 2 cấp)

dùng cho tủ kết đông tiếp xúc cấp dịch nhờ bơm tuần hoàn

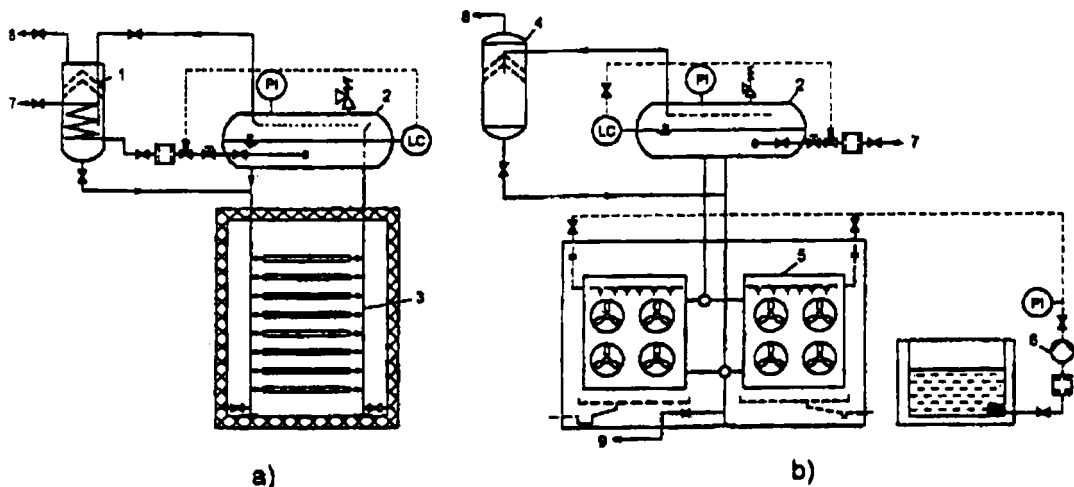
1. Máy nén 2 cấp; 2. Tách dầu; 3. Bình ngưng; 4. Bình chứa cao áp; 5. Phin lọc sấy; 6. Mất ga; 7. Bình làm mát trung gian; 8. Bình chứa dầu tuần hoàn; 9. Bơm dịch; 10. Máy kết đông tiếp xúc



Hình 19.17. Sơ đồ hệ thống lạnh buồng kết đông 2 cấp R22

1. Máy nén; 2. Bình tách dầu; 3. Bình ngưng; 4. Bình chứa cao áp; 5. Bình chứa trung gian; 6. Bình hồi nhiệt và tách lỏng; 7. Dàn bay hơi có quạt tuần hoàn gió phía trên; 8. Hệ thống bể nước và bơm nước xả băng

Như trên đã nói, phương pháp cấp dịch bằng bơm là hiệu quả nhất tuy nhiên vẫn có thể cấp dịch bằng phương pháp truyền thống như bình tách lỏng đặt trên cao. Hình 19.18 giới thiệu sơ đồ nguyên lý cấp lỏng từ kết đông tiếp xúc bằng bình tách lỏng phía trên. Phương pháp này cũng có thể dùng cho buồng, tủ cấp đông... có dàn bay hơi trực tiếp. Hiệu quả trao đổi nhiệt của phương pháp này kém xa so với cấp dịch bằng bơm nhưng nó lại có ưu điểm là đơn giản, rẻ tiền, ít phải bảo dưỡng, sửa chữa, vận hành tin cậy và tuổi thọ cao.



Hình 19.18. Sơ đồ cấp nguyên lý cấp dịch bằng bình tách lỏng đặt phía trên
(nhờ cột lỏng) dùng cho NH_3 và freon

1. Bình tách lỏng bổ sung, hồi nhiệt, quá lạnh lỏng; 2. Bình tách lỏng đặt trên cao (bình chống tràn); 3. Dàn bay hơi tấm lắt; 4. Bình tách lỏng phụ; 5. Dàn bay hơi tủ gió;
6. Bể và bơm nước xả băng; 7. Đường dịch cấp từ bình chứa cao áp; 8. Đường hơi về máy nén;
9. Đường dầu về bình chứa dầu

Chương 20

TỦ LẠNH GIA ĐÌNH

20.1. ĐẠI CƯƠNG

Tủ lạnh gia đình dùng để bảo quản ngắn hạn các thực phẩm và thức ăn dễ bị ôi thiu hư hỏng hàng ngày trong gia đình. Nó là mắt xích cuối cùng trong dây chuyền lạnh để bảo quản sản phẩm ngay trước khi tiêu dùng. Ngoài ra tủ lạnh còn dùng để làm đá viên phục vụ sinh hoạt hàng ngày.

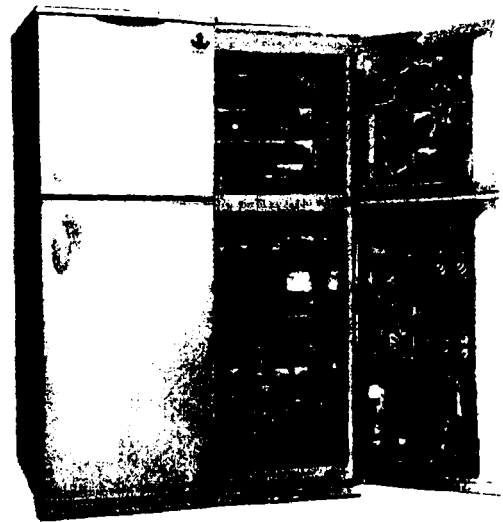
Từ những tủ lạnh đơn giản đầu tiên xuất hiện vào năm 1926 do hãng General Electric Cooperations Monitor Top của Mỹ sản xuất, đến nay tủ lạnh đã có những bước tiến nhảy vọt về độ tin cậy, tuổi thọ, sự tiện nghi và hình thức thẩm mỹ.

Hình 20.1 giới thiệu cấu tạo một tủ lạnh gia đình với các ngăn để bảo quản lạnh khác nhau.

20.1.1. Các đặc tính kỹ thuật của tủ lạnh

Các đặc tính cơ bản của tủ lạnh bao gồm:

- Dung tích hữu ích của tủ gồm dung tích buồng lạnh và dung tích ngăn đông. Dung tích hữu ích của tủ lạnh gia đình thường từ 40 đến 800 lít. Tủ một buồng có thể có dung tích đến 350l. Tủ hai và ba buồng có dung tích từ 100 đến 800 lít. Dung tích hữu ích chỉ chiếm khoảng 0,8 đến 0,93 dung tích thực tế của tủ. Ngăn kết đông thường chiếm từ 5 đến 25%. Dung tích hữu ích chiếm 0,3 đến 0,5 thể



Hình 20.1. Cấu tạo tủ lạnh gia đình

tích phủ bì của tủ nghĩa là phần vỏ cách nhiệt và đặt máy chiếm tới 0,5 đến 0,7 thể tích tủ. Khối lượng của tủ tính theo dung tích tủ khoảng 0,24 đến 0,5kg/lít.

- Kí hiệu sao (*) trên tủ đặc trưng cho nhiệt độ đạt được ở ngăn đông:

- một sao (*) tương ứng nhiệt độ ngăn đông -6°C

- hai sao (**) tương ứng nhiệt độ ngăn đông -12°C

- ba sao (***) tương ứng nhiệt độ ngăn đông -18°C

và đôi khi có cả bốn sao tương ứng với nhiệt độ ngăn đông -24°C . Tuy nhiên khi đó nhiệt độ buồng lạnh vẫn trên 0°C và nhiệt độ buồng bảo quản rau quả vẫn đạt $+7$ đến $+10^{\circ}\text{C}$ phù hợp với chức năng bảo quản của từng ngăn.

- Kiểu tủ: một, hai, ba hoặc nhiều buồng, loại kê trên sàn thường có lốc đặt dưới phía sau, loại gắn tường blocc đặt phía trên tủ. Có một số tủ đông có cửa phía trên khi đó có thể gọi là thùng lạnh.

- Loại tủ: ngày nay lưu hành trên thị trường chủ yếu có hai loại: tủ lạnh nén hơi và tủ lạnh hấp thụ. Tủ lạnh nén hơi có lốc kín trong đó bố trí máy nén và động cơ, môi chất là freôn R12. Tủ lạnh hấp thụ là tủ không có lốc, môi chất là amoniác/nước làm việc theo phương pháp hấp thụ khuếch tán, ngoài khả năng dùng điện để chạy máy còn có thể dùng đèn dầu hoả, đèn ga để chạy máy.

- Phương pháp xả đá: xả đá thủ công, xả đá bán tự động hoặc tự động dùng hơi nóng hoặc dây điện trở.

- Điện áp sử dụng 100, 110, 127, 200 hoặc 220V; 50 hoặc 60Hz. Thông thường Việt Nam tủ sử dụng điện áp 220V 50Hz nhưng một số tủ nhập từ Liên Xô cũ có loại 127V 50Hz, nhập từ Nhật 100V 60Hz đôi khi 200V 60Hz.

- Dòng điện định mức khi khởi động LRA (Locked Rotor Amperes) và dòng điện định mức khi chạy có tải FLA (Full Load Amperes).

- Ngoài các đặc tính cơ bản trên đôi khi khách hàng còn quan tâm đến các thông số khác của tủ như tủ có hoặc không có quạt dàn lạnh, cửa ngăn đông và đôi khi cả ngăn lạnh có được sưởi chống dính do băng giá hay không; nước sản xuất và nơi sản xuất; blocc nằm hay blocc đứng; kích thước phủ bì và khối lượng tủ.

20.1.2. Đặc trưng công suất động cơ và dung tích tủ

Blocc tủ lạnh gia đình dung tích đến 250 lít thường có động cơ từ 1/12 mã lực (HP) đến 1/6 mã lực. Bảng 20.1 giới thiệu đặc trưng công suất động cơ và

dung tích tủ theo hãng Danfoss (Đan Mạch). Dung tích tủ và công suất động cơ phụ thuộc vào nhiều yếu tố như dung tích ngăn đông, nhiệt độ bay hơi, nhiệt độ ngưng tụ, hiệu quả cách nhiệt vỏ tủ... Dung tích ngăn đông càng nhỏ, nhiệt độ bay hơi lớn, nhiệt độ ngưng nhỏ và hiệu quả cách nhiệt tốt thì yêu cầu công suất động cơ nhỏ.

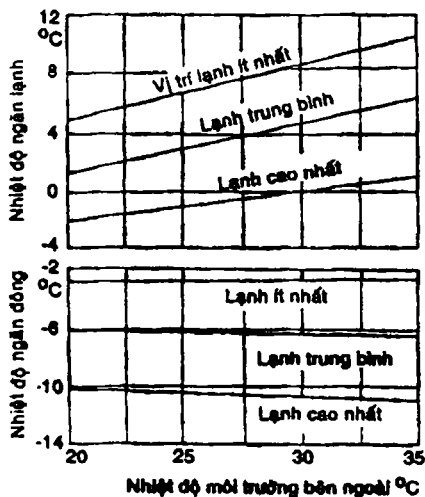
Bảng 20.1. Đặc trưng công suất động cơ và dung tích tủ

Công suất động cơ của bloc		Dung tích tủ lạnh, lít							
Mã lục	W	100	125	140	160	180	200	220	250
1/12	60	×	×	×	×				
1/10	75		×	×	×	×	×		
1/8	92				×	×	×	×	×
1/6	120					×	×	×	×

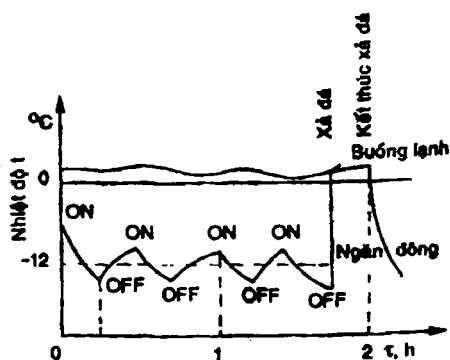
20.1.3. Đặc trưng nhiệt độ của tủ

Các tủ lạnh một buồng có phân bố nhiệt độ như sau: Ở ngăn đông nhiệt độ đạt -6 , -12 hoặc -18°C tùy theo số sao của tủ (*, ** hoặc ***). Ở buồng lạnh nhiệt độ từ 0 đến 5°C và ở ngăn đựng rau quả từ 7 đến 10°C . Tuy nhiên nhiệt độ này còn thay đổi theo vị trí nút thermostat cũng như theo nhiệt độ môi trường bên ngoài.

Hình 20.2 giới thiệu đặc trưng nhiệt độ của tủ lạnh ZIL KX 240 dung tích 240 lít phụ thuộc vào vị trí nút điều chỉnh thermostat và nhiệt độ môi trường bên ngoài.



Hình 20.2. Các đường đặc tính nhiệt độ tủ 240 lít phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường và vị trí nút điều chỉnh nhiệt độ



Hình 20.3. Biến thiên nhiệt độ buồng lạnh và ngăn đông khi tủ lạnh hoạt động bình thường với chu kỳ xả đá

Hình 20.3 giới thiệu sự biến thiên nhiệt độ trong buồng lạnh và ngăn đông của tủ lạnh ở một vị trí thermostat theo thời gian.

20.1.4. Hệ số thời gian làm việc

Tủ lạnh làm việc theo chu kỳ (hình 20 – 3) khi thiếu lạnh thermostat đóng mạch cho máy nén hoạt động còn khi đủ lạnh, thermostat ngắt mạch dừng máy nén. Hệ số thời gian làm việc là tỉ số thời gian làm việc trên thời gian của cả chu kỳ làm việc và nghỉ.

$$b = \frac{\tau_{lv}}{\tau_{ck}} = \frac{\tau_{lv}}{\tau_n + \tau_{lv}}$$

Ví dụ nếu tủ cứ làm việc 4,5 phút lại nghỉ 12 phút thì

$$b = \frac{4,5}{4,5 + 12} = 0,27$$

Hệ số b theo các nhà thiết kế thông thường ở vào khoảng 0,5 đến 0,6. Hệ số b phụ thuộc vào vị trí điều chỉnh núm thermostat và nhiệt độ môi trường bên ngoài. Núm điều chỉnh đến vị trí càng lạnh và nhiệt độ môi trường càng cao thì b càng lớn. Nếu nhiệt độ môi trường lớn hơn 32°C tủ có thể chạy liên tục. Nếu khi đó núm thermostat đang ở số lớn có thể điều chỉnh về số nhỏ hơn để tủ có thể được “nghỉ” chút ít.

20.1.5. Chỉ tiêu tiêu thụ điện

Điện năng tiêu thụ cho tủ lạnh phụ thuộc vào các yếu tố chính như sau:

- Nhiệt độ môi trường bên ngoài.
- Vị trí núm vặn thermostat.
- Công suất định mức của động cơ máy nén.
- Hệ số thời gian làm việc.
- Áp suất ngưng tụ và bay hơi.
- Số lần mở cửa và thời gian để cửa mở.
- Tổn hao qua biến thể và ổn áp nếu có.

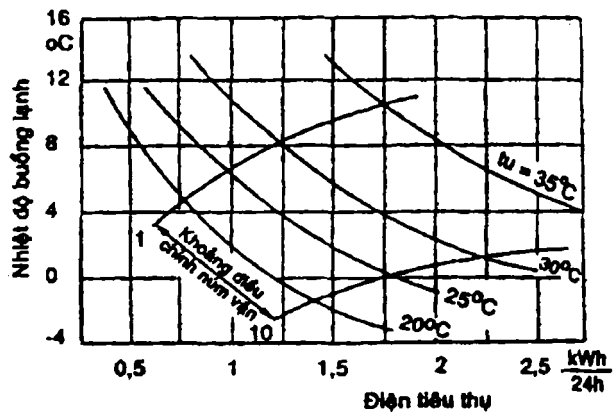
Nói chung tổn hao điện năng phụ thuộc vào tính năng kỹ thuật và đặc trưng vận hành của tủ. Tuy cùng tính năng kỹ thuật nhưng nếu vận hành sai, ví dụ dàn ngưng để gần bếp, không thoáng khí, có ánh nắng chiếu vào hoặc do dàn lạnh để thực phẩm quá chặt, băng tuyết đóng quá dày thì điện năng tiêu tốn cũng tăng lên đáng kể. Để giảm tổn hao qua biến thể và ổn áp cần bố trí thiết bị

ngắt để biến thể và ổn áp cùng ngắt khi tủ không làm việc.

Hình 20.4 giới thiệu điện năng tiêu tốn phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường và vị trí núm thermostat cũng như nhiệt độ trong buồng lạnh.

Với cùng một nhiệt độ buồng lạnh là 4°C nếu nhiệt độ bên ngoài là 20°C phải điều chỉnh núm vặn vào số 2, tiêu thụ điện năng khoảng $0,8\text{kWh}/24\text{h}$. Và nếu nhiệt độ bên ngoài tăng lên đến 30°C , phải điều chỉnh núm vặn đến số 6 và điện năng tiêu thụ lên đến $1,7\text{kWh}/24\text{h}$.

Theo các số liệu của Mỹ, các tủ lạnh từ 100 đến 250 lít tiêu tốn điện năng khoảng $0,4$ đến $1,0\text{kWh}/24\text{h}$ ở nhiệt độ môi trường 25°C các tủ lạnh lớn từ 200 đến 300l ở nhiệt độ môi trường 32°C tiêu tốn từ $1,0$ đến $2,0\text{kWh}/24\text{h}$.



Hình 20-4. Điện năng tiêu thụ phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường và vị trí núm thermostat, của tủ 3M/240

20.2. TỦ LẠNH NÉN HƠI

Tủ lạnh nén hơi là tủ lạnh có bloc gồm máy nén và động cơ điện được hàn kín trong vỏ thép hình trụ thẳng đứng, nằm ngang hoặc hình ô van..., môi chất là freon R12 đôi khi R22 hoặc R502 đối với tủ lạnh đông. Tủ lạnh nén hơi có những ưu điểm rõ ràng so với các tủ lạnh khác do đó được sử dụng rất rộng rãi và chiếm tuyệt đại đa số về số lượng trên thị trường.

- Hệ số lạnh lớn hơn nhiều so với tủ hấp thụ hoặc nhiệt điện.
- Công suất lạnh ổn định, ít phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường bên ngoài.
- Độ tin cậy và tuổi thọ cao, tiêu tốn điện năng thấp.
- Do tiếp thu được tiến bộ về khoa học và kỹ thuật, ngày nay tủ được tự động hoá hoàn toàn và hầu như không gây tiếng ồn, đáp ứng được các đòi hỏi về tiện nghi, hiện đại, hình thức và thẩm mỹ.

20.2.1. Nguyên lý làm việc hệ thống lạnh của tủ lạnh

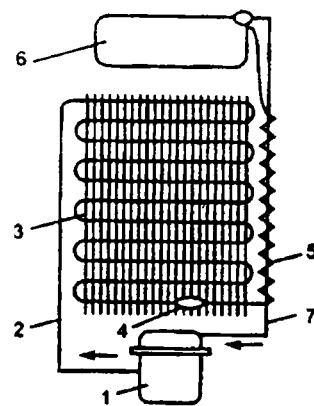
Hình 20.5 giới thiệu sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh của tủ lạnh một buồng. Hệ thống lạnh gồm bloc 1 (máy nén và động cơ), dàn ngưng tụ 3, phin

sấy lọc 4, ống mao 5, dàn bay hơi 6, các thiết bị được nối với nhau bằng ống đẩy 2 và ống hút 7. Môi chất lạnh là freôn R12.

Trong dàn bay hơi, môi chất lạnh sôi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp để thu nhiệt của môi trường cần làm lạnh. Hơi sinh ra ở dàn bay hơi được máy nén hút về, nén lên áp suất cao và đẩy vào dàn ngưng tụ. Ở dàn ngưng hơi nóng thải nhiệt cho môi trường và ngưng lại thành lỏng. Lỏng chảy qua ống mao để vào dàn bay hơi. Do tiết diện ống mao nhỏ nên gây ra hiệu ứng tiết lưu cho lỏng chảy qua. Lỏng biến đổi từ trạng thái có áp suất cao và nhiệt độ cao xuống trạng thái có áp suất thấp và nhiệt độ thấp.

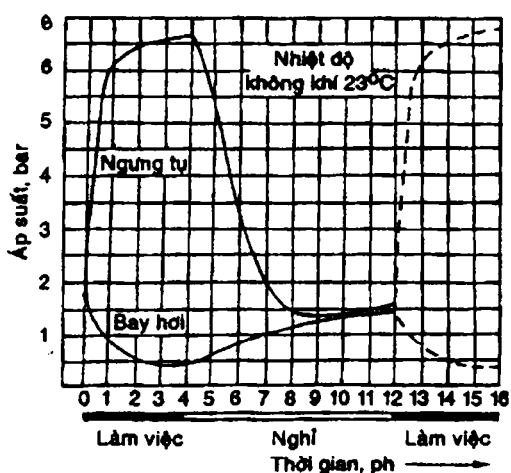
Hình 20.6 giới thiệu đặc tính áp suất dàn ngưng và dàn bay hơi của tủ lạnh trong một chu kỳ làm việc.

Tủ lạnh làm việc theo chu kỳ: làm việc – nghỉ. Khi máy nghỉ áp suất trong máy cân bằng vì ống mao làm nhiệm vụ thông áp giữa dàn ngưng tụ và dàn bay hơi. Áp suất cân bằng khoảng 1,7bar. Khi máy chạy, áp suất ngưng tụ tăng vọt, áp suất bay hơi giảm. Áp suất ngưng tụ tăng tương ứng với nhiệt độ ngưng tụ trong dàn. Do cơ chế toả nhiệt đối lưu tự nhiên giữa dàn lạnh và không khí, nhiệt độ ngưng tụ lớn hơn nhiệt độ môi trường từ 10 đến 15°C. Sau một thời gian hoạt động, khi đủ lạnh, thermostat ngắt mạch máy ngừng làm việc. Khoảng 4 đến 5 phút sau áp suất hai phía ngưng tụ và bay hơi lại cân bằng. Tủ lại dần dần nóng lên. Khi nhiệt độ trong tủ tăng quá nhiệt độ cho phép, thermostat nối mạch cho máy làm việc lại và hệ thống lạnh bắt đầu một chu kỳ làm việc mới. Do áp suất cân bằng nhỏ nên khi dừng lượng môi chất R12 trong hệ thống chỉ ở dạng hơi.



Hình 20.5. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống lạnh tủ lạnh một buồng

- 1 - Blocs; 2 - Ống đẩy;
- 3 - Dàn ngưng; 4 - Phin sấy lọc; 5 - Ống mao; 6 - Dàn bay hơi; 7 - Ống hút



Hình 20.6. Đặc tính áp suất ngưng tụ và bay hơi trong một chu kỳ làm việc của tủ lạnh R12

20.2.2. Sơ đồ hệ thống lạnh hai và nhiều buồng

Sơ với tủ một buồng, tủ hai và nhiều buồng có những ưu điểm sau:

- Quá trình lạnh đông thực phẩm bảo đảm nhanh chóng với chất lượng cao, bảo quản được lâu dài thực phẩm lạnh đông với chất lượng tốt và với số lượng bảo quản lớn hơn.
- Duy trì được độ ẩm cao trong phòng lạnh, giảm được đáng kể sự khô hao của sản phẩm bảo quản.
- Giảm tiêu tốn điện năng do đỡ mất lạnh vì mở từng ngăn riêng biệt.
- Nhiệt độ các buồng được khống chế chính xác hơn (khoảng -18°C ở buồng đông và từ 0 đến 5°C ở buồng lạnh).

Phân loại

Có thể phân loại theo bốn sơ đồ hệ thống lạnh chính sau:

Loại 1: Tủ có một bloc nhưng có hai dàn lạnh mắc nối tiếp. Đầu tiên môi chất lỏng vào dàn bay hơi buồng đông sau đó đến dàn bay hơi buồng lạnh. Loại này là hay gặp nhất.

Loại 2: Tủ lạnh, mỗi buồng có một hệ thống lạnh độc lập riêng rẽ.

Loại 3: Tủ có một bloc nhưng có quạt gió lạnh cưỡng bức, phân phối gió cho các buồng.

Loại 4: Tủ có một bloc, có hai dàn bay hơi nhưng bố trí thêm các thiết bị đặc biệt kèm theo (van điện từ) để cấp lỏng cho từng dàn và khống chế nhiệt độ của từng buồng.

Qua đánh giá về các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của bốn loại tủ trên như: Tiêu tốn điện năng, chất lượng quá trình lạnh đông, khối lượng tủ, sự làm việc của dàn bay hơi, độ ồn, khả năng điều chỉnh nhiệt độ độc lập và độ khô hao thực phẩm bảo quản, người ta thấy tủ lạnh loại 4 là tốt nhất sau đó đến loại 2, loại 1 và cuối cùng là loại 3. Loại 3 tuy vậy vẫn được sử dụng vì có ưu điểm vận hành là “No Frost” (không đóng băng). Ở đây chúng tôi giới thiệu sâu thêm về hai loại ba và bốn.

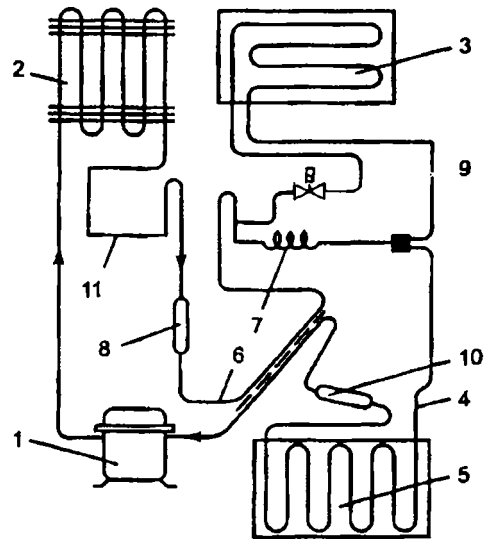
Tủ lạnh hai buồng có van điện từ

Các tủ lạnh có van điện từ được xếp vào loại bốn. Tủ lạnh loại bốn cũng có nhiều sơ đồ khác nhau. Hình 20.7 là sơ đồ của tủ Ariston (Ý). Trong sơ đồ bố trí van điện từ 9. Sau cửa thoát ống mao chính 6, đường ống chia làm hai ngả, một ngả nối vào dàn bay hơi buồng lạnh bằng ống dẫn có đường kính lớn 4mm lắp van điện từ 9, một ngả nối tắt vào giữa hai dàn bay hơi bằng một ống mao phụ 7 có đường kính trong không vượt quá 1,5mm. Do ống mao phụ trở lực lớn hơn nên khi

mở van điện từ, toàn bộ môi chất lỏng sẽ đi qua van điện từ vào dàn bay hơi buồng lạnh (nhiệt độ dương) sau đó mới đi vào dàn bay hơi của buồng đông. Khi buồng lạnh đủ lạnh, thermostat của buồng lạnh ngắt mạch, van điện từ đóng lại, môi chất lỏng sẽ đi qua ống mao phụ 7 để trực tiếp vào buồng đông 5.

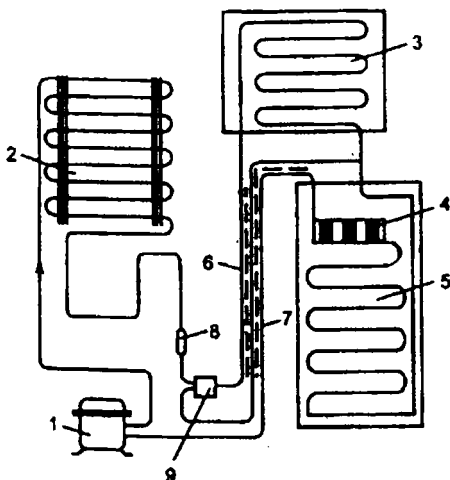
Nhược điểm cơ bản của sơ đồ này là van điện từ lắp trên đường ống có nhiệt độ bay hơi, nên nhiệt lượng thải ra từ cuộn dây điện từ sẽ bị đưa vào hệ thống lạnh, nghĩa là máy lạnh phải tốn thêm một năng suất lạnh nhất định để thải lượng nhiệt đó ra ngoài môi trường. Như vậy điện năng tiêu tốn sẽ lớn lên.

Sơ đồ hình 20.8 sử dụng một van điện từ ba ngã. Một ngã nối với ống mao chính vào dàn bay hơi buồng lạnh, một ngã nối với ống mao phụ vào dàn bay hơi buồng đông, ngã còn lại nối vào dàn ngưng sau phin sấy lọc. Khi buồng lạnh chưa đủ lạnh, van điện từ đóng ống mao phụ, môi chất lỏng từ dàn ngưng qua van điện từ vào ống mao chính đi vào dàn bay hơi buồng lạnh, qua dàn bay hơi buồng đông rồi trở về máy nén.

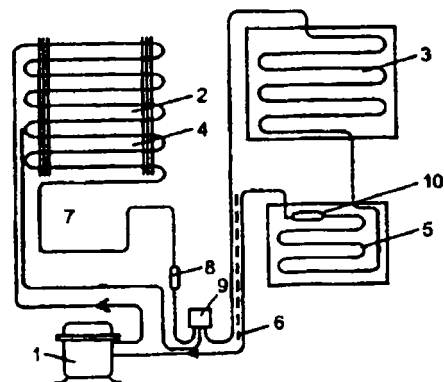


Hình 20.7. Tủ Ariston (Ý)

- 1 - Máy nén; 2 - Dàn ngưng; 3 - Dàn bay hơi buồng lạnh; 4 - Bẫy lỏng; 5 - Dàn bay hơi buồng đông; 6 - Ống mao chính; 7 - Ống mao phụ; 8 - Phin sấy lọc; 9 - Van điện từ; 10 - Bầu gom lỏng; 11 - Đoạn ống sưởi ấm cửa



Hình 20.8. Tủ Bosch (Đức)
(Chú thích xem hình 20.7)



Hình 20.9. Tủ Minsk 126
(Chú thích xem hình 20.7)

Khi buồng lạnh đã đủ lạnh, van điện từ đóng ống mao chính và mở ống mao phụ để lỏng qua ống mao phụ trực tiếp vào dàn bay hơi buồng đông. Sơ đồ này giải quyết được nhược điểm của sơ đồ trên là đưa van điện từ ra lắp trên đường ống có áp suất cao, nhiệt sinh ra ở cuộn dây được thải vào không khí. Bởi vậy sơ đồ này tiêu thụ ít điện năng hơn khi vận hành so với sơ đồ Ariston.

Sơ đồ tủ lạnh Minsk – 126 (hình 20.9) có hai dàn bay hơi mắc nối tiếp nhau nhưng dàn bay hơi buồng đông trước và buồng lạnh sau. Van điện từ ba ngã cũng được lắp bên phía áp suất cao, nhưng cách bố trí ống mao phụ 7 khá đặc biệt. Dàn ngưng được chia làm hai phần: phần ngưng tụ 2 và bẫy lỏng 4. Ống mao phụ nối từ cuối phần ngưng tụ đến một ngã của van điện từ. Người ta bố trí van điện từ sao cho khi cả hai buồng đều hoạt động thì ống mao phụ bị đóng, môi chất lỏng đi qua dàn ngưng, qua bẫy lỏng, phin sấy lọc van điện từ để vào ống mao chính 6 đến dàn bay hơi 5. Khi buồng lạnh đủ lạnh, van điện từ đóng đường nối với phin sấy lọc 8. Một phần môi chất lỏng bị bẫy lại đoạn ống 4 đến sát van điện từ, chỉ còn một phần lỏng từ dàn ngưng 2 đi qua ống mao phụ 7, van điện từ 9 và ống mao chính 6 vào dàn bay hơi buồng đông 5. Lỏng sôi và thu nhiệt của buồng đông, khi vào đến dàn 3, môi chất ở dạng hơi, không làm ảnh hưởng đến nhiệt độ buồng lạnh.

Ưu điểm rõ ràng của tủ Minsk – 126 là rất đơn giản. Khi so sánh các chỉ tiêu kỹ thuật của nó với các sơ đồ khác, người ta khẳng định được tính ưu việt của sơ đồ này, đặc biệt khi so sánh với sơ đồ loại một chẳng hạn. Với cùng dung tích, tiêu tốn điện năng của “Minsk – 126” giảm khoảng 15% so với hai loại kia (1,4 so với 1,73kWh/24h), năng suất kết đông thực phẩm cao hơn trên hai lần (5,5 so với 2,5kg/24h).

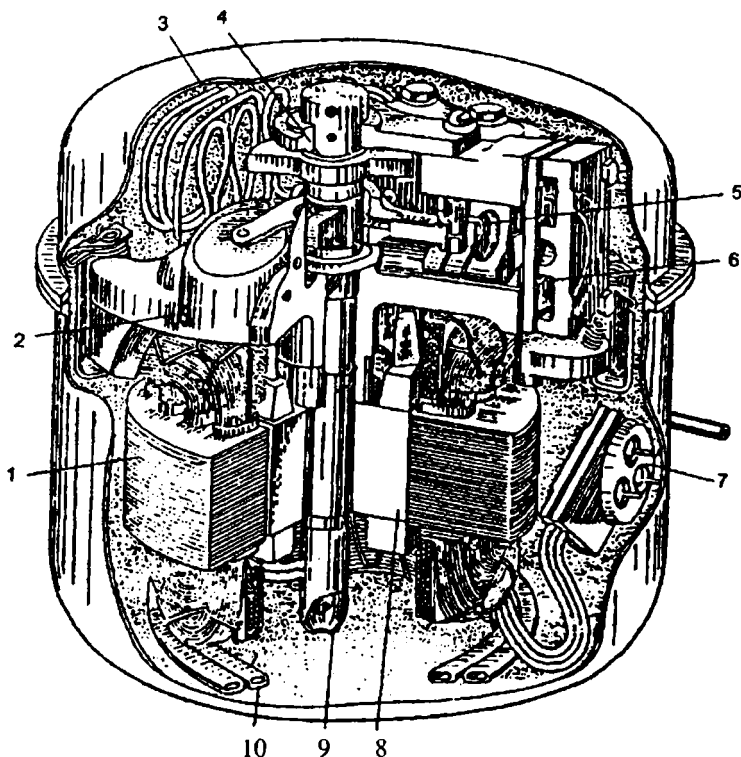
Tủ lạnh hai, ba buồng có quạt gió lạnh

Đây là loại tủ thuộc loại 3. Tuy loại sơ đồ này không được đánh giá cao nhưng nó lại có ưu điểm là không đóng băng vào thực phẩm và vào các giá đỡ thực phẩm, nên tủ có tên gọi là “No Frost”. Hệ thống lạnh của tủ rất đơn giản gồm một bloc, một dàn ngưng và một dàn bay hơi. Khác biệt cơ bản với tủ khác là dàn bay hơi là loại ống cánh đặt sát phía sau tủ và có quạt gió với các kênh phân phối gió lạnh cho các phòng. Công suất quạt gió thường là 18W, công suất trên trục 2,3W. Do đặc điểm cấu tạo tủ đảm bảo được độ ẩm cao ở các buồng bảo quản, giảm sự khô hao sản phẩm bảo quản.

20.2.3. Các chi tiết của máy lạnh nén hơi

Các chi tiết chủ yếu của máy lạnh nén hơi của tủ lạnh gia đình là máy nén, dàn ngưng, dàn bay hơi và ống mao.

1. Máy nén. Máy nén có nhiệm vụ hút hơi môi chất sinh ra ở dàn bay hơi để nén lên áp suất cao và đẩy vào dàn ngưng tụ. Máy nén do đó phải có năng suất hút phù hợp với tải nhiệt của dàn bay hơi và ngưng tụ. Do yêu cầu tiện nghi máy nén phải có tuổi thọ và độ tin cậy cao, không rung, không ồn.



Hình 20.10. Bloc kiểu AE của hãng Techcumseh (Mỹ)

1. Stato; 2. Hộp tiêu âm; 3. Ống đẩy; 4. Trục khuỷu; 5. Xilanh và 2 pittông; 6. Khoang dầu;
7. Cọc tiếp điện; 8. Rôto; 9. Ống hút dầu bôi trơn theo dọc trục lên bôi trơn cho các ổ đỡ, tay biên, ác pittông và bề mặt ma sát pittông với xilanh; 10. Ống làm mát dầu. Ga lạnh sau khi đi qua vài vòng trong dàn ngưng sẽ quay trở lại đi qua các ống này để làm mát dầu

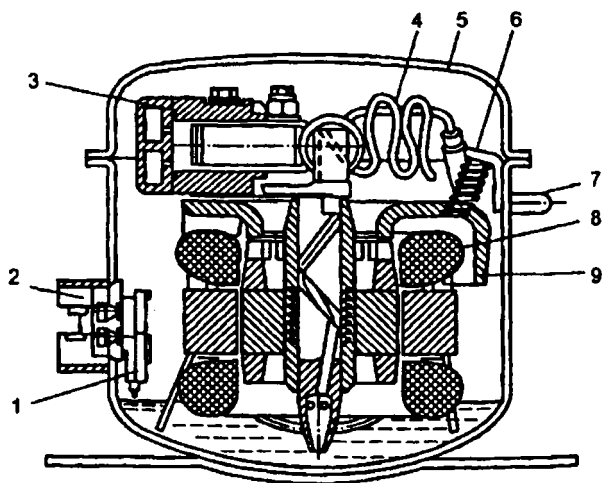
Hình 20.10 giới thiệu bloc kí hiệu AE của hãng TECUMSEH (Mỹ). Máy nén được bố trí phía trên, động cơ phía dưới. Cơ cấu truyền động là trục khuỷu, tay biên. Máy nén có một xilanh từ 20,8 đến 25,4mm, hành trình pittông từ 9,2 đến 14,9mm, vòng quay đạt 2950v/ph đối với điện 50Hz. Công suất động cơ định mức từ 1/20 đến 1/5 HP, khối lượng từ 7,3 đến 8,9kg. Môi chất lạnh là R12, năng suất lạnh từ 120 đến 250W cho chế độ nhiệt độ sôi thấp và từ 450 đến 900W cho nhiệt độ sôi cao.

Toàn bộ máy nén và động cơ được bố trí treo trên 4 lò xo chống rung để khi khởi động và dừng rung động không truyền ra ngoài vỏ tủ. Hơi hút về từ

dàn bay hơi đi vào vỏ làm mát động cơ sau đó được hút vào xi lanh, nén lên áp suất cao, đẩy vào ống đẩy 3 để đi ra khỏi vỏ máy.

Do máy nén làm việc theo dạng xung động, để giảm tiếng ồn, trên đường hút và đường đẩy có bố trí hộp tiêu âm. Khi làm việc máy nén cần được bôi trơn bằng dầu nhớt có độ nhớt thích hợp. Trên bề mặt trục khuỷu có bố trí rãnh xoắn và miệng hút dầu 9. Khi trục quay, do lực li tâm dầu được hút lên, đi theo rãnh xoắn vào các ổ đỡ, vào bạc tay biên, chốt pittông rồi chảy tràn ra ngoài vào bề mặt xi lanh, bôi trơn tất cả các bề mặt ma sát. Hình 20.11 giới thiệu cấu tạo của bloc kí hiệu PW của hãng Danfoss (Đan Mạch). Máy nén có một xi lanh. Xi lanh 3 và rôto 8 được lắp lên thân máy nén 9 bằng bulông. Ống nối 4 từ buồng tiêu âm ra đầu đẩy 7 có nhiều vòng xoắn để chống rung.

Máy nén không sử dụng trục khuỷu mà là kiểu trục lệch tâm tay quay thanh truyền. Trên đầu tay quay có bố trí con trượt để đảm bảo cho pittông chỉ chuyển động tịnh tiến ra vào. Các loại bloc kí hiệu FR của Danfoss có thể tích xilanh 7,5; 8,5 và 10cm³. Loại bloc kí hiệu R có thể tích xilanh 10; 20 và 15cm³. Loại này có một số thay đổi về kết cấu máy nén và động cơ, ví dụ có ống xoắn làm mát dầu và cải tiến về tuần hoàn dầu



Hình 20.11. Bloc kiểu PW của hãng Danfoss (Đan Mạch)

1 - Kẹp nối điện; 2 - Cọc tiếp điện; 3 - Xi lanh; 4 - Ống nối đường đẩy; 5 - Vỏ máy; 6 - Lò xo treo chống rung;

7 - Ống đẩy; 8 - Stato; 9 - Thân máy nén

làm cho quá trình thải nhiệt ra vỏ tốt hơn. Một số loại có bố trí role bảo vệ ngay trên cuộn dây động cơ. Môi chất R12, nhiệt độ sôi -5 đến -25°C , nhiệt độ ngưng tụ 55°C . Bảng 20.2 giới thiệu đặc tính kỹ thuật của bloc Danfoss.

Chế độ làm việc của bloc Danfoss như sau:

Nhiệt độ bay hơi từ -5°C đến -35°C (một số loại từ -5°C đến -25°C và từ $+5$ đến -15°C). Nhiệt độ không khí môi trường từ 10 đến 35°C . Nếu là dàn ngưng quạt, nhiệt độ không khí cho phép lên đến 45°C .

Bảng 20.2. Đặc tính kỹ thuật của lốc Danfoss

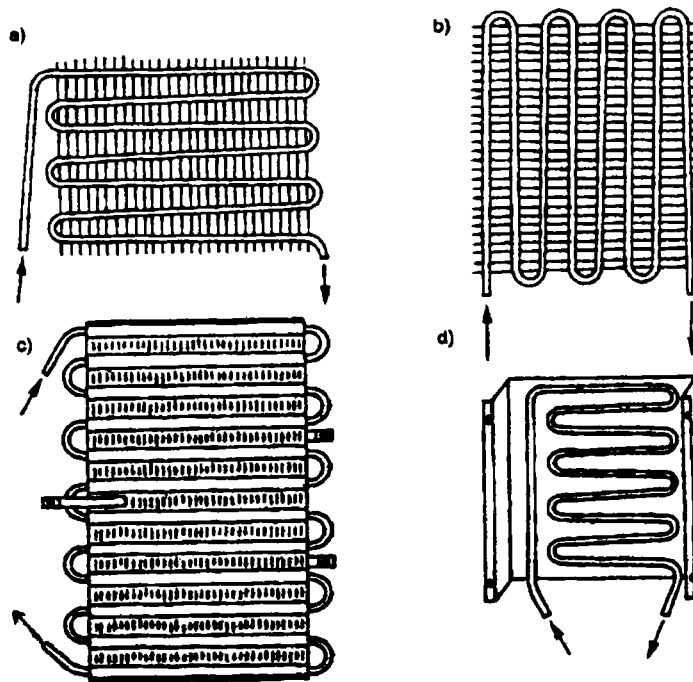
Đặc tính kỹ thuật	Thể tích xilanh, cm ³						
	3	3,5	4,5	5,5	7,5	9	11
Đường kính xilanh, mm	21	21	21	21	30	30	30
Hành trình pittông, mm	8,5	10	12,5	16	10	12,5	16
Công suất động cơ, mã lực	1/12	1/10	1/8	1/6	1/5	1/4	1/3
Năng suất lạnh, W	115	140	180	230	290	360	440

2. Dàn ngưng. Dàn ngưng của tủ lạnh gia đình hầu hết là loại dàn tĩnh (không khí đối lưu tự nhiên). Tuy nhiên ở những tủ lạnh lớn cũng có loại dàn quạt (không khí đối lưu cưỡng bức). Một số loại dàn ngưng tĩnh được biểu diễn trên hình 20.12. Phần lớn các tủ lạnh gia đình có dàn theo kiểu ống xoắn nằm ngang (hình 20.12a) hoặc ống xoắn thẳng đứng (h.20.12.b). Hai loại này thường được chế tạo bằng ống thép $\phi 5$ với cánh tản nhiệt bằng dây thép $\phi 1,2$ đến $\phi 2$ hàn dính lên ống thép. Không khí đối lưu tự nhiên đi từ dưới lên còn môi chất đi từ trên xuống (a) hoặc từ trái sang phải (b). Các loại tủ Xaratorp đời mới thường sử dụng loại dàn ống xoắn thẳng đứng. So với dàn ống xoắn nằm ngang, dàn ống xoắn thẳng đứng có ưu điểm là đầu ra của môi chất lỏng ở xa đầu block nên không bị nhiệt thải ở đầu block làm cho nóng lên.

Ngày nay, các dàn ngưng của các tủ lạnh hiện đại không còn đặt riêng ở phía sau tủ nữa mà bố trí giấu vào cả 3 mặt tủ (mặt sau và 2 mặt bên). Khi tủ hoạt động ta sẽ thấy toàn bộ vỏ ngoài, nơi có bố trí dàn ngưng nóng lên. Nhiệt được thải trực tiếp vào không khí. Dàn ngưng bố trí kiểu này được bảo vệ tốt hơn, không bị hư hỏng do vận chuyển. Tuy nhiên, cần phải bảo quản dàn thật tốt vì nếu hỏng hóc, rò rỉ thì rất khó sửa chữa.

Các loại dàn ngưng dạng cánh liền có đập khe gió (c) và không đập khe gió (d) ít thông dụng hơn. Các ống xoắn có thể bằng thép hoặc bằng đồng. Các tấm liền làm cánh có thể bằng tôn hoặc bằng nhôm. Kết cấu kiểu này yêu cầu có sự tiếp xúc tốt giữa ống và tấm. Tủ Zil còn sử dụng loại dàn ngưng tấm nhôm. Chúng được gia công từ 2 tấm nhôm cán dính vào nhau có bố trí rãnh cho môi chất ngưng tụ và khe gió để đối lưu không khí tốt hơn.

Dàn ngưng không khí cưỡng bức ít được sử dụng trong tủ lạnh gia đình mà phần nhiều được sử dụng trong các tủ lạnh, quấy lạnh thương nghiệp, máy điều hoà không khí... Dàn ngưng không khí cưỡng bức giới thiệu trong [2] và trong phần máy lạnh thương nghiệp và máy điều hoà không khí.



Hình 20.12. Cấu tạo một số loại dàn ngưng tủ lạnh

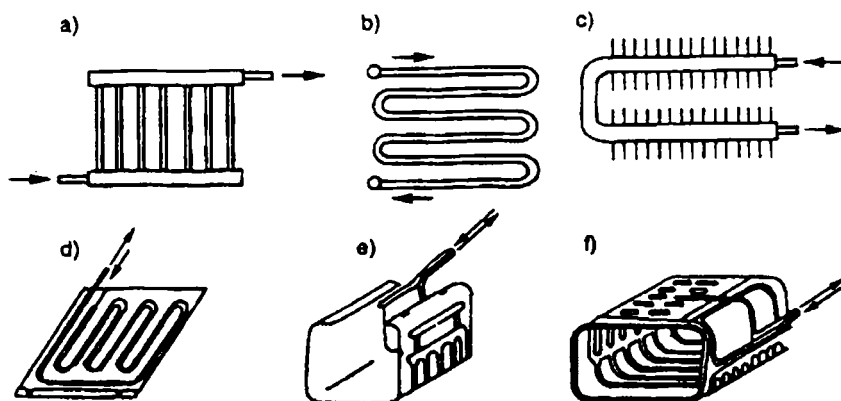
a) Dàn ngưng ống xoắn nằm ngang; b) Dàn ngưng ống xoắn thẳng đứng; c) Dàn ngưng ống thép nằm ngang cánh bằng tấm liên dập khe gió; d) Dàn ngưng ống xoắn nằm ngang cố định lên tấm liên

3. Dàn bay hơi. Dàn bay hơi của tủ lạnh gia đình chia ra 2 loại chính: Dàn bay hơi đối lưu không khí tự nhiên (dàn tĩnh) và dàn bay hơi đối lưu không khí cưỡng bức (dàn quạt). Hình 20.13 giới thiệu một số dạng dàn bay hơi.

Dàn tĩnh đại bộ phận là dàn nhôm kiểu có kênh (rãnh) cho môi chất lỏng sôi bên trong (hình 20.13f). Dàn tấm nhôm gồm hai tấm được chế tạo như sau: Nhôm tấm được làm sạch bề mặt một cách hết sức cẩn thận và trên một tấm người ta dùng thuốc màu vẽ hình các rãnh môi chất theo yêu cầu. Màu vẽ chống được sự khuyếch tán vào nhau của nhôm khi cán. Sau khi hoàn thành, hai tấm nhôm được chồng lên nhau và cho vào máy cán. Do áp suất cán rất lớn, hai tấm nhôm dính liền lại trừ các rãnh đã vẽ bằng thuốc màu. Người ta đặt các tấm nhôm đã cán vào khuôn đã bơm vào rãnh chất lỏng có áp suất lớn (từ 80 đến 100 bar), rãnh sẽ nở ra, có hình dáng và chiều cao như yêu cầu. Sau đó dàn được làm sạch, uốn thành hộp phù hợp với ngăn đông, nối các đầu nối và phủ bề mặt để bảo vệ.

Dàn nhôm kiểu tấm có ưu điểm rất lớn là rẻ tiền, tốn ít vật liệu, các rãnh

môi chất có thể thiết kế toả nhánh lớn dẫn theo thể tích khí sinh ra từ đầu dàn đến cuối dàn bay hơi. Công nghệ sản xuất phù hợp với việc chế tạo hàng loạt, dễ dàng tự động hoá dây chuyền sản xuất.



Hình 20.13. Một số dạng dàn bay hơi

- a) Ống đứng; b) Ống xoắn; c) Ống xoắn có cánh tản nhiệt; d) Ống tấm;
e) Kiểu tấm (thép không gỉ); f, kiểu tấm (nhôm)

Dàn bay hơi tấm nhôm có hệ số truyền nhiệt lớn nên gọn nhẹ, bố trí vào tủ dễ dàng. Tuy nhiên dàn nhôm cũng có nhược điểm là dễ han gỉ, dễ bị ăn mòn điện hoá đặc biệt đối với mối hàn đồng nhôm giữa dàn bay hơi với ống mao cũng như với ống hút máy nén, do đó cần phải có biện pháp chống han gỉ không để hoá chất hoặc thực phẩm mặn trên dàn. Cần bảo vệ mối hàn đồng nhôm khô ráo để tránh ăn mòn điện phân, phá huỷ phần nhôm của mối hàn. Để bảo vệ và chống ẩm cho đầu nối cần phải bọc nhiều lớp nilông mỏng hoặc tấm nhựa quanh đầu nối. Nhôm bị cồn rượu ăn mòn nên nhất thiết không được tiêm cồn methanol vào hệ thống để chống ẩm.

Ngoài dàn bay hơi tấm nhôm người ta còn sử dụng dàn bay hơi tấm thép không gỉ (hình 20.13e). Công nghệ chế tạo khác hẳn. Hai tấm thép không gỉ được dập rãnh phù hợp sau đó đặt lên nhau và hàn viền bốn mép chung quanh chỉ chừa hai đầu nối cho ống mao và ống hút. Giữa các rãnh có thể hàn dính 2 tấm với nhau, sau đó có thể uốn thành hình hộp theo yêu cầu cụ thể của ngăn tủ.

Ở các loại tủ hiện đại, các dàn lạnh đều được bọc một lớp phủ bảo vệ bên ngoài mà ta không thể nhìn thấy được các rãnh đi của môi chất.

Các tủ lạnh dùng quạt gió lạnh thì dàn bay hơi là loại ống xoắn có cánh. Ống xoắn có thể bằng đồng hoặc bằng nhôm, cánh bằng nhôm, bố trí sát vách cánh nhiệt phía sau, ngay dưới quạt dàn lạnh. Ngăn đông khi đó chỉ là một giá hoặc hộp kết cấu bằng nhựa, đựng thực phẩm, có bố trí các kênh gió lạnh để quạt thổi gió lạnh vào.

4. Ống mao. Ống mao còn gọi là ống mao dẫn hay ống kapile làm nhiệm vụ tiết lưu. Ống mao đơn giản là một đoạn ống có đường kính rất nhỏ từ 0,6 đến 2mm và chiều dài lớn từ 0,5 đến 5m nối giữa dàn ngưng tụ và dàn bay hơi.

Ống mao có ưu điểm là không có chi tiết chuyển động nên làm việc phải đảm bảo với độ tin cậy cao, không cần bình chứa. Sau khi máy nén ngừng làm việc 3 đến 5 phút, áp suất sẽ cân bằng giữa hai bên hút và nén nên khởi động máy dễ dàng.

Nhược điểm của ống mao là dễ tắc bẩn, tắc ẩm, khó xác định độ dài ống phù hợp cho hệ thống, không thay đổi được chế độ làm việc phù hợp với máy nén, dễ bị bẹp, gãy, xì khi vận chuyển vì ống có đường kính quá nhỏ.

Khi lắp đặt trong hệ thống lạnh, ống mao thường được quấn chung quanh hoặc bố trí dọc theo ống hút để trao đổi nhiệt với hơi lạnh hút về máy nén làm nhiệm vụ của thiết bị hồi nhiệt trong hệ thống freôn.

Khi sửa lại hệ thống lạnh hoặc thay ống mao thường phải tính toán xác định lại chiều dài. Đây là công việc khó khăn và phức tạp phần nhiều phải dựa vào kinh nghiệm.

5. Phin sấy, phin lọc. Phin sấy là một ống hình trụ vỏ bằng đồng tóp 2 đầu trong chứa các chất hút ẩm như silicagel hoặc zeolit để hút hết hơi ẩm (hơi nước) còn sót lại trong vòng tuần hoàn môi chất lạnh.

Do freôn R12 hoàn toàn không hoà tan nước, nên chỉ 15mg hơi nước còn sót lại trong hệ thống lạnh cũng đủ gây tắc ẩm cho tủ lạnh. Lượng nước nhỏ bé đó đi theo môi chất đến cửa thoát của ống mao vào dàn bay hơi, bị giảm nhiệt độ đột ngột, đóng băng lại dần và bịt kín cửa thoát của ống mao, không cho môi chất vào dàn bay hơi. Dàn bay hơi mất lạnh.

Phin lọc dùng để lọc cặn bẩn cơ học ra khỏi vòng tuần hoàn môi chất lạnh như cát, bụi, bùn, xỉ, vẩy hàn, mạt sắt, gỉ kim loại tránh cho ống mao khỏi bị tắc

bắn và máy nén khởi bị kẹt bắn lọt vào các chi tiết chuyển động và bề mặt ma sát gây hỏng hóc và trục trặc.

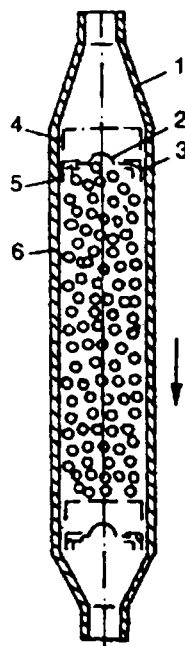
Trong tủ lạnh gia đình phin sấy và phin lọc được kết hợp làm một và được gọi là phin sấy lọc. Phin sấy lọc được mô tả trên hình 20.14.

Đầu phía trên của phin nối thông với dàn ngưng tụ và phía dưới nối với ống mao. Phía dưới lớp hạt hút ẩm là lưới đồng với một lớp nilon hoặc dạ để ngăn các cặn bẩn tinh, ngoài ra còn để để phòng các hạt hút ẩm rơi vào làm tắc ống mao.

6. Động cơ điện. Động cơ điện có ưu điểm là rất gọn nhẹ, đơn giản, tuổi thọ cao, có thể vận hành liên tục nên lốc máy nén tủ lạnh rất gọn nhẹ, đơn giản. Tuy nhiên trong điều kiện Việt Nam, điện áp kém ổn định thì chính động cơ điện trong block lại là bộ phận dễ bị hỏng hóc nhất.

Động cơ điện dùng lắp đặt trong block tủ lạnh là loại dị bộ lồng sóc một pha có thêm cuộn khởi động tốc độ 1450 vòng/phút hoặc 2950 vòng/phút điện 50Hz, công suất định mức 1/12, 1/10, 1/8, 1/6, 1/5 mã lực, tương ứng khoảng 60, 75, 92, 120, 147W. Hai cuộn dây làm việc và khởi động có một đầu chung kí hiệu là C (Common), đầu của cuộn dây làm việc là R (Run) và đầu của cuộn khởi động là S (Start). Cuộn khởi động được đặt trong một số rãnh stato sao cho nó có thể sinh ra một từ thông lệch với từ thông chính một góc 90° và dòng điện trong cuộn khởi động lệch với dòng điện trong cuộn dây làm việc một góc 90° , tạo lệch pha khởi động máy nén. Đặc điểm của động cơ là mômen khởi động nhỏ. Hình 20.15 biểu diễn sơ đồ nguyên tắc động cơ và các đầu dây cũng như cách đấu vào nguồn điện.

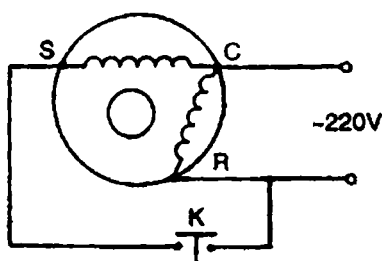
Nguồn điện được đấu vào đầu C và đầu R của cuộn làm việc. Đầu S nối vào đầu R qua một tiếp điểm K. Tiếp điểm K của động cơ tủ lạnh gia đình thường là loại role khởi động kiểu dòng điện, cá biệt có một số tủ lạnh sử dụng gia đình thường là loại role khởi động kiểu dòng điện, cá biệt có một số tủ lạnh



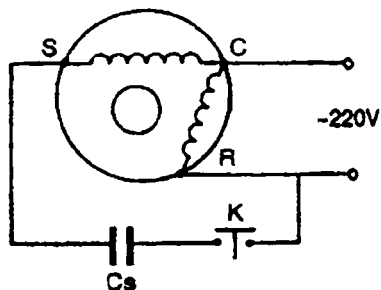
Hình 20.14. Phin sấy lọc của tủ lạnh

- 1 - Vỏ; 2 - Lưới lọc;
- 3 và 5 - Khung đỡ lưới;
- 4 - Lưới chặn;
- 6 - Hạt hút ẩm

sử dụng loại role khởi động kiểu điện áp. Đặc tính của tiếp điểm K là đóng mạch khi lốc khởi động và khi tốc độ rôto đạt 75% tốc độ định mức thì ngắt mạch cho cuộn khởi động, và giữ trạng thái ngắt mạch suốt trong thời gian động cơ hoạt động.



Hình 20.15. Động cơ một pha có cuộn khởi động



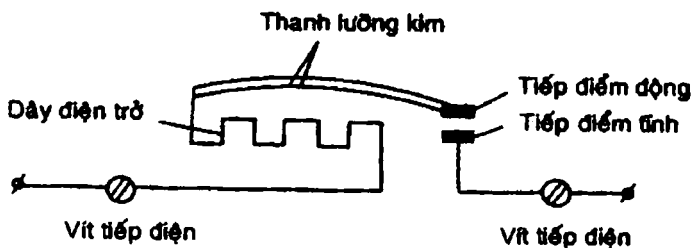
Hình 20.16. Động cơ một pha có cuộn khởi động và tụ kích C_s

Để tăng mômen khởi động của động cơ có thể bố trí thêm một tụ kích vào cuộn dây khởi động. Tụ kích (còn gọi là tụ khởi động) C_s thường là tụ hoá, vỏ nhôm tròn hoặc vỏ bakelit tròn, kích thước nhỏ nhưng có điện dung lớn. Tụ kích chỉ làm việc trong thời gian lốc khởi động nghĩa là trong khoảng vài phần mười giây. Động cơ một pha có tụ kích biểu diễn trên hình 20.16.

7. Role bảo vệ. Role bảo vệ làm nhiệm vụ bảo vệ động cơ khi cuộn dây bị đốt nóng quá mức. Cuộn dây bị nung nóng có thể do lốc bị quá tải, động cơ không khởi động được, điện áp quá cao và cả khi lốc được làm mát không tốt. Role bảo vệ còn được gọi là role nhiệt.

Phương pháp bảo vệ là ngắt dòng điện cho động cơ một cách kịp thời, sau khoảng một phút lại nối lại mạch cho động cơ.

Cấu tạo của role rất đơn giản. Nó là cơ cấu đóng ngắt mạch điện nhờ tác dụng nhiệt của chính dòng điện đó. Hình 20.17 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của role bảo vệ.



Hình 20.17. Nguyên tắc cấu tạo role bảo vệ

Role bảo vệ gồm một dây điện trở, một thanh lưỡng kim và tiếp điểm điện mắc nối tiếp vào mạch cần

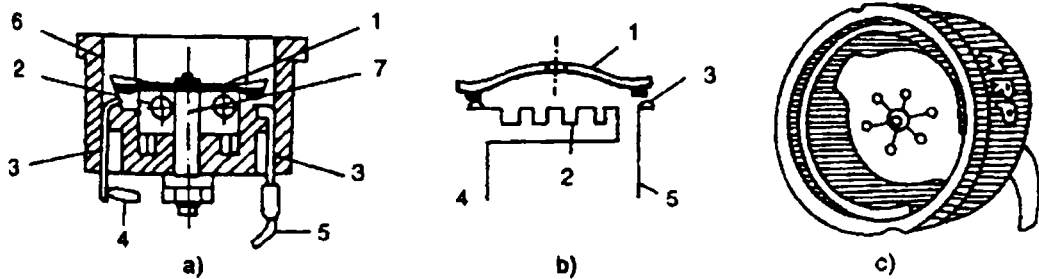
bảo vệ của động cơ.

Ở điều kiện làm việc bình thường, nhiệt sinh ra ở dây điện trở không đủ lớn để uốn cong thanh lưỡng kim, ngắt tiếp điểm. Khi bị quá tải, dòng điện đi qua lớn hơn bình thường, nhiệt sinh ra đủ lớn để uốn cong thanh lưỡng kim lên, tiếp điểm bị ngắt ra.

Thời điểm ngắt tiếp điểm phải kịp thời để động cơ không bị hỏng và thời gian giữ tiếp điểm ngắt đủ lâu để động cơ nguội đi và sẵn sàng làm việc bình thường khi tiếp điểm đóng lại.

Bảo vệ động cơ thực chất là bảo vệ cuộn dây khỏi bị cháy giữ nhiệt độ cuộn dây dưới mức cho phép, không làm cháy lớp sơn cách điện.

Mỗi loại động cơ phải có một role bảo vệ có đặc tính dòng phù hợp. Role bảo vệ có thanh lưỡng kim kiểu dài thường được lắp chung với role khởi động kiểu dòng điện và được gọi là role khởi động, bảo vệ. Role bảo vệ lắp trực tiếp lên vỏ lốc thường là loại hình tròn (hình 20.18).



Hình 20.18. Role bảo vệ kiểu tròn, lắp trực tiếp lên vỏ lốc

1 - Tấm lưỡng kim hình tròn; 2 - Dây điện trở; 3 - Tiếp điểm; 4, 5 - Giác cắm dây;
6 - Vỏ bakelít màu đen; 7 - Vít chỉnh

Trong vỏ nhựa 6 bố trí hai dây nối 3 và dây điện trở. Phía trên là tấm lưỡng kim hình tròn 1, phía dưới là hai cọc tiếp điện 4 và 5 từ dây nối 3 dùng để đấu nối tiếp vào mạch chính của động cơ máy nén. Khi quá tải, tấm lưỡng kim bị đốt nóng, sẽ uốn lên phía trên ngắt tiếp điểm, ngắt dòng cung cấp cho động cơ. Vít điều chỉnh 7 để điều chỉnh dòng ngắt mạch.

8. Role khởi động

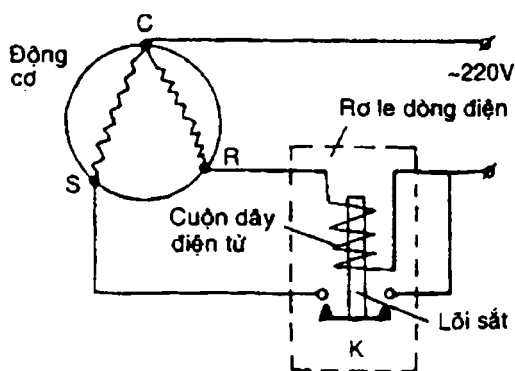
Role khởi động dùng để đóng mạch cuộn khởi động khi khởi động động cơ và ngắt mạch khi tốc độ rôto đạt 75% tốc độ định mức sau đó giữ ở trạng thái ngắt mạch cuộn khởi động suốt thời gian động cơ làm việc.

Có ba loại role khởi động là: role kiểu dòng điện, role kiểu điện áp và

role dây nóng. Trong hầu hết tủ lạnh gia đình hiện nay người ta sử dụng role kiểu dòng điện.

Role dòng điện lấy đặc tính dòng khi khởi động động cơ (hình 20.19) làm tín hiệu để đóng ngắt tiếp điểm.

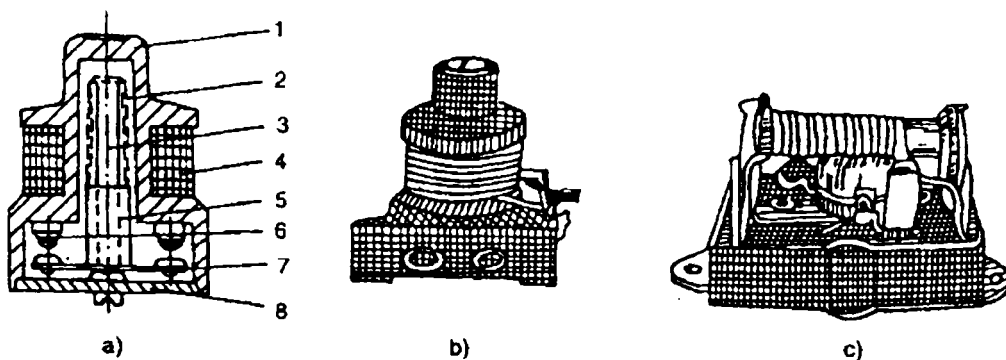
Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động của role dòng điện được mô tả trên hình 20.19. Trên mạch điện của cuộn làm việc người ta mắc nối tiếp vào một cuộn dây điện từ có đường kính dây đúng bằng đường kính dây cuộn làm việc. Tiếp điểm K đóng ngắt cuộn khởi động gắn với lõi sắt của cuộn dây điện từ.



Hình 20.19. Nguyên tắc hoạt động của role dòng điện

Khi đóng mạch cho động cơ, rôto còn đứng im nên dòng qua cuộn làm việc là dòng ngắn mạch có trị số rất lớn. Cuộn dây điện từ sinh ra một từ trường mạnh hút lõi sắt lên, đóng tiếp điểm K, nối mạch cho cuộn khởi động. Do có dòng lệch pha, rôto quay, cường độ dòng điện giảm dần và khi tốc độ rôto đạt đến 75% tốc độ định mức, cường độ dòng điện giảm xuống đến mức lực điện từ trong cuộn dây không đủ giữ lõi sắt. Lõi sắt rơi xuống, ngắt tiếp điểm K, ngắt mạch cuộn khởi động. Tiếp điểm K ở trạng thái ngắt mạch suốt thời gian động cơ hoạt động và cả sau khi động cơ dừng. Như vậy tiếp điểm chỉ đóng mạch vài phần mười giây khi động cơ khởi động.

Hình 20.20 giới thiệu hình dáng và cấu tạo của một role dòng điện.



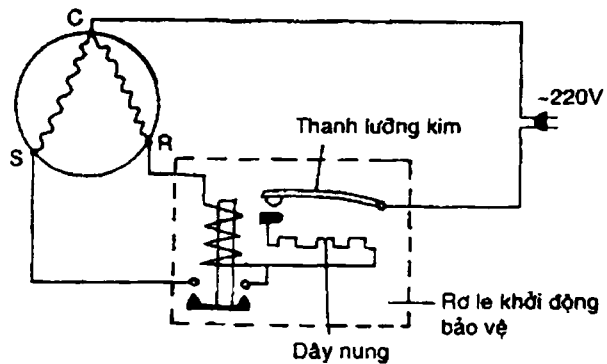
Hình 20.20. Một loại role khởi động kiểu dòng điện

- a) Cấu tạo; b) Hình dáng bên ngoài; c) Một loại có cuộn dây nằm ngang; 1 - Vỏ nhựa; 2 - Lò xo nén; 3 - Chốt dẫn hướng; 4 - Cuộn dây điện từ; 5 - Lõi sắt; 6 - Tiếp điểm tĩnh; 7 - Tiếp điểm động; 8 - Tấm nắp

Rất nhiều tủ lạnh sử dụng role khởi động bảo vệ. Role khởi động bảo vệ thực hiện đồng thời hai chức năng khởi động bảo vệ, thực chất là hai role riêng biệt khởi động và bảo vệ được lắp chung vào một vỏ hộp. Nguyên tắc cấu tạo và hoạt động giới thiệu trên hình 20.21.

Khi khởi động cả hai tiếp điểm đều đóng.

Khi làm việc bình thường tiếp điểm bảo vệ đóng còn tiếp điểm khởi động mở. Khi bảo vệ cả hai tiếp điểm đều mở. Do lắp trong vỏ bakelit có khả năng giữ nhiệt tương đối tốt nên sau khi ngắt mạch bảo vệ tiếp điểm được giữ ở trạng thái ngắt một thời gian đủ để cuộn dây nguội đi xuống dưới mức nguy hiểm. Role khởi động bảo vệ cũng thường được gắn ngay lên vỏ lốc để lấy thêm tín hiệu nhiệt độ của lốc.



Hình 20.21. Nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của role khởi động bảo vệ

9. Thermostat (role nhiệt độ). Thermostat là bộ điều chỉnh hai vị trí, đóng và ngắt mạch động cơ nhằm khống chế và duy trì nhiệt độ cần thiết trong tủ lạnh.

Thermostat có một đầu cảm nhiệt lấy tín hiệu nhiệt độ trong buồng lạnh (đầu cảm nhiệt thường gắn lên mép trong dàn bay hơi) biến thành tín hiệu áp suất làm dẫn nở hộp xếp, qua cơ cấu cơ khí để đóng và ngắt mạch. Thermostat còn có một núm điều chỉnh để điều chỉnh được nhiệt độ trong phòng. Núm có các vị trí tắt, lạnh ít, lạnh trung bình và lạnh nhất. Trong các tủ xả đá bán tự động, thermostat thường có thêm đầu cảm nhiệt để kết thúc quá trình xả đá.

10. Tự điện

Trong một số tủ lạnh, để tăng mômen khởi động cho động cơ, người ta lắp thêm một tụ kích (còn gọi là tụ khởi động) nối tiếp vào mạch điện vào đầu cuộn khởi động S. Tụ kích thường là tụ hoá có trị số điện dung lớn nhưng kích thước tương đối nhỏ, gọn.

11. Hệ thống xả đá. Hệ thống xả đá có nhiệm vụ làm tan hết nước đá và tuyết bám trên dàn bay hơi để giải phóng bề mặt trao đổi nhiệt và tách các

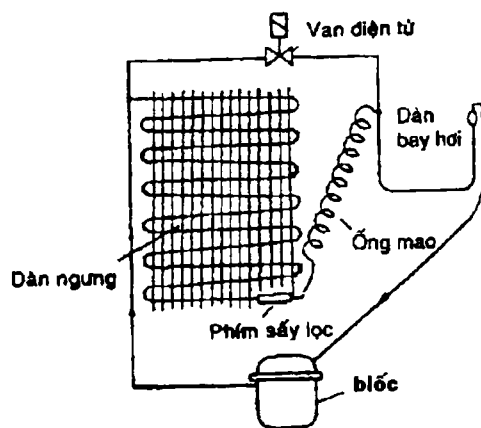
khay đá hoặc thực phẩm bảo quản bám chặt vào dàn.

Có 2 hệ thống xả đá chính được sử dụng trong tủ lạnh gia đình đó là xả đá bán tự động nhờ hơi nóng và xả đá bán tự động dùng dây điện trở.

Xả đá bán tự động là tủ có nút bấm xả đá. Khi cần xả đá người ta ấn nút bấm, tủ tự động xả đá và khi xả đá xong có bộ phận điều khiển tự động cho tủ làm việc trở lại.

Các hệ thống xả đá tự động chỉ có thêm một role thời gian làm động tác “bấm nút” theo những chu kỳ thời gian đã quy định sẵn. Các hệ thống xả đá hoàn toàn tự động ngày nay được sử dụng rộng rãi trong tủ lạnh gia đình, thương nghiệp, trong các buồng lạnh lắp ghép, các phòng lạnh...

Sơ đồ hệ thống lạnh xả đá bằng van điện từ được biểu diễn trên hình 20.24.



Hình 20.24. Tủ lạnh xả đá bằng van điện từ

20.3. TỦ LẠNH HẤP THỤ VÀ TỦ LẠNH NHIỆT ĐIỆN

Tủ lạnh hấp thụ gia đình làm việc theo nguyên tắc hấp thụ khuếch tán. Tủ lạnh này ra đời nhờ ý tưởng chế tạo một loại máy lạnh hấp thụ không có chi tiết chuyển động và hoạt động bằng các nguồn gia nhiệt khác nhau như đèn dầu hoả, đèn ga hoặc điện. Tủ lạnh hấp thụ đã được sử dụng rộng rãi trong nhiều thập kỷ. Ngày nay tủ lạnh hấp thụ chỉ còn được sử dụng ở những nơi không có điện vì chỉ tiêu về kinh tế kỹ thuật kém xa tủ lạnh nén hơi, tiêu tốn điện năng gấp khoảng 5 lần tủ lạnh nén hơi.

20.4. THỬ NGHIỆM TỦ LẠNH GIA ĐÌNH

Thử nghiệm tủ lạnh gia đình là công việc đánh giá chất lượng của tủ lạnh theo nhiều khía cạnh khác nhau, đặc biệt khi thiết kế chế tạo một mẫu tủ lạnh mới. Nói chung tủ lạnh được thử nghiệm về các chỉ tiêu sau:

a) Hệ số làm việc, nhiệt độ trong tủ, khả năng điều chỉnh ở nhiệt độ môi trường thay đổi từ thấp đến cao.

b) Quan hệ giữa điện năng tiêu thụ và sự chất tải cho tủ lạnh. Để thử

nghiệm tốt hơn sự phụ thuộc của điện năng tiêu thụ, vào sự đóng băng tuyết trên dàn có thể sử dụng các khay đổ đầy nước, đặt vào trong tủ.

c) Sự đổ mồ hôi (ngưng ẩm) bên trong và bên ngoài tủ, cầu nhiệt.

d) Sự đóng băng tuyết trên dàn, khả năng xả đá, độ ẩm không khí trong tủ, sự thoát nước của tủ cũng như sự bay hơi của nước thoát từ tủ ra.

e) Ảnh hưởng của tủ đến mùi và vị của thực phẩm bảo quản.

f) Độ ồn khi chạy, đặc biệt khi khởi động và dừng tủ.

g) Xả lạnh, làm đá, khởi động khi điện áp yếu và mạnh, tái khởi động ngay sau khi dừng.

Các nước hàng đầu về sản xuất tủ lạnh đều có tiêu chuẩn quốc gia về thử nghiệm tủ lạnh khi tiến hành chế tạo một loại tủ lạnh nào đó. Vấn đề thử nghiệm tủ lạnh gia đình cũng có ý nghĩa rất lớn đối với Việt Nam và nhiều tiêu chuẩn thử nghiệm đã được biên dịch từ tiêu chuẩn ISO để đáp ứng việc lắp ráp tủ lạnh đang phát triển mạnh mẽ ở Việt Nam.

Chương 21

MÁY LẠNH THƯƠNG NGHIỆP

21.1. ĐẠI CƯƠNG

Một ứng dụng rất quan trọng của kỹ thuật lạnh là các loại tủ lạnh, quầy lạnh, máy và thiết bị lạnh phục vụ cho ngành thương nghiệp. Những máy lạnh thương nghiệp đầu tiên ra đời ở Mỹ vào những năm 1913 ÷ 1915. Đó là các máy lạnh amoniác, bán tự động nhằm bảo quản thịt ở các cửa hàng thịt lớn. Tuy nhiên, do công kênh và giá cả cao nên các thiết bị này phát triển không được mạnh. Khoảng 1916 ÷ 1920, các tủ lạnh gia đình được chế tạo và bán rộng rãi thì tủ lạnh thương nghiệp cũng phát triển mạnh. Đầu tiên người ta sử dụng các loại tủ này để bảo quản kem, sau đó loại tủ kem được chế tạo và các thiết bị hòa trộn muối bảo quản kem hoàn toàn được thay thế. Các hãng chế tạo thiết bị lạnh thương nghiệp hàng đầu của Mỹ và của thế giới có thể kể ra là: Kelvinator, Frigidaire Corporation, Servel, Copeland, Carrier....

Từ đó đến nay, thiết bị lạnh thương nghiệp nói chung phát triển một cách vô cùng đa dạng, phục vụ cho mọi loại hình thương nghiệp khác nhau từ việc bán thực phẩm sống, chín như thịt, cá, bơ sữa, rau, quả, gia cầm... đến việc bán tự động các mặt hàng như kem, thức ăn sẵn, các suất ăn liền, kem, đá, nước uống lạnh...

Máy lạnh thương nghiệp là mắt xích lạnh nối khâu bảo quản với người tiêu dùng, chúng có nhiệm vụ bảo quản ngắn hạn các sản phẩm thực phẩm trước khi hoặc trong khi đưa ra bán buôn, bán lẻ ở các cửa hàng, các siêu thị hoặc trước khi đưa ra sử dụng ở các nhà ăn công cộng hoặc mạng lưới thương nghiệp.

21.2. PHÂN LOẠI

Máy lạnh thương nghiệp và buồng lạnh lắp ghép cũng như các thiết bị lạnh thương nghiệp khác có thể được phân loại theo các đặc điểm sau đây:

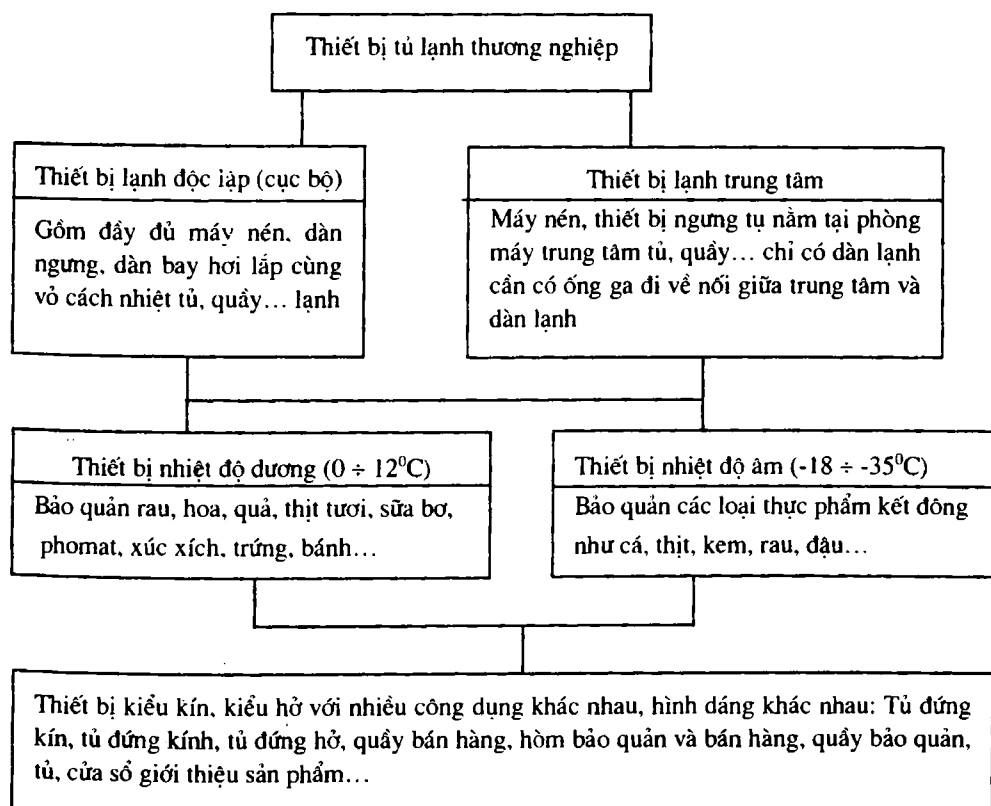
- Căn cứ theo mục đích sử dụng có thể phân loại ra các thiết bị lạnh để bảo quản hoặc bày bán các sản phẩm thịt, cá, rau, quả, thức ăn chín, thức ăn

sản, kem, sữa...

- Căn cứ vào hình dáng, cấu tạo có thể phân ra các loại tủ lạnh, hòm lạnh, quầy lạnh, tủ kính lạnh kín, tủ kính lạnh hở, giá lạnh, buồng lạnh cố định và buồng lạnh lắp ghép...

- Căn cứ vào nhiệt độ bảo quản có thể phân ra các thiết bị lạnh bảo quản thực phẩm ở nhiệt độ dương (trên 0°C) và các thiết bị đông bảo quản thực phẩm ở nhiệt độ âm (dưới 0°C).

- Căn cứ vào cấu tạo và nguyên lý làm việc của thiết bị có thể phân ra máy lạnh hấp thụ hoặc máy lạnh nén hơi. Nói chung, hầu hết các loại thiết bị lạnh thương nghiệp làm việc theo nguyên lý nén hơi. Môi chất lạnh thường dùng là freon. Hình 21.1 giới thiệu một cách phân loại các thiết bị lạnh thương nghiệp.



Hình 21.1. Sơ đồ phân loại thiết bị tủ lạnh thương nghiệp

21.3. NHỮNG ĐẶC ĐIỂM CHUNG CỦA THIẾT BỊ LẠNH THƯƠNG NGHIỆP

21.3.1. Yêu cầu chung

Giống như tủ lạnh gia đình và các thiết bị lạnh khác, các thiết bị lạnh

thương nghiệp có những yêu cầu như sau:

- Phải đạt được sự sắp xếp thực phẩm hợp lý, ngăn nắp, dễ nhìn dễ thấy và có sự hấp dẫn cao.

- Có thể sắp xếp thực phẩm vào và lấy ra nhanh chóng.

- Các cửa kính không bị mờ, chói, lóa, không sắp bóng, có hình dáng đẹp, màu sắc tương phản hấp dẫn người mua, cần cho khách hàng cảm giác tươi mát, sạch sẽ, vệ sinh...

- Dễ dàng vệ sinh, tẩy rửa, không có các vị trí đọng bụi, bám bụi, không bị đọng sương, đọng mồ hôi...

- Giá vận hành phải thấp, tuổi thọ cao, không cần sự bảo dưỡng đặc biệt, thiết bị phải hoàn toàn tự động, độ tin cậy lớn.

- Nhiệt độ bảo quản phải đảm bảo và điều chỉnh được dễ dàng.

- Phải không ồn, đặc biệt khi đặt trong các phòng bán hàng.

- Có thể sử dụng được cho nhiều loại sản phẩm khác nhau bằng cách thay đổi các giá đỡ tiêu chuẩn.

21.3.2. Chế độ nhiệt độ, khả năng chất tải

Các thiết bị thương nghiệp có hai chế độ nhiệt độ là nhiệt độ dương và nhiệt độ âm:

- Nhiệt độ dương: gọi là tủ lạnh, quầy lạnh, tủ kính lạnh, buồng lạnh, buồng lạnh lắp ghép... có nhiệt độ từ 0 đến 12°C dùng để bảo quản lạnh thịt tươi, rau, hoa, quả, các sản phẩm sữa, nước uống...

- Nhiệt độ âm: gọi là tủ đông, tủ kết đông, tủ kính đông, buồng đông, buồng đông lắp ghép... có nhiệt độ -18 đến -24°C dùng để bảo quản đông, kết đông thực phẩm, bảo quản kem... Bảng 21.1 giới thiệu chế độ nhiệt độ một số tủ thương nghiệp.

Bảng 21.1. Chế độ nhiệt độ ở một số tủ lạnh, tủ đông thương nghiệp

Kiểu loại	Nhiệt độ tủ, °C	Nhiệt độ sôi, °C	Ứng dụng
Tủ, quầy lạnh	0 đến +2°C	-10°C	Thịt tươi, sản phẩm thịt Rau, hoa, quả, sữa và các sản phẩm sữa, trứng, bơ, bánh...
	+2 đến +4°C	-7°C	
	+4 đến +6°C	-5°C	
	+10 đến +12°C	0°C	
Tủ, quầy đông	-18 đến -20°C	-30°C	Các thực phẩm đông
	-21 đến -24°C	-35°C	Kem

Các thiết bị lạnh thương nghiệp thường được trang bị dàn bay hơi quạt gió cưỡng bức nhưng có loại trang bị dàn bay hơi tĩnh đối lưu không khí tự nhiên không có quạt.

Dàn bay hơi tĩnh sử dụng cho các loại tủ và quầy đơn giản ví dụ tủ lạnh, quầy lạnh thường sử dụng dàn bay hơi ống xoắn có cánh tản nhiệt treo phía trên, các hòm lạnh có toàn bộ đáy và thành bên là dàn lạnh kiểu tấm, một số tủ và giá sử dụng luôn các giá đặt thực phẩm làm các dàn bay hơi như tủ lạnh gia đình.

Dàn bay hơi quạt được sử dụng rất rộng rãi trong các tủ đông, tủ kết đông, tủ, quầy lạnh và đông, bố trí gió tuần hoàn trong tủ, quầy. Ở các giá hoặc quầy hở, bố trí gió thổi thành màng khí để bảo đảm đỡ tổn thất lạnh trong giá hoặc quầy.

Khối lượng thực phẩm bảo quản trong tủ, quầy phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Nếu là tủ trưng bày thì yêu cầu sự ngăn nắp dễ nhìn, dễ thấy, sự hấp dẫn khách hàng, nhưng nếu để bảo quản thì ngoài sự ngăn nắp, dễ tìm, dễ lấy còn đòi hỏi phải chứa được nhiều. Khối lượng bảo quản trong một đơn vị thể tích phụ thuộc chủ yếu vào mật hàng bảo quản.

Bảng 21.2 giới thiệu khả năng bảo quản trong tủ theo loại hàng.

Bảng 21.2. Khả năng bảo quản của tủ đông

Thực phẩm	Khối lượng bảo quản, kg, trong một, lít dung tích		
	Tối thiểu	Tối đa	Trung bình
Thịt	0,5	0,55	0,52
Hoa quả dầm nước đường	0,4	0,95	0,56
Hoa quả không dầm đường	0,25	0,4	0,33
Rau	0,25	0,55	0,4

21.3.3. Cấu tạo chung

Các thiết bị lạnh thương nghiệp như tủ lạnh, quầy lạnh... bao gồm:

- Vỏ tủ cách nhiệt.
- Các giá đỡ thực phẩm.
- Hệ thống lạnh và các thiết bị tự động cần thiết.

Vỏ tủ cách nhiệt trước đây thường làm bằng khung gỗ, bên ngoài là tôn tấm, bên trong là vỏ nhựa. Do tủ có kích thước lớn, cần đảm bảo độ bền cần thiết nên kết cấu để có cầu nhiệt. Ngày nay với phương pháp gia công tiên tiến,

phần lớn các vỏ tủ cách nhiệt được chế tạo theo kiểu Sandwich: bên ngoài là tôn dập, bên trong là vỏ nhựa hoặc sắt và giữa vỏ trong và vỏ ngoài được phun bột xốp polyurethane. Hai vỏ kết cấu lại với nhau thành khối vững chắc, tránh được cầu nhiệt. Lớp cách nhiệt dày hay mỏng tùy theo nhiệt độ yêu cầu: đối với nhiệt độ từ 0 đến +8°C chiều dày là 5cm; đối với nhiệt độ -20°C chiều dày là 7cm. Vỏ ngoài có thể được bảo vệ bằng lớp sơn hoặc bằng cách tráng men. Vỏ trong nếu không phải bằng nhựa mà bằng tôn thì được tráng kẽm.

Các giá đỡ thực phẩm thường được dập thành từ thép tấm, không rỉ, hàn từ các thép hình...

Hệ thống lạnh có thể là độc lập hoặc trung tâm. Hệ thống lạnh độc lập nghĩa là mỗi tủ, quầy có riêng một hệ thống lạnh riêng biệt: máy nén, dàn ngưng, dàn bay hơi và tiết lưu giống như tủ lạnh gia đình. Nhưng ở nhiều cửa hàng lớn, siêu thị người ta hay sử dụng hệ thống lạnh trung tâm phục vụ cho nhiều tủ, quầy, giá lạnh và đông khác nhau.

Các thiết bị tự động gần giống như trong tủ lạnh gia đình gồm role nhiệt độ (thermostat) để khống chế nhiệt độ trong phòng, role nhiệt độ có thể ngắt mạch máy nén hoặc ngắt van điện từ ngừng cấp lỏng cho dàn bay hơi, bộ phận tự động xả băng. Ngoài ra tủ, quầy lạnh thương nghiệp còn có thể có các thiết bị báo hiệu (đèn đỏ báo tủ chưa đạt và đèn xanh báo tủ đạt nhiệt độ yêu cầu) hoặc có thiết bị tự động báo động nếu cần. Máy nén là loại kín, nửa kín hoặc hở với các trang bị tự động báo hiệu, điều khiển, điều chỉnh và bảo vệ như đã giới thiệu, ở đây không nhắc lại.

21.3.4. Hệ thống lạnh độc lập

Giống tủ lạnh gia đình, quầy, tủ lạnh thương nghiệp ngày nay có nhiều loại sử dụng hệ thống lạnh độc lập, có máy nén kín. Để tiết kiệm diện tích bố trí, các dàn ngưng và dàn bay hơi chủ yếu là loại dàn quạt. Tổ ngưng tụ thường được bố trí phía dưới tủ. Dung tích tủ thường từ 700 lít đến 2500 lít. Bloc có công suất động cơ đến 1/2 HP. Hầu hết các tủ quầy độc lập đều có thể tháo bỏ tổ ngưng tụ (máy nén và dàn ngưng quạt) để kết nối thành hệ thống lạnh trung tâm. Khi đặt hàng có thể đặt quầy hoàn chỉnh hoặc quầy chỉ có dàn lạnh.

Quầy lạnh thương nghiệp (Show case) và tủ lạnh thương nghiệp độc lập thường chỉ có 1 tổ ngưng tụ (một máy nén duy nhất) nhưng có thể có nhiều

nhệt độ khác nhau đáp ứng nhiều nhu cầu khác nhau. Có tủ chỉ có một nhiệt độ âm hoặc một nhiệt độ dương nhưng có tủ có nhiều nhiệt độ cả âm và dương từ $+12^{\circ}\text{C}$ đến -24°C .

21.3.5. Hệ thống lạnh trung tâm

Bên cạnh các tủ, quầy lạnh có máy lạnh độc lập, nhiều cửa hàng, siêu thị trang bị các hệ thống lạnh trung tâm: một hoặc hai cụm máy nén với thiết bị ngưng tụ phục vụ cho rất nhiều thiết bị thương nghiệp khác nhau. Thường mỗi siêu thị có hai tổ máy. Một tổ phục vụ cho các thiết bị lạnh dương và một tổ cho các thiết bị lạnh âm. Trong trường hợp này máy lạnh nằm tập trung ở một gian máy trung tâm tách riêng biệt khỏi các tủ, quầy...

So với tủ, quầy độc lập, hệ thống lạnh trung tâm có ưu điểm sau:

- Có phòng máy riêng biệt, với một cụm máy phục vụ được cho nhiều tủ, quầy khác nhau. Có thể có nhiều máy nén ghép song song nhưng chỉ có một dàn ngưng nên rẻ tiền, tiết kiệm hơn, điều chỉnh năng suất lạnh dễ hơn.

- Dàn ngưng đặt ở ngoài nên đỡ bị ngột ngạt trong cửa hàng hoặc siêu thị.

- Đỡ ồn hơn nhiều vì máy nén và dàn quạt bố trí bên ngoài.

- Việc theo dõi, vận hành, bảo dưỡng sửa chữa dễ dàng hơn vì máy lạnh, dàn ngưng được thu gom vào một chỗ.

Các nhược điểm chính là:

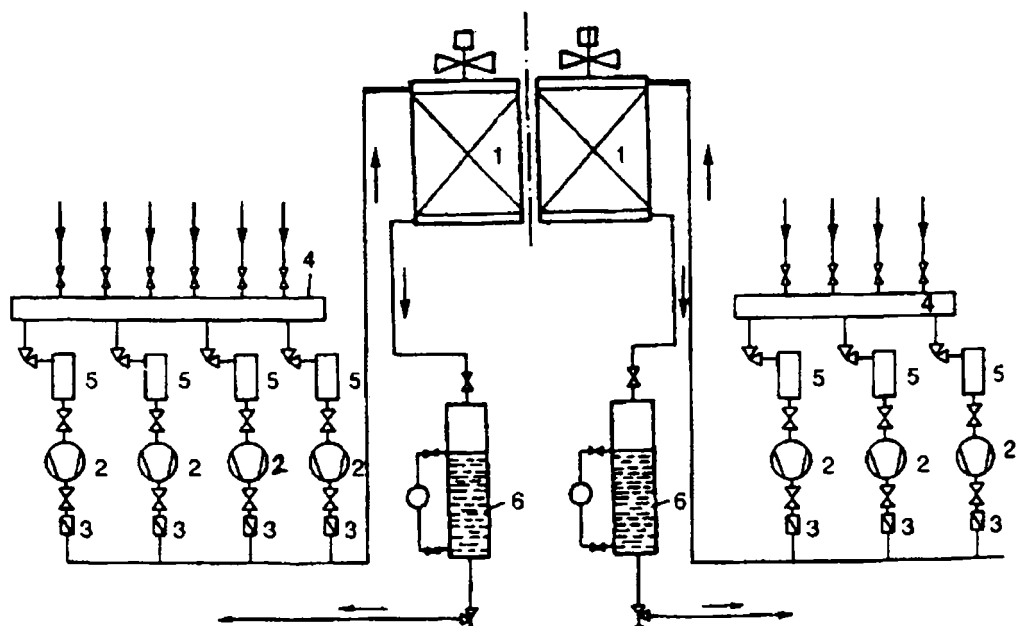
- Cần phải lắp đặt tại hiện trường.

- Các đường ống ga đi về dài nên tốn kém hơn và nguy cơ rò rỉ môi chất cũng lớn hơn.

Tuy nhiên, ưu điểm là cơ bản, do đó phương án hệ thống lạnh trung tâm được ưa chuộng. Với các cửa hàng có diện tích khoảng 200m^2 cần đặt năm vị trí lạnh với tổng năng suất lạnh khoảng 18kW . Siêu thị trên 1000m^2 diện tích nền cần năng suất lạnh dương khoảng 45kW và năng suất lạnh âm khoảng 20kW .

Hình 21.2 giới thiệu hai sơ đồ hệ thống lạnh với dàn ngưng và hệ thống lạnh trung tâm. Một hệ thống dùng cho các tủ và quầy lạnh, một hệ thống dùng cho các tủ và quầy đông. Mỗi hệ thống được lắp 3 ÷ 4 máy nén nửa kín song song đẩy hơi môi chất chung vào một dàn ngưng tụ. Sau khi ngưng tụ môi chất lỏng xuống bình chứa 6 rồi được đưa đến từng thiết bị như tủ, quầy... Mỗi tủ hoặc quầy đều có một van tiết lưu, van điện từ, role nhiệt độ riêng để cấp lỏng

và khống chế nhiệt độ cần thiết trong tủ hoặc quây. Tất cả các đường hút từ các tủ, quây đều được đưa về ống góp đường hút 4 sau đó đến các máy nén. Hình 21.3 giới thiệu cụm máy nén khí và dàn ngưng giải nhiệt gió của hệ thống lạnh trung tâm nhiệt độ dương của Siêu thị Big - C Hà Nội.

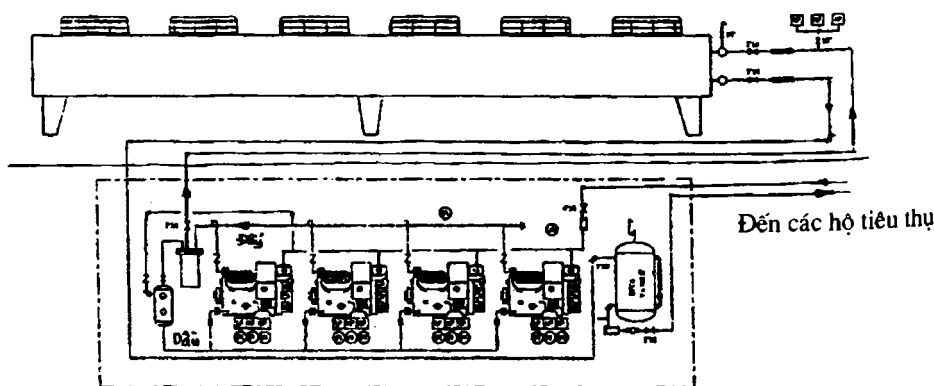


a) Hệ thống nhiệt độ dương ($0 \div 12^{\circ}\text{C}$)

b) Hệ thống nhiệt độ âm ($-18 \div 24^{\circ}\text{C}$)

Hình 21.2. Sơ đồ hệ thống lạnh trung tâm phục vụ cho các thiết bị lạnh thương nghiệp của một siêu thị

1. Dàn ngưng trung tâm; 2. Máy nén nửa kín; 3. Van một chiều; 4. Ống góp hút;
5. Phin lọc đường hút; 6. Bình chứa với thiết bị báo động mức lỏng



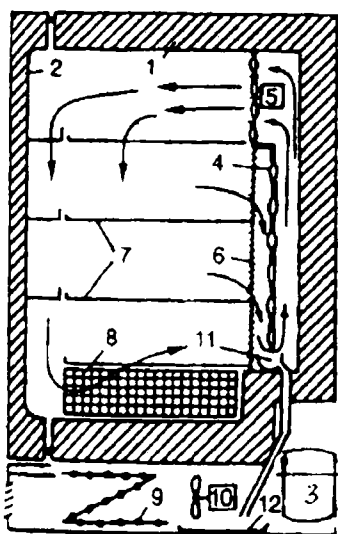
Hình 21-3. Hệ thống lạnh trung tâm nhiệt độ dương siêu thị BIG – C

gồm 4 máy nén và 1 dàn ngưng quạt,

$$Q_0 = 177\text{kW}, t_0 = -15^{\circ}\text{C}, t_k = 50^{\circ}\text{C}, \text{BCCA } 3001$$

21.4. MỘT SỐ LOẠI TỦ, QUẦY LẠNH

21.4.1. Tủ và thùng kết đông



Hình 21.4. Mặt cắt ngang một tủ kết đông có quạt gió tuần hoàn

1. Vỏ cách nhiệt; 2. Cửa có giá đỡ thực phẩm; 3. Máy nén; 4. Dàn bay hơi; 5. Quạt dàn lạnh; 6. Ghi hồi gió; 7. Giá để thực phẩm; 8. Giỏ xếp thực phẩm; 9. Dàn ngưng; 10. Quạt dàn ngưng; 11. Máng nước và ống dẫn; 12. Khay nước.

Các loại này được phân biệt theo hình dáng và phạm vi nhiệt độ bảo quản nhưng đều có chung đặc điểm là loại kín, chung quanh có cách nhiệt, có cửa kín không có kính, dung tích đến vài nghìn lít.

- Tủ lạnh có hình dáng như tủ đứng, một, hai hoặc nhiều cửa nhiệt độ trên 0°C .

- Thùng lạnh giống như tủ lạnh đặt nằm ngang có nắp mở lên trên, nhiệt độ trên 0°C .

- Thùng đông có hình dáng tương tự như thùng lạnh, nhiệt độ -18 đến -24°C .

- Tủ đông có hình dáng giống tủ lạnh nhưng có nhiệt độ bảo quản -18 đến -24°C .

- Tủ kết đông có hình dáng giống tủ lạnh, có nhiệt độ -18 đến -24°C nhưng có khả năng kết đông thực phẩm (xuống đến -6°C) với năng suất kết đông $7\text{kg}/100\text{lit}$ thể tích trong một ngày đêm. Nếu không đạt năng suất đó tủ chỉ được gọi là tủ đông dùng để bảo quản đông.

Hình 21.4 giới thiệu cấu tạo một tủ kết đông thương nghiệp và hình 21.5 giới thiệu hình

dáng bên ngoài một thùng lạnh.

Thùng lạnh có ưu điểm là nắp mở lên nên ít bị mất lạnh khi mở cửa, nhưng chiều cao không được quá 1m. Một số thông số của tủ và thùng lạnh giới thiệu trên bảng 21.3.

Thùng lạnh 600lít của hãng Whirlpool USA có khối lượng hàng bảo quản khoảng 340kg, khối lượng thùng lạnh (không hàng) 180kg, block kín có công suất động cơ $1/4$ mã lực, chiều cao 940mm, chiều sâu 830mm, chiều dài 1800mm, diện tích xếp hàng $1,5\text{m}^2$, có đèn chiếu sáng bên trong, có đèn báo hiệu. Thùng có hai giỏ đan bằng lưới thép để đựng hàng bảo quản, có thể đẩy qua lại được. Dàn bay hơi bố trí cả chung quanh và dưới đáy thùng kiểu dàn bay hơi kiểu tấm có các rãnh dập nổi cho môi chất tuần hoàn.

Bảng 21.3. Một vài thông số kinh nghiệm của tủ và thùng lạnh

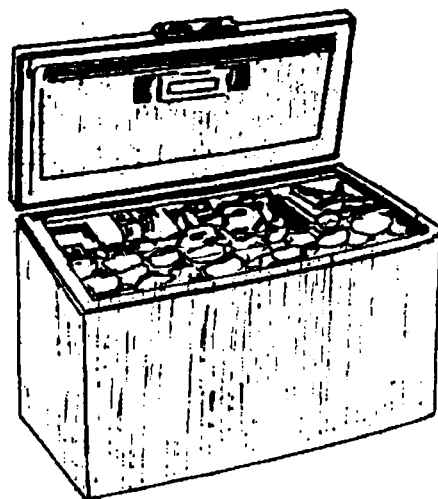
Các thông số	Dung tích, l			
	100 ÷ 150	200 ÷ 250	300 ÷ 400	500 ÷ 600
Công suất động cơ lốc kín, mã lực	1/8 ÷ 1/6	1/6 ÷ 1/5	1/5 ÷ 1/4	1/4 ÷ 1/3
Điện tiêu thụ, kWh/24h	0,8 ÷ 1,2	1,2 ÷ 2,0	2,0 ÷ 3	3,5 ÷ 4,5
Diện tích dàn lạnh, m ²	0,3 ÷ 0,5	0,5 ÷ 0,8	1,0 ÷ 2,0	2,5 ÷ 3,5
Hệ số truyền nhiệt k, W/m ² K				
- Vách bên và đáy	0,29	0,29	0,29	0,29
- Tấm trên và cửa*	0,35	0,35	0,35	0,35
Chiều dày cách nhiệt, cm	5 ÷ 6	6 ÷ 7	6 ÷ 7	7
Chiều cao của thùng lạnh	< 900	900 ÷ 950	900 ÷ 950	950 ÷ 1000

Tiêu chuẩn của Mỹ để tính toán thiết kế thùng đông và tủ đông có các điểm sau:

- Nhiệt độ bên trong phải đạt -18°C và duy trì được nhiệt độ này khi nhiệt độ bên ngoài là 32°C đối với vùng ôn đới, 40°C đối với vùng nhiệt đới ẩm và 43°C đối với vùng nhiệt đới khô. Khi đã tính toán thiết kế ở chế độ nhiệt độ này thì không cần năng suất lạnh dự phòng.

- Ở nhiệt độ bên ngoài cao nhất đã cho, tủ đông thương nghiệp phải hạ được nhiệt độ xuống đến -18°C , khi hạ nhiệt độ không yêu cầu có thực phẩm bảo quản bên trong.

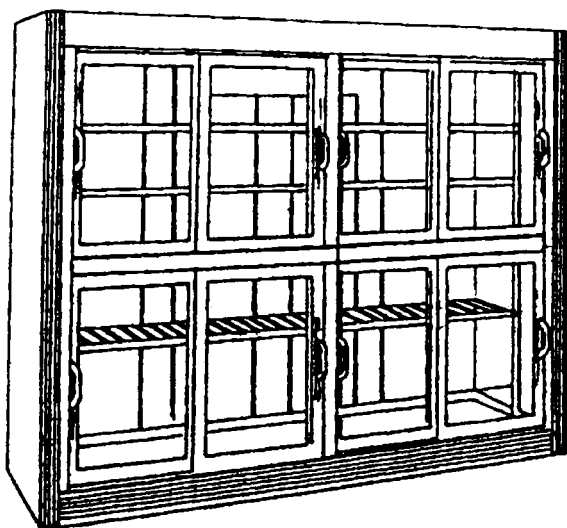
- Tủ đông khi chất đầy hàng bảo quản, nhiệt độ toàn bộ thể tích tủ phải đạt đồng đều -18°C (theo tiêu chuẩn CHLB Đức DIN 8953 thì không có điểm nào cao hơn -16°C).



Hình 21.5. Thùng lạnh 600l của hãng Whirlpool USA

21.4.2. Tủ kính lạnh, quầy kính lạnh, tủ kính đông và quầy kính đông

Những tủ và quầy kính này có hình dáng và kết cấu giống như tủ lạnh, quầy lạnh, tủ đông, quầy đông nhưng có khác biệt là cửa mở hoặc kéo đẩy có lắp kính để quan sát được hàng hóa trưng bày bên trong. Chúng vẫn thuộc loại kín và chỉ khi nào cần lấy hàng người ta mới mở ra mà thôi.



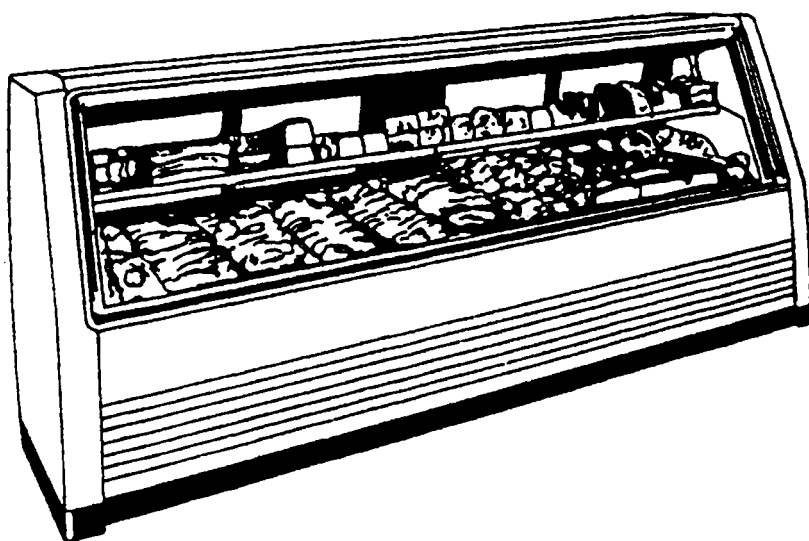
Hình 21. 6. Tủ kính lạnh (hãng Fleadwood USA): dung tích 2000lít, 8 cửa kính lùa; dài 2,43m, cao 1,93m, sâu 0,76m. Máy lạnh có công suất động cơ 1/2 HP. Dàn bay hơi có quạt gió, chiếu sáng bằng đèn nêông

Các tủ, quầy kín không kính chủ yếu dùng để bảo quản hàng trước và trong khi bán. Các tủ, quầy có kính chủ yếu dùng để bán hàng với các phương thức bán khác nhau kể cả kiểu tự phục vụ và bán hoàn toàn tự động.

Hình 21.6 giới thiệu một tủ kính lạnh của Mỹ. Tủ có chiều cao 1,93m, 8 cửa kính lùa, dùng để bảo quản và trưng bày bán các loại hàng ít quay vòng như thực phẩm đóng trong chai lọ, nước uống, sữa... thích hợp cho các cửa

hàng nhỏ hẹp, các căngtin, các bếp ăn tập thể, các quán ăn. Đôi khi người ta làm cửa kính ở cả hai phía để làm chỗ trung chuyển các thức ăn và suất ăn từ bếp ra ngoài phòng ăn.

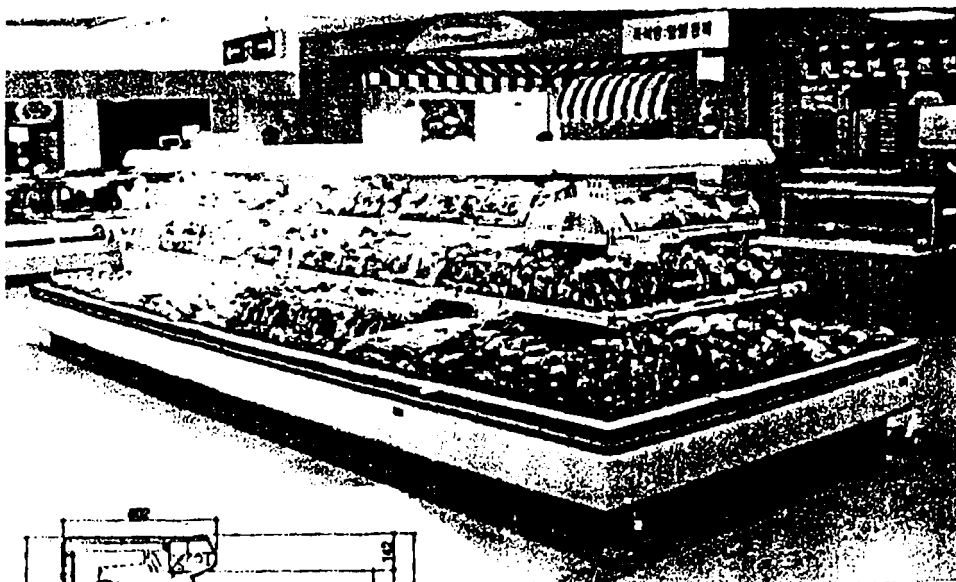
Hình 21.7 giới thiệu một loại quầy bán hàng, phía trước là tủ kính, phía sau có cửa lùa và phía trên là giá bán hàng. Đôi khi phía trước còn có giá đặt túi, giỏ của người mua hàng, và phía sau là bàn của nhân viên bán hàng để chặt, thái



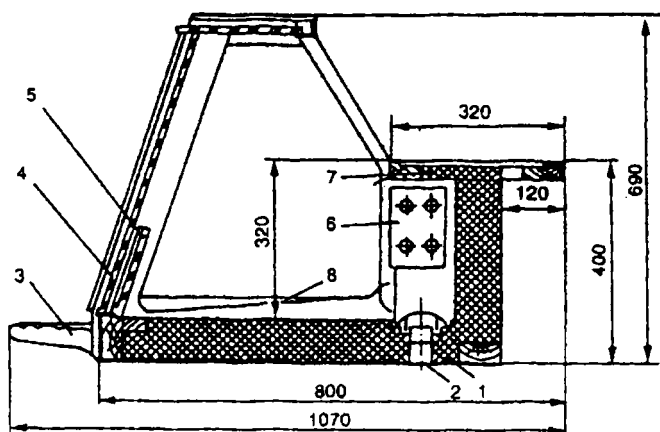
Hình 21.7. Tủ kính lạnh dùng để bán thịt tươi và các mặt hàng cao cấp. Giá thực phẩm có thể điều chỉnh được; phía sau có 4 cửa kính lùa và một bàn gấp để thái và bao gói, một giá đỡ giấy cuộn đóng gói. Phía dưới là các buồng bảo quản phụ (Hãng Hussman USA)

và bao gói thực phẩm cho khách hàng.

Hình 21.8 giới thiệu một quầy bán thịt và sản phẩm thịt của một siêu thị và hình 21.9 giới thiệu kết cấu của quầy.



Hình 21.8. Một góc quầy lạnh trong một siêu thị và kiểu tủ trưng bày cũng như sự tuần hoàn gió



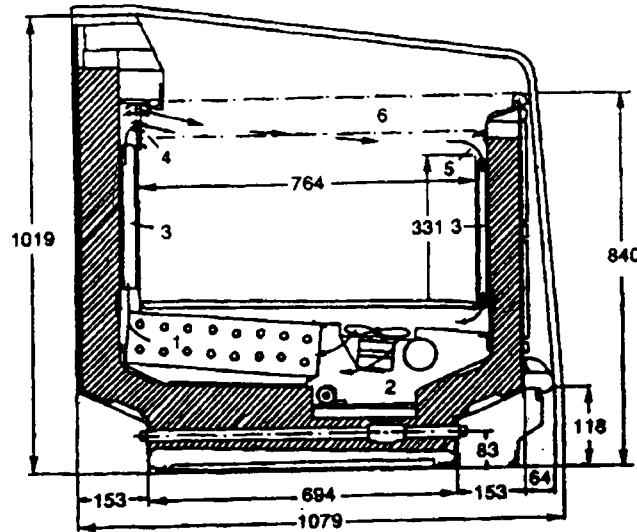
Hình 21.9. Quầy lạnh kính để bán hàng

1. Cách nhiệt;
2. Xả nước;
3. Giá để túi, giỏ cho khách hàng;
4. Kính tủ;
5. Tấm kính chắn bổ sung;
6. Dàn lạnh;
7. Giá chặt thái và bao gói sản phẩm;
8. Giá đỡ thực phẩm

21.4.3. Các loại tủ, quầy lạnh đông hở, các giá lạnh đông hở

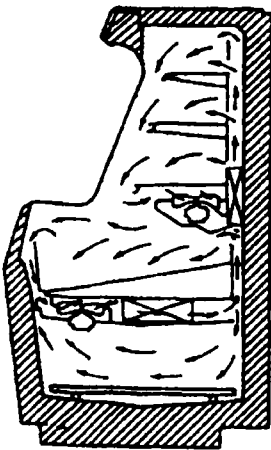
Các tủ và quầy hở chủ yếu dùng để trưng bày và bán các mặt hàng như thịt cá, gia cầm đông lạnh hoặc kem trong các cửa hàng tự phục vụ. Phạm vi nhiệt độ gồm cả lạnh trên 0°C và đông -18 đến -24°C (hình 21.10).

Các giá lạnh đông hở là các giá trưng bày và bán các mặt hàng lạnh như bơ, sữa, phomat, rau quả hoặc các hàng đông như thịt, cá, gà, gia cầm, kem (hình 21.11).



Hình 21.10. Tủ lạnh hở, dàn lạnh quạt (Hãng Tyler USA)

1. Dàn lạnh; 2. Quạt; 3. Kênh gió với các tấm dẫn hướng; 4. Lối gió ra với tấm dẫn hướng; 5. Lối hút gió với tấm dẫn hướng; 6. Vùng giữ lạnh với màn khí



Hình 21.11. Giá lạnh đông để bày bán thực phẩm kiểu hở với dàn lạnh quạt và cách bố trí tuần hoàn gió tạo màn khí

So với các loại tủ, quầy kín các loại tủ, quầy hở chịu ảnh hưởng nhiều hơn của không khí bên ngoài. Không khí bên ngoài không phải đứng im mà còn bị khuấy động mạnh do dòng người đi lại, hơn nữa khách hàng còn chọn hàng, lấy ra, bỏ vào... phá vỡ màn khí bảo vệ khoang nhiệt độ lạnh. Tổn thất này càng lớn khi nhiệt độ bên ngoài càng cao và độ ẩm càng lớn. Ở Mỹ, do tất cả các cửa hàng và siêu thị được điều hòa nhiệt độ nên các thông số không khí bên ngoài tủ tương đối thuận lợi, nhiệt độ 25°C và độ ẩm tương đối 50%, entanpy khoảng 50kJ/kg . Ở điều kiện

Việt Nam, các thông số không khí bên ngoài từ có thể tới 33°C và 85%, entanpy khoảng 108kJ/kg. Như vậy tổn thất nhiệt ở cùng điều kiện ở Việt Nam hơn gấp đôi ở Mỹ trừ trường hợp các quầy lạnh đặt trong siêu thị có điều hòa.

Đối với các tủ, quầy, giá hờ lượng nhiệt tổn thất từ ngoài vào là khá lớn và chủ yếu do hai yếu tố:

- Tổn thất bức xạ do nhiệt độ chênh lệch giữa bên ngoài và bên trong.
- Tổn thất do dòng ẩm từ môi trường vào dàn lạnh do sự khuếch tán ẩm từ ngoài môi trường vào, nguyên nhân chính là do sự chênh lệch phân áp suất hơi nước ở ngoài và ở trong không gian lạnh. Chính vì lý do đó nên năng suất lạnh yêu cầu cao hơn.

Bảng 21.4 giới thiệu kết quả thử nghiệm của một số thùng, quầy lạnh và đông hờ. Nói chung, với cùng thể tích, các thùng, quầy hờ yêu cầu công suất lạnh cao hơn loại kín khoảng ba lần.

Bảng 21.4. Năng suất lạnh yêu cầu đối với quầy hờ ở nhiệt độ bên ngoài 32°C và tính toán với 16h/24h chạy máy

Kiểu	Dung tích, l	Nhiệt độ bên trong, °C	Nhiệt độ bay hơi, °C	Năng suất lạnh	
				W	kcal/h
Thùng đông bán thực phẩm đông	750	-18	-31	645	750
Thùng đông bán kem	1100	-18	-31	946	1100
	750	-24	-31	817	950
Quầy lạnh bán thịt	1100	-24	-31	1204	1400
	450	-1	-12	817	950
Quầy lạnh bán rau quả	700	-1	-12	1247	1450
	600	+2	-7	946	1100
	900	+2	-7	1376	1600

21.4.1. Các loại thiết bị lạnh thương nghiệp khác

Như đã giới thiệu, cùng với sự phát triển của các ngành thương nghiệp khác nhau, người ta đã phát triển rất nhiều các loại thiết bị lạnh thương nghiệp để đáp ứng yêu cầu của từng ngành riêng lẻ, chính vì vậy các loại tủ, quầy, giá lạnh dương và âm vô cùng phong phú và đa dạng. Ngoài những dạng như đã trình bày ở trên còn các loại tủ, quầy dùng trong các căngtin, nhà ăn, các loại tủ làm lạnh sữa, các quầy làm kem cốc, kem que, các loại máy làm đá mảnh, đá vẩy, đá ống, đá thổi nhỏ phục vụ cho cửa hàng giải khát, quán bar hoặc tiệm

ăn..., các loại quầy lạnh tự động bán thực phẩm lạnh, nước giải khát, bia, sữa...

21.5. KHO LẠNH THƯƠNG NGHIỆP

Kho lạnh cố định là các loại buồng lạnh nhỏ thương nghiệp được xây dựng cố định trong phòng hay trong tòa nhà của xí nghiệp thương nghiệp. Phương pháp xây dựng, bảo ôn cách nhiệt, cách ẩm như đã giới thiệu ở chương 2, tuy nhiên dung tích các buồng lạnh chỉ đạt đến vài chục mét khối nhằm bảo quản ngắn hạn các mặt hàng thực phẩm trước khi đưa ra bán buôn và bán lẻ. Kho lạnh cố định cũng có quy hoạch mặt bằng sao cho phù hợp nhất để bảo quản được nhiều mặt hàng khác nhau ở các chế độ khác nhau.

Các kho lạnh thương nghiệp và các kho lạnh của các nhà ăn tập thể là các kho có từ một đến năm buồng.

Để hạn chế nhiệt tổn thất, các buồng lạnh thường được bố trí cùng với nhau, có một buồng đệm chung để mở cửa vào tất cả các buồng nếu như kết cấu xây dựng sẵn cho phép.

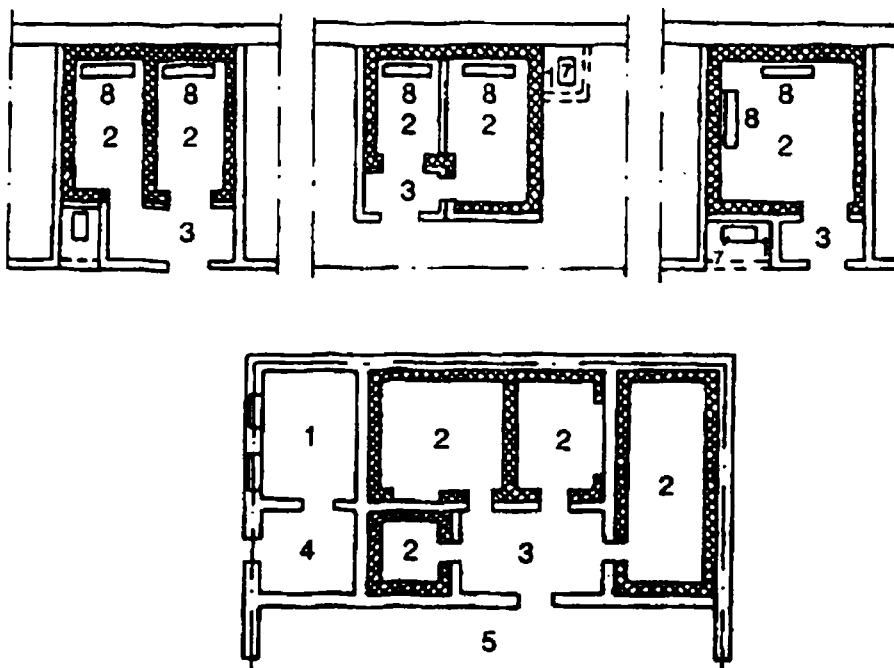
Các buồng lạnh nên bố trí vào các buồng thoáng, không ẩm ướt, không gần các nguồn nhiệt như bếp, nồi hơi, không gần các nơi mất vệ sinh như cống, rãnh, gần các nơi chứa xăng dầu, hóa chất...

Diện tích buồng lạnh nhỏ nhất không dưới 5m^2 , rộng không dưới 2m và cao không dưới 2,4m. Tỷ lệ giữa chiều dài và rộng không được vượt quá 1:2,5, chiều rộng hành lang đệm không nhỏ hơn 1,4m. Trong các buồng có diện tích nhỏ hơn 20m^2 không được phép có cột gây khó khăn cho việc sử dụng.

Hình 21.12 giới thiệu một số phương án mặt bằng các kho lạnh thương nghiệp.

Các buồng lạnh thương nghiệp thường được trang bị máy lạnh freon, làm việc hoàn toàn tự động: Tự động khống chế nhiệt độ buồng lạnh, tự động phá băng, tự động điều khiển và bảo vệ. Thiết bị ngưng tụ có thể là dàn quạt làm mát bằng không khí hoặc bình ngưng làm mát bằng nước. Máy nén có thể là loại kín, nửa kín hoặc hở. Dàn lạnh đa số là dàn quạt.

Buồng máy nên để phía sau hoặc bên buồng lạnh. Nếu phải đặt phía trước cạnh buồng đệm thì phải có tường ngăn tránh hơi nóng dàn ngưng ảnh hưởng đến buồng lạnh. Không khí nóng dàn ngưng phải bố trí cho thải ra ngoài tránh bị quần trong phòng máy.



Hình 21.12. Một số phương án mặt bằng các kho lạnh thương nghiệp

1. Buồng máy; 2. Buồng lạnh; 3, 4. Buồng đệm; 5. Buồng kê (không được làm lạnh);
7. Máy lạnh; 8. Dàn lạnh

Chương 22

SẢN XUẤT VÀ SỬ DỤNG NƯỚC ĐÁ

22.1. TÍNH CHẤT VẬT LÝ VÀ PHÂN LOẠI NƯỚC ĐÁ

22.1.1. Tính chất vật lý của nước đá ở 0°C và áp suất 0,98 bar

Nhiệt độ nóng chảy: $t_r = 0^\circ\text{C}$

Nhiệt lượng nóng chảy: $q_r = 333,6\text{kJ/kg}$

Nhiệt dung riêng: $C_{pd} = 2,09\text{kJ/kgK}$

Hệ số dẫn nhiệt: $\lambda_d = 2,326\text{W/mK}$

Khối lượng riêng trung bình
900 kg/m³.

Khi nước đóng băng thành nước đá, thể tích của nó tăng 9%. Nước đá được sử dụng để làm lạnh vì có khả năng nhận nhiệt của môi trường xung quanh và tan ra thành nước ở nhiệt độ 0°C.

Lượng lạnh cần thiết để biến một kg nước ở nhiệt độ ban đầu t_1 thành nước đá có nhiệt độ t_2 là (hình 22.1):

$$q = C_{pn}(t_1 - 0^\circ\text{C}) + q_r + C_{pd}(0^\circ\text{C} - t_2), \text{ kJ/kg}$$

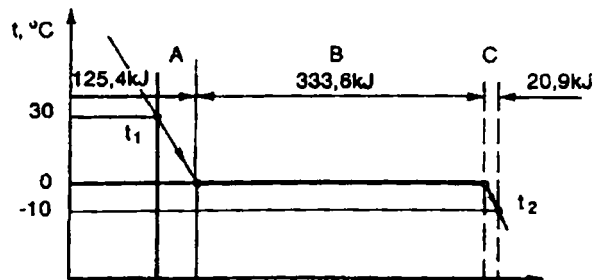
$$q = C_{pn}t_1 + q_r + C_{pd}|t_2|, \text{ kJ/kg}$$

$C_{pn} = 4,18\text{kJ/kgK}$ nhiệt dung riêng của nước

Nếu nhiệt độ $t_1 = +30^\circ\text{C}$; $t_2 = -10^\circ\text{C}$ thì:

$$q = 125,4 + 333,6 + 20,9$$

$$q = 479,9\text{kJ/kg}$$



Hình 22.1. Quá trình làm đá

A – Quá trình hạ nhiệt độ từ t_1 xuống 0°C

B – Quá trình hóa rắn ở 0°C

C – Quá trình quá lạnh xuống t_2

22.1.2. Phân loại nước đá

Theo thành phần nguyên liệu ban đầu người ta phân nước đá nhân tạo ra các loại nước đá từ nước ngọt (nước lã, nước sôi, nước nguyên chất), nước đá từ nước biển và nước đá từ nước muối, nước đá từ nước sát trùng và kháng sinh...

Trong công nghệ sản xuất nước đá từ nước ngọt, người ta đòi hỏi những yêu cầu đặc biệt đối với nguyên liệu (nước), sản phẩm (nước đá) cũng như đối với thiết bị và quá trình sản xuất.

Từ nước ăn lấy ở mạng nước thành phố người ta sản xuất nước đá đục khối lượng riêng 890 đến 900kg/m³ và nước đá trong khối lượng riêng 910 đến 917kg/m³ ở nhiệt độ từ -8 đến -25°C. Nước đá đục có màu trắng vì trong đó có ngậm các bọt không khí và tạp chất, khi tan để lại chất lắng. Nước đá trong là trong suốt và có màu phớt xanh, khi tan không để lại chất lắng.

Thông thường, nguồn nước phải đảm bảo các yêu cầu sau: số lượng vi khuẩn trong nước không quá 100 con/ml, vi khuẩn đường ruột không quá 3 con/l, chất khô cho phép là 1g/l, độ cứng chung của nước không quá 7mg/l, độ đục theo hàm lượng các hạt lơ lửng không quá 1,5mg/l, hàm lượng sắt không quá 0,3mg/l, nồng độ cho phép của các ion hydro trong khoảng 6,5÷9,5.

Những chỉ tiêu trên đây được áp dụng cho nước để sử dụng cho các mục tiêu kỹ thuật.

Nước đá dùng để uống phải đảm bảo điều kiện vệ sinh như đối với các thực phẩm tiêu dùng trực tiếp. Đối với nước đá trong được sản xuất ở gần -10°C thì hàm lượng tạp chất cho phép giới thiệu ở bảng 22.1. Ảnh hưởng của tạp chất đến chất lượng của nước đá được giới thiệu ở bảng 22.2.

Khi độ pH > 7 và trong nước có các loại muối canxi, magiê và đặc biệt là natri cacbonat thì cây đá sẽ giòn, dễ gãy và vì vậy nên làm nước đá đóng băng ở -8°C và làm tan giá ở 20°C. Điều kiện bình thường là -10°C và 35°C.

**Bảng 22.1. Hàm lượng tạp chất đối với nước đá trong
sản xuất ở gần -10°C**

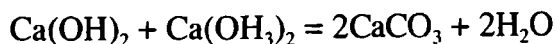
Tạp chất	Hàm lượng tối đa
Hàm lượng muối chung, mg/l	250
Sunfat + 0,75clorua + 1,25 natri cacbonat, mg/l	170
Muối cứng tạm thời, mg/l	70
Sắt, mg/l	0,04
Tính oxi hóa O ₂ , mg/l	3
Nồng độ ion hydro (pH)	7

Bảng 22.2. Ảnh hưởng của tạp chất lượng nước đá

Tạp chất	Ảnh hưởng đến chất lượng nước đá	Kết quả chế biến nước
Cacbonat canxi CaCO_3	Tạo thành chất lắng bẩn thường ở phần dưới và giữa cây đá làm nút ở nhiệt độ thấp	Tách ra được
Cacbonat magiê MgCO_3	Tạo thành chất lắng bẩn và bọt khí. Làm nút ở nhiệt độ thấp	Tách ra được
Ôxit sắt	Cho chất lắng màu vàng hay màu nâu và nhuộm màu chất lắng canxi và magiê	Tách ra được
Ôxit silic và ôxit nhôm	Cho chất lắng bẩn	Tách ra được
Chất lơ lửng	Cho cặn bẩn	Tách ra được
Sunfat natri clorua và sunfat canxi	Tạo ra các vết trắng tập trung ở lõi, làm cho lõi đục và kéo dài thời gian đóng băng. Không có chất lắng	Không thay đổi
Clorua canxi và sunfat magiê	Cho chất lắng xanh nhạt hay xám nhạt, tập trung trong lõi, kéo dài thời gian đóng băng vào tạo ra lõi không trong suốt cao	Biến đổi thành sunfat canxi
Clorua magiê	Thường biểu hiện dưới dạng các vết trắng. Không có cặn	Biến đổi thành clorua canxi
Cacbonat natri	Một lượng nhỏ cũng dễ làm nút ở nhiệt độ dưới -9°C . Tạo ra các vết màu trắng, tập trung ở lõi, kéo dài thời gian đóng băng. Tạo ra độ đục cao. Không có cặn	Biến đổi thành cacbonat natri

Để đảm bảo chất lượng nước đá làm bằng nước có tạp chất lớn, nên tăng cường độ chuyển động của nước lên 2 ÷ 3 lần so với bình thường, nâng nhiệt độ đóng băng lên -6 đến -8°C , tốt nhất là làm sạch nước đá bằng phương pháp kết tinh chậm ở -2 đến -4°C .

Nếu không thực hiện các biện pháp trên thì có thể làm mềm nước: Tách cacbonat canxi, magiê, sắt, nhôm ra khỏi nước bằng vôi là quá trình hóa học giản đơn ví dụ như đối với canxi:



Khi đó, các chất hữu cơ động lại cùng với các hợp chất cacbonat. Sau khi đã được gia công bằng vôi, nước được lọc qua cát thạch anh. Đến đây, nước đã đảm bảo các chỉ tiêu chung, nhưng còn chứa sắt. Trước khi lọc cần bổ sung thêm một ít vôi nữa. Khi cho nước ngậm khí, sắt thường kết hợp với CO_2 tạo

thành cặn và dễ dàng bị tách ra.

Có thể lọc nước dễ dàng bằng cát thạch anh hay bằng nhôm sunfat. Phương pháp này không những đảm bảo làm mềm nước, tích tụ các chất hữu cơ và vôi mà còn chuyển hóa bicacbonat thành sunfat, kết quả là giảm được tính giòn và do đó có thể hạ được nhiệt độ đóng băng trong khuôn đá từ $-8/-10^{\circ}\text{C}$ đến $-12/-14^{\circ}\text{C}$. Ngoài ra cần giữ độ pH trong nước ở mức 7 để giảm tính giòn của nước đá.

22.1.3. Nước đá đục

Nước đá đục còn gọi là nước đá kỹ thuật. Nước đá đục (không trong suốt) là do trong nước có tạp chất. Những tạp chất này có thể là các chất khí, lỏng và rắn.

Ở nhiệt độ 0°C và áp suất 0,98bar, nước có thể hòa tan tổng cộng 29,2mg/l, nghĩa là trong nước có thể hòa tan tới 0,03% thể tích không khí. Khi đóng băng, những chất khí tách ra tạo thành các bọt khí và bị ngậm giữa các tinh thể đá. Mặc dầu không khí trong suốt nhưng do bị phản xạ toàn phần nên nước đá không trong suốt và có màu trắng đục.

Nước thường chứa các loại muối hòa tan, chủ yếu là muối canxi và magiê. Ngoài ra còn có các tạp chất rắn không hòa tan trong nước như cát, bùn nằm lơ lửng trong nước, chúng cũng nằm trong nước đá. Khi đóng băng, các tinh thể đá có xu hướng đẩy các tạp chất, cặn bẩn và không khí ra, càng vào giữa cây đá các tạp chất càng nhiều và dần dần chúng bị ngậm giữa các tinh thể đá làm cho nước đá có màu trắng đục như sữa hoặc màu trắng nhạt.

22.1.4. Nước đá trong suốt

Như đã giới thiệu, quá trình nước đóng băng có hiện tượng tự làm sạch nước nghĩa là nước khi đóng băng xảy ra quá trình tách các cặn bẩn và các thành phần khác ra khỏi các tinh thể đá đang hình thành. Nếu những tạp chất này được lấy ngay khỏi bề mặt tinh thể thì có thể loại trừ được những tạp chất đó khỏi bị ngậm giữa các lớp đá đang hình thành.

Khí đó nước đá sẽ trong suốt. Thường để sản xuất nước đá trong suốt, người ta các sử dụng phương pháp như nhiệt độ nước muối không quá thấp ($-4 \div -6^{\circ}\text{C}$), khuấy ruột cây đá hoặc thổi khí vào đáy khuôn đá. Riêng phần tâm cây đá vẫn đục vì cặn bẩn đọng lại sẽ được hút ra để thay bằng nước sạch mới.

22.1.5. Nước đá pha lê

Nước đá pha lê (tinh thể) được sản xuất từ nước đã khử muối hoàn toàn và khử khí cẩn thận khi tạo đá. Trước đây người ta chỉ sản xuất nước đá pha lê từ nước cất. Ngày nay nước đá pha lê được sản xuất từ nước khử muối hoàn toàn bằng phương pháp hóa học nhờ các thiết bị trao đổi ion. Khối nước đá pha lê hoàn toàn trong suốt cho đến tâm. Khi tan, nước đá không để lại cặn bẩn vì toàn bộ khối đá là đồng nhất và không có cặn bẩn. Chính vì vậy, nước đá pha lê được ưa chuộng sử dụng khi nước đá tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm bảo quản. Nước đá pha lê khi xay nhỏ rất dễ lấy vì ít bị dính. Nước đá pha lê có thể được sản xuất ngay ở các máy đá nhỏ với điều kiện tốc độ nước trên bề mặt đóng băng đủ lớn và nước được khử muối đạt yêu cầu. Khối lượng riêng của nước đá pha lê vào khoảng 910 đến 920 kg/m³.

22.1.6. Nước đá thực phẩm

Nguyên liệu là nước đảm bảo tiêu chuẩn thực phẩm về tạp chất, và về vi khuẩn, đặc biệt vi khuẩn đường ruột. Ngoài ra khi sản xuất nước đá thực phẩm, phải đảm bảo tất cả các quy định về vệ sinh thực phẩm yêu cầu. Nước đá trong suốt và nước đá pha lê được ưa chuộng hơn nước đá đục.

22.1.7. Nước đá khử trùng

Nước đá khử trùng được sản xuất từ nước đã khử trùng bằng hóa chất như hypoclorit canxi, nitrat natri... Đôi khi người ta cho thêm các chất kháng sinh như clotetracylin 0,0001 đến 0,0005%. Nước đá khử trùng dùng chủ yếu trong công nghiệp cá để chuyên chở và bảo quản cá tươi. Dùng nước đá khử trùng có chất kháng sinh có thể tăng thời hạn bảo quản cá lên 1,5 lần.

22.1.8. Nước đá từ nước biển

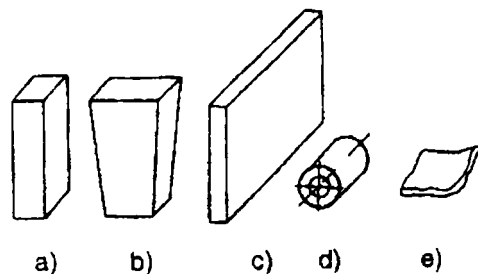
Nước đá từ nước biển được sản xuất từ nước biển có nồng độ cao, chủ yếu sử dụng trong công nghiệp cá để chuyên chở và bảo quản cá tươi khi đánh bắt ngoài biển. Nhờ độ mặn cao nên nhiệt độ nóng chảy thấp hơn 0°C nên chất lượng bảo quản cá cao hơn và thời hạn bảo quản kéo dài có khi đến 2 ÷ 3 lần.

22.1.9. Hình dạng nước đá

Nước đá đôi khi cũng được phân loại theo hình dáng nước đá khối, nước đá tấm, nước đá thổi, nước đá ống, nước đá mảnh và nước đá tuyết... tùy theo công nghệ và thiết bị sản xuất chúng (hình 22.2).

Nước đá cây (còn gọi nước đá khối) có dạng hình hộp chữ nhật hay hình

chóp cắt. Nói chung nước đá cây được sản xuất bằng cách cho nước đóng băng trong các khuôn hở. Khuôn hình chóp cắt được sử dụng rộng rãi hơn vì dễ lấy đá ra khỏi khuôn. Độ chóp khoảng $2 \div 4\%$. Tỷ lệ các cạnh là $1:2$, hân hữu là $1:1$. Chiều cao các khuôn từ 800 đến 1200mm. Khối lượng tiêu chuẩn là 5; 12,5; 25; 50; 100; 150; 200; 300kg. Các khuôn chứa khoảng 80% thể tích. Giới hạn này xuất phát từ hai lý do: khi đông thành đá nước đá tăng thể tích khoảng 9% và để nước muối ngập toàn bộ chiều cao cây đá.



Hình 22.2. Một vài dạng nước đá
a, b) Nước đá cây; c) Nước đá tấm;
d) Nước đá ống; e) Nước đá mảnh

Nước đá tấm (hình 22.2c): Chiều dài $3 \div 6$ m, chiều cao $2 \div 3$ m, dày $250 \div 300$ mm, khối lượng 1,5 đến 5,5 tấn được sản xuất bằng cách phun nước lạnh lên các tấm hay hơi có kích thước tương tự. Khi đủ độ dày yêu cầu người ta nâng nhiệt độ tấm bay hơi và tấm đá được tách ra.

Nước đá ống (h.22.2d) là các thỏi đá hình trụ rỗng, được sản xuất trong các ống $\phi 57 \times 3,5$ hoặc $\phi 38 \times 3$ mm, do đó nước đá có kích thước $\phi 50$ hay $\phi 32$ rỗng. Các ống nước đá này được dao cắt tự động ra các thỏi có chiều cao $30 \div 100$ mm.

Nước đá mảnh: kích thước hình dạng rất khác nhau, có độ dày 0,5 đến 5mm, được sản xuất trên bề mặt thùng quay và sau đó dùng dao tách ra.

Nước đá tuyết: là loại nước đá xốp như tuyết được sản xuất trong thiết bị đá tuyết.

22.2. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT NƯỚC ĐÁ

22.2.1. Bể nước đá cây

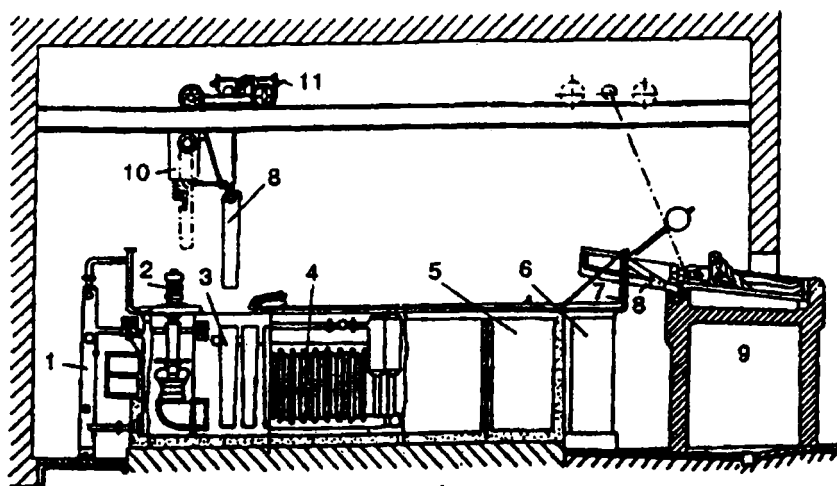
1. Bể nước đá đục. Bể nước đá cây được sử dụng từ rất lâu và hiện nay vẫn được sử dụng rộng rãi. Bảng 22.3 giới thiệu kích thước các cây đá tiêu chuẩn.

Hình 22.3 giới thiệu kết cấu của một bể đá thông dụng. Bể nước muối được chia làm hai ngăn, ngăn lớn để bố trí các khuôn đá còn ngăn nhỏ để bố trí dàn bay hơi ra làm lạnh nước muối. Trong bể có bố trí một bơm nước muối tuần hoàn mạnh từ dàn bay hơi ra làm lạnh khuôn rồi lại quay lại dàn bay hơi. Bơm nước muối bố trí thẳng đứng để tránh rò rỉ nước muối ra ngoài. Dàn bay

hơi kiểu ống đứng hoặc kiểu xương cá có khả năng tăng khả năng trao đổi nhiệt lên đáng kể. Các khuôn đá được ghép lại với nhau thành linh đá suốt chiều ngang của bể, thường từ 15 đến 17 khuôn. Các linh đá không phải đứng im trong bể mà chuyển động từ đầu này đến đầu kia của bể nhờ cơ cấu chuyển động xích. Khi một linh đá kết đông xong và được nhắc ra khỏi bể thì cơ cấu xích chuyển động dồn tất cả các linh đá lên chừa ra phía cuối bể một khoảng hở vừa đủ để đặt linh đá đã đổ đầy nước mới vào. Chuyển động giữa nước muối tuần hoàn và linh đá là ngược chiều.

Bảng 22.3. Thông số cơ bản các loại đá khối tiêu chuẩn

Khối lượng, kg	Tiết diện trên mm x mm	Tiết diện dưới mm x mm	Chiều cao, mm		Thời gian làm đá, h ở -7°C
			Chuẩn	Tổng	
5	190 x 85	160 x 55	615	630	1 ÷ 1,2
5	180 x 80	160 x 60	505	515	1 ÷ 1,2
7	200 x 80	190 x 70	650	665	1 ÷ 1,5
10	190 x 110	160 x 80	835	850	2,2 ÷ 2,5
12,5	190 x 110	160 x 80	1101	1115	7 ÷ 9
25	245 x 150	217 x 137	1101	1115	18 ÷ 20
25	190 x 190	160 x 160	1101	1115	20 ÷ 22
50	380 x 190	340 x 160	1101	1115	40 ÷ 45
150	280 x 560	254 x 534		1270	55 ÷ 60
200	280 x 560	254 x 534		1650	65 ÷ 70



Hình 22.3. Bể đá khối

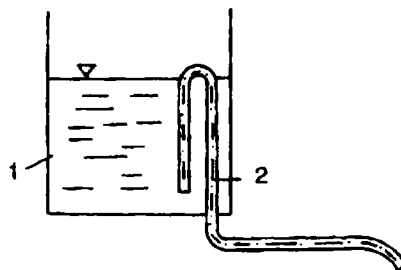
1 - Ống cân bằng; 2 - Bơm nước muối; 3 - Khuôn đá; 4 - Dàn bay hơi ống đứng; 5 - Bể nước muối; 6 - Bể tan giá; 7 - Cơ cấu lật; 8 - Linh đá; 9 - Bàn trượt đá; 10 - Máng rót nước; 11 - Cầu trục chạy điện

Khi đá đã kết đông trong khuôn, toàn bộ linh đá được cầu trục nâng ra khỏi bể và thả vào bể làm tan giá. Các khuôn đá nóng lên, lớp băng dính khối đá với khuôn tan ra, cầu trục sẽ nâng linh đá lên đặt vào cơ cấu lật. Do tự trọng, linh đá lật và các khối đá trượt lên bàn trượt đá để vào kho chứa đá, còn linh đá được cầu trục đưa đến máng rót nước. Máng rót nước tự động nhiều vòi có định lượng rót đồng thời cho tất cả các khuôn đá lượng nước đã định trước. Sau khi rót nước xong linh đá được đặt vào đầu bể, vị trí mà cơ cấu chuyển động xích vừa đẩy toàn bộ các linh đá dịch ra. Hình 22.4 giới thiệu cơ cấu rót. Đoạn ống cong có tác dụng giữ nước đầy máng khi máng lệch nghiêng một góc nhỏ.

Máy lạnh phục vụ cho bể muối thường là máy lạnh amoniác một cấp, thiết bị ngưng tụ là bình ngưng ống chùm, tháp ngưng hay dàn tưới. Dàn bay hơi là kiểu ống đứng hoặc dàn xương cá, có cấu tạo ra dòng chảy rối tăng cường trao đổi nhiệt.

Nước muối thường sử dụng là loại nước muối ăn NaCl hoặc clorua canxi CaCl_2 và đôi khi MgCl_2 . Các loại nước muối này đều có tính ăn mòn cao đặc biệt NaCl , do đó CaCl_2 và MgCl_2 được sử dụng nhiều hơn. Độ pH

của dung dịch nên duy trì ở 7 đến 8 để hạn chế ăn mòn. Ở Mỹ người ta hay sử dụng bicrômat hòa vào nước muối để chống ăn mòn, nhưng cần cân nhắc vì chất này có tính ăn mòn da.



Hình 22.4. Cơ cấu rót
1 - Máng nước; 2 - Vòi rót

2. Sản xuất nước đá trong suốt

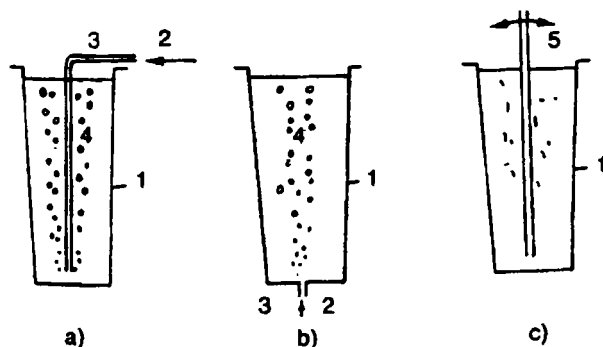
Nước đá trong suốt được sản xuất từ nước sạch các muối. Thường xử lý hóa chất cho nước bằng cách cho Ca(OH)_2 , các muối NaCO_3 hoặc $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, các chất vô cơ hòa tan trong nước biến thành các chất không tan và ngưng đọng lại thành bùn. Celle và Anthenrieth đã xác định giới hạn cho phép để sản xuất nước đá trong như giới thiệu trong bảng 22.4.

Ngoài tiêu chuẩn về nước, muốn sản xuất nước đá trong suốt cần phải khuấy để cặn bẩn và bọt khí bám tách ra khỏi bề mặt hình thành đá. Hình 22.5 giới thiệu ba phương pháp khuấy bề mặt kết đông đá để sản xuất nước đá trong suốt.

Phương pháp áp thấp là sử dụng khí nén ở áp suất thấp 0,2 đến 0,25 bar áp suất dư, thổi vào giữa khuôn và khi đá đông gần đến giữa khuôn phải rút ống phun khí ra. Khi đầu ống bị đóng băng phải dùng nước nóng hoặc hơi phun vào để nhỏ ống ra. Khí nén thổi theo phương pháp này không cần khử ẩm triệt để.

Bảng 22.4. Các giới hạn cho phép để sản xuất nước đá trong suốt

Hóa chất	Giới hạn cho phép
Cacbonat canxi hoặc magiê nói chung	- Đến 70mg/l không cần xử lý với Ca(OH)_2 nhưng nên xử lý với $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ để biến thành các sunfat ít nguy hiểm hơn - Trên 70mg/l, cần xử lý Ca(OH)_2 để hàm lượng của nó xuống đến 30 ÷ 40mg/l
Ôxit sắt	Cần xử lý với Ca(OH)_2 ngay ở hàm lượng 0,2mg/l, nếu không sẽ bị biến màu do sắt gây ra
Sunfat canxi Sunfat magiê Clorit canxi Clorit magiê Sunfat natri Clurit natri Cacbonat natri	Cacbonat natri có hại gấp 1,25 lần sunfat và clorit chỉ có hại bằng 0,75 lần sunfat, do đó hàm lượng chung Gr được tính theo công thức: $\text{Gr} = \text{sunfat} + 0,75\text{clorit} + 1,25\text{cacbonat natri}$ Nếu Gr = 170mg/l có thể sản xuất đá loại một với nhiệt độ nước muối trung bình và có thể không khí khuôn Nếu Gr = 170 ÷ 350mg/l: đá loại tốt, thổi không khí vào khuôn mạnh và nhiệt độ nước muối không thấp hơn -8°C Nếu Gr > 350mg/l: khó sản xuất nước đá trong Nếu Gr > 700mg/l: không thể sản xuất nước đá trong



Hình 22.5. Phương pháp khuấy để sản xuất đá trong suốt

a) Phương pháp áp thấp; b) Phương pháp áp cao;

c) Phương pháp khuấy

1 - Khuôn đá; 2 - Khí thổi vào; 3 - Vòi phun;

4 - Bọt khí; 5 - Que tắc

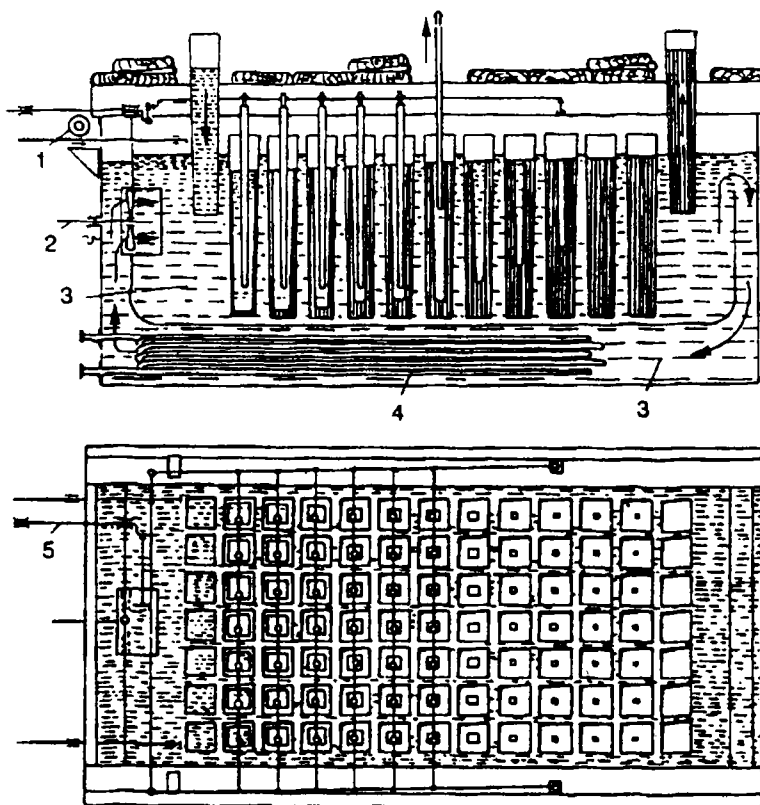
Phương pháp áp cao là sử dụng khí nén ở áp suất dư cao từ 1,5 đến 2 bar. Sử dụng phương pháp này người ta khắc phục được nhược điểm là phải rút ống phun ra kịp thời của phương pháp áp thấp. Tuy nhiên ở đây lại xuất hiện nhược điểm là mũi phun nằm trong nước muối, rất dễ tắc do nước, ẩm trong khí nén đóng băng bịt kín. Do đó, khí nén áp cao phải được khử ẩm triệt để.

Phương pháp thứ 3 tương đối đơn giản là dùng một que gỗ khuấy, nhưng cũng phải kịp thời rút que ra, nếu không que sẽ bị đóng băng vào khối đá. Hình 22.6 giới thiệu cơ cấu khuấy kiểu này được Linde (Đức) sử dụng vào năm 1881. Khoảng gần một nửa số khuôn đá được bố trí cơ cấu khuấy. Các cơ cấu khuấy được bố trí cho tất cả các khuôn của một linh đá.

Hai đầu được lắp vào hai que lắc truyền động từ một cơ cấu lắc với tốc độ 40 đến 50 lần/phút. Do được cố định một đầu ở thành bể nên cơ cấu lắc ở mỗi linh có độ dày đóng băng khác nhau, có biên độ khác nhau phù hợp. Khi

đá kết đông gắn vào đến tâm thì cơ cấu lắc phải được lấy ra khỏi khuôn đá để không bị đóng băng vào khuôn đá. Khoảng nước đá còn lại ở tâm là nước đá đục. Có thể cải thiện chất lượng nước đá này bằng cách hút lượng nước bẩn còn lại đó ra và thay lượng nước sạch mới vào.

Nước đá pha lê: Nước đá pha lê là nước đá hoàn toàn trong suốt được sản xuất từ nước cất hoặc nước được xử lý nghiêm ngặt khỏi các tạp chất khác. Nhưng do giá thành đắt và ít thông dụng nên hầu như nước đá pha lê ít có ý nghĩa thực tế.



Hình 22.6. Cơ cấu lắc để sản xuất nước đá trong suốt

1 – Cơ cấu đẩy linh đá; 2 – Máy khuấy; 3 – Nước muối; 4 – Dàn bay hơi;
5 – Cơ cấu truyền động của cơ cấu lắc

3. Nước đá tấm

Nước đá tấm là loại nước đá khối có kích thước dài $3 \div 4\text{m}$; cao $2 \div 2,5\text{m}$, dày $0,25 \div 0,35\text{m}$, nặng $3 \div 4$ tấn. Ưu điểm cơ bản là có thể bảo quản lâu, khó tan. Khi sử dụng phải dùng cưa để cưa nhỏ hoặc đập nhỏ

Nước đá tấm được sản xuất trong một khuôn kiểu tấm có chiều dài, rộng và cao tương tự kích thước tấm đá cần sản xuất. Chung quanh là áo nước muối bố trí kiểu hai vỏ. Khuôn sẽ được đổ đầy nước và được kết đông thành tấm

nước đá. Sau khi tâm tấm kết đông lại với nhau thành một tấm nước đá liền thì người ta cho nước muối nóng vào để làm tan giá lớp nước đá dính vào khuôn và tấm đá được cầu ra ngoài nhờ những móc bằng thép đã bố trí kết đông liền khối nước đá. Nếu chỉ kết đông từ một phía thì thời gian sẽ kéo dài, tuy nhiên có thể tránh được tâm tấm đá bị dồn đầy các tạp chất và tâm bị đục. Cũng có thể sử dụng phương pháp thổi khí vào đáy tấm kết hợp với thay nước tâm tấm để đạt độ trong suốt cao hơn cho tấm đá.

Có thể bố trí môi chất lạnh sôi trực tiếp trong không gian giữa hai vỏ. Khi làm tan giá phải dùng hơi nóng tương tự khi phá băng cho dàn lạnh.

4. Năng suất lạnh yêu cầu và thời gian làm đá

Công suất lạnh yêu cầu là tổng lượng lạnh cấp cho:

- Nước để hạ nhiệt độ xuống 0°C , hóa đá và làm quá lạnh xuống khoảng -5°C .

- Lượng nhiệt của bơm, khuấy.

- Nhiệt tổn thất từ ngoài môi trường vào bể đá qua vách cách nhiệt.

- Nhiệt làm tan giá vỏ khuôn khi lấy đá khỏi khuôn.

- Để hạ nhiệt độ khuôn xuống đến nhiệt độ nước muối.

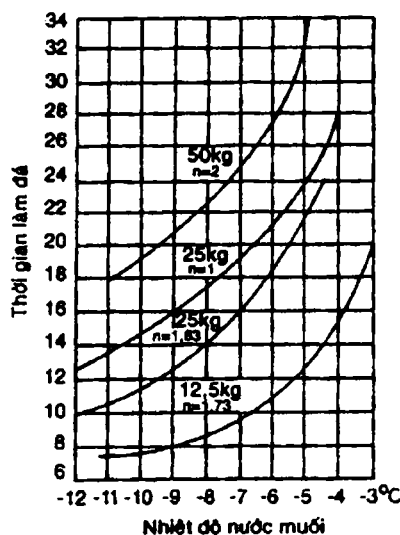
Tùy theo cỡ bể, năng suất lạnh yêu cầu nằm trong giới hạn từ 460 đến 670 kJ/kg đá. Các bể đá nhỏ lấy giá trị lớn và các bể lớn lấy giá trị nhỏ. Tiêu tốn năng lượng để sản xuất đá khối vào khoảng từ 40 ÷ 60 kWh/tấn. Thời gian làm đá theo các tác giả khác nhau rất khác nhau. Theo Pohlmann, thời gian làm đá khá dài (xem bảng 22-3) nhưng nếu tính toán theo công thức kinh nghiệm của Plank, thời gian làm đá ngắn hơn:

$$\tau_0 = \frac{A}{|t_m|} b_0 (b_0 + B) \quad (22-1)$$

τ_0 - Thời gian làm đá, h;

t_m - Nhiệt độ nước muối trung bình trong bể, $^{\circ}\text{C}$;

b_0 - Chiều rộng khuôn (lấy cạnh ngắn của tiết diện lớn nhất của khuôn đá - tiết diện trên), đơn vị là m;



Hình 22.7. Giá trị thực nghiệm thời gian làm đá phụ thuộc vào nhiệt độ nước muối và loại khuôn

A, B các hằng số; giá trị của A và B phụ thuộc vào tỷ số $n = a_0/b_0$ là tỷ số cạnh dài trên cạnh ngắn của tiết diện.

Nếu khuôn hình vuông $n = 1$, $A = 3120$ và $B = 0,036$.

Nếu khuôn hình chữ nhật $n = 2$, $A = 4540$ và $B = 0,026$.

Hình 22-7 giới thiệu giá trị nghiệm thời gian làm đá phụ thuộc vào nhiệt độ nước muối và loại khuôn.

Nhiệt độ trung bình nước muối là khác nhau đối với từng loại nước đá:

Nước đá đục: $t_m = -10^\circ\text{C}$

Nước đá trong suốt: $t_m = -5$ đến -7°C

Nước đá pha lê: $t_m = -4$ đến -6°C

Tốc độ làm đá cũng rất khác nhau. Lúc đầu tốc độ rất nhanh sau đó chậm dần. Ví dụ với khuôn đá 50kg, $n = 2$, nhiệt độ nước muối $-9,5^\circ\text{C}$, thời gian 20h nhưng chỉ trong 3h đầu đã kết đông được khoảng 50%, 7h tiếp theo chỉ kết đông thêm được 33% và 10h cuối cùng chỉ kết đông được nốt 17% còn lại.

Thí dụ 22.1 Hãy tính toán bể đá với các thông số sau: Năng suất 12t/24h; nhiệt độ nước vào khuôn 30°C ; khối đá nặng 25kg; nhiệt độ nước muối trung bình -8°C , làm việc 3 ca (24/24h).

Giải:

- Thời gian làm đá xác định theo (22.1), chọn khuôn hình vuông (bảng 22.3)

$$\tau = \frac{3120}{|-8|} \cdot 0,190(0,190 + 0,036) = 16,8\text{h}$$

- Số lượng khuôn đá:

$$z = \frac{12000 \cdot 16,8}{25 \cdot 24} = 336 \text{ chiếc}$$

- Nếu chọn mỗi linh gồm 6 khuôn thì số linh đá là 56 linh.

- Năng suất bể tính theo giờ là:

$$12000 : 24 = 500\text{kg/h}$$

- Chọn năng suất lạnh riêng là sản xuất 1kg đá 550kJ/kg, năng suất lạnh yêu cầu sẽ là:

$$Q_0 = 550 \cdot 500 = 275000\text{kJ/h} = 76,4\text{kW}$$

22.2.2. Phương pháp Vilbushevich

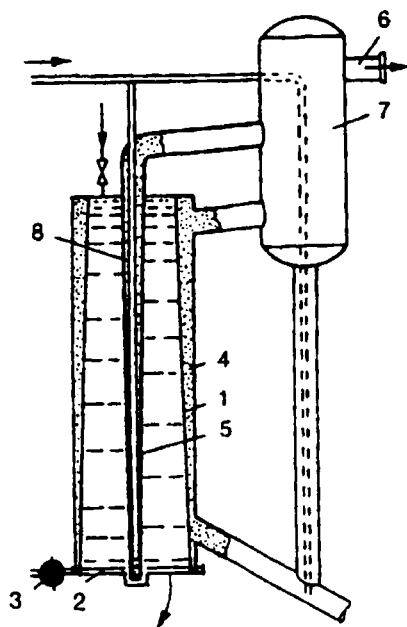
Phương pháp Vilbushevich là phương pháp sản xuất nước đá khối nhanh, sử dụng môi chất lạnh sôi trực tiếp, rút ngắn đáng kể thời gian kết đông đá bằng cách bố trí một hoặc nhiều ống hai vỏ có môi chất lạnh sôi trực tiếp bên trong khối đá cần kết đông. Hình 22.8 giới thiệu nguyên tắc sản xuất đá khối theo phương pháp Vilbushevich.

Khuôn đá 1 là một bình hai vỏ hình vuông hoặc hình chữ nhật, môi chất sôi trực tiếp. Để dễ tháo cây đá khi làm tan giá, kích thước phía dưới lớn hơn. Bên dưới khuôn có một nắp cố định bằng đối trọng hoặc lò xo đảm bảo nước không rò rỉ ra khỏi khuôn. Ở giữa khuôn có bố trí một ống hai vỏ 5 cho môi chất sôi bên trong. Hơi tạo thành trong bình hai vỏ và ống hai vỏ được dẫn về bình tách lỏng 7. Hơi được hút về máy nén và lỏng quay trở lại bình hai vỏ. Sau khi làm lạnh vỏ, người ta cho một ít nước vào khuôn để nắp đóng băng chặt vào khuôn và làm kín khuôn. Sau đó khuôn được đổ đầy nước đã được làm lạnh sơ bộ đến $3\div 4^{\circ}\text{C}$. Do cách bố trí các bề mặt bay hơi như vậy nên đá kết đông cả từ ngoài vào và từ tâm cây đá ra ngoài.

Thời gian kết đông giảm xuống đáng kể. Cây đá 25kg chỉ cần $2 \div 3\text{h}$ là kết đông xong trong khi đó đối với bể muối phải mất 15h.

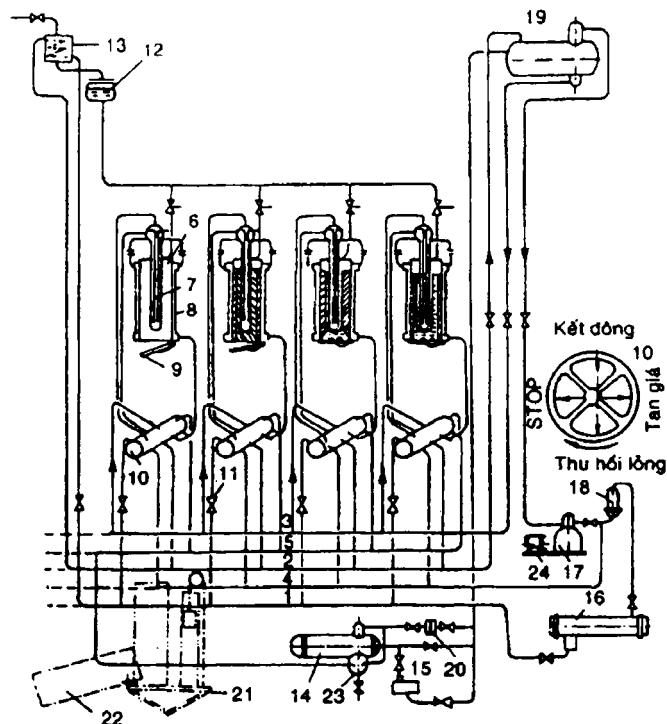
Khi làm tan giá, người ta phải tháo toàn bộ môi chất lỏng vào một bình chứa đặt thấp hơn, sau đó cho hơi nóng vào làm tan lớp băng dính khuôn. Với trọng lực của mình, cây đá tự bật nắp và rơi xuống bàn trượt phía dưới để đi vào kho chứa đá. Có thể kết hợp nhiều khuôn đá thành từng nhóm khuôn, tiến hành rót nước, kết đông và làm tan giá cùng lúc.

Hình 22.9 giới thiệu một sơ đồ hệ thống làm đá kiểu Vibushevich.



Hình 22.8. Nguyên lý sản xuất nhanh đá khối của Vilbushevich

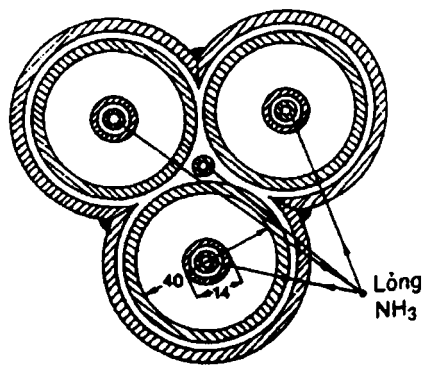
- 1 - Khuôn đá; 2 - Nắp đáy; 3 - Đối trọng;
4 - Vỏ ngoài; 5 - Ống hai vỏ; 6 - Ống cấp lỏng; 7 - Tách lỏng; 8 - Ống hút về máy nén



Hình 22.9. Sơ đồ hệ thống làm đá nhanh kiểu Vilbushevich

- 1 - Đường dẫn lỏng môi chất lạnh; 2 - Đường hơi; 3 - Ống dẫn khởi động tuần hoàn;
 4 - Đường dẫn hơi nóng; 5 - Đường dẫn đi về bình chứa thu hồi; 6 - Khuôn đá;
 7 - Ống bay hơi hai vò; 8 - Khuôn bay hơi hai vò; 9 - Nắp khuôn;
 14 - Bình chứa thu hồi; 15 - Van tiết lưu kiểu phao; 16 - Bình ngưng; 17 - Máy nén;
 18 - Bình tách dầu; 19 - Bình tách lỏng; 20 - Van an toàn;
 21 - Bàn đón lá cây; 22 - Cơ cấu lật đá; 23 - Bầu tách cặn bẩn; 24 - Động cơ điện

Ở chu kỳ kết đông (làm đá), lỏng từ bình ngưng 16 qua van tiết lưu 11, qua van đổi dòng vào ống hai vò và bình hai vò. Hơi sinh ra theo đường 2 về bình tách lỏng và trở lại máy nén. Ở quá trình tan giá, van đổi dòng được quay về vị trí “thu hồi lỏng”, khi đó, lỏng còn lại trên bình 2 vò đi qua van 10 về đường 5 để về bình chứa thu hồi 14. Sau đó quay van đổi dòng về phía “tan giá”, hơi nóng từ trước bình tách dầu đi theo đường 4 đi qua van 10 vào bình hai vò và ống hai vò để làm tan giá, lỏng ngưng tụ sẽ



Hình 22.10. Một loại khuôn đá để sản xuất cây đá hình trụ rỗng kiểu Vilbushevich

theo đường 5 về bình chứa thu hồi. Khi quay van 10 vào vị trí “dừng” - STOP có thể tiết lưu lỏng trở lại bình tách lỏng 19 qua van tiết lưu 15. Một nhánh lỏng được tiết lưu vào bình 13 để làm lạnh sơ bộ nước trước khi đưa vào khuôn. Các cây đá sẽ có một hoặc nhiều lỗ, đó là vị trí của các ống hai vỏ. Nếu khuôn ngoài là hình trụ ta sẽ sản xuất được các cây đá hình trụ rỗng (hình 22.10).

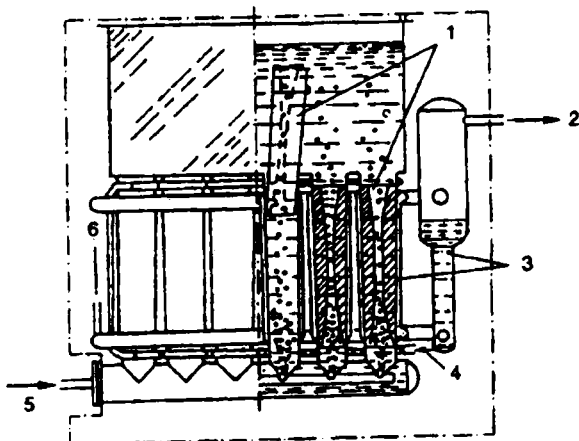
22.2.3. Phương pháp Fechner và Grasso

Cùng với Vilbushevich, một số phương pháp khác được ứng dụng để sản xuất đá khối như các phương pháp của Fechner (Đức), Grasso (Hà Lan), Hubert-Watt (Đức - Mỹ) và Yamada (Nhật). Ở đây sẽ giới thiệu phương pháp Fechner và Grasso.

1. Phương pháp Fechner

Hình 22.11 giới thiệu nguyên lý làm việc của phương pháp Fechner.

Các khuôn đá hình trụ được cố định trong bể nước được làm lạnh trực tiếp bằng môi chất lạnh. Đá được kết đông trên bề mặt khuôn hình trụ. Phía dưới khuôn bố trí các vòi phun không khí để sản xuất đá trong suốt. Khi khối đá đủ dày người ta ngừng cấp lỏng cho khuôn và chuyển sang chế độ làm tan giá, lớp băng bám vào khuôn tan ra, cây đá tự nổi lên phía trên như “tên lửa”. Để đề phòng các cạnh cây đá mắc lại khuôn, người ta bố trí một vòng tuần hoàn glycol nóng đi vòng quanh miệng khuôn khi chuẩn bị làm tan giá. Có thể điều chỉnh làm tan giá một số khuôn nhất định nhờ các van chuyển dòng bốn ngã.



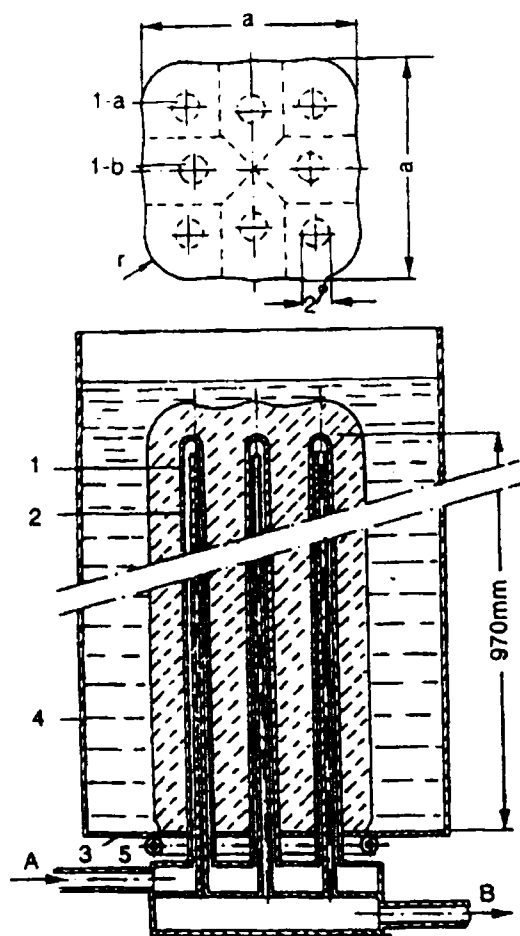
Hình 22.11. Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy làm đá tên lửa Fechner - Astra

- 1 - Khối đá hình trụ; 2 - Hơi về máy nén;
- 3 - Môi chất lạnh; 4 - Đường glycol vào để tan giá;
- 5 - không khí thổi vào; 6 - Tủ bình ngưng đến

2. Phương pháp Grasso

Hình 22.12 mô tả nguyên lý làm việc của hãng Grasso Hà Lan.

Thay bằng các khuôn hình trụ hai vỏ ở trên, Grasso chỉ làm các ống hai vỏ ở đáy bể nước. Các ống này tập trung lại thành từng nhóm (ví dụ như trên hình là 8 ống). Nước đá sẽ đóng băng trên bề mặt ống. Khi các khối băng đông kết lại với nhau thành cây đá thì quá trình kết đông kết thúc và chuyển sang quá



Hình 22.12. Nguyên lý Làm việc của máy làm đá Grasso;

1 – Ống bay hơi; 2 – Ống hút;

3 – Dây bể; 4 – Bể nước; 5 – Vòng làm nóng dây bể;

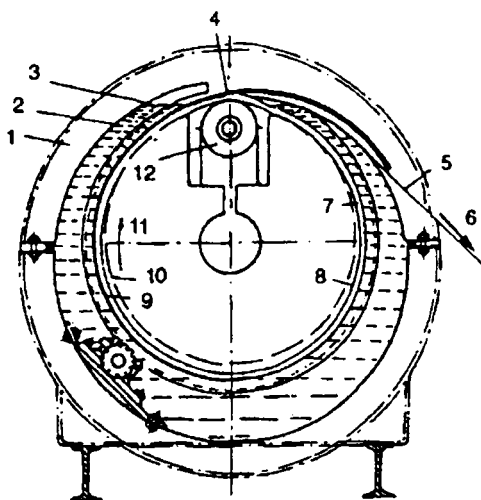
A – Ống góp lỏng NH_3 vào; B – Ống góp hơi

trượt 5 để vào kho đá. Bề mặt đã giải phóng đá lại tiếp xúc với nước và lớp đá bị bóc ra và trượt lên tấm trượt 5 để vào kho đá. Bề mặt đã giải phóng đá lại tiếp xúc với nước và lớp băng mới lại hình thành. Người ta có thể điều chỉnh được lớp đá nhờ điều chỉnh nhiệt độ nước muối hoặc điều chỉnh tốc độ thùng quay. Nếu điều chỉnh mực nước thấp xuống, ta có thể sản xuất được nước đá khô (không còn nước) và quá lạnh (nhiệt độ xuống dưới 0°C).

trình làm tan giá bằng hơi nóng. Cây đá sẽ nổi lên trên. Do không có khuôn bên ngoài nên cây đá sẽ không có hình dáng cố định và cũng không phẳng.

22.2.4. Máy làm đá mảnh Flak-Ice của Crosby Field (York – Coporation)

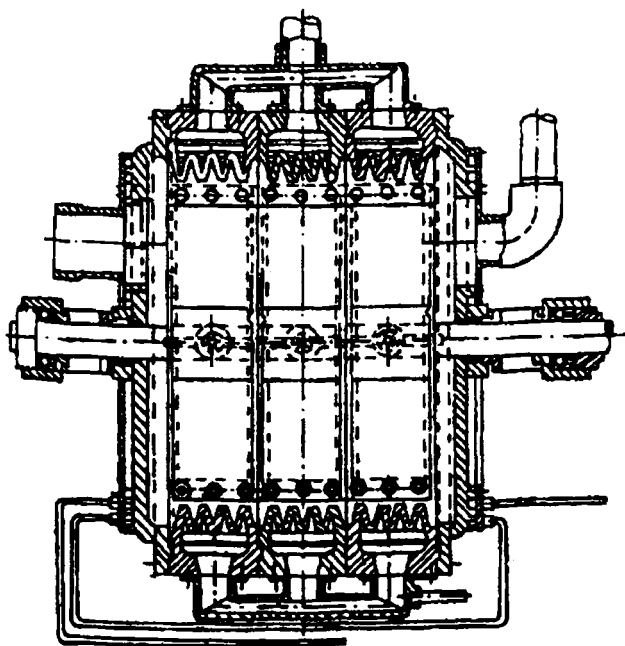
Hình 22.13 giới thiệu nguyên lý làm việc của máy làm đá mảnh Flak-Ice của Crosby Field do hãng York của Mỹ chế tạo. Máy gồm có một thùng quay hình trụ bên trong là nước muối lạnh (hoặc môi chất lỏng sôi). Bên ngoài là thùng nước cũng là hình trụ. Thùng quay chuyển động theo chiều kim đồng hồ nhờ bộ truyền động bánh răng. Khi thùng quay, nước sẽ đóng băng lên bề mặt thùng quay. Ở vị trí 7 đã xuất hiện một lớp đá mỏng, sang vị trí 9, lớp đá đã dày lên. Khi ra khỏi bể mặt nước, lớp đá đã đủ dày và bề mặt thùng quay bị biến dạng nhờ trục quay 12, lớp đá bị bóc ra và trượt lên tấm



Hình 22.13. Nguyên lý làm việc của máy làm đá mảnh;

Flak – Ice (York – Cooperation) của Graso Field

- 1 – Cách nhiệt; 2 – Vỏ tôn; 3 – Mực nước; 4 – Đá bị lột khỏi bề mặt biến dạng; 5 – Tấm trượt; 6 – Đèn kho đá; 7 – Lớp đá mỏng; 8 – Khuôn hình trụ; 9 – Lớp đá dày; 10 – Thùng nước muối; 11 – Chiều quay; 12 – Trục quay

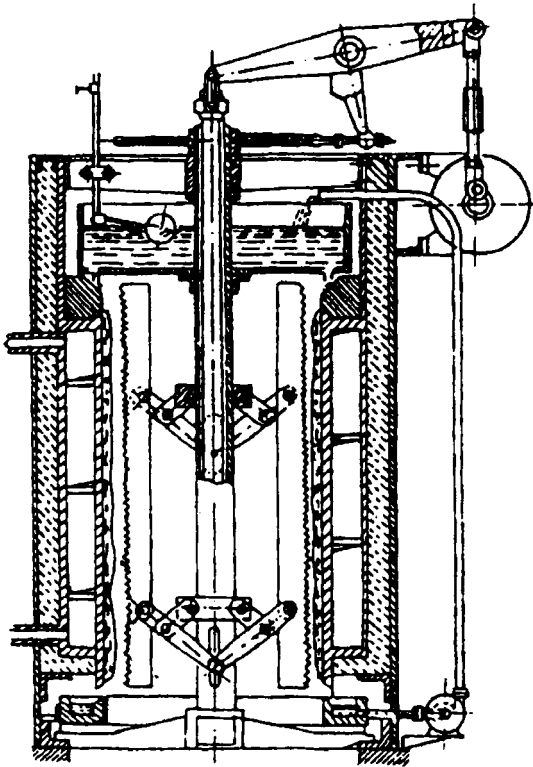


Hình 22.14. Mặt cắt qua một máy làm đá tuyết Pak-Ice của Taylor

22.2.5. Máy làm đá tuyết Pak-Ice của Taylor

Hình 22.14 giới thiệu mặt cắt của máy làm đá tuyết của Taylor (Mỹ). Máy bao gồm một tang trống, hai đầu có hai nắp và phía ngoài có môi chất lạnh sôi bên trong có hai lưỡi nạo quay với tốc độ 250vòng/phút để nạo đá hình thành trên tang trống. Để tăng bề mặt trao đổi nhiệt phía nước người ta tạo các đường zíc zắc. Nước sẽ được cấp vào một nắp và hỗn hợp nước + đá vụn ra phía nắp kia. Để nạo được toàn bộ đá, dao nạo phải có hình zíc zắc tương ứng với bề mặt trong tang trống. Hỗn hợp nước + đá vụn được đưa qua một lưới lọc để lọc lấy đá còn nước lại được đưa trở lại máy. Nước cấp cho máy phải có nhiệt độ gần 0°C nên phải được làm lạnh sơ bộ trước. Vì tốc độ lưỡi dao nạo lớn nên bề mặt phía trong tang trống luôn được tiếp xúc với nước lạnh để tạo đá do đó hệ số truyền nhiệt đạt được khá lớn khoảng $1600\text{W/m}^2\text{K}$ nên kích thước máy rất gọn nhẹ. Loại đá tuyết này thường chỉ sử dụng để làm lạnh trực tiếp chất lỏng. Để bảo quản, vận chuyển và sử dụng dễ dàng hơn, Taylor đã phát minh thêm một loại máy ép viên đá tuyết thành đá cục dạng quả bóng loại 230g và 450g. Lực nén để ép

viên khoảng 70bar. Loại đá 230g có kích thước 8,8 x 8,8cm. Máy đá tuyết do hãng Vilter (Mỹ) chế tạo, tang trống thường gồm nhiều đơn nguyên (trên hình 22.14 là 3 đơn nguyên) để có thể thay đổi năng suất làm đá. Mỗi đơn nguyên có năng suất khoảng 5t đá/ngày ở nhiệt độ sôi -15°C . Nếu cần một máy đá 30t/ngày ta phải chọn máy có 6 đơn nguyên.



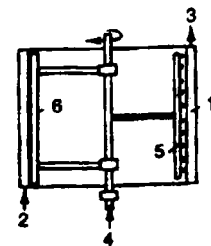
Hình 22.15. Máy làm đá mảnh của Short (Mỹ)

cải tiến chút ít ví dụ trục quay ở giữa chỉ mang một dao cắt còn phía đối diện là vòi phun nước. Nước phun đóng băng ngay khi gặp bề mặt lạnh và được dao nạo ra. Do nước đá có nhiệt độ rất thấp nên nó bóc ra khỏi tang trống rất dễ dàng, chúng rất giòn và có khả năng bảo quản lâu. Hình 22.16 là sơ đồ nguyên lý và 22.17 là cấu tạo máy đá mảnh hiện đại, hình 22.18 là các thông số về năng suất một số loại máy đá mảnh.

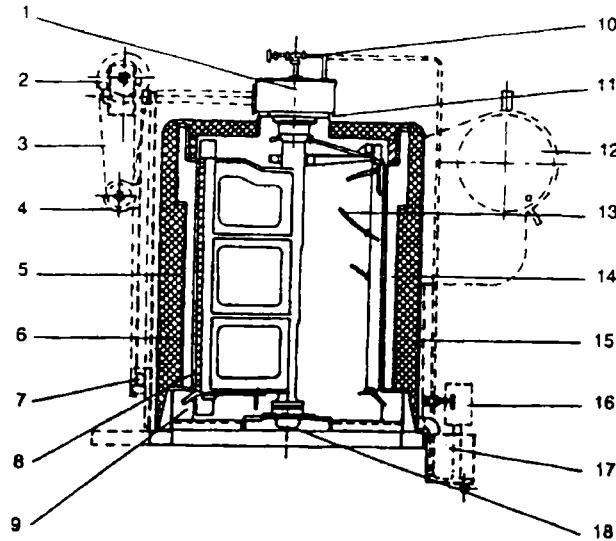
22.2.6. Máy làm đá mảnh của Short và Raver

Cũng đơn giản và gọn nhẹ không kém so với máy đá mảnh của Crosby Field và Taylor là máy đá của Short và Raver (Mỹ). Hình 22.15 mô tả kết cấu máy làm đá của Short. Máy gồm một hình trụ hai vỏ đứng, môi chất lạnh sôi ở bên trong, bên ngoài cách nhiệt. Bên trên có bố trí bể nước và có vòi cho nước chảy đều lên bề mặt trong của hình trụ. Gặp lạnh, nước đóng băng lại và được hai lưỡi nạo có răng cưa nạo khỏi bề mặt hình trụ khi hai lưỡi nạo này quay. Đá mảnh được thu ở phía dưới còn nước thừa được bơm trở lại bể trên cao. Hiện nay phương pháp này được sử dụng rất rộng rãi vì chúng rất kinh tế.

Máy
hiện đại
được

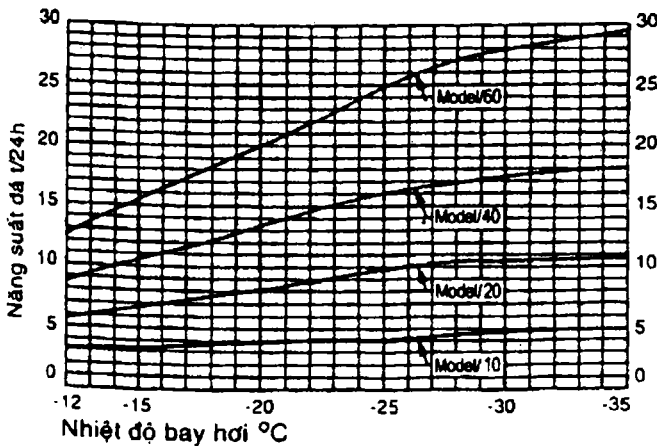


Hình 22.16. Nguyên lý
làm việc máy đá mảnh
1 – Dàn bay hơi hình trụ hai vỏ;
2 – Môi chất lạnh lỏng; 3 – Hơi
môi chất lạnh; 4 – Nước vào;
5 – Dàn phun nước; 6 – Dao nạo



Hình 22.17

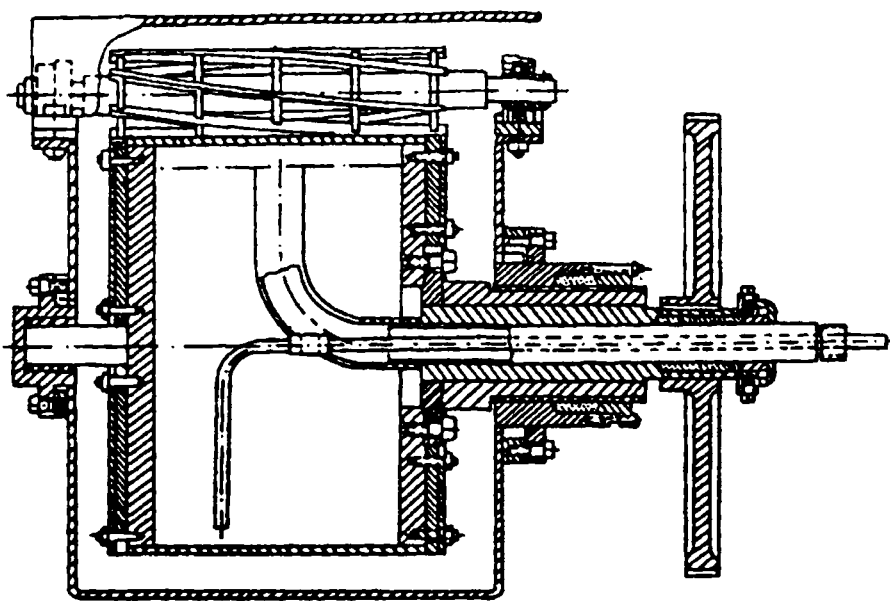
- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 – Hộp tốc độ; | 2 – Hộp giảm tốc; |
| 3 – Đai thang, điều chỉnh được; | 4 – Động cơ; |
| 5 – Buồng bay hơi; | 6 – Cách nhiệt (polyurethane); |
| 7 – Công tắc bảo vệ quá tải; | 8 – Dao nạo đá; |
| 9 – Máy hứng nước; | 10 – Van điều chỉnh nước; |
| 11 – Ổ đỡ trên của rôto; | 12 – Tách nước; |
| 13 – Thiết bị phân phối nước; | 14 – Bề mặt kết đông đá; |
| 15 – Vỏ ngoài; | 16 – Bơm nước; |
| 17 – Bể nước thu hồi; | 18 – Ổ đỡ dưới của rôto |



Hình 22.18. Năng suất một số tổ máy làm đá mảnh theo hình 9.17

Hình 22.19 giới thiệu nguyên lý làm việc của máy làm đá mảnh của Raver.

Máy gồm một tang trống quay, nằm ngang đặt trong bể nước. Môi chất lạnh sôi trực tiếp trong tang trống. Nước đóng băng bên ngoài, trên bề mặt tang trống và được các lưỡi dao quay hình trục vít nạo ra. Nước chỉ ngập 2/3 tang trống.



Hình 22.19. Máy làm đá của Raver (Mỹ)

22.2.7. Máy làm đá ống

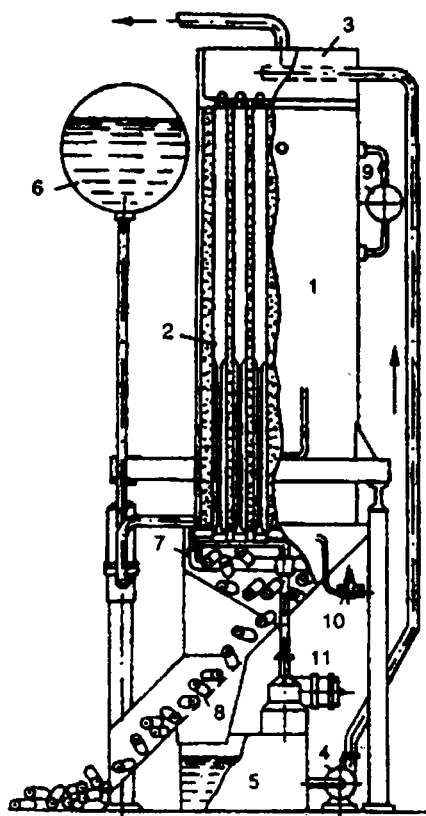
Có rất nhiều kiểu máy làm đá ống khác nhau như của Vogt (Mỹ), Linde (Đức), Escher - Wyss (Mỹ), Astra (Đức), Trépaud (Pháp), Doelz (Đức). Tất cả đều có chung nguyên lý là làm việc theo chu kỳ, kết đông đá trong các ống, môi chất lạnh sôi trực tiếp bên ngoài ống, khi đã kết đông đến chiều dày cần thiết, đổi sang chu kỳ tan giá, các ống đá rơi xuống và được dao cắt ra từng thỏi đá rỗng $\phi = 30$ đến 50mm dài 50 đến 100mm.

Hình 22.20 giới thiệu kết cấu máy làm đá ống của Vogt (Mỹ). Máy gồm một bình hình trụ đứng, bên trong bố trí nhiều ống làm đá (kết cấu tương tự bình ngưng ống vỏ đứng), bên trên là thùng nước có bộ phận phân phối nước cho nước chảy đều lên bề mặt trong ống. Phía dưới có thùng hứng nước thừa không kết đông được thành đá. Khi độ dày ống đá đạt $10 \div 15\text{mm}$ thì kết thúc quá trình làm đá để chuyển sang quá trình tan giá.

Ở quá trình tan giá, người ta dùng bơm nước, đóng van cấp lỏng và đường hút sau đó mở van 10 cho hơi nóng tràn vào, đẩy lỏng vào bình chứa thu hồi 6 và làm tan lớp băng của các ống đá. Các ống đá rơi xuống và được dao cắt ra theo độ dài yêu cầu. Sau đó quá trình làm đá lại bắt đầu. Lỏng từ bình chứa 6 được đưa về dàn ống, van cấp lỏng và van hút mở, bơm nước hoạt động trở lại.

Các ống khuôn đá thường dùng cỡ $\phi 57 \times 3,5\text{mm}$ do đó đường kính ngoài đá ống khoảng 40mm. Thời gian làm đá tùy theo độ dày đá, nhiệt độ bay hơi, còn thời gian tan giá khoảng 2 phút và độ dày tổn thất khi tan giá khoảng 0,5mm. Một máy đá ống 10t/24h có kích thước khoảng: cao 3,9m, dài 2,9m, rộng 1,9m.

Để giảm tổn thất khi tan giá các ống khuôn đá phải có kích thước đồng đều, nhẵn thẳng ở phía trong ống. Người ta chế tạo các máy đá ống năng suất đến 60t/24h.



Hình 22.20. Nguyên lý làm việc của máy làm đá ống của Vogt (Mỹ)

- | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|---|
| 1 – Vỏ ngoài; | 2 – Các ống làm đá; | 3 – Thùng nước phía trên với bộ phân phối nước; |
| 4 – Bơm nước tuần hoàn; | 5 – Thùng nước phía dưới; | 6 – Bình chứa thu hồi amoniác; |
| 7 – Cơ cấu cắt đá ống; | 8 – Lưới thoát nước; | 9 – Van tiết lưu phao; |
| 10 – Đường hơi nóng vào làm tan giá; | 11 – Hộp tốc độ của dao cắt | |

22.2.8. Máy đá cỡ nhỏ

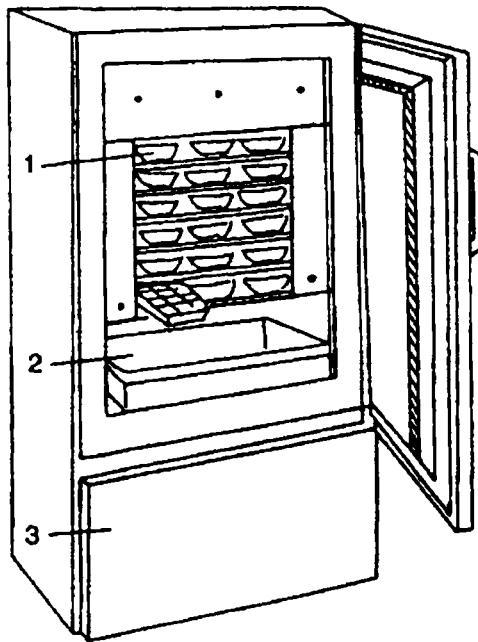
Các loại máy đá cỡ nhỏ vài chục kg đến vài trăm kg đá/24h thường là các loại máy đá hoàn toàn tự động, sản xuất đá cục trong khay hoặc đá mảnh. Các

loại máy này rất cần thiết phục vụ cho các quán hàng giải khát, quán ăn, nhà hàng, khách sạn, cho các mục đích tiêu dùng, phục vụ đời sống, y tế, các bệnh viện và trong cả các xí nghiệp...

Một phần nhu cầu này đã được đáp ứng bằng các tủ lạnh gia đình, tủ lạnh thương nghiệp nhưng các nhu cầu đối với các máy làm đá vẫn rất lớn, chính vì vậy đã có nhiều cơ sở sản xuất các máy đá, tủ đá nhỏ chuyên dùng. Hình 22.21 mô tả một tủ chuyên dùng để sản xuất các khay đá nhỏ. Đây là dạng tủ đá đơn giản nhất. Các giá đặt khay đều là dàn bay hơi phía dưới để thu nhiệt của khay đá qua sự truyền nhiệt trực tiếp từ khay sang tấm đỡ đến dàn. Chính vì vậy sự tiếp xúc giữa dàn bay hơi với khay đá qua tấm đặt khay đá là rất quan trọng.

Nếu tiếp xúc không tốt thời gian làm đá sẽ kéo dài vì khe hở không khí giữa khay và dàn tuy rất nhỏ nhưng lại có trở nhiệt rất lớn. Đôi khi để tạo sự tiếp xúc tốt người ta phải làm ướt đáy khay. Khi đóng băng, lớp đá mỏng này có tác dụng truyền nhiệt từ khay xuống dàn.

Ngày nay, các loại máy đá nhỏ rất phong phú và đa dạng đặc biệt ở Mỹ. Các máy này làm việc theo hai phương pháp liên tục và chu kỳ. Máy làm việc theo phương pháp liên tục chủ yếu là sản xuất đá mảnh, nguyên lý làm việc là cho nước chảy trên bề mặt ngoài trong một ống bay hơi hình trụ. Đá hình thành trên đó được một dao nạo kiểu cánh quay hoặc trục vít nạo ra khỏi bề mặt bay hơi, và đẩy vào thùng chứa. Hình 22.22 giới thiệu một nguyên lý làm việc như vậy. Máy gồm một ống thép không gỉ b chung quanh được quấn ống xoắn ruột gà là dàn bay hơi trực tiếp làm lạnh ống thép không gỉ. Nước được đổ đầy vào trong ống thép không gỉ. Đá sẽ kết đông trên bề mặt trong của ống thép. Khi quay trục vít xoắn, nước đá sẽ được nạo ra khỏi bề mặt trong ống thép và vận

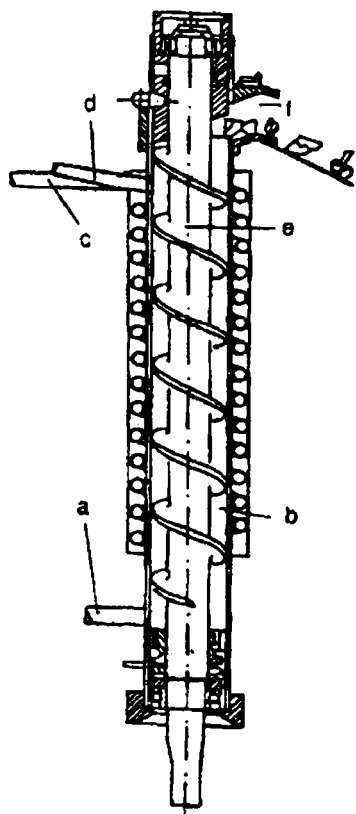


Hình 22.21. Tủ đá chuyên dùng để làm đá viên hình lập phương

- 1 – khay đá; 2 – Khay làm lạnh nước sơ bộ;
3 – Thùng chứa đá

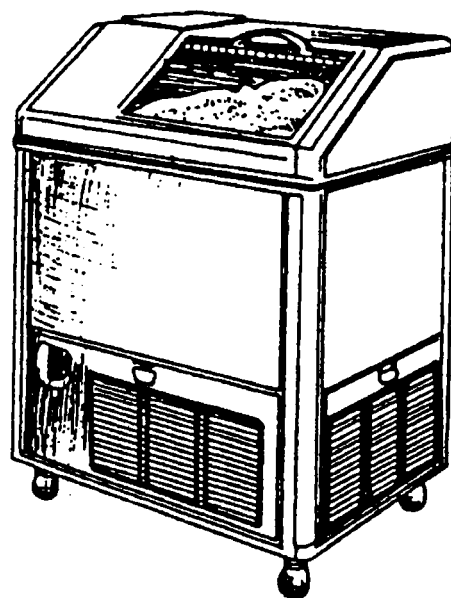
chuyển lên phía trên, đẩy qua cửa f rơi vào thùng chứa đá. Đá có kích thước khoảng 1,5cm chiều dài rất cứng và trong suốt. Có ba loại năng suất là 160, 250 và 450kg đá/24h. Phương pháp này rất kinh tế, máy có kích thước nhỏ và tiêu tốn năng lượng nằm trong khoảng $40 \div 45 \text{W/kg}$ đá. Thông thường máy đá được trang bị đồng thời một thùng chứa đá, trông bên ngoài giống như một thùng lạnh (hình 22.23). Đá được vít xoắn đưa thẳng vào đây. Người ta bố trí một role nhiệt độ phía trên, khi nào đây, đá chạm vào đầu cảm nhiệt, role nhiệt độ sẽ ngắt máy.

Các loại máy làm việc theo chu kỳ hầu hết đều theo nguyên tắc phun nước hoặc chảy trên bề mặt lạnh để nạo đá sau đó làm tan giá để tách đá rơi ra, sau đó được đưa vào thùng chứa. Do có hai chu kỳ làm đá và tan giá nên tiêu tốn năng lượng của phương pháp này cao hơn.



Hình 22.12. Nguyên tắc làm việc máy làm đá Scotsman-Flak-Ice-Maker

- a) Nước vào; b) Ống thép không gỉ;
- c) Lối vào; d) Lối ra của ga lạnh;
- e) Dao nạo kiểu trục vít xoắn để nạo phá mảnh và chuyển đá vào thùng chứa;
- f) Lối ra đá



Hình 22.23. Máy làm đá Scotsman – Flak – Ice – Maker với thùng chứa đá

22.3. BẢO QUẢN VÀ VẬN CHUYỂN NƯỚC ĐÁ

Rất nhiều khi, lạnh được sử dụng một cách ô ạt tức thời với một số lượng lớn ở khoảng nhiệt độ trên 0°C , ví dụ cấp đá cho cả đoàn tàu đánh cá, một đoàn tàu lạnh.... Với nhiệt ẩn hóa lỏng 334kJ/kg , nước đá được coi là một chất tải lạnh lý tưởng cung cấp cho nhiều mục đích sử dụng khác nhau với hiệu quả kinh tế lớn, kịp thời và nhanh chóng.

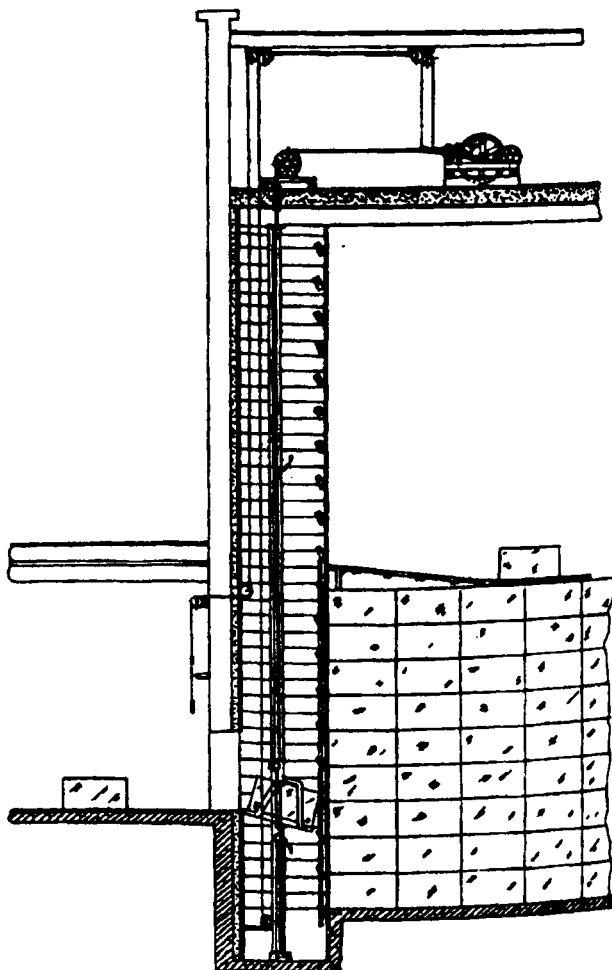
Nước đá được sử dụng trong rất nhiều ngành kinh tế khác nhau, ví dụ:

- Công nghiệp chế biến sữa;
- Công nghiệp rượu, bia;
- Công nghiệp chế biến và đánh bắt hải sản;
- Công nghiệp chế biến gia cầm, thịt;
- Công nghiệp chế biến thực phẩm nói chung;
- Công nghiệp hóa học để điều khiển tốc độ phản ứng...
- Công nghiệp xây dựng (thu nhiệt của vữa bê tông)...
- Y tế và thể dục, thể thao...

Có nhiều phương pháp bảo quản nước đá: bảo quản trong kho, bảo quản trong thùng chứa, silô, dự trữ lạnh trong bể nước hoặc bể nước muối lạnh dưới dạng cháo lạnh...

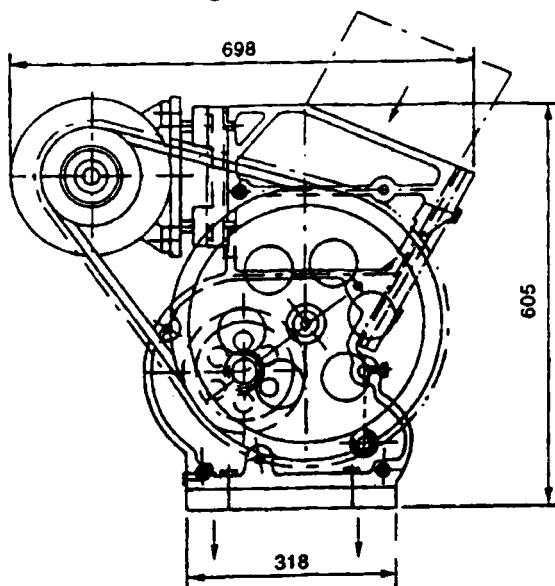
22.3.1. Đá khối

Đá khối thường được bảo quản trong các kho đá cho các thời gian tiêu dùng cao điểm. Kho đá là các kho cách nhiệt được bố trí dàn lạnh tĩnh trên

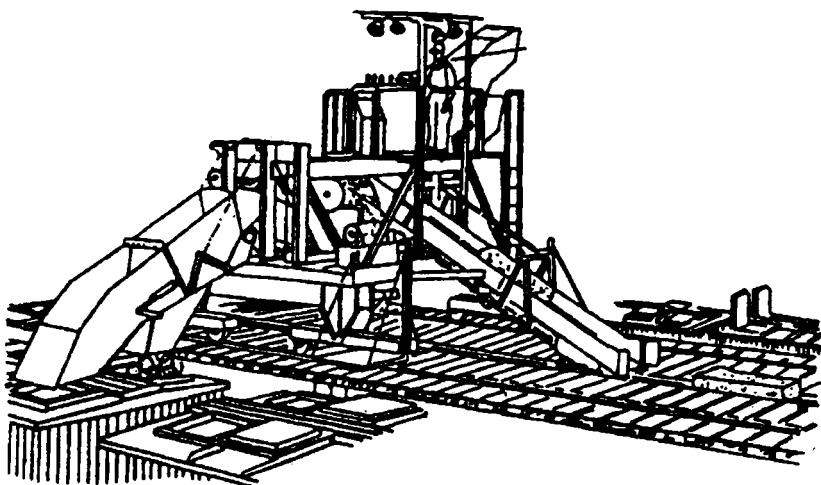


Hình 22.24. Cơ cấu nâng hạ đơn giản trong kho đá

trần, nhiệt độ trong kho từ -2 đến -4°C . Từ bàn tháo đá của bể đá, người công nhân phải đẩy khối đá đến cuối bàn. Từ đây đá được trượt theo bàn trượt có độ nghiêng $7\div 10\%$ đến kho đá. Trong kho đá có bố trí các cơ cấu nâng hạ để nâng lên độ cao cần thiết. Sau đó người công nhân lại phải sắp xếp các cây đá vào vị trí phù hợp. Hình 22.24 mô tả một kho đá với cơ cấu nâng hạ đơn giản đưa đá vào kho và lấy đá ra khỏi kho. Với cơ cấu đơn giản như vậy người ta đã xây dựng ở đoạn đường sắt Los-Angeles-Chicago những kho đá lớn, chiều cao xếp đá đến 20m để tiếp đá cho các toa tàu lạnh và điều hòa không khí.



Hình 22.25. Máy xay đá của Searefico kích thước đá đưa vào 1/2 cây (25kg) và $2 \times 1/2$ cây ($2 \times 25\text{kg}$) công suất động cơ 0,75-2 và 3,7kW. Kích thước đá sau khi xay: 5 cỡ $10 \div 50\text{mm}$; Năng suất: $4 \div 6 \text{ t/h}$



Hình 22.26. Trạm tiếp đá cho các toa tàu hỏa lạnh. Hãng Link-Belt (Mỹ)

Trong một số trường hợp đá khối được sử dụng trực tiếp ví dụ để xếp vào các toa tàu lạnh, nhưng đa số người ta phải xay nhỏ khi sử dụng. Hình 22.25 giới thiệu máy xay đá của Searefico và hình 22.26 giới thiệu trạm tiếp đá cho các toa tàu lạnh của Mỹ. Đá khối theo băng tải lên trạm xay đá sau đó theo các ống tiếp đá để vào các toa lạnh.

22.3.2. Đá mảnh

Không giống như đá khối được xếp chồng lên nhau, đá mảnh thường được bảo quản trong các thùng chứa hoặc silô. Thể tích cần thiết để chứa một tấn đá cũng khác nhau đối với từng loại.

Đá mảnh 2,13 m³/t;

Đá ống 1,87 m³/t;

Đá xay từ cây đá 1,59 m³/t;

Đá cây (xếp trên giá gỗ) 1,92 m³/t.

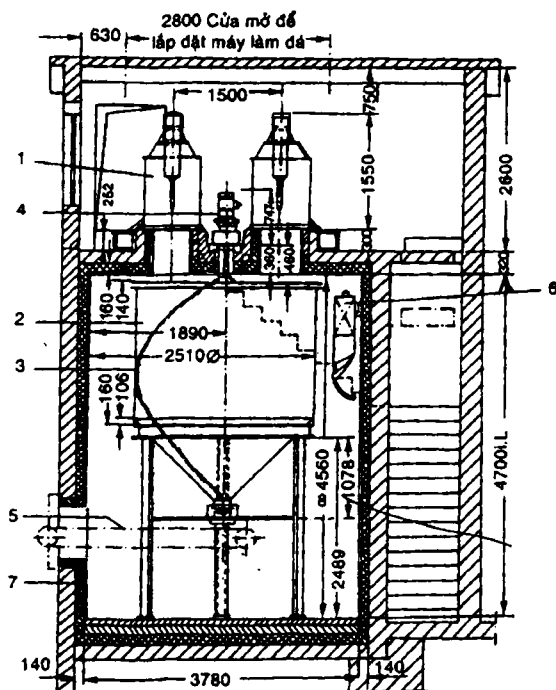
Các loại đá mảnh, đá vụn có xu hướng vón thành cục. Cần phải lưu ý là ở áp suất cao, nước đá chảy thành nước ở nhiệt độ thấp hơn 0°C. Với chiều cao chứa đá lớn, các mảnh đá nằm phía dưới sẽ chịu lực ép lớn, đặc biệt các cạnh bên của mảnh đá, các cạnh đó tan ra nhưng do toàn bộ khối đá có nhiệt độ quá lạnh nên khi không phải chịu lực ép nữa, chúng lại đông lại và như vậy vón thành các cục lớn. Chính vì vậy cần đề phòng sự vón cục để các thùng chứa đá lớn cũng như các silô làm việc không bị trục trặc.

Các thùng chứa và silô nhỏ dùng để chứa mảnh đá ngắn hạn không cần làm lạnh bổ sung. Chúng chỉ cần được cách nhiệt tốt để độ quá lạnh của nước đá đủ để tránh sự vón cục. Ngoài ra, để tránh vón cục và kết đông đá lại thành từng khối, phải tuyệt đối tránh rò lọt không khí bên ngoài vào. Nếu chúng bị rò lọt, ẩm trong không khí sẽ đóng băng lên các mảnh nước đá quá lạnh và kết đông chúng thành khối.

Các thùng chứa silô lớn cần thiết phải được làm lạnh bổ sung. Theo kinh nghiệm, để tránh vón cục và để tránh đá vụn chảy xuống một cách dễ dàng, cần duy trì nhiệt độ thùng chứa hoặc silô thấp hơn nhiệt độ nước đá khoảng 2°C. Như vậy đá mảnh có nhiệt độ -7 đến -8°C thì nhiệt độ thùng chứa phải là -9 đến -10°C. Cửa tháo đá cần phải hoàn toàn kín khi không lấy đá ra.

Người ta xây dựng các silô chứa đá mảnh có dung tích 800t và silô chế

tạo sẵn cũng có dung tích đến 100t. Hình 22.27 giới thiệu một silô chứa đá, mảnh với hai máy làm tám mảnh kiểu tang trống có dao nạo quay.



Hình 22.27. Silô chứa đá với hai máy sản xuất đá mảnh

- 1 – Máy sản xuất đá mảnh; 2 – Silô chứa đá bằng tôn; 3 – Xích văng; 4 – Truyền động của xích văng;
5 – Bàng tải lấy đá; 6 – Dàn bay hơi làm lạnh phòng; 7 – Cách nhiệt

Máy làm đá mảnh được lắp đặt trực tiếp trên silô hình chữ nhật hoặc hình trụ. Đá sản xuất ra rơi trực tiếp vào silô, và được lấy ra bằng một vít tải, sau đó đưa ra phương tiện vận chuyển bằng tải. Đối với các silô lớn trang bị thêm xích văng để phá đá cục kết dính lại với nhau, loại trừ các hốc rỗng trong silô....

22.3.3. Máy cháo đá

Cháo đá là loại nước đá tuyết lẫn nước sền sệt như cháo, nó có khả năng tan nhanh và cấp một lượng lạnh lớn hơn cho hệ sử dụng lạnh so với nước lạnh. Máy cháo đá cũng gần giống như loại đá mảnh có tang trống. Nước được bơm phun lên bề mặt lạnh, dao nạo nạo đá rơi xuống bể thành ra dạng cháo vừa đá vừa nước. Cháo được bơm đến nơi sử dụng và nước ấm từ hệ tiêu thụ lạnh quay về bể.

Người ta cũng có thể sử dụng dàn bay hơi kiểu ống hoặc kiểu tấm đặt trong bể và kết hợp với bơm khuấy để tạo ra cháo đá.

Chương 23

VẬN TẢI LẠNH

23.1. ĐẠI CƯƠNG, PHÂN LOẠI

Các phương tiện vận tải lạnh được sử dụng rộng rãi nhất ngày nay là tàu thủy, tàu hỏa, ô tô và container (côngtenơ) lạnh. Những phương tiện này chính là mắt xích quan trọng của dây chuyền lạnh nối liền nơi sản xuất chế biến với nơi bảo quản, trung chuyển, phân phối và tiêu dùng.

Tàu thủy lạnh là phương tiện duy nhất, kinh tế nhất trong việc vận chuyển các sản phẩm lạnh giữa các châu lục: vận chuyển hoa quả từ Nam Phi hoặc Nam Mĩ đến châu Âu, vận chuyển thịt từ châu Á, châu Úc sang châu Âu hoặc châu Mĩ. Cũng nhờ có tàu thủy lạnh mà có thể đánh bắt hải sản dài ngày (hàng trăm ngày) trên biển mà không cần tiếp tế lương thực, thực phẩm, thuốc men và chất tải lạnh như nước đá, đá khô, nito lỏng...

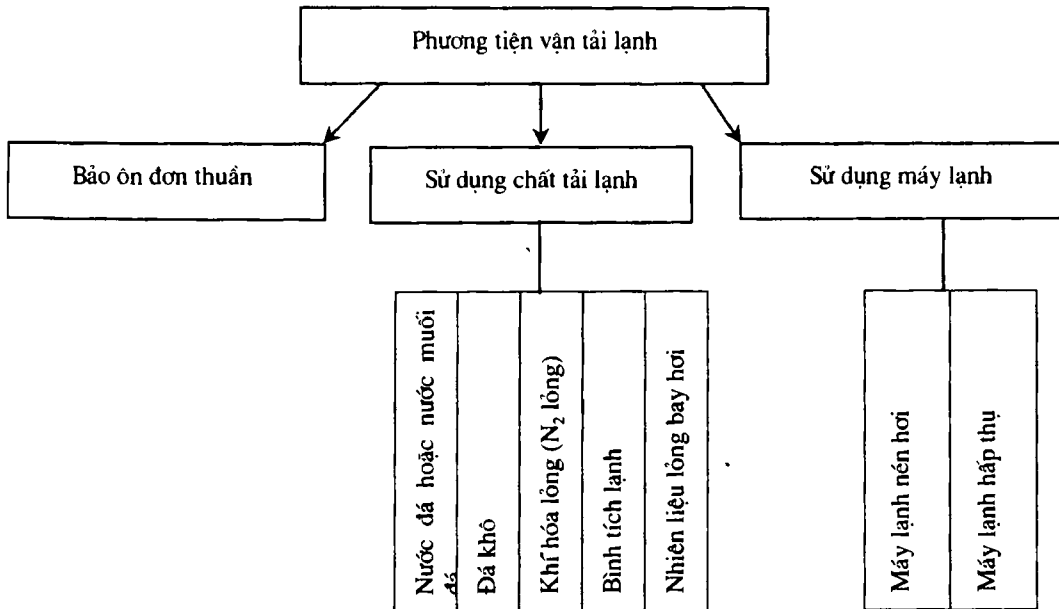
Trên đất liền, giữa các địa điểm có đường sắt nối liền thì vận chuyển lạnh bằng tàu hỏa lạnh là kinh tế nhất nhưng thực tế khối lượng vận chuyển phải đủ lớn, do đó vận chuyển tàu hỏa giữa các vùng kinh tế là thuận lợi và rẻ nhất.

Trên các đoạn nhỏ, không có đường sắt, giữa các kho lạnh phân phối và tiêu dùng hoặc giữa nơi đánh bắt và kho lạnh thì phải vận chuyển bằng ô tô và container.

Cũng giống như các thiết bị lạnh khác, các thiết bị vận tải lạnh ngoài các yêu cầu về lạnh còn có yêu cầu rất cao về độ bền cơ học đối với các thiết bị vì sự hoạt động đi lại trên đường, ngoài ra còn có các yêu cầu đặc biệt như:

- Khối lượng nhỏ nhưng chở được nhiều hàng.
- Độ tin cậy cao, hoạt động an toàn, vận hành và bảo dưỡng dễ dàng.
- Vốn đầu tư và giá vận hành hợp lí.

Phân loại. Ngoài việc phân loại các phương tiện vận chuyển theo loại phương tiện như ô tô, container, tàu hỏa, tàu thủy người ta còn phân loại theo cấp nhiệt độ: lạnh trên 0°C và đông ở -18°C , phương thức làm lạnh như chỉ có bảo ôn cách nhiệt, sử dụng thêm chất tải lạnh hoặc có lắp đặt máy lạnh. Hình 23.1 giới thiệu khả năng khác nhau của các phương tiện vận tải lạnh.



Hình 23.1. Các khả năng khác nhau của phương tiện vận tải lạnh

Loại đơn giản nhất là loại phương tiện chỉ có bảo ôn. Phổ biến nhất là các loại xe ô tô bảo ôn để chuyên chở hàng bảo quản lạnh trên các đoạn đường ngắn. Do thời gian vận chuyển ngắn nên nhiệt độ của hàng bảo quản không thay đổi đáng kể và không vượt giới hạn cho phép. Nhưng phần lớn các xe bảo ôn hiện nay đều dùng thêm chất tải lạnh như nước đá, nước đá muối, đá khô, khí hoá lỏng (nitơ lỏng) bình tích lạnh và nhiên liệu lỏng... So với ô tô có máy lạnh nén hơi, các loại sử dụng chất tải lạnh có nhiều nhược điểm về vận hành, công kênh, không kinh tế nên ngày nay hầu như ít được sử dụng. Chi tiết có thể xem thêm tài liệu [14]. Ở đây cũng chỉ giới thiệu về ô tô lạnh có máy lạnh nén hơi.

23.2. ÔTÔ LẠNH

23.2.1. Ôtô có máy lạnh nén hơi

Ưu nhược điểm. Đây là loại ô tô lạnh được sử dụng rộng rãi nhất, phổ biến

nhất, vì chúng có những ưu điểm vượt trội so với các loại đã giới thiệu:

- Kết cấu gọn nhẹ, làm việc tin cậy, độ bền cao, ổn định và độc lập.
- Không phụ thuộc vào các nguồn cung cấp chất tải lạnh.
- Điều chỉnh nhiệt độ chính xác, dễ dàng, phạm vi điều chỉnh nhiệt độ rộng từ nhiệt độ dương xuống đến nhiệt độ âm bảo quản đông. Trường nhiệt độ trong xe tương đối đều.
- Có thể làm việc liên tục, chỉ phụ thuộc vào nguồn nhiên liệu như xăng, dầu của động cơ ô tô lạnh.
- Nhược điểm là kết cấu phức tạp, yêu cầu bảo dưỡng cao, giá thành thiết bị lớn.

Kết cấu. Máy lạnh có dàn bay hơi trực tiếp như kiểu làm lạnh phòng trực tiếp, môi chất R12, R22 và ngày nay là R134a.

Dàn ngưng tụ về nguyên tắc là dàn ngưng tụ giải nhiệt gió. Máy nén là máy nén hở nhận truyền động có thể từ:

- 1 - Trực tiếp từ động cơ ô tô qua đai truyền hay hệ thủy lực,
- 2 - Trực tiếp từ một động cơ riêng diesel hoặc xăng,
- 3 - Có thể có thêm một động cơ điện để khi xe dừng có thể cấp điện trực tiếp giảm được tiếng ồn, tiết kiệm xăng, dầu và đỡ xả khí thải độc hại vào không khí. Nhiệt độ trong phòng được điều chỉnh bằng một role nhiệt độ, role có nhiệm vụ nối hoặc ngắt mạch cho máy nén hoặc đóng mở khớp nối của máy nén đối với động cơ ô tô.

Tùy theo năng suất thiết bị, tải trọng xe, chế độ nhiệt độ yêu cầu mà có thể sử dụng một trong những phương pháp trên, và cũng tùy theo các nhân tố đó người ta xác định kết cấu đặc biệt của các thiết bị, cách bố trí và xếp đặt từng bộ phận riêng cũng như các kích thước của chúng.

Trong những ô tô lạnh tải trọng nhỏ và trung bình, người ta thường sử dụng ngay động cơ ô tô với hệ thống truyền động thủy lực hay qua khớp nối điện từ đặc biệt để quay máy nén.

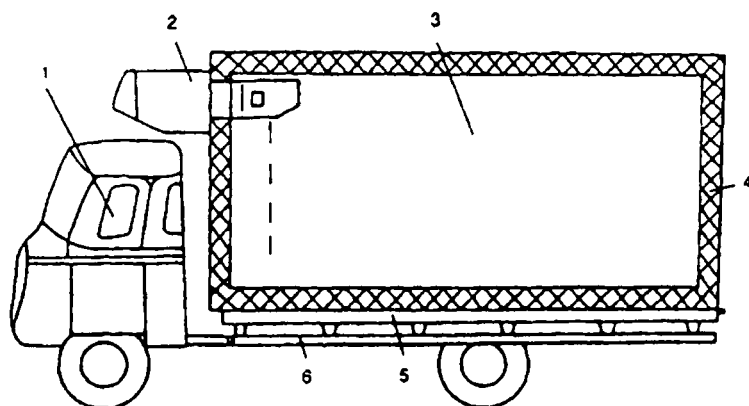
Trong những ô tô lạnh tải trọng trung bình, thường sử dụng hệ thống dẫn động bằng động cơ diesel riêng cho máy.

Trong những ô tô lạnh tải trọng lớn có thể dùng động cơ diesel hoặc động cơ

xăng kèm máy phát.

Việc xả băng ở dàn bay hơi của hệ thống cũng được thực hiện hoàn toàn tự động bằng hơi nóng của môi chất lạnh. Sau một thời gian nhất định đặt trước, role thời gian chuyển sang chế độ xả băng ở dàn bay hơi.

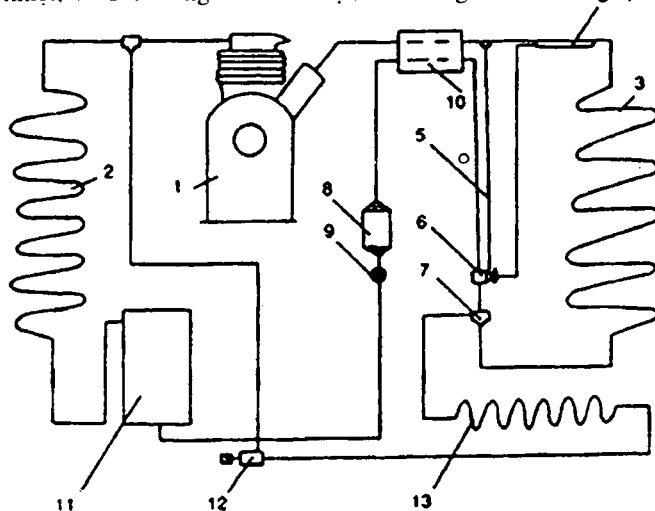
Dàn bay hơi và dàn ngưng thường có khung bằng thép, vỏ bằng tôn hay nhôm, các ống xoắn bằng đồng có cánh tản nhiệt. Dàn ngưng và dàn bay hơi đều có quạt gió cưỡng bức.



Hình 23.2. Kết cấu xe ô tô lạnh sử dụng tổ máy lạnh thermoking

1 - Xe ô tô IFA-W50L; 2 - Tổ máy lạnh Thermoking KD1-50SSIV;

3 - Thùng xe cách nhiệt; 4 - Cửa thùng xe cách nhiệt; 5 - Khung đỡ sàn buồng lạnh; 6 - Khung xe ô tô



Hình 23.3. Sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh Thermoking

1 - Máy nén; 2 - Dàn ngưng; 3 - Dàn bay hơi; 4 - Đầu cảm nhiệt; 5 - Đường cân bằng trong của van tiết lưu;

6 - Van tiết lưu; 7 - Bộ phân phối lỏng; 8 - Phin sấy; 9 - Mát ga; 10 - Hồi nhiệt; 11 - Bình chứa;

12 - Van điện từ xả băng; 13 - Dàn xả băng khay hứng nước.

Nói chung, hệ thống lạnh trên ô tô là loại tổ hợp hoàn thiện gồm máy nén, động cơ, dàn ngưng, dàn bay hơi, quạt, các thiết bị tự động lắp gọn trên một khung bệ để lắp lên phía trên của thùng xe. Hình 23.2 mô tả kết cấu xe ô tô lạnh dùng loại máy lạnh Thermoking (Mĩ). Viện nghiên cứu máy Bộ Công nghiệp nặng nhập một số tổ hợp máy lạnh Thermoking KD1-50 SSIV có trang bị động cơ diesel TK235, máy nén lạnh 2 xilanh D214, động cơ điện 208-230V và 460V/60Hz, 3 pha sau đó tự đóng thùng xe và lắp đặt lên xe IFA W50L. Phương pháp lắp ráp này đã hạ giá thành của xe ô tô lạnh xuống đáng kể so với nhập cả xe.

Hình 23.3 giới thiệu sơ đồ nguyên lí hệ thống lạnh của tổ hợp Thermoking.

Nguyên lí làm việc như sau: khi chạy lạnh, van điện từ 12 đóng, hơi môi chất hút ở dàn bay hơi về máy nén, đẩy vào dàn ngưng, ngưng tụ, chảy xuống bình chứa, qua hồi nhiệt 10 rồi qua van tiết lưu trở lại dàn bay hơi để bay hơi, làm lạnh thùng xe. Quạt dàn lạnh phân phối đều lạnh và tăng cường trao đổi nhiệt trong dàn. Quạt dàn nóng giải nhiệt cho dàn ngưng. Role nhiệt độ khống chế nhiệt độ buồng lạnh.

Khi đồng hồ xả băng tác động, chu kì xả băng bắt đầu. Van điện từ 12 mở, hơi nóng không đi vào dàn ngưng mà đi qua van 12 vào dàn để xả băng 13 trong khay hứng nước của dàn bay hơi sau đó vào dàn bay hơi để xả băng rồi đi qua hồi nhiệt trở về máy nén.

Khi xả xong băng, role nhiệt độ xả băng đưa máy trở lại chế độ chạy lạnh bằng cách ngắt mạch để van điện từ 12 đóng lại.

Một số chỉ tiêu kỹ thuật của tổ máy lạnh Thermoking KD1-50SSIV:

- Nhiệt độ thùng xe: -18°C , tự động xả băng theo đồng hồ xả băng.
- Ở nhiệt độ bên ngoài $37,8^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $-23,3^{\circ}\text{C}$, khi dùng diesel:

Tốc độ máy nén: 2200vg/min, $Q_0 = 1755\text{W}$,

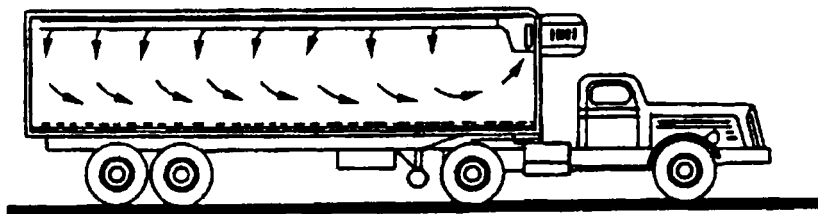
Tốc độ máy nén: 1440vg/min, $Q_0 = 1035\text{W}$.

Khi dùng động cơ điện $Q_0 = 1638\text{W}$.

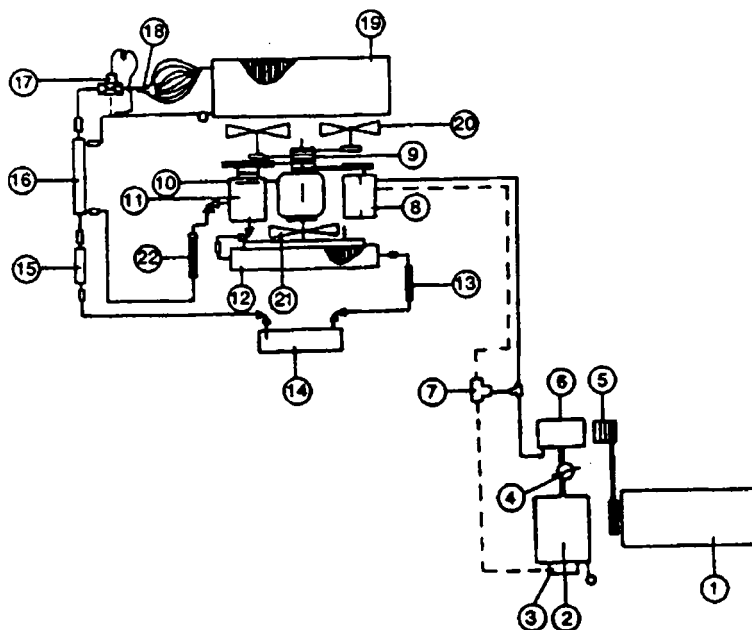
Hiện nay Searefico chế tạo thùng lạnh với các loại máy Thermoking lắp trên xe Isuzu.

Có hai phương pháp lắp máy lạnh vào thùng xe là lắp phía trên (trên nóc cabin) và phía dưới thùng và cũng có hai loại tổ hợp lạnh tương ứng với các phương pháp lắp máy đó. Hình 23.4 giới thiệu kết cấu xe lạnh có tổ hợp lắp phía trên, thùng xe và máy lạnh là độc lập với ô tô và thùng xe chỉ được đặt lên

gối đỡ ô tô một cách rất đơn giản. Hình 23.5 giới thiệu cấu tạo của tổ hợp máy lạnh sử dụng cho phương pháp lắp đặt này. Ở đây, máy nén nhận truyền động từ động cơ ô tô qua một hệ thống thủy lực. Nhưng tốt nhất là sử dụng hệ thống độc lập có động cơ diesel hoặc động cơ xăng riêng hoặc qua máy phát điện. Máy phát cũng có thể do động cơ ô tô truyền động hoặc một động cơ diesel hoặc động cơ xăng độc lập truyền động. Khi đó, có thể sử dụng máy nén kín hoặc máy nén nửa kín cho máy lạnh. Để phân phối không khí lạnh đều trong xe, ở những thùng xe có chiều dài lớn thường phải bố trí ống dẫn và phân phối không khí từ miệng quạt dàn bay hơi.



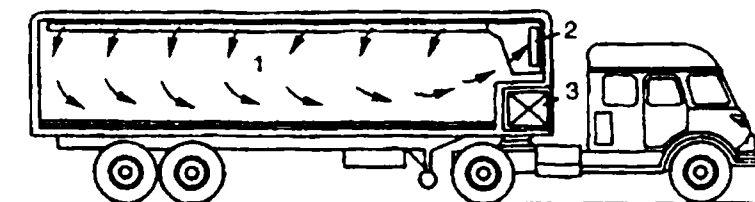
Hình 23.4. Ô tô lạnh kiểu tổ hợp lắp phía trên



Hình 23.5. Sơ đồ hệ thống lạnh kiểu tổ hợp lắp phía trên

- 1 - Động cơ diesel (Động cơ ô tô); 2 - Bình đựng dầu; 3 - Phin lọc khí và phin lọc dầu; 4 - Van hút;
 5 - Li hợp từ tính; 6 - Bơm dầu; 7 - Van an toàn áp suất cao; 8 - Dầu động cơ; 9 - Li hợp từ tính;
 10 - Động cơ điện; 11 - Máy nén; 12 - Dàn ngưng; 13 - Ống giảm chấn; 14 - Bình chứa;
 15 - Phin sấy; 16 - Hồi nhiệt; 17 - Van tiết lưu; 18 - Bộ phân phối lồng; 19 - Dàn bay hơi;
 20 - Quạt dàn lạnh; 21 - Quạt dàn nóng; 22 - Ống giảm chấn

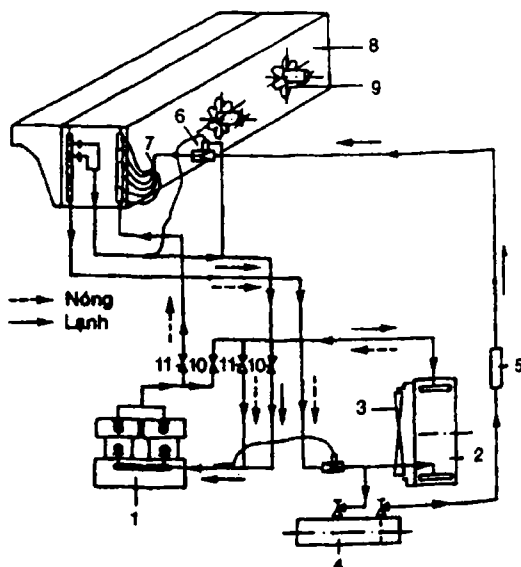
Đối với hệ thống lạnh lắp bên dưới, dàn bay hơi vẫn được lắp ở vị trí như ở vị trí như hình 23.4 nhưng tổ máy nén dàn ngưng và kể cả phần động lực máy nén được lắp ngay phía dưới dàn bay hơi, ngoài khoang lạnh. Hình 23.6 mô tả một xe lạnh lắp theo kiểu dưới thấp. Khi tổ máy lạnh đặt dưới thấp, việc bảo dưỡng sửa chữa thuận tiện hơn vì dễ tiếp cận hơn những khả năng bám bẩn lớn hơn vì gần phạm vi hoạt động của các bánh xe hơn, kể cả khả năng văng đá từ các xe đi ngược chiều. Dàn bay hơi sẽ được nối xuống tổ ngưng tụ bằng các ống dẫn môi chất lạnh phù hợp.



Hình 23.6. Ôtô lạnh có tổ máy lạnh lắp dưới thấp

1- Thùng xe; 2- Dàn bay hơi; 3- Tổ máy nén dàn ngưng và động lực

Đối với các nước ôn đới và hàn đới nhiều khi nhiệt độ bên ngoài dưới 0°C , thấp hơn nhiệt độ yêu cầu trong thùng xe, khi đó phải gia nhiệt cho thùng xe, đặc biệt đối với các xe chở rau, hoa, quả. Trong nhiều trường hợp, người ta sử dụng tổ hợp lạnh kiểu bơm nhiệt hay tổ hợp hai chiều nóng lạnh. Hình 23.7 giới thiệu một tổ hợp hai chiều nóng và lạnh. Khi làm lạnh thùng xe, các van 11 đóng, dàn bay hơi và dàn ngưng làm việc bình thường. Khi sưởi ấm thùng xe, các van 10 đóng, khi đó dàn bay hơi biến thành dàn ngưng và dàn ngưng bên ngoài biến thành dàn bay hơi.



Hình 23.7. Tổ hợp hai chiều nóng lạnh
lắp đặt trên ô tô

- 1 - Máy nén lạnh; 2 - Dàn ngưng;
- 3 - Quạt dàn ngưng; 4 - Bình chứa;
- 5 - Phin sấy; 6 - Van tiết lưu nhiệt;
- 7 - Bộ phân phối; 8 - Dàn bay hơi lạnh;
- 9 - Quạt gió lạnh; 10 - Van cho chiều làm lạnh;
- 11 - Van cho chiều sưởi ấm

Nhiệt độ khi sưởi ấm cũng được khống chế bằng role nhiệt độ.

23.2.2. Tính toán thiết kế

Tính toán thiết kế xe ô tô lạnh cũng giống như tính toán thiết kế một kho lạnh hoặc một buồng lạnh. Ở các nước tiên tiến, có đầy đủ các quy định và tiêu chuẩn về thiết kế các phương tiện vận tải lạnh, kể cả các tiêu chuẩn trong trường hợp điều kiện bên ngoài thay đổi, ví dụ chuyên chở hoa, quả từ miền Nam nóng nực lên miền Bắc giá rét. Nói chung các điều kiện thiết kế gồm:

- a) Nhiệt độ bên ngoài,
- b) Bức xạ mặt trời,
- c) Tốc độ gió (tốc độ gió khi xe chạy),
- d) Nhiệt tỏa ra khi sản phẩm thở (sự thay đổi chất lượng rau, quả)

EU có một số quy định cho việc thiết kế xe ô tô lạnh như sau:

1. Các phương tiện vận tải lạnh có cách nhiệt trung bình có hệ số truyền nhiệt k bằng hoặc nhỏ hơn $0,7\text{W/m}^2\text{K}$.

Các phương tiện vận tải lạnh có cách nhiệt cao có hệ số truyền nhiệt k bằng hoặc nhỏ hơn $0,4\text{W/m}^2\text{K}$.

2. Các phương tiện vận tải lạnh sử dụng chất tải lạnh như nước đá, đá khô, bình tích lạnh eutectic, hoặc khí hóa lỏng có thể hạ được nhiệt độ trong thùng xe không tải xuống các nhiệt độ như sau ở nhiệt độ môi trường bên ngoài là 30°C thì được xếp như dưới đây:

+ 7°C là cấp A, -10°C là cấp B và -20°C là cấp C. Các phương tiện vận tải lạnh được cung cấp từ bên ngoài và bổ sung lượng lạnh đủ lớn để xe có thể hạ được nhiệt độ thùng xe xuống tương đương nhiệt độ cấp xe của mình và giữ nhiệt độ đó trong thùng xe ít nhất 12h không cần bổ sung lạnh. Hệ số truyền nhiệt k phải bằng và nhỏ hơn $0,4\text{W/m}^2\text{K}$.

3. Các phương tiện vận tải lạnh có trang bị hệ thống lạnh cơ (máy lạnh nén hơi) được phân loại thành 2 nhóm và mỗi nhóm có 3 cấp như sau:

Nhóm 1 có ba cấp trong đó nhiệt độ thùng xe t_0 yêu cầu có thể được duy trì không thay đổi trong phạm vi sau:

- Cấp A, t_0 giữa $+12^\circ\text{C}$ và 0°C
- Cấp B, t_0 giữa $+12^\circ\text{C}$ và -10°C
- Cấp C, t_0 giữa $+12^\circ\text{C}$ và -20°C

Nhóm 2 có ba cấp trong đó nhiệt độ thùng xe t_0 có thể được duy trì như sau:

- Cấp D, t_0 bằng hoặc nhỏ hơn $+2^\circ\text{C}$

- Cấp E, t_o bằng hoặc nhỏ hơn -10°C

- Cấp F, t_o bằng hoặc nhỏ hơn -20°C

Hệ số k cho các cấp B, C, E và F phải bằng hoặc nhỏ hơn $0,4\text{W/m}^2\text{K}$.

Nói chung hệ thống lạnh có nhiệm vụ giữ nhiệt độ trong thùng xe không đổi và do những lí do về kinh tế, chỉ được thiết kế đúng theo tải nhiệt đã tính toán.

Đối với nhiệt tổn thất qua kết cấu bao che có thể tính theo biểu thức:

$$Q_1 = kF\Delta t$$

F – Diện tích bề mặt trung bình kết cấu bao che;

$F = \sqrt{F_a \cdot F_i}$; F_a, F_i diện tích bề mặt ngoài và trong thùng xe;

$\Delta t = t_a - t_o$; t_a – nhiệt độ bên ngoài.

Các nguồn nhiệt tổn thất do vận hành, ví dụ đối với tổn thất do mở cửa, cần phải đưa thêm một hệ số c vào biểu thức để tính công suất lạnh máy nén:

$c = 1,75$ đối với xe đường trường

$c = 3,0$ đến $4,0$ cho xe phân phối các hành bảo quản đông,

$c = 5,0$ đến $7,0$ cho các xe chở hàng tươi sống.

Như vậy biểu thức trên sẽ là:

$$Q_o = c \cdot k \cdot F \cdot \Delta t$$

Q_o là năng suất lạnh thiết kế.

Đối với xe lạnh sử dụng nước đá làm chất tải lạnh, có thể xác định khối lượng đá cần nạp như sau:

Vì xe phải hoạt động 12h liên tục theo quy định nên lượng đá cần thiết là:

$$m_{\text{đá}} = 12 \cdot \frac{Q_o}{q_{0\text{đá}}}; \text{ trong đó } q_{0\text{đá}} = 336 \text{ kJ/kg năng suất lạnh riêng một kg đá.}$$

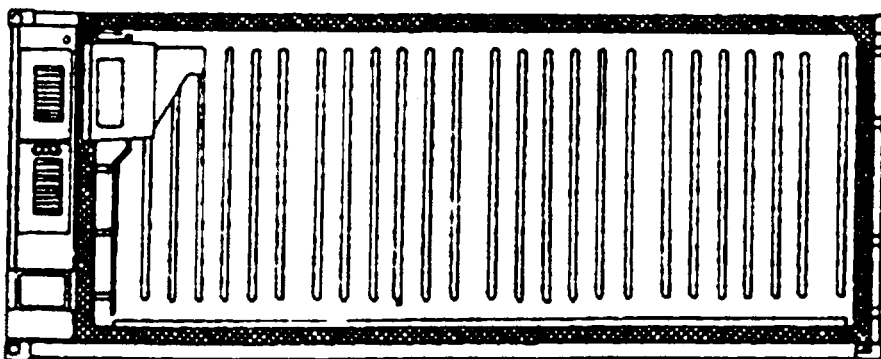
($q_{0\text{đá khô}} = 625 \text{ kJ/kg}$).

Hiện nay Searefico sản xuất các thùng xe lạnh có kích thước sau:

Dung tích	dài	×	rộng	×	cao
1 tấn	2850	×	1600	×	1500mm
2 tấn	3100	×	1835	×	1600mm
3,5 tấn	4310	×	2080	×	1800mm
5 tấn	5000	×	2350	×	2150mm
7 tấn	6050	×	2350	×	2150mm
8 tấn	7600	×	2480	×	2150mm
10 tấn	7900	×	2480	×	2150mm
12 tấn	9500	×	2480	×	2150mm

23.3. CONTAINER LẠNH

Container (côngtenơ) lạnh là các thùng lạnh có máy lạnh độc lập để vận chuyển các thực phẩm bảo quản lạnh và lạnh đông trực tiếp từ nơi sản xuất đến nơi tiêu thụ không qua các giai đoạn trung chuyển bốc ra, xếp vào. Chúng được vận chuyển bằng các phương tiện vận tải khác nhau như ô tô, tàu hỏa, tàu thủy và đôi khi cả máy bay. Các container lạnh được sản xuất và chế tạo theo tiêu chuẩn quốc tế ISO: chiều cao và chiều rộng 8', chiều dài 20' hoặc 40' (2,44m × 2,44m × 6,06m hoặc 12,09m). Hình 23.8 mô tả một container lạnh:



Hình 23.8. 20' – Container với tổ hợp máy lạnh (Linde Đức)

Nhiệt độ bảo quản yêu cầu trong container là từ +12°C đến -25°C. Nhiệm vụ của máy lạnh là phải duy trì được nhiệt độ yêu cầu trong thùng lạnh khi nhiệt độ bên ngoài lên tới +45°C.

Khi vận chuyển đường thủy trên tàu biển, không những phải đáp ứng các quy tắc chung mà còn phải đáp ứng quy tắc của các hiệp hội tàu biển (ví dụ Lloyd's Register of Shipping của Mỹ...).

Do quãng đường vận chuyển rất xa nên hầu hết các container lạnh đều được lắp đặt máy lạnh và phần lớn đều theo kiểu “đóng nút” (lắp đặt tổ hợp hoàn chỉnh bằng cách lắp dàn bay hơi qua lỗ hở vừa khít trên vách phía trước của thùng rồi cố định vào thùng bằng bulông). Các phương pháp sử dụng chất tải lạnh như đá khô, khí hóa lỏng không được sử dụng ở đây.

Do tất cả các container trên thế giới đều theo tiêu chuẩn chung nên các container lạnh phải bố trí vách phía đầu thùng thật lại chứa chỗ cho máy lạnh. Lỗ lắp ráp dàn bay hơi, các vị trí lắp bulông và cả kích thước các bulông đều được tiêu chuẩn hóa và lắp lẫn giữa các nhà sản xuất trên thế giới. Các máy lạnh thường được trang bị động cơ diesel hoặc động cơ xăng.

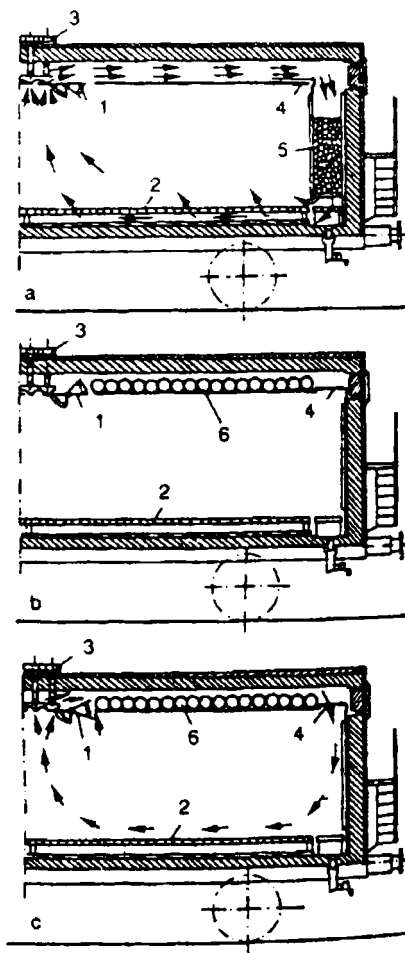
Hiện nay xuất hiện các loại tàu lạnh chở các container lạnh nhưng do một hệ thống lạnh trung tâm cung cấp vì bảo dưỡng và vận hành hệ thống lạnh trung tâm dễ dàng và kinh tế hơn. Phương pháp hệ thống lạnh trung tâm cho các thùng lạnh cũng chỉ áp dụng được cho các tàu thủy lạnh mà thôi.

23.4. TÀU HỎA LẠNH

Cũng giống như ô tô lạnh, tàu hỏa lạnh hoặc các toa tàu hỏa lạnh cũng được phân loại ra loại sử dụng chất tải lạnh như nước đá, đá khô, khí hóa lỏng, bình tích lạnh eutectic hoặc các toa tàu lạnh được lắp máy lạnh cơ, máy lạnh hấp thụ.

23.4.1. Toa tàu lạnh sử dụng chất tải lạnh

Hình 23.9 giới thiệu kết cấu của các toa tàu lạnh sử dụng nước đá vụn và đá khô. Bốn quạt gió bố trí trên trần hút không khí từ khoang toa tàu cách nhiệt đẩy theo các kênh dẫn không khí đưa vào thùng chứa nước đá ở hai đầu toa xe. Hai thùng chứa được từ 3,5 đến 4 tấn đá vụn. Không khí được làm lạnh bằng nước đá quay trở lại thùng toa xe để làm lạnh thực phẩm. Không khí lạnh được phân phối đều nhờ tấm ghi sần. Đối với đá khô khi yêu cầu độ lạnh trung bình quạt gió không hoạt động, lá gió kép quay lên, cửa lùa đóng. Khi cần làm lạnh tăng cường, lá gió kép quay xuống, quạt gió hoạt động thổi gió qua ngăn chứa đá khô để tuần hoàn gió lạnh vào trong thùng toa xe. Cần chú ý vị trí làm việc của lá gió kép ở các trường hợp khác nhau được điều chỉnh khác nhau từ a đến b và c.



Hình 23.9. Kết cấu toa xe lạnh dùng nước đá và đá khô để làm lạnh

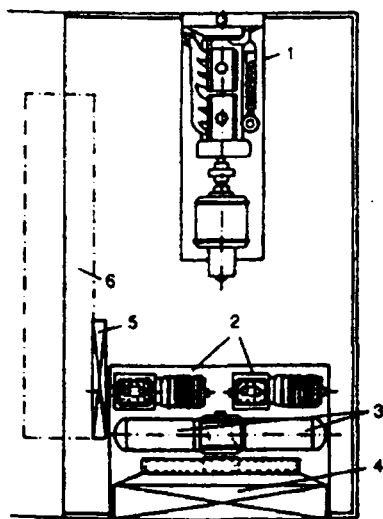
a) Sử dụng nước đá; b) Làm lạnh trung bình bằng đá khô; c) Làm lạnh tăng cường bằng đá khô

1 - Lá gió kép; 2 - Tấm ghi sần; 3 - Quạt gió; 4 - Cửa lùa; 5 - Nước đá; 6 - Đá khô

23.4.2. Toa tàu lạnh có máy lạnh nén hơi

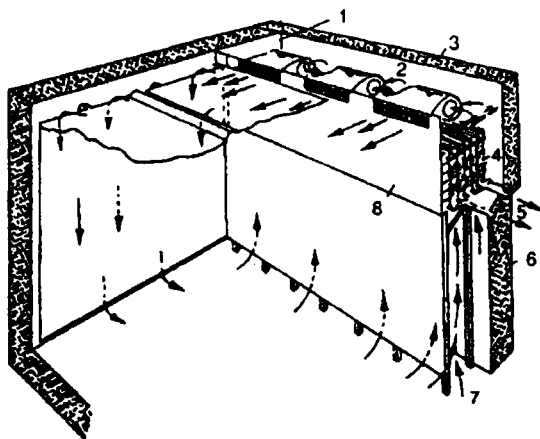
Cũng giống như ô tô, toa tàu lạnh sử dụng máy lạnh nén hơi có nhiều ưu điểm hơn và cũng được ứng dụng rộng rãi trong vận tải lạnh đường sắt. Máy lạnh nén hơi thường là máy lạnh freôn môi chất R22, R134a; máy nén là các loại kín, nửa kín và hở. Động lực cho máy nén thường là động cơ diesel, động cơ xăng truyền động trực tiếp cho máy nén hoặc qua khớp nối từ hoặc gián tiếp qua máy phát điện xoay chiều. Khi dùng qua máy phát điện, các máy nén có thể là dạng kín hoặc nửa kín, hơn nữa có điện, việc bố trí quạt gió cho dàn lạnh, dàn nóng thuận tiện hơn. Hình 23.10 giới thiệu hình chiếu bằng của tổ hợp máy lạnh đặt trên đầu toa tàu lạnh của hãng Frigidaire (Mĩ). Tổ hợp máy được trang bị một động cơ diesel 34 mã lực để kéo một máy phát điện công suất 20kW điện xoay chiều 220V. Tổ máy lạnh gồm hai máy nén nửa kín, hai bình chứa, hai dàn ngưng tụ 4, hai dàn bay hơi. Dàn ngưng tụ và dàn bay hơi đều là loại dàn ống xoắn có cánh. năng suất lạnh đạt 8,7kW ở nhiệt độ trong khoang xe -18°C và nhiệt độ bên ngoài $+38^{\circ}\text{C}$. Hai dàn ngưng tụ đặt chồng lên nhau thành một khối. Một quạt dàn ngưng tụ công suất 5 mã lực quạt giải nhiệt cho cả hai dàn ngưng tụ.

Sự phân phối và tuần hoàn không khí lạnh trong thùng toa tàu được biểu diễn trên hình 23.11 và 23.12.



Hình 23.10. Hệ thống lạnh của Frigidaire lắp đặt trên đầu toa tàu lạnh

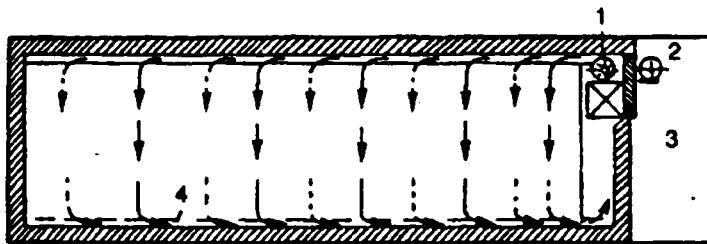
1 - Động cơ diesel kèm máy phát điện; 2 - Máy nén nửa kín; 3 - Bình chứa; 4 - Dàn ngưng tụ; 5 - Bảng điều khiển; 6 - Dàn bay hơi



Hình 23.11. Dàn bay hơi và quạt gió của hệ thống lạnh (theo hình 23.10)

1 - Động cơ; 2 - Các quạt gió;
3 - Vách cách nhiệt; 4 - Dàn bay hơi;
5 - Buồng đặt máy lạnh; 6 - Vách cách nhiệt;
7 - Kênh gió hồi; 8 - Vách điều chỉnh được

Dàn bay hơi được ngăn cách với không gian xếp hàng bằng một vách điều chỉnh được 8. Vách 8 có lối cho gió hồi phía dưới và cao đến trần giả. Giữa lớp trần và trần giả là kênh dẫn không khí lạnh và các cửa phân phối gió lạnh. Không khí quay về dàn bay hơi qua tấm ghi sàn của toa tàu. Mỗi ngày, dàn bay hơi được phá băng hai lần bằng dây điện trở. Vào mùa đông, người ta sử dụng dây điện trở này để sưởi ấm hàng hóa nếu cần. Các máy nén được điều chỉnh năng suất lạnh bằng cách đóng ngắt qua role nhiệt độ đặt trong khoang toa tàu. Bình thường máy lạnh có thể đảm bảo duy trì nhiệt độ -22°C trong khoang.



Hình 23.12. Tuần hoàn và phân phối không khí

1 - Quạt; 2 - Động cơ truyền động, không gian lắp đặt máy lạnh và động cơ diesel; Mũi tên liền → dòng không khí đi qua sản phẩm; Mũi tên đứt - - → dòng không khí đi xung quanh sản phẩm

23.5. TÀU THỦY LẠNH

Những tàu thủy lạnh đầu tiên ra đời từ cuối thế kỷ 19 dùng để chuyên chở thịt từ châu Úc và châu Mĩ đến châu Âu. Ngày nay tất cả các tàu thủy nối liền các châu lục đều được trang bị hệ thống lạnh để bảo quản thực phẩm tươi sống cũng như thực phẩm đông lạnh, đôi khi sử dụng cho cả nước ngọt. Các hệ thống lạnh trên tàu thủy chở hàng và trên các tàu thủy lạnh cho phép chuyên chở hoa quả, thịt hải sản, thủy sản và các hàng thực phẩm lạnh đông.

Các tàu đánh cá dài ngày trên biển được trang bị các hệ thống lạnh để đảm bảo đánh bắt, chế biến và bảo quản cá ngay trên tàu.

Các tàu khách cũng trang bị các hệ thống lạnh để điều hòa không khí tiện nghi cho hành khách trên tàu.

Do sự khác nhau giữa điều kiện vận hành trên đất liền và trên tàu biển khác nhau nên hệ thống lạnh trên tàu cũng có những yêu cầu đặc biệt:

- Làm việc an toàn và tin cậy ở trên biển cả trong điều kiện tàu lắc mạnh do

bị sóng lớn.

- Các thiết bị phải làm việc đảm bảo và an toàn, đặc biệt các thiết bị làm việc phụ thuộc nhiều vào lực trọng trường như bơm dầu bôi trơn máy nén, bình ngưng tụ và lỏng ngưng phải chảy về được bình chứa và từ bình chứa lỏng phải đến được trạm tiết lưu. Khi thiết kế thiết bị và hệ thống cần phải có các biện pháp hữu hiệu giải quyết các vấn đề này.

- Công nhân vận hành phải có trình độ tay nghề cao, sức khỏe tốt để giải quyết được tất cả các trục trặc hỏng hóc, đảm bảo cả một khối lượng thực phẩm lớn không bị hư hỏng do thiếu lạnh.

- Cần phải có đầy đủ và phong phú các thiết bị, phụ tùng thay thế khi cần thiết do điều kiện xa đất liền.

- Dự trữ năng suất lạnh ít nhất lớn gấp rưỡi năng suất yêu cầu. Luôn luôn phải có 1/3 số máy dự phòng để đưa vào vận hành trong các điều kiện cần thiết.

Chính vì các yêu cầu như vậy nên nhiều hiệp hội hàng hải (ví dụ: Lloyd's Register of Shipping của MI) có những quy định nghiêm ngặt trong việc tính toán thiết kế chế tạo và lắp đặt thiết bị lạnh trên tàu ví dụ: Trong các hệ thống lạnh (làm lạnh hàng hóa) trên tàu ít nhất phải có ba máy nén, trong đó chỉ hai máy đã có thể đáp ứng đầy đủ nhu cầu lạnh 24/24h, còn một máy nén để dự phòng. Chính vì vậy việc tính toán thiết kế cần sự hiểu biết sâu sắc về tàu biển.

Do những lí do về kinh tế, để có thể sử dụng một cách đa dạng, các hệ thống lạnh trên tàu được thiết kế cho hai nhiệt độ: 0°C cho bảo quản rau, hoa, quả và -25°C để bảo quản thực phẩm lạnh đông.

Do diện tích lắp đặt hạn chế nên thường chọn các máy nén có tốc độ cao, môi chất lạnh R22 và R134a, làm lạnh trực tiếp, làm mát thiết bị ngưng tụ bằng nước biển và nhiệt độ nước biển dùng cho tính toán là +35°C. Đây là nhiệt độ nước biển mùa hè ở các vùng biển gần xích đạo. Để đảm bảo bình ngưng tụ không bị ăn mòn do nước biển, vật liệu chế tạo ống chùm bình ngưng thường là SoMs60 hoặc CuNi10 (DIN), chế tạo mặt sàng là Ms60 hoặc được mạ thép không rỉ. Đối với các hệ thống lạnh amoniác, bình ngưng được chế tạo bằng thép nhưng phải có một lớp bảo vệ anốt dạng tấm nhôm hoặc kẽm.

23.5.1. Hệ thống lạnh bảo quản thực phẩm

Trước khi đưa vào khoang tàu lạnh, thực phẩm đã được làm lạnh hoặc kết đông. Hệ thống lạnh trên tàu thủy chỉ đảm bảo việc duy trì nhiệt độ khoang, dập tắt các nguồn nhiệt khác nhau tổn thất vào khoang lạnh như nhiệt tổn thất qua vách cách nhiệt hoặc qua cửa... Như vậy năng suất máy lạnh đặt trên tàu thủy mới đạt mức thấp nhất. Hệ thống lạnh thực phẩm có hai chế độ nhiệt độ:

- Nhiệt độ dương (trên 0°C) để bảo quản rau, hoa, quả, bơ, trứng sữa...
- Nhiệt độ âm (-25°C) để bảo quản thịt, cá và thực phẩm đông...

Nhiệt độ buồng lạnh được khống chế tự động bằng cách đóng ngắt dòng môi chất lạnh phun vào dàn bay hơi bằng role nhiệt độ và van điện từ, hoặc trực tiếp bằng cách đóng ngắt máy nén.

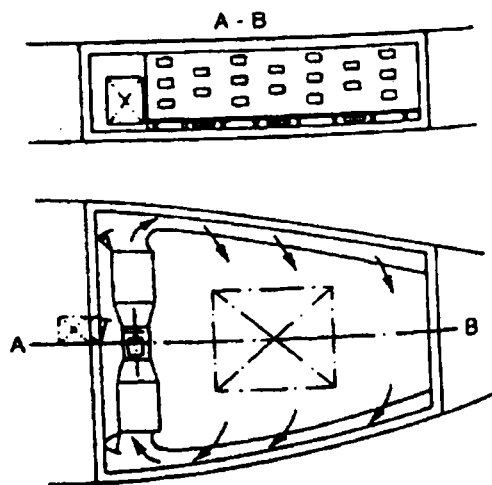
Dung tích của các buồng lạnh, buồng đông tùy thuộc vào số lượng thủy thủ trên tàu, khẩu phần ăn hàng ngày và số ngày đi trên biển.

Năng suất lạnh yêu cầu đối với các buồng lạnh, buồng đông trên tàu được tính toán giống như buồng lạnh, buồng đông trên đất liền, tuy nhiên không có phần gia lạnh hoặc kết đông bổ sung. Nhiệt độ bên ngoài có thể lấy $+40^{\circ}\text{C}$ và tiêu chuẩn cách nhiệt lấy như tiêu chuẩn cách nhiệt tàu thủy lạnh.

Do có hai chế độ nhiệt độ nên cần có hai hệ thống lạnh riêng biệt, hai máy nén riêng biệt, không nên mắc chung với nhau. Nên chọn hai máy nén cùng chủng loại để máy nén dự phòng có thể thay cho bất kì hệ thống nào khi cần thiết.

23.5.2. Hệ thống lạnh bảo quản hàng hóa

Hàng hóa vận chuyển lạnh hiện nay cơ bản là hoa, quả và thịt, cá. Các loại hoa, quả đặc biệt từ miền Nam lên miền Bắc và từ châu Phi, Nam Mỹ lên Bắc Mỹ hoặc sang châu Âu, đặc biệt là chuối. Chuối hầu như không được làm lạnh trước. Khi đưa lên tàu thủy, máy lạnh phải làm nhiệm vụ làm lạnh trong thời gian ngắn nhất đến nhiệt độ bảo quản khi vận chuyển. Thời gian vận chuyển kéo dài từ 14 đến 21 ngày, trong thời gian đó chất lượng chuối phải được đảm bảo. Đó là điều kiện khá nghiêm ngặt. Khi vận chuyển thịt tươi lạnh, nhiệt độ vận chuyển là $-1,0$ đến $-1,5^{\circ}\text{C}$ ở gần ngay điểm đóng băng. Phạm vi nhiệt độ dao động không quá $\pm 0,3\text{K}$. Đối với chuối yêu cầu còn khắt khe hơn, nhiệt độ bảo quản tùy theo từng loại từ $11,7$ đến 14°C và phạm vi nhiệt độ



Hình 23.13. Tuần hoàn gió ngang với các lối đi kiểm tra

dao động không quá $\pm 0,1\text{K}$. Hệ thống làm lạnh phải đáp ứng những yêu cầu sau:

- Phải đảm bảo các điều kiện vận chuyển tối ưu, bốc xếp vận chuyển trong thời gian ngắn nhất, và duy trì các điều kiện bảo quản suốt thời gian vận chuyển.
- Đảm bảo độ tin cậy và an toàn cao nhất.
- Diện tích lắp đặt là nhỏ nhất.
- Vốn đầu tư và chi phí vận hành là nhỏ nhất và chấp nhận được.
- Đảm bảo phạm vi nhiệt độ dao động cho phép với năng suất làm lạnh lớn và sự phân phối cũng như tuần hoàn không khí tốt.

Đối với vận chuyển lạnh rau, hoa, quả, các yêu cầu vận chuyển chuỗi được coi là chặt chẽ nhất và là tiêu chuẩn để thiết kế:

- Việc gia lạnh chuỗi trong khoang lạnh đến nhiệt độ bảo quản phải đảm bảo hoàn thành trong 24h đến 48h.
- Sự tuần hoàn và phân phối không khí phải đều.
- Cần có hệ thống kiểm tra nồng độ CO_2 trong khoang nói chung và trong từng vị trí nói riêng.

Theo kinh nghiệm tuần hoàn không khí từ 60 đến 80 lần trong 24 giờ là thích hợp nhất.

Hình 23.13 giới thiệu phương pháp tuần hoàn không khí theo chiều ngang. Ống thổi và ống hút gió được đặt hai bên thành tàu. Chúng đồng thời được dùng làm lối đi để kiểm tra hàng hóa. Và khi cần có thể thay đổi hướng gió dễ dàng để đạt sự đồng đều về nhiệt độ.

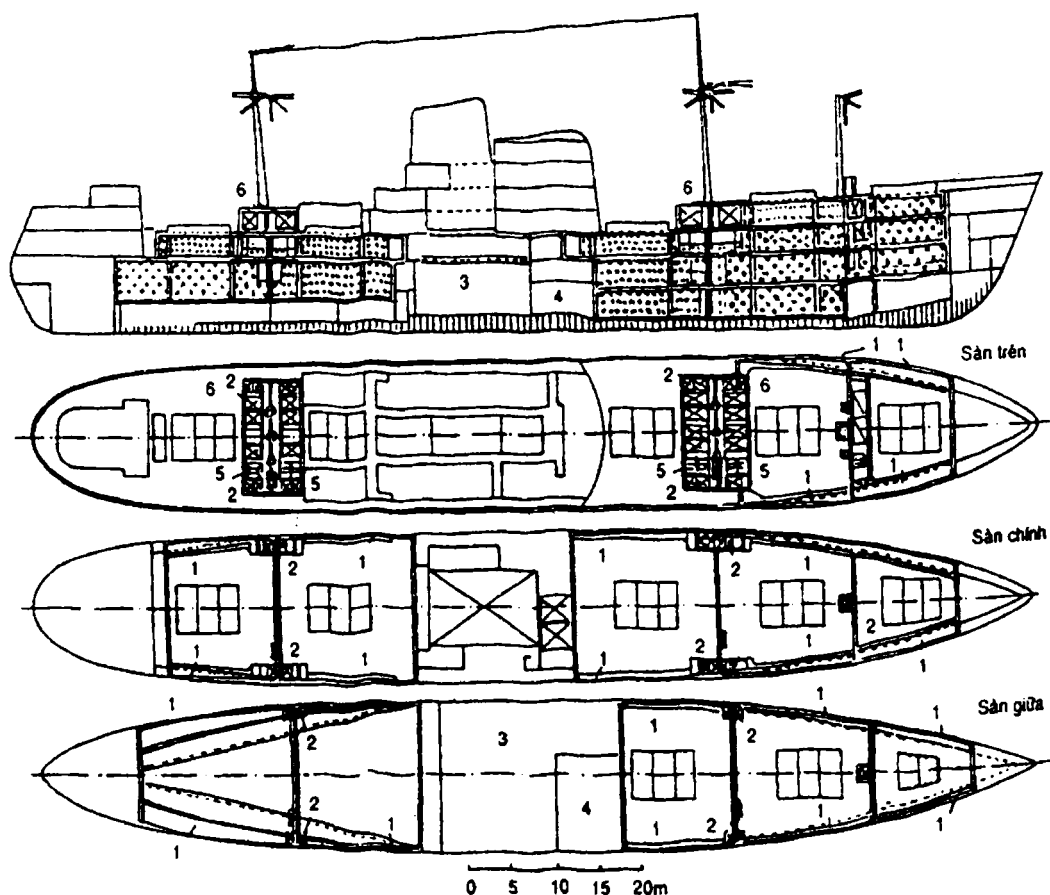
Hình 23.14 giới thiệu sơ đồ chung của một tàu thủy lạnh có dàn lạnh kiểu trung tâm cho từng nhóm buồng lạnh, tuần hoàn không khí ngang (Hãng Atlas Đan Mạch).

Hình 23.15 giới thiệu phương pháp tuần hoàn gió thổi từ dưới lên. Ghi phân phối gió đồng thời là ghi sàn. Phía trên gió hồi tự do không cần ống gió hồi, do đó diện tích xếp hàng hóa tăng thêm khoảng 4%. Tuy nhiên, không thể đổi chiều gió như phương pháp tuần hoàn gió ngang. Quạt gió và dàn bay hơi được ngăn với khoang chứa hàng bằng vách ngăn. Phía trên và dưới có bố trí các cửa cho gió đi và gió hồi, có thêm lối đi vào kiểm tra dàn quạt cũng như sản phẩm. Không khí đi từ phía dưới lên, nên tổn thất áp suất nhỏ hơn do chiều dày lớp hàng bảo quản nhỏ hơn, hiệu nhiệt độ gió đi và gió hồi nhỏ hơn. Năng lượng tiêu tốn cho quạt nhỏ

hơn. Qua nghiên cứu, phương pháp tuần hoàn gió từ dưới lên trong khoang tàu thủy có nhiều ưu điểm hơn loại tuần hoàn gió ngang.

Hệ thống lạnh trên tàu có hai loại trực tiếp và gián tiếp giống như các hệ thống lạnh thông thường.

Trước đây hệ thống lạnh gián tiếp hay được sử dụng vì khả năng điều chỉnh nhiệt độ dễ dàng hơn, phạm vi dao động nhiệt độ có thể điều chỉnh chính xác hơn. Thường người ta bố trí mỗi phòng lạnh hai đến ba vòng tuần hoàn nước muối lạnh cộng thêm một vòng tuần hoàn nước muối nóng để làm tan giá. Việc khống chế nhiệt độ có thể tự động hóa hoàn toàn qua các rơle nhiệt độ điều khiển trực tiếp vòng tuần hoàn nước muối đồng thời với bơm nước muối, máy nén, các van điện từ...



Hình 23.14. Sơ đồ chung tàu thủy lạnh có dàn lạnh kiểu trung tâm cho từng nhóm buồng lạnh, tuần hoàn không khí ngang (hãng Atlas-Dan Mạch)

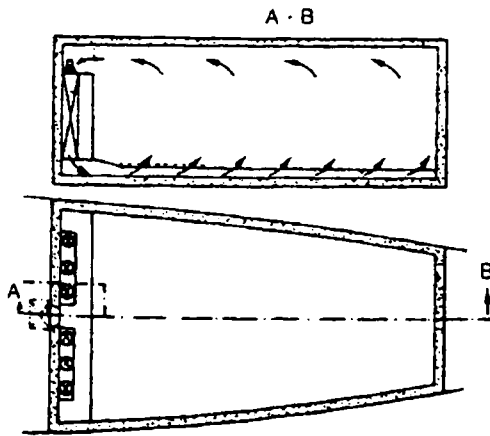
1 - Ống gió ngang; 2 - Ống gió đứng; 3 - Phòng máy tàu thủy;

4 - Phòng máy lạnh; 5 - Quạt; 6 - Dàn bay hơi

Ngày nay các hệ thống lạnh trực tiếp được sử dụng rộng rãi hơn do các ưu điểm của nó so với hệ thống lạnh gián tiếp là:

- Hệ thống đơn giản, gọn nhẹ hơn.
- Khối lượng toàn bộ máy nhỏ hơn.
- Làm việc kinh tế hơn, đầu tư nhỏ hơn.

- Diện tích lắp đặt yêu cầu nhỏ hơn nên diện tích chờ hàng tăng lên.



Hình 23.15. Phương pháp tuần hoàn gió dưới lên

- Với loại máy nén nhiều xilanh, có thể điều chỉnh được năng suất lạnh, khả năng điều chỉnh nhiệt độ phòng lạnh không thua kém gì hệ thống dùng nước muối. Qua việc điều chỉnh năng suất lạnh, tốc độ của hơi hút về máy nén thay đổi trên đường hút. Để đảm bảo hồi dầu về máy nén với hiệu quả cao cần phải có biện pháp khắc phục. Có thể bố trí ống nhánh hoặc có thể bố trí nhiều đường hút với các van chặn trên từng

đường ống.

Hệ thống lạnh trung tâm làm lạnh trực tiếp có nhược điểm là các đường ống dẫn môi chất lạnh dài, nhiều ống chằng chịt rất khó kiểm tra rò rỉ môi chất, lượng môi chất nạp nhiều nên ít an toàn hơn khi điều kiện vận hành trên tàu thủy lại không giống như trên đất liền. Để giải quyết nhược điểm này cần phải bố trí nhiều phòng máy bên cạnh từng nhóm phòng lạnh, hoặc mỗi phòng lạnh có riêng một tổ máy lạnh. Máy nén cũng nên chọn một loại để máy nén dự phòng có khả năng thay thế cho bất kỳ máy nén nào bị hỏng hóc. Trường hợp mỗi phòng lạnh một tổ máy thì nên chọn máy nén nửa kín đã được lắp đặt sẵn trong tổ hợp và được thử bền, thử kín tại nhà máy chế tạo. Như vậy ta đã thực hiện hướng phân tán hóa hệ thống lạnh cho tàu thủy. Để dự phòng có thể mang theo không phải chỉ máy nén mà cả tổ hợp là tốt nhất.

Năng suất lạnh yêu cầu tính toán giống như hệ thống lạnh bình thường với các yêu cầu đặc biệt của các hiệp hội hàng hải đã nêu. Hệ số truyền nhiệt k

của vách cách nhiệt nằm trong khoảng 0,52 đến 0,58W/m²K.

23.5.3. Hệ thống điều hòa không khí trên tàu biển

Hệ thống điều hòa không khí trên tàu biển không có yêu cầu đặc biệt nào khác so với hệ thống trên đất liền. Tuy nhiên khi thiết kế lắp đặt cần chú ý đến đặc điểm vận hành trên tàu biển là độ nghiêng, độ lắc của tàu và độ ăn mòn do nước biển.

Nguyên tắc là có thể ứng dụng tất cả các loại hệ thống lạnh khác nhau ví dụ máy làm lạnh nước hoặc máy điều hòa có dàn bay hơi trực tiếp bằng môi chất lạnh. Bình ngưng phải làm mát bằng nước biển nên phải có vật liệu phù hợp giống như yêu cầu đối với hệ thống lạnh trên tàu. Máy lạnh hấp thụ nước/bromualiti trước đây được sử dụng rất rộng rãi nhưng ngày nay cũng ít gặp.

Chương 24

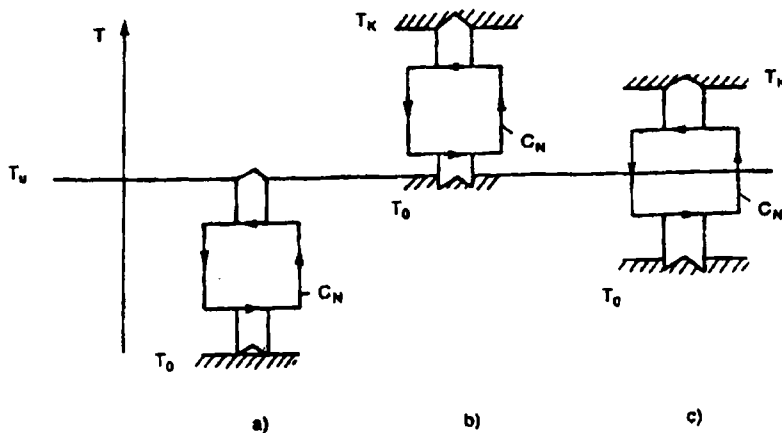
BƠM NHIỆT

24.1. KHÁI QUÁT VỀ BƠM NHIỆT

Năm 1852 Thomson (Lord Kelvin) sáng chế ra bơm nhiệt đầu tiên trên thế giới. Song song với kỹ thuật lạnh, bơm nhiệt có bước phát triển riêng của mình. Những thành công lớn nhất của bơm nhiệt bắt đầu từ những năm 1940 khi hàng loạt bơm nhiệt công suất lớn được lắp đặt thành công ở nhiều nước châu Âu để sưởi ấm, đun nước nóng và điều hòa không khí.

Từ khi xảy ra cuộc khủng hoảng năng lượng vào đầu thập kỷ 70, bơm nhiệt lại bước vào một bước tiến nhảy vọt mới. Hàng loạt bơm nhiệt đủ mọi kích cỡ cho các ứng dụng khác nhau được nghiên cứu chế tạo, hoàn thiện và bán rộng rãi trên thị trường.

Ngày nay bơm nhiệt đã trở nên rất quen thuộc trong các lĩnh vực điều hòa không khí, sấy, hút ẩm, đun nước...



Hình 24.1. a) Máy lạnh $T_0 < T_u$; $T_k = T_u$; b) Bơm nhiệt $T_0 \geq T_u$; $T_k > T_u$;
c) Bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh $T_0 < T_u$; $T_k > T_u$; T_0 – Nhiệt độ dàn bay hơi; T_k – Nhiệt độ dàn ngưng;
 T_u – Nhiệt độ môi trường; C_N – Chu trình Carnot ngược chiều

Nguyên lý làm việc

Bơm nhiệt là một thiết bị dùng để bơm một dòng nhiệt từ mức nhiệt độ thấp lên mức nhiệt độ cao hơn, phù hợp với nhu cầu cấp nhiệt. Để duy trì bơm nhiệt hoạt động cần tiêu tốn một dòng năng lượng khác (điện hoặc nhiệt năng). Như vậy máy lạnh cũng là một loại bơm nhiệt và cùng có chung một nguyên lý hoạt động. Các thiết bị của chúng là giống nhau. Người ta chỉ phân biệt máy lạnh với bơm nhiệt ở mục đích sử dụng mà thôi. Máy lạnh gắn với việc sử dụng nguồn lạnh ở thiết bị bay hơi, còn bơm nhiệt gắn với việc sử dụng nguồn nhiệt ở thiết bị ngưng tụ. Do yêu cầu sử dụng nguồn nhiệt nên bơm nhiệt hoạt động ở cấp nhiệt độ cao hơn (xem hình 24.1).

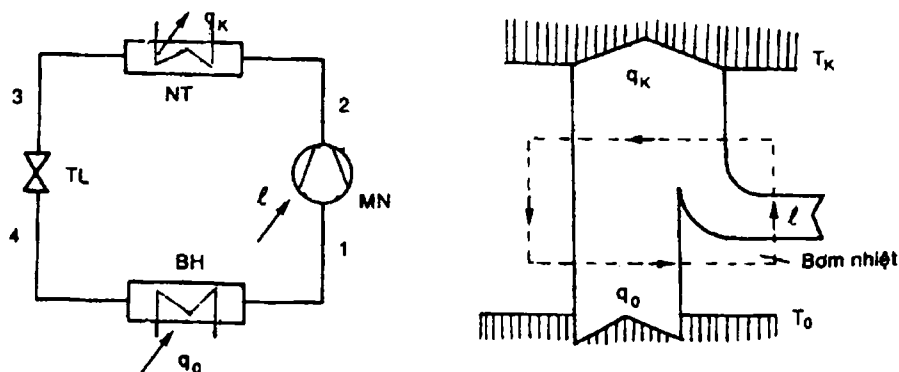
Cũng như máy lạnh, bơm nhiệt làm việc theo chu trình ngược (hình 24.2) với các quá trình chính như sau:

1-2: quá trình nén hơi môi chất từ áp suất thấp, nhiệt độ thấp lên áp suất cao và nhiệt độ cao trong máy nén hơi. Quá trình nén là đoạn nhiệt.

2-3: quá trình ngưng tụ đẳng nhiệt trong thiết bị ngưng tụ, thải nhiệt cho môi trường.

3-4: quá trình tiết lưu đẳng entanpy ($h_3 = h_4$) của môi chất lỏng qua van tiết lưu từ áp suất cao xuống áp suất thấp.

4-1: quá trình bay hơi đẳng nhiệt ở nhiệt độ thấp và áp suất thấp thu nhiệt của môi trường lạnh.



Hình 24.2. Nguyên lý làm việc của bơm nhiệt nén hơi

a) Sơ đồ thiết bị; b) Sơ đồ dòng năng lượng

MN – Máy nén; NT – Thiết bị ngưng tụ; TL – Van tiết lưu

BH – Thiết bị bay hơi; ℓ – Công tiêu tốn cho máy nén.

q_0 – Nhiệt lượng lấy từ môi trường (hay buồng lạnh)

q_k – Nhiệt lượng thải ra ở dàn ngưng tụ

Mục đích sử dụng là lượng nhiệt thải ra ở thiết bị ngưng tụ.

Năng suất nhiệt của bơm nhiệt chính là phương trình cân bằng nhiệt ở máy lạnh:

$$q_k = q_0 + \ell \quad (24-1)$$

Hệ số nhiệt của bơm nhiệt là:

$$\varphi = \frac{q_k}{\ell} > 1 \quad (24-2)$$

$$\varphi = \frac{q_0 + \ell}{\ell} = \varepsilon + 1 \quad (24-3)$$

Nếu sử dụng bơm nhiệt nóng lạnh kết hợp thì hiệu quả kinh tế còn cao hơn nữa vì chỉ cần tiêu tốn một dòng năng lượng ℓ ta được cả năng suất lạnh q_0 và năng suất nhiệt q_k như mong muốn. Gọi φ_ε là hệ số nhiệt lạnh của bơm nhiệt nóng lạnh thì:

$$\varphi_\varepsilon = \frac{q_k + q_0}{\ell} = \varphi + \varepsilon = 2\varepsilon + 1 \quad (24-4)$$

Cũng như máy lạnh, hiện nay bơm nhiệt nén hơi được sử dụng rộng rãi và có hiệu quả kinh tế to lớn trong hầu hết các ngành công, nông, lâm, ngư nghiệp...

Nhưng ngoài bơm nhiệt nén hơi, giống như máy lạnh, người ta chế tạo hầu như đủ các loại bơm nhiệt làm việc theo các nguyên lý khác nhau như bơm nhiệt hấp thụ, bơm nhiệt nén khí và bơm nhiệt nhiệt điện.

Nói chung hiện nay tất cả các loại bơm nhiệt nêu trên đều được sử dụng nhưng bơm nhiệt nén hơi được sử dụng rộng rãi nhất. Bơm nhiệt hấp thụ cũng được chú ý sử dụng vì ngoài q_k người ta còn sử dụng được cả q_A làm nguồn nóng.

Ngoài ra, bốn loại bơm nhiệt nói trên còn được ghép nối lại với nhau nhằm những hiệu quả nhất định. Ví dụ bơm nhiệt hấp thụ – nén hơi nhằm mục đích tăng nhiệt độ ngưng tụ, qua đó tăng nhiệt độ chất tải nhiệt. Nguyên lý hoạt động chủ yếu như máy lạnh hấp thụ nhưng giữa bình sinh hơi và dàn ngưng người ta lắp thêm một máy nén, hút hơi từ bình sinh hơi và nén vào dàn ngưng. Áp suất ngưng tụ cao lên đưa nhiệt độ ngưng tụ lên theo, và hệ số nhiệt của nó tăng lên đáng kể.

24.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG

24.2.1. Hệ số nhiệt của bơm nhiệt

Hệ số nhiệt độ của bơm nhiệt đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao

hiệu quả năng lượng của bơm nhiệt. Từ các phương trình (24-1) đến (24-4) ta thấy rõ hệ số nhiệt của bơm nhiệt là luôn luôn lớn hơn 1, do đó ứng dụng của bơm nhiệt bao giờ cũng có lợi về nhiệt.

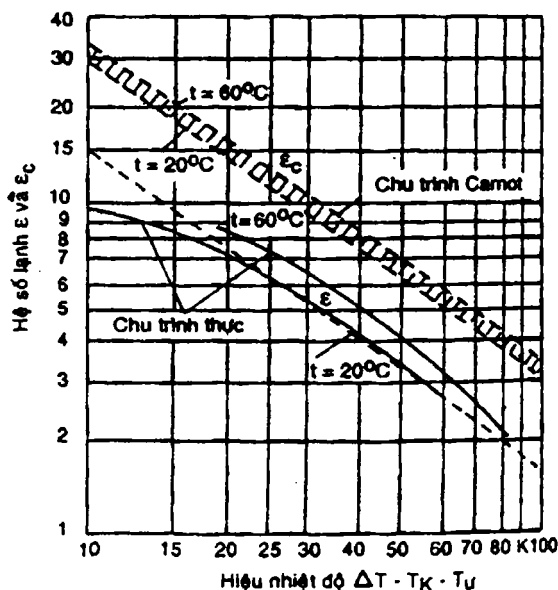
Hình 24.3 biểu diễn hệ số nhiệt thực tế của bơm nhiệt.

Hệ số thực của bơm nhiệt φ nhỏ hơn hệ số nhiệt lý thuyết tính theo chu trình Carnot φ_c .

$$\varphi = v \cdot \varphi_c \quad (24-5)$$

$$\text{Suy ra: } \varphi = v \cdot \frac{T_k}{T_k - T_o} \quad (24-6)$$

Trong đó v là hiệu suất exergy hay hệ số hoàn thiện của chu trình thực. Với phương trình (24.6) ta có thể tính được hệ số nhiệt lý thuyết theo chu trình Carnot phụ thuộc vào hiệu nhiệt độ của dàn ngưng và dàn bay hơi. Trên hình (24.2) biểu diễn hai đường φ_c ($t_k = 60^\circ\text{C}$) và φ_c ($t_k = 20^\circ\text{C}$). Để bơm nhiệt đạt được hiệu quả kinh tế cao thường người ta phải chọn hiệu nhiệt độ ΔT sao cho hệ số nhiệt thực tế của bơm nhiệt phải đạt từ 3 đến 4 trở lên, nghĩa là hiệu nhiệt độ phải nhỏ hơn 60K. Cũng chính vì lý do đó, chỉ trong những trường hợp đặc biệt, người ta mới sử dụng bơm nhiệt hai cấp nén. Nói cách khác là không có bơm nhiệt 2 cấp. Đó là khác biệt cơ bản giữa bơm nhiệt và máy lạnh.



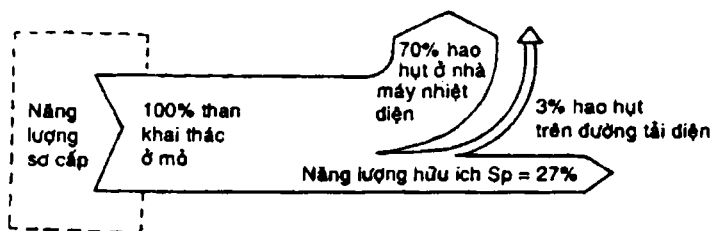
Hình 24.3. Hệ số nhiệt thực tế của bơm nhiệt φ và hệ số nhiệt lý thuyết theo chu trình Carnot φ_c

24.2.2. So sánh các phương án cấp nhiệt

Để thấy rõ hiệu quả năng lượng của bơm nhiệt ta có thể so sánh một số phương án trên sơ đồ cấp nhiệt từ nguồn năng lượng sơ cấp đến nơi tiêu thụ. Nguồn năng lượng sơ cấp là than, dầu mỏ và khí thiên nhiên v.v. Ở nước ta nguồn năng lượng sơ cấp chủ yếu là than đá, do đó ta có thể lấy than đá cho những ví dụ về tính toán cấp nhiệt.

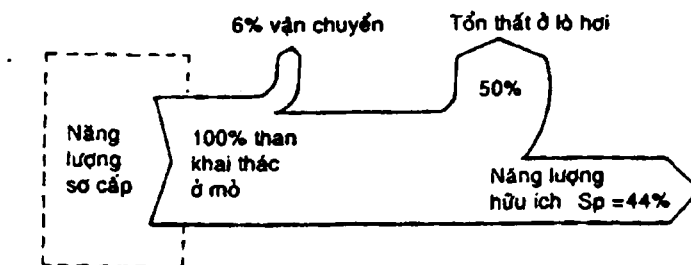
Ví dụ ta cần phải cấp nhiệt cho một lò sấy, yêu cầu nhiệt độ sấy từ 70 đến 100°C, nghĩa là nhiệt độ đó phù hợp với khả năng của bơm nhiệt.

Phương án 1: Dùng than để sản xuất ra điện ở nhà máy nhiệt điện, sau đó sử dụng trực tiếp năng lượng điện để cấp cho lò sấy thì hiệu suất sử dụng than sẽ là: 100% than – 70% hao hụt ở nhà máy điện – 3% hao hụt trên đường tải điện. Hiệu suất thực tế còn 27%.



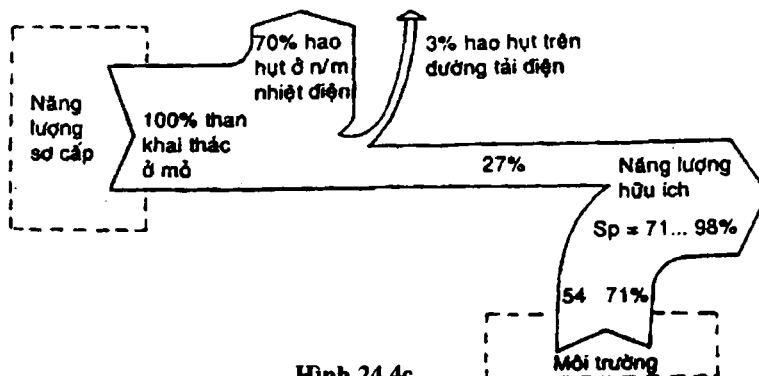
Hình 24.4a

Phương án 2: Nếu sử dụng than để đốt lò hơi, cung cấp nhiệt cho hầm sấy bằng hơi nước thì hiệu suất sử dụng than như sau: 100% than sản xuất ở mỏ trừ đi 6% hao hụt khi vận chuyển bốc dỡ trừ hao hụt ở lò hơi là 50%, năng lượng hữu ích còn lại là 44%.



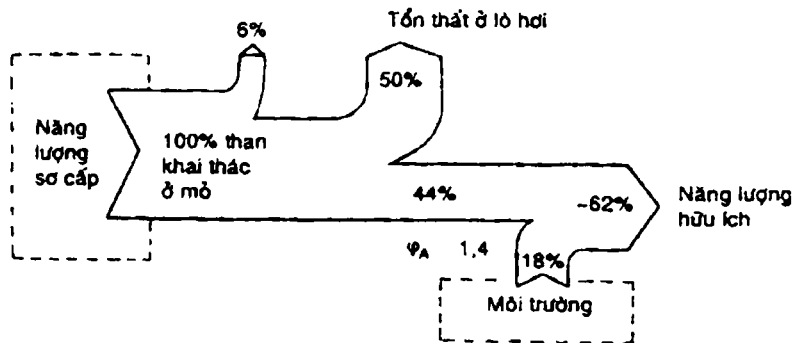
Hình 24.4b

Phương án 3: Các điều kiện như phương án 1, nhưng không sử dụng trực tiếp năng lượng điện qua các bộ đốt điện trở mà sử dụng qua bơm nhiệt nén hơi. Với hệ số nhiệt của bơm nhiệt $\phi = 3...4$ tùy theo ΔT , S_p cũng tăng lên gấp 3...4 lần.



Hình 24.4c

Phương án 4: Giống như phương án 2 nhưng năng lượng hữu ích 44% đó không sử dụng trực tiếp ngay cho hầm sấy mà sử dụng qua một bơm nhiệt hấp thụ. Theo kinh nghiệm bơm nhiệt hấp thụ có hệ số nhiệt $\varphi_A \approx 1,4$ như vậy năng lượng hữu ích sẽ tăng lên 1,4 lần: $S_{p,A} = 1,4.44\% \approx 62\%$



Hình 24-4d

Phương án 5: Sử dụng than đốt cho buồng sấy trực tiếp qua thiết bị trao đổi nhiệt thì năng lượng hữu ích là 100% trừ đi 6% tổn thất vận chuyển, 32% cho thiết bị biến đổi năng lượng tại chỗ. Vậy $S_p = 62\%$.

Phương án 6: Sử dụng than đốt trực tiếp từ bình sinh hơi của máy lạnh hấp thụ ta sẽ có năng lượng hữu ích.

$$S_{p,A} = \varphi_A \cdot S_p = 1,4.62\% = 87\%$$

Qua 6 phương án cấp nhiệt nêu ra ở trên ta thấy tất cả các phương án cấp nhiệt có bơm nhiệt đều có hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp cao hơn. Một ưu điểm nữa của bơm nhiệt là có thể sử dụng được cả năng suất lạnh của nó cho các mục đích khác như bảo quản sản phẩm hoặc điều hòa không khí.

24.2.3. Đánh giá hiệu quả bơm nhiệt

Đánh giá hiệu quả của bơm nhiệt là một vấn đề hết sức khó khăn. Trước hết người ta phải tiến hành phân tích tỉ mỉ tất cả các hệ số ảnh hưởng đến việc lựa chọn thiết bị bơm nhiệt cho một nhu cầu cấp nhiệt như giá thành các dạng năng lượng sơ cấp, giá thiết bị, giá xây lắp, giá vận hành, khả năng tiết kiệm năng lượng, thời gian khấu hao, so sánh các phương án cấp nhiệt như trên đã giới thiệu. Ví dụ như ở nước ta, tuy năng lượng sơ cấp rất đắt nhưng việc ứng dụng bơm nhiệt gặp rất nhiều khó khăn vì thiết bị phải nhập của nước ngoài. Môi chất, dầu bôi trơn, các phụ kiện và phụ tùng thay thế cũng rất đắt và khó khăn.

Sau đây chúng tôi giới thiệu một vài cách đánh giá hiệu quả bơm nhiệt.

Trước hết ta có thể đánh giá năng lượng sơ cấp tiêu hao qua hiệu suất sử dụng năng lượng sơ cấp như phần so sánh các phương án đã nêu.

$$S_{p,k} = \varphi \times \eta_{ND} \quad (24-7a)$$

$$S_{p,A} = \varphi_A \times \eta_{LH} \quad (24-7b)$$

Trong đó:

$S_{p,k}$ – hiệu suất sử dụng năng lượng sơ cấp của bơm nhiệt nén hơi;

$S_{p,A}$ – hiệu suất sử dụng năng lượng sơ cấp của bơm nhiệt hấp thụ;

η_{ND} - hiệu suất nhà máy nhiệt điện;

η_{LH} – hiệu suất lò hơi.

Hiệu suất sử dụng năng lượng sơ cấp của bơm nhiệt nén hơi và bơm nhiệt hấp thụ là gần bằng nhau và bằng khoảng 0,9 vì $\varphi = 3$ và $\eta_k \approx 0,3$ trong khi đó $\varphi_A \approx 1,4$ nhưng hiệu suất của các lò hơi hiện đại hiện nay lên đến khoảng $\eta_{LH} \approx 0,65$ do đó hiệu quả năng lượng khi dùng lò hơi với bơm nhiệt hấp thụ cũng đạt khoảng 0,9.

Người ta cũng có thể đánh giá bơm nhiệt qua năng lượng sơ cấp tiết kiệm được hàng năm. Ví dụ: nếu dùng bơm nhiệt nén hơi thay cho dùng điện trực tiếp thì:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{Q}{S_{p_2}} - \frac{Q}{S_{p_k}} \quad (24-8)$$

Trong đó:

ΔE – số lượng năng lượng sơ cấp tiết kiệm được;

E – số năng lượng tiêu thụ;

Q – nhu cầu nhiệt lượng hàng năm, kJ/a.

Thay $S_{p_2} = 0,3$ và $S_{p_k} = 0,3.3$ vào ta có:

$$\Delta E = 2,2Q$$

Như vậy nếu sử dụng bơm nhiệt nén hơi người ta tiết kiệm được một khối lượng năng lượng sơ cấp bằng 2,2 lần nhu cầu nhiệt lượng hàng năm của xí nghiệp. Tương tự như vậy ta có thể tính toán cho các phương án khác. Từ phương pháp đánh giá trên ta có thể tính được thời gian hoàn vốn thiết bị. Ta có thể tính giá trị của từng loại nguyên vật liệu chế tạo bơm nhiệt ra năng lượng. Ở đây ta có thể đơn giản quy đổi giá thành thiết bị, công lắp đặt vận hành... ra

năng lượng sơ cấp để tính toán. Ví dụ giá của một thiết bị bơm nhiệt cộng với các chi phí lắp đặt vận hành là 900 MWh điện, nhưng nhờ lắp đặt chính thiết bị bơm nhiệt đó mà mỗi năm người ta tiết kiệm được 450MWh điện. Vậy thời gian hoàn vốn sẽ là:

$$P_{hv} = \frac{900}{450} = 2a$$

Như vậy, sau 2 năm thiết bị được hoàn vốn. Tất nhiên tuổi thọ của thiết bị phải trên 2 năm xí nghiệp mới có lãi. Trên thực tế đã có thiết bị bơm nhiệt chạy trên 10 năm mà chưa cần một sự bảo dưỡng nhỏ nào.

24.3. BƠM NHIỆT VÀ CÁC THÀNH PHẦN CƠ BẢN CỦA BƠM NHIỆT

24.3.1. Môi chất và các cặp môi chất

Môi chất và các cặp môi chất có yêu cầu giống như đối với máy lạnh. Sau khi các loại môi chất R11, R12, R502... bị cấm, R134a và các HFC bị tẩy chay thì môi chất lạnh chỉ còn lại R22 cho máy nén thể tích và R123 cho máy nén tuabin.

Ngoài R22, hai môi chất lạnh mới đang được ứng dụng cho các máy điều hòa bơm nhiệt là R407C và R410A. Đây là các bơm nhiệt có áp suất ngưng tụ gấp 1,1 và 1,6 lần R22. Ngày nay công nghệ chế tạo máy nén đã đạt được những tiến bộ vượt bậc nên áp suất ngưng tụ cao không còn là sự cản trở đối với sự phát triển của bơm nhiệt.

Một môi chất đang được sử dụng rất rộng rãi không chỉ ở Nhật mà cả ở Mỹ và châu Âu cho bơm nhiệt là CO₂. Hàng năm Nhật sản xuất hàng triệu bơm nhiệt đun nước nóng gia đình còn ở Đức, từ 2006, các máy điều hòa CO₂ đã thay thế hoàn toàn các máy điều hòa R134a trên ô tô.

Đối với bơm nhiệt hấp thụ, người ta vẫn sử dụng chủ yếu hai cặp môi chất là NH₃/H₂O và H₂O/BrLi. Đối với điều kiện Việt Nam máy lạnh H₂O/BrLi chắc chắn có nhiều ý nghĩa vì nó phù hợp với điều kiện nhiệt đới.

Do hiệu ứng nhà kính và phá hủy tầng ôzôn, một loạt môi chất freôn đã bị cấm sử dụng. Việc tìm kiếm môi chất mới cho bơm nhiệt cũng như cho máy lạnh lại đặt ra những yêu cầu và nhiệm vụ mới.

24.3.2. Máy nén lạnh

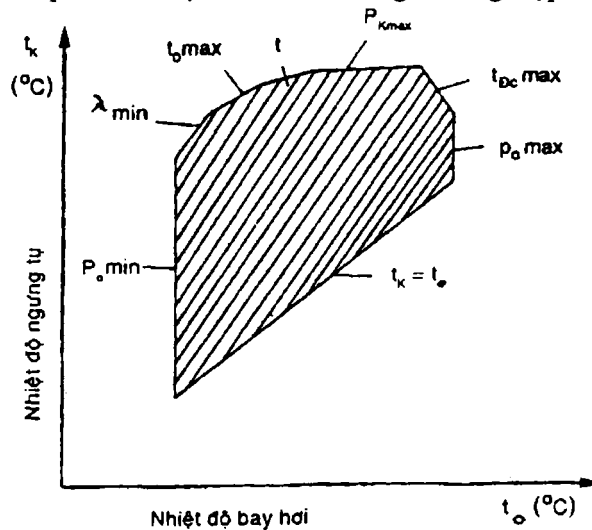
Cũng như máy lạnh, máy nén là bộ phận quan trọng nhất của bơm nhiệt. Tất

cả các dạng máy nén của máy lạnh đều được ứng dụng trong bơm nhiệt. Đặc biệt quan trọng là máy nén pittông trượt, máy nén xoắn ốc, máy nén trục vít và máy nén tuabin.

So sánh với máy nén lạnh, máy nén dùng cho bơm nhiệt có đòi hỏi cao hơn, đặc biệt là các yêu cầu sau đây.

- Nhiệt độ ngưng tụ đến khoảng $60^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$;
- Nhiệt độ cuối quá trình nén phải cao hơn $100 \div 130^{\circ}\text{C}$ như vậy, nhiệt độ dầu cũng phải cao tương ứng;
- Hiệu suất cao với các điều kiện của bơm nhiệt;
- An toàn khi tải thay đổi;
- Điều chỉnh công suất vô cấp được mà không có tổn hao;
- Ít tiếng ồn.

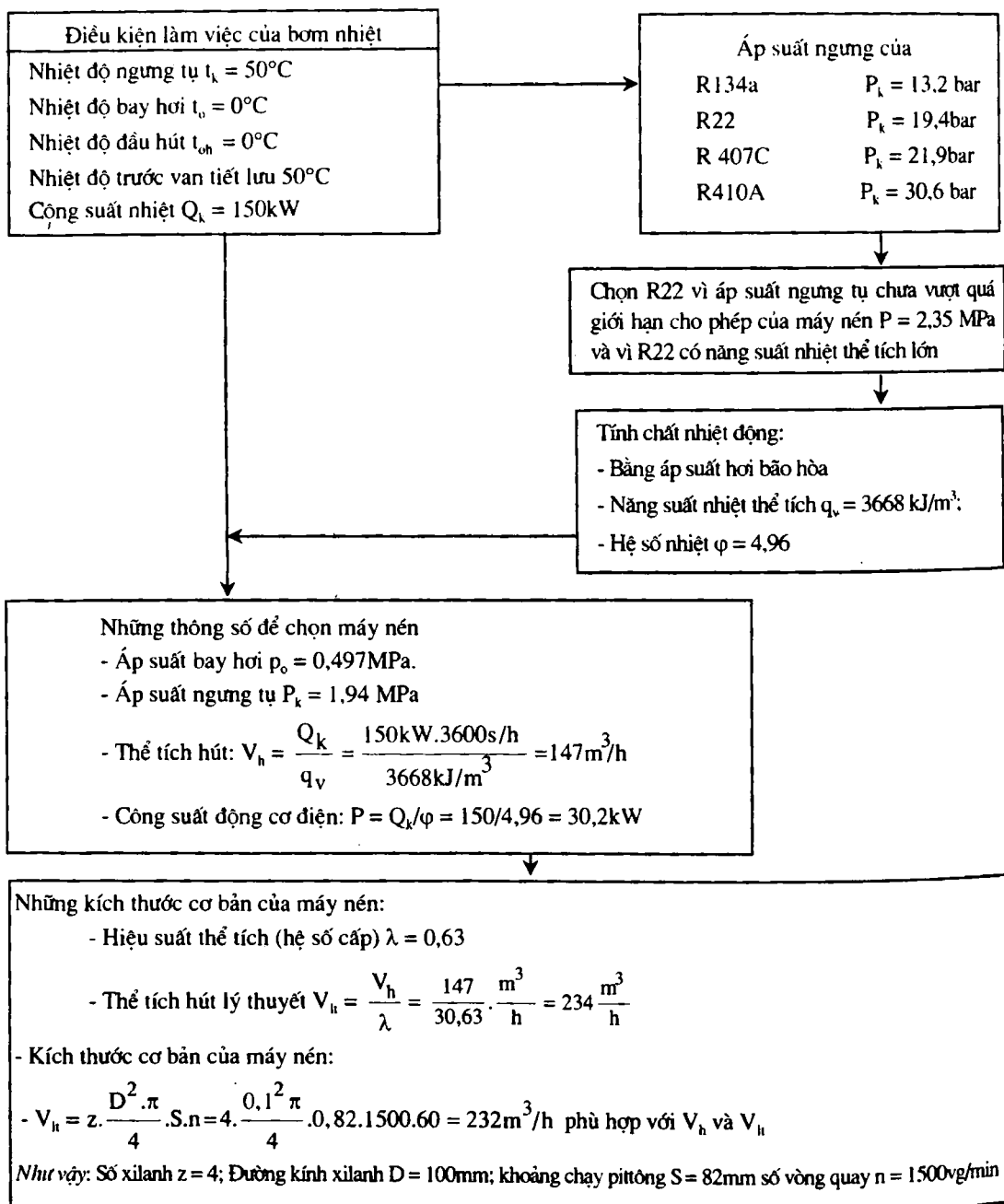
Như vậy một máy nén bơm nhiệt cần phải đặc biệt chắc chắn, tuổi thọ cao và chạy êm, cần phải có hiệu suất cao trong trường hợp ít hoặc đủ tải.



Hình 24.5. Đồ thị đặc tính của máy nén lạnh

Những yêu cầu cũng được thỏa mãn phần nào khi chọn máy nén lạnh dùng cho bơm nhiệt. Nói chung để nâng cao hiệu quả bơm nhiệt, người ta còn cần tính toán cả các thành phần khác nữa như môi chất và các thiết bị trao đổi nhiệt cũng như cách lắp đặt, bố trí. Nhưng trong thực tế, nếu như số lượng sản xuất quá ít thì thay đổi công nghệ sản xuất là không kinh tế. Bởi vậy người ta vẫn chọn máy nén cho bơm nhiệt trong các loạt máy nén lạnh được sản xuất nhưng có chú ý đến các yêu cầu đặc biệt của bơm nhiệt để hiệu suất bơm nhiệt

được bảo đảm. Đặc tính của máy nén có thể được biểu diễn dưới dạng đồ thị trình bày trên hình 24.5. Trên đồ thị biểu diễn các đường giới hạn như đường giới hạn $t_k = t_o, p_o \max, p_o \min, p_k \max$, nhiệt độ động cơ tối đa $t_{DC} \max$, nhiệt độ dầu bôi trơn tối đa $t_{dầu \max}$ và đường giới hạn khi máy nén có hệ số cấp là tối thiểu λ_{\min} .



Hình 24.6. Chọn và tính toán các kích thước cơ bản cho máy nén pittông của bơm nhiệt với chế độ làm việc cho trước

Dựa vào đồ thị đặc tính này, ta có thể xem xét các điều kiện bơm nhiệt có phù hợp hay không với máy nén đã chọn.

Ta có thể tính toán các thông số cơ bản để chọn máy nén theo sơ đồ trình bày trên hình 24.4. Cho trước là các điều kiện làm việc của bơm nhiệt như: nhiệt độ ngưng tụ, nhiệt độ bay hơi, nhiệt độ hút, nhiệt độ trước van tiết lưu và công suất nhiệt yêu cầu. Từ đó ta có thể so sánh các môi chất, tính toán các thông số cơ bản cần thiết và xác định được các thông số cơ bản của máy nén khi biết hiệu suất thể tích λ .

Sau đó cần kiểm tra sự phù hợp của máy nén với các điều kiện làm việc của bơm nhiệt (hình 24.6). Thường người ta chọn các loại máy nén sản xuất cho máy điều hòa nhiệt độ vì các chế độ làm việc của bơm nhiệt cũng gần giống như chế độ điều hòa nhiệt độ.

24.3.3. Các thiết bị trao đổi nhiệt

Các thiết bị trao đổi nhiệt cơ bản trong bơm nhiệt là thiết bị bay hơi và ngưng tụ. Máy lạnh hấp thụ có thêm thiết bị sinh hơi và hấp thụ. Giống như máy lạnh, thiết bị ngưng tụ và bay hơi của bơm nhiệt cũng có đầy đủ các dạng: ống chùm, ống lồng ngược dòng, ống xoắn, ống đứng và kiểu tấm. Các phương pháp tính toán cũng giống như đã trình bày ở phần máy lạnh.

Như đã biết, mục đích của bơm nhiệt chủ yếu là cấp nhiệt thu được ở dàn ngưng, có thể kết hợp cấp lạnh thu được ở dàn bay hơi, nên kèm theo năng suất nhiệt, năng suất lạnh, các chế độ nhiệt độ. Bao giờ người ta cũng cho biết dạng của chất tải nhiệt và tải lạnh là nước hoặc không khí. Ký hiệu bơm nhiệt một cách ngắn gọn: chất tải nhiệt của dàn ngưng được viết trước và chất tải lạnh được viết sau, ví dụ:

- Bơm nhiệt nước – nước: chất tải nhiệt và tải lạnh đều là nước
- Bơm nhiệt nước – không khí: chất tải nhiệt là nước còn chất tải lạnh hoặc nguồn nhiệt cung cấp cho dàn bay hơi là không khí.
- Bơm nhiệt nước – không khí: chất tải nhiệt là không khí và chất tải lạnh là nước.
- Bơm nhiệt không khí – không khí: chất tải nhiệt và tải lạnh đều là không khí.

24.3.4. Thiết bị phụ của bơm nhiệt

Tất cả các thiết bị phụ của bơm nhiệt giống như thiết bị phụ của máy lạnh. Cũng xuất phát từ yêu cầu nhiệt độ cao hơn nên đòi hỏi về công nghệ gia công, độ tin cậy của thiết bị cao hơn. Ví dụ: đường ống, van phải chịu áp lực và

hiệt độ cao hơn nhiều so với máy lạnh nghĩa là áp suất dàn ngưng nhiều khi đạt trên 2MPa và nhiệt độ đến hoặc hơn 100°C. Đây cũng là vấn đề đặt ra đối với dầu bôi trơn, đệm kín các loại trong hệ thống.

Do bơm nhiệt phải hoạt động ở chế độ áp suất và nhiệt độ gần sát với giới hạn tối đa nên các thiết bị tự động rất cần thiết và phải hoạt động với độ tin cậy cao để đề phòng hư hỏng thiết bị khi chế độ làm việc vượt quá giới hạn cho phép.

Đối với van tiết lưu, bơm nhiệt có chế độ làm việc khác máy lạnh nên cũng gần có van tiết lưu phù hợp. Để đáp ứng yêu cầu đó các hãng sản xuất thiết bị tự động đã nghiên cứu chế tạo các loại van tiết lưu cho các môi chất R134a, R22, và R407C và 410A với nhiệt độ bay hơi tới +20°C. Với nhiệt độ bay hơi trên +20°C và đặc biệt với các loại môi chất lạnh khác, việc tìm kiếm được van tiết lưu là tương đối khó khăn. Như vậy trong hoàn cảnh Việt Nam, ta chỉ có thể xây dựng các thiết bị thí nghiệm về bơm nhiệt ứng dụng với các loại môi chất thông dụng đó và với nhiệt độ sôi cao nhất là +20°C.

24.3.5. Thiết bị ngoại vi của bơm nhiệt

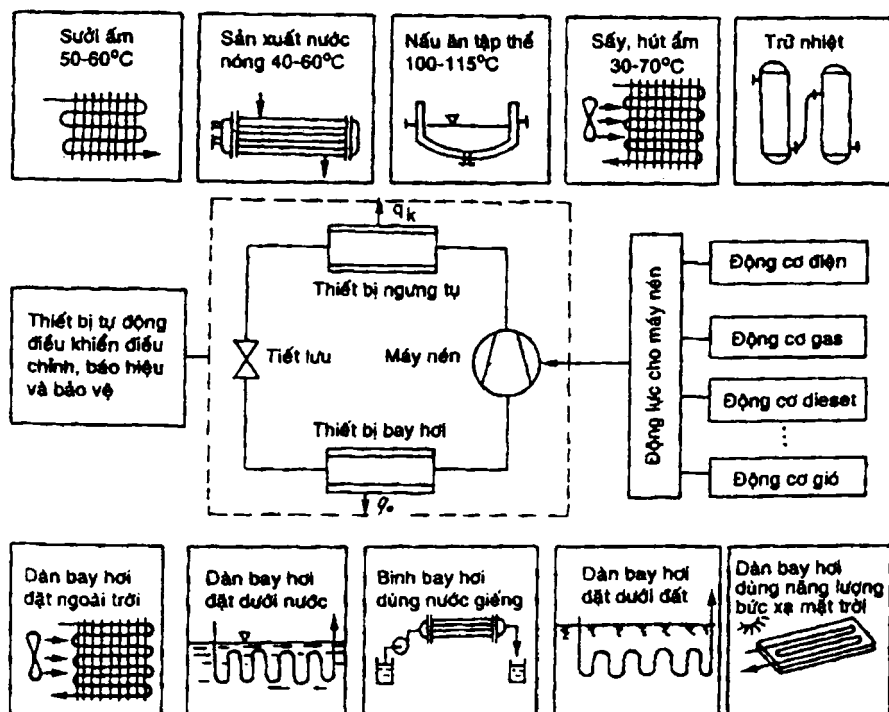
Thiết bị ngoại vi của bơm nhiệt là những thiết bị hỗ trợ cho bơm nhiệt phù hợp từng phương án sử dụng nó. Thiết bị ngoại vi của bơm nhiệt gồm một số loại sau:

- Các phương án động lực của máy nén như: động cơ điện, động cơ ga, động cơ diesel hoặc động cơ gió...

- Các phương án sử dụng nhiệt thu được ở dàn ngưng tụ. Nếu là sưởi ấm thì có thể sử dụng dàn ngưng trực tiếp hoặc gián tiếp qua một vòng tuần hoàn chất tải nhiệt, có thể sử dụng để nấu ăn, sấy, hút ẩm v.v... Mỗi phương án đòi hỏi những thiết bị hỗ trợ khác nhau. Có trường hợp nhu cầu nhiệt biến động rất nhiều theo thời gian. Ví dụ: Nhu cầu nước nóng tắm rửa sau ca làm việc, nhu cầu nước nóng cho từng mẻ hồ sợi, hoặc nhuộm vải sợi v.v. Khi đó nhất thiết phải bố trí thiết bị trữ nhiệt.

- Các phương án cấp nhiệt cho dàn bay hơi. Trường hợp sử dụng lạnh đồng thời với nóng thì phía dàn bay hơi có thể là buồng lạnh hoặc chất tải lạnh. Ngoài ra có thể sử dụng dàn bay hơi đặt phía ngoài không khí, dàn bay hơi sử dụng nước giếng là môi trường cấp nhiệt. Còn có những phương án như dàn bay hơi đặt ở dưới nước, đặt ở dưới đất hoặc dàn bay hơi sử dụng năng lượng mặt trời. Hầu hết những thiết bị đó tương ứng về mặt cấu trúc, hình dáng, tính toán

đều khác biệt so với thiết bị bay hơi của máy lạnh.



Hình 24.7. Các dạng thiết bị phụ của bơm nhiệt

- Các thiết bị điều khiển, kiểm tra tự động sự hoạt động của bơm nhiệt và các thiết bị hỗ trợ. Đây là những thiết bị tự động điều khiển các thiết bị phụ trợ ngoài bơm nhiệt để phù hợp với các hoạt động của bơm nhiệt. Ví dụ: một bơm nhiệt có dàn bay hơi sử dụng năng lượng bức xạ mặt trời. Nhiệt độ dàn bay hơi khi nhận bức xạ lớn có thể lớn bằng hoặc lớn hơn nhiệt độ ngưng tụ yêu cầu. Khi đó thiết bị tự động phải tự động ngừng bơm nhiệt và đưa năng lượng từ bộ thu trực tiếp đến nơi tiêu thụ. Hình 24.7 trình bày sơ lược một số dạng thiết bị phụ của bơm nhiệt.

24.4. ỨNG DỤNG CỦA BƠM NHIỆT TRONG NỀN KINH TẾ QUỐC DÂN

Như đã trình bày, bơm nhiệt có thể được ứng dụng ở tất cả các cơ sở có nhu cầu năng lượng ở nhiệt độ thấp khoảng $40 \div 80^\circ\text{C}$ hoặc có thể cao đến $115 \div 120^\circ\text{C}$ khi có nguồn nhiệt tải để $\Delta t \leq 60\text{K}$. Nếu như nhu cầu về nóng và lạnh tương đối ăn khớp nhau thì hiệu quả kinh tế của bơm nhiệt lại càng lớn.

Khi sử dụng bơm nhiệt cần chú ý hiệu quả kinh tế của nó biểu hiện qua hệ

số bơm nhiệt ϕ . Hệ số nhiệt ϕ của bơm nhiệt phụ thuộc rất nhiều vào hiệu nhiệt độ của dàn ngưng và dàn bay hơi như đã trình bày ở trên. Một điều kiện nữa của bơm nhiệt đạt hiệu quả cao là nhu cầu về nóng và lạnh phải liên tục và ổn định để thời gian hoàn vốn của thiết bị là thấp nhất.

Nói chung, bơm nhiệt có thể được ứng dụng trong các ngành kinh tế sử dụng các nguồn nhiệt nhiệt độ thấp như:

- Công nghiệp sấy và hút ẩm;
- Các quá trình thu hồi nhiệt thải;
- Công nghiệp chưng cất, tách chất;
- Công nghiệp thực phẩm chủ yếu để tẩy rửa, tiệt trùng;
- Công nghiệp vải sợi, gỗ, bột và giấy;
- Tẩy rửa, mạ kim loại sơn giấy trong kỹ thuật điện và chế tạo máy;
- Công nghiệp hóa học như bay hơi, cô đặc v.v...
- Điều tiết không khí tiện nghi công nghiệp, nông nghiệp, các công trình công cộng như y tế, văn hóa, thể thao.

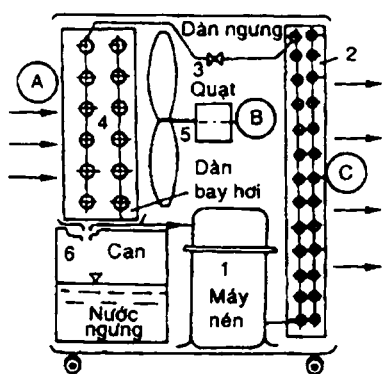
Sau đây chúng tôi sẽ giới thiệu một số tổ hợp bơm nhiệt với những ứng dụng cụ thể của nó làm ví dụ.

24.4.1. Ứng dụng bơm nhiệt trong công nghiệp sấy, hút ẩm

Bơm nhiệt hút ẩm đơn giản được mô tả trên hình 24.8. Bơm nhiệt hút ẩm thực chất là một máy lạnh nhưng được bố trí đặc biệt để làm nhiệm vụ khử ẩm trong không khí.

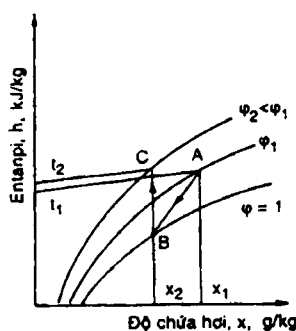
Bơm nhiệt hút ẩm gồm máy nén 1, van tiết lưu 3, hai đầu bố trí dàn ngưng tụ và dàn bay hơi. Đáy dưới và nắp trên với hai thành bên được bọc kín để không khí chỉ có thể đi theo một hướng từ phía dàn bay hơi ra phía dàn ngưng. Không khí được hút qua bơm nhiệt nhờ quạt hướng trục 5. Không khí trong phòng đầu tiên đi qua dàn bay hơi với trạng thái ban đầu ở điểm A có độ ẩm tương đối ϕ_1 và nhiệt độ t_1 . Khi vào dàn bay hơi, nhiệt độ giảm xuống, độ ẩm tương đối tăng lên đến trạng thái bão hòa. Một phần ẩm ngưng tụ lại chảy xuống khay nước bên dưới. Không khí sau khi ra khỏi dàn bay hơi ở trạng thái B với $\phi = 100\%$. Sau đó không khí đã khử ẩm đi qua dàn ngưng tụ, nhận nhiệt và nhiệt độ tăng lên t_2 , độ ẩm tương đối giảm xuống $\phi_2 < \phi_1$. Hình 24.9 biểu diễn trạng thái không khí trên đồ thị h-x. Nhiệt độ không khí ra khỏi dàn ngưng bao giờ cũng lớn hơn vì phải nhận thêm nhiệt do công của máy nén sinh ra và hơi nước ngưng tụ lại ở dàn bay hơi. Nếu yêu cầu

nhệt độ thấp hơn ta có thể có phương án sử dụng một phần nhiệt lượng dàn ngưng vào mục đích khác. Một máy hút ẩm như vậy có thể đặt ở những nơi cần thiết giảm độ ẩm không khí xuống như phòng ở, phòng làm việc, buồng phơi quần áo, thư viện, kho bảo quản các đồ dùng quang học, các kho bảo quản các sản phẩm dễ nấm, mốc như các hàng mây tre, sơn mài, cối xay, các mặt hàng công nghệ phẩm, nông lâm hải sản xuất khẩu v.v. Đối với nước ta, một nước nóng và ẩm, nấm mốc và vi sinh vật phát triển rất nhanh làm hư hỏng và làm giảm chất lượng hầu hết tất cả các mặt hàng công, nông, lâm ngư nghiệp đặc biệt là các mặt hàng xuất khẩu gây tổn thất về kinh tế không nhỏ. Nếu ứng dụng được bơm nhiệt vào công nghiệp sấy và hút ẩm chắc chắn sẽ mang lại ý nghĩa kinh tế to lớn.



Hình 24.8. Bơm nhiệt hút ẩm đơn giản

- | | |
|---------------|-------------------|
| 1 – Máy nén; | 2 – Dàn ngưng |
| 3 – Tiết lưu; | 4 – Dàn bay hơi |
| 5 – Quạt gió; | 6 – Sau dàn ngưng |



Hình 24.9. Trạng thái không khí khi quá khứ ẩm ở bơm nhiệt hút ẩm

- A – Trước dàn bay hơi
B – Sau dàn bay hơi
C – Sau dàn ngưng

Năng suất của một máy hút ẩm thường được tính bằng khối lượng ẩm tách ra trong một giờ với đơn vị kg/h.

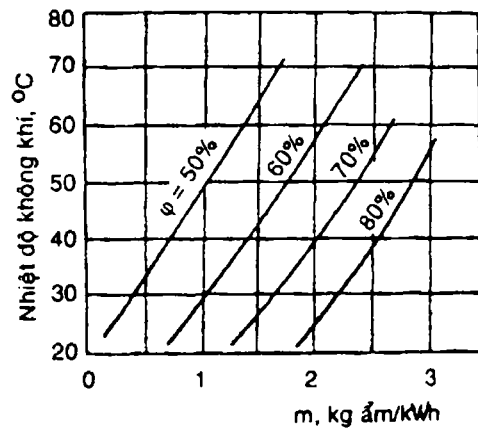
Để đánh giá hiệu quả của máy hút ẩm người ta sử dụng lượng ẩm riêng là khối lượng ẩm tách ra được khi tiêu tốn một đơn vị năng lượng kWh. Lượng ẩm riêng phụ thuộc vào nhiệt độ sấy và độ ẩm tương đối của không khí buồng sấy và vào (xem hình 24.10). Theo biểu đồ, nhiệt độ sấy càng cao hiệu quả tách ẩm càng lớn. Độ ẩm càng cao lượng ẩm riêng càng lớn.

Ở đồ thị trên, người ta chưa đề cập đến hiệu nhiệt độ dàn ngưng và dàn bay

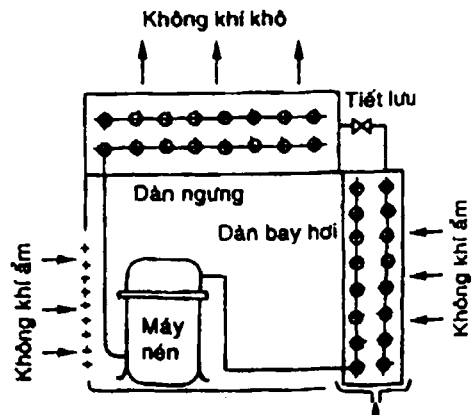
hơi của bơm nhiệt hút ẩm. Để tách được nhiều ẩm ra khỏi không khí, người ta cố gắng sử dụng, càng nhiều càng tốt, năng suất lạnh của dàn bay hơi để ngưng tụ hơi ẩm trong không khí. Một phần năng suất lạnh nhất thiết phải tiêu tốn để hạ nhiệt độ không khí xuống dưới nhiệt độ đọng sương. Năng suất để ngưng tụ hơi ẩm lớn hay bé tùy thuộc vào nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ của môi chất. Hiệu nhiệt độ càng nhỏ năng suất lạnh sẽ càng lớn. Chính vì lý do đó người ta tìm các biện pháp để giảm hiệu nhiệt độ đến mức tối thiểu.

Hình 24.11 giới thiệu một máy hút ẩm có hòa trộn không khí ẩm cho qua dàn ngưng để giảm hiệu nhiệt độ ngưng tụ bay hơi.

1. Thí nghiệm sấy nông sản. Từ rất sớm (1950) ở Mỹ người ta đã xây dựng một thí nghiệm sấy hạt nông sản bằng bơm nhiệt. Nhiệt độ buồng sấy, dàn ngưng tụ, dàn bay hơi v.v. cũng như độ ẩm không khí được giám sát và khống chế chặt chẽ. Buồng sấy thí nghiệm được mô tả trên hình 24.12. Buồng sấy là một phòng rộng $1,3\text{m}^2$ để chứa hạt nông sản. Bơm nhiệt có công suất máy nén là 570W, môi chất lạnh R12. Quạt gió ly tâm công suất 380W để tuần hoàn gió. Mạng ống nước G được lắp đặt để điều chỉnh nhiệt độ sấy. Quá trình sấy kết thúc khi hạt ngũ cốc đạt thủy phân (độ ẩm) khoảng 12%. Nhiệt độ sấy từ $43 \div 54^\circ\text{C}$; tốc độ gió từ $550 \div 2000\text{m}^3/\text{h}$. Ở tốc độ gió $800 \div 1000\text{m}^3/\text{h}$ giá thành đạt cực tiểu. Tiêu tốn năng lượng cho 1kg ẩm là 0,28 kWh/kg ẩm ở nhiệt độ 43°C và 0,27kWh/kg ở nhiệt độ sấy 54°C . Nếu so sánh với đồ thị trên hình 24.10 ta thấy

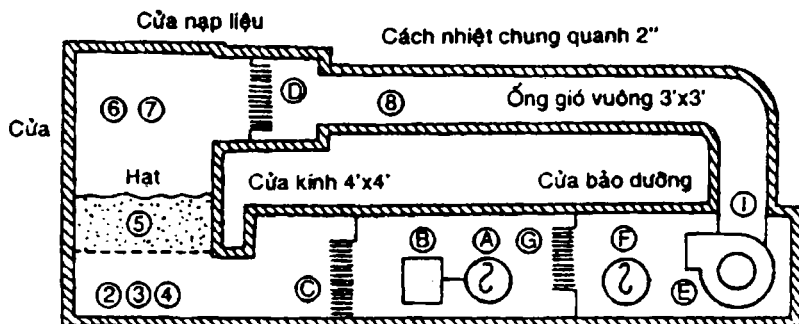


Hình 24.10. Sự phụ thuộc của lượng ẩm riêng vào độ ẩm tương đối và nhiệt độ sấy trong quá trình khuếch tách ẩm



Hình 24.11. Bơm nhiệt hút ẩm có hòa trộn không khí ẩm

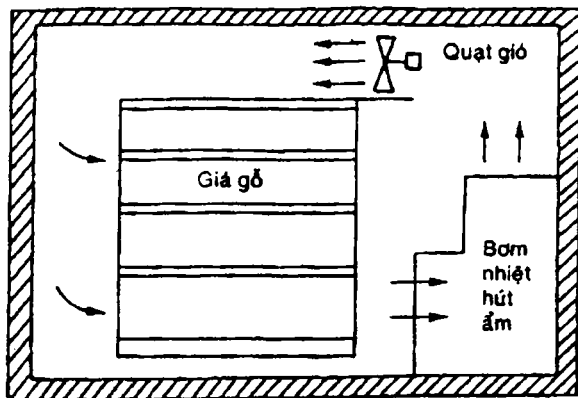
bơm nhiệt này có hệ số nhiệt rất cao tuy nhiệt độ ngưng tụ tương đối thấp. Nếu so sánh với những bơm nhiệt sấy và hút ẩm ngày nay bán rộng rãi trên thị trường hệ số nhiệt của nó cũng vào loại rất cao. Kết luận công trình nghiên cứu, tác giả đưa ra rất nhiều ưu điểm nhưng nhược điểm là vốn đầu tư khá cao cho bơm nhiệt.



Hình 24.12. Bơm nhiệt thí nghiệm để sấy hạt ngũ cốc

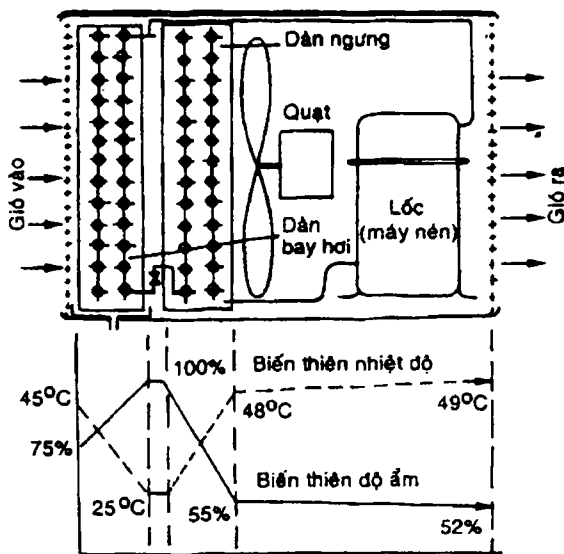
- | | |
|-------------------------|---|
| A – Động cơ | 1 – 3 bộ cặp nhiệt để lấy giá trị trung bình; |
| B – Máy nén; | 2 – 4 bộ cặp nhiệt (lấy giá trị trung bình); |
| C – Dàn ngưng; | 3 – Bộ cặp nhiệt ướt và khô; |
| D – Dàn bay hơi; | 4 – Ẩm kế; |
| E – Quạt gió; | 5 – Bộ cặp nhiệt (giá trị trung bình); |
| F – Động cơ quạt gió; | 7 – Bộ cặp nhiệt ướt và khô; |
| G – Mạng ống nước lạnh; | 8 – Bộ đo tốc độ gió tuần hoàn. |

2. Bơm nhiệt sấy gỗ Westair (Anh). Một trong những ứng dụng đầu tiên của bơm nhiệt vào công nghiệp sấy trên phạm vi thương mại là sử dụng bơm nhiệt để sấy gỗ. Nhiệt độ sấy và độ ẩm là những thông số rất quan trọng đảm bảo chất lượng gỗ. Hãng Westair đã nghiên cứu và sản xuất bơm nhiệt cho mục đích này. Các công trình nghiên cứu được tiến hành hàng chục năm với hàng chục ngàn bộ thiết bị lắp đặt trên toàn thế giới. Một kiểu lắp đặt đặc biệt của bơm nhiệt Westair được mô tả trên hình 24.13.



Hình 24-13: Một buồng sấy gỗ bằng bơm nhiệt của hãng Westair

Bơm nhiệt là một khối hoàn chỉnh, có vỏ bao che và các hướng gió vào ra qua máy. Toàn bộ bơm nhiệt được đặt trên giá có bánh xe do đó có thể di chuyển vị trí của nó một cách dễ dàng. Hình 24.14 mô tả cấu tạo bên trong của bơm nhiệt và sự biến đổi trạng thái không khí qua bơm nhiệt. Không khí trong buồng sấy có nhiệt độ 45°C , độ ẩm tương đối là 75%. Khi qua dàn bay hơi nhiệt độ hạ xuống 25°C và độ ẩm tăng lên 100%. Một phần ẩm ngưng tụ chảy xuống khay theo đường ống ra ngoài. Sau đó không khí đi qua dàn ngưng tụ, nhiệt độ tăng lên 48°C và độ ẩm giảm xuống $\phi = 55\%$, khi qua quạt và máy nén $t = 49^{\circ}\text{C}$ và $\phi = 52\%$.



Hình 24.14. Cấu tạo bơm nhiệt Westair và các thông số của không khí khi qua bơm nhiệt

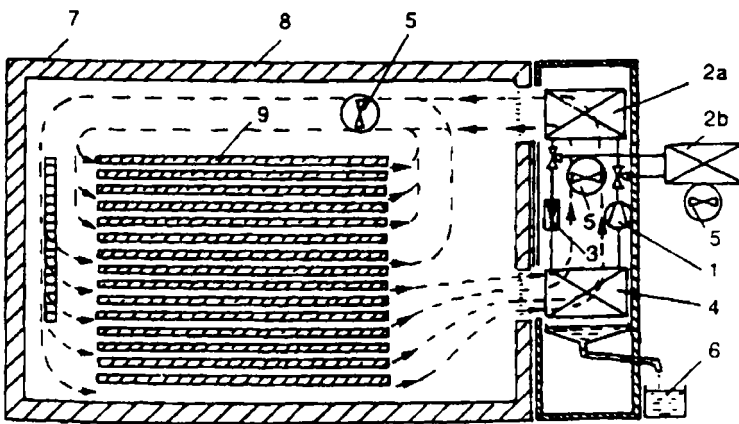
Tổ hợp bơm nhiệt Westair bao gồm một bộ cảm nhiệt và cảm ẩm, chúng có nhiệm vụ giám sát, đóng mở các vòng tuần hoàn làm lạnh và đốt nóng phù hợp với từng trường hợp cụ thể của gỗ sấy trong hầm. Sự kiểm tra có tính chất chu kỳ từ lúc gỗ ướt cho đến lúc gỗ khô. Bơm nhiệt cũng được trang bị cả các thiết bị điều chỉnh cho từng loại gỗ đặc biệt. Chế độ vận hành tối ưu được theo dõi bằng ẩm kế và bộ phận ghi nhiệt ẩm. Độ ẩm của gỗ cũng có thể xác định bằng các mẫu thử. Khi đạt được thông số yêu cầu của gỗ (chủ yếu là độ ẩm) thì điều kiện cân bằng sẽ tác động vào các cơ cấu kiểm tra giám sát trước khi đưa gỗ ra khỏi buồng sấy.

Năng suất buồng sấy phụ thuộc vào thiết kế của buồng, ngoài ra còn phụ thuộc vào các yêu cầu của khách hàng như:

- Loại gỗ cần sấy,

- Độ ẩm đầu và cuối quá trình sấy,

- Số lượng gỗ cần sấy và kích thước hình học của gỗ. Sử dụng bơm nhiệt có thể hạ giá thành sấy, chất lượng gỗ được đảm bảo tốt hơn nhiều so với phương pháp sấy cổ điển. Hình 24.15 giới thiệu một bơm nhiệt sấy gỗ khác được xây dựng ở CHLB Đức. Bơm nhiệt nén hơi được lắp riêng trong kênh dẫn gió. Nhiệt độ sấy duy trì ở mức độ thấp (30°C). Chế độ sấy rất dịu đó đảm bảo chất lượng gỗ cao hơn nhưng thời gian sấy không lâu hơn sấy bằng phương pháp cổ điển ở 60°C năng lượng tiêu tốn chỉ còn bằng 1/5 phương pháp cổ điển. Một ưu điểm nữa của bơm nhiệt sấy gỗ là có thể đánh giá chính xác độ khô của gỗ qua lượng nước ngưng thu được từ dàn bay hơi ở bình đo lượng nước ngưng.



Hình 24.15. Bơm nhiệt để sấy gỗ

- 1 – Máy nén; 2a – Dàn ngưng; 2b – Dàn ngưng phụ để thải nhiệt thừa; 3 – Van tiết lưu; 4 – Dàn bay hơi; 5 – Các quạt gió;
6 – Bình đo lượng nước ngưng; 7 – Dàn gia nhiệt bằng dây điện trở; 8 – Buồng sấy gỗ; 9 – Các giá xếp gỗ

Ngoài ra các tài liệu tham khảo còn giới thiệu rất nhiều, ứng dụng của bơm nhiệt để sấy đồ sứ trong nhà máy chế tạo đồ sứ Portacel Ltd. ở Keut, sấy phim ảnh ở Berlin, sấy và bảo quản chè ở nhà máy liên hiệp chè nước cộng hòa Grudia. Tất cả các bơm nhiệt được sử dụng đều mang lại hiệu quả kinh tế cao do chất lượng sản

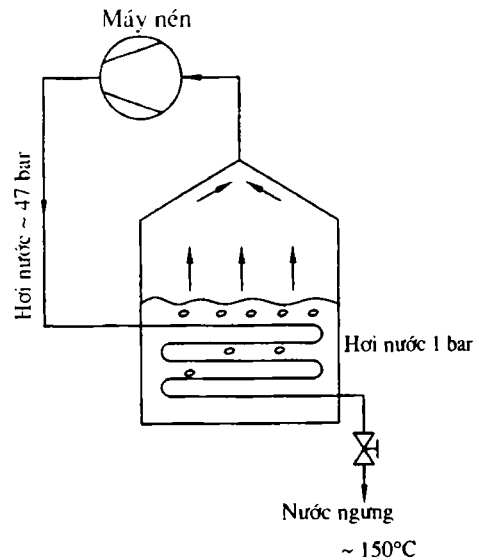
phẩm được nâng lên rõ rệt, thứ phẩm giảm, tiêu hao năng lượng giảm, thời gian sấy giảm, mặt bằng kho bãi giảm... Thời gian hoàn vốn ngắn khoảng 1,5 đến 2,5 năm, có trường hợp chỉ 3 ÷ 4 tháng.

3. Bơm nhiệt chu trình hở sử dụng trong công nghiệp sấy

Trong công nghiệp sấy ngoài bơm nhiệt nén hơi chu trình kín người ta còn có thể sử dụng chu trình hở. Laroche và Soliguac (Pháp) giới thiệu một chu trình bơm nhiệt hở dùng để sấy (hình 24.16). Chu trình này không có môi chất lạnh tuần hoàn trong hệ thống kín nên thiết bị rất đơn giản. Hơi nước từ vật ẩm bốc lên được hút trực tiếp vào máy nén ở áp suất khoảng 0,1 MPa nén lên áp

suất cao ($\sim 0,5\text{MPa}$) và đưa nhiệt độ ngưng tụ của hơi nước lên đến khoảng 150°C . Nhiệt ẩm ngưng tụ được cấp trở lại cho vật ẩm để làm bay hơi nước.

Hiệu quả sấy có thể đạt đến 1000kJ/kg ẩm hoặc $3,6\text{kg}$ ẩm/ 1kWh điện tiêu thụ. Thực tế đã có rất nhiều nơi sử dụng bơm nhiệt chu trình hở với hiệu suất kinh tế rất cao như ở Pháp dùng để sấy gỗ tấm, ở Thụy Sĩ (xây dựng từ năm 1949) để sản xuất khoảng 90% muối ăn trong nước, ở New Zealand kết hợp nhiều kiểu bơm nhiệt dọc theo một xích truyền động sấy liên tục. Theo nhiều tài liệu tham khảo thì năng lượng sơ cấp tiết kiệm được khi sấy bằng chu trình hở ít nhất cũng đạt $35 \div 40\%$ so với các phương pháp sấy cổ điển. Nhược điểm của nó là máy nén hơi nước phải làm việc ở chế độ nhiệt độ cao (đến $150^\circ\text{C} \div 160^\circ\text{C}$) và hơi nước có thể mang theo cả những chất ăn mòn làm han rỉ máy.



Hình 24.16. Bơm nhiệt chu trình hở để sấy

24.4.2. Bơm nhiệt ứng dụng vào công nghiệp chưng cất, bay hơi, cô đặc

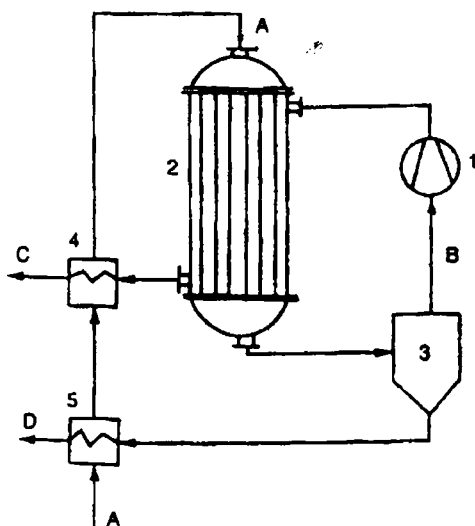
Bơm nhiệt chu trình hở được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp chưng cất, tách chất, bay hơi cô đặc. Hình 24.17 giới thiệu một bơm nhiệt dùng chu trình hở để bay hơi cô đặc.

Bán thành phẩm A được làm nóng sơ bộ qua hai thiết bị trao đổi nhiệt 4 và 5 rồi đi vào tháp bay hơi kiểu ống đứng, nhận nhiệt của hơi nén có nhiệt độ cao khi ngưng tụ do máy nén tuabin 1 nén vào, sau đó được đưa xuống bộ tách lỏng 3. Hơi B được máy nén hút và nén lên áp suất cao đưa trở lại tháp bay hơi 2. Thành phẩm chảy qua thiết bị trao đổi nhiệt 5 ra ngoài. Nước ngưng hoặc chất lỏng ngưng tụ C được đưa qua trao đổi nhiệt 4 ra ngoài.

Hình 24.18 giới thiệu một thiết bị cô đặc cũng bằng chu trình hở nhưng bố trí thiết bị gọn hơn.

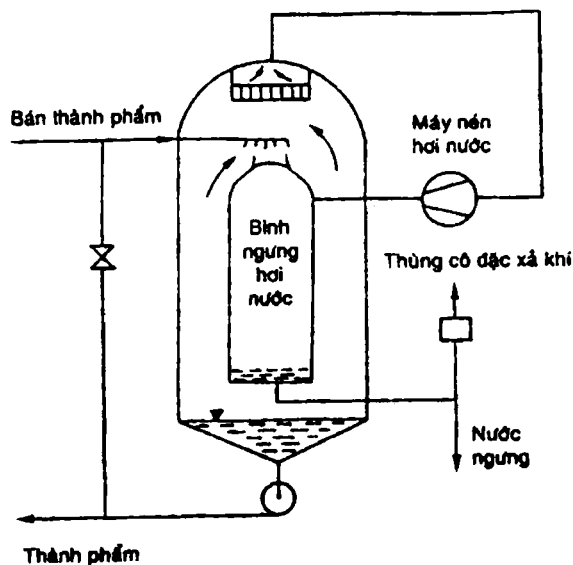
Bán thành phẩm cần cô đặc (đồ uống, hóa chất, dược phẩm...) được đưa vào thùng sấy và cho chảy tưới lên bề mặt ngoài của thiết bị ngưng tụ hơi nước để

nhận nhiệt của hơi nước ngưng tụ. Hơi nước sinh ra sẽ được máy nén hút về và nén lên áp suất cao rồi đẩy vào bình ngưng tụ hơi nước. Như vậy nhiệt lượng cần thiết để bay hơi, chính do nhiệt lượng từ hơi do máy nén hút ra cung cấp. Người ta chỉ cần tiêu tốn một năng lượng nhỏ để duy trì máy nén hoạt động mà thôi. Quá trình cứ thế lặp đi lặp lại cho đến khi nào đạt được nồng độ yêu cầu. Năng lượng tiêu hao cho một kg ẩm giảm từ 2790kJ/kg ẩm đối với phương pháp cô đặc cổ điển xuống còn khoảng 70kJ/kg ẩm khi dùng bơm nhiệt chu trình hở. Rõ ràng hiệu quả năng lượng của bơm nhiệt chu trình hở trong công nghiệp cô đặc là rất to lớn. Thực tế hiệu nhiệt độ dàn ngưng và dàn bay hơi ở đây chỉ là hiệu nhiệt độ truyền nhiệt từ vách trong ra vách ngoài của bình ngưng tụ khoảng $5 \div 6K$. Nếu tính lý thuyết hoặc tra theo đồ thị trên hình 11-3 ta cũng tìm được hệ số nhiệt $\varphi \approx 40$ tương ứng với kết quả $2790/70 \approx 39,9$.



Hình 24.17. Bơm nhiệt chu trình hở để bay hơi cô đặc

1 – Máy nén; 2 – Trao đổi nhiệt; 3 – Bình tách hơi; 4, 5 – Trao đổi nhiệt; A – Bán thành phẩm vào; B – Hơi nước hoặc hơi của chất dễ bay hơi; C – Nước ngưng hoặc lỏng của chất dễ bay hơi; D – Thành phẩm



Hình 24.18. Thiết bị cô đặc dùng máy nén hơi nước

Tuy vậy sơ đồ bơm nhiệt chu trình hở này cũng có những nhược điểm nhất định như:

- Khó vận hành với dung dịch đặc, chỉ phù hợp với dung dịch loãng.
- Khó hoặc không thể vận hành với các dung dịch có độ nhớt quá cao.
- Tỷ số nén ở máy nén thường rất cao khi nhiệt độ bay hơi thấp.

Do hạn chế như vậy, chu trình hở phân lớn chỉ được sử dụng để cô đặc bột và giấy phế thải, cô đặc rượu Wisky, dược phẩm và đặc biệt trong công nghiệp hóa học.

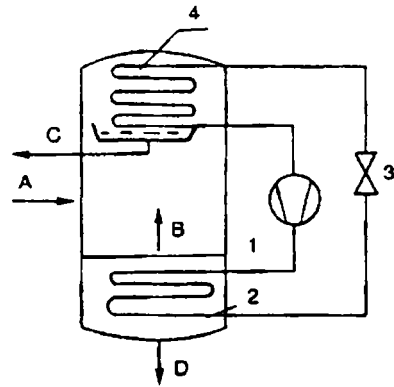
Đối với công nghiệp chưng cất người ta có thể sử dụng bơm nhiệt với hiệu quả kinh tế cao. Thường trong các tháp chưng cất dầu mỏ, hóa chất, bia rượu v.v... người ta phải gia nhiệt ở đáy tháp và làm mát ở đỉnh tháp. Hiệu nhiệt độ giữa đỉnh tháp và đáy tháp không cao lắm. Ứng dụng bơm nhiệt ở đây, người ta bố trí dàn bay hơi ở phía đỉnh tháp để làm ngưng tụ chất dễ bay hơi, còn đặt dàn ngưng ở phía đáy tháp để gia nhiệt cho dung dịch khó bay hơi.

Hình 24.19 mô tả sơ đồ ứng dụng bơm nhiệt chu trình kín để chưng cất sản xuất sản phẩm D có độ tinh khiết cao. Cũng vậy hình 24.20 mô tả sơ đồ bơm nhiệt để chưng cất, tinh luyện sản phẩm C là chất cần được tinh chế.

Do chênh lệch nhiệt độ giữa đỉnh tháp và đáy tháp không lớn nên hệ số nhiệt của bơm nhiệt đạt rất cao, có khi tới 20 hoặc 30. Con số đó thể hiện hiệu quả kinh tế rất lớn khi sử dụng bơm nhiệt trong công nghiệp chưng cất, tinh luyện.

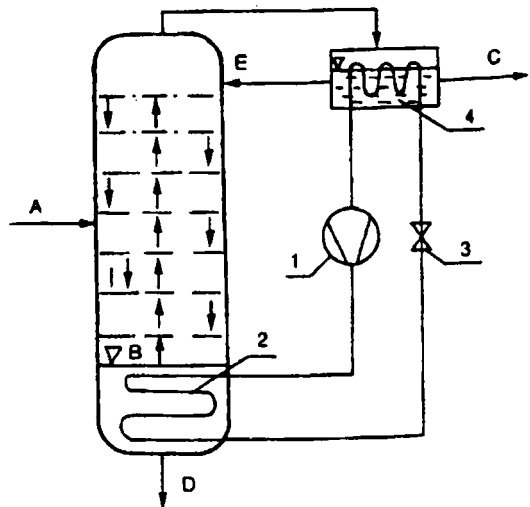
24.4.3. Ứng dụng bơm nhiệt trong điều hòa không khí

Điều hòa không khí như làm lạnh, sưởi ấm, chuẩn bị nước nóng là lĩnh vực ứng dụng hợp lý của bơm nhiệt vì nhiệt độ sử dụng ở đây tương đối thấp. Tùy theo nhu cầu sử dụng có các loại bơm nhiệt chuyên dùng được chế tạo như:



Hình 24.19. Bơm nhiệt tách chất chu trình kín

- 1 – Máy nén; 2 – Dàn ngưng;
3 – Van tiết lưu; 4 – Dàn bay hơi;
A – Sản phẩm vào; B – Bay hơi;
C – Sản phẩm đỉnh tháp – Sản phẩm phụ;
D – Sản phẩm đáy tháp – Sản phẩm chính



Hình 24.20. Bơm nhiệt chưng cất tinh luyện

- D – Chất tải; E – Hồi lưu; C – Thành phẩm;
A – Sản phẩm vào; B – Bay hơi

- Bơm nhiệt chỉ dùng để sưởi ấm;
- Bơm nhiệt chỉ dùng để chuẩn bị nước nóng;
- Bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh, nguồn nóng để sấy, đun nước nóng, nguồn lạnh để bảo quản lạnh hoặc điều hòa nhiệt độ;
- Bơm nhiệt ba chức năng sưởi ấm, làm lạnh và hút ẩm...

Ở các vùng hàn đới, quanh năm giá lạnh như Bắc Mỹ, Canada, Bắc Nga... hầu như người ta chỉ có nhu cầu sưởi ấm và đun nước nóng. Ngược lại ở các nước nhiệt đới không có mùa đông lại chỉ có nhu cầu làm lạnh không khí. Nếu kết hợp được việc làm mát không khí với việc đun nước nóng phục vụ sinh hoạt thì hiệu quả bơm nhiệt sẽ cao hơn nhiều.

Trong công nghiệp và trong các công trình điều hòa không khí lớn thường sử dụng bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh để tăng hiệu quả. Ví dụ: năm 1959 hãng York (Mỹ) đã lắp đặt một bơm nhiệt ở Square Walley phục vụ Ôlympic mùa đông. Hệ thống có năng suất lạnh 1920kW, máy nén tuabin. Năng suất nhiệt của bơm nhiệt (6 dàn ngưng không khí) dùng để cấp nhiệt cho phòng thể thao, các bể bơi. Năng suất lạnh dùng để cấp cho bốn sân trượt băng nghệ thuật, chất tải lạnh là nước muối CaCl_2 nhiệt độ -10°C . Do kết hợp nóng lạnh nên hệ số bơm nhiệt đạt khá cao từ 9 đến 10.

Bơm nhiệt dân dụng công suất nhỏ và vừa ba chức năng sưởi ấm, làm lạnh và hút ẩm ngày nay được sử dụng rất rộng rãi (xem chương 12 tài liệu [14]).

24.4.4. Ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm

Công nghiệp chế biến thực phẩm cũng là lĩnh vực có khả năng sử dụng bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh với hiệu quả cao vì hầu hết các ngành chế biến thực phẩm như thịt, cá, bơ, sữa, đồ hộp, đường bánh kẹo, rượu bia, hoa quả đều cần lạnh để bảo quản và cần nước nóng để đun, nấu, tẩy rửa, vệ sinh, tiệt khuẩn, tiệt trùng, bay hơi, cô đặc, tráng nước nóng...

Trước đây, trong một xí nghiệp thực phẩm thường có các kho lạnh để bảo quản và các nồi hơi để cấp nhiệt cho các quy trình công nghệ sản xuất, chế biến.

Ngày nay, các nước tiên tiến trên thế giới đều sử dụng bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh để cấp nhiệt và cấp lạnh với hiệu quả kinh tế cao.

Nhiều xí nghiệp đã cải tạo lại hệ thống đồng thời sử dụng cả hai nguồn nóng và lạnh, tránh lãng phí nguồn nhiệt bị bỏ phí trước đây ở thiết bị ngưng tụ.

Một ví dụ rất sinh động là Xí nghiệp giết mổ và chế biến thịt ở Dresden

(CHLB Đức) đã cải tạo lại toàn bộ hệ thống lạnh để sử dụng nhiệt thải của bình ngưng để cấp nước nóng phục vụ tẩy rửa và sinh hoạt. Do hệ thống lạnh sử dụng môi chất amoniắc nên người ta làm thêm một vòng tuần hoàn an toàn để gián tiếp đun nóng nước tẩy rửa, sinh hoạt, để phòng rò rỉ amoniắc. Giá thành cải tạo là 139.000 DM nhưng xí nghiệp đã tiết kiệm được nhiên liệu đun nước so với trước là 200.000 DM mỗi năm. Như vậy thời gian hoàn vốn chỉ có 0,7 năm.

Nói chung, ngoài công nghiệp thực phẩm và các ứng dụng đã nêu, bơm nhiệt có thể ứng dụng cho mọi ngành, mọi nơi có yêu cầu năng lượng nhiệt ở nhiệt độ thấp như sấy, sưởi, chuẩn bị nước nóng...

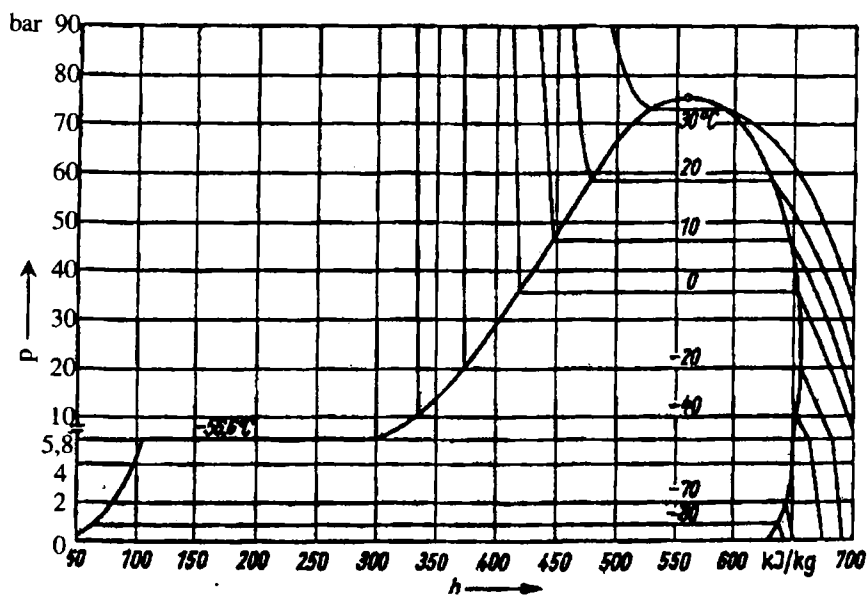
Chương 25

CÁC ỨNG DỤNG KHÁC CỦA KỸ THUẬT LẠNH

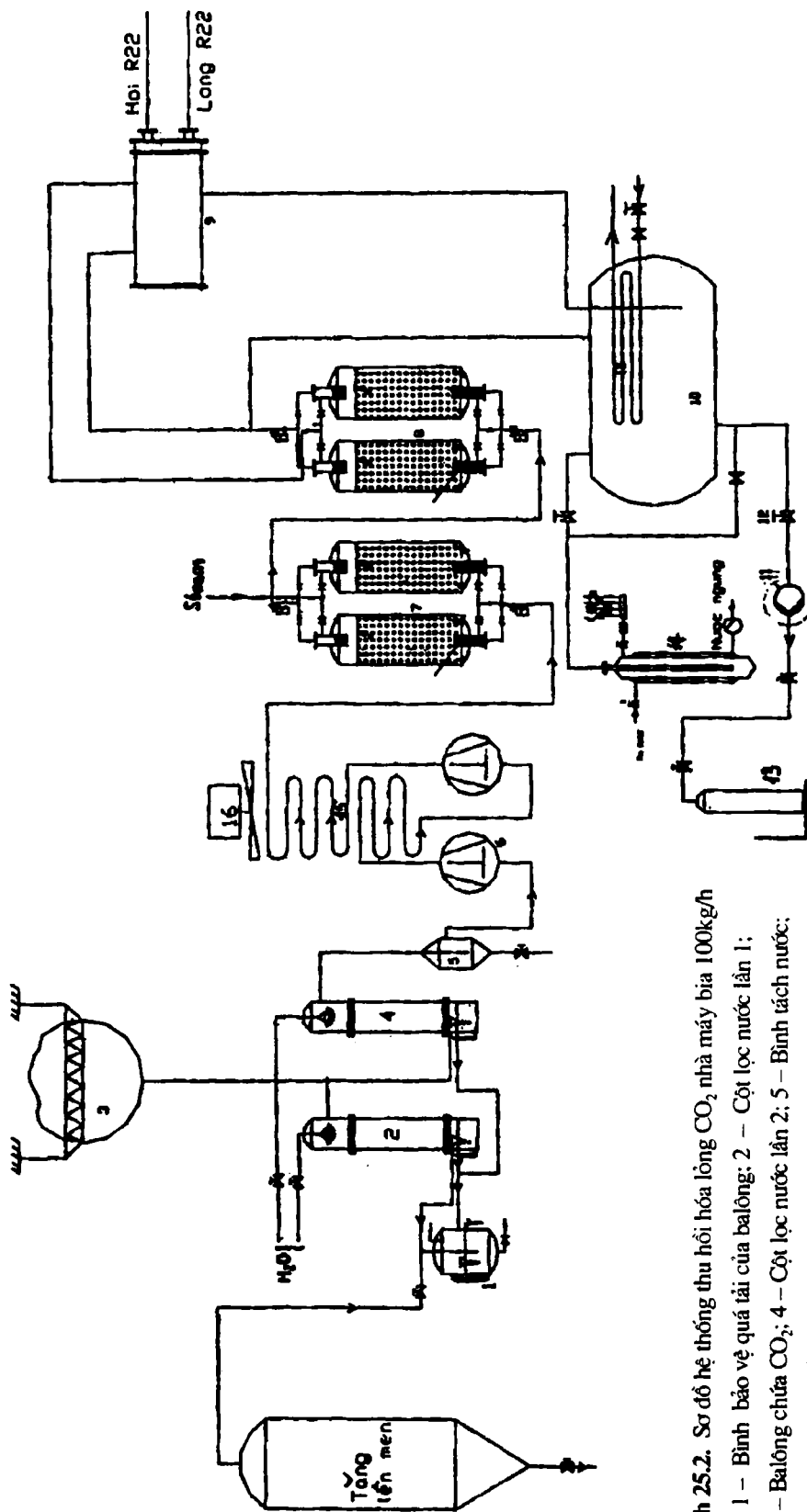
25.1. SẢN XUẤT CO₂ RẮN VÀ LỎNG

CO₂ rắn hay đá khô đã được đề cập đến ở mục 5.6.3. Đá khô là một chất tải lạnh quan trọng sử dụng trong nhiều ngành: công nghiệp, khí tượng, y học, lạnh đông thực phẩm và đặc biệt trên các phương tiện vận tải lạnh.

CO₂ có điểm 3 thể tương đối cao ($p_3 = 5,36 \text{ bar}$, $t_3 = -56,6^\circ\text{C}$) và điểm tới hạn tương đối thấp ($p_c = 73,5 \text{ bar}$, $t_c = 31^\circ\text{C}$). Ở điểm 3 thể CO₂ tồn tại ở cả 3 trạng thái rắn, lỏng và khí. Ở áp suất khí quyển đá khô thăng hoa ở nhiệt độ $-78,9^\circ\text{C}$. Ở điều kiện tiêu chuẩn $p = 1,013 \text{ bar}$ và $t = 0^\circ\text{C}$ mật độ khí CO₂ là $1,877 \text{ kg/m}^3$ nặng hơn gấp rưỡi không khí. Ở dạng rắn CO₂ có mật độ 1560 kg/m^3 .



Hình 25.1. Đồ thị log-p-h của khí CO₂



Hình 25.2. Sơ đồ hệ thống thu hồi hóa lỏng CO₂ nhà máy bia 100kg/h

- 1 – Bình bảo vệ quá tải của balông; 2 – Cột lọc nước lần 1;
 3 – Balông chứa CO₂; 4 – Cột lọc nước lần 2; 5 – Bình tách nước;
 6 – Máy nén CO₂ 2 cấp có làm mát trung gian; 7 – Bình lọc than hoạt tính;
 8 – Bình khử ẩm; 9 – Bình hóa lỏng CO₂ (máy lạnh freon 22 nhiệt độ sôi
 -25 đến -30°C); 10 – Bình chứa CO₂ lỏng; 11 – Bơm lỏng CO₂ vào chai,
 12 – Van điện từ; 13 – Cân và thiết bị nạp CO₂; 14 – Thiết bị hóa hơi CO₂;
 15 – Dàn làm mát trung gian; 16 – Quạt gió.

Năng suất lạnh riêng của đá khô là 574 kJ/kg ở nhiệt độ $-78,9^{\circ}\text{C}$. Khi tăng đến 0°C , năng suất lạnh riêng sẽ tăng lên 633kJ/kg, cao gấp 1,7 lần nước đá. Tuy giá thành 1kg đá khô đắt (đắt hơn nước đá khoảng 10 lần) nhưng người ta vẫn sử dụng đá khô cho nhiều mục đích khác nhau đặc biệt khi yêu cầu nhiệt độ bảo quản sâu -60°C , -70°C hoặc khi yêu cầu sản phẩm phải hoàn toàn khô ráo.

CO_2 lỏng, khác với CO_2 rắn, không phải để dùng làm chất tải lạnh. Người ta hóa lỏng CO_2 chỉ để có thể bảo quản tập trung trong bồn chứa lớn với nhiệt độ không quá thấp (khoảng -25°C) và áp suất không quá cao (khoảng ≤ 20 bar). Đây là phương pháp bảo quản rẻ tiền nhất đối với khí CO_2 thu được từ các tăng lên men bia, để tái bão hòa vào bia thành phẩm hoặc nạp chai bán ra thị trường mà không cần dùng đến số lượng chai CO_2 quá lớn. Khí CO_2 được sử dụng rộng rãi không những để bão hòa vào bia mà còn để bão hòa vào các đồ uống khác như sâm banh, nước giải khát có ga. Hình 25.1 giới thiệu đồ thị lgp-h của khí CO_2 . Vùng bảo quản CO_2 lỏng ở trong bồn từ $-25 \div -20^{\circ}\text{C}$; $p = 17 \div 20$ bar.

Hình 25.2 giới thiệu sơ đồ hệ thống thu hồi quá lỏng CO_2 năng suất 100 kg/h cho nhà máy bia do Trung tâm Công nghệ Lạnh và Điều hòa không khí hơi thiết kế chế tạo và lắp đặt.

Đối với các xưởng bia quá nhỏ, thường người ta sử dụng máy nén 5 cấp tới 150 bar nén thẳng CO_2 vào chai. Như vậy số chai sẽ rất lớn và CO_2 không đảm bảo độ sạch yêu cầu dùng trong công nghiệp thực phẩm.

25.2. HÓA LỎNG KHÍ CLO

Khí clo được sử dụng chủ yếu trong công nghiệp chất dẻo và sản xuất các chất dung môi. Khí clo được sản xuất chủ yếu nhờ phương pháp điện phân từ các dung dịch NaCl và KCl. Khí clo thu được chứa thêm 2 ÷ 8% không khí, hydro và cacbonic... Áp suất của hỗn hợp (khí thô) là 1 bar. Các khí lẫn được gọi là khí lạ.

Khí clo nguyên chất có nhiệt độ sôi khoảng -34°C ở áp suất khí quyển. Điểm tới hạn có nhiệt độ 144°C và áp suất 80bar. Đường cong áp suất bão hòa biểu diễn trên hình 25-1. Clo lỏng hòa tan ít hydro, ôxi và nitơ nhưng hòa tan khá nhiều CO_2 .

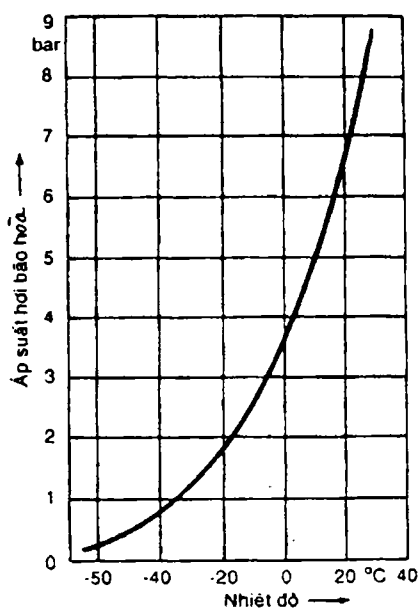
Để có thể tách được clo ra khỏi khí thô, người ta cho khí thô đi qua bề mặt lạnh. Một phần clo sẽ ngưng tụ lại chảy xuống dưới và được đưa ra vào bình chứa. Khí dư (còn chứa một ít clo) được sử dụng cho các phản ứng hóa

học khác nhau. Có thể cho khí dư đi qua một bình ngưng cấp hai có nhiệt độ thấp hơn để tách thêm clo ra khỏi khí dư.

Bề mặt trao đổi nhiệt của bình ngưng cần được làm lạnh đến đâu phụ thuộc vào thành phần clo trong hỗn hợp (hay phụ thuộc vào áp suất riêng phần của clo trong hỗn hợp). Áp suất riêng phần càng thấp thì nhiệt độ bề mặt yêu cầu càng thấp. Thành phần khí lạ càng lớn thì áp suất riêng phần clo càng bé. Khi thành phần khí lạ bằng không, khí clo là nguyên chất và áp suất riêng phần của nó bằng áp suất tổng của khí và đúng bằng áp suất bão hòa đọc được trên đồ thị $p - t$ (h. 25.3). Có thể tăng áp suất riêng phần của khí bằng cách nén khí thô lên áp suất cao. Khi đó áp suất riêng phần tăng lên tương ứng. Ví dụ: khí thô có 10% khí lạ với áp suất tổng là 1 bar. Nếu là khí clo nguyên chất áp suất 1 bar thì nhiệt độ ngưng tụ đọc được trên đồ thị hình 25.3 là -34°C . Nhưng vì có 10% khí lạ nên áp

suất riêng phần clo chỉ là 0,9bar, đọc trên đồ thị được -37°C nghĩa là bề mặt lạnh của bình ngưng tụ ít nhất phải hạ xuống dưới -37°C thì clo mới bắt đầu ngưng tụ. Nhưng nếu nén khí thô lên 2bar, áp suất riêng phần clo sẽ là 1,8bar và khi đó nhiệt độ ngưng tụ tương ứng sẽ là -20°C chứ không phải -37°C nữa.

Nhiệt độ trên đồ thị biểu diễn nhiệt độ bão hòa cân bằng. Muốn ngưng tụ và thu được clo thì nhiệt độ bề mặt ngưng tụ phải thấp hơn nhiệt độ cân bằng đó. Ta sẽ quay lại vấn đề này ở mục 25.2.4.



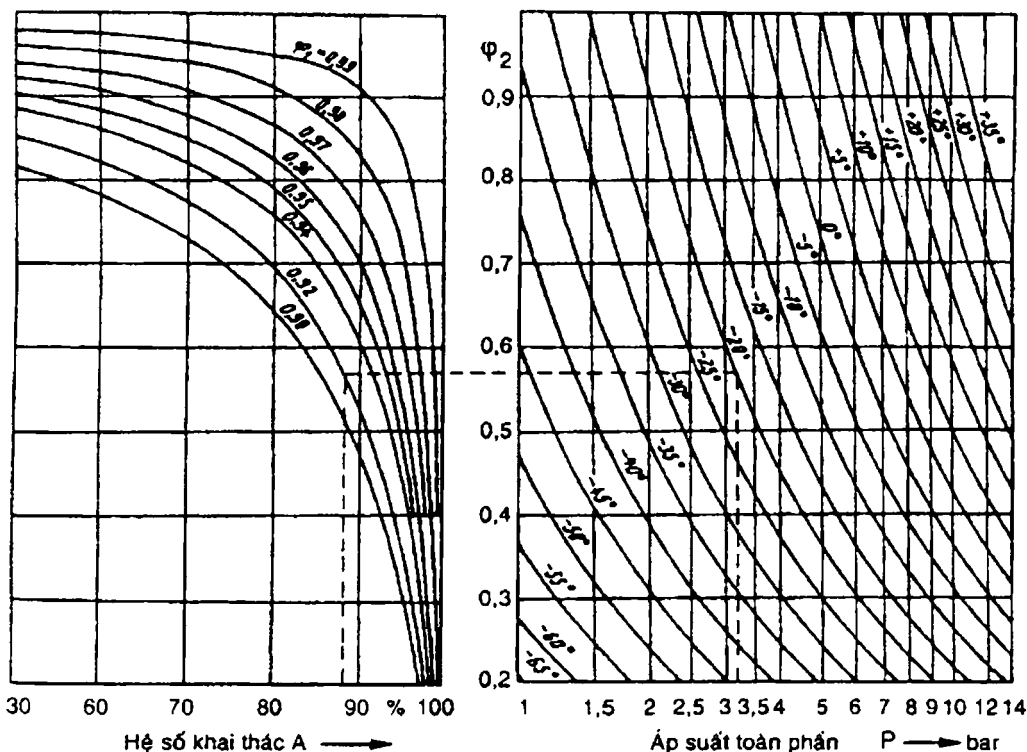
Hình 25.3. Đường cong áp suất hơi bão hòa của clo

25.2.1. Phương pháp hóa lỏng khí clo và hệ số khai thác

Có các phương pháp hóa lỏng clo sau đây được ứng dụng:

1. Khí thô được giữ ở áp suất 1bar và được làm lạnh tùy theo thành phần khí lạ xuống -45°C hoặc thấp hơn để hóa lỏng clo. Để tạo được nhiệt độ rất thấp này cần phải sử dụng máy lạnh ghép tầng hoặc nhiều cấp.
2. Khí thô được nén lên áp suất khoảng 3bar và quá trình hóa lỏng clo được tiến hành ở nhiệt độ -15 đến -20°C .
3. Khí thô được nén lên áp suất cao tương ứng 10 đến 12bar thậm chí cao

hơn để có thể hóa lỏng clo bằng nước làm mát, khi đó không cần đến máy lạnh.



Hình 25.4. Toán đồ để xác định hệ số khai thác A từ nồng độ clo ϕ_1 và áp suất toàn phần p của khí thô cũng như nhiệt độ bão hòa t_s trong bình ngưng clo

Ví dụ: $p = 3,2\text{bar}$; $t_s = -20^\circ\text{C}$; $\phi_1 = 0,92$ (đường nét đứt trên toán đồ), xác định được $A = 88\%$.

Nồng độ clo còn lại trong khí lạ $\phi = 57\%$ đọc trên trục tung của đồ thị.

Hiệu quả của một phương pháp hoặc một thiết bị hóa lỏng khí clo được đánh giá bằng hệ số khai thác của nó. Có nhiều phương pháp đánh giá hoặc tính toán hệ số khai thác. Có thể xác định nhanh chóng hệ số khai thác khi hóa lỏng clo bằng toán đồ giới thiệu trên hình 25.4.

Tất nhiên với hệ số khai thác và nồng độ khí thô cho trước ta có thể xác định được áp suất toàn phần và nhiệt độ bề mặt lạnh yêu cầu. Với nồng độ clo của khí thô như nhau, áp suất toàn phần càng cao, nhiệt độ ngưng tụ càng thấp thì hệ số khai thác càng lớn.

Để đạt được hệ số khai thác giống nhau, nếu nhiệt độ ngưng tụ càng thấp, khí thô càng ít phải nén; nếu nhiệt độ ngưng tụ càng cao, khí thô càng phải nén nhiều. Nghĩa là khi máy lạnh lớn thì cần máy nén nhỏ và khi máy nén lớn thì cần máy lạnh nhỏ, thậm chí không cần máy lạnh vì có thể làm mát bằng nước hoặc không khí môi trường.

Phương pháp hóa lỏng clo nào là kinh tế nhất; Hệ số khai thác nào là tối ưu nhất, đó là một bài toán tối ưu về kinh tế mà ta phải giải cùng với giá điện, nước, tiền vốn đầu tư cho các phương án thiết bị, nồng độ clo φ_1 , φ_2 và hệ số khai thác A.

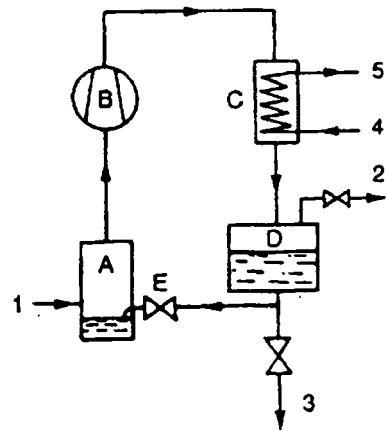
25.2.2. Quá trình nén khí thô

Chỉ có thể sử dụng các máy nén không dầu bôi trơn vì clo phản ứng với dầu bôi trơn. Trước đây người ta sử dụng máy nén có vòng chất lỏng với axit H_2SO_4 đậm đặc làm vòng chất lỏng bảo vệ. Ngày nay người ta sử dụng máy nén pittông hoặc tuabin không cần dầu bôi trơn.

Để tính toán công suất nén yêu cầu có thể sử dụng đồ thị lgp-h (áp suất – entanpy) của khí clo giống như tính toán công suất cần thiết cho một máy lạnh. Tuy nhiên, độ chính xác của tính toán còn phụ thuộc vào thành phần khí lạ vì đồ thị lgp-h của khí clo nguyên chất.

Khó khăn thực tế của quá trình nén khí thô clo là nhiệt độ cuối tầm nén cao và khả năng gây nổ lớn vì khí thô có lẫn thành phần hydro. Ngoài ra quá trình nén với nhiệt độ cuối tầm nén cao còn gây han rỉ thiết bị nhanh. Nếu nén đoạn nhiệt khí thô từ 1 bar lên 4 bar trong máy nén một cấp, nhiệt độ cuối tầm nén đạt tới $140^\circ C$. Chính vì vậy phải nén khí thô nhiều cấp có làm mát trung gian bằng nước và nhiệt độ cuối mỗi tầm nén không được vượt quá giới hạn $80^\circ C$.

Để đơn giản quá trình nén nhiều cấp xuống ít cấp hơn người ta thực hiện nén khí thô ở nhiệt độ bão hòa. Nghĩa là trước khi đưa vào nén, phải làm lạnh khí thô xuống đến nhiệt độ bão hòa trong bình làm lạnh sơ bộ. Hình 25.5 giới thiệu sơ đồ nguyên lý của một thiết bị hóa lỏng clo kiểu này. Khí thô 1 đi vào bình làm lạnh sơ bộ, được làm lạnh xuống đến $-34^\circ C$ nhờ bay hơi clo lỏng tiết lưu qua van E vào bình làm lạnh sơ bộ A. Khí thô lạnh được hút về máy nén B và nén lên áp suất 3,5 bar sau đó đẩy vào bình ngưng C. Nhiệt độ cuối quá trình nén một cấp là $+50^\circ C$. Do tổn thất nhiệt ở bình làm lạnh sơ bộ và trên đường



Hình 25.5. Sơ đồ nguyên lý thiết bị hóa lỏng clo.

- A- Bình làm lạnh sơ bộ; B- Máy nén;
- C- Bình ngưng; D- Bình chứa clo lỏng; E- Van tiết lưu; 1- Khí thô vào;
- 2- Khí dư ra; 3- Clo lỏng ra;
- 4,5- Môi chất lạnh hoặc chất tải lạnh lỏng vào ra

ống hút nên nhiệt độ hơi trước cửa hút máy nén là -30°C , tăng 4K so với nhiệt độ -34°C ở trong bình làm lạnh sơ bộ. Ở bình ngưng, clo được ngưng tụ lại trên bề mặt lạnh nhờ môi chất lạnh sôi hoặc chất tải lạnh. Clo lỏng chảy xuống bình chứa D rồi được đóng chai theo đường 3. Một phần nhỏ clo đi qua van tiết lưu E trở lại bình A để bay hơi làm lạnh sơ bộ khí thô 1 mới đưa vào. Khi dư được lấy ra ngoài theo đường 2. Bình làm lạnh sơ bộ A đồng thời có thể làm nhiệm vụ bộ rửa khí. Do có một lượng nhỏ lỏng clo đi qua van tiết lưu E làm lạnh sơ bộ khí thô nên máy nén phải nén một khối lượng khí lớn hơn so với phần khí thô 1. Tuy nhiên kích thước máy nén không cần thiết kể lớn hơn vì khí lạnh ở -30°C có thể tích riêng bé nên dù khối lượng lớn hơn nhưng thể tích hầu như không thay đổi. Hệ số khai thác qua thử nghiệm vẫn giữ nguyên mà không bị giảm.

Có thể sử dụng clo hóa lỏng cấp một ở bình D để hóa lỏng tiếp clo từ khí dư 2.

Để đề phòng cháy nổ cần phải giới hạn hệ số khai thác cấp 1 sao cho thành phần hydro trong khí hư không vượt quá $4 \div 5\%$. Có thể cải thiện hệ số khai thác nếu có các biện pháp hữu hiệu đề phòng cháy nổ cũng như có các cấu tạo hợp lý của bình ngưng cấp 2.

25.2.3. Năng suất lạnh yêu cầu

Năng suất lạnh yêu cầu lý thuyết bao gồm nhiệt lượng hóa lỏng của clo, nhiệt lượng thải ra khi làm lạnh khí clo xuống nhiệt độ hóa lỏng, nhiệt lượng thải ra khi làm lạnh hỗn hợp khí – hơi không hóa lỏng (khí dư). Thường người ta tính năng suất lạnh riêng yêu cầu cho 1kg clo hóa lỏng thu được.

Nếu dòng khí thô có X_1 kg hơi clo và G kg khí lạ từ phần clo có một phần $X = XA_1$ kg clo được ngưng tụ lại trong đó A là hệ số khai thác. Để có một kg clo được hóa lỏng cần có $1/A$ kg hơi clo và G/X kg khí lạ. Chuẩn theo 1kg clo ngưng tụ, trong khí dư còn $(\frac{1}{A} - 1)$ kg clo và lượng không đổi G/X kg khí lạ.

Cho mỗi kg hơi clo ngưng tụ được, lượng nhiệt cần thải (hoặc năng suất lạnh cần thiết) có thể được xác định theo biểu thức sau:

$$q = r + C_p(t_1 - t_s) + (\frac{1}{A} - 1)C_p(t_1 - t_2) + \frac{G}{AX_1}C_{pr}(t_1 - t_2) \quad (25-1)$$

q – lượng nhiệt thải (năng suất lạnh) cần thiết, kJ/kg

r – nhiệt ẩn hóa hơi của clo, kJ/kg

C_p – nhiệt dung riêng đẳng áp của hơi clo, kJ/kgK

C_{pf} – nhiệt dung riêng đẳng áp của khí lạ, kJ/kgK

t_1 – nhiệt độ khí thô, °C

t_2 – nhiệt độ khí dư, °C

t_s – nhiệt độ ngưng tụ của clo, °C.

Nếu gọi R và R_f là hằng số chất khí của clo và của khí lạ, ta có

$$\frac{G}{X_1} = \frac{R}{R_f} \cdot \frac{1 - \varphi_1}{\varphi_1} \quad (25-2)$$

φ_1 – nồng độ thể tích của clo trong khí thô.

Thay (25-2) vào (25-1) ta được:

$$q = r + C_p(t_2 - t_s) + \frac{1}{A} (t_1 - t_2) \left(C_p + \frac{R}{R_f} C_{pf} \frac{1 - \varphi_1}{\varphi_1} \right) \quad (25-3)$$

Vì khí lạ gồm nhiều thành phần nên C_{pf} và R_f cũng phải tính toán từ các thành phần đó. Ví dụ nếu khí lạ gồm 80% không khí, 10% CO₂ và 10% H₂ theo tỉ lệ thể tích thì nhiệt dung riêng trung bình đẳng áp $C_{pf} = 1,075 \text{ kJ/kgK}$ và hằng số chất khí $R_f = 299 \text{ J/kgK}$.

Một vài số liệu khác cho khí clo: $C_p = 0,5 \text{ kJ/kgK}$; $r = 281 \text{ kJ/kg}$ ở -20°C và bằng 293 kJ/kg ở -40°C .

Ngày nay nhờ máy vi tính, ta có thể thành lập được nhanh chóng đồ thị entanpy – nồng độ hơi clo và khí lạ. Từ đó có thể tính toán năng suất lạnh cần thiết lí thuyết cho các áp suất khác nhau và hệ số khai thác khác nhau. Năng suất lạnh thực tế bằng năng suất lạnh lí thuyết cộng thêm phần tổn thất do nhiệt truyền từ môi trường vào các thiết bị như bình ngưng bình chứa... và các đường ống.

25.2.4. Trao đổi nhiệt trong bình ngưng clo

Như đã nói ở chương 5, sự có mặt của khí lạ làm giảm đáng kể hệ số tỏa nhiệt của hơi clo vào bề mặt ngưng tụ. Nguyên nhân là khí lạ tạo ra một lớp khí bao bọc bề mặt ngưng tụ và không cho hơi clo tiếp xúc được với bề mặt lạnh. Có nhiều phương pháp tính toán hệ số tỏa nhiệt. Ở đây giới thiệu một phương

pháp bán thực nghiệm để xác định hệ số tỏa nhiệt.

Người ta có thể giả thiết là tổng trở nhiệt khi ngưng tụ của hơi từ một hỗn hợp hơi và khí bằng tổng trở nhiệt ngưng tụ và trở khuếch tán.

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\alpha_k} + \frac{1}{\alpha_D} \quad (25-4)$$

α – hệ số tỏa nhiệt khi hơi của hỗn hợp hơi + khí ngưng tụ;

α_k – hệ số tỏa nhiệt của hơi nguyên chất;

α_D – hệ số tỏa nhiệt tương ứng với trở khuếch tán.

Hệ số tỏa nhiệt của hơi nguyên chất α_k có thể tính toán dễ dàng từ biểu thức (5-36) cho trường hợp ngưng màng. Hệ số tỏa nhiệt α_D có thể xác định theo biểu thức bán thực nghiệm sau:

$$\alpha_D = K_1 \left(\frac{\varphi}{1-\varphi} \right)^{K_2} \quad (25-5)$$

trong đó

$$K_1 = 8000000 \cdot \frac{D \cdot p \cdot r}{(t - t_o) R T d} \left(\frac{\omega d}{v_m} \right)^{0.95} \cdot \left(\frac{v_m}{D} \right)^{0.92} \quad (25-6)$$

$$K_2 = 0,38 \left(\frac{D}{v} \right)^{0.27} \quad (25-7)$$

φ - thành phần thể tích hơi trong hỗn hợp, %;

D - hệ số khuếch tán của hơi, m^2/s ;

p - áp suất toàn phần của hỗn hợp, bar;

r - nhiệt hóa hơi, kJ/kg;

t - nhiệt độ hỗn hợp ở tâm dòng chảy, °C;

t_o - nhiệt độ bay hơi hoặc nhiệt độ chất tải lạnh, °C;

T - nhiệt độ tuyệt đối hỗn hợp ở tâm dòng chảy, K;

R - hằng số chất khí của hơi nguyên chất, J/kgK;

D - đường kính ống, m;

ω - tốc độ dòng chảy của hỗn hợp, m/s;

v_m - độ nhớt động học của hỗn hợp, m^2/s ;

v - độ nhớt động học của hơi nguyên chất, m^2/s .

Khi tính toán α_D theo biểu thức (25-5) cần phải lưu ý rằng do một phần hơi ngưng tụ dần, ngoài thành phần thể tích φ , tốc độ chuyển động ω cũng giảm dần dọc theo diện tích trao đổi nhiệt. Kết quả đo đạc thực nghiệm cho thấy tốc độ chuyển động ảnh hưởng đáng kể đến hệ số tỏa nhiệt.

Sự thay đổi của hệ số tỏa nhiệt dọc theo bề mặt trao đổi nhiệt của bình ngưng làm cho ta không thể tính toán với hiệu nhiệt độ trung bình logarit. Nếu tính hệ số tỏa nhiệt trung bình thì phải tính với hiệu nhiệt độ nhỏ hơn hiệu nhiệt độ trung bình logarit từ 10 đến 20%.

Nếu muốn tính chính xác phải xác định hệ số tỏa nhiệt cục bộ từng vị trí bình ngưng. Do thành phần clo của khí thô lúc vào bình ngưng là lớn nhất nên hệ số tỏa nhiệt cũng là lớn nhất. Dọc theo bề mặt trao đổi nhiệt, do một phần hơi ngưng lại nên thành phần clo giảm và hệ số tỏa nhiệt cũng giảm theo và hệ số tỏa nhiệt là nhỏ nhất ở cửa ra của bình ngưng.

Cũng cần lưu ý rằng, nhiệt độ ngưng tụ của clo là cao nhất ở cửa vào và thấp nhất ở cửa ra ngưng do thành phần clo giảm dần, và tương ứng là áp suất riêng phần giảm. Như vậy phần đầu bình ngưng nhiệt độ không cần thấp lắm, nhưng phần cuối phải có nhiệt độ đủ thấp. Nếu dùng chất tải lạnh có thể bố trí quá trình trao đổi nhiệt ngược chiều. Nếu sử dụng máy lạnh có hai, ba nhiệt độ và chia bình ngưng ra hai, ba cấp khác nhau thì hiệu quả kinh tế đạt được sẽ lớn hơn.

Do thành phần clo càng ngày càng giảm nên có thể bố trí dòng chảy bé dần để đảm bảo tốc độ lưu động không thay đổi, giữ cho hệ số tỏa nhiệt không đổi do tốc độ.

Bình ngưng clo thường được chế tạo dưới dạng ống vỏ, trong đó môi chất lỏng sôi trong không gian giữa các ống và khí thô đi trong các ống của chùm ống. Môi chất lạnh, vì lí do an toàn cháy nổ chỉ được sử dụng các môi chất freôn. Nếu không, phải sử dụng phương pháp làm lạnh gián tiếp qua chất tải lạnh là nước muối.

Ở bình ngưng ống đứng nhiệt độ ngưng, phía dưới cao hơn phía trên chút ít do cột lỏng tĩnh. Có thể đặt bình hơi nghiêng để lỏng ngưng chảy xuống phía dưới dễ dàng hơn.

25.3. CÔNG NGHIỆP HÓA CHẤT, HÓA LỎNG KHÍ ĐỐT

Ứng dụng lạnh trong công nghiệp hóa chất hoặc trong các quá trình công nghệ hóa học là rất phong phú. Nói chung các ứng dụng chủ yếu vẫn là làm lạnh các chất lỏng và chất khí, ngưng tụ hơi, tinh thể hóa các chất nghĩa là hóa rắn các thành phần rắn từ một dung môi. Ngoài ra lạnh còn sử dụng để thải

nhệt từ các phản ứng tỏa nhiệt, các phản ứng này đôi khi được sử dụng ngay như một nguồn nhiệt. Sau đây là một số ứng dụng cụ thể của kỹ thuật lạnh trong công nghiệp hóa chất.

25.3.1. Tách chất từ các hỗn hợp

1. Hỗn hợp khí – hơi

Tách hỗn hợp khí - hơi chủ yếu là ngưng tụ hơi. Mục đích là để sản xuất hơi tinh khiết hoặc khí tinh khiết.

Trong quá trình cracking, các phân tử lớn hydrocacbon dưới tác dụng của áp suất cao và nhiệt độ cao và các chất xúc tác phù hợp được tách thành các phân tử nhỏ. Khí thô thu được thường bao gồm hai nhóm chính là metan và các hydrocacbon nhẹ hơn và êtan với các hydrocacbon nặng hơn. Việc tách hai nhóm đó phải thực hiện bằng ngưng tụ và sau đó chưng cất dưới áp suất từ 10 đến 35bar và nhiệt độ tới -100°C với êtylen là môi chất lạnh. Sản phẩm thu được là êtylen, propylen và các ôlefin khác nhau. Ngay cả khí lò cốc cũng có thể sử dụng là khí thô để sản xuất êtylen. Để sản xuất polyetylen cần phải có êtylen với độ nguyên chất cao do đó thành phần axetylen trong khí thô phải được ngưng tụ để tách ra.

Trong quá trình tổng hợp amoniắc, hơi amoniắc được ngưng tụ tách ra khỏi khí lò tiếp xúc. Máy lạnh để ngưng tụ amoniắc phải có nhiệt độ bay hơi từ -50 đến -60°C .

Trong thiết bị chiết xuất làm việc với hexan là dung môi, thì hexan được ngưng tụ từ không khí và được thu hồi lại.

Khí đốt thiên nhiên cần phải khử bỏ hydrosunfua và quá trình này cũng được thực hiện nhờ việc ngưng tụ hydrosunfua.

Sự hòa tan của CO_2 và H_2S và của nhiều loại khí khác nhau vào metanol càng tăng khi nhiệt độ càng thấp. Lợi dụng tính chất đó người ta có thể rửa và làm sạch các khí thô nén ở áp suất cao. Quá trình rửa thực hiện ở áp suất 20bar và nhiệt độ -75°C . Khi hấp thụ CO_2 , nhiệt độ metanol tăng từ -75°C lên -20°C . Sau khi giãn nở, CO_2 bay hơi và nhiệt độ metanol lại giảm từ -20°C xuống -75°C như cũ. Với nhiệt độ thấp đó, metanol được bơm trở lại tháp rửa. Phương pháp này cũng có thể áp dụng để hấp thụ axetylen trong công nghệ sản xuất axetylen từ các khí pyrolyse.

2. Hỗn hợp lỏng

Rất nhiều hỗn hợp lỏng có các nhiệt độ sôi của các thành phần rất gần nhau do đó tách các chất đó bằng chưng cất rất khó khăn. Ngược lại, các nhiệt độ đông đặc của chúng có thể cách nhau đủ xa để có thể tách chúng bằng phương pháp tinh thể hóa phân đoạn.

Ví dụ đối với trường hợp xylol thô, trong đó có chứa meta-, ortho- và paraxylol, etylbenzol và các hydrocacbon khác. Sản phẩm chính là paraxylol, nguyên liệu chính để sản xuất sợi tổng hợp polyester.

Chủ yếu paraxylol được kết tinh ra khỏi xylol thô bằng làm lạnh gián tiếp trong thiết bị kết tinh kiểu nạo. Môi chất lạnh là R13, nhiệt độ sôi khoảng -80°C . Phương pháp kết tinh mới để thu paraxylol là sử dụng cacbonic lỏng bay hơi trực tiếp ở -60°C đến -65°C .

Phương pháp phun môi chất lạnh lỏng trực tiếp vào thiết bị kết tinh cũng được sử dụng để sản xuất phân bón hóa học nitrophosphat. Làm lạnh gián tiếp qua một ống xoắn ruột gà, hệ số tỏa nhiệt sẽ bị giảm mạnh do các tinh thể bám vào bề mặt trao đổi nhiệt. Nếu phân phối đều môi chất lạnh lỏng, butan hoặc propan từ phía dưới để làm lạnh trực tiếp thùng kết tinh có tác dụng rất tốt cả về mặt làm lạnh, cả về mặt kết tinh vì các chất lỏng hóa hơi tạo thành các bọt khí nổi lên trên làm chất lỏng bị xáo động mạnh, hệ số tỏa nhiệt lớn.

Trong công nghiệp lọc dầu theo phương pháp Edeleanu các hydrocacbon giàu cacbon bị loại bỏ bằng SO_2 lỏng ở nhiệt độ khoảng -10°C do SO_2 có khả năng hòa tan chọn lọc.

Tách parafin ra khỏi dầu cũng là một ứng dụng khác của kỹ thuật lạnh trong công nghiệp lọc dầu. Để tách parafin, người ta sử dụng một dung môi pha loãng dầu sau đó làm lạnh trong thiết bị làm lạnh chất lỏng kiểu nạo ở nhiệt độ khoảng -30°C .

25.3.2. Điều khiển tốc độ phản ứng

Một số phản ứng tỏa nhiệt xảy ra một cách chậm chạp do đó phải có phương pháp thải nhiệt cho phản ứng hoặc đôi khi chỉ cần làm lạnh sơ bộ các chất lỏng tham gia phản ứng. Ví dụ trong quá trình sản xuất xà phòng hoặc các chất tẩy rửa chỉ cần làm lạnh dung dịch kiềm natri xuống khoảng $+10^{\circ}\text{C}$ là đủ. Đôi khi làm lạnh trực tiếp bằng nước đá cũng mang lại hiệu quả nhất định. Ví dụ trong quá trình sản xuất các chất màu tổng hợp gốc nitrơ người ta cho vào 4kg nước đá cho mỗi kg sản phẩm tham gia phản ứng, các phản ứng sẽ tiến hành nhanh chóng do được làm lạnh đều đặn.

Trong việc tổng hợp vitamin A, phản ứng xảy ra chỉ trong một vài phần trăm giây ở nhiệt độ trong phòng. Vì trong khoảng thời gian quá ngắn đó không có khả năng thải nhiệt cho phản ứng nên người ta tiến hành phản ứng ở nhiệt độ thấp. Ví dụ khi cho phản ứng ở -55°C thì thời gian phản ứng kéo dài ra đến một phút. Nhiệt tỏa từ phản ứng được thải đi chủ yếu nhờ bay hơi amoniắc. Amoniắc đóng vai trò chất dung môi trong thùng phản ứng. Ngoài thùng phản ứng còn được làm hai vỏ, và từ ngoài thùng được làm lạnh bằng amoniắc.

Trong công nghệ sản xuất cao su tổng hợp người ta cũng đưa thẳng môi chất lạnh vào thùng phản ứng và tùy theo sản phẩm ra mà yêu cầu nhiệt độ lạnh khác nhau trong thùng phản ứng. Ví dụ khi polyme hóa hỗn hợp isobutylen và isobutylen- isopren người ta cho êtylen lỏng chảy vào thùng phản ứng. Trong quá trình polyme hóa êtylen lỏng bay hơi và duy trì nhiệt độ cần thiết của phản ứng ở nhiệt độ khoảng -100°C . Hơi êtylen được một máy lạnh hóa lỏng trở lại và làm sạch qua chưng cất. Thiết bị hóa lỏng êtylen thường sử dụng propan làm môi chất lạnh.

Trong các trường hợp khác, thùng phản ứng chỉ cần được làm sạch từ ngoài bằng amoniác lỏng sôi trong thùng hai vỏ.

Khi polyme hóa ở nhiệt độ thấp, các tính chất của sản phẩm được cải thiện. Ví dụ sợi nhân tạo PVC không bị co ngót ở trong nước nóng khi được polyme hóa ở -20 đến -60°C .

25.3.3. Bảo quản và vận chuyển lạnh hóa chất và khí công nghiệp

Các sản phẩm hút ẩm phải được bảo quản trong phòng điều hòa không khí để chúng không bị hút ẩm. Ví dụ phân bón nhân tạo cần có các hạt urê bề mặt nhẵn bóng và rắn, đường kính 1,5 đến 2mm, ở thể rời. Nếu bảo quản các hạt urê đó trong không khí ẩm thì chúng sẽ hút ẩm trong không khí và có thể dính kết lại với nhau.

Trong công nghiệp chất dẻo người ta thường sử dụng loại axit acryl. Hóa chất này có thể gây cháy nổ do polime hóa ở nhiệt độ thường. Khi bảo quản lạnh có thể tránh được nguy cơ cháy nổ.

Axêtylen có thể chuyển chở thuận tiện hơn nhiều khi cho hòa tan vào dung môi axêton ở nhiệt độ thấp. Ví dụ ở nhiệt độ -80°C có thể hòa tan 2000m^3 tiêu chuẩn axêtylen vào 1m^3 axêton.

Bảo quản điboran B_2H_6 lỏng thuận lợi hơn sau khi hóa lỏng ở áp suất 8,5bar và nhiệt độ -60°C .

25.3.4. Hóa lỏng và bảo quản khí hóa lỏng

Hóa lỏng, lưu giữ và vận chuyển khí đốt, khí thiên nhiên hoặc khí mỏ thuộc về lĩnh vực kỹ thuật cryô, ở đây chỉ điểm qua ngắn gọn.

Khí thiên nhiên chủ yếu là metan, sôi ở -161°C và có nhiệt lượng lớn hơn hẳn khí thành phố. Vì không để lại cặn khi cháy, khí thiên nhiên được coi là nhiên liệu rất thích hợp cho các động cơ đốt trong. Các nguồn khí mỏ được tìm thấy ở nhiều nước trên thế giới. Từ nơi khai thác trên biển, khí mỏ được đưa vào đất liền đến các nơi tiêu thụ bằng đường ống. Khí được hóa lỏng để vận chuyển được bằng đường biển.

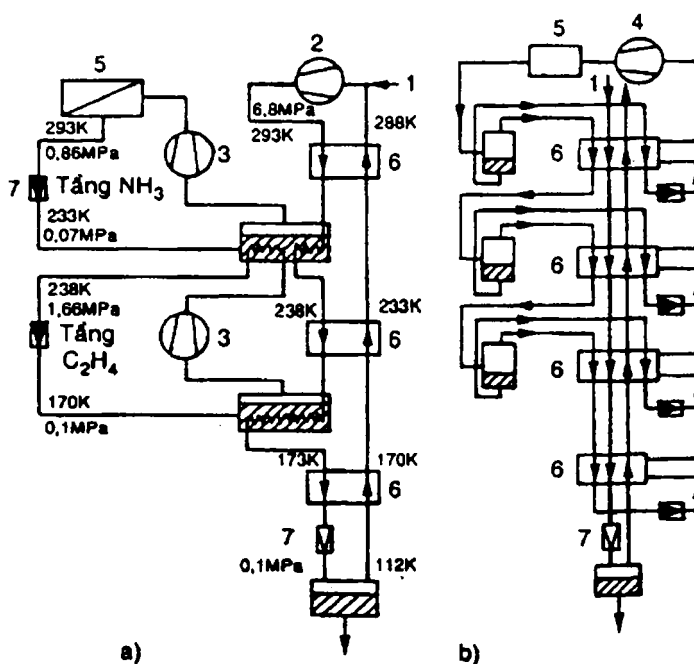
Do khí thiên nhiên có áp suất rất cao khi khai thác từ các mũi khoan nên có thể dẫn nỏ trong ống xoắn để sản xuất lạnh mà không tốn kém gì.

Có nhiều phương pháp hóa lỏng khí thiên nhiên. Được ứng dụng tương đối rộng rãi là phương pháp máy lạnh ghép tầng trong đó các cấp trên môi chất lạnh là êtylen và propan. Cũng có thể sử dụng các phương pháp làm lạnh gián tiếp. Một trong các phương pháp làm lạnh gián tiếp là nén khí lên trên áp suất tới hạn sau đó đưa vào làm lạnh gián tiếp bằng chất tải lạnh ví dụ như êtan. Sau đó khí được dẫn nỏ và một phần khí được hóa lỏng. Hình 25.6 giới thiệu hai chu trình hóa lỏng khí thiên nhiên bằng máy lạnh ghép tầng.

Chu trình cổ điển thông dụng (hình 25.6a) có các nhược điểm là có quá nhiều thiết bị với nhiều loại máy nén, thiết bị trao đổi nhiệt, đường ống... làm cho công tác vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa gặp nhiều khó khăn, đặc biệt khi tải dao động cũng như việc hút hơi lạnh về máy nén. Công việc tự động hóa cũng gặp nhiều trở ngại.

Một giải pháp tích cực là ứng dụng hỗn hợp môi chất lạnh, được viết tắt là phương pháp ARC (auto – refrigerated

cascade). Hỗn hợp môi chất lạnh gồm nitơ, mêtan, êtan, propan và butan được nén trong máy nén 4 và được hóa lỏng theo thứ tự từng thành phần. Bằng cách tiết lưu và cho bay hơi từng thành phần đó, khí thiên nhiên được làm lạnh dần xuống 120K rồi hóa lỏng một phần khí qua tiết lưu 7. Hiện nay nhiều nhà máy hóa lỏng khí thiên nhiên có năng suất rất lớn làm việc theo phương pháp ARC



Hình 25.6. Chu trình hóa lỏng khí thiên nhiên bằng máy lạnh ghép tầng.

a) Chu trình cổ điển với máy lạnh ghép tầng môi chất NH₃ và etylen; b) Chu trình sử dụng hỗn hợp môi chất lạnh ARC.

1-Khí thiên nhiên vào; 2-Máy nén khí thiên nhiên;

3-Máy nén lạnh; 4 – Máy nén lạnh hỗn hợp môi chất;

5 – Bình ngưng; 6- Trao đổi nhiệt; 7- Van tiết lưu

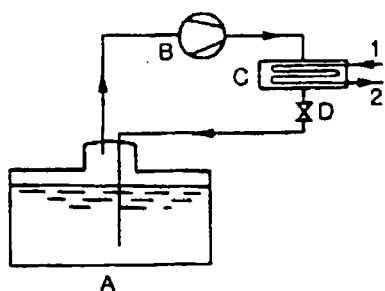
này, ví dụ nhà máy hóa lỏng khí Badak (Indônêxia) có năng suất 250.000m³/h và nhà máy hóa lỏng khí Arzew (Angiêri) có năng suất 1.200.000m³/h.

Khí hóa lỏng được kí hiệu là LNG (Liquefied Natural Gas) sôi ở áp suất khí quyển ở nhiệt độ khoảng -160°C, bởi vậy khí hóa lỏng cần được chứa và vận chuyển trong các bình cách nhiệt tốt. Người ta đã bảo quản khí hóa lỏng trong nền đất đông cứng. Phương pháp này tỏ ra có hiệu quả kinh tế. Bình chứa đặt trong nền đất đông cứng đã sử dụng có sức chứa lên tới 40.000m³.

Khí lỏng từ dầu thô LPG (Liquefied Petroleum Gas) có nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển cao hơn nhiều. Khí lỏng LPG là sản phẩm thu được khi chế biến dầu thô và bao gồm chủ yếu các thành phần propan, n-butan và isobutan. Các chất này là thể khí ở nhiệt độ môi trường nhưng chỉ cần nén lên áp suất vừa phải là chúng đã hóa lỏng vì nhiệt độ tới hạn của chúng lớn hơn nhiệt độ môi trường nhiều.

Các khí lỏng cũng được bảo quản và vận chuyển bằng các bình. Ngày nay người ta gọi nhiều khí có nhiệt độ tới hạn cao hơn nhiệt độ môi trường, khi được hóa lỏng là khí hóa lỏng như amoniắc, butadien, clo...

Trong một bình kín chứa khí lỏng, hơi và lỏng ở trạng thái cân bằng, bởi vậy áp suất trong bình phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ. Trong vận chuyển khí lỏng người ta phân biệt ba loại áp suất: Áp suất đầy, áp suất giảm và áp suất khí quyển. Chuyên chở với áp suất đầy nghĩa là các chai không được làm lạnh, áp suất trong chai là áp suất bão hòa tương ứng với nhiệt độ môi trường. Các chai thường được thiết kế cho áp suất cao nhất lên tới 17bar, nghĩa là khi chuyên chở propan, nhiệt độ ngoài trời có thể lên tới khoảng 45°C.



Hình 25.7. Tái hóa lỏng của khí lỏng bay hơi trên đường vận chuyển

A - Bình chứa khí lỏng; B - Máy nén;

C - Bình tái ngưng tụ; D - Van tiết lưu

1,2 - Nước hoặc không khí làm mát vào và ra

Hình dáng của các bình chứa rất khác nhau nhưng thông thường là dạng hình trụ nằm hoặc đứng (đặt trong các khoang tàu thủy), đôi khi cả hình cầu. Các bình chứa này rất nặng nên các bình chứa thường được chế tạo với dung tích không quá 1000 tấn.

Chuyên chở với kiểu áp suất giảm thuận lợi hơn vì áp suất trong bình không quá cao nhưng phải có hệ thống lạnh kèm theo. Các bình khí lỏng được làm lạnh đến nhiệt độ thuận lợi nào đó để áp suất trong bình không quá cao. Do được làm lạnh nên các bình chứa này phải được

cách nhiệt để giữ lạnh. Do khối lượng riêng ở nhiệt độ thấp lớn hơn nên với cùng thể tích bình phương pháp áp suất giảm chứa được nhiều khí lỏng hơn. Các bình chứa áp suất giảm được thiết kế tối đa là 10bar. Nhiệt độ thấp nhất cho phép tùy theo vật liệu chế tạo mà tiêu chuẩn cho phép.

Để thải nhiệt tổn thất qua cách nhiệt bình có thể sử dụng một hệ thống lạnh như đã trình bày, nhưng có thể có giải pháp khác như hình 25.7 giới thiệu. Phương pháp này gọi là tái hóa lỏng.

Do tổn thất nhiệt từ ngoài vào, một phần khí lỏng hóa hơi. Để giữ áp suất không đổi, máy nén B hút hơi đó về máy nén, nén lên áp suất cao đẩy vào bình ngưng và lại tiết lưu trở lại bình chứa A.

Để tránh làm bắn khí lỏng ở bình A do dầu bôi trơn máy nén lẫn vào, người ta sử dụng máy nén không cần dầu bôi trơn. Để phòng trường hợp có khí không ngưng trong bình chứa, cần có thiết bị xả khí không ngưng.

Chuyên chở khí lỏng với áp suất khí quyển cũng còn được gọi là chuyên chở khí lỏng được làm lạnh hoàn toàn. Áp suất trong bình chỉ cao hơn áp suất khí quyển tối đa là 0,3bar. Nhiệt độ của khí lỏng trong bình gần bằng nhiệt độ bão hòa theo áp suất khí quyển hay nhiệt độ sôi ở áp suất thường bởi vậy bình chứa cần được cách nhiệt tốt. Do không cần chịu áp lực nên vách bình không cần dày và hình dáng có thể tùy theo kho chứa hoặc khoang tàu thủy.

Thực tế cho thấy máy lạnh lắp đặt trên tàu và cả trên đất liền để làm lạnh một phần hoặc làm lạnh hoàn toàn khí lỏng trong bình chứa tiêu tốn năng lượng nhiều hơn nhiều lần phương pháp tái hóa lỏng.

Để làm lạnh khí lỏng đến -50°C cần một máy lạnh hai cấp với khí lỏng đồng thời làm môi chất lạnh. Khi chuyên chở êtylen lỏng ở nhiệt độ -100°C cần trang bị một máy lạnh ghép tầng, tầng dưới lấy êtylen và tầng trên lấy R22 làm môi chất lạnh. Nếu chọn R13B1 thì bình bay hơi ghép tầng không phải làm việc với áp suất chân không.

25.4. XÂY DỰNG

25.4.1. Làm lạnh bê tông ở các đập chắn nước

Quá trình kết rắn của bê tông gắn liền với quá trình tỏa nhiệt, trong đó nhiệt hydrat hóa tùy theo thành phần xi măng có thể đạt từ 250 đến 500kJ/kg xi măng. Nhiệt độ đó tỏa ra môi trường. Các thử nghiệm cho thấy một nửa lượng nhiệt đó tỏa ra trong ba ngày và toàn bộ lượng nhiệt tỏa ra suốt trong một năm mới kết thúc. Hình 25-8 giới thiệu tỉ số nhiệt tỏa ra theo thời gian.

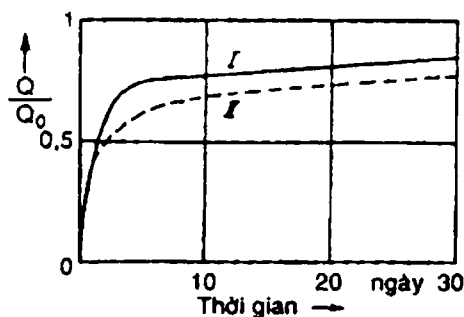
Do bê tông tỏa nhiệt nên nhiệt độ bê tông tăng $20 \div 30K$ so với nhiệt độ môi trường. Đối với các tường mỏng như nhà cửa cầu cống, nhiệt độ đó không đóng vai trò quan trọng vì nhiệt tỏa nhanh chóng vào môi trường xung quanh, và nhiệt độ coi như đồng đều trên toàn diện tích mặt cắt.

Nhưng đối với đập nước thì khác vì đập nước có chiều dày lớn hơn nhiều. Với một khối lượng bê tông rất lớn, hệ số dẫn nhiệt của bê tông nhỏ nên có một lượng nhiệt lớn bị đọng lại trong khối bê tông không tỏa được ra môi trường bên ngoài. Với hệ số dẫn nhiệt của bê tông $\lambda \approx 2W/mK$, hệ số dẫn nhiệt độ $a = 0,04m^2/h$ và hệ số tỏa nhiệt trên bề mặt vách ra môi trường $\alpha \approx 25W/m^2K$ thì thời gian làm lạnh tâm tường xuống hiệu nhiệt độ còn một nửa, tỉ lệ thuận với bình phương chiều dày tường. Trong khi tường dày 2m thời gian làm lạnh là 4 ngày thì với tường dày 60m thời gian làm lạnh trên 10 năm mà hiệu nhiệt độ so với môi trường bên ngoài không giảm xuống còn một nửa so với lúc đầu.

Như vậy, trong khi bề mặt đập đã lạnh và đông cứng từ lâu mà trong tường đập nhiệt độ vẫn rất cao. Sự chênh lệch nhiệt độ đó tạo ra ứng lực kéo trên bề mặt đập, gây ra các vết rạn nứt bê tông. Do không thể thải nhiệt tự do vào môi trường và để tránh hiệu nhiệt độ quá cao giữa tâm tường và bề mặt tường cần phải có biện pháp làm lạnh nhân tạo làm lạnh đập bê tông. Có hai phương pháp khả thi là:

1. Đặt các đường ống nước lạnh trong đập. Người ta bố trí các ống nước lạnh đường kính 25mm trong đập cách nhau theo chiều ngang khoảng 2,4m, chiều cao khoảng 3m và liên tục bơm nước lạnh qua để thải nhiệt cho bê tông. Tốc độ nước trong ống khoảng 0,6m/s.

Năng suất lạnh tính toán để có thể hạ được nhiệt độ bê tông xuống 20 đến 30K. Tùy theo loại xi măng sử dụng, tùy theo khả năng làm mát bằng môi trường bên ngoài, tùy ảnh hưởng của bức xạ mặt trời mà năng suất lạnh có thể



Hình 25.8. Nhiệt tỏa từ xi măng theo thời gian đông cứng

Q_0 – Tổng nhiệt lượng hydrat hóa

Q – Nhiệt lượng giải phóng theo thời gian.

Đường cong I: $Q_0 = 485$ kJ/kg xi măng portland

Đường cong II: Xi măng đặc biệt để sử dụng cho đập nước ($Q_0 = 335$ kJ/kg)

cao hơn hoặc thấp hơn.

Theo kinh nghiệm, năng suất lạnh có thể tính theo lượng nhiệt tỏa của bê tông khoảng 74000kJ/m^3 bê tông với một số thông số khác của bê tông: nhiệt dung riêng $0,8\text{kJ/kgK}$, khối lượng riêng 2600kg/m^3 và hiệu nhiệt độ cần làm lạnh khoảng 35K . Nên thiết kế có công suất lạnh dự trữ đặc biệt đối với máy sản xuất nước lạnh.

Biến thiên nhiệt độ của nước lạnh trong các ống nước lạnh phụ thuộc chủ yếu vào tỉ lệ nhiệt giải phóng trong bê tông. Khi biết nhiệt lượng hydrat hóa giải phóng và các thông số kỹ thuật của bê tông, có thể tính toán được biến thiên nhiệt độ của khối bê tông và kể cả trường nhiệt độ của bê tông trong khi đang làm lạnh.

2. Làm lạnh bằng cách trộn thêm nước đá. Làm lạnh vữa bê tông xuống khoảng 4°C sau đó thêm vào vữa một ít nước đá dưới dạng đá mảnh, đá vụn và tính toán sao cho dung nhiệt đủ để cân bằng toàn bộ nhiệt hydrat hóa.

Có thể làm lạnh xi măng ngay từ nhà máy sản xuất. Thường nhiệt độ xi măng ở đây lên tới 60°C . Tuy nhiên, hệ số dẫn nhiệt của xi măng kém do đó cần diện tích trao đổi nhiệt lớn, gây nhiều khó khăn nên ít được ứng dụng.

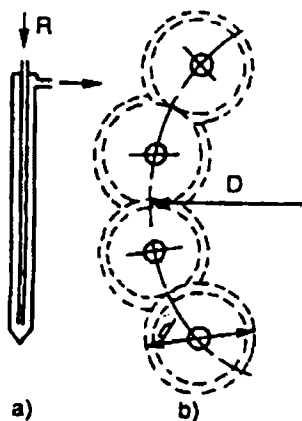
Các phụ gia như sợi, đá thô có kích thước đến 150mm được rửa sạch và làm lạnh sơ bộ bằng nước lạnh sau đó được chứa vào các silô và được làm lạnh tiếp bằng không khí lạnh nhiệt độ -1°C thổi qua silô. Cát được làm lạnh trực tiếp ngay trên các phương tiện băng tải bằng chất tải lạnh.

Nước trộn bê tông được làm lạnh trong các máy sản xuất nước lạnh đến 1°C . Nước đá đưa vào máy trộn cần được nghiền nhỏ để nước đá tan nhanh. Tốc độ tan của đá phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nhiệt độ máy trộn, kích thước cục đá và lượng đá trong máy trộn. Đá phải đảm bảo tan hết khi vữa bê tông ra khỏi máy trộn.

25.4.2. Kết đông nền móng

Nền móng xây dựng đôi khi không đủ chắc chắn. Khi đào móng nhiều khi đất bị trượt giống như cát chảy. Nền móng như vậy có thể được củng cố bằng cọc kết đông. Ví dụ, để đào một cột móng hoặc cửa lò có đường kính nào đó người ta phải chọn đường kính cọc kết đông lớn hơn từ 2 đến 5m. Các

cọc kết đông được cắm cạnh nhau chừng 1m chung quanh hầm cần đào (hình 25.9).



Hình 25.9. Ổn định nền móng bằng kết đông

a) Cọc kết đông; b) Đường kính cắm cọc D lớn hơn đường kính hầm. R – Môi chất lạnh; d – Đường kính khối đất được kết đông

Cấu tạo của cọc kết đông rất đơn giản theo kiểu ống lồng ống (h.25.9a). Đường kính trong của ống ngoài khoảng 100mm; đường kính ngoài ống trong 40mm. Môi chất lạnh hoặc chất tải lạnh được dẫn vào qua ống trong sau đó chảy ra ống ngoài và ra ngoài. Nhiệt độ bay hơi hoặc chất tải lạnh từ -20 đến -40°C . Đầu cọc được làm nhọn để dễ nén vào đất. Các cọc được nối song song vào bộ phân phối và thu hồi lạnh.

Khi tiến hành kết đông, nền móng chung quanh cọc được kết đông theo hình trụ chung quanh cọc. Hình trụ kết đông lớn dần phát triển ra chung quanh, sau vài tuần, có khi đến hàng tháng các hình trụ kết đông của các cọc mới nối liền lại với nhau thành một dạng lồng kết đông vững chắc, đảm bảo loại trừ việc sụt lở đất khi đào sâu phía bên trong.

Độ bền của nền đất kết đông tăng khi nhiệt độ kết đông giảm. Ví dụ độ bền nén của nền cát kết đông ở -10°C là 100bar, ở -15°C là 160bar và ở -25°C là 200bar. Khi nền cát được kết đông thì nước kết đông ở đây đóng vai trò như xi măng trong bê tông.

Đối với cửa hầm lò, đôi khi cọc phải dài đến hàng trăm mét cắm sâu vào lòng đất. Khi đó phải khoan trước các lỗ cọc. Các lỗ phải song song với nhau nếu không khoảng cách các cọc quá xa nhau không đảm bảo các khối kết đông liên kết lại được với nhau. Trường hợp như vậy, cần phải bố trí thêm cọc. Nếu cọc bị gãy hoặc rò rỉ, sẽ xảy ra các hậu quả rất bất lợi. Vì chất tải lạnh có nhiệt độ đông đặc rất thấp so với nhiệt độ đông đặc của nền đất. Khi chảy vào nền đất đã kết đông, chất tải lạnh có tác dụng làm nền đất mềm ra như cũ.

Do chất tải lạnh ra nóng hơn chất tải lạnh vào khoảng 8K. Sự trao đổi nhiệt qua vách ống trong làm giảm hiệu quả nhiệt của thiết bị, bởi vậy người ta tìm cách cách nhiệt bề mặt ống trong để giảm sự trao đổi nhiệt không mong muốn này. Có thể sử dụng ống trong là ống nhựa để giảm trao đổi nhiệt không mong muốn này. Có thể sử dụng ống trong là ống nhựa nhưng cần lưu ý là ống

nhựa rất nhẹ nên có lực đẩy mạnh lên trên trong chất tải lạnh.

Do phải vận hành trên công trường xây dựng nên hệ thống lạnh phục vụ cho cọc kết đông cần đơn giản và hiệu quả. Chỉ cần nối dây điện và nước làm mát là máy có thể hoạt động. Việc phân phối chất tải lạnh cũng cần đơn giản và chắc chắn. Các cọc kết đông cũng cần phải làm việc bảo đảm, chắc chắn và ổn định.

Các cọc kết đông có thể được làm lạnh trực tiếp bằng môi chất lạnh. Ưu điểm của làm lạnh trực tiếp cũng giống như đã giới thiệu là hiệu nhiệt độ nhỏ hơn. Nhưng khó khăn cơ bản là với các cọc sâu, do áp suất tĩnh nên nhiệt độ sôi bên dưới cao hơn bên trên. Có thể khắc phục nhược điểm này bằng cấu trúc bên trong ống nhưng như vậy ống lại dễ bị hư hỏng do va chạm và do lực tác động khi ép ống xuống dưới sâu.

Môi chất lạnh có thể sử dụng các loại khác nhau như amoniắc, propan hoặc CO_2 . Nếu bị rò rỉ amoniắc có thể làm mềm nền đất do nó bị nước hấp thụ mạnh.

Có thể sử dụng không khí lạnh để kết đông như trường hợp xây dựng đường hầm ở Stockholm năm 1884. Người ta dùng không khí lạnh -55°C từ một máy làm lạnh không khí để kết đông nền đất.

Ngày nay, để kết đông các nền đất không lớn, người ta sử dụng cả nitơ lỏng. Quá trình kết đông xảy ra rất nhanh chóng.

Việc tính toán năng suất lạnh trong các tài liệu tham khảo rất khác nhau. Thực ra, chỉ có thể tính toán gần đúng năng suất lạnh cần thiết vì nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố mà ta khó bao quát hết như thành phần nền đất, tỉ lệ nước trong đất, các nguồn nước ngầm quanh vùng, hệ số dẫn nhiệt của từng lớp đất v.v...

25.5. VẬT LIỆU VÀ DỤNG CỤ

25.5.1. Kim loại

1. Lắp chặt. Nhiều chi tiết máy phải lắp chặt vào nhau, ví dụ chân van phải lắp chặt vào thân máy của các động cơ ô tô. Khi đó chân van được làm lạnh xuống -80 đến -180°C , đường kính chân van khi đó thu nhỏ lại, chân van được lắp dễ dàng vào thân máy. Sau khi nhiệt độ cân bằng, chân van nở ra tạo một mối liên kết vững chắc với thân máy. Dung sai lắp chặt tùy theo tính chất kích thước chi tiết theo tiêu chuẩn.

2. Thay đổi tổ chức tế vi. Trong thép đã tôi còn sót lại một bộ phận austenit. Nếu nhúng thép vào môi trường lạnh từ 5 đến 10 phút ở nhiệt độ -80°C bộ phận austenit biến đổi thành martensit cứng hơn. Bằng cách ủ ở 100°C sẽ loại trừ được nứt nẻ do nội lực.

Bằng cách làm lạnh thép crôm đã tôi xuống đến -80°C , các tổ chức tế vi của thép được củng cố. Vì martensit có khối lượng riêng nhỏ hơn nên thể tích riêng lớn hơn austenit, nên nếu quá trình biến đổi chậm, thể tích dần tăng sẽ ảnh hưởng xấu đến các chi tiết máy chính xác. Quá trình “lão hoá” nhân tạo ở nhiệt độ thấp sẽ ổn định thể tích của thép.

Gang austenit được sản xuất và sử dụng rộng rãi tuy cơ tính của nó kém hơn nhiều so với thép cán hoặc rèn. Tuy nhiên có thể cải thiện cơ tính của chúng rất nhiều nếu được xử lý lạnh ở -80°C trong hỗn hợp cồn và đá khô. Sau đó chúng được nung nóng đến nhiệt độ 700°C để biến đổi các martensit niken trở lại austenit. Các martensit niken không mong muốn này được hình thành trong quá trình xử lý lạnh. Qua quá trình xử lý trên, độ bền kéo tăng lên đến 2000bar.

3. Gia công phôi. Trong quá trình gia công phôi, phần lớn công suất đưa vào biến thành nhiệt năng, làm cho nhiệt độ dao cắt tăng cao. Bằng cách gắn cặp nhiệt ở đầu mũi dao và các vị trí khác nhau, người ta có thể đo được sự phân bố nhiệt độ trên bề mặt tiếp xúc của dao cắt. Đối với quá trình tiện thép vòng bi nhiệt độ đầu cắt tăng lên đến trên 800°C . Do nhiệt độ cao, khả năng cắt của dao cắt giảm xuống nhanh chóng. Để tăng khả năng cắt và thời gian làm việc của dao cắt cần phải làm lạnh dao cắt xuống nhiệt độ thích hợp. Theo kết quả nghiên cứu tuổi thọ (thời gian làm việc) tỉ lệ nghịch với bình phương nhiệt độ. Vì vậy chỉ cần giảm nhiệt độ dao cắt chút ít là thời gian làm việc có thể tăng lên gấp đôi. Để làm lạnh dao cắt người ta sử dụng dung dịch gọi là dầu cắt hoặc nhũ tương rót trực tiếp vào vị trí cắt. Dung dịch được làm lạnh nhờ máy lạnh xuống đến nhiệt độ $+2$ đến $+4^{\circ}\text{C}$.

Các loại thép không gỉ austenit có hệ số dẫn nhiệt nhỏ do đó nhiệt độ ở các dao cắt còn tăng cao hơn nữa. Làm lạnh bằng CO_2 lỏng tỏ ra có nhiều ưu điểm. Người ta có thể làm lạnh từ phía trong. Thanh thép tiện được bố trí một lỗ phía trong đến đúng vị trí tấm dao cắt wolframcacbit để CO_2 lỏng chảy đến đây và bay hơi làm lạnh dao. Hơi CO_2 thoát ra qua một lỗ nhỏ.

Trong công nghiệp chế tạo máy bay người ta sử dụng rất nhiều tấm kiểu sandwich, hai bên là hai tấm kim loại. Các tấm này có độ bền cao nhưng rất nhẹ vì bên trong rỗng.

Vấn đề khó khăn là gia công cơ khí chế tạo các tấm sandwich vì các ngăn

chế tạo từ các tấm rất mỏng, dễ bị uốn cong và biến dạng. Một giải pháp hiệu quả là cho đầy nước vào các ngăn sau đó làm lạnh kết đông đá. Khi đó có thể gia công cơ khí như là khối liền. Sau khi gia công xong chỉ cần làm tan băng, đổ nước ra và dùng khí nén thổi sạch nước còn sót lại trong tấm sandwich.

Các dụng cụ mỏng và dẹt rất khó kẹp lên máy công cụ. Có thể sử dụng phương pháp sau: làm lạnh các tấm kẹp phẳng bằng chất tải lạnh hoặc môi chất lạnh sôi xuống khoảng -30°C sau đó nhúng dụng cụ vào nước và đặt lên tấm kẹp phẳng. Nước đóng băng lại và cố định dụng cụ vào tấm kẹp một cách rất chắc chắn. Có thể áp dụng phương pháp này cả đối với các dụng cụ phi kim loại.

4. Điện cực hàn. Điện cực của máy hàn điểm thường được làm mát bằng nước hoặc chất tải lạnh glycol. Nước hoặc glycol được bơm vào trong điện cực rỗng. Tuổi thọ của điện cực có thể tăng gấp ba lần nếu được làm lạnh bằng CO_2 lỏng. Để cấp lỏng cho điện cực phải sử dụng một bơm CO_2 lỏng đặc biệt.

5. Xử lý bề mặt bằng điện hoá. Trong việc xử lý bề mặt nhôm để tạo một lớp ôxit dày, chất điện phân phải có nhiệt độ từ 21 đến $26,5^{\circ}\text{C}$. Nhiệt toả ra do dòng điện phân trung bình khoảng $35\text{W}/\text{cm}^2$ diện tích bề mặt liên tục phải được thải ra môi trường bên ngoài. Việc làm lạnh chất điện phân có chứa axit sunfric được thực hiện nhờ các ống làm lạnh bằng chì. Nước lạnh tuần hoàn trong ống. Nước được làm lạnh đến khoảng 5°C nhờ một máy lạnh.

Cả trong các quá trình mạ kim loại, tùy theo từng loại chất điện phân mà nhiệt độ bể mạ giữ ở nhiệt độ không đổi từ 20 đến 60°C . Từ các bể mạ zyanid, ví dụ như mạ đồng hoặc cadmi cần phải định kỳ loại bỏ cacbonat natri. Loại bỏ cacbonat natri bằng cách kết tinh chậm dung dịch ở nhiệt độ khoảng -4°C . Cần thiết phải kết tinh chậm để tinh thể hình thành có kích thước lớn, dễ loại bỏ khỏi dung dịch. Để làm lạnh các chất điện phân có tính ăn mòn cao người ta sử dụng nhiều loại vật liệu đặc biệt trong đó có ống chất dẻo flo.

Đối với việc đánh bóng kim loại bằng chất điện phân người ta cố gắng đạt được bề mặt có độ phẳng cao và có khả năng phản chiếu lớn. Để tiến hành đánh bóng, người ta nhúng sản phẩm cần đánh bóng vào bên cạnh một điện cực trong bể chất điện phân và nối vào nguồn điện một chiều, trong đó sản phẩm cần đánh bóng là cực anot. Các thử nghiệm cho thấy, nhiệt độ chất điện phân vào khoảng -30°C sẽ cho hiệu quả đánh bóng cao nhất. Nhiệt độ càng cao, hiệu quả đánh bóng càng phụ thuộc nhiều vào sự ổn định điện thế. Do đó sự ổn định nhiệt độ bằng cách làm lạnh chất điện phân là rất cần thiết. Tốc độ đánh bóng

phụ thuộc không những vào nhiệt độ của bể mà còn phụ thuộc vào loại chất điện phân sử dụng. Chất điện phân trên cơ sở cồn metyl cho tốc độ đánh bóng cao nhất.

25.5.2. Vật liệu phi kim loại và các vật liệu khác

- Khi hạ nhiệt độ đủ thấp, các chất dẻo đàn hồi bị hoá cứng và giòn, rất dễ bị vỡ vụn hoặc có thể gia công cơ khí. Sau khi hạ đến nhiệt độ -190°C trong nitơ lỏng nilông và polyetylen có thể được nghiền mịn.

Các chi tiết ép bằng cao su hoặc bằng các chất dẻo thường có bavia. Dùng tay loại bỏ các bavia đó là rất khó khăn. Nếu đưa chúng qua CO_2 lỏng sau đó đưa vào thùng quay hình tang trống hoặc máy mài tia thì các bavia được loại bỏ dễ dàng bằng phương pháp cơ khí.

Các vết cắt mẫn xông của sấm xe ô tô, xe máy, xe đạp có thể được ghép chín tốt hơn nhiều nếu chỗ tiếp giáp (chỗ mẫn xông) được làm lạnh sơ bộ trước đó xuống -7°C . Việc làm lạnh tiến hành đơn giản bằng cách ép chúng lên bề mặt lạnh, ví dụ ép lên một bề mặt ống được làm lạnh từ bên trong môi chất lạnh hoặc chất tải lạnh.

Nếu nhúng gỗ vào amoniắc lỏng thì sau $15 \div 20$ phút gỗ trở nên dẻo và có thể uốn nắn dễ dàng.

Sợi bông sẽ bóng như lụa nếu như sợi được nhúng vào dung dịch kiềm natri. Trong khi xử lý, sợi phải căng để chống lại xu hướng co rút của sợi. Khi xử lý, độ bền của sợi cũng được tăng lên. Dung dịch kiềm phải được giữ ở nhiệt độ từ 5 đến 10°C . Sau khi xử lý, sợi vẫn ở trạng thái căng, được nhúng nước nóng $60 \div 80^{\circ}\text{C}$ và sau đó được rửa sạch bằng nước.

Một phương pháp mới cho hiệu quả tương tự là nhúng sợi bông vào amoniắc lỏng sôi ở áp suất thường ở -33°C . Hơi amoniắc được thu hồi lại bằng máy nén lạnh.

25.6. Y TẾ

Các ứng dụng của lạnh trong y tế là rất phong phú. Ngoài việc dùng điều hoà không khí cho các phòng mổ, phòng bệnh nhân... còn có các ứng dụng khác không kém phần quan trọng như các phòng nhiệt áp. Không khí trong

phòng nhiệt áp cũng được điều hoà theo yêu cầu nhưng áp suất có thể điều chỉnh tới 2bar hoặc hơn. Mục đích tăng áp suất để bệnh nhân có khả năng hấp thụ ôxy tốt hơn theo phương pháp trị liệu ôxi.

Trong rất nhiều ứng dụng trong ngành y tế, ở đây đề cập đến một vài ví dụ tiêu biểu.

25.6.1. Bảo quản máu và các bộ phận cấy ghép

Máu người dùng để truyền máu, tiếp máu đòi hỏi càng ngày càng nhiều. Máu lấy từ những người hiến máu được phân thành nhóm loại và được bảo quản trong tủ lạnh hoặc trong các “ngân hàng” máu ở nhiệt độ $+4^{\circ}\text{C}$. Máu được bảo quản trong chai 500 đến 600 cm^3 trong điều kiện không rung động. Thời gian bảo quản chỉ hạn chế từ 2 đến 3 tuần, sau đó bắt đầu quá trình tan rã hồng cầu (quá trình hemolyse). Nếu người ta tách được plasma khỏi hồng cầu thì máu có thể được bảo quản tới vài tháng trong tủ lạnh.

Các bộ phận xương dùng để cấy ghép được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ từ $+2$ đến $+4^{\circ}\text{C}$ từ một đến hai tuần. Ở -18°C các tổ chức của xương có thể giữ được trong vòng 6 tuần. Hiện nay người ta giữ xương, não... và các bộ phận cấy ghép thay thế khác ở nhiệt độ -70°C .

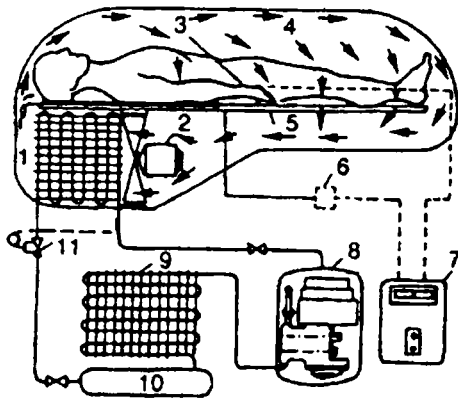
Các bộ phận cấy ghép có thể được bảo quản bằng phương pháp sấy thăng hoa. Như vậy không cần bảo quản và vận chuyển lạnh. Phương pháp sấy thăng hoa giữ một vị trí quan trọng trong kỹ thuật bảo quản các bộ phận cấy ghép lên cơ thể.

25.6.2. Sự hạ thân nhiệt nhân tạo

Các con vật có giấc ngủ mùa đông tự hạ thân nhiệt để giảm sự trao đổi chất trong cơ thể. Con người nếu được giảm thân nhiệt nhân tạo, sự trao đổi chất trong cơ thể giảm xuống đáng kể, nhịp đập của tim chậm lại.

Giảm trao đổi chất trong cơ thể và qua đó giảm tiêu hao ôxy là rất cần thiết trong khi mổ tim. Trong suốt quá trình mổ tim, vòng tuần hoàn máu phải ngừng hoạt động nhưng không được gây ra bất kì tổn thất nào. Ngay ở nhiệt độ cơ thể 28°C có thể dừng tuần hoàn máu trong thời gian 8 phút để tiến hành mổ tim.

Ở những động vật máu nóng không có kì ngủ đông như con người không thể hạ thân nhiệt đơn giản bằng cách làm lạnh thu nhiệt của cơ thể. Điều cơ bản là phải tác động vào cơ chế điều khiển nhiệt độ bình thường bằng dược liệu.



Hình 25.10. Sơ đồ một thiết bị hạ thân nhiệt

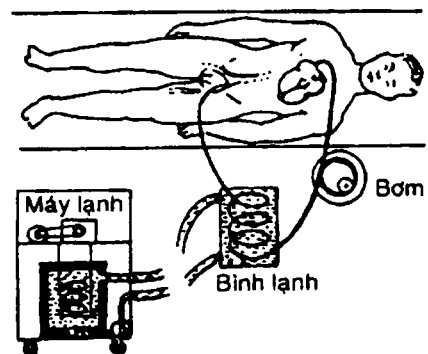
- 1- Dàn bay hơi ống xoắn có cánh; 2- Quạt dàn lạnh không gây ồn; 3- Đầu cảm nhiệt độ; 4- Nắp chất dẻo trong suốt tháo ra được; 5- Bàn; 6- Rơ le nhiệt độ; 7- Bảng điện điều khiển; 8- Máy nén kín; 9- Dàn ngưng; 10- Bình chứa; 11- Van tiết lưu nhiệt

(blocs, dàn nóng, van tiết lưu, bộ phận điện tự động) được bố trí phía dưới hộp chất dẻo, và toàn bộ thiết bị lắp đặt trên xe di chuyển một cách dễ dàng (hình 25.10).

Phương pháp hạ thân nhiệt nhờ bức xạ được tiến hành như sau: Người ta đặt bệnh nhân trong một hộp, bề mặt chung quanh hộp được làm lạnh sâu bằng polyetylen. Bề mặt lạnh hấp thụ bức xạ nhiệt sóng dài từ cơ thể nhưng giảm thành phần tổn thất lạnh do đối lưu và hiện tượng ngưng tụ.

Trong các ca mổ khó khăn đòi hỏi thời gian mổ kéo dài hơn nhiều và nhiệt độ cơ thể đòi hỏi phải hạ thấp hơn nhiều. Khi đó riêng biện pháp hạ thân nhiệt không đủ, phải có biện pháp hỗ trợ thêm. Mặt khác nếu chỉ hạ thân nhiệt xuống dưới 28 đến 26°C có nhiều nguy cơ không thể đưa tim hoạt động trở lại được.

Trong các trường hợp như vậy người ta sử dụng phương pháp làm lạnh riêng vòng tuần hoàn máu (hình 25.11). Máu được đưa vào ống xoắn đi qua chất tải lạnh để làm lạnh và được một bơm máu (thay chức năng của tim) bơm máu tuần hoàn như bình thường. Tim được đưa ra khỏi vòng tuần hoàn để mổ.



Hình 25.11. Làm lạnh vòng tuần hoàn

Bằng phương pháp này, người ta có thể đưa thân nhiệt xuống đến 13°C thậm chí thấp hơn. Tốc độ làm lạnh phù hợp được ghi nhận là 1 K/min . Làm lạnh máu được tiến hành gián tiếp qua nước lạnh, để đề phòng trường hợp nhiệt độ máu giảm xuống dưới 2°C .

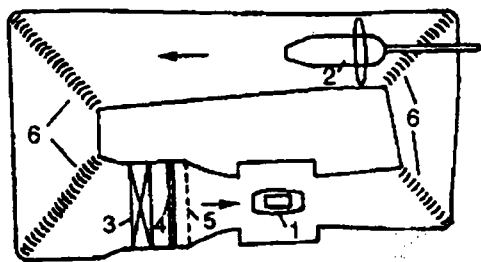
Nước lạnh được sản xuất trong máy làm lạnh nước có phủ băng để giữ nhiệt độ không đổi khi chảy vào bình làm lạnh máu. Trong quá trình làm ấm sau khi mổ, nước nóng có nhiệt độ 42°C được cho chảy vào bình trao đổi nhiệt để làm ấm máu.

25.7. CÁC PHÒNG LẠNH CHO CÁC MỤC ĐÍCH SỬ DỤNG KHÁC NHAU - MÁY ĐỘNG LỰC

2.5.7.1 Các phòng thử nghiệm

Về cơ bản ở đây là việc làm lạnh phòng đã giới thiệu ở các chương 14, 15 và 16. Theo yêu cầu và mục đích của các phòng thử nghiệm, ngoài các thông số như nhiệt độ, độ ẩm còn phải thay đổi điều chỉnh được nhiều thông số khác của không khí.

1. Phương tiện vận tải. Các thử nghiệm về trao đổi nhiệt trong các toa xe lửa không thể tiến hành ngoài trời do các điều kiện khí hậu không đảm bảo ổn định trong suốt thời gian thử nghiệm. Các điều kiện môi trường bên ngoài có thể được tạo ra và duy trì ổn định trong phòng thử nghiệm. Để thử nghiệm sự truyền nhiệt của các toa hành khách, toa tàu chở hàng và toa tàu lạnh cần phải bố trí dòng không khí chuyển động như trong thực tế khi tàu chạy bên ngoài. Để giảm tổn thất áp suất người ta bố trí phòng thử nghiệm có dáng hình côn nhẹ mở ra theo hướng không khí chuyển động.



Hình 25.12. Sơ đồ mặt bằng của một phòng thử nghiệm phương tiện giao thông

- 1- Phương tiện cần thử nghiệm; 2- Quạt kiểu;
- 3- Dàn lạnh; 4- Phin lọc; 5- Lưới;
- 6- Các tấm hướng dòng khí

Nhiệt độ của phòng thử nghiệm phải tương ứng với điều kiện ngoài trời. Trong điều kiện khắc nghiệt nhất của Việt Nam điều chỉnh được từ 0 đến $+60^{\circ}\text{C}$ và cho tàu xuyên lục địa từ -40 đến $+50^{\circ}\text{C}$. Ngoài ra còn các điều kiện mưa gió... để thử nghiệm độ kín và khả năng hoạt động của các cửa sổ, cửa ra vào, các thiết bị trên tàu trong mọi điều kiện thời tiết. Đặc biệt trong điều kiện

hiệt độ cao bên ngoài phải thử nghiệm sự hoạt động hiệu quả của các hệ thống lạnh và điều hoà không khí lắp đặt trên tàu. Bức xạ mặt trời được thay thế bằng một loạt đèn chiếu sáng.

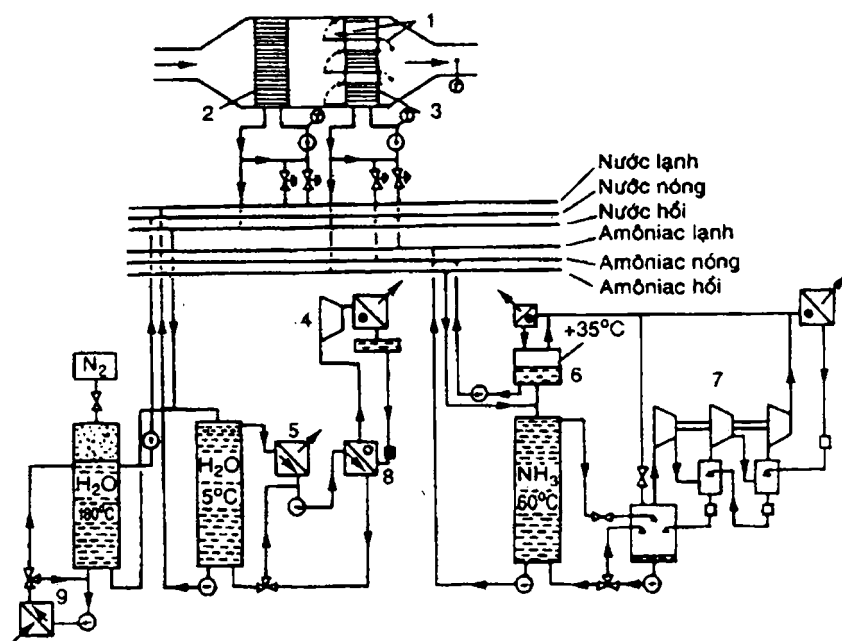
Các thử nghiệm đối với các phương tiện giao thông trên bộ khác bao gồm thử nghiệm tính chất khí động học ở tốc độ chuyển động cao, các đặc tính của động cơ hoạt động ở nhiệt độ cao nhất và thấp nhất ngoài trời. Hình 25.12 giới thiệu một phòng thử nghiệm phương tiện giao thông. Nhiệt độ phòng có thể điều chỉnh giữa $+70^{\circ}\text{C}$ và -50°C , tốc độ không khí tương ứng tốc độ ô tô đến 200km/h hoặc cao hơn. Phòng thử nghiệm cần một năng suất lạnh rất lớn, không chỉ để thải nhiệt tổn thất qua vách cách nhiệt, thải nhiệt của động cơ ô tô mà chủ yếu để thải nhiệt do quạt sinh ra. Công suất động cơ quạt lên tới hàng vài ngàn kW vì lưu lượng không khí tuần hoàn lên tới hàng ngàn m^3/s .

Để tuần hoàn không khí người ta sử dụng quạt trục vít, đường kính 10m hoặc hơn. Trở lực dòng chảy không vượt quá 25mbar. Đối với các ô tô lạnh, cần phải nghiên cứu sự truyền nhiệt qua vách cách nhiệt và các cửa cách nhiệt ở các tốc độ khác nhau và nhiệt độ khác nhau.

Đối với việc thiết kế, chế tạo máy bay việc thử nghiệm các tải cơ và nhiệt hoặc tải động và tĩnh là rất cần thiết. Máy bay, đặc biệt máy bay siêu âm chịu tải nhiệt rất lớn bởi vì nhiệt độ bề mặt máy bay thay đổi rất nhanh. Khi cất cánh giả sử máy bay có nhiệt độ môi trường 30°C nhưng chỉ sau một vài phút nhiệt độ bề mặt do ma sát với không khí có thể lên tới 150°C . Khi hạ cánh nhiệt độ thay đổi ngược lại. Bởi vì nhiệt độ trong máy bay chỉ biến đổi theo rất chậm, thậm chí không thay đổi do được điều hoà không khí, hiệu nhiệt độ lớn đó tạo ra các ứng lực thay đổi. Các ứng lực này là nguyên nhân gây ra hiện tượng mỏi của vật liệu chế tạo. Đối với máy bay vận tải dân dụng tuổi thọ đòi hỏi cao hơn nhiều so với máy bay quân sự.

Để thử nghiệm sự vận hành của máy bay, Anh và Pháp đã xây dựng một thiết bị thử nghiệm thay đổi nhiệt độ để thử nghiệm loại máy bay siêu âm "Concorde" (hình 25.13) do hãng Sulzer thực hiện.

Ở đây, có thể tiến hành cả các thí nghiệm cơ học và nhiệt học, trong đó nhiệt độ không khí có thể điều chỉnh từ 150°C đến -35°C . Thiết bị lạnh bao gồm một phần là máy nén pittông, năng suất lạnh 3.800kW ở nhiệt độ bay hơi -1°C và nhiệt độ ngưng tụ $+35^{\circ}\text{C}$, một phần là máy nén li tâm với công suất lạnh 4.200kW ở nhiệt độ bay hơi -62°C trong đó amoniắc là môi chất lạnh đồng thời là chất tích lạnh. Để làm nóng nhanh không khí người ta sử dụng một calorife cho nước nóng 180°C chảy qua.



Hình 25.13. Sơ đồ đơn giản phòng thử nghiệm nhiệt độ thay đổi cho máy bay "Concorde"

- 1 - Clapê gió; 2, 3 - Trao đổi nhiệt; 4 - Thiết bị làm lạnh nước; 5 - Làm lạnh sơ bộ
6 - Bình giãn nở; 7 - Máy lạnh sâu amoniác; 8 - Bình bay hơi; 9 - Bình đun nước nóng đốt dầu,
T. Các vị trí đo nhiệt độ

Các vệ tinh nhân tạo bay trên quỹ đạo cũng chịu tác động rất mạnh của nhiệt độ. Ban đêm nhiệt độ xuống đến -170°C và ban ngày nhiệt độ tới 100°C . Ngày và đêm của vệ tinh chỉ cách nhau chưa tới 1h. Để thử nghiệm khả năng chịu thay đổi nhiệt độ của vệ tinh người ta xây dựng phòng thử nghiệm vũ trụ, trong đó các điều kiện làm việc của vệ tinh được mô phỏng. Do yêu cầu chân không cao trong phòng (điều kiện làm việc của vệ tinh trong vũ trụ) nên không có thành phần đối lưu và dẫn nhiệt. Việc nâng và hạ nhiệt độ của vệ tinh chỉ có thể thực hiện bằng bức xạ.

Hình 25.14 mô tả một phòng thử nghiệm cho vệ tinh nhân tạo hay con tàu vũ trụ với một phòng hình trụ đường kính 8m và chiều cao 28m. Phòng hình trụ và hai đáy là loại hai vỏ. Bên trong được sơn đen để trao đổi nhiệt bức xạ tốt hơn. Khi làm lạnh phía trong hai vỏ bằng ni tơ lỏng, vách phía trong đạt nhiệt độ khoảng -170°C . Bộ phận máy hút chân không gồm năm máy cơ khí và mười máy khuếch tán dầu. Để mô phỏng mặt trời là 40 đèn xenon thủy ngân mỗi cái 20 kW. Ánh sáng đi qua các thấu kính đến gương lõm đường kính 7m dày 0,6m và phản chiếu vào con tàu vũ trụ là chùm tia bức xạ song song cường độ 1400W/m^2 . Gương lõm cũng được làm lạnh bằng ni tơ lỏng. Các dụng cụ đo xa được bố trí trong phòng để đo cường độ bức xạ, áp suất và nhiệt độ. Lượng ni tơ lỏng tiêu thụ khoảng từ 1000 đến

4000kg/h.

Phòng thử nghiệm con tàu vũ trụ của NASA (Mĩ) có đường kính 20m, cao 37m bằng thép không rỉ và độ chân không đạt 10^{-6} mbar.

2. Động cơ và các dụng cụ. Để thử nghiệm các động cơ ô tô và đặc biệt động cơ máy bay làm việc trong các điều kiện khác nhau người ta xây dựng các phòng thử nghiệm mô phỏng các điều kiện làm việc của động cơ ví dụ từ nhiệt độ $+70^{\circ}\text{C}$ đến -50°C khi xe chạy trên sa mạc hoặc vùng Bắc cực hoặc ở điều kiện áp suất 1013mbar trên mực nước biển hoặc ở độ cao 20km, áp suất khí quyển 55mbar, ở độ cao 25km, áp suất khí quyển chỉ còn 25mbar.

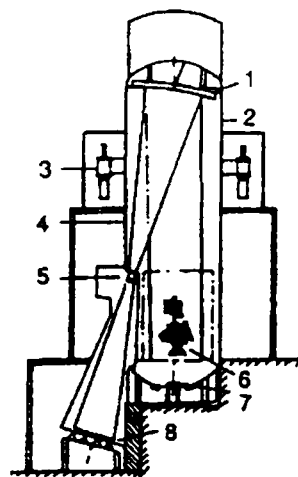
Trong các phòng thử nghiệm quang học và cơ khí chính xác được sử dụng ở nhiều cơ sở, cần phải mô phỏng được các điều kiện khí hậu mà ở đó chúng làm việc. Nhiệt độ có thể điều chỉnh được từ -65 đến $+80^{\circ}\text{C}$ và có thể điều khiển được bằng chương trình. Ở phạm vi nhiệt độ trên 0°C độ ẩm tương đối phải điều chỉnh được từ 40% đến 100%.

Các dụng cụ đóng ngắt điện đặc biệt cho điện cao thế cũng phải được thử nghiệm ngay ở nơi sản xuất với các điều kiện mô phỏng điều kiện làm việc thực. Nhiệt độ thử nghiệm từ -50 đến $+50^{\circ}\text{C}$ kể cả trong điều kiện bị đóng băng. Tổn thất điện hoa của các đường dây cao thế cũng cần được nghiên cứu và thử nghiệm.

3. Thực vật. Mục đích của các thử nghiệm đối với thực vật là tạo ra các giống mới hoa màu hoặc cây ăn quả có khả năng chịu đựng giá rét trong mùa đông hoặc trong các thời tiết khác nhau. Một thiết bị thử nghiệm bao gồm các nhà kính, các phòng thí nghiệm và các phòng nuôi trồng thực vật với các điều kiện không khí khác nhau điều chỉnh được gọi là phytotron. Các đại lượng điều chỉnh được ví dụ như: nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ CO_2 công suất chiếu sáng... Điều kiện chiếu sáng được điều khiển chương trình mô phỏng giống như ngày và đêm.

25.7.2. Xử lý lạnh các sản phẩm khác

1. Ngũ cốc và thực vật. Nhiều loại ngũ cốc trồng vào dịp đông xuân trong quá trình phát triển đòi hỏi một thời kỳ giá lạnh ngay sau khi nảy mầm.



Hình 25-14 Phòng thử nghiệm vũ trụ

- 1 - Gương lõm được làm lạnh; 2 - Vỏ được làm lạnh; 3 - Bơm chân không khuếch tán; 4 - Bình chân không; 5 - Các thấu kính; 6 - Vệ tinh nhân tạo hoặc con tàu vũ trụ; 7 - Bàn rung; 8 - Đèn mô phỏng mặt trời

Tuy nhiên nếu bị đóng băng hoặc đợt giá lạnh quá khắc nghiệt thì mầm có thể bị chết. Để tránh thời tiết bất lợi có thể làm thiệt hại mùa màng có thể xử lý lạnh nhân tạo. Quá trình xử lý lạnh nhân tạo phải tùy thuộc vào giống và loại ngũ cốc. Có những loại không cần phải xử lý lạnh.

Bằng cách xử lý lạnh củ giống hoa tulip người ta có thể làm cho hoa nở sớm hơn. Hiệu quả cũng tùy thuộc vào loài và giống. Đối với một số loại hoa khác việc xử lý lạnh được coi là nhân tố thúc đẩy sự phát triển của hoa.

Các gốc hồng nếu được bảo quản ở 0 đến 0,5°C và độ ẩm 98% sẽ có "giác ngủ đông" và không bị sương giá làm hỏng. Các nhánh cắm chướng tách từ gốc cây mẹ có thể bảo quản trong cactong đến 6 tháng ở nhiệt độ 0,5°C .

2. Hoa cắt. Hoa cắt được chia làm ba giai đoạn :

- a) Giai đoạn phát triển trên gốc hoa mẹ,
- b) Giai đoạn vận chuyển và đem bán,
- c) Giai đoạn cắm hoa ở trong nhà của khách hàng.

Giai đoạn 2 phải tiến hành trong thời gian càng ngắn càng tốt và được bảo quản trong điều kiện để các nụ hoa không được nở ra. Thời gian cắt thích hợp rất quan trọng đối với vấn đề trên.

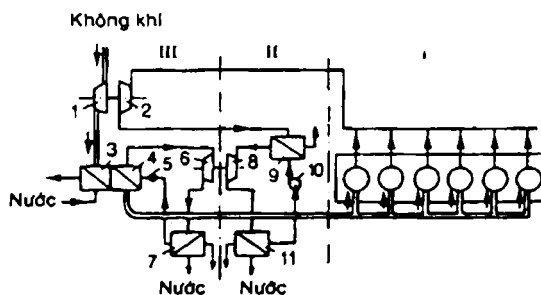
Giống như trái cây, ở nhiệt độ càng thấp cường độ thở của hoa càng giảm và thời gian hoa tươi càng dài. Đối với rất nhiều giống hoa có nhiệt độ giới hạn nếu bảo quản dưới nhiệt độ đó khi lấy ra khỏi buồng lạnh hoa không thể nở được nữa. Ví dụ hoa phong lan không thể bảo quản dưới $7 \div 10^{\circ}\text{C}$ ngược lại hoa tím có thể bảo quản đến 3°C và hoa hồng từ 0 đến 1°C . Bảo quản hoa thủy tiên và hoa cẩm chướng ở 1 đến 2°C là tốt nhất và thời gian bảo quản khoảng 10 ngày.

Hoa vùng California của Mỹ tỏ ra thích hợp nhất với nhiệt độ 0,5 đến 4°C . Đáng lưu ý là thời gian vận chuyển trên máy bay không chiếm quá 30% thời gian từ nơi trồng hoa ở phía Tây đến chợ hoa ở phía Đông nước Mỹ. Trên máy bay hoa được bảo quản ở nhiệt độ 10 đến 21°C . Tuy nhiên đây là các kết quả thử nghiệm của nước ngoài. Các số liệu này chưa chắc đã ứng dụng được ở Việt Nam vì các điều kiện thời tiết, đất đai, chăm sóc khác hẳn nhau.

25.7.3. Làm mát động cơ và máy phát

Nhiệt độ môi trường càng cao, khối lượng không khí được hút vào động cơ đốt trong càng nhỏ do đó công suất động cơ giảm. Bằng cách làm lạnh không khí cấp cho động cơ người ta có thể nâng công suất động cơ lên.

Không khí cấp cho động cơ diesel có thể làm lạnh trực tiếp nhờ chu trình nén khí hoặc gián tiếp nhờ môi chất lạnh sôi. Hình 25.13 giới thiệu hệ thống thiết bị làm mát không khí cấp cho một động cơ diesel. Không khí được nén qua máy nén li tâm 1, đưa vào làm mát sơ bộ bằng nước ở thiết bị trao đổi nhiệt 3 sau đó làm mát bằng môi chất lạnh sôi ở bình bay hơi 4 rồi cấp vào cho động cơ diesel. Máy lạnh có máy nén li tâm 6 bình ngưng làm mát bằng nước 7, van tiết lưu 5 và bình bay hơi 4. Để truyền động cho máy nén li tâm 1 người ta dùng động cơ tuabin 2 chạy bằng khí thải từ động cơ diesel.



Hình 25.13. Làm mát không khí cấp cho một động cơ diesel

- I - Động cơ diesel ; II - Hệ thống động lực cho máy lạnh;
- III - Hệ thống cấp khí và làm lạnh; 1 - Máy nén li tâm;
- 2 - Tuabin hoạt động nhờ khí thải; 3 - Làm mát không khí bằng nước; 4 - Làm mát không khí bằng bay hơi freôn;
- 5 - Van tiết lưu freôn; 6 - Máy nén lạnh li tâm; 7 - Bình ngưng của máy lạnh; 8 - Tuabin làm việc nhờ khí freôn;
- 9 - Bình chứa freôn ; 10 - Bơm freôn; 11 - Bình ngưng của hệ sinh công nhờ freôn.

Những cuộn dây của các máy phát điện lớn thường được làm mát bằng nước hoặc bằng khí hydrô. Với cường độ làm mát cao phải nhờ đến môi chất lạnh sôi, ví dụ freôn... Nhiệt độ sôi tối ưu được xác định nhờ tính toán kinh tế nếu không công suất tiêu tốn cho máy lạnh lớn hơn công suất có ích thu được từ máy phát.

25.8. THỂ THAO

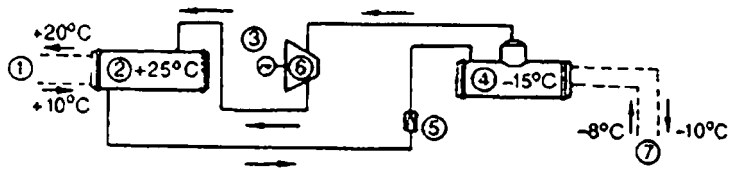
Ngoài vấn đề điều hoà không khí cho thể thao, ở đây giới thiệu thêm một số ứng dụng trong thể thao mùa đông ở các nước ôn đới và trong tương lai nhờ kỹ thuật lạnh chắc chắn sẽ phát triển cả ở các nước nhiệt đới như sân băng nghệ thuật.

2.5.8.1. Hệ thống lạnh cho sân băng nghệ thuật

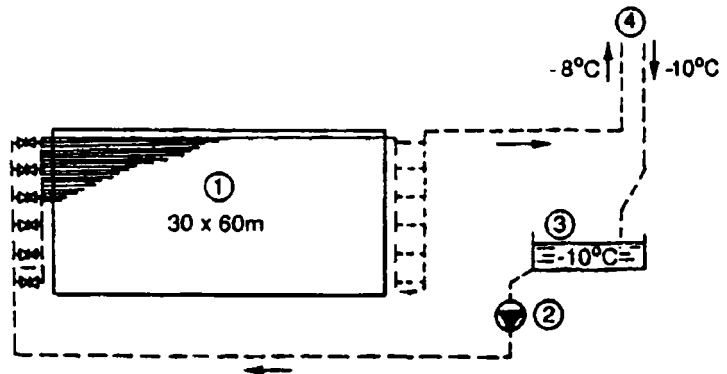
Trước đây sân băng chủ yếu được kết đông bằng nước muối. Nước muối có nhiệt độ khoảng -10°C và nhiệt độ sôi môi chất lạnh nằm trong khoảng -15 đến -17°C . Do chiều dài ống rất lớn nên không thể phân bố nhiệt độ đều ở tất cả mọi vị trí trên sân băng. Lý do khác là do tiết kiệm nên công suất bơm tuần hoàn nước muối bị hạn chế. Nhiệt độ vào và ra của nước muối chênh nhau khoảng 3 đến 4K.

Một nhược điểm nữa của hệ thống dùng nước muối là luôn luôn phải kiểm tra sự rò rỉ của nước muối, để phòng các khung sân băng bị han gỉ. Hình 25.16 và 25.17 mô tả sơ đồ hệ thống lạnh và sơ đồ hệ thống nước muối của sân băng.

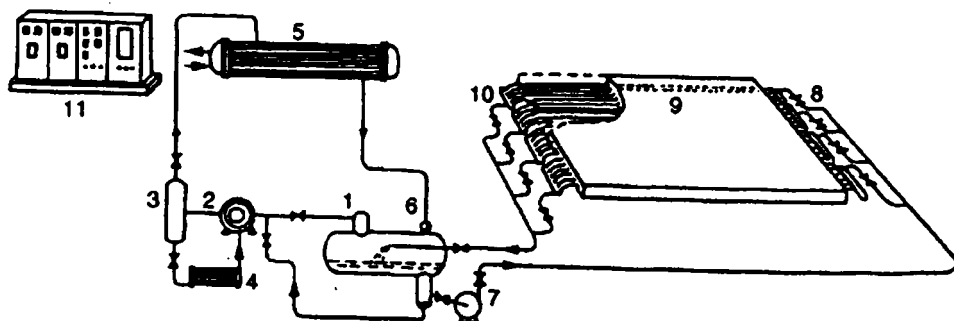
Ngày nay người ta thường sử dụng hệ thống lạnh bay hơi trực tiếp cho sân băng (hình 25.18) do đó có thể khắc phục được các nhược điểm đã nêu, ngoài ra còn phát huy các ưu điểm sau:



Hình 25.16. Hệ thống lạnh của sân băng (sử dụng nước muối)
1 - Nước làm mát, 2 - Bình ngưng; 3 - Động cơ; 4 - Máy nén lạnh;
5 - Trạm tiết lưu; 6 - Bình bay hơi; 7 - Nước muối.



Hình 25.17. Vòng tuần hoàn nước muối của sân băng
1 - Sân băng; 2 - Bơm nước muối; 3 - Bể nước muối; 4 - Nước muối



Hình 25.18. Sơ đồ hệ thống lạnh trực tiếp của sân băng nghệ thuật
1 - Bình chứa amoniác; 2 - Máy nén; 3 - Bình tách dầu; 4 - Bình làm mát dầu; 5 - Bình ngưng tự;
6 - Tiết lưu bằng van phao cao áp; 7 - Bơm amoniác; 8 - Bộ phân phối lỏng; 9 - Sân băng;
10 - Bộ gom hơi; 11- Tủ điện điều khiển

- Nhiệt độ bay hơi trực tiếp khoảng -10°C cao hơn 5 đến 7K so với dùng nước muối nên tiêu tốn năng lượng cho máy nén giảm 25 đến 35%.
- Bơm tuần hoàn môi chất lạnh tiêu tốn năng lượng chỉ bằng 15 đến 25% năng lượng tiêu tốn cho bơm nước muối vì khối lượng tuần hoàn rất nhỏ.
- Các đường ống sân băng đỡ bị han rỉ hơn rất nhiều.
- Nhiệt độ ở mọi vị trí sân băng bằng nhau.

25.8.2. Tính tải lạnh cho sân băng

Tải lạnh của sân băng gồm các thành phần sau:

- Dòng nhiệt truyền từ nền đất lên. Ở trạng thái cân bằng dòng nhiệt này tương đối nhỏ.
- Dòng nhiệt từ không khí: gồm cả dòng nhiệt ẩn và nhiệt hiện, tùy thuộc vào tốc độ không khí, nhiệt độ không khí trên bề mặt băng. Để có một lớp không khí lạnh ở trên có thể làm tường bao chung quanh sân băng cao hơn. Đối với sân băng trong nhà, tốc độ không khí vừa phải có thể tính với hệ số truyền nhiệt $k = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Dòng nhiệt do bức xạ mặt trời. Ở các nước ôn đới sân băng có thể xây dựng ngoài trời nhưng ở Việt Nam chắc chắn phải có mái che nên có thể bỏ qua thành phần này.

- Kết đông lớp băng mới thay vào lớp băng đã bị sử dụng. Đối với sân băng có đông khách, kích thước $30 \times 60\text{m}$ mỗi giờ phải thay chừng 2m^3 băng.

Tính toán nhiệt cho sân băng là khá phức tạp vì tải lạnh phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện không khí bên ngoài. Sau đây là một vài số liệu định hướng cho một số tháng mùa đông và các tháng gối đầu ở các nước ôn đới:

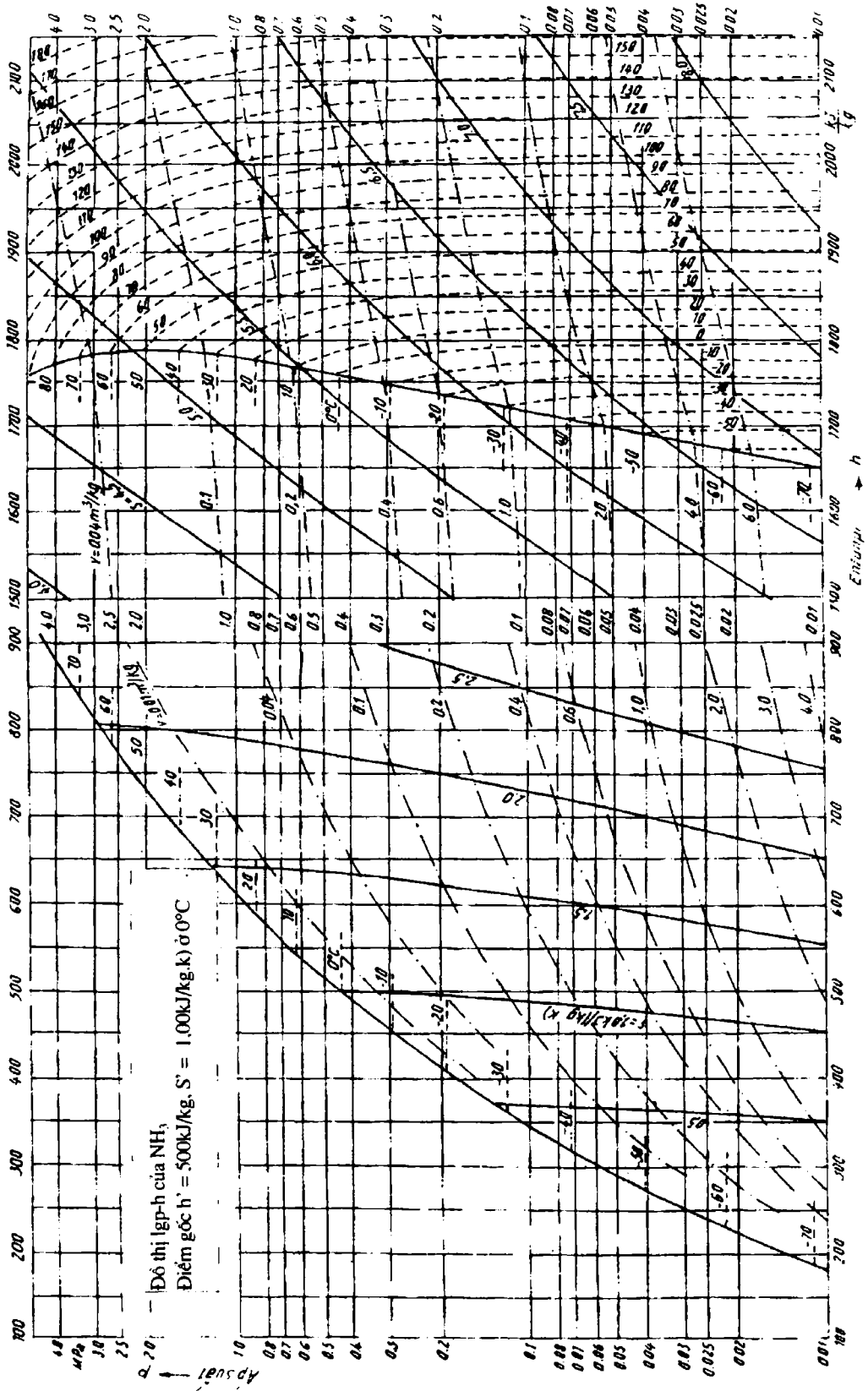
Sân băng mùa đông ngoài trời 180 đến 290W/m^2 ;

Sân băng trong nhà mùa hè 350 đến 470W/m^2 ;

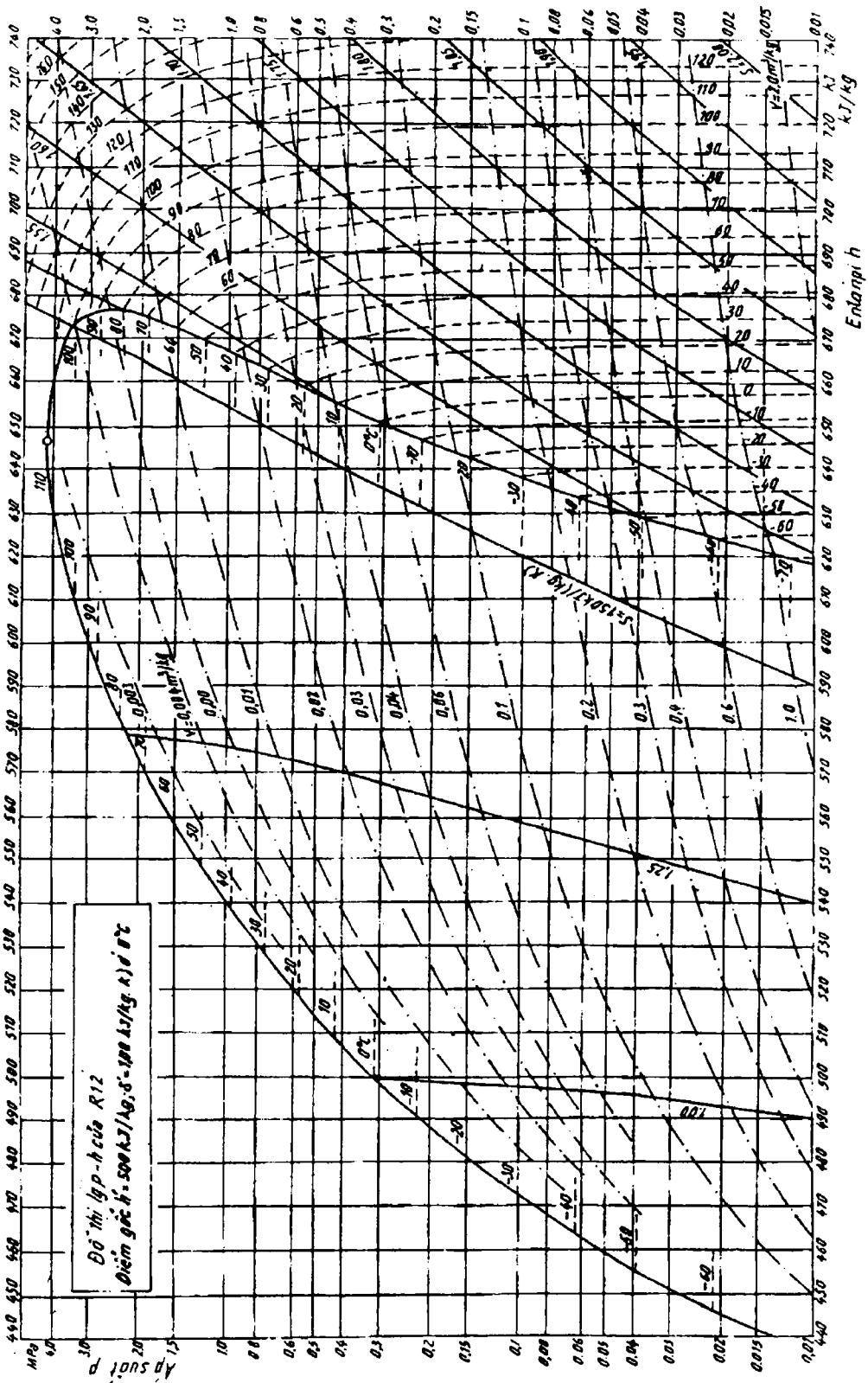
Sân băng có mái che mùa hè 470 đến 700W/m^2 .

Đối với Việt Nam, chắc chắn các số liệu này phải cao hơn đáng kể.

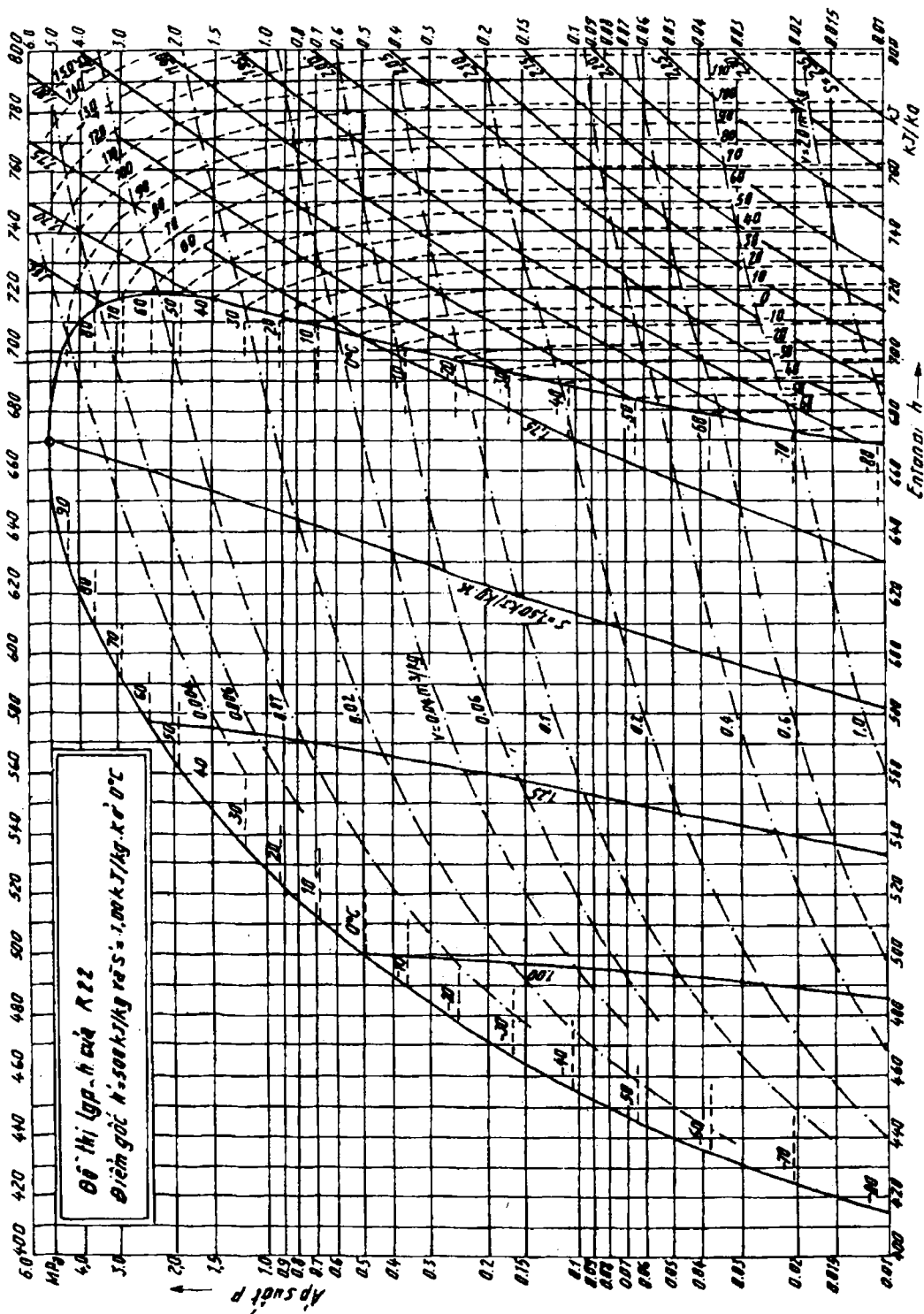
Phụ lục 1. Đồ thị lgp-h của NH_3



Phụ lục 2. Đồ thị lg p-h của R12



Phụ lục 3. Đồ thị lgp-h của R22



Phụ lục 4: Máy nén pittông MYCOM một cấp nén loại kí hiệu W, kiểu hở, năng suất lạnh và công suất hữu ích ở nhiệt độ ngưng tụ 35°C và nhiệt độ bay hơi khác nhau

Môi chất	Kí hiệu	Thể tích quét m ³ /h	Q _o kW					Q _o 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	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	139,1	188,4	247,3	317,1	398,9	494,1	65,4	73,2	80,4	86,4	90,9	93,4
	N8WB	764,1	185,5	251,2	329,7	422,7	531,9	658,7	87,2	97,6	107,1	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	19,3	25,4	32,6	41,1	50,9	62,1	8,4	9,3	10,2	10,9	11,5	11,9
	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	334,2	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	215,6	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	63,1	9,0	10,0	10,9	11,7	12,2	12,5
	F4WA5	187,2	51,5	67,9	87,1	109,7	136,1	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	47,8	53,3	58,1	62,2	65,1	66,9
	F4WB5	381,0	109,1	142,0	180,7	225,9	278,5	339,1	49,0	55,3	61,1	66,2	70,3	73,4
	F6WB5	572,6	163,6	213,0	271	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	451,9	557,0	678,3	97,9	110,6	122,2	132,4	140,7	146,8
	F12WB5	954,3	272,8	354,9	451,8	564,8	696,3	847,8	122,4	138,3	152,8	165,4	175,8	183,5

Ghi chú - Năng suất lạnh tính với nhiệt độ quá lạnh lỏng 5K và nhiệt độ quá nhiệt hơi hút 10K cho R717 và R22. Nhiệt độ quá nhiệt cho R502 là 15K.

- Kiểu máy 2WA có tốc độ vòng quay 1100 vg/ph; kiểu 4WA, 6WA, 8WA: 1450 vg/ph; kiểu 4WB, 6WB, 8WB: 1200 vg/ph
 kiểu 12WB: 1000 vg/ph.

Phụ lục 5: Máy nén pittông MYCOM hai cấp nén NH_3 , năng suất lạnh Q_0 và công suất hữu ích N_e , ở nhiệt độ ngưng tụ t_k và nhiệt độ bay hơi t_0 khác nhau

t_k °C	Kí hiệu	Pittông ϕ và S mm	Số xilanh	Tốc độ vg/min	Thể tích quét, m ³ /h	Năng suất lạnh Q_0 , kW ở t_0 , °C										Công suất hữu ích N_e , kW, ở t_0 , °C									
						-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30						
30	N42A	95 ϕ x 761	4+2	1000	193,9	6,3	9,0	12,6	17,1	22,9	30,1	39,0	8,1	9,2	10,4	11,8	13,1	14,9	16,6						
	N62A			1200	232,6	7,4	10,7	15,0	20,6	27,4	36,2	46,7	9,7	11,0	12,5	14,2	16,0	17,91	9,9						
			6+2	1000	258,6	8,6	12,5	17,0	23,0	30,6	40,0	51,5	10,8	11,9	13,6	15,5	17,6	19,8	22,2						
				1200	310,3	10,2	14,5	20,3	27,7	36,7	48,0	61,8	12,6	14,3	16,3	18,6	21,1	23,8	26,6						
	N42B	130 ϕ x 1001	4+2	900	430,1	13,8	19,9	27,8	37,9	50,8	66,7	86,4	18,0	20,4	23,1	26,2	29,5	33,1	36,8						
				1000	477,8	15,3	22,1	30,8	42,4	56,5	74,2	96,0	20,0	22,6	25,7	29,1	32,8	36,8	40,9						
	N62B		6+2	900	573,4	19,0	27,1	37,5	51,0	67,9	88,4	114,3	23,2	26,5	30,2	34,4	39,0	44,0	49,2						
				1000	637,1	21,0	30,1	41,7	56,7	75,4	98,1	127,0	25,8	29,4	33,6	38,2	43,3	48,8	54,7						
	N124B		12+4	870	1108,6	36,6	52,3	72,7	98,7	131,4	171,7	221,0	44,9	51,2	58,4	66,5	75,4	85,0	95,2						
				960	1223,3	40,5	57,8	80,2	109,0	144,9	189,4	243,7	49,5	56,5	64,4	73,4	83,2	93,8	105,0						
35	N42A	95 ϕ x 761	4+2	1000	193,9	6,0	8,7	12,2	16,7	22,4	29,5	38,2	8,5	9,6	10,9	12,4	14,0	15,8	17,6						
				1200	232,6	7,2	10,5	14,6	20,1	27,1	35,5	45,9	10,2	11,5	13,1	14,9	16,8	18,9	21,1						
	N62A	130 ϕ x 1001	6+2	1000	258,6	8,3	11,8	16,5	22,5	30,1	39,3	50,6	10,9	12,4	14,2	16,2	18,4	20,9	23,5						
				1200	310,3	10,0	14,3	19,9	27,1	36,0	47,2	60,7	13,0	14,9	17,0	19,4	22,1	25,0	28,2						
	N42B		4+2	900	430,1	13,4	19,3	27,1	37,1	49,8	65,6	84,9	18,8	21,3	24,2	27,5	31,1	35,0	39,1						
				1000	477,8	14,9	21,5	30,1	41,3	55,3	72,9	94,3	20,9	23,6	26,9	30,5	34,5	38,9	43,4						
	N62B		6+2	900	573,4	18,4	26,4	36,7	50,0	66,6	87,2	112,2	24,1	27,5	31,4	35,9	40,9	46,3	52,0						
				1000	637,1	20,5	29,3	40,8	55,8	73,9	96,8	124,7	26,8	30,5	34,9	39,9	45,4	51,4	57,8						
	N124B		12+4	870	1108,6	35,6	50,9	71,0	96,6	128,7	168,5	228,4	46,5	53,2	60,8	69,4	79,0	89,4	100,6						
				960	1223,3	39,3	56,3	78,4	106,6	142,1	185,9	239,5	51,4	58,7	67,1	76,6	87,2	98,7	111,0						
40	N42A	95 ϕ x 761	4+2	1000	193,9	5,8	8,5	11,8	16,4	22,0	28,9	37,5	8,8	10,0	11,4	13,0	14,7	16,6	18,7						
				1200	232,7	7,0	10,1	14,3	19,6	26,4	34,7	45,1	10,6	12,0	13,7	15,6	17,7	20,0	22,4						
	N62A	130 ϕ x 1001	6+2	1000	258,6	8,0	11,5	16,1	22,0	29,4	38,6	49,6	11,3	12,9	14,7	16,9	19,3	21,9	24,7						
				1200	310,3	9,7	13,8	19,4	26,4	35,3	46,3	59,6	13,5	15,4	17,7	20,3	23,1	26,3	29,7						
	N42B		4+2	900	430,1	12,9	18,7	26,4	36,3	48,8	64,3	83,4	19,6	22,2	25,3	28,8	32,6	36,9	41,4						
				1000	477,8	14,4	20,6	29,4	40,3	54,2	71,5	92,7	21,8	24,7	28,1	32	36,3	41	46						
	N62B		6+2	900	573,4	17,8	25,6	35,8	48,8	65,2	85,4	110,2	25,0	27,5	32,7	37,4	42,7	48,5	54,8						
				1000	637,1	19,8	28,5	39,7	54,3	72,4	95,0	122,4	27,7	31,7	36,3	41,6	47,5	53,9	60,9						
	N124B		12+4	870	1108,6	34,4	49,5	69,3	94,4	126,1	165,2	213,0	48,5	55,2	63,2	72,4	82,6	93,8	106						
				960	1223,3	38,0	54,6	76,4	104,2	139,2	182,3	235,1	53,3	60,9	69,8	79,9	91,2	103,5	117						

Phụ lục 6: Máy nén pittông MYCOM hai cấp R22, năng suất lạnh Q_0 và công suất hữu ích N_e ở nhiệt độ ngưng tụ t_k và nhiệt độ bay hơi t_0 khác nhau

t _k , °C	Kí hiệu	Pittông φ và S, mm	Số xilan h	Tốc độ vòng/mi n	Thể tích quét, m ³ /h	Năng suất lạnh Q ₀ , kW ở t ₀ , °C											Công suất hữu ích Ne, kW, ở t ₀ , °C										
						-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30								
30	F42A	95 φ x 761	4+2	1000	193,9	8,6	12,0	16,3	21,5	28,0	35,8	45,2	9,5	10,8	12,3	13,9	15,5	17,1	18,5								
				1200	232,7	10,3	14,4	19,5	25,8	33,6	43,0	54,3	11,4	13,0	14,8	16,7	18,6	20,5	22,2								
	F62A		6+2	1000	258,6	11,7	16,1	21,7	28,6	37,0	47,1	59,1	12,4	14,2	16,2	18,2	20,3	22,2	24,0								
				1200	310,3	14,0	19,4	26,0	34,3	44,4	56,5	70,8	44,9	17,1	19,4	21,9	24,3	26,6	28,7								
	F42B	130φx 1001	4+2	900	430,1	19,0	26,5	36,0	4,8	62,1	79,5	100,2	21,0	24,0	27,3	30,8	34,4	37,9	41,1								
				1000	477,8	21,1	29,5	40,0	53,0	69,0	88,4	111,4	23,4	26,7	30,3	34,2	38,2	42,1	45,6								
	F62B		6+2	900	573,4	25,9	35,8	48,1	63,5	82,1	104,4	130,9	27,5	31,5	35,9	40,4	44,9	49,2	59,0								
				1000	637,1	28,8	39,7	53,5	70,6	91,1	116,0	145,5	30,6	35,0	39,8	44,9	49,9	54,7	59,0								
F124B	12+4		870	1108,6	50,1	69,2	93,1	122,7	158,7	202,0	253,2	53,3	60,9	69,3	78,1	86,8	95,2	102,7									
			960	1223,3	55,3	76,4	102,8	135,5	175,1	222,8	279,4	58,8	67,3	76,5	86,2	95,8	105,0	113,3									
35	F42A	95φ x 761	4+2	1000	193,9	8,2	11,6	15,8	20,9	27,3	35,0	44,2	10,0	11,4	13,0	14,7	16,4	18,1	19,7								
				1200	232,7	10,0	13,9	18,9	25,1	32,8	42,0	53,0	12,0	13,7	15,6	17,6	19,7	21,8	23,7								
	F62A		6+2	1000	258,6	11,3	15,6	21,0	27,8	36,0	45,9	57,7	13,0	14,9	16,9	19,1	21,3	23,4	25,4								
				1200	310,3	13,5	18,7	25,3	33,4	43,2	55,1	69,2	15,6	17,8	20,3	22,9	25,6	28,1	30,5								
	F42B	130φ x 1001	4+2	900	430,1	18,4	25,7	35,0	46,5	60,6	77,5	97,9	22,2	25,3	28,8	32,5	36,4	40,2	43,8								
				1000	477,8	20,4	28,6	38,8	51,6	67,3	86,1	108,7	24,7	28,1	32,0	36,1	40,4	44,7	48,7								
	F62B		6+2	900	573,4	25,0	34,6	46,7	61,7	80,0	91,4	127,8	28,8	33,0	37,5	42,4	47,2	52,0	56,4								
				1000	637,1	28,0	38,5	52,0	68,6	88,8	113,1	142,0	32,0	36,6	41,7	47,1	52,5	57,7	62,6								
F124B	12+4		870	1108,6	48,4	67,0	90,4	119,3	154,5	196,8	247,1	55,7	63,7	72,6	81,9	91,3	100,5	108,9									
			960	1223,3	53,1	73,9	99,8	131,7	170,6	217,2	272,7	61,5	70,3	80,1	90,3	100,8	110,9	120,2									
40	F42A	95φ x 761	4+2	1000	193,9	8,0	11,1	15,2	20,3	26,4	34,1	43,0	10,6	12,1	13,7	15,5	17,4	19,2	21,0								
				1200	232,7	9,5	13,5	18,4	24,4	31,8	40,9	51,6	12,7	14,5	16,5	18,6	20,8	23,1	25,2								
	F62A		6+2	1000	258,6	10,8	15,1	20,4	27,0	35,1	44,7	56,1	13,6	15,6	17,7	20,0	22,4	24,7	26,9								
				1200	310,3	13,0	18,1	24,5	32,4	42,1	53,6	67,4	16,3	18,7	21,3	24,0	26,9	29,6	32,3								
	F42B	130φ x 1001	4+2	900	430,1	17,7	24,5	33,8	45,1	58,9	75,6	95,5	23,6	26,8	30,4	34,4	38,5	42,6	46,6								
				1000	477,8	19,6	27,2	37,7	50,1	65,5	83,9	106,0	26,2	29,8	33,8	38,2	42,8	47,3	51,7								
	F62B		6+2	900	573,4	24,0	33,5	45,3	60,0	77,8	99,2	124,5	30,2	34,5	39,3	44,4	49,6	54,8	59,6								
				1000	637,1	26,7	37,2	50,3	66,6	86,4	110,1	138,4	33,6	38,4	43,7	49,4	55,1	60,8	66,2								
F124B	12+4		870	1108,6	46,5	64,7	87,5	115,9	150,3	191,7	240,8	58,4	66,8	76,0	85,9	95,9	105,9	115,2									
			960	1223,3	51,4	71,4	96,6	127,9	165,9	211,5	265,7	64,4	73,7	83,9	94,8	105,9	116,8	127,2									

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Đức Lợi, *Bài tập tính toán kỹ thuật lạnh*, NXB Bách khoa Hà Nội, 2008.
2. Nguyễn Đức Lợi, *Hướng dẫn thiết kế Hệ thống lạnh*, NXB KHKT 2007.
3. Nguyễn Đức Lợi, *Hướng dẫn thiết kế hệ thống ĐHKK*, NXB KHKT 2007.
4. Nguyễn Đức Lợi, *Tự động hóa Hệ thống lạnh*, NXB Giáo dục 2006.
5. Nguyễn Đức Lợi, *Sửa chữa Máy lạnh và Điều hòa không khí*, NXB KHKT 2006.
6. Nguyễn Đức Lợi, *Dạy nghề sửa chữa Tủ lạnh và máy Điều hòa không khí gia dụng*, NXB Giáo Dục 2007.
7. Nguyễn Đức Lợi, *Thiết bị tiết lưu và thiết bị phụ*, NXB Bách Khoa Hà Nội 2007.
8. Nguyễn Đức Lợi, *Tủ lạnh và máy điều hòa dân dụng*, NXB Bách Khoa Hà Nội 2007.
9. Nguyễn Đức Lợi, *Giáo trình kỹ thuật An toàn Hệ thống lạnh* NXB Giáo Dục 2007.
10. Nguyễn Đức Lợi, *Ga Dầu và chất tải lạnh*, NXB Giáo Dục 2006.
11. Nguyễn Đức Lợi, Vũ Diễm Hương, Nguyễn khắc Xương, *Vật liệu kỹ thuật Nhiệt Lạnh*, NXB Bách Khoa – Hà Nội 2007.
12. Nguyễn Đức Lợi, Hà Mạnh Thư, *Từ điển kỹ thuật lạnh và điều hòa không khí Anh – Việt - Pháp*, NXB Khoa học Kỹ thuật.
13. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền, *Kỹ thuật lạnh cơ sở*, NXB Giáo dục 2007.
14. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền, *Kỹ thuật lạnh ứng dụng*, NXB Giáo dục 2007.
15. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền, *Máy và thiết bị Lạnh*, NXB Giáo Dục 2007.
16. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền, *Môi chất lạnh*, NXB Giáo Dục 1998.
17. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền, *Bài tập kỹ thuật lạnh*, NXB Giáo Dục 1998.
18. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền, *Tủ lạnh Máy kem, Máy đá, Máy điều hòa nhiệt độ*. NXB Khoa học Kỹ thuật 2005.
19. Nguyễn Đức Lợi, *Giáo trình thiết kế hệ thống lạnh*, NXB Giáo Dục 2008.
20. Lê Chí Hiệp, *Máy lạnh hấp thụ*, NXB Đại Học Quốc Gia TP Hồ Chí Minh, 2004.
21. Roy J. Dossat, *Principles of Refrigeration*, John Wiley and Sons, New York 2002.
22. Plank, R. *Handbuch der Kaeltetchnik*, Springer Verlag 1951 – 1988.
23. Jungnickel, Agsten, Kraus, *Grundlagen der Kaeltettechnik*, Berlin 1982.
24. Кошкин, Н.Н. *Холодильные Машины*, Машиностроение Ленинград 1985.
25. Мальгина, Е. В. *Холодильные Машины и Установки*, Москва 1980.
26. Иванов, О. П. *Теплообменные Аппараты Холодильных Установок*, Машиностроение, Ленинград 1973.

MỤC LỤC

Phần thứ nhất: Kỹ thuật lạnh cơ sở

Chương 1: GIỚI THIỆU CHUNG

1.1	Lịch sử phát triển của kỹ thuật lạnh	5
1.2	Ý nghĩa kinh tế của kỹ thuật lạnh	7
1.3	Các phương pháp làm lạnh nhân tạo	12
1.4	Các phương pháp làm lạnh thông dụng	17

Chương 2: MÔI CHẤT VÀ CHẤT TẢI LẠNH

2.1	Môi chất lạnh	22
2.2	Chất tải lạnh	34

Chương 3: MÁY NÉN LẠNH

3.1	Phân loại và phạm vi ứng dụng	40
3.2	Lý thuyết chung về máy nén lạnh	43
3.3	Máy nén pittông trượt	56
3.4	Máy nén trục vít	70
3.5	Máy nén rôto	72
3.6	Máy nén xoắn ốc	73
3.7	Máy nén tuabin	75

Chương 4: CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI 1 CẤP

4.1	Chu trình Carnot ngược chiều	78
4.2	Chu trình khô	79
4.3	Chu trình quá lạnh quá nhiệt	85
4.4	Chu trình hồi nhiệt	85

Chương 5: CHU TRÌNH 2 VÀ NHIỀU CẤP

5.1	Chu trình 2 cấp 1 tiết lưu, làm mát trung gian 1 phần	96
5.2	Chu trình 2 cấp 1 tiết lưu, làm mát trung gian 1 phần có hồi nhiệt	96
5.3	Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian 1 phần có hồi nhiệt và quá lạnh lỏng	98
5.4	Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian toàn phần	107
5.5	Chu trình 2 cấp, bình trung gian có ống xoắn	109
5.6	Các chu trình 2 và nhiều cấp khác	113
5.7	Các chu trình nhiều cấp khác	113

Chương 6: THIẾT BỊ NGUNG TỤ (TBNT)

6.1	Định nghĩa, phân loại	123
6.2	Thiết bị ngưng tụ giải nhiệt nước	125
6.3	Thiết bị ngưng tụ giải nhiệt gió	131
6.4	Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước và không khí	133
6.5	Tính toán thiết bị ngưng tụ	134

Chương 7: THIẾT BỊ BAY HƠI (TBBH)

7.1	Định nghĩa, phân loại	139
7.2	Thiết bị bay hơi làm lạnh chất tải lạnh lỏng	142
7.3	Dàn bay hơi làm lạnh không khí	146
7.4	Thiết bị làm lạnh không khí nhờ chất tải lạnh lỏng	150
7.5	Tính toán thiết bị bay hơi	151

Chương 8: THIẾT BỊ TIẾT LƯU

8.1	Định nghĩa và phân loại	155
8.2	Van tiết lưu nhiệt (TEV)	156
8.3	Van tiết lưu điện tử EEV	158
8.4	Các loại van và dụng cụ tiết lưu khác	164

8.5	Thiết bị không chế mức lỏng	169
Chương 9: CÁC THIẾT BỊ PHỤ		174
9.1	Bình tách dầu	174
9.2	Bình chứa dầu	179
9.3	Bình chứa môi chất lạnh (cao áp, tuần hoàn, thu hồi, dự phòng)	179
9.4	Bình tách lỏng, tích lỏng	182
9.5	Bình trung gian	183
9.6	Bình quá lạnh lỏng	183
9.7	Thiết bị hồi nhiệt	184
9.8	Bình tách khí không ngưng	185
9.9	Phin sấy, phin lọc	186
9.10	Mắt ga	187
9.11	Đầu chia lỏng	188
9.12	Ống mềm	189
9.13	Ống tiêu âm	189
9.14	Van dịch vụ	189
9.15	Van 1 chiều	191
9.16	Van khóa, van chặn	193
9.17	Van 3 ngã	193
9.18	Van đảo chiều	194
9.19	Bơm	194
9.20	Quạt	194
9.21	Áp kế	195
9.22	Đường ống	196
Chương 10: THÁP GIẢI NHIỆT		201
10.1	Nguyên tắc cấu tạo và làm việc	201
10.2	Các chi tiết của tháp giải nhiệt	203
10.3	Nước bổ sung, nước tuần hoàn và yêu cầu chất lượng nước	209
10.4	Tính chọn tháp giải nhiệt	211
Chương 11: TỔ HỢP LẠNH		218
11.1	Phân loại	218
11.2	Tổ máy nén	219
11.3	Tổ ngưng tụ	222
11.4	Máy lạnh hoàn chỉnh	223
11.5	Các loại tổ hợp khác	224
Chương 12: TỰ ĐỘNG HÓA HỆ THỐNG LẠNH		225
12.1	Đại cương	225
12.2	Tự động hóa máy nén lạnh	228
12.3	Tự động hóa thiết bị ngưng tụ	235
12.4	Tự động hóa thiết bị bay hơi	240
12.5	Tự động bảo vệ hệ thống lạnh	240
Chương 13: VẬT LIỆU KỸ THUẬT LẠNH		250
13.1	Vật liệu chế tạo máy và thiết bị	250
13.2	Vật liệu cách nhiệt	254
13.3	Vật liệu hút ẩm	258
13.4	Dầu bôi trơn máy nén	260
Phần thứ hai: Kỹ thuật lạnh ứng dụng		266
Chương 14: KHO LẠNH		266
14.1	Đại cương	266
14.2	Kho lạnh truyền thống	272
14.3	Kho lạnh lắp ghép	281

Chương 15: TÍNH TOÁN CÂN BẰNG NHIỆT	292
15.1 Đại cương	292
15.2 Dòng nhiệt qua kết cấu bao che Q_1	294
15.3 Dòng nhiệt do sản phẩm tỏa ra Q_2	296
15.4 Dòng nhiệt thông gió phòng lạnh	301
15.5 Các dòng nhiệt vận hành Q_4	302
15.6 Dòng nhiệt do hoa quả hô hấp Q_5	304
15.7 Bảng tổng kết kết quả tính toán	305
15.8 Xác định phụ tải nhiệt cho máy nén và thiết bị	305
Chương 16: CÁC PHƯƠNG PHÁP LÀM LẠNH PHÒNG VÀ TÍCH TRỮ LẠNH	307
16.1 Phân loại	307
16.2 Làm lạnh trực tiếp	308
16.3 Làm lạnh gián tiếp	309
16.4 Các thiết bị làm lạnh không khí kiểu khô và cách bố trí	311
16.5 Các thiết bị dàn lạnh không khí kiểu ướt	319
16.6 Trữ lạnh	319
Chương 17: SƠ ĐỒ HỆ THỐNG LẠNH	321
17.1 Các kí hiệu thiết bị và dụng cụ	321
17.2 Sơ đồ nguyên lý	323
17.3 Sơ đồ P + I	324
17.4 Sơ đồ không gian	327
17.5 Một số sơ đồ cấp lỏng cho thiết bị bay hơi	329
17.6 Các sơ đồ xả băng dàn lạnh	335
Chương 18 : ỨNG DỤNG LẠNH TRONG CÔNG NGHIỆP THỰC PHẨM	343
18.1 Một số phương pháp bảo quản thực phẩm	343
18.2 Cơ sở lý thuyết về làm lạnh thực phẩm	348
18.3 Dây chuyền lạnh	355
18.4 Sản xuất kem	357
18.5 Ứng dụng trong công nghiệp rượu bia	357
18.6 Sấy thăng hoa	363
CHƯƠNG 19: MÁY KẾT ĐÔNG THỰC PHẨM	366
19.1 Đại cương	366
19.2 Kết đông trong luồng gió lạnh	371
19.3 Kết đông tiếp xúc	382
19.4 Kết đông bằng khí hóa lỏng phun	386
19.5 Sơ đồ hệ thống lạnh của máy kết đông	387
Chương 20: TỦ LẠNH GIA ĐÌNH	390
20.1 Đại cương	390
20.2 Tủ lạnh nén hơi	394
20.3 Tủ lạnh hấp thụ và tủ lạnh nhiệt điện	410
20.4 Thử nghiệm tủ lạnh gia đình	410
Chương 21: MÁY LẠNH THƯƠNG NGHIỆP	412
21.1 Đại cương	412
21.2 Phân loại	412
21.3 Những đặc điểm chung của thiết bị lạnh thương nghiệp	413
21.4 Một số loại tủ, quầy lạnh	419
21.5 Kho lạnh thương nghiệp	425
Chương 22: SẢN XUẤT VÀ SỬ DỤNG NƯỚC ĐÁ	427
22.1 Tính chất vật lý và phân loại nước đá	427
22.2 Một số phương pháp sản xuất nước đá	432
22.3 Bảo quản và vận chuyển nước đá	450
Chương 23: VẬN TẢI LẠNH	454
23.1 Đại cương phân loại	454

23.2	Ô tô lạnh	455
23.3	Công tơ lạnh	463
23.4	Tàu hỏa lạnh	464
23.5	Tàu thủy lạnh	466
Chương 24: BƠM NHIỆT		473
24.1	Khái quát về bơm nhiệt	473
24.2	Các phương pháp đánh giá hiệu quả năng lượng	475
24.3	Bơm nhiệt và các thành phần cơ bản của bơm nhiệt	480
24.4	Ứng dụng của bơm nhiệt trong nền kinh tế quốc dân	485
Chương 25: CÁC ỨNG DỤNG KHÁC CỦA KỸ THUẬT LẠNH		497
25.1	Sản xuất CO ₂ rắn và lỏng	497
25.2	Hóa lỏng khí clo	499
25.3	Công nghiệp hóa chất, hóa lỏng khí đốt	506
25.4	Xây dựng	512
25.5	Vật liệu và dụng cụ	516
25.6	Y tế	516
25.7	Các phòng lạnh cho các mục đích sử dụng khác nhau - Máy động lực	522
25.8	Thể thao	527
Các phụ lục		530
Phụ lục 1	Đồ thị lgp-h của NH ₃	530
Phụ lục 2	Đồ thị lgp-h của R12	531
Phụ lục 3	Đồ thị lgp-h của R22	532
Phụ lục 4	Máy nén pittông MYCOM 1 cấp nén R22 và NH ₃	533
Phụ lục 5	Máy nén pittông MYCOM 2 cấp nén NH ₃	534
Phụ lục 6	Máy nén pittông MYCOM 2 cấp nén R22	535

(Xem các phụ lục về tính chất vật lý, tính chất nhiệt động của các loại môi chất lạnh, các loại máy nén lạnh chế tạo trong nước, của Nga; Bitzer (Đức), các dàn ngưng và bay hơi của Trung Quốc... ở cuối Bài tập tính toán Kỹ thuật lạnh [1] kèm theo cuốn giáo trình này).

GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT LẠNH

(TRỌN BỘ)

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

SỐ 1 - ĐẠI CỐ VIỆT - HÀ NỘI

ĐT: (04). 8684569; 2410605; 2410608; FAX: 04. 8684570

Chịu trách nhiệm xuất bản:

<i>Giám đốc:</i>	LÊ CỘNG HOÀ
<i>Tổng biên tập:</i>	TỔNG ĐÌNH QUỲ
<i>Biên tập:</i>	PHẠM HOÀNG QUYÊN
<i>Chế bản:</i>	TRẦN HƯƠNG LY
<i>Trình bày bìa:</i>	NGUYỄN KHOA GIÁP

In 600cuốn, khổ 16 x 24 cm tại Xưởng in Tạp chí Tin học và Đời sống. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 45-2008/CXB/17-01/BKHN cấp ngày 04/01/2008.
In xong và nộp lưu chiểu Quý III/2008.