



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

NGUYỄN VĂN MÂY

# Máy lạnh và điều hoà không khí

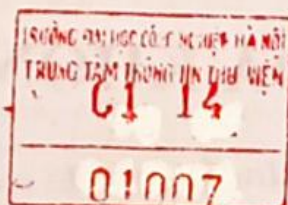


NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



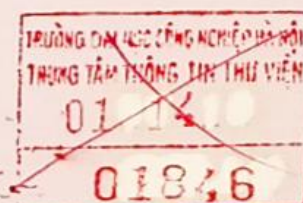
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

NGUYỄN VĂN MAY



# MÁY LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

(IN LẦN THỨ BA, CÓ SỬA CHỮA VÀ BỔ SUNG)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI – 2009

# MÁY LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

*In lần thứ ba*

Tác giả: NGUYỄN VĂN MAY

Chịu trách nhiệm xuất bản: TS. PHẠM VĂN DIỄN

Biên tập và sửa bài: ThS. NGUYỄN HUY TIẾN

QUANG NGỌC

Trình bày bìa:

HƯƠNG LAN

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT**  
**70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội**

In 700 cuốn khổ 19 x 27cm, tại Xưởng in NXB Văn hóa Dân tộc.

Số đăng ký kế hoạch XB: 209 – 2009/CXB/589 – 10/KHKT, ngày 18/3/2009.

Quyết định XB số: 190/QĐXB – NXBKHKT, ký ngày 19/6/2009.

In xong và nộp lưu chiểu Quý III năm 2009.

## LỜI NÓI ĐẦU

*Kỹ thuật lạnh và điều hòa không khí đóng vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực sản xuất, thương mại, quốc phòng, nghiên cứu khoa học, đời sống hàng ngày của con người. Đặc biệt ở các nước nhiệt đới có khí hậu nóng ẩm như Việt Nam thì nó lại càng cần thiết. Nước ta chưa sản xuất được nhiều máy lạnh và điều hòa không khí, nhưng lại nhập rất nhiều loại của nhiều nước khác nhau. Để giúp đội ngũ những người đang học tập, nghiên cứu khoa học, thiết kế chế tạo, lắp đặt, vận hành và sửa chữa các hệ thống lạnh và điều hòa không khí có thêm tài liệu tham khảo chúng tôi biên soạn cuốn sách này.*

*Cuốn sách này gồm bốn phần chính. Phần đầu đề cập đến nguyên lý cấu tạo và hoạt động của các loại máy lạnh và điều hòa không khí. Phần hai nêu lên các hệ thống lạnh và điều hòa không khí đang và sẽ sử dụng ở nước ta. Phần ba giới thiệu cấu tạo cụ thể của các bộ phận hợp thành máy lạnh và điều hòa không khí. Phần bốn trình bày những sự cố, hư hỏng thường gặp và cách khắc phục hiệu quả nhất.*

*Trong quá trình biên soạn, tuy đã có nhiều cố gắng song khó tránh khỏi những sơ suất, mong các bạn đồng nghiệp và bạn đọc gần xa góp ý kiến để hoàn chỉnh trong các lần tái bản sau.*

**Tác giả**



## MỞ ĐẦU

# NHỮNG ỨNG DỤNG CỦA KỸ THUẬT LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

Từ ngàn xưa, khi muốn làm lạnh một vật, con người đã cho vật cần làm lạnh tiếp xúc với vật lạnh hơn nó có trong thiên nhiên (nước, không khí, băng tuyết v...v...). Phương pháp làm lạnh như vậy gọi là làm lạnh tự nhiên. Quá trình làm lạnh tự nhiên phụ thuộc hoàn toàn vào điều kiện môi trường, vì vậy nhiệt độ của vật cần làm lạnh chỉ có thể hạ thấp tới đa xuống bằng nhiệt độ của môi trường. Vậy muốn hạ thấp nhiệt độ của một vật xuống thấp tùy ý (trừ độ không tuyệt đối) thì chỉ có thể dùng hệ thống máy lạnh nhân tạo. Bằng cách đó không những hạ thấp nhiệt độ của một vật xuống thấp tùy ý mà còn duy trì được nhiệt độ ấy trong thời gian tùy ý.

Như chúng ta đã biết, các chất tồn tại ở các dạng: rắn, lỏng, hơi, plasma, phụ thuộc vào điều kiện của mỗi dạng. Khi một chất đang chuyển từ dạng này sang dạng khác thì ta gọi là quá trình chuyển pha. Quá trình chuyển pha luôn gắn liền với điều kiện chuyển pha đồng thời có thu hoặc thải nhiệt. Điều kiện chuyển pha gồm áp suất, nhiệt độ và nguồn nhiệt thu hoặc thải. Chẳng hạn nước nguyên chất ở áp suất khí quyển tại mực nước biển thì nó chuyển pha rắn  $\rightleftharpoons$  lỏng ở  $0^{\circ}\text{C}$  và lỏng  $\rightleftharpoons$  hơi ở  $100^{\circ}\text{C}$ . Khi áp suất nhỏ hơn áp suất khí quyển thì nước cũng bay hơi ở nhiệt độ thấp hơn  $100^{\circ}\text{C}$ . Nếu áp suất tuyệt đối bằng không (ứng với áp suất chân không bằng âm  $1\text{ kg/cm}^2$ ) thì nước bay hơi ở nhiệt độ  $0^{\circ}\text{C}$  và nó sẽ làm cho lượng nước còn lại thành nước đá. Như vậy nước được sử dụng làm tác nhân lạnh ở nhiệt độ lớn hơn  $0^{\circ}\text{C}$  một chút. Máy lạnh nhân tạo đầu tiên để sản xuất nước đá với tác nhân là nước được sáng chế vào năm 1810. Đến năm 1834 máy lạnh nén hơi êtylen (tác nhân lạnh êtylen) được đưa vào sử dụng, tạo ra được nhiệt độ thấp hơn  $0^{\circ}\text{C}$ . Sau này nhờ các phát kiến về tác nhân lạnh có ưu điểm hơn êtylen như amoniac, freon nên hệ thống máy lạnh và điều hòa không khí ngày càng hiện đại. Đến nay loài người lại phải nỗ lực tìm kiếm tác nhân mới thay thế cho freon vì nó là nguyên nhân làm thủng tầng ozon khí quyển. Trước mắt là hạn chế dần và đi đến cấm sản xuất freon. Máy lạnh với tác nhân là  $\text{NH}_3$  sẽ được sử dụng nhiều để tạo ra nhiệt độ ở vùng thấp hơn  $0^{\circ}\text{C}$ . Đối với lĩnh vực điều hòa không khí sẽ sử dụng hệ thống máy lạnh hấp thụ có tác nhân là  $\text{H}_2\text{O}$  và chất hấp thụ là liti bromua ( $\text{LiBr}$ ). Ngoài ra còn có máy lạnh Pelxie (làm việc theo nguyên tắc hiệu ứng nhiệt Pelxie) không cần tác nhân lạnh.

Kỹ thuật lạnh đã phát triển mạnh và được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

Trước tiên phải kể đến công nghiệp chế biến và bảo quản thực phẩm. Sở dĩ các loại thực phẩm như cá, thịt, sữa, rau quả và các sản phẩm của chúng được bảo quản lâu hơn



là do đã kìm hãm được các quá trình sinh hóa và hoạt động của các vi sinh vật trong môi trường nhiệt độ thấp phù hợp với mỗi loại. Ngoài ra kỹ thuật lạnh còn được dùng để sản xuất bia, rượu vang, nước giải khát có ga v.v...

Trong thương nghiệp cần có các kho lạnh, quầy hàng lạnh, các siêu thị có điều hòa không khí để kinh doanh các sản phẩm lạnh.

Để chuyên chở các hàng hóa lạnh cần có ô tô, tàu hỏa, tàu thủy chở lạnh, thực chất chúng là những kho bảo quản lạnh hoặc lạnh đông di động. Các phương tiện chở khách được trang bị máy điều hòa nhiệt độ. Kỹ thuật lạnh không thể thiếu trong công nghiệp được phẩm để sản xuất và bảo quản các loại vắc xin và thuốc chữa bệnh.

Ngành y dùng kỹ thuật lạnh để chữa bệnh cho người, đặc biệt quan trọng trong phẫu thuật ghép tạng, hoặc để ướp xác trước khi mai táng hay phục vụ cho nghiên cứu y học.

Trong nông nghiệp, kỹ thuật lạnh được sử dụng để bảo quản, lai tạo các loại giống cây con có năng suất chất lượng cao. Chế biến bảo quản sản phẩm sau thu hoạch.

Trong kinh doanh du lịch, dịch vụ không thể thiếu các hệ thống lạnh và điều hòa không khí từ công suất nhỏ cho các phòng đến loại lớn dùng cho cả tòa nhà hiện đại có nhiều tầng và nhiều phòng.

Ngày nay hầu hết các văn phòng của các công ty, công sở Nhà nước đều được trang bị máy điều hòa không khí (điều hòa cả nhiệt độ và độ ẩm của không khí).

Điều hòa không khí được sử dụng nhiều trong công nghiệp kéo sợi, dệt, may, công nghiệp in v.v...

Có thể nói gần như ở đâu chúng ta cũng gặp máy lạnh và điều hòa không khí.

## PHẦN 1

# NGUYÊN LÝ CẤU TẠO VÀ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY LẠNH

### 1. NGUYÊN LÝ CẤU TẠO VÀ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY LẠNH

Trong phần này chúng ta sẽ lần lượt nghiên cứu nguyên lý cấu tạo của các loại máy lạnh nén hơi, máy lạnh hấp thụ, máy lạnh Pelxie. Trước hết ta hãy điểm qua các loại tác nhân lạnh hiện đang sử dụng nhiều nhất để nạp cho các máy lạnh. Ngoài tác nhân lạnh còn có chất hấp thụ tác nhân lạnh (dùng trong máy lạnh hấp thụ); chất tải lạnh (là chất trung gian giữa máy lạnh và vật cần làm lạnh).

#### 1.1. Tác nhân lạnh, chất tải lạnh, chất hấp thụ

##### a) Tác nhân lạnh

Tác nhân lạnh (còn gọi là môi chất lạnh hay ga lạnh) là chất được nạp vào hệ thống máy lạnh để nó thực hiện chu trình lạnh.

Tác nhân lạnh cần thỏa mãn những yêu cầu sau đây:

- Có nhiệt độ bay hơi thấp hơn nhiệt độ cần có trong phòng lạnh nhưng áp suất bay hơi không quá thấp hoặc quá cao.
- Áp suất ngưng tụ theo điều kiện thường không quá cao.
- Năng suất lạnh riêng khối lượng ( $q_0$ ) và năng suất lạnh riêng thể tích hơi hút ( $q_v$ ) phải lớn.
- Không làm hư hỏng các sản phẩm trong quá trình chế biến và bảo quản lạnh.
- Không làm hư hỏng các vật liệu chế tạo nên máy lạnh.
- Không độc hại cho con người, không cháy nổ, không phá hỏng môi sinh.
- Có hệ số tỏa nhiệt lớn, hệ số dẫn nhiệt cao.
- Không phân hủy ở nhiệt độ cao, không tác dụng hóa học với dầu bôi trơn máy nén.
- Dễ sản xuất và giá thành hạ v.v...

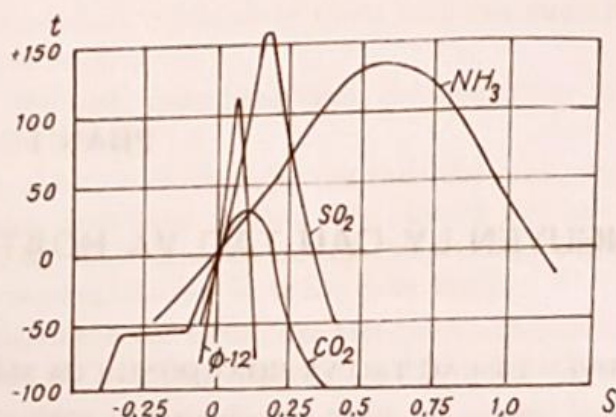
Gần như không có loại tác nhân nào đáp ứng mọi yêu cầu đã nêu, ta căn cứ vào các yêu cầu quan trọng cần phải có, còn các nhược điểm ta tìm cách khắc phục.

Có rất nhiều loại tác nhân lạnh nhưng chỉ có một số loại đang được sử dụng rộng rãi mà thôi.

Hình 1.1 thể hiện đặc điểm đường cong giới hạn pha trên đồ thị  $t - s$  của một số loại tác nhân lạnh. Nhìn đồ thị ta thấy đường cong của  $CO_2$  nằm ở vùng nhiệt độ thấp hơn cả. Nhiệt độ tại điểm cao nhất của mỗi đường cong gọi là nhiệt độ điểm tới hạn. Như vậy  $SO_2$  có nhiệt độ tới hạn cao nhất. Đường cong của freon-12 (F-12) có đỉnh nhọn



nhất và hai nhánh gần nhau nhất, còn đường cong của  $\text{NH}_3$  có hai nhánh xa nhau nhất. Nếu hai máy lạnh nén hơi  $\text{NH}_3$  và F-12 có cùng chế độ nhiệt bay hơi và chế độ nhiệt ngưng tụ thì máy lạnh nén hơi  $\text{NH}_3$  có năng suất lạnh cao hơn rất nhiều. Chính vì vậy mà F-12 thường dùng cho máy lạnh có công suất lạnh nhỏ như tủ lạnh gia đình, còn  $\text{NH}_3$  dùng cho máy lạnh có công suất vừa và lớn. Do có đường cong nằm ở vùng nhiệt độ thấp nên  $\text{CO}_2$  được nạp cho máy lạnh ở tầng dưới của hệ thống máy lạnh ghép.



Hình 1-1. Đường cong giới hạn pha của một số loại tác nhân lạnh  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , F-12.

Mỗi đường cong giới hạn pha chia đồ thị t-s thành ba vùng. Vùng phía trái của nhánh trái gọi là vùng lỏng (tác nhân đang ở dạng lỏng trong điều kiện áp suất và nhiệt độ của mỗi điểm là khác nhau). Vùng giữa hai nhánh là vùng hơi ẩm (gồm cả lỏng và hơi). Vùng bên phải nhánh phải gọi là vùng hơi quá nhiệt. Tất cả các điểm nằm trên đường nhánh phải đều là trạng thái bão hòa khô của hơi tác nhân lạnh, còn gọi là nhánh  $x = 1$  ( $x$  là nồng độ hơi trong hỗn hợp hơi và lỏng). Tất cả các điểm trên nhánh trái có  $x = 0$  (toàn toàn là lỏng).

Đường cong giới hạn pha của các tác nhân còn được thể hiện trên đồ thị log p - i hoặc p - i. Khi vẽ dạng cong của chúng có khác hơn so với đồ thị t-s, song chúng cũng chia đồ thị thành các vùng tương tự.

Ngoài đồ thị đã nêu trên, trạng thái của tác nhân lạnh còn được lập thành bảng (xem phần phụ lục).

Để tiện cho việc nhanh chóng lựa chọn loại tác nhân, ta chia chúng ra làm các nhóm sau.

Nhóm 1 với  $t_0 > 0^\circ\text{C}$ ;  $P_0 < P_a$  (áp suất khí quyển)  $\text{kG/cm}^2$ ;  $P_N = (2 \div 5) \text{ kG/cm}^2$ .

Freon 11 ( $\text{CFCl}_3$ ) ký hiệu là F11 hoặc R11

Freon 21 ( $\text{CHFCl}_2$ ) ký hiệu là F21, R21

Freon 113 ( $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$ ) ký hiệu là F113, R113

Freon 114 ( $\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$ ) ký hiệu là F114, R114

Nhóm 2 với  $t_0 < 0^\circ\text{C}$ ;  $P_0 \geq P_a$ ;  $P_N = (5 - 15) \text{ kG/cm}^2$

Freon 12 ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ); F12; R12

Freon 22 ( $\text{CHF}_2\text{Cl}$ ); F22; R22

Amoniac ( $\text{NH}_3$ )

Metylclorua ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ )

Phreon 502  $\text{CHF}_2\text{Cl}/\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$ ; F502; R502

R22/R115



Nhóm 3 với  $t_0 < -50^{\circ}\text{C}$ ;  $P_0 \geq P_n$ ;  $P_N = (20-40) \text{ kG/cm}^2$

Freon 13 ( $\text{CF}_3\text{Cl}$ ); F13; R13

Cacbonic ( $\text{CO}_2$ )

Etylen ( $\text{C}_2\text{H}_4$ )

Etan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )

Propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )

Bảng 1-1. Tính chất vật lý của các tác nhân lạnh

| T.T | Tên gọi     | Ký hiệu | Công thức hóa học                         | Phân tử lượng, $\mu$ | Nhiệt độ bay hơi thường, $t_0, ^{\circ}\text{C}$ | Nhiệt độ tới hạn, $t_{th}, ^{\circ}\text{C}$ | Áp suất tới hạn $P_{th}, \text{at.}$ | Thể tích tới hạn $l/\text{kg}$ | Nhiệt độ đông băng $t_b, ^{\circ}\text{C}$ | Chỉ số đoạn nhiệt $K = C_p/C_v$ |
|-----|-------------|---------|-------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|
| 1   | Nước        |         | $\text{H}_2\text{O}$                      | 18,016               | +100,0                                           | +374,15                                      | 225,65                               | 3,10                           | +0,0                                       | 1,33                            |
| 2   | Amoniac     |         | $\text{NH}_3$                             | 17,031               | -33,4                                            | +132,4                                       | 115,2                                | 4,13                           | -77,7                                      | 1,30                            |
| 3   | Sunfur      |         | $\text{SO}_2$                             | 64,06                | -10,08                                           | +157,2                                       | 80,28                                | 1,92                           | -75,2                                      | 1,26                            |
| 4   | Metylamin   |         | $\text{CH}_3\text{NH}_2$                  | 31,06                | -6,7                                             | +156,9                                       | 73,6                                 | -                              | -92,5                                      | 1,18                            |
| 5   | Cacbonic    |         | $\text{CO}_2$                             | 44,01                | -78,5                                            | +31,0                                        | 75,0                                 | 2,16                           | -56,6                                      | 1,30                            |
| 6   | Metylclorea |         | $\text{CH}_3\text{Cl}$                    | 50,49                | -23,74                                           | +143,1                                       | 68,09                                | 2,70                           | -97,6                                      | 1,20                            |
| 7   | Freon-11    | R11     | $\text{CFCl}_3$                           | 137,39               | +23,7                                            | +198,0                                       | 44,6                                 | 1,805                          | -114,0                                     | 1,13                            |
| 8   | Freon-12    | R12     | $\text{CF}_2\text{Cl}_2$                  | 120,92               | -29,8                                            | +111,5                                       | 40,86                                | 1,793                          | -155,0                                     | 1,14                            |
| 9   | Freon-13    | R13     | $\text{CF}_3\text{Cl}$                    | 104,47               | -81,5                                            | +28,78                                       | 39,36                                | 1,721                          | -180,0                                     | -                               |
| 10  | Freon-14    | R14     | $\text{CF}_4$                             | 88,0                 | -127,8                                           | -45,45                                       | 38,13                                | -                              | -190,92                                    | -                               |
| 11  | Freon-21    | R21     | $\text{CH}_2\text{FCl}$                   | 102,93               | +8,9                                             | +178,5                                       | 52,69                                | 1,916                          | -135,0                                     | 1,16                            |
| 12  | Freon-22    | R22     | $\text{CH}_2\text{F}_2$                   | 86,48                | -40,8                                            | +96,0                                        | 50,3                                 | 1,905                          | -160,0                                     | 1,20                            |
| 13  | Freon-23    | R23     | $\text{CHF}_3$                            | 70,01                | -82,2                                            | +32,3                                        | 50,5                                 | 2,03                           | -163,0                                     | 1,21                            |
| 14  | Freon-113   | R113    | $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$         | 186,37               | +47,6                                            | +214,1                                       | 34,82                                | 1,73                           | -36,5                                      | 1,09                            |
| 15  | Freon-114   | R114    | $\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$         | 170,91               | +35,5                                            | +145,7                                       | 33,37                                | 1,705                          | -93,9                                      | 1,107                           |
| 16  | Freon-142   | R142    | $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_2\text{Cl}$ | 100,48               | -9,21                                            | +137,1                                       | 42,3                                 | 2,30                           | -130,8                                     | 1,135                           |
| 17  | Freon-143   | R143    | $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$          | 80,04                | -47,3                                            | +71,4                                        | 42,0                                 | -                              | -111,3                                     | -                               |
| 18  | Etan        |         | $\text{C}_2\text{H}_6$                    | 30,06                | -88,6                                            | +32,1                                        | 50,3                                 | 4,7                            | -183,2                                     | 1,25                            |
| 19  | Propan      |         | $\text{C}_3\text{H}_8$                    | 44,1                 | -42,17                                           | +96,8                                        | 43,39                                | 4,42                           | -187,1                                     | 1,13                            |

### Một số loại tác nhân lạnh thông dụng

#### 1. Nước $\text{H}_2\text{O}$

Ở đây chúng ta chỉ đề cập đến nước khi nó được dùng làm tác nhân lạnh. Ở điều kiện thường (áp suất bằng áp suất khí quyển trên mặt biển là  $1 \text{ kG/cm}^2$ ) thì các tính chất vật lý của nước được ghi ở bảng 1-1. Nếu ta cho nước bay hơi trong thiết bị có áp suất nhỏ hơn áp suất khí quyển thì nhiệt độ bay hơi sẽ thấp xuống.

Chẳng hạn với áp suất trong thiết bị bay hơi là  $p_0 = 0,00623 \text{ kG/cm}^2$  thì nhiệt độ bay hơi của nước là  $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ .

Nước không độc, không cháy và rất sẵn trong thiên nhiên. Nhược điểm lớn nhất của nước là: áp suất bay hơi và ngưng tụ thấp, thể tích riêng của hơi nước rất lớn  $211 \text{ m}^3/\text{kg}$  (ở điều kiện  $p_0 = 0,00623 \text{ kG/cm}^2$ ,  $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ ). Vì vậy nước được dùng trong máy lạnh hấp



thu với chất hấp thụ là LiBr, hoặc trong máy lạnh Ejectơ, nhiệt độ mà chúng tạo ra thường trong khoảng  $7^{\circ}\text{C}$  đến  $10^{\circ}\text{C}$  rất phù hợp cho điều hòa không khí trung tâm nhất là các tòa nhà hiện đại.

### 2. Amoniac $\text{NH}_3$

Amoniac là tác nhân lạnh thuộc nhóm hai, nó được dùng rộng rãi trong các máy lạnh có công suất vừa và lớn. Với máy lạnh có năng suất nhỏ hơn  $10.000 \text{ kcal/h}$  thì không nên dùng tác nhân lạnh là  $\text{NH}_3$  vì năng suất lạnh riêng thể tích của nó lớn dẫn tới lượng tác nhân tuần hoàn nhỏ nên khó điều chỉnh tiết lưu. Máy lạnh nén hơi  $\text{NH}_3$  chỉ nên dùng với nhiệt độ bay hơi cao hơn  $-67^{\circ}\text{C}$  và nhiệt độ ngưng tụ nhỏ hơn  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Máy lạnh amoniac rất phù hợp với công nghệ chế biến và bảo quản thực phẩm. Do mùi đặc trưng nên dễ phát hiện rò rỉ amoniac. Giá thành của amoniac hạ.

Những nhược điểm của amoniac là: độc bằng A, cháy, cùng với không khí tạo thành hỗn hợp nổ, tác dụng mạnh với đồng và hợp kim của đồng trừ đồng photpho. Nếu rò rỉ  $\text{NH}_3$  trong phòng lạnh sẽ làm giảm giá trị hàng hóa. Với nhiệt độ cao  $\text{NH}_3$  phân tích thành khí không ngưng dẫn tới làm tăng áp suất trong thiết bị ngưng tụ, vì vậy cần phải tách khí không ngưng (kể cả không khí vì lý do nào đó lọt vào) ra khỏi hệ thống lạnh.

Tất cả các bộ phận trong máy lạnh amoniac mà tiếp xúc trực tiếp với amoniac thì không được làm bằng đồng và hợp kim đồng (trừ đồng photpho), chúng được thay bằng thép đen, gang cầu.

Amoniac hòa tan nước, vì vậy với máy lạnh amoniac không cần làm kiệt nước như máy lạnh có tác nhân là freon.

### 3. Sunfuro $\text{SO}_2$

$\text{SO}_2$  là một trong những tác nhân lạnh độc nhất, nếu trong không khí có từ  $(0,1 - 0,5)\%$  thể tích sẽ gây chết người.  $\text{SO}_2$  không tác dụng với đồng và hợp kim của đồng, không cháy và hòa tan rất ít dầu bôi trơn máy nén. Với áp suất thường ( $1 \text{ kg/cm}^2$ )  $\text{SO}_2$  bay hơi ở  $-10,08^{\circ}\text{C}$ , như vậy muốn có nhiệt độ thấp hơn thì áp suất bay hơi phải nhỏ hơn áp suất khí quyển. Điều đó dẫn tới khả năng không khí chui vào hệ thống qua các khe hở đem theo cả hơi nước. Hơi nước tác dụng với  $\text{SO}_2$  tạo thành axit sunfuric  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tác dụng mạnh với sắt thép. Vì vậy trong máy lạnh  $\text{SO}_2$ , các bộ phận tiếp xúc với tác nhân lạnh phải làm bằng đồng. Lượng nước có trong hệ thống lạnh  $\text{SO}_2$  phải nhỏ hơn  $0,002\%$ . Do  $\text{SO}_2$  có năng suất lạnh riêng thể tích không lớn nên nó được dùng nạp cho các máy lạnh có công suất nhỏ, mà máy nén có động cơ kín như tủ lạnh. Ngày nay  $\text{SO}_2$  được thay thế bằng freon 12.

### 4. Cacbonic $\text{CO}_2$

Nhìn hình 1-1 ta thấy đường cong giới hạn pha của  $\text{CO}_2$  nằm ở dưới thấp. Nếu dùng nước tự nhiên trong điều kiện nước ta để làm ngưng tụ hơi  $\text{CO}_2$  thì áp suất ngưng tụ sẽ là  $(60-80) \text{ kg/cm}^2$ . Như vậy hệ thống máy lạnh sẽ chịu áp suất lớn, các đường ống và thiết bị phải dày. Mặt khác  $\text{CO}_2$  có điểm ba pha ở áp suất  $5,28 \text{ kg/cm}^2$ , nhiệt độ  $-56,6^{\circ}\text{C}$  (xem hình 1-3). Muốn có  $\text{CO}_2$  lỏng thì phải duy trì áp suất lớn hơn  $5,28 \text{ kg/cm}^2$ . Thông thường người ta duy trì áp suất bay hơi trong thiết bị bay hơi của máy lạnh  $\text{CO}_2$  từ  $6,2 \text{ kg/cm}^2$  trở lên.

$\text{CO}_2$  là tác nhân lạnh không độc hại, không cháy, được sử dụng nhiều, nhất là máy lạnh trên tàu biển.