

## Chương I

# LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN VÀ Ý NGHĨA KINH TẾ CỦA NGÀNH KỸ THUẬT LẠNH

### I. Lịch sử phát triển của kỹ thuật lạnh:

\_ Con người đã biết làm lạnh và sử dụng lạnh cách đây rất lâu, ngành khảo cổ học đã phát hiện ra những hang động mạch nước ngầm có nhiệt độ thấp, chảy qua dùng để chứa thực phẩm và lương thực từ 5000 năm trước, và trải qua hàng ngàn năm ngành kỹ thuật lạnh cũng có những bước phát triển đáng kể.

\_ Nói một cách chính xác, ngành kỹ thuật lạnh hiện đại bắt đầu phải kể từ khi giáo sư Block tìm ra nhiệt ẩn hóa hơi và nhiệt ẩn nóng chảy vào năm  $1761 \div 1764$ , từ đó con người biết làm lạnh bằng cách cho bay hơi chất lỏng ở áp suất thấp. Kể từ đó một số nhà bác học phát triển ngành kỹ thuật lạnh cho đến nay khá hoàn hảo và đã tạo ra một hệ thống lạnh khá hoàn chỉnh.

### II. Ý nghĩa kinh tế của ngành kỹ thuật lạnh:

#### 1/ Ứng dụng lạnh trong bảo quản thực phẩm:

\_ Lĩnh vực ứng dụng quan trọng nhất của kỹ thuật lạnh là bảo quản thực phẩm. Thực phẩm như các loại rau, quả, thịt, cá, sữa... là những thức ăn dễ bị ôi, thiu do vi khuẩn gây ra và do một số phản ứng oxy hóa gây ra. Nhưng khi ở nhiệt độ thấp các vi sinh vật ngừng hoạt động, có thể chết, ngoài ra khi nhiệt độ thấp làm cho quá trình oxy hóa sản phẩm không xảy ra. Vì vậy giữ được thực phẩm như ở trạng thái ban đầu.

\_ Hiện nay người ta ứng dụng kỹ thuật lạnh vào y học để lưu trữ gen...

Nói chung ngành kỹ thuật lạnh ứng dụng trong công nghệ thực phẩm hết sức là quan trọng trong việc sản xuất chế biến, bảo quản nguyên liệu, sản phẩm trong những lúc thu mua cũng như những lúc tiêu thụ.

#### 2/ Sấy thăng hoa:

Quá trình sấy được làm đông lạnh ở  $t^0 = -20^0C$  và hút chân không nên sấy thăng hoa là một phương pháp hiện đại hầu như không làm giảm chất lượng của thực phẩm, và nước được rút ra gần như hoàn toàn.

#### 3/ Ứng dụng lạnh trong công nghiệp hóa chất:

Trong công nghiệp các hóa chất cần được hóa lỏng khi nó ở dạng khí như Clo, amoniac,  $CO_2$ ,  $SO_2$ , HCl... thì cần phải hạ nhiệt độ xuống thấp, cộng với công nghệ dầu khí kỹ thuật lạnh được ứng dụng tinh luyện, để tách các chất khí hydrocacbon ra thành các thành phần tinh khiết để sử dụng cho các mục đích khác nhau.

#### 4/ Ứng dụng trong việc điều hòa không khí

Trong môi trường làm việc của con người cần phải tạo ra môi trường thích hợp có nhiệt độ và độ ẩm tương đối ổn định, nhiệt độ thích hợp là  $t = (18 - 26)^{\circ}\text{C}$  và độ ẩm thích hợp là  $\varphi = (65 - 80)\%$ , nếu con người làm việc trong môi trường như vậy thì năng suất lao động nâng cao, sản phẩm tạo ra có chất lượng tốt, giảm tối thiểu chi phí phế phẩm, tăng được doanh thu, tạo ra đà phát triển cho nền kinh tế, để có môi trường như vậy cần phải có hệ thống lạnh điều hòa nhiệt độ, hệ thống lạnh điều hòa trung tâm, ...v.v. Thông thường kỹ thuật điều hòa không khí sử dụng trong nhiều lĩnh vực như trong lao động sản xuất, trong các khu thương mại, trong các bệnh viện, ngoài ra nó còn được sử dụng trong việc bảo quản máy móc và thiết bị, bảo dưỡng, bảo trì công nghiệp...v.v.

### 5/ Ứng dụng trong việc tạo ra chất siêu dẫn

Trong kỹ thuật bán dẫn và siêu dẫn khi ta hạ thấp nhiệt độ, nhiệt độ có độ âm sâu thì điện trở của chất bán dẫn đặc biệt tiến đến không và trở thành chất siêu dẫn, như vậy tổn thất năng lượng điện trên đường dây xem như bằng không (vì nó rất nhỏ). Lợi dụng tính chất này người ta tạo ra chất siêu dẫn.

$$\text{Theo định luật Heck : } S(T) = \lim_{T \rightarrow 0} T \rightarrow 0 \Leftrightarrow R(T) = \lim_{T \rightarrow 0} R \rightarrow 0$$

Như vậy :  $\Delta P \rightarrow 0$

### 6/ Ứng dụng trong sinh học

Trong công nghệ sinh học như công nghệ tế bào, công nghệ gen người ta ứng dụng nhiệt độ lạnh sâu từ  $(-70 \div -90)^{\circ}\text{C}$  để bảo quản và bảo tồn gen (đặc biệt là gen người và một số loại động vật, thực vật quý hiếm) phục vụ cho quá trình nghiên cứu trong ngành công nghệ sinh học lai tạo giống, thụ tinh nhân tạo và trong quá trình phân tích...v.v.

### 7/ Ứng dụng trong một số các lĩnh vực khác

Trong thể thao như làm sân trượt băng nghệ thuật, trong kỹ thuật đo, tự động và một số ứng dụng khác...v.v.

## Chương II

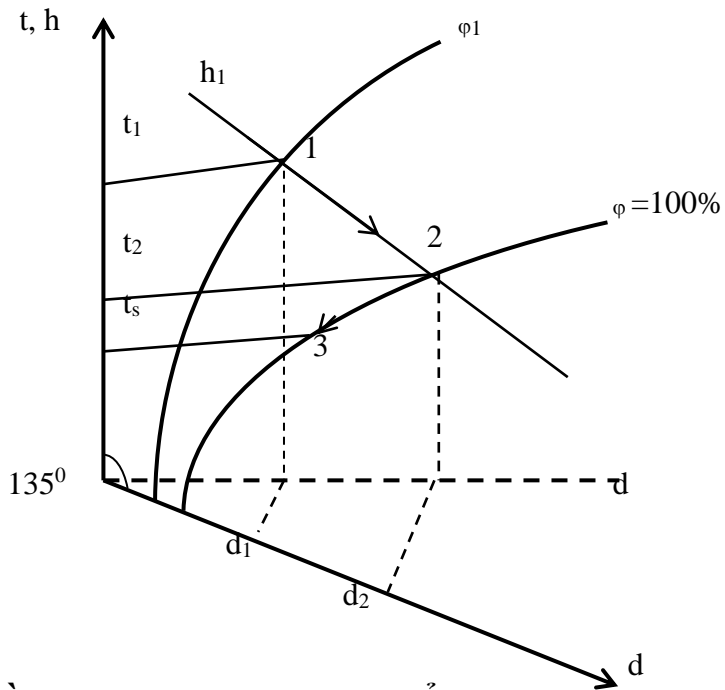
# CÁC PHƯƠNG PHÁP LÀM LẠNH NHÂN TẠO

### I. Phương pháp bay hơi khuếch tán:

\_ Khi ta phun nước liên tục vào không khí khô có cùng nhiệt độ nước sẽ bay hơi khuếch tán vào không khí, lúc đó độ ẩm của không khí tăng lên, một phần nhiệt lượng của không khí tạo thành nhiệt ẩn ẩn vào bên trong lượng hơi nước được phun vào kết quả làm cho không khí giảm nhiệt độ, không khí thay đổi trạng thái từ (1) đến (2) theo đường đẳng entalpi, làm cho độ ẩm ( $\varphi$ ) không khí tăng, nhiệt lượng không khí giảm xuống.

Trong đó :

- h : là Entalpi.
- d : độ chứa hơi.
- $t_1$  : nhiệt độ khô.
- $t_2$  : nhiệt độ ướt.
- $t_s$  : nhiệt độ đọng sương.



**Hình 2.1: Đồ thị h – d : của không khí ẩm**

### II. Phương pháp hòa trộn lạnh:

Cách đây 2000 năm người Trung Quốc và An Độ đã biết làm lạnh bằng cách hòa trộn muối vào nước theo một tỷ lệ nhất định thì thu được dung dịch có nhiệt độ thấp.

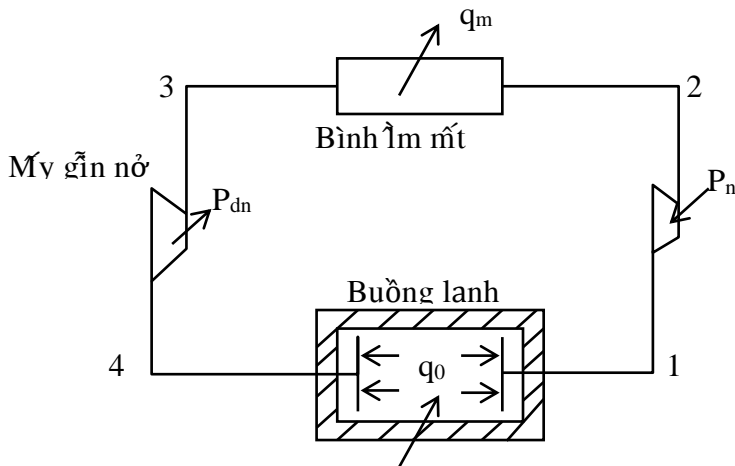
Ví dụ: Nếu hòa trộn 31g  $\text{NaNO}_3$  vào 31g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  với 100g  $\text{H}_2\text{O}$  ở nhiệt độ  $t^0 = 10^0\text{C}$  thì hỗn hợp sẽ giảm nhiệt độ xuống đến  $-12^0\text{C}$ , hoặc ta lấy muối  $\text{NaCl}$  trộn vào nước hoặc nước đá thì ta thu được hỗn hợp có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ ban đầu.

### III. Phương pháp giãn nở khí có sinh công ngoài:

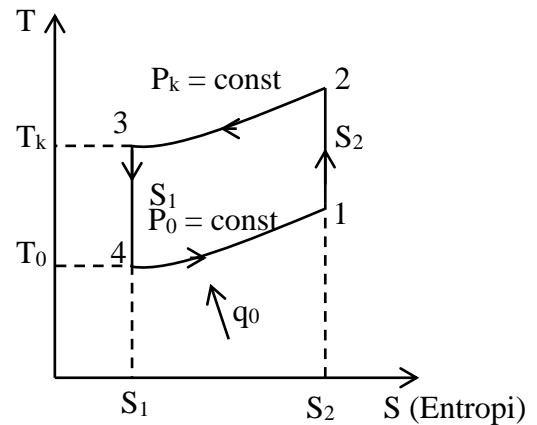
Đây là phương pháp làm lạnh nhân tạo quan trọng, các máy nén lạnh làm việc theo nguyên lý giãn nở khí có sinh công gọi là máy nén khí, phạm vi ứng dụng phương

pháp này rất rộng. Hệ thống máy lạnh nén khí gồm bốn thiết bị tổng quát: máy nén, bình làm mát, máy giãn nở, buồng lạnh, môi chất lạnh là không khí hay khí bất kỳ và chu trình đi từ (1)→(2)→(3)→(4) tạo thành một chu trình khép kín.

Nguyên tắc làm việc của máy nén lạnh nén khí được trình bày như sau:



Hình 2.2. Nguyên lý làm việc máy lạnh nén khí

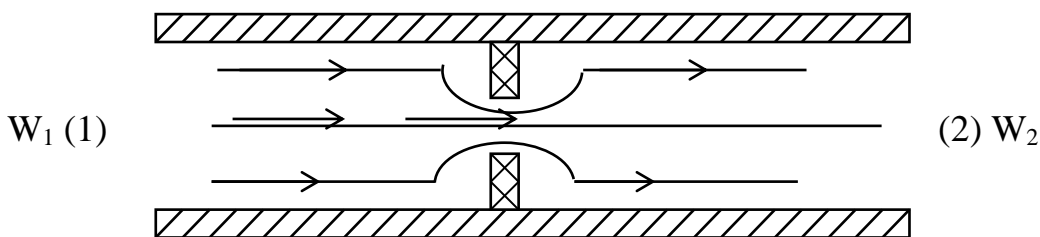


Hình 2.3. Đồ thị T-S

**IV. Phương pháp tiết lưu không sinh ngoại công – Hiệu ứng Jonle-thomson**

**1. Tiết lưu không sinh ngoại công**

Có thể giãn nở khí không sinh ngoại công bằng cách tiết lưu khí qua 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 bên ngoài.



Hình 2.4. Cơ cấu tiết lưu

**2. Hiệu ứng Junlen-Thomson.**

Vào những năm cuối thế kỷ 19 Junlen-Thomson đã tìm ra hiệu ứng trong quá trình tiết lưu như sau :

Khi cho dòng môi chất (khí thực) đi qua cơ cấu tiết lưu Junlen-thomson đã phát hiện ra độ biến thiên nhiệt độ theo áp suất của các nhóm khí thực khác nhau nó thay đổi

theo chiều hướng khác nhau. Và Junlen-thomson gọi độ biến thiên nhiệt độ theo áp suất bằng một đại lượng là  $\alpha_i$  và đại lượng này được biểu diễn theo phương trình sau:

$$\alpha_i = \frac{\delta T}{\delta P} = \frac{T \cdot \left( \frac{\delta v}{\delta T} \right)_P - v}{c'_P}$$

Như vậy khi quá trình tiết lưu được thực hiện thì có các trường hợp xảy ra như sau:

+ Nếu  $\alpha_i > 0$  có nghĩa  $T = f(p)$  là một hàm đồng biến, vì vậy sau quá trình tiết lưu có áp suất giảm nó sẽ kéo theo nhiệt độ giảm. Trong trường hợp này nó đúng cho nhóm khí thực của các môi chất lạnh sử dụng trong hệ thống lạnh.

+ Nếu  $\alpha_i < 0$  có nghĩa  $T = f(p)$  là một hàm nghịch biến, vì vậy sau quá trình tiết lưu có áp suất giảm nó sẽ kéo theo nhiệt độ tăng. Trong trường hợp này nó đúng cho nhóm môi chất sử dụng trong các trường hợp đặc biệt.

+ Nếu  $\alpha_i = 0$  có nghĩa  $T = f(p)$  là một hàm hằng có nghĩa là nhiệt độ không thay đổi trong quá trình tiết lưu. Trong trường hợp này nó đúng cho nhóm khí lý tưởng bởi vì :

Ta có  $pv = RT$

Từ đó ta suy ra:

$$\left( \frac{\delta v}{\delta p} \right)_P = \frac{R}{P}$$

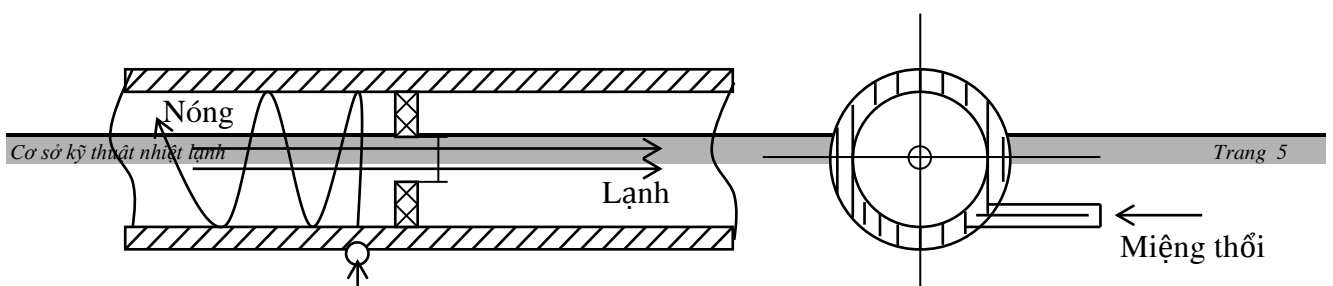
Thay vào phương trình  $\alpha_i$  ta được:

$$\alpha_i = \frac{T \cdot \left( \frac{R}{P} \right) - v}{c'_P} = 0$$

Điều này hoàn toàn đúng với khí lý tưởng khi  $\alpha_i = 0$

### V. Giãn nở khí trong ống khí

Năm 1933 Ranque (Mỹ) đã mô tả về một hiệu ứng đặc biệt trong ống xoắn như sau: Khi cho một dòng không khí có  $P = 6\text{atm}$  ở  $t^0 = 20^0\text{C}$  thổi tiếp tuyến với thành ống, vuông góc với trục ống  $\phi 12\text{mm}$  thì nhiệt độ thành ống tăng lên trong khi nhiệt độ ở tâm ống giảm xuống, khi đặt tấm chắn sát dòng thổi tiếp tuyến có đường



**Hình 2.5. Mô hình ống xoắn**

**Hình 2.6. mặt cắt ngang ống xoắn**

ống kính lỗ  $d \ll 12\text{mm}$ , thì gió lạnh sẽ đi qua tấm chắn còn gió nóng đi theo chiều ngược lại hiệu nhiệt độ lên đến  $70^{\circ}\text{K}$ , nhiệt độ phía lạnh đạt tới  $-12^{\circ}\text{C}$ , phía nóng  $58^{\circ}\text{C}$ , áp suất sau khi giãn nở bằng áp suất khí quyển.

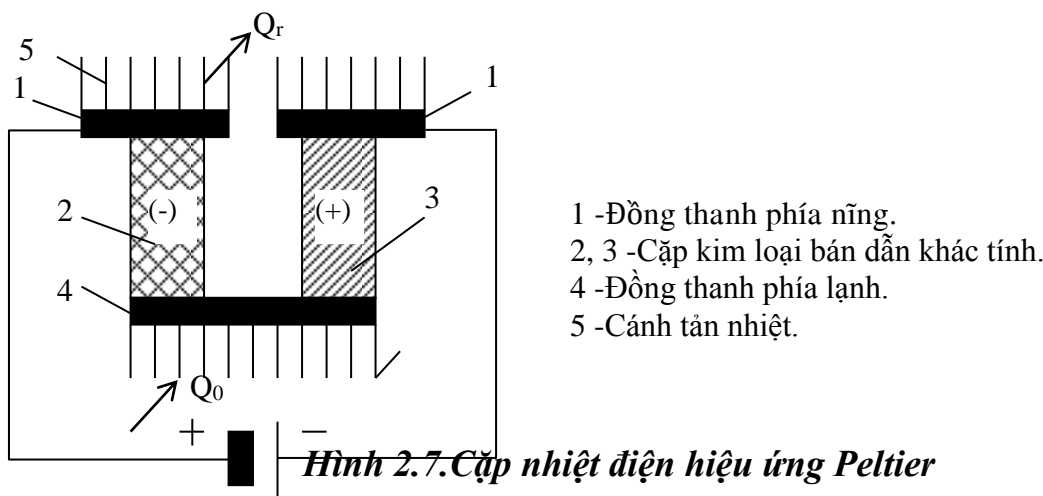
\_ Ngoài ra còn một số phương pháp lạnh khác nhưng ít gặp như làm lạnh theo hiệu ứng nhiệt điện, hiệu ứng Peltier, theo phương pháp khí đoạn nhiệt hóa lỏng hoặc thăng hoa vật rắn, hóa hơi chất lỏng.

**VI. Hiệu ứng nhiệt điện, hiệu ứng Peltier.**

Năm 1821 Seebeck (Đức) đã phát hiện ra rằng trong một vòng dây dẫn kín gồm hai 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 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 hai 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 trong đo đặc nhiệt độ và cả trong kỹ thuật lạnh. Để đạt được độ chênh nhiệt độ lớn người ta phải sử dụng các cặp nhiệt điện thích hợp gồm các chất bán dẫn đặc biệt của bismút, antimon, selen và các phụ gia.

Hình dưới đây mô tả cách bố trí một cặp nhiệt điện. Khi nối với dòng điện một chiều, một phía sẽ lạnh xuống và một phía sẽ nóng lên.



**Hình 2.7. Cặp nhiệt điện hiệu ứng Peltier**

Hiệu nhiệt độ có thể đạt tới 60K. Máy lạnh nhiệt điện được sử dụng khá rộng rãi nhưng năng suất lại nhỏ từ (30-100)W.

Ưu điểm chính của tủ lạnh nhiệt điện là:

- Không gây tiếng ồn, không có chi tiết truyền động.
- Gọn nhẹ, chắc chắn, dễ mang xách, không cần môi chất lạnh.
- Chỉ cần thay đổi chiều đấu điện là chuyển được từ tủ lạnh sang tủ nóng và ngược lại.
- Chỉ cần điện ắc quy một chiều, tiện lợi cho du lịch và nông thôn.

Nhưng tủ lạnh này cũng có những nhược điểm:

- Hệ số lạnh thấp, tiêu tốn điện năng lớn.
- Giá thành cao.
- Không trữ lạnh và nóng được vì các cặp nhiệt điện là các cầu nhiệt lớn cân bằng nhanh nhiệt độ trong và ngoài.

## VII. Phương pháp khử từ đoạn nhiệt.

Đây là phương pháp sử dụng trong kỹ thuật cryô để hạ nhiệt độ sôi của heli (3-4)K xuống gần nhiệt độ không tuyệt đối, khoảng  $10^{-3}$ K. Nguyên tắc làm việc như sau: Người ta sử dụng loại muối nhiễm từ, ở quá trình nhiễm từ giữa hai cực từ mạnh, các tinh thể được sắp xếp theo thứ tự, muối tỏa ra một nhiệt lượng nhất định, lượng nhiệt này truyền ra ngoài để bay hơi Heli lỏng. Quá trình nhiễm từ và tỏa nhiệt kết thúc, từ trường bị ngắt, muối khử từ đoạn nhiệt, nhiệt độ giảm đột ngột và tạo ra năng suất lạnh  $q_0$ , lặp lại các quá trình đó nhiều lần sẽ tạo ra nhiệt độ rất thấp.

## VIII. Hóa lỏng hoặc thăng hoa vật rắn.

Hóa lỏng và thăng hoa vật rắn để làm lạnh là phương pháp chuyển pha của chất tải lạnh như nước đá và đá khô.

Nước đá khi tan ở  $0^{\circ}\text{C}$  thu được một nhiệt lượng 333kJ ( $\approx 79,5\text{kcal}$ ). Nếu cần nhiệt độ thấp hơn, phải hòa trộn đá vụn với muối ăn hoặc muối  $\text{CaCl}_2$ , nhiệt độ thấp có thể đạt được với nước đá muối là  $-21,2^{\circ}\text{C}$  ở nồng độ muối 23%.

Nước đá và nước đá muối được sử dụng rộng rãi nhất trong công nghiệp đánh bắt hải sản vì có ưu điểm: rẻ tiền, không độc hại và ẩn nhiệt hóa lỏng lớn, nhược điểm là gây ẩm ướt cho sản phẩm bảo quản, nhưng nước muối đá có tính ăn mòn.

Đá khô là  $\text{CO}_2$  ở dạng rắn: Khi sử dụng, nó chuyển từ dạng rắn sang dạng hơi, không để lại lỏng nên gọi là đá khô. Ngày nay đá khô có ý nghĩa công nghiệp lớn, đặc biệt dùng làm lạnh trên phương tiện vận tải, nhiệt ẩn hóa hơi (thăng hoa) của đá khô là 572,2 KJ/kg ở nhiệt độ  $-78,5^{\circ}\text{C}$ , khi tăng lên  $0^{\circ}\text{C}$  năng suất lạnh riêng của đá khô là

637,3kj/kg. Đá khô có rất nhiều ưu điểm: ẩn nhiệt thăng hoa lớn, năng suất thể tích lớn, không làm ẩm ướt sản phẩm, CO<sub>2</sub> có khả năng kìm hãm vi sinh vật phát triển, nhược điểm là đá khô khá đắt tiền.

### **IX. 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. Vì nhiệt ẩn bay hơi của chất lỏng bao giờ cũng lớn hơn 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 cryô. 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 quá trình sinh hóa trong sản phẩm bảo quản. Nitơ lỏng sôi nhiệt độ ở nhiệt độ  $-196^{\circ}\text{C}$ , nhiệt ẩn hóa hơi là 200kj/kg. Nếu tăng lên nhiệt độ  $0^{\circ}\text{C}$ , nitơ lỏng thu một nhiệt lượng cũng khoảng 200kj/kg, như vậy năng suất lạnh riêng  $q_0$  gần bằng 400kj/kg ở nhiệt độ  $0^{\circ}\text{C}$ .

Các môi chất lỏng cho máy lạnh nén hơi, hấp thụ và ejecter là NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O, các loại freon 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.



## **Chương III**

# **MÔI CHẤT LẠNH, CHẤT TẢI LẠNH VÀ DẦU BÔI TRƠN**

### **I. Môi chất lạnh**

\_ Môi chất lạnh còn gọi là tác nhân lạnh, gas lạnh hay công lạnh, là chất môi giới sử dụng trong chu trình nhiệt động ngược chiều để thu nhiệt với môi trường có nhiệt độ thấp và thải ra môi trường có nhiệt độ cao hơn, môi chất tuần hoàn trong (máy nén) hệ thống lạnh nhờ quá trình nén của máy nén.

#### **1. Yêu cầu đối với môi chất lạnh**

Do những đặc điểm của chu trình ngược, hệ thống thiết bị, điều kiện vận hành... môi chất có những tính chất hóa học, vật lý, nhiệt động ... thích hợp.

##### **1.1. Tính chất hóa học**

- Môi chất cần vững bền về mặt hóa học trong phạm vi áp suất và nhiệt độ làm việc của hệ thống lạnh, không được phân hủy, không được polime hóa.
- Môi chất phải trơ không ăn mòn kim loại các vật liệu chế tạo máy, dầu bôi trơn, oxi trong không khí và hơi ẩm.
- Môi chất lạnh không phản ứng hóa học với tất cả các thiết bị, vật liệu chế tạo hệ thống lạnh.
- Môi chất lạnh phải có qui trình sản xuất đơn giản, phải có khả năng tái sinh, tái chế sử dụng được.
- An toàn không cháy, không nổ ở điều kiện làm việc.

##### **1.2. Tính chất lý học**

- Áp suất ngưng tụ không được quá cao tại nhiệt độ môi trường, nếu áp suất ngưng tụ quá cao dễ bị rò rỉ đường ống, thiết bị mất an toàn.
- Áp suất bay hơi không được quá nhỏ phải lớn hơn  $P_{kq}$  để hệ thống không bị chân không, tránh cho không khí bị lọt vào hệ thống, có nghĩa là tương ứng với áp suất bay hơi có nhiệt độ bay hơi  $t_{bh}$  thấp nhất là tốt.
- Nhiệt độ đông đặc ( $t_{dd}$ ) nhỏ hơn nhiệt độ bay hơi rất nhiều ( $t_0$ ), nhiệt độ tới hạn ( $t_{th}$ ) lớn hơn nhiệt độ ngưng tụ rất nhiều.
- An nhiệt hóa hơi  $r = h'' - h'$  và nhiệt dung riêng của môi chất lạnh lỏng càng lớn càng tốt, tuy nhiên chúng không đánh giá được chất lượng của môi chất lạnh, chú ý khi ẩn nhiệt hóa hơi lớn thì năng suất lạnh riêng về khối lượng  $q_0 = m.r$  (kj/kg)

lớn do đó lưu lượng khối lượng thực tế của môi chất tuần hoàn qua hệ thống nhỏ (m nhỏ) vì vậy hệ thống lạnh gọn nhẹ.

- Năng suất lạnh riêng về thể tích ( $q_v$ ,  $\text{kJ/m}^3$ ) càng lớn càng tốt, máy nén và các thiết sẽ gọn nhẹ.
- Độ nhớt của môi chất lạnh càng nhỏ càng tốt, vì nó làm giảm tổn thất áp suất trên đường ống và các lá van, đồng thời khả năng bôi trơn các chi tiết chuyển động của máy móc và thiết bị tốt hơn nhưng không được quá nhỏ.
- Hệ số dẫn nhiệt ( $\lambda$ ) và tỏa nhiệt ( $\alpha$ ) càng lớn càng tốt.
- Môi chất lạnh hòa tan được với dầu càng tốt, nếu nó không hòa tan được với dầu nó hạn chế quá trình bôi trơn, nhưng bù lại nó không làm độ nhớt của dầu giảm.
- Nhiệt độ điểm tới hạn phải lớn và nhiệt độ điểm 3 thể nhỏ để làm tăng dải làm việc cho máy nén lạnh.
- Môi chất lạnh không được dẫn điện để có thể sử dụng cho máy nén kín và nửa kín, nếu như môi chất lạnh có dẫn điện như Amôniac ( $\text{NH}_3$ ) ... thì chỉ sử dụng cho các loại máy nén hở, tuyệt đối không sử dụng cho máy nén kín và nửa kín.
- Khả năng hòa tan của môi chất lạnh với nước càng nhiều càng tốt, vì nó tránh được tắc nghẽn ẩm khi môi chất qua van tiết lưu hoặc ống mao (cáp).

### 1.3. Tính chất sinh lý

- Môi chất lạnh không được độc hại đối với cơ thể người và cơ thể sống, không gây phản ứng với cơ quan hô hấp, không tạo ra khí độc khi tiếp xúc với lửa hàn và vật liệu chế tạo máy, thiết bị trong hệ thống lạnh.
- Môi chất lạnh phải có mùi để dễ dàng phát hiện khi hệ thống bị rò rỉ.
- Môi chất lạnh không được ảnh hưởng xấu đến chất lượng các sản phẩm bảo quản, cũng như khi chế biến. Có nghĩa không làm giảm giá trị dinh dưỡng, giá trị cảm quan của sản phẩm thực phẩm.
- Môi chất lạnh không gây ô nhiễm môi trường đặc biệt là không phá hỏng tầng ôzôn gây ra hiệu ứng nhà kính.

### 1.4. Tính kinh tế

- Môi chất lạnh phải có giá thành hạ, nhưng độ tinh khiết phải đạt yêu cầu.
- Môi chất lạnh phải dễ kiểm, dễ vận chuyển, bảo quản, sử dụng và dễ mua.

## 2. Phân loại và ký hiệu môi chất lạnh

### 2.1. Phân loại

- Môi chất lạnh có thể được phân theo nhiều đặc điểm khác nhau. Căn cứ vào thành phần hóa học người ta có thể phân ra thành hai loại như sau:

- + Môi chất lạnh vô cơ: Nước, không khí, amoniắc, sulphurdioxide,...v.v.
- + Môi chất lạnh hữu cơ : Các hydrocarbon, halozencarbon,...v.v.
- Nếu căn cứ vào nhiệt độ sôi và áp suất bão hòa có thể phân loại như sau: Môi chất lạnh có áp suất sôi trung bình và cao.
- Nếu căn cứ vào tính độc hại có thể phân loại như sau: Môi chất lạnh rất độc hại và môi chất lạnh ít độc hại và môi chất lạnh không độc hại.
- Nếu căn cứ vào tính dễ gây cháy nổ có thể phân loại như sau: Môi chất lạnh gây cháy nổ và môi chất lạnh không gây cháy nổ.

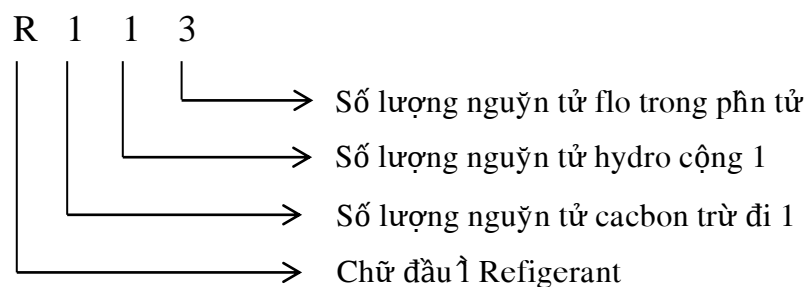
## 2.2. Ký hiệu môi chất lạnh

Ký hiệu môi chất lạnh xuất phát đầu tiên hãng Dupont (F12, F22 ...). Sau đó Hội các kỹ sư Mỹ về lạnh, sưởi ấm và điều hòa không khí (ASHRACE-American society of Heating, Refrigeration and conditioning Engineers) đã phát triển, bổ sung và hiệp hội tiêu chuẩn Mỹ (American Standards Association) đã phê duyệt. Ngày nay, hệ thống ký hiệu này được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới, mỗi môi chất lạnh đều có một ký hiệu riêng bằng chữ kèm theo để sử dụng và tiện lợi để phân biệt trong việc thương mại hóa môi chất lạnh cho các hãng sản xuất.

### 2.2.1. Ký hiệu môi chất lạnh hữu cơ (Các hydrocarbon, halozencarbon...v.v.)

Ký hiệu các môi chất lạnh bắt đầu bằng chữ R viết tắt của chữ Refrigerant tiếng Anh là môi chất lạnh, sau đó là tập hợp số thường gồm ba con số.

Ví dụ: Môi chất lạnh R113 ( công thức hóa học  $CCl_2F-CClF_2$ ).



Như vậy :  $C - 1 = 1 \Rightarrow C=2$  (có hai nguyên tử cacbon trong phân tử môi chất lạnh).  
 $H + 1 = 1 \Rightarrow H = 0$  (không có nguyên tử hydro trong phân tử môi chất lạnh).  
 $F = 3$  (có hai nguyên tử cacbon trong phân tử môi chất lạnh).

- **Chú ý:**

- + Số hóa trị còn lại trong công thức cấu tạo môi chất lạnh là số nguyên tử clo.
- Do đó khi hai nguyên tử cacbon liên kết với nhau thì nó còn lại 6 hóa trị, 3 cho F nên suy ra 3 hóa trị còn lại là 3 nguyên tử Cl có trong phân tử.

Cuối cùng ta có công thức phân tử của môi chất lạnh R113 là  $\text{CClF}_2\text{-CCl}_2\text{F}$  và tương tự ta có thể xác định công thức phân tử và công thức cấu tạo (nếu được) cho các môi chất lạnh R12, R22, R134a...v.v.

+ Trong môi chất lạnh người ta ký hiệu a,b như : R134a, R134b là ký hiệu cho các môi chất lạnh có cùng công thức phân tử nhưng khác nhau về công thức cấu tạo.

### 2.2.2. Ký hiệu môi chất lạnh vô cơ (Nước, không khí, amoniắc...v.v.)

Vì công thức hóa học của các chất vô cơ tương đối đơn giản và ít gây nhầm lẫn nên ít khi dùng kí hiệu. Tuy nhiên, các chất vô cơ được qui ước ký hiệu như sau: sau chữ R là số 700. Các môi chất lạnh có cụ thể hai số thay cho số 00 là phân tử lượng làm tròn các chất đó. Ví dụ amoniắc  $\text{NH}_3$  là R717, không khí là R729, nước là R718 ... các chất có cùng phân tử lượng có kí hiệu A để phân biệt ví dụ  $\text{CO}_2$  là R744 còn  $\text{N}_2\text{O}$  là R744A.

## 3. Các môi chất lạnh thông dụng

### 3.1. Amôniac

Công thức cấu tạo:  $\text{NH}_3$

Ký hiệu: R717

\_  $\text{NH}_3$  là một chất khí không màu, có mùi khai, nhiệt độ sôi (nhiệt độ bay hơi của môi chất lạnh)  $t_s = -33,35^\circ\text{C}$  có tính chất nhiệt động tốt, phù hợp với chu trình lạnh máy nén piston và máy nén trục vít.

\_ Trong hệ thống lạnh sử dụng môi chất lạnh  $\text{NH}_3$  ở điều kiện bình thường làm mát bằng nước thì nhiệt độ ngưng tụ  $t_k = 30^\circ\text{C}$  và áp suất ngưng tụ  $P_k = 1,2\text{MPa}$  (gần bằng  $12\text{kg/cm}^2$ ).

\_ Ở điều kiện bình thường áp suất bay hơi của hệ thống lạnh sử dụng môi chất lạnh  $\text{NH}_3$   $P_0$  lớn hơn áp suất khí quyển  $P_{kq} = 1\text{at}$ , nhưng ở máy nén hai cấp khi nhiệt độ bay hơi  $t_0 = -33,35^\circ\text{C}$  thì áp suất bay hơi bị chân không (tức là nhỏ hơn áp suất khí quyển).

\_ Năng suất lạnh riêng về khối lượng  $q_0$  (kJ/kg) lớn do đó môi chất lạnh tuần hoàn qua hệ thống nhỏ vì vậy môi chất lạnh  $\text{NH}_3$  phù hợp cho những máy nén lạnh của hệ thống lạnh có năng suất lạnh lớn và rất lớn.

\_ Năng suất lạnh riêng về thể tích  $q_v$  (kJ/m<sup>3</sup>) lớn nên hệ thống lạnh và máy nén gọn nhẹ.

\_ Hệ số dẫn nhiệt  $\lambda$  và hệ số tỏa nhiệt  $\alpha$  lớn gần bằng với nước nên không cần làm cánh tản nhiệt ở thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước.

\_ Tính lưu động của môi chất lạnh NH<sub>3</sub> tương đối cao vì vậy tổn thất áp suất trên đường ống và ở các van chặn ( $\Delta P_{ms}$ ,  $\Delta P_s$ ) nhỏ do đó nó phù hợp sử dụng cho những hệ thống lạnh có năng suất lớn và rất lớn.

\_ Nhiệt độ tới hạn ( $t_{th}$ ) lớn hơn 140°C vì vậy nó sử dụng cho máy nén hai cấp hoặc ba cấp vẫn được.

\_ Môi chất lạnh NH<sub>3</sub> tan được trong nước nên hệ thống không cần phải kín tuyệt đối, không cần phải hút chân không tuyệt đối khi lắp đặt hệ thống.

\_ Môi chất lạnh NH<sub>3</sub> không tan trong dầu bôi trơn nên hệ thống lạnh phải bố trí thêm bình tách dầu trước khi môi chất lạnh đưa về thiết bị ngưng tụ và thiết bị hồi dầu (Bình tập trung dầu) về máy nén.

\_ Môi chất lạnh NH<sub>3</sub> dẫn điện do đó ta chỉ sử dụng cho những hệ thống lạnh máy nén hở.

\_ Môi chất lạnh NH<sub>3</sub> tác dụng được với đồng, hợp kim đồng và bạc nên vật liệu chế tạo thiết bị của hệ thống không được sử dụng làm bằng đồng, hợp kim đồng và bạc.

\_ Môi chất lạnh NH<sub>3</sub> ở dạng khí rất độc nên khi vận hành máy nén cũng như khi sửa chữa hệ thống cần phải có đồ bảo hộ lao động.

\_ Môi chất lạnh NH<sub>3</sub> dễ cháy, nổ cho nên cần phải phòng cháy, nổ.

\_ Môi chất lạnh NH<sub>3</sub> cũng gây ô nhiễm môi trường nhưng không gây tác hại đến tầng ôzôn.

### 3.2. Môi chất Freon12:

Công thức cấu tạo: CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>

Ký hiệu: R12

- Môi chất lạnh R12 là một chất khí không màu, có mùi thơm nhẹ, nặng gấp bốn lần không khí ( $d_{R12/kk} = 4$ ) ở nhiệt độ  $t = 30^\circ\text{C}$ , áp suất  $P = 10\text{at}$  nó ở trạng thái lỏng nặng hơn nước khoảng 1,3 lần.
- Nếu hệ thống lạnh sử dụng môi chất lạnh R<sub>12</sub> làm mát bằng nước thì nhiệt độ ngưng tụ  $t_k = 30^\circ\text{C}$  lúc đó áp suất ngưng tụ  $P_k = 0,74\text{MPa}$  (gần bằng  $7,4\text{kg/cm}^2$ ). Nếu làm mát bằng không khí thì nhiệt độ ngưng tụ  $t_k = 42^\circ\text{C}$  lúc đó áp suất ngưng tụ  $P_k = 1,02\text{MPa}$  (gần bằng  $10,2\text{kg/cm}^2$ ).
- Môi chất lạnh R12 nếu sôi ở trạng thái áp suất  $P_0 = 1\text{at}$ , lúc đó nhiệt độ sôi  $t_0 = t_s = -29,8^\circ\text{C}$ , nếu  $t_0 > -29,8^\circ\text{C}$  thì  $P_0 > P_{kq} = 1\text{at}$ , nếu áp suất bay hơi bị chân không khi  $t_0 < -29,8^\circ\text{C}$ .
- Năng suất lạnh riêng về khối lượng môi chất lạnh R12 ( $q_{0R12}$ , kJ/kg) bé hơn năng suất lạnh riêng về khối lượng của NH<sub>3</sub> nhiều lần, chỉ bằng  $1/10 \div 1/8$  của NH<sub>3</sub> nên

lưu lượng tuần hoàn qua hệ thống lớn, do đó môi chất lạnh R12 chỉ phù hợp với hệ thống nhỏ và rất nhỏ, tuy nhiên R12 vẫn được sử dụng cho hệ thống lạnh có năng suất lớn.

- Năng suất lạnh riêng về thể tích môi chất lạnh R12 ( $q_{vR12}$ ,  $\text{kJ/m}^3$ ) chỉ bằng 60% năng suất lạnh riêng về thể tích môi chất lạnh  $\text{NH}_3$  ( $q_{v\text{NH}_3}$ ,  $\text{kJ/m}^3$ ), nên hệ thống lạnh sử dụng môi chất lạnh R12 lớn và công kênh.
- Hệ số dẫn nhiệt  $\lambda$  và hệ số tỏa nhiệt  $\alpha$  của R12 nhỏ hơn hệ số dẫn nhiệt và tỏa nhiệt của  $\text{NH}_3$ , hệ số tỏa nhiệt của R12 khi sôi ở thiết bị ngưng tụ chỉ bằng 1/5 hệ số tỏa nhiệt của nước cho nên thiết bị trao đổi nhiệt với nước khi sử dụng R12 thường bố trí cánh tản nhiệt về phía R12.
- Tính lưu động của môi chất lạnh R12 kém hơn so với  $\text{NH}_3$  nên tổn thất áp suất trên đường ống và qua các van của R12 lớn, vì vậy tốc độ của môi chất lạnh qua tiết diện đường ống giảm đi từ 2 đến 2,5 lần so với  $\text{NH}_3$ .
- Vì số mũ đoạn nhiệt ( $k$ ) của R12 nhỏ hơn số mũ đoạn nhiệt của  $\text{NH}_3$  nên nhiệt độ cuối tầm nén của hệ thống lạnh sử dụng R12 thấp do đó nó phù hợp cho máy nén ngược dòng có khoang hút liền nhau.
- Môi chất lạnh R12 không dẫn điện cho nên nó dùng cho máy nén lạnh kín và nửa kín tốt
- Môi chất lạnh R12 hòa tan hoàn toàn trong dầu do đó nó thuận lợi cho quá trình bôi trơn.
- Môi chất lạnh R12 hoàn toàn không tan trong nước chỉ cần một lượng ảm nhỏ 15mg nước thì nó bị tắc nghẽn ảm khi môi chất lạnh qua van tiết lưu hoặc ống mao (cáp), nên hệ thống cần phải kín tuyệt đối.
- Môi chất lạnh R12 gặp ngọn đèn halozen thì mất màu do đó ta có thể phát hiện những chỗ bị rò rỉ của hệ thống.
- Ở nhiệt độ  $t = (540 \div 565) ^\circ\text{C}$  thì môi chất lạnh R12 bị phân hủy khi có xúc tác.
- Môi chất lạnh R12 không gây cháy nổ, không độc hại cho cơ thể người, cơ thể sống, ở nồng độ lớn hơn 30% nó gây nghẹt thở vì thiếu không khí.
- R12 không làm biến chất thực phẩm.
- Môi chất lạnh R12 dễ mua, dễ vận chuyển, dễ bảo quản.
- Môi chất lạnh R12 có thể phá vỡ tầng ôzôn gây ô nhiễm môi trường.
- Hiện nay các nhà khoa học đang tìm môi chất lạnh mới để thay thế cho môi chất lạnh R12.

### 3.3. Môi chất Freon22

Công thức cấu tạo:  $\text{CHClF}_2$

Ký hiệu: R22

- Môi chất lạnh R22 là một chất hữu cơ không màu, có mùi thơm nhẹ dễ chịu.
- Trong hệ thống lạnh sử dụng môi chất lạnh R22. Nếu thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước ( $\text{H}_2\text{O}$ ) thì nhiệt độ ngưng tụ  $t_k = 30^\circ\text{C}$  lúc đó áp suất ngưng tụ  $P_k = 1,19\text{MPa}$  (gần bằng  $11,9 \text{ kg/cm}^2$ ), nếu thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí thì nhiệt độ ngưng tụ  $t_k = 42^\circ\text{C}$  lúc đó áp suất ngưng tụ  $P_k = 1,6\text{MPa}$  (gần bằng  $16 \text{ kg/cm}^2$ ).
- Ở áp suất khí quyển  $P_{kq} = 1\text{at}$  thì nhiệt độ sôi của nó là  $t_s = -40,8^\circ\text{C}$ , vì vậy khi hệ thống lạnh có nhiệt độ bay hơi yêu cầu  $t_0 > -40,8^\circ\text{C}$  thì áp suất bay hơi lớn hơn áp suất khí quyển và ngược lại khi hệ thống lạnh có nhiệt độ bay hơi yêu cầu  $t_0 < -40,8^\circ\text{C}$  thì áp suất bay hơi bị chân không, trường hợp này thường xảy ra ở máy hai cấp nén trở lên.
- Môi chất lạnh R22 có áp suất trung bình giống như amoniác ( $\text{NH}_3$ ) nhưng có ưu điểm hơn  $\text{NH}_3$  là tỉ số nén  $\beta = P_k/P_0$  thấp, nên máy hai cấp nén có thể đạt được nhiệt độ ở thiết bị bay hơi  $t_0 = (-60 \div -70)^\circ\text{C}$ , nhiệt độ đông đặc  $t_{đđ}$  cũng thấp.
- Năng suất lạnh riêng về khối lượng của môi chất lạnh R22 ( $q_{0R22}$ , kJ/kg) lớn hơn R12 nên thuận lợi cho việc chế tạo máy nén có công suất lớn và lắp đặt hệ thống lạnh có công suất lớn.
- Năng suất lạnh riêng về thể tích của môi chất lạnh R22 ( $q_{vR22}$ , kJ/m<sup>3</sup>) lớn gấp 1,6 lần so với năng suất lạnh riêng về thể tích của môi chất lạnh R12, cho nên máy nén và hệ thống lạnh sử dụng môi chất lạnh R12 muốn nâng cao năng suất lạnh ta có thể nạp môi chất lạnh R22.
- Hệ số tỏa nhiệt của môi chất lạnh R22 ( $\alpha_{R22}$ ) lớn gấp 1,3 lần so với môi chất lạnh R12, do đó trong thiết bị trao đổi nhiệt với nước có bố trí cánh tản nhiệt về phía R22 để làm tăng hiệu quả của quá trình trao đổi nhiệt, trong thực tế có một số trường hợp người ta không cần bố trí cánh tản nhiệt về phía R22.
- Hệ số dẫn nhiệt của môi chất lạnh R22 ( $\lambda_{R22}$ ) cũng lớn hơn hệ số dẫn nhiệt của môi chất lạnh R12 nên khả năng trao đổi nhiệt của nó cũng tốt hơn so với R12.
- Khả năng lưu động của môi chất lạnh R22 lớn hơn môi chất lạnh R12, vì vậy ít gây tổn thất áp suất trên đường ống và qua các lá van hơn so với R12.
- Môi chất lạnh R22 hòa tan hạn chế trong dầu, do đó gây khó khăn phức tạp cho việc bôi trơn các chi tiết truyền động của hệ thống máy móc và thiết bị, ở nhiệt độ bay hơi  $t_0 = (-40 \div -20)^\circ\text{C}$  thì môi chất R22 mới không hòa tan với dầu bôi trơn, vì vậy

ta không nên cho hệ thống máy nén làm việc ở chế độ này, nếu cho máy nén làm việc ở chế độ này thì hệ thống cần phải bố trí thêm một số thiết bị phụ để hồi dầu đi trong hệ thống về lại máy nén như : Bình tách dầu, bình tập trung dầu và hệ thống tự động hồi dầu về cacte của máy nén.

- Môi chất lạnh R22 không hòa tan với nước nhưng mức độ hòa tan nhỏ vẫn có và lớn gấp 5 lần so với R12, vì vậy nó có nguy cơ gây tắc nghẽn ẩm khi thực hiện quá trình tiết lưu.
- Môi chất lạnh R22 cũng có tính rửa sạch các cặn bẩn nhưng ở mức độ ít hơn so với môi chất lạnh R12 nên trong hệ thống lạnh cũng cần phải bố trí phin lọc trước van tiết lưu để tránh gây ra sự tắc nghẽn.
- Môi chất lạnh R22 không dẫn điện, vì vậy nó có thể dùng cho hệ thống lạnh máy nén kín và nửa kín.
- Môi chất lạnh R22 vững bền trong phạm vi áp suất và nhiệt độ làm việc, khi có mặt của thép tiếp xúc và ở nhiệt độ 550°C thì môi chất lạnh R22 phân hủy thành phosgen là một chất khí rất độc đối với cơ thể sống, gây ô nhiễm môi trường.
- Môi chất lạnh R22 không tác dụng với kim loại và phi kim loại chế tạo máy và hệ thống lạnh. Nhưng nó làm trương phồng một số các chất hữu cơ khác.
- Môi chất lạnh R22 không dễ gây cháy nổ, không gây độc hại đối với cơ thể người và cơ thể sống.
- Môi chất lạnh R22 không làm biến chất thực phẩm, không làm giảm giá trị dinh dưỡng cũng như các giá trị cảm quan của thực phẩm.
- Môi chất lạnh R22 có tác hại đến tầng ôzôn gây ô nhiễm môi trường vì vậy nó được xếp vào trong một số môi chất lạnh cấm sử dụng, tuy nhiên hiện nay các nhà khoa học chưa tìm ra môi chất lạnh thay thế nó do đó nó vẫn được sử dụng.

### 3.4. Môi chất Freon11

Công thức phân tử:  $\text{CCl}_3\text{F}$

Ký hiệu: R11.

- Môi chất lạnh R11 có nhiệt độ sôi 23,8°C rất thích hợp cho bơm nhiệt nhiệt độ cao hoặc các máy sản xuất nước lạnh máy nén turbin.
- Môi chất lạnh R11 hòa tan với dầu bôi trơn hoàn toàn, không hòa tan với nước, không ăn mòn kim loại và phi kim loại chế tạo máy, tuy nhiên làm trương phồng cao su và một số chất dẻo. Ngoài khả năng sử dụng như là môi chất lạnh, R11 còn được sử dụng để súc rửa hệ thống lạnh, tẩy rửa các linh kiện điện tử ...v.v
- Môi chất lạnh R11 đã bị cấm do phá hủy tầng ôzôn và gây hiệu ứng lồng kính.



### 3.5. Môi chất Freon13

Công thức phân tử:  $\text{CClF}_3$

Ký hiệu: R13.

- Môi chất lạnh R13 có nhiệt độ sôi  $-81,4^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ tới hạn tương đối thấp  $28,8^{\circ}\text{C}$ .
- Môi chất lạnh R13 sử dụng cho tầng dưới hệ thống lạnh ghép tầng, mà tầng trên là R12 hoặc R22.
- Môi chất lạnh R13 có tính chất gần giống R22, nhưng không hòa tan dầu.
- Môi chất lạnh R13 cũng nằm trong danh sách các môi chất lạnh bị loại bỏ do gây ô nhiễm môi trường: phá hủy tầng ôzôn, gây hiệu ứng nhà kính.

### 3.6. Các hỗn hợp đồng sôi R500 và R502

Các hỗn hợp đồng sôi là các hỗn hợp thương có hai hoặc ba thành phần, mục đích là để tăng cường các ưu điểm và hạn chế các nhược điểm của các đơn chất, thường các chất thành phần có nhiệt độ sôi không chênh nhau quá  $10^{\circ}\text{K}$ . Ví dụ R502, do có thành phần R115 nên nhiệt độ cuối tầm nén giảm rõ rệt, khả năng hòa tan với dầu tăng. Năng suất lạnh thể tích của R502 lớn hơn của R22 khoảng 20%, môi chất lạnh R500 cũng đạt được các ưu điểm tương tự so với R12. Hiện nay các môi chất lạnh đồng sôi R500 và R502 cũng nằm trong danh sách môi chất lạnh cần loại bỏ.

### 3.7. Nước

Có công thức hóa học  $\text{H}_2\text{O}$ , ký hiệu R718, nhiệt độ sôi  $100^{\circ}\text{C}$  ở áp suất khí quyển, và đóng băng ở  $0^{\circ}\text{C}$ . Vì nước có ý nghĩa to lớn trong kỹ thuật nhiệt nên các số liệu về nước rất đầy đủ.

Trong kỹ thuật lạnh nước chỉ sử dụng cho máy lạnh hấp thụ  $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$  và máy nén Ejectơ hơi, ngoài ra nước còn sử dụng làm chất tải lạnh và tải nhiệt.

### 3.8. Không khí

Không khí gồm Oxi và Nitơ và các loại khí khác nhau, ký hiệu R729, chủ yếu sử dụng cho máy lạnh nén khí và các thiết bị hóa lỏng, chưng cất và tách khí.

### 3.9. Các hỗn hợp không khí đồng sôi

Các hỗn hợp khí đồng sôi là các hỗn hợp các môi chất thành phần có nhiệt độ sôi cách nhau hơn  $15^{\circ}\text{K}$ . Hỗn hợp có nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ sôi thay đổi khi áp suất ngưng tụ và áp suất sôi thay đổi. Các hỗn hợp không đồng sôi được nghiên cứu nhiều ở Liên Xô (cũ), Đức, Mỹ để thực hiện chu trình Lorenz. Chu trình Lorenz gồm hai quá trình đoạn nhiệt là nén và giãn nở với hai quá trình ngưng tụ và bay hơi đẳng áp nhưng không đẳng nhiệt – hiện tượng trượt nhiệt độ đặc biệt của hỗn hợp không đồng sôi khi

sôi và khi ngưng. Theo các nghiên cứu lý thuyết thì chu trình Lorenz có thể đạt được hệ số lạnh lớn hơn hệ số lạnh của chu trình lí tưởng Cacnot.

Để thay thế các freôn gây ô nhiễm môi trường như R11, R12, R502... các nhà khoa học hầu như chưa tìm được một môi chất đơn chất khác do đó hầu hết các chất thay thế hiện nay là hỗn hợp không đồng sôi. Các môi chất đồng sôi có một số nhược điểm vận hành như nhất thiết phải nạp môi chất ở dạng lỏng, khi rò rỉ thành phần môi chất có thể bị thay đổi do nồng độ lỏng và hơi khác nhau, thành phần dễ bay hơi tồn tại nhiều hơn...v.v. nhưng cho đến nay giải pháp hỗn hợp không đồng sôi vẫn tỏ ra là giải pháp duy nhất cho việc thay thế môi chất lạnh.

### 3.10. Môi chất Freon134a

Công thức phân tử :  $C_2H_2F_4$

Khối lượng phân tử:  $M = 102$

Công thức cấu tạo:  $F_2CH-CHF_2$

Ký hiệu: R134a

- R134a là chất không màu, có mùi thơm nhẹ dễ chịu, nhẹ hơn không khí .
- 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 sôi ở áp suất khí quyển  $t_s = -26,2^{\circ}C$ , nhiệt độ đông đặc của R134a là  $t_{đđ} = -101^{\circ}C$ . Vì vậy nhiệt độ bay hơi sẽ lớn hơn rất nhiều. Do đó, nó phải phù hợp với chu trình làm lạnh có nhiệt độ bay hơi lớn hơn  $-40^{\circ}C$ .
- Nhiệt độ phân hủy lớn hơn  $300^{\circ}C$ .
- Nhiệt độ tới hạn  $t_{th} = t_c = 101,15^{\circ}C$ , áp suất tới hạn tuyệt đối  $P_{thtda} = 40,64\text{bar}$  và mật độ tới hạn  $0,508\text{kg/dm}^3$ , nhiệt dung riêng của lỏng sôi là  $1,26\text{ kJ/kgK}$ , nhiệt ẩn hóa hơi  $r = 215,5\text{kJ/kg}$ , sức căng bề mặt  $\sigma = 0,0149\text{N/m}$ , mật độ lỏng sôi  $1,377\text{kg/l}$ , ở nhiệt độ  $25^{\circ}C$  thì mật độ lỏng sôi  $1,207\text{kg/l}$ , số mũ đoạn nhiệt ( $30^{\circ}C$  và  $1,013\text{bar}$ )  $k = 1,093$ , độ hòa tan với nước ở  $25^{\circ}C$  là  $2,2\text{g/kg}$ , độ nhớt  $25^{\circ}C$  của lỏng là  $20,5.10\text{Pa.S}$ , của hơi bão hòa là  $1,2.10^{-5}\text{Pa.S}$ , hệ số dẫn nhiệt ở  $25^{\circ}C$  của lỏng sôi  $0,0823\text{W/mK}$  và của hơi bão hòa  $0,0143\text{W/mK}$ .
- Nếu so sánh hai môi chất lạnh R134a và R12 về các chỉ tiêu:
  - + Tỷ số nén  $\Pi = P_k/P_0$
  - + Năng suất lạnh riêng thể tích  $q_v, \text{kJ/m}^3$
  - + Nhiệt độ cuối tầm nén  $t_2, ^{\circ}C$
  - + Hệ số lạnh  $\epsilon$ .
- So sánh chu trình lạnh R12 và R134a:

**Bảng 6: SO SÁNH CHU TRÌNH LẠNH R12 VÀ R134a**

t <sup>0</sup> C	P <sub>k</sub> /P <sub>0</sub>		q <sub>v</sub> , kJ/m <sup>3</sup>		t <sub>2</sub> , <sup>0</sup> C		ε	
	R12	R134a	R12	R134a	R12	R134a	R12	R134a
-25	7,78	9,51	822	748	62,6	59,1	2,9	2,8
-20	6,37	7,63	1012	942	60,8	57,7	3,3	3,2
-15	5,27	6,19	1235	1176	59,3	56,5	3,8	3,7
-10	4,39	5,05	1495	1455	57,9	55,4	4,3	4,2
-5	3,68	4,17	1797	1785	56,6	54,5	5,0	4,9
0	3,11	3,46	2146	2174	55,6	53,7	5,8	5,8

- Nếu R134a làm mát bằng nước thì nhiệt độ ngưng tụ của R134a là t<sub>k</sub> = 30<sup>0</sup>C. Áp suất ngưng tụ lúc đó là P<sub>0</sub> = (7,4 ÷ 8,4)at.
- Nếu R134a làm mát bằng không khí thì nhiệt độ ngưng tụ của R134a là t<sub>k</sub> = 40<sup>0</sup>C. Áp suất ngưng tụ lúc đó là P<sub>0</sub> = (9,5 ÷ 10,7)at.
- R134a có năng suất lạnh riêng về khối lượng gần sấp xỉ R12.
- Hệ số dẫn nhiệt độ và tỏa nhiệt độ của R134a nhỏ hơn rất nhiều so với nước. Do đó dàn ngưng tụ làm mát bằng nước phải bố trí cánh tản nhiệt độ về phía R134a, còn đối với những dàn ngưng làm mát bằng không khí R134a thì bố trí cánh tản nhiệt độ về phía không khí.
- R134a hòa tan hoàn toàn toàn với dầu bôi trơn nên hệ thống sử dụng môi chất lạnh R134a không cần bố trí thiết bị hồi dầu mà tự động nó kéo dầu về phía cacte.
- R134a không tan trong nước, chính vì vậy hệ thống lạnh phải kín tuyệt đối, không để cho không khí, hơi nước lọt vào sinh ra hiện tượng tắt nghẽn.
- R134a không ăn mòn các kim loại cấu tạo nên các thiết bị hệ thống. Hầu như nó trơ về mặt hóa học đối với các kim loại trong hệ thống lạnh.
- R134a không gây cháy nổ, không gây phản ứng với cơ quan hô hấp con người, không có hại đối với cơ thể sống.
- Những hệ thống lạnh sử dụng môi chất lạnh R134a phù hợp nhất là những hệ thống điều hòa không khí ô tô, điều hòa không khí trung tâm, máy sưởi ấm.

**3.11. Môi chất lạnh Freon 123**

Công thức phân tử: C<sub>2</sub>HCl<sub>2</sub>F<sub>3</sub>.

Công thức cấu tạo: F<sub>2</sub>CH-CCl<sub>2</sub>F.

Ký hiệu: R123.

- R123 do hãng Dupont sản xuất với cái tên SUVA 123 là một HCFC thay thế cho R11 trong thời kỳ quá độ. HCFC 123 có nhiệt độ sôi  $27,8^{\circ}\text{C}$  ở áp suất khí quyển và có  $\text{ODP} = 0,02$ ;  $\text{GWP} = 0,02$ , thời gian tồn tại trong khí quyển 2 năm không gây cháy nổ nhưng hơi độc (30AEL). Giá trị 30ppm Allowable Exposure Limit (giới hạn nồng độ cho phép) để cảnh báo cho các thiết bị lắp đặt trong phòng phải thông thoáng tốt đảm bảo môi trường làm việc an toàn cho người vận hành.
- Sử dụng R123 thay thế cho R11 vì chúng có phạm vi nhiệt độ và áp suất gần giống nhau trong máy sản xuất nước lạnh (Chiller) turbin. Tuy nhiên so với R11, Chiller sử dụng R123 đạt hiệu suất kém hơn. Sự sai lệch về năng suất lạnh và hiệu suất lạnh tùy thuộc vào điều kiện vận hành:
  - Năng suất lạnh giảm từ (5-20)%.
  - Hệ số làm lạnh giảm từ (0-5)%.
  - Áp suất bay hơi giảm từ (0,1-0,3)bar.
  - Nhiệt độ đầu đẩy từ 1 đến  $3^{\circ}\text{C}$ .
- R11 có khả năng hòa tan hoàn toàn dầu bôi trơn, nhưng tính chất của HCFC123 với dầu còn đang được nghiên cứu tiếp. Theo Dupont HCFC123 có thể sử dụng cho hệ thống lạnh mới cũng như dùng để thay thế R11 trong các hệ thống lạnh cũ cho đến năm 2030. HCFC123 đã được sử dụng trong các chiller của Trane và York.

## II. Chất tải lạnh

### 1. Định nghĩa chất tải lạnh

Chất tải lạnh là môi trường trung gian nhận nhiệt của đối tượng cần làm lạnh chuyển tới thiết bị bay hơi, hệ thống lạnh dùng chất tải lạnh người ta gọi là hệ thống lạnh gián tiếp qua chất tải lạnh.

Người ta dùng chất tải lạnh trong một số các trường hợp sau:

- 1) Khó trực tiếp sử dụng dàn bay hơi để làm lạnh sản phẩm. Chẳng hạn như không gian làm lạnh phức tạp, hình dáng sản phẩm phức tạp.
- 2) Môi chất lạnh có tính độc hại ảnh hưởng không tốt đến môi trường và sản phẩm bảo quản, chất tải lạnh được coi là vòng tuần hoàn an toàn.

Khi có nhiều hộ tiêu thụ lạnh và khi hộ tiêu thụ lạnh ở xa nơi cung cấp lạnh: Trong trường hợp trên nếu dùng dàn bay hơi trực tiếp sẽ rất bất tiện vì đường ống môi chất dài và phức tạp, tổn môi chất lạnh, việc phát hiện rò rỉ khó khăn, tổn thất áp suất lớn. Nếu dùng chất tải lạnh, khắc phục được hầu hết các nhược điểm vì: đơn giản hóa

việc cung cấp lạnh như việc sử dụng nước muối lạnh làm lạnh cho các phòng lạnh khác nhau hoặc sử dụng nước đá trong các tàu, thuyền đánh cá, nitơ lỏng, CO<sub>2</sub> rắn để kết đông và bảo quản lạnh đông.

Đúng về mặt nhiệt động mà đánh giá thì dùng chất tải lạnh là nhược điểm, làm giảm exergie vì qua hai thiết bị trao đổi nhiệt hiệu nhiệt độ tăng lên làm giảm hệ số lạnh và hiệu quả nhiệt của chu trình.

Đúng về mặt kinh tế cũng không có lợi ích vì tốn thêm thiết bị trao đổi nhiệt, thiết bị tuần hoàn chất tải lạnh, mặt bằng lắp đặt, bố trí thiết bị... Do đó phương pháp chủ yếu vẫn là làm lạnh trực tiếp. Nhưng trong những trường hợp cụ thể đã nêu ở trên người ta vẫn sử dụng chất tải lạnh vì nó có những ưu điểm nhất định, nhiều khi đơn giản và tinh tế hơn là làm lạnh trực tiếp vì khắc phục được những nhược điểm của làm lạnh trực tiếp trong trường hợp ứng dụng cụ thể đó. Chất tải lạnh có thể là dạng khí như không khí, dạng lỏng như nước muối và các loại dung dịch các chất hữu cơ như rượu mêtanol, êtanal... Nitơ lỏng, dạng rắn như đá khô và nước đá ...

Chất tải lạnh cũng như môi chất lạnh cũng phải thỏa mãn một số yêu cầu nhất định.

## 2. Một số yêu cầu về chất tải lạnh

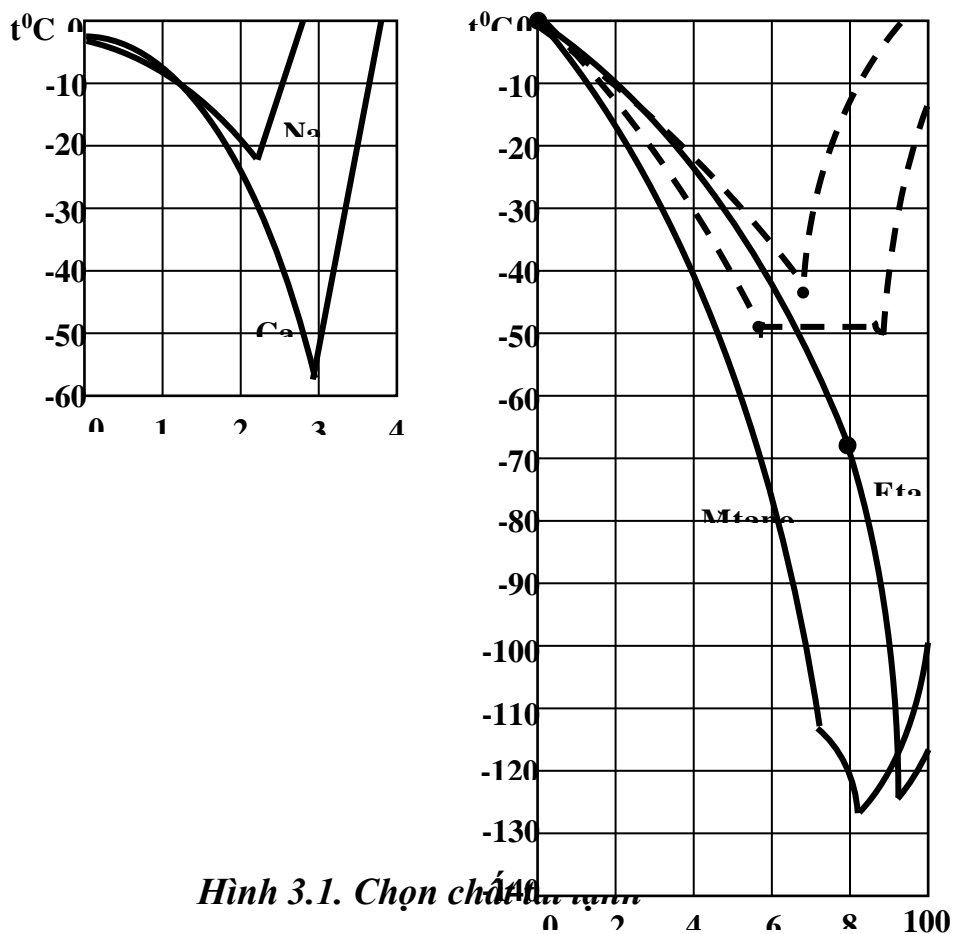
Vì chất tải lạnh là môi trường trung gian cần làm lạnh các sản phẩm nên nó có một số các yêu cầu sau đây:

- Nhiệt độ đông đặc của chất tải lạnh phải nhỏ hơn nhiệt độ bay hơi ở dàn lạnh, khoảng chênh lệch nhiệt độ này là  $\Delta t = t_0 - t_{dd} = 5$ .
- Nhiệt độ sôi ( $t_s$ ) phải cao hơn nhiệt độ môi trường, để khi dùng máy nén thì nhiệt độ chất tải lạnh nâng lên cao bằng nhiệt độ môi trường thì chất tải lạnh không bay hơi.
- Chất tải lạnh không ăn mòn kim loại, hợp kim chế tạo ra các thiết bị của hệ thống lạnh gián tiếp.
- Chất tải lạnh không gây cháy, không gây nổ, phải rẻ tiền và dễ kiếm.
- Chất tải lạnh có hệ số dẫn nhiệt  $\lambda$  và nhiệt dung riêng về khối lượng càng lớn càng tốt, có như vậy thì chất tải lạnh mới có tính trao đổi nhiệt tốt.
- Độ nhớt và khối lượng riêng của chất tải lạnh càng nhỏ càng tốt vì nó thuận lợi cho việc tuần hoàn của chất tải lạnh.
- Chất tải lạnh không gây độc hại đối với cơ thể người và cơ thể sống, không gây ô nhiễm môi trường, không làm biến chất sản phẩm, không làm giảm giá trị cảm quan, dinh dưỡng của thực phẩm ... v.v

### 3. Một số chất tải lạnh thông dụng

+ Thông thường chất tải lạnh người ta dùng muối natriclorua (NaCl), canxiclorua (CaCl<sub>2</sub>), rượu mêtylie (CH<sub>3</sub>OH), etylic (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), etylenglycol(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>), tricacbuahydroclorua(C<sub>3</sub>HCl<sub>3</sub>), glyxerin (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>),...v.v. Với hàm lượng nước nhiều nhất có thể được.

+ Thông thường chất tải lạnh người ta dùng muối natriclorua (NaCl) và canxiclorua (CaCl<sub>2</sub>) hòa trộn ở nhiệt độ t = -15<sup>0</sup>C với nước thì ta thu được một dung dịch có nhiệt độ đạt tới từ (-50 ÷ -45)<sup>0</sup>C, chất tải lạnh này thường được sử dụng trong những nhà máy sản xuất nước đá.



Hình 3.1. Chọn chất tải lạnh

### III. Dầu bôi trơn

#### 1. Quan hệ giữa môi chất và dầu trong máy lạnh

Dầu bôi trơn chủ yếu chứa ở các tế của máy nén và trực tiếp với môi chất lạnh, do vậy nó phải có tính chất hóa lý ổn định, không phản ứng hóa học với các môi chất lạnh và không gây nên những hậu quả xấu khác.

Trong số các chất môi chất lạnh được sử dụng cũng có một số môi chất lạnh có tác dụng hóa học yếu với dầu bôi trơn, nhưng ở điều kiện làm việc bình thường những

phản ứng này xảy ra rất yếu và không gây hậu quả nghiêm trọng nếu dầu bôi trơn có chất lượng cao và hệ thống tương đối khô sạch. Khi trong hệ thống có một lượng nhỏ đáng kể không khí và ẩm thì thường sẽ dẫn đến những phản ứng hóa học giữa những chất này với môi chất lạnh và dầu, kết quả của sự tương tác hóa học này gây nên tổn hao dầu, tạo thành các chất gây ăn mòn và cặn bẩn. Các quá trình này được tăng cường nếu nhiệt độ hơi nén ở đầu đẩy máy càng cao và cũng thường ảnh hưởng tới sự làm việc bình thường của clape, piston, nắp xylanh và ống đẩy.

Quan hệ của dầu bôi trơn với môi chất lạnh không giống nhau tùy theo đó là môi chất lạnh hòa tan với dầu, không hòa tan hay hòa tan hạn chế trong dầu.

Mức độ hòa tan của môi chất trong dầu cần phải được xem xét kỹ khi chọn môi chất lạnh vì nó phải phù hợp với kết cấu máy nén và các thiết bị khác trong hệ thống truyền dẫn môi chất. Môi chất lạnh hòa tan dầu trong cacte máy nén sẽ làm giảm độ nhớt của dầu và làm xấu khả năng bôi trơn nên phải chọn dầu có độ nhớt ban đầu cao hơn.

Dầu tuần hoàn cùng môi chất trong hệ thống lạnh còn làm giảm hệ số làm lạnh và công suất thiết bị vì nó làm giảm khả năng truyền nhiệt của các thiết bị trao đổi nhiệt.

Việc hồi dầu về máy nén phụ thuộc vào 3 yếu tố: Mức độ hòa tan dầu của môi chất, kiểu thiết bị bay hơi và nhiệt độ sôi của môi chất. Với những môi chất hòa tan dầu, việc hồi dầu về cacte dễ dàng hơn nhiều so với các môi chất không hòa tan dầu. Chẳng hạn khi môi chất sử dụng là  $\text{NH}_3$ , do nó nhẹ hơn dầu nên phần lớn dầu tách khỏi môi chất lỏng và đọng lại ở vị trí thấp nhất trong hệ thống. Ví vậy ở đáy các bình chứa, các thiết bị bay hơi, bình tách dầu,... có các bầu chứa dầu và dầu được xả định kỳ về máy nén. Trong các hệ thống lạnh có môi chất lạnh không cho phép hồi dầu hoàn toàn (môi chất không hay ít hòa tan dầu) hoặc ở các hệ thống dùng môi chất hòa tan dầu nhưng nhiệt độ bay hơi thấp hơn  $-18^\circ\text{C}$  người ta thường đặt bình tách dầu ở đầu máy nén để thu hồi dầu không cho dầu đi vào hệ thống.

## **2. Lựa chọn dầu bôi trơn máy lạnh**

### **2.1. Độ nhớt và độ hòa tan của dầu trong các môi chất lạnh.**

Khi chọn dầu bôi trơn cho máy nén lạnh phải căn cứ vào loại môi chất lạnh, nhiệt độ làm việc của hệ thống và kiểu máy nén.

Việc lựa chọn dầu bôi trơn thường theo giới thiệu của các hãng cung cấp dầu hay của các nhà chế tạo máy nén lạnh.

Bảng 9: trình bày các kiểu dầu bôi trơn thường dùng cùng tính chất độ nhớt và độ hòa tan của chúng với môi chất lạnh (H) CFC ở nhiệt độ thấp. Như đã trình bày trong các mục trên (H) CFC là tên gọi chung của các nhóm môi chất lạnh CFC như R12, R502,..., HCFC như R22,... và HFC như R134a,...

**2.2. Môi chất lạnh và các loại dầu thường dùng.**

**2.2.1. Dầu khoáng.** Ký hiệu M

Dầu khoáng được lọc từ dầu thô, dầu khoáng dùng thích hợp nhất trong các hệ thống lạnh là các loại dầu có cơ sở là Naphten.

Dầu khoáng có độ hòa tan tương đối thấp với (H) CFC ở nhiệt độ thấp.

**Bảng 9: CÁC LOẠI DẦU MÁY LẠNH**

Nhóm dầu	Kiểu dầu	Chỉ số độ nhớt			Độ hòa tan (H) CFC		
		Thấp	T.Bì nh	Cao	Thấp	T.Bì nh	Cao
M	Dầu khoáng	X	X		X	X	
A	Dầu tổng hợp trên cơ sở Alkyl benzen	X					X
MA	Hỗn hợp của M và A	X	X			X	X
P	Dầu tổng hợp trên cơ sở Polyalpha olefin			X	X		
AP	Hỗn hợp của A và P			X		X	
MP	Hỗn hợp của M và P			X		X	
E	Dầu tổng hợp trên cơ sở của các este tổng hợp			X	X HFC		X HCFC
G	Dầu tổng hợp trên cơ sở của Polyglycol			X			X

**2.2.2. Dầu tổng hợp A**

Đây là loại dầu tổng hợp thường được chiết từ khí thiên nhiên, nó có độ hòa tan cao với (H) CFC ở nhiệt độ bay hơi thấp, vì thế nó được dùng rất phù hợp cho các hệ thống lạnh (H) CFC.

Nói chung dầu dựa trên cơ sở Benzen Alkyl có độ ổn định nhiệt cao hơn dầu khoáng, vì thế nó cũng được dùng trong các hệ thống lạnh amôniac và giảm được nguy cơ cacbon hóa.

**2.2.3. Dầu hỗn hợp MA**



Đó là hỗn hợp của dầu Benzen Alkyl và dầu khoáng, có độ ổn định cao hơn và ít bị sulfat trong máy nén hơn dầu khoáng.

#### **2.2.4. Dầu tổng hợp P**

Dầu tổng hợp P là loại dầu tổng hợp trên cơ sở polyalphaolefin: Có độ ổn định nhiệt hóa cao nên thường được dùng trong các máy nén làm việc ở nhiệt độ cao như bơm nhiệt, loại dầu này rất phù hợp với các hệ thống lạnh môi chất amôniac vì nó rất bền vững khi trong hệ thống có không khí. Nó có nhiệt độ đông đặc thấp nên cũng rất phù hợp với hệ thống amôniac có nhiệt độ bay hơi thấp. Dầu tổng hợp P ít hòa tan môi chất trong các hệ thống lạnh (H) CFC ở nhiệt độ bay hơi thấp.

#### **2.2.5. Dầu hỗn hợp MP**

Là hỗn hợp của dầu khoáng và dầu polyalphaolefin: Nó rất phù hợp với hệ thống lạnh amôniac 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

#### **2.2.6. Dầu hỗn hợp AP**

Là hỗn hợp của dầu hỗn hợp Benzen Alkyl và polyalphaolefin: Có tính hòa tan cao hơn với các môi chất (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.

Hơn nữa, dầu AP có điểm Anilin thấp (một chỉ tiêu để đánh giá số lượng cacbon chưa no trong dầu và tính tương hợp của các loại dầu khi tiếp xúc với các gioăng, đệm cao su ) nên ít có khả năng gây nên rò rỉ ở các gioăng, đệm cao su.

#### **2.2.7. Dầu tổng hợp E**

Khác với các loại dầu M, A và P, dầu tổng hợp trên có cơ sở este (E) hòa tan một phần trong các môi chất lạnh không chứa clo HFC, như R134a vì thế nó được sử dụng trong các hệ thống lạnh R134a nó cũng có thể được sử dụng trong các hệ thống (H) CFC.

#### **2.2.8. Dầu tổng hợp G**

Đây là loại dầu tổng hợp trên cơ sở của polyglycol: Được chiết từ khí thiên nhiên Etan và Prôpan, các loại dầu này chỉ có thể dùng trong các hệ thống lạnh có môi chất gốc dầu thô LPG như Prôpan, Butan, IzoButan.

### **2.3. Bảng chọn dầu bôi trơn cho máy lạnh**

#### **2.3.1. Tiêu chuẩn quốc tế về dầu máy lạnh**

##### **2.3.1.1. Khối lượng riêng**

Chỉ tiêu khối lượng riêng rất có ý nghĩa khi chọn một loại dầu bôi trơn: Dầu có khối lượng riêng lớn hơn của môi chất không qua 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 và dầu polyglycol nặng hơn dầu khoáng, dầu khoáng có hàm lượng parafin lớn hơn sẽ có khối lượng riêng thấp hơn dầu naphten.

### 2.3.1.2. Độ nhớt

Theo tiêu chuẩn quốc tế (ISO), các loại dầu bôi trơn được phân theo các nhóm, tùy theo độ nhớt và ký hiệu bằng số ISO VG (ISO VG No.). Tương ứng với một ISO VG No., đo nhớt của dầu (tính bằng cst – Centistoc) ở +40°C sẽ nằm giữa hai giá trị cho trong bảng 10. Chẳng hạn ở +40°C độ nhớt của dầu ISO VG 68 sẽ giữa 61,2 và 74,8cSt.

[

**Bảng 10: TIÊU CHUẨN QUỐC TẾ VỀ ĐỘ NHỚT CỦA DẦU**

ISO VG No.	Khoảng độ nhớt động ở +40°C (cSt)
15	13,5 – 16,5
22	19,8 – 24,2
32	28,8 – 35,2
46	41,4 – 50,6
68	61,2 – 74,8
100	90,0 – 110,0
150	135,0 – 165,0
220	198,0 – 242,0
320	288,0 – 352,0
460	414,0 – 506,0

### 2.3.1.3. Chỉ số độ nhớt

Ký hiệu: VI

Là một thuật ngữ kỹ thuật để chỉ sự biến đổi độ nhớt của dầu khi nhiệt độ thay đổi, chỉ số độ nhớt, theo ISO, chỉ ra rằng một VI cao biểu thị sự thay đổi của độ nhớt dưới tác dụng của nhiệt độ ít hơn so với VI thấp hơn.

### 2.3.1.4. Điểm 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 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 amôniac ( $\text{NH}_3$ ).

#### **2.3.1.5. Điểm lưu động.**

Là nhiệt độ mà dầu đặc quánh lại và không chuyển động trong vòng 5 giây khi đặt nằm bình chứa dầu lạnh này.

Theo tiêu chuẩn thì nhiệt độ điểm lưu động thấp hơn nhiệt độ đo  $3^{\circ}\text{C}$ , điểm lưu động rất có ý nghĩa với các loại dầu sử dụng cho hệ thống  $\text{NH}_3$  vì dầu có nhiệt độ lưu động thấp dễ tháo ra khỏi hệ thống có áp lực thấp.

Để giảm lượng dầu cuốn đi từ máy nén trong hệ thống lạnh  $\text{NH}_3$  có nhiệt độ bay hơi thấp hơn  $-40^{\circ}\text{C}$  nên có các bình phân ly dầu hiệu quả cao hoặc dùng dầu P hoặc dầu AP.

#### **2.3.1.6. Điểm vẩn đục.( điểm floc)**

Là nhiệt độ mà khi hỗn hợp R12 với 10% dầu thì nó trở nên vẩn đục do tạo thành các phân tử sáp bị phân ly từ dầu khi bị làm lạnh.

Đối với các loại dầu E điểm vẩn đục được đo khi hỗn hợp 10% dầu với 90% R134a như chỉ dẫn của hãng cung cấp dầu, đối với những loại môi chất HFC mới chưa có phương pháp chuẩn để xác định nhiệt độ này. Điểm vẩn đục có vai trò quan trọng khi chọn dầu cho hệ thống lạnh có môi chất lạnh hòa tan trong dầu như các hệ thống (H) CFC.

Dầu có điểm vẩn đục thấp tức là nó có hàm lượng sáp nhỏ và do đó rất phù hợp với các hệ thống lạnh môi chất (H) CFC làm việc với nhiệt độ bay hơi thấp. Khi hàm lượng sáp trong dầu bị phân ly sẽ hạn chế những bất lợi xảy ra với van tiết lưu và van điều chỉnh.

#### **2.3.1.7. Số chỉ màu.**

Đó là thuật ngữ chỉ độ trong sáng của dầu khi so sánh với kính màu: 0,5 là màu sáng nhất và 0,8 là màu tối nhất. Chữ “L” đứng trước số chỉ màu để biểu thị rằng dầu hơi sáng hơn màu chỉ thị.

#### **2.3.1.8. Điểm anilin.**

Là nhiệt độ ( $^{\circ}\text{C}$ ) mà dầu trở nên một hỗn hợp trong suốt với anilin nguyên chất, nó biểu thị số 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.

#### **2.3.1.9. Độ trung hòa**

Biểu thị hàm lượng axit có trong dầu và được đo bằng hàm lượng hydrôxít kali có trong dầu: mg/1g dầu thí nghiệm. Nói chung dầu máy lạnh được lọc kỹ nên có độ trung hòa thấp.

#### **2.3.2. Bảng dầu máy lạnh**

Trong các bảng dầu máy lạnh trình bày trong phần này, tính chất các loại dầu được giới thiệu theo các đặc tính nói trên phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế ISO.

Khi lựa chọn dầu phù hợp với các kiểu máy nén (máy nén piston, máy nén trục vít) và môi chất lạnh sử dụng có thể dùng các bảng 11 và 12. Trong đó trình bày rõ khả năng phù hợp của từng loại dầu với môi chất amôniac, với các môi chất (H)CFC chỉ trình bày giới hạn nhiệt độ bay hơi cho phép làm việc với từng loại dầu.

Các bảng 13 giới thiệu các loại dầu của các hãng khác nhau sản xuất dùng cho các môi chất lạnh (H) CFC và amôniac (R717). Các loại dầu bôi trơn cho các máy nén dùng môi chất HFC cho trong bảng 14. Bảng 15 giới thiệu các loại dầu cho máy nén LPG, theo giới thiệu của hãng SABROE Đàng Mạch.

Trong bảng từ 11 đến 15 cột “số hiệu”, chữ đầu tiên ký hiệu loại dầu, con số tiếp theo chỉ số tiêu chuẩn quốc tế về dầu máy lạnh ISO VG.

## Chương IV

### CÁC CHU TRÌNH LẠNH CƠ BẢN CỦA MÁY NÉN HƠI

#### I. CÁC CHU TRÌNH LẠNH MỘT CẤP NÉN

##### 1. Chu trình Cacno ngược (chu trình âm)

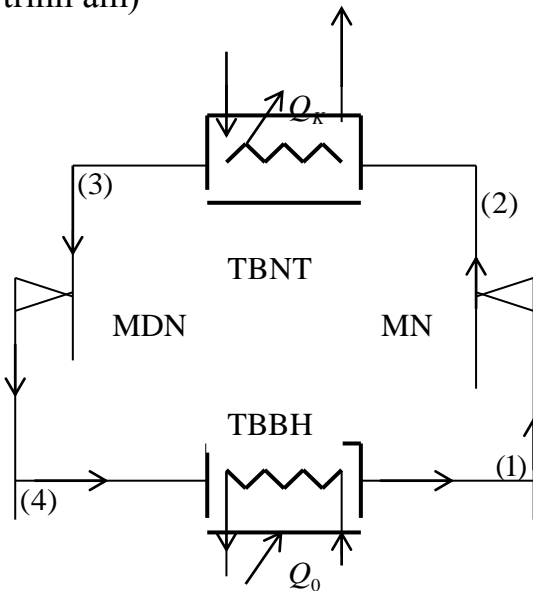
##### 1.1. Sơ đồ thiết bị

MN : Máy nén.

MDN : Máy giãn nở.

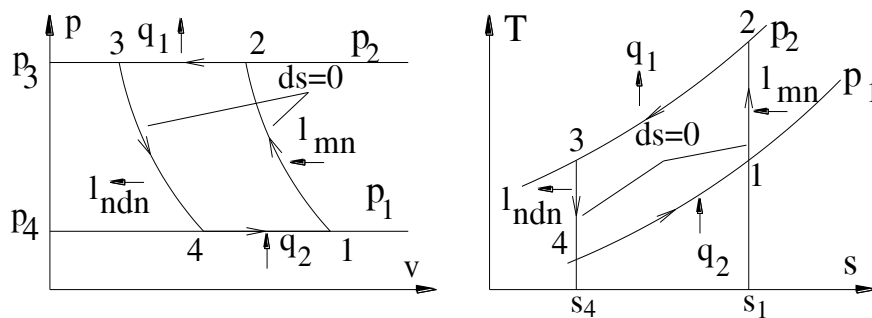
TBNT: Thiết bị ngưng tụ.

TBBH: Thiết bị bay hơi.



*Hình 4.1. Sơ đồ nguyên lý chu trình Carnot ngược*

##### 1.2. Đồ thị nhiệt động



*Hình 4.2. Đồ thị P - v, T-s*

- \_ Quá trình 1-2 : là quá trình nén đoạn nhiệt ở máy nén.
- \_ Quá trình 2-3 : là quá trình ngưng tụ đẳng áp ở thiết bị ngưng tụ.
- \_ Quá trình 3-4 : là quá trình giãn nở đoạn nhiệt ở máy giãn nở.
- \_ Quá trình 4-1 : là quá trình bay hơi đẳng áp ở thiết bị bay hơi.

##### 1.3. Nguyên lý hoạt động

\_ Quá trình 4-1: môi chất lạnh sau thực hiện quá trình giãn nở sinh công ở máy giãn nở được đưa về thiết bị bay hơi, tại đây nó nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh thực hiện quá trình bay hơi đẳng nhiệt  $T_0 = \text{const}$  ( $P_0 = \text{const}$ ),

chuyển pha từ pha lỏng (hơi bão hòa ẩm có độ khô bé) sang pha hơi (hơi bão hòa ẩm có độ khô lớn gần trạng thái hơi bão hòa khô). Sau khi ra khỏi thiết bị bay hơi môi chất lạnh ở trạng thái (1).

\_ Quá trình 1-2: môi chất lạnh ở trạng thái (1) được máy nén hút về nén đoạn nhiệt lên trạng thái (2) ( $s_1 = s_2 = s = \text{const}$ ), quá trình nén này làm tăng áp suất và tăng nhiệt độ từ  $P_0$  lên  $P_k$ . Từ  $T_0$  lên  $T_k$ , môi chất lạnh sau khi ra khỏi máy nén nó ở trạng thái (2).

\_ Quá trình 2-3: môi chất lạnh ở trạng thái (2) được đưa về thiết bị ngưng tụ, tại đây nó thải nhiệt ra cho môi trường làm mát thực hiện quá trình ngưng tụ đẳng nhiệt  $T_k = \text{const}$  ( $P_k = \text{const}$ ), để chuyển đổi pha từ pha hơi (bão hòa khô  $x=1$ ) sang pha lỏng (bão hòa lỏng  $x = 0$ ), môi chất lạnh sau khi ra khỏi thiết bị ngưng tụ nó ở trạng thái (3).

\_ Quá trình 3-4: môi chất lạnh ở trạng thái (3) được đưa về máy giãn nở để thực hiện quá trình giãn nở đoạn nhiệt ( $s_3 = s_4 = s = \text{const}$ ) sinh công. Quá trình giãn nở này nó làm giảm áp suất và giảm nhiệt độ từ  $P_k$  xuống  $P_0$  và từ  $T_k$  xuống  $T_0$ , sau đó được đưa vào dàn bay hơi thực hiện một chu trình mới tiếp theo.

#### 1.4. Các phương trình trạng thái tính toán nhiệt

**1.4.1. Năng suất lạnh riêng của chu trình cacnô ngược:** ký hiệu:  $q_o$  (kj/kg)

$$dt(1456) = q_o = h_1 - h_4 ; \text{ kj/kg}$$

Như vậy năng suất lạnh của chu trình là  $Q_0$ , Kw

$$Q_o = m_{tt} \cdot q_o = m_{tt} (h_1 - h_4), \text{ Kw}$$

**1.4.2. Công nén riêng của máy nén:** ký hiệu:  $l$ , (kj/kg)

$$dt(1278) = l = h_2 - h_1, \text{ kj/kg}$$

Như vậy công nén của chu trình là  $L$ , Kw

$$L = m_{tt} \cdot l = m_{tt} (h_2 - h_1), \text{ Kw}$$

**1.4.3. Công giãn nở riêng của máy giãn nở:** ký hiệu  $l_{dn}$ , (kj/kg)

$$dt(3478) = l_{dn} = h_3 - h_4, \text{ kj/kg}$$

Như vậy công giãn nở của chu trình là:

$$L_{dn} = m_{tt} \cdot l_{dn} = m_{tt} (h_3 - h_4), \text{ kw}$$

**1.4.4. Công tiêu tổn riêng của chu trình:** ký hiệu:  $l_c$ , (kj/kg)

$$dt(1234) = l_c = l - l_{dn} = (h_2 - h_1) - (h_3 - h_4), \text{ kj/kg.}$$

Như vậy công tiêu tổn của chu trình là:

$$L_C = m_{tt} \cdot l_c = m_{tt} [(h_2 - h_1) - (h_3 - h_4)], \text{ kw}$$

Trong đó:  $m_{tt}$  : lưu lượng môi chất lạnh thực tế tuần hoàn qua hệ thống ( $m^3/s$ ).

**1.4.5. Nhiệt lượng riêng thải ra ở thiết bị ngưng tụ:** ký hiệu:  $q_K$

$$dt(2356) = q_K = h_2 - h_3, \text{ kJ/kg}$$

Như vậy nhiệt lượng riêng thải ra ở thiết bị ngưng tụ là:

$$Q_K = m_{tt}.q_k = m_{tt} (h_2 - h_3), \text{ kw}$$

**1.4.6. Hệ số làm lạnh của chu trình cacnô ngược:** ký hiệu:  $\epsilon_c$

$$\epsilon_c = \frac{q_0}{l_c}$$

Trên đồ thị T-S ta có :  $dt(2356) = dt(2341) + dt(1456)$

$$\Leftrightarrow q_K = q_0 + l_c \Rightarrow l_c = q_K - q_0.$$

$$\begin{aligned} \text{Như vậy: } \epsilon_c &= \frac{q_0}{q_K - q_0} = \frac{dt(1456)}{dt(2341)} = \frac{T_0 \Delta S}{(T_K - T_0) \Delta S} = \frac{T_0}{T_K - T_0} \\ \Rightarrow \epsilon_c &= \frac{T_0}{T_K - T_0} = \frac{1}{\frac{T_K}{T_0} - 1} \end{aligned}$$

**Nhận xét :**

\_  $\epsilon_c$  : chỉ phụ thuộc vào  $T_0$  và  $T_K$  chứ không phụ thuộc vào môi chất lạnh, nhưng trong thực tế thì nó phụ thuộc rất nhiều vào môi chất lạnh.

\_ Đối với chu trình cacnô ngược thì hệ số làm lạnh  $\epsilon_c$  của chu trình này là lớn nhất so với tất cả các chu trình lạnh khác có cùng  $T_0$  và  $T_K$ , chính vì vậy mà người ta gọi chu trình cacnô ngược là chu trình lạnh lý tưởng và có hệ số lạnh  $\epsilon_c$  lý tưởng. Do đó trong thực tế người ta lấy hệ số làm lạnh của chu trình này làm chuẩn để so sánh với các chu trình khác trong thực tế, thông qua một đại lượng gọi là hiệu suất Exergi  $\nu$ , và biểu thức của nó được viết như sau:

$$\nu = \frac{\epsilon}{\epsilon_c} = \epsilon \left( \frac{T_K}{T_0} - 1 \right)$$

Trong đó :  $\epsilon$  hệ số làm lạnh của chu trình thực tế.

$\epsilon_c$  hệ số làm lạnh của chu trình cacnô.-

**2. Chu Trình Khô**

Chu trình cacnô ngược có công tiêu hao nhỏ nhất, năng suất lạnh lớn nhất, hệ số làm lạnh lớn nhất nhưng nó lại có quá nhiều nhược điểm về mặt vận hành.

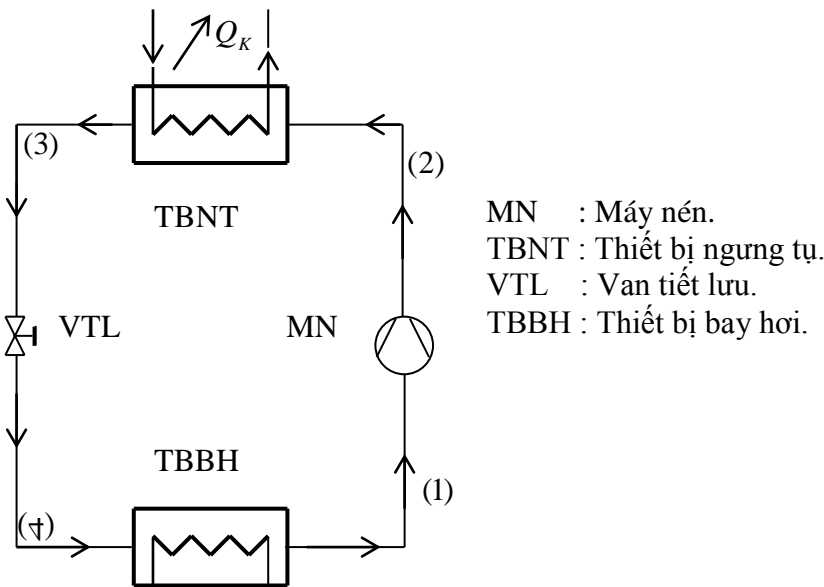
\_ Vì trạng thái (1) nằm trong vùng hơi bão hoà ẩm, độ ẩm phải điều chỉnh sao cho trạng thái (2) cuối quá trình nén rơi vào đường bão hoà khô, điều đó trong thực tế

thực hiện quá khó. Hơn nữa lỏng và hơi bố trí trong không gian máy nén nên máy nén dễ gây va đập thủy lực.

\_ Máy giãn nở có khả năng sinh công nhưng thực tế rất cồng kềnh và làm chi phí đầu tư lớn, mặt khác công sinh ra không lớn.

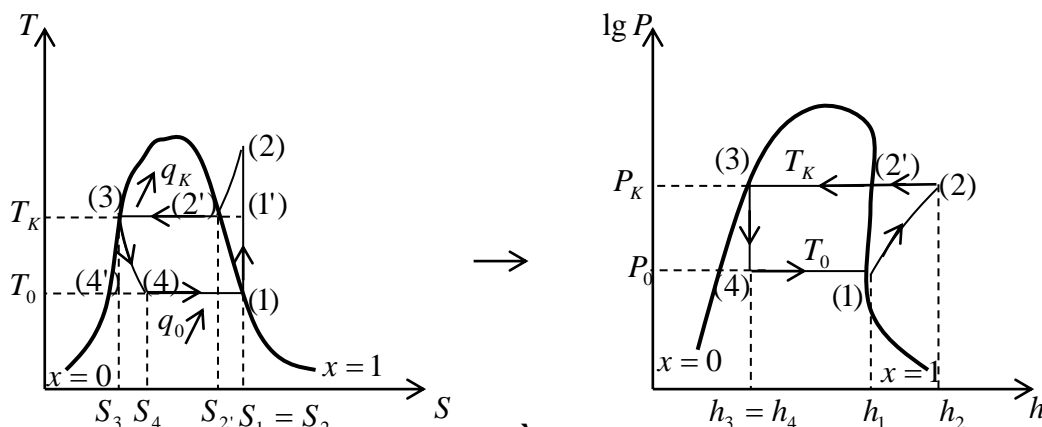
Để khắc phục các nhược điểm trên người ta cho máy nén hút hơi bão hoà khô và thay máy giãn nở bằng thiết bị van tiết lưu (VTL) hay ống xoắn (cáp) thì chu trình máy nén lạnh đơn giản hơn, vận hành dễ dàng, giá thành đầu tư nhỏ, và chu trình này người ta gọi là chu trình khô.

**2.1. Sơ đồ thiết bị**



Hình 4.3. Sơ đồ nguyên lý chu trình khô sử dụng 1 van tiết lưu

**2.2. Đồ thị chu trình nhiệt động:**



Hình 4.4. Đồ thị T - S và LgP-h

**2.3. Nguyên lý hoạt động:**



\_ Quá trình 1-2 : là quá trình nén đoạn nhiệt xảy ra ở máy nén ( $s = \text{const}$ ). Môi chất lạnh sau khi ra khỏi thiết bị bay hơi (dàn lạnh) ở trạng thái (1) nằm trên đường  $x = 1$ , có áp suất là  $P_0$ , nhiệt độ là  $T_0$ , được máy nén hút về nén đoạn nhiệt lên trạng thái (2) ( $s_1 = s_2 = s = \text{const}$ ), quá trình nén này làm tăng áp suất và tăng nhiệt độ từ  $P_0$  lên  $P_k$  và từ  $T_0$  lên  $T_2$ .

\_ Quá trình 2-3 : là quá trình ngưng tụ đẳng áp chuyển pha từ pha hơi sang pha lỏng, xảy ra ở thiết bị ngưng tụ ( $P_k = \text{const}$ ). Môi chất lạnh ở trạng thái (2) được đưa về thiết bị ngưng tụ tại đây môi chất lạnh sẽ thải nhiệt ra cho môi trường cần làm mát (nước hoặc không khí...v.v) thực hiện quá trình ngưng tụ đẳng áp ( $P_k = \text{const}$ ) chuyển đổi pha từ pha lỏng sang pha hơi và sau khi ra khỏi thiết bị ngưng tụ nó ở trạng thái (3) nằm trên đường  $x = 0$ , có áp suất  $P_k$  và nhiệt độ  $T_k$ .

\_ Quá trình 3-4 : là quá trình tiết lưu đẳng entalpi làm giảm áp suất và nhiệt độ xảy ra ở van tiết lưu ( $h = \text{const}$ ),  $\Delta S > 0$  (do đoạn nhiệt không thuận nghịch). Môi chất lạnh ở trạng thái (3) được đưa về van tiết lưu, tại đây nó thực hiện quá trình tiết lưu đẳng entalpi ( $h_3 = h_4 = \text{const}$ ), quá trình này làm giảm áp suất và nhiệt độ từ  $P_k$  xuống  $P_0$  và từ  $T_k$  xuống  $T_0$ , sau khi ra khỏi van tiết lưu nó ở trạng thái (4).

\_ Quá trình 4-1 : là quá trình bay hơi đẳng áp chuyển pha từ lỏng sang hơi, xảy ra ở thiết bị bay hơi ( $P_0 = \text{const}$ ). Môi chất lạnh ở trạng thái (4) được đưa vào dàn lạnh, tại đây môi chất lạnh sẽ nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh thực hiện quá trình bay hơi đẳng áp ( $P_4 = P_1 = \text{const}$ ) chuyển đổi pha từ pha lỏng có độ khô nhỏ thành pha hơi bão hòa khô nằm trên đường  $x = 1$ , và các quá trình diễn ra liên tục thực hiện một chu trình mới tiếp theo.

## 2.4. Các phương trình trạng thái tính toán nhiệt

### 2.4.1. Năng suất lạnh riêng của chu trình : ký hiệu $q_0$ , (kj/kg)

$$q_0 = h_1 - h_4 \text{ , kj/kg}$$

Như vậy năng suất lạnh riêng của chu trình là:

$$Q_0 = m_{tt} \cdot q_0 = m_{tt} \cdot (h_1 - h_4) \text{ , (kj/s, kw).}$$

### 2.4.2. Công nén riêng của chu trình:

Công nén riêng của chu trình chính là công riêng của chu trình vì quá trình tiết lưu không sinh công ( $l_{dn} = 0$ ), như vậy:

$$l = l_c = h_2 - h_1 = \int_{p_0}^{p_k} -v dp \text{ , kj/kg}$$

Như vậy công nén của chu trình chính là:

$$L = m_{tt} \cdot l = m_{tt} \cdot (h_2 - h_1) \text{ , kw}$$

**2.4.3. Nhiệt lượng riêng thải ra ngoài ở thiết bị ngưng tụ của chu trình:**

ký hiệu:  $q_K$ , kJ/kg.

$$q_K = h_2 - h_3 = q_0 + l, \text{ kJ/kg.}$$

Như vậy nhiệt thải của chu trình là:

$$Q_K = m_{tt}.q_K = m_{tt} (h_2 - h_3), \text{ kw.}$$

**2.4.4. Hệ số làm lạnh của chu trình là: ký hiệu :  $\varepsilon$**

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l}$$

**Nhận xét:**

– Nhìn vào đồ thị T-S ta thấy  $q_0 < q_{0c}, l > l_c$

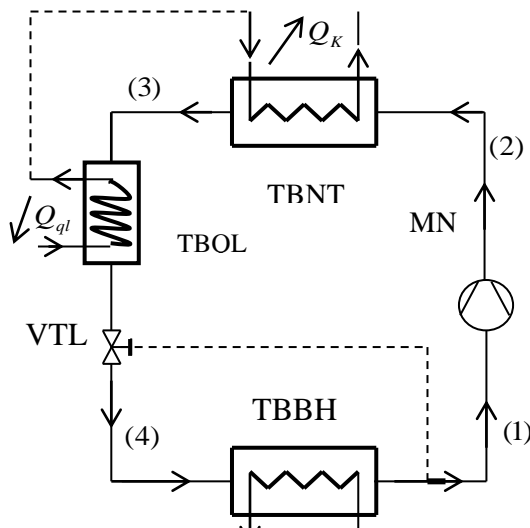
Như vậy: 
$$\varepsilon = \frac{q_0}{l} < \frac{q_{0c}}{l_c} = \varepsilon_c$$

– Hệ số làm lạnh của nó luôn nhỏ hơn hệ số làm lạnh của chu trình cacnô.

Như vậy hệ thống lạnh có năng suất lạnh tăng, hệ số làm lạnh tăng và quá trình vận hành an toàn có nghĩa trạng thái (1) hơi môi chất hút về phải nằm ngoài đường  $x = 1$  (đường hơi bão hòa khô) là hơi quá nhiệt, để thực hiện được những vấn đề trên thì ta cần phải xét các chu trình tiếp theo ở các mục sau.

**3. Chu trình lạnh có quá lạnh và quá nhiệt**

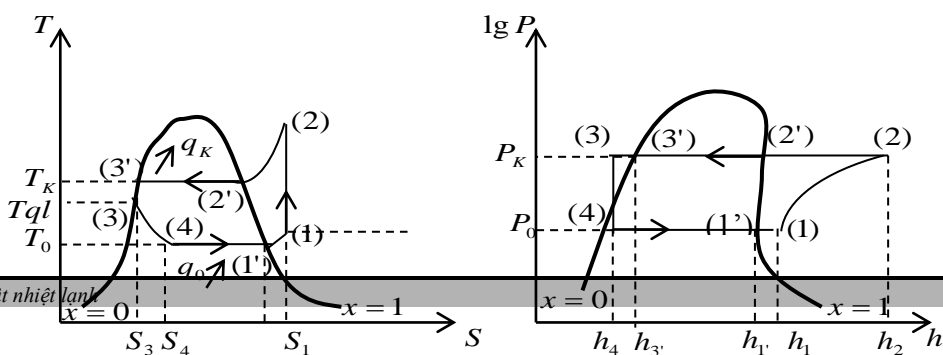
**3.1/ Sơ đồ thiết bị:**



MN : Máy nén.  
 TBNT : Thiết bị ngưng tụ.  
 TBQL : Thiết bị quá lạnh.  
 VTL : Van tiết lưu.  
 TBBH : Thiết bị bay hơi.

**Hình 4.5. Sơ đồ nguyên lý chu trình có quá lạnh và quá nhiệt**

**2. Đồ thị chu trình nhiệt động**



### Hình 4.6. Đồ thị $T - S$ và $L_{gp} - h$

#### 3.3. Nguyên lý hoạt động :

\_ Quá trình 1-2: là quá trình nén đoạn nhiệt ( $s = \text{const}$ ) xảy ra ở máy nén. Môi chất lạnh sau khi ra khỏi thiết bị bay hơi (dàn lạnh) ở trạng thái (1') nằm trên đường  $x = 1$ , có áp suất là  $P_0$ , nhiệt độ là  $T_0$ , nhưng do quá trình tiết lưu tự động tạo ra độ quá nhiệt hoặc do tổn thất nhiệt trên đường ống ...v.v mà nó tạo ra độ quá nhiệt chuyển từ trạng thái (1') sang trạng thái (1) và được máy nén hút về nén đoạn nhiệt lên trạng thái (2) ( $s_1 = s_2 = s = \text{const}$ ), quá trình nén này làm tăng áp suất và tăng nhiệt độ từ  $P_0$  lên  $P_k$  và từ  $T_0$  lên  $T_2$ .

\_ Quá trình 2-3': là quá trình ngưng tụ đẳng áp ( $p_k = \text{const}$ ) chuyển pha từ pha hơi sang pha lỏng, xảy ra ở thiết bị ngưng tụ. Môi chất lạnh ở trạng thái (2) được đưa về thiết bị ngưng tụ tại đây môi chất lạnh sẽ thải nhiệt ra cho môi trường cần làm mát (nước hoặc không khí...v.v) thực hiện quá trình ngưng tụ đẳng áp ( $P_k = \text{const}$ ) chuyển đổi pha từ pha lỏng sang pha hơi và sau khi ra khỏi thiết bị ngưng tụ nó ở trạng thái (3') nằm trên đường  $x = 0$ , có áp suất  $P_k$  và nhiệt độ  $T_k$ .

\_ Quá trình 3'-3: là quá trình quá lạnh hạ thấp nhiệt lỏng môi chất sau khi ra khỏi thiết bị ngưng tụ, xảy ra ở thiết bị quá lạnh. Môi chất lạnh ở trạng thái (3') được đưa về thiết bị quá lạnh tại đây nó trao đổi nhiệt với môi trường quá lạnh để làm giảm nhiệt độ từ  $T_k$  xuống  $T_{ql}$ , chuyển trạng thái từ (3') sang trạng thái (3).

\_ Quá trình 3-4: là quá trình tiết lưu đẳng entalpi ( $h = \text{const}$ ) hạ thấp nhiệt độ, giảm áp suất, xảy ra ở van tiết lưu, vì quá trình này là quá trình đoạn nhiệt không thuận nghịch nên entropi tăng. Môi chất lạnh ở trạng thái (3) được đưa về van tiết lưu, tại đây nó thực hiện quá trình tiết lưu đẳng entalpi ( $h_3 = h_4 = \text{const}$ ), quá trình này làm giảm áp suất và nhiệt độ từ  $P_k$  xuống  $P_0$  và từ  $T_k$  xuống  $T_0$ , sau khi ra khỏi van tiết lưu nó ở trạng thái (4).

\_ Quá trình 4-1': là quá trình bay hơi đẳng áp ( $p_0 = \text{const}$ ) chuyển pha từ pha lỏng sang pha hơi, do nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh, xảy ra ở thiết bị bay hơi. Môi chất lạnh ở trạng thái (4) được đưa vào dàn lạnh, tại đây môi chất lạnh sẽ nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh thực hiện quá trình bay hơi đẳng áp ( $P_4 = P_1 = \text{const}$ ) chuyển đổi pha từ pha lỏng có độ khô nhỏ thành pha hơi bão hòa khô nằm trên đường  $x = 1$ , sau khi ra khỏi dàn lạnh môi chất lạnh ở trạng thái (1).

- Quá trình 1'-1: là quá trình quá nhiệt, làm nhiệt độ hơi môi chất sau khi ra khỏi thiết bị bay hơi tăng lên trước khi máy nén hút về, là do quá trình tiết lưu tự động hoặc do tổn thất nhiệt trên đường ống trước khi về máy nén.

### 3.4. Các phương trình trạng thái tính toán nhiệt:

#### 3.4.1. Năng suất lạnh riêng của chu trình : ký hiệu $q_0$ , (kj/kg)

$$q_0 = h_{1'} - h_4, \text{ kj/kg}$$

Như vậy năng suất lạnh của chu trình là:

$$Q_0 = m_{tt} \cdot q_0 = m_{tt} \cdot (h_{1'} - h_4), \text{ kw.}$$

#### 3.4.2. Công nén riêng của chu trình: ký hiệu $l$ , kj/kg

$$l = h_2 - h_1, \text{ kj/kg.}$$

Như vậy công nén của chu trình là:

$$L = m_{tt} \cdot l = m_{tt} \cdot (h_2 - h_1), \text{ kw}$$

#### 3.4.3. Nhiệt lượng riêng thải ra ngoài ở thiết bị ngưng tụ của chu trình:

ký hiệu:  $q_K$ , kj/kg.

$$q_K = h_2 - h_{3'}, \text{ kj/kg.}$$

Như vậy nhiệt lượng thải ra ngoài của thiết bị ngưng tụ là:

$$Q_K = m_{tt} \cdot q_K = m_{tt} (h_2 - h_{3'}), \text{ kw.}$$

#### 3.4.4. Nhiệt lượng riêng thải ra ở thiết bị quá lạnh: ký hiệu: $q_{ql}$ , kj/kg

$$\Delta q_{ql} = h_{3'} - h_3, \text{ kj/kg}$$

Như vậy nhiệt lượng thải ra ở thiết bị quá lạnh là:

$$\Delta Q_{ql} = m_{tt} \cdot \Delta q_{ql} = m_{tt} (h_{3'} - h_3), \text{ kw.}$$

#### 3.4.5. Nhiệt lượng riêng tổn thất do quá trình quá nhiệt, $q_{qn}$ , kj/kg.

$$\Delta q_{qn} = h_1 - h_{1'}, \text{ kj/kg.}$$

Như vậy nhiệt lượng tổn thất do quá trình quá nhiệt là:

$$\Delta Q_{qn} = m_{tt} \cdot \Delta q_{qn} = m_{tt} (h_1 - h_{1'}), \text{ kw.}$$

#### 3.4.6. Độ quá nhiệt của hơi môi chất lạnh hút về máy nén, ký hiệu : $\Delta t_{qn}$ .

$$\Delta t_{qn} = t_1 - t_0 = t_1 - t_{1'} = T_{qn} - T_0, (t_{1'} = t_0) .$$

#### 3.4.7. Độ quá lạnh của lỏng môi chất về van tiết lưu, ký hiệu : $\Delta t_{ql}$ .

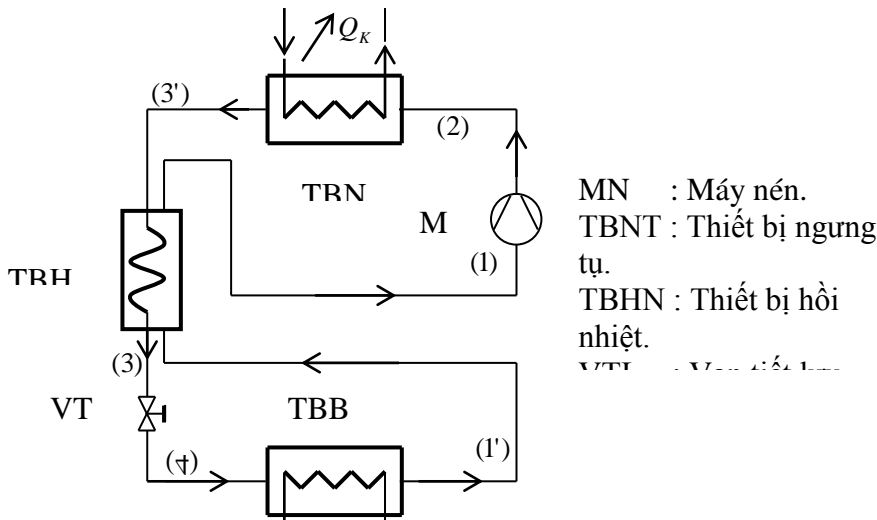
$$\Delta t_{ql} = t_{3'} - t_3 = t_k - t_3 = T_k - T_{ql}, (t_k = t_{3'}) .$$

#### 3.4.8. Hệ số làm lạnh của chu trình là: $\varepsilon$

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l} = \frac{Q_0}{L} = \frac{h_{1'} - h_4}{h_2 - h_1}$$

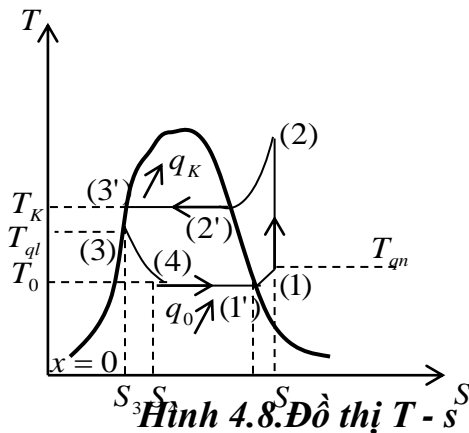
## 4. Chu trình lạnh có thiết bị hồi nhiệt:

### 4.1. Sơ đồ thiết bị của chu trình:

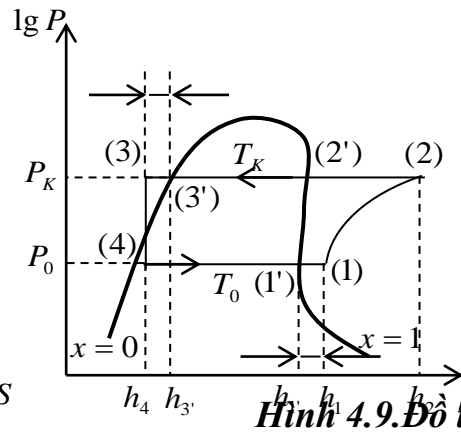


**Hình 4.7. Sơ đồ nguyên lý chu trình sử dụng thiết bị hồi nhiệt**

**4.2. Đồ thị nhiệt động:**



**Hình 4.8. Đồ thị T - s**



**Hình 4.9. Đồ thị lgP - h**

**4.3. Nguyên lý hoạt động:**

\_ Quá trình 1-2: là quá trình nén đoạn nhiệt ( $s = \text{const}$ ) xảy ra ở máy nén. Môi chất lạnh sau khi ra khỏi thiết bị bay hơi (dàn lạnh) ở trạng thái (1') nằm trên đường  $x = 1$ , có áp suất là  $P_0$ , nhiệt độ là  $T_0$ , nhưng do quá trình tiết lưu tự động tạo ra độ quá nhiệt hoặc do tổn thất nhiệt trên đường ống ...v.v mà nó tạo ra độ quá nhiệt chuyển từ trạng thái (1') sang trạng thái (1) và được máy nén hút về nén đoạn nhiệt lên trạng thái (2) ( $s_1 = s_2 = s = \text{const}$ ), quá trình nén này làm tăng áp suất và tăng nhiệt độ từ  $P_0$  lên  $P_k$  và từ  $T_0$  lên  $T_2$ .

\_ Quá trình 2-3': là quá trình ngưng tụ đẳng áp ( $p_k = \text{const}$ ) chuyển pha từ pha hơi sang pha lỏng, xảy ra ở thiết bị ngưng tụ. Môi chất lạnh ở trạng thái (2) được đưa về thiết bị ngưng tụ tại đây môi chất lạnh sẽ thải nhiệt ra cho môi trường cần làm mát (nước hoặc không khí...v.v) thực hiện quá trình ngưng tụ đẳng áp ( $P_k = \text{const}$ )

chuyển đổi pha từ pha lỏng sang pha hơi và sau khi ra khỏi thiết bị ngưng tụ nó ở trạng thái (3') nằm trên đường  $x = 0$ , có áp suất  $P_k$  và nhiệt độ  $T_k$ .

\_ Quá trình 3'-3: là quá trình quá lạnh hạ thấp nhiệt lỏng môi chất sau khi ra khỏi thiết bị ngưng tụ, xảy ra ở thiết bị hồi nhiệt. Môi chất lạnh ở trạng thái (3') được đưa về thiết bị hồi nhiệt tại đây nó trao đổi nhiệt với môi trường quá lạnh để làm giảm nhiệt độ từ  $T_k$  xuống  $T_{ql}$ , chuyển trạng thái từ (3') sang trạng thái (3).

\_ Quá trình 3-4: là quá trình tiết lưu đẳng entalpi ( $h = \text{const}$ ) hạ thấp nhiệt độ, giảm áp suất, xảy ra ở van tiết lưu, vì quá trình này là quá trình đoạn nhiệt không thuận nghịch nên entropi tăng. Môi chất lạnh ở trạng thái (3) được đưa về van tiết lưu, tại đây nó thực hiện quá trình tiết lưu đẳng entalpi ( $h_3 = h_4 = \text{const}$ ), quá trình này làm giảm áp suất và nhiệt độ từ  $P_k$  xuống  $P_0$  và từ  $T_k$  xuống  $T_0$ , sau khi ra khỏi van tiết lưu nó ở trạng thái (4).

\_ Quá trình 4-1': là quá trình bay hơi đẳng áp ( $p_0 = \text{const}$ ) chuyển pha từ pha lỏng sang pha hơi, do nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh, xảy ra ở thiết bị bay hơi. Môi chất lạnh ở trạng thái (4) được đưa vào dàn lạnh, tại đây môi chất lạnh sẽ nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh thực hiện quá trình bay hơi đẳng áp ( $P_4 = P_1 = \text{const}$ ) chuyển đổi pha từ pha lỏng có độ khô nhỏ thành pha hơi bão hòa khô nằm trên đường  $x = 1$ , sau khi ra khỏi dàn lạnh môi chất lạnh ở trạng thái (1).

\_ Quá trình 1'-1: là quá trình quá nhiệt, làm nhiệt độ hơi môi chất sau khi ra khỏi thiết bị bay hơi tăng lên trước khi máy nén hút về, là do quá trình tiết lưu tự động hoặc do tổn thất nhiệt trên đường ống trước khi về máy nén.

#### 4.4. Các phương trình trạng thái tính toán nhiệt

##### 4.4.1. Năng suất lạnh riêng của chu trình : ký hiệu $q_o$ , (kj/kg)

$$q_o = h_{1'} - h_4, \text{ kj/kg}$$

Như vậy năng suất lạnh của chu trình là:

$$Q_O = m_{tt}.q_o = m_{tt}.(h_{1'} - h_4), \text{ kw.}$$

##### 4.4.2. Công nén riêng của chu trình: ký hiệu $l$ , kj/kg

$$l = h_2 - h_1, \text{ kj/kg.}$$

Như vậy công nén của chu trình là:

$$L = m_{tt}.l = m_{tt} .(h_2 - h_1), \text{ kw}$$

##### 4.4.3/Nhiệt lượng riêng thải ra ngoài ở thiết bị ngưng tụ của chu trình:

$$\text{ký hiệu : } q_K, \text{ kj/kg.}$$

$$q_K = h_2 - h_{3'}, \text{ kj/kg.}$$

Như vậy nhiệt lượng thải ra ngoài ở thiết bị ngưng tụ là:

$$Q_K = m_{tt} \cdot q_K = m_{tt} (h_2 - h_3'), \text{ kw.}$$

#### 4.4.4. Hệ số làm lạnh của chu trình là: $\varepsilon$

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l} = \frac{Q_0}{L} = \frac{h_1' - h_4}{h_2 - h_1}$$

#### 4.4.5. Hiệu suất Exergi của chu trình: $\nu$

$$\nu = \varepsilon \left( \frac{T_K}{T_0} - 1 \right) = \frac{q_0}{l} \left( \frac{T_K}{T_0} - 1 \right) = \left( \frac{h_1' - h_4}{h_2 - h_1} \right) \left( \frac{T_K}{T_0} - 1 \right)$$

#### \_ Nhận xét :

\_ Đối với chu trình lạnh một cấp nén có thiết bị hồi nhiệt thì năng suất lạnh của chu trình tăng rất nhiều, đồng thời công nén của chu trình tăng, chính vì vậy hệ số làm lạnh của chu trình tăng lên nếu như ta không chế sự tăng của năng suất lạnh nhanh hơn so với sự tăng của công nén.

\_ Chu trình lạnh có thiết bị hồi nhiệt nó sẽ khắc phục được những nhược điểm về mặt vận hành của hệ thống lạnh.

## II. CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI HAI VÀ NHIỀU CẤP.

### 1. Chu trình máy lạnh nén hơi hai cấp.

#### 1.1. Những lý do và nguyên nhân phải dùng máy lạnh nén hơi hai hay nhiều cấp.

Đối với máy nén piston tỷ số nén càng cao, thì hệ số cấp (năng suất hút) càng nhỏ, nhiệt độ cuối quá trình nén càng cao nhất là đối với hệ thống lạnh sử dụng môi chất lạnh amôniac ( $\text{NH}_3$ ), như vậy, tỷ số nén cao dẫn đến những điều kiện làm việc không thuận lợi của máy nén. Khi tỷ số nén lớn hơn 9 hoặc 10 phải chuyển chu trình nén một cấp sang chu trình nén hai hay nhiều cấp nén, có quá trình làm mát trung gian. Tuy vậy việc lựa chọn một hay hai cấp nén còn phụ thuộc vào nhiều điều kiện của từng trường hợp cụ thể, vì chu trình một cấp nén ngược lại có ưu điểm hơn so với hai cấp nén là đơn giản, dễ sử dụng ít thiết bị giá thành rẻ hơn. Đây cũng lại là một bài toán tối ưu về kinh tế, nhưng nếu chọn máy một cấp nén cần phải không chế chế độ làm việc của máy nén và các thiết bị không được vượt quá những giới hạn cho phép về nhiệt độ, độ bền và an toàn do đơn vị chế tạo quy định.

Nếu vì một quy trình công nghệ nào đó mà ta cần nhiệt độ lạnh sâu nhỏ hơn  $-40^\circ\text{C}$  hoặc  $-45^\circ\text{C}$ , nếu như ta sử dụng chu trình lạnh một cấp nén dẫn đến tỷ số nén lớn, hệ số cấp nhỏ, áp suất ngưng tụ  $P_k$  cao, nhiệt độ ngưng tụ  $T_k$  cao, nhiệt độ cuối tầm nén cao, nếu như nhiệt độ cuối tầm nén hơn hơn  $120^\circ\text{C}$  thì dầu bôi trơn bị thoái hóa và có

thể bị phân hủy hay bị cháy dẫn đến máy nén có thể bị hư hỏng nặng, rất nguy hiểm cho máy nén.

Vì vậy trong kỹ thuật người ta quy định như sau:

Môi chất amôniac

$\pi = \frac{P_k}{P_0} \leq 9$  thì dùng chu trình lạnh một cấp nén.

$\pi = \frac{P_k}{P_0} > 9$  thì phải dùng chu trình lạnh hai cấp trở lên.

Môi chất freon

$\pi = \frac{P_k}{P_0} \leq 12$  thì dùng chu trình lạnh một cấp nén.

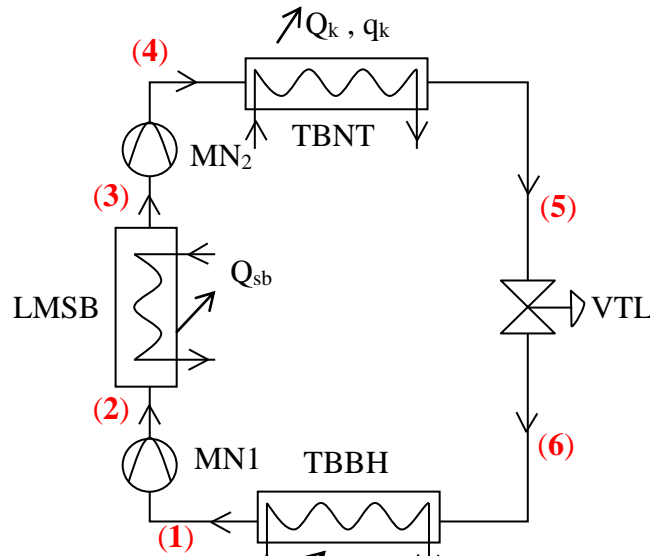
$\pi = \frac{P_k}{P_0} > 12$  thì phải dùng chu trình lạnh hai cấp trở lên.

Nếu số giờ hoạt động của máy nén trong năm nhỏ hoặc rất nhỏ, thường người ta chọn máy một cấp nén, phải chấp nhận hệ số lạnh nhỏ nhưng giảm được đáng kể số vốn đầu tư, lắp đặt và ngược lại.



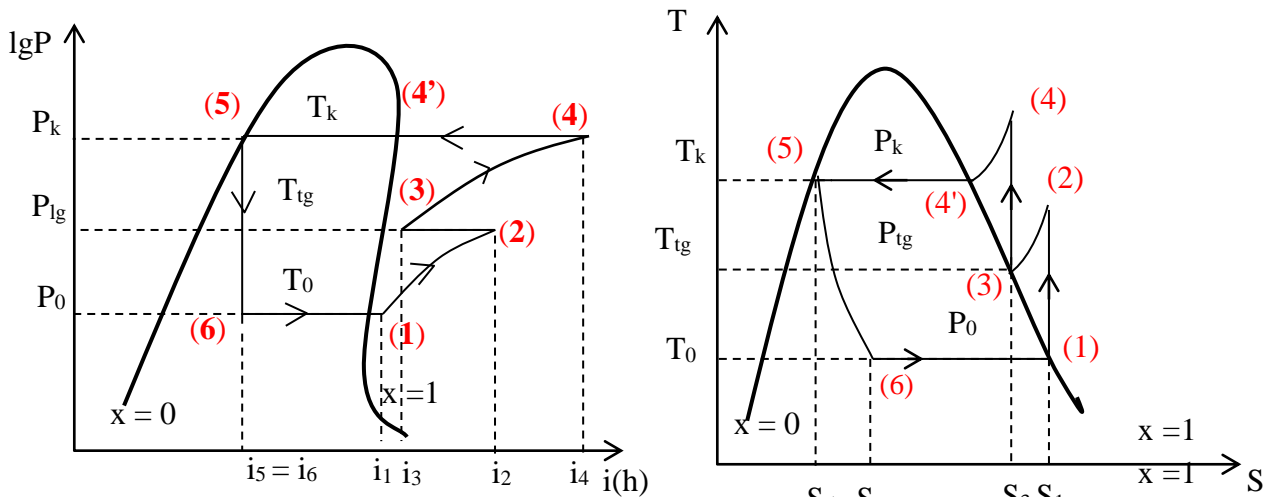
## 1.2/ CHU TRÌNH HỆ THỐNG LẠNH HAI CẤP NÉN MỘT LẦN TIẾT LƯU LÀM MÁT SƠ BỘ.

### 1.2.1. Sơ đồ thiết bị.



Hình 4.11. Sơ đồ nguyên lý chu trình hai cấp sử dụng thiết bị làm mát sơ bộ

### 1.2.3. Đồ thị chu trình nhiệt động.



Hình 4.12. Đồ thị  $LgP-h$  và  $T-S$

### 1.2.3. Nguyên lý làm việc.

Quá trình 1-2 : là quá trình nén hơi đoạn nhiệt ( $S = \text{const}$ ).

Quá trình 2-3 : là quá trình làm mát sơ bộ hơi môi chất đẳng áp: ( $P_{tg} = \text{const} = P_2 = P_3$ )

Quá trình 3-4 : là quá trình nén hơi đoạn nhiệt lần 2 ( $S = \text{const}$ ).

Quá trình 4-5 : là quá trình ngưng tụ đẳng áp ( $P_k = \text{const}$ ).

Quá trình 5-6 : là 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.

Quá trình 6-1 : là quá trình bay hơi đẳng áp và đẳng nhiệt để thu nhiệt của môi trường cần làm lạnh.

- Vậy chu trình làm việc được nói một cách đơn giản như sau:

\_ Hơi ra ở thiết bị bay hơi ở trạng thái một có áp suất là  $P_0$  và nhiệt độ là  $t_0$  được máy nén cấp một hút về rồi nén lên áp suất trung gian trạng thái hai. Ở đây hơi được làm mát sơ bộ bằng nước hoặc không khí của môi trường làm giảm nhiệt độ từ  $t_2$  xuống  $t_3$  (sự thay đổi này không làm giảm áp suất) ở trạng thái ba. Sau đó được máy nén cấp hai hút về rồi nén lên trạng thái bốn có áp suất cao và nhiệt độ cao vào dàn ngưng để thực hiện quá trình ngưng tụ thải nhiệt ra môi trường bên ngoài. Trong quá trình thải nhiệt này hơi môi chất từ trạng thái hơi chuyển pha thành pha lỏng trước khi vào van tiết lưu để tiết lưu vào dàn lạnh. Sau khi ngưng tụ môi chất đã được làm mát lỏng từ trạng thái năm vào van tiết lưu để hạ thấp áp suất từ  $P_k$  xuống  $P_0$  và nhiệt độ từ  $t_k$  xuống  $t_0$  tiết lưu vào dàn bay hơi (xảy ra ở quá trình 5-6). Lỏng môi chất có áp suất thấp và nhiệt độ thấp này vào dàn bay hơi nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh sôi lên chuyển thành pha hơi (đây chính là điều ta cần, xảy ra ở quá trình 6-1) trước khi máy nén cấp một hút về thực hiện một chu trình mới.

#### 1.2.4 .Các phương trình trạng thái.

##### 1.2.4.1. Tỷ số nén:

$$\pi = \frac{P_k}{P_{tg}} = \frac{P_{tg}}{P_0} \Rightarrow P_{tg} = \sqrt{P_k \cdot P_0}$$

##### 1.2.4.2. Nhiệt thải riêng của thiết bị ngưng tụ:

$$q_k = i_4 - i_5 \Rightarrow Q_k = m (i_4 - i_5)$$

##### 1.2.4.3. Nhiệt thải riêng ở thiết bị làm lạnh sơ bộ:

$$q_{sb} = i_2 - i_3 \Rightarrow Q_{sb} = m (i_2 - i_3)$$

##### 1.2.4.4. Công nén :

$$+ \text{Đối với máy nén 1: } l_1 = i_2 - i_1 \Rightarrow L_1 = m (i_2 - i_1)$$

$$+ \text{Đối với máy nén 2: } l_2 = i_4 - i_3 \Rightarrow L_2 = m (i_4 - i_3)$$

##### 1.2.4.5. Năng suất lạnh riêng:

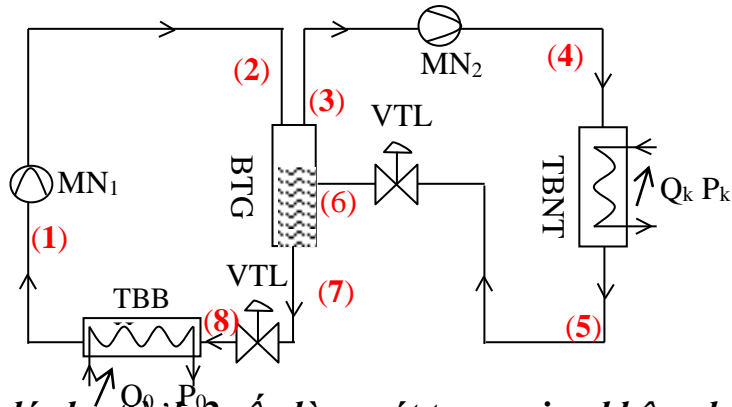
$$q_0 = i_1 - i_6 \Rightarrow Q_0 = m (i_1 - i_6)$$

##### 1.2.4.6. Hệ số làm lạnh:

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{L} = \frac{i_1 - i_6}{(i_2 - i_1) + (i_4 - i_3)}$$

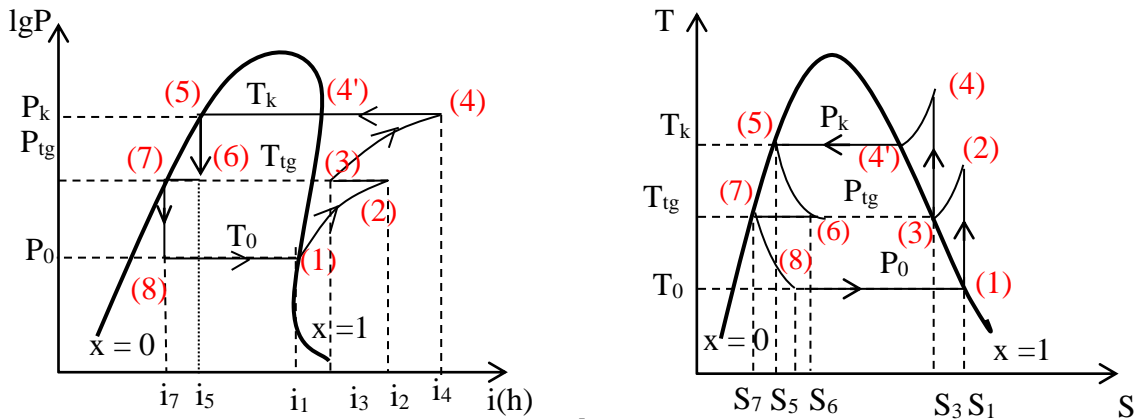
### 1.3. CHU TRÌNH HAI CẤP, HAI TIẾT LƯU, LÀM MÁT KHÔNG HOÀN TOÀN.

**1.3.1. Sơ đồ thiết bị.**



**Hình 4.13. Sơ đồ nguyên lý chu trình 2 cấp làm mát trung gian không hoàn toàn, 2 tiết lưu**

**1.3.2. Đồ thị nhiệt động.**



**Hình 4.14. Đồ thị LgP –h và T – S.**

**1.3.3. Nguyên lý làm việc.**

Quá trình 1-2 : là quá trình nén hơi đoạn nhiệt ( $S = \text{const}$ ). Xảy ra ở máy nén cấp một.

Quá trình 2-3 : là quá trình làm mát trung gian khi hoà trộn giữa dòng hơi nén từ máy nén cấp một với dòng hơi từ bình trung gian có áp suất thấp và nhiệt độ thấp khi qua van tiết lưu lần một trước khi vào bình trung gian . Xảy ra ở bình trung gian trước khi máy nén cấp hai hút về.

Quá trình 3-4 : là quá trình nén hơi đoạn nhiệt lần 2 ( $S = \text{const}$ ). Xảy ra ở máy nén cấp hai.

Quá trình 4-5 : là quá trình ngưng tụ đẳng áp ( $P_k = \text{const}$ ). Chuyển pha từ pha hơi sang pha lỏng, thải nhiệt ra môi trường bên ngoài. Xảy ra ở thiết bị ngưng tụ.

Quá trình 5-6 : là quá trình tiết lưu đẳng entalpi ( $h = \text{const}$ ) lần một hạ thấp nhiệt độ, áp suất ngưng tụ xuống áp suất trung gian và nhiệt độ trung gian, xảy ra ở van tiết lưu một vào bình trung gian. (Tại đây phần hơi sẽ được máy nén cấp hai hút về, phần lỏng đi vào van tiết lưu lần hai để tiết lưu vào thiết bị bay hơi).

Quá trình 6-7 : là quá trình lỏng môi chất sau khi vào bình trung gian có áp suất trung gian và nhiệt độ trung gian đến van tiết lưu lần hai.

Quá trình 7-8 : là quá trình tiết lưu lần hai ( $h = \text{const}$ ) vào thiết bị bay hơi.

Quá trình 8-1 : là quá trình bay hơi lỏng thu nhiệt môi trường cần làm lạnh để tạo hiệu ứng lạnh.

### 1.3.4. Các phương trình trạng thái:

#### 1.3.4.1. Tỷ số nén :

$$\pi = \frac{P_k}{P_{tg}} = \frac{P_{tg}}{P_0} \Rightarrow P_{tg} = \sqrt{P_k \cdot P_0}$$

#### 1.3.4.2. Nhiệt thải riêng của thiết bị ngưng tụ:

$$q_k = i_4 - i_5 \Rightarrow Q_k = m (i_4 - i_5)$$

#### 1.3.4.3. Nhiệt thải riêng ở thiết bị làm lạnh sơ bộ:

$$q_{tg} = i_2 - i_3 \Rightarrow Q_{tg} = m (i_2 - i_3)$$

#### 1.3.4.4. Công nén:

$$+ \text{Đối với máy nén 1 : } l_1 = i_2 - i_1 \Rightarrow L_1 = m (i_2 - i_1)$$

$$+ \text{Đối với máy nén 2 : } l_2 = i_4 - i_3 \Rightarrow L_2 = m (i_4 - i_3)$$

$$L = L_1 + L_2$$

#### 1.3.4.5. Năng suất lạnh riêng :

$$q_0 = i_1 - i_8 \Rightarrow Q_0 = m_1 (i_1 - i_8)$$

#### 1.3.4.6. Phương trình quan hệ giữa $m_1$ và $m_2$ :

Theo định luật bảo toàn năng lượng  $\Rightarrow \Sigma Q_{\text{vào}} = \Sigma Q_{\text{ra}}$

Trong đó: Q - Năng lượng

$$\Sigma Q_{\text{vào}} = m_1 \cdot i_2 + m_2 \cdot i_6$$

$$\Sigma Q_{\text{ra}} = m_2 i_3 + m_1 \cdot i_7$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot i_2 + m_2 \cdot i_6 = m_2 \cdot i_3 + m_1 \cdot i_7$$

$$\Rightarrow m_1(i_2 - i_7) = m_2(i_3 - i_6)$$

$$\Rightarrow m_1 = m_2 \cdot \frac{(i_3 - i_6)}{(i_2 - i_7)}$$

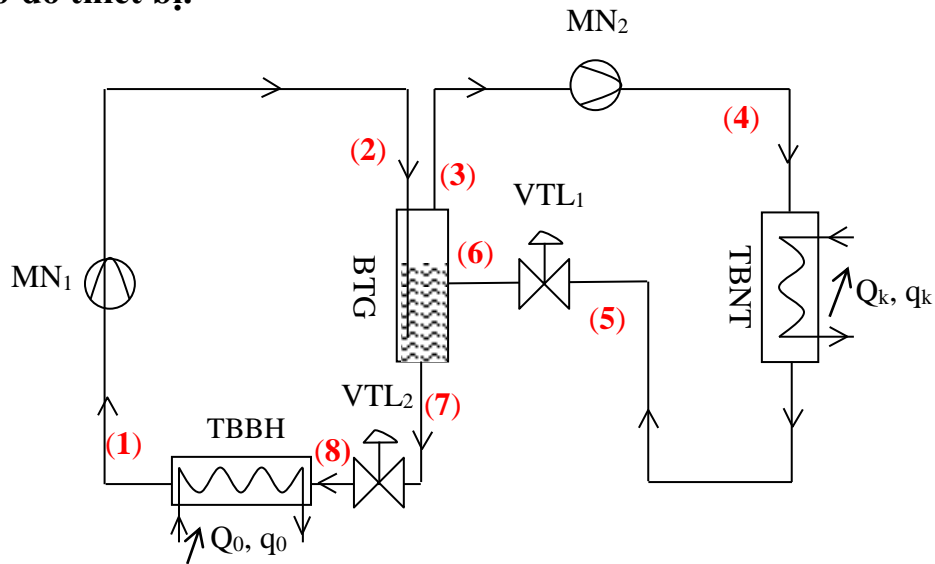
#### 1.3.4.7. Hệ số làm lạnh :

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{L} = \frac{m_1(i_1 - i_8)}{m_1(i_2 - i_7) + m_2(i_2 - i_3)}$$

$$(L = L_1 + L_2)$$

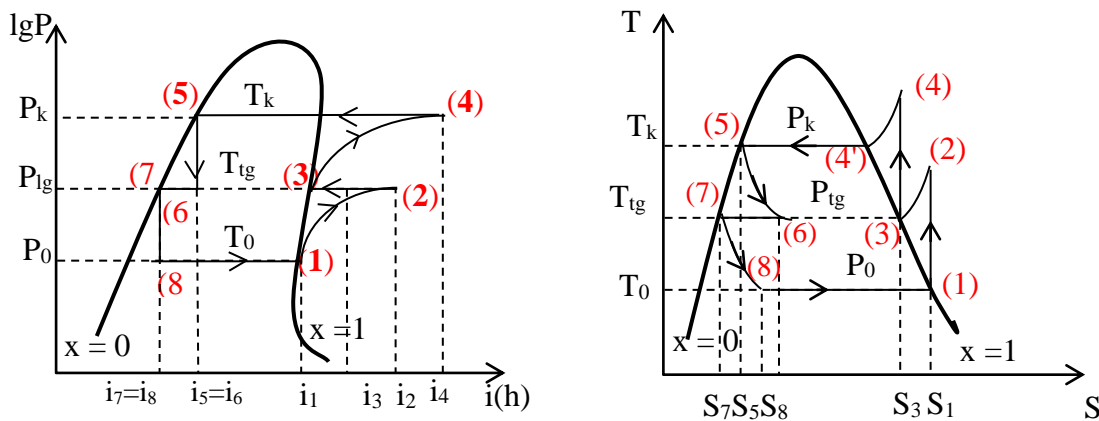
### 1.4. CHU TRÌNH HAI CẤP, HAI TIẾT LƯU, LÀM MÁT TRUNG GIAN HOÀN TOÀN.

#### 1.4.1. Sơ đồ thiết bị.



Hình 4.15. Sơ đồ chu trình 2 cấp, làm mát trung gian hoàn toàn, 2 tiết lưu

#### 1.4.2. Đồ thị nhiệt động.



Hình 4.16. Đồ thị LgP-h và T-S.

#### 1.4.3. Nguyên lý làm việc:

Quá trình 1-2 : là quá trình nén hơi đoạn nhiệt ( $S = \text{const}$ ): Xảy ra ở máy nén cấp một.

Quá trình 2-3 : là quá trình làm mát trung gian hoàn toàn khi hoà trộn giữa dòng hơi nén từ máy nén cấp một với dòng hơi từ bình trung gian có áp suất thấp và nhiệt độ thấp khi qua van tiết lưu lần một trước khi vào bình trung gian: Xảy ra ở bình trung gian trước khi máy nén cấp hai hút về.

Quá trình 3-4 : là quá trình nén hơi đoạn nhiệt lần 2 ( $S = \text{const}$ ): Xảy ra ở máy nén cấp hai.

Quá trình 4-5 : là quá trình ngưng tụ đẳng áp ( $P_k = \text{const}$ ). Chuyển pha từ pha hơi sang pha lỏng, thải nhiệt ra môi trường bên ngoài: Xảy ra ở thiết bị ngưng tụ.

Quá trình 5-6 : là quá trình tiết lưu đẳng entanpy ( $h = \text{const}$ ) lần một hạ thấp nhiệt độ, áp suất ngưng tụ xuống áp suất trung gian và nhiệt độ trung gian, xảy ra ở van tiết lưu một vào bình trung gian. (Tại đây phần hơi sẽ được máy nén cấp hai hút về, phần lỏng đi vào van tiết lưu lần hai để tiết lưu vào thiết bị bay hơi).

Quá trình 6-7 : là quá trình lỏng môi chất sau khi vào bình trung gian có áp suất trung gian và nhiệt độ trung gian đến van tiết lưu lần hai.

Quá trình 7-8 : là quá trình tiết lưu lần hai ( $h = \text{const}$ ) vào thiết bị bay hơi.

Quá trình 8-1 : là quá trình bay hơi lỏng thu nhiệt môi trường cần làm lạnh để tạo hiệu ứng lạnh.

#### 1.4.4. Các phương trình trạng thái:

##### 1.4.4.1. Nhiệt thải riêng ở TBNT

$$q_k = i_4 - i_5 = 0 \Rightarrow Q_k = m_L \cdot q_k = m_2 (i_4 - i_5)$$

##### 1.4.4.2. Nhiệt thải ở BTG

$$q_{tg} = i_2 - i_3 \Rightarrow Q_{tg} = m_1 (i_2 - i_3)$$

##### 1.4.4.3. Công nén:

$$* \text{ Ở MN1: } l_1 = i_2 - i_1 \Rightarrow L_1 = m_1 (i_2 - i_1)$$

$$* \text{ Ở MN2: } l_2 = i_4 - i_3 \Rightarrow L_2 = m_2 (i_4 - i_3)$$

$$\Rightarrow L = L_1 + L_2 \Rightarrow L = m_1 (i_2 - i_1) + m_2 (i_4 - i_3)$$

##### 1.4.4.4. Năng suất lạnh riêng : Nhiệt thu được ở TBBH

$$q_0 = i_1 - i_8 \Rightarrow Q_0 = m_1 q_0 = m_1 (i_1 - i_8)$$

##### 1.4.4.5. Quan hệ giữa $m_1$ và $m_2$

Theo Định luật bảo toàn năng lượng xét tại bình làm mát trung gian

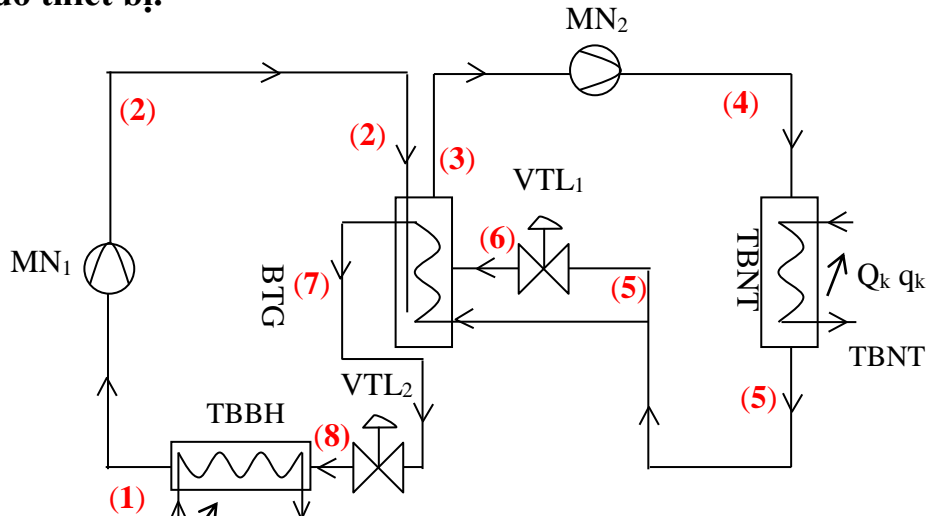
$$\text{ta có } \Sigma Q_{\text{ra}} = \Sigma Q_{\text{vào}}$$

$$\Leftrightarrow m_2 i_3 + m_1 i_7 = m_1 i_2 + m_2 i_6 \Leftrightarrow m_1 (i_2 - i_7) = m_2 (i_3 - i_6) \Rightarrow m_2 = m_1 \cdot \frac{i_2 - i_7}{i_3 - i_6}$$

##### 1.4.4.6. Hệ số làm lạnh : $\varepsilon = \frac{Q_o}{L} = \frac{m_1 (i_1 - i_8)}{m_1 (i_2 - i_1) + m_2 (i_4 - i_3)}$

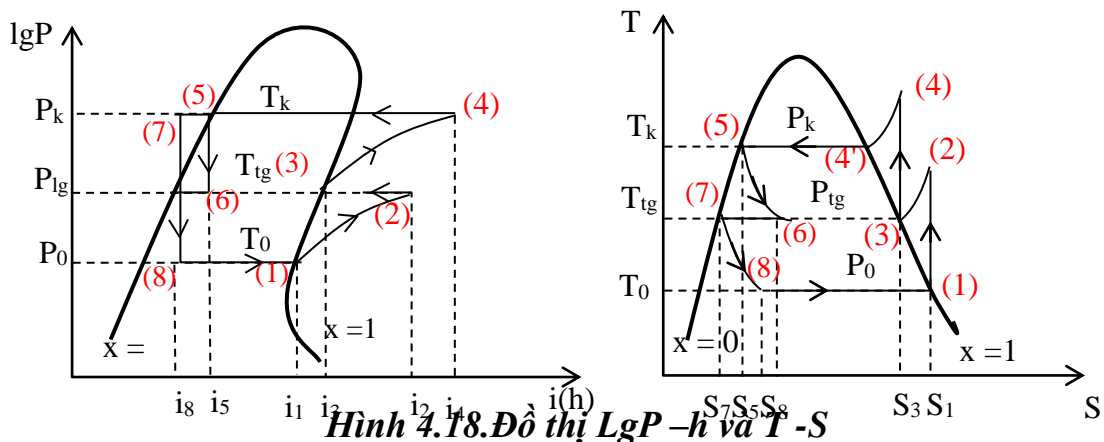
### 1.5. CHU TRÌNH HAI CẤP, HAI TIẾT LƯU, LÀM MÁT TRUNG GIAN HOÀN TOÀN CÓ ỐNG XOẮN.

**1.5.1. Sơ đồ thiết bị.**



**Hình 4.17. Sơ đồ nguyên lý chu trình 2 cấp làm mát trung gian hoàn toàn có ống xoắn, 2 tiết lưu**

**1.5.2. Đồ thị nhiệt động.**



**Hình 4.18. Đồ thị LgP-h và T-S**

**1.5.3. Nguyên lý làm việc:**

Quá trình 1-2 : là quá trình nén hơi đoạn nhiệt ( $S = \text{const}$ ): Xảy ra ở máy nén cấp một.

Quá trình 2-3 : là quá trình làm mát trung gian khi hoà trộn giữa dòng hơi nén từ máy nén cấp một với dòng hơi từ bình trung gian có áp suất thấp và nhiệt độ thấp khi qua van tiết lưu lần một trước khi vào bình trung gian: Xảy ra ở bình trung gian trước khi máy nén cấp hai hút về.

Quá trình 3-4 : là quá trình nén hơi đoạn nhiệt lần 2 ( $S = \text{const}$ ): Xảy ra ở máy nén cấp hai.

Quá trình 4-5 : là quá trình ngưng tụ đẳng áp ( $P_k = \text{const}$ ). Chuyển pha từ pha hơi sang pha lỏng, thải nhiệt ra môi trường bên ngoài: Xảy ra ở thiết bị ngưng tụ.

Quá trình 5-6 : là quá trình tiết lưu đẳng entalpi ( $h = \text{const}$ ) lần một hạ thấp nhiệt độ, áp suất ngưng tụ xuống áp suất trung gian và nhiệt độ trung gian, xảy ra ở van tiết

lưu một vào bình trung gian. (Tại đây phần hơi sẽ được máy nén cấp hai hút về, phần lỏng đi vào van tiết lưu lần hai để tiết lưu vào thiết bị bay hơi).

Quá trình 6-7 : là quá trình lỏng môi chất từ thiết bị ngưng tụ vào ống xoắn bình trung gian được hạ thấp nhiệt độ, áp suất (quá lạnh hơi môi chất) trước khi vào van tiết lưu lần hai để tiết lưu lần hai.

Quá trình 7-8 : là quá trình tiết lưu lần hai ( $h = \text{const}$ ) vào thiết bị bay hơi.

Quá trình 8-1 : là quá trình bay hơi lỏng thu nhiệt môi trường cần làm lạnh để tạo hiệu ứng lạnh.

#### 1.5.4. Các phương trình trạng thái:

##### 1.5.4.1. Nhiệt thải riêng ở TBNT:

$$q_k = i_4 - i_5 \Rightarrow Q_k = m_2 (i_4 - i_5)$$

##### 1.5.4.2. Lượng nhiệt trao đổi ở ống xoắn ruột gà:

$$q_{0x} = i_5 - i_7 \Rightarrow Q_{0x} = m_1 (i_5 - i_7)$$

##### 1.5.4.3. Công nén:

$$\text{MN1: } l_1 = i_2 - i_1 \Rightarrow L_1 = m_1 (i_2 - i_1)$$

$$\text{MN2: } l_2 = i_4 - i_3 \Rightarrow L_2 = m_2 (i_4 - i_3)$$

$$L = L_1 + L_2 \Rightarrow m_1 (i_2 - i_1) + m_2 (i_4 - i_3)$$

##### 1.5.4.4. Quan hệ giữa $m_1$ và $m_2$

Theo Định luật bảo toàn năng lượng thì ta có:  $\Sigma Q_{\text{ra}} = \Sigma Q_{\text{vào}}$

$$\Leftrightarrow m_1 i_7 + m_2 i_3 = m_1 m_2 (m_2 - m_1) i_6 + m_1 i_5$$

$$\Leftrightarrow m_1 (i_2 - i_6 - i_7) = m_2 (i_3 - i_6)$$

Vì QT tiết lưu là QT:  $i_5 = i_6$

$$\Rightarrow m_1 (i_2 - i_7) = m_2 (i_3 - i_6) \Rightarrow m_2 = m_1 \left( \frac{i_2 - i_7}{i_3 - i_6} \right)$$

##### 1.5.4.5. Năng suất lạnh riêng

$$q_0 = i_1 - i_8 \Rightarrow Q_0 = m_1 (i_1 - i_8)$$

##### 1.5.4.6. Hệ số làm lạnh

$$\varepsilon = \frac{Q_o}{L} = \frac{m_1 (i_1 - i_8)}{m_1 (i_2 - i_1) + m_2 (i_4 - i_3)}$$



## *Chương V*

# VẬT LIỆU KỸ THUẬT LẠNH

### I. Vật liệu chế tạo máy và thiết bị

#### 1. Vật liệu kim loại

Máy và các thiết bị lạnh được chế tạo chủ yếu từ các vật liệu kim loại. Các vật liệu kim loại này phải đáp ứng được các yêu cầu của kỹ thuật lạnh như :

1.1. Phải đủ bền và có đầy đủ các tính chất vật lý cần thiết trong điều kiện nhiệt độ và áp suất vận hành.

1.2. Phải trơ hóa học với các môi trường mà hệ thống lạnh trực tiếp tiếp xúc như: môi chất lạnh, dầu bôi trơn, ẩm, chất chống ẩm, các hóa chất có hại sinh ra khi vận hành, các chất tải lạnh, các môi trường làm mát, môi trường lạnh và các sản phẩm cần bảo quản...

1.3. Phải kinh tế nghĩa là phải rẻ tiền, dễ gia công.

Chương III đã đề cập đến một số tính chất ăn mòn kim loại của môi chất lạnh và chất tải lạnh. Yêu cầu độ bền hóa học của vật liệu kim loại chế tạo máy và thiết bị lạnh là đặc biệt quan trọng, trước hết đối với những chi tiết trực tiếp tiếp xúc với vòng tuần hoàn môi chất lạnh và các tạp chất lạ có sẵn hoặc hình thành trong quá trình vận hành máy lạnh.

Vòng tuần hoàn môi chất lạnh được gọi là vòng tuần hoàn trong hoặc vòng tuần hoàn sơ cấp. Vòng tuần hoàn của chất tải lạnh (nước muối  $\text{CaCl}_2$  hoặc  $\text{NaCl}$ ...) gọi là vòng tuần hoàn ngoài hoặc vòng tuần hoàn thứ cấp. Các vật liệu cũng cần bền hóa học với chất tải lạnh.

Vật liệu cũng cần bền hóa học với môi trường làm mát như: nước, không khí hoặc các sản phẩm bảo quản khi có sự tiếp xúc trực tiếp với thiết bị.

Khi xét đến độ trơ hóa học cần phải xét đến quan hệ nhiều thành phần trong hệ thống lạnh như: kim loại – phi kim loại – dầu bôi trơn – môi chất lạnh – ẩm – các sản phẩm thứ cấp (do cạn bản và một số bị phân hủy từ dầu bôi trơn và môi chất lạnh...).

Một trong các chất gây ăn mòn mạnh trong hệ thống lạnh là hơi ẩm. Am lợt vào trong hệ thống có thể làm lão hóa dầu, tác dụng với dầu, với môi chất Frêon gây ra các loại axit ăn mòn như  $\text{HCl}$ ... Trong hệ thống  $\text{NH}_3$ , ẩm làm chất xúc tác cùng với thép phân hủy  $\text{NH}_3$  ở cuối quá trình nén khi nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng  $120^\circ\text{C}$ .

Vì có thành phần nước nên các loại môi chất của máy lạnh hấp thụ  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$  hoặc  $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$  có tính chất ăn mòn mạnh. Để ức chế tính ăn mòn các môi chất loại này phải sử dụng các muối có thành phần Crôm như bicrôm-mat-natri, -kali, hoặc -

amôniun. Các chất ức chế được nạp đồng thời với môi chất lạnh vào máy nén với tỷ lệ từ 0,2 đến 2% tùy yêu cầu. Khi vận hành một vài lần Crôm sẽ bám lên bề mặt thép của thiết bị thành một lớp mỏng vài mic bảo vệ cho bề mặt thiết bị khỏi bị ăn mòn. Các chất tải lạnh lỏng như nước muối NaCl, CaCl<sub>2</sub> – cũng đều có tính ăn mòn mạnh đặc biệt đối với các vật liệu làm bằng sắt và thép như dàn ống, bể và cánh khuấy. Để hạn chế tính ăn mòn của nước muối cần phải sử dụng chất ức chế có thành phần Crôm và hòa trộn thêm với các chất phụ gia để đưa độ pH của dung dịch về độ trung hòa (pH≈7). Các thiết bị có tiếp xúc trực tiếp với chất tải lạnh lỏng là muối Clo nhất thiết không được chế tạo bằng nhôm và các loại thép hợp kim cao như thép hợp kim Crôm-Niken.

**Bảng 16: Vật liệu ứng dụng trong kỹ thuật lạnh**

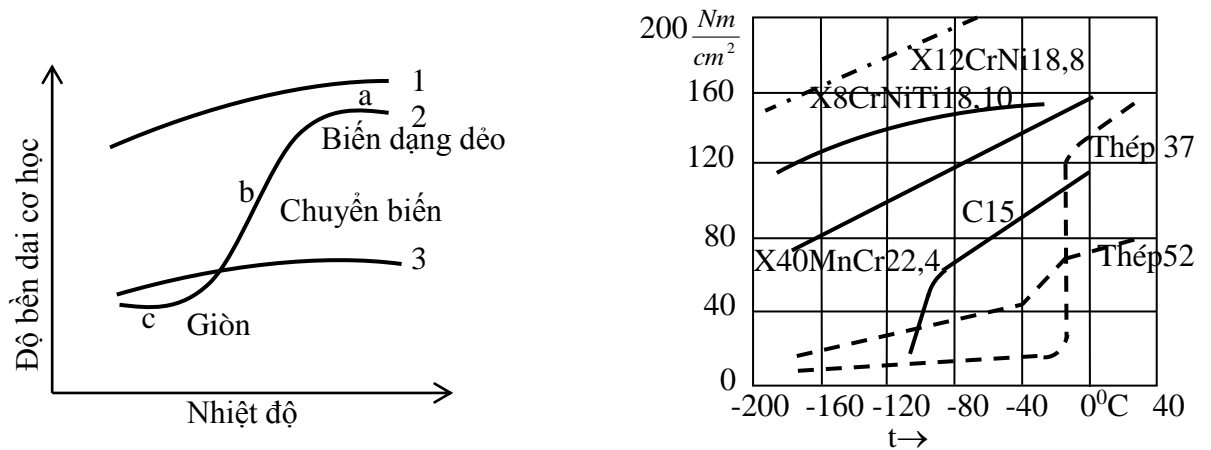
<b>Kim loại</b>	<b>Ứng dụng</b>	<b>Tính phù hợp hóa học</b>
Sắt và các hợp kim của sắt.	Máy nén, các thiết bị, đường ống, các thiết bị phụ	Phù hợp, sử dụng được cho tất cả các loại môi chất lạnh, cần chú ý đến một vài tính chất đặc biệt.
Đồng và các hợp kim của đồng	Đường ống, các thiết bị chính và phụ, các đệm kín, ổ bạc, đế van, ổ đỡ, ổ trượt.	Không sử dụng cho môi chất amôniac (trừ đồng thau phốt pho – chì).
Nhôm và các hợp kim của nhôm	Các thiết bị trao đổi nhiệt (đặt biệt thiết bị bay hơi), các máy nén, chi tiết động cơ, ổ đỡ, đệm kín.	Thận trọng khi sử dụng với Frêon, chỉ sử dụng sau khi đã thử nghiệm. Hợp kim với Mg > 2,5% có nhiều nhược điểm hơn, _ Cũng thận trọng với NH <sub>3</sub> , _ Không sử dụng cho nước muối.
Crôm, Niken	Dùng để bảo vệ bề mặt hoặc để tinh luyện, là thành phần của thép hoặc gang đúc.	Sử dụng được cho tất cả các môi chất lạnh.
Magiê,	Là thành phần trong các hợp	Không sử dụng được cho môi

kẽm	kim kẽm. Kẽm dùng để bảo vệ bề mặt.	chất lạnh là Frêon và NH <sub>3</sub> .
Thiếc	Là thành phần trong các hợp kim để bảo vệ bề mặt.	Không sử dụng được cho NH <sub>3</sub> .
Chì	_ Đệm kín. _ Là thành phần của hợp kim trong ổ đỡ và ổ trượt.	Có thể xảy ra phản ứng với thành phần Clo trong môi chất Frêon.

Các môi chất lạnh Frêon không tác dụng với các kim loại chế tạo máy, kể cả kim loại đen và kim loại màu.

Ở khoảng nhiệt độ thấp, tính ăn mòn hóa học giảm đi nhưng các tính chất khác về sức bền cần phải đặc biệt thận trọng, nhất là khoảng dưới - 40°C.

Ở nhiệt độ thấp, độ bền kéo chảy tăng, nhưng khả năng giãn nở và độ bền va đập giảm đáng kể. Khi nhiệt độ giảm thép bị giòn rất nhanh, tuy nhiên đồng và nhôm lại không bị giòn.



**Hình 5.1. Sự phụ thuộc của độ bền dai và đập vào nhiệt độ.**

**Có ba dạng biến thiên khác nhau:**

- a) Đường biến thiên đại cương của 3 chủng loại.
- b) Độ bền va đập của một số loại thép.
- c) Kết quả các mẫu thử mỗi hàn.

Đường 1 và 3 là của các loại vật liệu có độ bền dai va đập cao hoặc thấp, nhưng có mức giảm từ từ và nhiệt độ đều đặn khi nhiệt độ giảm.

Đường 2 biểu diễn kết quả thí nghiệm các mối hàn thép cacbon: Đoạn a là biến dạng dẻo, b là đoạn chuyển biến và c là biến dạng giòn.

**Bảng 17: Giới thiệu cụ thể hơn về độ bền dẻo và đập của một số vật liệu**

Vật liệu	Độ bền dẻo và đập và vật liệu kim loại ở nhiệt độ thấp, Nm/cm <sup>2</sup>				
	20	-80	-120	-196	-253
Nhiệt độ, °C					
Thép xây dựng và thép tôi thấm Cacbon,	100 – 200	0,3 – 1,5		–	–
Thép niken 5%	130	110		–	
Thép niken 36%	170	–	0,2 – 0,5	80	40 – 80
Thép hợp kim cao austênit	200 – 250	–	70	150 – 200	140 – 160
Đồng	140 – 180	150 – 200	100	160 – 205	–
Đồng thau	125	142	–	155	
Hợp kim đồng – niken – sắt (CuNi <sub>10</sub> Fe)	192	190	–	195	195
Hợp kim CuNi <sub>31</sub> Zn <sub>14</sub>	110	115		120	–
Nhôm (99,5%)	40	52		60	–
Hợp kim nhôm (AlMg <sub>3</sub> )	100	110		100	
Thiếc Sn	60	3,5		–	–
Chì Pb	24	–		38	45

## 2. Vật liệu phi kim loại

Các vật liệu phi kim loại trong kỹ thuật lạnh thường dùng chủ yếu gồm: cao su, chất dẻo, amiăng, nhựa nhân tạo, thủy tinh và gốm, chúng được sử dụng làm đệm kín và vật liệu cách điện. Thủy tinh còn được sử dụng làm kính quan sát, chất dẻo làm gioăng và màng. Vật liệu cách điện động cơ và dây dẫn dưới dạng tấm, bản, sợi, hoặc sơn. Vật liệu phi kim loại dùng để cách nhiệt giới thiệu ở mục II.

### 2.1. Độ bền hóa học

Chỉ xuất hiện khó khăn khi sử dụng vật liệu phi kim loại là ở các chất hữu cơ trong các vòng tuần hoàn môi chất lạnh là frêon. Các frêon có thể hòa tan hoặc làm trương phồng các đệm kín hoặc các chất cách điện bằng vật liệu hữu cơ (bảng 19). Môi chất frêon kết hợp với dầu trong vòng tuần hoàn bao giờ cũng làm tăng ảnh hưởng và phản ứng của môi chất frêon với các chất hữu cơ đàn hồi đó.

**Bảng 19: Độ trương phồng của các chất dẻo trong các môi chất lạnh FRÊON**

Kí hiệu	Công thức	Cao su	Cao su tổng hợp	Ghi chú
---------	-----------	--------	-----------------	---------

	hóa học	tự nhiên (0)	(1)	(2)	(3)	
R40	CH <sub>3</sub> Cl	26	22	35	20	Không thích hợp
R30	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	34	37	52	26	//
R20	CHCl <sub>3</sub>	45	43	54	32	//
R10	CCl <sub>4</sub>	43	35	11	31	//
R21	CHCl <sub>2</sub> F	34	28	48	49	Không thích hợp
R22	CHClF <sub>2</sub>	6	2,5	26	4	Không thích hợp
R23	CHF <sub>3</sub>	1	0	2	0,5	Thích hợp
R11	CCl <sub>3</sub> F	23	17	6	21	Ít thích hợp
R12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	6	0	2	3	
R13	CClF <sub>3</sub>	1	0	1	0,5	Thích hợp
R13B	CBrF <sub>3</sub>	1	2	1	1	Thích hợp
R113	C <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	17	3	1	9	Thích hợp
R114	C <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	2	0	0	1,5	Thích hợp
R115	C <sub>2</sub> ClF <sub>5</sub>	0	0	0	0	Thích hợp
(1)_ Trùng hợp từ 2 Clobutadien				Các cặp có sự tương đồng.		
(2)_ Trùng hợp từ 2 butadien và acrylnitril				< 10 là có thể sử dụng được		
(3)_ Trùng hợp từ 2 butadien và Styrol				< 20 và > 10 hạn chế sử dụng		
				> 20 là không thể sử dụng.		

Các vật liệu phi kim loại vô cơ về cơ bản không tác dụng với 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.

Nếu xét toàn diện sự tác động của môi trường lạnh lên các vật liệu phải xét đến cả các sản phẩm có thể xuất hiện trong vòng tuần hoàn của môi chất lạnh như ẩm, dầu bôi trơn, không khí và các loại bụi bẩn, cặn xỉ... các chất này có thể phản ứng với nhau tạo ra các hóa chất ăn mòn khác: Bảng 20 giới thiệu mô hình đơn giản những quá trình phản ứng có thể xảy ra. Ở các hệ thống lạnh trung bình và lớn: các tạp chất này có thể được thải ra ngoài bằng các phương pháp khác nhau nhưng khó có thể

thải chúng ra khỏi hệ thống lạnh kín (máy nén kín), chính vì vậy việc làm sạch hệ thống kín được đặc biệt coi trọng.

## 2.2. Các vật liệu cách nhiệt cơ bản

Cách nhiệt lạnh có nhiệm vụ hạn chế dòng nhiệt tổn thất từ ngoài môi trường có nhiệt độ cao vào phòng lạnh có nhiệt độ thấp qua kết cấu bao che.

Độ dày lớp cách nhiệt được tính toán theo hai điều kiện cơ bản:

- \_ Vách ngoài của kết cấu bao che không được đọng sương,
- \_ Tổng chi phí cho một đơn vị lạnh là thấp nhất.

Chi phí cho một đơn vị lạnh gồm chi phí đầu tư và chi phí lạnh. Cách nhiệt càng dày, chi phí đầu tư cho cách nhiệt càng lớn nhưng chi phí lạnh càng giảm và ngược lại, cách nhiệt càng mỏng, chi phí đầu tư giảm nhưng chi phí lạnh tổn thất lại lớn lên.

Yêu cầu của vật lý cách nhiệt

Một vật liệu lý tưởng phải có:

- \_ Hệ số dẫn nhiệt nhỏ ( $\lambda \rightarrow 0$ )
- \_ Khối lượng riêng nhỏ,
- \_ Độ thấm hơi nước nhỏ,
- \_ Độ bền cơ học và độ dẻo cao.
- \_ Bền ở nhiệt độ thấp và không ăn mòn các vật liệu xây dựng.
- \_ Không gây cháy hoặc dễ cháy.
- \_ Không bắt mùi và có mùi lạ.
- \_ Không gây nấm mốc và phát sinh vi khuẩn, không bị chuột, sâu bọ đục phá.
- \_ Không độc hại đối với sức khỏe con người
- \_ Không độc hại đối với sản phẩm bảo quản hoặc làm biến chất sản phẩm bảo quản.
- \_ Rẻ tiền, dễ kiếm, dễ vận chuyển, lắp ráp, sửa chữa.
- \_ Gia công dễ dàng và không đòi hỏi sự bảo quản đặc biệt.

Trên thực tế không có vật liệu cách nhiệt lý tưởng. Khi chọn một vật liệu cách nhiệt, cần phải lợi dụng triệt để ưu điểm và hạn chế đến mức thấp nhất nhược điểm trong từng trường hợp ứng dụng cụ thể. Đặc tính quan trọng nhất của vật liệu là hệ số dẫn nhiệt phải nhỏ, trên hình 2 ta thấy vật liệu cách nhiệt cơ bản là các vật liệu phi kim loại vô cơ và hữu cơ ở dạng xốp ngậm các bọt không khí khác vì các vật liệu trên có  $\lambda$  nhỏ.

Hệ số dẫn nhiệt của các vật liệu cách nhiệt có tính chất gần giống nhau và phụ thuộc vào:

- 1 - Khối lượng riêng;
- 2 - Cấu trúc của bột xốp (kiểu, độ lớn, cách sắp xếp của các lỗ chứa khí, thành phần và cấu tạo của phần rắn và mối quan hệ qua lại của chúng);
- 3 - Nhiệt độ;
- 4 - Áp suất và chất khí trong các lỗ;
- 5 - Độ ẩm và độ khuếch tán hơi nước 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 không khí, hệ số dẫn nhiệt của vật liệu vô cơ và hữu cơ đặc bao giờ cũng lớn hơn của không khí hoặc của các chất khí, do đó vật liệu càng xốp, thể tích rỗng chứa khí càng lớn, hệ số dẫn nhiệt càng nhỏ.

\_ Hệ số dẫn nhiệt của các vật liệu cách nhiệt đặc trưng cho dòng nhiệt tổn thất qua vách bao che. Không khí và các chất khí đứng im đạt hệ số dẫn nhiệt nhỏ nhất vì khi đó thành phần đối lưu tiến tới không. Để loại trừ thành phần truyền nhiệt đối lưu, phương pháp duy nhất là kích thước của các lỗ li ti chứa khí phải nhỏ.

\_ Hệ số dẫn nhiệt của các vật liệu cách nhiệt giảm khi nhiệt độ giảm (hình 2). Riêng một số kim loại tinh khiết đạt cực đại ở khoảng nhiệt độ  $10 \div 50K$ .

\_ Chân không có khả năng cách nhiệt lý tưởng, tuy nhiên khó có thể thực hiện chân không trong các lỗ xốp vật liệu vì ẩm và không khí luôn luôn khuếch tán vào vật liệu. Chỉ có thể thực hiện cách nhiệt chân không trong các bình 2 vỏ bằng thủy tinh (phích nước, phích đá) hoặc bằng thép (phích lưỡng tính, chai cryô), chịu được áp lực không khí và chống được khuếch tán hơi nước và không khí. Hình 4.19 giới thiệu sự phụ thuộc của hệ số dẫn nhiệt vào áp suất: Áp suất cách nhiệt hiệu quả nằm trong khoảng  $0,1 \div 1Pa$ , vì sau đó  $\lambda$  giảm rất chậm.

Về chất khí chứa trong các ngăn ta thấy không khí có hệ số dẫn nhiệt rất nhỏ  $\lambda = 0,025 W/(mK)$  ở áp suất khí quyển. Đây cũng là hệ số dẫn nhiệt giới hạn mà một vật liệu cách nhiệt xốp chứa không khí có thể đạt được. Để tạo ra các vật liệu có hệ số dẫn nhiệt nhỏ hơn nữa cần phải tìm được các chất khí có hệ số dẫn nhiệt nhỏ hơn của không khí. Sử dụng một vài loại hơi frêon làm khí ngậm, một số bột xốp polyurethan đạt hệ số dẫn nhiệt nhỏ hơn của không khí. Để tránh sự khuếch tán hơi nước và không khí, các loại bột xốp này thường được bao phủ ngay bằng các tấm kim loại vì khi bị nhiễm ẩm, khả năng cách nhiệt giảm xuống rõ rệt bởi vậy cách nhiệt lạnh bao giờ cũng đi đôi cách ẩm.

Các vật liệu cách nhiệt là những chất vô cơ tự nhiên thường được gia công trước khi sử dụng như các loại sợi khoáng (bông thủy tinh, bông xỉ, gia công sản xuất từ việc nung chảy silicat) thủy tinh bọt, sợi amiăng hoặc các sợi gốm.

Các vật liệu cách nhiệt từ các chất hữu cơ tự nhiên như bấc lie, trấu, xơ dừa... Bấc lie càng ngày càng mất ý nghĩa ứng dụng, trái lại trấu lại đang được nhiều cơ sở nghiên cứu ứng dụng như bộ Hải sản.

Các vật liệu cách nhiệt từ các chất hữu cơ nhân tạo ngày nay được sử dụng rất nhiều. Chúng có tính chất cách nhiệt tốt, sản xuất với qui trình công nghệ ổn định về chất lượng, kích thước, dễ dàng gia công, lắp ghép và ứng dụng kinh tế hơn. Các vật liệu có ý nghĩa nhất hiện nay là polystirol (stirôpo), polyurethan, polyetylen, polyvinylclorit, nhựa phenol và nhựa urê phocmadêhit.

Hiện nay polystirol và polyurethan được sử dụng rộng rãi để cách nhiệt cho các buồng lạnh đến nhiệt độ  $-180^{\circ}\text{C}$ . Polystirol được sản xuất bằng cách nở hạt bằng chất sinh hơi và được gia nhiệt ở nhiệt độ  $100^{\circ}\text{C}$ . Độ bền nén tương đối lớn, từ 0,1 đến 0,2  $\text{N/mm}^2$ . Giới hạn nhiệt độ sử dụng không quá  $80^{\circ}\text{C}$ .

Thường bột polystirol bị cháy nhưng có loại không cháy do trộn các phụ gia chống cháy.

Polyurethan có ưu điểm lớn là tạo bọt mà không cần gia nhiệt nên dễ dàng tạo bọt trong các thể tích rỗng hoặc giữa các tấm cách âm... Chính vì vậy polyurethan được sử dụng để cách nhiệt đường ống, tủ lạnh gia đình và thương nghiệp, chế tạo tấm cách nhiệt của buồng lạnh ghép... rất kinh tế. Chất sinh hơi tạo bọt hiện nay thường là freôn R11. Độ bền nén, tính dễ cháy giống như của polystirol.

Tuy nhiên, ở hai loại vật liệu trên quan sát thấy sự co rút kích thước do lạnh. Sự co rút này có thể làm hở các mối nối. Sự co rút kích thước phụ thuộc vào khối lượng riêng của bọt, khối lượng riêng càng nhỏ độ co ngót càng lớn.

Các thông số cơ bản của một số vật liệu cách nhiệt được giới thiệu trên bảng 22 các số liệu xếp dịch lên xuống do ảnh hưởng của qui trình sản xuất, và đặc biệt do sự thay đổi khối lượng của cụng hình 5 biểu diễn sự phụ thuộc của hệ số dẫn nhiệt vào nhiệt độ thấp của một số vật liệu cách nhiệt.

**Bảng 22: Tính chất của một số vật liệu cách nhiệt**

Vật liệu	$\rho$ , $\text{kg/m}^3$	$\lambda$ , $\text{W/mK}^{\circ}$	$\mu^{1)}$	$\sigma^{2)}$ nén, $\text{N/cm}^2$	$t_{\text{max}}$ , $^{\circ}\text{C}$
Bọt xốp polystirol	10 – 60	0,03 – 0,04	40 – 150		



Bột xốp polyurethan 3)	30 – 50	0,023 – 0,03	30 – 60		
Bột xốp nhựa urê	10 – 15	0,035	1,5 – 3,5	10 – 25	80
Bột xốp PVC	40 – 60	0,03 – 0,04	150 – 300	15 – 30	120
Bột xốp nhựa phenon	30 – 60	0,035 – 0,04	30 – 50	1	120
Bột thủy tinh	130 – 150	0,05 – 0,06	$\infty$	30 – 50	70
Lie	150 – 350	0,04 – 0,05	3 – 20	20 – 40	150
Các loại sợi khoáng	20 – 250	0,035 – 0,05	1 – 7	70	430
Bột polyetylen	35	0,033	3000	–	–
Bột perlit	35 – 100	0,03 – 0,05			
Bột alrosil	60 – 80	0,023 – 0,03		25 đến 35	
Alfol nhiều lớp	1 – 8	0,035 – 0,05			110
Wellit nhiều lớp	40 – 100	0,04 – 0,06			

1)  $\mu$  là hệ số trở ẩm ;  $= \infty$  là vật liệu hoàn toàn không thấm ẩm.  
 2) Độ bền nén.  
 3) Chất sinh khí là R11.

### 2.3. Vật liệu hút ẩm

Tác dụng hút ẩm dựa trên ba nguyên tắc sau:

- 1) Liên kết cơ học gọi là hấp phụ.
- 2) Liên kết hóa học gọi là hấp thụ để tạo ra các tinh thể ngậm nước hoặc các hydrat.
- 3) Phản ứng hóa học tạo ra các chất mới.

\_ Các vật liệu hút ẩm dựa trên liên kết cơ học được sử dụng chủ yếu trong hệ thống lạnh gồm Silicagel  $SiO_2$ , đất sét hoạt tính  $Al_2O_3$  và rây phân tử zeolit silcat nhôm natri, kali và canxi. Khả năng hấp thụ ẩm của các vật liệu hút ẩm này phụ thuộc chủ yếu vào lực hút trên bề mặt vật liệu, diện tích bề mặt, số và cỡ lỗ li ti trên bề mặt vật liệu, áp suất riêng phần hơi nước. Ngoài nước, chất hút ẩm cần hút được cả các loại tạp chất có hại như các bazơ, axit hình thành trong vòng tuần hoàn môi chất khi vận hành hệ thống.

Diện tích bề mặt của vật liệu là tổng diện tích bên trong của các lỗ nhỏ li ti của vật liệu. Những lỗ nhỏ li ti này có khả năng giữ các phân tử nước lại nhờ lực liên kết, nhưng lại để cho các phân tử lớn hơn của môi chất lạnh hoặc dầu bôi trơn đi qua một

cách dễ dàng. Thí dụ: các lỗ li ti của zêôlit dùng trong máy lạnh có đường kính khoảng  $4 \text{ \AA}^0$

( $1 \text{ \AA}^0 = 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm}$ ), có thể hấp phụ các phân tử nước (đường kính  $2,7 \text{ \AA}^0$ ), khí cacbonic ( $2,8 \text{ \AA}^0$ ), nitơ ( $3,0 \text{ \AA}^0$ ) và Clo. Các môi chất lạnh freôn và dầu bôi trơn có đường kính phân tử lớn hơn nên không bị hấp phụ.

Nhiệt độ có ảnh hưởng lớn đến khả năng hấp phụ. Silicagel giảm khả năng hấp phụ ngay từ nhiệt độ  $(40 \div 50)^\circ\text{C}$ , nên không bố trí phin sấy Silicagel gần các thiết bị có nhiệt độ cao như máy nén, dàn ngưng, bình chứa. Tái sinh Silicagel ở nhiệt độ  $(120 \div 200)^\circ\text{C}$  trong 12h. Khả năng hấp phụ của zêôlit ít ảnh hưởng hơn bởi nhiệt độ. Khả năng hút ẩm cũng lớn gấp năm lần Silicagel nên càng ngày càng có ý nghĩa quan trọng trong kỹ thuật lạnh. Phin sấy zêôlit có thể lắp đặt ngay cạnh máy nén, dàn ngưng hoặc bình chứa cao áp. Tái sinh zêôlit ở nhiệt độ  $(420 \div 500)^\circ\text{C}$ . Tuy nhiên, theo nhiều kết quả nghiên cứu, các hạt Silicagel và zêôlit đã được sử dụng trong hệ thống lạnh hầu như không thể tái sinh vì đã bị bám bẩn và bị màng dầu bao phủ. Mọi cố gắng tái sinh bằng cách gia nhiệt chỉ gây thêm trục trặc của hệ thống do các hạt hút ẩm bị phân rã. Khi sửa chữa hệ thống lạnh, nhất thiết phải thay mới hạt chống ẩm hoặc cả phin sấy lọc chứ không thể tái sinh các phin sấy cũ.

Hiện nay người ta có thể chế tạo được các loại zêôlit có diện tích bề mặt rất lớn (đến  $800\text{m}^2/\text{gam}$ ) với kích thước lỗ li ti hoàn toàn thống nhất. Zêôlit dùng trong hệ thống lạnh có công thức  $\text{Na}_{12}(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}$  ký hiệu là 4A hoặc A4, có cỡ đường kính lỗ  $4\text{ \AA}^0$ , đặc biệt dùng cho môi chất lạnh R12 và R22, lắp trên đường lỏng từ bình chứa đến van tiết lưu. Khi thay thế Na bằng Kali hoặc canxi có thể chế tạo được các zêôlit đường kính lỗ từ 3 đến  $9\text{ \AA}^0$ . theo đăng ký phát minh của CHDC Đức cũ, zêôlit AR, đường kính lỗ  $3\text{ \AA}^0$ , có khả năng hút ẩm tốt hơn loại 4A trong các hệ thống lạnh R22.

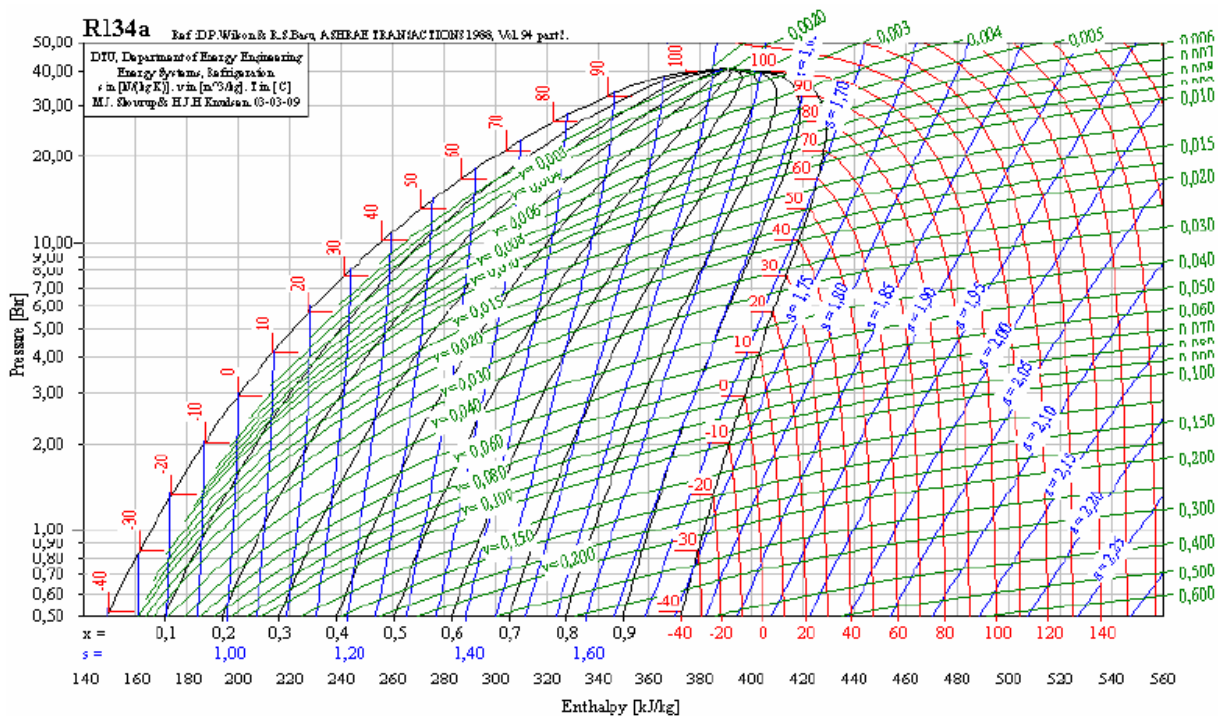
Silicagel là  $\text{SiO}_2$  ở dạng xốp không định hình, kích thước lỗ không cố định, diện tích riêng bề mặt khoảng  $500\text{m}^2/\text{gam}$ .

Đất sét hoạt tính, có cấu trúc tương tự, có khả năng hút ẩm và các loại axit, bazơ. Đất sét hoạt tính đang được nghiên cứu ứng dụng trong hệ thống để chống ẩm.

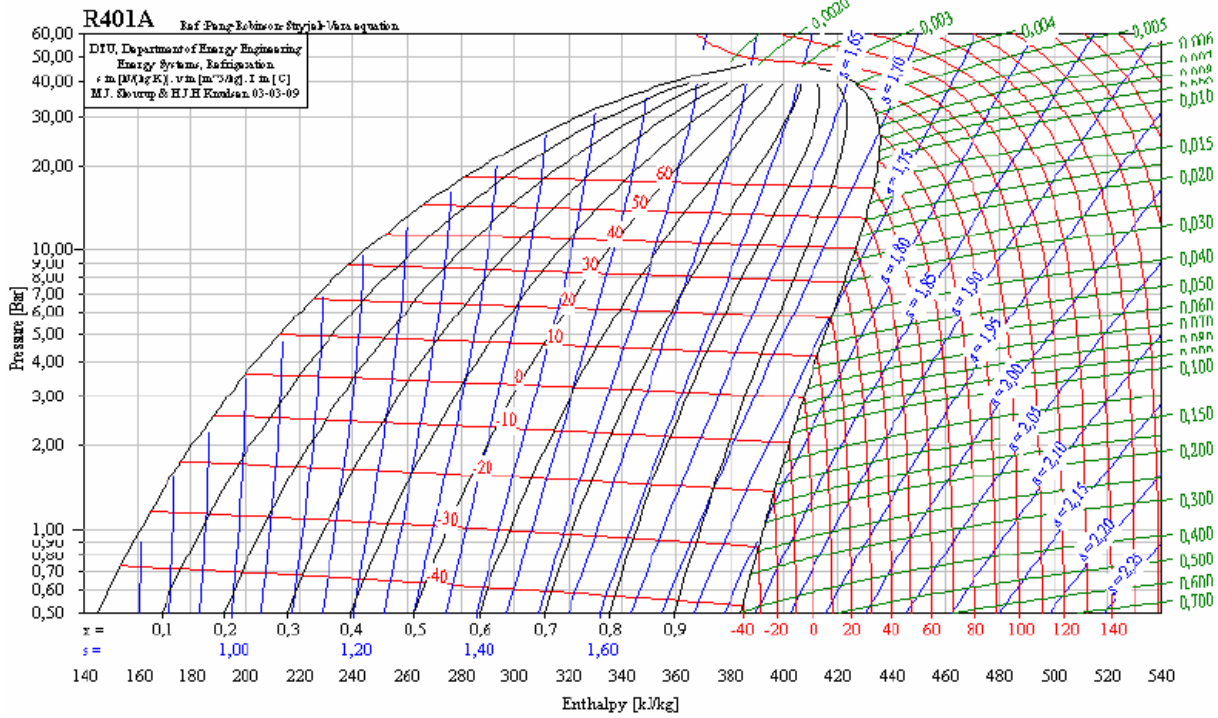
Các chất hấp thụ ẩm, nhờ liên kết hóa học ít có ý nghĩa hơn trong kỹ thuật lạnh, chủ yếu gồm sumphat canxi, Clorit canxi và perclorat magiê ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  và  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ ). Nên hạn chế sử dụng các chất này đặc biệt  $\text{CaCl}_2$  không thích hợp với môi chất lạnh. Nếu sử dụng, không nên bố trí trên đường lỏng.

\_ Các chất hấp thụ nhờ phản ứng hóa học với nước hoàn toàn không sử dụng được cho hệ thống lạnh tuy rằng hiệu quả khử ẩm cao. Các vật liệu hút ẩm loại này như vôi sống oxít canxi CaO, oxít bari BaO, penôxít photpho P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> trong hệ thống lạnh có thể tạo ra các loại axit và bazơ gây ăn mòn bề mặt thiết bị, làm lão hóa dầu, phân hủy môi chất lạnh, phá sơn cách điện làm chập các dây dẫn điện nên không được sử dụng.

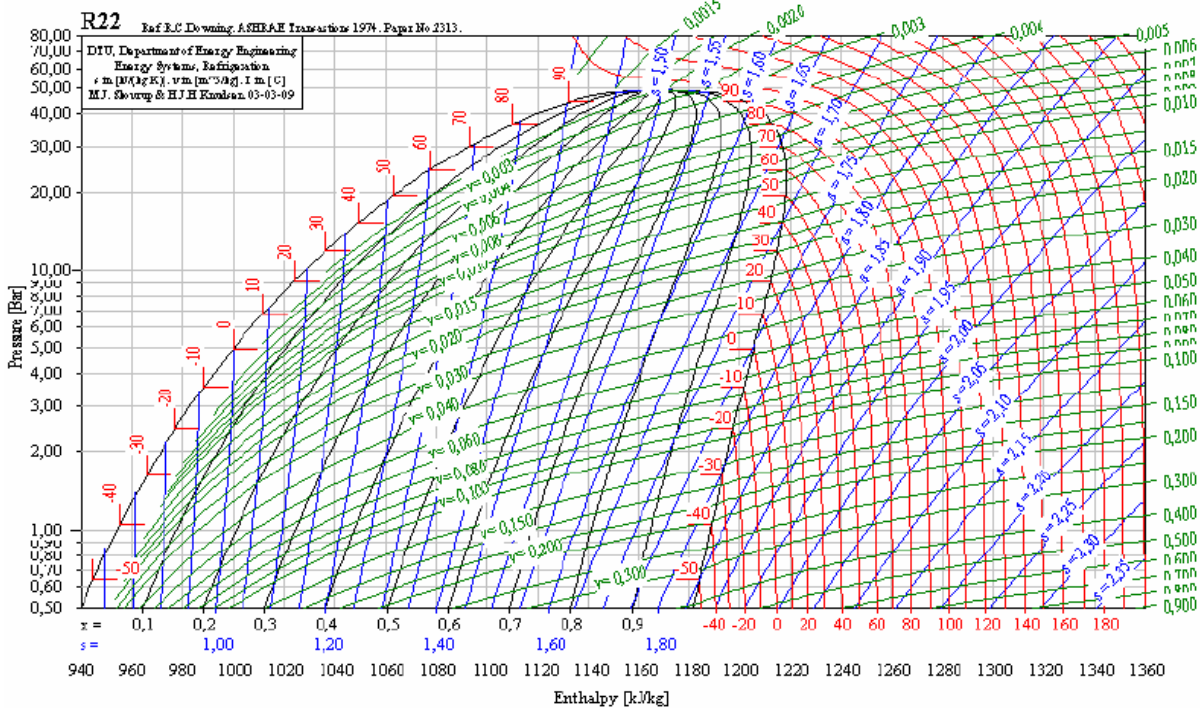
Đồ thị lgp-i của R134a



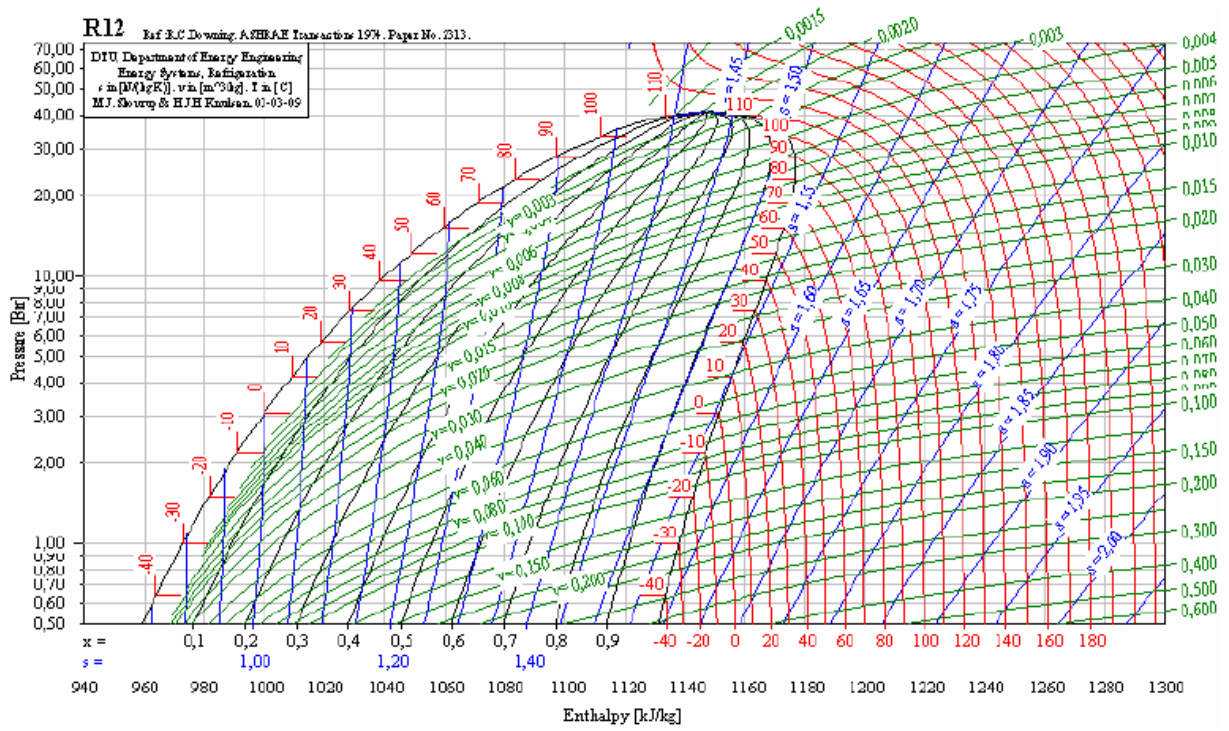
### Đồ thị lgp-i của R401A



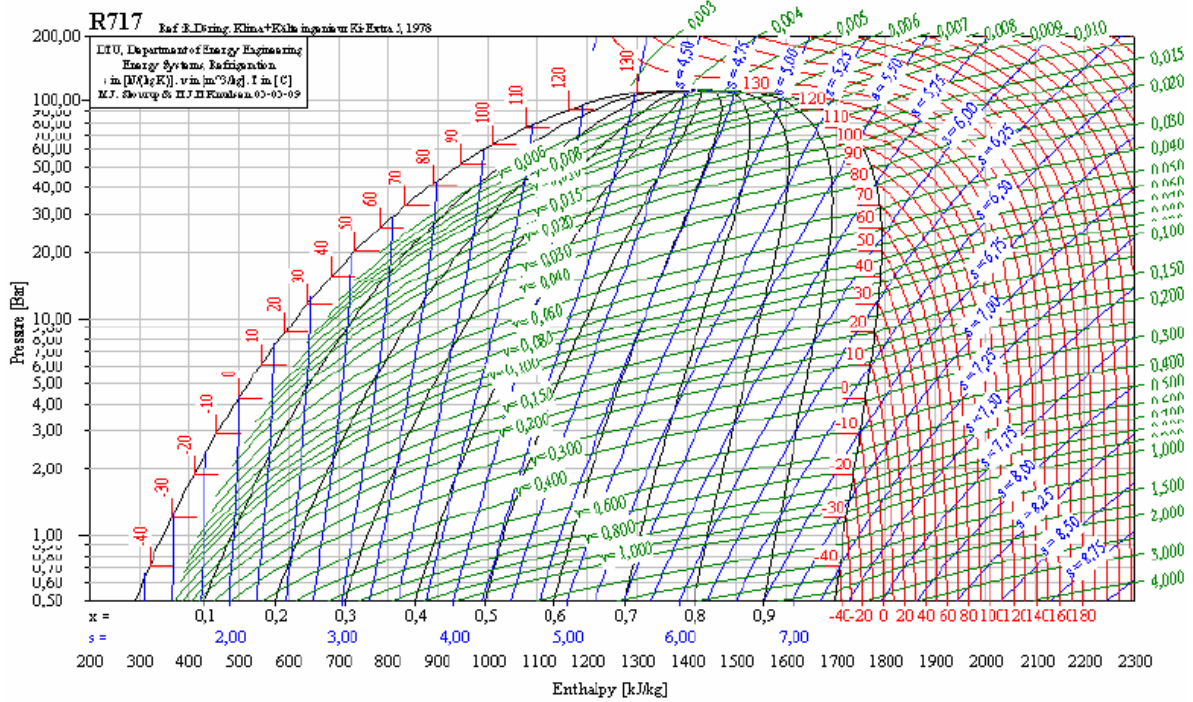
### Đồ thị lgp-i của R22



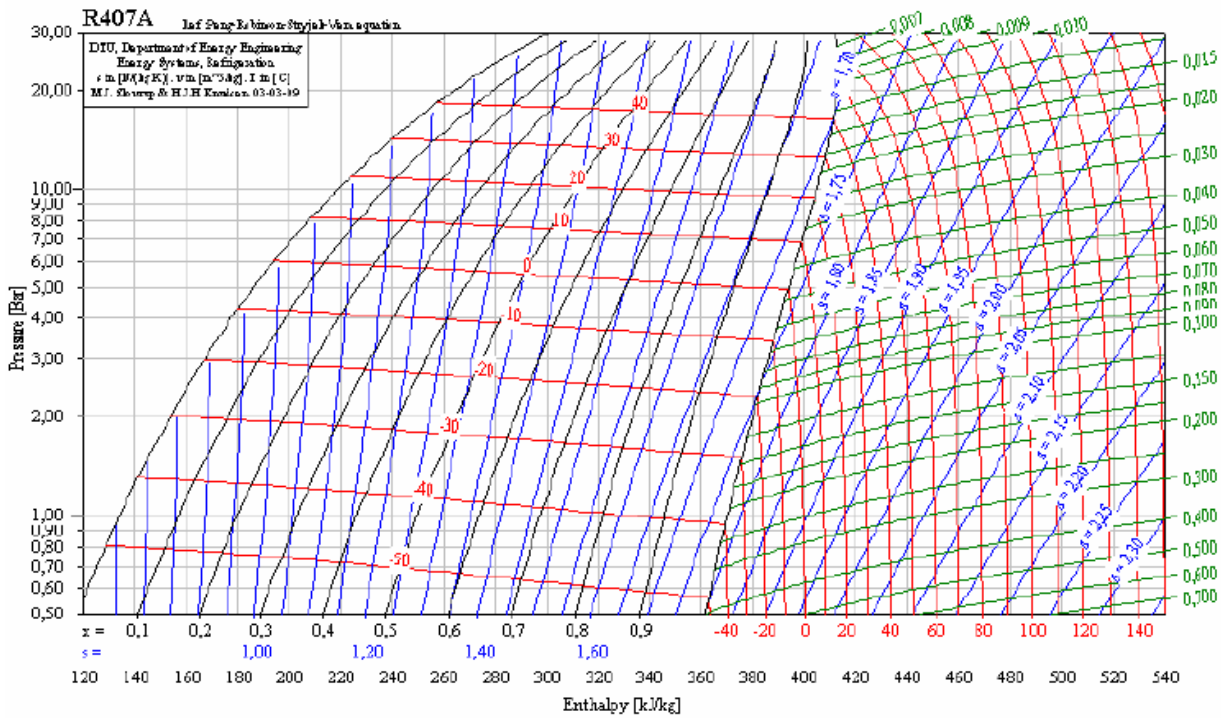
### Đồ thị lgp-i của R12



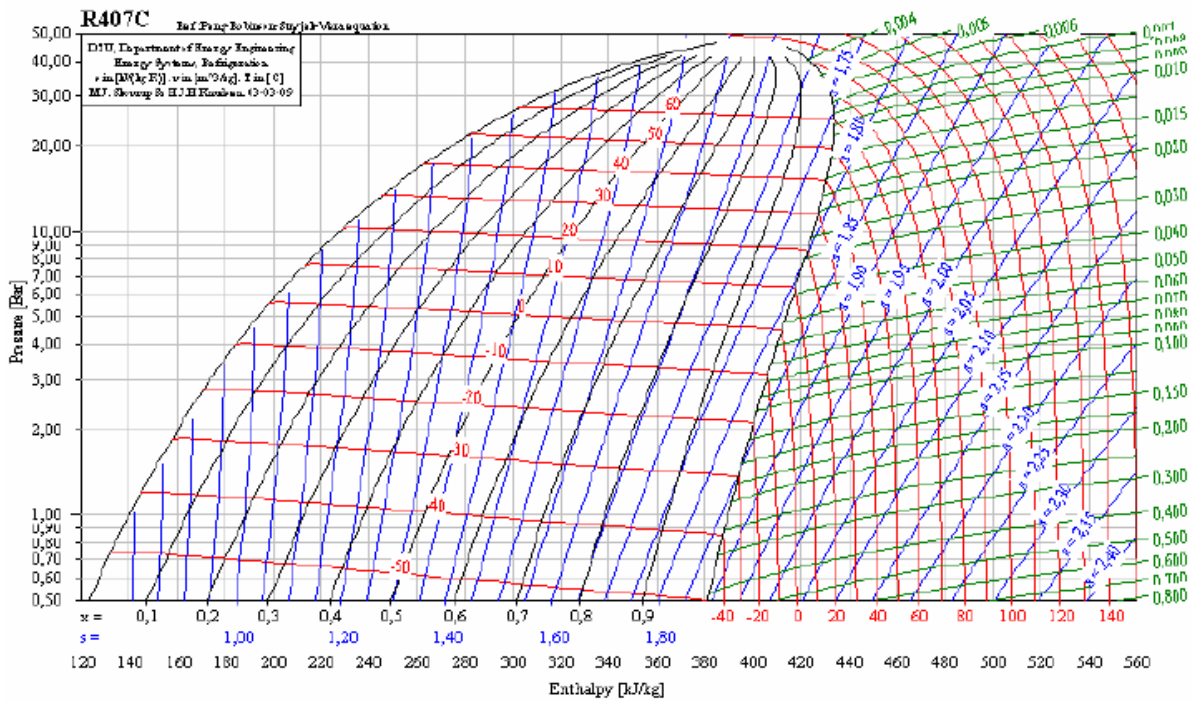
### Đồ thị lgp-i của NH3



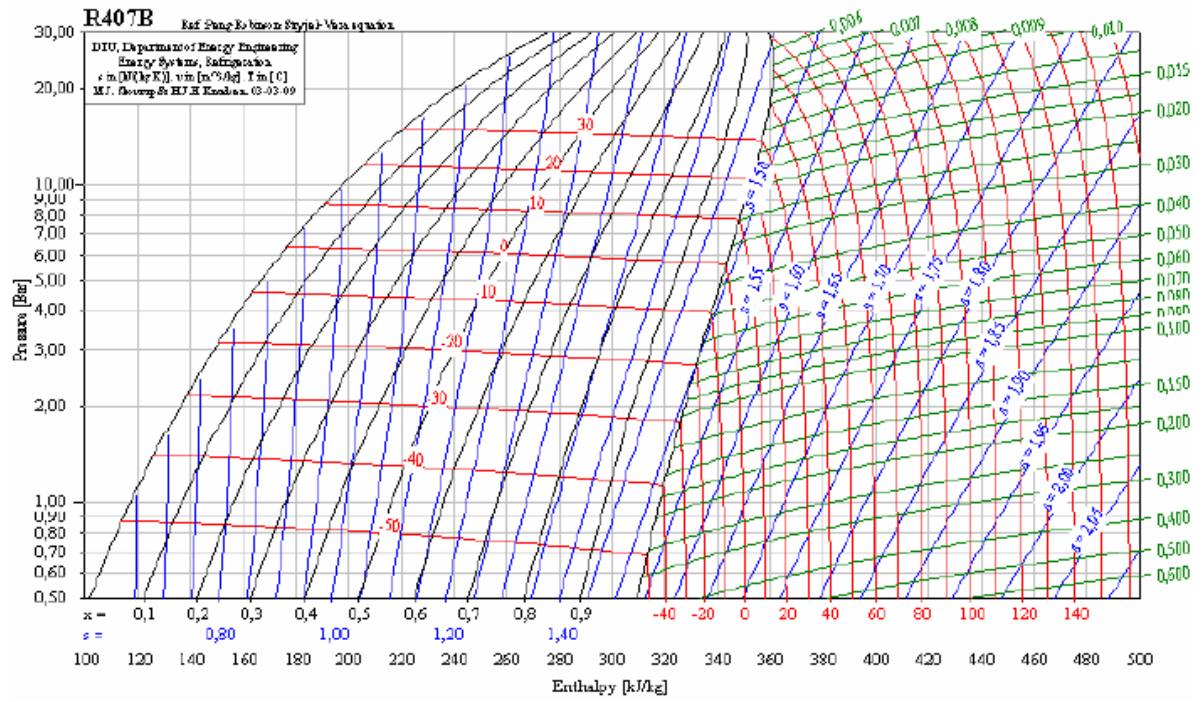
### Đồ thị lgp-i của R407A



### Đồ thị lgp-i của R407C



### Đồ thị lgp-i của R407B



**Bảng chuyển đổi đơn vị****1. p suất**

$$1 \text{ psi} = 6,89476 \text{ kPa} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ in Hg} = 3,38639 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ in H}_2\text{O} = 0,24908 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ ft H}_2\text{O} = 2,98896 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ tonf/in}^2 = 15,4443 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ at} = 0,9807 \text{ Bar} = 735,5 \text{ mmHg} = 10 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ at} = 98,0665 \text{ kPa} = 10^4 \text{ mmAq}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ torr} = 133,322 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9,80665 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmAq} = 1 \text{ kgf/m}^2 = 9,807 \text{ N/m}^2$$

**2.. Công suất**

$$1 \text{ HP} = 0,7457 \text{ kW}$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

$$1 \text{ Ton lạnh (US)} = 12.000 \text{ Btu/h} = 3,5169 \text{ kW}$$

$$1 \text{ Tonlạnh (Japan)} = 13.175 \text{ Btu/h} = 3,86 \text{ kW}$$

**3. Năng lượng**

$$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ} = 3412 \text{ Btu}$$

$$1 \text{ kCal} = 4,187 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ Btu} = 1,05506 \text{ kJ} = 0,25198 \text{ kCal}$$

$$1 \text{ Cal} = 3,968 \text{ Btu}$$

$$1 \text{ ft.lbf} = 1,35582 \text{ J}$$

$$1 \text{ Therm} = 105,506 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ kJ} = 1 \text{ kW.s}$$