

Kiến thức của bạn

CHU TRÌNH MÁY LẠNH VÀ BƠM NHIỆT

TS. NGUYỄN ĐỨC LỢI

I. MỞ ĐẦU

Khác với chu trình động cơ nhiệt là chu trình thuận chiều biến nhiệt thành công hữu ích, chu trình máy lạnh và bơm nhiệt là chu trình ngược chiều, tiêu tốn công để bơm một đơn vị nhiệt từ nhiệt độ thấp lên nhiệt độ cao (hình 1).

a) Chu trình thuận chiều của động cơ nhiệt, tiêu tốn nhiệt sinh công, q_1 - nhiệt cấp, q_2 - nhiệt thải vào môi trường, l - công hữu ích, η - hiệu suất nhiệt.

b) Chu trình máy lạnh: tiêu tốn công để tạo lạnh, q_2 - nhiệt rút ra từ phòng lạnh, q_1 - nhiệt thải vào môi trường, l - công tiêu tốn, ε - hệ số lạnh.

c) Chu trình bơm nhiệt: tiêu tốn công để thu nhiệt, q_1 - nhiệt hữu ích thu được, l - công tiêu tốn, q_2 - nhiệt lấy từ môi trường, φ - hệ số bơm nhiệt.

Chu trình máy lạnh và bơm nhiệt là giống nhau. Sự khác nhau duy nhất là cấp nhiệt độ và mục đích sử dụng. Máy lạnh dùng để làm lạnh ở nhiệt độ thấp (t_2) và thải nhiệt q_1 vào môi trường, còn bơm nhiệt dùng để sưởi ấm nền nhiệt độ t_1 cao hơn nhiệt độ môi trường và t_2 bằng nhiệt độ môi trường. Chính vì vậy hệ số bơm nhiệt

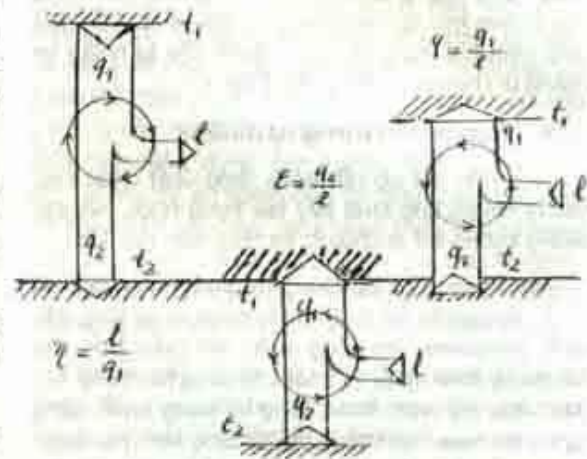
$$\varphi = \frac{q_1}{l} = \frac{q_2 + l}{l} = \varepsilon + 1 \quad (\text{bằng hệ số lạnh cộng với } 1)$$

Có nhiều phương pháp làm lạnh cũng như chu trình lạnh khác nhau. Ở đây giới thiệu 3 chu trình thông dụng, đó là chu trình nén khí, chu trình nén hơi và chu trình hấp thụ.

II. CHU TRÌNH MÁY LẠNH VÀ BƠM NHIỆT NÉN KHÍ

Hình 2 biểu diễn chu trình máy lạnh nén khí.

Đặc điểm của máy lạnh nén khí là môi chất lạnh là không khí, môi chất lạnh không thay đổi trạng thái trong chu trình. Các quá trình cơ bản của máy nén khí là:



Hình 1

- a) Chu trình động cơ nhiệt (thuận chiều)
- b) Chu trình máy lạnh (ngược chiều)
- c) Chu trình bơm nhiệt (ngược chiều)

1 - 2: quá trình nén khí đoạn nhiệt trong máy nén từ áp suất p_1 lên p_2 .

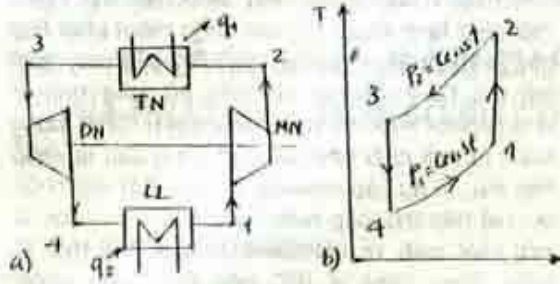
2 - 3: quá trình làm mát đẳng áp khi nén trong bộ thải nhiệt.

3 - 4: quá trình giãn nở đoạn nhiệt trong máy giãn nở từ áp suất p_2 xuống p_1 và nhiệt độ t_3 xuống nhiệt độ thấp t_2 , sinh ngoại công có ích.

4 - 1: quá trình thu nhiệt của môi trường cần làm lạnh ở áp suất p_1 .

Hệ số lạnh của chu trình bằng năng suất lạnh thu được ở bộ làm lạnh q_2 trên công tiêu tốn bằng công nén trừ đi công giãn nở. Do không khí được coi là khí lý tưởng nên có thể tính nhiệt lượng q_1, q_2 theo khí lý tưởng.

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{q_2}{l} = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{C_p(T_2 - T_3)}{C_p(T_2 - T_3) - C_p(T_1 - T_4)} \\ &= \frac{T_2}{T_2 - T_1} = \frac{T_3}{T_3 - T_4} \end{aligned}$$



Hình 2 - Chu trình máy lạnh nén khí

- a) Sơ đồ thiết bị: MN - máy nén; TN - Bộ thải nhiệt; DN - máy giãn nở; LL - Bộ làm lạnh;
- b) Chu trình biểu diễn trên đồ thị T - s

Hệ số bơm nhiệt là $\varphi = \epsilon + 1$

Ưu điểm cơ bản của chu trình là môi chất lạnh là không khí, không độc hại, luôn sẵn có quanh ta, không gây ô nhiễm môi trường, nhiệt độ đạt được thấp. Tuy nhiên chu trình này có nhược điểm là rất cồng kềnh do có máy giãn nở, giá thành cao và hệ số lạnh đạt được tương đối thấp hơn các chu trình máy lạnh nén hơi. Chu trình này được sử dụng chủ yếu cho ngành hàng không vì ở đây đã có sẵn máy nén tuabin khí của máy bay.

III. CHU TRÌNH NÉN HƠI

Hình 3 giới thiệu chu trình máy lạnh nén hơi

Đặc điểm cơ bản của chu trình nén hơi là môi chất lạnh biến đổi trạng thái trong chu trình từ lỏng thành hơi khi thu nhiệt của môi trường lạnh và từ hơi thành lỏng trong quá trình thải nhiệt ra môi trường. Các quá trình cơ bản của chu trình nén hơi là:

1 - 2: quá trình nén hơi đoạn nhiệt từ áp suất thấp nhiệt độ thấp lên áp suất cao nhiệt độ cao

2 - 3: quá trình ngưng tụ hơi môi chất ở áp suất cao và nhiệt độ cao gắn liền với quá trình thải nhiệt ra môi trường.

3 - 4: quá trình tiết lưu đẳng entanpy từ áp suất cao nhiệt độ cao xuống áp suất thấp, nhiệt độ thấp khi qua van tiết lưu.

4 - 1: quá trình bay hơi ở áp suất thấp, nhiệt độ thấp thu nhiệt của môi trường lạnh.

Hệ số lạnh bằng năng suất lạnh hữu ích đạt được trên công tiêu tốn

$$\epsilon = \frac{q_2}{l} = \frac{q_0}{l} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

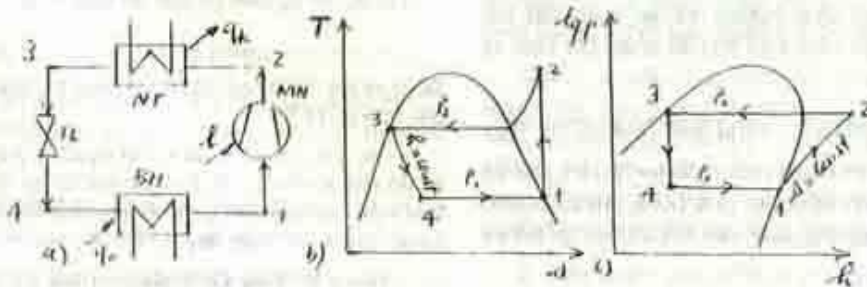
Trong đó h_1, h_2, h_3, h_4 là entanpy ở các điểm nút chu trình 1, 2, 3, 4. Giá trị h_1 đến h_4 có thể tra trên đồ thị $l_{sp} - h$ của môi chất lạnh tương ứng. Môi chất lạnh thường sử dụng là amoniac và freon các loại.

$$\text{Hệ số bơm nhiệt: } \varphi = \frac{q_1}{l} = \epsilon + 1$$

Chu trình nén hơi là chu trình lạnh và bơm nhiệt được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay. Ước tính khoảng 95% năng suất lạnh do máy lạnh nén hơi cung cấp vì lạnh nén hơi đơn giản, dễ ứng dụng cho mọi nhu cầu lạnh, hệ số lạnh cao và khả năng tự động hoá rất cao.

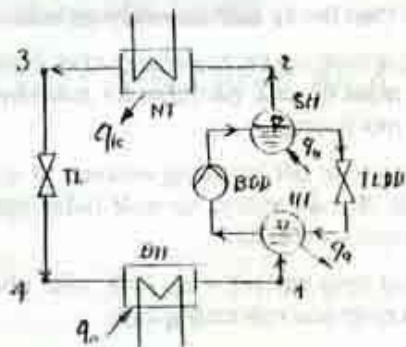
IV. CHU TRÌNH HẤP THỤ

Hình 4 giới thiệu chu trình máy lạnh và bơm nhiệt hấp thụ



Hình 3 - Chu trình máy lạnh nén hơi

- a) Sơ đồ thiết bị: MN - Máy nén; NT - Bộ ngưng tụ; TL - Van tiết lưu; BH - Bộ bay hơi;
- b) Chu trình biểu diễn trên đồ thị T - s; c) Chu trình biểu diễn trên đồ thị $l_{sp} - h$ (áp suất - entanpy)



Hình 4 - Sơ đồ thiết bị máy lạnh và bơm nhiệt hấp thụ

NT - Bộ ngưng tụ; BH - Bộ bay hơi; TL - Tiết lưu; SH - Bình sinh hơi; HT - Bình hấp thụ; BDD - Bơm dung dịch; TLDD - Tiết lưu dung dịch

Ở đây nhận thấy các quá trình ngưng tụ ở bộ ngưng tụ 2 - 3, tiết lưu qua van tiết lưu 3 - 4 và quá trình bay hơi ở bộ bay hơi 4- 1 của máy lạnh hấp thụ hoàn toàn giống chu trình nén hơi. Riêng quá trình nén của chu trình nén hơi bằng máy nén cơ 4 - 1 được thay thế bằng máy nén nhiệt với bốn thiết bị chính là bình hấp thụ HT, bình sinh hơi SH, bơm dung dịch BDD và tiết lưu dung dịch TLDD.

Máy nén nhiệt hoạt động như sau: Hơi môi chất sinh ra ở bình bay hơi (ví dụ NH₃) được dung dịch nghèo (loãng) trở thành dung dịch giàu (đậm đặc) và được bơm dung dịch bơm lên bình sinh hơi. Ở bình sinh hơi, dưới tác động của nhiệt ở nhiệt độ cao (khoảng 100 đến 130°C), hơi môi chất được đẩy ra để vào bộ ngưng tụ, qua tiết lưu vào bộ bay hơi. Dung dịch sau khi mất hơi NH₃ trở thành dung dịch nghèo và lại theo tiết lưu dung dịch trở lại bình hấp thụ để nhận hơi sinh ra ở bình bay hơi.

Như vậy ở đây có 2 vòng tuần hoàn khép kín:

a) Vòng tuần hoàn môi chất lạnh (NH₃) từ bộ bay hơi đến bình hấp thụ, qua bơm, lên bình sinh hơi, vào bình ngưng, qua van tiết lưu và lại trở về bộ bay hơi.

b) Vòng tuần hoàn dung dịch hấp thụ (ở đây là nước): đầu tiên ở bình hấp thụ sau đó đi qua bơm lên bình sinh hơi sau đó lại qua tiết lưu dung dịch về bình hấp thụ.

Chính vì vậy trong máy lạnh hấp thụ ngoài môi chất lạnh người ta phải dùng thêm chất hấp thụ và thường gọi là cặp môi chất của máy lạnh hấp thụ. Có 2 cặp môi chất được sử dụng rộng rãi là amoniac/ nước và nước/ bromualiti. Chất lỏng trước là môi chất lạnh và chất đứng sau là chất hấp thụ. Ví dụ cặp amoniac là môi chất còn nước là chất hấp thụ, cặp nước / bromualiti thì nước là môi chất lạnh và bromualiti là chất hấp thụ. Vì nước đóng băng ở 0°C nên máy lạnh nước/ bromualiti chỉ đạt nhiệt độ lạnh 5 ÷ 7°C chủ yếu dùng để điều hoà không khí.

Máy lạnh hấp thụ có hệ số lạnh nhỏ, nhỏ hơn nhiều so với máy lạnh nén hơi nên ít được sử dụng. Máy lạnh hấp thụ có ưu điểm là đơn giản, ít chi tiết chuyển động (chỉ có bơm), sử dụng năng lượng dạng hơi hoặc nhiệt, nên phù hợp với điều kiện chế tạo và vận hành Việt Nam. Máy lạnh hấp thụ sử dụng hiệu quả ở các nhà máy thực phẩm hoặc năng lượng có dạng hơi thừa, nhiệt thải nhiệt độ cao, trong các nhà máy liên hợp sử dụng hợp lý nguồn nhiệt và nhiệt thải, sử dụng cả nóng và lạnh kết hợp. Máy lạnh hấp thụ nhỏ thích hợp cho các vùng nông thôn hoặc vùng sâu, vùng xa không có điện.

Hệ số lạnh:

$$\xi = \frac{q_o}{q_n + q_B} = \frac{q_o}{q_n}$$

Trong đó:

- q_o - năng suất lạnh riêng
- q_n - nhiệt lượng cấp cho bình sinh hơi
- q_B - nhiệt lượng cấp cho bơm.

Do q_B << q_n nên có thể bỏ qua q_B.

Đính chính: Trong số 2/2000 (Tháng 3) - Bài Hệ thống đơn vị quốc tế SI:

- Trang 4, dòng 3 đi đã in "Ví dụ 273K (hai trăm bảy ba độ Kelvin) như trước đây" xin đọc lại là "Ví dụ 273K (hai trăm bảy ba Kelvin) chứ không phải là hai trăm bảy ba độ Kelvin như trước đây"

- Trang 5, dòng 22 đi đã in J (kg K), xin đọc là J/(kgK), dòng 16 đi đã in $\Omega V/A$, xin đọc là $\Omega V/A$.

- Trang 6 dòng 7 đã in (1000m²), xin đọc là (1000m²)

Thành thật xin lỗi bạn đọc.