

## I. TÊN BÀI GIẢNG: Chương 1. Truyền nhiệt

## II. MỤC TIÊU:

Sinh viên nắm vững các khái niệm về truyền nhiệt, các quá trình truyền nhiệt cụ thể: truyền nhiệt ổn định và không ổn định, dẫn nhiệt, cấp nhiệt, bức xạ nhiệt, đối lưu,...

## III. ĐỒ DÙNG VÀ PHƯƠNG TIỆN GIẢNG DẠY:

- Giáo trình Quá trình và thiết bị Truyền nhiệt.
- Tài liệu tham khảo: Các QT&TB trong CNHH&TP – Tập 3 – Phạm Xuân Toàn.
- Máy chiếu overhead hoặc projector

## IV. NỘI DUNG BÀI GIẢNG

**Giới thiệu môn học.** (15 phút)

**Tổng quan và các khái niệm.** (15 phút)

- Khái niệm và ý nghĩa của truyền nhiệt trong công nghiệp và đời sống.
- Phân biệt truyền nhiệt ổn định và không ổn định
- Các phương thức của truyền nhiệt: dẫn nhiệt, cấp nhiệt, đối lưu nhiệt, bức xạ nhiệt.

### A. Dẫn nhiệt.

#### 1. Trường nhiệt độ và Gradient nhiệt độ (15 phút)

- Trường nhiệt độ: Tập hợp tất cả các giá trị của nhiệt độ trong vật thể, trong môi trường tại một thời điểm nào đó.
- Mặt đẳng nhiệt: Tập hợp tất cả các điểm có cùng một giá trị nhiệt độ tại một thời điểm.
- Gradient nhiệt độ: Sự thay đổi nhiệt độ trên một đơn vị chiều dài theo phương pháp tuyến với bề mặt đẳng nhiệt là lớn nhất, kí hiệu  $Gradt$ .

$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \frac{\Delta t}{\Delta n} = \frac{dt}{dn} = Gradt$$

- $Gradt$  là một vector có phương trùng với phương pháp tuyến của bề mặt đẳng nhiệt, có chiều là chiều tăng nhiệt độ - ngược với chiều của dòng nhiệt, có độ lớn bằng đạo hàm của nhiệt độ theo phương pháp tuyến

#### 2. Định luật dẫn nhiệt Fourier (15 phút)

- Định luật: Một nguyên tố nhiệt lượng  $dQ$  dẫn qua một đơn vị bề mặt  $dF$  trong một đơn vị thời gian  $d\tau$  thì tỉ lệ với Grad $t$ , với bề mặt  $dF$  và thời gian  $d\tau$ .

$$dQ = -\lambda \cdot \frac{dt}{dn} \cdot dF \cdot d\tau$$

- Đối với quá trình truyền nhiệt ổn định:

$$Q = -\lambda \cdot \frac{dt}{dn} \cdot F$$

$\lambda$  - Gọi là hệ số tỷ lệ hay còn gọi là hệ số dẫn nhiệt.

$$[\lambda] = \left[ \frac{dQ \cdot dn}{dF \cdot dt \cdot d\tau} \right] = \frac{J \cdot m}{m^2 \cdot s \cdot ^\circ C}$$

- Độ dẫn nhiệt biểu thị khả năng dẫn nhiệt của vật chất nên nó là đại lượng đặc trưng cho tính chất vật lý của vật chất

### 3. Dẫn nhiệt qua tường phẳng

#### 3.1. Tường phẳng một lớp (20 phút)

- Xét một tường phẳng có chiều dày  $\delta$  được làm bằng một vật liệu đồng chất có hệ số dẫn nhiệt  $\lambda$ . Giả sử tường có chiều dài và chiều rộng rất lớn so với chiều dày.

$t_{T1}, t_{T2}$  - nhiệt độ của 2 bề mặt tường,  $t_{T1} > t_{T2}$

- Theo phương trình vi phân dẫn nhiệt của Fourier:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$$

$$\nabla^2 t = \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \text{ là toán tử Laplace}$$

- Quá trình dẫn nhiệt là ổn định thì  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$ . Do  $a \neq 0$  nên  $\nabla^2 t = 0$

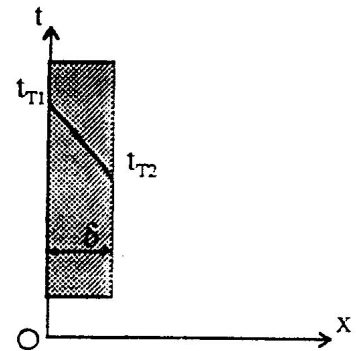
$$\Rightarrow \frac{d^2 t}{dx^2} = 0$$

- Lấy tích phân hai lần phương trình ta được:

$$t = C_1 x + C_2$$

$\Rightarrow$  sự dẫn nhiệt qua tường phẳng một lớp thì sự biến thiên nhiệt độ theo chiều dày (trục  $ox$ ) là đường thẳng.

- o Nếu  $x = 0$  thì  $t = t_{T1}$ , từ phương trình suy ra  $C_2 = t_{T1}$



○ Nếu  $x = \delta$  thì  $t = t_{T2}$ , từ phương trình (1.5) suy ra  $C_1 = \frac{t_{T2} - t_{T1}}{\delta}$

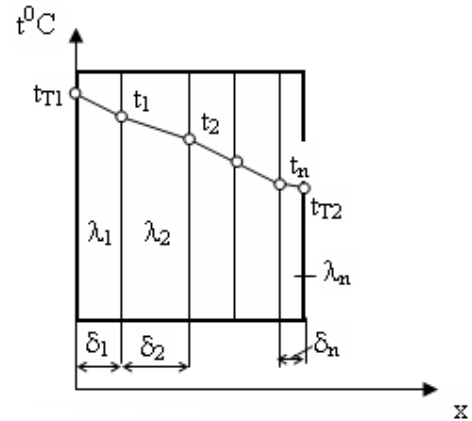
$$\Rightarrow t = \frac{t_{T1} - t_{T2}}{\delta} x + t_{T2}$$

Mặt khác:  $Grad t = \frac{dt}{dx} = \frac{t_{T2} - t_{T1}}{\delta}$

Vậy: 
$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{T1} - t_{T2}) F$$

### 3.2. Tường phẳng nhiều lớp (20 phút)

– Giả sử các lớp tường có chiều dày theo thứ tự lần lượt là  $\delta_1, \dots, \delta_n$ . Độ dẫn nhiệt tương ứng là  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ . Nhiệt độ hai bề mặt tường lần lượt là  $t_{T1}$  và  $t_{T2}$  ( $t_{T1} > t_{T2}$ ) và nhiệt độ các lớp trong theo thứ tự ta,  $t_1, t_2, \dots, t_n$ .



– Lớp thứ 1:  $Q_1 = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_{T1} - t_1) F$

$$\Rightarrow Q_1 \cdot \frac{\delta_1}{\lambda_1} = (t_{T1} - t_1) F$$

– Lớp thứ 2:  $Q_2 \cdot \frac{\delta_2}{\lambda_2} = (t_1 - t_2) F$

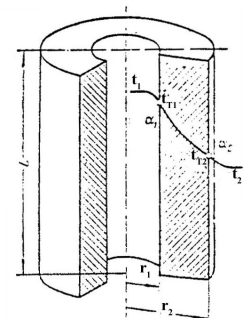
– Lớp thứ n:  $Q_n \cdot \frac{\delta_n}{\lambda_n} = (t_n - t_{T2}) F$

– Vậy: 
$$Q = \frac{(t_{T1} - t_{T2}) F}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$$

## 4. Dẫn nhiệt qua tường ống

### 4.1. Tường ống một lớp (20 phút)

– Ta xét tường hình ống một lớp có chiều dài  $L$ , bán kính trong  $r_1$ , bán kính ngoài  $r_2$  độ dẫn nhiệt  $\lambda$ . Bên trong tường có nguồn nhiệt. Vì dẫn nhiệt ổn định nên nhiệt độ mặt trong tường  $t_{T1}$  và  $t_{T2}$  là không đổi theo thời gian. Do tường ống nên bề mặt dẫn nhiệt của nó thay đổi từ trong ra ngoài.



- Ta xét một lớp tường mỏng có bán kính  $r$  và chiều dày  $dr$  theo định luật Fourier lượng nhiệt dẫn qua lớp tường này như sau”

$$Q = -\lambda \frac{dt}{dr} F, w$$

Trong đó:  $F = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L$

$$\Rightarrow \frac{dr}{r} = -\lambda \frac{2\pi L}{Q} dt$$

Lấy tích phân giới hạn từ  $r_1$  đến  $r_2$  và từ  $t_{T1}$  đến  $t_{T2}$  ta có:

$$\Rightarrow \boxed{Q = \frac{2\pi L(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{r_2}{r_1}}}$$

#### 4.1. Tường ống nhiều lớp (15 phút)

$$\boxed{Q = \frac{2\pi L(t_1 - t_2)}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{r_{i+1}}{r_i}}}$$

### 5. Bài tập (45 phút)

Bài 6, 13. (Giáo trình QT&TB TN trang 68, 71)

#### B. Nhiệt đối lưu

##### 1. Khái niệm (15 phút)

- Quá trình truyền nhiệt trong môi trường lỏng và khí chủ yếu bằng dòng đối lưu. Quá trình vận chuyển nhiệt từ chất lỏng hay chất khí tới tường hoặc ngược lại gọi là quá trình cấp nhiệt.
- Dòng đối lưu được phân ra hai dạng đối lưu tự nhiên và đối lưu cưỡng bức
- Đối lưu tự nhiên là sự chuyển động của chất lỏng hoặc chất khí do sự chênh lệch khối lượng riêng của các phần tử chất lỏng hoặc chất khí ở các điểm có nhiệt độ khác nhau.
- Đối lưu cưỡng bức là sự chuyển động của chất lỏng hoặc khí do có tác dụng cơ học bên ngoài như khuấy hoặc bơm.
- Trong đối lưu cưỡng bức, quá trình trao đổi nhiệt mãnh liệt hơn đối lưu tự nhiên.

##### 2. Định luật cấp nhiệt Newton (15 phút)

- Định luật: lượng nhiệt  $dQ$  do một nguyên tố bề mặt  $dF$  của vật thể có nhiệt độ  $t_T$  cấp cho môi trường xung quanh trong khoảng thời gian  $d\tau$  tỷ lệ với hiệu số nhiệt độ giữa vật thể và môi trường với  $dF$  và  $d\tau$ .

$$dQ = \alpha \cdot (t_T - t) \cdot dF \cdot d\tau$$

- Quá trình truyền nhiệt ổn định:

$$Q = \alpha \cdot (t_T - t) \cdot F \cdot \tau$$

$\alpha$  - hệ số cấp nhiệt

$$\alpha = \frac{Q}{F(t_T - t)} = \left[ \frac{w}{m^2 \cdot \text{m}^2} \right]$$

- Hệ số cấp nhiệt là một đại lượng rất phức tạp, nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tính chất của từng chất lỏng hay khí đó là độ nhớt, khối lượng riêng, đặc tính chuyển động, nhiệt độ, nhiệt dung riêng vv. . thường được xác định bằng thực nghiệm

### 3. Các chuẩn số thường gặp trong cấp nhiệt (15 phút)

- Chuẩn số Nusselt: đặc trưng cho quá trình cấp nhiệt ở bề mặt phân chia pha
- Chuẩn số Prant: đặc trưng cho tính chất vật lý của môi trường
- Chuẩn số Gracóp: đặc trưng truyền nhiệt khi đối lưu tự nhiên

## V. TỔNG KẾT

- Truyền nhiệt là một quá trình có vai trò quan trọng trong công nghiệp hóa chất và thực phẩm.
- Hiểu được bản chất và các phương thức của quá trình truyền nhiệt: dẫn nhiệt, cấp nhiệt, bức xạ nhiệt, đối lưu,...
- Nắm được phương pháp tính toán trong quá trình dẫn nhiệt qua tường phẳng.

## VI. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VỀ NHÀ

1. Thế nào là truyền nhiệt ổn định và không ổn định?
2. Cho biết biểu thức của quá trình dẫn nhiệt ổn định qua tường phẳng một lớp?
3. Cho biết đại lượng đặc trưng cho quá trình dẫn nhiệt và ý nghĩa của nó?

## VII. RÚT KINH NGHIỆM (Về thời gian, nội dung, phương pháp, chuẩn bị...)

.....  
 .....  
 .....

Ngày 04 tháng 06 năm 2008

**Tổ môn duyệt**

**Giáo viên**

**Phạm Đình Đạt**

## I. TÊN BÀI GIẢNG: Chương 1. Truyền nhiệt

## II. MỤC TIÊU:

- Sinh viên nắm vững phương pháp tính toán dẫn nhiệt từ đó ứng dụng vào tính toán thiết kế và lựa chọn vật liệu chế tạo thiết bị truyền nhiệt...
- Hiểu được bản chất của quá trình cấp nhiệt

## III. ĐỒ DÙNG VÀ PHƯƠNG TIỆN GIẢNG DẠY:

- Giáo trình Quá trình và thiết bị Truyền nhiệt.
- Tài liệu tham khảo: Các QT&TB trong CNHH&TP – Tập 3 – Phạm Xuân Toàn.
- Máy chiếu overhead hoặc projector

## IV. NỘI DUNG BÀI GIẢNG

### 4. Các công thức thực nghiệm về cấp nhiệt B (45 phút)

- Cấp nhiệt khi lưu thể chuyển động tự do

$$Nu = C (Gr \cdot Pr)^n$$

Hệ số C và số mũ n phụ thuộc vào chế độ chuyển động

- Cấp nhiệt khi lưu thể chuyển động cưỡng bức
  - Lưu thể chuyển động trong ống thẳng

$$Nu = 0,021 \cdot \varepsilon_K \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \left( \frac{Pr}{Pr_T} \right)^{0,25}$$

- Lưu thể chuyển động trong ống cong

$$\alpha_c = \alpha \left( 1 + 1,77 \frac{d}{R} \right)$$

- Lưu thể chuyển động trong ống có hình vành khăn

$$Nu = 0,23 Re^{0,8} Pr^{0,4} \left( \frac{d_m}{d_n} \right)$$

## D. Truyền nhiệt

### 1. Khái niệm (15 phút)

- Quá trình vận chuyển nhiệt lượng từ lưu thể này sang lưu thể khác qua bức tường ngăn gọi là truyền nhiệt. do đó truyền nhiệt bao gồm cả dẫn nhiệt, cấp nhiệt và bức xạ nhiệt.

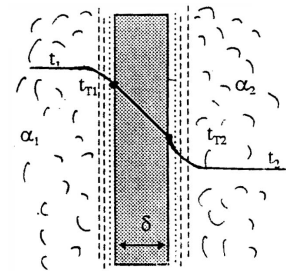
- Truyền nhiệt đẳng nhiệt xảy ra trong trường hợp nhiệt độ của hai lưu thể đều không thay đổi theo cả vị trí không gian và thời gian nghĩa là hiệu số nhiệt độ giữa hai lưu thể là một hằng số ở mọi vị trí và thời gian.
- Truyền nhiệt biến nhiệt ổn định: Là hiệu số nhiệt độ giữa hai lưu thể chỉ biến đổi theo vị trí nhưng không biến đổi theo thời gian, và chỉ xảy ra đối với quá trình làm việc liên tục.
- Truyền nhiệt biến nhiệt không ổn định: Là trường hợp hiệu số nhiệt độ giữa hai lưu thể có thể biến đổi theo cả vị trí không gian và thời gian, Và chỉ xảy ra trong các quá trình làm việc gián đoạn.

## 2. Truyền nhiệt đẳng nhiệt qua tường phẳng và tường ống

### 2.1. Truyền nhiệt đẳng nhiệt qua tường phẳng một lớp và nhiều lớp

#### 2.1.1. Phương trình truyền nhiệt qua tường phẳng một lớp (30 phút)

- Giả sử có một tường phẳng có các thông số :  
 Bề mặt truyền nhiệt  $F$ ,  $m^2$   
 Chiều dày tường  $\delta$ ,  $m$   
 Độ dẫn nhiệt  $\lambda$ ,  $W/m \cdot ^\circ C$   
 Nhiệt độ của lưu thể nóng  $t_1$ ,  $^\circ C$   
 Nhiệt độ của lưu thể nguội  $t_2$ ,  $^\circ C$   
 Hệ số cấp nhiệt của lưu thể nóng tới tường  $\alpha_1$ ,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$   
 Hệ số cấp nhiệt của tường tới lưu thể nguội  $\alpha_2$ ,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$
- Quá trình truyền nhiệt từ lưu thể nóng tới lưu thể nguội gồm ba giai đoạn



- o Nhiệt truyền từ lưu thể nóng tới tường (cấp nhiệt)

$$Q = \alpha_1(t_1 - t_{T1})F$$

- o Nhiệt dẫn qua tường

$$Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_{T1} - t_{T2})F$$

- o Nhiệt truyền từ tường tới lưu thể nguội(cấp nhiệt)

$$Q = \alpha_2(t_{T2} - t_2)F$$

- Vậy:  $Q = KF(t_1 - t_2)$

Với: 
$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$
 là hệ số truyền nhiệt, đại lượng nghịch đảo của K

gọi là trở nhiệt.

## V. TỔNG KẾT BÀI

Trao đổi nhiệt giữa hai dòng có ý nghĩa quá trọng và được sử dụng chủ yếu trong các quá trình sản xuất..

## VI. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VỀ NHÀ

1. Cho biết ý nghĩa của các chuẩn số?
2. Trình bày phương pháp xác định hệ số cấp nhiệt từ các phương trình thực nghiệm?

## VII. RÚT KINH NGHIỆM (Về thời gian, nội dung, phương pháp, chuẩn bị...)

.....  
.....  
.....  
.....

**Tổ môn duyệt**

Ngày 04 tháng 06 năm 2008

**Giáo viên**

**Phạm Đình Đạt**

## I. TÊN BÀI GIẢNG: Chương 1. Truyền nhiệt

### Chương 2. Đun nóng – Làm nguội – Ngưng tụ

## II. MỤC TIÊU:

Sinh viên nắm vững quá trình trao đổi nhiệt phức tạp, cụ thể là quá trình truyền nhiệt biến nhiệt ổn định và cách bố trí dòng chảy trong thiết bị...

Sinh viên nắm vững bản chất của quá trình đun nóng và các nguồn nhiệt cung cấp cho quá trình cũng như ưu nhược điểm của chúng...

## III. ĐỒ DÙNG VÀ PHƯƠNG TIỆN GIẢNG DẠY:

- Giáo trình Quá trình và thiết bị Truyền nhiệt.
- Tài liệu tham khảo: Các QT&TB trong CNHH&TP – Tập 3 – Phạm Xuân Toàn.
- Máy chiếu overhead hoặc projector

## IV. NỘI DUNG BÀI GIẢNG

### 2.1.2. Phương trình truyền nhiệt qua tường phẳng nhiều lớp (10 phút)

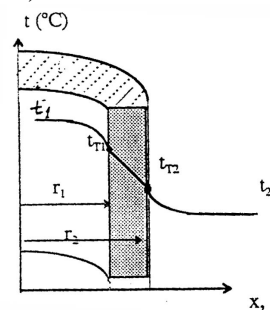
Đối với tường phẳng nhiều lớp ta cũng chứng minh tương tự như trên hệ số K có dạng sau

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

### 2.2. Truyền nhiệt đẳng nhiệt qua tường ống một lớp và nhiều lớp

#### 2.2.1. Phương trình truyền nhiệt qua tường ống một lớp (30 phút)

- Ta xét một tường hình ống có bán kính trong  $r_1$  bán kính ngoài  $r_2$  chiều dày  $\delta$ , độ dẫn nhiệt  $\lambda$  và chiều dài tường  $L$ . Lưu thể nóng đi trong ống có nhiệt độ  $t_1$ , hệ số cấp nhiệt  $\alpha_1$ . Lưu thể nguội đi ngoài ống có nhiệt độ  $t_2$  và hệ số cấp nhiệt  $\alpha_2$ .



- Cũng như tường phẳng, lượng nhiệt truyền đi từ lưu thể nóng tới lưu thể nguội phải qua ba giai đoạn:

- Cấp nhiệt từ lưu thể nóng tới bề mặt trong của tường ống.

$$Q = \alpha_1 (t_{T1} - t_{T2}) 2\pi r_1 L$$

- Dẫn nhiệt qua tường ống.

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot (t_{r_1} - t_{r_2})}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

- o Cấp nhiệt từ bề mặt ngoài của tường ống tới lưu thể nguội.

$$Q = \alpha_2 (t_{r_2} - t_2) 2 \pi r_2 L$$

– Vậy:  $Q = K 2 \pi L \Delta t$

Với:  $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \frac{1}{\lambda} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\alpha_2 r_2}}$  là hệ số truyền nhiệt.

Trường hợp  $\frac{r_2}{r_1} < 2$  ta có thể áp dụng phương trình truyền nhiệt của tường phẳng

để tính toán cho tường ống được.

### 2.2.2. Phương trình truyền nhiệt qua tường ống nhiều lớp (10 phút)

Đối với tường ống nhiều lớp thì hệ số truyền nhiệt K có dạng sau:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{r_{i+1}}{r_i} + \frac{1}{\alpha_2 r_{n+1}}}$$

## 3. Truyền nhiệt biến nhiệt ổn định

### 3.1. Chiều chuyển động của lưu thể (10 phút)

- Chảy xuôi chiều: lưu thể 1 và 2 chảy song song cùng chiều với nhau.
- Chảy ngược chiều: lưu thể 1 và 2 chảy song song nhưng ngược chiều nhau.
- Chảy chéo chiều: lưu thể 1 và 2 chảy theo phương vuông góc.
- Chảy hỗn hợp: lưu thể 1 chảy theo hướng nào đó còn lưu thể 2 thì có đoạn chảy cùng chiều có đoạn chảy ngược chiều có đoạn chảy chéo chiều.

### 3.2. Hiệu số nhiệt độ trung bình (10 phút)

- Trường hợp hai lưu thể chảy xuôi chiều

$$\Delta t_{\log} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad \text{với } \Delta t_1 = t_{1n} - t_{2n}, \Delta t_2 = t_{1c} - t_{2c}$$

- Trong trường hợp hai dòng chảy ngược chiều ta vẫn dùng được phương trình truyền nhiệt như đối với chảy xuôi chiều, nhưng cần chú ý lấy hiệu số nào lớn làm hiệu số nhiệt độ đầu  $\Delta t_1$ , và hiệu số nào nhỏ làm hiệu số nhiệt độ cuối  $\Delta t_2$ .

## 4. Chọn chiều lưu thể (10 phút)

- Trong quá trình truyền nhiệt ổn định nhiệt độ của hai lưu thể biến thiên theo ba trường hợp sau:
  1. Cả hai lưu thể không biến đổi nhiệt độ theo vị trí cũng như theo thời gian, tức là trường hợp truyền nhiệt đẳng nhiệt .
  2. Một trong hai lưu thể không biến đổi nhiệt độ trong suốt quá trình trao đổi nhiệt, còn lưu thể kia thì biến đổi nhiệt độ theo vị trí từ  $t_d$  đến  $t_c$  nhưng không biến đổi theo thời gian.
  3. Cả hai lưu thể cùng biến đổi nhiệt độ theo vị trí nhưng không biến đổi theo thời gian.
- Trong hai trường hợp đầu thì chiều của lưu thể không ảnh hưởng đến quá trình truyền nhiệt. Trong trường hợp ba, cả hai lưu thể cùng biến đổi nhiệt độ, thì chiều lưu thể ảnh hưởng đến quá trình truyền nhiệt.

## **5. Tổn thất nhiệt (10 phút)**

Trong các quá trình truyền nhiệt nói chung đều xảy ra tổn thất nhiệt, tức là lượng nhiệt mất mát do thành thiết bị tiếp xúc với môi trường xung quanh. Vì vậy khi tính toán cần phải tính tổng hợp cả hai quá trình đó, nếu không cần mức độ chính xác cao có thể lấy nhiệt tổn thất bằng 5% tổng lượng nhiệt hữu ích.

## **Chương 2. Đun nóng – Làm nguội – Ngưng tụ**

### **A. Đun nóng**

#### **1. Nguồn nhiệt và các phương pháp đun nóng**

##### **1.1. Nguồn nhiệt (15 phút)**

- Nguồn nhiệt trực tiếp bao gồm khói lò, dòng điện.
- Nguồn nhiệt gián tiếp là ta dùng các chất tải nhiệt trung gian để lấy nhiệt từ nguồn nhiệt trực tiếp và truyền cho các chất đun nóng như hơi nước hoặc nước nóng hơi nước quá nhiệt dầu khoáng, các chất tải nhiệt đặc biệt khác như các chất hữu cơ có nhiệt độ sôi cao, các muối vô cơ nóng chảy hoặc hỗn hợp của nó. Ngoài ra ta còn sử dụng nhiệt của khí thải hoặc chất lỏng thải có nhiệt độ cao.
- Các điều kiện quan trọng khi chọn tác nhân:
  - Nhiệt độ đun nóng và khả năng điều chỉnh nhiệt độ
  - Độ độc và tính hoạt động hoá học
  - Độ an toàn khi đun nóng
  - Rẻ tiền và dễ kiếm

##### **1.2. Các phương pháp đun nóng**

### **1.2.1. Đun nóng bằng hơi nước bão hoà (15 phút)**

- Ưu điểm:
  - o Lượng nhiệt cung cấp lớn
  - o Đun nóng được đồng đều
  - o Hệ số cấp nhiệt lớn
  - o Dễ điều chỉnh nhiệt độ đun nóng
  - o Vận chuyển đi xa được trong đường ống
  
- Nhược điểm chính của hơi nước là không thể đun nóng tới nhiệt độ cao.

### **1.2.2. Đun nóng bằng khói lò (15 phút)**

- Ưu điểm: đun nóng bằng khói lò có thể tạo được nhiệt độ cao.
- Nhược điểm:
  - o Hệ số cấp nhiệt rất nhỏ
  - o Nhiệt dung riêng thể tích nhỏ nên phải dùng một lượng khói lò rất lớn để làm việc.
  - o Đun nóng không được đồng đều
  - o Khó điều chỉnh nhiệt độ đun
  - o Khói lò thường có bụi và khí độc của nhiên liệu (nhất là nhiên liệu rắn)
  - o Nếu đun nóng các chất dễ cháy và dễ bay hơi thì không an toàn;
  - o Trong khói lò luôn có lượng ôxy dư (nhất là khi điều chỉnh nhiệt độ của khói lò bằng cách trộn thêm không khí ngoài trời vào ) vì vậy ở nhiệt độ cao khi tiếp xúc với thiết bị sẽ bị ôxy hoá kim loại làm thiết bị nhanh hỏng;
  - o Hiệu suất sử dụng thấp, lớn nhất là 30%

### **1.2.3. Đun nóng bằng dòng điện (5 phút)**

- Ưu điểm: đun nóng bằng dòng điện có thể tạo được nhiệt độ rất cao đến 3200<sup>0</sup>C
- Nhược điểm: thiết bị phức tạp giá thành cao do vậy chưa được sử dụng rộng rãi

### **1.2.4. Đun nóng bằng chất tải nhiệt đặc biệt (10 phút)**

- Khi cần đun nóng ở nhiệt độ lớn hơn 180<sup>0</sup> C ta cần dùng chất tải nhiệt đặc biệt như nước quá nhiệt chất lỏng có nhiệt độ sôi cao và áp suất hơi bão hoà nhỏ, không bị phân huỷ ở nhiệt độ cao. các chất tải nhiệt hữu cơ thường dùng là diphenyl, êtediphenyl, hỗn hợp các muối và kim loại nóng chảy ...

### **1.2.5. Đun nóng bằng khí thải và chất lỏng thải (5 phút)**

- đây là một phương pháp đun nóng tiếp kiệm, tận dụng nhiệt của các chất thải trong nhà máy mà nhiệt độ còn cao

## **2. Đun nóng bằng hơi nước**

### **2.1. Đun nóng bằng hơi nước trực tiếp (15 phút)**

- Phương pháp đun nóng bằng hơi nước trực tiếp là quá trình truyền nhiệt đơn giản nhất, tức là ta dùng hơi nước sục trực tiếp vào chất lỏng cần đun nóng, nước ngưng tụ trộn lẫn với chất lỏng.
- Phương pháp đun nóng đơn giản nhất để đun nóng chất lỏng bằng hơi trực tiếp là dùng ống có đầu cuối hở, sục vào trong thùng chứa cần đun nóng
- Trong trường hợp này khi cần thiết khuấy trộn chất lỏng cùng một lúc với đun nóng, người ta cho hơi trực tiếp đi qua những ống hình xoắn ốc, vòng tròn hoặc một số ống thẳng song song đặt dưới đáy thùng chứa gọi là ống phun sủi bọt
- Phương pháp đun nóng bằng hơi nước có ưu điểm là rất đơn giản, nhưng có nhược điểm là làm pha loãng chất lỏng cần đun. Do đó phương pháp này chỉ dùng trong trường hợp cho phép pha loãng chất lỏng và không có phản ứng xảy ra giữa chất lỏng với nước.

### **2.2. Đun nóng bằng hơi nước gián tiếp (15 phút)**

- Quá trình truyền nhiệt giữa hơi nước với chất cần đun nóng qua tường ngăn cách. Nhiệt từ hơi sẽ truyền qua tường để cấp cho chất cần đun nóng.
- Đun nóng gián tiếp được thực hiện trong nhiều loại thiết bị khác nhau như: thiết bị loại ống xoắn, loại ống chùm, loại vỏ bọc vv. . Hơi nước sau khi cấp nhiệt qua tường sẽ bị ngưng tụ rồi chảy ra khỏi thiết bị qua đường ống riêng.

### **2.3. Tháo nước ngưng ( 40 phút)**

- Khi đun nóng bằng hơi nước gián tiếp thì cần phải tháo nước ngưng ra liên tục để thiết bị trao đổi nhiệt làm việc bình thường. Trong trường hợp này không cho phép làm mất hơi chưa ngưng tụ ra khỏi thiết bị cùng với nước ngưng. Nước ngưng được tháo ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt qua một hệ thống thiết bị đặc biệt gọi là thiết bị tháo nước
- Thiết bị tháo nước ngưng kiểu phao kín: Loại này được dùng nhiều trong trường hợp áp suất hơi trong thiết bị lớn hơn 10 at. Nếu như lượng nước ngưng từ thiết bị trao đổi nhiệt chảy ra với lưu lượng không đổi thì phao chỉ nằm ở một vị trí và liên tục tháo nước ngưng mà không cho hơi đi ra.

Thiết bị tháo nước ngưng loại phao hở: làm việc gián đoạn nhưng vẫn có một vài ưu điểm hơn thiết bị có phao kín: như quá trình thải nước gián đoạn có thể kiểm tra được sự làm việc của thiết bị.

## V. TỔNG KẾT BÀI

Vấn đề quan trọng đối với quá trình đun nóng chính là lựa chọn nguồn nhiệt để tiến hành quá trình đun nóng.

Đối với các quá trình dùng hơi để đun nóng thì vấn đề tháo nước ngưng có vai trò rất quan trọng.

## VI. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VỀ NHÀ

1. Cho biết ưu điểm của hơi nước bão hòa?
2. Trường hợp nào quá trình đun nóng không sử dụng hơi nước bão hòa? Tại sao?
3. So sánh hơi nước bão hòa và khói lò?
4. So sánh sự truyền nhiệt giữa hai dòng khí chuyển động xuôi chiều và ngược chiều?

## VII. RÚT KINH NGHIỆM *(Về thời gian, nội dung, phương pháp, chuẩn bị...)*

.....  
.....  
.....

Ngày 04 tháng 06 năm 2008

**Tổ môn duyệt**

**Giáo viên**

**Phạm Đình Đạt**

## I. TÊN BÀI GIẢNG: Chương 2. Đun nóng – Làm nguội – Ngưng tụ

### II. MỤC TIÊU:

Sinh viên nắm vững bản chất của quá trình đun nóng và các nguồn nhiệt cung cấp cho quá trình cũng như ưu nhược điểm của chúng...

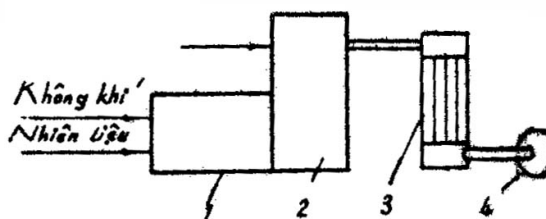
### III. ĐỒ DÙNG VÀ PHƯƠNG TIỆN GIẢNG DẠY:

- Giáo trình Quá trình và thiết bị Truyền nhiệt.
- Tài liệu tham khảo: Các QT&TB trong CNHH&TP – Tập 3 – Phạm Xuân Toàn.
- Máy chiếu overhead hoặc projector

### IV. NỘI DUNG BÀI GIẢNG

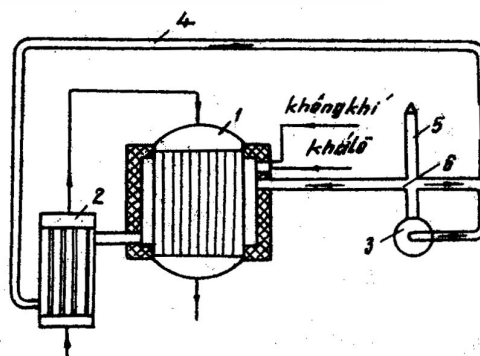
#### 3. Đun nóng bằng khói lò

##### 3.1. Đun nóng bằng khói lò không tuần hoàn khí thải. (15 phút)



Khói lò được tạo ra bằng cách đốt nhiên liệu trong lò đốt 1 (hình VI.6). Sau đó đi vào phòng trộn 2, ở phòng trộn có cho thêm không khí lạnh vào để điều chỉnh nhiệt độ của khói lò. Lượng không khí cho vào phụ thuộc vào nhiệt độ cần điều chỉnh để đun nóng. Để giảm lượng ôxy trong khói lò người ta có thể dùng khí thải (khói lò sau khi đã đun nóng) để trộn lẫn.

##### 3.2. Đun nóng bằng khói lò có tuần hoàn khí thải (15 phút)



Sơ đồ đun nóng có tuần hoàn khí thải (hình 2.7) khí thải ở thiết bị đun nóng sơ bộ 2 được quạt 3 hút về một phần đưa về trộn với khói lò để điều chỉnh nhiệt độ, còn một phần thải ra ngoài ống 5, điều chỉnh lượng khí thải bằng van 6.

## **B. Làm nguội - ngưng tụ**

### **1. Làm nguội**

#### **1.1. Làm nguội trực tiếp (15 phút)**

- Làm lạnh bằng nước đá:
  - Để giảm nhiệt độ của chất lỏng một cách nhanh chóng đến nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ trong phòng thì ta cho nước đá hoặc nước lạnh trộn trực tiếp vào chất lỏng cần làm nguội.
  - Phương pháp làm nguội này chỉ dùng trong trường hợp chất lỏng cần làm nguội không tác dụng hoá học với nước và được phép pha loãng.
- Phương pháp tự bay hơi: khi để chất lỏng nóng trong một bình hở, song song với quá trình truyền nhiệt qua thành bình còn có quá trình tự bay hơi trên bề mặt của chất lỏng.
- Làm nguội khí: kèm theo tác dụng rửa sạch khí, cho khí nóng vào tháp rỗng từ dưới lên, nước hoặc chất lỏng được tưới từ trên xuống. Trong quá trình tiếp xúc giữa hai pha, khí sẽ giảm nhiệt độ, đồng thời nếu có bị sẽ bị nước cuốn trôi ra ngoài, có thể dùng chất lỏng hoặc nước để làm nguội khí với điều kiện là chất lỏng không hấp thụ khí.

#### **1.2. Làm nguội gián tiếp (15 phút)**

- Quá trình truyền nhiệt giữa chất cần làm nguội và chất làm nguội được tiến hành qua tường ngăn trong thiết bị trao đổi nhiệt. tác nhân làm nguội được dùng nhiều nhất là nước và không khí. Nếu nhiệt độ cần phải đạt thấp hơn từ  $15^{\circ} \div 30^{\circ}\text{C}$  thì ta dùng tác nhân có nhiệt độ thấp như nước muối lạnh.
- Cấu tạo thiết bị làm nguội giống như thiết bị đun nóng, nhưng khi tiến hành quá trình làm nguội cần phải chú ý đến việc chọn chiều lưu thể vì cả hai lưu thể cùng thay đổi nhiệt độ.
- Nếu dùng nước để làm nguội thì lấy  $t_{2c} \leq 40^{\circ} \div 50^{\circ}\text{C}$ .

### **2. Ngưng tụ (15 phút)**

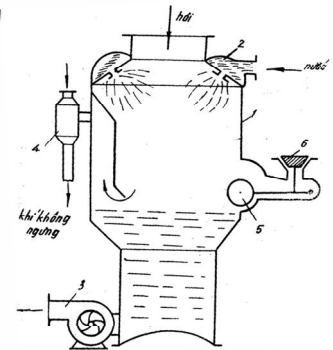
- Ngưng tụ là quá trình chuyển hơi hoặc khí sang trạng thái lỏng, quá trình này có thể tiến hành bằng hai cách:
  - Làm nguội hơi hoặc khí.

- Nén và làm nguội hơi (khí) đồng thời.

## 2.1. Ngưng tụ trực tiếp (60 phút)

- Ngưng tụ trực tiếp, hay gọi là ngưng tụ hỗn hợp, tức là cho nước và hơi tiếp xúc trực tiếp với nhau. Hơi cấp ẩn nhiệt ngưng tụ cho nước và ngưng tụ lại. Nước lấy nhiệt của hơi nước nóng lên, cuối cùng tạo thành hỗn hợp chất lỏng đã ngưng tụ với nước.
  - Nguyên tắc cơ bản trong các thiết bị ngưng tụ trực tiếp là ta phun nước vào trong hơi, hơi tỏa ra ẩn nhiệt đun nóng nước và ngưng tụ lại
  - Để tăng hiệu quả quá trình ta cần phải có bề mặt tiếp xúc lớn. Vì thế người ta thường cho nước phun qua những vòi phun hoặc cho chảy qua nhiều tấm ngăn có lỗ nhỏ.
  - ưu điểm năng suất cao, cấu tạo đơn giản và dễ dàng chống ăn mòn.
  - Tuỳ theo cách làm việc của thiết bị mà ta chia ra hai loại; thiết bị loại ướt và loại khô:
    - Thiết bị loại ướt, chất lỏng ngưng tụ, nước làm nguội, khí không ngưng được dẫn ra cùng một đường bằng bơm.
    - Thiết bị loại khô, thì nước ngưng và nước làm nguội được dẫn chung một đường, còn khí không ngưng được hút ra theo một đường khác.
- + Thiết bị ngưng tụ trực tiếp loại khô xuôi chiều.

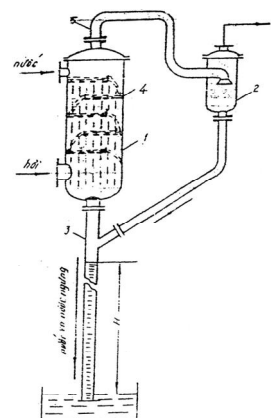
Ưu điểm của thiết bị này là gọn nhẹ. Nhược điểm năng suất tương đối nhỏ. Thiết bị này thường dùng trong trường hợp nước tháo ra còn được đưa đi sử dụng lại.



- + Thiết bị ngưng tụ trực tiếp loại khô ngược chiều (tb ngưng tụ barômet).

Ưu điểm: nước tự chảy ra được không cần bơm nên tốn ít năng lượng. Năng suất cao. Trong công nghiệp hoá chất thiết bị này được dùng trong hệ thống cô đặc nhiều nôi.

Nhược điểm: Thiết bị công kênh



## 2.2. Ngưng tụ gián tiếp (15 phút)

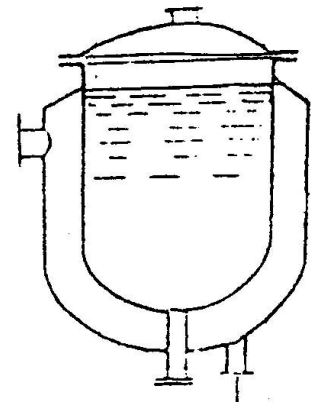
- Ngưng tụ gián tiếp, hay còn gọi là ngưng tụ bề mặt, nghĩa là quá trình trao đổi nhiệt giữa hơi và nước qua tường ngăn trong thiết bị trao đổi nhiệt. Hơi được ngưng tụ trên bề mặt trao đổi nhiệt.
- Trong các thiết bị ngưng tụ gián tiếp, thường người ta cho hơi và nước đi ngược chiều nhau, nước làm lạnh cho đi từ dưới lên để tránh dòng đối lưu tự nhiên cản trở sự chuyển động của lưu thể, hơi đi từ trên xuống để chất lỏng ngưng tụ chảy tự do đi ra ngoài dễ dàng.

## C. Cấu tạo các thiết bị trao đổi nhiệt

### 1. Thiết bị trao đổi nhiệt gián tiếp

#### 1.1. Loại vỏ bọc (15 phút)

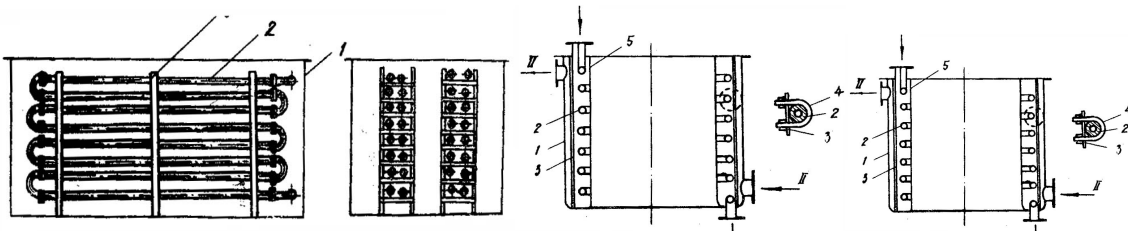
- Thiết bị truyền nhiệt kiểu vỏ bọc gồm: vỏ ngoài được ghép chắc chắn với vỏ thiết bị bằng mặt bích (hoặc hàn liền), giữa hai lớp vỏ tạo thành khoảng trống kín, chất tải nhiệt sẽ vào khoảng trống đó để thực hiện đun nóng hoặc làm nguội.
- Chiều cao của vỏ ngoài không được thấp hơn mực chất lỏng trong thiết bị. Thông thường các loại thiết bị vỏ bọc ngoài có bề mặt truyền nhiệt không quá  $10m^2$ , và áp suất làm việc của hơi đốt không quá 10at



#### 1.2. Thiết bị trao đổi nhiệt loại ống

##### 1.2.1. Ống xoắn (15 phút)

- Thiết bị truyền nhiệt kiểu ống xoắn là một trong những thiết bị đơn giản nhất, nó gồm những ống thẳng nối với nhau bằng ống khuỷu gọi là xoắn gấp khúc. Hoặc các ống uốn cong theo hình ren ốc gọi là ống xoắn ruột gà.

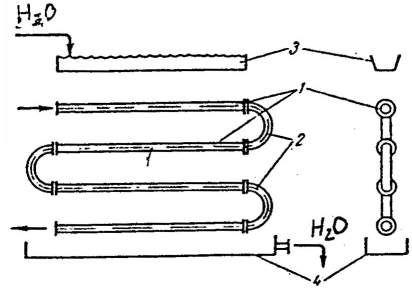


- Thiết bị ống xoắn có ưu điểm là chế tạo đơn giản có thể làm bằng vật liệu chống ăn mòn, dễ kiểm tra và sửa chữa ; Nhược điểm là công kênh, hệ số truyền nhiệt nhỏ do hệ số cấp nhiệt bên ngoài bé, khó làm sạch phía trong ống.

- Đối với chất lỏng cho đi trong ống thì ta cho đi từ dưới lên để ống xoắn luôn chứa đầy, còn hơi nước dùng trong truyền nhiệt ta cho đi từ trên xuống để tránh va đập thủy lực. Tốc độ chuyển động trong ống khoảng  $0,5 \div 1 \text{ m/s}$ .

### 1.2.2. loại ống tưới (15 phút)

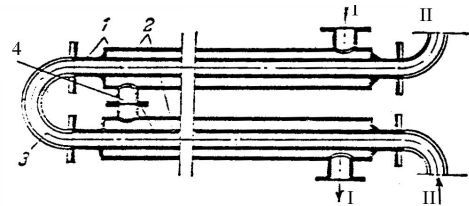
- Loại này thường dùng để làm lạnh và ngưng tụ, chất lỏng phun bên ngoài thường là nước. Nước tưới ở ngoài ống chảy lần lượt từ ống trên xuống ống dưới rồi chảy vào máng. Trong trao đổi nhiệt sẽ có khoảng từ 1-2% lượng nước đưa vào tưới bị bay hơi, khi bay hơi nó sẽ



- lấy một phần nhiệt từ chất tải nhiệt nóng ở trong ống do đó lượng nước dùng làm nguội ở thiết bị này ít hơn so với các thiết bị làm nguội khác, mật độ nước tưới trong khoảng từ  $200 \div 1500 \text{ lít/h}$ . trên một mét chiều dài ống trên cùng của dãy
- Ưu điểm: lượng nước làm lạnh ít, cấu tạo đơn giản, dễ quan sát và làm sạch bên ngoài ống và dễ sửa chữa thay thế.
- Nhược điểm: Công kênh, lượng nước không tưới đều trên toàn bộ bề mặt ống

### 1.2.3. Loại ống lồng ống (15 phút)

- Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống lồng ống gồm nhiều đoạn ống nối tiếp nhau, mỗi đoạn có hai đoạn ống lồng vào nhau, ống trong của đoạn này nối với ống trong của đoạn khác, và ống ngoài của đoạn này nối với ống ngoài của đoạn khác.

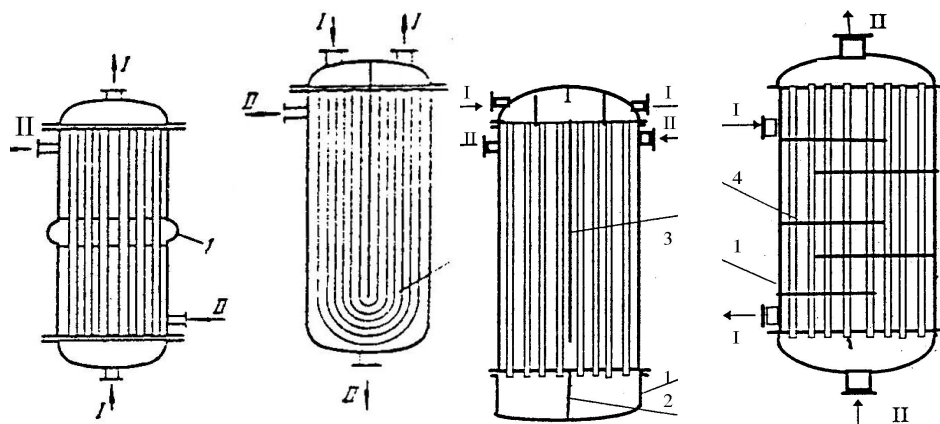


- Ưu điểm: Hệ số truyền nhiệt lớn, chế tạo đơn giản.
- Nhược điểm: Công kênh, giá thành cao khó làm sạch khoảng trống giữa hai ống

### 1.2.4. Loại ống chùm (15 phút)

- Thiết bị này được dùng phổ biến nhất trong công nghiệp hoá chất vì có ưu điểm là cơ cấu gọn nhẹ, chắc chắn, bề mặt truyền nhiệt lớn gồm vỏ hình trụ, hai đầu hàn với hai lưới ống (vỏ ống), các ống truyền nhiệt được ghép chắc chắn kín vào lưới ống. Đáy và nắp được nối với vỏ bằng mặt bích có bu lông bích kín. Trên vỏ, nắp và đáy có cửa (nối ống) để dẫn chất tải nhiệt. Chất tải nhiệt I đi vào đáy dưới qua các ống từ dưới lên trên và ra khỏi thiết bị, còn chất tải nhiệt II đi từ

cửa trên của vỏ vào khoảng không giữa ống và vỏ rồi ra phía dưới.



## V. TỔNG KẾT BÀI

- Làm nguội là một quá trình vô cùng quan trọng và thường gặp trong quá trình hóa học. Bài học cung cấp cho chúng ta về nguồn nhiệt và các phương pháp làm nguội
- Tháo nước ngưng có ảnh hưởng rất lớn đến các quá trình ngưng tụ.

## VI. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VỀ NHÀ

1. Trình bày đặc điểm, cấu tạo của một số thiết bị vỏ ống
2. Cho biết ưu nhược điểm của thiết bị vỏ bọc?

## VII. RÚT KINH NGHIỆM (Về thời gian, nội dung, phương pháp, chuẩn bị...)

.....  
.....  
.....  
.....

Ngày 04 tháng 06 năm 2008

Tổ môn duyệt

Giáo viên

Phạm Đình Đạt

## I. TÊN BÀI GIẢNG: Chương 2. Đun nóng – Làm nguội – Ngưng tụ

### II. MỤC TIÊU:

Sinh viên nắm vững bản chất của quá trình ngưng tụ và sự cần thiết của thiết bị tháo nước ngưng...

Sinh viên nắm vững bản chất của quá trình cô đặc, vai trò và ý nghĩa của quá trình trong sản xuất cũng như sinh hoạt...

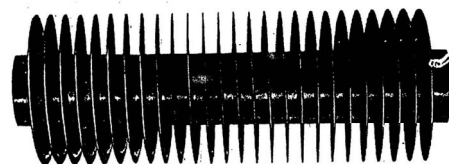
### III. ĐỒ DÙNG VÀ PHƯƠNG TIỆN GIẢNG DẠY:

- Giáo trình Quá trình và thiết bị Truyền nhiệt.
- Tài liệu tham khảo: Các QT&TB trong CNHH&TP – Tập 3 – Phạm Xuân Toàn.
- Máy chiếu overhead hoặc projector

### IV. NỘI DUNG BÀI GIẢNG

#### 1.3. Thiết bị trao đổi nhiệt loại ống có gân (cánh tản nhiệt). (15 phút)

- Khi truyền nhiệt giữa hai chất tải nhiệt mà hệ số cấp nhiệt một phía rất nhỏ so với phía kia thì ta cần phải tăng bề mặt truyền nhiệt ở phía có hệ số cấp nhiệt nhỏ để tăng hiệu quả truyền nhiệt bằng cách thêm các gân lên trên bề mặt truyền nhiệt.



- Khi đun nóng không khí hoặc khí bằng hơi nước bão hòa thì cấp nhiệt từ hơi đến bề mặt truyền nhiệt  $11600 \text{ w/m}^2 \cdot \text{độ}$ , còn từ bề mặt ra không khí  $5, 8 - 58 \text{ w/m}^2 \cdot \text{độ}$  nghĩa là , khi đó ta gắn thêm gân ở. Thiết bị truyền nhiệt ống có gân thường có hai kiểu đó là kiểu gân dọc và gân ngang. Trong trường hợp truyền nhiệt giữa hai chất khí nghĩa là hệ số cấp nhiệt từ hai phía đều nhỏ thì người ta cấu tạo gân ở cả hai phía và thường có dạng hình kim gọi là thiết bị truyền nhiệt hình kim.

#### 1.4. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm (15 phút)

- Thiết bị truyền nhiệt dạng tấm gồm nhiều xếp lên một khung đỡ bên trong có các khe rãnh để lưu chất chuyển động. Xung quanh các tấm truyền nhiệt đều có gờ và đệm bích kín. Chiều dày của một tấm thường trong khoảng  $0,5 \div 3 \text{ mm}$  và các khe hở trên tấm thường vào khoảng  $1,5 \div 5 \text{ mm}$ . Diện tích bề mặt 1 tấm vào khoảng  $0,03 \div 1,5 \text{ m}^2$  tùy thuộc vào kích thước thiết bị nhưng tỷ lệ giữa chiều dài và chiều rộng nằm trong khoảng  $2 \div 3$ . Tổng diện tích bề mặt truyền nhiệt của

thiết bị dao động rất lớn, có khi chỉ là  $0,03\text{m}^2$  nhưng có lúc lên đến  $1500\text{m}^2$ . Tốc độ lưu lượng lớn nhất thường được giới hạn là  $2500\text{m}^3/\text{h}$ .

- Trên góc của các tấm truyền nhiệt đều có lỗ và khi ghép lại với nhau chúng tạo thành đường ống Trên các tấm đều có gờ nổi nhằm làm tăng độ bền và diện tích bề mặt truyền nhiệt.

## **2. Tính toán thiết bị trao đổi nhiệt (15 phút)**

- Chọn cấu tạo thiết bị: quá trình trao đổi nhiệt được tốt ta thường chọn chế độ chuyển động của chất lỏng ở chế độ chảy rối, với chất lỏng thì vận tốc  $0,1\div 1\text{m/s}$  không quá  $3\text{m/s}$ , đối với chất khí thì  $2\div 20\text{m/s}$ .
- Xác định hiệu số nhiệt độ trung bình
- Xác định lượng nhiệt và lượng chất trao đổi nhiệt
- Xác định hệ số truyền nhiệt.
- Xác định bề mặt truyền nhiệt.

## **Bài tập chương 2 (45 phút)**

### **Kiểm tra (45 phút)**

#### **1. Khái niệm chung.**

##### **1.1. Định nghĩa (10 phút)**

- Cô đặc là quá trình đun sôi dung dịch làm bay hơi một phần dung môi trong dung dịch kết quả thu được dung dịch đậm đặc hơn dung dịch ban đầu, dung môi tách ra khỏi dung dịch bay lên gọi là hơi thứ.

##### **1.2. Ứng dụng của quá trình bay hơi (cô đặc) (10 phút)**

- Làm tăng nồng độ của chất hoà tan trong dung dịch
- Tách chất rắn hoà tan ở dạng rắn (kết tinh)
- Tách dung môi ở dạng nguyên chất (nước cất)

##### **1.3. Các phương pháp cô đặc (25 phút)**

- Quá trình cô đặc có thể tiến hành trong thiết bị cô đặc một nồi hoặc nhiều nồi làm việc gián đoạn liên tục. Khi cô đặc gián đoạn dung dịch cho vào thiết bị một lần rồi cô đặc đến nồng độ yêu cầu, hoặc cho vào liên tục giữ nguyên mức chất lỏng không đổi trong quá trình và khi nồng độ dung dịch đạt yêu cầu sẽ lấy ra hết rồi tiếp tục cho dung dịch mới vào để cô đặc tiếp.
- Khi cô đặc liên tục trong thiết bị cô đặc nhiều nồi thì dung dịch được đưa vào liên tục và hơi đốt cho vào liên tục, sản phẩm cũng được lấy ra liên tục. Trong quá trình cô đặc có thể tiến hành ở áp suất khác nhau tùy theo yêu cầu kỹ thuật.

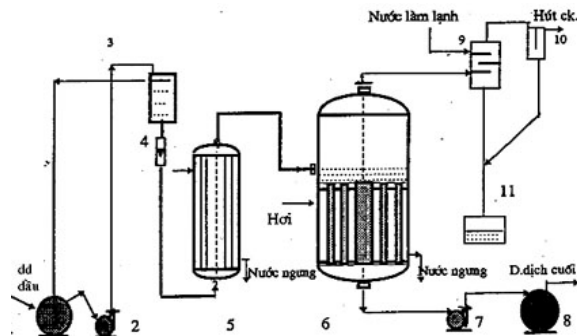
- Cô đặc ở áp suất thường thì thiết bị dễ hỏng
- Cô đặc ở áp suất chân không thì nhiệt độ sôi dung dịch giảm do đó chi phí hơi đốt giảm và hiệu số nhiệt độ giữa hơi đốt và dung dịch giảm do đó diện tích bề mặt truyền nhiệt giảm, cô đặc chân không cho phép cô đặc dung dịch có nhiệt độ sôi cao ở áp suất thường có thể sinh ra phản ứng phụ không mong muốn (oxy hoá, đường hoá, nhựa hoá).
- Cô đặc ở áp suất cao chỉ xảy ra trong các nồi cô đặc đặt trước đối hệ thống cô đặc nhiều nồi

## 2. Cô đặc một nồi

### 2.1. Cô đặc một nồi làm việc gián đoạn (15 phút)

- Cô đặc một nồi thường làm việc theo 2 phương pháp sau:
  - o Dung dịch cho vào một lần rồi cho bốc hơi, mức dung dịch trong thiết bị giảm dần cho đến khi nồng độ đạt yêu cầu;
  - o Dung dịch cho vào ở mức nhất định, cho bốc hơi đồng thời bổ xung dung dịch mới liên tục vào để giữ mức chất lỏng không đổi cho đến khi nồng độ đạt yêu cầu, sau đó tháo dung dịch ra và thực hiện một mẻ mới.

### 2.2. Cô đặc một nồi liên tục. (30 phút)



- Dung dịch đầu từ thùng chứa 1 được bơm đưa lên thùng cao vị 3, sau đó chảy qua lưu lượng kế 4 vào thiết bị đun nóng 5, ở đây dung dịch được đun nóng đến nhiệt độ sôi rồi đi vào thiết bị cô đặc 6 thực hiện quá trình bốc hơi. Hơi thứ và khí không ngưng đi lên phía trên đỉnh thiết bị cô đặc vào thiết bị ngưng tụ 9 từ dưới lên.
- Trong thiết bị ngưng tụ nước lạnh phun từ trên xuống tiếp xúc với hơi thứ và hơi thứ sẽ được ngưng tụ lại thành lỏng cùng với nước lạnh chảy qua ống bazômet 11 ra ngoài, còn khí không ngưng đi qua thiết bị thu hồi bọt 10 vào bơm chân không rồi ra ngoài. Dung dịch sau khi cô đặc được bơm 7 vận chuyển ra ở đáy thiết bị đi vào bồn chứa 8.

## V. TỔNG KẾT BÀI

- Phương pháp tính toán thiết kế các loại thiết bị trao đổi nhiệt có ý nghĩa rất quan trọng trong sản xuất
- Cô đặc là quá trình làm tăng nồng độ của chất tan bằng cách cho bốc hơi dung môi. Thiết bị cô đặc là thiết bị điển hình của các thiết bị truyền nhiệt

## VI. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VỀ NHÀ

1. Cô đặc là gì?
2. Trình bày các phương pháp cô đặc.

## VII. RÚT KINH NGHIỆM (*Về thời gian, nội dung, phương pháp, chuẩn bị...*)

.....

.....

.....

Ngày 04 tháng 06 năm 2008

**Tổ môn duyệt**

**Giáo viên**

**Phạm Đình Đạt**

## I. TÊN BÀI GIẢNG: Chương 3. Quá trình cô đặc

## II. MỤC TIÊU:

Sinh viên nắm vững phương pháp tính toán cũng như bản chất của quá trình cô đặc một nồi liên tục hoặc gián tiếp...

## III. ĐỒ DÙNG VÀ PHƯƠNG TIỆN GIẢNG DẠY:

- Giáo trình Quá trình và thiết bị Truyền nhiệt.
- Tài liệu tham khảo: Các QT&TB trong CNHH&TP – Tập 3 – Phạm Xuân Toàn.
- Máy chiếu overhead hoặc projector

## IV. NỘI DUNG BÀI GIẢNG

### 2.3 Tính toán thiết bị cô đặc một nồi

#### 2.3.1. Cân bằng vật chất (45 phút)

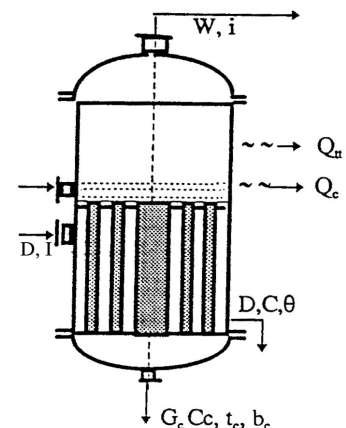
- $G_d, G_c$  – lượng dung dịch lúc đầu và lúc cuối, kg/h
- $W$  - lượng hơi thứ tách ra, kg/h
- $x_d, x_c$  – nồng độ đầu và cuối, % khối lượng
- Trong quá trình bốc hơi coi chất hoà tan không bị mất mát theo hơi thứ, khi đó phương trình cân bằng vật liệu trong thiết bị cô đặc (cho cả quá trình liên tục và gián đoạn) như sau:  $G_d = G_c + W$
- Đối với chất hoà tan:  $G_d x_d = G_c x_c$
- Từ hai phương trình trên ta rút ra:

$$W = G_d \left( 1 - \frac{x_d}{x_c} \right) = G_c \left( \frac{x_c}{x_d} - 1 \right)$$

#### Bài tập (45 phút)

#### 2.3.2. Cân bằng năng lượng (45 phút)

- $D$ : lượng hơi đốt, kg/h
- $i_D, i_W$ : Hàm nhiệt của hơi đốt và hơi thứ, kJ/kg
- $t_d, t_c, \theta$ : Nhiệt độ của nhập liệu vào, sản phẩm ra và của nước ngưng, 0C
- $Q_{tt}$ : Nhiệt tổn thất ra môi trường xung quanh kJ/h
- $C_d, C_c, C_n$ : nhiệt dung riêng của dung dịch lúc đầu, cuối và nước ngưng, kJ/kg độ



- Theo phương trình cân bằng nhiệt lượng, lượng nhiệt vào bằng lượng nhiệt ra.

Nhiệt vào:

Dung dịch đầu mang vào:  $G_d C_d t_d$ , kJ/h

Hơi đốt mang vào:  $D i_D$ , kJ/h

Nhiệt ra:

Hơi thứ mang ra:  $W i$ , kJ/h

Nước ngưng tụ:  $D C_n \theta$ , kJ/h

Sản phẩm mang ra :  $G_c C_c t_c$ , kJ/h

Nhiệt tổn thất  $Q_{tt}$ , kJ/h

- Lập phương trình cân bằng nhiệt lượng ta có:

$$G_d C_d t_d + D i_D = G_c C_c t_c + D C_n \theta + W i_w + Q_{tt}$$

Nếu coi toàn bộ dung dịch đầu được đun nóng đến nhiệt độ cuối, lượng nhiệt sẽ là:  $G_c C_c t_c$ , sau đó tách ra  $W$  (kg nước để bay hơi) lượng nhiệt là  $W C_n \theta$  và lượng nhiệt do dung dịch cuối mang ra :

$$G_c C_c t_c = G_d C_d t_c - W C_n t_c$$

Thay vào phương trình (7.4) ta có:

$$G_d C_d t_d + D i_D = W i_w + D C_n \theta + G_d C_d t_c - W C_n t_c + Q_{tt}$$

$$D(i_D - C_n \theta) = W(i_w - C_n t_c) + G_d C_d (t_c - t_d) + Q_{tt}$$

$$D = \frac{W(i_w - C_n t_c) + G_d c_d (t_c - t_d) + Q_{tt}}{(i_D - c_n \theta)}, \text{ kg/h}$$

- Trong phương trình thì  $Q_{tt}$  thường lấy bằng 5%  $Q$  nếu không cần độ chính xác cao vì việc xác định  $Q_{tt}$  thường rất phức tạp (thường dùng trong tính toán thiết kế)
- Để tăng năng suất cô đặc và giảm lượng hơi đốt tiêu hao ta cần phải đun nóng dung dịch đến nhiệt độ sôi  $t_c$  trước khi cho vào nồi cô đặc ( $t_d = t_c$ ) bằng thiết bị truyền nhiệt như vậy sẽ rẻ tiền hơn. Khi đó công thức trở thành

$$D = W \frac{i_w - C_n t_c}{i_D - C_n \theta} + \frac{Q_{tt}}{i_D - C_n \theta}$$

Nếu bỏ qua nhiệt tổn thất trong trường hợp này thì công thức chỉ còn

$$D = W \frac{i_w - C_n t_c}{i_D - C_n \theta}$$

- Ta nhận thấy rằng, mẫu số trong công thức chính là nhiệt hóa hơi của hơi đốt  $r$ , đồng thời nếu quá trình cô đặc tiến hành ở điều kiện áp suất làm việc và áp suất của hơi đốt như nhau thì:  $D=W$
- Như vậy đối với cô đặc một nồi thoả các điều kiện như ta đã phân tích thì để làm bay hơi một kg hơi thứ sẽ cần một kg hơi đốt. Thực tế phải tính đến lượng nhiệt mất mát nên lượng hơi đốt tiêu hao riêng sẽ là  $1,1 \div 1,2$  kg cho một kg hơi thứ.

### 2.3.3. Bề mặt truyền nhiệt (30 phút)

$$Q = K F \Delta t = D (I - C_n \theta) , \text{ kJ/h}$$

Suy ra  $F = \frac{Q}{K \Delta t} , \text{ m}^2$

Với  $\Delta t = t_D - t_{\text{stbđđ}}$

$t_D$  – nhiệt độ của hơi đốt

$t_{\text{stbđđ}}$  – nhiệt độ sôi trung bình của dung dịch

- Hiệu số nhiệt độ hữu ích là hiệu nhiệt độ của hơi đốt và nhiệt độ sôi trung bình của dung dịch.

### Bài tập (60 phút)

## V. TỔNG KẾT BÀI

- Bài học cho ta những đại lượng cơ bản trong tính toán cô đặc một nồi, là bước ban đầu làm cơ sở cho các quá trình cô đặc phức tạp hơn

## VI. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VỀ NHÀ

1. Trình bày các phương pháp cô đặc một nồi gián đoạn
2. Trình bày các phương pháp cô đặc một nồi liên tục.
3. Trình bày các phương pháp xác định lượng hơi đốt cần thiết trong cô đặc một nồi ở hai trường hợp.

## VII. RÚT KINH NGHIỆM (Về thời gian, nội dung, phương pháp, chuẩn bị...)

.....  
 .....  
 .....

Ngày 04 tháng 06 năm 2008

Tổ môn duyệt

Giáo viên

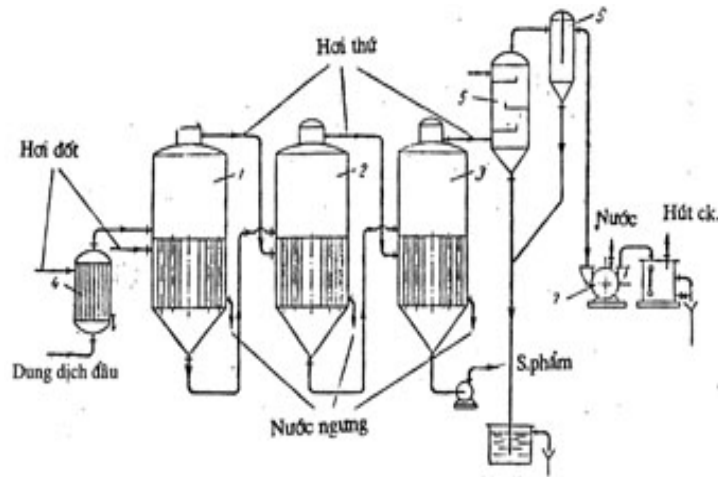
Phạm Đình Đạt

**I. TÊN BÀI GIẢNG: Chương 3. Quá trình cô đặc****II. MỤC TIÊU:**

Sinh viên nắm vững phương pháp tính toán cũng như bản chất của quá trình cô đặc nhiều nôi...

**III. ĐỒ DÙNG VÀ PHƯƠNG TIỆN GIẢNG DẠY:**

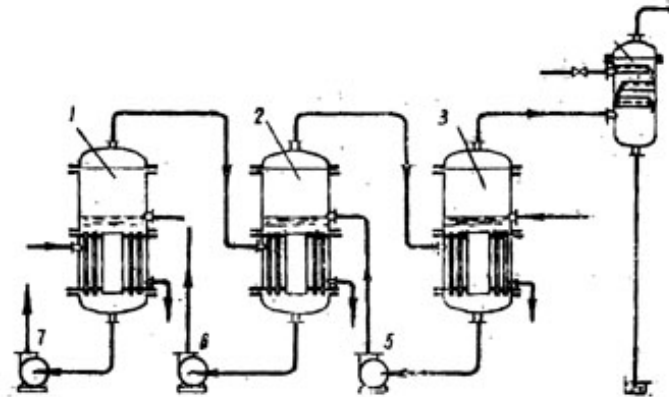
- Giáo trình Quá trình và thiết bị Truyền nhiệt.
- Tài liệu tham khảo: Các QT&TB trong CNHH&TP – Tập 3 – Phạm Xuân Toàn.
- Máy chiếu overhead hoặc projector

**IV. NỘI DUNG BÀI GIẢNG****3. Cô đặc nhiều nôi****3.1 Xuôi chiều (30 phút)**

- Nguyên tắc của cô đặc ba nôi xuôi chiều cũng gần như cô đặc một nôi. Dung dịch được đưa vào nôi 1 tiếp tục chuyển sang nôi 2 rồi sang nôi 3 nhờ chênh lệch áp suất trong các nôi. Còn hơi đốt đi vào phòng đốt của nôi 1 để đun sôi dung dịch. Hơi thứ bay lên ở nôi 1 được đưa vào phòng đốt của nôi 2, hơi thứ bay lên ở nôi 2 được đưa vào phòng đốt của nôi 3 và hơi thứ bay lên của nôi 3 được đưa sang thiết bị ngưng tụ barômet, điều này thực hiện được vì nhiệt độ sôi của dung dịch giảm dần từ nôi đầu tới nôi cuối do áp suất trong các nôi giảm dần từ nôi đầu tới nôi cuối do đó dung dịch tự chảy dần từ nôi đầu tới nôi cuối. Dung dịch ở nôi cuối cùng được đưa ra ngoài có nồng độ đậm đặc theo yêu cầu gọi là sản phẩm.

- Ưu điểm: cô đặc nhiều nồi xuôi chiều là dung dịch tự chảy từ nồi đầu tới nồi cuối không cần bơm vận chuyển .
- Nhược điểm: Do nhiệt độ của dung dịch các nồi giảm dần, nhưng nồng độ dung dịch lại tăng dần từ nồi đầu tới nồi cuối, làm độ nhớt của dung dịch tăng, kết quả làm hệ số truyền nhiệt giảm dần từ nồi đầu đến nồi cuối

### 3.2. Xuôi chiều (30 phút)



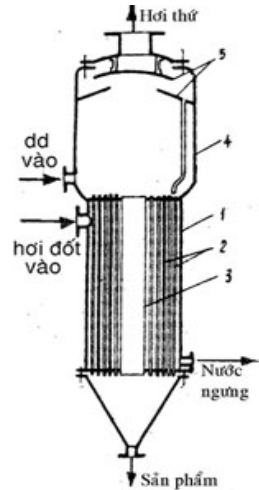
- Sơ đồ hệ thống 3 nồi cô đặc ngược chiều: Hơi đốt có nhiệt độ cao được vào nồi đầu tiên để đun sôi dung dịch, và hơi thứ bay lên ở các nồi di chuyển giống như ở cô đặc nhiều nồi xuôi chiều, còn dung dịch ban đầu đi vào nồi 3 và được vận chuyển dần tới nồi 1 nhờ bơm. Vì áp suất nồi trước lớn hơn nồi sau, do đó dung dịch không tự chảy từ nồi cuối đến nồi đầu được. Với hệ thống cô đặc ngược chiều thì nhiệt độ dung dịch trong các nồi giảm dần từ nồi đầu tới nồi cuối, còn nồng độ dung dịch lại tăng dần từ nồi cuối đến nồi đầu, do đó độ nhớt dung dịch thay đổi không đáng kể, kết quả hệ số truyền nhiệt trong các nồi hầu như không đổi
- Ưu điểm: Cô đặc được dung dịch có độ nhớt lớn tới nồng độ cuối cao, và nồi cuối lượng nước bay hơi nhỏ do đó lượng nước sử dụng cho thiết bị ngưng tụ barômet nhỏ hơn. Nhược điểm: Tốn nhiều năng lượng để vận chuyển chất lỏng đi từ nồi cuối đến nồi đầu.

## 4. Thiết bị cô đặc

### 4.1. Thiết bị có ống tuần hoàn trung tâm (30 phút)

- Cấu tạo: Thiết bị cô đặc có ống tuần hoàn trung tâm như hình 3.6: phần dưới của thiết bị là phòng đốt 1, trong phòng đốt gồm có các ống truyền nhiệt 2 và ống tuần hoàn trung tâm 3 tương đối lớn, phần trên là phòng bốc 4, trong phòng bốc có bộ phận tách giọt 5 có tác dụng tách giọt chất lỏng do hơi thứ cuốn theo.

- Nguyên lý làm việc : Dung dịch được đưa vào đáy phòng bốc rồi chảy trong các ống truyền nhiệt và ống trung tâm, còn hơi đốt được đưa vào phòng đốt đi ở khoảng giữa các ống và vỏ, do đó dung dịch được đun sôi tạo thành hỗn hợp lỏng hơi trong ống truyền nhiệt và làm khối lượng riêng của dung dịch sẽ giảm đi và chuyển động từ dưới lên miệng ống, còn trong ống tuần hoàn thể tích dung dịch theo một đơn vị bề mặt truyền nhiệt lớn hơn so với ống truyền nhiệt do đó lượng hơi tạo ra ít hơn vì vậy khối lượng riêng của hỗn hợp hơi lỏng ở đây lớn hơn trong ống truyền nhiệt do đó chất lỏng sẽ di chuyển từ trên xuống dưới rồi đi vào ống truyền nhiệt lên trên và trở lại ống tuần hoàn tạo lên dòng tuần hoàn tự nhiên.

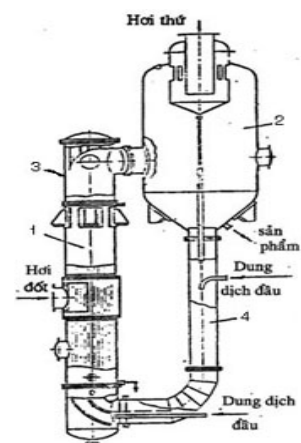


- Tại bề mặt thoáng của dung dịch ở phòng bốc, hơi thứ tách ra khỏi dung dịch bay lên qua bộ phận tách giọt. Bộ phận tách giọt có tác dụng giữ lại những giọt chất lỏng do hơi thứ cuốn theo và chảy trở về đáy phòng bốc, còn dung dịch có nồng độ tăng dần. Tốc độ tuần hoàn càng lớn thì hệ số cấp nhiệt phía dung dịch càng tăng và quá trình đóng cặn trên bề mặt cũng giảm.
- Tại bề mặt thoáng của dung dịch ở phòng bốc, hơi thứ tách ra khỏi dung dịch bay lên qua bộ phận tách giọt. Bộ phận tách giọt có tác dụng giữ lại những giọt chất lỏng do hơi thứ cuốn theo và chảy trở về đáy phòng bốc, còn dung dịch có nồng độ tăng dần. Tốc độ tuần hoàn càng lớn thì hệ số cấp nhiệt phía dung dịch càng tăng và quá trình đóng cặn trên bề mặt cũng giảm.
- Ưu điểm: Cấu tạo đơn giản dễ sửa chữa và làm sạch.
- Nhược điểm: Tốc độ tuần hoàn giảm vì ống tuần hoàn cũng bị đốt nóng.

## 4.2. Thiết bị có buồng đốt ngoài

### 4.2.1. Thiết bị cô đặc có phòng đốt ngoài kiểu đứng (20 phút)

- Cấu tạo : gồm phòng đốt 1, buồng bốc 2, ống dẫn 3, ống tuần hoàn 4.
- Nguyên lý làm việc: Thiết bị cô đặc có buồng đốt ngoài kiểu đứng. Dung dịch đi vào phòng đốt 1 được đun sôi tạo thành hỗn hợp lỏng đi qua ống 3 vào phòng bốc hơi, ở đây hơi thứ được tách ra đi lên phía trên, dung dịch còn lại đi về phòng đốt 1 theo ống tuần hoàn 4. Các ống



truyền nhiệt có thể làm dài đến 7m nên cường độ tuần hoàn lớn, do đó cường độ bốc hơi lớn.

#### 4.2.2. Thiết bị cô đặc có phòng đốt ngoài nằm ngang (25 phút)

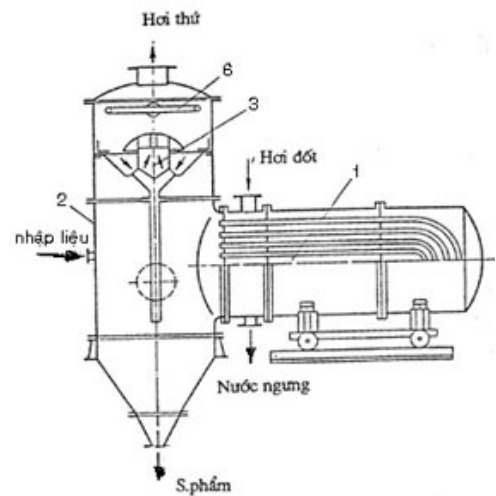
– Cấu tạo: Thiết bị cô đặc có buồng đốt ngoài nằm ngang gồm phòng đốt 1 là thiết bị truyền nhiệt ống chữ U và phòng bốc 2, bộ phận thu giọt lỏng 3 và tách giọt 4.

– Nguyên lý làm việc: Dung dịch được đưa vào thiết bị liên tục và đi vào ống truyền nhiệt chữ U từ trái sang phải ở nhánh dưới lên nhánh trên rồi lại chảy về phòng bốc ở trạng thái sôi, dung môi tách ra

khỏi dung dịch bay lên qua bộ phận tách giọt và ra ngoài, còn nồng độ dung dịch tăng dần. Phòng đốt được đặt lên một chiếc xe nhỏ.

– Ưu điểm: Phòng bốc có thể tách ra khỏi phòng đốt dễ dàng để làm sạch và sửa chữa.

– Nhược điểm: Công kênh, cấu tạo phức tạp

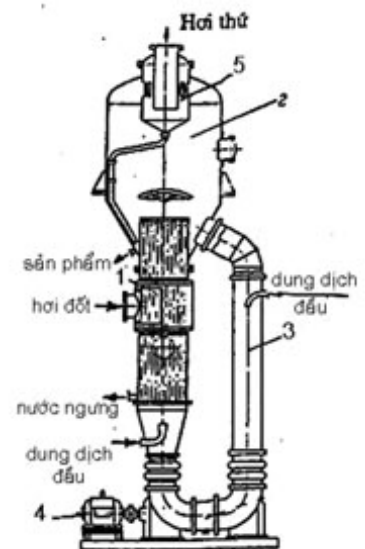


#### 4.3. Thiết bị tuần hoàn cưỡng bức. (30 phút)

– Cấu tạo: Thiết bị cô đặc tuần hoàn cưỡng bức gồm phòng đốt 1, trong phòng đốt có các ống truyền nhiệt, phía trên là phòng bốc 2, trong phòng bốc có bộ phận tách giọt 6, bên ngoài thiết bị có ống tuần hoàn ngoài 3 và bơm tuần hoàn 4.

– Nguyên tắc làm việc: Dung dịch được đưa vào phòng đốt 1 liên tục bằng bơm tuần hoàn và đi trong các ống trao đổi nhiệt lên phòng bốc, còn hơi đốt được đưa vào phòng đốt ở khoảng giữa các ống truyền nhiệt với vỏ để đun sôi dung dịch trong ống truyền nhiệt. Tại bề mặt thoáng dung

dịch ở phòng bốc dung môi tách ra bay lên qua bộ phận tách giọt được ngưng tụ rồi ra ngoài, dung dịch còn lại đậm đặc hơn trở về ống tuần hoàn 3 và được trộn lẫn với dung dịch đầu đi vào phòng đốt. Khi dung dịch đạt yêu cầu thì ta luôn



luôn lấy một phần ra ở đáy phòng bốc ra làm sản phẩm. Tốc độ dung dịch trong ống truyền nhiệt khoảng từ 1,5 đến 3,5 m/s do đó hệ số cấp nhiệt lớn hơn tuần hoàn tự nhiên từ 3 đến 4 lần và có thể làm việc trong điều kiện nhiệt độ hữu ích nhỏ từ 3 đến 5 độ vì cường độ tuần hoàn chỉ phụ thuộc vào năng suất của bơm.

- Ưu điểm: Năng suất cao cô đặc được những dung dịch có độ nhớt lớn mà tuần hoàn tự nhiên khó thực hiện.
- Nhược điểm: Tốn nhiều năng lượng cung cấp cho bơm

**Bài tập** (45 phút)

**Tổng kết chương** (15 phút)

## **V. TỔNG KẾT BÀI**

- Bài học cho ta những đại lượng cơ bản trong tính toán cô đặc một nồi, là bước ban đầu làm cơ sở cho các quá trình cô đặc phức tạp hơn

## **VI. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VỀ NHÀ**

1. Trình bày cấu tạo của các loại nồi cô đặc.
2. So sánh quá trình cô đặc nhiều nồi xuôi chiều và ngược chiều.

## **VII. RÚT KINH NGHIỆM** (*Về thời gian, nội dung, phương pháp, chuẩn bị...*)

.....  
.....  
.....

Ngày 04 tháng 06 năm 2008

**Tổ môn duyệt**

**Giáo viên**

**Phạm Đình Đạt**

## I. TÊN BÀI GIẢNG: Chương 4. Kỹ thuật lạnh

## II. MỤC TIÊU:

Sinh viên nắm vững tính chất cũng như yêu cầu của một số tác nhân lạnh phổ biến và phạm vi sử dụng chúng.

## III. ĐỒ DÙNG VÀ PHƯƠNG TIỆN GIẢNG DẠY:

- Giáo trình Quá trình và thiết bị Truyền nhiệt.
- Tài liệu tham khảo: Các QT&TB trong CNHH&TP – Tập 3 – Phạm Xuân Toàn.
- Máy chiếu overhead hoặc projector

## IV. NỘI DUNG BÀI GIẢNG

### Chương 4. Kỹ thuật lạnh

#### 1. Khái niệm (45 phút)

- Quá trình làm lạnh cần được cung cấp công từ bên ngoài để vận chuyển nhiệt lượng từ môi trường có nhiệt độ thấp hơn đến môi trường có nhiệt độ cao hơn. Đây là vấn đề mấu chốt mà các thiết bị lạnh phải giải quyết bởi lẽ trong tự nhiên thì nhiệt sẽ di chuyển từ nơi có nhiệt độ cao sang nơi có nhiệt độ thấp hơn (như chuyện nước chảy từ trên xuống, để làm ngược lại, nghĩa là cho nước chuyển động từ thấp lên cao ta phải cung cấp cho nó một năng lượng và năng lượng này chính là do bơm cung cấp). Tương tự như thế, trong các máy lạnh, nhiệt lượng sẽ được vận chuyển theo chiều ngược lại, từ môi trường có nhiệt độ nhỏ hơn ra môi trường xung quanh.
- Đoạn nhiệt là thuật ngữ được dùng để chỉ trường hợp mà chất môi giới và môi trường không có sự trao đổi nhiệt. Như vậy, ở hệ thống này, trong quá trình hoạt động thì chất môi giới hoàn toàn không có quá trình nhả nhiệt ra môi trường cũng như không nhận nhiệt từ môi trường.
- Để đánh giá hiệu quả của các máy làm lạnh người ta đưa ra khái niệm hệ số làm lạnh: là tỷ số giữa lượng nhiệt mà môi chất nhả ra
- Chất môi giới là chất trung gian thực hiện sự biến đổi và chuyển tải năng lượng trong các hệ thống lạnh. Đây là một thành phần quan trọng không thể thiếu được trong các máy làm lạnh. Về nguyên tắc ta có thể gặp chất môi giới ở trạng thái rắn, lỏng, khí hoặc hơi. Tuy nhiên trong hầu hết các trường hợp, ta thường gặp chất môi giới ở trạng thái khí và hơi.

- Trong quá trình tính toán các bài toán về lạnh ta thường gặp khái niệm enthalpy. Về mặt ý nghĩa vật lý, trong hầu hết các trường hợp enthalpy mang ý nghĩa về năng lượng. Đơn vị của enthalpy giống như đơn vị của nội năng và các dạng năng lượng khác
- Đối với máy lạnh, ngoài hệ số làm lạnh người ta còn đánh giá mức độ sinh lạnh của một hệ thống lạnh bằng năng suất lạnh. Năng suất lạnh là lượng nhiệt mà hệ thống có thể nhận vào từ môi trường cần làm lạnh trong một đơn vị thời gian. Đơn vị của năng suất lạnh là kJ/h, kcal/h Btu/h hay kW.

## **2. Tác nhân lạnh, chất tải lạnh, môi trường lạnh**

### **2.1. Tác nhân lạnh**

#### **2.1.1. Yêu cầu chung và lịch sử hình thành các tác nhân lạnh (30 phút)**

Tác nhân lạnh là một chất môi giới không thể thiếu trong các máy làm lạnh, là những chất thuần khiết có đặc tính nhiệt động và tính chất lý hóa thích hợp. Các tác nhân lạnh cần thỏa các yêu cầu sau:

- Không dễ cháy nổ, không gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người
- Không ăn mòn kim loại và các vật liệu khác trong hệ thống lạnh, có tính bền vững hóa học trong phạm vi áp suất và nhiệt độ làm việc.
- Nên có mùi hoặc màu sắc đặc trưng để dễ phát hiện khi bị rò rỉ, không nên dẫn điện để có thể sử dụng trong máy nén kín hoặc nửa kín.
- Có khả năng tan trong nước để tránh hiện tượng đóng băng gây tắc nghẽn hệ thống
- Nên có khả năng hòa tan dầu bôi trơn ở mức độ hợp lý
- Rẻ tiền, dễ kiếm, vận chuyển và bảo quản dễ dàng.
- Áp suất tương ứng với nhiệt độ môi trường xung quanh không quá cao để không gây khó khăn tốn kém khi thiết kế các thiết bị liên quan của hệ thống
- Áp suất tương ứng với quá trình sôi trong thiết bị bay hơi không nên nhỏ quá
- Năng suất lạnh riêng thể tích càng lớn càng tốt, vì như thế thiết bị trong hệ thống càng gọn nhẹ
- An nhiệt hóa hơi lớn sẽ làm cho lượng tác nhân lạnh làm việc trong hệ thống giảm
- Độ nhớt động học nên nhỏ để giảm bớt tổn thất áp suất trên đường ống và các van
- Hệ số dẫn nhiệt và hệ số tỏa nhiệt đối lưu càng lớn càng tốt

- Nhiệt dung riêng ở thể lỏng nên có giá trị nhỏ để giảm lượng nhiệt cần thiết khi cần thực hiện quá trình quá lạnh sau khi ngưng tụ
- Nhiệt độ động đặc phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi đáng kể và nhiệt độ tới hạn phải khác xa nhiệt độ ngưng tụ..

### 2.1.2. Nguyên tắc ghi công thức các fréon (30 phút)

- fréon là những dẫn xuất halogen của hydrocacbon no ( $C_nH_{2n+2}$ ) ở đó các nguyên tử H được thay thế hoàn toàn hoặc từng phần bằng những nguyên tử clo, brom và flo. Công thức tổng quát của fréon có dạng:  $C_n H_x F_y Cl_z Br_u$

Trong đó: 
$$x + y + z + u = 2n + 2$$

- Trong kỹ thuật người ta kí hiệu fréon là F-N hay R-N (như R-11 hoặc F-11). Chỉ số F hay R chỉ fréon và N để chỉ chất gốc của dẫn xuất và số nguyên tử trong fréon, có thể gồm 2 hoặc 3 chữ số.
- Một hoặc hai chữ số đầu tiên để chỉ từ bên trái sang chỉ dẫn xuất gốc.
- Số nguyên tử flo của fréon được ghi tiếp theo về phía bên phải của số đầu, nếu không có thì ghi số 0.
- Số nguyên tử clo được ghi vào tiếp theo sao cho đủ hóa trị của hydro trong hydrocacbon no.
- Khi fréon có chứa nguyên tử brom thì viết chữ Br sau chữ số và cuối cùng là số nguyên tử brom có chứa trong fréon.

### 2.1.3. Đặc tính của một số tác nhân lạnh (45 phút)

**Amoniac  $NH_3$** : được sử dụng nhiều trong máy lạnh hơi có máy nén lạnh pittông.

Amoniac có một số đặc tính kỹ thuật quan trọng sau:

- Nhiệt độ đóng băng  $-75^{\circ}C$
- Thể tích riêng trong vùng nhiệt độ bay hơi tương đối nhỏ nên giảm được kích thước máy nén, đặc biệt đối với máy nén pittông
- Có mùi hắc khó chịu nên dễ dàng phát hiện khi bị rò rỉ
- Ít tan trong dầu bôi trơn nên ít ảnh hưởng đến quá trình bôi trơn và chất lượng của tác nhân, không có tác dụng ăn mòn thép, nếu nó lẫn nước nó sẽ ăn mòn kẽm, đồng thau và những hợp kim đồng khác
- Nhược điểm của amoniac là độc hại đối với sức khỏe con người, với nồng độ nhất định có thể bắt lửa, gây cháy nổ, không an toàn.

**R-11**: có các đặc điểm sau

- Ở điều kiện tiêu chuẩn, nhiệt độ sôi của R-11 là  $23,7^{\circ}C$

- Tính bền vững về hóa học không cao, không tan trong nước nhưng có khả năng tan trong dầu, không ăn mòn kim loại
- Thích hợp cho các bơm nhiệt và thiết bị điều tiết không khí.

**R-12:** có các tính chất sau

- Ở điều kiện tiêu chuẩn, nhiệt độ sôi của R-12 là  $-29,8^{\circ}\text{C}$
- Không gây cháy nổ, không độc hại đối với cơ thể con người, không ăn mòn kim loại và không dẫn điện
- Nhiệt độ cuối tầm nén thấp
- Vận hành và bảo quản dễ dàng
- Nhược điểm của R-12 là: năng suất lạnh riêng khối lượng tương đối bé, do đó khối lượng tác nhân lạnh nạp vào hệ thống nhiều. R-12 chỉ thích hợp đối với các hệ thống lạnh có năng suất lạnh nhỏ
- Năng suất lạnh riêng thể tích nhỏ, do đó hệ thống làm việc với R-12 thường công kênh
- Tính chất trao đổi nhiệt kém do hệ số tỏa nhiệt khi sôi và khi ngưng bé
- Độ nhớt động học cao nên tổn thất áp suất trên đường ống tương đối lớn
- Hoàn toàn không hòa tan nước
- Có khả năng hòa tan dầu rất cao. Chính vì điều này lại dễ dàng để phát hiện khi bị rò rỉ do tại chỗ rò rỉ có vết dầu xuất hiện.

**R-22:** Có các tính chất sau:

- Ở điều kiện tiêu chuẩn, nhiệt độ sôi của R-22 là  $-40,80^{\circ}\text{C}$
- Năng suất lạnh riêng thể tích lớn hơn 1,6 lần so với R-12. Do đó có thể nạp frêon 22 vào máy nén sử dụng frêon 12 để gia tăng năng suất lạnh nếu công suất động cơ và độ bền máy cho phép.
- Khả năng trao đổi nhiệt lớn hơn 1,3 lần so với R-12
- Mức độ hòa tan với nước cao hơn khoảng 5 lần so với R-12, do đó giảm bớt nguy cơ bị tắc ẩm, bền về mặt hóa học ở phạm vi áp suất và nhiệt độ làm việc
- Nhược điểm của R22: tính hòa tan dầu hạn chế nên gây khó khăn cho việc bôi trơn. Trong khoảng nhiệt độ  $-200$  đến  $-400^{\circ}\text{C}$  gần như hoàn toàn không hòa tan dầu. Do đó tránh hoạt động ở cùng nhiệt độ này
- Có khả năng làm trương phồng cao su nên phải dùng các loại đệm chuyên dùng để bích kín

## 2.2. Chất tải lạnh (30 phút)

Trong kỹ thuật lạnh, muốn tải lạnh từ nơi phát sinh tới nơi tiêu thụ phải sử dụng những chất tải lạnh. Chất tải lạnh có thể ở dạng hơi (khí), lỏng hoặc rắn. Trong quá trình làm việc, chất tải lạnh chỉ biến đổi enthalpy mà không biến đổi pha. Những yêu cầu chính đối với chất tải lạnh:

- Nhiệt độ đóng băng thấp, độ nhớt nhỏ để giảm các tổn thất thủy lực trên đường ống
- Nhiệt dung riêng lớn để giảm lưu lượng chất tải lạnh
- Kém ăn mòn kim loại màu và kim loại đen, bền vững về hóa học trong điều kiện làm việc
- Không độc, không gây cháy nổ và ít bắt lửa
- Dễ kiểm, dễ bảo quản, rẻ tiền và dễ vận hành

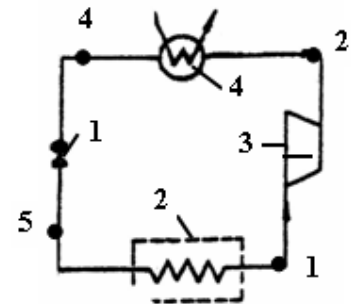
### 2.3. Môi trường lạnh (15 phút)

Là chất tiếp xúc hay bao quanh vật phẩm được làm lạnh. Trong quá trình làm lạnh ổn định thì nhiệt độ của môi trường lạnh phải ổn định, không đổi. Môi trường làm lạnh thường là không khí, nước, dung dịch muối, ...

## 3. Chu trình làm việc của một số thiết bị làm lạnh

### 3.1. Máy nén lạnh một cấp (30 phút)

- Về nguyên tắc hệ thống gồm 4 bộ phận chính: van tiết lưu 1, dàn bay hơi 2 (hay dàn bốc hơi, dàn lạnh), máy nén 3, dàn ngưng tụ 4 (hay bình ngưng tụ, dàn nóng)
- Tác nhân lạnh sau khi ra khỏi bình ngưng ở trạng



thái 4 được đưa vào van tiết lưu để giảm áp, tác nhân lạnh sau khi ra khỏi van ở trạng thái 5 và vẫn ở trạng thái lỏng (có thể là lỏng hơi) nhưng nhiệt độ rất thấp. Tác nhân lạnh tiếp tục vào phòng bốc hơi, nhận nhiệt của các sản phẩm và chuyển pha. Lúc này nhiệt độ của tác nhân vẫn không đổi nhưng enthalpy tăng và chuyển thành trạng thái 1. Hơi ở trạng thái 1 được máy nén hút lên và nén ở điều kiện đẳng entropy để biến đổi về trạng thái 2, quá trình ngưng tụ ở bình ngưng sẽ làm hơi biến đổi từ trạng thái 2 đến 4. và chu trình cứ như thế lặp đi lặp lại liên tục tạo thành một vùng khép kín.

## V. TỔNG KẾT BÀI

- Bài học cho ta hiểu rõ thêm vai trò cũng như ý nghĩa của một số tác nhân thường sử dụng trong các hệ thống lạnh, thông số cơ bản trong tính toán về quá trình lạnh, từ đó đi tới tính toán về các quá trình lạnh.

## **VI. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VỀ NHÀ**

1. Trình bày tính chất của một số tác nhân lạnh
2. Phân biệt chất tải lạnh và tác nhân lạnh.

## **VII. RÚT KINH NGHIỆM** (*Về thời gian, nội dung, phương pháp, chuẩn bị...*)

.....  
.....  
.....

Ngày 04 tháng 06 năm 2008

**Tổ môn duyệt**

**Giáo viên**

**Phạm Đình Đạt**

## I. TÊN BÀI GIẢNG: Chương 4. Kỹ thuật lạnh

## II. MỤC TIÊU:

Sinh viên nắm vững phương pháp tính toán cũng như bản chất, các thông số về kỹ thuật lạnh

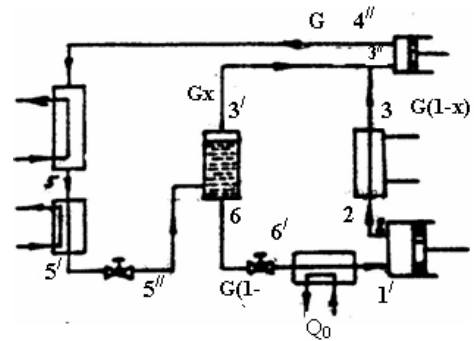
## III. ĐỒ DÙNG VÀ PHƯƠNG TIỆN GIẢNG DẠY:

- Giáo trình Quá trình và thiết bị Truyền nhiệt.
- Tài liệu tham khảo: Các QT&TB trong CNHH&TP – Tập 3 – Phạm Xuân Toàn.
- Máy chiếu overhead hoặc projector

## IV. NỘI DUNG BÀI GIẢNG

### 3.2. Máy nén lạnh hai cấp (45 phút)

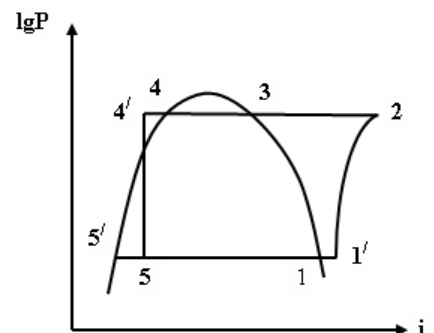
- Trong thực tế thường yêu cầu làm lạnh ở nhiệt độ thấp như các quá trình cấp đông. Áp suất của tác nhân ứng với quá trình sôi ở bình bốc hơi giảm xuống khá thấp. Điều này làm gia tăng tỷ số nén và do đó làm giảm hiệu quả của các máy nén loại thể tích, đặc biệt loại máy nén pittông. Để khắc phục nhược điểm này, người ta sử dụng máy nén nhiều cấp mà thực tế chỉ 2 cấp là đủ.
- Trạng thái 3' sẽ đi từ bình trung gian về máy nén cao áp với lưu lượng  $G_x$ . Lông ở trạng thái 6 sau khi qua van tiết lưu sẽ ở trạng thái 6', ở bình bốc hơi nó sẽ nhận nhiệt và đi vào máy nén thấp áp ở trạng thái 1'. Từ xi lanh hạ áp, hơi ở trạng thái 2 sẽ được cho qua bộ giải nhiệt để tiến đến trạng thái 3. Tại đầu vào của máy nén cao áp sẽ xảy ra sự hòa trộn giữa hơi ở trạng thái 3 và hơi ở trạng thái 3'. Hỗn hợp sau khi hòa trộn sẽ có trạng thái 3'' và đi vào máy nén cao áp với lưu lượng G.



### 4. Tính toán một số thông số quan trọng cho máy lạnh (45 phút)

- Xét chu trình lạnh một cấp
- Công cần cung cấp cho chu trình:

$$A = G_0 (i_2 - i_{1'}), \text{ kJ/h}$$



- Nhiệt lượng mà tác nhân lạnh nhận được khi qua bình bốc hơi (năng suất lạnh riêng)

$$q_0 = i_1' - i_5$$

- Năng suất lạnh của tác nhân

$$Q_0 = G_0 (i_1' - i_5)$$

- Nhiệt tải của thiết bị ngưng tụ

$$Q_c = G_0 (i_2 - i_4)$$

- Hệ số làm lạnh của chu trình

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{A} = \frac{i_1' - i_5}{i_2 - i_1'}$$

**Bài tập** (45 phút)

## 5. Ứng dụng

### 5.1. Ứng dụng lạnh trong công nghiệp chế biến thực phẩm

#### 5.1.1. Lạnh đông thực phẩm (15 phút)

Sau khi kết đông, sản phẩm được đóng gói và bảo quản ở kho lạnh chế biến nhiệt độ từ  $-24$  đến  $-30^{\circ}\text{C}$ . Sau đó chúng được đưa đến kho lạnh bảo quản bằng xe lạnh đông. Từ kho lạnh bảo quản chúng được xe lạnh đưa đến các kho lạnh phân phối rồi từ đây chúng lại được các xe lạnh đưa tới các siêu thị, nhà hàng, ...

#### 5.1.2. Sản xuất kem công nghiệp (15 phút)

Đối với qui trình sản xuất kem thì vấn đề lạnh cũng là một khâu rất quan trọng. Sau khi cân, đo, chuẩn bị nguyên liệu xong thì chúng được hạ nhiệt độ xuống khoảng  $2$  đến  $4^{\circ}\text{C}$  trước khi đưa vào bồn ủ cho chín tới. Trong máy lạnh đông, hỗn hợp được nhào trộn và kết đông đồng thời nhiệt độ giảm đến  $-5^{\circ}\text{C}$ . Tiếp theo hỗn hợp được đưa đi rót vào bì, đóng gói và được mang đi kết đông, nhiệt độ của kem lúc này khoảng  $-8$  ÷  $-20^{\circ}\text{C}$ .

#### 5.1.3. Sản xuất bia (15 phút)

Trong quá trình sản xuất bia, có rất nhiều công đoạn phải cần nhiệt độ thấp. Trong phần này chúng ta chỉ xét đến các ứng dụng của lạnh trong quá trình lên men bia.

Trong quá trình lên men, đường chuyển hóa chủ yếu thành rượu và  $\text{CO}_2$  đồng thời toả ra một lượng nhiệt lên men. Nhiệt lên men có thể thải ra ngoài qua dàn lạnh không khí trong phòng, nhưng cũng có thể thải trực tiếp qua dàn ống xoắn bố trí trong bể lên men hoặc các áo tăng có nước lạnh, nước muối lạnh hoặc glycol ở nhiệt độ khoảng  $-3^{\circ}\text{C}$ .

## 5.2. Tủ lạnh gia đình (15 phút)

– Tủ lạnh gia đình dùng để bảo quản ngắn hạn các thực phẩm và thức ăn để bị ôi thiu hư hỏng hàng ngày trong gia đình

– Trong giàn bay hơi, môi chất lạnh sôi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp để thu nhiệt của môi trường cần làm lạnh. Hơi sinh ra từ dàn bay hơi được máy nén hút về, nén lên áp suất cao và đẩy về dàn ngưng tụ. Ở dàn ngưng hơi nóng thải nhiệt ra môi trường và ngưng lại thành lỏng. Lỏng chảy qua ống mao để vào dàn bay hơi. Do tiết diện ống mao nhỏ nên gây ra hiện tượng tiết lưu cho lỏng chảy qua. Lỏng biến đổi từ áp suất cao, nhiệt độ cao sang áp suất thấp và nhiệt độ thấp

## 5.3. Sản xuất đá công nghiệp (15 phút)

Thông thường thời gian để sản xuất một mẻ đá vào khoảng 18 - 24h. Khi cây đá đạt yêu cầu, thì linh đá đầu tiên được lấy lên nhờ tời điện. Các linh đá tiếp theo luôn bị dồn về phía trước nên phía sau sẽ trống chỗ, linh đá vừa tháo ra tiếp tục cho quay đầu lại thế chỗ cho chỗ trống vừa tạo ra.

## 5.4. Điều hòa không khí (15 phút)

Điều hòa không khí có thể hiểu là làm lạnh không khí trong điều kiện nhiệt độ không khí khá cao vì vậy hệ thống lạnh là rất quan trọng trong điều hòa không khí.

### I. TỔNG KẾT BÀI

- Bài học cho ta những ứng dụng của kỹ thuật lạnh trong sản xuất cũng như đời sống sinh hoạt hằng ngày.

### II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VỀ NHÀ

1. Trình bày những ứng dụng của kỹ thuật lạnh trong sản xuất công nghiệp.
2. Cho biết cơ sở để tính toán một hệ thống lạnh.

### III. RÚT KINH NGHIỆM (Về thời gian, nội dung, phương pháp, chuẩn bị...)

.....  
.....  
.....

Ngày 04 tháng 06 năm 2008

**Tổ môn duyệt**

**Giáo viên**

**Phạm Đình Đạt**