

## MỤC LỤC

Đề mục	Trang
LỜI TỰA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Mục Lục .....	1
GIỚI THIỆU VỀ MÔ ĐUN.....	3
Bài 10. NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN CỦA THỦY LỰC HỌC.....	5
A. TÍNH LỰC HỌC CHẤT LỎNG .....	5
10.1. NHỮNG TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA CHẤT LỎNG .....	5
10.2. PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN CỦA TÍNH LỰC HỌC CHẤT LỎNG .....	8
B. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA CHẤT LỎNG .....	13
10.3. NHỮNG KHÁI NIỆM.....	13
10.4. PHƯƠNG TRÌNH DÒNG LIÊN TỤC.....	18
10.5. PHƯƠNG TRÌNH BERNULLI.....	19
10.7. TRỞ LỰC TRONG ỐNG DẪN CHẤT LỎNG .....	23
10.8. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP .....	25
10.9. THỰC HÀNH .....	31
Bài 11. VẬN CHUYỂN CHẤT LỎNG.....	32
11.1. CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA BƠM.....	32
11.2. BƠM THỂ TÍCH.....	36
11.3. BƠM LY TÂM .....	43
11.4. CÁC LOẠI BƠM KHÁC .....	51
11.5. SO SÁNH VÀ CHỌN BƠM.....	52
11.6. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP .....	53
11.7. THỰC HÀNH .....	57
Bài 12. VẬN CHUYỂN VÀ KHÍ NÉN .....	60
12.1. MÁY NÉN PITTÔNG .....	62
12.2. MÁY NÉN VÀ THỔI KHÍ KIỂU RÔTÔ .....	68
12.3. QUẠT.....	70
Bài 13. PHÂN RIÊNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP LẮNG.....	72
13.1. LẮNG TRONG TRƯỜNG TRỌNG LỰC.....	72
13.2. THIẾT BỊ LẮNG .....	76

13.3. LẮNG TRONG TRƯỜNG LỰC LY TÂM.....	80
13.4. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP .....	87
Bài 14. PHÂN RIÊNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP LỌC .....	95
14.1. PHƯƠNG TRÌNH LỌC.....	96
14.2. THIẾT BỊ LỌC.....	98
14.3. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP .....	100
14.4. THỰC HÀNH .....	103
Bài 15. KHUẤY TRỘN CHẤT LỎNG.....	105
15.1. KHUẤY TRỘN BẰNG CƠ KHÍ .....	105
15.2. CẤU TẠO CÁNH KHUẤY .....	108
15.3. KHUẤY BẰNG KHÍ NÉN.....	111
15.4. CÂU HỎI.....	113
15.5. THỰC HÀNH .....	113
Bài 16. ĐẬP – NGHIỀN – SÀNG VẬT RẮN .....	114
16.1. ĐẬP NGHIỀN .....	114
16.2. PHÂN LOẠI VẬT LIỆU.....	129
16.3. THỰC HÀNH .....	136
16.4. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM.....	137
THUẬT NGỮ CHUYÊN MÔN.....	140
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	141

# GIỚI THIỆU VỀ MÔ ĐUN

## Vị trí, ý nghĩa, vai trò mô đun

Trang bị cho sinh viên về các cơ sở các quá trình và thiết bị thủy lực như bơm, quạt, máy nén, phân riêng hệ không đồng nhất. Ngoài ra còn đề cập đến kiến thức về cơ học vật liệu rời như đập, nghiền sàng và vận chuyển vật liệu rời trong ngành công nghệ hoá học và thực phẩm

## Mục tiêu của mô đun

Học xong môđun này, học sinh cần phải:

- Giải thích được tất cả các quá trình và các thiết bị trong công nghệ hóa học, nhất là các thiết bị trong hóa dầu.
- Vận hành được các thiết bị thông dụng.
- Tính toán cân bằng vật chất, cân bằng nhiệt lượng các quá trình.
- Tính toán các thông số cơ bản của thiết bị trong chương trình dạy nghề.

## Mục tiêu thực hiện của mô đun

Khi hoàn thành môđun này, học sinh có khả năng:

- Mô tả lý thuyết về quá trình thủy lực, cơ học. Nguyên lý hoạt động của các thiết bị.
- Tính toán cân bằng vật chất (CBVC), cân bằng nhiệt lượng (CBNL) trong một số thiết bị phản ứng
- Tính toán kích thước thiết bị
- Sử dụng các thiết bị trong phòng thí nghiệm (PTN), đặc biệt là thiết bị hóa dầu.
- Thực hiện các thí nghiệm trong PTN.

## Nội dung chính/các bài của mô đun

Vai trò của các quá trình trong công nghệ hóa học

Các quá trình thủy lực.

Các quá trình nhiệt.

Tính toán CBVC, CBNL.

Tính kích thước thiết bị.

Môđun gồm 7 bài:

Bài 10. Những kiến thức cơ bản của thủy lực học

Bài 11. Vận chuyển chất lỏng

Bài 12. Vận chuyển chất khí

Bài 13. Phân riêng hệ khí không đồng nhất

Bài 14. Phân riêng hệ lỏng không đồng nhất

Bài 15. Khuấy trộn

Bài 16. Đập-nghiền-sàng vật liệu rắn

## Bài 10

### NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ THỦY LỰC HỌC Mã số: QTTB10

#### Giới thiệu

Trong các quá trình sản xuất hóa học, vật liệu được chế biến dạng lỏng hoặc hơi (khí). Các quá trình vận chuyển, quá trình khuấy trộn, lắng, lọc, ly tâm đều liên quan đến chuyển động dòng và tuân theo các định luật thủy lực học.

#### Mục tiêu thực hiện

- Học xong bài này học sinh có khả năng:
- Mô tả phương trình cơ bản tĩnh lực học.
  - Viết được phương trình cân bằng thủy tĩnh.
  - Viết được phương trình chuyển động của chất lỏng.
  - Tính được trở lực trong ống dẫn.

#### A. TĨNH LỰC HỌC CHẤT LỎNG

Nghiên cứu các định luật cân bằng của chất lỏng và tác động của nó lên các vật thể rắn ở trạng thái đứng yên khi tiếp xúc với nó.

Khi nghiên cứu các quá trình thủy lực, người ta dùng khái niệm chất lỏng lý tưởng là chất lỏng hoàn toàn không chịu nén ép, không có lực ma sát nội giữa các phân tử chất lỏng.

#### 10.1. NHỮNG TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA CHẤT LỎNG

##### 10.1.1. Khối lượng riêng

Là khối lượng của 1 đơn vị thể tích lưu chất

$$\rho = \lim_{\Delta v \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V}, \text{ kg/m}^3 \quad (10.1)$$

Trong đó:

$\rho$ -khối lượng riêng lưu chất,  $\text{kg/m}^3$  (hệ SI)

$\Delta m$  – khối lượng lưu chất trong thể tích  $\Delta V$

##### 10.1.2. Thể tích riêng

Là thể tích của lưu chất trong một đơn vị khối lượng.

$$v = 1/\rho, \text{ m}^3/\text{kg} \quad (10.2)$$

### 10.1.3. Trọng lượng riêng

Là trọng lượng của một đơn vị thể tích

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho \cdot g, \text{ N/m}^3 \quad (10.3)$$

Trong đó:

P – Trọng lượng của lưu chất, N

V – Thể tích lưu chất, m<sup>3</sup>

g- Gia tốc trọng trường, m/s<sup>2</sup>

m-Khối lượng của lưu chất.

### 10.1.4. Tỷ trọng

Là tỷ số giữa trọng lượng riêng chất lỏng so với trọng lượng riêng của nước. Trọng lượng riêng kí hiệu d.

$$d = \frac{Y_{\text{chất lỏng}}}{Y_{\text{nước}}} = \frac{\rho_{\text{chất lỏng}} g}{\rho_{\text{nước}} g} = \frac{\rho_{\text{chất lỏng}}}{\rho_{\text{nước}}} \quad (10.4)$$

### 10.1.5. Khối lượng riêng khí lý tưởng

Là khối lượng của một đơn vị thể tích khối khí.

Phương trình trạng thái

$$pV=nRT \text{ hay } \rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}, \text{ kg/m}^3 \quad (10.5)$$

Trong đó:

p – áp suất khối không khí tác động lên thành bình,at

R-hằng số, phụ thuộc vào chất khí (R=0.082 l.at/mol.độ)

V-Thể tích khối khí, l

### 10.1.6. Các loại áp suất

Áp suất là đại lượng vật lí biểu thị lực tác dụng lên một đơn vị diện tích. Nếu lực tác dụng được phân bố đều trên diện tích bề mặt thì áp suất được tính theo công thức:

$$p = \frac{S}{F}, \text{ N/m}^2 \quad (10.6)$$

Trong đó:

S – lực tác dụng, N;

F – diện tích bề mặt chịu lực, m<sup>2</sup>

Trong kỹ thuật người ta thường phân biệt các loại áp suất sau:

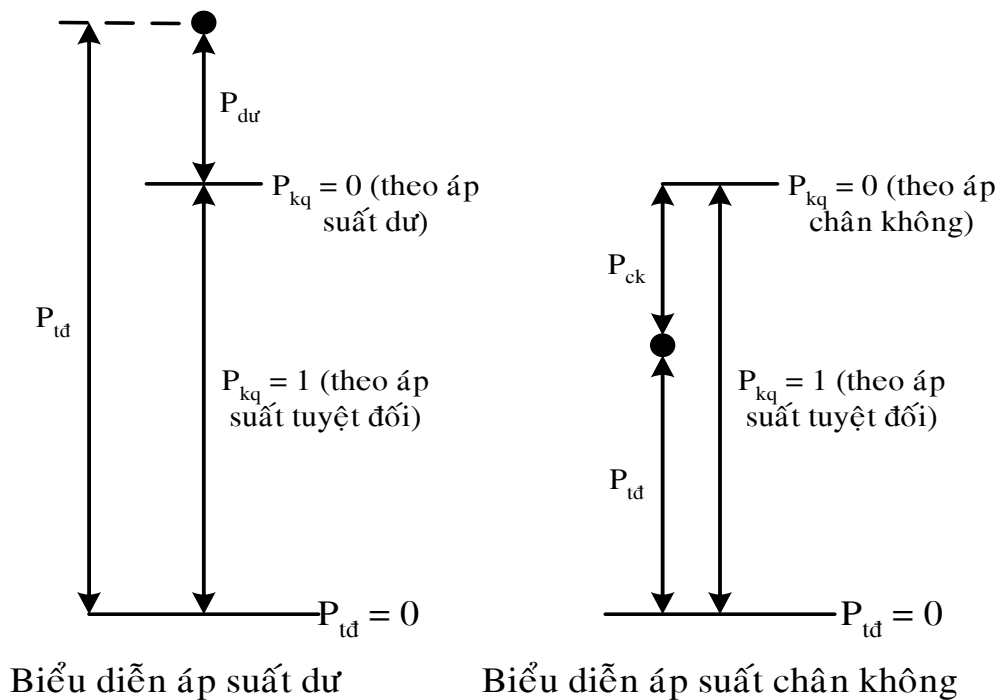
**Áp suất khí quyển:** bằng 0 nếu tính theo áp suất dư hoặc áp suất chân không, bằng 1at nếu tính theo áp suất tuyệt đối.

**Áp suất dư:** là áp suất so với áp suất khí quyển và có trị số lớn hơn áp suất khí quyển

**Áp suất chân không:** là áp suất so với áp suất khí quyển và có trị số nhỏ hơn áp suất khí quyển.

**Áp suất tuyệt đối:** là áp lực toàn phần tác động lên bề mặt chịu lực. Áp suất tuyệt đối luôn có giá trị bằng 0

Quan hệ giữa các loại áp suất được biểu diễn như hình 1.1. Cần lưu ý rằng, áp suất chân không và áp suất dư so với áp suất khí quyển và lúc này áp suất khí quyển quy ước bằng 0



Hình 10.1: Quan hệ giữa các loại áp suất

Đơn vị của áp suất theo hệ SI là  $N/m^2$ . Ngoài ra còn có một số loại áp suất khác: mmHg,  $mH_2O$ , at,  $kG/cm^2$ , Pa, bar, Psi. Quan hệ giữa các đơn vị này như sau:

$$1atm \text{ (átmospher vật lí)} = 760 \text{ mmHg} = 10,33 \text{ mH}_2\text{O} = 1,033 \text{ kG/cm}^2$$

$$1at \text{ (átmospher kỹ thuật)} = 735,5 \text{ mmHg} = 10 \text{ mH}_2\text{O} = 10 \text{ kG/cm}^2 = 14,22 \text{ Psi}$$

$$\approx 1bar = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Ví dụ: Áp kế bên trong một thiết bị chỉ áp suất là 12at. Tính áp suất tuyệt đối

theo đơn vị (at), (N/m<sup>2</sup>).

Giải

Áp kế chỉ áp suất dư vậy áp suất tuyệt đối bên trong thiết bị là:

$$p = p_a + p_{du} = 12 + 1 = 13 \text{at} = 13 * 9.81 * 10^4 \text{ N/m}^2$$

## 10.2. PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN CỦA TĨNH LỰC HỌC CHẤT LỎNG

Khi nghiên cứu tĩnh lực học của chất lỏng, người ta coi chất lỏng ở trạng thái yên tĩnh tương đối nghĩa là khối chất lỏng trong một không gian có giới hạn cùng chuyển động với bình chứa nó, còn các phần tử trong khối thì không có chuyển động tương đối với nhau.

### 10.2.1. Áp suất thủy tĩnh

Khối chất lỏng ở trạng thái tĩnh chịu hai lực tác dụng: lực khối lượng và lực bề mặt. Khi  $\rho = \text{const}$  thì lực khối lượng tỷ lệ thuận với thể tích khối chất lỏng và tác dụng lên mọi phần tử của thể tích khối chất lỏng đó. Lực tác dụng lên bề mặt khối chất lỏng gọi là lực bề mặt.

Xét một nguyên tố bề mặt  $\Delta F$  trong chất lỏng, thì bề mặt nguyên tố đó sẽ chịu một áp lực của cột chất lỏng chứa nó là  $\Delta P$  theo phương pháp tuyến. Khi đó áp suất thủy tĩnh sẽ là:

$$p_t = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F} \quad (10.7)$$

Áp suất thủy tĩnh có đặc điểm:

Tác dụng theo phương pháp tuyến và hướng vào trong chất lỏng. Vì nếu theo phương bất kì và có lực kéo ra phía ngoài thì sẽ làm chất lỏng chuyển động, trái với điều kiện cân bằng tĩnh của chất lỏng.

Tại một điểm bất kì trong chất lỏng có giá trị bằng nhau theo mọi phương.

Là hàm số của tọa độ  $p = (x, y, z)$  nên tại những điểm khác nhau trong chất lỏng thì có giá trị khác nhau.

Ngoài ra áp suất thủy tĩnh còn phụ thuộc vào những tính chất vật lý của chất lỏng như khối lượng riêng và gia tốc trọng trường

### 10.2.2. Phương trình cơ bản của tĩnh lực học chất lỏng

$$z + \frac{p}{\rho g} = \text{const} \quad (10.8)$$

Phương trình (10.8) được gọi là phương trình cơ bản của tĩnh lực học chất lỏng. Nó được dùng để xác định áp suất thủy tĩnh trong khối chất lỏng tại

những điểm khác nhau và chỉ rõ trong khối chất lỏng đồng nhất ở trạng thái tĩnh thì mọi điểm cùng nằm trên mặt phẳng nằm ngang đều có cùng một áp suất thủy tĩnh.

Trong phương trình (10.8):

- Đại lượng  $z$  đặc trưng chiều cao hình học tại điểm đang xét so với mặt chuẩn và có đơn vị là m.
- $p/\rho g$  đặc trưng chiều cao áp suất thủy tĩnh tại điểm đang xét hay chiều cao pezomét: Chiều cao pezomét là chiều cao của cột chất lỏng có khả năng tạo ra một áp suất bằng với áp suất tại điểm đang xét.

Xét điểm A trong bình kín chứa nước có áp suất trên bề mặt  $p_B > p_A$ . Ống kín đầu được hút chân không nên  $p_0 = 0$ .

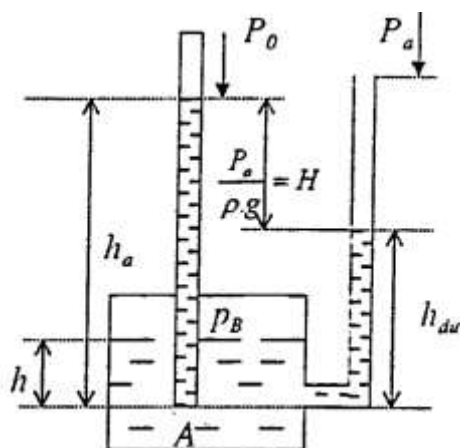
Chiều cao cột nước trong ống  $h_a$  được gọi là chiều cao pezomét ứng với áp suất tuyệt đối vì lúc này đang so với áp suất chân không tuyệt đối  $p_0 = 0$ :

$$p_A = \rho g h_a$$

Còn ống hở đầu có áp suất là  $p_a$  (áp suất khí quyển) nên chiều cao của cột nước là là chiều cao pezomét ứng với áp suất dư tại điểm A vì lúc này đang so với áp suất khí quyển:

$$p_{dư} = p_A - p_a = \rho g h_{dư}$$

Như vậy, hiệu số chiều cao pezomét ứng với áp suất tuyệt đối và áp suất dư chính bằng chiều cao ứng với áp suất khí quyển tức là  $p_a / \rho g \approx 10 \text{ mH}_2\text{O}$

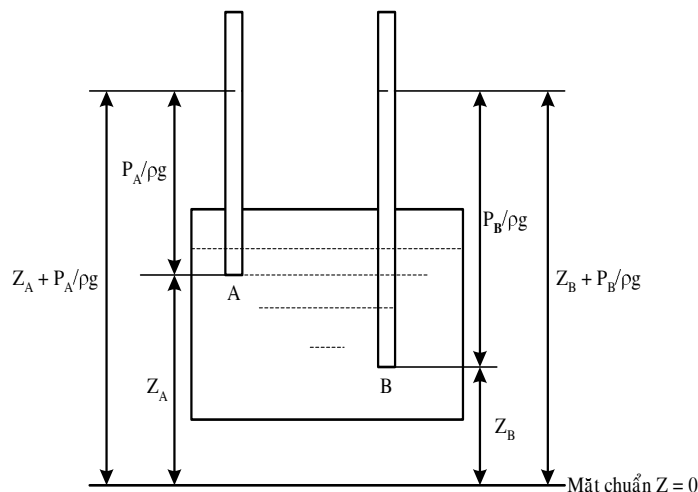


Hình 10.2: Chiều cao cột áp thủy tĩnh

Tóm lại tổng chiều cao hình học và chiều cao pezomét  $h$  ứng với áp suất tuyệt đối ở mọi điểm bất kì trong chất lỏng là một hằng số. Do đó, tất cả các ống pezomét hở đầu (áp suất khí quyển) đều có cùng chung mức chất lỏng. Mức chất lỏng trong ống kín đầu (chân không tuyệt đối) cũng nằm trên một

mặt phẳng. Hai mức chất lỏng này chênh nhau một đoạn tương ứng  $P_a/\rho g$

Để hiểu rõ hơn phương trình (10.8) ta có thể liên xem hình 10.3. Một khối chất lỏng có khối lượng riêng  $\rho$  đứng yên trong bình chứa. Viết phương trình (10.8) cho 2 điểm bất kì A, B trong khối chất lỏng ta được:



Hình 10.3: Biểu diễn phương trình (10.8)

$$z_A + p_A/\rho g = z_B + p_B/\rho g$$

Khi đi từ A đến B thì  $z_A$  tăng,  $z_B$  giảm nhưng  $p_A/\rho g$  giảm và  $p_B/\rho g$  tăng nên tổng của hai đại lượng này là không thay đổi.

### 10.2.3. Ứng dụng của phương trình cơ bản tĩnh lực học chất lỏng

#### a. Định luật Pascal

Trong chất lỏng không bị nén ép ở trạng thái tĩnh nếu ta tăng áp suất  $p_0$  tại  $z_0$  lên một giá trị nào đó, thì áp suất  $p$  ở mọi vị trí khác nhau trong chất lỏng cũng tăng lên một giá trị như vậy.

Ví dụ: xét máy ép thủy lực như hình 10.4. Dùng bơm 1 có tiết diện xilanh  $f_1$  tạo 1 lực  $S_1$ , chất lỏng trong bơm chịu áp lực  $P_1$  bằng:

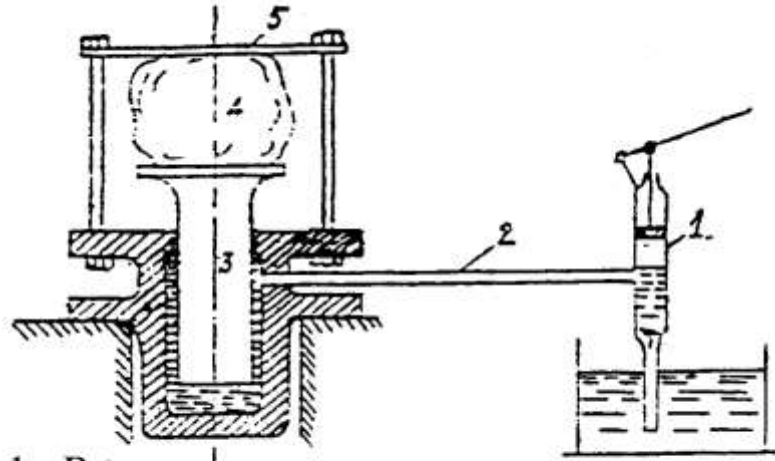
$$p_1 = \frac{S_1}{f_1} \quad (10.9)$$

Theo định luật pascal, áp lực  $p_1$  truyền qua chất lỏng sang pittông 3 của máy ép có tiết diện  $f_2$  và tạo ra ở đó một lực  $G_2$  bằng:

$$S_2 = p_2 \cdot f_2 \text{ hay } p_2 = S_2/f_2 \quad (10.10)$$

Như vậy,  $p_1 = p_2$  tức  $S_2 = \frac{f_2}{f_1} S_1$  (10.11)

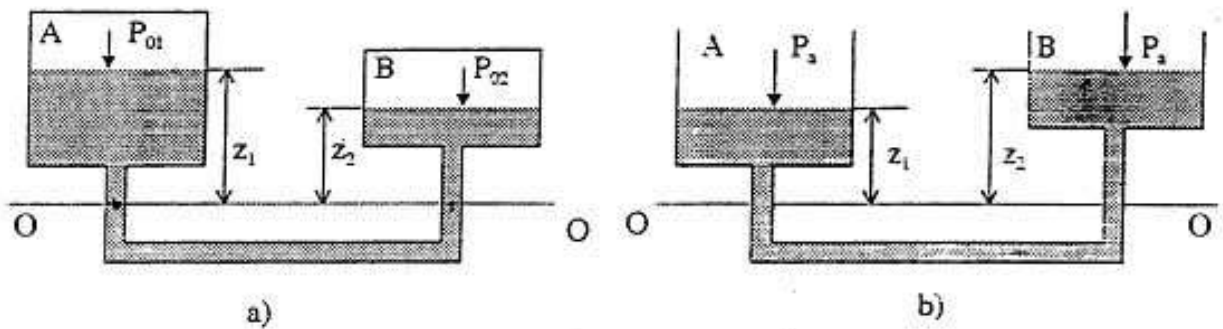
Qua (10.11) ta thấy tỷ lệ  $f_2/f_1$  càng lớn thì lực  $S_2$  càng lớn. Điều này có nghĩa là nếu tiết diện  $f_2$  lớn hơn  $f_1$  bao nhiêu lần thì lực  $S_2$  cũng lớn hơn  $S_1$  bấy nhiêu lần.



1 - Bơm  
2 - Ống dẫn  
3 - Pittông  
4 - Vật bị ép  
5 - Khung ép  
Hình I. 4 : Máy ép thủy lực

Hình 10.4: Máy ép thủy lực

**b. Sự cân bằng của chất lỏng trong bình thông nhau**



Hình 10.5. Bình thông nhau

**Trường hợp 1:** một chất lỏng thông nhau ở hai bình kín có mức chênh lệch mặt thoáng của chất lỏng trong các bình tỷ lệ thuận với mức chênh lệch áp suất trong các bình đó

Ở bình A:  $p_1 = p_{01} + \rho g z_1$

Ở bình B:  $p_2 = p_{02} + \rho g z_2$

Theo định luật cơ bản của tĩnh lực học chất lỏng thì  $p_1 = p_2$  tức là

$$z_1 - z_2 = \frac{p_{02} - p_{01}}{\rho g} = \frac{\Delta p}{\rho g} \quad (10.12)$$

**Trường hợp 2:** Nếu áp suất trên 2 bề mặt chất lỏng bằng nhau thì  $z_1=z_2$  như vậy mức chất lỏng trong các bình nằm trên cùng mặt phẳng.

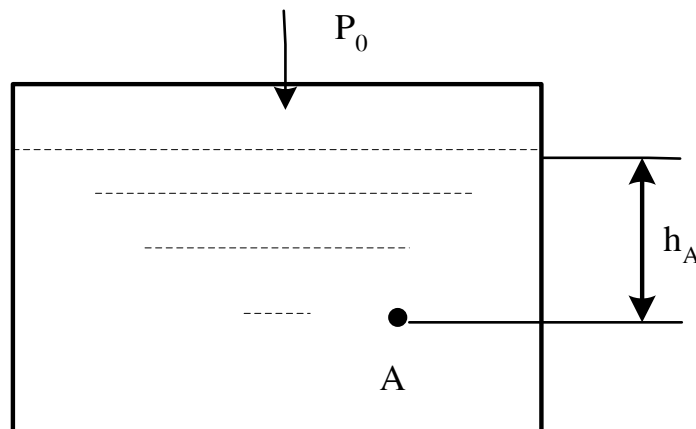
**Trường hợp 3:** trường hợp một bình kín có áp suất  $p_{01} > p_a$  là áp suất khí quyển, còn bình kín để hở có áp suất  $p_{02}=p_a$  thì độ chênh lệch chiều cao mức chất lỏng trong hai bình bằng chiều cao pêzomét ứng với áp suất dư.

### c. Áp lực của chất lỏng lên đáy bình và thành bình

Áp suất trên thành bình thay đổi theo chiều sâu của chất lỏng chứa trong bình và được tính theo công thức: (xem hình 10.6)

$$p_A = p_0 + \rho g h_A \quad (10.13)$$

Trong đó  $p_0$  là áp suất tác dụng từ bên ngoài vào mặt thoáng chất lỏng.



Hình 10.6: Áp suất thủy tĩnh tại điểm A

Do đó, lực tác dụng lên thành và đáy bình không phụ thuộc vào hình dáng và thể tích của bình mà chỉ phụ thuộc vào độ sâu của mực chất lỏng trong bình và diện tích tác dụng.

$$S = p \cdot F = (p_0 + \rho g h) F \quad (10.14)$$

Trong đó  $F$  là diện tích thành hoặc đáy bình chịu tác dụng của áp lực.

Từ công thức (10.14) ta thấy, áp lực chung của chất lỏng tác dụng lên thành bình được hợp bởi 2 lực:

- Lực do áp suất bên ngoài  $p_0$  truyền vào chất lỏng đến mọi điểm trong bình với trị số như nhau
- Lực do áp suất của cột chất lỏng hay áp suất dư  $\rho g h$  gây ra thì thay đổi theo chiều cao thành bình, càng sâu trị số càng lớn.

## B. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA CHẤT LỎNG

Động lực học của chất lỏng có nhiệm vụ chủ yếu là nghiên cứu các qui luật về chuyển động của chất lỏng, mà trước hết là nghiên cứu các đại lượng đặc trưng cơ bản cho chuyển động của chất lỏng như vận tốc của dòng và áp suất trong dòng. Từ đó đưa ra những ứng dụng của chúng trong sản xuất thực tế.

### 10.3. NHỮNG KHÁI NIỆM

#### 10.3.1. Lưu lượng và vận tốc chuyển động của chất lỏng

Lưu lượng là lượng lưu chất chuyển động qua một tiết diện ngang của ống dẫn trong một đơn vị thời gian.

Có hai loại lưu lượng: lưu lượng thể tích và lưu lượng khối lượng

Lưu lượng thể tích:

$$Q = F \cdot w, \text{ m}^3/\text{s} \text{ (đơn vị trong hệ SI)} \quad (10.15)$$

Trong đó:  $F$  – tiết diện ngang của ống,  $\text{m}^2$ . Nếu ống có tiết diện hình tròn thì tiết diện được tính theo công thức:

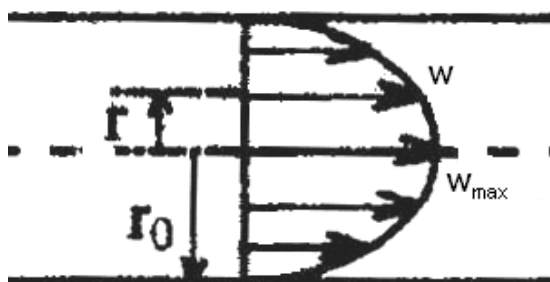
$$F = \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4} \quad (10.16)$$

$w$  – vận tốc của dòng lưu chất chuyển động trong ống,  $\text{m/s}$

Từ công thức (10.15) và (10.16) ta có công thức tính vận tốc của dòng lưu chất chuyển động trong ống có tiết diện hình tròn:

$$w = \frac{4V}{\pi D^2}, \text{ m/s} \quad (10.17)$$

Lưu ý: Công thức (10.17) chỉ được tính khi dòng lưu chất đã choán đầy hết ống dẫn. Tốc độ của các phần tử chất lỏng trên tiết diện ngang của ống thì khác nhau. Ở tâm ống tốc độ lớn nhất  $w_{\max}$ , càng gần thành tốc độ giảm dần và ở sát thành ống tốc độ bằng không do ma sát.



Hình 10.7: Phân bố vận tốc trong ống bán kính  $r_0$

Khi tính toán người ta lấy vận tốc trung bình. Có thể xem gần đúng vận tốc trung bình có giá trị:

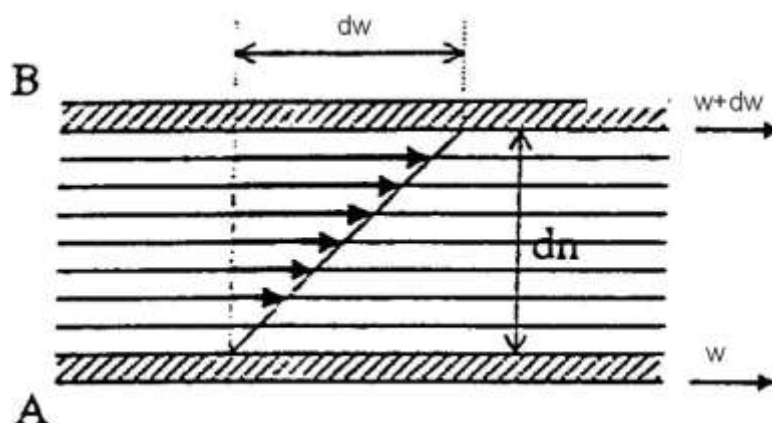
$$w = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{w_{\max}}{2} \quad (10.18)$$

Lưu lượng khối lượng:  $G_m = \rho \cdot Q = \rho \cdot F \cdot w$ , kg/s

Trong đó:  $\rho$ -khối lượng riêng của lưu chất, kg/m<sup>3</sup>

### 10.3.2. Độ nhớt và các yếu tố ảnh hưởng lên độ nhớt

#### a. Độ nhớt



Hình 10.8: Lực ma sát nội

Khi chất lỏng thực chuyển động sẽ xảy ra quá trình trượt giữa các lớp chất lỏng vì có lực ma sát nội. Lực ma sát này gây ra sức cản của chất lỏng đối với chuyển động tương đối của các phần tử chất lỏng. Tính chất này của chất lỏng được gọi là độ nhớt.

Xét chuyển động của hai lớp chất lỏng như hình 1.8, lớp A chuyển động với vận tốc  $v$ , lớp B chuyển động với vận tốc  $v + dv$ . Hai lớp chuyển động song song nhau, vận tốc tương đối của lớp sau so với lớp trước là  $dv$ , khoảng cách giữa hai lớp là  $dn$ .

Theo định nghĩa của Newton về lực ma sát bên trong của chất lỏng theo chiều dọc thì

- Tỷ lệ thuận với gradien vận tốc  $dw/dn$
- Tỷ lệ thuận với bề mặt tiếp xúc giữa hai lớp
- Không phụ thuộc vào áp suất mà chỉ phụ thuộc vào tính chất vật lí của chất lỏng do đó phụ thuộc vào nhiệt độ.

$$S_{ms} = \mu F \left| \frac{dw}{dn} \right|, \text{ N} \quad (10.19)$$

Trong đó:

$S_{ms}$  – lực ma sát bên trong chất lỏng, N

$F$  – diện tích mặt tiếp xúc giữa các lớp chất lỏng,  $m^2$

$dw/dn$  – gradien vận tốc

$\mu$ -hệ số tỉ lệ, phụ thuộc vào tính chất của chất lỏng, gọi là độ nhớt động lực

$$\mu = \frac{S_{ms}}{F} \frac{dw}{dn}, \text{Ns/m}^2 \quad (10.20)$$

Độ nhớt động lực được tính bằng lực có giá trị là 1 N làm chuyển động hai lớp chất lỏng có diện tích tiếp xúc là  $1 m^2$  cách nhau 1 m với vận tốc 1 m/s

Ngoài ra đơn vị của độ nhớt động lực còn được tính theo: kg/m.s, P (poazơ), cP (centipoazơ). Chúng có mối quan hệ như sau:

$$1 \text{ Ns/m}^2 = 1 \text{ kg/ms} = 10 \text{ P} = 1000 \text{ cP}$$

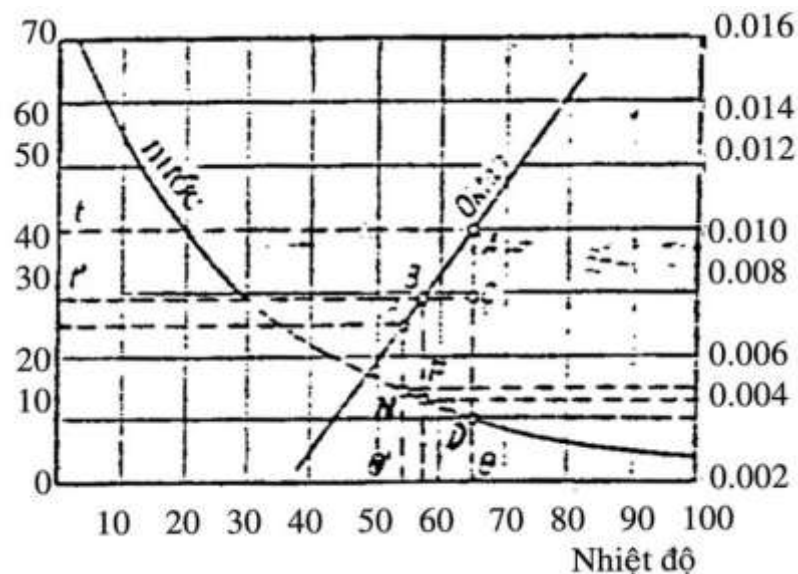
Nếu lập tỷ số giữa độ nhớt động lực học và khối lượng riêng của chất lỏng ta được giá trị gọi là độ nhớt động học, kí hiệu  $\nu$

$$\nu = \mu/\rho, \text{m}^2/\text{s} \quad (10.21)$$

$$1 \text{ St (stoke)} = 1 \text{ cm}^2/\text{s}.$$

### b. Ảnh hưởng của nhiệt độ và áp suất đến độ nhớt

Vì độ nhớt phụ thuộc vào lực ma sát giữa các phân tử của chất lỏng khi chuyển động nên phụ thuộc vào cấu tạo và sự phân bố giữa các phân tử. Do đó sự thay đổi nhiệt độ và áp suất có ảnh hưởng trực tiếp đến độ nhớt.



Hình 10.9: Sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ nhớt

Qua hình 1.9 ta thấy, khi nhiệt độ tăng thì:

- Với chất lỏng thì độ nhớt giảm
- Với chất khí thì độ nhớt tăng lên

Sự thay đổi áp suất chỉ ảnh hưởng đến độ nhớt trong phạm vi áp lực cao. Trong phạm vi áp lực nhỏ ảnh hưởng không đáng kể. Như dầu biến thế ở 20°C có độ nhớt ở áp suất 3400at gấp 6500 ở áp suất 1at. Nhưng ở áp suất 100at thì nó chỉ tăng lên 10% so với áp suất 1at. Do đó ở áp suất thấp có thể xem độ nhớt không phụ thuộc vào áp suất

Đối với hỗn hợp lỏng nhiều cấu tử thì độ nhớt được tính theo công thức:

$$\lg \mu_{hh} = m_1 \lg \mu_1 + m_2 \lg \mu_2 + \dots + m_i \lg \mu_i \quad (10.22)$$

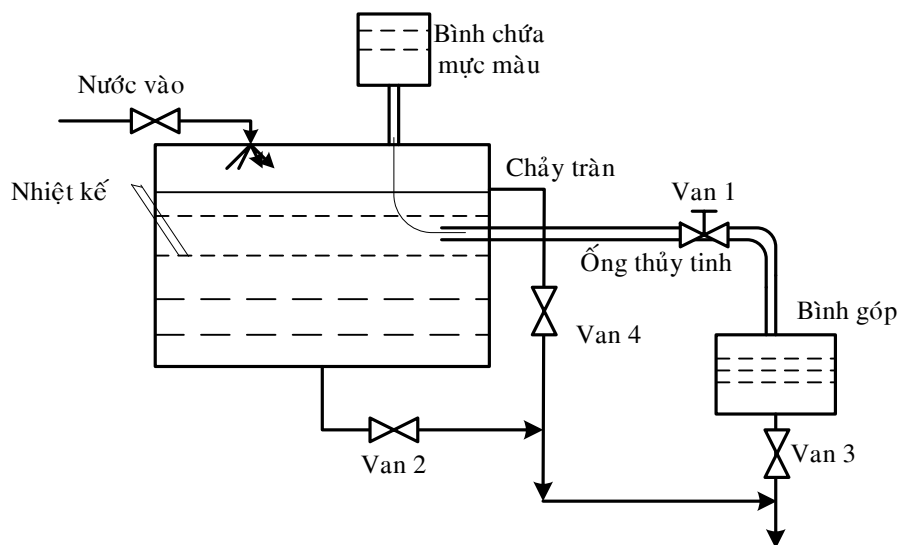
với  $m_i$  là phần trăm cấu tử  $i$  trong hỗn hợp

### 10.3.3. Chế độ chuyển động của chất lỏng

#### Thí nghiệm Reynolds

Để nghiên cứu chế độ chuyển động của dòng lưu chất, Reynolds tiến hành thí nghiệm như hình 1.10.

Bằng cách điều chỉnh van 1, vận tốc lưu chất trong ống thủy tinh sẽ thay đổi và Reynolds nhận thấy, khi vận tốc nhỏ, dòng mực chuyển động trong ống thủy tinh như một sợi chỉ xuyên suốt trong ống. Tiếp tục tăng vận tốc tới một lúc nào đó, dòng mực bắt đầu gợn sóng. Nếu tiếp tục tăng vận tốc lưu chất thì dòng mực hòa trộn hoàn toàn trong nước, nghĩa là không còn nhìn thấy dòng mực nữa.



Hình 10.10: Thí nghiệm Reynolds

Hiện tượng này được Reynolds giải thích như sau, khi vận tốc lưu chất

còn nhỏ, chất lỏng chuyển động theo từng lớp song song nhau nên dòng mực cũng chuyển động theo đường thẳng. Trường hợp này Reynolds gọi là chế độ chảy tầng (chảy dòng). Khi vận tốc tăng đến một giới hạn nào đó, các lớp chất lỏng bắt đầu có hiện tượng gợn sóng (chuyển động theo phương vuông góc) do đó dòng mực cũng bị dao động tương ứng và chế độ này gọi là chảy quá độ. Tiếp tục tăng vận tốc lưu chất thì các lớp chất lỏng chuyển động theo mọi phương do đó dòng mực bị hoà trộn hoàn toàn trong lưu chất. Trường hợp này gọi là chế độ chảy xoáy.

Với việc nghiên cứu dòng mực chuyển động trong ống khi thay đổi vận tốc của nước (như hình 10.9) Reynolds đã tìm ra một chuẩn số vô thứ nguyên đặc trưng cho chế độ chuyển động của dòng lưu chất và được gọi là chuẩn số Reynolds

$$Re = \frac{\rho \cdot w \cdot d_{td}}{\mu} = \frac{w \cdot d_{td}}{\nu} \quad (10.23)$$

Trong đó:

$\rho$ -khối lượng riêng lưu chất, kg/m<sup>3</sup>

$\mu$ -độ nhớt động lực học lưu chất, kg/ms

$\nu$ -độ nhớt động học, m<sup>2</sup>/s

$w$  – vận tốc dòng lưu chất chuyển động trong ống, m/s

$d_{td}$  – đường kính tương đương, m

Reynolds đã chứng minh được rằng nếu:

- $Re < 2320$ : lưu chất chảy tầng
- $Re=2320 \div 10000$ : lưu chất chảy quá độ
- $Re > 10.000$ : lưu chất chảy xoáy

Trong công thức (10.23) thì  $d_{td}$  được tính theo công thức:

$$d_{td} = \frac{4f}{U} \quad (10.24)$$

Trong đó:

$f$  – tiết diện ống, m<sup>2</sup>

$U$  – chu vi thấm ướt của ống, m

Nếu ống tròn có đường kính  $D$ : thì tiết diện  $f=\pi D^2/4$  và chu vi thấm ướt  $U=\pi D$ . Như vậy  $d_{td}=4f/U=D$

Nếu ống có tiết diện hình chữ nhật có cạnh a, b: tiết diện  $f=a.b$  và chu vi thấm ướt  $U=2(a + b)$ . Như vậy đường kính tương đương của ống có tiết diện hình chữ nhật là

$$d_{td} = \frac{4f}{U} = \frac{2ab}{a + b} \quad (10.25)$$

Nếu ống có tiết diện hình vuông cạnh a thì  $d_{td}=a$

#### 10.4. PHƯƠNG TRÌNH DÒNG LIÊN TỤC

Chất lỏng chảy trong ống thoả các điều kiện sau:

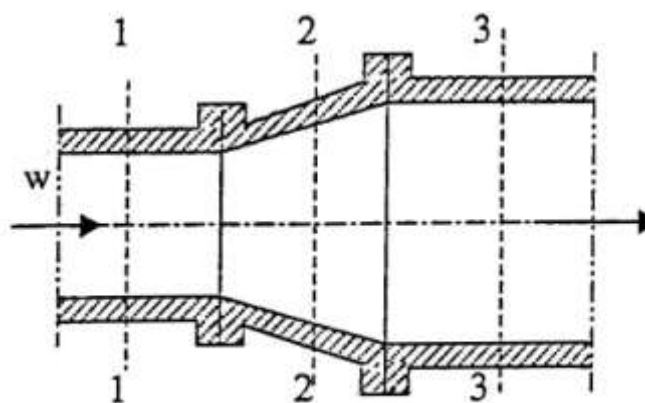
- Không bị rò rỉ qua thành ống hay chỗ nối ra ngoài
- Chất lỏng thực không chịu nén ép nghĩa là  $\rho=\text{const}$  khi nhiệt độ  $t=\text{const}$ .
- Chất lỏng chảy choán đầy ống, không bị đứt đoạn, không có bọt khí

Khi đó ta xét đoạn ống như hình 10.11 có tiết diện thay đổi 1-1, 2-2, 3-3, bên trong có chất lỏng chảy qua với vận tốc w thay đổi do tiết diện thay đổi, nhưng theo định luật bảo toàn vật chất thì: lượng vật chất chảy qua mỗi tiết diện cắt ngang f của ống trong một đơn vị thời gian là không đổi, nghĩa là:

$$Q_1=Q_2=Q_3=\text{const} \quad (10.26)$$

Hay  $f_1w_1=f_2w_2=f_3w_3=\text{const} \quad (10.27)$

Hay  $\frac{f_1}{f_2} = \frac{w_2}{w_1} \quad (10.28)$



Hình 10.11: Dòng liên tục

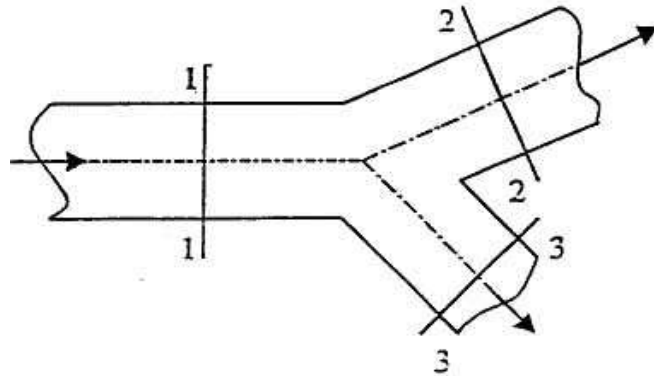
Trong trường hợp ống có chia nhánh, thì lượng chất lỏng chảy qua ống chính trong một đơn vị thời gian bằng tổng lượng chất lỏng chảy trong các ống nhánh.

Hình 10.12 biểu thị ống có chia nhánh. Lượng chất lỏng chảy qua các tiết

diện là  $Q_1, Q_2, Q_3$ .

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

hay  $f_1 w_1 \rho_1 = f_2 w_2 \rho_2 + f_3 w_3 \rho_3$  (10.29)



Hình 10.12: Ống chia nhánh

### 10.5. PHƯƠNG TRÌNH BERNULLI

$$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} = const \quad (10.30)$$

Đây là phương trình Bernulli cho chất lỏng lí tưởng, chuyển động ổn định không có ma sát nghĩa là không bị mất mát năng lượng.

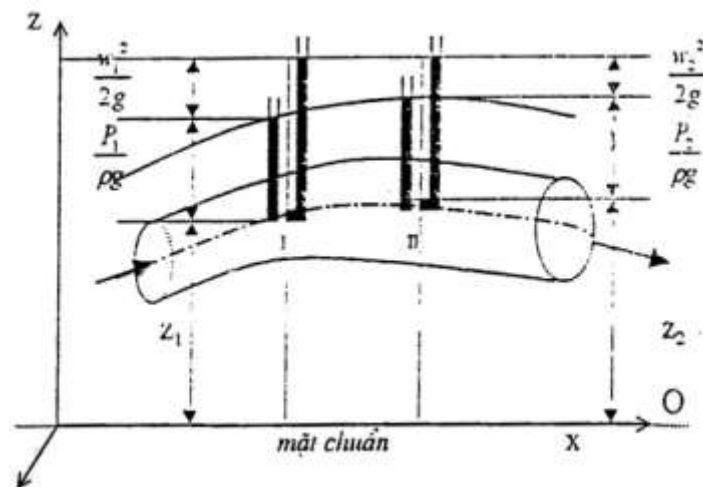
Trong phương trình (10.30) thì:

$z$  – Chiều cao hình học đặc trưng, m.

$p/\rho g$  – Đặc trưng cho áp suất thủy tĩnh, m.

$w^2/2g$  – Đặc trưng cho áp suất động, m.

Như vậy trong chuyển động, từng năng lượng riêng có thể biến đổi nhưng tổng của chúng luôn không đổi



Hình 10.13: Mô tả phương trình Bernulli

Xét 2 mặt cắt I-I và II-II như hình 10.13, tại 2 mặt cắt này có gắn ống pitô để đo áp suất. Chiều cao chất lỏng trong ống ngắn đo áp suất tĩnh  $p/\rho g$ , ống dài đo áp suất toàn phần ( $p/\rho g + w^2/2g$ ), hiệu hai chiều cao này đo áp suất động  $w^2/2g$ . Khi đi từ mặt cắt I sang mặt cắt II thì chiều cao hình học tăng dần tới chất lỏng phải tiêu tốn thêm năng lượng để thắng lại chiều cao này nên áp suất động giảm nhưng tổng 3 đại lượng: chiều cao hình học  $z$ , áp suất thủy tĩnh và áp suất động cũng phải thỏa phương trình (10.30) nghĩa là

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (10.31)$$

Trong thực tế thường gặp chất lỏng thực, nên khi chuyển động xuất hiện lực ma sát do độ nhớt của chất lỏng. Do đó để thắng trở lực này, chất lỏng phải tiêu tốn thêm một phần năng lượng có trong nó. Khi đó phương trình Bernulli có dạng:

$$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} + h_m = const \quad (10.32)$$

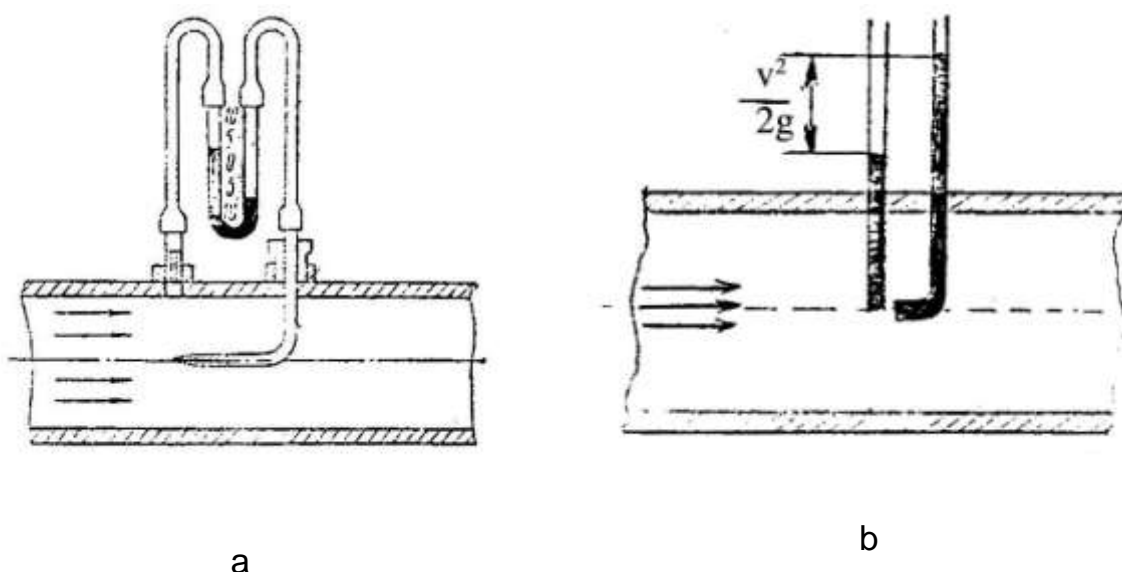
Hay

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_m \quad (10.33)$$

Trong đó:  $h_m$  – là năng lượng tiêu tốn để thắng lại trở lực này.

## 10.6. ỨNG DỤNG PHƯƠNG TRÌNH BERNULLI

### 10.6.1. Ống pitô



Hình 10.14: Ống pitô

Tại một điểm bất kì trong chất lỏng, ta có:

$$p_{TP} = p_T + p_d \quad (10.34)$$

$$p_{TP} = \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}, m$$

$$\text{hay } p_{TP} = p_T + \frac{\rho w^2}{2}, N/m^2 \quad (10.35)$$

Trong đó:

$p_{TP}$  – Áp suất toàn phần

$p_T$  – Áp suất thủy tĩnh

$p_d$  – Áp suất động

$\rho$  – Khối lượng riêng lưu chất

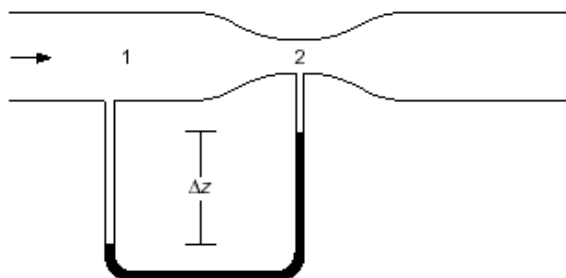
Dùng ống pitô ta có thể đo được áp suất toàn phần  $p_{TP}$  và áp suất tĩnh  $p_T$ , từ đó có thể xác định được áp suất động

$$p_{TP} - p_T = \frac{\rho w^2}{2}$$

$$\Rightarrow w = \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_{TP} - p_T)} \quad (10.36)$$

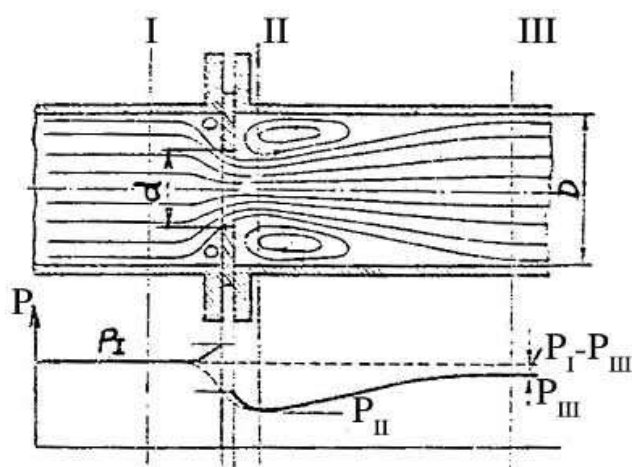
Cách đo này dẫn đến sai số khá lớn nếu đường kính ống lớn vì có sự khác nhau khá lớn giữa áp suất tĩnh tại điểm đo áp suất toàn phần và áp suất tĩnh tại thành ống. Để khắc phục nhược điểm của cách đo trên, cần bố trí điểm tiếp nhận áp suất tĩnh ở cùng một vị trí. Nhưng trong thực tế không thể bố trí đầu tiếp nhận áp suất tĩnh và đầu tiếp nhận áp suất toàn phần tại cùng một điểm mà phải cách nhau một khoảng nhỏ và hai điểm này phải nằm trên cùng một đường thẳng trùng với hướng dòng chảy (hình 10.14b).

### 10.6.2. Màng chắn và Ventury



Hình 10.15. Ventury

Màng chắn và ventury là hai dụng cụ dùng để đo lưu lượng dựa vào nguyên tắc khi dòng lưu chất qua tiết diện thu hẹp đột ngột thì xuất hiện độ chênh áp suất trước và sau tiết diện thu hẹp.



Hình 10.16: Quá trình tiết lưu qua màng chắn

Trên hình 10.16 là sơ đồ đơn giản về sự tiết lưu của dòng lưu chất qua thiết bị tiết lưu.

Tại tiết diện hẹp của thiết bị tiết lưu, vận tốc dòng chảy tăng lên, một phần thế năng biến thành động năng. Áp suất tĩnh tại tiết diện thu hẹp trở nên nhỏ hơn áp suất tĩnh của dòng lưu chất trước khi tiết lưu tức đã có sự chênh lệch áp suất  $\Delta p$ .

Viết phương trình Bernoulli cho 2 mặt cắt I-I và II-II:

$$\frac{p_I}{\rho} + \frac{w_I^2}{2} = \frac{p_{II}}{\rho} + \frac{w_{II}^2}{2} \quad (10.37)$$

Mặt khác theo phương trình dòng liên tục:

$$w_I \cdot f_I = w_{II} \cdot f_{II} \quad (10.38)$$

Từ (10.37) và (10.38) ta được:

$$w_{II} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_I - p_{II})} \quad (10.39)$$

Lưu lượng thể tích được tính

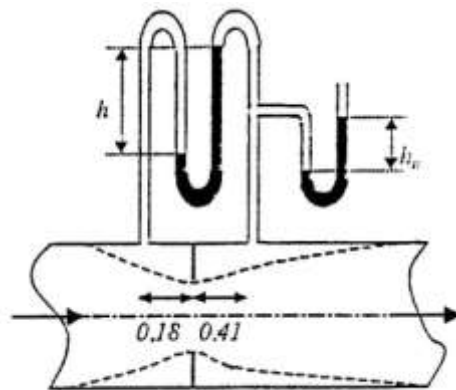
$$Q = w_{II} f_{II} = \frac{\pi d^2}{\sqrt{8\rho \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right]}} \sqrt{p_I - p_{II}} \quad (10.40)$$

Đặt  $K = \frac{\pi.d^2}{\sqrt{8\rho\left[1-\left(\frac{d}{D}\right)^4\right]}}$ , khi đó phương trình (10.40) trở thành:

$$Q = K\sqrt{\Delta p} \quad (10.41)$$

Trong thực tế người ta thường thêm vào hệ số  $C_m$  hoặc  $C_v$  đặc trưng cho từng loại màng chắn hoặc ventury. Công thức (10.41) viết lại thành:

$$Q = CK\sqrt{\Delta p} \quad (10.42)$$



Hình 10.16: Tiết lưu qua ventury

## 10.7. TRỞ LỰC TRONG ỐNG DẪN CHẤT LỎNG

Ta biết rằng khi chất lỏng thực chuyển động trong đường ống thì một phần thế năng riêng bị tổn thất do ma sát gây ra tạo nên trở lực đường ống. Việc nghiên cứu kỹ các yếu tố ảnh hưởng lên trở lực đường ống sẽ giúp ta xác định được các thông số và chế độ làm việc thích hợp để giảm tối đa trở lực nhằm làm giảm tiêu tốn năng lượng khi vận chuyển chất lỏng là ít nhất. Có hai loại trở lực:

### 10.7.1. Trở lực do ma sát

Là trở lực do chất lỏng chuyển động ma sát với thành ống gây ra.

Trở lực ma sát được kí hiệu  $h_{ms}$  và được tính theo công thức:

$$h_{ms} = \lambda \frac{L w^2}{D 2g}, m \quad (10.42)$$

Trong đó:

$\lambda$ -hệ số ma sát

L – chiều dài ống dẫn, m

D – đường kính ống dẫn, m

w- vận tốc lưu chất, m/s

### 10.7.2. Trở lực cục bộ

Là trở lực do chất lỏng thay đổi hướng chuyển động, thay đổi vận tốc do thay đổi hình dáng tiết diện của ống dẫn hay chảy qua vật cản như: đột thu, đột mở, chỗ cong (co), van, khớp nối... Trở lực cục bộ được kí hiệu:  $h_{cb}$  và có đơn vị là m

$$h_{cb} = \sum \xi_i \frac{w^2}{2g} \quad (10.43)$$

Trong đó:  $\xi_i$  – hệ số trở lực cục bộ do co, van, đột thu, đột mở, khớp nối...

Như vậy: tổng trở lực trên đoạn ống có đường kính như nhau là:

$$\sum h_f = \left( \lambda \frac{L}{D} + \sum \xi \right) \frac{w^2}{2g} \quad (10.44)$$

Từ công thức (10.44) ta dễ dàng nhận thấy ngay  $\xi$  tương ứng với  $\lambda \frac{L}{D}$ .

Như vậy ta có thể chuyển trở lực cục bộ thành trở lực theo chiều dài và chiều dài đó gọi là chiều dài tương đương  $L'$

$$\xi = \lambda \frac{L'}{D}$$

Khi đó công thức (10.44) trở thành

$$\sum h_f = \lambda \frac{L_{td}}{D} \frac{w^2}{2g} = \lambda \frac{L + L'}{D} \frac{w^2}{2g} \quad (10.45)$$

$$\text{Với } w = \frac{4Q}{\pi D^2} \text{ thì } h_{ms} = \lambda \frac{L}{D} \frac{w^2}{2g} = \frac{8\lambda w^2}{\pi^2 g D^5} L \quad (10.46)$$

Từ (10.46) ta có nhận xét sau: khi  $\lambda$  không đổi thì sức cản thủy lực do ma sát theo chiều dài ống tỉ lệ nghịch với lũy thừa bậc 5 của đường kính ống dẫn, tức là khi tăng đường kính gấp đôi thì trở lực giảm  $2^5=32$  lần.

Kiểu					
$\xi$	0.5	1	1.5	3	0.05
Kiểu					
$\xi$	0.1	0.15	2	3	

Hình 10.17. Các trở lực cục bộ

## 10.8. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

### 10.8.1. Câu hỏi

- 1 Khối lượng riêng là gì?
  - a. Khối lượng của một đơn vị thể tích lưu chất.
  - b. Thể tích của một đơn vị khối lượng lưu chất
  - c. Thể tích của một đơn vị khối lượng
  - d. Khối lượng của một đơn vị thể tích.
- 2 Thể tích riêng là gì?
 

Khối lượng của một đơn vị thể tích

Thể tích của một đơn vị khối lượng lưu chất

Thể tích của một đơn vị khối lượng

Khối lượng của một đơn vị thể tích lưu chất.
- 3 Trọng lượng riêng là gì?
  - a. Trọng lượng của một đơn vị thể tích lưu chất,  $\text{kg/m}^3$
  - b. Trọng lượng của một đơn vị thể tích lưu chất,  $\text{N/m}^3$
  - c. Khối lượng của một đơn vị thể tích lưu chất,  $\text{kg/m}^3$
  - d. Khối lượng của một đơn vị thể tích lưu chất,  $\text{N/m}^3$
- 4 Tỷ trọng là gì?
  - a. Tỷ số giữa khối lượng riêng chất lỏng so với khối lượng riêng của nước
  - b. Tỷ số giữa trọng lượng riêng chất lỏng so với trọng lượng riêng của nước
  - c. Tỷ số giữa khối lượng riêng của nước so với khối lượng riêng của

chất lỏng

d. Tỷ số giữa trọng lượng riêng của nước so với trọng lượng riêng của chất lỏng

5 Phần trị số cao hơn của áp suất tuyệt đối so với áp suất khí quyển là áp suất gì?

a. Áp suất toàn phần

b. Áp suất dư

c. Áp suất tuyệt đối

d. Áp suất chân không

6 Đơn vị đo áp suất trong hệ SI là:

a. Pa

b.at

c.atm

d.mmHg

7 Hai bình A-B chứa chất lỏng để thông nhau, có áp suất trên bề mặt thoáng như nhau, với  $z_a$ ,  $z_b$  là chiều cao mực chất lỏng trong hai bình thì:

a.  $z_a > z_b$

b.  $z_a < z_b$

c.  $z_a = z_b$

d. không xác định

8 Độ chân không là

a.  $p_{ck} = p_{tuyệt\ đối} - p_{khí\ quyển}$

b.  $p_{ck} = p_{khí\ quyển} - p_{tuyệt\ đối}$

c.  $p_{ck} = p_{tuyệt\ đối}$

d.  $p_{ck} = p_{dư}$

9 Khối lượng chất lỏng 123kg chứa đầy bình thể tích là 90lít như vậy khối lượng riêng của chất lỏng là:

a.  $1230 \text{ kg/m}^3$

b.  $1365,8 \text{ kg/m}^3$

c.  $1366,7 \text{ kg/m}^3$

d.  $1376,7 \text{ kg/m}^3$

10 Ống Pito là dụng cụ đo vận tốc dòng chảy thông qua việc đo hiệu áp suất:

a.  $P_d - P_t$

b.  $P_t - P_d$

c.  $P_{tp} - P_t$

d.  $P_{tp} - P_d$

11 Màng chắn và Ventury là dụng cụ để đo:

a. Lưu lượng dựa vào sự chênh lệch áp suất trước và sau tiết diện thu hẹp

b. Vận tốc dựa vào sự chênh lệch áp suất trước và sau tiết diện thu hẹp

c. Lưu lượng dựa vào sự chênh lệch vận tốc trước và sau tiết diện thu hẹp

- d. Áp suất dựa vào sự chênh lệch vận tốc trước và sau tiết diện thu hẹp
- 12 Áp suất là lực tác dụng lên một đơn vị diện tích, 1at là 735,6mmHg như vậy 1,3at là  
a.882,72mmHg      b.760mmHg      c.1,258atm      d. 10mH<sub>2</sub>O
- 13 Đồng hồ đo áp suất chỉ 2,5at. Áp suất khí quyển là 1,05at. Áp suất tuyệt đối trong trường hợp này là  
a. 3,5at      b. 1,5at      c. 1,48at      d. 3,55at
- 14 Chân không kế chỉ 0,6at. Áp suất khí quyển là 1at.Áp suất tuyệt đối trong trường hợp này là  
a. 0,4at      b. 40 mH<sub>2</sub>O      c. 3,924N/m<sup>2</sup>      d. tất cả đều đúng
- 15 Trong khối chất lỏng đồng nhất ở trạng thái tĩnh thì áp suất tại mọi điểm trên mặt phẳng nằm ngang đều  
a. khác nhau  
b. bằng nhau và mặt phẳng đó gọi là mặt đẳng áp  
c. tất cả đều sai
- 16 Phương trình thủy tĩnh cơ bản có dạng  
a.  $z_1 + p_1\rho g = z_2 + p_2\rho g$       b.  $z_1 + p_1/\rho g = z_2 + p_2/\rho g$   
c.  $z_1 + p_1/\rho = z_2 + p_2/\rho$       d. tất cả đều sai
- 17 Nguyên nhân gây ra độ nhớt và xảy ra đối với chất lỏng  
a. sự trượt giữa các lớp chất lỏng và đối với chất lỏng thực  
b. sự trượt giữa các lớp chất lỏng và đối với chất lỏng lý tưởng  
c. ma sát với thành ống và đối với chất lỏng thực  
d. ma sát với thành ống và đối với chất lỏng lý tưởng
- 18 Độ nhớt chất lỏng phụ thuộc vào  
a. bản chất của chất lỏng      b.vận tốc chảy của chất lỏng  
c. khối lượng riêng của chất lỏng      d. tất cả đều sai
- 19 Khi nhiệt độ tăng thì  
a. độ nhớt của chất lỏng tăng      b. độ nhớt của chất lỏng giảm  
c. độ nhớt không đổi      d. tất cả đều sai
- 20 Đơn vị độ nhớt động học trong hệ SI là gì?  
a. kg/cm<sup>2</sup>      b. Pa.s      c. m<sup>2</sup>/s      d. kg.m/s

- 21 Đơn vị độ nhớt động lực là gì?  
 a.  $\text{N.s/m}^2$                       b.  $\text{Pa/s}$                       c.  $\text{m}^2/\text{s}$                       d.  $\text{kg.m/s}$
- 22 Chuẩn số Reynold là chuẩn số đặc trưng cho:  
 a. Quá trình cô đặc  
 b. Quá trình truyền nhiệt của lưu chất  
 c. Chế độ chuyển động của lưu chất  
 d. Không đặc trưng cho quá trình nào
- 23 Chế độ chảy gọi là chảy dòng hay chảy tầng khi:  
 a.  $\text{Re} < 2320$                       b.  $\text{Re} > 2320$                       c.  $\text{Re} > 10000$                       d.  $\text{Re} < 0$
- 24 Chế độ chảy gọi là chảy chuyển tiếp hay quá độ khi:  
 a.  $\text{Re} < 10000$                       b.  $\text{Re} > 2320$                       d.  $2320 \leq \text{Re} \leq 10000$                       c.  $\text{Re} > 10000$
- 25 Chế độ chảy gọi là chảy rối hay chảy xoáy khi:  
 a.  $\text{Re} < 2320$                       b.  $\text{Re} < 10000$                       c.  $\text{Re} > 10000$                       d.  $\text{Re} > 2320$
- 26 Giảm tổn thất ma sát trong đường ống khi  
 a. tăng vận tốc chuyển động chất lỏng  
 b. giảm đường kính ống  
 c. giảm chiều dài đường ống  
 d. tăng chiều dài đường ống
- 27 Chế độ chảy được xác định bằng chuẩn số Reynolds gồm các yếu tố:  
 a. Vận tốc, đường kính, khối lượng riêng, độ nhớt  
 b. Vận tốc, đường kính, khối lượng riêng, thể tích  
 c. Vận tốc, đường kính, chiều dài, độ nhớt.  
 d. Vận tốc, đường kính, lưu lượng, độ nhớt
- 28 Đơn vị của chuẩn số Reynolds là:  
 a. N                      b.  $\text{kg/ms}$                       c. không thứ nguyên                      d.  $\text{N/m}^2$
- 29 Khi dòng lưu chất có lưu lượng không đổi đi qua một tiết diện thu hẹp đột ngột thì  
 a. vận tốc tăng, áp suất giảm                      b. vận tốc tăng, áp suất tăng  
 c. vận tốc giảm, áp suất giảm                      d. vận tốc giảm, áp suất tăng
- 30 Khi chuyển động tổn thất năng lượng của chất lỏng  
 a. do độ nhớt

- b. chỉ do ma sát chất lỏng vào thành ống  
 c. chỉ do trở lực cục bộ do chất lỏng thay đổi hướng chuyển động  
 d. do cả b và c
- 31 Một chất khí đi trong ống dẫn với lưu lượng 1620 m<sup>3</sup>/h, vận tốc trong ống có đường kính 100mm là  
 a. 57,325 m/s b. 57,325 m/h c. 0,206 m/s d. tất cả đều sai
- 32 Với dữ kiện như câu 31, vận tốc trong ống có đường kính 50mm là  
 a. 229,3 m/h b. 0,642 m/s c. 229,3 m/s d. tất cả đều sai
- 33 Công thức tính trở lực ma sát khi dòng chất lỏng chuyển động trong đường ống là:  
 a.  $H_{ms} = \lambda \frac{L}{D} \frac{w^2}{2g}, m$                       b.  $H_{ms} = \lambda \frac{D}{L} \frac{w^2}{2g}, m$   
 c.  $H_{ms} = \lambda \frac{L}{D} \frac{w}{2g}, m$                       d.  $H_{ms} = \lambda \frac{L}{D} \frac{w^2}{g}, m$
- 34 Trở lực trong đường ống là chỉ do  
 a. sự ma sát giữa lưu chất và thành ống  
 b. do các van, co, khúc nối  
 c. do đột thu, đột mở  
 d. tất cả đều đúng
- 35 Nguyên nhân gây trở lực cục bộ là do  
 a. Ma sát giữa các lớp chất lỏng  
 b. Ma sát giữa chất lỏng với thành ống ngay tại khúc cong  
 c. Vận tốc dòng chảy thay đổi khi chảy qua ống có hình dáng thay đổi  
 d. Ma sát giữa chất lỏng khi chảy qua các van, khớp nối, co nối,...

### 10.8.2. Bài tập

1. Một chân không kế đặt trên ống hút của bơm chỉ độ chân không có giá trị bằng 440 mmHg. Một áp kế đặt trên ống đẩy chỉ áp suất dư là 1,5at. Áp suất khí quyển đo được là 1,03at.

Xác định áp suất tuyệt đối của chất lỏng trong ống hút và ống đẩy tính bằngat, kg/cm<sup>3</sup>, N/m<sup>2</sup>.

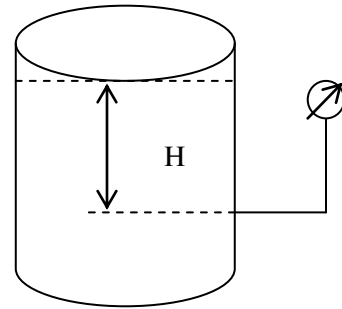
2. Xác định khối lượng riêng của không khí (gồm 79% nitơ và 21% oxi theo thể tích) trong chân không 440 mmHg và nhiệt độ -40<sup>0</sup>C. Cho biết áp suất khí quyển chỉ 750mmHg.

3. Hãy tìm khối lượng mol và khối lượng riêng của hỗn hợp khí ở điều kiện nhiệt độ  $90^{\circ}\text{C}$  và áp suất tuyệt đối  $11,772 \cdot 10^4 \text{Pa}$ . Thành phần của hỗn hợp khí:  $\text{H}_2$ -50%,  $\text{CO}$ -40%,  $\text{N}_2$ -5%,  $\text{CO}_2$ -5% theo thể tích.

4. Xác định khối lượng riêng của khí  $\text{CO}_2$ -50% ở điều kiện nhiệt độ  $85^{\circ}\text{C}$  và áp suất tuyệt đối  $19,62 \cdot 10^4 \text{Pa}$ . cho biết áp suất khí quyển là 760 mmHg.

5. Thành phần sản phẩm cháy 1kg nhiên liệu là  $\text{CO}_2$  -1,45kg,  $\text{N}_2$ -8,74kg,  $\text{H}_2\text{O}$ -1,92kg. Xác định thành phần thể tích của sản phẩm.

6. Một chất lỏng chứa trong bình có khối lượng riêng  $1200 \text{kg/m}^3$ . Một áp kế được gắn vào thành bình chỉ áp suất dư 0,5at. Tính chiều cao mức chất lỏng từ mặt thoáng đến điểm đặt áp kế.



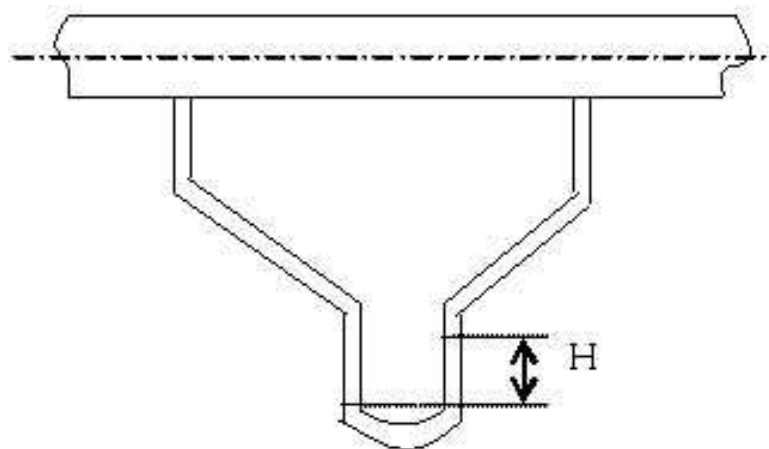
Hình 10.18 Cho bài tập 6

7. Một lò đốt được trang bị ống khói chiều cao  $H$ . Khối lượng riêng không khí môi trường xung quanh  $\rho_k$  còn khối lượng riêng của khói lò là  $\rho$ . Hãy tính quan hệ áp suất trong lò để lò hoạt động tốt.

8. Chân không kế đo độ chân không trong thiết bị ngưng tụ chỉ áp suất 600mmHg. Áp suất khí quyển là 748mmHg. Cần xác định:

- Chiều cao  $H$  của nước trong thiết bị ngưng tụ? (bazomét)
- Áp suất tuyệt đối trong thiết bị ngưng tụ?

9. Một áp kế chữ U thủy ngân được gắn vào hai điểm của ống dẫn nằm ngang có chênh mực thủy ngân  $H = 26 \text{mm}$ . Tính chênh lệch áp suất ( $\text{N/m}^2$ ) khi dòng khí chuyển động trong ống là nước và không khí có nhiệt độ  $20^{\circ}\text{C}$  ở áp suất khí quyển. Cho khối lượng riêng của thủy ngân là  $13600 \text{kg/m}^3$ .



Hình 10.19. Cho ví dụ 9

10. Trong một nhà máy sản xuất axit  $H_2SO_4$  đo được áp suất là 750 mmHg có một tháp sấy (tách ẩm) làm việc ở áp suất thấp và áp suất này đo được bằng áp kế chữ U chứa  $H_2SO_4$  với khối lượng riêng  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Hãy xác định áp suất tuyệt đối trong tháp sấy nếu chênh lệch trên nhánh chữ U là 3 cm.

11. Một bình chứa có nắp chuông nổi trong nước đường kính 6 m khối lượng 2900 kg. Bên trong nắp chuông chứa khí  $N_2$ . Xác định áp suất dư của khí  $N_2$  để nắp chuông ở vị trí cân bằng (Bỏ qua phần nắp chuông nhúng trong nước).

12. Một vật trong không khí có khối lượng 50 kg, khi nhúng vào nước nặng 28 kg. Hãy xác định thể tích và tỉ trọng của nó.

### 10.9. Thực hành

Xác định chế độ chảy của chất lỏng

Dụng cụ và hóa chất

- Thiết bị thí nghiệm Reynold
- Nhiệt kế.
- Máy đo độ nhớt
- Mực màu.

Vận hành

- Cho nước vào đầy bể chứa và mực màu vào bình chứa mực. Van 4 để mở cho ống chảy tràn. Van 2 xả đáy. Van 1 và 3 dùng điều chỉnh tốc độ dòng chảy.
- Quan sát chế độ chuyển động trong ống thủy tinh với màu trong dung dịch.
- Biết đường kính ống và lưu lượng nước chảy được sẽ tính được vận tốc.

Kết quả

Quan sát chế độ chảy và so sánh với công thức tính Re để tìm chế độ chảy của chất lỏng.

## Bài 11

### VẬN CHUYỂN CHẤT LỎNG Mã số: QTTB 11

#### Giới thiệu

Bơm là loại thiết bị được ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp, dùng để vận chuyển chất lỏng chuyển động trong ống. Bơm là thiết bị chính cung cấp năng lượng cho chất lỏng để thắng trở lực trong đường ống khi chuyển động, nâng chất lỏng lên độ cao nào đó, tạo lưu lượng chảy trong thiết bị công nghiệp ...

Vai trò của bơm trong hệ thống thiết bị công nghệ là vô cùng quan trọng, do đó để hệ thống công nghệ hoạt động được tốt, một trong những vấn đề quan trọng là biết phương pháp tính toán và chọn những thông số của bơm cho phù hợp với điều kiện kĩ thuật, lắp đặt và vận hành bơm đúng yêu cầu kĩ thuật.

#### ***Phân loại bơm***

Dựa vào nguyên lí làm việc người ta chia bơm thành nhiều loại:

**Bơm thể tích:** Việc hút và đẩy chất lỏng ra khỏi bơm nhờ sự thay đổi thể tích của không gian làm việc trong bơm. Do đó thể tích và áp suất chất lỏng trong bơm sẽ thay đổi và cung cấp năng lượng cho chất lỏng.

**Bơm ly tâm:** Nhờ lực ly tâm tạo ra trong chất lỏng khi guồng quay mà chất lỏng được hút và đẩy ra khỏi bơm. Khi cánh quạt quay, động năng của nó sẽ truyền vào chất lỏng tạo năng lượng cho chất lỏng.

**Bơm đặc biệt:** Như bơm tia, bơm sục khí, thùng nén... các loại bơm này thường không có bộ phận dẫn động mà dùng dòng khí hay hơi làm nguồn động lực để đẩy chất lỏng.

#### **Mục tiêu thực hiện**

Học xong bài này học sinh có khả năng

- Mô tả nguyên lí làm việc của bơm.
- Tính công suất bơm
- Chọn bơm thích hợp.

### **11.1. CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA BƠM**

#### **11.1.1. Năng suất của bơm**

Là thể tích chất lỏng được bơm cung cấp trong một đơn vị thời gian.

Kí hiệu Q, đơn vị: m<sup>3</sup>/s

### 11.1.2. Hiệu suất của bơm

Là đại lượng đặc trưng cho độ sử dụng hữu ích của năng lượng được truyền từ động cơ đến bơm.

Kí hiệu  $\eta$

### 11.1.3. Công suất của bơm

Được tính bằng năng lượng tiêu tốn để bơm làm việc. Nói cách khác đó là năng lượng tiêu hao để tạo ra lưu lượng Q và chiều cao cột áp H.

Kí hiệu N, đơn vị KW hoặc Hp (house power) gọi là sức ngựa.

$$1\text{Hp}=0.7457 \text{ KW}$$

Công suất của bơm được xác định theo công thức:

$$N = \frac{\rho g Q H}{1000 \eta}, \text{KW} \quad (11.1)$$

Trong đó:

$\rho$ -Khối lượng riêng của lưu chất, kg/m<sup>3</sup>

Q – Lưu lượng của bơm, m<sup>3</sup>/s

H – Cột áp của bơm (chiều cao cột áp toàn phần hay áp suất toàn phần của bơm), m

$\eta$ -hiệu suất của bơm

### 11.1.4. Áp suất toàn phần của bơm

#### a. Chiều cao hút

Chiều cao hút của bơm phụ thuộc vào nhiều yếu tố như sau

- Áp suất tác dụng lên chất lỏng ở bể hút. Nếu là bể hở thì áp suất này bằng áp suất khí quyển.
- Tổn thất trở lực ống hút.
- Tổn thất do sự bay hơi chất lỏng nếu áp suất trong ống hút đạt giá trị để nó bay hơi ở nhiệt độ tương ứng và chất lỏng tương ứng, H<sub>b</sub>. Nếu là nước phụ thuộc nhiệt độ như sau:

t, °C	0	10	20	30	40	50	75	100
H <sub>b</sub> , m	0.05	0.12	0.24	0.43	0.75	1.25	4	10.33

- Do lực ÿ của chất lỏng.

## b. Chiều cao đẩy

Là đại lượng đặc trưng cho năng lượng riêng do bơm truyền cho một đơn vị trọng lượng chất lỏng. Vì nó được tính bằng chiều cao để nâng 1 kg chất lỏng nhờ năng lượng do bơm truyền cho nên nó không phụ thuộc vào độ nhớt và khối lượng riêng của chất lỏng.

Gọi:

$p_1$ -áp suất ở mặt thoáng bể chứa số 1.

$p_2$ -áp suất ở mặt thoáng bể chứa số 2.

$H_h$  – chiều cao hút

$H_d$  – chiều cao đẩy

$H$  – chiều cao cột áp toàn phần

$z=H_h + H_d$  – khoảng cách 2 mặt thoáng

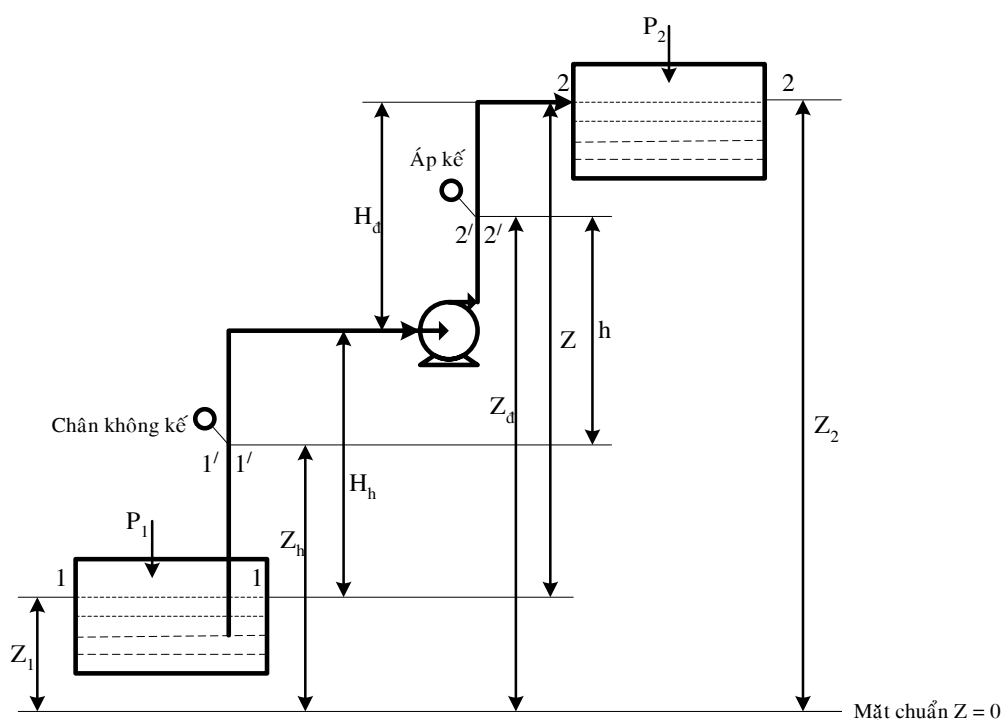
$z_1$  – khoảng cách từ mặt cắt 1-1 đến mặt chuẩn

$z_2$  – khoảng cách từ mặt cắt 2-2 đến mặt chuẩn

$z=z_2 - z_1$  – khoảng cách 2 mặt thoáng

$h$  – khoảng cách giữa áp kế và chân không kế

$p_h, p_d$  – áp suất trong đường ống hút và ống đẩy



Hình 11.1: Sơ đồ hệ thống bơm

**Trường hợp 1:** Đối với bài toán thiết kế hoặc chọn bơm thích hợp, ta tiến hành viết phương trình Bernulli cho 2 mặt cắt 1-1 và 2-2:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} + H = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + \sum h_f \quad (11.2)$$

Trong đó:

$\rho$ -khối lượng riêng của dòng lưu chất,  $\text{kg/m}^3$

H – chiều cao cột áp toàn phần, m

$\sum h_f = \sum h_{ms} + \sum h_{cb}$  – tổng trở lực trên đường ống hút và đẩy, m

$$H = (z_2 - z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g} + \sum h_f \quad (11.3)$$

Trong phương trình (2.3) thì:

$(z_2 - z_1) = z$  – năng lượng (cột áp) dùng để khắc phục chiều cao nâng hình học

$\frac{p_2 - p_1}{\rho g}$  -năng lượng dùng để thắng lại sự chênh lệch áp suất ở 2 mặt thoáng, m

$\frac{w_2^2 - w_1^2}{2g}$  -năng lượng dùng để khắc phục động năng giữa ống đẩy và ống hút, m

$\sum h_f$  – năng lượng do bơm tạo ra để thắng lại tổng trở lực trên đường ống, m

**Trường hợp 2:** đối với bài toán thử lại bơm (đã có bơm) thì ta tiến hành viết phương trình Bernulli cho hai mặt cắt 1'-1' và 2'-2':

$$z_h + \frac{p_h}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} + H = z_d + \frac{p_d}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (11.4)$$

$(z_d - z_h) = h$  – năng lượng (cột áp) dùng để khắc phục chiều cao giữa 2 áp kế

$\frac{p_2 - p_1}{\rho g}$  -năng lượng dùng để thắng lại sự chênh lệch áp suất ở ống hút và đẩy

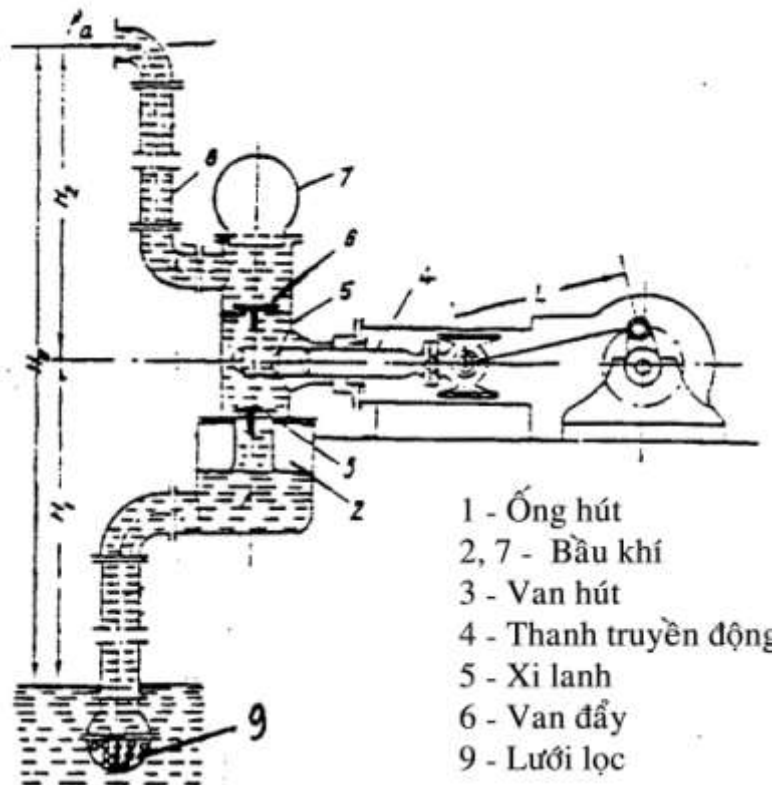
$\frac{w_2^2 - w_1^2}{2g}$  -năng lượng dùng để khắc phục động năng giữa ống đẩy và ống

hút, m

**Lưu ý:** trong trường hợp này đại lượng  $\Sigma h_f=0$  vì sự tổn thất năng lượng trên đường ống đã được đo ở hiệu 2 áp suất trên hai áp kế.

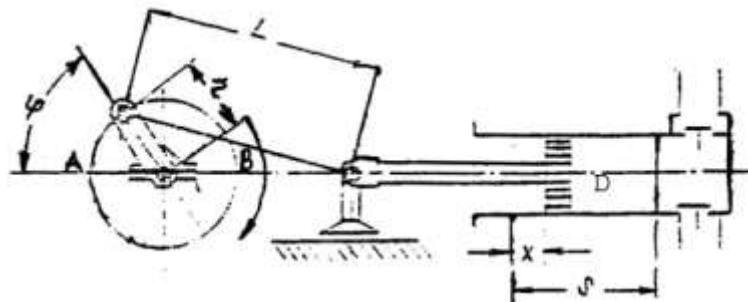
## 11.2. BƠM THỂ TÍCH

### 11.2.1. Bơm pittông tác dụng đơn



Hình 11.2: Cấu tạo bơm pittông

Bơm pittông tác dụng đơn gồm các bộ phận chính sau: Xi lanh hình trụ, trong đó có pittông chuyển động tịnh tiến qua lại nhờ cơ cấu truyền động tay quay thanh truyền. Phía đầu xi lanh có 2 xupáp hút và đẩy.



Hình 11.3: Nguyên tắc hoạt động bơm pittông

Khi pittông chuyển động từ trái qua phải, áp suất trong xi lanh sẽ giảm xuống nhỏ hơn áp suất khí quyển. Dưới tác dụng của áp suất khí quyển, xupáp hút

sẽ mở ra để nước tràn vào xi lanh và đồng thời xupáp đẩy bị đóng lại. Khi pittông chuyển động ngược lại từ phải sang trái, áp suất trong xi lanh sẽ tăng lên, khi đó xupáp hút sẽ đóng lại và xupáp đẩy sẽ mở ra và nước được đẩy ra ngoài.

Như vậy trong một chu kì chuyển động của pittông quá trình hút và đẩy chất lỏng được thực hiện một lần.

Theo hình 11.3, khi trục quay từ B → A, pittông di chuyển từ trái sang phải, nước được hút vào chứa trong xi lanh. Thể tích nước hút vào đúng bằng thể tích của xilanh  $\frac{\pi.D^2}{4} s$ . Khi trục quay nửa vòng còn lại (từ A → B) thì pittông di chuyển từ trái sang phải và đẩy lượng nước trong xi lanh ra ngoài.

Như vậy, khi trục quay 1 vòng thì lượng nước do bơm pittông tác dụng đơn cung cấp là  $\frac{\pi.D^2}{4} s$ . Khi bơm quay n vòng/phút thì lượng nước do bơm cung cấp là  $n \frac{\pi.D^2}{4} s, m^3 / \text{phút}$ .

Vậy, năng suất của bơm pittông tác dụng đơn được tính theo công thức:

$$Q = \eta . F . s . n, m^3 / \text{ph} \quad (11.5)$$

Trong đó:

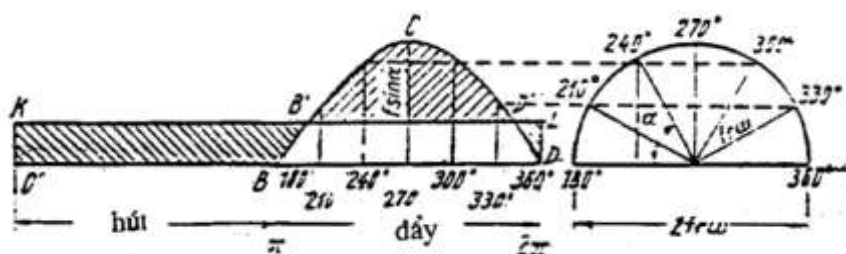
F =  $\pi D^2 / 4$  – tiết diện của pittông, m<sup>2</sup>

D – đường kính pittông, m

s – khoảng chạy của pittông, m

n – số vòng quay của trục, v/p

$\eta$  – hiệu suất thể tích, vì trong quá trình làm việc 1 phần thể tích lưu chất bị rò rỉ qua các van, chỗ nối, khoảng chết.



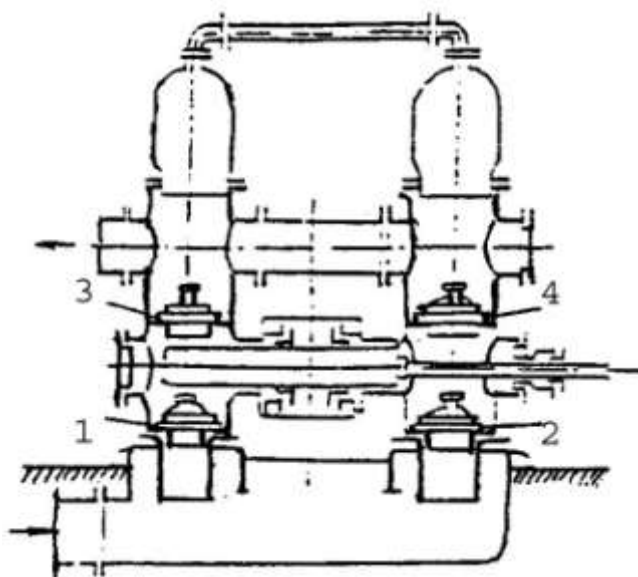
Hình 11.4: Đồ thị cung cấp bơm pittông tác dụng đơn

Sự biến đổi lượng chất lỏng do bơm pittông tác dụng đơn cung cấp được mô tả trên hình 11.4. Khi trục quay nửa vòng đầu tiên (từ 0 → 180<sup>0</sup>), lượng chất lỏng ra bằng không. Nửa vòng tiếp theo (180 → 360<sup>0</sup>), lượng chất lỏng do

bơm cung cấp có dạng parabol. Như vậy, nhược điểm lớn nhất của bơm pittông tác dụng đơn là lưu lượng không đều.

### 11.2.2. Bơm pittông tác dụng kép

Như đã nói ở trên, đối với bơm pittông tác dụng đơn, trong một chu kỳ chuyển động của pittông quá trình hút và đẩy chất lỏng chỉ được thực hiện một lần, như thế lưu lượng ra không đều. Để khắc phục nhược điểm này, người ta tạo ra bơm tác dụng kép.



Hình 11.5: Bơm pittông tác dụng kép

Khác với bơm pittông tác dụng đơn, bơm pittông tác dụng kép có 2 pittông và hai xilanh. Khi pittông chuyển động về phía phải, thể tích khoảng trống trong xi lanh bên trái tăng, áp suất giảm nên chất lỏng được hút vào buồng xi lanh bên trái qua xupáp 1, đồng thời khi đó thể tích khoảng trống trong xi lanh bên phải giảm, áp suất tăng, đẩy chất lỏng chứa trong xi lanh bên phải qua xupáp 4 vào ống đẩy. Tương tự, khi pittông chuyển động về phía trái, chất lỏng được hút vào buồng xi lanh bên phải qua xupáp 2 và đồng thời đẩy chất lỏng chứa trong xi lanh bên trái qua xupáp 3 vào ống đẩy.

Khi trục quay nửa vòng, pittông chuyển động từ trái sang phải, bơm hút vào một lượng  $F.s = \frac{\pi D^2}{4}s$  và đẩy ra một lượng  $F.s - f.s = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}\right).s$  ( $f.s$  là thể tích cán pittông đường kính  $d$  chiếm chỗ). Như vậy, khi trục quay 1 vòng, lượng chất lỏng do bơm cung cấp:  $F.s + F.s - f.s = 2F.s - f.s$ . Khi trục quay  $n$  vòng/phút lượng chất lỏng bơm cung cấp  $n.2F.s - f.s$ . Do đó, năng suất của bơm tác dụng kép sẽ là:

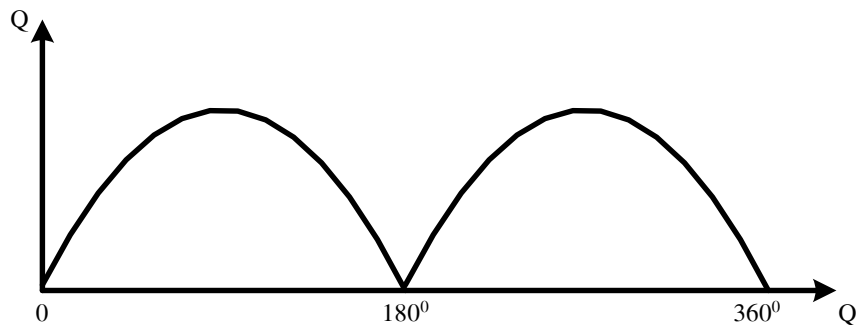
$$Q = \eta \cdot n \cdot (2F - f) \cdot s, \text{ m}^3/\text{phút} \quad (11.6)$$

Trong đó:

$f = \pi \cdot d^2 / 4$  – diện tích tiết diện cán pittông,  $\text{m}^2$

$d$  – đường kính cán pittông,  $\text{m}$

Để thấy rõ hơn sự khác nhau lượng chất lỏng được cung cấp bởi bơm pittông tác dụng đơn và tác dụng kép ta xem hình 2.6. Khi trục quay nửa vòng ( $180^\circ$ ), bơm đã cung cấp được chất lỏng.



Hình 11.6a: Đồ thị cung cấp của bơm pittông tác dụng kép

Bơm pittông tác dụng 3 cũng tương tự như bơm pittông tác dụng kép nhưng lượng nước cung cấp sẽ đều hơn (hình 11.6b).



Hình 11.6b: Bơm pittông tác dụng 3

### 11.2.3. Các loại bơm thể tích khác

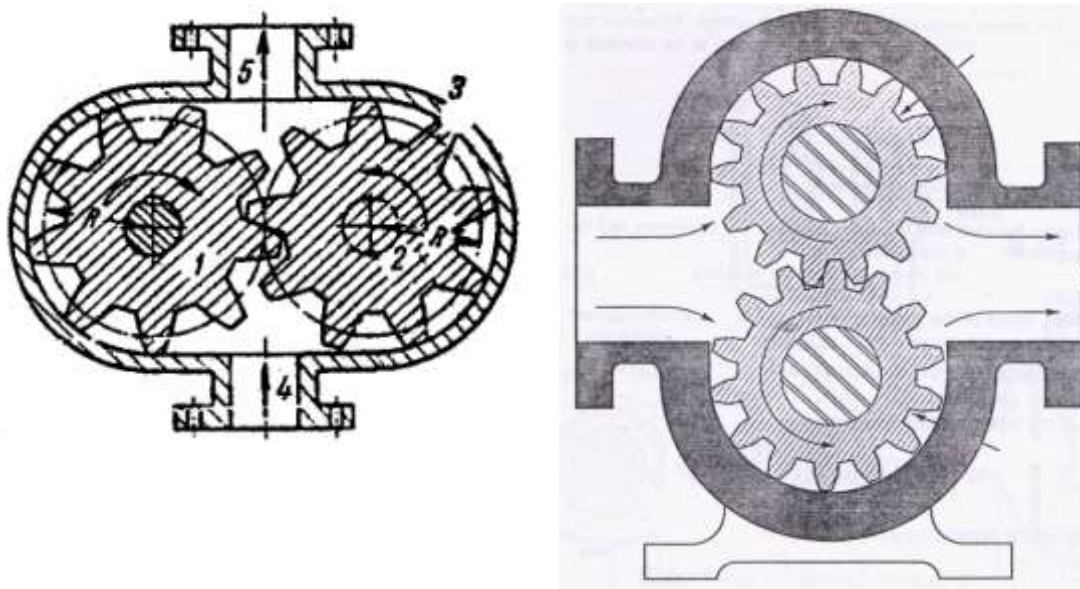
Ngoài bơm pittông (loại tịnh tiến), còn có loại quay tròn, như bơm răng khía (bơm bánh răng), bơm cánh trượt, bơm trục vít, v.v... Loại này làm việc tuân theo nguyên tắc hút và đẩy chất lỏng nhờ sự thay đổi thể tích thông qua các bộ phận như cánh trượt, răng khía, v.v...

Loại này có ưu điểm hơn so với bơm pittông là không có van là bộ phận dễ hư hỏng, không có bầu khí và làm việc ổn định hơn, có thể vận chuyển được chất lỏng nhớt như: các loại dầu nhờn hoặc chất lỏng ở áp suất cao.

### a. Bơm bánh răng

Có cấu tạo như hình 11.7a: gồm 2 bánh răng 1 và 2 quay ngược chiều nhau, ăn khớp nhau và nằm khít trong vỏ 3. Số răng trên bánh răng thường vào khoảng 8÷20. Các rãnh răng thực hiện chức năng của xi lanh, còn răng thực hiện chức năng của pittông. Như vậy khi bơm quay sẽ liên tục hút và đẩy chất lỏng. Số răng càng lớn thì lưu lượng càng đều. Bơm bánh răng thường có năng suất nhỏ, thường từ 0,3÷2 l/s, áp suất từ 100÷200mH<sub>2</sub>O.

Nếu coi thể tích của rãnh răng bằng bằng thể tích của răng thì năng suất của bơm được xác định như sau:



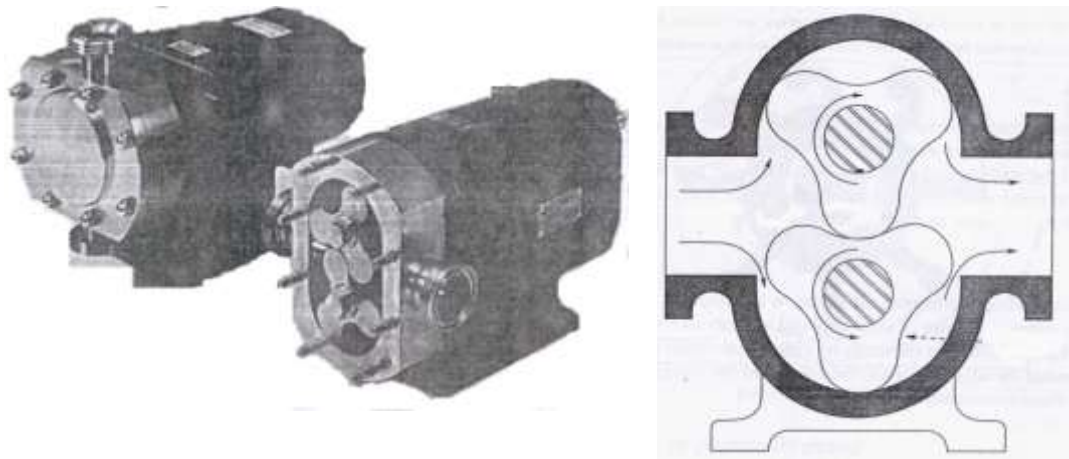
Hình 11.7a: Cấu tạo bơm bánh răng

1, 2 – bánh răng ; 3 – vỏ bơm ; 4, 5 – ống hút và đẩy

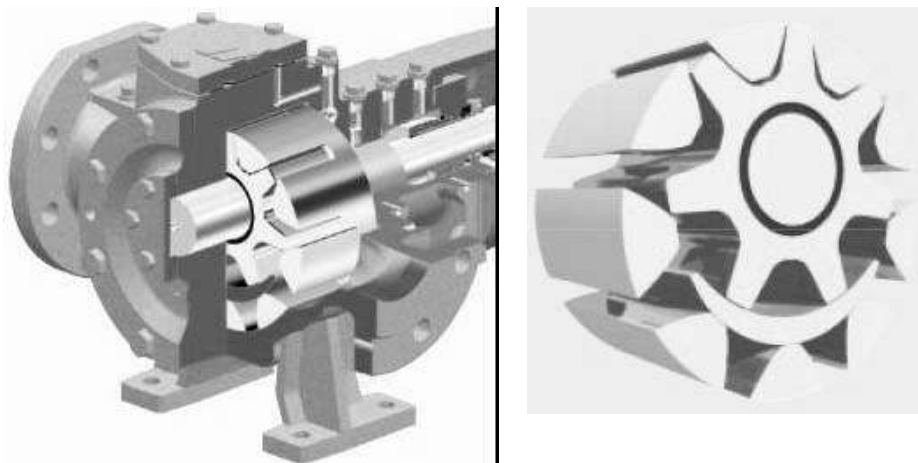
$$Q = \frac{\pi \cdot b \cdot n}{240} (D_1^2 - D_2^2) \cdot \eta, \text{ m}^3/\text{s} \quad (11.7)$$

Trong đó:

- b – chiều rộng bánh răng, m
- n – số vòng quay của bánh răng, vòng/phút
- D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> – đường kính đỉnh và chân răng, m
- η-hiệu suất thể tích, η=0,7 ÷ 0,8



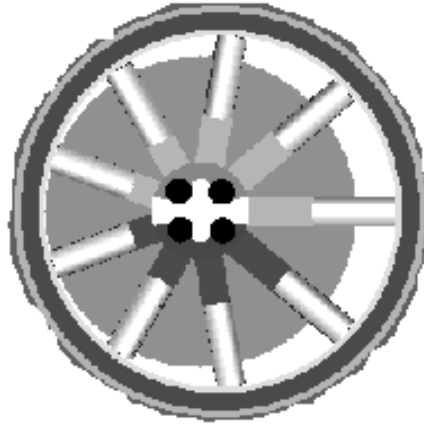
Hình 11.7b: Bơm bánh răng loại 3 răng



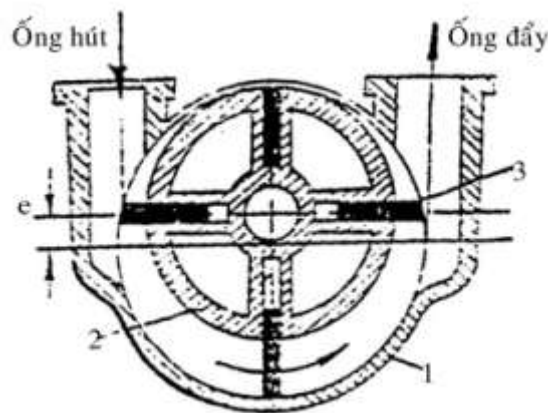
Hình 11.7c: Cấu tạo một loại bơm bánh răng khác

### b. Bơm cánh trượt

Có cấu tạo như hình 11.8a: Gồm vỏ 1, bên trong trục 2 có sê rãnh theo hướng bán kính. Trong rãnh có đặt cánh trượt 3. Khi trục quay, do lực ly tâm nên các cánh trượt văng ra phía ngoài và ép sát vào vỏ bơm, chia thân bơm thành hai vùng hút và đẩy.



Hình 11.8a: Cấu tạo cánh trượt



- 1 – Vỏ bơm
- 2 – Trục
- 3 – Cánh trượt
- e – Độ lệch tâm

Hình 11.8b: Cấu tạo bơm cánh trượt

Năng suất của bơm được xác định theo công thức:

$$Q = \left[ \frac{b.n.e.(2\pi R - s.z)}{30} \right] \eta, \text{ m}^3/\text{s} \quad (11.8)$$

Trong đó:

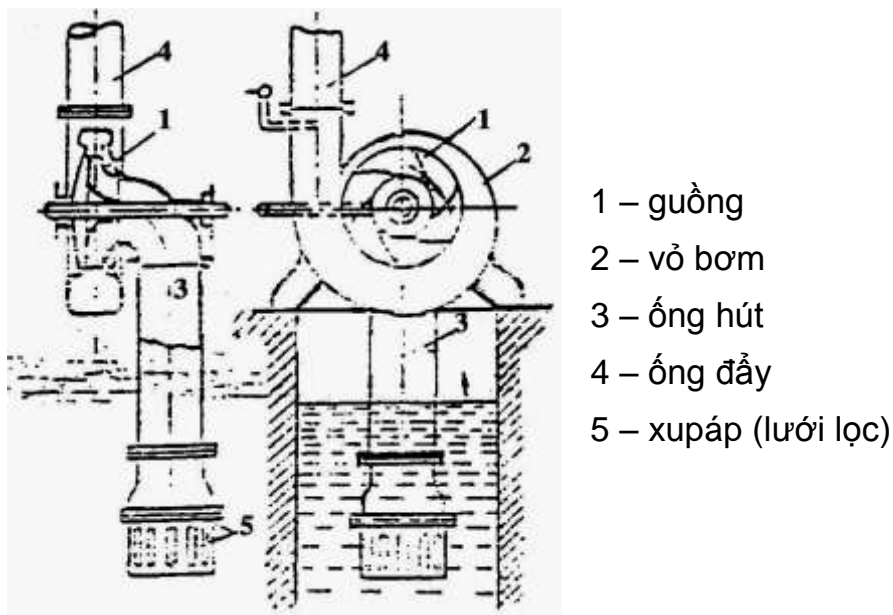
- b – chiều rộng rôto, m
- e – khoảng cánh lệch tâm, m
- n – số vòng quay của rôto, vòng/phút
- s – chiều dày cánh trượt, m
- z – số cánh trượt
- R – bán kính vỏ máy ( $R=r + e$ ), m
- r – bán kính rôto, m
- $\eta$  – hiệu suất thể tích

Bơm cánh trượt có thể tạo ra áp suất tới 70at và lưu lượng tới 3,5l/s.

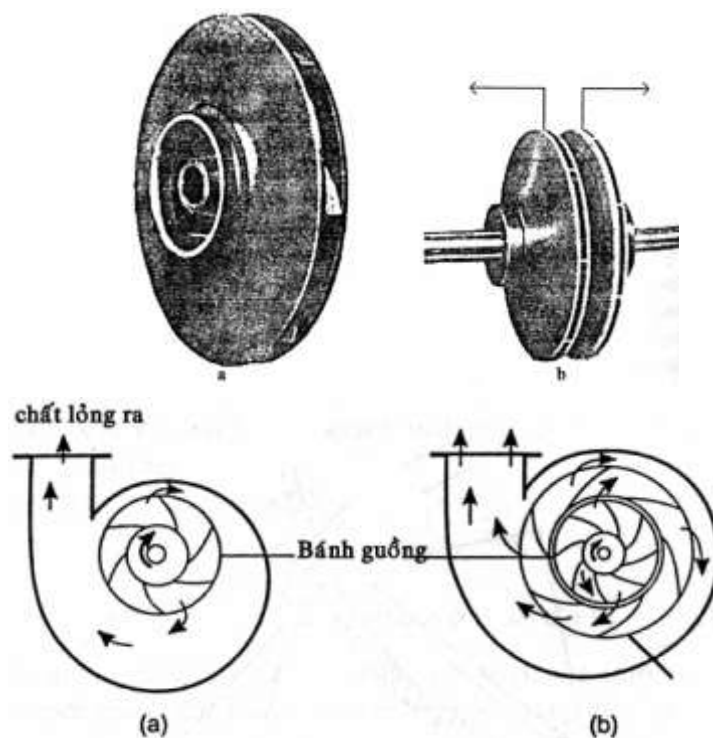
## 11.3. BƠM LY TÂM

### 11.3.1. Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động

Trước khi hoạt động, bơm cần được mồi đầy nước trong bánh guồng. Khi bánh guồng quay, dưới tác dụng của lực ly tâm chất lỏng trong bánh guồng sẽ chuyển động theo cánh hướng dòng từ tâm bánh guồng ra mép và đi theo vỏ bơm ra ngoài.

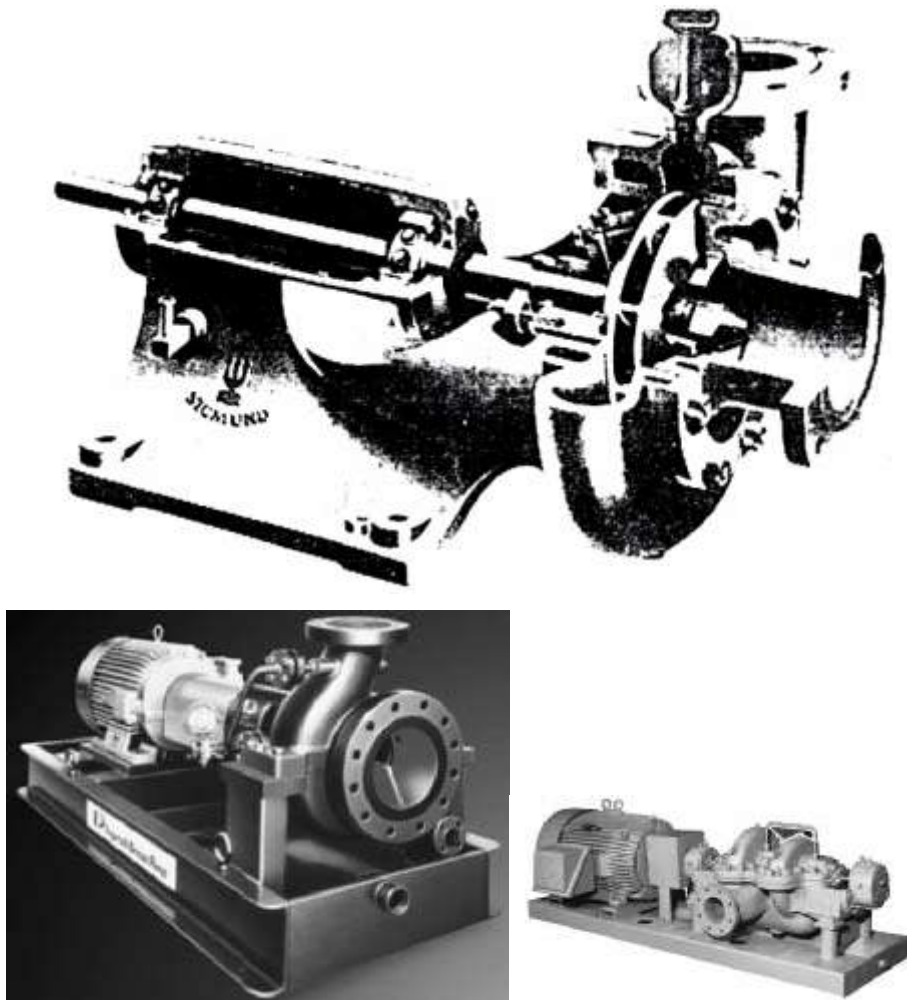


Hình 11.9a: Cấu tạo bơm li tâm



Hình 11.9b: Cấu tạo cánh và bánh guồng

Vỏ bơm được cấu tạo theo hình xoắn ốc, có tiết diện lớn dần, có tác dụng làm giảm bớt vận tốc đồng thời tăng áp lực dòng chảy. Khi chất lỏng trong bánh guồng chuyển động ra ngoài, dưới tác dụng của lực ly tâm, sẽ tạo ra áp suất chân không tại tâm bánh guồng. Do sự chênh lệch áp suất ở bên ngoài (áp suất khí quyển) và tâm bánh guồng chất lỏng sẽ theo ống hút chuyển động vào bánh guồng, tạo thành dòng chất lỏng chuyển động liên tục trong bơm.



Hình 11.9c: Cấu tạo bơm ly tâm

Đầu ống hút có lắp lưới lọc 5 (xupáp 5) để ngăn không cho rác và các vật rắn khác theo chất lỏng vào bơm gây tắc bơm và đường ống đồng thời giữ mực chất lỏng trong ống hút khi bơm ngừng.

Trên ống đẩy có lắp van 1 chiều để tránh chất lỏng khỏi bất ngờ đổ dôn về bơm gây ra va đập thủy lực có thể làm hỏng cánh guồng và động cơ điện do bơm bất ngờ ngừng hoạt động.

Khác với bơm pittông, bơm ly tâm lúc khởi động không có khả năng hút chất lỏng vì lực ly tâm xuất hiện khi guồng quay chưa đủ để đuổi hết không

khí ra khỏi bơm và ống hút để tạo ra độ chân không cần thiết.

Chiều cao hút của bơm ly tâm phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của chất lỏng, trở lực trong ống hút và nhiệt độ chất lỏng. Do đó muốn tăng chiều cao hút của bơm phải giảm trở lực trong ống hút và đảm bảo độ kín của ống tránh không để không khí lọt vào.

Hình

Bảng 11.1: Chiều cao hút của bơm phụ thuộc nhiệt độ

Nhiệt độ, °C	10	20	30	40	50	60	≥ 65
Chiều cao hút, m	6	5	4	3	2	1	0

### 11.3.2. Hiện tượng xâm thực và cách khắc phục

Chất lỏng chuyển động vào miệng bơm ly tâm do áp suất ở đây thấp hơn áp suất khí quyển, điều này đã tạo điều kiện cho các khí hòa tan có trong chất lỏng bốc hơi tạo ra các bọt khí ở miệng hút của bơm. Các bọt khí này cùng chất lỏng sẽ chuyển động trong cánh guồng. Khi đó áp suất lại tăng lên, khí lại hoà tan ngược lại vào chất lỏng. Do quá trình bay hơi-ngưng tụ-hòa tan khí xảy ra rất nhanh, thể tích bọt khí tăng lên và giảm đột ngột dẫn đến áp suất trong các bọt khí tăng lên rất lớn. Hiện tượng đó tạo ra sự va đập thủy lực, bào mòn các kết cấu kim loại, tạo ra sự rung động và tiếng ồn. Hiện tượng này gọi là hiện tượng xâm thực.

Để tránh hiện tượng xâm thực, người ta cần tăng áp suất chất lỏng ở cửa vào của bơm bằng cách giảm chiều cao hút như đặt bơm thấp hơn mực chất lỏng trong bể hút.

### 11.3.3. Định luật tỉ lệ

Khi số vòng quay thay đổi trong quá trình làm việc thì năng suất và áp suất cũng thay đổi theo. Quan hệ lí thuyết giữa các đại lượng: lưu lượng Q, cột áp H, công suất N, khi số vòng quay thay đổi thể hiện theo tỉ lệ như sau:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad ; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad ; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (11.9)$$

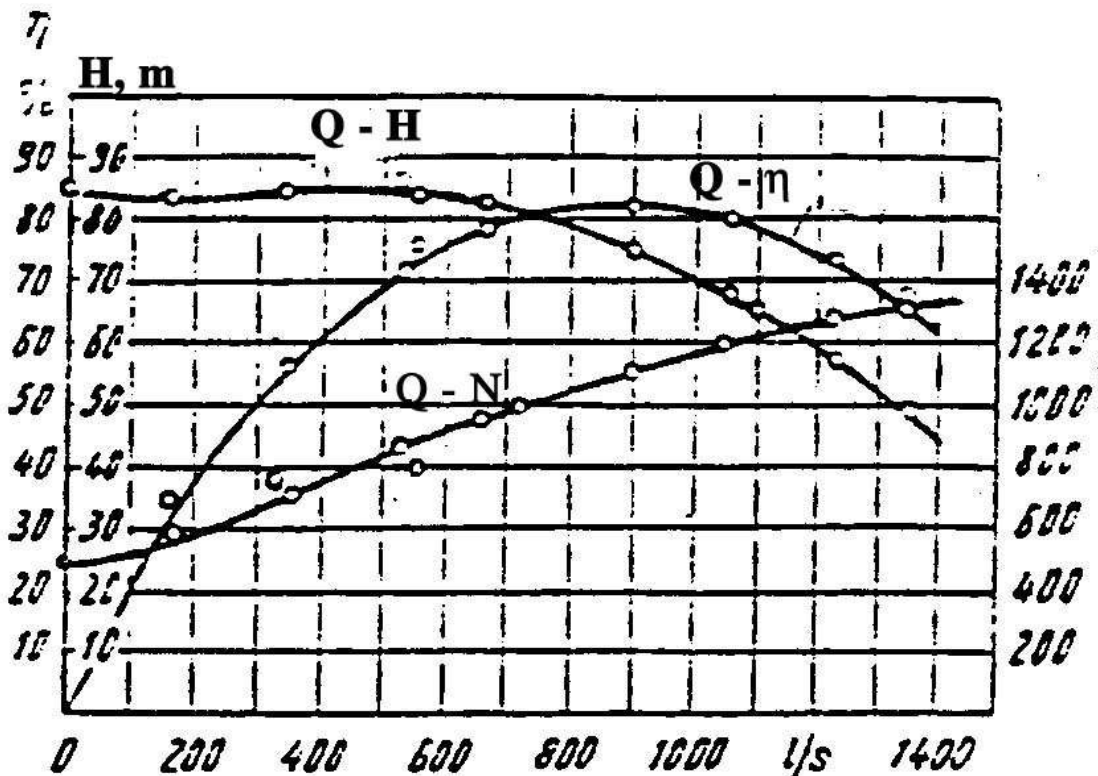
Tuy nhiên trong thực tế quan hệ giữa các đại lượng không đúng hoàn toàn theo tỉ lệ như trên mà nó thay đổi khi một trong các thông số của bơm thay đổi.

### 11.3.4. Đặc tuyến của bơm ly tâm

Mỗi một máy bơm khi xuất xưởng đều ghi đầy đủ năng suất Q, cột áp H,

số vòng quay  $n$ , và công suất tiêu thụ  $N$  là những giá trị ứng với hiệu suất cao nhất của bơm. Tuy nhiên trong thực tế sử dụng, năng suất của bơm thay đổi, hay áp suất của chất lỏng thay đổi vì vậy các đại lượng khác cũng thay đổi theo.

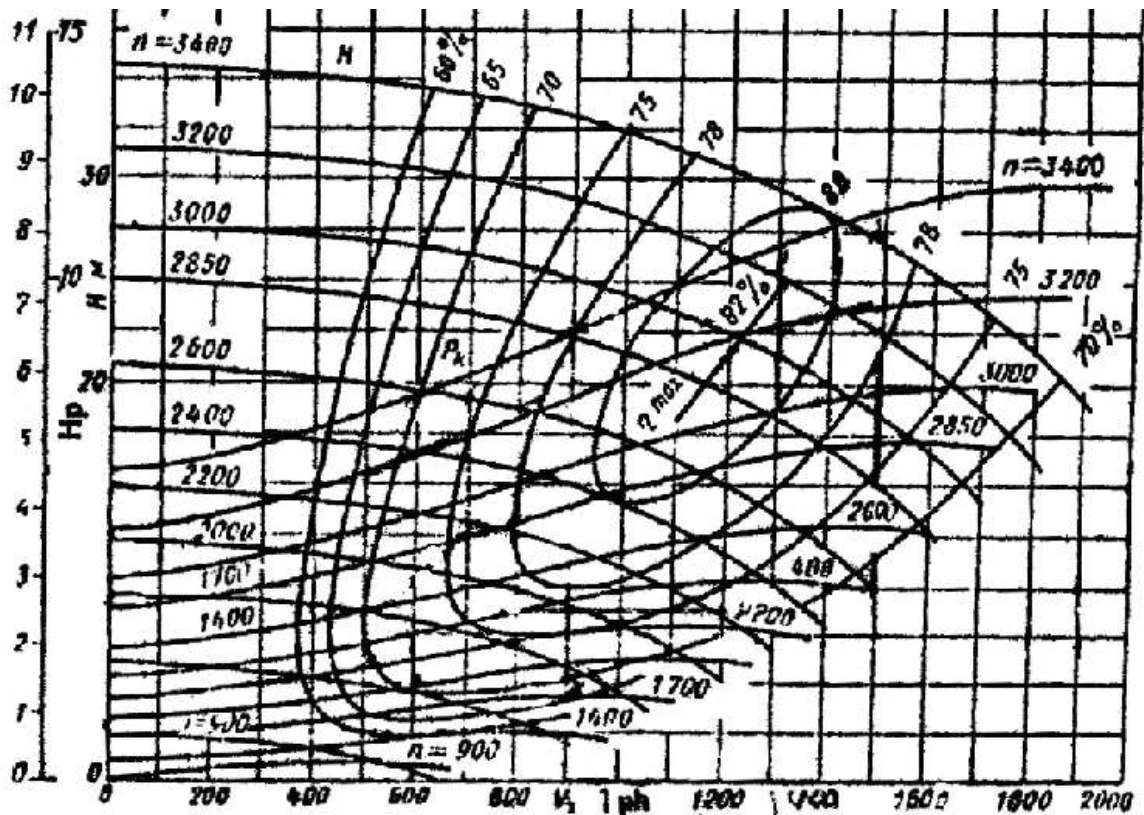
Về lí thuyết, ta có thể tìm được mối quan hệ giữa các đại lượng  $Q$ ,  $H$ ,  $N$  và  $n$  theo định luật tỉ lệ, nhưng trong thực tế không hoàn toàn đúng như vậy. Do đó người ta phải dựa vào thực nghiệm bằng cách thay đổi độ mở của van trên ống dẫn, đo độ thay đổi của năng suất  $Q$ , áp suất  $P$ , công suất  $N$  và tính ra hiệu suất tương ứng với từng số vòng quay. Kết quả ta lập được quan hệ  $Q-N$ ,  $Q-\eta$  trên đồ thị. Những đường cong biểu diễn quan hệ này gọi là đặc tuyến của bơm (hình 11.10).



Hình 11.10: Đặc tuyến bơm ly tâm

Khi biết được đặc tuyến của bơm ta có thể chọn được chế độ làm việc thích hợp trong điều kiện nhất định. Trên hình 11.10 ta thấy, với số vòng quay  $n=970$  vòng/phút, để bơm làm việc với hiệu suất  $\eta > 0,75$  thì lưu lượng có thể thay đổi trong khoảng  $Q=600\div 1200$  l/s, và áp suất tương ứng  $H=85\div 60$  m. Như vậy từ quan hệ  $Q-H$  rõ ràng ở số vòng quay không đổi thì  $Q$  tăng khi  $H$  giảm, trừ giai đoạn đầu là giai đoạn làm việc không ổn định thì  $H$  và  $Q$  cùng tăng. Nếu ta làm thí nghiệm với số vòng quay khác, thì ta sẽ nhận được một dãy các đường cong khác như hình 11.11

Qua đồ thị ta thấy, ở mỗi vòng quay của bơm có một giá trị hiệu suất cao nhất ứng với một điểm trên đường Q–H. Khi lệch khỏi điểm này về bất kì phía nào của đường cong đều cho ta hiệu suất thấp nhất.



Hình 11.11: Đặc tuyến chung của bơm

Nối những điểm có hiệu suất bằng nhau của các đường Q-H lại (ứng với số vòng quay khác nhau) ta được những đường có hiệu suất  $\eta = \text{const}$ . Đồ thị biểu diễn quan hệ này gọi là đường đặc tuyến chung của bơm. Dùng đồ thị đặc tuyến chung của bơm ta dễ dàng thiết lập giới hạn sử dụng bơm có hiệu quả cao nhất và chọn chế độ làm việc thích hợp cho bơm. Ví dụ: với  $n=1000$  thì  $Q=105\text{l/s}$  ;  $H=12,5\text{m}$ .

### 11.3.5. Đặc tuyến mạng ống và điểm làm việc của bơm

Khi chọn bơm và điều kiện làm việc, ngoài đặc tuyến bơm ta còn phải dựa vào đặc tuyến mạng ống. Như vậy bơm được chọn phải thích hợp với trở lực của đường ống

Đường đặc tuyến mạng ống biểu thị mối quan hệ giữa lưu lượng của chất lỏng chuyển động trong đó và áp suất cần thiết. Áp suất được tính bằng tổng của chiều cao hình học mà chất lỏng cần được đưa đến  $z$ , tổng trở lực trong đường ống  $\Sigma h_f$ , và độ chênh lệch áp suất ở hai đầu ống hút và ống đẩy  $(p_2 - p_1) / \rho g$

$$\text{Vậy } H = z + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \sum \lambda \frac{L_{td}}{D} \frac{w^2}{2g} \quad (11.10)$$

Với  $w = \frac{4Q}{\pi D^2}$  thì phương trình (11.10) trở thành

$$H = z + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \sum \lambda \frac{L_{td}}{D} \frac{16}{\pi^2 D^4 2g} Q^2 \quad (11.11)$$

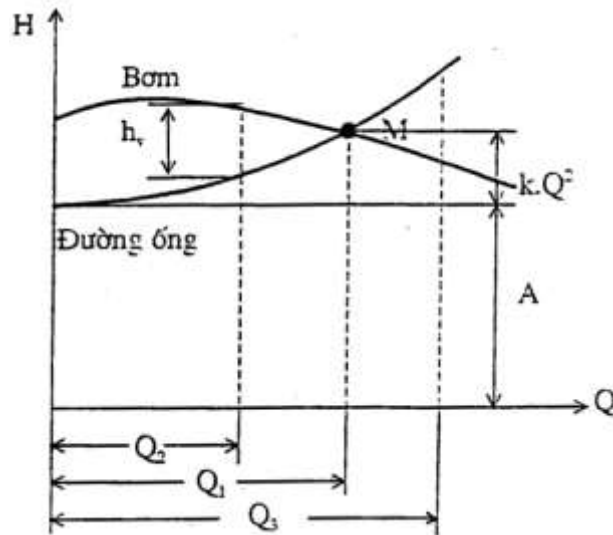
$$\text{Đặt: } C = z + \frac{p_2 - p_1}{\rho g}; \quad K = \sum \lambda \frac{L_{td}}{D} \frac{16}{\pi^2 D^4 2g}$$

Phương trình (11.11) trở thành:

$$H = C + KQ^2 \quad (11.12)$$

Phương trình (11.12) gọi là đường đặc tuyến của mạng ống. Nó có dạng parabol và không đi qua gốc tọa độ. Nếu ta biểu diễn chung hai đường đặc tuyến của bơm và đặc tuyến mạng ống trên cùng một đồ thị (hình 11.12) thì chúng sẽ cắt nhau tại điểm M là điểm làm việc của bơm đối với mạng ống đã cho và ứng với năng suất  $Q_1$  cao nhất mà bơm có thể đạt được.

Nếu tăng năng suất của bơm lên  $Q_3 > Q_1$  thì áp suất do bơm tạo ra sẽ nhỏ hơn áp suất cần thiết bơm phải đạt được để thắng trở lực mạng ống. Do đó bơm không làm việc được.



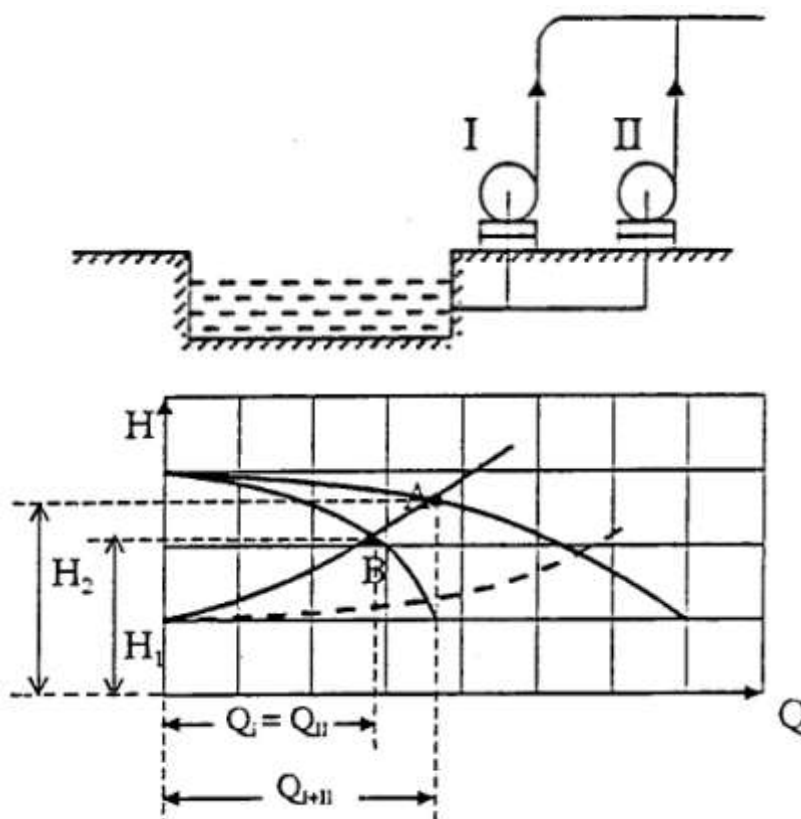
Hình 11.12: Điểm làm việc của bơm

Nếu giảm năng suất xuống  $Q_2 < Q_1$  thì bơm sẽ tạo ra áp suất lớn hơn trở lực của mạng ống. Các van trên đường ống được đóng bớt để tăng trở lực, nếu không bơm sẽ tự động tăng Q và H đến điểm M.

### 11.3.6. Ghép bơm song song và nối tiếp

#### a. Ghép bơm song song

Ghép bơm song song khi cần giữ nguyên cột áp và tăng lưu lượng, lúc này chất lỏng cùng chảy vào một đường ống. Đặc tuyến chung của cả 2 bơm nhận được bằng tổng năng suất (cộng hoành độ) của từng bơm riêng biệt.



Hình 11.13: Đặc tuyến bơm khi ghép song song

Kết hợp đặc tuyến tổng của bơm với đặc tuyến mạng ống trên cùng tọa độ ta thấy rằng (hình 11.13):

Điểm B là điểm làm việc riêng lẻ của từng bơm ứng với lưu lượng  $Q_I = Q_{II}$

Điểm A là điểm làm việc của 2 bơm khi mắc song song với lưu lượng  $Q_{I-II}$

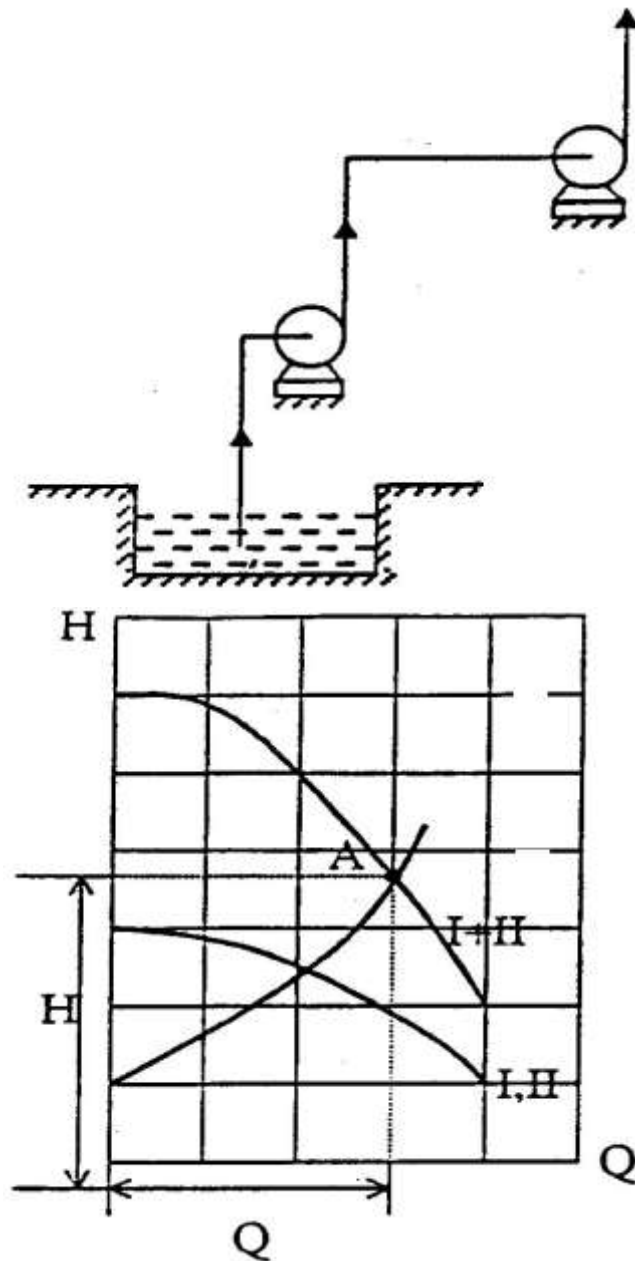
Như thế  $Q_{I-II} > Q_I$  nhưng nhỏ hơn  $2Q_I$

Như vậy ta thấy cách ghép song song càng bất lợi khi trở lực đường ống càng lớn. Do đó cách ghép song song chỉ nên áp dụng đối với các mạng ống đơn giản (trở lực nhỏ) lúc đó đường đặc tuyến mạng ống là đường nét đứt thì năng suất  $Q_{I-II}$  sẽ tăng lên.

#### b. Ghép bơm nối tiếp

Ghép bơm nối tiếp khi cần giữ nguyên lưu lượng và tăng cột áp. Trong trường hợp này năng suất chung của bơm giống như năng suất từng bơm còn

áp suất thì tăng gấp đôi bằng tổng áp suất từng bơm tạo ra.



Hình 11.14: Đồ thị khi ghép bơm nối tiếp

Kết hợp đặc tuyến 2 bơm mắc nối tiếp với đặc tuyến mạng ống trên cùng đồ thị, ta thấy:

Điểm B là điểm làm việc của từng bơm riêng lẻ ứng với cột áp  $H_1$  và lưu lượng  $Q_1$

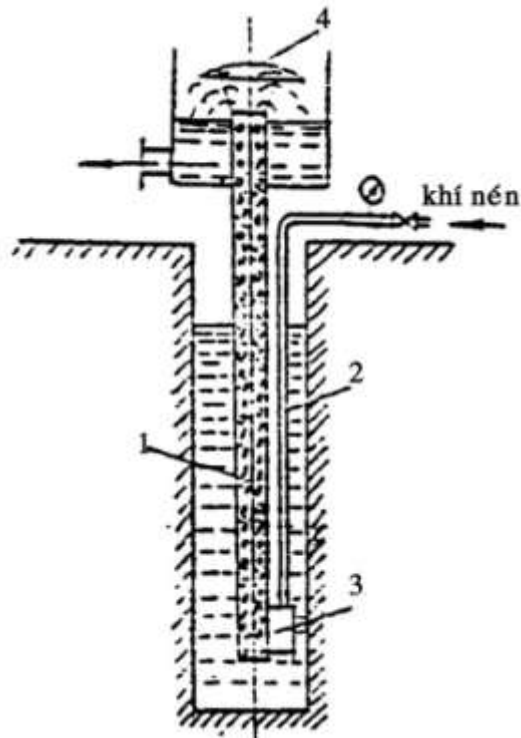
Điểm A là điểm làm việc khi bơm mắc nối tiếp ứng với cột áp H và lưu lượng Q

Thực tế khi ghép bơm nối tiếp thì lưu lượng cũng tăng từ  $Q_1$  lên Q tuy nhiên không đáng kể và cột áp tăng từ  $H_1$  lên H nhưng  $H_1 < 2H$

## 11.4. CÁC LOẠI BƠM KHÁC

### 11.4.1 . Bơm sục khí

Loại bơm này làm việc theo nguyên tắc bình thông nhau. Khí nén qua ống 2 thổi vào ống 1 làm cho chất lỏng trong ống 1 sủi bọt tạo thành hỗn hợp lỏng – khí có  $\rho_{hh} < \rho_l$  nên hỗn hợp này dâng lên qua nắp 4 đổ vào bể chứa.



- 1 – ống dẫn
- 2 – ống dẫn khí nén
- 3 – bình giảm áp
- 4 – bể chứa

Hình 11.15: Bơm sục khí

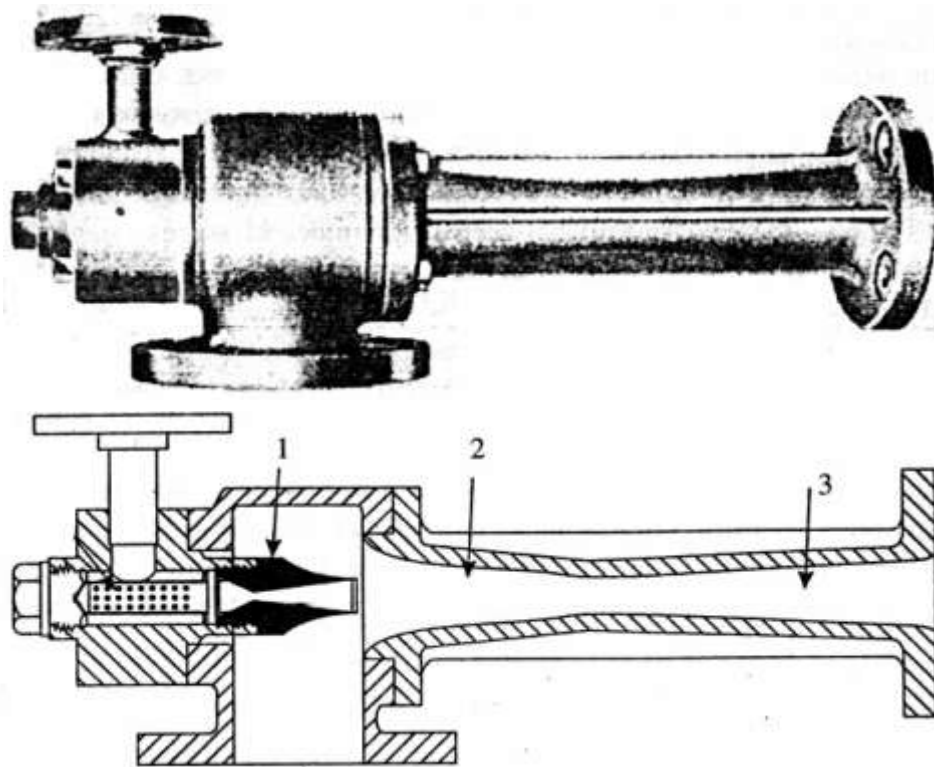
Phòng hỗn hợp khí – lỏng 4 phải đặt cao hơn cửa hút chất lỏng ở ống 1 khoảng  $1 \div 1,5$  m để giữ cho khí nén không bị phụt ra ngoài.

Bơm sục khí có ưu điểm là đơn giản, không có bộ phận truyền động, có thể làm việc ở nhiệt độ cao khi bơm li tâm không hút được.

Nhược điểm là hiệu suất thấp (25÷35%), năng suất nhỏ. Cần có trạm nén khí và phải duy trì cột chất lỏng nhất định đảm bảo độ nhúng sâu của ống 1.

### 11.4.2. Bơm tia (Ejector)

Khi dòng lưu chất (lỏng, khí hoặc hơi) chuyển động với vận tốc lớn đi qua tiết diện thu hẹp đột ngột 1 (cửa thắt) thì vận tốc tăng lên nhanh chóng kéo theo áp suất trong phòng hòa trộn 2 giảm xuống đủ nhỏ để hút chất lỏng từ ngoài vào. Chất lỏng hút vào được hòa trộn với dòng lỏng hay hơi ban đầu vào ống 3 có tiết diện mở rộng dần nên vận tốc hỗn hợp giảm dần làm tăng áp lực đẩy chất lỏng ra ngoài.



Hình 11.16: Bơm tia (ejector)

1 – khe hẹp ; 2 – phòng hòa trộn ; 3 – tang áp

Ưu điểm của bơm tia là đơn giản, không cần động cơ, có khả năng kết hợp việc hút chất lỏng và hòa trộn nên được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp.

Nhược điểm là chỉ bơm được chất lỏng nào cho phép trộn lẫn với chất lỏng đi qua. Hiệu suất thấp.

### 11.5. SO SÁNH VÀ CHỌN BƠM

Trong công nghiệp hóa chất và thực phẩm, loại bơm được sử dụng phổ biến nhất là bơm ly tâm, vì so với bơm pittông nó có các ưu điểm sau:

- Tạo được lưu lượng đều đặn, đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật của nhiều ngành sản xuất khác nhau.
- Số vòng quay lớn, có thể truyền động trực tiếp từ động cơ điện.
- Có cấu tạo đơn giản, gọn, chiếm ít diện tích xây dựng và không cần kết cấu nền móng vững chắc. Do đó giá thành chế tạo, lắp đặt và vận hành rẻ.
- Có thể dùng bơm những chất lỏng bẩn, vì khe hở giữa cánh guồng và thân bơm tương đối lớn, không có van là bộ phận dễ hư hỏng và tắc do bẩn gây ra. Nhờ cải tiến kết cấu cánh guồng mà bơm ly tâm hiện nay đã

bơm được cả dung dịch huyền phù có nồng độ pha rắn lớn.

- Có năng suất lớn và áp suất tương đối nhỏ nên phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của hầu hết các quá trình hóa học và thực phẩm

Tuy nhiên bơm ly tâm cũng tồn tại nhiều nhược điểm:

- Hiệu suất thấp hơn bơm pittông từ 10 ÷ 15 %
- Khả năng tự hút kém, nên trước khi bơm cần phải mồi chất lỏng cho bơm và ống hút khi bơm đặt cao hơn bể chứa.
- Nếu tăng áp suất thì năng suất giảm nhanh

Đối với bơm pittông

- Được dùng trong trường hợp cần năng suất thấp, nhưng áp suất cao.
- Dùng bơm pittông tiết kiệm hơn về năng lượng và vốn xây dựng do có hiệu suất cao hơn bơm ly tâm.

## 11.6. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

### 11.6.1 Câu hỏi trắc nghiệm

1 Công suất của bơm được tính theo công thức

a.  $N = \frac{\rho gHQ}{1000\eta}, W$

b.  $N = \frac{\rho gHQ}{1000\eta}, kW$

c.  $N = \frac{\rho gHQ}{100\eta}, kW$

d.  $N = \frac{\rho HQ}{102\eta}, W$

2 Công suất của bơm tăng do

a. tăng năng suất

b. giảm chiều cao toàn phần của bơm

c. tăng hiệu suất của bơm

d. tăng chiều cao và năng suất

3 Nếu tăng số vòng quay bơm ly tâm lên hai lần thì năng suất sẽ tăng lên

a. 4 lần

b. 3 lần

c. 2 lần

d. 1,5 lần

4 Nhược điểm của bơm ly tâm là

a. lưu lượng không đều

b. lưu lượng không lớn

c. khởi động bơm phải mồi chất lỏng

d. tất cả đều đúng

5 Đối với bơm ly tâm trước khi khởi động ta cần mồi chất lỏng vào bơm vì:

a. áp suất chân không trong ống đẩy chưa đủ lớn

b. áp suất dư trong ống đẩy chưa đủ lớn

c. áp suất chân không trong ống hút chưa đủ lớn

- d. tất cả đều sai
- 6 Nhiệm vụ của bầu khí trong bơm pittông là
- tăng vận tốc chuyển động của chất lỏng
  - tăng năng suất
  - giảm tổn thất áp suất
  - giảm công suất
- 7 Tăng năng suất của bơm pittông thì phải
- giảm số vòng quay
  - tăng đường kính pittông
  - giảm hiệu suất năng suất
  - giảm khoảng chạy
- 8 Đường đặc tuyến của bơm dùng để
- lựa chọn bơm
  - chọn năng suất của bơm
  - chọn chế độ làm việc hợp lí nhất của bơm
  - tìm công suất
- 9 Máy nén dùng để
- tăng áp suất
  - tăng nhiệt độ
  - tăng thể tích
  - giảm áp suất
- 10 Muốn tăng chiều cao đẩy của bơm ly tâm ta cần
- tăng chiều cao hút
  - giảm công suất
  - tăng vận tốc quay của guồng
  - giảm vận tốc quay của guồng
- 11 Hiện tượng xâm thực tạo nên:
- sự va đập thủy lực
  - giảm tuổi thọ của bơm
  - sự rung động và tiếng ồn
  - tất cả đều đúng
- 12 Để khắc phục hiện tượng xâm thực của bơm li tâm
- tăng áp suất tại cửa vào, giảm chiều cao hút và nhiệt độ chất lỏng
  - giảm áp suất tại cửa vào
  - tăng chiều cao hút
  - tăng nhiệt độ của chất lỏng
- 13 Ghép bơm song song khi cần
- tăng chiều cao cột áp
  - giảm chiều cao cột áp

- c. tăng lưu lượng
  - d. a và b đều đúng
- 14 Ghép bơm nối tiếp khi cần
- a. tăng chiều cao cột áp
  - b. giảm chiều cao cột áp
  - c. tăng lưu lượng
  - d. a và b đều đúng
- 15 Bơm pittông thuộc loại bơm:
- a. Bơm thể tích
  - b. Bơm động lực
  - c. Bơm Khí động
  - d. Bơm đặc biệt
- 16 Bơm thể tích là bơm mà trong đó việc hút và đẩy chất lỏng nhờ:
- a. Thay đổi thể tích của không gian làm việc
  - b. Thay đổi thể tích chất lỏng
  - c. Thay đổi áp suất chất lỏng
  - d. Thay đổi vận tốc chất lỏng
- 17 Bơm ly tâm là bơm mà trong đó việc hút và đẩy chất lỏng nhờ:
- a. Lực ly tâm tạo ra khi chất lỏng chuyển động tịnh tiến
  - b. Áp lực tạo ra khi chất lỏng chuyển động tịnh tiến
  - c. Lực ly tâm tạo ra trong chất lỏng khi guồng quay
  - d. Áp lực tạo ra khi chất lỏng chuyển động quay
- 18 Trong bơm bánh răng thì:
- a. Rãnh răng thực hiện chức năng như pittong, răng thực hiện chức năng như xilanh
  - b. Rãnh răng thực hiện chức năng như xilanh, răng thực hiện chức năng như pittong
  - c. Cả rãnh răng và răng đều thực hiện chức năng như pittong
  - d. Cả rãnh răng và răng đều thực hiện chức năng như xilanh
- 19 Nguyên nhân gây hiện tượng xâm thực:
- a. Do sự va đập thủy lực, bào mòn các kết cấu kim loại
  - b. Do sự tăng giảm đột ngột của áp suất
  - c. Do sự tăng giảm đột ngột của thể tích chất lỏng
  - d. Do sự tăng giảm đột ngột của thể tích bọt khí

- 20 Công suất của bơm là:
- Năng lượng tiêu tốn để bơm làm việc
  - Năng lượng tiêu tốn để bơm đẩy chất lỏng
  - Năng lượng tiêu tốn để bơm hút chất lỏng
  - Năng lượng tiêu tốn để bơm tạo cột áp H

### 11.6.2 Bài tập

1. Một bơm li tâm dùng để bơm dung dịch muối ăn có khối lượng riêng là  $1273\text{kg/m}^3$ . Năng suất của bơm là  $20\text{tấn/h}$ . Dung dịch được bơm từ thùng chứa ở áp suất thường vào thiết bị có áp suất dư  $0,5\text{at}$ . Chiều cao hình học nâng lên là  $18\text{m}$ . Tổn thất gây ra do ống hút và ống đẩy là  $50\text{m}$ . Đường kính ống hút bằng đường kính ống đẩy.

Tính áp lực toàn phần và công suất động cơ biết hiệu suất tổng là  $0,5$

2. Một bơm ly tâm dùng bơm nước có năng suất là  $15\text{m}^3/\text{h}$ . Bơm từ một bể chứa ở áp suất thường lên một thiết bị có áp suất là  $2,5\text{at}$ . Chiều cao hình học để nâng lên là  $16\text{m}$ . Chiều dài ống tính ra là  $100\text{m}$ . Hệ số ma sát đường ống là  $0,03$ . Hệ số trở lực cục bộ gây ra ở ống hút và đẩy là  $9,5$ . Ống hút và đẩy có đường kính là  $74 \times 2\text{mm}$ . Xác định công suất của động cơ biết hiệu suất tổng là  $0,6$ .

3 Một bơm ly tâm dùng bơm dung dịch có tỷ trọng  $0,92$  có năng suất là  $5\text{lít/giây}$ . Bơm từ một bể chứa ở áp suất thường lên một thiết bị có áp suất dư là  $1,3\text{at}$ . Chiều dài ống tính ra là  $120\text{m}$ . (Chiều dài thực tế kể cả chiều dài do trở lực cục bộ gây ra). Hệ số ma sát là  $0,027$ . Ống có đường kính là  $70 \times 5\text{mm}$ . Chiều cao hình học để nâng lên là  $17\text{m}$ . Xác định công suất của động cơ biết hiệu suất là  $0,65$ .

4. Một bơm pittông tác dụng đơn dùng để bơm một dung dịch có tỷ trọng so với nước là  $0,93$ . Đường kính pittông của bơm là  $160\text{mm}$ , bán kính tay quay  $100\text{mm}$ . Số vòng quay  $126\text{vòng/phút}$ . Khi hoạt động bơm được  $27\text{m}^3/\text{h}$ . Tính hiệu suất năng suất của bơm.

5. Một bơm tác dụng đơn có khoảng chạy là  $180\text{mm}$ , đường kính của pittông là  $140\text{mm}$ . Dùng bơm này bơm một chất lỏng có tỷ trọng là  $0,85$  từ một bể chứa dưới áp suất thường vào một thiết bị có áp suất dư là  $2,1\text{at}$ . Năng suất của bơm là  $7\text{lít/giây}$ . Chiều cao hình học là  $20\text{m}$ . Chiều dài ống tính ra là  $100\text{m}$  (Chiều dài thực tế kể cả chiều dài do trở lực cục bộ gây ra). Đường kính trong của ống là  $50\text{mm}$  Hệ số ma sát là  $0,03$ . Hiệu suất năng suất của bơm là

0,85. Hiệu suất tổng là 0,7. Tính số vòng quay của bơm và công suất của mô tơ.

6. Một bơm ly tâm dùng bơm nước có năng suất là 280lít/phút. Bơm từ một bể chứa ở áp suất thường lên một thiết bị có áp suất dư là 1at. Chiều cao hình học để nâng lên là 12 m. Chiều dài ống tính ra là 130m(Chiều dài thực tế kể cả chiều dài do trở lực cục bộ gây ra). Hệ số ma sát là 0,03. Ống có đường kính trong là 70mm. Xác định công suất của động cơ biết hiệu suất là 0,6.

7. Một bơm pittông tác dụng kép, có đường kính pittông là 120mm, đường kính cán pittông là 20mm, với khoảng chạy 140 mm để bơm 380 lít/phút dung dịch có khối lượng riêng  $930 \text{ kg/m}^3$ , từ một bể chứa với áp suất khí quyển lên một thiết bị có áp suất dư là  $3,2 \text{ kg/cm}^2$ , với chiều cao cần bơm là 20m, đường kính ống hút bằng đường kính ống đẩy. Cho tổng tổn thất áp suất trên đường ống hút và ống đẩy là 12 m, và hiệu suất năng suất năng suất là 0,8,  $\eta$  hiệu suất chung của bơm là 0,72.

Xác định:

- Số vòng quay của bơm?
- Áp suất toàn phần của bơm tạo ra?
- Xác định công suất thực tế của bơm?

## 11.7. Thực hành

### 11.7.1. Bơm 1

#### Cách vận hành bơm 1

- Bật công tắc tổng, bật tiếp nút khởi động bơm 1.
- Thiết bị đã vận hành, ta điều chỉnh các van sau để vận hành bơm 1.
- Đóng các van: van 2; van 4; van 5; van 6; van 7 và van xả.
- Mở các van: van 1; van 3.
- Dùng van 3 để chỉnh lưu lượng ở các chế độ khác nhau.
- Ứng với mỗi chế độ lưu lượng ta ghi áp suất ở đầu đẩy khác nhau.

#### Tính toán và vẽ đồ thị

- Vẽ đường đặc tuyến mạng bơm  $H=f(Q)$ ,  $N=f(Q)$  và đường đặc tuyến mạng ống  $H_{mo}=f(Q)$
- Tìm điểm làm việc của bơm.

### 11.7.2. Bơm 2

#### Cách vận hành bơm 2

- Bật công tắc tổng, bật tiếp nút khởi động bơm 2.
- Thiết bị đã vận hành, ta điều chỉnh các van sau để vận hành bơm 2.
- Đóng các van: van 1; van 2; van 5; và van xả.
- Mở các van: van 3; van 6; van 7.
- Dùng van 3 để chỉnh lưu lượng ở các chế độ khác nhau.
- Ứng với mỗi chế độ lưu lượng ta ghi áp suất ở đầu đẩy khác nhau.

### **Tính toán và vẽ đồ thị**

- Vẽ đường đặc tuyến mạng bơm  $H=f(Q)$ ,  $N=f(Q)$  và đường đặc tuyến mạng ống  $H_{mo}=f(Q)$ .
- Tìm điểm làm việc của bơm.

### **17.7.3. Bơm 1 mắc song song bơm 2**

#### **Cách vận hành**

- Bật công tắc tổng, bật tiếp nút khởi động bơm 1 và bơm 2.
- Thiết bị đã được vận hành, ta điều chỉnh các van sau để vận hành bơm 1 mắc song song với bơm 2.
- Đóng các van: van 2 và van xả.
- Mở các van: van 1; van 3; van 5; van 6; van 7.
- Dùng van 3 để chỉnh lưu lượng ở các chế độ khác nhau.
- Ứng với mỗi chế độ lưu lượng ta ghi áp suất ở đầu đẩy khác nhau.

### **Tính toán và vẽ đồ thị**

- Vẽ đường đặc tuyến mạng bơm  $H=f(Q)$ ,  $N=f(Q)$  và đường đặc tuyến mạng ống  $H_{mo}=f(Q)$ .
- Tìm điểm làm việc của bơm.

### **11.7.4. Bơm 1 mắc nối tiếp bơm 2**

#### **Cách vận hành:**

- Bật công tắc tổng, bật tiếp nút khởi động bơm 1 và bơm 2.
- Thiết bị đã được vận hành, ta điều chỉnh các van sau để vận hành bơm 1 mắc nối tiếp với bơm 2.
- Đóng các van: van 1; van 4; van 5; van 6; van 7 và van xả.
- Mở các van: van 2; van 3.

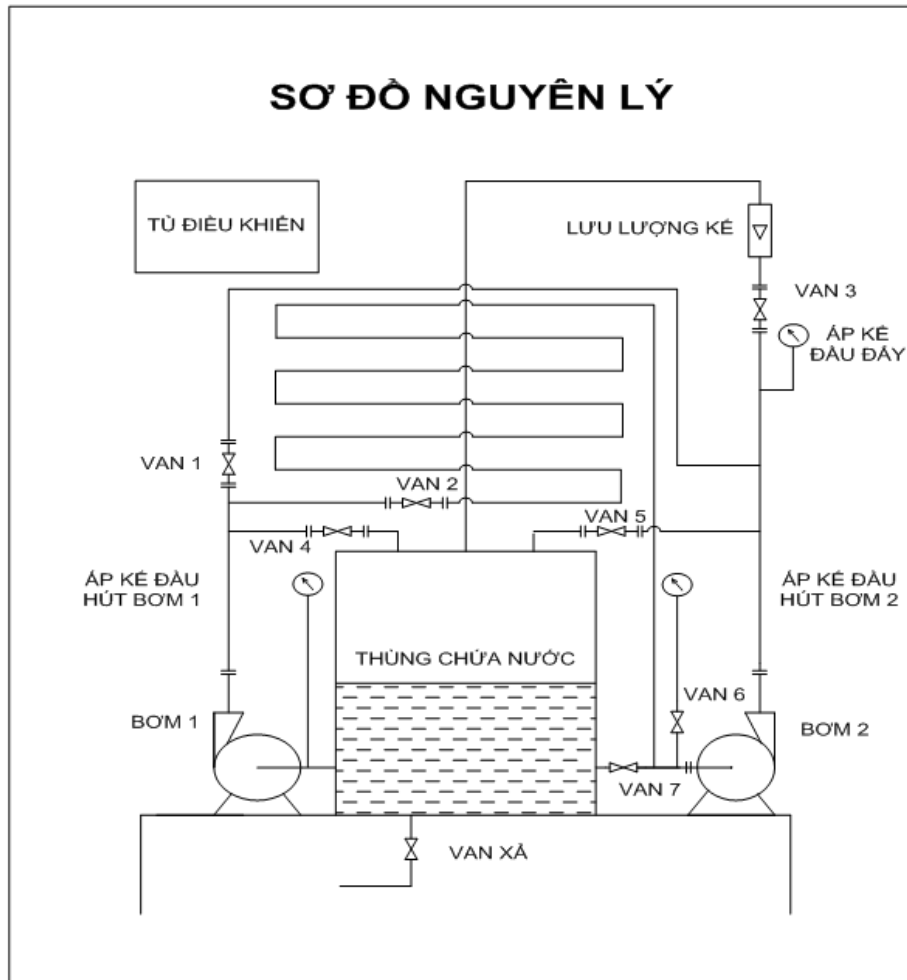
- Dùng van 3 để chỉnh lưu lượng ở các chế độ khác nhau.
- Ứng với mỗi chế độ lưu lượng ta ghi áp suất ở đầu đẩy khác nhau.

### Tính toán và vẽ đồ thị:

- Vẽ đường đặc tuyến mạng bơm  $H=f(Q)$ ,  $N=f(Q)$  và đường đặc tuyến mạng ống  $H_{mo}=f(Q)$ .
- Tìm điểm làm việc của bơm.

### 11.7.5. BÀN LUẬN

- Nhận xét các đường đặc tuyến.
- Nhận xét về mức độ tin cậy của kết quả và các nguyên nhân sai số.
- Dựa trên đường đặc tuyến ta có nhận xét gì về điểm làm việc của bơm.
- Nêu ứng dụng của bơm ly tâm trong đời sống và trong công nghiệp.



Hình 11.17: Thí nghiệm bơm song song và nối tiếp

## Bài 12

### VẬN CHUYỂN VÀ KHÍ NÉN      Mã số: QTTB 12

#### Giới thiệu

Hiện nay máy nén hay thổi khí được dùng phổ biến trong nhiều ngành kinh tế quốc dân, thí dụ như trong ngành xây dựng, chế tạo máy luyện kim, khai thác mỏ...

Trong công nghiệp hóa chất như tổng hợp  $\text{NH}_3$  phải nén  $\text{H}_2$  và  $\text{N}_2$  tới 200at, 350at hay 500at. Trong một số quá trình như cô đặc, sấy, chưng luyện chân không v.v...ngược lại phải duy trì áp suất thấp tới 0,2÷0,4at. Ngoài ra để thông gió, khuấy trộn, phun bụi, vận chuyển vật liệu người ta cũng dùng khí nén.

Tất cả các quá trình trên đều phải tiến hành nén, thổi hoặc hút chân không. Khi nén hoặc hút chân không thì có sự thay đổi thể tích kèm theo sự thay đổi áp suất và nhiệt độ của khí.

Đối với khí lý tưởng quan hệ giữa thể tích, áp suất và nhiệt độ đặc trưng bằng phương trình trạng thái:

$$PV = GRT$$

P – áp suất của khí,  $\text{N/m}^2$ ;

V – thể tích khí,  $\text{m}^3$ ;

G – khối lượng của khí, kg;

T – nhiệt độ tuyệt đối của khí, K;

R – hằng số khí bằng  $\frac{8314}{M}$ ; J/kg độ

M – khối lượng phân tử của khí, kg/kmol

Theo lý thuyết về nhiệt động học thì nén hoặc hút khí có thể tiến hành theo các quá trình sau đây:

Quá trình đẳng nhiệt: khi nén giữ cho nhiệt độ khí không đổi bằng cách cho trao đổi nhiệt với bên ngoài.

Quá trình đoạn nhiệt: khi nén không trao đổi nhiệt với bên ngoài, toàn bộ nhiệt lượng tỏa ra khi nén còn nằm lại trong khí do đó làm tăng nhiệt độ của khí lên.

Quá trình đa biến: Trong thực tế không thể tiến hành nén đẳng nhiệt hay

đoạn nhiệt một cách tuyệt đối được mà thường xảy ra đồng thời cả toả nhiệt ra ngoài và tăng nhiệt độ của khí gọi là nén đa biến. Công nén đa biến sẽ lớn hơn so với nén đẳng nhiệt và nhỏ hơn so với nén đoạn nhiệt.

Trong kỹ thuật hiện đại người ta phải nén và vận chuyển những chất khí có tính chất vật lý và hoá học rất khác nhau, lưu lượng từ một vài mét khối đến vài vạn m<sup>3</sup>/h và áp suất từ độ chân không cao (áp suất tuyệt đối ~10<sup>-7</sup> đến 10<sup>-11</sup>mmHg) đến áp suất lớn tới hàng nghìnatm. Do những điều kiện như vậy nên người ta phải dùng các loại máy nén và hút khí khác nhau về cấu tạo, về năng suất cũng như về áp suất, và do đó về phân loại chúng cũng có rất nhiều cách khác nhau, có thể phân loại theo nguyên tắc làm việc hay theo tỷ số áp suất đầu và cuối. Theo cấu tạo và nguyên tắc làm việc thì người ta chia ra:

Máy nén pittông – cấu tạo gần giống như bơm pittông có pittông chuyển động tịnh tiến qua lại trong xilanh và khí được nén nhờ giảm thể tích của buồng làm việc.

Máy nén loại quay tròn: nhờ một rôto quay tròn mà khí được hút vào nén lại trong máy và đẩy ra ở áp suất cao hơn.

Máy nén tuốcbin (thuộc loại ly tâm): đặc trưng bằng chuyển động quay liên tục của bánh guồng và nhờ tác dụng của lực quán tính ly tâm mà khí được nén lại.

Máy nén loại phun tia: nguyên tắc làm việc và cấu tạo giống như bơm tia, khí được nén do thay đổi vận tốc khi chuyển qua ống loa hình nón cụt.

Theo tỉ lệ giữa áp suất đầu và cuối (còn gọi là độ nén) chia ra:

- Máy nén khí:  $\frac{p_2}{p_1} = 3 \div 1000$  (hay lớn hơn)
- Máy thổi khí:  $\frac{p_2}{p_1} = 1,1 \div 3$  với áp suất cuối trong khoảng 1,1 ÷ 3atm
- Quạt khí:  $\frac{p_2}{p_1} = 1 \div 1,1$  với áp suất cuối không quá 1,12atm.

Trong đó:  $p_2, p_1$  là áp suất ban đầu và cuối của quá trình nén.

Để tạo độ chân không thấp người ta dùng quạt hay máy thổi khí, lắp ống hút vào không gian cần tạo chân không, ống đẩy xả ra ngoài. Nếu muốn tạo độ chân không lớn hơn thì dùng các loại bơm pittông, bơm rôto, bơm vòng nước, bơm tia về nguyên tắc làm việc không khác gì máy nén. Các loại bơm

này tạo được áp suất thấp từ 0,05at (độ chân không 95%) đến 0,0004at (độ chân không 99,96%).

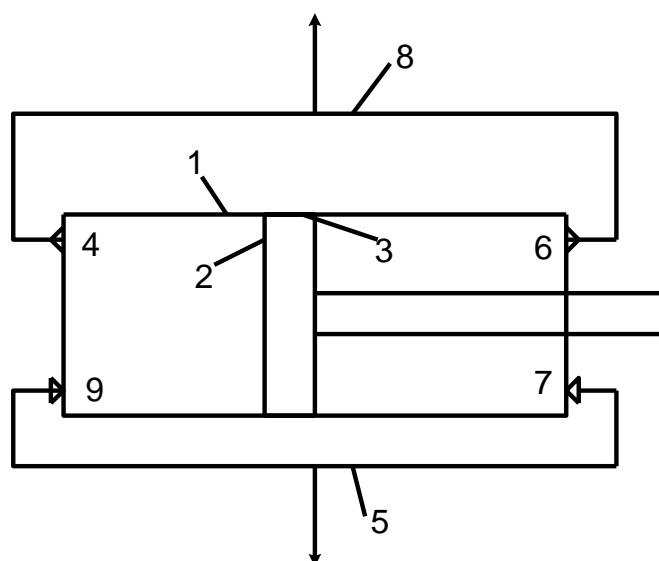
### Mục đích thực hiện

Học xong bài này học sinh có khả năng

- Mô tả được nguyên lý hoạt động của các thiết bị vận chuyển khí
- Tính toán được công suất bơm và máy nén

## 12.1. MÁY NÉN PITTÔNG

### 12.1.1. Nguyên tắc làm việc



Hình 12.1. Sơ đồ cấu tạo của máy nén pittông

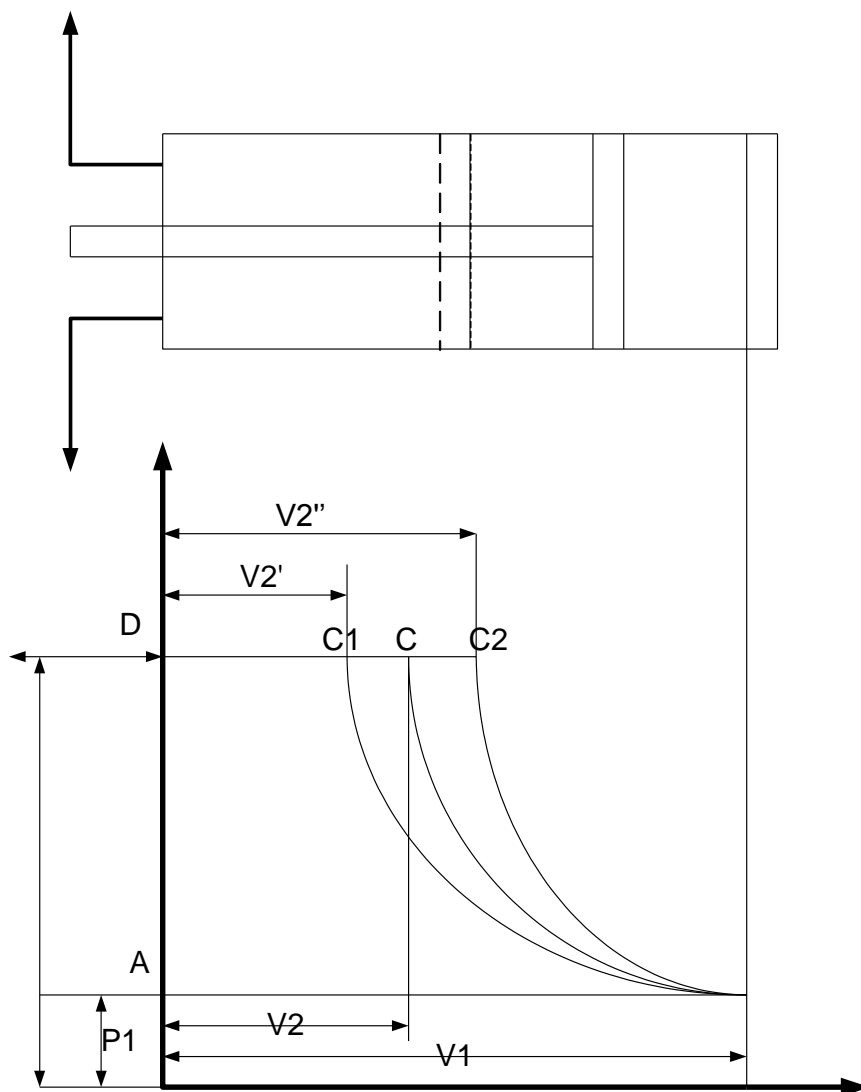
Cấu tạo của máy nén pittông rất giống bơm pittông tác dụng đơn hay tác dụng kép, nghĩa là khí được hút vào, nén lại và đẩy ra nhờ chuyển động tịnh tiến của pittông đặt trong xylanh. Ta xét một máy nén pittông tác dụng kép (hình 12.1). Trong xylanh 1 có pittông 2 chuyển động tịnh tiến, trên pittông có lắp một vành đệm khí (xéc măng) 3, ở mỗi đầu xylanh có hai hộp van. Khi pittông chuyển dịch sang trái thì trong khoảng xylanh bên phải tạo ra chân không, van 4 và 7 mở, van 6 và 9 đóng, khí qua ống hút 5 vào bên phải pittông cùng lúc đó trong khoảng xylanh bên trái khí được nén lại đến áp suất cần thiết đủ để đẩy van 7 mở ra, khí được đẩy vào ống đẩy 8.

Khi pittông chuyển dịch theo chiều ngược từ trái sang phải thì van 7 và van 4 đóng lại, van 6 và van 9 mở ra, phần xylanh bên trái hút khí vào, còn phần xylanh bên phải đẩy khí ra.

Như vậy sau một vòng quay của trục, pittông chuyển dịch sang trái một lần và sang phải một lần, khí được hút vào nén và đẩy ra hai lần. Vị trí biên

của pittông ở hai đầu xylanh gọi là vị trí chết và khoảng không gian giữa pittông khi ở vị trí chết và nắp xylanh gọi là khoảng hại, trị số của khoảng hại này còn phụ thuộc vào cấu tạo của các van và có ảnh hưởng quan trọng trong quá trình làm việc của máy nén.

So sánh với cấu tạo của bơm pittông thì trong máy nén pittông xylanh, các hộp van can phải đảm bảo kín, khít, và do khi bị nén khí tỏa nhiệt nên phải đặt thêm bộ phận làm nguội, nhất là trong trường hợp nén nhiều cấp.



Hình 12.2 Biểu đồ làm việc lý thuyết của máy nén tác dụng đơn

### 12.1.2. Quá trình nén lý thuyết và thực tế

Ta biểu diễn quá trình làm việc của máy nén tác dụng đơn trên đồ thị  $p-V$ . Khi pittông ở vị trí bên trái a (hình 12.2) chuyển về bên phải thì khí được hút vào xylanh theo đường AB với áp suất  $p_1$ . Khi pittông chuyển đến vị trí chết bên phải b thì xylanh đã hút được một thể tích  $V_1$  với áp suất  $p_1$  và nhiệt độ  $t_1$ . Khi pittông bắt đầu chuyển về phía trái thì van hút đóng lại áp suất khí trong

xylanh tăng lên theo đường BC theo quá trình đa biến (nếu là quá trình đẳng nhiệt thì theo đường  $BC_1$ , còn nếu là quá trình đoạn nhiệt thì theo đường  $BC_2$ ). Khi pittông đến vị trí C (hay  $C_1$  hoặc  $C_2$ ) thì áp suất của khí trong xylanh đạt tới trị số  $p_2$  bằng áp suất trong ống và van mở ra, sau đó khi xylanh tiếp tục chuyển động về phía trái thì khí được vào ống với áp suất không đổi  $p_2$  theo đường CD. Đó là quá trình nén lý thuyết, không có khoảng hại.

Trong thực tế quá trình nén khí xảy ra phức tạp hơn nhiều do những nguyên nhân sau này:

Do có khoảng hại nên khi pittông đã đến vị trí chết bên trái a trong xylanh vẫn còn lại một lượng khí với thể tích bằng thể tích khoảng hại và áp suất bằng áp suất nén  $p_2$ . Khi pittông chuyển dịch sang phía phải thì do lượng khí trong khoảng hại giãn ra cho đến khi đạt tới áp suất  $p_1$  (theo đường  $DA'$ ) (hình 12.2) thì van hút mới mở ra được và xylanh mới bắt đầu hút lượng khí mới. Kết quả là lượng khí hút thực tế nhỏ hơn thể tích lý thuyết của xylanh.

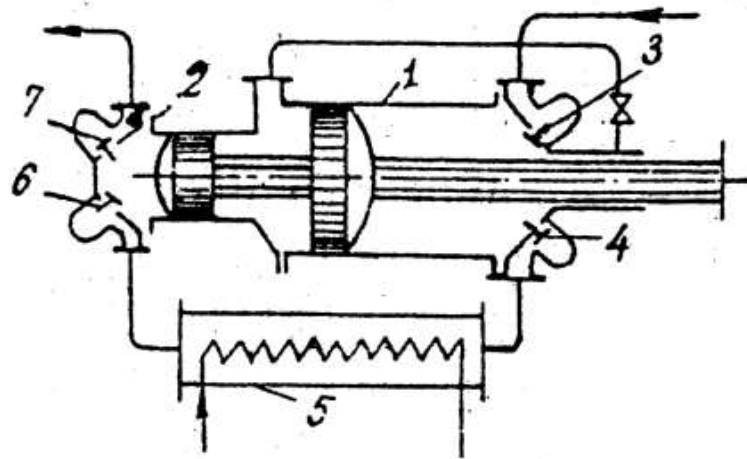
Do ảnh hưởng của lực lỳ ở các van hút và nén nên thực tế phải nén tới áp suất cao hơn  $p_2$  một chút và phải hạ áp suất xuống thấp hơn  $p_1$  một chút thì các van đó mới mở ra được (điểm  $C'$  và  $A'$  trên hình 12.2).

Ngoài ra còn do ảnh hưởng của sức cản thủy lực trên đường ống và các van hút do khi nén nhiệt độ khí tăng lên, do độ ẩm của không khí, do van, xylanh và pittông không thật kín v.v...nên đồ thị của quá trình nén thực tế khác nhiều với nén lý thuyết.

### 12.1.3. Máy nén nhiều cấp

Khi nén một cấp áp suất cuối bị giới hạn trong khoảng 6-8at, vì khi áp suất ở cuối quá trình nén cao quá thì nhiệt độ của thành xylanh cũng tăng lên quá mức cho phép. Ngoài ra khi tăng độ nén lên sẽ giảm hiệu suất thể tích  $\lambda_0$ . Do đó muốn đạt được áp suất cao người ta tiến hành nén nhiều cấp có làm lạnh khí trung gian.

Nguyên tắc làm việc của máy nén hai cấp. Sơ đồ máy nén pittông hai cấp mô tả ở hình 12.3. Máy nén gồm xylanh áp suất thấp 1 và xylanh áp suất cao 2. Khi pittông chuyển động sang trái khí được xylanh 1 qua van 3; khi pittông chuyển động theo chiều ngược lại, khí được nén lại và đẩy ra khỏi bậc áp suất thấp qua van 4, đi qua bộ phận làm nguội trung gian 5 rồi được xylanh áp suất cao 2 qua 6. Sang chu kỳ chuyển động sau của pittông, xylanh 1 hút mẻ khí mới, xylanh 2 nén khí đến áp suất cao và đẩy qua van 7 vào ống đẩy.



Hình 12.3. Sơ đồ máy nén nhiều cấp

Đồ thị làm việc của máy nén ba cấp lý thuyết mô tả trên hình 12.3 Quá trình hút ở bậc 1 biểu diễn bằng đoạn thẳng ab còn quá trình nén từ  $p_1$  đến  $p_2$  – đoạn cong bc. Làm nguội sau bậc 1 ở áp suất không đổi  $p_2$  được biểu diễn bằng đoạn thẳng cd. Tương tự như vậy đối với các bậc 2,3 ta cũng có những đoạn biểu diễn, tương ứng cuối cùng ta được đường gãy khúc a b c d e f g h i biểu diễn cho quá trình nén trong máy nén ba cấp. Đồ thị chỉ cho ta thấy rằng trong máy nén nhiều cấp công tiêu tốn nhỏ hơn trong trường hợp một cấp rất nhiều nếu cùng một giới hạn áp suất. Lượng công tiết kiệm được khi nén nhiều cấp so với nén một cấp được biểu thị bằng diện tích gạch chéo trên đồ thị. Do tiến hành làm nguội trung gian sau mỗi cấp nên quá trình gần với quá trình đẳng nhiệt (đường cong bh) và càng nhiều cấp càng tiết kiệm được nhiều công, nhưng nếu tăng số cấp lên quá nhiều thì thiết bị rất phức tạp và đắt nên trong thực tế số cấp không vượt quá 6.

Tỉ số nén trong một cấp của máy nén nhiều cấp. Số cấp phụ thuộc vào tỉ số nén ép, nếu ta biết trị số áp suất  $p_1$  và  $p_n$  và chấp nhận tổn thất áp suất giữa các bậc bằng nhau thì ta có thể tìm được tỉ số nén trong mỗi cấp bằng:

$$x = \Psi_n \sqrt[n]{\frac{p_n}{p_1}}$$

Trong đó:  $\Psi = 1,1 \div 1,15$  – hệ số tổn thất áp suất giữa các bậc;

$P_n, p_1$  – áp suất cuối và áp suất đầu

Khi cho trước giá trị của  $x$  và  $\Psi$  thì từ phương trình ta tìm được số cấp bằng:

$$n = \frac{\lg p_n - \lg p_1}{\lg x - \lg \Psi}$$

Có thể chấp nhận  $x=2,5 \div 3,5$

Trong thực tế số cấp của máy nén phụ thuộc vào tỷ số  $\frac{p_n}{p_1}$  và bằng:

Tỷ số nén $\frac{p_n}{p_1}$ :	5	10	80	120	>120
Số cấp máy nén	1	2	3	4	5÷6

Năng suất và công suất của máy nén.

Năng suất của máy nén một cấp trong một phút bằng:

$$V_M = \lambda i \frac{\Pi d^2}{4} sn, [m^3/s];$$

d- đường kính của pittông, m;

s- chiều dài khoảng chạy của pittông, m;

n- số vòng quay của trục trong một phút, Vg/s;

i- số lần hút sau một vòng quay của trục

Công suất tiêu thụ của máy nén tác dụng đơn:

Tính công suất lý thuyết của máy nén tác dụng đơn theo công thức:

$$N = \frac{GL}{1000}, [KW];$$

Trong đó: G – lượng khí được hút, kg/s;

L – công lý thuyết để nén 1kg khí tính theo một trong các công thức trên, J/kg.

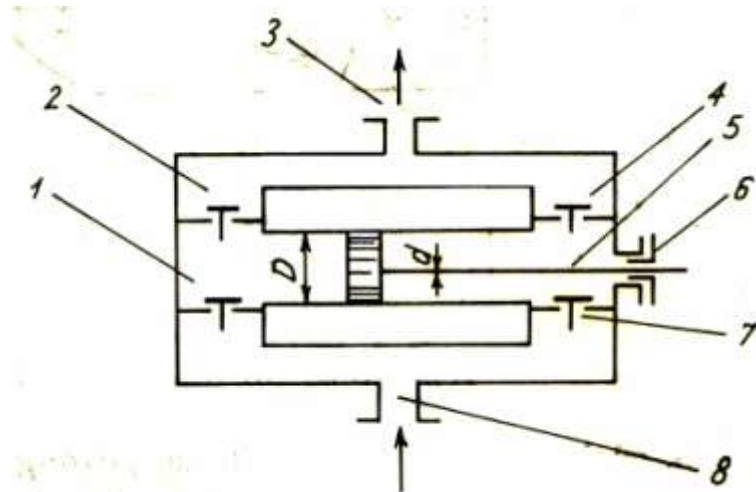
### 12.1.3. Cấu tạo máy nén pittông

Có thể phân loại máy nén pittông theo nhiều cách:

- Theo số cấp phân chia ra: một cấp, hai cấp, nhiều cấp
- Theo cách sắp xếp vị trí của trục xylanh: nằm ngang, thẳng đứng, chữ V, W, hình sao...
- Theo cấu tạo của xylanh: tác dụng đơn hay kép.
- Theo phương pháp dẫn động: dùng động cơ điện hay máy hơi nước.
- Theo năng suất: cỡ nhỏ dưới  $10m^3/ph$ , cỡ trung bình  $10 \div 30m^3/ph$ , cỡ lớn trên  $30m^3/ph$ .

- Theo áp suất nén: áp suất thấp dưới 10at, áp suất trung bình 10÷80at, áp suất cao trên 80÷100at
- Theo mục đích sử dụng: máy nén không khí, ôxy, NH<sub>3</sub>...

Cấu tạo máy nén một cấp. Loại này dùng để cung cấp khí hay không khí với một lượng lớn và áp suất tương đối nhỏ (5÷7at) cấu tạo có thể là loại tác dụng đơn hay kép đặt nằm ngang hay thẳng đứng.



1, 7 van hút ; 2,4 van đẩy ; 3,8 cửa đẩy và cửa hút của bơm ;5. cán pittông;  
6.hộp chèn

Hình 12.4 Sơ đồ máy nén tác dụng kép

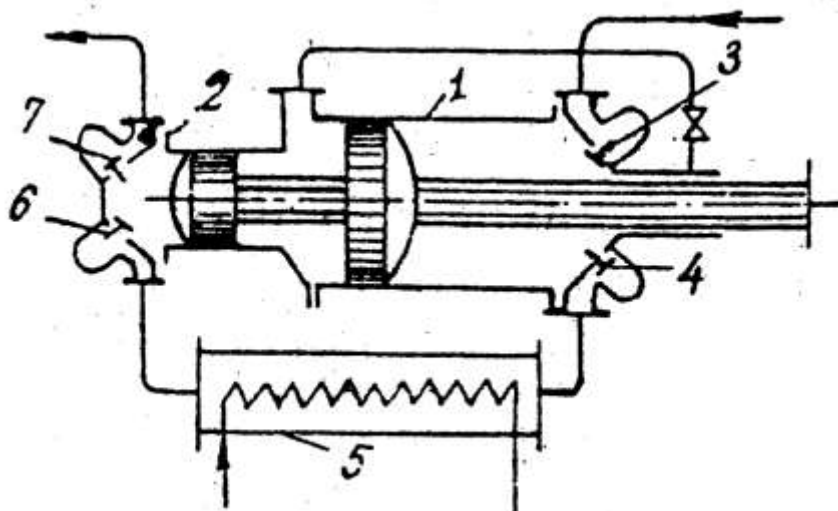
Loại tác dụng đơn nằm ngang truyền động bằng cơ cấu tay biên quay (hình 12.4). Cấu tạo gần giống như bơm pittông, cũng gồm một xylanh trong có pittông chuyển động qua lại và một van hút, một van đẩy. Khác với bơm pittông là xylanh có vỏ bọc ngoài để làm nguội bằng nước hay dầu hoặc vỏ có gân để làm nguội bằng không khí.

Máy nén tác dụng kép loại nằm ngang thường có năng suất từ 10÷60 m<sup>3</sup>/ph, còn với năng suất lớn hơn từ 60÷100m<sup>3</sup>/ph thì dùng máy nén tác dụng kép loại nằm ngang (hai xylanh bố trí song song nhau), số vòng quay của loại nằm ngang thường nhỏ, chỉ khoảng 100÷200vòng/phút.

Máy nén tác dụng đơn loại thẳng đứng có thể có từ một đến bốn xylanh có năng suất từ 0,5÷40 m<sup>3</sup>/ph.

Loại thẳng đứng thường có số vòng quay lớn hơn (n=200÷500vòng/phút) kích thước gọn gàng hơn loại nằm ngang, bào mòn do ma sát của pittông với xylanh ít và đều đặn mọi phía hơn. Vì vậy loại thẳng đứng ngày càng được dùng phổ biến hơn.

Trong các máy nén pittông tác dụng kép để chống ảnh hưởng của khoảng hại có thể dùng phương pháp cân bằng. Theo phương pháp này các vị trí chết ở hai đầu xylanh người ta đục những rãnh nhỏ để thông hai phía của xylanh với nhau. Khi đó áp suất ở hai phía của xylanh cân bằng nhau và do thể tích khoảng hại nhỏ so với thể tích xylanh nên sau khi cân bằng áp suất trong khoảng hại hạ xuống gần bằng áp suất hút, khi đó áp suất bên phía hút tăng lên không đáng kể.



- 1.xylanh áp suất thấp; 2.xy lanh áp suất cao;  
3,6 van hút; 4,7 van đẩy; 5.làm lạnh trung gian

Hình 12.5 Sơ đồ máy nén nhiều cấp

Cấu tạo máy nén nhiều cấp. Máy nén nhiều cấp có thể có nhiều cách bố trí các xylanh: hoặc bố trí trên một trục hoặc bố trí các xylanh song song nhau. Máy nén nhiều cấp nằm ngang thường chuyển động chậm (số vòng quay  $n=80\div 300$ vòng/phút) và được nối với động cơ điện bằng bộ truyền dây đai. Máy nén thẳng đứng chuyển động nhanh hơn ( $n=300\div 350$ vòng/phút hay hơn nữa) hoặc lắp trực tiếp với động cơ điện hoặc dùng dây đai.

Trong công nghiệp hoá học dùng khá phổ biến loại máy nén nhiều cấp nằm ngang với áp suất cao ( $> 300at$  và năng suất khá lớn  $\sim 10000m^3/h$ ).

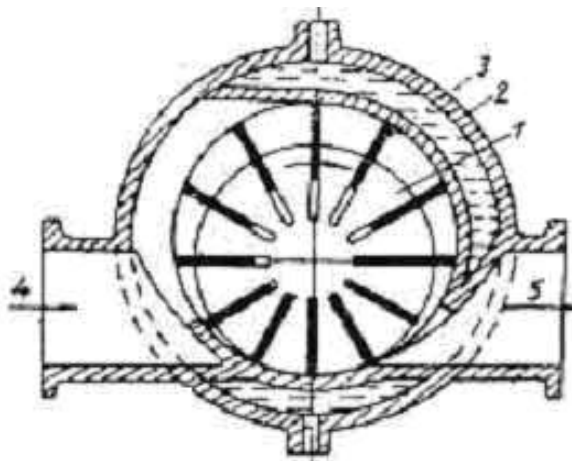
Các xylanh được bố trí thành dãy cân đối, ở giữa là bộ phận dẫn động, mỗi xylanh đều có thiết bị làm nguội bằng nước.

## 12.2. MÁY NÉN VÀ THỞ KHÍ KIỂU RÔTÔ

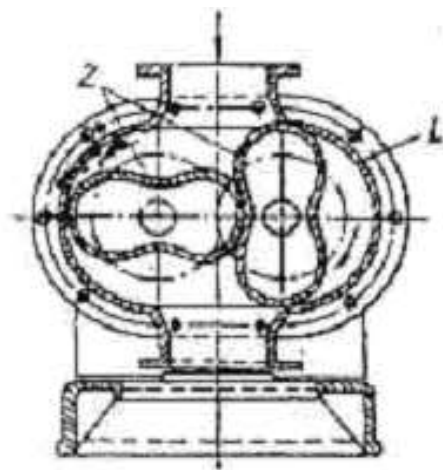
Do máy nén pittông có nhược điểm là pittông chuyển động tịnh tiến, có lực quán tính hạn chế vận tốc chuyển động của pittông cũng như số vòng quay, do đó không cho phép lắp trực tiếp với động cơ điện. Ngoài ra máy nén

pittông công kênh đòi hỏi nền móng chắc, lại cung cấp không đều nên người ta nghiên cứu chế tạo các loại máy nén khác tránh được những nhược điểm trên như máy nén và thổi khí kiểu rôto có tấm trượt, kiểu rôto có pittông chất lỏng kiểu guồng quay v.v... các loại máy này cũng như máy nén pittông đều thuộc loại máy nén thể tích. Nguyên tắc chung cho các loại này là có những rôto quay tạo thành những khoảng không gian kín trong đó có khu vực hút khí vào và nén khí ra. Trong thời gian gần đây các loại máy này được dùng rộng rãi trong công nghiệp hoá học để cung cấp và nén không khí, các khí khác với năng suất đến  $100\text{m}^3/\text{ph}$ , áp suất tới 4at, nếu nén hai cấp có làm nguội trung gian thì có thể đạt tới 8at.

Máy nén và thổi khí kiểu cánh trượt: Cấu tạo và nguyên tắc làm việc giống bơm cánh trượt, chỉ khác ở chỗ có vỏ nước làm nguội (hình 16.6). Gồm rôto hình trụ 1 lắp lệch tâm trong vỏ 2 có nước làm nguội. Trên rôto có nhiều rãnh để các tấm 3 chuyển động tự do theo phương bán kính. Khi rôto quay các tấm này trượt theo rãnh và quét trên mặt trong của vỏ tạo thành những buồng kín có thể tích thay đổi: lúc đầu lớn dần lên hút khí qua ống hút rồi nhỏ dần đi để nén khí lại và đẩy khí vào ống đẩy 5. Loại này có năng suất tới  $160\div 4000\text{m}^3/\text{h}$  với áp suất từ  $5\div 15\text{at}$ . Ưu điểm là cấu tạo gọn, làm việc đều đặn nhưng yêu cầu chế tạo chính xác, khó thao tác, tổn thất áp suất lớn do các bộ phận không khí.



Hình 12.6. Máy nén và thổi khí kiểu cánh trượt  
1. rôto; 2. vỏ; 3. tấm trượt;  
4. cửa khí vào; 5. cửa khí ra



Hình 12.7 Máy nén và thổi khí kiểu 2 guồng quay  
1. vỏ; 2. guồng

Máy thổi khí kiểu hai guồng quay: Nguyên tắc gần giống như bơm răng khĩa. Gồm vỏ gang 1 trong có hai guồng bằng gang hình củ lạc 2 quay trên hai trục đặt song song (hình 12.7). Khi quay hai guồng đó tiếp xúc sát nhau và sát vào vỏ, tạo thành những khoảng không gian kín, qua đó hút và đẩy khí. Ưu điểm loại này là cấu tạo đơn giản, năng suất có thể thay đổi trong giới hạn rộng từ  $2\div 800\text{m}^3/\text{ph}$ , áp suất đạt 0,8at.

Nói chung các loại máy nén và thổi khí kiểu rôto có ưu điểm là cung cấp khí đều đặn, không phụ thuộc sự thay đổi trở lực trong mạng ống, thay đổi năng suất bằng cách thay đổi số vòng quay, không có van, cấu tạo gọn, giá thành chế tạo và chi phí vận hành nhỏ. Nhược điểm là phải lắp ráp thật chính xác và vận hành cẩn thận.

### 12.3. QUẠT

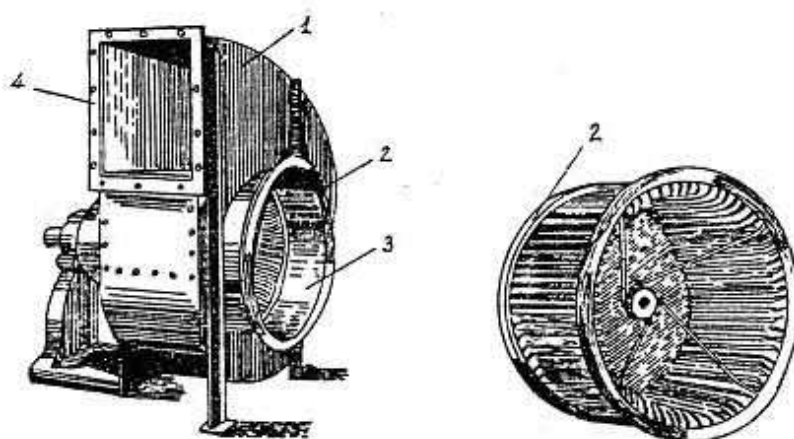
Quạt là thiết bị vận chuyển khí trực tiếp từ nơi này đến nơi khác có áp suất như nhau theo các đường dẫn hay các ống dẫn.

Có 2 loại quạt chính: quạt ly tâm và quạt hướng trục (hay chong chóng).

Trong công nghiệp được sử dụng rất nhiều trong việc thông gió, hấp thu...

#### 12.3.1. Quạt ly tâm

Quạt ly tâm thường được sử dụng để hút và đẩy một lượng lớn không khí với áp suất thấp.



1.vỏ; 2.guồng; 3.cửa khí vào; 4.cửa khí ra

Hình 12.8 Quạt ly tâm

Quạt ly tâm được sử dụng rộng rãi là loại Xirocco (hình 12.8) có cấu tạo gồm vỏ có dạng xoắn ốc 1 làm bằng thép và guồng động 2 quay trong vỏ. Guồng động gồm nhiều cánh ngắn uốn cong, một đầu cánh được hàn vào đĩa gắn với bạc của guồng động, đầu kia hàn vào vòng ngoài và nối với đĩa bằng

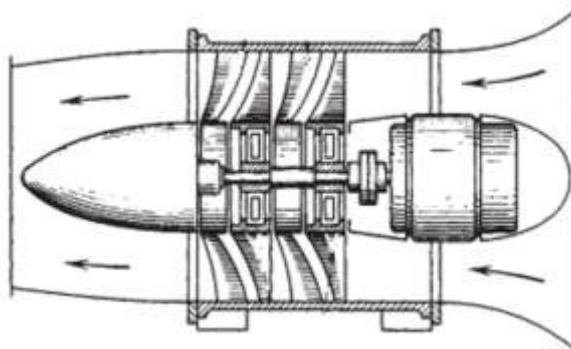
các thanh dằng để tăng thêm độ cứng cho kết cấu. Khí được hút qua ống 3 và đẩy ra xa với áp suất bé qua ống đẩy 4.

Dựa vào áp suất ta chia quạt ly tâm thành 3 loại:

- Quạt ly tâm áp suất thấp:  $6 \div 100 \text{mmH}_2\text{O}$
- Quạt ly tâm áp suất vừa:  $100 \div 200 \text{mmH}_2\text{O}$
- Quạt ly tâm áp suất cao:  $200 \div 1000 \text{mmH}_2\text{O}$  và cao hơn.

Khi vận chuyển các khí có tính hoạt động hóa học thì các bộ phận của quạt thường được bảo vệ bằng lớp phủ đặc biệt như lót chì hoặc chế tạo quạt bằng các vật liệu bền với axit.

### 12.3.2. Quạt hướng trục (chong chóng)



Hình 12.9. Quạt hướng trục

Quạt hướng trục thường được dùng trong trường hợp vận chuyển một lượng lớn khí có áp suất rất nhỏ ( $< 25 \text{mmH}_2\text{O}$ ).

Cấu tạo quạt hướng trục gồm guồng động làm bằng một số cánh gắn vào bạc theo phương hướng tâm và vỏ bao lấy guồng động. Guồng động thường được gắn trực tiếp với động cơ.

## Bài 13

### PHÂN RIÊNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP LẮNG

Mã bài: QTTB 13

#### Giới thiệu

Trong sản xuất thường gặp các hệ không đồng nhất (bụi, huyền phù, nhũ tương, v.v...) đòi hỏi phải xử lý phân riêng. Tách riêng từng pha từ các hệ không đồng nhất có thể tiến hành bằng nhiều phương pháp khác nhau. Trong chương này đề cập đến phương pháp lắng.

Bụi là hệ có pha phân tán là rắn (hạt bụi), pha liên tục là khí.

Nhũ tương là hệ có pha phân tán là lỏng không tan lẫn còn pha liên tục là lỏng. Các nhũ tương thường có kích thước rất nhỏ ( $d \leq 0.4 \div 0.5 \mu\text{m}$ ). Hệ nhũ tương thường gặp nhiều trong quá trình sản xuất như: trong chế biến dầu mỏ, tổng hợp hữu cơ, khai thác chế biến dầu thực vật, tinh dầu, dược liệu và dược phẩm, mỹ phẩm.

Huyền phù là hệ có pha phân tán là rắn, pha liên tục là lỏng. Các huyền phù có kích thước hạt rắn  $d \geq 100\mu\text{m}$  được gọi là huyền phù thô;  $d=0.5 \div 100\mu\text{m}$  gọi là huyền phù mịn;  $d=0.5 \div 0.1\mu\text{m}$  là nước đục.

Lắng là phương pháp phân riêng dựa vào sự khác nhau về khối lượng riêng và kích thước của hai pha dưới tác dụng của trường lực. Trong sản xuất người ta thường áp dụng các trường lực như: trường trọng lực, trường lực li tâm, trường tĩnh điện.

#### Mục tiêu thực hiện

Học xong bài này sinh viên có khả năng

- Mô tả nguyên lý hoạt động của thiết bị lắng.
- Thực hiện được một quá trình lắng

### 13.1. LẮNG TRONG TRƯỜNG TRỌNG LỰC

#### 13.1.1. Xác định tốc độ lắng

Lắng tự do của một tập hợp hạt đồng nhất, ổn định là trong quá trình lắng các hạt cạnh không thay đổi hình dạng, kích thước, không va chạm vào nhau, vào thành bình. Để đạt trạng thái này, ta nghiên cứu quá trình rơi của một hạt cạnh hình cầu. Trong môi trường lưu chất tĩnh, tại thời điểm ban đầu tốc độ rơi của hạt bằng không. Dưới tác dụng của trọng lực  $P$  hạt rơi xuống với tốc độ tăng dần, đồng thời lúc đó bắt đầu xuất

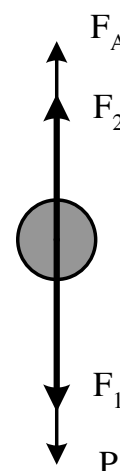
hiện lực cản  $S_2$  của môi trường với bề mặt của hạt.

Xét một hạt hình cầu có khối lượng  $m$ , đường kính hạt là  $d$  như hình H.3.1, chuyển động trong môi trường lưu chất. Hạt chịu tác dụng bởi các lực như sau:

Trọng lực:  $P = \rho_h \cdot V_h \cdot g$

Lực đẩy Arsimet:  $S_A = \rho \cdot V_h \cdot g$

$$\text{Lực cản: } S_2 = \xi \cdot F \frac{\rho w^2}{2} \quad (13.1)$$



Hình 13.1: Hạt hình cầu

Trong đó:

$\rho_h, \rho$  – Khối lượng riêng của hạt và lưu chất,  $\text{kg/m}^3$

$V_h$  – thể tích của hạt,  $\text{m}^3$

$\xi$  - hệ số trở lực, phụ thuộc vào chế độ chảy và hình dáng hạt

$F$  – tiết diện lớn nhất của hạt theo phương vuông góc với hướng chuyển động,  $\text{m}^2$

$w$  – vận tốc của hạt,  $\text{m/s}$

Tại thời điểm ban đầu, hạt chưa chuyển động thì trở lực bằng không  $S_2=0$ . Lúc đó

$$S_1 = P - S_A = V_h(\rho_h - \rho)g \quad (13.2)$$

Với hạt cặn có kích thước không đổi, tốc độ rơi của hạt đó sẽ biến đổi theo thời gian tính từ thời điểm hạt bắt đầu rơi. Khi hạt chuyển động,  $S_2 \neq 0$  và tăng dần đến khi  $S_2 = S_1$  thì hạt đạt trạng thái cân bằng:  $w = w_0 = \text{const}$ . Lúc đó hạt lắng xuống với tốc độ không đổi là  $w_0$  gọi là vận tốc lắng. Giai đoạn từ lúc hạt bắt đầu rơi tới lúc có vận tốc lắng không đổi xảy ra rất nhanh (0.2÷0.5 giây) và được coi như không đáng kể so với tổng thời gian lắng.

Với hạt hình cầu thì:  $V_h = \frac{\pi d^3}{6}$ ;  $F = \frac{\pi d^2}{4}$ . Phương trình (13.1) và (13.2)

trở thành:

$$S_2 = \xi \frac{\pi}{8} \rho \cdot d^2 \omega^2 \quad ; \quad S_1 = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_h - \rho) g$$

$F_1 = F_2$  và  $\omega = w_0$  suy ra

$$w_0 = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{gd(\rho_h - \rho)}{\rho \xi}}, \text{ m/s} \quad (13.3)$$

Đây là công thức tổng quát để xác định tốc độ lắng của hạt. Ở đây cần phân biệt tốc độ lắng  $w_0$  và tốc độ cân bằng  $w_c$ : tốc độ lắng là tốc độ rơi đều của hạt trong môi trường lưu chất đứng yên, còn tốc độ cân bằng là tốc độ chuyển động của dòng lưu chất để đưa hạt vào trạng thái lơ lửng.

Tốc độ lắng phụ thuộc vào kích thước và đặc tính lưu chất cũng như phụ thuộc vào chế độ chảy. Chế độ chảy được đặc trưng bằng chuẩn số Reynolds

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot w_0 \cdot d}{\mu} = \frac{w_0 \cdot d}{\nu} \quad (13.4)$$

Trong đó:

$\rho$ -khối lượng riêng môi trường lưu chất,  $\text{kg/m}^3$

$\mu, \nu$ -độ nhớt động lực học và độ nhớt động học của lưu chất

Đối với chế độ lắng dòng:  $\text{Re} < 0,2$ ;  $\xi = \frac{24}{\text{Re}}$ , thì sức cản của môi trường tuân theo định luật Stoke, nên người ta gọi là quá trình lắng theo Stoke.

Thay  $\xi=24/\text{Re}$  và công thức (13.4) vào phương trình (13.3) ta được công thức tính tốc độ lắng:

$$w_0 = \frac{d^2 (\rho_h - \rho) g}{18\mu}, \text{ m/s} \quad (13.5)$$

Đối với chế độ lắng quá độ:  $0,2 < \text{Re} < 500$ ,  $\xi = \frac{18,5}{\text{Re}^{0,6}}$ , ta có phương trình Alen:

$$w_0 = 0,152 \frac{d^{1,14}}{\mu^{0,43} \cdot \rho^{0,28}} (\rho_h - \rho) g \quad (13.6)$$

Đối với chế độ chảy rối:  $500 < \text{Re} < 150.000$ ,  $\xi=0,44=\text{const}$ , khi đó tốc độ lắng được tính theo công thức:

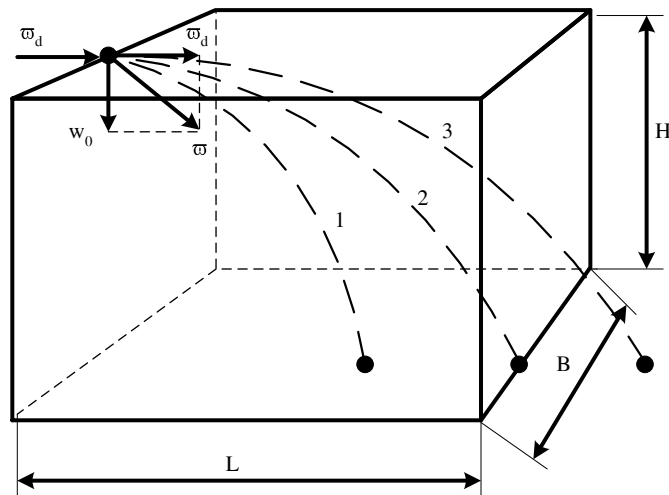
$$w_0 = \frac{d (\rho_h - \rho) g}{0,33\rho} \quad (13.7)$$

### 13.1.2. Xác định năng suất của thiết bị lắng

Xét một không gian kín của khối lập phương có chiều dài L, chiều rộng B và chiều cao H, thể tích là L.B.H. Dòng chảy của hỗn hợp vào thiết bị với tốc độ dòng  $w_d$ . Giả sử một phần tử của pha phân tán cũng chuyển động theo

dòng với cùng vận tốc  $w_d$ .

Khi vào không gian kín, với giá trị thích hợp của tốc độ dòng  $w_d$  thì phần tử hạt chịu tác dụng của lực trọng trường và rơi với tốc độ  $w_0$ . Kết quả là các phần tử pha phân tán chuyển động với tốc độ  $w$ . Do đó, khi dòng chảy đi hết chiều dài  $L$ , thì hạt cũng rơi hết chiều cao lắng  $H$  và lắng lại trên diện tích  $F=B.L$  gọi là bề mặt lắng đồng thời pha liên tục đi thẳng ra khỏi phòng lắng.



Hình 13.2: Hạt hình cầu lắng trong phòng lắng

Thời gian hạt đi hết chiều dài  $L$  của phòng lắng được gọi là thời gian lưu và được xác định theo công thức:

$$\tau = \frac{L}{w_d} \quad (13.8)$$

Thời gian hạt đi hết chiều cao  $H$  (chiều cao lắng) của phòng lắng gọi là thời gian lắng, được xác định theo công thức:

$$\tau_0 = \frac{H}{w_0} \quad (13.9)$$

Để quá trình lắng xảy ra, nghĩa là pha phân tán phải nằm lại trên bề mặt lắng (quĩ đạo số 1) thì điều kiện cần thiết là:  $\tau \geq \tau_0$  hay

$$H \leq L \frac{w_0}{w_d} \quad (13.10)$$

Như vậy điều kiện tối thiểu để xảy ra quá trình lắng là (quĩ đạo số 2):  $\tau = \tau_0$  hay

$$\tau = \frac{H}{w_0} = \frac{L}{w_d} \quad \Rightarrow \quad H = L \frac{w_0}{w_d}$$

Gọi  $Q$  ( $m^3/s$ ) là năng suất thiết bị lắng. Khi đó:

$$Q=B.H.w_d=B.L.w_0=F.w_0 \quad (13.11)$$

Như vậy, năng suất thiết bị lắng chỉ phụ thuộc vào diện tích lắng  $F$  và vận tốc lắng  $w_0$  mà không phụ thuộc vào chiều cao lắng  $H$ .

Trên đây ta mới chỉ nghiên cứu hiện tượng lắng tự do của một hạt hình cầu ở trạng thái tĩnh. Sự lắng của một tập hợp hạt đồng nhất, ổn định chỉ khác ở trên là có nhiều hạt cùng lắng. Do các hạt đồng nhất nên tốc độ lắng của các hạt là như nhau và không đổi trong quá trình lắng (bỏ qua sự va chạm giữa các hạt). Với cách lập luận trên thì mọi tính toán quá trình lắng một tập hợp hạt tương tự quá trình lắng của một hạt.

### 13.2. THIẾT BỊ LẮNG

Chế tạo các thiết bị lắng là tạo các điều kiện thuận lợi để các phần tử pha phân tán chuyển động nhanh hơn và tách ra khỏi pha liên tục. Để giảm thời gian lắng, người ta thường kết hợp các phương pháp sau:

Cho dòng chảy chuyển động với một vận tốc thích hợp vì nếu để yên dung dịch huyền phù ở trạng thái tĩnh, dưới tác dụng của trọng lực các hạt rắn chuyển động xuống dưới với vận tốc lắng  $w_0$  do đó năng suất thấp, thời gian lâu, thiết bị khổng lồ chiếm nhiều diện tích.

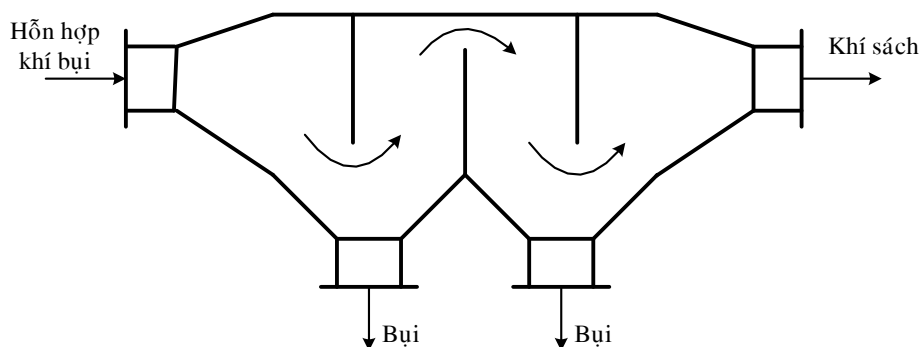
Thay đổi hướng cũng như phương của dòng chảy nhằm làm tăng thời gian lưu của pha phân tán trong thiết bị cũng như tạo ra lực quán tính để tăng cường quá trình lắng.

Giảm chiều cao lắng là phương án quan trọng nhất để giảm thời gian lắng và tăng tốc độ lắng

Trong quá trình thiết kế thì phải luôn chú trọng đến khâu lấy bùn.

#### 13.2.1. Thiết bị lắng hệ bụi (khí bụi)

Hỗn hợp khí bụi chuyển động vào thiết bị, sau khi đi hết quãng đường  $L$ , khí trở nên sạch hơn và được tháo ra ngoài còn bụi được tháo ra bên dưới.



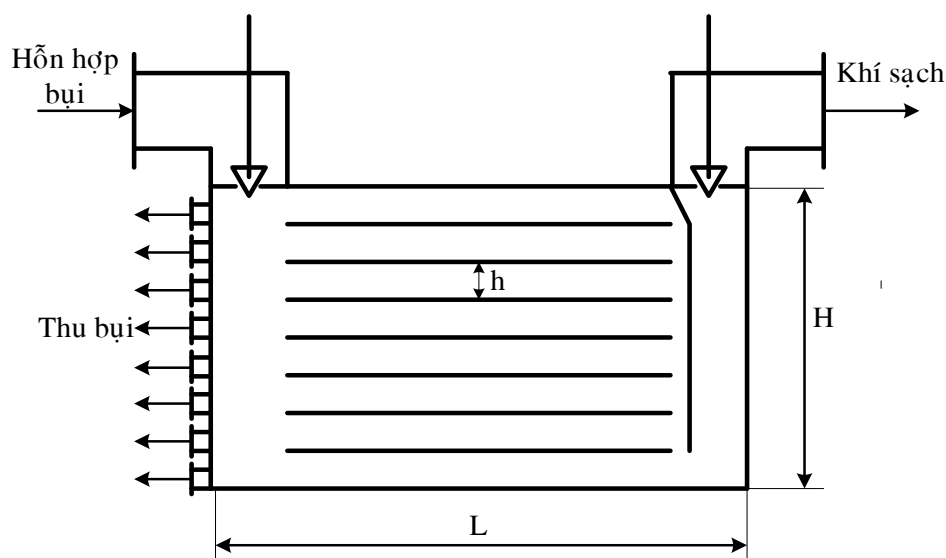
Hình 13.3: Thiết bị lắng hệ bụi

Thiết bị này kết hợp việc thay đổi hướng của dòng chảy để tăng thời gian lưu, tạo lực quán tính.

Đây là thiết bị có năng suất lớn, đơn giản, tháo cặn dễ nhưng không kênh, hiệu suất thấp. Để khắc phục nhược điểm này người ta tạo ra thiết bị lắng nhiều ngăn như hình 13.3.

Thiết bị này có một ưu điểm rất lớn là giảm được chiều cao lắng. Nếu không có tấm ngăn thì chiều cao lắng là  $H$ , nghĩa là hạt rắn phải đi hết chiều cao  $H$  mới đọng sàn lắng. Trong khi đó khi có tấm ngăn thì chiều cao lắng là khoảng cách giữa hai tấm ngăn, giảm đi rất nhiều so với khi chưa có tấm ngăn.

Thiết bị này có nhược điểm là việc tháo cặn khó khăn. Để tháo cặn, người ta dùng khí với áp lực lớn thổi ngược lại (đóng van đầu vào) và thu bụi bên hông như hình 13.4.



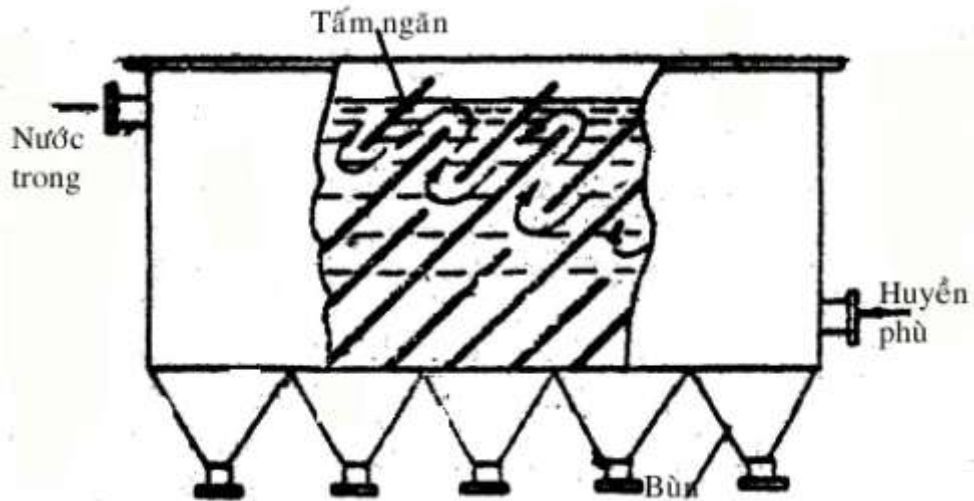
Hình 13.4: Thiết bị lắng hệ bụi nhiều tầng

### 13.2.2. Thiết bị lắng huyền phù (hệ lỏng-rắn)

#### a. Thiết bị lắng bán liên tục

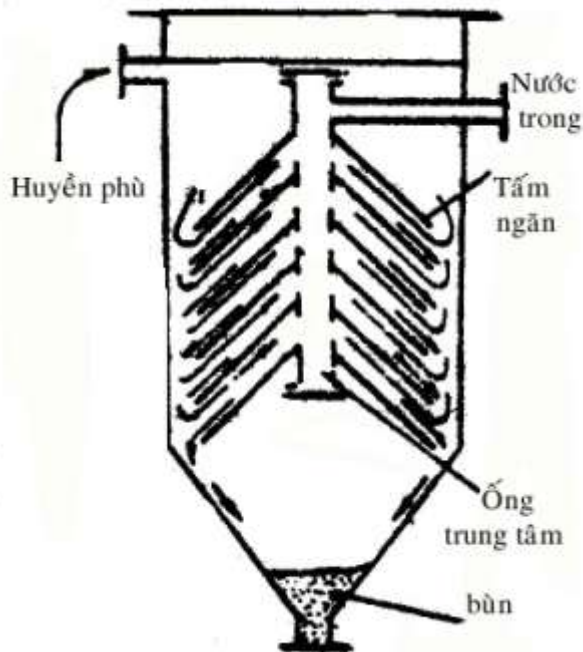
Các khâu nhập liệu và tháo nước trong đều được thực hiện liên tục còn lấy cặn thì được lấy ra theo chu kì. Người ta đưa huyền phù vào thiết bị, bên trong thiết bị có đặt các tấm ngăn nằm nghiêng một góc khoảng  $45 - 60^\circ$  nhằm làm giảm chiều cao lắng, tăng thời gian lưu, tạo lực quán tính, đồng thời giúp việc tháo cặn được đơn giản hơn.

Thiết bị gián đoạn bất lợi, năng suất thấp, thời gian lâu và thiết bị chiếm nhiều diện tích.



Hình 13.5: Tấm nghiêng trong thiết bị lắng bán liên tục

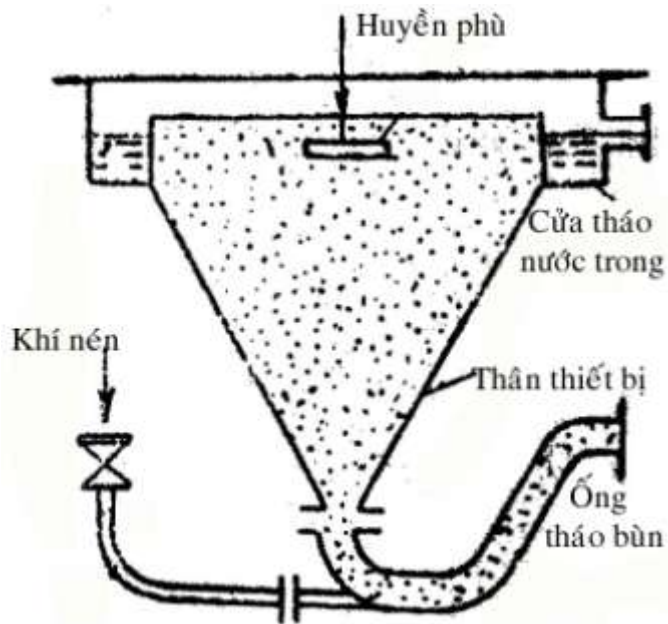
Thiết bị ở hình 3.6 có ưu điểm là năng suất lớn, thiết bị gọn hơn, chiếm ít diện tích. Bề mặt lắng được tạo ra bằng cách xếp các tấm nghiêng hình chóp chồng lên nhau. Huyền phù vào trong thiết bị theo các rãnh giữa hai chóp, lúc này chiều cao lắng giảm đi đáng kể và pha phân tán lắng trên bề mặt chóp và trượt xuống dưới. Nước trong theo ống tâm đi ra ngoài.



Hình 13.6: Thiết bị lắng huyền phù loại đứng

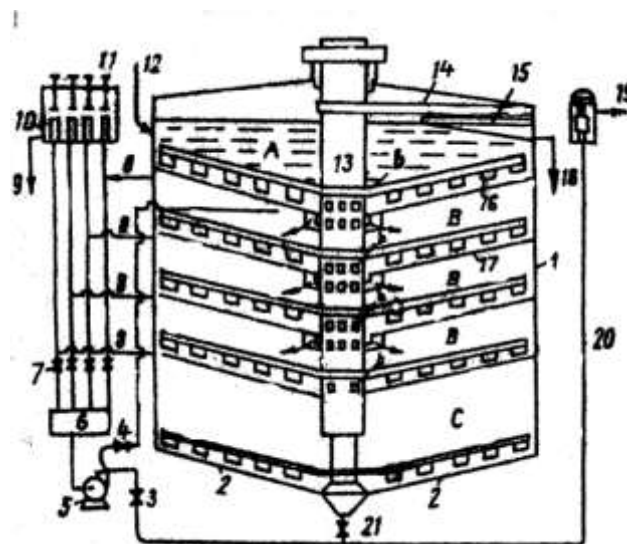
Hình 13.7 cũng là thiết bị lắng bán liên tục nhưng việc tháo cặn được dùng khí nén nên dễ dàng hơn. Tuy nhiên phương pháp này tốn nhiều chi phí hơn (chi phí đầu tư ban đầu và chi phí vận hành).

Các thiết bị này vẫn còn một nhược điểm là việc tháo cặn vẫn còn gián đoạn.



Hình 13.7: Thiết bị lắng tháo cặn bằng khí nén

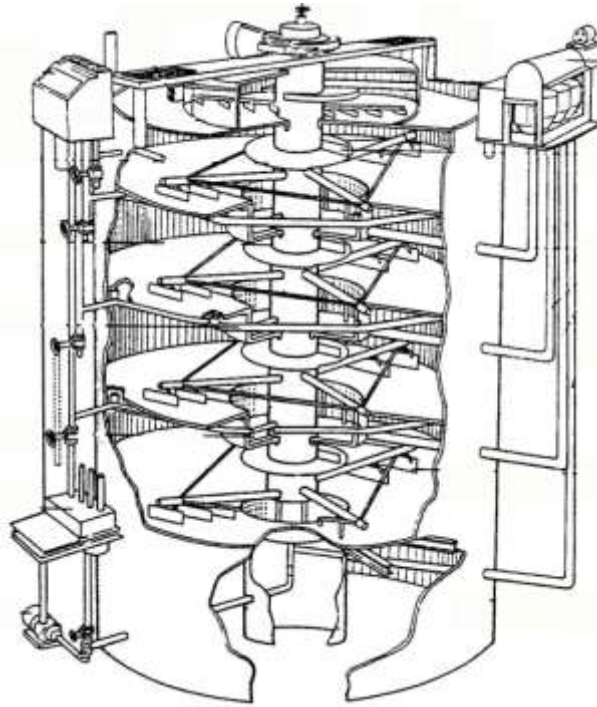
### b. Thiết bị lắng liên tục



Hình 13.8a: Thiết bị lắng nhiều tầng làm việc liên tục

Trong trường hợp này việc nhập liệu, thu nước trong và tháo cặn được thực hiện một cách liên tục. Như vậy so với các thiết bị bán liên tục, người ta đã cơ giới hóa việc tháo cặn bằng cách dùng cào gạt để lấy bùn ra.

Thiết bị lắng liên tục nhiều tầng là thiết bị hình trụ. Huyền phù được nhập liệu vào trung tâm ở độ sâu từ 0,3÷1m so với mặt thoáng chất lỏng. Bã lắng xuống sàn của mỗi tầng được cào dồn vào tâm và chứa trong hộp đựng bã nhờ bộ phận cánh gạt bùn chuyển động thông qua mô tơ. Nước trong được lấy ra từ đỉnh của mỗi tầng.



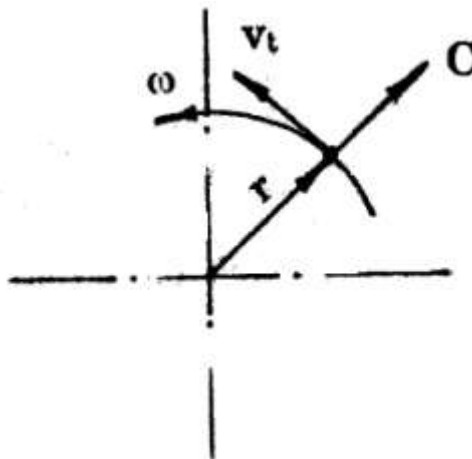
Hình 13.8b: Thiết bị lắng nhiều tầng làm việc liên tục

### 13.3. LẮNG TRONG TRƯỜNG LỰC LY TÂM

#### 13.3.1. Trường lực ly tâm và tốc độ lắng

Một vật khối lượng  $m$ , quay quanh tâm  $O$  với tốc độ góc  $\omega$  và cách  $O$  một khoảng  $r$  thì sinh ra một lực ly tâm:

$$C = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (13.12)$$



Hình 13.9: Nguyên tắc tạo lực ly tâm

Trong kỹ thuật phân riêng, người ta thường sử dụng 2 phương pháp để tạo trường lực ly tâm:

Cho dòng chảy của hỗn hợp quay xung quanh đường tâm cố định, theo phương pháp này người ta tạo ra thiết bị gọi là cyclôn.

Cho thùng hình trụ quay xung quanh đường tâm của nó, theo phương pháp này thiết bị lắng gọi là máy ly tâm.

Quá trình lắng phân riêng được quyết định bởi độ lớn của tốc độ lắng. Để đánh giá độ lớn của trường lực ly tâm, người ta so sánh lực ly tâm với lực trọng trường, tỉ số đó gọi là chuẩn số Frude:

$$Fr = \frac{C}{G} = \frac{m\omega^2 r}{mg} = \frac{\omega^2 r}{g} = \phi \quad (13.13)$$

Trong đó:

$G=mg$  là trọng lực

$\phi$ -yếu tố phân ly

$\omega=2\pi n$  – vận tốc góc, rad/s

$w_t = \omega.r$  – vận tốc tiếp tuyến, m/s

$n$  – số vòng quay, vòng/giây

Tốc độ lắng trong trường lực ly tâm bằng tốc độ lắng trong trường trọng lực nhân với yếu tố phân ly. Theo công thức (13.5), ta có

$$w = w_0 \cdot \phi = \frac{d^2 \cdot \rho_h - \rho_g}{18\mu} \cdot \frac{\omega^2 \cdot r}{g} \quad (13.14)$$

### 13.3.2. Thiết bị lắng nhờ trường lực ly tâm

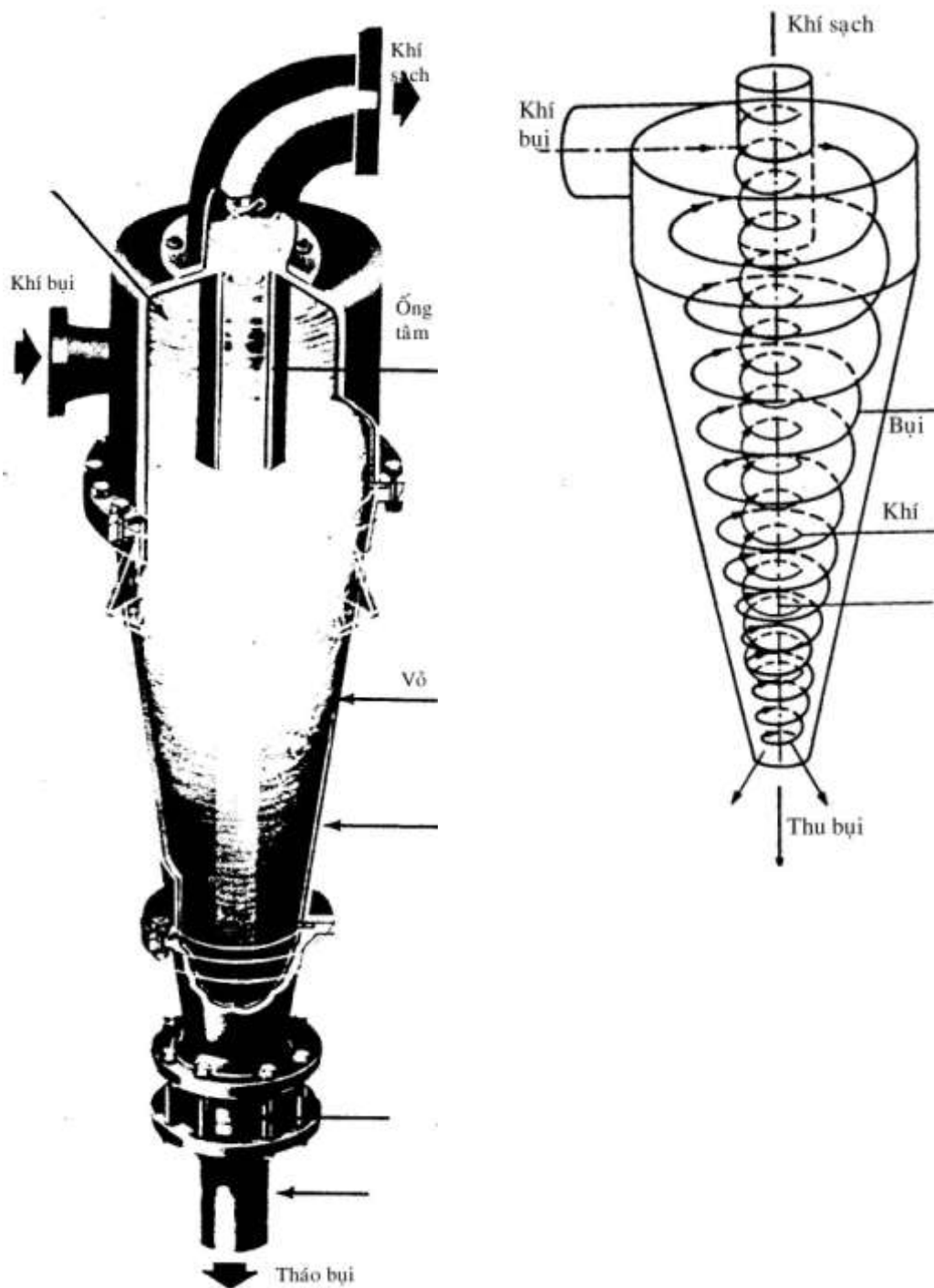
#### a. Cyclone lắng

Cyclone được cấu tạo bao gồm: ống tâm, vỏ trụ thực hiện lắng, đáy nón thu cặn, cửa vào tiết diện hình chữ nhật, cửa tháo cặn.

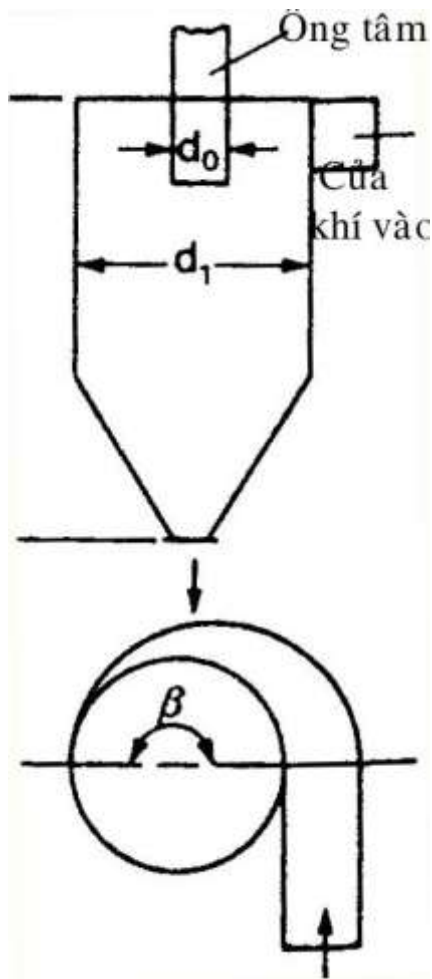
Hệ bụi theo ống dẫn vào cửa cyclone theo phương tiếp tuyến với vận tốc từ 20 ÷ 25 m/s. Dòng hỗn hợp quay tròn trong rãnh giữa ống tâm và vỏ trụ. Dưới tác dụng của lực ly tâm, các hạt rắn văng ra thành và lắng xuống đáy, còn khí sạch theo ống tâm ra ngoài.

Cặn lắng xuống dưới và nhờ van gió đưa ra ngoài

Cyclone là loại thiết bị đã được chuẩn hóa ở các nước trên thế giới. Mỗi hãng sản xuất đều có những qui định cụ thể cho dãy kích thước và sự phụ thuộc của hiệu suất quá trình phân riêng. Bảng 3.1 là tiêu chuẩn của một số loại cyclone theo tiêu chuẩn.



Hình 13.10a: Cấu tạo và nguyên tắc làm việc cyclone



Hình 13.10b: Cấu tạo cyclone lắng

Bảng 13.1: Số liệu của một cyclone tiêu chuẩn

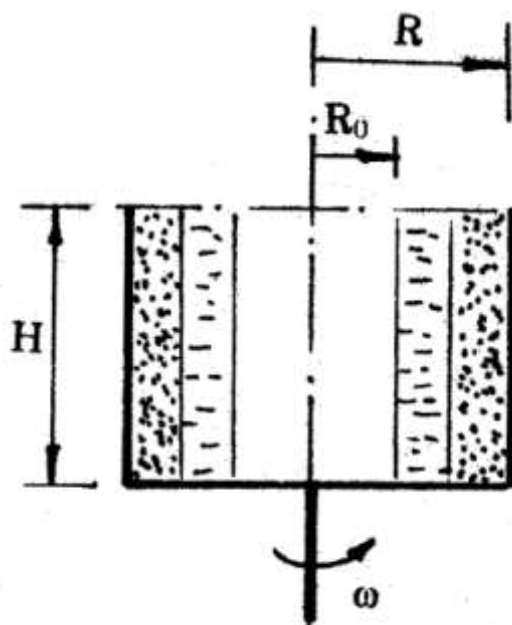
Kích thước	Kí hiệu	SKKB	
		b	D
Đường kính cyclone, m	D	5,7b	D
Chiều rộng cửa vào, m	B	b	0,175D
Chiều cao cửa vào, m	H	2b	0,35D
Đường kính ống tâm, m	$d_0$	3,7b	0,65D
Chiều cao phần trụ, m	$H_1$	5,7b	D
Chiều cao phần nón, m	$H_2$	4,3b	0,755D

### b. Máy ly tâm

Máy ly tâm là thùng hình trụ quay xung quanh đường tâm của mình với tốc độ góc  $\omega$ . Thùng quay đặt thẳng đứng gọi là máy ly tâm đứng, còn đặt

nằm ngang gọi là máy ly tâm ngang.

Khi roto quay với tốc độ góc  $\omega$  trong máy ly tâm đứng, bề mặt thoáng của chất lỏng là đường parabol và với  $\omega$  đủ lớn thì có thể xem bề mặt thoáng của chất lỏng song song với thành roto.



Hình 13.11: Nguyên tắc làm việc máy ly tâm

Mỗi phân tử chất lỏng trong roto đều chịu tác dụng của áp suất thủy tĩnh do trọng lực và lực ly tâm gây ra. Tác dụng của lực ly tâm là rất lớn so với trọng lực nên áp lực đáng kể là lực ly tâm tác dụng lên thành roto, do đó ta bỏ qua lực trọng trường.

Lực tác dụng lên một phân tử chất lỏng được tính theo biểu thức

$$\frac{dp}{dr} = \rho \omega^2 r = \rho \frac{w^2}{r} \quad (13.15)$$

Trong đó:  $w = \omega \cdot r$  – là tốc độ dài của phân tử chất lỏng đang xét, m/s

Tất cả các phân tử nằm trong khối chất lỏng có bề dày  $dr$  đều có áp suất như nhau và mặt trụ này gọi là mặt đẳng áp. Áp suất trong khối chất lỏng sẽ thay đổi từ mặt thoáng có bán kính  $R_0$  đến bề mặt sát thành roto có bán kính  $R$ . Tích phân phương trình (13.15) ta được:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho \omega^2 (R^2 - R_0^2) \quad (13.16)$$

Như vậy áp suất lớn nhất tác dụng lên thành roto là

$$P_{\max} = \frac{1}{2} \rho \omega^2 (R^2 - R_0^2) \quad (13.17)$$

Trong đó:  $R_0 = R\sqrt{1-\beta}$

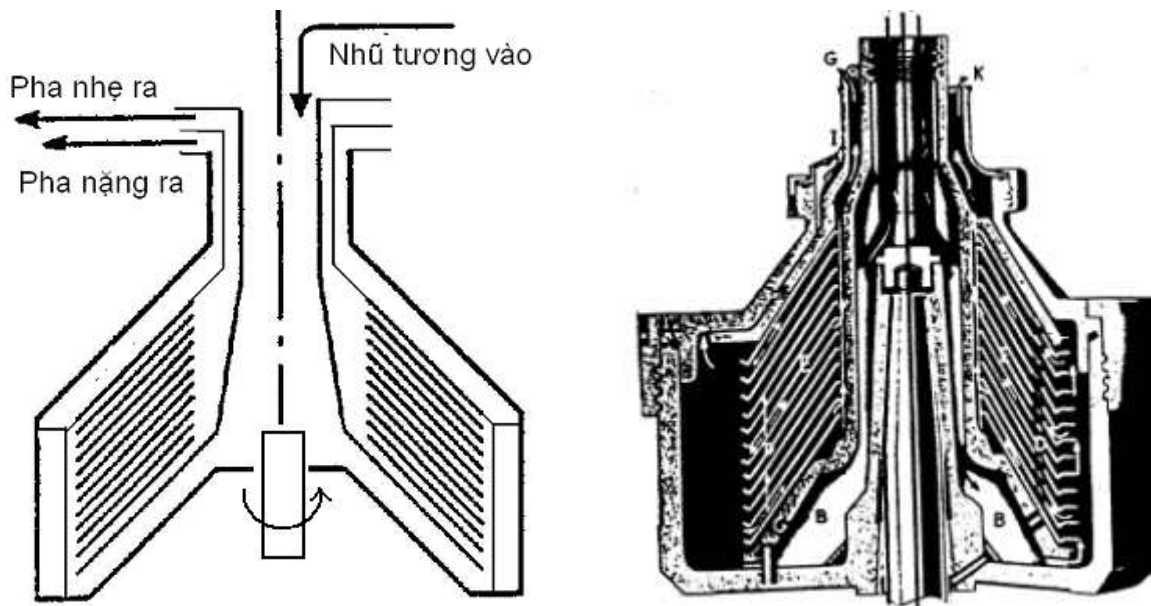
$\beta = h/H$  – hệ số chứa đầy

$h$  – chiều cao ban đầu của chất lỏng, m

$H$  – chiều cao roto, m

Ở thời điểm ban đầu, khi  $\omega$  chưa đủ lớn thì chất lỏng có dạng hình phễu. Hiện tượng tạo phễu làm giảm phần chứa chất lỏng của roto lại có thể làm trào chất lỏng ra ngoài. Để tránh hiện tượng này, các máy ly tâm thường có gờ chống tràn. Tuy nhiên biện pháp chủ yếu là định mức chất lỏng cho vừa. Trong thực tế thường nạp liệu với thể tích huyền phù không lớn hơn một nửa thể tích của roto.

### Máy ly tâm đứng



Hình 13.12: Cấu tạo máy ly tâm đứng

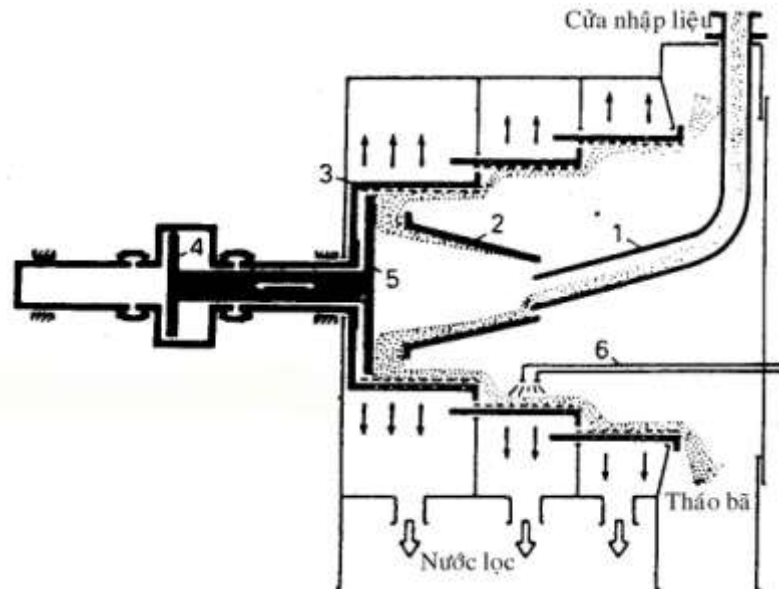
Đây là loại máy ly tâm đứng dùng để phân riêng các chất lỏng có khối lượng riêng khác nhau hoặc các huyền phù. Việc phân tách hai chất lỏng trong trường hợp này dựa vào nguyên tắc chất lỏng có khối lượng riêng nhỏ hơn sẽ di chuyển lên trên ứng với cùng một lực li tâm.

Việc phân tách huyền phù cũng tương tự như phân tách hai chất lỏng. Nhưng ở đây chỉ có một chất lỏng ra, chất rắn được chứa trong khoảng giữa và phần cuối giữa hai đĩa, khoảng trống giữa roto và đĩa.

### Máy ly tâm ngang

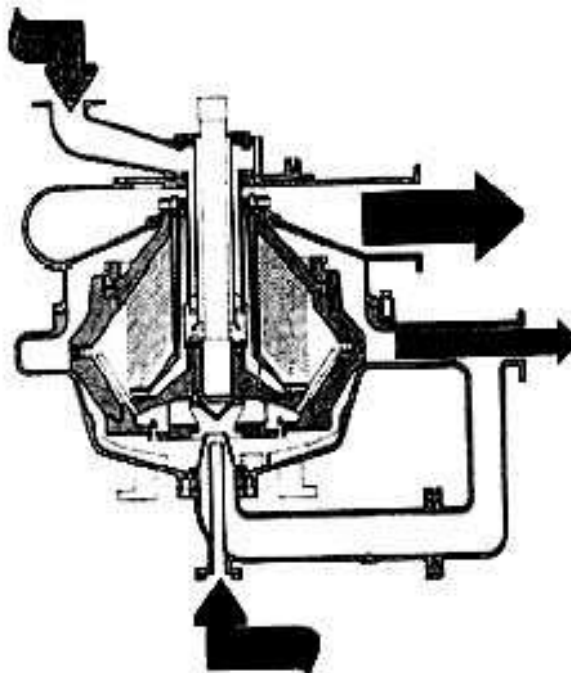
Ở hình 13.13 là kiểu máy ly tâm có piston đẩy được dùng để phân tách

huyền phù. Nhập liệu được đưa vào phễu hình nón số 2. Chất rắn di chuyển không liên tục dọc theo bề mặt của roto nhờ đĩa 5 thông qua piston 4. Bề dày lớp chất rắn hình thành không vượt quá khoảng cách giữa roto và mép phễu. Chất lỏng được đẩy qua các lỗ trên roto nhờ lực ly tâm. Chất rắn được làm sạch nhờ vòi phun số 6



- 1 – Máng nhập liệu; 2 – Phễu hình nón  
3 – Roto; 4 – piston; 5 – đĩa đẩy; 6 – vòi rửa phun

Hình 13.13: Máy ly tâm ngang



Hình 13.14. Sơ đồ máy ly tâm

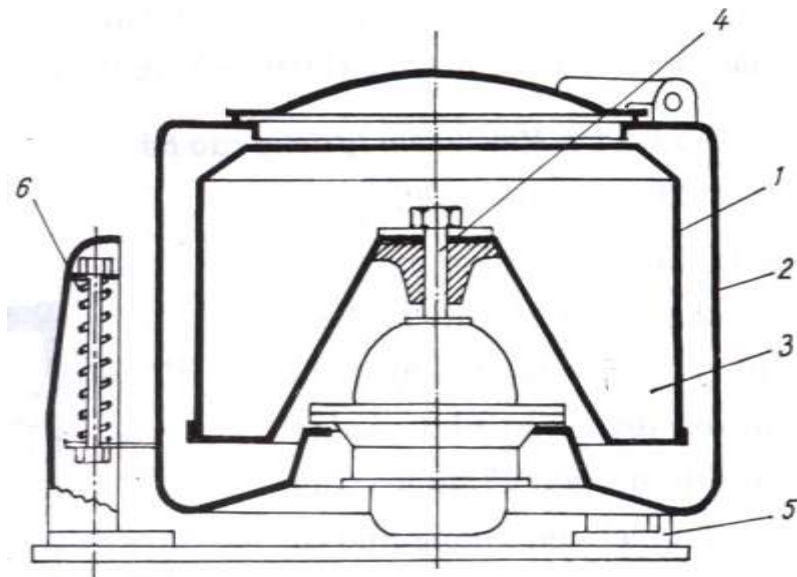
### Máy ly tâm ba chân

Cấu tạo của máy ly tâm ba chân (hình 13.15) gồm thùng 1, thân máy 2 được gắn chặt vào vỏ 3, vào thùng và bộ phận truyền động. Thân máy được treo nhờ các thanh thẳng đứng 4 có đầu hình cầu đặt trên ban chân 5 lệch nhau một góc  $120^\circ$ . Động cơ điện 7 được lắp trên giá của thân máy hoặc lắp trực tiếp vào vỏ của bộ phận truyền động phía dưới thùng. Thùng ly tâm quay được là nhờ truyền động qua dây đai hình thang. Trên máy ly tâm có lắp tay phanh 6 dùng để dừng máy sau khi đã tắt động cơ.

Người ta dùng máy ly tâm ba chân để tách chất lỏng khỏi hỗn hợp cơ học, để phân ly huyền phù trung bình và huyền phù thô đòi hỏi thời gian ly tâm kéo dài.

Máy ly tâm ba chân có đặc điểm là chiều cao không lớn lắm và độ ổn định khá cao, nhưng nhược điểm chủ yếu của nó là tháo bã bằng tay ở phía trên.

1. Thùng máy
2. Vỏ
3. Thân máy
4. Thanh treo
5. Chân
6. Lò xo

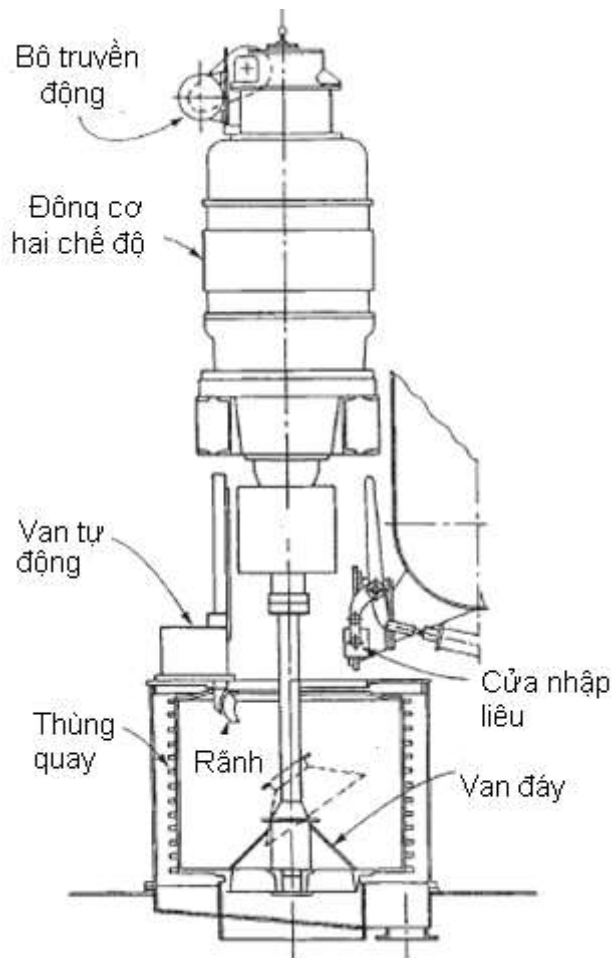


Hình 13.5. Máy ly tâm ba chân

### Máy ly tâm kiểu treo

Đầu trên của trục nối với mô tơ điện qua ổ trục. Ổ trục này gắn chặt trên khung, thùng đặt trong vỏ, đáy thùng có các cạnh tựa, giữa các cạnh có khe để tháo bã xuống, các khe này lúc làm việc được che kín bằng chóp. Khi lấy bã nâng chóp lên và lấy tay đẩy bã rơi xuống.

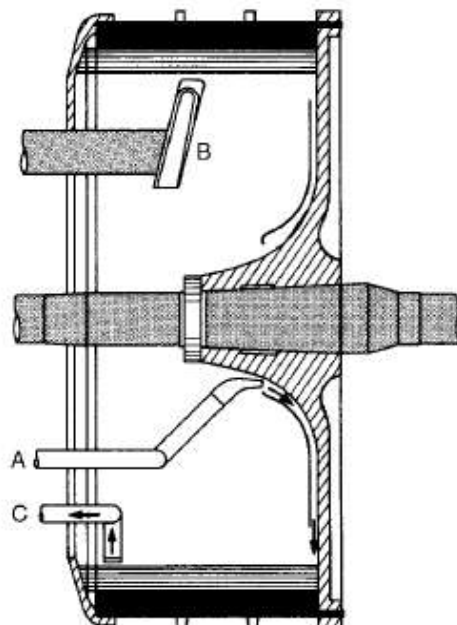
Ưu điểm của máy ly tâm treo là ổ bi và bộ truyền động không bị chất lỏng ăn mòn; bã tháo tương đối nhẹ nhàng; làm việc chắc chắn; thùng quay có thể dao động tự do được.



Hình 13.6: Máy ly tâm kiểu treo

### Máy ly tâm cạo bã tự động

- A. Ống nhập liệu
- B. Dao cạo bã
- C. Ống thu nước trong



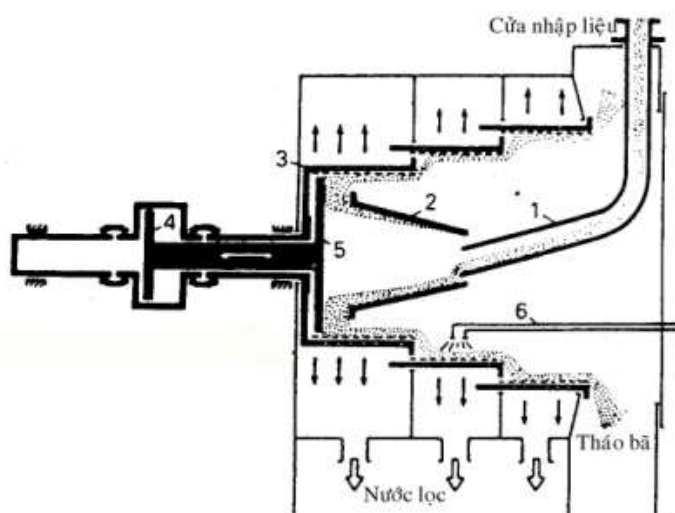
Hình 13.7: Máy ly tâm cạo bã tự động

Thiết bị bao gồm có thùng nằm trên trục nằm ngang, huyền phù theo ống đi vào thùng, đóng mở huyền phù vào một van được điều chỉnh bằng bộ phận tự động, trong thùng có dao cạo bã, nâng và hạ dao cũng nhờ bộ phận tự động thủy lực, bã bị cao rơi xuống máng rồi ra ngoài.

Ưu điểm của loại máy ly tâm này là rút ngắn thời gian và năng lượng tiêu hao ít, không phải ngừng máy để cạo bã, quá trình hoàn toàn tự động. Khuyết điểm: bã bị nát khi cạo

### Máy ly tâm đẩy bã bằng pittông

Kiểu máy ly tâm này có piston đẩy được dùng để phân tách huyền phù. Nhập liệu được đưa vào phễu hình nón số 2. Chất rắn di chuyển không liên tục dọc theo bề mặt của roto nhờ đĩa 5 thông qua piston 4. Bề dày lớp chất rắn hình thành không vượt quá khoảng cách giữa roto và mép phễu. Chất lỏng được đẩy qua các lỗ trên roto nhờ lực ly tâm. Chất rắn được làm sạch nhờ vòi phun số 6.



- 1 – Máng nhập liệu; 2 – Phễu hình nón; 3 – Roto  
4 – piston; 5 – đĩa đẩy; 6 – vòi rửa phun

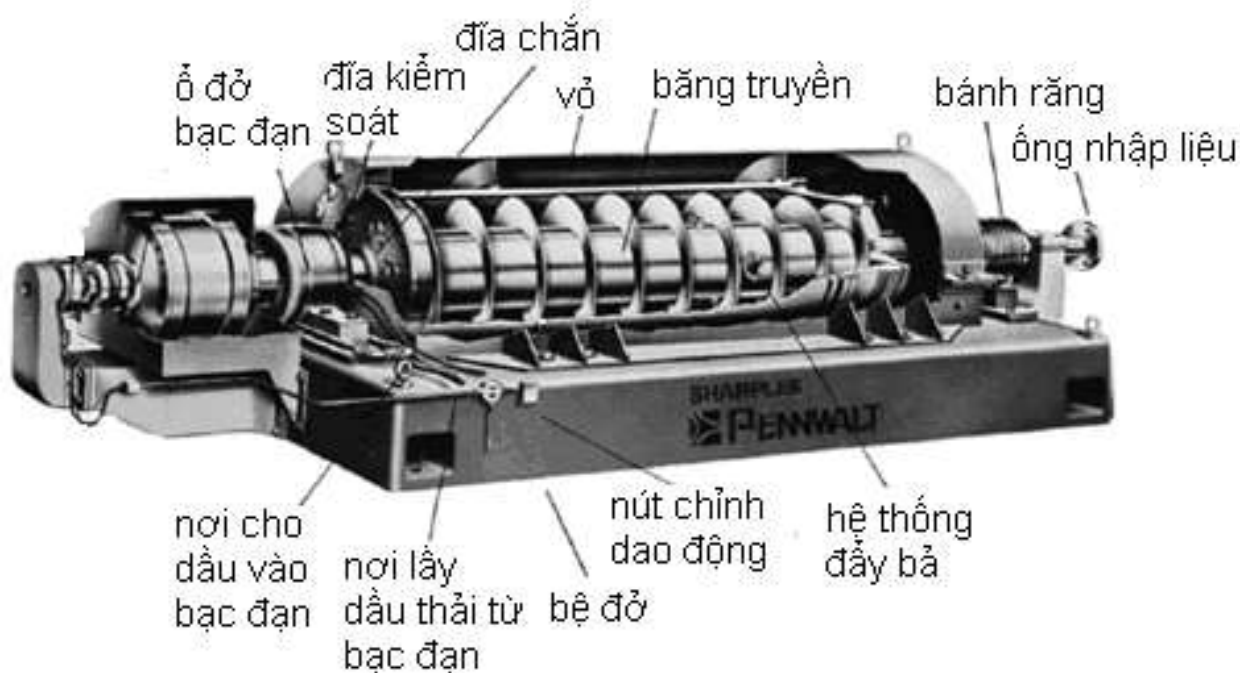
Hình 13.8: Máy ly tâm đẩy bã bằng pittông

Máy này có ưu điểm là hiệu quả phân ly cao, do thời gian ly tâm dài. Bã chuyển từ thùng nọ sang thùng kia nên bị tơi ra do đó làm tăng hiệu quả làm khô bã. Mặt khác nước lọc và nước rửa bã tách riêng không trộn lẫn với nhau.

### Máy ly tâm vít xoắn nằm ngang

Nó gồm hai thùng, thùng ngoài là hình nón cụt, thùng trong rỗng có đục các lỗ để huyền phù đi ra, trên bề mặt thùng có vít xoắn để đẩy bã. Thùng quay trên hai trục rỗng, huyền phù theo ống nằm ở trục thùng vào thùng. Do

lực ly tâm những hạt rắn lắng trên bề mặt bên trong thùng, thùng trong có vít xoắn quay chậm hơn thùng ngoài do đó bã được vít xoắn tải ra ngoài, còn nước trong chuyển động ngược lại qua cửa ở nắp thùng ngoài. Người ta có thể điều chỉnh chế độ làm việc của máy ly tâm bằng cách điều chỉnh tấm che ở cửa hoặc thay đổi số vòng quay của thùng.



Hình 13.9: Máy ly tâm vít xoắn nằm ngang

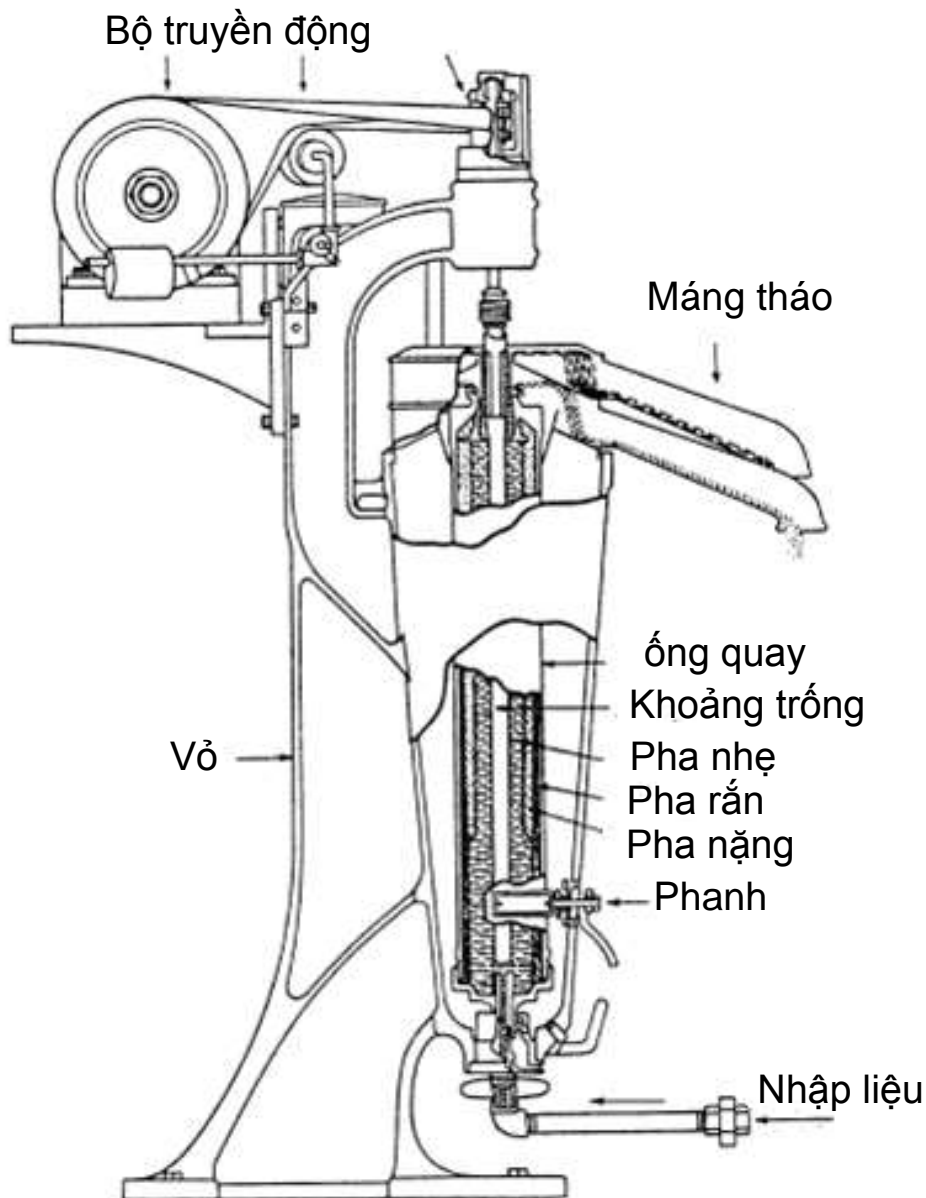
Máy ly tâm này có ưu điểm: năng suất cao, tiện lợi dùng để phân riêng huyền phù đường kính nhỏ và nồng độ cao, có thể dùng phân loại các hạt rắn theo kích thước hoặc trọng lượng riêng. Nhược điểm: tiêu hao năng lượng lớn, bã bị nghiền nhỏ, nước trong vẫn bị đục bởi các hạt nhỏ.

### Máy phân ly cao tốc loại ống

Dùng để phân riêng huyền phù mịn, huyền phù nhớt, nhũ tương bền vững,... Loại này có bán kính nhỏ nhưng số vòng quay lại rất lớn, từ 14000 đến 45000 vòng/phút.

Cấu tạo: gồm ống có đường kính khoảng 200mm, chiều dài ống gấp 5 ÷ 7 lần đường kính, ống đặt trong vỏ hình nón, dung dịch cho vào qua ống dẫn. Để ống quay được, đầu trên của ống nối với trục dèo có dây đai nối với motor truyền động, đầu dưới của ống lắp vào ổ đỡ để quay ổn định và khử rung động. Khi muốn dừng máy thì tắt động cơ, dùng tay hãm để hãm máy. Muốn dung dịch khỏi bị trượt khi ống quay và để hướng chất lỏng chuyển động lên phía trên, bên trong ống người ta có lắp 3 hoặc 4 cánh hướng tâm chạy dọc

gần suốt ống.



Hình 13.10: Máy ly tâm cáo tốc loại ống

Tùy theo nhiệm vụ của máy ly tâm dùng để lắng trong hay dùng để phân riêng mà cấu tạo đầu ống có khác nhau. Nếu dùng lắng trong thì đầu trên có một lỗ để dẫn chất lỏng trong ra ngoài, nếu dùng phân riêng thì đầu trên có lắp màng chia làm 2 lỗ, 1 lỗ để dẫn pha nhẹ, 1 lỗ dẫn pha nặng. Điều chỉnh bề dày của lớp pha nặng bằng máng, máng được lắp cứng vào ống.

Ưu điểm: Độ phân riêng rất lớn, làm việc chắc chắn, cấu tạo gọn gàng.

Nhược điểm: Làm việc gián đoạn, dung tích nhỏ, nếu ly tâm huyền phù thì phải tháo bỏ bằng tay.

## 13.4. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

### Câu hỏi trắc nghiệm

- 1 Lắng là phương pháp phân riêng dựa vào
  - a. Sự khác nhau về khối lượng riêng và cùng kích thước của hai pha dưới tác dụng của trường lực
  - b. Sự khác nhau về kích thước và cùng khối lượng riêng của hai pha dưới tác dụng của trường lực
  - c. Sự khác nhau về khối lượng riêng và kích thước của hai pha dưới tác dụng của trường lực
  - d. Sự giống nhau về khối lượng riêng và kích thước của hai pha dưới tác dụng của trường lực
- 2 Trường lực trong quá trình lắng thường là
  - a. Trường trọng lực
  - b. Trường ly tâm
  - c. Trường tĩnh điện
  - d. Cả 3 loại
- 3 Vận tốc lắng sẽ biến đổi như thế nào trong quá trình lắng
  - a. Tăng dần
  - b. Giảm dần
  - c. Không đổi
  - d. Thay đổi không theo qui luật
- 4 Tốc độ cân bằng là
  - a. Tốc độ của dòng lưu chất để đưa hạt vào trạng thái lơ lửng
  - b. Tốc độ lắng
  - c. Tốc độ cân bằng
  - d. Tốc độ rơi của hạt
- 5 Chế độ lắng gọi là lắng dòng khi:
  - a.  $Re < 2320$
  - b.  $Re < 0,2$
  - c.  $Re > 0,2$
  - d.  $Re < 0$
- 6 Chế độ lắng gọi là lắng quá độ khi:
  - a.  $Re < 0,2$  và  $Re > 500$
  - b.  $0,2 < Re < 500$
  - c.  $Re \geq 500$
  - d.  $Re \leq 0,2$
- 7 Chế độ lắng gọi là lắng rối khi:
  - a.  $Re < 2300$
  - b.  $Re < 10000$
  - c.  $500 < Re < 150000$
  - d.  $Re > 2300$

- 8 Giá trị chuẩn số Reynolds là  $Re=0,15$ , quá trình lắng ở chế độ lắng gì?
- chế độ lắng dòng
  - chế độ lắng quá độ
  - chế độ lắng rời
  - Không xác định
- 9 Giá trị chuẩn số Reynolds của dòng chảy trong ống là  $Re = 200$ , quá trình lắng ở chế độ lắng gì?
- chế độ lắng dòng
  - chế độ lắng quá độ
  - chế độ lắng rời
  - Không xác định
- 10 Giá trị chuẩn số Reynolds của dòng chảy trong ống là  $Re=15200$ , quá trình lắng ở chế độ lắng gì?
- chế độ lắng dòng
  - chế độ lắng quá độ
  - chế độ lắng rời
  - Không xác định
- 11 Năng suất thiết bị lắng phụ thuộc:
- Diện tích bề mặt lắng  $F$ , chiều cao lắng  $H$
  - Vận tốc lắng  $w_0$ , chiều cao lắng  $H$
  - Diện tích bề mặt lắng  $F$ , vận tốc lắng  $w_0$ , chiều cao lắng  $H$ .
  - Diện tích bề mặt lắng  $F$ , vận tốc lắng  $w_0$
- 12 Để giảm thời gian lắng ta thường:
- Không thay đổi hướng, phương dòng chảy, tăng chiều cao lắng
  - Không thay đổi hướng, phương dòng chảy, giảm chiều cao lắng
  - Thay đổi hướng, phương dòng chảy, tăng chiều cao lắng
  - Thay đổi hướng, phương dòng chảy, giảm chiều cao lắng
- 13 Lắng trong thiết bị mà dòng hỗn hợp chuyển động quanh một đường tâm cố định là:
- Máy ly tâm
  - Cyclon
  - Lắng nhiều tầng làm việc bán liên tục
  - Lắng nhiều tầng làm việc liên tục
- 14 Lắng trong thiết bị mà dòng hỗn hợp được cho vào một thùng quay quanh trục cố định
- Máy ly tâm
  - Cyclon
  - Lắng nhiều tầng làm việc bán liên tục

- d. Lắng nhiều tầng làm việc liên tục
- 15 Chuẩn số Frude đặc trưng cho sự đánh giá:
- a. Độ lớn của trường lực ly tâm
  - b. Độ lớn của trường trọng lực
  - c. Độ lớn của trường lực tĩnh điện
  - d. Không có trường lực nào
- 16 Đường lắng và phòng lắng là các phương pháp lắng nhờ:
- a. lực li tâm
  - b. trọng lực
  - c. chuyển động của các hạt.
  - d. nhờ lực quán tính
- 17 Để tăng năng suất của thiết bị lắng ta phải
- a. tăng chiều cao lắng
  - b. tăng diện tích bề mặt lắng
  - c. giảm chiều cao lắng
  - d. giảm diện tích bề mặt lắng
- 18 Bụi là hệ có
- a. Pha phân tán là chất lỏng, pha liên tục là chất rắn
  - b. Pha phân tán là chất lỏng, pha liên tục là chất khí
  - c. Pha phân tán là chất rắn, pha liên tục là chất lỏng
  - d. Pha phân tán là chất rắn, pha liên tục là chất khí
- 20 Thiết bị lắng liên tục huyền phù là các thiết bị
- a. thiết bị lắng hình phễu và răng cào
  - b. thiết bị lắng hình nón
  - c. thiết bị lắng có tấm chắn nghiêng
  - d. cả a và b đều sai.

## Bài 14

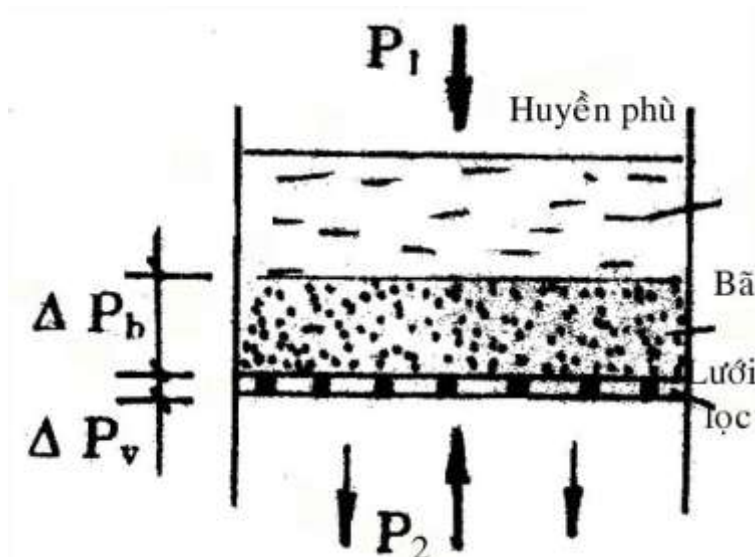
### PHÂN RIÊNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP LỌC

Mã số: QTTB14

#### Giới thiệu

Lọc là một quá trình được thực hiện để phân riêng hỗn hợp nhờ vách ngăn xốp. Vách ngăn xốp có khả năng cho một pha đi qua còn giữ pha kia lại nên được gọi là vách ngăn lọc.

Cho huyền phù vào một bên vách ngăn rồi tạo ra trên bề mặt lớp huyền phù áp suất  $p_1$ . Dưới tác dụng của áp suất, pha liên tục xuyên qua các mao dẫn trên vách ngăn chảy qua phía bên kia gọi là nước lọc, còn pha phân tán bị giữ lại ở trên gọi là bã lọc.



Hình 14.1: Nguyên tắc chung của quá trình lọc

Chênh lệch áp suất giữa hai bên vách lọc  $\Delta p = p_1 - p_2$  gọi là động lực quá trình lọc. Có thể tăng động lực quá trình lọc bằng hai cách:

- Tăng  $p_1$  bằng cách dùng chiều cao cột áp thủy tĩnh, dùng bơm hay máy nén để đưa huyền phù vào. Dùng phương pháp này gọi là lọc áp lực.
- Giảm  $p_2$  bằng cách dùng bơm chân không để hút không khí trong thiết bị. Dùng phương pháp này gọi là lọc chân không.

#### Mục tiêu môn học

Học xong bài này học sinh có khả năng:

- Mô tả nguyên lý hoạt động của thiết bị lọc
- Thực hiện được một quá trình phân riêng bằng phương pháp lọc

## 14.1. PHƯƠNG TRÌNH LỌC

### 14.1.1. Tốc độ lọc và các yếu tố ảnh hưởng đến thời gian lọc

Lượng nước lọc thu được trên một đơn vị diện tích bề mặt vách ngăn lọc trên một đơn vị thời gian gọi là tốc độ lọc.

$$W = \frac{dV}{Fd\tau}, m/s \quad (14.1)$$

Trong đó:

V – Thể tích nước lọc thu được, m<sup>3</sup>

F – Diện tích bề mặt vách lọc, m<sup>2</sup>

$\tau$ -thời gian lọc, s

Quá trình lọc huyền phù phụ thuộc vào các yếu tố sau: Tính chất huyền phù: độ nhớt, kích thước và hình dạng pha phân tán; động lực quá trình lọc; trở lực bã và vách lọc; diện tích bề mặt vách lọc.

Theo DAKSI, tốc độ lọc có thể biểu diễn dưới dạng phương trình sau

$$W = \frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu R_b + R_v} \quad (14.2)$$

Trong đó:

$\mu$ -độ nhớt của pha liên tục, Ns/m<sup>2</sup>

$R_b = \Delta p_b$  – trở lực của bã lọc (tổn thất áp suất qua lớp bã), 1/m

$R_v = \Delta p_v$  – trở lực của vách lọc (tổn thất áp suất qua vách lọc), 1/m

Gọi:

$r_0$  – trở lực riêng theo thể tích của bã lọc (1/m<sup>2</sup>): là trở lực của lớp bã dày 1 m

$h_0$  – chiều dày lớp bã lọc, m

$X_0 = \frac{V_a}{V}$  - tỉ số giữa thể tích bã ẩm thu được và lượng nước lọc

$$\text{Vậy: } R_b = r_0 \cdot h_0 = r_0 \cdot \frac{V_a}{F} = r_0 \cdot X_0 \cdot \frac{V}{F} \quad (14.3)$$

Thay (4.3) vào phương trình (4.2) ta được:

$$dV = \frac{\Delta p \cdot F}{\mu \left( r_0 \cdot X_0 \cdot \frac{V}{F} + R_v \right)} d\tau \quad (14.4)$$

Khi nghiên cứu quá trình lọc, để đơn giản người ta chỉ tiến hành ở hai chế độ là lọc với áp suất không đổi và lọc với tốc độ lọc không đổi

### 14.1.2. Lọc với áp suất không đổi, $\Delta p = \text{const}$

Gọi  $q = V/F$  – lượng nước lọc riêng: là lượng nước lọc thu được trên 1 m<sup>2</sup> bề mặt vách lọc, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

Từ phương trình (14.4), với điều kiện bã lọc và vách lọc không chịu nén ép nghĩa là:  $r_0 = \text{const}$  và  $R_v = \text{const}$ , biến đổi và tích phân hai vế phương trình trên ta được:

$$\int_0^V \left( \frac{\mu \cdot r_0 \cdot X_0}{F} \cdot V dV + \mu R_v dV \right) = \int_0^\tau F \cdot \Delta p \cdot d\tau \quad (14.5)$$

$$\text{Hay: } \mu \cdot r_0 \cdot X_0 \cdot V^2 + 2 \cdot \mu \cdot R_v \cdot F \cdot V = 2 \cdot F^2 \cdot \Delta p \cdot \tau \quad (14.6)$$

Chia hai vế phương trình (4.6) cho  $\mu \cdot r_0 \cdot X_0 / F^2$  ta được

$$\left( \frac{V}{F} \right)^2 + \frac{2R_v}{r_0 \cdot X_0} \cdot \frac{V}{F} = \frac{2 \cdot \Delta p}{\mu \cdot r_0 \cdot X_0} \tau$$

$$\Leftrightarrow q^2 + 2 \cdot C \cdot q = K \tau \quad (14.7)$$

Đây là phương trình lọc với áp suất không đổi

Trong đó:  $C = \frac{R_v}{r_0 \cdot X_0}$  ;  $K = \frac{2 \cdot \Delta p}{\mu \cdot r_0 \cdot X_0}$  là các hằng số lọc, đặc trưng cho một quá trình lọc xác định.

Vi phân hai vế phương trình (14.7) theo  $dq$  ta được:

$$2q + 2C = k \cdot \frac{d\tau}{dq}$$

$$\Leftrightarrow \frac{d\tau}{dq} = \frac{2}{K} \cdot q + \frac{2C}{K} \quad (14.8)$$

Từ phương trình (5.8) ta nhận thấy: mối quan hệ giữa  $\frac{\Delta \tau}{\Delta q} - q$  là đường thẳng có hệ số góc là  $2/K$  và tung độ gốc là  $2C/K$ . Như vậy khi làm thí nghiệm lọc, dựng đồ thị mối quan hệ giữa hai đại lượng này, nếu quan hệ này là đường thẳng thì kết luận được rằng đây là quá trình lọc với áp lực không đổi đồng thời ta cũng xác định được các hằng số lọc  $C$  và  $K$ .

### 14.1.3. Lọc với tốc độ lọc không đổi

Do tốc độ lọc là không đổi nên sự biến thiên thể tích nước lọc trong một đơn vị thời gian là hằng số. Do đó phương trình (14.4) được viết dưới dạng

$$W = \frac{V}{F \cdot \tau} = \frac{\Delta p}{\mu \left( r_0 X_0 \cdot \frac{V}{F} + R_v \right)} \quad (14.9)$$

Biến đổi tương tự ta được phương trình lọc với tốc độ lọc không đổi:

$$q^2 + Cq = \frac{K}{2} \tau \quad (14.10)$$

Trong đó:  $C = \frac{R_v}{r_0 \cdot X_0}$  ;  $K = \frac{2 \cdot \Delta p}{\mu \cdot r_0 \cdot X_0}$

Lấy vi phân hai vế phương trình (14.10) theo  $q$  ta được:

$$\frac{dq}{d\tau} = \frac{4}{K} \cdot q + \frac{2C}{K} \quad (14.11)$$

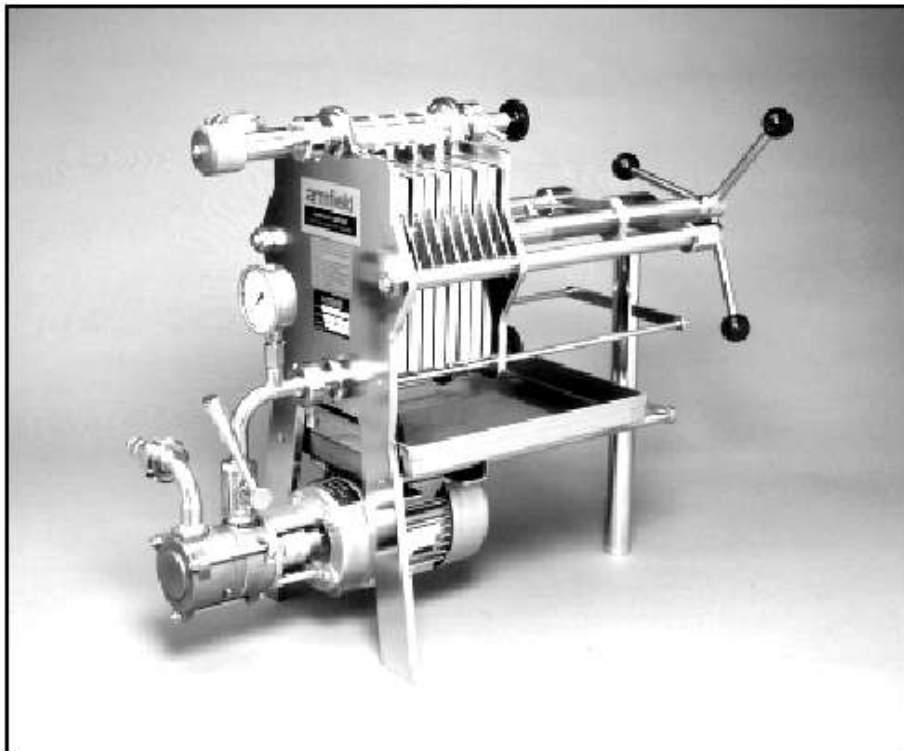
Nhận thấy rằng  $\Delta p = \Delta p_b + \Delta p_v = \mu \cdot r_0 \cdot X_0 \cdot W^2 \cdot \tau + \mu R_v \cdot W$

## 14.2. THIẾT BỊ LỌC

### 14.2.1. Thiết bị lọc khung bản

Đây là loại thiết bị lọc áp lực làm việc gián đoạn nghĩa là nhập liệu vào liên tục, nước lọc lấy ra liên tục nhưng bã được tháo ra theo chu kì.

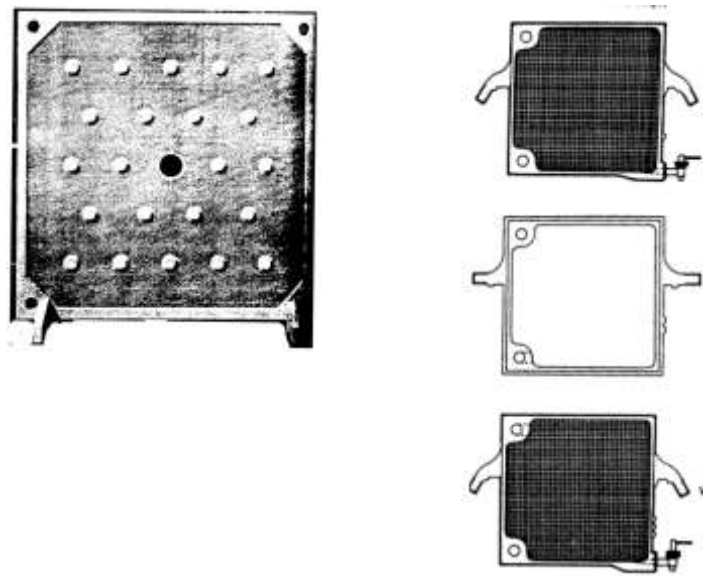
Thiết bị lọc khung bản được cấu tạo chủ yếu là khung và bản. Khung giữ vai trò chứa bã lọc và là nơi nhập huyền phù vào. Bản tạo ra bề mặt lọc với các rãnh dẫn nước lọc.



Hình 14.2: Mô hình cấu tạo thiết bị lọc khung bản

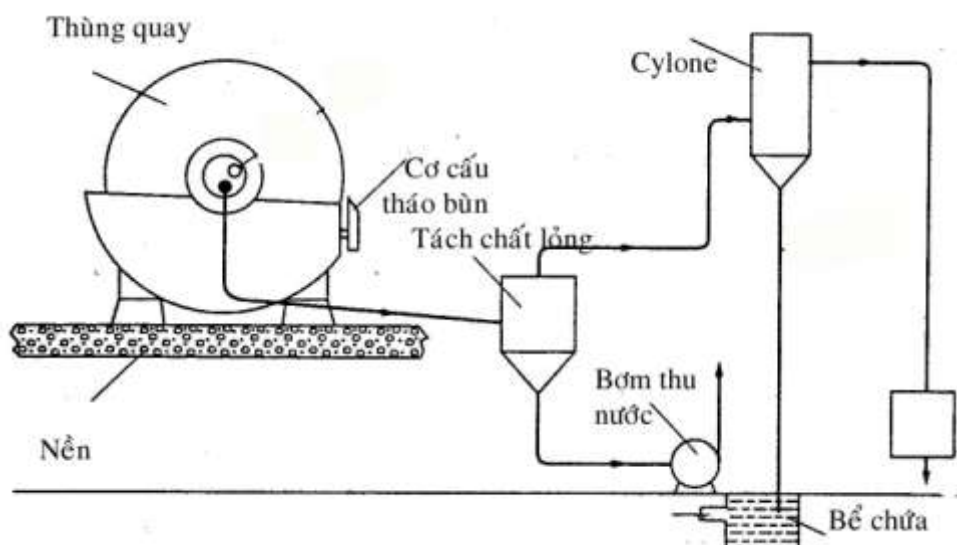
Khung và bản thường được chế tạo có dạng hình vuông và phải có sự bít kín tốt khi ghép khung và bản.

Khung và bản được xếp liên tiếp nhau trên giá đỡ. Giữa khung và bản là vách ngăn lọc. Ép chặt khung và bản nhờ cơ cấu đai vít xoắn nhờ tay quay. Lỗ dẫn huyền phù nhập liệu của khung và bản được nối liền tạo thành ống dẫn nhô ra để ghép với hệ thống cấp liệu. Nước lọc chảy ra từ bản qua hệ thống đường ống và lấy ra ngoài. Bã được giữ lại trên bề mặt vách ngăn lọc và được chứa trong khung. Khi bã trong khung đầy thì dừng quá trình lọc để tiến hành rửa và tháo bã.



Hình 14.3: Cấu tạo khung và bản

#### 14.2.2. Thiết bị lọc thùng quay

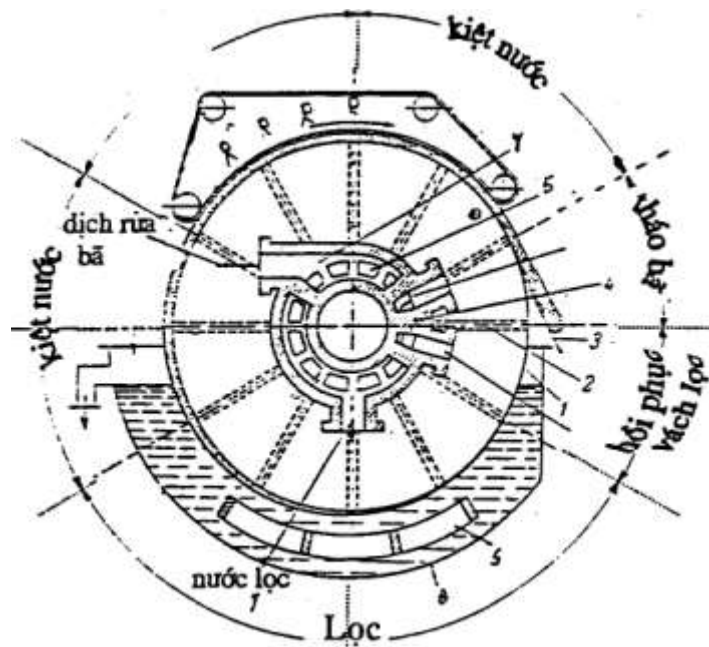


Hình 14.4: Sơ đồ hệ thống thiết bị lọc thùng quay

Lọc chân không thùng quay là thiết bị làm việc liên tục với động lực quá trình được tạo ra bằng bơm chân không. Thùng quay được đặt trong bể chứa huyền phù với độ nhúng sâu cố định theo mực chất lỏng không đổi. Thông thường người ta chia ra 6 khu vực theo chu vi của thùng.

Thùng quay dạng trụ, trên thân đục lỗ, bên ngoài phủ vách ngăn lọc. Bên trong phân ra 12 ngăn riêng biệt, mỗi ngăn có đường ống nối với trục rỗng tại tâm thùng quay. Hệ thống đường ống cùng với trục rỗng tạo thành đường hút chân không và dẫn nước lọc.

Khu vực làm ráo bã có hỗ trợ cơ cấu băng tải ép bớt nước lọc và nước rửa. Tháo cặn bằng nhiều cách: bằng dao cạo, con lăn, băng tải hoặc kết hợp các loại trên.



Hình 14.5: Cấu tạo thùng quay

### 14.3. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

#### 14.3.1. Câu hỏi trắc nghiệm

- 1 Máy lọc khí bằng vải lọc
  - a. năng suất cao và hiệu suất thấp
  - b. có hiệu suất cao nhưng hay hỏng vải và dễ bị tắc nếu làm sạch khí ẩm
  - c. năng suất cao, dễ sử dụng thao tác
  - d. năng suất cao và hiệu suất thấp
- 2 Máy lọc khung bản khi hoạt động, dung dịch

- a. chảy vào khung và ra ở bản.      b. chảy vào bản và ra ở khung.  
c. chảy vào các đường rãnh.      d. chảy vào bản
- 3 Huyền phù là hệ có  
a. pha phân tán là rắn, pha liên tục là khí  
b. pha phân tán là lỏng không hòa tan, pha liên tục là lỏng  
c. pha phân tán là rắn pha liên tục là lỏng  
d. tất cả đều sai
- 4 Nhũ tương là hệ có  
a. pha phân tán là rắn, pha liên tục là khí  
b. pha phân tán là lỏng không hòa tan, pha liên tục là lỏng  
c. pha phân tán là rắn pha liên tục là lỏng  
d. tất cả đều sai
- 5 Khi tăng động lực quá trình lọc đối với bã lọc chịu nén ép thì  
a. tăng tốc độ lọc      b. tăng trở lực của bã lọc  
c. giảm thời gian lọc      d. tất cả đều đúng
- 6 Thiết bị lọc khung bản là thiết bị lọc  
a. áp lực và làm việc gián đoạn  
b. chân không và làm việc gián đoạn  
c. áp lực và làm việc bán liên tục  
d. chân không và làm việc liên tục
- 7 Thiết bị lọc thùng quay là thiết bị lọc  
a. áp lực và làm việc gián đoạn  
b. chân không và làm việc gián đoạn  
c. áp lực và làm việc liên tục  
d. chân không và làm việc liên tục
- 8 Lọc là gì?  
Phân riêng hỗn hợp qua vách ngăn  
Phân riêng hỗn hợp qua bề mặt ngăn cách  
Phân riêng hỗn hợp qua vách ngăn xốp  
Phân riêng hỗn hợp qua lưới ngăn

- 9 Động lực quá trình lọc là
- Sự chênh lệch về độ ẩm
  - Sự chênh lệch về nồng độ
  - Sự chênh lệch về áp suất
  - Sự chênh lệch về khối lượng
- 10 Trong quá trình lọc
- Pha liên tục là nước lọc, pha phân tán là bã lọc
  - Pha liên tục là bã lọc, pha phân tán là nước lọc
  - Pha liên tục là nước lọc, pha phân tán cũng là nước lọc
  - Pha liên tục là bã lọc, pha phân tán cũng là bã lọc
- 11 Tăng động lực quá trình lọc bằng cách:
- Tăng áp suất trước vách ngăn lọc hoặc tăng áp suất sau vách ngăn lọc
  - Giảm áp suất trước vách ngăn lọc hoặc giảm áp suất sau vách ngăn lọc
  - Tăng áp suất trước vách ngăn lọc hoặc giảm áp suất sau vách ngăn lọc
  - Giảm áp suất trước vách ngăn lọc hoặc tăng áp suất sau vách ngăn lọc
- 12 Quá trình gọi là lọc áp lực khi
- Giảm áp suất trước vách ngăn lọc bằng cách dùng bơm chân không
  - Tăng áp suất trước vách ngăn lọc bằng cách dùng bơm hay máy nén
  - Giảm áp suất sau vách ngăn lọc bằng cách dùng bơm chân không
  - Tăng áp suất sau vách ngăn lọc bằng cách dùng bơm hay máy nén
- 13 Quá trình gọi là lọc chân không khi
- Giảm áp suất trước vách ngăn lọc bằng cách dùng bơm chân không
  - Tăng áp suất trước vách ngăn lọc bằng cách dùng bơm hay máy nén
  - Giảm áp suất sau vách ngăn lọc bằng cách dùng bơm chân không
  - Tăng áp suất sau vách ngăn lọc bằng cách dùng bơm hay máy nén

#### **14.3.1. Bài tập**

1. Một máy nén pittông hai cấp. Máy nén khí etylen từ áp suất 1at lên 10at. Nhiệt độ ban đầu của khí etylen là 20<sup>0</sup>C. Năng suất của máy nén là 600m<sup>3</sup>/h ở

điều kiện chuẩn. Hiệu suất của máy nén là 0,7. Quá trình nén là đoạn nhiệt. Xác định công suất tiêu hao của máy nén.

2. Một máy nén pittông một cấp có đường kính pittông là 250 mm, quãng đường đi được của pittông là 275mm, thể tích khoảng hại bằng 5% thể tích pittông đi được, số vòng quay của máy nén là 300vòng/phút. Máy nén không khí từ áp suất 1at lên 4at. Nhiệt độ ban đầu của không khí là 25<sup>0</sup>C. Hiệu suất tổng của máy nén là 0,7. Quá trình nén là đoạn nhiệt. Xác định năng suất và công suất tiêu hao của máy nén.

3. Khi lọc huyền phù bằng máy lọc thí nghiệm có bề mặt lọc là 900 cm<sup>2</sup> với áp lực là 5,3at thì thu được kết quả sau

Thời gian kể từ khi bắt đầu lọc, phút	Thể tích chất lọc thu được, lít
11,7	2,0
35,5	3,5

Xác định các hệ số lọc K và C.

4. Tìm vận tốc lắng của mảnh than chì hình trụ có khối lượng riêng là 1400 kg/m<sup>3</sup> trong nước ở nhiệt độ 20<sup>0</sup>C. Đường kính tương đương của mảnh than chì là 2mm

5. Khi lọc huyền phù bằng máy lọc thí nghiệm có bề mặt lọc là 900 cm<sup>2</sup> với áp lực là 7,0at thì thu được kết quả sau:

Thời gian kể từ khi bắt đầu lọc, phút	Thể tích chất lọc thu được, lít
11,3	2,1
32,8	3,6

Xác định các hệ số lọc K và C.

6. Tìm vận tốc lắng của hạt cát hình cầu có khối lượng riêng là 2580kg/m<sup>3</sup> trong nước ở nhiệt độ 35<sup>0</sup>C. Đường kính hạt là 500μm.

#### 14.4. Thực hành

Dụng cụ và hóa chất.

Hệ thống lọc khung bản. Dung dịch cần lọc, vải lọc.

Vận hành:

Kiểm tra hệ thống điện nước và chuẩn bị vận hành. Hệ thống van khóa và mở để chuẩn bị lọc

Kết quả:

Xác định tốc độ lọc theo thời gian. Sau khi lọc tính lượng dung dịch lọc và

lượng bã thu được. so sánh với lượng bã và nước cho vào lúc đầu. vẽ đồ thị tốc độ lọc theo thời gian.



a-bàn; b-khung; c-mô tả dòng trong máy lọc  
Hình 14.6. Sơ đồ máy lọc khung bản

## **Bài 15**

### **KHUẤY TRỘN CHẤT LỎNG Mã số: QTTB 15**

#### **Giới thiệu**

Khuấy trộn trong môi trường lỏng thường được ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp hóa chất và thực phẩm để tạo dung dịch huyền phù, nhũ tương, để tăng cường quá trình hòa tan, truyền nhiệt, chuyển khối và quá trình hóa học...

Người ta có thể khuấy trộn chất lỏng bằng cơ khí, bằng khí nén, bằng tiết lưu hay tuần hoàn chất lỏng.

#### **Mục tiêu thực hiện**

Học xong môn này sinh viên có khả năng:

- Mô tả được bản chất của phương pháp khuấy trộn
- Vận hành được thiết bị khuấy trộn điển hình trong hóa học

### **15.1. KHUẤY TRỘN BẰNG CƠ KHÍ**

#### **15.1.1. Khái niệm**

Khuấy trộn chất lỏng bằng cơ khí nghĩa là dùng cánh khuấy

Cánh khuấy có nhiều loại

- Cánh khuấy mái chèo: để khuấy trộn chất lỏng có độ nhớt nhỏ. Thường dùng để hòa tan chất rắn, có khối lượng riêng không lớn lắm.
- Cánh khuấy chân vịt (chong chóng): dùng để điều chế dung dịch huyền phù nhũ tương. Không thể dùng cánh khuấy chân vịt để khuấy chất lỏng có độ nhớt cao hoặc khuấy chất lỏng trong đó có các hạt rắn có khối lượng riêng lớn.
- Cánh khuấy tuabin: Dùng để khuấy chất lỏng có độ nhớt cao đến 5.105cp, để điều chế huyền phù mịn, để hòa tan các chất rắn nhanh hoặc để khuấy động các hạt rắn đã lắng cặn có nồng độ pha rắn đến 60%
- Cánh khuấy đặc biệt: Dùng trong trường hợp không thể dùng được cánh khuấy mái chèo, chong chóng, tuabin. Thường dùng để khuấy bùn nhão hoặc khuấy chất lỏng có độ nhớt rất cao.

Đặc trưng của quá trình khuấy trộn là cường độ khuấy và năng lượng tiêu hao.

Cường độ khuấy trộn là chất lượng của kết quả khuấy theo thời gian. Cường độ khuấy trộn phụ thuộc vào nhiều yếu tố và cho đến nay vẫn chưa có phương pháp tính toán nào có thể tin cậy để xác định cường độ khuấy trộn.

Theo Pòrăngnốpski và nicôlaiep cường độ khuấy trộn có thể xác định bằng năng lượng tiêu hao của một đơn vị chất lỏng khuấy trộn trong một đơn vị thời gian.

Cường độ khuấy trộn được đặc trưng bởi chế độ chuyển động của chất lỏng nghĩa là đặc trưng bởi chuẩn số Re.

Nếu ứng dụng khuấy trộn để tạo huyền phù thì hiệu suất khuấy được đặc trưng bởi sự phân bố đồng đều của các pha.

Hình (15.1) mô tả cánh khuấy chưa làm việc, các hạt còn nằm ở dưới đáy thiết bị tạo thành một lớp có bề dày không đổi.

Hình (15.2) – máy khuấy làm việc đều hoàn toàn, nghĩa là ở bất kì điểm nào trong chất lỏng nồng độ pha rắn  $X_c$  đều như nhau, và bằng:

$$X_c = \frac{100 \cdot V_x \cdot \rho_x}{V_l \cdot \rho_l + V_r \cdot \rho_r} \% \text{ khối lượng} \quad (15.1)$$

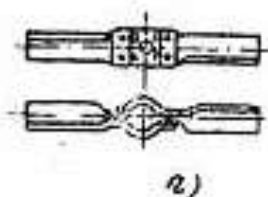
Trong đó:

$V_r$  \_ thể tích pha rắn,  $m^3$

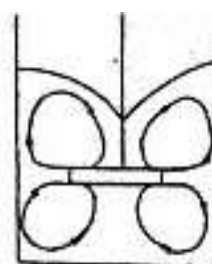
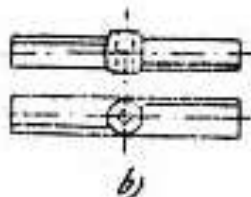
$V_l$  \_ thể tích pha lỏng,  $m^3$

$\rho_r$  \_khối lượng riêng pha rắn,  $kg/m^3$ ;

$\rho_l$  \_ khối lượng riêng pha lỏng,  $g/m^3$ .



Hình 15.1 Cánh khuấy mái chèo



Hình 15.2 Chiều chuyển động của dòng lỏng

Nếu quá trình khuấy trộn chưa đạt tới sự phân bố đồng đều, thì nồng độ  $x$  ở điểm bất kì nào đó có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn  $x_c$  (xem hình 6-2). Tỷ số của hiệu số  $\Delta x = x - x_c$  và  $100 - x_c$  đặc trưng cho sự phân bố đồng đều của pha rắn ở điểm mà ta xét. Thí dụ ta lấy  $m$  mẫu có trị số dương

$$(\Delta x_1 = x_1 - x_c, \quad \Delta x_2 = x_2 - x_c, \Delta x_3 = x_3 - x_c, \dots, \Delta x_m = x_m - x_c)$$

đồng thời có n mẫu có trị số âm

$$(\Delta x'_1 = x'_1 - x_c, \quad \Delta x'_2 = x'_2 - x_c, \Delta x'_3 = x'_3 - x_c, \dots, \Delta x'_n = x'_n - x_c)$$

độ phân bố đều của quá trình khuấy có thể tính theo công thức:

$$I = 1 - \frac{\sum_1^m \frac{\Delta x}{100 - x_c} + \sum \frac{\Delta x'}{x_c}}{m + n} \quad (15.2)$$

theo phương trình thì độ phân bố đồng đều I có giá trị thay đổi từ 0 đến 1. nếu khuấy trộn đạt tới sự phân bố đều hoàn toàn thì I=1

### 15.1.2. Công suất khuấy trộn

#### a. Công suất làm việc

Khi máy khuấy làm việc thì năng lượng tiêu hao dùng để khắc phục ma sát của cánh khuấy với môi trường.

Theo Newton, một vật thể chuyển động trong môi trường, thì lực ma sát có thể tính theo công thức sau:

$$S = \xi F \rho_1 \frac{w^2}{2}, \text{ [N]} \quad (15.3)$$

Trong đó:

$\xi$  \_ hệ số cản (ma sát) phụ thuộc vào chế độ chuyển động của môi trường ;

F \_ diện tích tiết diện hình chiếu của vật chuyển động lên mặt phẳng thẳng góc với phương của tốc độ chuyển động, m<sup>2</sup>;

w- tốc độ chuyển động của vật thể trong môi trường, m/s;

$\rho_1$ - khối lượng riêng của môi trường, kg/m<sup>3</sup>.

Công suất làm việc:

$$N_p = K \xi \rho_1 n^3 d^5, \text{ [W]} \quad (15.4)$$

Trong đó K=3.87 a

Đặt  $K \xi = \xi_M$

$$\xi_M = \frac{N_p}{\rho_1 n^3 d^5} \quad (15.5)$$

Trong đó:

n- số vòng quay của cánh khuấy, vòng/s;

$\rho_1$ - khối lượng riêng của môi trường, kg/m<sup>3</sup>

d- đường kính cánh khuấy, m;

$N_p$ - công suất làm việc, W;

$\xi_M$ - là hằng số tìm bằng thực nghiệm, nó phụ thuộc vào hình dạng cánh khuấy, thùng khuấy và vào chuẩn số  $Re_M$

$$\xi_M = f(Re_M)$$

Trong đó

$Re_M$  chuẩn số Reynolds của trường hợp khuấy

$$Re_M = \frac{\rho_1 n d^2}{\mu} \quad (15.6)$$

n- số vòng quay của cánh khuấy, vòng/s;

d- đường kính cánh khuấy, m;

$\mu$ - độ nhớt của chất lỏng, Ns/m<sup>2</sup>

Do đó ta có:

$$\xi_M = \frac{N_p}{\rho_1 n^3 d^5} = f\left(\frac{\rho_1 n d^2}{\mu}\right)$$

hay 
$$\xi_M = \frac{A}{Re_M^m}$$

A và m là hằng số xác định bằng thực nghiệm.

## b. Công suất mở máy

Khi mở máy năng lượng tiêu hao dùng để khắc phục lực y của chất lỏng từ trạng thái đứng yên sang trạng thái chuyển động và để khắc phục lực ma sát với không khí

### 15.2. CẤU TẠO CÁNH KHUẤY

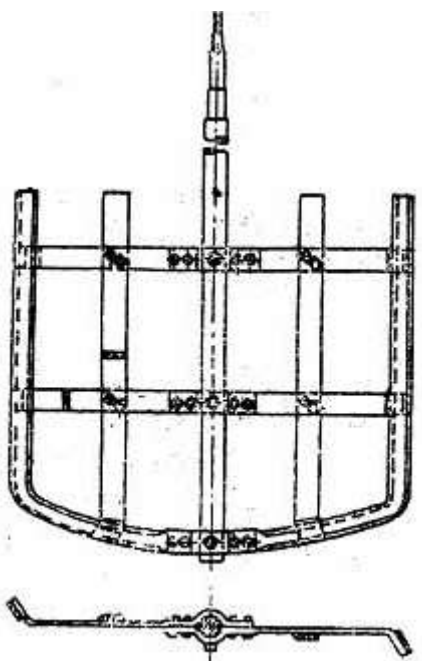
#### 15.2.1. Loại mái chèo

Cánh khuấy loại mái chèo cấu tạo rất đơn giản, gồm có hai tấm phẳng gắn chặt vào trục thẳng, trục quay nhờ bộ phận truyền động từ động cơ. Đường kính của mái chèo thường vào khoảng 0.7 đường kính thiết bị.

Nếu số vòng quay nhỏ thì chất lỏng sẽ chuyển động vòng tròn trên mặt phẳng nằm ngang trùng với mặt phẳng của cánh khuấy, và không có sự khuấy trộn chất lỏng ở các lớp khác.

Khi khuấy trộn mạnh sẽ xuất hiện dòng chuyển động phụ, khi đó chất

lồng chuyển động xoáy. Dòng chuyển động phụ này xuất hiện do lực li tâm gây nên làm cho chất lỏng văng từ tâm của thiết bị ra ngoài thành, đồng thời áp suất ở tâm sẽ giảm xuống và hút chất lỏng nằm ở bên trên và bên dưới cánh khuấy. Do đó trong chất lỏng xuất hiện dòng tuần hoàn theo mũi tên chỉ của hình 15.2.



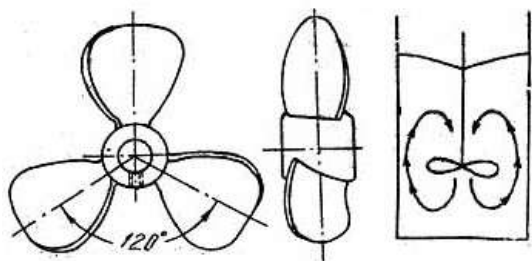
Hình 15.3 Cánh khuấy mái chèo hình khung

Dòng chuyển động phụ làm tăng cường độ của khuấy trộn. Cường độ khuấy càng tăng khi tăng số vòng quay, nhưng đồng thời năng lượng tiêu hao cũng tăng.

Khi chất lỏng chuyển động vòng thì do tác dụng của lực li tâm nên trên bề mặt của chất lỏng có dạng hình phễu (xem hình 15.2). Chiều sâu của phễu càng tăng khi số vòng quay tăng. Sự xuất hiện phễu chất lỏng sẽ dẫn tới làm giảm thể tích sử dụng của thiết bị. Do đó trong trường hợp cụ thể, bằng thực nghiệm người ta có thể tìm số vòng quay thích hợp cho khuấy trộn. Nếu tăng quá số vòng quay đó thì năng lượng tiêu hao sẽ tăng lên.

Để tăng sự khuấy trộn chất lỏng thường người ta dùng cánh khuấy mái chèo hình khung (Hình 15.3), loại mái chèo này có phần đáy cong tương ứng với bán kính cong của đáy thiết bị. Đôi khi người ta gắn vào thành thiết bị các tấm ngăn để làm tăng sự xáo trộn chất lỏng. Loại cánh khuấy mái chèo có ưu điểm: cấu tạo đơn giản dễ gia công, thích hợp với chất lỏng có độ nhớt nhỏ. Nhược điểm: hiệu suất khuấy thấp đối với chất lỏng nhớt, không thích hợp với các chất lỏng dễ phân lớp.

### 15.2.2. Cánh khuấy loại chân vịt (chong chóng)



Hình 15.4 Cánh khuấy chân vịt

Để tăng sự tuần hoàn chất lỏng người ta thường dùng cánh khuấy loại chân vịt (chong chóng) loại này thường gồm ba cánh (hình 15.4), mỗi cánh uốn cong một góc  $\theta$ , góc này thay đổi dần từ  $0^\circ$  ở trục đến  $90^\circ$  ở cuối cánh. Cánh khuấy gắn trên trục, số chong chóng trên trục có thể nhiều ít khác nhau phụ thuộc điều kiện khuấy trộn và chiều sâu mực chất lỏng khuấy.

Bề mặt cánh khuấy nghiêng bên phải, trục quay theo chiều kim đồng hồ, chất lỏng chuyển động dọc theo trục theo hướng từ dưới lên, tuần hoàn như hình vẽ (hình bên phải). Nếu cánh khuấy nghiêng bên trái, thì trục quay theo chiều ngược kim đồng hồ.

Đường kính cánh khuấy chong chóng vào khoảng  $0.25 \div 0.3$  đường kính thiết bị, số vòng quay vào khoảng  $200 \div 1500$  vòng/phút.

Để tăng sự khuấy trộn người ta làm thêm bộ phận hướng chất lỏng, bộ phận này có thể là ống hình trụ hay hình nón cụt, trong đó đặt cánh khuấy.

Ngoài ra nếu thể tích thiết bị khuấy lớn người ta có thể đặt cánh khuấy lệch tâm hoặc nghiêng một góc  $10 \div 20^\circ$  so với trục thẳng đứng.

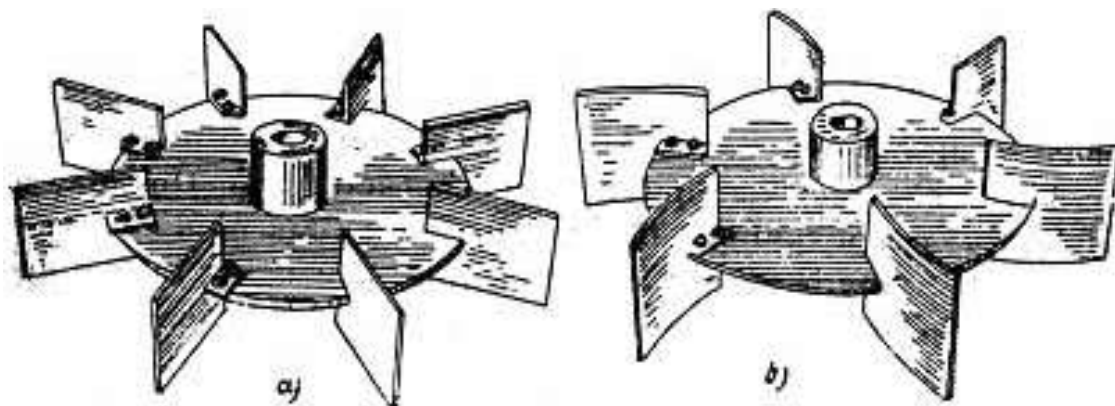
Cánh khuấy chong chóng có ưu điểm: cường độ khuấy lớn, năng lượng tiêu hao nhỏ kể cả khi số vòng quay lớn, giá thành hạ.

Nhược điểm: khi khuấy chất lỏng độ nhớt cao thì hiệu suất thấp, thể tích chất lỏng được khuấy mảnh liệt bị hạn chế.

### 15.2.3. Cánh khuấy tuabin

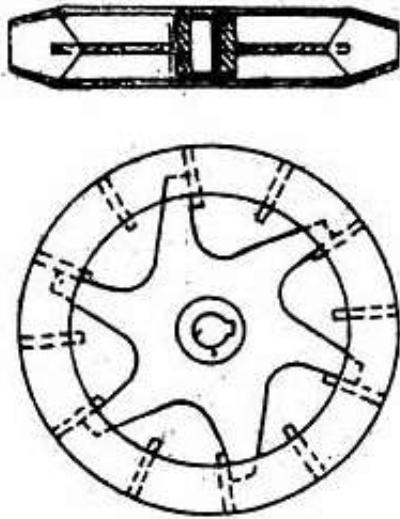
Cánh khuấy tuabin làm việc giống như bơm ly tâm, nghĩa là cũng có guồng quay, tùy theo cấu tạo của guồng người ta phân ra loại cánh khuấy tuabin hở hay kín.

Cánh khuấy tuabin hở guồng động có những cánh thẳng (hình 15.5a) hoặc cánh cong (hình 15.5) làm việc như cánh khuấy mái chèo.



Hình 15.5 Cánh khuấy tuabin hở

Cánh khuấy tuabin kín (hình 15.6) guồng động gồm hai hình vành khăn, được nối với nhau bằng những cánh nhỏ, giữa hai cánh tạo thành rãnh. Guồng động thường đặt trong một bộ phận hướng chất lỏng đứng yên.



Hình 15.5 Cánh khuấy tuabin kín

Khi cánh khuấy tuabin kín làm việc chất lỏng đi vào theo lỗ ở tâm của guồng, chuyển động theo rãnh trong guồng, rồi ra ngoài theo hướng tiếp tuyến với cánh guồng. Ta thấy chất lỏng chuyển động từ hướng thẳng đứng đến hướng nằm ngang theo bán kính và ra

khỏi guồng với tốc độ lớn.

Trong một đơn vị thời gian lặp đi lặp lại nhiều lần như thế làm cho chất lỏng bị khuấy mạnh liệt toàn bộ thể tích chất lỏng trong thùng.

Loại cánh khuấy tuabin đường kính  $d$  phụ thuộc vào đường kính của thiết bị  $D$ . Nếu đường kính  $D < 1.6m$ , đối với thiết bị có dung tích nhỏ hơn  $0.75m^3$  thì  $d = 0.5 - 0.33D$ . Khi  $D > 1.6m$ , đối với thiết bị dung tích lớn hơn  $0.75m^3$ , thì  $d = 0.25 - 0.33D$ .

Loại cánh khuấy tuabin có ưu điểm: hiệu suất cao, hòa tan nhanh, thuận tiện cho quá trình liên tục. Loại này có nhược điểm là cấu tạo phức tạp, giá thành đắt.

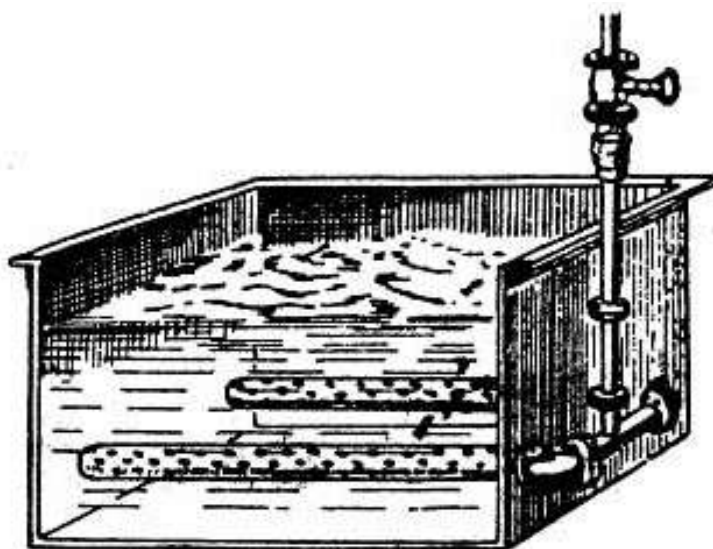
#### 15.2.4. Cánh khuấy đặc biệt – thùng khuấy

Thùng khuấy gồm có một thùng có cánh khuấy, trông giống như lồng sóc. Loại này dùng để tạo huyền phù nhũ tương, hoặc để tăng phản ứng hóa học giữa khí và lỏng. Thường thùng khuấy sử dụng trong trường hợp tỉ lệ đường kính của thùng khuấy và của thiết bị từ  $\frac{1}{4}$  ÷  $\frac{1}{6}$  và tỷ số chiều cao mực chất lỏng với đường kính thùng khuấy không nhỏ hơn 10.

### 15.3. KHUẤY BẰNG KHÍ NÉN

Khuấy bằng khí nén dùng để khuấy chất lỏng có độ nhớt thấp. Khí nén thường là không khí được nén qua một ống các lỗ nhỏ. Ống này đặt ở tận đáy thiết bị. Không khí chui qua lỗ tạo thành những bọt nhỏ, rồi qua lớp chất lỏng

làm cho chất lỏng bị khuấy. Để khuấy được đều người ta làm đường ống khí thành vòng, hoặc xoắn ốc, đôi khi làm một dãy ống thẳng đặt song song nhau (hình 15.7).



Hình 15.7 Khuấy bằng khí nén

Khi tính thiết bị khuấy bằng khí nén cần phải tính áp suất của khí, áp suất này dùng để khắc phục trở lực cục bộ, trở lực do cột chất lỏng trong thiết bị và để tạo áp suất trong ống. Áp suất này có thể tính theo công thức

$$p = H\rho_1g + \rho_{kk} \frac{w^2}{2} + \sum \xi \bar{v} + p_o, \quad [\text{N/m}^2]$$

H – chiều cao cột chất lỏng trong thiết bị, m;

$\rho_1, \rho_{kk}$  – khối lượng riêng của chất lỏng và của không khí,  $\text{kg/m}^3$ ;

w – tốc độ không khí trong ống, thường  $\cong 20\div 40$  m/s ;

$\sum \xi$ -tổng hệ số trở lực ma sát và trở cục bộ

Trong trường hợp chiều dài đường ống dẫn khí không biết trước thì có thể coi mất mát áp suất trên đường ống bằng 20% trở lực của cột chất lỏng, và có thể tính theo công thức:

$$p = 1,2h\rho_1g + p_o$$

Lượng không khí tiêu hao xác định theo công thức thực nghiệm

$$V = Kfp, \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

f- bề mặt chất lỏng yên lặng trong thiết bị trước khi khuấy,  $\text{m}^2$ ;

$p_o$ - áp suất không khí,  $\text{N/m}^2$ ;

K- hệ số thực nghiệm,  $K = 2.4\div 6.0$

## 15.4. CÂU HỎI

1. Mục đích của khuấy trộn là
  - a. tăng nhiệt độ
  - b. tăng khối lượng hạt
  - c. tạo sự đồng đều về vật chất và nhiệt độ
2. Khuấy trộn là quá trình
  - a. chất lỏng chuyển động
  - b. cung cấp năng lượng để tạo dòng chảy trong thiết bị
  - c. tự cung cấp năng lượng
3. Để tăng cường độ khuấy trộn với máy khuấy mái chèo, người ta phải
  - a. vận tốc quay giảm xuống
  - b. tăng vận tốc, làm dạng hình khung
  - c. tăng đường kính thiết bị

## 15.5. Thực hành

Dụng cụ và hóa chất.

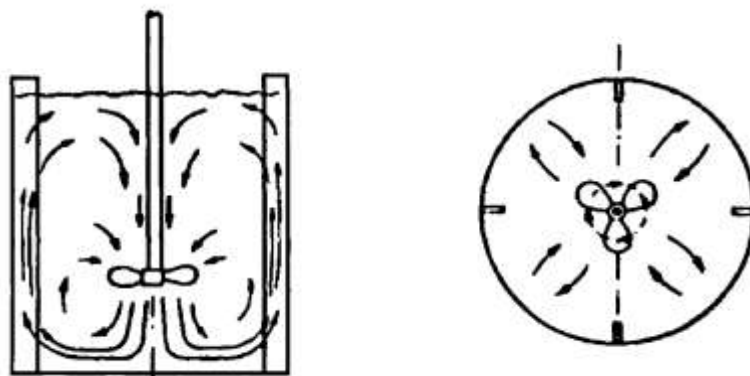
Hệ thống khuấy. Dung dịch cần khuấy và các cánh khuấy dạng chân vịt và mái chèo.

Vận hành:

Kiểm tra hệ thống điện nước và chuẩn bị vận hành.

Kết quả:

Xác định nồng độ của dung dịch khi khuấy bằng cánh khuấy dạng mái chèo và chân vịt khi cho khuấy thộn cùng một dung dịch. So sánh công suất của hai loại trong cùng tốc độ quay. So sánh trong hai trường hợp có tấm chặn và không có tấm chặn.



Hình 15.8 Khuấy bằng cánh chân vịt

**Bài 16**  
**ĐẬP – NGHIỀN – SÀNG VẬT RẮN**      **Mã số: QTTB 16**

**Giới thiệu**

Vận tốc phản ứng, vận tốc hòa tan vật rắn vào trong lỏng, hiệu suất và cường độ của nhiều quá trình hóa học ...đều phụ thuộc vào kích thước và bề mặt riêng của hạt. Vì vậy trong công nghiệp hóa chất và thực phẩm người ta thường tiến hành quá trình đập-nghiền – sàng để đạt được nguyên liệu có kích thước hạt mong muốn.

**Mục tiêu thực hiện**

Học xong bài này học sinh có khả năng.

- Mô tả bản chất quá trình đập nghiền, sàng.
- Mô tả nguyên lý vận hành của thiết bị đập nghiền, sàng.
- Vận hành được thiết bị điển hình.

**16.1. ĐẬP NGHIỀN**

**16.1.1. Khái niệm cơ bản**

Đập nghiền là quá trình tác dụng cơ học làm cho kích thước của vật rắn nhỏ lại, để tăng bề mặt riêng của nó.

Quá trình đập nghiền được áp dụng rộng rãi trong các ngành hoá học và thực phẩm để làm tăng quá trình hoà tan, quá trình hoá học, quá trình cháy để tạo sản phẩm đồng nhất v.v... Thí dụ trong sản xuất xi măng, cò lạnh ke từ lò nung ra phải cho vào nghiền.

Quá trình đập nghiền đặc trưng bằng độ nghiền  $i$  là tỉ số giữa đường kính  $D$  của vật liệu trước khi nghiền với đường kính  $d$  của hạt sau khi nghiền.

$$i = \frac{D}{d} \quad (16.1)$$

Nhưng thường kích thước của vật liệu không có hình dạng xác định, vì vậy kích thước của hạt được tính bằng kích thước lỗ sàng khi phân loại vật liệu nghiền.

Tùy theo kích thước của hạt trước và sau khi nghiền mà người ta phân loại các máy nghiền ra làm máy nghiền thô, trung bình, nhỏ, mịn và máy nghiền keo.

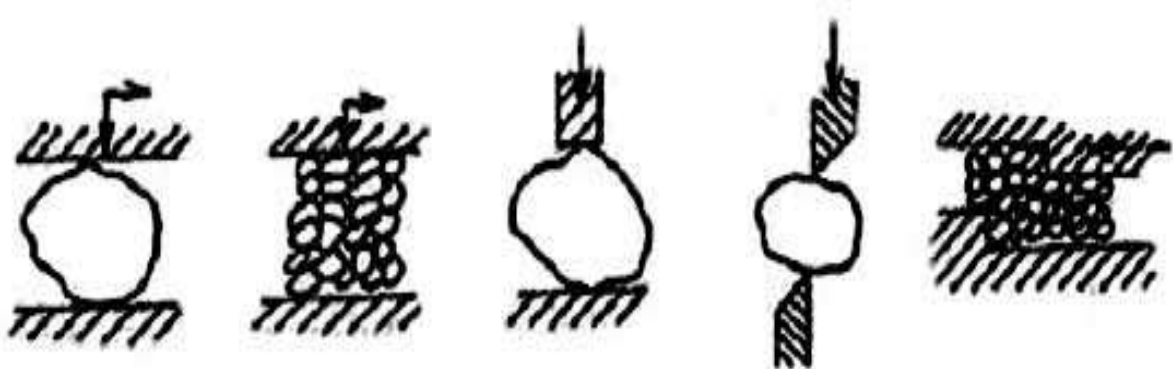
Bảng 16.1. Bảng phân loại máy nghiền

Dạng máy nghiền	D (mm)	d (mm)	i
Nghiền thô	1500 ÷ 150	250 ÷ 40	3 ÷ 5
Nghiền trung bình	250 ÷ 40	40 ÷ 6	4 ÷ 5
Nghiền nhỏ	25 ÷ 3	6 ÷ 1	5 ÷ 6
Nghiền mịn	10 ÷ 1	1 ÷ 0,075	đến 100
Nghiền keo	12 ÷ 0,1	0,075 ÷ 1.10 <sup>-4</sup>	đến 1000

Khi nghiền thô và trung bình thường nghiền khô, còn nghiền nhỏ và mịn thì có thể nghiền khô hay nghiền ướt ít tạo thành bụi trong quá trình nghiền và kích thước của hạt sau khi nghiền đồng đều hơn, dễ dàng lấy sản phẩm ra hơn.

Người ta có thể tiến hành nghiền theo các phương thức sau đây:

1 – Chèn ép ; 2- chà sát ;3 – đập; 4-bỏ (xem hình 16.1)



Hình 16.1 Tác dụng đập nghiền giữa hai bề mặt




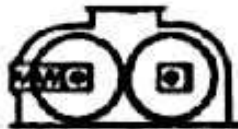

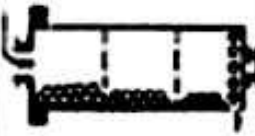

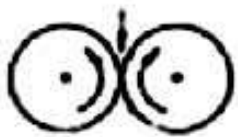
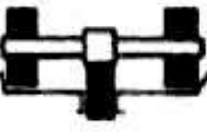

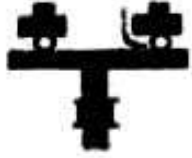









Lựa chọn phương thức nào đó tùy thuộc độ to nhỏ và độ cứng của vật liệu.

Theo giới hạn bền của vật liệu (tính bằng MN/m<sup>2</sup>) người ta phân vật liệu ra các loại:

- Loại cứng, giới hạn bền bằng 750 (đá đia bazơ)
- Loại trung bình, giới hạn bền bằng 10 ÷ 50 (đá vôi, than đá)
- Loại mềm, giới hạn bền ≤ 10 (đất sét...)

Trên thực tế người ta dùng phương thức tổng hợp các loại phương thức trên, thí dụ: vừa chèn ép, vừa đập hoặc vừa chà sát vừa đập v.v... tùy theo tính chất của vật liệu.

Bảng 16.2 Tổng hợp các loại máy nghiền thô

Máy nghiền thô			
			
Đập mả	Bó	Đập búa	Nghiền trục
Máy nghiền mịn			
			
Nghiền bi	Thùng quay	Nghiền rung	Nghiền trục
			
Nghiền lăn	Nghiền lò xo	Nghiền lò xo cầu	Nghiền quả lắc
			
Nghiền cầu lăn	Đường nghiền	Nghiền búa	Nghiền lưới sàng
			
Nghiền thanh	Nghiền tia	Nghiền răng cưa	Nghiền dao cắt

Bảng 16.3. Bảng phân loại phương pháp nghiền

Vật liệu nghiền	Phương pháp nghiền
Cứng và dòn	chèn ép, đập
Cứng dẻo	chèn ép

Vật liệu nghiền	Phương pháp nghiền
Dòn, cứng trung bình	đập, chà sát
Đẻo, cứng trung bình	chà sát, đập

### 16.1.2. Cơ sở vật lý về đập nghiền

Trong quá trình đập nghiền phải tiêu tốn công bên ngoài để tạo thành các bề mặt mới, để khắc phục lực ma sát bên trong của vật thể, để khắc phục lực ma sát bên ngoài giữa vật liệu nghiền và bộ phận làm việc của máy.

Để xác định công tiêu tốn trong quá trình đập nghiền người ta dựa trên hai giả thuyết.

Giả thuyết bề mặt: Công tiêu tốn trong quá trình nghiền tỷ lệ với bề mặt mới được tạo thành sau khi nghiền.

Thí dụ: ta có cục vật liệu hình hộp mỗi cạnh là  $D$  cm, khi nghiền vật liệu bị vỡ theo tất cả các bề mặt song song với các mặt cạnh. Gọi độ nghiền là  $i$  thì số bề mặt mới được tạo thành bằng  $3(i - 1)$  và tổng số diện tích bề mặt mới được tạo thành bằng:

$$F = 3(i - 1) \cdot D^2 \cdot \text{cm}^2 \quad (16.2)$$

Để tạo thành 1cm bề mặt mới phải tiêu tốn một công một công là  $a(\text{J}/\text{cm}^2)$  khi đó công tiêu tốn cho quá trình đập nghiền xác định theo công thức:

$$A = 3aD^2(i - 1) \text{ J} \quad (16.3)$$

Trường hợp độ nghiền rất lớn thì  $(i - 1) \approx i$  khi đó có thể coi công tiêu tốn để nghiền tỷ lệ thuận với độ nghiền.

Trên thực tế vật đem nghiền không phải là hình hộp mà có hình dáng bất kỳ không xác định, cho nên ta phải tính thêm hệ số điều chỉnh  $K$ , hệ số này phụ thuộc vào tính chất vật lý của vật liệu và vào phương pháp nghiền.

$$A = 3aKD^2(i - 1) \text{ J} \quad (16.4)$$

Giả thiết rằng sau khi nghiền cục vật liệu có các cạnh là  $d$  cm, độ nghiền thì công tiêu tốn để nghiền  $1\text{cm}^3$  vật liệu sẽ bằng:

$$A = 3aKD^2 \left( \frac{D}{d} - 1 \right) \frac{1}{D^3} = 3aK \left( \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) \text{ J}/\text{cm}^3 \quad (16.5)$$

Nếu khối lượng riêng của cục vật liệu là  $p$ ,  $\text{kg}/\text{cm}^3$  thì công tiêu tốn để nghiền 1 kg vật liệu là:

$$N = 3 \frac{aK}{p} \left( \frac{-1}{d} - \frac{1}{D} \right) J / kg \quad (16.6)$$

Trong đó K là hệ số điều chỉnh tìm bằng thực nghiệm, thường  $K=1,2 \div 1,7$ .

Công tiêu tốn để tạo thành  $1\text{cm}^2$  bề mặt mới, cũng tìm bằng thực nghiệm.

Giả thuyết thể tích: Công cần thiết để đập nghiền tỷ lệ với sự biến đổi thể tích của vật liệu, cách xác định giống như công đàn hồi của vật liệu, xác định theo định luật Húc.

$$\Delta = \frac{\sigma^2 \Delta V}{2E} \quad N.cm \quad (16.7)$$

ở đây:

$\sigma$  – ứng suất phá vỡ vật liệu khi biến dạng,  $N/cm^2$ .

$\Delta V$ -hiệu số thể tích vật liệu trước và sau khi nghiền,  $cm^3$

E – Mô-đun đàn hồi của vật liệu,  $N/cm^2$ .

Phương trình (16.7) chỉ sử dụng trong trường hợp ứng suất của vật liệu không lớn hơn giới hạn đàn hồi của nó, nhưng khi đập nghiền vật liệu không những ứng suất của nó lớn hơn giới hạn đàn hồi mà còn lớn hơn cả giới hạn bền do đó phương trình (16.7) áp dụng không được chính xác nữa.

Theo giả thuyết thể tích công cần thiết để đập nghiền tỷ lệ với thể tích của vật thể. Do đó nếu nghiền hai vật thể đồng dạng, về kích thước hình học có thể tích  $V_1$  và  $V_2$  thì ta có:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (16.8)$$

Mặt khác công có thể tính bằng lực tác dụng p nhân với tỷ lệ chiều dài l của vật liệu:  $A=P.a.l$  (a – hệ số tỷ lệ). Thể tích vật thể cũng tỷ lệ với kích thước hình học  $V=C.l^3$  (C – là hệ số tỷ lệ).

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{P_1 b . I_1}{P_2 b . I_2} = \frac{C . I_1^3}{C . I_2^3}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1^2}{I_2^2} \quad (16.9)$$

Phương trình (16-8a) cho ta thấy lực tác dụng để đập nghiền tỷ lệ bậc hai với chiều dài hay tỷ lệ với bề mặt của vật thể, còn công đập nghiền thì tỷ lệ

với thể tích.

Ta thấy rằng hai giả thuyết trên chưa phản ánh đúng hoàn toàn cho tất cả các trường hợp, thuyết bề mặt chỉ đúng cho nghiền nhỏ hay nghiền mịn còn thuyết thể tích chỉ đúng cho nghiền thô và nghiền trung bình, cả hai thuyết đó chỉ gần đúng với thực tế và hỗ trợ cho nhau. Theo đề nghị của Rôbinđe thì công đập nghiền trong trường hợp chung thì bằng tổng số công tính theo hai giả thuyết trên.

$$A = \beta \cdot \Delta F \div l \cdot \Delta V \quad (16.10)$$

Số hạng đầu bên vế phải của phương trình này là năng lượng tiêu hao để tạo thành bề mặt mới trong đó  $\beta$  là năng lượng tiêu hao riêng (năng lượng tiêu hao đối với một đơn vị bề mặt vật thể).  $\Delta F$  – bề mặt mới được tạo thành. Số hạng thứ hai là năng lượng tiêu hao để vật thể biến dạng, bằng công biến dạng đàn hồi  $l$  trên một đơn vị thể tích của vật thể nhân với thể tích bị đàn hồi  $\Delta V$ .

Phương trình (16.10) là biểu thức toán học của định luật bảo toàn năng lượng. Theo định luật này trong quá trình đập nghiền năng lượng được chuyển từ dạng này sang dạng khác. Nghĩa là trước khi phá vỡ, vật liệu có một thế năng, dưới tác dụng của lực bên ngoài vật thể ở dạng biến dạng đàn hồi, sau khi bị phá vỡ thì thế năng biến thành động năng đồng thời năng lượng biến dạng biến thành nhiệt năng và tỏa ra môi trường bên ngoài.

Khi nghiền thô, bề mặt mới được tạo thành nhỏ, vì cục vật liệu lớn nên đại lượng  $l \cdot \Delta V$  lớn hơn đại lượng  $\beta \Delta F$  do đó năng lượng tiêu hao để đập nghiền gần như tỷ lệ với thể tích vật thể.

Khi nghiền mịn bề mặt mới được tạo thành rất lớn, nên đại lượng  $\beta \Delta F$  lớn hơn đại lượng  $l \Delta V$  rất nhiều, do đó năng lượng tiêu hao để đập nghiền gần như tỷ lệ với bề mặt mới được tạo thành. Giả thuyết của Rôbinđe phù hợp với thực nghiệm hơn.

### 16.1.3. Cấu tạo máy đập nghiền

Khi cấu tạo các loại máy nghiền phải thỏa mãn các yêu cầu sau đây:

- Kích thước của hạt sau khi nghiền phải đồng đều;
- Khi nghiền xong hạt phải được mang ra ngay khỏi máy nghiền.
- Ít tạo thành bụi;
- Có thể tự động hóa và liên tục nạp liệu được;
- Có thể điều chỉnh được độ nghiền;

- Có thể thay thế một cách nhẹ nhàng và nhanh chóng các bộ phận hỏng;
- Năng lượng tiêu hao riêng (tiêu hao trên một đơn vị thành phẩm) phải nhỏ;
- Khối lượng máy phải nhỏ.

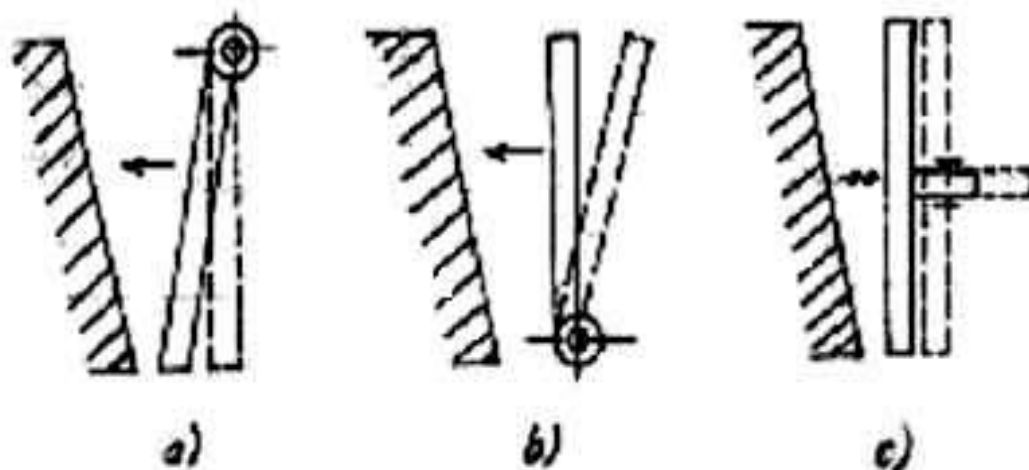
Hiện nay người ta phân loại máy nghiền ra làm các loại sau đây:

- Máy nghiền thô
- Máy nghiền trung bình và nhỏ
- Máy nghiền mịn và nghiền keo.

### a. Máy nghiền thô

#### Máy đập má

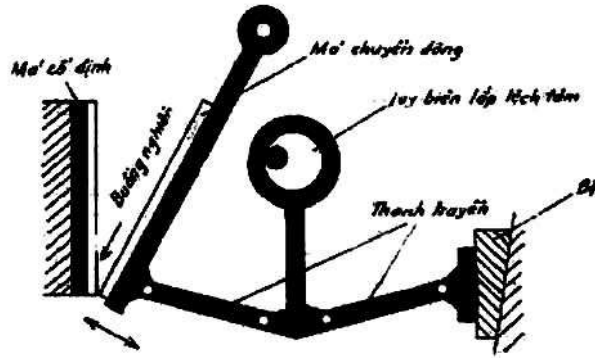
Trong máy đập má vật liệu đưa vào máy bị chèn ép một cách chu kỳ bởi hai má nên vỡ ra, rơi xuống phía dưới rồi ra ngoài. Sự tác động qua lại của má chuyển động có thể theo các phương thức sau. (hình 16.2)



Hình 16.2 Sơ đồ chuyển động của má đập

- Má chuyển động có trục treo ở bên trên (hình 16.2 a)
- Má chuyển động trục treo ở bên dưới (hình 16.2b)
- Má chuyển động đồng đều (hình 16.2c).

Sơ đồ máy đập má có trục treo ở bên trên diễn tả trên hình 16.3. Cấu tạo của nó gồm má không chuyển động có lắp tấm 1, làm bằng các vật liệu chống bào mòn, tấm 3 lắp trên má chuyển động 2, trục treo của má chuyển động 4. Má dao động qua lại nhờ có tay biên lắp trên trục lệch tâm 5, tay biên 6 nối với má chuyển động bằng thanh truyền 7. Thanh kéo 8 và lò xo 9 giữ cho má 2 luôn có xu hướng mở. Ốc 10 dùng để điều chỉnh độ nghiền.



Hình 16.3 Sơ đồ cơ cấu tay biên máy má đập

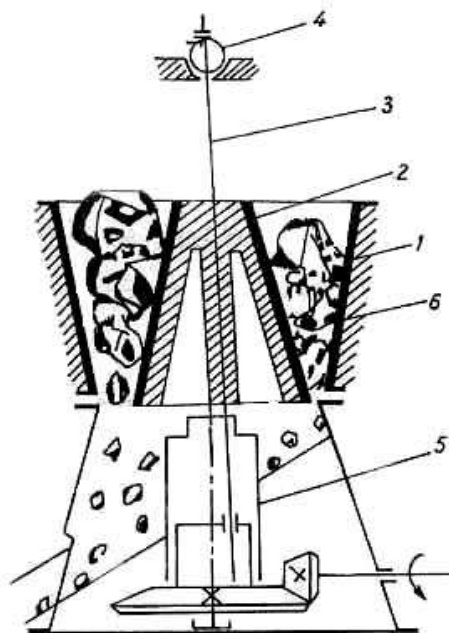
Máy đập mà có ưu điểm là:

- Cấu tạo đơn giản và chắc chắn;
- Phạm vi sử dụng rộng rãi (thường dùng đập vật liệu có cục lớn và độ cứng cao);
- Làm việc chắc chắn;
- Thao tác nhẹ nhàng.

Nhược điểm:

- Tác dụng có chu kỳ vật liệu;
- Vật liệu cho vào máy không đều nên dẫn đến sự va đập và rung động vì vậy máy phải lắp trên bộ nặng.

### Máy nghiền hình nón cụt



1. nón rỗng; 2.nón đặc; 3.trục; 4.ổ trục; 5.cốc lệch tâm; 6.tấm lót

Hình 16.4 Sơ đồ máy nghiền hình nón cụt

Trong máy nghiền hình nón cụt vật liệu nghiền liên tục bị chèn ép và bẻ gãy bởi hình nón đặt quay lệch tâm trong thân cũng hình nón (hình 16.5), bề mặt của hai hình nón này làm nhẵn hay nhám tùy theo tính chất của vật liệu nghiền.

Vật liệu nghiền đưa vào khoảng không gian giữa hai hình nón (không gian hình phễu) Vật liệu bị nghiền giữa bề mặt trong của hình nón ngoài và bề mặt ngoài của hình nón trong.

Nón trong quay như con lắc hình nón, nghiền các cục vật liệu nhỏ bằng áp lực (ép), còn nghiền các cục vật liệu lớn bằng vừa ép vừa bẻ gãy.

Nhờ sử dụng lực bẻ gãy mà năng lượng tiêu hao giảm, đó là ưu điểm của loại máy này, mặt khác loại máy nghiền này sản phẩm ít có các hạt kích thước nhỏ và ít tạo thành bụi.

Sơ đồ máy nghiền hình nón cụt biểu diễn ở hình (16.4). Cấu tạo gồm hình nón đặc 2 đặt lệch tâm trong hình nón rỗng 1, trục 3 treo trên một ổ đỡ tròn 4, ổ này gắn chặt với thân hình nón. Nâng trục lên hay thả xuống nhờ có một cái êcu để điều chỉnh khe tháo của máy. Đầu dưới của trục đặt tự do trong cốc lệch tâm 5. Cốc quay nhờ bộ truyền động bánh răng hình nón.

So sánh với máy đập má, máy nghiền hình nón có các ưu điểm sau:

- Năng suất lớn do nghiền liên tục vật liệu và vừa chèn ép vừa bẻ gãy;
- Năng lượng tiêu hao nhỏ
- Làm việc điều hoà do đó máy không cần phải có bánh đà và bộ điều chỉnh
- Nạp liệu dễ dàng

Nhược điểm:

- Cấu tạo phức tạp
- Điều chỉnh chiều rộng khe hở khó khăn
- Không nghiền được vật liệu dẻo
- Thao tác khó khăn

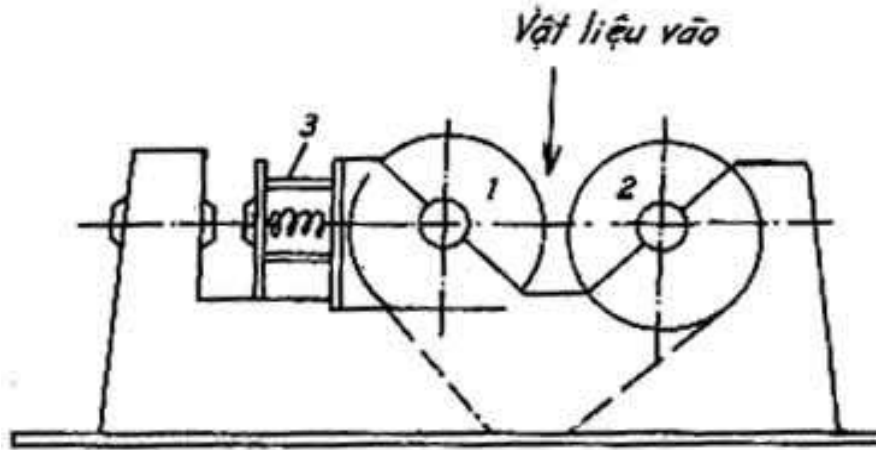
## **b. Máy nghiền trung bình và nhỏ**

**Máy nghiền trục:** Máy nghiền trục gồm có hai trục hình trụ đặt song song và quay trái chiều nhau. Vật liệu bị nghiền chủ yếu do lực chèn ép.

Cấu tạo của máy nghiền trục gồm có hai trục 1 và 2 (hình 16.5). Trục 1 lắp trên ổ trục có thể di động được. Trục 2 lắp trên ổ trục cố định. Trục 1 bị giữ

ở vị trí cố định, do hệ thống lò xo 3.

Vật liệu nghiền đưa từ trên xuống giữa hai trục, do sự ma sát vật liệu bị kéo vào khe hở giữa hai trục và bị ép lại, sau khi nghiền vật liệu rơi xuống dưới và được đưa ra ngoài.



1,2. trục quay; 3. lò xo

Hình 16.5 Máy nghiền trục

Nếu cục vật liệu to hay cứng quá, lò xo bị nén lại, khe hở giữa hai trục rộng ra. Cục vật liệu sẽ rơi xuống dưới, sau đó lò xo đẩy trục về vị trí cũ.

Trên bề mặt trục làm nhẵn hay nhám, nếu nghiền vật liệu giòn, có độ cứng trung bình thì người ta làm trục có răng, độ nghiền của máy này vào khoảng  $i=10\div 15$ .

Máy nghiền trục thường nghiền đá vôi, than đá, các muối, phân, sa môt và các vật liệu có độ cứng trung bình hoặc nhỏ.

Ưu điểm:

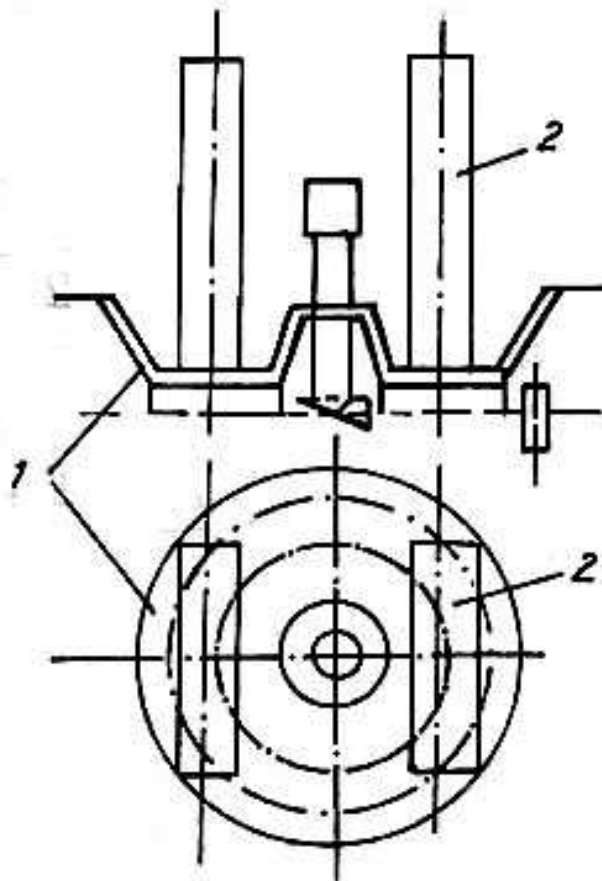
- Cấu tạo đơn giản, chắc chắn
- Làm việc tin cậy được

Nhược điểm:

- Vật liệu sau khi nghiền thành các cục dẹt (đối với máy nghiền trục nhẵn);
- Không thích hợp khi nghiền các vật liệu có độ cứng cao.

### **Máy nghiền quả lăn**

Máy nghiền quả lăn gồm có đĩa 1, trên đĩa có 2 hoặc 3 quả lăn 2. Quả lăn tự quay xung quanh trục của nó do ma sát của quả lăn với đĩa, (hình 16.6). Vật liệu nghiền được đưa vào đĩa. Loại này có thể có hai loại



1. đĩa; 2. quả lăn

Hình 16.6 Máy nghiền quả lăn

Loại quả lăn quay, đĩa đứng yên

- Loại đĩa quay, quả lăn đứng yên

Loại thứ nhất quả lăn quay xung quanh trục thẳng đứng nên gây ra lực ly tâm lớn, để làm giảm lực ly tâm người ta phải giảm số vòng quay, làm cho năng suất giảm. Loại thứ hai cho phép số vòng quay lớn, năng suất cao hơn.

So sánh hai loại trên ta thấy loại đĩa quay có ưu điểm:

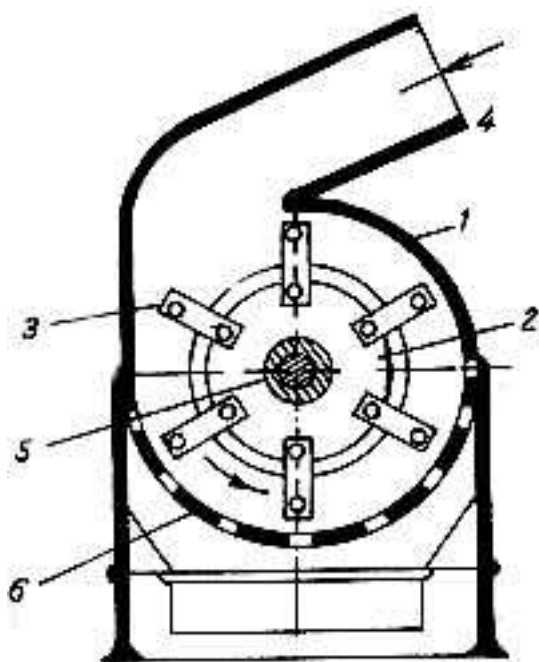
- Lắp ráp quả lăn đơn giản và chắc chắn hơn
- Tháo vật liệu nhẹ nhàng hơn
- Không có lực ly tâm do quả lăn quay

### **Máy nghiền búa**

Máy nghiền búa dùng để nghiền sơ bộ và nghiền nhỏ lần cuối cùng các vật liệu có độ ẩm không quá 15%. Cấu tạo của nó gồm có vỏ máy 1 bằng gang hay thép (hình 16.7). Trên trục nằm ngang 5 có gắn đĩa 2, trên đĩa gắn các búa 3, búa có thể lắp cứng hoặc lắp động, búa thường làm bằng thép cứng. Vật liệu đưa vào máy qua cửa 4. Khi trục quay, búa dang thẳng và đập

mạnh vào vật liệu làm cho nó vỡ nhỏ ra. Vật liệu sau khi nghiền tháo qua sàng 6, sàng này có thể điều chỉnh được lỗ to nhỏ để điều chỉnh độ nghiền.

Nếu nghiền mịn thì không tháo vật liệu qua sàng mà dùng quạt hút.



1. vỏ máy; 2. đĩa quay; 3. búa; 4. cửa vật liệu vào; 5. trục quay; 6. lưới

Hình 16.7. Máy nghiền búa

Khi nghiền mịn, vật liệu bị nghiền không những do va đập của búa mà còn do sự ma sát của hạt với nhau cũng như ma sát với thân máy. Máy nghiền búa thường có số vòng quay của trục khoảng 500÷800vòng/ph đối với máy nghiền thô, nghiền mịn khoảng 1000÷1500vòng/ph. Độ nghiền từ 10 ÷ 15 đối với nghiền thô và 20÷40 đối với nghiền mịn.

Năng suất máy nghiền búa có thể tính theo công thức:

$$Q = \frac{KD^2 Ln^2}{3600 \cdot (i-1)}, \text{ tấn/h}$$

D – đường kính đĩa (rôto), m;

L – chiều dài rôto, m;

N – số vòng quay của rôto trong một phút

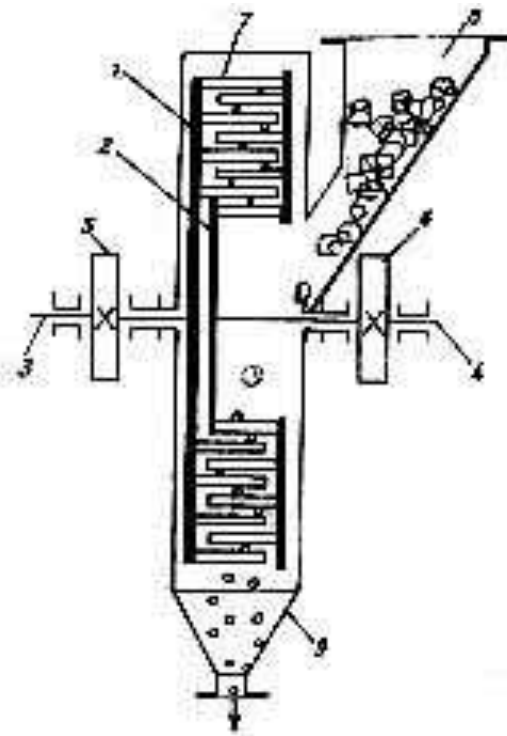
i – độ nghiền

K – hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào cấu tạo máy nghiền và độ cứng của vật liệu (thường K=4,0÷6,2)

Công suất tiêu hao của máy nghiền búa:

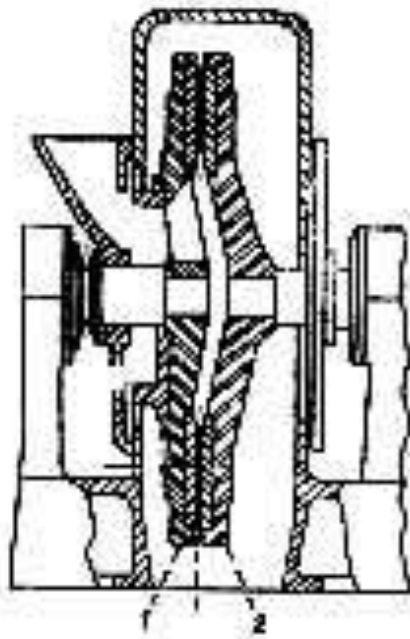
$$N = (0,1 + 0,15) i Q, \text{ kW}$$

## Máy say (đêzintegrato)



Hình 16.8 Máy say

1,2 đĩa; 3,4. trục; 3,6. băng đai; 7.thanh; 8.phễu nạp liệu



Hình 16.9 Máy nghiền đĩa

Cấu tạo của nó gồm hai đĩa 1 và 2 (hình 16.8) được gắn trên hai trục 3 và 4, trên trục có gắn bánh đai 5 và 6 nối với mô tơ truyền động bằng dây đai. Trục quay trái chiều nhau.

Trên đĩa lắp các thanh 7, các thanh bố trí theo dãy hình tròn, mỗi dãy thanh của đĩa này cách dãy của đĩa kia một khe hở.

Vật liệu cho vào phễu 8, khi đĩa quay vật liệu bị các thanh đập nhỏ. Sau khi nghiền, vật liệu rơi xuống phễu 9 rồi được đưa ra ngoài.

Tốc độ quay của đĩa khoảng 200÷1200 vòng/phút. Năng suất dao động 0,5÷20 tấn/h

Loại máy này có ưu điểm:

- Cấu tạo đơn giản, gọn
- Năng suất và độ nghiền cao
- Làm việc chắc chắn, tin tưởng

Nhược điểm:

Các chi tiết máy bị bào mòn nhanh

- Nhiều bụi

- Tiêu hao năng lượng lớn.

### **Máy nghiền đĩa**

Máy nghiền đĩa dùng để nghiền nhỏ các loại hạt, các loại khô dầu v.v... trong kỹ thuật thực phẩm. Cấu tạo của nó gồm có đĩa 1 không chuyển động, đĩa 2 quay nhờ gắn vào một cái trục nằm ngang 3. Đĩa 2 có thể điều chỉnh qua lại được nhờ có bộ phận điều chỉnh (hình vẽ không chỉ) nhờ đó người ta có thể điều chỉnh được độ nghiền (hình 16.9)

Tốc độ vòng của đĩa vào khoảng 7 – 8 m/s khi nghiền các loại hạt.

### **c. Máy nghiền mịn**

Trong máy nghiền mịn vật liệu bị nghiền do chà sát hay vừa đập vừa chà sát. Loại phổ biến thường được dùng rộng rãi là loại thùng quay, trong thùng đặt các bi hình cầu hay hình trụ hoặc những thanh dài.

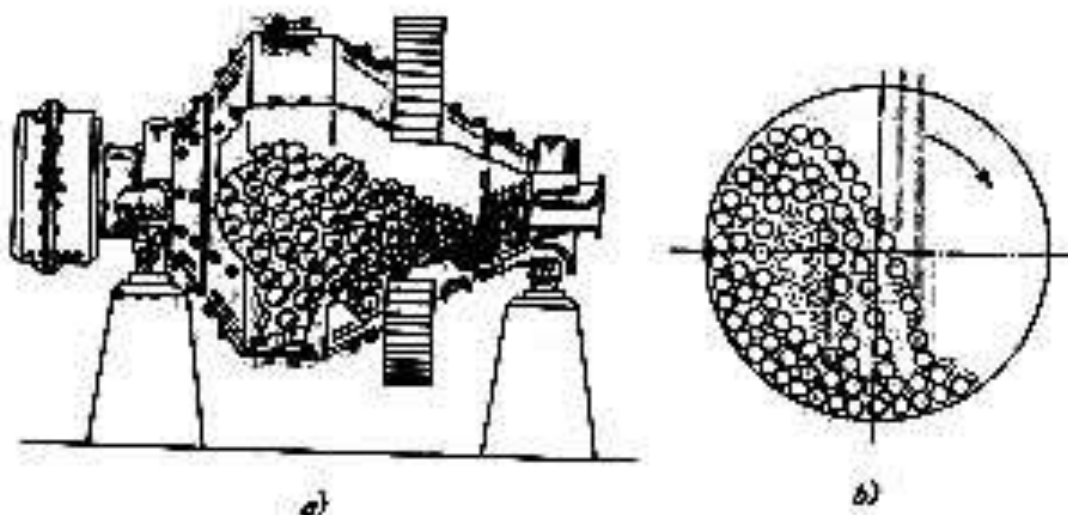
**Máy nghiền bi:** Cấu tạo của máy nghiền bi gồm có một cái thùng bên trong chứa một phần bi bằng kim loại hoặc bằng sứ. Khi thùng quay, các viên bi do ma sát với thành máy nên nó bị nâng lên một đoạn theo hướng quay, khi góc nâng lớn hơn góc rơi tự nhiên thì bị trượt xuống phía dưới.

Nếu nâng tốc độ quay thì lực ly tâm tăng và góc nâng cũng tăng, khi lực trọng lượng lớn hơn lực ly tâm thì sẽ rơi xuống dưới theo đường parabol (hình 16.10). Tiếp tục tăng độ quay, lực ly tâm rất lớn so với lực trọng lượng, bi bị quay tròn theo máy, vật liệu không được nghiền nữa. Do đó cần xác định tốc độ làm việc thích hợp để bi có chiều cao rơi và tốc độ rơi lớn nhất.

Máy nghiền bi có thể phân loại như sau:

- Phân loại theo cấu tạo của thùng có các loại hình trụ, hình nón cụt
- Phân loại theo phương pháp tháo sản phẩm, có loại tháo qua trục rỗng, tháo qua sàng chắn ngang thùng, tháo qua sàng hình trụ và loại máy nghiền kèm theo thiết bị phân loại đặt riêng biệt bên ngoài.

Hình 16.10 biểu diễn máy nghiền bi hình nón cụt. Nó gồm hai hình nón cụt gắn vào hai đầu của thân hình trụ ngắn. Cấu tạo như thế có lợi là: Vận tốc vòng của thùng máy giảm dần từ thân hình trụ đến cửa tháo vật liệu, theo hướng đó góc nâng của bi cũng được giảm dần, động năng của chúng cũng giảm. Kích thước của vật liệu nghiền cũng giảm dần do đó năng lượng tiêu tốn giảm dần xuống.



Hình 16.10. Máy nghiền bi

Trong máy nghiền hình nón, bi có kích thước lớn nhất được xếp ở thân hình trụ, kích thước bi giảm dần đến cửa tháo vật liệu.

Để dễ dàng tháo vật liệu người ta đặt máy nghiền nghiêng đi một góc.

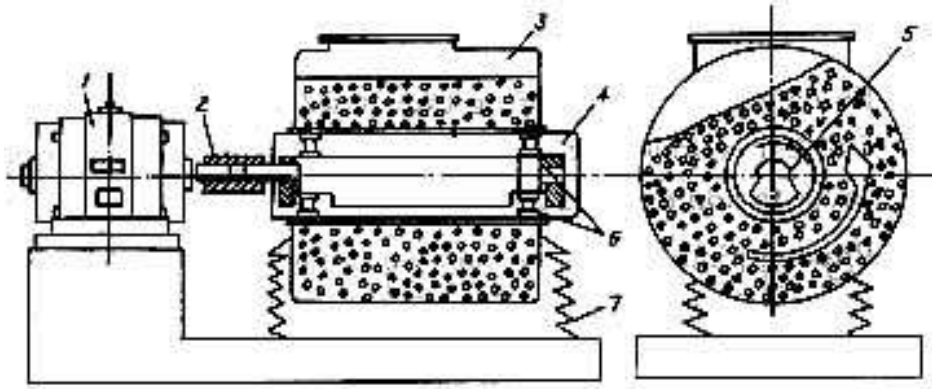
Loại máy nghiền này có thể nghiền khô hoặc nghiền ướt. Khi nghiền khô máy làm việc trong một chu trình kín. Khi nghiền ướt quá trình tháo vật liệu tiến hành theo nguyên tắc gạt.

### **Máy nghiền thanh**

Máy nghiền thanh gồm có một cái thùng ngắn, trong đó chứa các thanh, đường kính khoảng  $40=100\text{mm}$ . Với số vòng quay không lớn lắm ( $12 \div 30$  vòng/phút) thanh không bị nâng lên và rớt xuống mà chỉ xoay chung quanh nó, do đó vật liệu sẽ bị nghiền. Ở đây vật liệu nghiền tiếp xúc với thanh theo đường thẳng chứ không phải theo từng điểm riêng biệt như nghiền bi, do đó trong máy nghiền thanh các hạt vật liệu to bảo vệ các hạt vật liệu nhỏ nên kích thước của các hạt sản phẩm đồng đều hơn. Loại máy nghiền này thường nghiền ướt.

### **Máy nghiền rung**

Trên hình 16.11 là sơ đồ máy nghiền rung. Cấu tạo của nó gồm thân hình trụ hoặc hình máng 3 trong đó có trục không cân bằng nằm ngang 4, trên trục có bộ phận chống cân bằng 5, đặt lệch tâm so với trục quay. Thân máy đặt trên bộ gối bằng hay bộ lắp động bởi hệ thống lò xo 7, bi và vật liệu chứa khoảng  $80 \div 90\%$  thể tích máy. Trục nối với mô tơ 1 qua ổ trục đàn hồi 2.



1.động cơ; 2.trục đàn hồi; 3.thân thùng; 4.trục không cân bằng; 5. bộ phận chống cân bằng; 6.ổ bi; 7. lò xo

Hình 16.11 Máy nghiền rung

Khi trục quay thân máy nhận được một chấn động vòng, thành máy truyền cho vật nghiền một xung động liên tục, do đó bi và vật liệu chuyển động phức tạp trong máy. Khi tần số chấn động nhỏ thì bi và vật liệu đem nghiền chỉ chuyển dịch trong một giới hạn nhất định. Khi tăng tần số lên đến một giá trị giới hạn, vật nghiền và bi chuyển động rất phức tạp như tung lên cao, quay, va đập và phân chung quanh tâm của thân máy, do đó vật liệu nghiền sẽ ở trạng thái môi, dễ phá vỡ.

Trong máy nghiền rung, năng lượng tiêu hao khi nghiền phần lớn biến thành nhiệt năng, do đó nhiệt độ máy nghiền tăng cao, một vài loại vật liệu mang nghiền không cho phép vì vậy cần phải liên tục làm nguội máy bằng nước ở vỏ ngoài của máy.

Máy nghiền rung có thể nghiền khô hoặc nghiền ướt, nếu nghiền ướt thì thể tích bi và vật liệu nghiền không quá 0,25 thể tích máy. Ngoài ra, máy nghiền có thể làm việc theo phương thức liên tục hay gián đoạn. Đường kính vật liệu nghiền cho vào máy không lớn hơn  $1 \div 2\text{mm}$ , đường kính hạt sau khi nghiền đến  $60\mu$ . Tần số dao động của máy nghiền rung bằng số vòng quay của trục, dao động khoảng  $1000 \div 3000\text{vòng/phút}$ , biên độ giao động không lớn hơn  $2 \div 4\text{mm}$

## 16.2. PHÂN LOẠI VẬT LIỆU

### 16.2.1. Đặc trưng của vật liệu rời

Hạt vật liệu rời được đặc trưng bằng kích thước và khối lượng riêng của chúng.

Với các hạt hình cầu hay hình khối thì việc xác định kích thước và hình dạng tương đối dễ dàng, nhưng đối với hạt bất kỳ (như cát, mảnh mica,...) thì

kích thước và hình dạng không rõ ràng và chỉ được xác định một cách tương đối.

Hình dạng hạt được biểu diễn bằng đại lượng gọi là thừa số hình dạng  $\lambda$  độc lập với kích thước hạt.

Thừa số hình dạng  $\lambda$  liên hệ đến kích thước định nghĩa chính của hạt gọi là đường kính tương đương. Đối với hạt hình khối có chiều dài cạnh chính là đường kính tương đương, đối với hạt hình cầu có đường kính chính là đường kính tương đương.

Bảng 16.4. Bảng thừa số hình dạng một số vật liệu

Số thứ tự	Vật liệu	$\lambda$
1	Hình cầu, hình khối, hình trụ ngắn ( $L=D$ )	1
2	Cát tròn	1,2
3	Bụi than	1,4
4	Cát có góc cạnh	1,5
5	Thủy tinh nghiền	1,5
6	Vẩy mica	3,6

Theo qui ước, đường kính hạt được biểu diễn theo các đơn vị khác nhau tùy thuộc vào cỡ hạt.

- Với hạt thô là cm.
- Với hạt mịn là kích thước rây.
- Đối với hạt rất mịn theo micron hoặc milimicron.
- Đối với hạt siêu mịn thường được biểu diễn theo diện tích bề mặt cho một đơn vị khối lượng hạt,  $m^2/g$ .

Rây được làm bằng các sợi đan và được tiêu chuẩn hóa, thường dùng từ “mesh” để chỉ số lỗ trên chiều dài là 1inch. Ví dụ rây 10mesh nghĩa là sẽ có 10 lỗ trên chiều dài 1inch và đường kính lỗ rây sẽ bằng 0,1inch trừ đi đường kính sợi đan.

Số mesh chỉ là kích thước danh nghĩa của một rây, nó không cho biết kích thước thật của lỗ rây nếu không biết đường kính sợi đan của nhà sản xuất.

Hệ rây chuẩn một chuỗi các rây kế tiếp nhau có kích thước lỗ rây là cấp số nhân với hệ số là  $\sqrt{2}$ . Nếu muốn có kích thước rây gần hơn thì ta thêm

vào giữa các rây chuẩn trên các rây sao cho kích thước lỗ rây tạo thành cấp số nhân có hệ số là  $\sqrt[4]{2}$ .

### 16.2.2. Phân loại vật liệu rời

Quá trình phân riêng các hạt rắn hay vật liệu rời có kích thước gần giống nhau được dựa trên cơ sở sự khác nhau về kích thước, khối lượng riêng hay tính chất vật lý khác của vật liệu như tính dẫn điện, màu sắc,.... Các quá trình phân riêng thường được thực hiện theo một số phương pháp sau:

Phân riêng dựa trên sự khác nhau về kích thước của vật liệu:

- Phương pháp sàng: đối với các hạt có  $D_h \geq 1\text{mm}$ .
- Phương pháp sàng: đối với các hạt có  $D_h < 1\text{mm}$ .
- Phương pháp thủy lực: các hạt có kích thước hạt khác nhau bị phân loại nhờ có tốc độ rơi khác nhau ở trong môi trường (nước hoặc không khí).

Phân riêng dựa trên sự khác nhau về khối lượng riêng của vật liệu:

- Phương pháp phân loại bằng khí động.
- Phương pháp tuyển nổi.

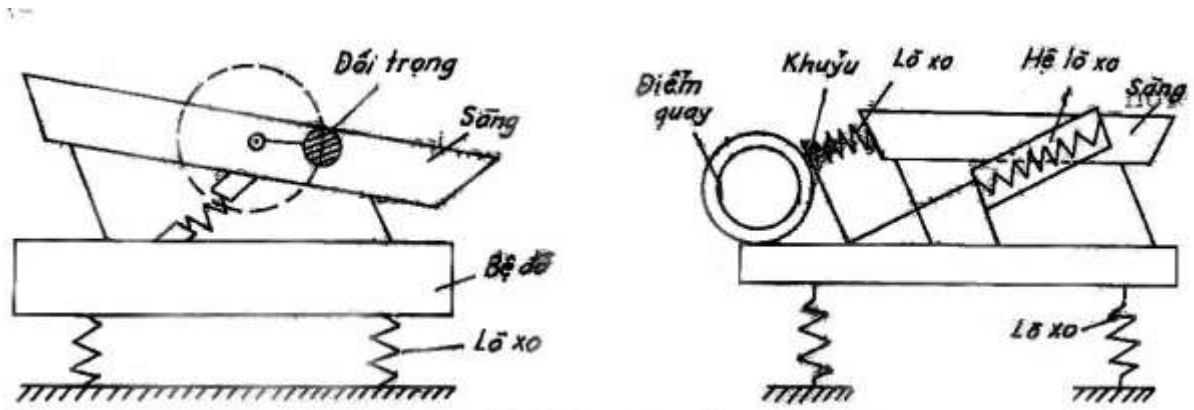
Phân riêng theo tính dẫn điện.

Phương pháp sàng thường được áp dụng rộng rãi nhất, nó có thể phân loại các hạt có đường kính từ 250÷1mm. Còn phương pháp thủy lực thì các hạt phân riêng không lớn hơn 2mm.

### 16.2.3. Khái niệm về sàng

Để sàng các vật liệu người ta thường dùng sàng bằng các tấm lưới kim loại hay những tấm kim loại đục lỗ tròn hoặc vuông. Người ta thường ký hiệu mặt sàng theo các số, chữ số đó thường chỉ chiều dài cạnh của lỗ, biểu diễn bằng mm. Thí dụ mặt sàng No.5 là mặt sàng có lỗ hình vuông mỗi cạnh là 5mm.

Để phân loại các hạt có kích thước khác nhau có thể dùng hệ thống mặt sàng, kích thước lỗ của các mặt sàng này nhỏ dần từ mặt sàng trên xuống mặt sàng dưới, tỷ lệ lỗ sàng trên với lỗ sàng dưới có một giá trị không đổi và gọi là môđun.



Hình 16.12. Cơ cấu sàng

Chất lượng của quá trình sàng được biểu diễn bởi hiệu suất sàng. vật liệu đến sàng gồm các hạt kích thước khác nhau, nó gồm các hạt có kích thước có thể lọt qua sàng và các hạt không thể lọt qua sàng.

Sau khi sàng thu được sản phẩm nằm dưới sàng gồm các hạt lọt qua lưới, và sản phẩm nằm trên sàng gồm các hạt không thể lọt qua mặt sàng. Thực tế khi sàng không phải các hạt có kích thước nhỏ hơn lỗ sàng đều lọt qua, nên lượng hạt dưới sàng bao giờ cũng nhỏ hơn lượng hạt có kích thước lọt qua mặt sàng.

#### 16.2.4. Hiệu suất sàng

Lượng hạt lọt qua sàng với lượng hạt có thể lọt qua sàng ta gọi là hiệu suất sàng tính bằng phần trăm

$M$  – khối lượng vật liệu ban đầu cho vào sàng, kg

$M_1$  – Khối lượng sản phẩm dưới sàng, kg

$a$  – khối lượng hạt có thể lọt qua sàng lúc ban đầu, %

Hiệu suất sàng có thể tính theo công thức:

$$E = 100 \frac{M_1}{M.a} \%$$

Tùy thuộc kiểu và cấu tạo sàng, hiệu suất thường thay đổi trong khoảng 60 ÷ 75%, tối đa 90%.

Những yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất sàng:

- Hình dạng và kích thước lỗ sàng, hình dạng vật liệu sàng
- Chiều dày lớp vật liệu trên sàng
- Độ ẩm vật liệu
- Vận tốc và đặc trưng chuyển động trên sàng

### 16.2.5. Cấu tạo sàng

Người ta có thể phân loại sàng theo các cách sau đây:

- Theo cách làm việc, chia ra loại sàng đứng yên và loại sàng chuyển động
- Theo hình dạng của lưới, chia ra loại hình phẳng, loại hình thùng
- Theo lỗ lưới, chia ra loại rãnh và loại lỗ.

#### a. Sàng đứng yên

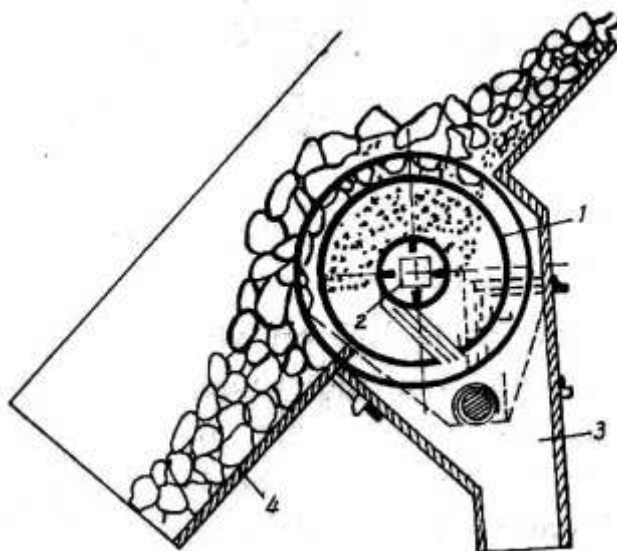
Thực tế ít dùng vì năng suất thấp, cấu tạo gồm tấm thép có các rãnh đặt dốc một góc  $20\div 25\%$ . Vật liệu được đổ vào lưới trên sàng, các cục nhỏ đi qua lỗ xuống dưới còn cục to trượt theo mặt sàng đi ra một phía.

Ưu điểm của loại sàng này là rẻ, cấu tạo và vận hành đơn giản.

#### b. Sàng chuyển động

Có loại đĩa, loại trục lăn, loại thùng, loại xích

- Sàng đĩa: Hình 16.13 mô tả loại sàng đĩa để sàng các cục vật liệu tương đối lớn. Sàng gồm một dãy đĩa 1 lắp trên trục nằm ngang 2, sao cho giữa các đĩa tạo thành khe hở để các cục vật liệu đi qua khi đĩa quay. Kích thước của các cục vật liệu lọt qua sàng tương ứng với khoảng cách giữa các đĩa,



1. đĩa; 2. trục; 3. phễu tháo sản phẩm; 4. máng dẫn sản phẩm trên sàng

Hình 16.13 Sàng đĩa

- Sàng xích: Dùng phân chia một lượng lớn cục vật liệu có kích thước lớn, chủ yếu dùng trong khai thác quặng. Cấu tạo gồm nhiều xích chuyển

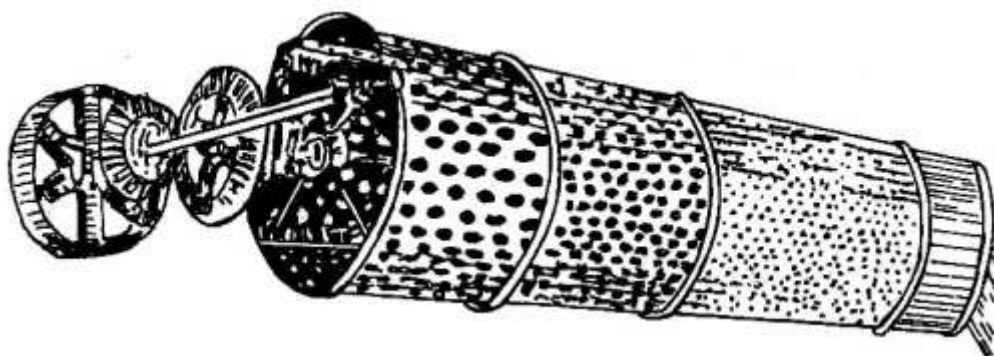
động theo trục lăn. Vật liệu đi vào khe hở giữa các mắt xích. Những cục lớn không đi qua khe hở và được đưa về đầu sàng.

- Sàng hình thùng có kiểu hình trụ đặt lệch một góc  $2 - 9^\circ$ , có kiểu hình nón., trong đó vật liệu chuyển động theo độ dốc của hình nón, có kiểu hình lăng trụ sáu hay tám cạnh.

Sàng này có thể lắp lưới có lỗ khác nhau và lắp theo hai cách:

- Cách thứ nhất lắp nối tiếp theo chiều dài của phòng, ở đầu thùng đặt lưới có lỗ bé nhất, cuối thùng lắp lưới có lỗ lớn nhất.
- Cách thứ hai lắp đồng tâm, vật liệu đi vào thùng trong cùng có lỗ lớn nhất, sau khi qua lỗ đó vật liệu đi vào sàng đồng tâm có đường kính lớn hơn, ngắn hơn và lỗ nhỏ hơn, cứ tiếp tục như thế ra đến ngoài. Hình 16.15 mô tả sàng hình thùng lắp nối tiếp.

Sàng hình thùng có nhược điểm là phân loại vật liệu kém hơn loại sàng rung hay sàng lắc nên nó không dùng để phân loại hạt nhỏ, ngoài ra nó còn có nhược điểm là không sử dụng hết bề mặt sàng, nặng, ồn ào và tạo nhiều bụi.



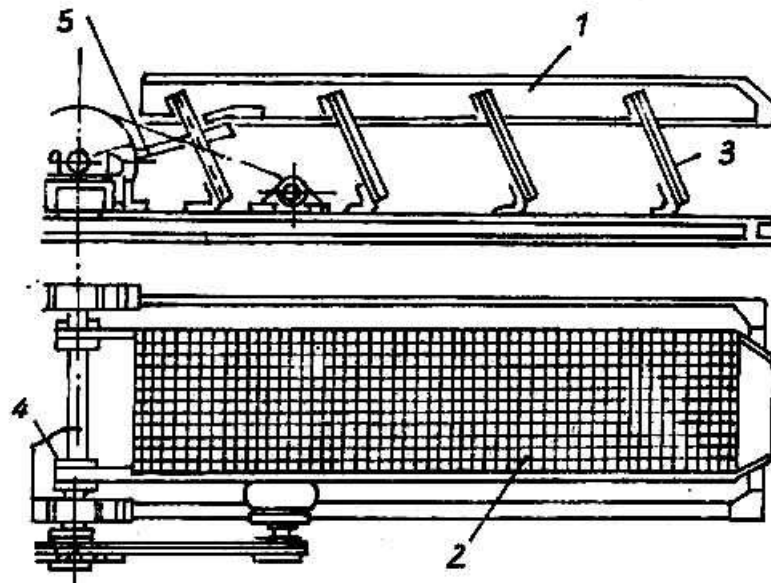
Hình 16.14 Sàng hình thùng

Sàng lắc: là loại rất phổ biến, cấu tạo của nó gồm có một hộp chữ nhật trong đó lắp lưới lỗ. Sàng chuyển động giao động nhờ bánh xe lệch hay cơ cấu cam. Sàng đặt nghiêng một góc khoảng từ  $7 \div 14^\circ$ . Hình 16.16 mô tả sàng lắc phẳng, hộp sàng 1 có lắp lưới, hộp đặt trên bốn hay sáu thanh đàn hồi 3, sàng chuyển động nhờ cơ cấu lệch tâm 4 và tay biên 5. Số vòng quay trong một phút của sàng này vào khoảng  $300 \div 500$ . Sàng có thể làm việc theo phương pháp khô hay ướt.

Ưu điểm: năng suất cao so với sàng hình thùng, chắc chắn, sử dụng và lắp ghép dễ dàng, vật liệu ít bị đập nhỏ.

Nhược điểm: cấu tạo không cân bằng nên làm rung chuyển nền nhà vì

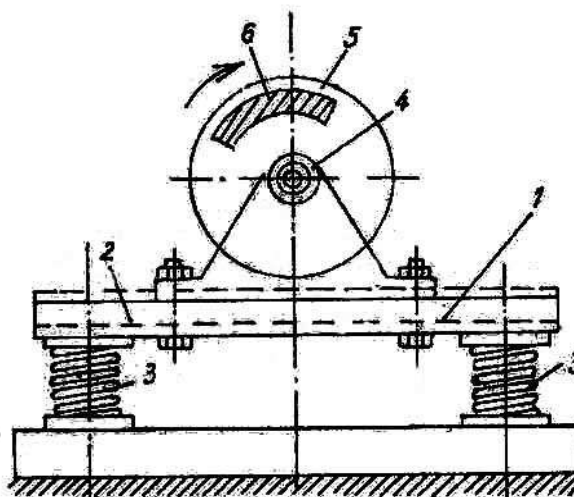
thể loại sàng này không đặt ở các tầng trên.



1. hộp sàng; 2. lưới; 3. thanh đàn hồi; 4. cơ cấu lệch tâm; 5. tay biên

Hình 16.16. Sàng lắc

- Sàng rung: là loại sàng dần dần được thay thế cho sàng hình thùng. sàng có thể lắp phẳng hay nghiêng đi một góc, Sàng rung nhờ cơ cấu đặc biệt. Số lần rung của sàng khoảng  $900 \div 1500$  trong 1 phút (đôi khi đến 3600), biên độ giao động khoảng  $0,5 \div 13\text{mm}$ . Do không bị giữ cứng hoàn toàn hay một phần các bộ phận của sàng, nên sự dao động ở các điểm trên bề mặt sàng không đồng nhất và phụ thuộc vào tốc độ góc của trục, vào sự đàn hồi của ổ lò xo, vào sự chuyển động của sàng và vật liệu v.v...



1.hộp sàng; 2.lưới; 3.lò xo; 4 trục; 5.bánh đà; 6.bộ phận chống cân bằng

Hình 16.17.Sàng rung

Hình 16.17 mô tả sơ đồ sàng rung. Hộp sàng 1 và lưới 2 đặt trên hệ

thống lò xo 3, trục 4 quay trong các ổ bi, trên trục có lắp hai bánh đà 5 có mang bộ phận chống cân bằng 6. Khi bánh đà quay gây ra lực ly tâm, dưới tác động của lực đó hộp sàng bị rung động. Đối với sàng rung yếu phải cung cấp đều vật liệu.

#### 16.2.6. Thiết bị phân riêng điện từ

Để tách các vật liệu bằng thép, gang lẫn vào trong vật liệu nghiền có thể gây hỏng máy, người ta dùng một thiết bị phân riêng điện từ thiết bị này đặt ở đầu băng tải vật liệu. Thiết bị này là một cái thùng bằng đồng thau trong đặt lệch tâm một nam châm điện cố định, dùng dòng điện một chiều đi qua cổ trục của chúng.

Khi quay, bề mặt sàng sát cực của nam châm điện, sắt vụn ở trong vùng từ trường mạnh sẽ bị giữ lại trên bề mặt thùng, vật liệu không có từ tính rơi xuống thùng chứa. Khi phần bề mặt của thùng ra khỏi tác dụng của điện từ những cục sắt không bị hút nữa nên rơi xuống dưới ở bên ngoài thùng chứa và được lấy ra ngoài.

#### 16.3. Thực hành

Thiết bị và hóa chất.

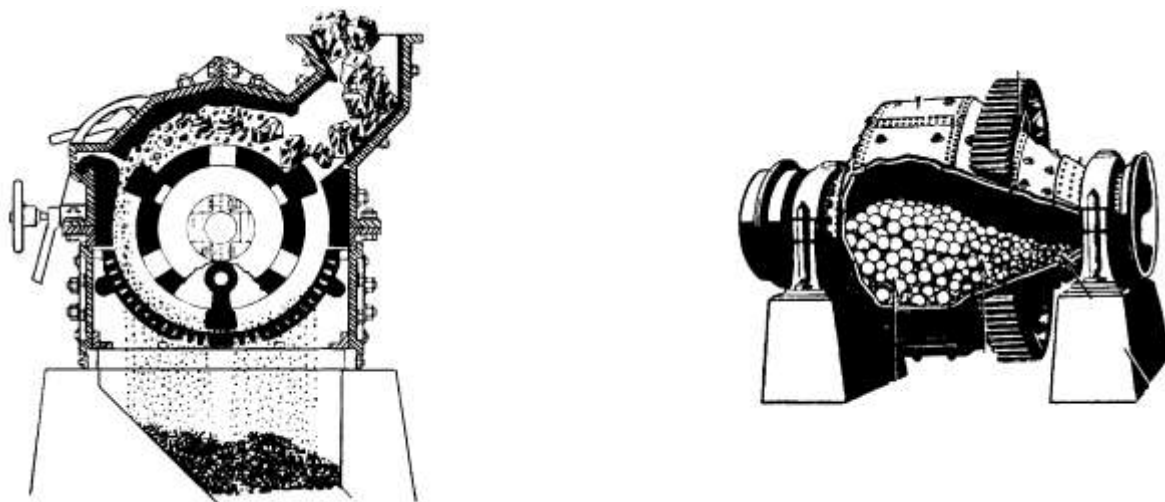
Thiết bị nghiền bi và nghiền búa. Gạo chưa qua nghiền.

Vận hành:

Cho gạo vào mỗi loại máy nghiền với một lượng như nhau. Nghiền trong thời gian sau đó đem qua máy rây phân loại.

Kết quả:

Xác định khối lượng thu được của từng loại máy nghiền và so sánh.



Hình 16.18 Máy nghiền búa và nghiền bi

## 16.4. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

### ĐÁP NGHIÊN

- 1 Quá trình nghiền là phân riêng hỗn hợp hạt nhờ
  - a. khí động
  - b. lực cơ học
  - c. lực ly tâm
  - d. lực ma sát
- 2 Quá trình nghiền là quá trình
  - a. phân riêng hệ không đồng nhất
  - b. giảm đường kính hạt
  - c. thay đổi hình dạng hạt
  - d. giảm kích thước hạt
- 3 Mục đích quá trình đập nghiền
  - a. phân loại hỗn hợp khối hạt
  - b. giảm bề mặt riêng
  - c. tăng bề mặt riêng
  - d. dễ vận chuyển, làm việc.
- 4 D kích thước hạt trước khi nghiền, d kích thước hạt sau khi nghiền. Tỷ số nghiền bằng
  - a.  $D/d$
  - b.  $(D - d)$
  - c.  $\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D}\right)$
  - d.  $\left(\sqrt{\frac{1}{d}} - \sqrt{\frac{1}{D}}\right)$
- 5 Nếu mức độ nghiền  $i=70$ ;  $D=1\text{mm}$ , thuộc loại quá trình
  - a. nghiền thô
  - b. nghiền trung bình
  - c. nghiền mịn
  - d. nghiền nhỏ
- 6 Nếu mức độ nghiền  $i=200$ ;  $D=1\text{mm}$ , thuộc loại quá trình
  - a. nghiền thô
  - b. nghiền trung bình
  - c. nghiền mịn
  - d. nghiền keo
- 7 Máy nghiền máy đập có
  - a. một má cố định, hai má chuyển động
  - b. hai má cố định, một má chuyển động
  - c. một má cố định, một má chuyển động
  - d. hai má cố định, hai má chuyển động
- 8 Trong một chu kỳ làm việc máy nghiền má đập thực hiện 2 quá trình
  - a. nhập liệu – tháo liệu
  - b. nhập và tháo liệu – nghiền
  - c. nhập liệu – nghiền.
  - d. tháo liệu – nghiền
- 9 Nhược điểm chính của máy nghiền má đập
  - a. không làm được với vật liệu độ cứng cao
  - b. làm việc với vật liệu kích thước nhỏ

- c. sự rung động mạnh
  - d. cấu tạo phức tạp
- 10 Bộ phận lắp trên trục lệch tâm của máy nghiền má đập là
- a. tay biên
  - b. thanh truyền
  - c. má cố định
  - d. má chuyển động
- 11 Vai trò trục lệch tâm
- a. truyền động từ động cơ đến má chuyển động
  - b. biến từ chuyển động tròn sang chuyển động lên-xuống
  - c. biến từ chuyển động lên – xuống sang chuyển động tròn
  - d. thay đổi khoảng cách giữa má cố định và má chuyển động
- 12 Chọn câu phát biểu sai:
- a. máy nghiền búa thực hiện được quá trình nghiền thô
  - b. máy nghiền búa thực hiện được quá trình nghiền trung bình
  - c. máy nghiền búa thực hiện được quá trình nghiền mịn
  - d. máy nghiền búa điều chỉnh được kích thước sản phẩm
- 13 Điều nào sau đây là nhược điểm chính của máy nghiền búa
- a. Cấu tạo phức tạp
  - b. nhiều bụi
  - c. năng suất thấp
  - d. không tiến hành nghiền ướt được
- 14 Quá trình nghiền trong máy nghiền búa là do
- a. sự va đập và chà sát của các búa nghiền với nhau
  - b. sự va đập và chà sát với thân máy
  - c. sự quay của búa
  - d. sự ma sát của các hạt

### **SÀNG – RÂY**

- 1 Quá trình sàng là phân riêng hỗn hợp hạt nhờ
- a. không khí
  - b. lực cơ học
  - c. lực ly tâm
  - d. lực trọng trường
- 2 Quá trình sàng dựa phân riêng trên sự khác nhau về
- a. kích thước và khối lượng riêng
  - b. kích thước và hình dạng
  - c. hình dạng và khối lượng riêng
  - d. lực hút trái đất

- 3 Theo hoạt động sàng được chia làm:
- sàng đứng yên và sàng chuyển động
  - sàng hình thùng và hình phẳng
  - sàng dạng rãnh và dạng lỗ
  - sàng lắc và sàng rung
- 4 Theo lỗ lưới sàng được chia làm:
- sàng đứng yên và sàng chuyển động
  - sàng hình thùng và hình phẳng
  - sàng dạng rãnh và dạng lỗ
  - sàng lắc và sàng rung
- 5 Theo hình dạng lưới sàng được chia làm:
- sàng đứng yên và sàng chuyển động
  - sàng hình thùng và hình phẳng
  - sàng dạng rãnh và dạng lỗ
  - sàng lắc và sàng rung
- 6 Yếu tố nào không làm ảnh hưởng đến hiệu suất quá trình sàng
- kích thước hạt
  - khối lượng hạt
  - độ ẩm hạt
  - hình dạng hạt
- 7 Sàng rung thực hiện được quá trình rung là do
- lực đàn hồi của lò xo
  - trọng lực hộp sàng
  - lực ly tâm khi bánh đà quay
  - lực quay của trục
- 8 Nhược điểm chính của sàng rung
- năng suất thấp
  - cấu tạo phức tạp
  - cung cấp đều vật liệu
  - chỉ lắp một sàng

## THUẬT NGỮ CHUYÊN MÔN

Lưu chất: chỉ chất lỏng hoặc khí

Hệ SI: Hệ thống đơn vị đo lường quốc tế.

Chiều cao pezomét: là chiều cao của cột chất lỏng có khả năng tạo ra một áp suất bằng với áp suất tại điểm đang xét.

Tiết lưu: Tiết diện thay đổi đột ngột

Chuẩn số: Là số đặc trưng cho một số tính chất của lưu chất. Ví dụ: Re chuẩn số để xác định chế độ chảy của chất lỏng

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Xoa, Nguyễn Trọng Khuông-Sổ tay quá trình và thiết bị công nghệ hóa học. Tập 1-NXB khoa học và kỹ thuật. Hà nội 1992
- [2]. Nguyễn Bin. Tính toán quá trình, thiết bị trong công nghệ hóa chất và thực phẩm. NXB khoa học và kỹ thuật. 1999.
- [3]. Phạm Văn Bôn, Hoàng Minh Nam, Vũ Bá Minh. Quá trình và thiết bị công nghệ hóa học-Ví dụ và bài tập. Trường đại học bách khoa thành phố Hồ Chí Minh.
- [4]. Đỗ Trọng Đài, Nguyễn Trọng Khuông,-Cơ sở quá trình và thiết bị công nghệ hóa học. Tập1,2. NXB đại học và trung học chuyên nghiệp. Hà Nội 1974
- [5]. Hoàng Minh Nam, Vũ Bá Minh-Cơ học vật liệu rời-NXB khoa học và kỹ thuật. 1998.
- [6]. Nguyễn Văn Lụa-Các quá trình và thiết bị cơ học – NXB Đại học Quốc gia TP.HCM 2002.
- [7]. Phạm Văn Vĩnh. Cơ học chất lỏng ứng dụng. NXB giáo dục. 2000.
- [8]. Don W. Green, Don W. Green. PERRY'SCHEMICAL ENGINEERS'HANDBOOK
- [9]. Claire Soares. Process Engineering Equipment Handbook