

Chuyên đề: Áp suất chất lỏng - Bình thông nhau - Máy nén thủy lực

I. Áp suất chất lỏng

1. Sự tồn tại của áp suất chất lỏng

Chất lỏng không chỉ gây áp suất lên đáy bình mà còn gây áp suất lên thành bình và lên mọi vật thể đặt trong nó. Áp suất này tác dụng theo mọi phương.

- **Ví dụ 1:** Khi lặn xuống nước sâu, ta cảm thấy tức ngực và ù tai. Đó là do áp suất của nước tác dụng lên cơ thể ta tăng lên khi độ sâu tăng.
- **Ví dụ 2:** Lấy một túi nilon đựng đầy nước, dùng kim chọc vài lỗ nhỏ xung quanh túi. Nước sẽ phun ra từ các lỗ theo mọi hướng, chứng tỏ chất lỏng gây áp suất theo mọi phương.

2. Công thức tính áp suất chất lỏng

Áp suất tại một điểm trong lòng chất lỏng được tính bằng công thức:

$$p = d * h$$

Trong đó:

- **p:** Áp suất tại điểm cần tính (đơn vị: Pascal - Pa, hoặc N/m^2).
- **d:** Trọng lượng riêng của chất lỏng (đơn vị: N/m^3). Trọng lượng riêng của nước là $d = 10000 N/m^3$.

- **h:** Độ sâu của điểm cần tính áp suất so với mặt thoáng của chất lỏng (đơn vị: mét - m).

Lưu ý: Công thức này chỉ áp dụng cho các điểm trong cùng một chất lỏng đứng yên.

- **Ví dụ 1:** Tính áp suất của nước ở đáy một thùng cao 1,5 m. Biết trọng lượng riêng của nước là 10000 N/m^3 .

Giải: Áp dụng công thức $p = d * h = 10000 * 1,5 = 15000 \text{ Pa}$.

- **Ví dụ 2:** Một tàu ngầm đang ở độ sâu 150 m so với mặt nước biển. Tính áp suất chất lỏng tác dụng lên vỏ tàu ngầm. Biết trọng lượng riêng của nước biển là 10300 N/m^3 .

Giải: Áp suất tác dụng lên vỏ tàu là $p = d * h = 10300 * 150 = 1,545,000 \text{ Pa}$.

3. Đặc điểm của áp suất chất lỏng

1. Trong cùng một chất lỏng đứng yên, áp suất tại những điểm có cùng độ sâu (cùng nằm trên một mặt phẳng ngang) là như nhau.
2. Áp suất chất lỏng phụ thuộc vào độ sâu và trọng lượng riêng của chất lỏng, không phụ thuộc vào hình dạng của vật chứa.
3. Áp suất chất lỏng tác dụng theo phương vuông góc với bề mặt của vật chứa hoặc vật đặt trong nó.

II. Bình thông nhau

1. Định nghĩa và cấu tạo

Bình thông nhau là một hệ thống gồm hai hay nhiều nhánh (bình) có hình dạng bất kỳ, phần đáy được nối thông với nhau.

2. Nguyên tắc hoạt động

Khi chứa cùng một chất lỏng đứng yên, các mặt thoáng của chất lỏng trong các nhánh của bình thông nhau luôn ở cùng một độ cao.

Giải thích: Vì các điểm A, B trên cùng một mặt phẳng ngang trong lòng một chất lỏng đứng yên có áp suất bằng nhau ($p_A = p_B$). Mà $p_A = d \cdot h_A$ và $p_B = d \cdot h_B$. Do đó, $h_A = h_B$.

- **Ví dụ 1:** Ấm trà là một dạng bình thông nhau. Mức nước trong vòi ấm và trong thân ấm luôn bằng nhau.
- **Ví dụ 2:** Hệ thống cung cấp nước sạch trong thành phố. Tháp nước được đặt ở vị trí cao, nước từ đó theo các đường ống (coi như các nhánh của bình thông nhau) chảy đến các hộ gia đình, đảm bảo nước có thể lên tới các tầng cao.

3. Bình thông nhau chứa các chất lỏng không hòa tan

Nếu trong bình thông nhau chứa nhiều chất lỏng không hòa tan và đứng yên, các mặt thoáng sẽ không ở cùng độ cao. Tuy nhiên, tại mặt phân cách giữa hai chất lỏng, áp suất do các cột chất lỏng ở hai nhánh gây ra là bằng nhau.

Xét hai điểm A và B nằm trên cùng mặt phẳng ngang là mặt phân cách, ta có:

$$p_A = p_B \Rightarrow d_1 \cdot h_1 = d_2 \cdot h_2$$

Trong đó d_1 , d_2 là trọng lượng riêng và h_1 , h_2 là chiều cao của cột chất lỏng tương ứng tính từ mặt phân cách.

- **Ví dụ:** Một ống chữ U chứa thủy ngân. Người ta đổ nước vào một nhánh.

Thấy cột nước cao 27,2 cm. Hỏi độ chênh lệch mực thủy ngân ở hai nhánh là bao nhiêu? Biết $d_{\text{nước}} = 10000 \text{ N/m}^3$ và $d_{\text{thủy ngân}} = 136000 \text{ N/m}^3$.

Giải: Gọi h_1 là chiều cao cột nước, h_2 là độ chênh lệch mực thủy ngân. Ta có

$$d_1 \cdot h_1 = d_2 \cdot h_2 \Rightarrow 10000 \cdot 0.272 = 136000 \cdot h_2 \Rightarrow h_2 = 0.02 \text{ m} = 2 \text{ cm}.$$

III. Máy nén thủy lực - Nguyên lý Pascal

1. Nguyên lý Pascal

Nguyên lý Pascal phát biểu rằng: **Áp suất tác dụng lên một chất lỏng chứa trong bình kín được chất lỏng truyền đi nguyên vẹn theo mọi hướng.**

Điều này có nghĩa là khi tăng áp suất tại một điểm trong chất lỏng, áp suất tại mọi điểm khác trong chất lỏng cũng tăng lên một lượng tương ứng.

2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của máy nén thủy lực

Máy nén thủy lực là một ứng dụng quan trọng của nguyên lý Pascal, dùng để tăng lực.

- **Cấu tạo:** Gồm hai xi-lanh (một to, một nhỏ) được nối thông với nhau và chứa đầy chất lỏng (thường là dầu). Mỗi xi-lanh có một pít-tông. Pít-tông nhỏ có diện tích là s , pít-tông lớn có diện tích là S .

- **Nguyên lý hoạt động:**

1. Khi ta tác dụng một lực **f** lên pít-tông nhỏ (diện tích s), ta gây ra một áp suất **p = f/s** lên chất lỏng.
2. Theo nguyên lý Pascal, áp suất này được truyền nguyên vẹn đến pít-tông lớn (diện tích S).
3. Áp suất p này gây ra một lực nâng **F** tác dụng lên pít-tông lớn: $F = p * S = (f/s) * S$.

Từ đó ta có công thức của máy nén thủy lực:

$$\mathbf{F / f = S / s}$$

Công thức này cho thấy, nếu diện tích pít-tông lớn (S) lớn hơn diện tích pít-tông nhỏ (s) bao nhiêu lần thì lực nâng (F) sẽ lớn hơn lực tác dụng (f) bấy nhiêu lần. Đây chính là lợi ích về lực của máy nén thủy lực.

- **Ví dụ 1:** Một máy nâng thủy lực dùng để nâng ô tô có diện tích pít-tông lớn là 250 cm² và pít-tông nhỏ là 5 cm². Để nâng một chiếc ô tô có trọng lượng 12000 N thì cần tác dụng lên pít-tông nhỏ một lực là bao nhiêu?

Giải: Ta có $S = 250 \text{ cm}^2$, $s = 5 \text{ cm}^2$, $F = 12000 \text{ N}$. Áp dụng công thức $F/f = S/s$
 $\Rightarrow f = F * (s/S) = 12000 * (5/250) = 240 \text{ N}$.

- **Ví dụ 2:** Hệ thống phanh dầu của xe ô tô cũng là một ứng dụng của máy nén thủy lực. Khi người lái đạp phanh, một lực nhỏ được tác dụng lên pít-tông nhỏ, lực này được khuếch đại thành một lực lớn hơn nhiều tác dụng lên các má phanh để ép vào bánh xe, làm xe dừng lại.

IV. Bảng tổng hợp

Khái niệm	Công thức/Nguyên lý	Ứng dụng chính
Áp suất chất lỏng	$p = d * h$	Tính toán áp lực lên đập thủy điện, vỏ tàu ngầm, thành bể chứa.
Bình thông nhau	Trong cùng một chất lỏng, các mặt thoáng có cùng độ cao.	Ấm trà, hệ thống cấp nước, ống đo mực chất lỏng.
Máy nén thủy lực (Nguyên lý Pascal)	$F / f = S / s$	Kích thủy lực, máy ép, hệ thống phanh dầu, cần cẩu.