

3.3.4. Phương pháp xác định độ nhớt

3.3.4.1. Xác định độ nhớt động học

Đơn vị : St hoặc cSt

Thiết bị

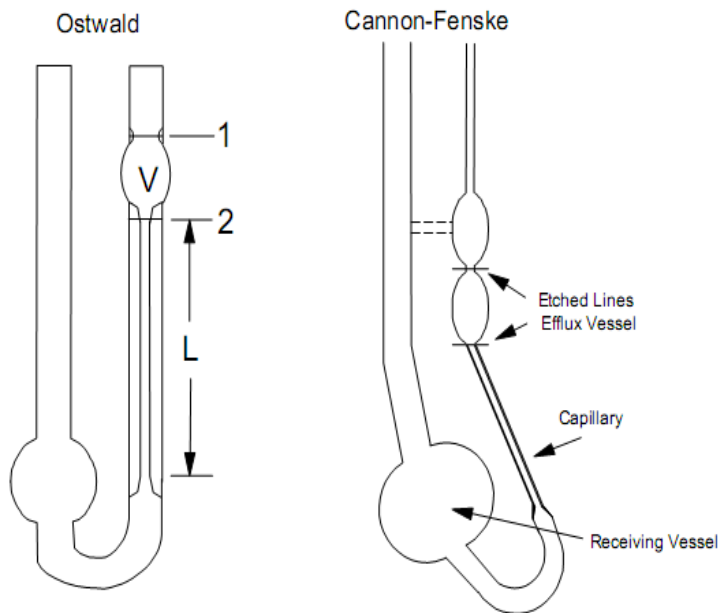


Figure 1: nhớt kế dạng ống kiểu Ostwald và Cannon-Fenske [2]

- Nhớt kế chữ U được điền đầy chất lỏng trong các ống mao dẫn và bầu chứa. Nhớt kế được đặt thẳng đứng và trong thiết bị ổn nhiệt.
- quá trình đo độ nhớt được thực hiện bằng việc xác định thời gian chảy của chất lỏng qua ống mao dẫn. Khi chất lỏng chảy đến vị trí trên của bầu chứa là thời điểm tính thời gian chảy, chất lỏng chuyển động đến vạch dưới của bầu chứa là thời điểm kết thúc tính thời gian
- Từ thời gian chảy từ điểm 1 đến 2, tính toán ra các giá trị về độ nhớt và các thông số vật lý khác như khối lượng phân tử của chất đo.

Giải thích phép đo

Chất lỏng chảy trong ống mao quản có vận tốc v và lưu lượng Q , với vận tốc v , sinh ra một tốc độ trượt y



- Dưới tác dụng của lực làm cho chất lỏng chảy (lực sinh ra từ áp suất thủy tĩnh).
- Lực đó được tính $F = P.A$

trong đó

P : áp suất (N/m^2)

F : lực tác dụng làm cho chất lỏng chảy (N)

A : diện tích bề mặt (tròn), Mà $A = \pi R^2$, m^2 .

- Khi chất lỏng chảy sinh ra một ứng suất trượt xung quanh ống mao quản và thay đổi dọc theo đường ống mao quản

Lực đó tình bằng : $\sigma \cdot 2\pi R \cdot L$

Như vậy áp suất sinh ra ứng suất, ta có cân bằng $\Delta P \cdot \pi R^2 = \sigma \cdot 2\pi R \cdot L$

$$\text{do đó } \sigma = \frac{\Delta P \cdot R}{2L}$$

Theo định nghĩa về độ nhớt thì $\gamma = V/R$

Mà $Q = v \cdot \pi R^2$, nên ta có $\gamma = Q/(\pi R^3)$

Kết hợp với $\sigma = \frac{\delta P \cdot R}{2L}$

Ta có : $\mu = \frac{\frac{\delta P \cdot R}{2L}}{\frac{Q}{\pi R^3}} = \frac{\delta P \cdot \pi R^4}{Q \cdot 2L}$

Mà $Q = V/t$; trong đó V : thể tích của dịch lỏng (ml) và t là thời gian chảy của chất lỏng qua ống mao quản (s).

- Sự mất mát áp suất thủy tĩnh do cột chất lỏng giảm là $\delta P = \rho \cdot g \cdot h$

Ta có : $\mu = \frac{\rho g h \cdot \pi R^4}{V \cdot 2L} \cdot t$

Suy ra : $\frac{\mu}{\rho} = \frac{g h \cdot \pi R^4}{V \cdot 2L} \cdot t$

Đặt $\eta = \mu/\rho$: độ nhớt động học

Và $\eta = \frac{g h \cdot \pi R^4}{V \cdot 2L} \cdot t$

Đặt $k = \frac{g h \cdot \pi R^4}{V \cdot 2L} = \text{const}$, vì các thông số này cố định đối với một thiết bị có sẵn.

Do đó $\eta = k \cdot t$

Khi đó muốn xác định độ nhớt động học thì chỉ cần xác định thời gian chảy của chất lỏng Newton, vì $k = \text{const}$ với các thông số đã cho.

Bài tập

Một nhớt kế dạng ống có công thức tính độ nhớt theo công thức sau

$\mu = (\pi \cdot R^4 g / 8V) \cdot \rho \cdot t$ (V : thể tích của chất lỏng, R : bán kính của ống, μ : độ nhớt của chất lỏng, ρ : khối lượng riêng của chất lỏng). Coi như $\mu = K \cdot \rho \cdot t$, trong đó K : hằng số của nhớt kế.

1. Người đo được độ nhớt của dịch đường 20 cP (1 cP = 1 mPa.s = 10^{-3} Pa.s) ở 20°C. ở nhiệt độ này đo được thời gian chảy của chất lỏng qua ống là 4 phút 55 giây. Tính hằng số K của nhớt kế biết rằng chất tan có bản chất là Cacbonhydrate có nồng độ 0,5%.

2. thể tích của bầu chứa là 10 ml

a. tính lưu lượng của chất lỏng (Q)

b. tính bán kính R của ống mao ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

c. tính vận tốc v của chất lỏng (m/s)

d. tính Re của quá trình chảy