

기체의 점도 측정

1. 이론

유체(기체와 액체)의 흐름을 발생 시키는 전단력(shear force)이 작용할 때 유체내에 발생하는 속도 구배(velocity gradient)에 비례하여 흐름을 방해하는 물성이 존재한다. 이 물성을 점도(viscosity)라 하며 실제 공정에서 유체의 수송등에 필요한 동력 추산에 중요한 물성이다.

기체의 점도를 측정하는 가장 쉽고 일반적인 방법은 실린더형의 모세관을 통과하는 점성 흐름의 속도를 측정하는 것이다. 절대 점도를 측정하기 위해서는 모세관 끝의 압력을 일정하게 유지시켜 주어야 한다. 그러나 대부분의 경우 고정된 양의 유체가 모세관을 통과하는 데 소요되는 시간에 비례하는 상대적인 값이 측정되며 절대적인 점도는 거의 결정될 필요가 없다.

그림 1의 실험 장치를 사용하였을 경우 실험에 의해 측정되어지는 값은 유체가 흘러나가는 시간이며 이 값과 기체 점도와의 관계는 다음 식으로 표시된다.

$$t_{ab} = \eta \frac{16L}{\pi r^4} \int_{V_b}^{V_a} \frac{V(dp_1/dV) + p_1}{p_1^2 - p_2^2} dV \equiv K\eta$$

자세한 식의 유도과정은 참고 문헌에 자세히 기술되어 있으며 여기서 t_{ab} 는 그림 1에 표시된 a위치에서 b위치까지 수은의 수면의 이동시간을 나타낸다. K값은 장치에 대한 고유값으로 bulb의 형태와 모세관의 형태등에 의해 결정된다.

2. 실험

그림 1의 장치를 사용하여 건조공기, 헬륨, 아르곤, 이산화탄소와 기타 다른 기체에 대해 t_{ab} 를 동일한 온도에서 측정한다. 그림 2와 같은 수분제거 튜브를 점도 측정장치를 들어오는 기체가 통과하도록 설치하여 측정에 사용되는 기체를 건조 상태로 만들어주어야 한다.

마개 Y를 막아놓은 상태에서 마개 X를 천천히 열어주어 점도 측정을 원하는 기체가 bulb B에 들어오도록 한다. Bulb속 수은의 수면이 천천히 내려간다. 수은의 수면이 아래 기준점 표시에서 약 2cm정도 내려왔을 때 마개 X를 닫는다. 시스템에 있는 기체를 방출시키기 위하여 세 방향 마개 Y로부터 열려진 출구를 통하여 bulb를 조심스럽게 배출시킨다. 실험을 위한 기체고 채우고 방출하기를 한번 더 수행한다. 기체로 bulb를 다시 채운 후 모세관 방향의 마개 Y를 열어 시간 t_{ab} 를 측정한다. 반복 수행을 하여 자료를 모은다. 각 실험 마다 온도와 압력을 측정한다.

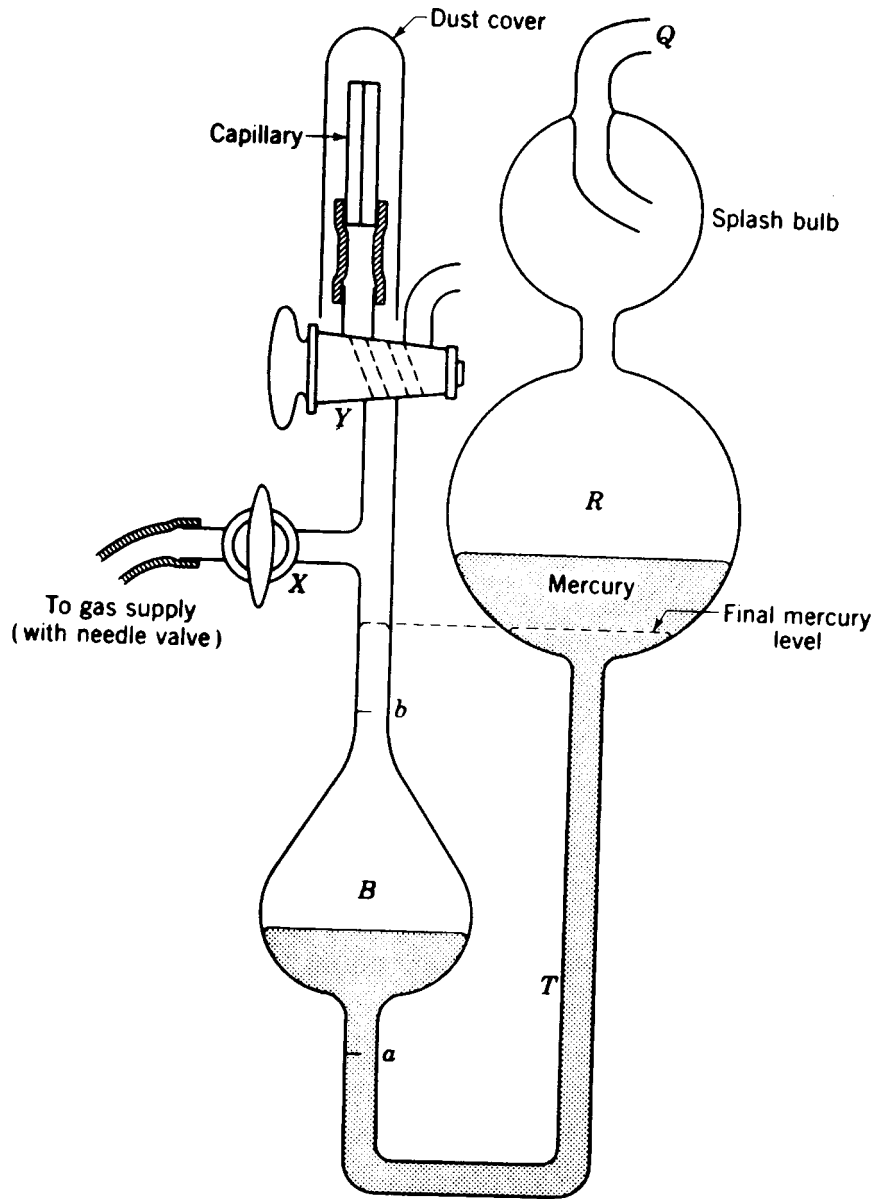


그림 1. 기체 점도 측정 장치

3. 계산

표준을 정하기 위해 건조 공기를 사용한다. 건조 공기의 경우 1기압에서 온도에 따른 점도가 다음의 식으로 표현된다.

$$\eta = \frac{(145.8 \times 10^{-7}) T^{3/2}}{T + 110.4}$$

여기서 점도의 단위는 poise이며 온도는 절대온도이다.

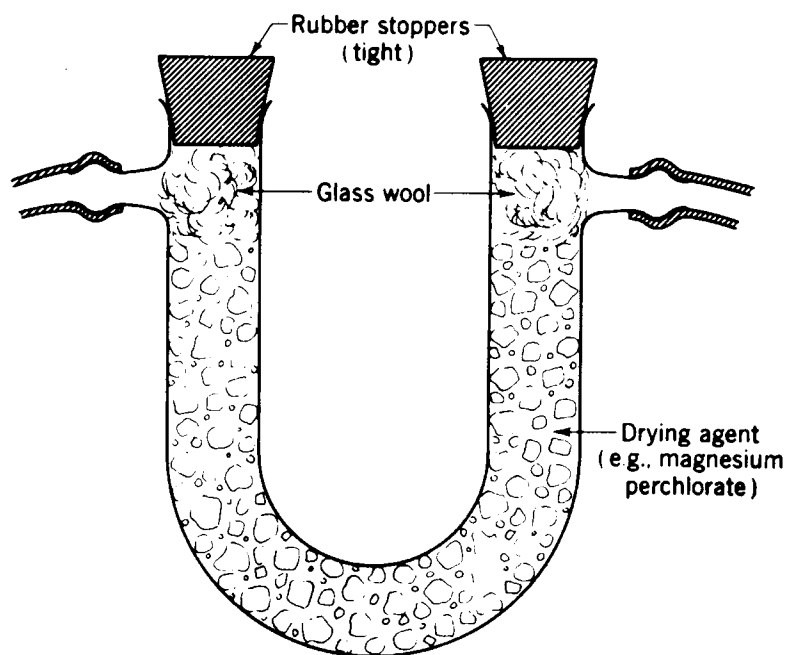


그림 2. 건조 U 튜브

4. 참고문헌

- D. P. Shoemaker, C. W. Garland and J. W. Nibler, "Experiments in Physical Chemistry", 5th ed., McGraw-Hill, New York (1989)