

제 10 장 압력 계측

10.1 서론

압력단위

N/m² (Pa)

mmHg, mmH₂O, mmAq

kgf/cm²

bar

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2 = \frac{10^5}{9.8} \text{ kgf}/10^4 \text{ cm}^2 = \frac{10}{9.8} \text{ kgf/cm}^2$$

게이지압: 대기압과의 차이

절대압

$$1 \text{ atm} = 1.013250 \text{ bar} = 1.033228 \text{ kgf/cm}^2 = 10.33257 \text{ mH}_2\text{O}$$

진공의 압력:

$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg}$$

μmHg

10.2 정압과 동압 (Static and Dynamic Pressures)

(참고문헌 1:그림 14.2)

Mechanical measurements 6th ed. Beckwith etc, Pearson Prentice Hall, 한철호 역

$$\text{dynamic pressure} = \text{stagnation pressure} - \text{static pressure}$$

10.3 Pressure Measuring Systems

Manometer: 압력측정범위가 협소, 정적 응답측정 (동적 응답 불량)

Bourdon tube gage: 정적, 서서히 변하는 동적인 압력

diaphragm type : 동적인 압력의 측정

strain gage type

10.4 압력계측 변환기

1) 중력형

액주

피스톤

* 분동식 표준압력계

$W \text{ kgf} = \text{분동의 무게} + \text{램의 무게}$

A: 램의 단면적

분동이 부상할 때의 압력

$$P = \frac{W}{A}$$

실린더 재질: 500 kgf/cm^2 까지 황동, 그 이상 특수강

최대: $5,000 \text{ kgf/cm}^2$

* 액체압력계

manometry: 액체 기둥을 이용한 압력 측정

- 측정범위에 적합한 비중량의 액체
- 온도변화가 적은 것
- 표면장력이 작은 액체
- 점도가 작은 것
- 화학적으로 안정

유체의 밀도가 다를 때

(그림 14.5)

$$(P_{1a} - P_{2a}) = h(\rho_m - \rho_t) \left(\frac{g}{g_c} \right)$$

2) 탄성형 변환기

(1) Bourdon tube; 압력 게이지에 사용

(2) Elastic Diaphragms

* Diaphragm에 사용되는 2차 변환기

(a) Resistance Strain gage

(참고문헌 1; 그림 14.12)

(b) Inductive type

(c) Piezoelectric pressure cells

10.5 Strain gage pressure cell

원통형 압력 셀

(참고문헌 1; 그림 14.15)

10.6 고압 및 저압 측정

1) 고압 측정

약 700atm ~ 10⁷ atm

전기저항식 압력계

(참고문헌 1; 그림 14.17)

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{\rho L}{CD^2}$$
$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta L}{L} - 2 \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta \rho}{\rho}$$
$$= \frac{2P}{E} + \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

because

$$\sigma_x = \sigma_y = -P, \quad \sigma_z = 0, \quad \epsilon_z = \frac{1}{E}[\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)]$$

$$\epsilon_x = \epsilon_y = \frac{dD}{D} = -\frac{P}{E}(1 - \nu)$$

$$\epsilon_z = \frac{dL}{L} = \frac{2\nu P}{E}$$

* 압력감지 소자:

금합금 (금 + 크롬 2.1%); 0.673x10⁻⁷ Ω/Ω psi , 0.01% 온도변화 (70 ~ 180 °F 범위일 때)

망간 (manganese); 1.692x10⁻⁷ Ω/Ω psi , 0.2% 온도변화 (70 ~ 180 °F 범위일 때)

2) 저압 (Low pressure) 측정

대기압 보다 낮은 압력

초저 (very low): 1 mmHg이하

극저 (ultra low): 10^{-3} μmHg (nmHg) 이하

1 torr = 1 mmHg

측정방법: (a) 힘의 작용으로 야기되는 변위를 측정

(b) 체적, 열전도등의 특성변화를 이용하여 측정; 극저 이하의 압력측정 경우

(1) McLeod gage

Boyle의 관계식

$$P_1 = \frac{P_2 V_2}{V_1}$$

(2) 열전도게이지

전류가 흐르는 도선의 온도; 전류, 저항, 열의 방출률에 영향을 받음.

Pirani gage; 백금 필라멘트 사용

(3) 이온화 게이지

$1 \times 10^{-6} \sim 1 \mu\text{mHg}$ 이하의 압력 측정

삼극 전자관 (진공관과 같은 원리)

가열된 필라멘트에서 방출된 전자가 기체분자와 충돌 이온을 방출
필라멘트에 전류가 흐름

필라멘트의 온도조절이 필요