

1. Two phase Flowrate

(1) Electromagnetics Flowmeters

1. Single phase flow

전도성 유체에서 electromagnetic flowmeter는 하기와 같이 $\langle e \rangle (-\bar{u})$ 에 비례하는 신호로 말한다.

$$e = kBD\bar{u}$$

여기에서 e,k,B,D는 각각 induced emf, 보정상수, magnetic induction 그리고 권선장이다.

이 계측기는 transverse flowmeter로 가장 일반적으로 사용되며 전류를 권선대로 유동방향과 수직하게 magnetic induction이 형성되게 설치한다. 이때 magnetic induction을 일정하거나 혹은 교류로 할 수 있다. 전자의 경우에는 영구자석을 사용하는 것으로 액체유속이 사용이 제한된다. 후자는 유체의 전도도가 나쁜 경우 사용되는데 전하분의 경우 전극의 polarization이 되지 않도록 해야 한다.

2. Two phase flow

2상 유동의 경우 일반적으로 균질한 전도성유체 내의 area averaged velocity를 측정한다고 가정하기 때문에 dispersed annular flow의 경우 gas core의 liquid drop같은 것은 고려할 수 없다. 내케의 경우 1기는 단상(1)에 다른 1기는 2상 영역(2)에 설치한다.

$$e_1 = k_1 \cdot B_1 \cdot D \cdot \bar{u}_{L1} + w_{L1} - \rho_L \cdot \bar{u}_{L1} \cdot A$$

$$e_2 = k_2 \cdot B_2 \cdot D \cdot \bar{u}_{L2} + w_{L2} - \rho_L \cdot \bar{u}_{L2} \cdot A \cdot (1 - \alpha)$$

1) two component steady state two phase flow(air water)

이 경우에는 $w_{L2} = w_{L1}$

$$\therefore \alpha = 1 - \frac{\bar{u}_{L1}}{\bar{u}_{L2}} = 1 - \frac{k_2 B_2 c_1}{k_1 B_1 c_2}$$

2) one component steady state two phase flow(boiling, steam water)

$$w_{L2} = (1 - x)w_{L1}$$

$$\therefore \alpha = 1 - (1 - x) \frac{\bar{u}_{L1}}{\bar{u}_{L2}} = 1 - (1 - x) \frac{k_2 B_2 c_1}{k_1 B_1 c_2}$$

이 경우는 x를 알아야 하며 따라서 α 를 다른 방법에 의해 측정하여야 한다.

(2) Turbine Flowmeter

1. Single phase flow

flow coefficient C 및 rotation number N 은 아래와 같이 정의된다.

$$C \equiv \frac{Q}{nD^3} \quad (9.8)$$

$$N = \frac{nD^3}{\nu} \quad (9.9)$$

여기에서 Q, n, D, ν 는 각각 volumetric flow rate, rotational frequency, tube diameter, 그리고 유체의 kinematic viscosity이다.

이 식들에서 C 는 N 의 매우 낮은 영역에서 일정하고 n 은 Q 에 비례한다. 그리고 다음과 같이 표현된다.

$$n = k \frac{C}{\rho} \quad k: \text{dimensional calibration constant} \quad (9.10)$$

2. Two phase flow

2상유동에서는 (9.10)식을 동일하고 사용하는 대신 (9.10) mixture의 mass flux이고 $\rho = (1-\alpha)\rho_f$ 를 단 k 는 단상유동에 적 구한 값을 그대로 사용한다.

• forces acting on turbine blades

$$n = kA \frac{\rho_f}{\rho} \frac{(1-\alpha)\rho_f + \alpha\rho_g S^2}{(1-\alpha)\rho_f + \alpha\rho_g S} \quad S: \text{slip ratio} \quad (9.11)$$

식 (9.11)로 quality를 표현하면

$$n = kA \frac{\rho_f}{\rho} [1 + \alpha(S-1)] \quad (9.12)$$

아래 식을 고려하여 식(9.10)과 (9.12)를 비교하면,

$$(1-\alpha)G = (1-\alpha)\rho_f \bar{u}_f$$

equivalent density는

$$\frac{1}{\rho} = \frac{(1-\alpha)^2}{(1-\alpha)\rho_f} + \frac{\alpha^2}{\alpha\rho_g} \quad (6)$$

(3) Variable Pressure Drop Meters

total mass flowrate를 알고 있다면 orifice plate는 venturi tube를 사용하여 2상유동내 gas mass quality를 알 수 있다.