

## 제 10 장 Hot-Wire를 이용한 유속의 측정

### 1. 목 적

열선 풍속계(Hot-Wire anemometer)를 이용하여 유체의 속도를 측정한다. 이를 통해 흐름의 난류로서의 특성을 살펴본다.

### 2. 예습부문

- (1) Mechanical Measurements(4th Ed.), T. G. Beckwith & R. D. Marangoni, pp. 560-562

### 3. 실험장치

- (1) 원형 제트 (풍동실 #4110)
- (2) Micromanometer
- (3) Hot-Wire anemometer
- (4) F.G., DMM, Oscilloscope
- (5) PC/AT, A/D converter

### 4. 이 론

#### 4.1 개 요

유동내의 물체는 항력을 갖게 되며 동력을 발생하는 유체 기계에 있어서 이 항력의 해석은 매우 중요하다. 유동의 특성을 결정하는 물리량으로는 속도, 압력, 밀도, 온도, 점도, 표면 장력등을 들 수 있는데 이 값들은 특정시간대에 위치에 따른 특성값으로 측정되어야 하며, 실험을 통해 유동을 해석함으로써 유동내 물체의 적절한 모형을 설계할 수 있게 된다. 유동 특성의 측정에 있어서는 유동의 종류에 따른 문제가 생기게 된다. 즉, 유동이 층류이거나 난류일 수 있으며, 유동매질이 액체, 기체, 가루등일 경우 각각 특성이 다르다.

또한 유동이 정상이거나 비정상인 경우에 따라 유동의 특성 해석에 다른 측

정방법이 동원될 수 있다.

이 장에서는 유동의 특성값의 하나로서 대부분의 경우 가장 중요한 변수인 속도를 측정하는 방법인 Hot-wire anemometer를 이용한 유속측정을 알아본다.

#### 4.2 열선 풍속계(Hot-Wire anemometer)

열선 풍속계는 열전달의 원리에 따라 작동하는데, 즉 유체의 흐름내에 전기적으로 가열된 선이 있을때 유속등의 영향에 의해 열전달이 일어나는 것을 이용하는 것이다. 열선 풍속계는 Fig.10.1에 보는 바와 같이 두개의 지지대 사이에 짧고 가는 선으로 구성되어 있다.

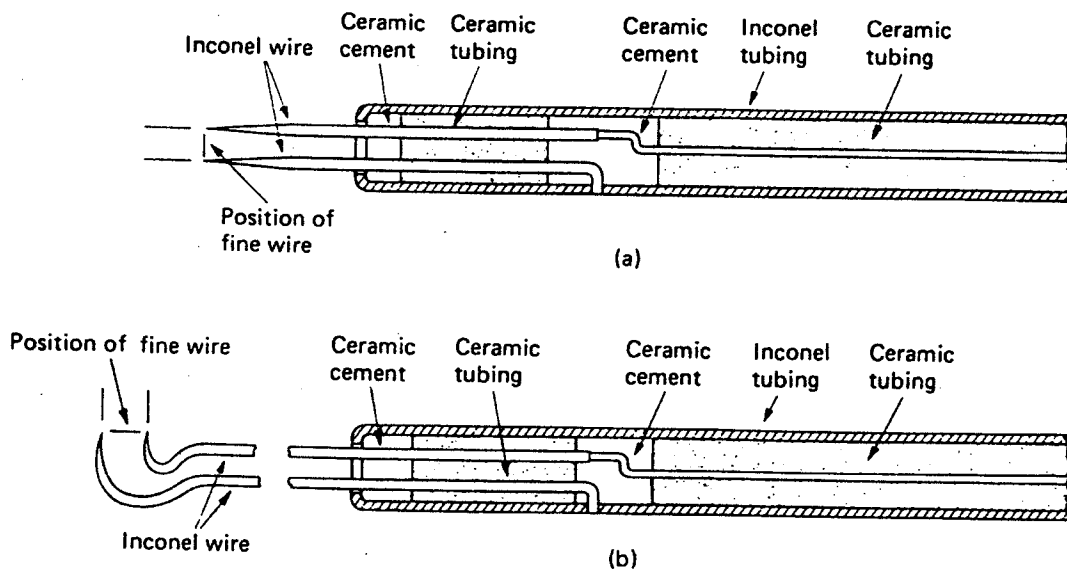


Fig.10.1 Two forms of Hot-Wire anemometer probes. (a) Wire mounted normal to probe axis (b) Wire mounted parallel to probe axis.

열선 풍속계로 속도를 재는 방법에는 정전류법(constant-current)과 정온법(constant temperature)의 두가지가 있다. 정전류법은 측정부선(sensing wire)에 일정한 전류를 흐르게 하는 것으로 유속에 따라 wire의 온도가 달라지고 이는 곧 저항의 변화를 가져와 이 값을 측정함으로써 유속을 알 수 있는 방법이다.

정온법은 wire의 저항을 일정하게 유지하도록 하여 wire의 온도를 일정하게

해 줌으로써 유속에 따른 전류의 변화를 읽는 방법이다.

열선이 유동안에 놓여지면 열은 선으로부터 전달되게 되는데 이는 주로 대류(convection)에 의한 것이며, 복사(radiation)와 전도(conduction)는 무시할 수 있을 만큼의 양뿐이다. 실험적인 결과에 따르면 Hot-Wire에서

$$\frac{\text{Power}/(\text{unit length})}{\text{Temperature difference}} = \frac{i^2 R}{T - T_g} = A + B\sqrt{v_g} \quad (1)$$

즉,

$$\frac{v_f^2}{R} = (A + B\sqrt{v_g})(T - T_g) \quad (2)$$

$$\left[ \begin{array}{l} i : \text{전류} \\ R : \text{단위 길이당 열선의 저항} \\ T : \text{열선의 온도} \\ T_g : \text{유동의 온도} \\ v_f : \text{열선에 걸리는 전압} \\ A, B : \text{상수} \end{array} \right.$$

로 표현된다.

(2)식에 좌변은 전기적인 열량이고 우변은 유동에 의한 냉각을 나타내는 양이다. 정온법의 경우  $T$ ,  $R$ 이 상수이므로 (2)식은

$$v_f^2 = C + D\sqrt{v_g} \quad (3)$$

( $C, D$  : 상수)

로 나타낼 수도 있다.

열선 풍속계의 출력전압  $V_{out}$ 은  $v_f$ 와 비례하므로  $V_{out}$ 과  $v_g$ 가 비례함을 알 수 있다.

## 실험 10 : Hot-Wire를 이용한 유속의 측정

### 1. 실험장치 Set-Up

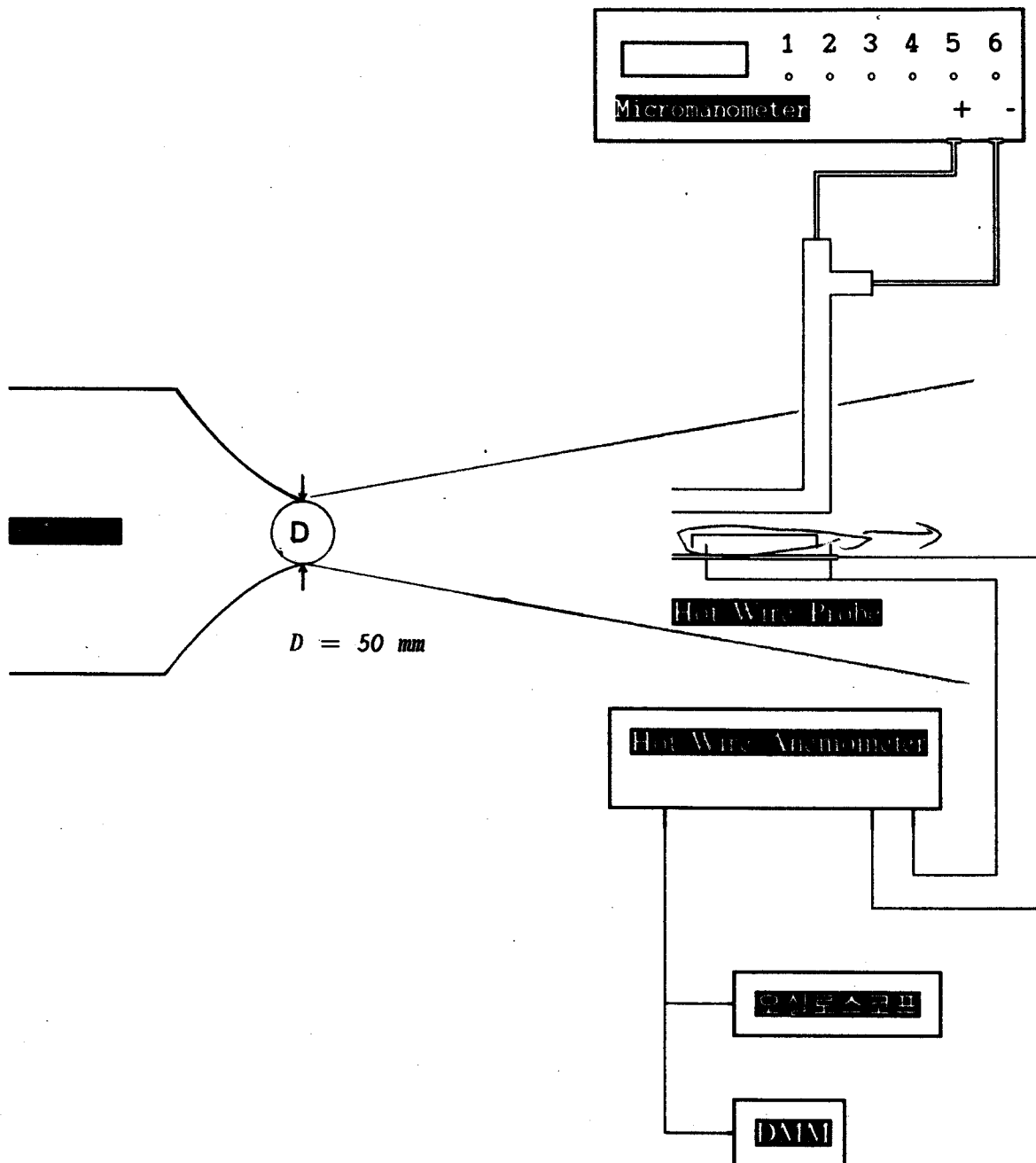


Fig.10.2 실험 장치 Set-up

(1) 이 실험에서는 Hot-Wire를 잘 써야 된다. Hot-Wire의 Wire는 아주 가늘기 때문에 조그만 충격에도, 살짝 스치기만 해도 끊어지므로 주의해야 한다.

(2) Hot-Wire에서 나온 단자를 Hot-Wire Anemometer에 연결한다. Output 단자에는 DMM과 오실로스코프를 연결하여 측정한다.

(3) Micromanometer를 Zero setting한 다음 『m/sec』에 놓는다.

(4) Hot-Wire를 nozzle의 Potential core에 놓고 Pitot probe를 근접하게 놓는다.

## 2. Data 정리

(1) 원형 jet의 속도를 Pitpot probe로 측정하여 0 m/sec에서 28 m/sec까지 1 m/sec씩 증가하도록 하면서 그때 속도값( $U$ )가 Hot-Wire의 Voltage값 즉, DMM의 값( $V_f$ )을 기록한다.  $U$  對  $V_f^2$ 의 그래프를 그리면 1차 직선이 나온다. 여기서 임의의  $V_f$ 를 알면 다시 속도로 환산할 수 있다. 이와 같은 작업을 calibration이라 한다.

$U$ (m/sec)	$\sqrt{U}$	$V_f$ (Volt)	$V_f^2$

(2) Hot-Wire probe를 사용하여 원형 jet의 대칭축( $x$ )에서의 속도를 측정한다. 즉 『 $U(x) = U(x, r=0)$ 』,  $x = 1.5D, 10D, 15D, 20D, 25D, 30D$  여기서  $D$ 는 Nozzle의 직경이다.

Distance $x$	$1.5D$	$10D$	$15D$	$20D$	$25D$	$30D$
$V_f$ (Volt)						
$V_f^2$						
$\sqrt{U_0}$						
$U_0$						

- (3)  $x = 10D$ 에서 상하(上下)로 jet boundary를 결정하여  $x$  축에서 boundary까지 구간을 대략 10등분하여  $x = 10D$ ,  $y$ 축에  $r$ 방향의 『+』방향 『-』방향으로 따라 움직여 가며  $U(x = 10D, r)$ 를 측정한다.  $x = 20D$ ,  $30D$ 에서는 Flow가 Symmetric하므로  $r$ 의 한쪽 방향만 잡아서 boundary와  $x = 20D$  또는  $30D$ 인 점의 구간을 10등분하여  $U(x, r)$ 를 측정한다.

