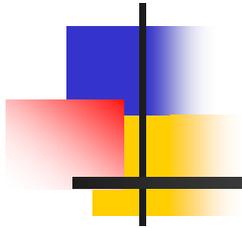
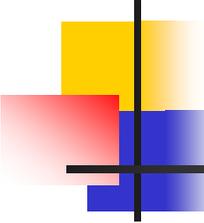


계측제어반

# 계장설계 및 시공





# 계장 및 자동화

---

## 계장

I. 계장장비의 약어

☞ 영어 : Instrumentation

II. Automation을 실현시키기 위한 기술

III. 사람의 조작을 줄이고 자동적으로 장치를 움직이는 것(무인화, 자동화)

IV. 균일하고 좋은 품질을 양산

V. 기계나 사람의 안전 확보

VI. 프로세스 공업에서 플랜트 각 곳의 운전상황을 감시하고 자동제어에 의해 운전을 하기 위한 기술

## Automation

☞ 기계나 장치를 자동화하거나 먼 곳에서 원격으로 조작 또는 정해진 작업을 사전에 구성된 프로그램에 의해 장치로 하여금 동작하도록 하는 경우에 사용

# 설계적용 기준 및 표준

## ■ 단위 및 눈금 : Metric, Celsius, Kilogram

☞ 배관 및 부품의 치수 : mm (필요시 inch와 병기)

양	단위	양	단위
압력	mmH <sub>2</sub> O	전압	V, kV
진공	mmHg, mmH <sub>2</sub> O	전류	mA, A
온도	℃	유량	액체 : m <sup>3</sup> /h
길이	mm, m		증기, 고체, 슬러리 : kg/h
시간	S, h		가스 : Nm <sup>3</sup> /h, m <sup>3</sup> /h

## ■ 심볼 및 언어

☞ 심볼 : ISA (Industry Standard Architecture)

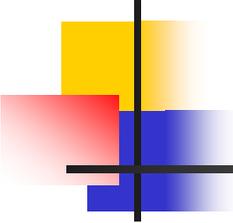
SAMA (Scientific Apparatus Manufacture Association)

☞ 언어 : 영어로 표기

## ■ 제어신호

☞ 전기신호 : 4 ~ 20mA (1~5VDC)

☞ 공기신호 : 0.2 ~ 1.0 kg/cm<sup>2</sup>g (3~15psig)



## 각종 단위

---

- 표준대기압

$$1 \text{ atm} = \underline{760 \text{ mmHg}} = 1.0332 \text{ kg/cm}^2 = 10.332 \text{ mAq} = 10332 \text{ mmAq} \\ = 101325 \text{ N/m}^2 = 1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 14.7 \text{ psi}$$

- 공학기압

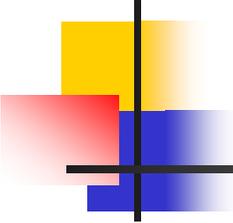
$$1 \text{ ata} = 735.56 \text{ mmHg} = \underline{1.0 \text{ kg/cm}^2} = 10 \text{ mAq} = 9.8 \text{ N/cm}^2 = 14.2 \text{ psi} \\ = 1000 \text{ mmAq} = 1.01325 \text{ bar}$$

- $\text{Psi} = \underline{1 \text{ lb/in}^2} = 51.714 \text{ mmHg} = 0.0703 \text{ kg/cm}^2$

- $\text{Pa} = \underline{1 \text{ N/m}^2} = 10 \text{ dyne/cm}^2 = 10^{-5} \text{ bar}$

- $1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dyne/cm}^2 = 10 \text{ N/cm}^2 = 100000 \text{ N/m}^2 = 100 \text{ kpa} \\ = 1.0197 \text{ kg/cm}^2$

atm > bar > ata > psi



## 제어전원

---

### ■ 2개의 독립된 전원장치로 병렬운전

1. 120V, 1 $\Phi$ , 60Hz 무정전 교류전원

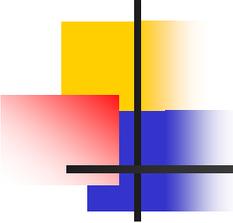
☞ 전자회로(집적회로 포함)를 채용한 제어계통

2. 120V, 1 $\Phi$ , 60Hz 정전압 교류전원

☞ 현장 제어반 또는 주 제어반의 간헐적인 감시 기기

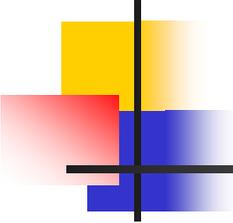
3. 125V 무정전 직류전원

☞ 부하운전, Trip 및 보조 Interlock 제어회로



## 전원방식의 비교

	교 류	직 류
완전 무정전화	어렵다	쉽다
응용성	모든 것에 적용가능	매우 제한 됨
승압 또는 강압	쉽다	어렵다
효율 및 발열	낮고 많다	높고 적다
신뢰성	높이기에 어렵다	쉽게 실현 가능



# 계기용 공기 및 신호방식의 특징

---

## ■ 계기용 공기 공급원의 조건

☞ 공급압력 : 5~8.8kg/cm<sup>2</sup>

I. 공기여과 압력조절기 설치

II. 차단밸브 설치

III. 8.8 kg/cm<sup>2</sup>의 압력에서 노점온도가 -40℃이하 유지

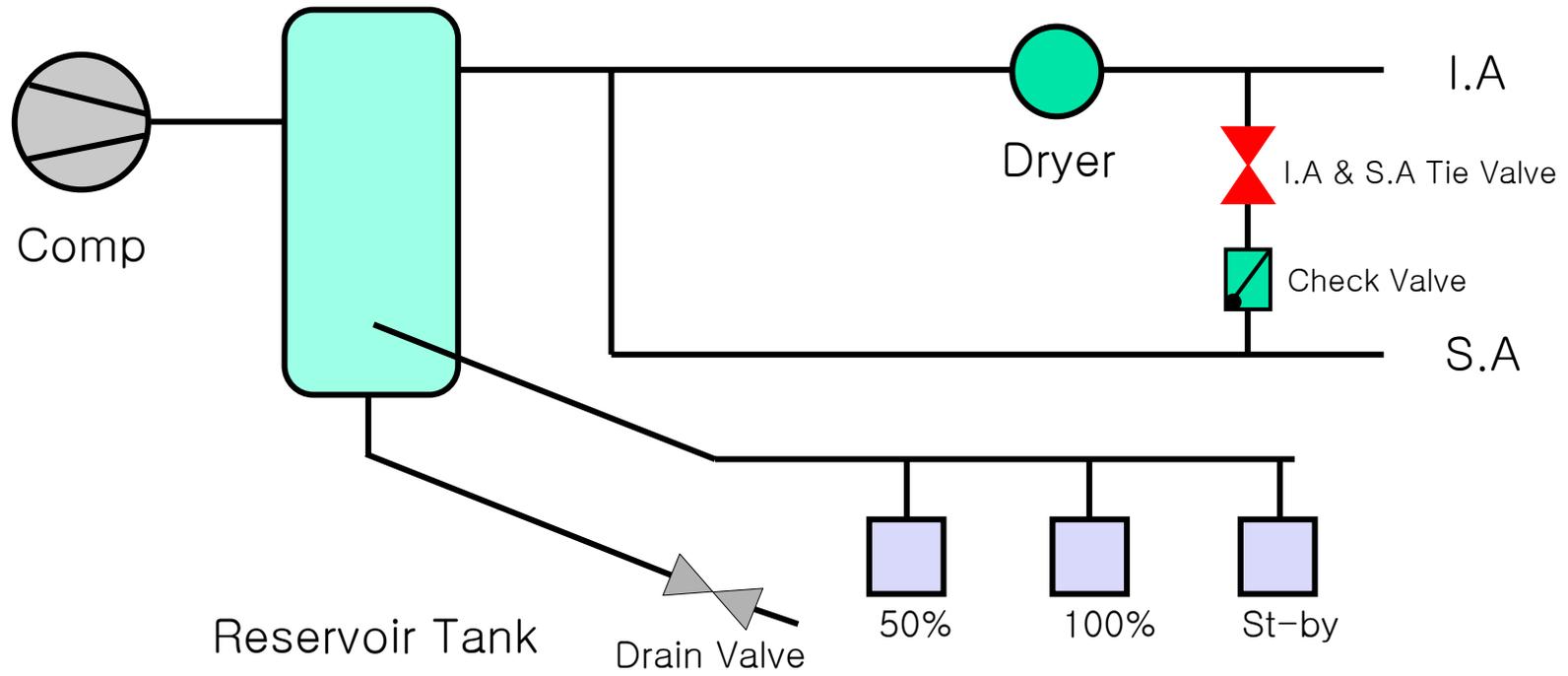
## ■ 신호방식의 특징

I. 검출, 전송, 조절 : 전기식 사용

II. 조작부 : 공기식, 유압식 사용

⇒ 전기-공기식, 전기-유압식 등 혼합식을 사용

# Comp Sw



# 상대습도, 절대습도

- 상대습도

$$\text{상대습도} = \frac{\text{현재온도에포함된수증기량}}{\text{현재온도에서의포화증기량}} \times 100(\%)$$

- 절대습도

일정한 부피속에 들어있는 수증기(g)로 나타냄

현재수증기량	기온	포화수증기량	상대습도
23g/m <sup>3</sup>	30℃	32g/m <sup>3</sup>	23/32 = 75%
23g/m <sup>3</sup>	25℃	23g/m <sup>3</sup>	23/23 = 100%

- 노점온도

수증기 23g.m3의 이슬점 25℃

공기 중에 일정량의 수분이 포함되어 임의의 상대습도 값을 나타낸다고 했을 때 상대습도는 온도에 따라 변화하고 절대습도는 항상 일정하다.

기체의 온도를 내리게 되면 상대습도는 점차 올라가게 된다. 즉 온도가 낮아지면 기체 속에서 기체상태로 존재할 수 있는 물분자의 양은 줄어들어 **상대습도 100% 되면 기체에서 액체로 바뀌어 결로가 된다. 이슬이 생기는 점을 노점온도라고 한다.**

# 조작기기의 특징

## ■ 각 조작기기의 비교

분야 \ 조작기기	전기식	공기식	유압식
적응성	대단히 넓고 특성의 변경이 쉽다	PID동작 구현이 쉽다	관성이 적고 대출력을 얻기 쉽다
속응성	늦음	장거리에서 늦다	빠르다
전송	장거리 전송이 가능하고 늦음이 적다	원거리 조작시 시간 지연이 생긴다	늦음이 적으나 장거리 배관이 어렵다
출력	감속장치가 필요하고 출력이 작다	출력이 크지 않다	저속이고 큰 출력을 얻을 수 있다
안전성	방폭형 필요	안전	인화성

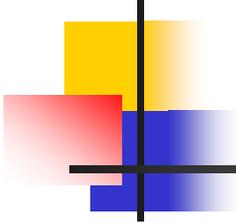
# 압력계 선정기준 및 센서 보호장치

## ■ 압력계 선정기준

- I. 게이지압 계기 : 대부분의 공정에서 일반적으로 사용
- II. 절대압 계기 : 질량유량을 측정하는 복수계통 또는 복수기 진공측정
- III. 차압식 계기 : 레벨, 유량 또는 압력손실이 고려되는 곳
- IV. 복합 센서 : 진공과 정압 범위에 걸쳐 압력을 측정

## ■ 압력센서 보호장치

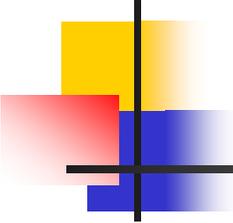
위해조건	보호장치
고온증기	사이폰 또는 복수 포트 (Condensate Pot)
부식성유체, Slury	다이하프램 또는 밀봉 캐필러리 (Capillary Seal)
맥동	완충기 (Snubber)



## 열전대 선정기준

---

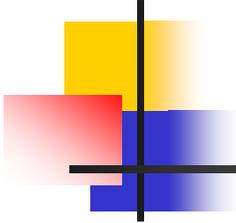
- ① 높은 정확도가 요구되지 않는 곳, 높은 측정온도 범위와 빠른 응답시간이 요구되는 곳
- ② E형 열전대 : 모든 대기조건에 사용되며 가장 높은 EMF를 만들어 낸다.
- ③ 빙점 이하의 측정(T형)을 제외하고는 적용성이 뛰어난 E형 사용
- ④ 정밀등급의 열전대 또는 도선이 요구되는 경우는 K형 열전대와 보상도선 사용이 적합하지 않으면 370℃까지 측정이 가능한 T형 사용  
(T형은 습기가 있는 조건에서는 녹이 생긴다)
- ⑤ 노(Furnace)의 온도측정 및 다점 온도측정 시스템에서는 열전대를 이용
- ⑥ 일반적으로 Sheath형 열전대가 사용되며 Sheath의 직경은 1/4인치이고 보호관 밑 부분과 밀착되도록 스프링과 함께 사용
  - ⓐ 노출형 : 감도가 민감하고 빠른 응답을 요하는 곳에 사용
  - ⓑ 접지형 : 정밀도 및 감도는 좋으나 전기식 잡음의 영향을 받기 쉽다.
  - ⓒ 비접지형 : 접점과 Sheath가 절연되어 있다.



# 측온저항체 선정기준

---

- A. 높은 정확도가 요구되는 곳에서 사용하며 4선식 측온저항체는 특히 높은 정밀도가 요구되는 곳에 사용
  - ☞ 터빈 입구측 증기온도
  - ☞ 영구적인 터빈 테스트 지점의 온도
- B. 500℃ 까지 정확도 및 안정도가 뛰어나며 선형적 출력을 만들어 제어 시스템과 연결이 용이
- C. pt 100Ω의 측온저항체가 많이 사용됨
- D. Sheath형 측온저항체가 많이 사용되며 Sheath 직경은 1/4 인치이고 보호관 밑 부분과 밀착되도록 스프링과 함께 사용



# 바이메탈 및 액체충만식 선정기준

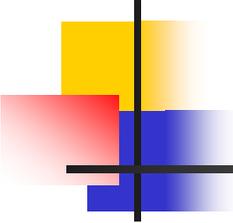
---

## ■ 바이메탈식 선정기준

- ☞ 온도 스위치용
- ☞ 현장 지시계용

## ■ 액체 충만식 선정기준

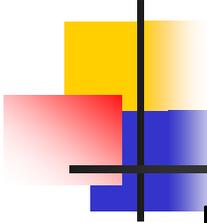
- ☞ 원격 설치시 사용, Capillary 길이가 제한, 주위 온도 변화에 영향 받음
- ☞ Bulb의 크기는 충만유체, 측정범위 Capillary 튜브 길이에 준하여 결정
- ☞ 평균온도를 측정하기 위하여 Bulb 길이를 길게 제작
- ☞ Bulb의 재질은 동, 청동, 스테인레스강이 사용
  - 빠른 응답 : 동이나 청동 사용
  - 부식 장소 : 18-8 스테인레스강 사용



## 열전대 사용제한

---

- ▷ 테스트용 : 휴대용 감지기 또는 열전대를 사용
  - ☞ 좀더 높은 정밀 측정용 : 유리관 온도계
  - ☞ 더욱 높은 정밀 측정용 : 정밀 등급의 열전대
  - ☞ 가장 높은 정밀 측정용 : 4선식 백금 RTD
  - ☞ 좁은 범위의 Span용 : 교정된 써미스터
- ▷ 높은 온도 측정용 : 백금 성분의 열전대
  - ☞ 측정 범위보다 높은 경우 : 텅스텐-로듐형 열전대 온도계
- ▷ 매우 빠른 응답속도용 : 고온계(Pyrometer), 기계적이나 화학적으로 문제가 없다면 노출된 열전대 또는 써미스터



# 유량측정계기 선정기준

## ■ 계기 선정시 고려사항

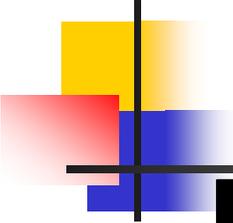
- I. 유로의 형태 : 개수로, 밀폐형에 따라 사용 계기 선택
- II. 설치 위치 : 설치공간, 배관길이, 접근 용이성, 주위환경 고려
- III. 유체의 종류 및 형태

유체의 형태 고려	청정도 및 전도도	부식성
슬러리	점약성 및 압축성	

### IV. 공정조건

유체의 최대온도 및 압력	유체의 속도	최소, 최대유량
온도, 압력변화의 정도	레이놀즈 수	점도 및 밀도

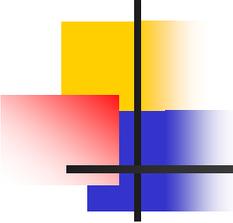
- V. 측정요건 : 사용목적 또는 유량측정범위 및 정밀도
- VI. 경제성 및 신뢰성, 호환성



# 유량측정기기 선정기준

## ■ 1차 차압측정 소자의 선정기준

- ▷ 차압 발생식 : 오리피스, 노즐, 벤츄리관  
속도 Probe : 피토관(Pitot Tube)
- ▷  $\Delta P$ 를 만들어 내는 일차소자는 유체가 액체일 경우 기체나 증기와 비교하여 물리적 성질이 적어 액체측정에서 가장 정확하고 신뢰성 있다.
- ▷ 총류를 측정 : 속도식 Probe가 차압식보다 더욱 정확하게 측정
- ▷ 공정압력이  $3.5\text{kg/cm}^2$  보다 크거나 유체가 입자를 함유하고 있어 막힘이 우려되는 경우 피토관의 사용은 지양
- ▷ 차압강하가 매우 낮은 경우는 피토관과 같은 속도 Probe를 사용
- ▷ 유체가 깨끗하고 공정압이 낮으면 피토관을 사용
- ▷ 직관부를 마련할 수 없다면 Straightening Vane을 이용
- ▷ 유체가 관을 막을 우려가 있는 경우는 우선 마그네틱 유량계의 사용을 고려하고 유체흐름에 대한 방해가 상대적으로 적은 벤츄리관을 사용한다.

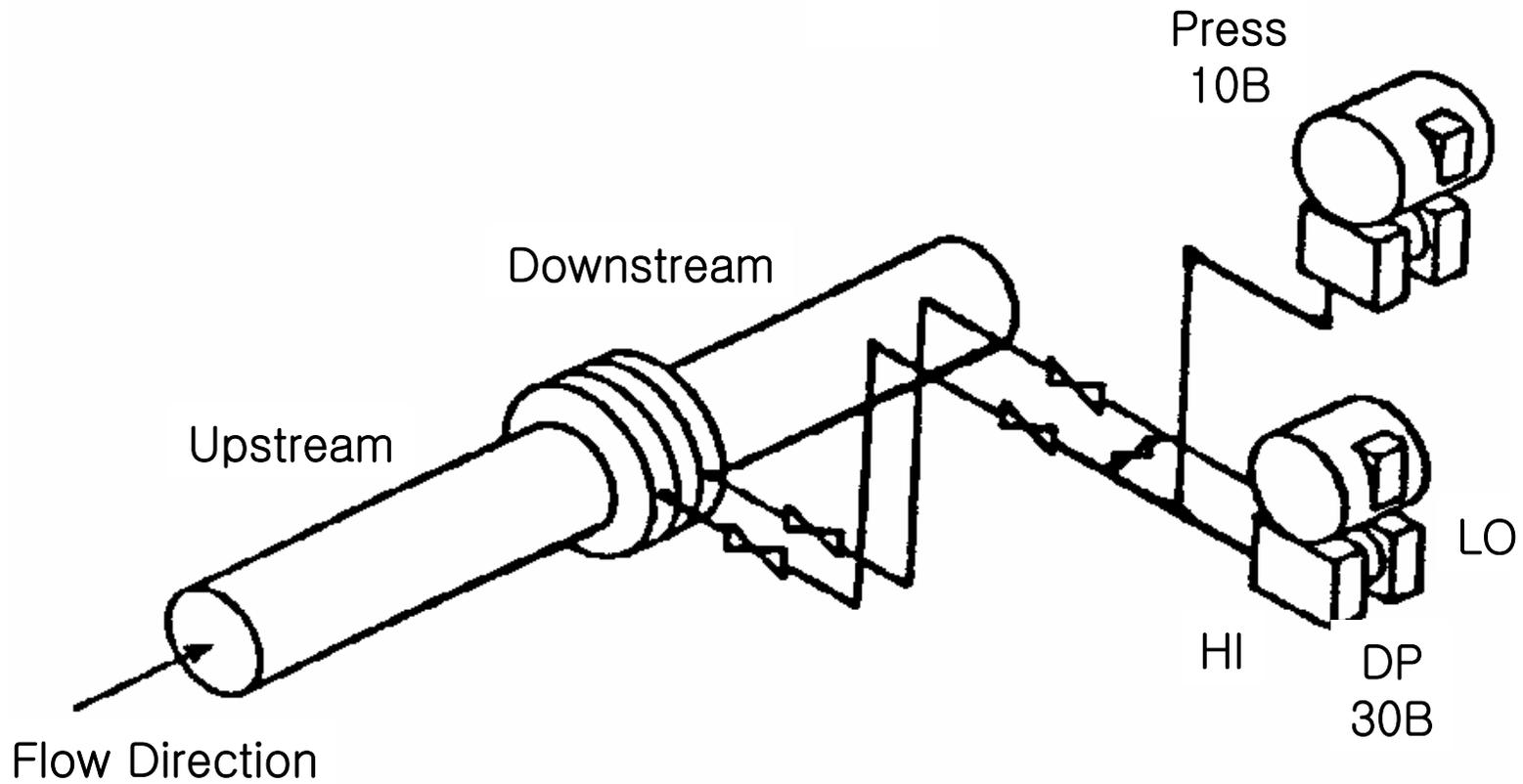


# 차압식 유량측정 장치

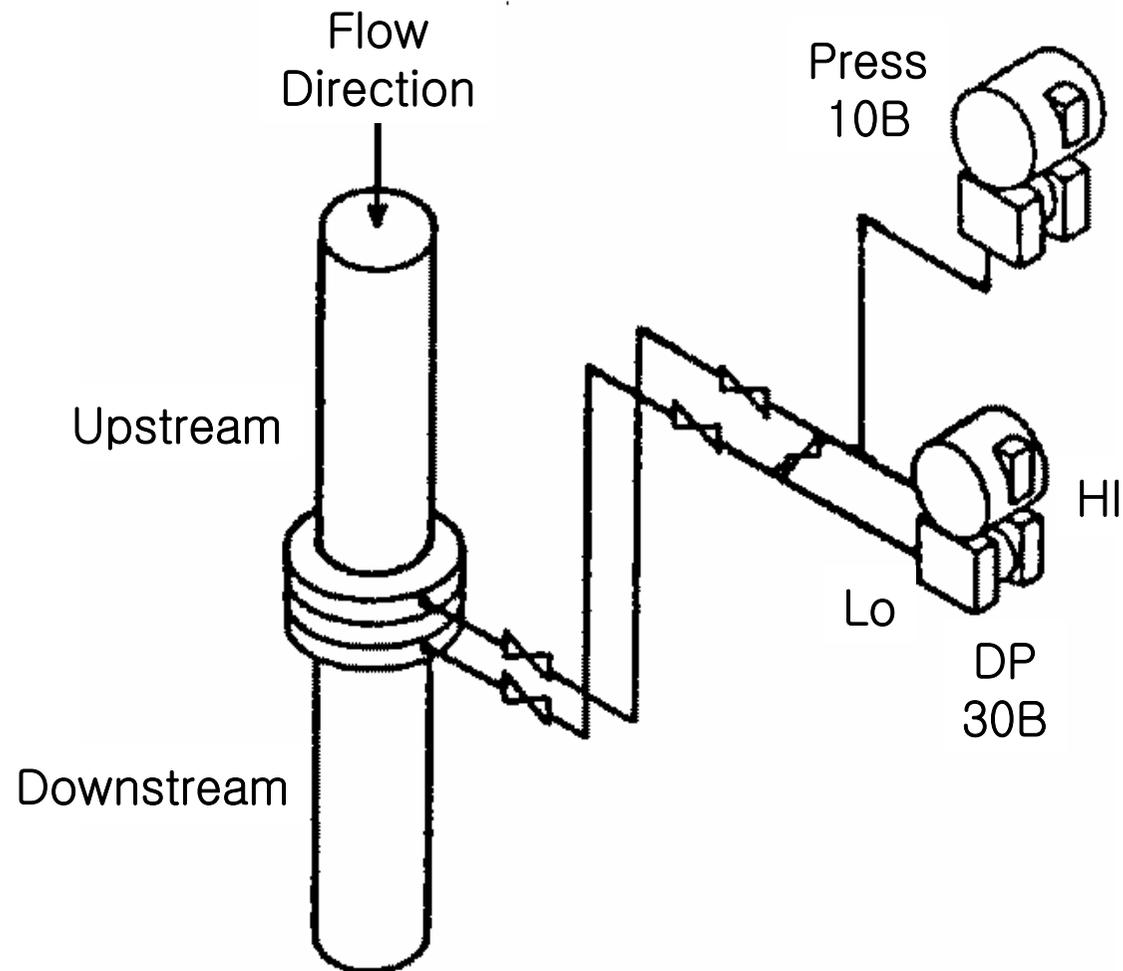
---

- 차압발생기구
  - 배관의 세정이 완료된 후에 차압발생기구를 설치하여야 한다.
  - 유체의 흐름방향과 차압발생기구의 설치방향을 일치시켜야 한다.
    - 방향이 바뀌면 오차가 발생하며 시공 중 방향을 바꾸어 설치하는 사례가 있음
  - Orifice Plate 설치
    - Tag에 “Upstream”이라고 되어 있는 쪽이 상류
    - Tag에 Orifice 사양이 표시된 쪽이 상류
    - 불확실한 경우 Orifice의 형상을 보고 판다.
  - Flow Nozzle 설치
    - 외부에 “→” 표시로 흐름방향을 판단
  - 차압발생기구의 제작사양이 Process의 운전조건과 일치하는가?
    - Design Temp, Design Pr
  - 난류의 영향을 받지 않도록 규정된 직선배관 구간이 필요하다.

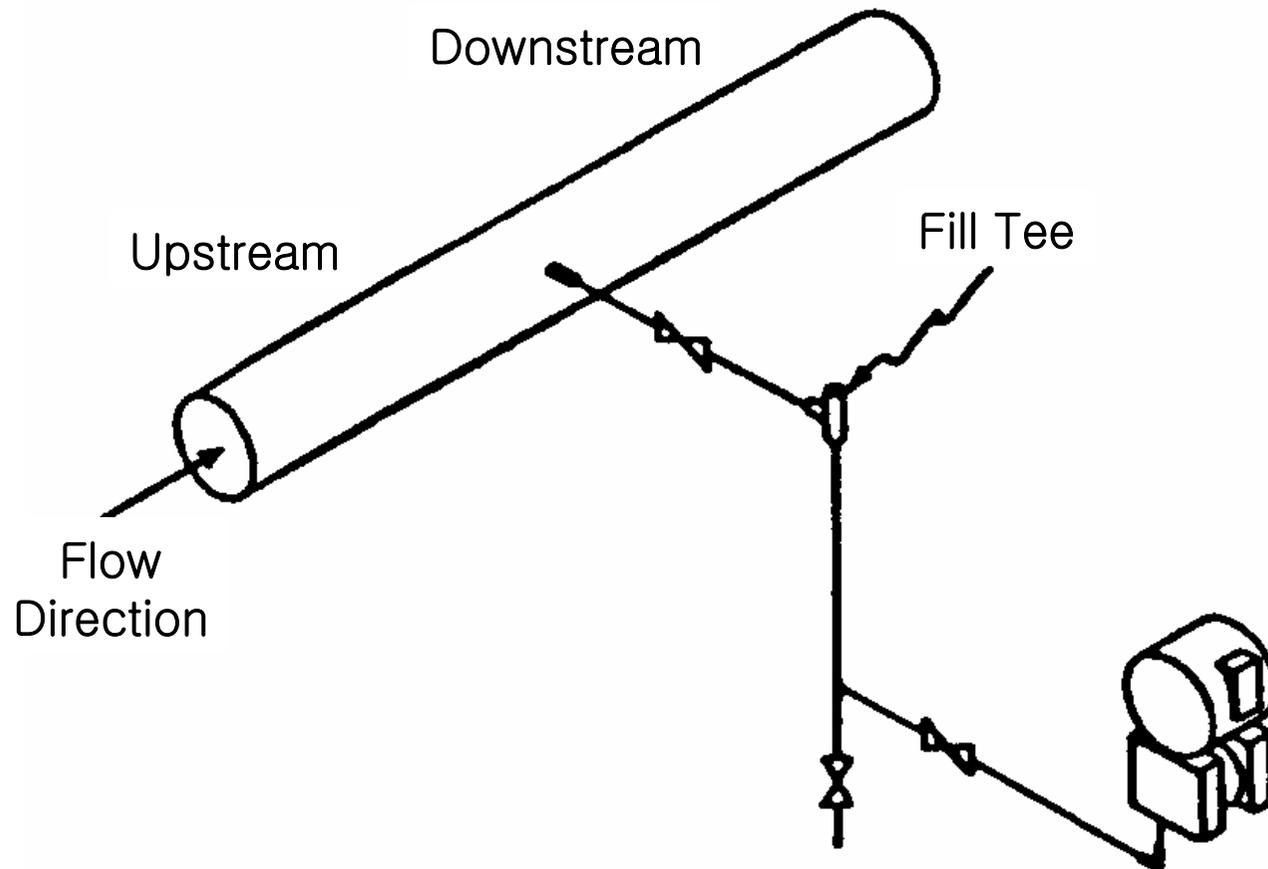
# 기체 측정시 트랜스미터 위치



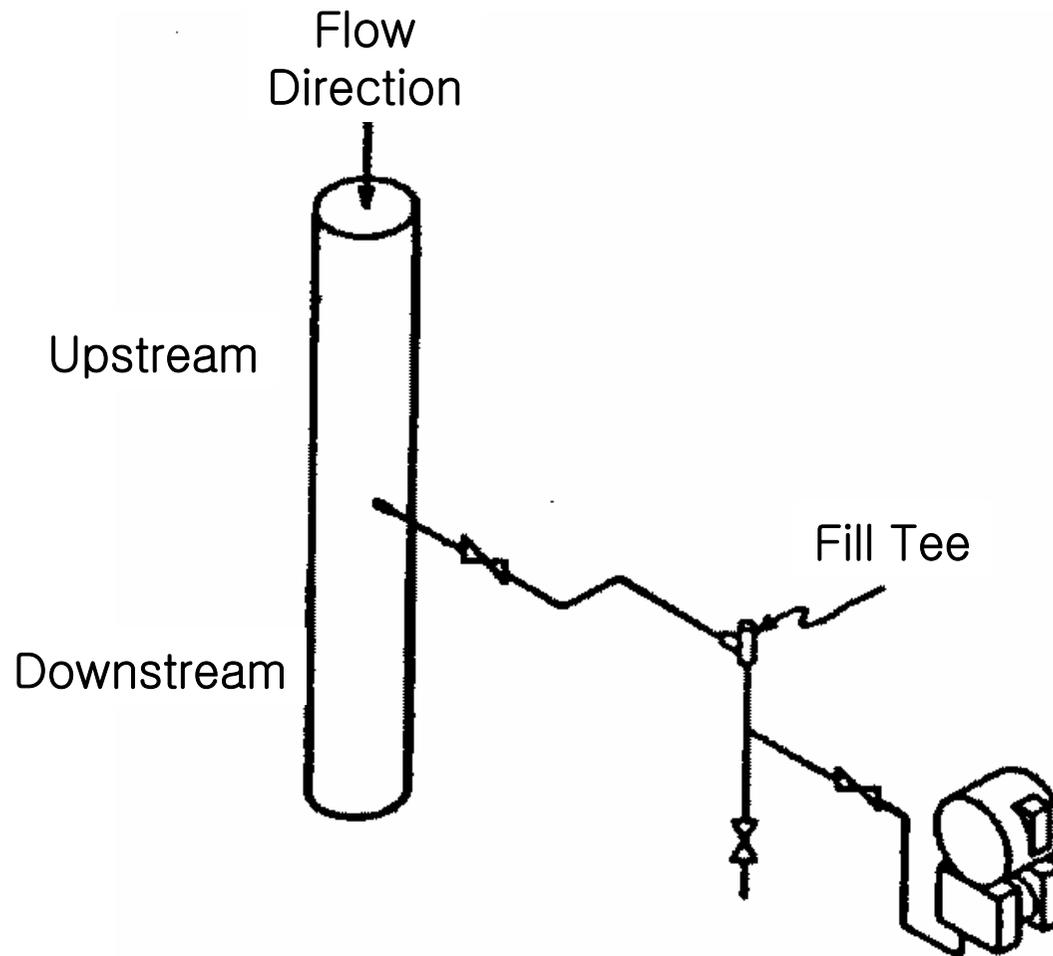
# 기체 측정시 트랜스미터 위치



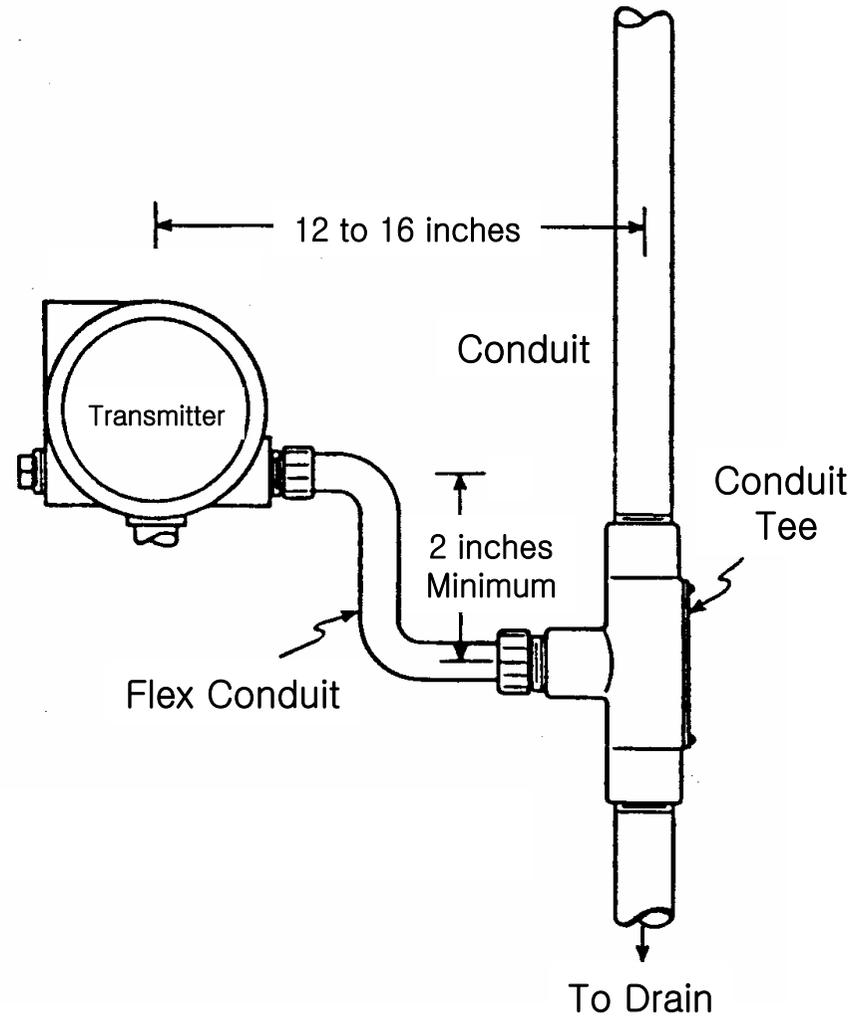
# 액체 측정시 트랜스미터 위치

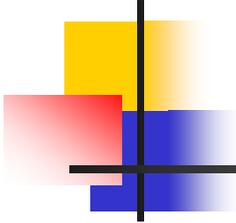


# 액체 측정시 트랜스미터 위치



# Recommended Conduit Piping for Field Mounted Transmitter

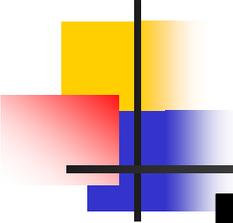




# 유량측정계기 선정기준

## ■ 1차 소자 선정시 중요 파라미터

1. 유체상태	6. 최대 압력강하
2. 유체특성	7. 유량측정의 정확도
3. 적용된 공정계통	8. 상류와 하류의 배관체계
4. 유량범위와 Turndown Ratio	9. 밀도변화 범위
5. 최대 공정압력과 온도조건	10. 유량신호 기능



# 수위측정계기 선정기준

---

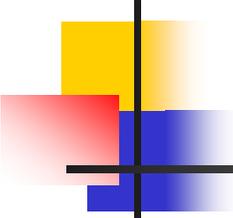
## ■ 계기 종류별 선정기준

### A. 액주계

- ☞ 계기 교정 목적이나 현장 지시용으로 사용
- ☞ 철갑형이 주로 사용
- ☞ 고온, 고압용으로 전자식 Bi-color 게이지를 사용

### B. 차압식

- ☞ 발전소 레벨측정은 12,700mm의 높이를 초과하지 않는다.
- ☞ 탈기기, Heater와 같은 가압 Tank에서는 정압을 고려
- ☞ 레벨지시계/게이지, 스위치, 전송기는 개·폐용기, Heater, Tank등에 사용
- ☞ 화학물질, 위해성 기체, 원격설치의 경우 Filled Capillary Seal을 사용



# 수위 측정기기 선정기준

## C. 플로트와 디스플레이서(Displacer)식

- ☞ 정밀도가 높아 많이 사용, 측정범위의 제한과 깨끗한 액체에만 사용
- ☞ 기준점 위아래의 레벨변화 측정 또는 복수기와 같은 진공상태 사용
- ☞ Hotwell에는 디스플레이서식, Heater에는 차압식 계기를 사용

## D. 초음파식

- ☞ 모든 유체 측정 가능, 고가, 탈황계통이나 먼지가 많은 석탄 Bin 사용

## E. 전도식

- ☞ 전도성 유체로서  $63\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 고압에서  $278^\circ\text{C}$ 의 온도까지 사용

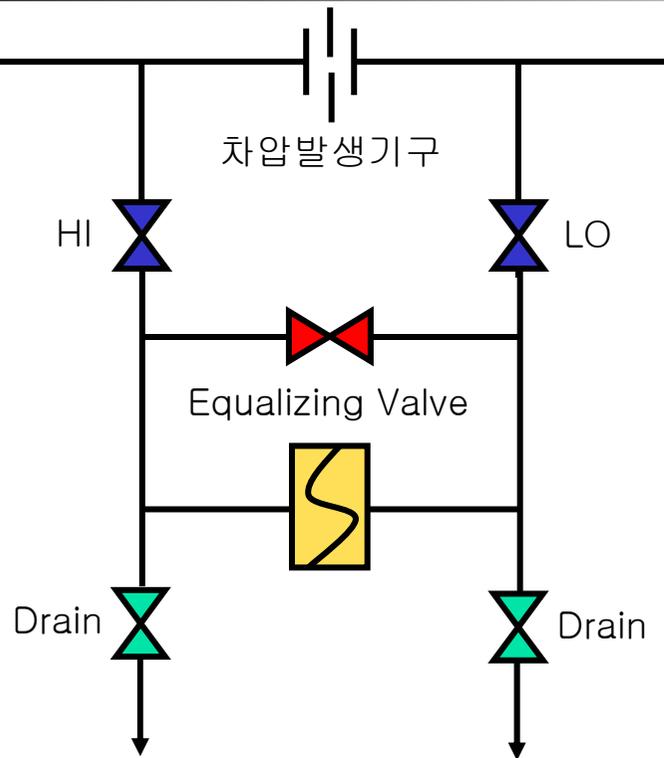
## F. 정전용량식

- ☞ 비전도성 유체에서만 사용

## G. 중량식(로드셀, 마이크로셀)

- ☞ Silo나 Blending Bin의 레벨측정

# 차압트랜스미터



- $\Delta p$  트랜스미터 취외시
- ① Equalizing Valve Open
  - ② HI-LO Valve Close
  - ③ Drain Valve Open

- $\Delta p$  트랜스미터 설치시
- ① Drain Valve Close
  - ② HI-LO Open
  - ③ Equalizing Valve Close

Equalizing Valve Close 상태에서 HI-LO 두 개중 하나 Open 상태에서 Drain Valve 두 개중 하나 Open 하면 편내압 발생하여 트랜스미터 특성 변경되어 정확한 계측 곤란

# 수위측정계기 적용 계통별 선정기준

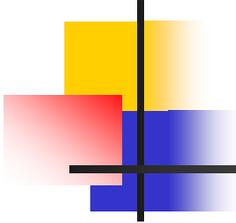
## ■ 개방 Tank (Open or Atmospheric Tanks)의 레벨계기

### A. 일반사항

- ☞ Continuous Type : 전체적인 Tank 레벨범위 측정
- ☞ Point Source 레벨 스위치 : 알람과 제어용
- ☞ 차압식 계기, 플로트/디스플레이서식 전송기, Sight Glass Gauge, 플로트식, 초음파식, 전도식, 정전용량식의 레벨스위치가 적용

### B. 선정기준

- ☞ 연속식 계기의 레벨제어 범위
  - ∴ 높이 2.0m 이상의 제어범위를 갖는 대형 Tank는 외부에 설치하는 차압식 계기나 내부에 설치하는 비챔버식 디스플레이서, 플로트형 지시계, 초음파식을 사용
  - ∴ 1m에서 2m 높이의 중간 크기의 Tank나 용기는 외형 차압식 계기나 챔버식 디스플레이서형 계기를 사용
  - ∴ 교반기를 갖는 Tank에 : 초음파식 계기 사용
- ☞ 탈황계통과 같이 비중이 0.1이상 변화하는 Tank : 초음파식, 정전용량식, 전도식을 사용



# 수위측정계기 적용 계통별 선정기준

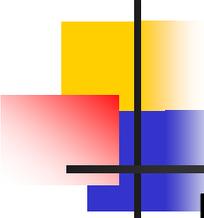
## ■ 가압 Tank (Pressurized Tanks)의 레벨계기

### A. 일반사항

- ☞ Tank 외부에 Redundant 레벨계기가 필요
- ☞ 레벨계기는 차압식 계기, 플로트/디스플레이서 전송기, Sight Glass Gauge와 여러 형식의 레벨 스위치가 적용

### B. 선정기준

- ☞ 연속 계기의 레벨제어 범위
  - ∴ 높이 3.0m 이상의 제어범위를 갖는 대형 Tank는 차압식이나 비챔버형 디스플레이서식 계기를 사용
  - ∴ 중간크기의 Tank나 용기는 차압식 또는 챔버형 디스플레이서식 계기
  - ∴ 탈황계통과 같이 비중이 0.1이상 변화하는 Tank나 용기에서는 초음파식, 정전용량식, 전도식 계기
- ☞ 고온에서 동작하는 경우 플로트식이나 디스플레이서식 계기



# 수위측정계기 적용 계통별 선정기준

## ■ 탈기기(Deaerator)의 레벨계기

### A. 일반사항

☞ 탈기기의 목적

∴ 급수 저장 ∴ 급수 가열 ∴ 탈기

☞ 탈기기 레벨측정은 탈기기 아래에 연결 설치된 탈기기 저장 Tank에서 레벨을 측정하고 제어

### B. 선정기준

☞ DCS와 연결된 세 개의 차압 전송기가 사용되며 중간 값을 선택  
(2 Out Of 3 방식 채용)

☞ 레벨 게이지는 탈기기 저장 Tank 레벨의 현장 지시계로 사용되며 측정 레벨이 76cm 이상이라면 또 다른 게이지가 필요

☞ 독립적인 레벨 스위치를 고려하는 경우 Low-Low와 High-High 레벨 경보, 복수펌프와 급수펌프의 Trip 입력신호로서 Float 레벨 스위치가 사용

# 수위측정계기 적용 계통별 선정기준

## ■ 급수 가열기(Feedwater Heater) 레벨계기

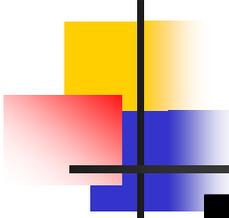
### A. 일반사항

- ☞ 급수를 가열하여 열효율 증진
- ☞ 터빈 물 유입 방지 위해 ANSI/ASME TDP-1-1985 에 준함

### B. 선정기준

- ☞ 보호 인터록용 경보 스위치는 분산제어설비의 소프트웨어 이용
- ☞ 수위 전송기는 3대를 설치하여 2 Out Of 3 설계개념을 적용
- ☞ 급수 Heater의 수위제어용 계기의 구성 및 형식

수위지시계	전자식 Bi-Color Gauge를 1대 설치
수위스위치	별도 설치 않으며 전송 신호로 스위칭
수위전송기	차압식 수위전송기 3대 설치하여 2 Out of 3 개념 적용
압력전송기	급수 Heater 수위측정의 보상용으로 2대 설치



# 수위측정계기 적용 계통별 선정기준

## ■ 배수 포트(Drain Pot) 레벨계기

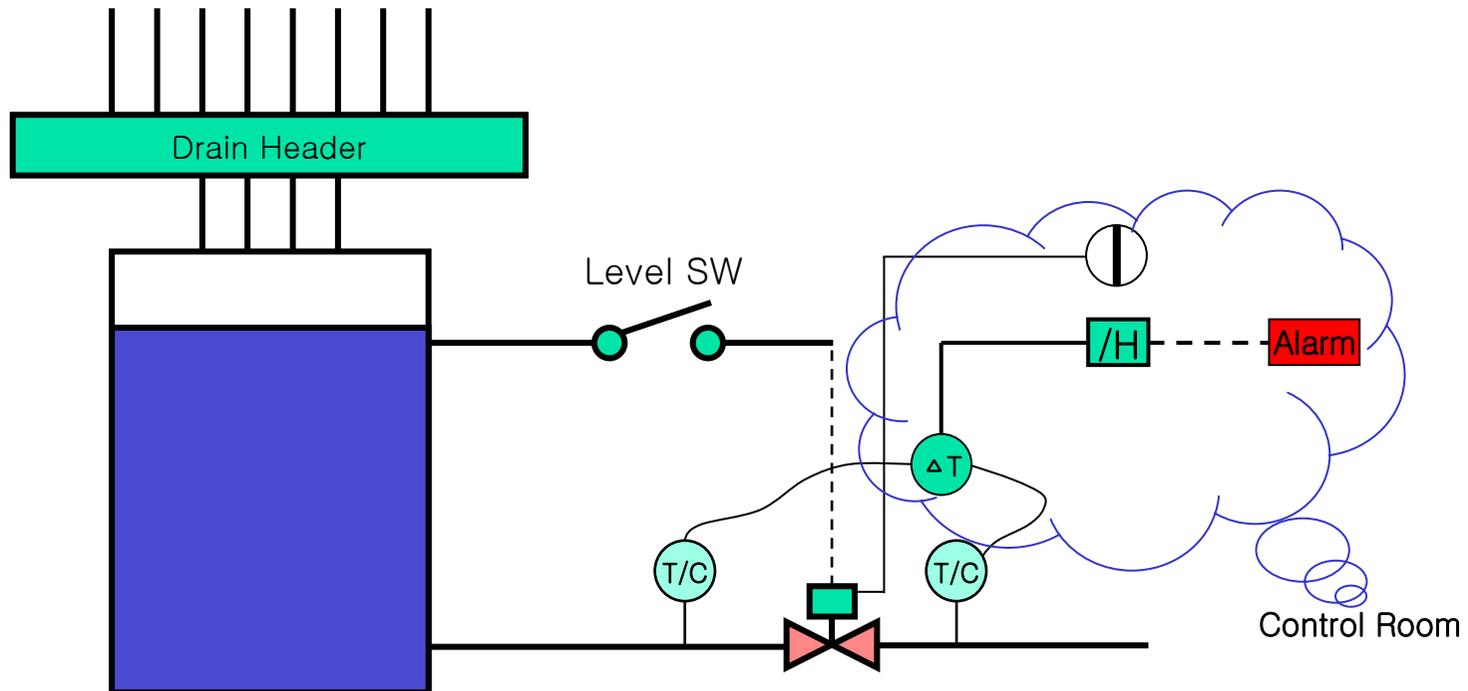
### A. 일반사항

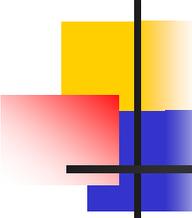
- ☞ 증기터빈으로 물이 유입되는 것을 방지
- ☞ 레벨계기는 Point Source (On/Off) 계기 적용

### B. 선정기준

- ☞  $140\text{kg/cm}^2$ ,  $399^\circ\text{C}$  이하의 증기상태 : Float 레벨스위치 사용
- ☞  $175\text{kg/cm}^2$ 의 압력 : 디스플레이서식 레벨스위치 사용
- ☞ 배수포트 복수레벨 감지 위해 온도측정 시스템 사용
- ☞ 온도에 의한 복수레벨 시스템에서는 증기압력 전송기로 압력 측정, DCS에서 측정 압력에서의 포화증기 온도 계산
- ☞ 자동배수밸브의 오동작 검출 위해 배수밸브의 아래쪽에 또 다른 열전대 설치 (밸브의 막힘 검출)

# 자동 배수밸브 오동작 방지





# 수위측정계기 적용 계통별 선정기준

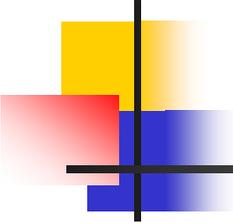
## ■ 복수기 Hotwell 레벨계기

### A. 일반사항

- ☞ 복수기의 레벨측정은 현장 지시뿐만 아니라 입.출력 제어, 지시, 경보를 위하여 DCS에 표시되어야 한다.

### B. 선정기준

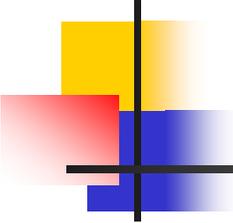
- ☞ DCS를 가진 발전소의 복수기 레벨 측정에는 세 개의 디스플레이서식 레벨전송기가 사용되며 중간 값이 선택되도록 구성
- ☞ 중간 값 신호는 Make-up, Dump, Emergency Fill 제어 밸브의 제어용으로 사용되고 고, 저 레벨경보는 2 Out Of 3 방식 채용
- ☞ 레벨 게이지는 복수기 레벨의 현장지시계로 사용, 측정레벨이 76cm 이상이면 또 다른 게이지가 필요
- ☞ 독립적인 레벨스위치 고려하는 경우 고,저 레벨 경보의 입력신호로서 Float 레벨 스위치가 사용



## 계측기 설치상태가 불량하면

---

- 측정오차가 발생한다.
- 단위기기를 정확하게 감시, 보호할 수 없다.
- 설치된 현장 계측기가 운전 중 고장이 발생할 가능성이 높다.
- 시정을 위한 인력, 자재가 추가로 소요 된다.
- 운전상태에서 시공불량에 의한 불시정지가 발생하면 제품이 품질 저하된다.

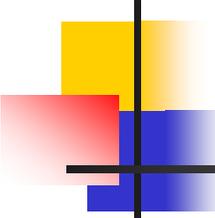


## 트랜스미터 설치 일반

- 설치환경
  - 계측기는 주위기기의 진동영향을 받지 않는가?
  - 주위온도는 제작사의 추천온도 제한치 이하인가?
  - 습기에 의한 영향은 없는가?

Condition	Temperature Range	Humidity Range
Normal Operating	18~27℃	20~80%R.H
Storage	-45~85℃	5~100%R.H

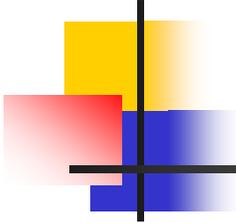
- 동파방지 설비는 시공 되었는가?
- 부식성 가스의 영향을 받지 않는가?
- 정비작업시 방해물은 없는가?
- 안전시설은 확보되어 있는가?



## 트랜스미터

---

- 트랜스미터에 인가되는 전압은 제작사에서 추천하는 기준치 이내인가?
- 측정범위는 적합한가?
- 트랜스미터 교정은 검교정 기간이 유효한 계측기로 실시되었는가?
- 트랜스미터 교정범위는 제어범위 또는 원격지시 범위와 일치하며 공학단위도 일치하는가?
- 트랜스 내압은 사용압력과 비교하여 충분한 여유가 있는가?
- 각 트랜스미터에 Name Plate를 부착하였는가?
- P&ID 도면과 측정 위치가 동일한가?
- 측정유체의 과도한 맥동으로부터 계측기 Sensor를 보호할 수 있는 장치가 설치되어 있으며 전기적인 Damping 시간 설정값은 확인 하였는가?
- 트랜스미터 설치 위치는 제작사 시공 추천기준과 일치하는가?
- 트랜스미터 교정 후에 Zero, Span 조정 Pot에 풀림방지를 하였는가?

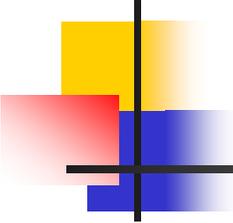


## 신호 케이블

- 트랜스미터의 신호 케이블용 Conduit는 하향 설치되어 있으며 접속부의 밀봉상태는 양호한가?
- 중간 Junction Box에 배수용 구멍이 설치되어 있으며 케이블 인출구 및 Cover의 방수처리는 양호한가?
- 트랜스미터의 신호단자에 케이블이 연결되어 있는가?
- 신호케이블의 극성은 맞는가?

케이블	트랜스미터
흑 색	+
백 색	-

- 신호케이블이 접속되는 모든 단자대의 조임 상태는 양호한가?
- 신호케이블은 Shielded cable을 사용했으며 Control Cabinet에 접지 단자대에 1점 접지되어 있는가?
- 신호케이블의 단말처리는 양호한가?
- 모든 신호케이블에 Cable No.가 부착되어 있는가?
- 단자대에 연결하는 Lug의 심선 압착상태는 양호한가?



## 도압관

---

- Root Valve 및 Isolation Valve가 설치되어 있는가?
- 도압관 인출 방향은 유체특성에 맞게 설치되어 있는가>
  - 기체용 도압관 : 배관의 상부에 인출
  - 액체용 도압관 : 배관의 중·하부에 인출
- 도압관의 기울기는 적당한가?
  - 응축수 또는 가스가 관내에 체류하지 않도록 시공
- 도압관의 접속부는 최소 개소이며 연결에 사용한 Fitting의 내경은 도압관의 내경과 동일한가?
- 도압관의 지지는 필요개소에 적절하게 시공하였는가?
- 배관의 열팽창, 수축작용에 도압관이 영향 받지 않도록 적당한 완충배관을 하였는가?
- 도압관의 용접상태는 양호한가?
- 도압관의 누설시험은 완료하였는가?
  - 수압시험 : 최대사용 압력의 1.5배를 가압, 5분 이상
  - 기압시험 : 최대사용 압력의 1.0배를 가압, 5분 이상

# 도압관 작업

## ■ 튜브 굽힘

- 튜브의 장점 중의 하나는 구부릴 수 있다는 것인데 튜브 외경의 2~3배 정도의 굽힘 반경까지 구부릴 수 있다.
- 튜브가 납작해지거나, 비틀리거나, 주름지지 않도록 하기 위하여 적절한 튜브 굽힘 방법에 따라 작업을 하여야 한다.

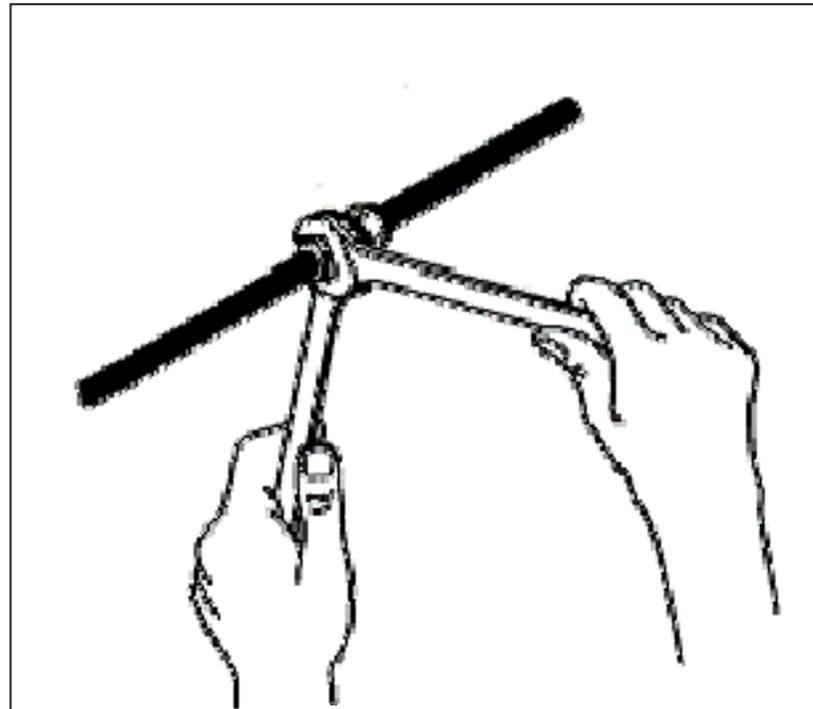


# 튜브링 작업시 유의사항

- 파이프 대비 튜빙의 장점

1. 쉬운 설비

- 표준렌치를 사용
- 나사가공을 하지 않음
- 환관 작업이 불필요
- 납땜 또는 용접이 불필요

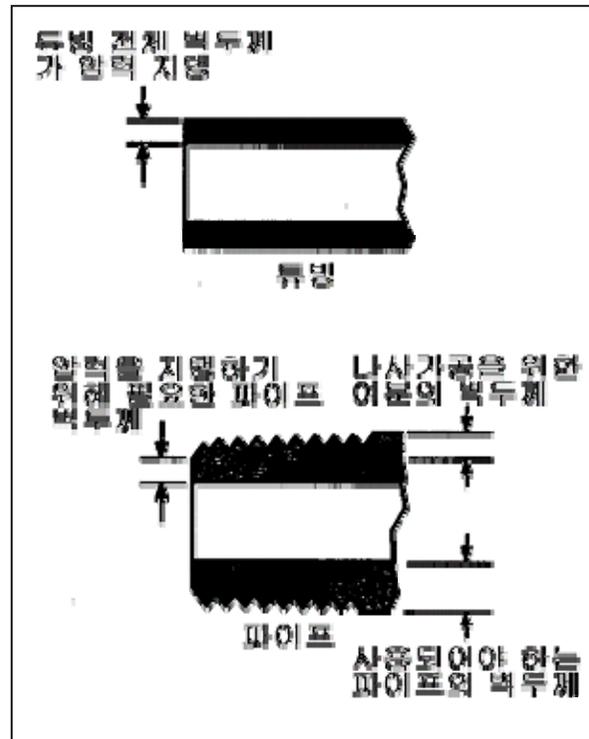


# 튜브링 작업시 유의사항

- 파이프 대비 튜빙의 장점

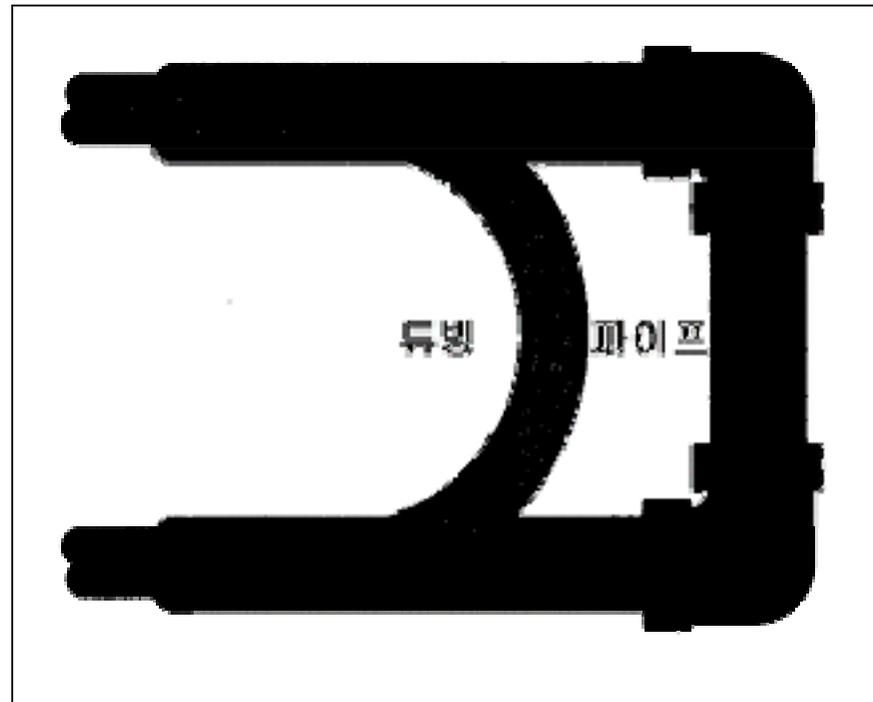
- 2. 우수한 무게 대비 강도 비율

- 파이프는 나사가공으로 인하여 유효 벽두께가 감소한다.
- 파이프보다 얇은 튜빙이 파이프와 같은 내압을 가진다.
- 튜브링은 가볍고 수송비용이 저렴하며 조립과 가공이 쉽다.



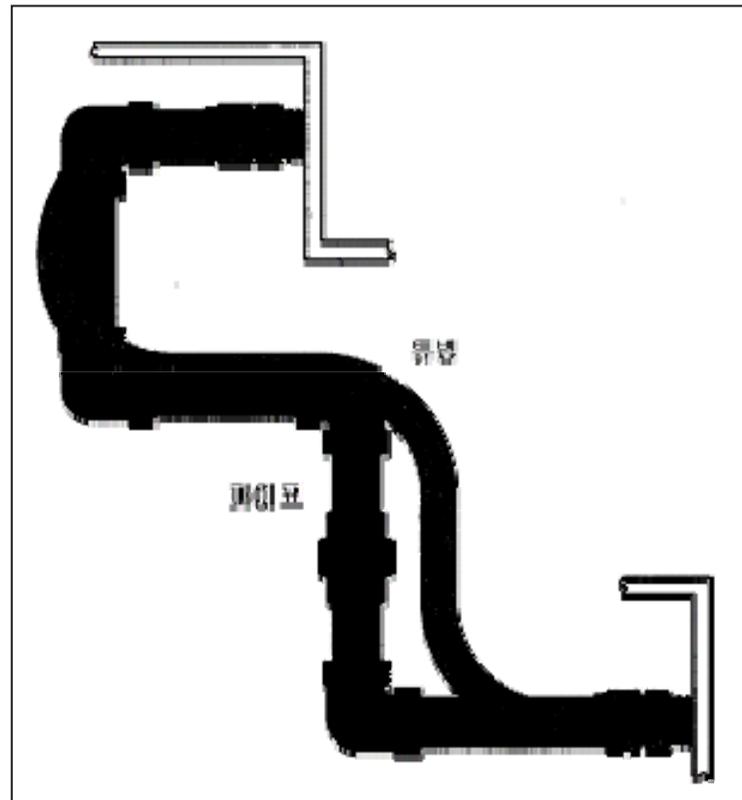
## 튜브링 작업시 유의사항

- 파이프 대비 튜빙의 장점
- 3. 적은 연결부위 숫자
  - 누설 위험 포인트수 감소.
  - 장애물을 피해 쉽게 구부릴 수 있다.



# 튜브링 작업시 유의사항

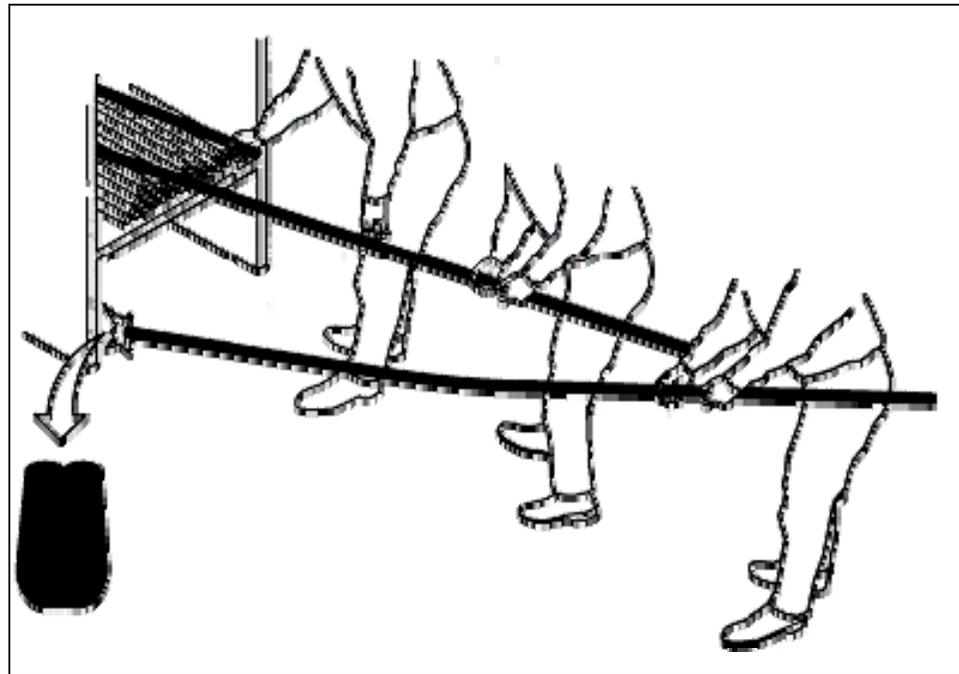
- 파이프 대비 튜빙의 장점
- 4. 낮은 압력 강하
  - 급격한 구부림이 없음
  - 완만한 방향 전환은 와류현상을 줄임.



## 튜브링 작업시 유의사항

- 튜빙 취급요령

1. 선반으로부터 튜빙을 질질 끌면서 내리지 말 것
  - 튜빙의 외부 표면이 손상되거나 흠집이 날 수 있음
  - 움푹 पे이거나 튜빙의 원형을 망가뜨릴 수 있음.

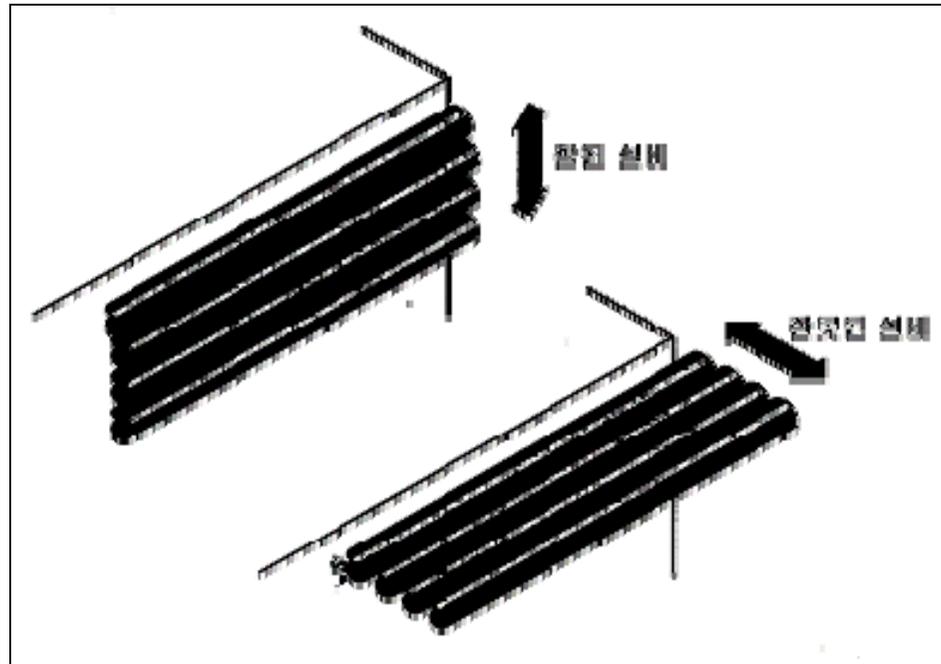


# 튜브링 작업시 유의사항

- 튜빙 취급요령

- 2. 적절한 튜빙 설비

- 튜빙을 수평보다는 수직으로 정렬
- 먼지가 끼거나, 부식 또는 오염이 될 수 있는 장소를 피한다.

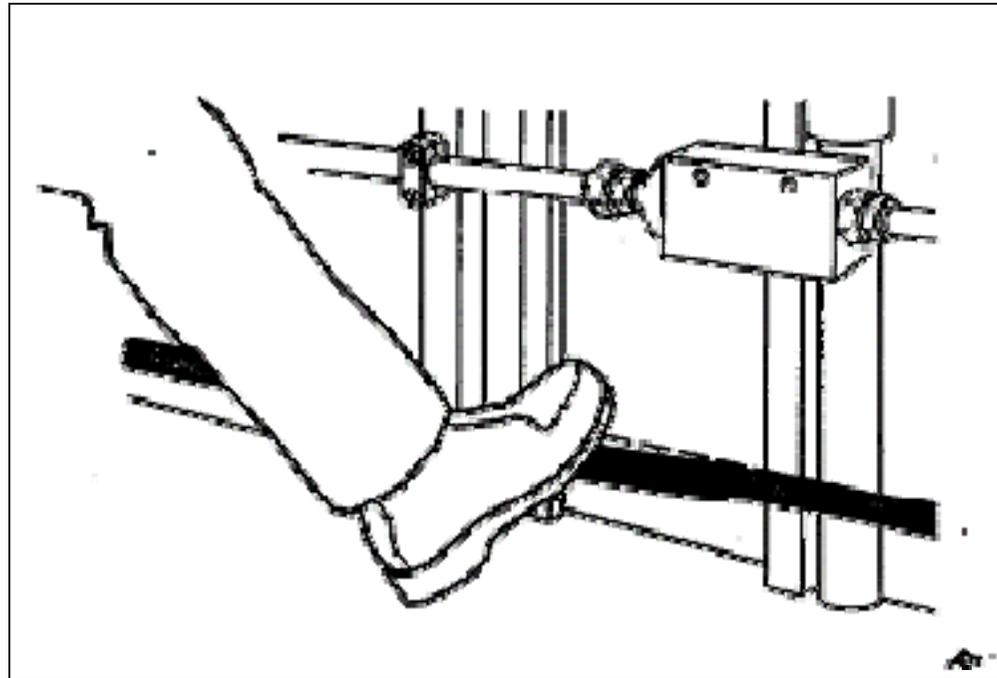


## 튜브링 작업시 유의사항

- 튜빙 취급요령

3. 발판 높이로 설비하는 것을 피함

- 튜빙을 너무 낮게 설치하면 발판으로 이용 될 수 있음
- 튜빙에 발이 걸려 넘어질 수 있음.

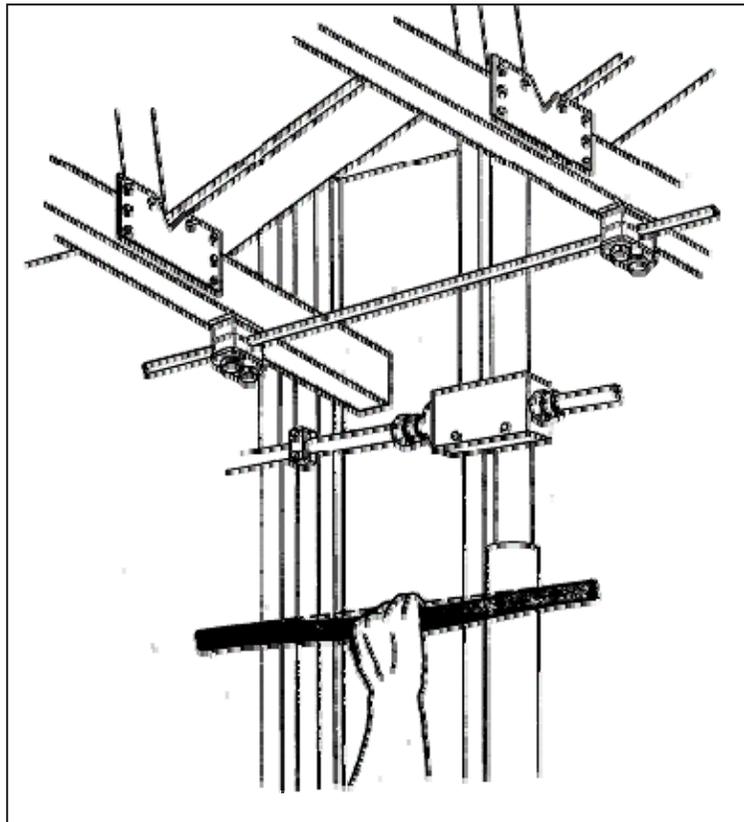


## 튜브링 작업시 유의사항

- 튜빙 취급요령

- 4. 손잡이 높이로 설치하는 것을 피함

- 튜빙이 버스손잡이와 같이 손잡이로 사용될 수 있음
- 튜빙이 다른 물체의 지지대로 사용될 수 있음.

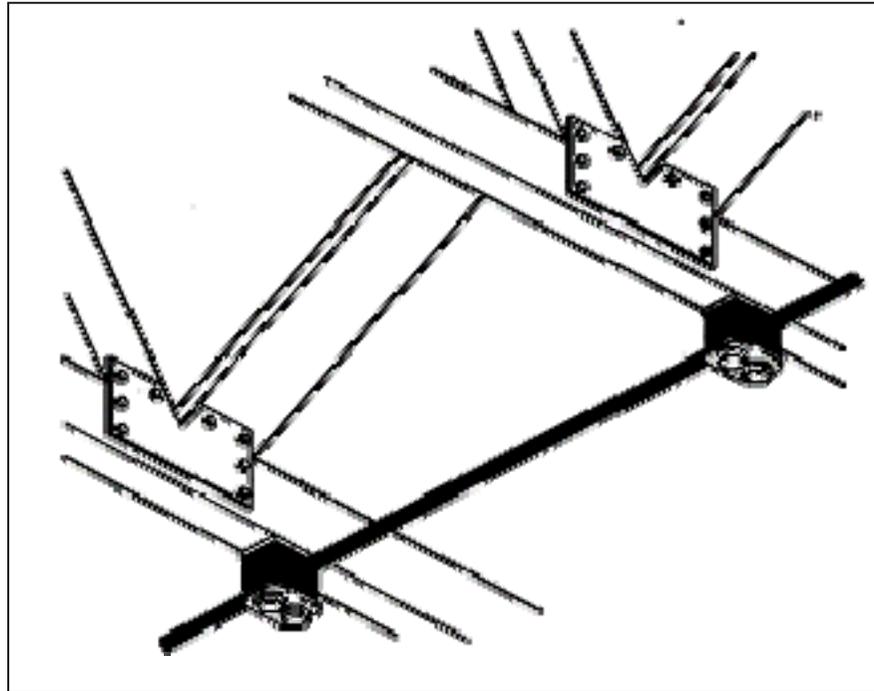


## 튜브링 작업시 유의사항

- 튜빙 취급요령

- 5. 적절한 튜빙의 지지

- 밑으로 휘는 것을 방지
- 튜빙이 밸브, 피팅, 레귤레이터 등의 무게를 지지해서는 안됨

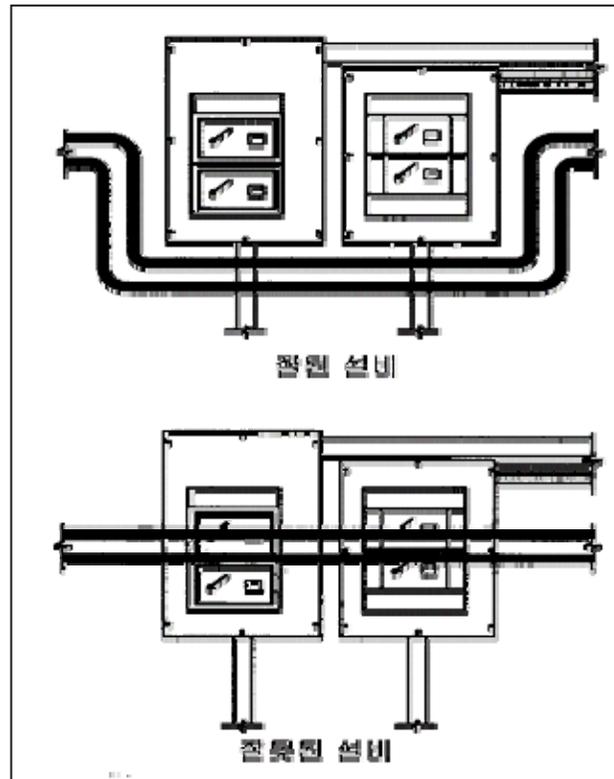


# 튜브링 작업시 유의사항

- 튜빙 취급요령

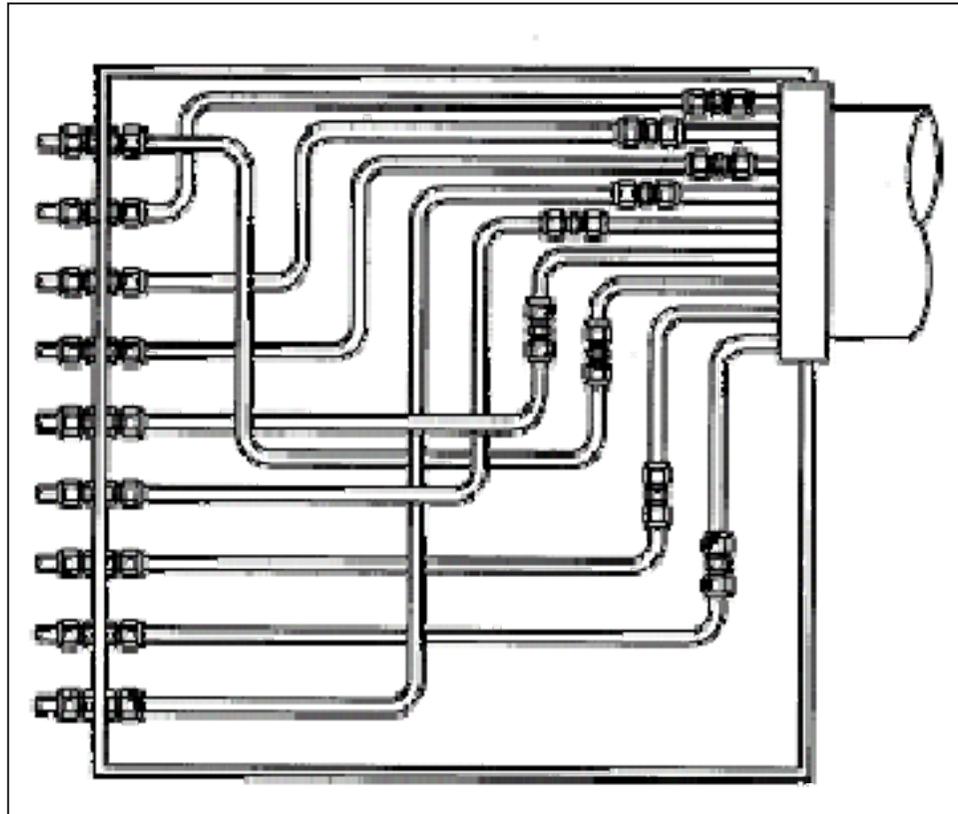
- 6. 적절한 튜빙 배치

- 장비전면에 직접 배치하는 것을 피함
- 장비조작을 위한 접근을 방해하지 않도록 할 것
- 장비의 유지 보수시 용이하도록 튜빙을 배치



## 튜브링 작업시 유의사항

- 튜빙 취급요령
- 7. 피팅의 적절한 배치
  - 적절한 배치 계획으로 유지보수의 용이성 확보

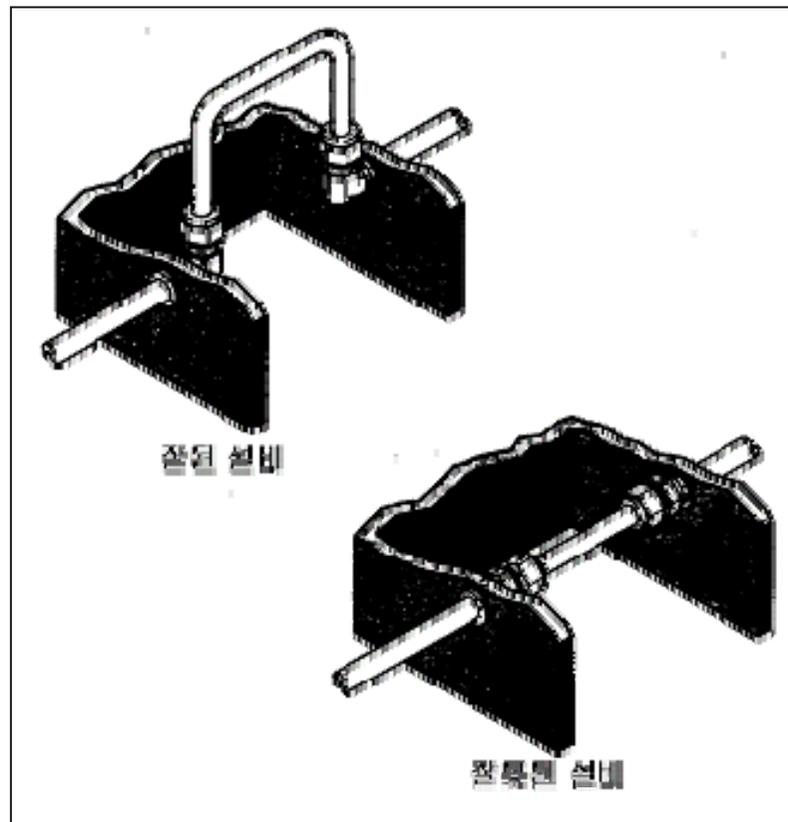


# 튜브링 작업시 유의사항

- 튜빙 취급요령

- 8. 튜빙의 스프링 현상을 방지한 설비

- 올바른 설비는 온도변화에 대응할 수 있게 함
    - 직선으로 설비된 튜빙은 양쪽의 피팅 턱에 완전히 밀착하지 않을 수 있음

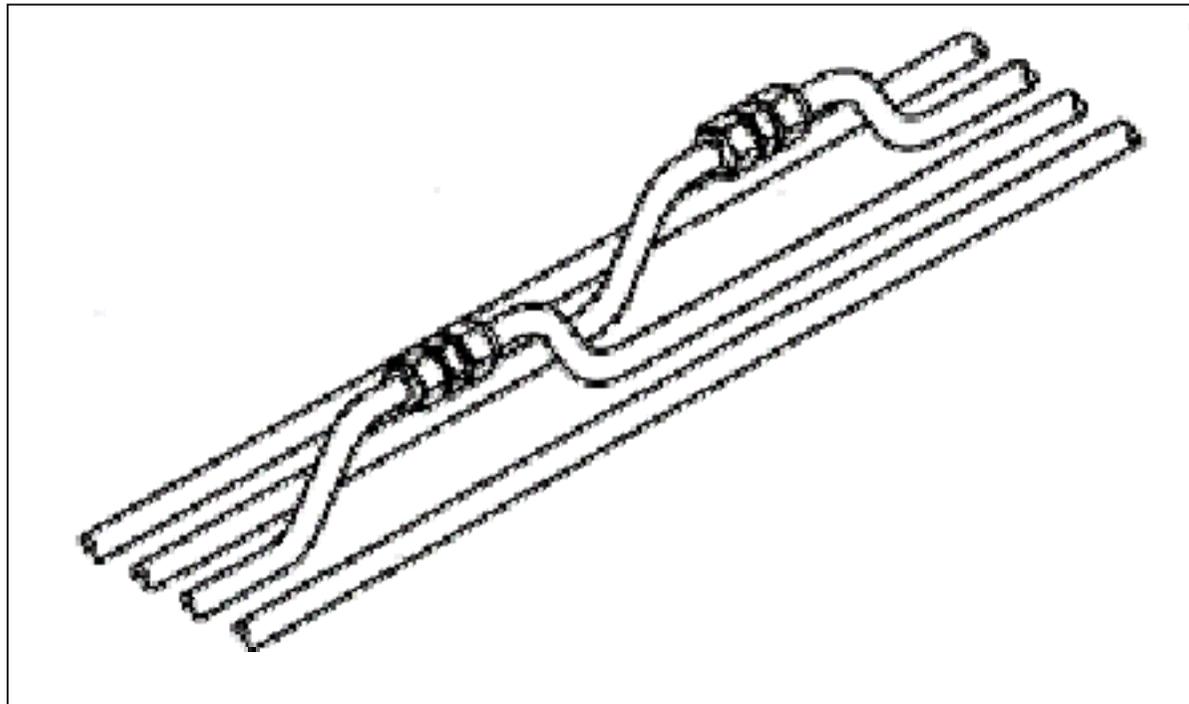


# 튜브링 작업시 유의사항

- 튜빙 취급요령

- 9. 확장 Loops 사용

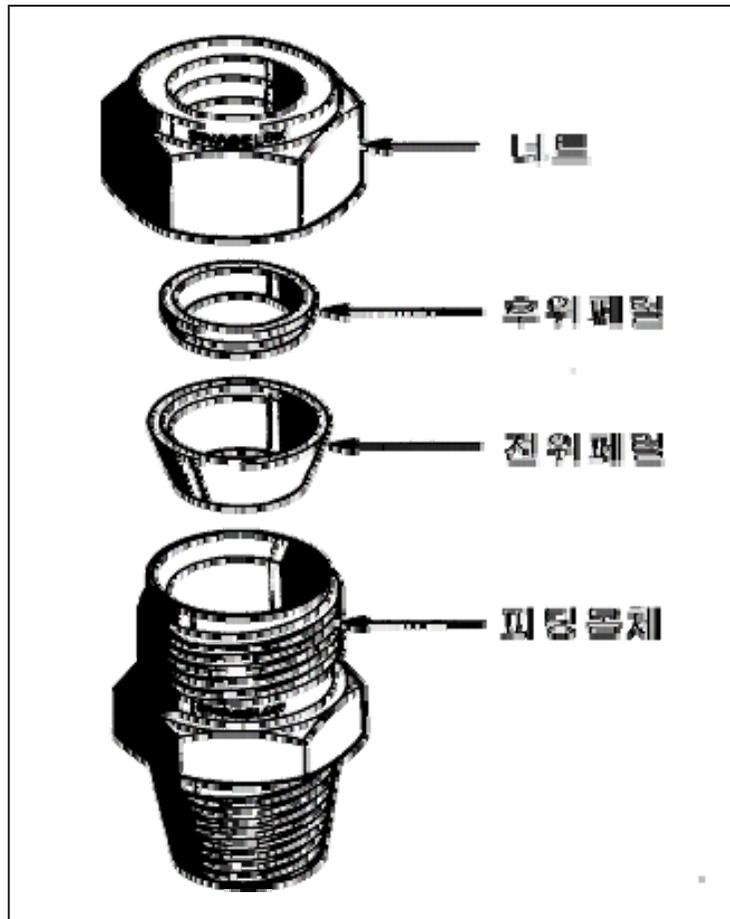
- 응력을 줄임
- 열변화에 따른 팽창 또는 수축 가능
- 분해작업이 용이함



# 스웨즈락 튜브 피팅

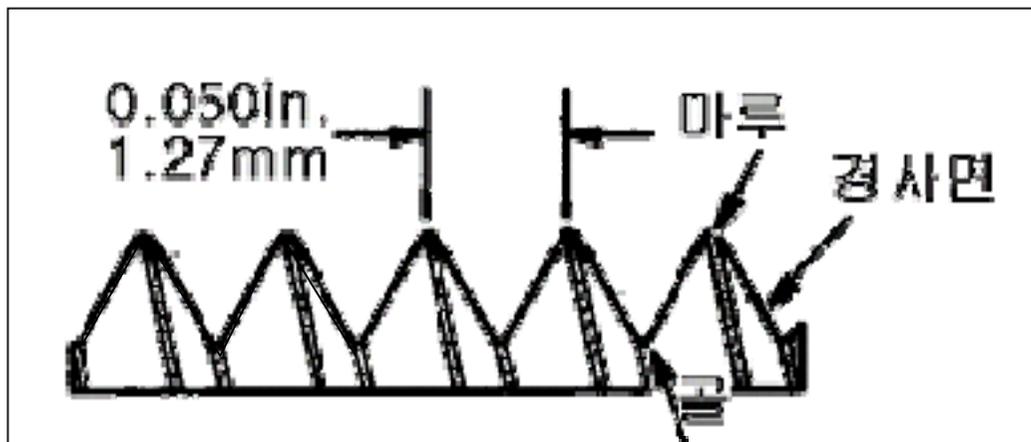
구성 부품

- 너트
- 후위패널
- 전위패널
- 피팅몸체

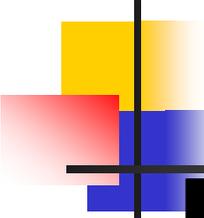


# 스웨즈락 튜브 피팅

너트의 전진거리



회전(수)	인치(in)	밀리미터(mm)
1/4	0.0125	0.32
1/2	0.025	0.64
3/4	0.0375	0.95
1	0.05	1.27
1 1/4	0.0625	1.59



# 계측기기 설치설계

## ■ 계측기기 및 제어반 배치설계

### A. 접근성

- ☞ 구조물, 기기, 배관, Cable Tray 등 접근에 방해되지 않는 지역
- ☞ 바닥으로부터 높게 설치되어야 할 경우 Ladder, Stair, Platform 설치

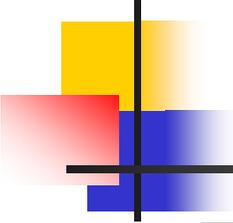
### B. 유지보수성

- ☞ 벽에 설치되는 계기는 작업 진입로로부터 4feet~5feet 사이에 위치
- ☞ 문을 개방하는데 간섭을 받지 않도록 충분한 여유 확보
- ☞ 충분한 Removable Clearance 필요

### C. 기능성

- ☞ 침전물에 의한 막힘, 공기나 액체 Pocket 축적 안되도록 선정
- ☞ 충분한 Straight Run 확보(Orifice Upstream:10D, Downstream:5D)

### D. 건전성



# 계측기기 설치설계

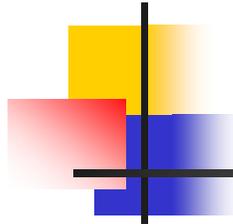
## ■ 계기설치 및 지지물 설계

### A. 일반사항

- ☞ 온도변화 또는 기타 사유로 인한 수축, 팽창으로 인한 움직임을 고려
- ☞ 도압배관의 재질 및 규격의 변경이 가능한 경우
  - 동등이상의 압력 및 온도 동급에서 규격보다 큰 것으로 대체할 경우
  - 압착형 접속이음쇠를 SW(Socket Weld)형관 이음쇠로 대체할 경우

### B. 계기 탭 취출

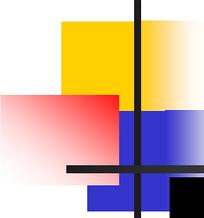
- ☞ 계기 탭 위치
  - 와류의 영향이 없는 곳 및 접근이 용이한 위치 선정
  - 충분한 직관을 확보하지 못하였을 경우 Straightening Vane 사용
  - 감시계기와 가까운 위치 선정하며 침전물에 의한 막힘이 우려되는 곳은 탭 취출을 피한다.
- ☞ 계기용 취출 탭의 크기
  - 공정 배관에서 취출 탭은 1"SW형 Half(ANSI 3000#) 커플링 사용
  - Schedule 설치 및 재질은 배관 및 계측기 도면(P&ID) 및 PMC(Piping Material Class) 적용
  - Orifice Flange (SW형 취출 탭)
  - ∴ 3/4" 사용 : 공정유체 조건 900 psig이상, 800°F 이상
  - ∴ 1/2" 사용 : 공정유체 조건 900 psig이하, 800°F 이상
  - 고온 고압에서는 유지 정비시 Element의 교체가 요구되지 않는 한 Socket Weld Type 사용
  - Lining한 곳은 Flange Type 사용



# 계측기기 설치설계

## ■ 레벨 계기의 탭 크기

차압형 계기	배관에 연결되는 경우	¾" SW Half Coupling
	용기 내부에 설치되는 경우	다이아프램 Cell 장치용 4" 플랜지 설치
기포튜브	4" 플랜지 설치	
열 분산형 Cell 장치	용기 상부에 설치되는 경우	4" 플랜지 설치
	용기 측면에 설치되는 경우	2" 플랜지 설치
부자형 또는 디스플레이서형 스위치	2"	
디스플레이서형 전송기 또는 조절기	용기 외부에 설치되는 경우	2" SW Half Coupling
	용기 내부에 설치되는 경우	4" SW Half Coupling
다중계기 지지관	2" SW Half Coupling	
유리 수위계형 계기	2" SW Half Coupling	



# 계측기기 설치설계

## ■ 배수 및 배수 연결

☞ 배수 및 배수 연결 크기

∴ 계기감지 배관 : 3/8", ∴ 공기신호 배관 : 3/8"

∴ 부자식 및 디스플레이스먼트식 액위계기 배관 : 3/4"

☞ 배기 및 배수연결 위치는 제어반, 펌프, 계기등에서 멀리 있도록 설치  
(불가능할 경우 별도의 배기 및 배수관을 설치)

## ■ 밸브

### A. Root Valve

☞ 공정유체가 액체일 경우 공정 압력범위가 0~15 psig 이하 또는  $\Delta P$ 가 0~100"수두인 경우 Valve 스템은 수평으로 설치하며 취출 탭의 크기와 같도록 설치

☞ 배관재질이 도압배관과 다르고 유체온도가 250°F 이상인 경우 Valve 까지는 동일 재질을 사용

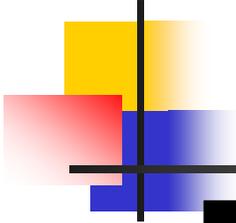
☞ 공정유체 압력이 30kg/cm<sup>2</sup> 이상의 경우 Double Root Valve 사용

### B. 계기용 밸브

☞ Glove 밸브 사용, 격리가 필요한 계기는 계기쪽에 가깝고 접근이 용이한 격리밸브 설치

### C. 배수 및 배수밸브

☞ Glove 밸브 사용, 운전원이 조작 가능한 거리에 설치



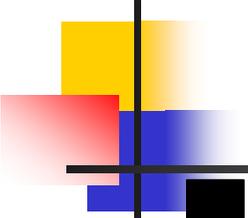
# 계측기기 설치설계

## ■ 계기 설치

- A. 바닥에서 4ft 6in의 높이에 계기 설치
- B. 도입배관의 길이는 가능한 짧게 배관
- C. 진동이 최소인 지점 선택
- D. 공정배관 취출점이 가깝고 접근이 용이한 곳
- E. 제어밸브용 전기신호 변환기는 제어밸브에 직접 설치하면 안됨

## ■ 공정배관 취출 탭 대비 계기의 설치 높이

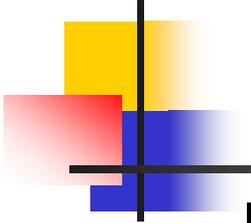
공정유체	계기 설치 높이
액체	공정배관보다 낮게 설치
고형 함유 유체	공정배관보다 낮게 설치
증기	공정배관보다 낮게 설치
공기	공정배관보다 높게 설치
가스 또는 공기	공정배관보다 높게 설치



# 도압배관

## ■ 도압배관 설치

- A. 비틀림, 처짐, 휨이 없어야 하며 벽, 기둥, 천정을 따라 포설
- B. 3/8" 계기배관은 길이를 50ft 이내로 배관
- C. 연속 경사가 되도록 설계 (1ft당 1/12 경사)
- D. 액체 퍼지 계기배관은 퍼지유량이 위로 향하도록 설치  
(가스는 반대)
- E. 측정범위가 낮거나 운전 압력이 낮을 경우 수두의 영향을 고려
- F. 맥동 감쇠기 필요시 계기 격리 밸브 출구측의 계기 가까이 설치
- G. 고온의 도압배관은 단열제로 피복
- H. 차압식 도압배관의 각 라인은 한데 묶어서 포설(같은 온도 유지)



# 도압배관

## ■ 도압배관의 구부림 가공

- 외경의 5배 이상으로 하고 시료 채취 배관은 외경의 15배 이상 가공

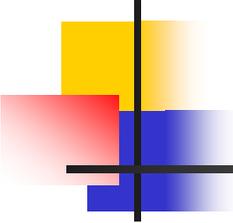
## ■ 구부림 가공 후 최소 관경

튜브 관경	구부림 후 최소관경
3/8" (0.375")	0.345"
1/2" (0.5")	0.46"

## ■ 도압배관의 지지(Tubing Support)

- 구부러진 곳, 케이블트레이 지지물, 배관 지지물, 기기 지지물 피할 것
- 수평 및 수직의 도압배관 지지간격

배관	최대지지 간격
계기 배관	4~6"
3/8" 및 1/2" 공기배관	4~6"



## 도압배관

---

### ■ 공기식 계기의 공기 공급관 및 제어 신호관 설치

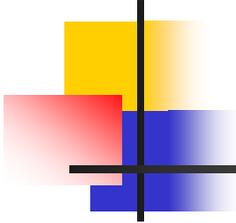
A. Air Distribution Box 및 Air Header 설치  
(Spare Block Valve와 Drain Valve 설치)

B. 공기 공급관 및 제어 신호관 접속은 Bulk Header Union을  
사용 (제어 신호관은 3/8" O.D Copper Tube 사용)

C. Copper Tube는 Punch Plate 사용하여 지지하며 Punch  
Plate안에서 고정 (고정점 사이의 거리는 90cm)

D. Instrument Air 분배 설비는 Plant Air, Utility Air와 분리

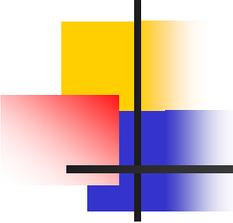
E. Instrument Air를 Service Air로 사용 안됨



## 도압배관

### ■ 제어신호관 및 공기공급관 재질 선정 기준

Tube	Soft Annealed Copper Tube (B-75)
Fitting	Flare less Type
Tube Size	1/4" ±0.002 O.D×0.030" Wall
	3/8" ±0.002 O.D×0.049" Wall
	1/2" ±0.002 O.D×0.049" Wall
Valve	Brass or Bronze Glove Valve
Color of Overall Jacket	Black



# 압력 측정계측기 설치

## ■ 공기 및 가스의 경우

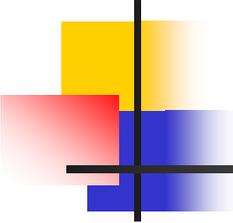
- 압력 전송기 및 차압 전송기는 취출점 상부에 설치
- 차압 전송기를 취출점보다 낮게 설치할 경우 계기배관은 0.5~1.0m 올려 배관 후 전송기에 접속하며 Drain Tank를 설치

## ■ 액체 및 증기의 경우

- 차압 취출점의 측방에 취부
- 압력변동이 심한 고압의 경우 압력 완충기를 취부
- 수평으로 취출 되었을 경우 수평배관을 짧게 하고 1/12의 구배를 둔다.

## ■ 연료계통의 경우

- 압력 전송기는 압력 취출점 측방에 설치  
(오일의 경우 Seal Pot를 취부)
- 검출단에서 Seal Pot까지 배관은 짧게 하고 보온공사 실시

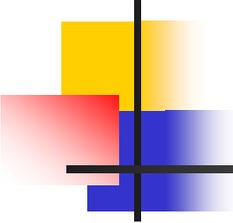


## 압력 측정계측기 설치

---

### ■ 설치 및 배관상 주의점

- 한 쌍의 차압 감지관은 양쪽 배관이 동일한 온도 유지토록 포설, 검출점에서 Condensate Pot 까지 배관은 측정유체가 121℃ 이상시 단열
- 완충기는 계기의 차단밸브 출구쪽에 가깝게 설치하며 한 쌍의 Condensate Pot는 같은 높이에 설치하고 검출부와 같은 높이 또는 더 높게 설치
- 고온, 다습, 부식성 가스, 먼지와 진동이 심하지 않은 곳 선택
- 압력계 및 압력 스위치는 감시 및 유지정비가 용이한 곳에 설치



# 온도 측정계측기 설치

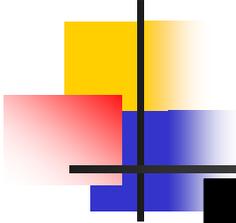
---

## ■ 설치 일반

- 열전대, 측온저항체 배선 : 대전류 전압배선과 격리  
전선관내는 신호전송회로만 수용
- 액 충만식 감지계통, 캐필러리 튜브설치 : 측정계기 및 감지기  
높이, 주위온도 등을 고려

## ■ 캐필러리(Capillary, 모세관)

- ∴ 곡률 반경  $R$ 은  $50D$  이상 되도록 한다
- ∴ Capillary 튜브를 지지할 때 손상 방지
- ∴ 온도변화가 있고 부식성 Gas가 있는 곳은 피하여 설치하며  
보호관을 삽입하여 보호



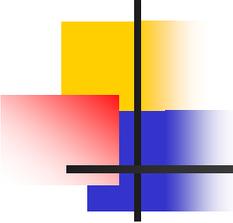
# 온도 측정계측기 설치

## ■ 보호관 설치 방법

- ∴ 20kg/cm<sup>2</sup> 초과시 용접하며, 배관 삽입시 길이는 내경의 1/4 이상
- ∴ 작은 배관에 설치 : 관의 구부러진 부분이 유체 방향과 반대방향
- ∴ 직선부분에 보호관 설치시 배관직경을 4B이상으로 하고 보호관을 직각 또는 경사지게 설치 (유체흐름과 같게)
- ∴ 보호관의 끝단은 유체의 최대 유속이 되는 중심부에 위치하게 한다.
- ∴ 고온 측정시 금속 보호관은 보호관 외경의 15 ~ 20배, 비금속 보호관은 직경의 10 ~ 15배 삽입

## ■ 보호관 구비조건

- A. 기체나 액체가 투과하지 않을 것
- B. 열의 전도가 잘되어 온도의 변화를 신속히 전할 것
- C. 온도가 급격히 변하여도 파손되지 않을 것
- D. 높은 온도에 견디며 기계적으로 강할 것
- E. 보호관에서 열전대에 해로운 Gas가 발생되지 않을 것
- F. 녹은 금속이나 Gas에 침식되지 않을 것



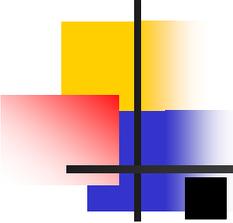
## 유량 측정계측기 설치

---

### ■ 설치 일반

- 부식성, 고점성, 고온도 액체의 유량 측정시 Seal Pot 설치
- Process Tap에서 Condensate Pot 또는 Seal Pot 까지 배관은 짧게 하고 Condensate Pot는 같은 높이로 설치
- 같은 온도 유지 위해 같이 배관하며 보온 필요시 한 쌍의 배관을 같이 연결

### ■ Tap 방향



# 유량 측정계측기 설치

## ■ 공기 및 가스의 경우

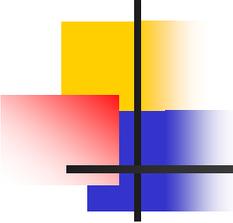
- 차압 전송기는 차압 취출점의 상부에 설치하며 Tap은 상부에서 취출
- 차압 전송기를 차압 취출점보다 낮게 설치할 경우 계기배관은 0.5~1.0m 올려 배관한 후 전송기에 접속하며 Drain Tank를 설치
- 계기배관 내 응축수의 고임이 없도록 기울기를 올려서 시공

## ■ 증기의 경우

- 차압 전송기는 차압 취출점의 측방에 취부
- 검출단을 나온 직후 Condensate Pot를 취부하며 상.하류측 같은 Level에 Tap의 높이와 수평이 되도록 설치 검출단에서 차압 전송기까지 거리는 가급적 짧게
- 내림 기울기로 시공
- 차압 전송기를 차압 취출점보다 높게 설치할 경우 계기배관은 0.5~1.0m 내려 배관한 후 전송기에 접속

## ■ 액체의 경우

- 차압 전송기는 차압 취출점의 측방에 취부
- 고온의 경우 Condensate Pot를 취부
- 주위온도가 10℃ 이하, 45℃ 이상 되지 않으며 습기, 부식성 가스가 없는 곳
- 배관시 굴곡부 없도록 하며 굴곡부가 생겼을 경우 Drain Valve 설치



## 액위 측정계측기 설치

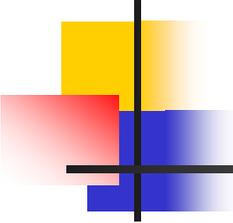
---

### ■ 일반사항

- 감시 및 유지정비가 용이한 곳
- 진동이 적은 곳, 온도변화가 적은 곳, 부식성 가스가 없는 곳
- 증기가 포함되어 있는 경우 Condensate Pot를 설치하며 Pressure Tap과 Level이 수평이 되도록 설치
- 기포 방지위해 1/12 기울기를 두며 내부 청소 후 계기 취부

### ■ 취부 및 배관상 주의사항

- 고온 다습, 부식성 가스, 먼지가 없고 진동이 적은 장소 선택
- 주위온도가 10℃ 이하, 45℃ 이상 되지 않는 곳에 설치
- 배관시 필요한 자재는 도면에 명기한 재질과 규격을 사용



# 검사 및 시험

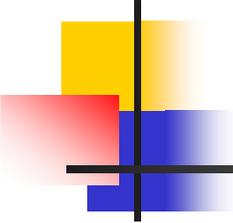
---

## ■ 검출배관의 Flushing 작업

- ▷ 취출변이 Close 확인
- ▷ 계기변을 Close Drain Valve 완전 Open
- ▷ 취출변을 서서히 Open하여 Drain되는 유체가 청결하게 되면 Drain Valve를 Close

## ■ 도입배관 내압 누설시험

- ▷ 수압시험으로 하며 최대사용압력의 1.5배 누설시험 (ANSI B3.1의 137.1)
- ▷ 도입배관과 용접되어 연결된 부분은 차단밸브를 닫고 Vent 및 Drain Valve는 Open
- ▷ 과도한 압력이 걸리지 않도록 한다.
- ▷ 고압배관 계통에서 기체에 의한 누설시험이 위험할 때는 수압으로 내압시험과 겸해서 실시
- ▷ 시험 성적표를 작성



# 검사 및 시험

## ■ 공기배관 내압 누설시험

- ▷ 공기배관에 대해 ANSI B3.1의 137.4.2에 준하여 압력시험 실시
- ▷ 건조공기를 검사한다
- ▷ 압축공기 또는 산소를 사용하여 설계압력의 1.1배 압력으로 시행
- ▷ 공기배관은 계기에서 가까운 끝단을 개방하고 먼지나 응축수를 배출
- ▷ 배관의 접속부에 비눗물로 누설유무 조사
- ▷ 시험 성적표를 작성

## ■ 신호공기 배관의 도통 및 누설시험 검사

- ▷ ISA RP7.1에 준하여 시험하며 건조공기 및 질소 가스만 사용
- ▷ 공기공급 배관의 검사가 끝난 후 각 계기에 건조공기를 보낸 후 실시
- ▷ 최고사용압력으로 시험
- ▷ 공기를 가압한 상태에서 관내를 Blowing한다.
- ▷ Blowing이 끝나면 접속부를 비눗물로 누설유무를 조사
- ▷ 시험 성적서를 작성