

KOSHA GUIDE

E - 45 - 2012

유량계측장치의 설치에 관한 기술지침

2012. 6

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 윤동현
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전연구실

○ 제·개정 경과

- 1998년 3월 전기안전분야 기준제정위원회 심의
- 1998년 6월 총괄기준제정위원회 심의
- 2004년 7월 전기안전분야 기준제정위원회 심의
- 2004년 9월 총괄기준제정위원회 심의
- 2010년 11월 전기안전분야 제정위원회 심의(개정)
- 2012년 4월 전기안전분야 제정위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- 미국 ISA의 Practices(Flow)
- Flow Measurement Engineering Handbook by R. W. Miller
- KOSHA GUIDE E-93-2011(압력계측장치의 설치에 관한 기술지침)

○ 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제273조(계측장치 등의 설치)

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건 기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2012년 6월 20일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

유량계측장치의 설치에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제273조(계측장치 등의 설치)의 규정에 의하여 화학설비 및 부속설비에 설치하는 유량계측장치(이하 “유량계”라 한다)의 설치에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 화학설비 및 부속설비에 유량계를 설치하는 경우에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “유량계(Flow meter)” 라 함은 배관 등에 설치하여 공정 중의 유량을 측정하기 위한 계기를 말하며, 이에는 차압식 유량계·면적식 유량계·전자식 유량계·초음파 유량계·용적식 유량계 등이 있다.

(나) “차압식 유량계(Differential pressure flow meter)” 라 함은 배관에 설치된 유량측정요소의 전후에 생기는 압력차를 이용하여 유량을 측정하는 계기를 말한다.

(다) “면적식 유량계(Area flow meter)” 라 함은 배관 내부의 부자(Float)가 유량에

따라 변화하는 것을 이용하여 유량을 측정하는 계기를 말한다.

(라) “전자식 유량계(Electromagnetic flow meter)” 라 함은 배관 외측에 설치된 코일을 이용하여 유량을 측정하는 계기를 말한다.

(마) “초음파 유량계(Ultrasonic flow meter)” 라 함은 유체 내에서의 초음파 전파 속도를 이용하여 유량을 측정하는 계기를 말한다.

(바) “용적식 유량계(Positive displacement flow meter)” 라 함은 오발기어(Oval gear)나 루트(Root)의 회전수를 이용하여 유량을 측정하는 계기를 말한다.

(사) “유량측정요소(Flow element)” 라 함은 차압식 유량계에서 차압을 발생시키는 장치를 말하며, 여기에는 오리피스(Orifice)·프로노즐(Flow nozzle)·벤츄리관(Venturi tube)·피토관(Pitot tube) 등이 있다.

(아) “응축포트(Condensate pot)” 라 함은 차압식 유량계로 스팀(Steam) 등의 유량 측정 시, 고온유체의 갑작스러운 유입에 위한 계기의 이상이나 응축된 액체의 높이차에 의한 측정오차를 방지하기 위하여 도압관 내에 액체를 응축시켜놓는 장치를 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 유량계의 선정

4.1 유량계의 선정

(1) 유량계는 사용범위와 특징을 고려하여 <표 1>에 따라 선정한다.

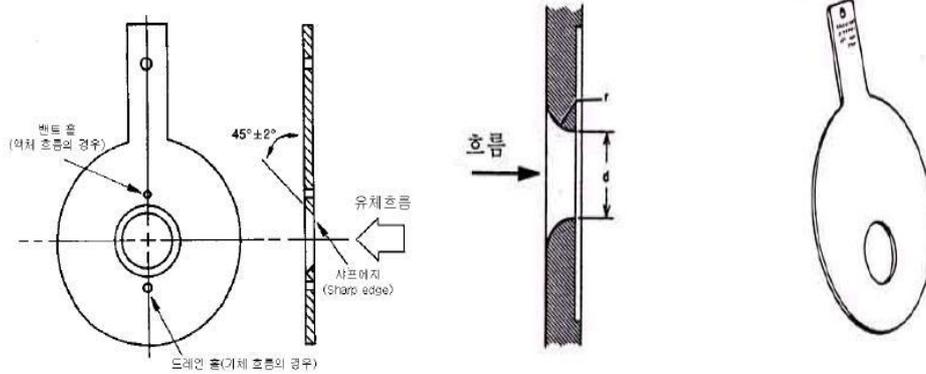
<표 1> 유량계의 형식선정기준

종 류	사용범위 [관경 mm]	정밀도	특 징	측정원리	비 고
차압식 유량계	20~2,000	1~2%	- 측정요소가 필요함 - 압력손실이 있음 - 측정값은 2승근임	베르누이의 원리	석유화학의 공정용
면적식 유량계	20~200	1~2%	- 압력손실이 있음	부자의 변위량	소구경의 배관
전자식 유량계	제한없음	1%	- 절연성 유체에는 적용할 수 없음 - 압력손실은 없음	기전력	물 등의 비절연성 유체
초음파 유량계	200 이상	1~1.5%	- 압력손실이 없음	유체 내의 초음파 속도	플래어 헤드
용적식 유량계	20~200	0.2~1.0%	- 압력손실이 있음 - 필터 등 부속기기가 필요함 - 고점도에 사용함	치차나 루트를 이용	판매용으로 사용할 경우, 개량법에 의해 검사하여야 함.

(2) 차압식 유량계의 유량측정요소 선정시에는 다음에 의한다.

(가) 오리피스는 화학공장에서 가장 폭넓게 사용되어지는 유량측정요소 중의 하나로 다음에 따라 선정한다(<그림 1> 참조).

- ① 일반적으로 정중앙 샤프에지 오리피스 판(Concentric sharp edge orifice plate)을 사용한다.
- ② 두 개의 상이 혼합된 유체에는 편심 오리피스 판(Eccentric type orifice plate)을 사용하며, 기상과 액상으로 혼합된 유체는 상부 편심 오리피스, 그리고 액상과 고상이 혼합된 유체는 하부 편심 오리피스를 사용하여야 한다.
- ③ 사분원 오리피스 판(Quadrant edge orifice plate)은 점도가 높은 유체 등 레이놀드 수(Reynolds number)가 작은 유체에서 사용한다.
- ④ 일반적으로 오리피스의 지름과 배관 내경의 비(β ratio)는 측정유체가 액체인 경우에는 0.15에서 0.75 사이, 기체인 경우에는 0.20에서 0.70사이의 값이 되도록 한다.

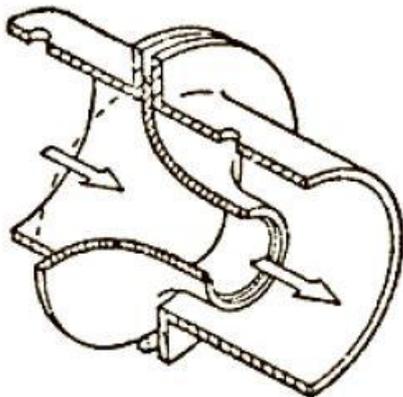


(a) 정중앙오리피스 (b) 사분원오리피스 (c) 편심오리피스

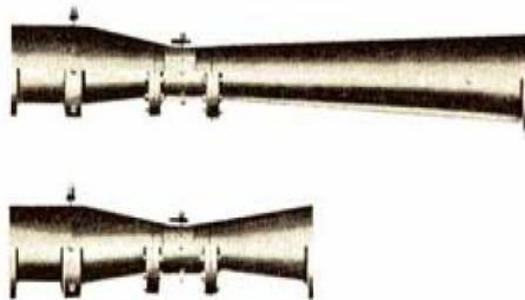
<그림 1> 오리피스의 외형

(나) 프로노즐(Flow nozzle)은 일반적으로 측정범위의 25% 이하에서는 오리피스의 정밀도가 크게 떨어지므로 그 이상의 넓은 범위의 유량을 측정할 때 사용한다.

(다) 벤투리튜브(Venturi tube)는 압력손실이 적으므로 차압이 적은 곳의 유량을 측정할 때 사용할 수 있다.



<그림 2> 프로노즐



<그림 3> 벤투리튜브

(라) 내부 주입식 오리피스는 배관직경 25mm이하의 유량을 측정할 때 사용하며, 전송기 내부에 삽입되어 유량을 측정함으로 입구측에 스트레이너(Strainer)를 설치하여야 한다.

4.2 유량계의 유량 산출

(1) 차압식(오리피스)에 의한 유량계산은 다음 식에 의한다.

$$Q = Nm\alpha D^2 \varepsilon \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{\gamma}}$$

여기서,

- Q : 유량[m³/s]

$$- N = \frac{\pi \sqrt{2g}}{4}$$

$$- m(\text{면적비}) = \left(\frac{D}{d}\right)^2 = \beta^2$$

$$- \alpha(\text{유량계수}) = \frac{c}{\sqrt{1 - m^2}}$$

- D : 배관의 내경[mm]

- ε : 팽창계수

- p_1 : 오리피스 전단의 압력[mmH₂O]

- p_2 : 오리피스 후단의 압력[mmH₂O]

- γ : 유체의 밀도[kg/m³]

- d : 오리피스의 지름[mm]

$$- c(\text{보정계수}) = \int(R, \beta)$$

(2) 면적식 유량계의 유량계산은 다음 식에 의한다.

$$Q = cA \sqrt{\frac{2g V_f}{A_f} \left(\frac{\gamma_f}{\gamma_o} - 1\right)}$$

여기서,

- c : 유출계수
- A : 로타메타의 단면적[m²]
- g : 중력가속도[9.8m/s]
- V_f : 부자의 체적[m³]
- A_f : 부자의 수압면적[m²]
- γ_f : 부자의 비중
- γ_o : 유체의 비중

(3) 초음파 유량계의 유량계산은 다음 식에 의한다.

$$Q = \frac{\sigma C^2 \Delta T}{2L}$$

여기서,

- σ : 엑슨계수
- C : 초음파의 속도[m/s]
- ΔT : 전극간의 도달시간[μ s]
- L : 전극간의 거리[m]

(4) 전자식 유량계의 유량계산은 다음 식에 의한다.

$$Q = \frac{1}{144} \cdot \frac{\pi DE}{B} \times 10^{10}$$

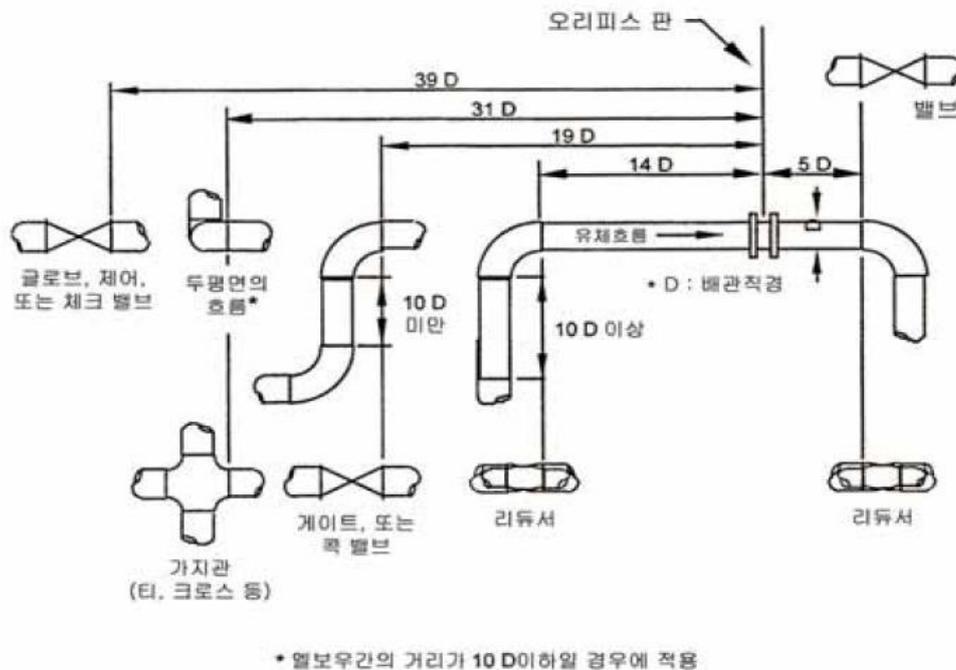
여기서,

- D : 배관의 내경[m]
- E : 기전력[V]
- B : 자속밀도[Gauss]

5. 유량계의 설치 시 유의사항

5.1 차압식 유량계의 설치 시 유의사항은 다음과 같다.

- (1) 오리피스 설치 시에는 오리피스 전후단에 <그림 4>와 같이 최소한의 직관부를 설치하여야 한다.
- (2) 오리피스의 플랜지탭은 측정유체가 액체인 경우는 90°이하 하부로, 증기 및 가스는 90°이상 상부로 설치하여야 한다. 단 수증기인 경우는 탭을 상부로 설치하고 응축 포트를 설치하며 도압관을 아래로 하여 계측기기를 설치할 수 있다.
- (3) 차압식 전송기의 도입관은 3방향밸브(3-way manifold) 또는 5방향밸브(5-way manifold)를 사용하여 연결한다.
- (4) 계측기기(차압식 전송기 등)는 바닥에서 1,200mm 이내의 높이에 설치하여야 하고, 그렇지 아니한 경우는 사람이 항상 정비 점검할 수 있는 위치에 있어야 한다.



<그림 4> 오리피스 직관부에 요구되는 최소 거리
(AGA-ASME Fluid report #3에 근거)

- (5) 하나의 오리피스로 두 가지 이상의 계측기기를 사용하는 경우에는 개별적으로 밸브를 설치하여야 한다.
- (6) 오리피스 플랜지는 300Lb 이상으로 하고, 연결부위는 배관사양과 일치되어야 한다.
- (7) 도압관에 스팀 트레싱을 하는 경우에는 개별적으로 스팀 트랩을 부착하고, 측정기기의 온도는 60℃ 이상 상승되지 않도록 조치하여야 한다.
- (8) 응축포트는 스팀 트레싱이나 보온을 해서는 아니 된다.

5.2 면적식 유량계의 설치 시 유의사항

- (1) 면적식 유량계의 설치는 유체의 흐름이 아래에서 위로 흐르도록 하여야 한다.
- (2) 면적식 유량계의 고장 시 정비할 수 있도록 밸브 등을 설치하여야 한다.
- (3) 배관응력이 직접 유량계 자체에 걸리지 않도록 유량계를 바이패스(By-pass) 배관측에 설치한다.

5.3 전자식 유량계의 설치 시 유의사항

- (1) 유체가 항상 유량계의 내부를 가득 채울 수 있도록 유량계를 선정·설치하여야 한다. 유량계를 수직으로 설치하여 유체가 아래에서 위로 흐르게 하는 것이 바람직하다.
- (2) 옥외에 설치된 경우에는 배선을 할 때 단말부분의 방수처리를 완벽하게 실시한다.
- (3) 유량계 전후단에 유량계 제조사가 권장하는 길이의 직관부를 설치한다.

5.4 초음파 유량계의 설치 시 유의사항

- (1) 측정요소(전극)를 설치하는 배관의 전단은 배관의 구경 25배 이상의 직관부를 유지하여야 한다.
- (2) 배관 등에서 측정요소를 인출할 수 있는 장치를 하여야 한다.
- (3) 초음파의 속도는 온도와 압력에 따라 변화됨으로 온도의 변화가 심한 곳은 온도를 보정할 수 있는 장치를 하여야 한다.
- (4) 측정요소는 정전유도, 전자유도 및 대지전위로부터 보호할 수 있도록 격리하고, 별도의 접지를 하여야 한다.

5.5 용적식 유량계의 설치 시 유의사항

- (1) 치차나 루트에 이물질 등의 유입으로 인하여 치차나 루트의 파손을 방지하기 위해 유량계의 상류측에 스트레이너를 부착하여야 한다.
- (2) 용적식 유량계는 온도 등에 따라 측정유량이 차이가 나므로 온도를 보정하여야 하고, 특히 판매용 유량계는 단일제품을 측정하여야 한다.
- (3) 용적식 유량계는 치차나 루트를 오일 해머링 등으로부터 보호하기 위해서 갑작스럽게 밸브를 조작해서는 아니 된다.
- (4) 용적식 유량계에 증기나 공기가 유입되지 않도록 탈기기를 설치하여야 한다.
- (5) 바이패스(By-pass) 관로는 반드시 설치하고 바이패스 관로의 크기는 주관과 동일 구경으로 한다. 수직설치의 경우, 배관응력이 유량계에 직접 걸리지 않도록 유량계를 바이패스 측에 설치한다.
- (6) 유량계 전후단에 특별히 직관부를 필요로 하지 않는다.