

blog.naver.com

와류 유량센서

센서로세계로미래로 2019. 8. 21. 19:19

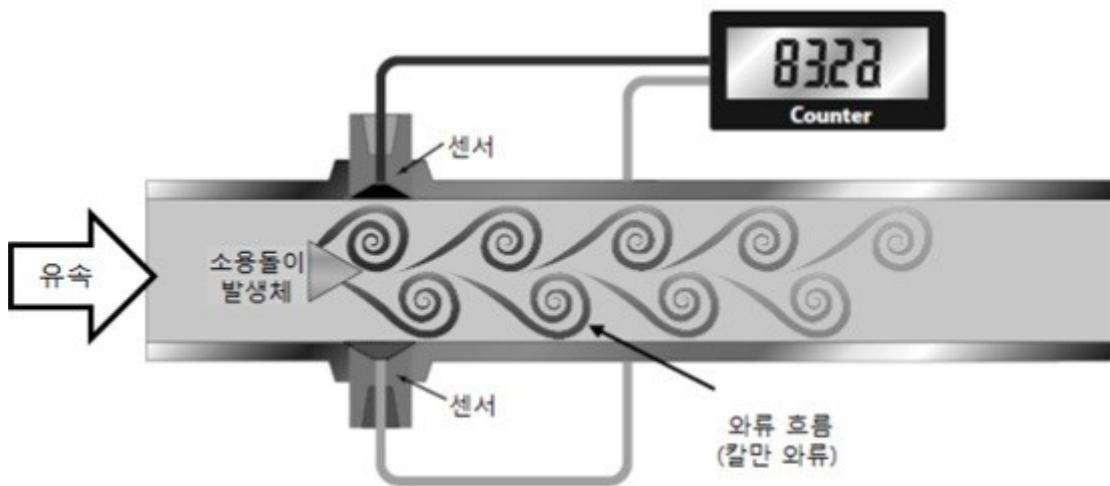
5~6분

와류 유량계(vortex flowmeter)는 압전소자인 피에조 센서 (piezo sensor)를 이용한 유량계이다. 유체의 흐름에 직각으로 놓여 있는 삼각 기둥 모양의 소용돌이 발생체의 하류에는 유속에 비례하는 주파수의 소용돌이(와류라고 함)가 발생한다. 이러한 와류 신호의 유체진동을 압전소자인 피에조 센서로 검출하여 유량을 계측한다. 와류 형태에 따라 칼만(Karman)식, 축류소용돌이 중심의 회전운동을 이용한 스월(swirl)식 및 유체의 진동현상(코안다 효과)을 이용한 플루이딕(fluidic)식으로 크게 나눈다. 그러나 스월식과 플루이딕식은 거의 실용화되지 않고 대부분 칼만식이 사용되고 있다. 이러한 현상은 400여년전 레오나르도 다빈치에 의해 처음 보고되었다. 물이 흐르는 곳에 바위나 유사한 방해물이 놓이게 되면, 물은 양쪽으로 분리되어 방해물 주위로 흘러 내려가면서 하류쪽에서 소용돌이 현상이 생긴다. 이로 인해 부분적으로 압력이 증가하거나 감소하게 되며, 압력에 따라 유속도 변하게 된다.

1912년 테오도르 칼만(Theodor von Karman)이 이러한 와류 현상을 이용해서 유량을 측정할 수 있는 유량계를 최초

로 디자인하였다. 이러한 와류형에는 유체의 유속변화에 따른 소용돌이 발생수를 직접 주파수 변화로 감지하는 유속 변화형과 소용돌이 발생에 의해 소용돌이 발생체(bluff body)에 작용하는 힘의 변화를 주파수 변화로 감지하는 압력변화형으로 구분할 수 있다. 아래 그림과 같이 소용돌이 발생체인 삼각주를 유체흐름에 직각으로 삽입시키면 삼각주의 하류 양측에 소용돌이가 교대로 발생한다. 이 소용돌이의 단위시간당 주파수 발생수는 일정한 레이놀즈수 범위에 있어서는 유속에 비례하는 특성을 가지고 있다. 이러한 규칙적인 소용돌이의 주파수를 측정하여 유량을 계측하는 것이 와류 유량계이다. 이러한 소용돌이 주파수와 유속 사이의 관계는 다음과 같다. 여기서 f 는 소용돌이 발생주파수이며, V 는 평균유속, d 는 소용돌이 발생체의 폭, S_f 는 Strouhal number라고 하는 비례정수이다.

$$f = S_f \frac{V}{d}$$

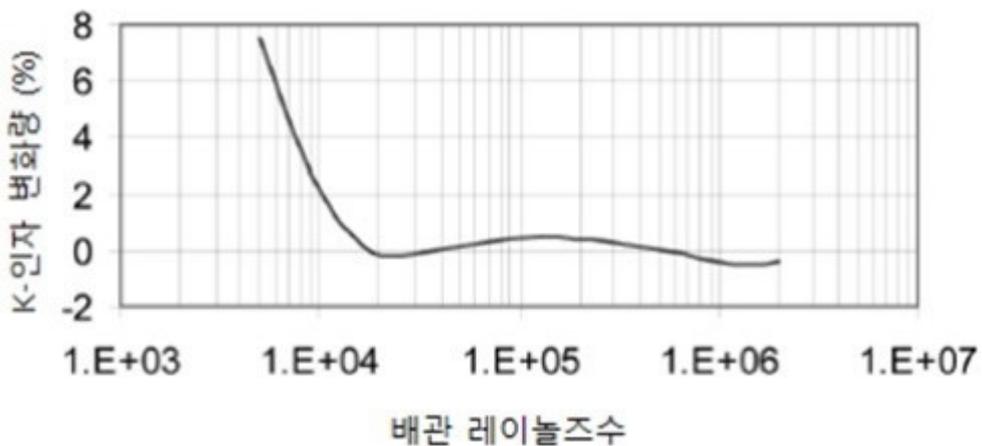


비례정수 S_f 는 광범위한 레이놀즈수 범위에서 거의 일정하며, 이 레이놀즈수 범위 내에서는 유체의 밀도나 점도 등의 물성에 거의 영향을 받지 않고 유속과 소용돌이 발생주파수 사이에 비례관계가 성립한다는 것을 의미한다. 비례정수가 거의 일정하게 되는 범위는 소용돌이 발생체의 형상

및 그 크기에 따라 다르지만 현재 실용화되어 있는 유량계에서 있어서는 일반적으로 파이프 내 레이놀즈수가 2×10^4 이상의 영역에서 사용되고 있다. 위의 식을 이용하면 부피 유량은 다음과 같다.

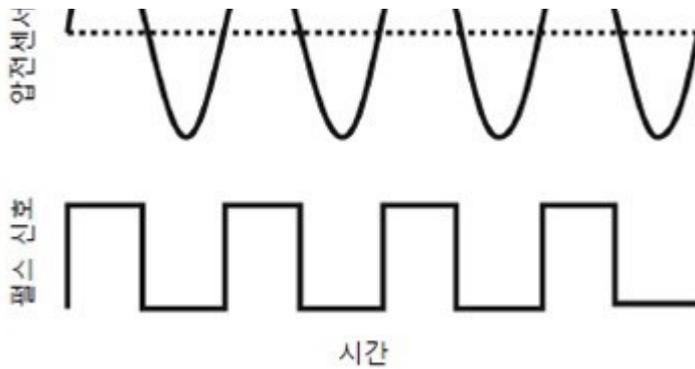
$$Q_v = A \times V = \left[\frac{(A \times d)}{S_f} \right] \times f = \frac{f}{K}$$

일반적으로 와류 주파수인 f 는 낮은 속도에 해당하는 1 Hz 부터 높은 속도인 3000 Hz 이상까지 분포한다. 그리고 K-인자는 $K = S_f / (A \times d)$ 로 정의되며, 레이놀즈수와 K-인자의 관계는 아래 그림과 같다. 레이놀즈수가 15,000에서 2,000,000 까지 K-인자는 거의 일정하므로, 유량은 주파수에 선형적으로 비례한다고 볼 수 있다.

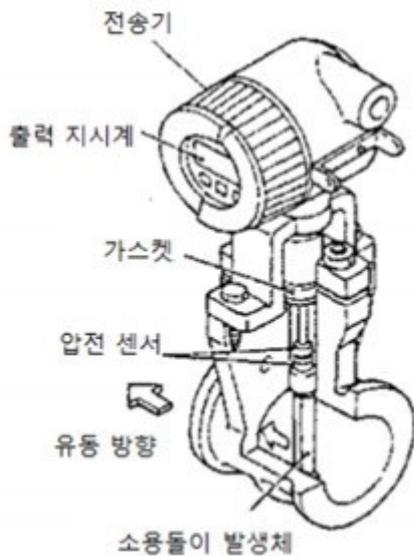


소용돌이로부터 발생된 소용돌이 압력은 삼각주내에 삽입된 센서에 교변응력으로 전달이 된다. 이 칼만 와류의 수는 와류의 생성분리에 따른 와류 발생체 주위의 물리적 변화를 서미스터, 스트레인게이지, 압전소자, 정전용량소자 등으로 측정이 가능하며, 대부분 압전소자를 가장 많이 사용하고 있다. 이 응력에 따라 압전소자에 비례한 전하량이 증폭되어 아래 그림과 같이 펄스 주파수 신호로 변화되어 전기신호로 변환기에 입력된다.





와류 유량계의 내부구조는 아래 그림과 같다. 주요 부품인 소용돌이 발생체, 측정관, 소용돌이 검출부 및 변환기로 구성되어 있다. 와류 유량계의 소용돌이 발생체의 형태는 직접 유량계의 성능에 영향을 미치기 때문에 여러 가지 형태가 실용화되어 있다.



(a) 와류 유량계 내부 구조



(b) 대표적인 와류 유량계 외형

현재까지 실용화된 소용돌이 발생체의 형태는 아래 그림과 같다. 칼만 소용돌이의 분리점을 안정화시키기 위하여 날카로운 모서리를 가지고 있는 것이 대부분이다.



이러한 와류 유량계의 일반적인 특징은 다음과 같다.

- ① 스팀, 기체, 저점도 액체의 유량을 높은 정밀도로 측정이

가능하다.

- ② 넓은 유량범위와 온도범위에서 높은 정밀도로 유량 검출이 가능하다.
- ③ 검출소자는 유체와 완전히 차단되어 있으므로 내구성이 매우 높다.
- ④ 가동부분이 없으므로 고장율이 작다.
- ⑤ 압력 손실이 적으므로 에너지 절약형 유량계로 적절하다.
- ⑥ 유량계 본체를 파이프에 부착한 상태에서 유지보수 작업이 가능하다.
- ⑦ 출력신호가 유속에 비례하는 펄스 주파수이므로 적산이 용이하다.
- ⑧ 고형물을 포함한 유체의 경우 고형물이 삼각주와 충돌하여 잡음을 발생시키거나 장기간 사용할 경우 삼각주를 마모시키므로 사용을 피하는 것이 좋다.
- ⑨ 설치공간이 사정상 충분한 직관부를 확보할 수 없거나 보다 정확한 측정이 필요한 경우에는 정류기를 설치하는 것이 바람직하다.
- ⑩ 유량계 전, 후단에 반드시 직관부가 필요하며, 필요한 직관부의 길이는 제조업체마다 차이가 있다. 일반적으로 상류에는 파이프 상태 및 설치물에 따라 5D ~ 40D, 하류에는 5D 이상의 직관부가 필요하다. 현장조건에 따른 직관부 조건은 아래 표와 같다.

현장 조건	상류 측	하류 측

설치위치 전단(상류)에 하나의 90° 엘보 우	10D	5D
설치위치 전단에서 동일 평면의 90° 엘보 우 2개	15D	5D
설치위치 전단에서 다른 평면의 90° 엘보 우 2개	30D	5D
설치위치 전단에서 축관	10D	5D
설치위치 전단에서 일부분 닫힌 밸드, 레 굴레이터	30D	5D
설치위치 전단에 Tee가 있는 경우	30D	5D

산업용 와류 유량계는 파이프 사이즈가 1/2"부터 12"까지 적용이 가능하며, 특수 가공시 16"까지도 적용을 할 수 있다. 온도는 액체질소온도부터 800°F까지 가능하며, 압력은 3,000 psig 까지 가능하다. 만약 1/2" 파이프인 경우 적용이 가능한 유량은 다음과 같다.

- ① 70°F의 물인 경우, 분당 1~35 갤런 유량 측정이 가능
- ② 60°F와 14.7 psia의 공기인 경우, 시간당 140~2000 세제
공피터 유량 측정이 가능
- ③ 100 psig의 건조 포화 증기(dry saturated steam)의 경
우, 시간당 10~500 파운드 유량 측정이 가능

그리고 만약 12" 파이프인 경우 유량은 다음과 같다.

- ① 70°F의 물인 경우, 분당 85~8500 갤런 유량 측정이 가능
- ② 60°F와 14.7 psia의 공기인 경우, 시간당

20,000~1,600,000 세제곱피터 유량 측정이 가능

③ 100 psig의 건조 포화 증기(dry saturated steam)의 경우, 시간당 2,750~275,000 파운드 유량 측정이 가능