

2. 면적식 유량계

가. 면적식 유량계 원리

차압유량계는 유체의 유동통로가 고정되어 있으며, 조리기구 상하류에서 측정된 차압이 유량과의 함수관계를 가지고 있다. 그러나 면적식 유량계는 유체의 통로가 유량에 따라 변할 수 있는 구조로 되어 있기 때문에 이때, 플로트 상하의 압력차가 항상 일정하게 유지되어 진다.

즉, 면적식 유량계에서는 유체가 흐르는 유로의 면적 변화가 유량의 함수이기 때문에 테이퍼관을 사용하면 유량과 유로면적 변화를 선형인 관계로 만들수 있다.

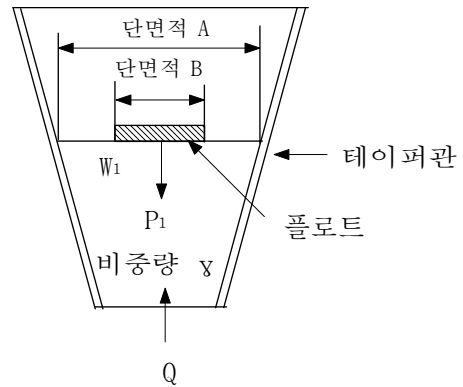
면적식 유량계 종류로는 여러가지이나 가장 간단한 형태의 면적유량계는 다음 그림과 같이 테이퍼진 투명한 유리또는 플라스틱 관과 관내를 수직으로 움직이는 플로트로 구성되어 있다.

유체가 관의 하부로 흘러 들어오면 플로트는 위로 상승하게 되고 플로트에 작용하는 압력차, 부력, 중력 및 점성력 등이 평형을 이루는 위치에서 정지하게 된다.

따라서 플로트가 어느 위치에서 균형을 잡고 있을때, 플로트가 밑으로 미는 힘과 윗쪽으로 미는 힘이 같으므로 관내에 흐르는 체적 유량은

$$W_1 + AW_2 = AP_1 \quad Q = \alpha F_0 = \sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)}{\gamma}}$$

- W_1 : 플로트 중량유량
- A : 플로트 단면적
- P_1, P_2 : 상류측, 하류측 유체의 압력



<그림 6-7 면적식 유량계 원리>

로 되는데, 플로트가 위치하는 테이퍼관의 단면적을 B로 하고, $F_0 = B-A$ 로 되는 것을 생각하면 아래와 같다. 따라서 α, g, w_1, γ 는 상수이고, 유량 Q는 곧 유체 통과 단면적만의 함수이므로 이러한 의미에서 면적식 유량계라 부른다. 식에서 유량결정 상수에 제곱근이 있으므로 계기 눈금이 차압식과 동일하게 자승눈금이 되는 것이므로 이를 직선화눈금으로 하기위해 자승적

성분에 해당되는 부분을 테이퍼관을 경사지게 제작함으로써 계기눈금이 직선 눈금으로 되는 것이다.

$$Q = a(B-A) = \sqrt{\frac{2g W_1}{\gamma A}}$$

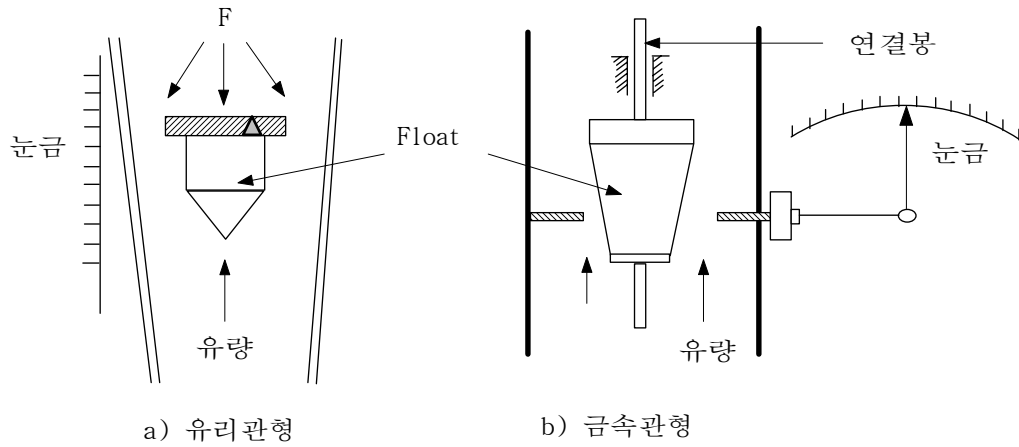
이것은 유체의 밀도가 미리 알려져 있는 유체 유량을 측정한다. 면적식 유량계는 제작이나 가공에 대한 사양은 규격화 되어 있지 않으며, 실제에 있어서는 교정을 통해 유출계수값을 결정해서 사용하지 않고 표준기 또는 기준기와의 비교교정을 통해 그 지시값과 오차등을 평가하게 된다.

면적식 유량계의 단점으로는 압력손실이 비교적 큰 편이며 반드시 수직으로 설치해야 하기때문에 불필요한 배관이 생겨나서 부가적인 압력손실을 발생케 할 수도 있고, 유량을 지시하는 플로트의 위치는 점도 또는 밀도에 대한 영향을 받기 때문에 측정대상이 다른 유체의 체적유량을 측정하면은 큰 오차를 유발하게 된다. 면적식 유량계는 주로 소용량의 유량 측정에만 사용되고 있으며, 일반적으로 최대 유량측정 범위는 물의 경우 초당 1리터 이고, 공기의 경우는 초당 수십 리터 정도이다.

면적식 유량계 특징으로는

- ① 기체, 액체의 유량측정이 가능하고, 특히 소유량, 고점성 유체 및 부식성 유체에 적합하며, 맥동류에서도 오차 발생이 적다.
- ② 스케일 눈금이 직선적이다.
- ③ 유효 측정범위 10:1 로서 넓다.
- ④ 플로트 형상설계에 따라 레이놀즈수가 상당히 작은 범위까지 유량계수가 일정한 값을 얻을 수 있다.
- ⑤ 설치시 많은 직관부를 필요하지 않고, 일반적으로 수직 취부한다.

나. 종류 및 구조



<그림 6-8 재질 및 관형에 의한 분류>

1) 유량계 구조

가) 현장 지시형 유리관 테이퍼관식

투명재질인 경질 그라스 및 아크릴 수지등 테이퍼관과 부자로 구성되어 있으며, 수직으로 설치되어 바로 부자의 위치를 투시, 직접 테이퍼관상의 눈금을 판독함으로써 유량을 측정한다. 플로트 상하 이동시 경사관 중심부에 있는 가이드 축을 따라 이동 하는 것과 축이 없이 자주적으로 움직이는 것이 있다. 플로트 재질로는 스테인레스, 테프론, PVC 등 측정 유체에 따른 재질이 선택된다.

나) 현장 지시형 금속관식

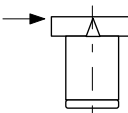
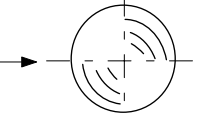
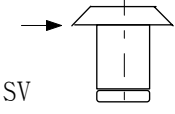
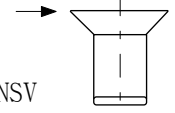
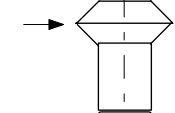
금속테이퍼등과 같이 플로트축에 플로트가 일체형으로 구성되어 있으며, 가동부로 된 형식으로 테이퍼관 상부에 투명직관을 설치 투시되는 가동부 위치를 판독 함으로써, 직접 유량을 구하는 것과 외부로 인출 간접적으로 유량을 지시하는 것이 있으며, 장점으로는 유리관식에 비해 온도, 압력에 대한 기계적 강도가 우수하고 불투명 유체에서도 적용할 수 있다.

다) 전송형 금속 테이퍼관식

금속 테이퍼관내 가동부의 움직임을 자기 결합에 의해 외부 인출 지침에 의해 지시함과 동시에 전기신호인 4~20 mA 또는 공기압신호(0.2~1.0kgf/cm²)로 변환하여 유량신호를 원격 전송하는 것이다.

2) 플로트

부자의 형상은 유체의 종류, 물성 및 레이놀즈수의 범위에 따라 적절한 형태의 것이 선택 되어져야 하고, 플로트의 눈금 판독 위치는 일반적으로 부자의 단면적이 가장 큰부분인 아래표의 화살표 위치이다. 또한 플로트의 비중량은 유체 비중량의 2배정도가 제작시 적당하다. 대부분의 플로트에는 경사진 홈이 파져 있는데 그 이유는 부자 주위 유체흐름이 변하게 되면 부자가 회전 하면서 유량 변화에 따른 상승, 하강시 점도등에 의한 마찰오차를 줄이고 부자가 평행 상태를 유지 하도록 하기 위함이다.

플로트의 형상	특징 및 용도
	어떤 레이놀즈수 이하에서는 가이드가 없어도 안정이 좋고 유출계수는 비교적 낮다.
	기체 또는 액체의 미소 유량용에 적합
	비교적 낮은 레이놀즈수까지 점도의 영향이 적어 소유량 유량 측정에 적합하다.
	다른 플로트 형식과 비교하여 유출계수가 크다는 장점은 있으나, 점성의 영향을 받기 쉽다.
	슬러리용 플로우 메타에 사용되며, 유출계수가 크고, 점성의 영향을 비교적 적게 받는다.

3. 용적식 유량계

가. 용적식 유량계 원리

1) 개요

용적식 유량계는 액체용과 기체용이 있고 계량법상 적산 유량계의 일종으로 분류된다. 유량측정방법은 내부 회전자나 피스톤등의 가동부와 그것을 싸는 케이스와의 사이에 일정 용적의 공간부를 밸브로 하고, 그 속에 유체를 충전시켜 그것을 연속적으로 유출구로 송출하는 구조로서 그 계량 횟수에서 용적유량을 측정하는 것이다.

즉, 용적식 유량계는 타 유량계에 비하여 직접 체적유량을 측정하는 방법이다. 따라서 계량 정도가 높음에 따라 공업 계기용으로 부터 가정의 가스 소비량 및 주유소의 판매기 등에 다양하게 이용되고, 최근 센서기술의 발달로 계수기 전자화를 통한 고기능화가 이루어지고 있다.

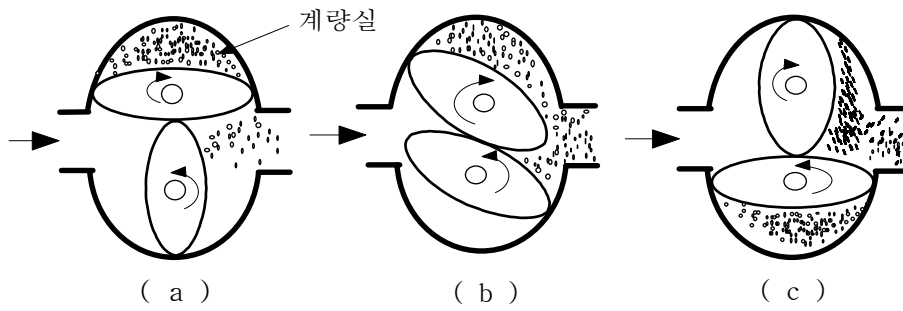
2) 측정원리

케이스와 가동부에 의해서 형성되는 계량 공간부 형식에 따라 회전자형 피스톤형, 로터리 벤형등 여러가지가 있는데, 회전자형에서 가장 많이 프로세스에 사용되는것은 오발 기어형, 루츠형, 대용량의 석유화학 제품용으로 사용되고 있는 스파이럴 기어형이 있다.

용적식유량계 원리를 설명하면 아래 그림에서와 같이 유체가 유입되면은 회전자 0_1 및 0_2 표면에는 입구측압력 P_1 및 출구측 압력 P_2 가 a)와 같이 작용한다. $P_1 > P_2$ 조건하에서 회전자 0_2 는 회전력이 발생하지 않으나, 회전자 0_1 에서는 화살표 방향으로 회전력이 발생하고 서로 맞물린 상태의 양 회전자는 외측으로 회전을 하게된다.

회전이 증가함에 따라 회전자 0_1 회전력은 점차 감소하고, 반대로 회전자 0_2 측에 회전력이 발생 증가하여 그림 b)와 같이 양측 힘이 동일한 상태를 이루게 된다.

그림 c)와 같이 되면은 곧,)양쪽 회전자가 90° 회전된 상태에서 0_1 의 회전력은 0이 되고 0_2 측의 회전력은 최대가 된다. 이때 계량실의 일정한 유체는 0_1 회전자 측에서 1회 배출되며, 이러한 현상은 양 회전자가 90° 회전시마다 다음 0_2 측에서 1회 토출된다. 따라서 연속적으로 회전자가 360° 회전시 계량실 용적유량을 4번 밖으로 토출하게 되는 것과 같다. 즉, 회전자 회전수는 유체 통과량과 일정 관계를 이루게 되는 것이다.

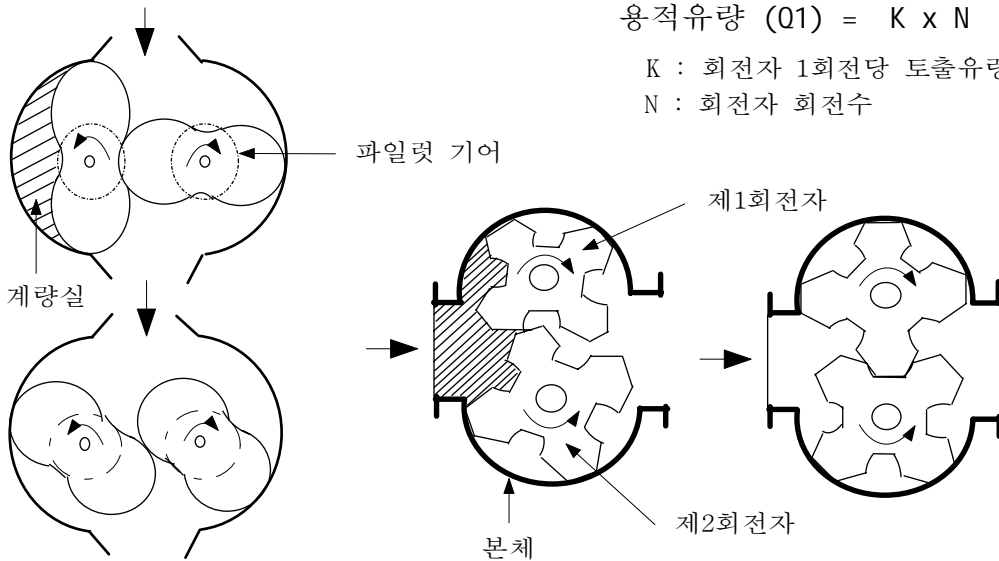


오발 기어형 유량계

$$\text{용적유량 (Q1)} = K \times N$$

K : 회전자 1회전당 토출유량

N : 회전자 회전수



루츠형 유량계

스파이럴 회전자형 유량계

<그림 6-9 용적식 유량계 종류>

오발 기어형 유량계는 0.2리터 소용량으로 부터 100 m³/h까지 각종 용량의 것이 있고, 스파이럴 회전자형은 비교적 대용량인 2,700 m³/h 석유제품 출하, 수입 관리용으로 사용된다. 루츠형은 회전자 오발형과 달리 기어 부분이 없는 대신 2개 회전자 축에 각각 파일럿 기어를 취부 사용하고 있으며, 회전자 회전원리는 오발 기어형과 동일하다.

스파이럴 회전자형은 회전자에 2개의 스파이럴 기어를 사용하며, 따라서 등속 회전이 되고 유출량에 맥동이 없고, 진동 및 소음발생이 적은 특징을 가지고 있다.

이와같이 오발 기어형, 루츠형, 파이럴 기어형등은 측정정도가 좋아 0.5 %정도이고, 표준형은 0.2 %정도로서 타 유량계의 표준기로 사용될 뿐만 아니라 레인지어빌리티가 100~10:1 정도로 넓다.

그밖의 실용화된 용적 유량계로서는 왕복동 피스톤식 및 선회 피스톤식, 원판식, 로타리식 및 드럼식 가스미터와 격막식 가스미터가 있다.

왕복동 피스톤식은 4행정 기관과 동일하다. 계량실이 피스톤과 실린더로 구성되고, 사용 피스톤 수는 1~4개 피스톤까지 다양하게 사용되며, 형식은 가솔린 판매 급유기, 석유제품 공급라인으로 부터 일반 부식의 위험이 적고 점도가 비교적 낮은 액체의 소유량 정밀한 계량에 이용되는 것으로 특히 운동자와 케이스간의 누설을 최소로 하는 형이다.

선회 피스톤형은 내통, 외통으로 구성되어 있고 고정된 실린더 케이스 중에 링 형태의 피스톤을 삽입시키고 액체의 흐름과 함께 링 피스톤이 반시계방향으로 가운데를 중심으로 회전 진동과 동시에 계량실 1.2를 나누는 격벽을 따라 직선운동을 하는 것이다.

회전자의 1회전당 토출량이 타형에 비해 크고, 소형 보일러 연료 계측용, 수도미터, 우유 미터등으로 사용된다.

끝으로 원판형은 디스크형이라고도 부르며, 원판형과 로타리형 또한 회전자의 회전수와 토출량과의 일정 관계를 이용하여 유량을 측정한다.

나. 용적식 유량계 구조

용적 유량계 구조는 기종 및 제작 회사에 따라 다를수는 있으나 크게 구분하면 계량부, 전동부, 변환부로 주로 구성되고 필요에 따라서 발신부 및 습도와 압력을 보정하는 보정 연산부가 추가된다. 또한 발신부에는 사용 조건에 따라 수신부가 결합되는 경우도 있다.

1) 계량부

계량부(본체부)는 내압을 받아 유지하는 외통부와 일정체적에 해당하는 계량실을 구성하는 내통부로 되어 있다. 외통부는 계측 유체의 압력, 습도 부식성에 따라 주철, 주강등의 용기로 충분한 강도를 가져야 하며, 내기부는 운동체와 그 축 및 축받이를 포함하고 있다.

2) 전동부

운동체(회전자)의 운동을 외부로 취출시키는 부분으로 자기 연결 방식과

기밀 방식이 있다. 용적유량계는 위험물을 계량할 경우가 많으므로 위험 방지의 관점으로 부터 봉입성이 확실한 자기 연결 방식을 이용하며, 이것은 계량부분의 운동을 외부로 전달시 기어등이 없기 때문에 유체누설이 적다.

3) 변환부

전동부로 부터 전달되어진 계량부 회전을 계수부(지침부)의 계수단위량으로 변환시키기 위한 감속 기어부로서 기종에 따라서는 감속기어부 일부 또는 전부가 계량부내에 장착 되어진 것도 있다

이 부분의 구성은 필요에 따라 모든 기어열를 교환하는 고정 기어식과 일부분을 기어열 또는 무단 변속기를 내장해서 노브만 조정, 소정의 변속비를 얻을 수 있는 연속 기어조정 장치가 있다.

4) 계수부

용적 계수부는 용도에 따라서 많은 종류가 개발되어 있으며, 단순 적산형, 영루형, 자동 정량형 등이 있다.

단순적산형은 통과된 전체유량을 단순히 적산하는 것으로 장기간에 거쳐 통과량을 정기적으로 체크하기 위하여 이용된다. 영루형은 카운터 표시를 임의의 필요에 따라 계량 개시 초기의 상태로 돌이킬 수 있는 것으로서 지침식과 숫자식이 있다. 배치 프로세스에서 수동에 의한 소정량의 주입 또는 방출시의 계량등에 넓게 이용되고 또한 원격식도 있다.

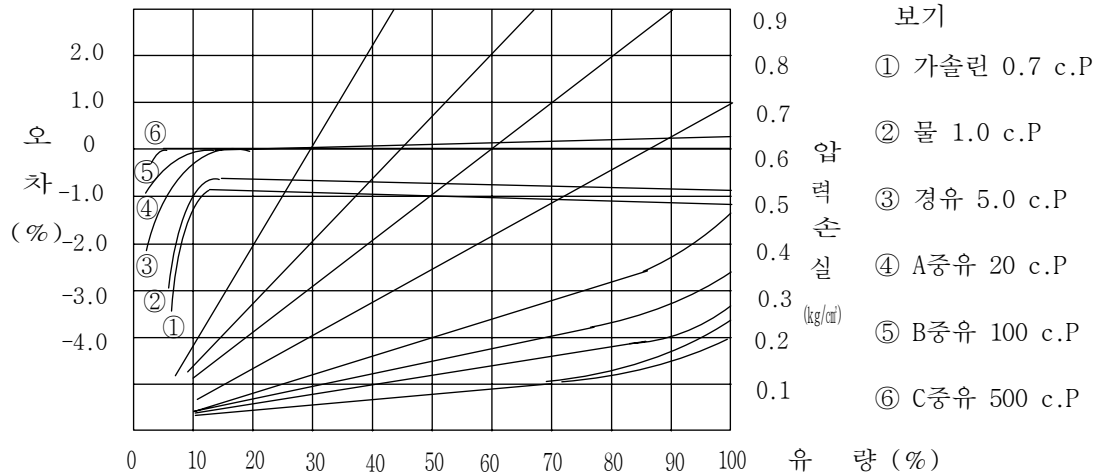
끝으로, 자동 정량형은 계측 용적이 초기에 임의로 정한 일정량에 달하면 신호를 발생, 자동적으로 계량을 정지또는 경보를 발생시키는 것으로 배치 프로세스 및 방출시 계량의 자동화에 이용하기 위한 것이다.

다. 유량계의 일반적 특성

용적유량계는 다른 유량계와 비교하여 점도, 밀도등 유체의 물리적 영향을 받는 일이 적고 측정 정밀도가 높은 용적 유량을 측정할 수 있다.

다음 그림은 점도가 다른 여러가지의 액체의 유량을 측정한 경우의 오차와 발신기에 의해 생기는 압력 손실을 나타낸 것이다. 이것을 보면은 유량이 적을수록 또 점도가 적을수록 오차는 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 그 이유로는 구조적으로 완전 밀폐하는 것은 어렵고, 회전자와 케이스 내부의 계량부로 부터 유체의 누수가 발생하기 때문이다.

점도에 의한 오차 및 압력손실



<그림 6-10 용적유량계 특선곡선>

루츠 유량계는 주로 기체용으로써 사용되고 있지만 액체에도 사용할 수 있다. 그밖에 용적 유량계로서 서보형 용적 유량계가 있는데, 고압 가스등에서 점도가 낮고 차압이 큰 경우에 정밀도가 좋은 특성을 나타낸다. 특징으로는 서보형 용적 유량계는 차압이 0이 되도록 동작하므로 오차가 매우 적고 유량 측정시 정밀도를 좋게 할수 있는 것이다.

끝으로 용적 유량계의 일반적 특징으로서는

- ① 원리적으로 적산형 유량계이다.
- ② 액체의 점도, 밀도등 물리적 조건등에 따른 영향이 작으므로 폭넓게 사용되고 특히 고점도 유체 유량 측정에 최적이다.
- ③ 유체 에너지에 의해 작동되므로 외부로 부터 에너지 공급 없이도 유량 계량 및 계수 출력이 가능하다.
- ④ 표준정도가 일반적으로 $\pm 0.5\%$ 이내이고, 정밀급은 $\pm 0.2\%$ 이내로 고정도이므로 다른 유량계의 표준기로 사용한다.
- ⑤ 차압식, 터빈식, 와류식등에 비해서 배관조건에 의한 오차가 작으므로 유량계 전후에 직관부가 필요없다.
- ⑥ 단점으로는 유체중에 이물질이 많은 경우에는 구조상 보조기기인 여과기등의 설치가 필요하다.
- ⑦ 회전자 작동 사이클의 작동 제한에 의해 대유량 측정영역에서 측정하고자 할때에는 유량계 설치 단면적이 커지는 단점이 있다.