

유량유속센서분야 IEC 표준화를 위한 기술동향



경북대학교 전자전기공학부 교수 박세광

skpark@knu.ac.kr

1. 서론

1995년부터 IEC의 TC47/SC47E에서 반도체 센서의 국제표준화 활동이 본격화 되면서 우리나라에서도 “센서의 분류”를 제안하여 반도체 센서분야의 국제 표준화 활동을 하는데 기틀을 마련하였고 그 이후 압력센서와 홀센서, 가속도센서, 유속유량센서 등 그 활동범위를 해마다 늘려가고 있다. 앞으로 국제 시장이 단일화되고 무역경쟁력이 치열한 가운데 국제적으로 표준화된 규격의 중요성은 해마다 더해가고 있는 실정이다.

이에 유량유속센서분야의 기술동향을 살피고 우리나라에서도 적극적인 국제규격제정에 참여하고 실제적으로 국내 중소기업의 의견과 내용이 많이 반영될 수 있도록 기여할 수 있으면 좋겠다.

유량은 공정(process)에서 온도, 압력과 더불어 3대 측정 량 중의 하나로서, 일반산업, 공업, 항공, 토목, 가전, 생체의학 등 전체산업과 매우 밀접한 관계에 있다. 유량의 정확하고 정밀한 계측은 산업발전과 경제 및 환경오염의 방지 측면에서도 중요한 변수로서 작용되고 있다. 이러한 유량과 유속의 계측은 산업계측 중에서 가장 중요한 분야 중의 하나이다. 최근에는 에너지절약 기술이나 의료 등 각종 첨단기술에서 유체계측에 대한 수요가 점점 고도화, 다양화되고 있다. 많은 경우에 있어서 흐름의 정확한 측정은 경제적인 면과 직접적인 관계를 갖는다. 흐름측정에 있어서의 작은 오차는 어떤 기간에 걸쳐 막대한 경제적 손실을 가져올 수 있다. 그리고 정확한 측정은 에너지 절약과 환경보호의 측면에서도 직접적인 영향을 준다.

유체의 유동을 측정하는 센서로 명확하고도 반복성이 분명한 물리적인 현상을 직접 혹은 간접적으로 이용하여 유용한 전기신호로 변환시켜 기체나 액체의 유속이나 유량을 검출하는 장치를 유량센서라고 한다.

여기서는 먼저, 의료 및 산업 전반에 걸쳐 쓰이고 있는 유량 및 유속센서에 대한 원리와 구조에 대해서 소개한다. 그리고 종래의 대규모의 장치와 많은 주변장치로 구성된 유속, 유량 측정목적의 기기들은 각각의 성질과 특징으로 말미암아 여러 곳에 쓸 수 없는 제약을 받게 되며 또한 비싼 편이다. 그러므로 범용성을 가지며, 간단

하게 취급하며 낮은 가격으로 대량생산할 수 있으며, 현재, 연구가 활발히 진행되어지고 있는 반도체기술을 이용한 유량/유속센서를 다루고자 한다.

2. 유량/유속센서의 종류

유체의 유량에 직접적으로 반응하여 유량 센싱의 기초가 되는 요소는 다음과 같다.

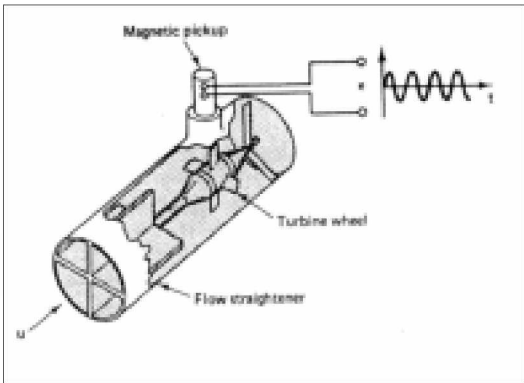
- ▶ 유량에 비례하는 압력차를 발생시키는 어떤 종류의 차폐물을 갖고 있는 파이프나 관의 단면
- ▶ 회전이나 휨 또는 끝이 뾰족한 튜브에서 수직적인 이동에 의해서 유체에 반응하여 자유로이 움직이거나 탄성적으로 움직이는 기계적 요소(프로펠러, 캔틸레버 바람개비, 부표)
- ▶ 변환요소와 상호작용하는 유체의 물리적 특성들 중의 하나와 유체 자체(가열된 열선의 유체에 의한 냉각)

1) 열식 유량/유속센서(thermal flow sensors)

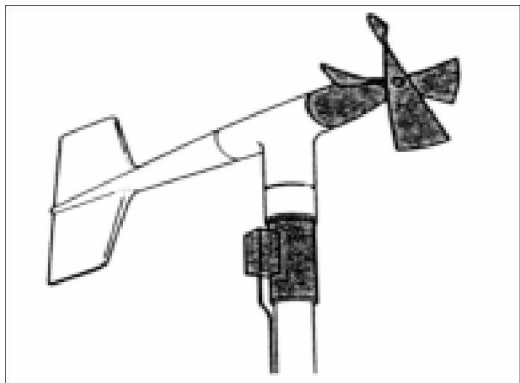
열식 유량/유속센서는 전류에 의하여 가열된 소자를 유체의 흐름 속에 두면 소자와 유체의 온도차에 의하여 일정한 비율로 소자로부터 유체로 열 전달이 일어난다. 열 전달을 이용하여 유속을 측정하는 방법에는 두 가지가 있는데 하나는 가열된 소자의 열 손실을 측정하는 열 대류 방법이며, 또 다른 하나는 열 주입에 따른 유체의 온도변화를 측정하는 일정 열 주입 방법이다.

2) 기계적 유량 및 유속센서(mechanical flow sensors)

기계적 유량 및 유속센서는 터빈 휠(turbine wheel)의 회전이나 저항요소(drag element)가 받는 힘을 측정하는 방법으로 동작한다.



[그림 1] 풀 보어 터빈(full-bore turbines).



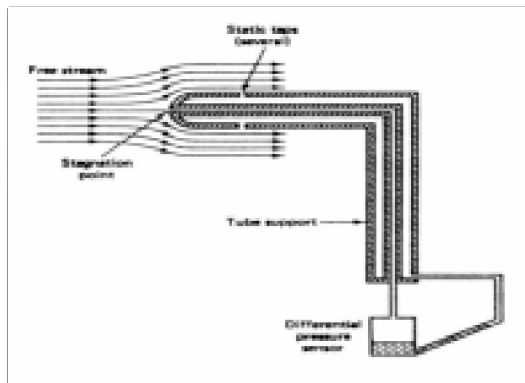
[그림 2] 프로펠러(propellers).

터빈 휠 유량/유속센서에 있어 시간당 체적 유량이 많아지면 rotor의 베어링 마모는 매우 빨라지므로 일반적으로 흐름의 약 10:1 범위 이상에서 사용할 목적으로 평가된다. 반면에 프로펠러 유량/유속센서는 적당히 교정된다면 아주 정확하다.(0.05% 선형성) 그러나 거센 흐름이나 흐름 속의 단단한 물질로 말미암아 기계적으로 부서지기 쉽고 손상되기 쉽다. 베어링 마모를 보상하기 위해서 특히, 부식성의 나쁜 환경에서는 주기적으로 교정이 요구된다.

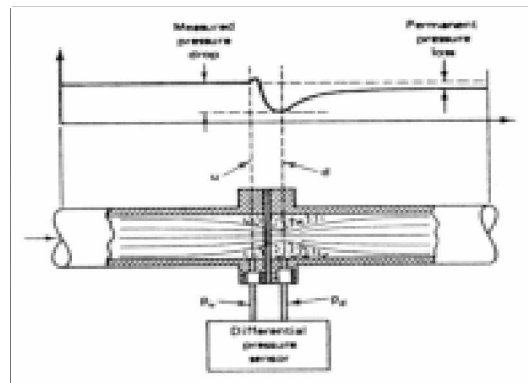
3) 차압 유량 및 유속 센서(differential-pressure flow sensors)

차압식 유량계는 시장점유율이 약 20%로 유량계 중 가장 높은 유량계로 상·하류의 압력 차가 유량에 비례하는 기계식 유량계이다. 설치와 확인이 쉬워서 전자적인 유량계가 신뢰를 확보하기 전 많이 사용되었으나 정확도, 도관의 누수 등 오차요인이 많고 측정범위가 1:5정도로 매우 작아 점차 시장규모가 작아지고 있다.

피토티 튜브는 어떤 물체에서도 사용이 가능하지만 풍동(wind tunnel)이나 항공기에서의 공기속도를 측정하는데 가장 널리 쓰이고 있으나 낮은 유속에서 낮은 감도와 압력과 속도와의 비선형성이 단점이다.



[그림 3] 피토티 튜브(pitot tube)



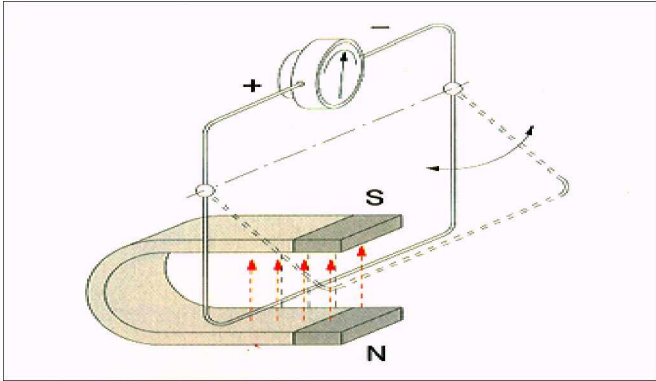
[그림 4] 샤프 에지 오리피스(sharp-edged orifice)

샤프 에지 오리피스는 모든 종류의 유체에 대해서 쓸 수 있으며 그 설계는 간단하고 확실하다. 교정을 하면 정확도는 1%까지 가능하다.

4) 전자기 유량/유속 센서(electromagnetic flow sensors)

전자기 유량/유속센서는 감지영역에 자장을 형성하고 전도체(유체)가 자기장을 지나갈 때 유도되는 전압을 측정하여 유량/유속을 측정한다. 5년 전에는 저 유속(0.3 m/s), 저 전도율(0.5 μ S/cm) 이하에서는 측정이 곤란

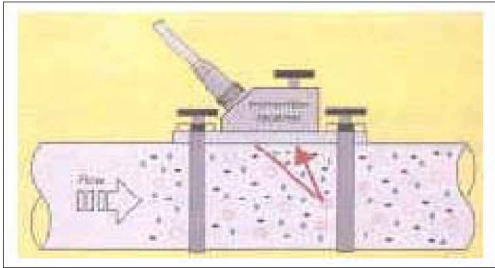
하였으나 코일에 여자하는 방식을 개선하여 유속은 0.1 m/s 이상, 전도율은 0.1 μS/cm 이상까지 측정 가능하게 되었다. 이로써 명실상부한 물 유량/유속계로서 자리를 잡게 되었고 시장점유율도 20% 정도로 차압식에 이어 두 번째로 크다. 이 유량계는 압력손실이 없고 사용이 편리하며 가격이 저렴하여 구경 400 mm 이하의 물 유량/유속계에 더 많은 비중을 차지할 것으로 보고 있다.



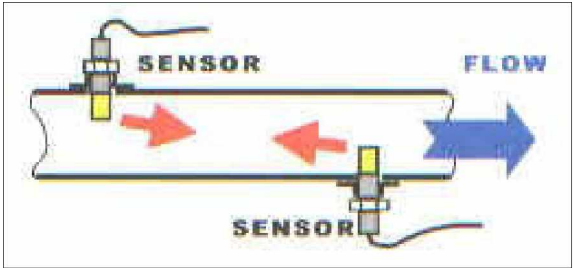
[그림 5] 전자기 유량 및 유속센서.

5) 초음파 유량/유속센서(ultrasonic flow sensors)

초음파 유량/유속센서는 유체와 접촉하지 않고 관의 벽에 설치하여 유량/유속을 측정한다는 큰 장점 때문에 그 수요가 크게 증가하고 있다. 초창기에는 도플러효과에 의한 형태이었으나 정확도를 향상시키기 위하여 시간차 법을 사용하고 있다. 초음파 유량/유속센서는 정확도나 기능이 짧은 시간에 놀라울 정도로 향상된 대표적인 유량계로 최근에는 휴대가능하며 파이프의 두께 측정 및 파이프 면의 탐상기능까지 탑재되고 있다. 초음파 유량/유속센서는 구경 400 mm 이상의 상·하수도용으로써 자리를 잡았으며 앞으로 새로운 기능이 추가되고 정확도가 향상되어 석유화학분야로의 진출이 기대된다.



[그림 6] Doppler 측정방식.



[그림 7] Transit time 측정방식.

6) 반도체 기술을 이용한 유량/유속센서(solid state flow sensors)

반도체 기술을 이용한 유량/유속센서는 소개한 열식 유량/유속센서에서 발전되어왔다. 열선 유량/유속계는 몇 가지 단점을 갖고 있는데 1) 교정이 어렵고 매우 복잡한 접속전자회로를 요하며 2) 더 나아가 부서지기 쉽고 가스흐름에 설치가 어렵다.

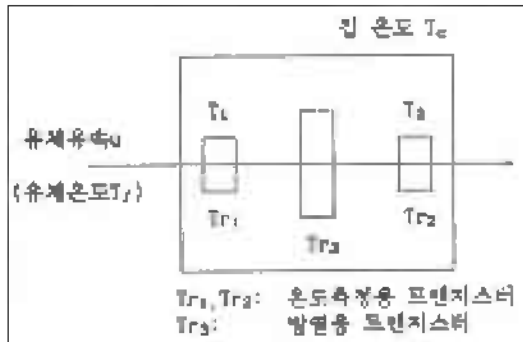
이들 문제점들을 해결하기 위하여 반도체 기술을 이용한 많은 유량/유속센서들이 연구되어지고 있다. 반도체 산업이 1970년대 이후 급속히 발달되고 마이크로머시닝 기술(micromachining technology)이 최근 개발됨에 따라 저렴한 가격으로 대량 생산할 수 있는 센서의 개발이 가능하게 되었다.

그리고 열식 유량/유속센서의 유체에 의한 소자의 방열효과의 원리가 반도체를 이용한 유량/유속센서에도 그대로 적용된다. 먼저 외국의 몇 편의 논문과 국내의 센서학회지에 발표된 것을 소개하고자 한다.

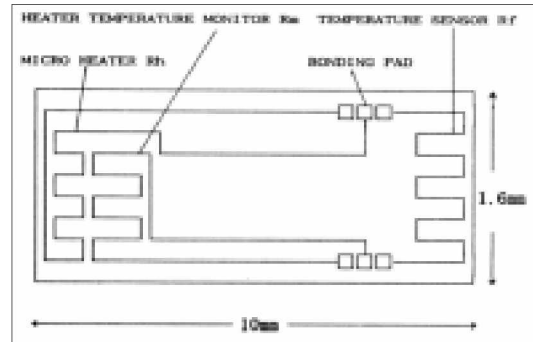
○ 반도체 기술을 이용한 유량/유속센서의 소개 (외국)

우리나라에서 반도체 기술을 이용한 유속 및 유량 측정에 관한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다. 외국의 경우는 실용화 단계까지는 들어가지 않았으나 많은 연구논문이 발표되어지고 있다. 그 가운데서 몇 가지를 소개하고자 한다.

가. 1982년에 Johan H. Huijsing 등이, 그림 8과 같이 유체가 가열된 칩상을 지날 때, 칩의 양단 지점의 온도를 기호로 하여 BJT를 이용한 검출회로를 사용하였다.



[그림 8] Huijsing 등이 개발한 Si 유량/유속센서의 기본구성.



[그림 9] Tanaka 등이 개발한 칩의 구조.

나. 일본의 Nobuyuki Tanaka 등이 1987년에, 실리콘 기판 대신 열전도가 낮은 유리를 기판으로 사용하여 유속 및 유체의 방향을 측정하였다. 이것은 히터(heater)의 열이 유체의 온도를 측정하는 온도센서 \$R_f\$에

영향을 미치지 않도록 계산, 설계하여 그림 9와 같이 저항 셋을 백금박막으로 하여 제작하였다. 히터 양단의 전압이나 전력소비를 측정하므로 유속을 검출할 수 있다. 그리고 유체 흐름의 방향을 측정하기 위하여 정사각형 칩의 중앙에 히터를, 사방에 온도센서저항 4개를 만들고 칩에서 온도분포의 이동을 검출하므로 유체의 방향(■)을 알 수 있다.

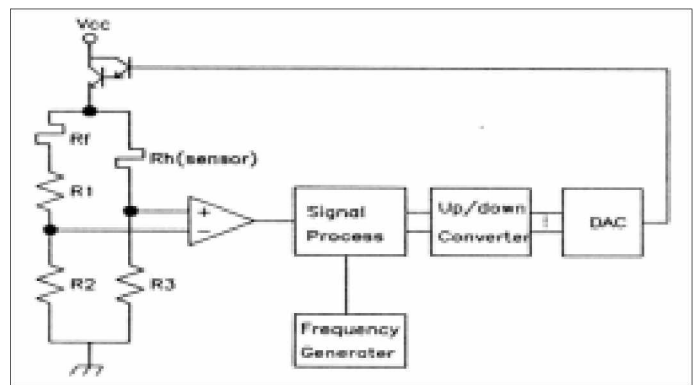
○ 정온도형 반도체 유량 및 유속센서 (국내)

반도체 기술을 이용한 유량 및 유속센서에 대한 이해를 돕고자 센서기술학술대회에서 발표된 정온도형 유량 및 유속센서에 대해서 자세히 다루고자 한다.

가. 동작원리

여기서, 유량 및 유속센서는 박막 저항이 휘스톤 브리지의 두 다리에 해당되고 이것이 일정한 저항으로 유지되는 피드백 회로를 가지는 정온도형(또는 정저항형)이다. 센서의 표면은 유체의 흐름에 노출되어 있고, 센서의 표면과 센서의 나머지 부분 사이에는 열 절연 물질로 절연되어 있으며, 센서는 주위의 온도보다 더 높은 온도로 유지하여 일정한 온도 차이를 갖게 가열된다.

유량 및 유속센서의 시스템은 그림 10과 같이 다섯 개 저항으로 구성된 브리지 형태이다. 브리지 상단 전압과 브리지 중간에서의 전압을 감지하여 박막에서 소모되고 있는 전력을 계산하고, 소모되는 전력을 브리지 상단으로 피드백 하는 신호처리 회로로 크게 구분되어지며, 시스템의 구동회로가 중간에 디지털화되어 있지만 결국은 펄스폭을 형성하게 되어 있다. 사용된 구동회로가 디지털화됨으로써 전체적으로 더욱 안정되고 빠른 특성을 보일 수 있다.



[그림 10] 유량 및 유속센서 개략도.

여기서 브리지는 유체의 온도에 따라 저항값이 변화하는 온도보상용 박막저항 R_f , 히터로 사용되는 박막저항 R_h 와 온도가 변화하더라도 일정한 저항을 갖는 R_1 , R_2 와 R_3 로 구성된다. R_h 와 R_f 는 각각 히터의 온도측정 센서와 유체의 온도를 측정하는 센서, R_1 은 유체와 히터와의 온도차이를 원하는 온도로 발생시키기 위한 조정 저항이 된다. R_3 에는 정밀저항을 사용하며, 박막에 흐르는 전류를 전압으로 바꾸어 준다.

전원을 처음 공급하면, 브리지가 평형을 이루지 않기 때문에 R_2 상단과 R_3 상단 사이에 전압차이가 나게 되고 이 전압 차는 센서의 구동회로를 통하여 브리지 상단에 더 많은 전압을 가하게 된다. 또한, 같은 브리지 상단 전압에서도 브리지에서 R_h 박막 쪽의 저항이 다른 쪽보다 약 10배 가량 작게 설치되어 있기 때문에 R_h 박막 쪽으로 더 많은 전류가 흐르게 된다. 따라서 R_h 박막에 흐르는 전류는 떨어진 박막의 온도를 올려주고, 박막의 저항은 상승하여 브리지는 평형을 이룰 것이다. 결국, 박막의 저항은 실온에서의 저항보다 R_1/R_2 배 높은 저항을 갖게 된다. 이 상태에서 유체가 흐르게 된다면, 주위 유체온도보다 높은 온도의 박막은 많은 대류 열 전달로 인하여 저항이 떨어지고 브리지의 전압차이가 발생하게 된다. 이때 페루프를 구성하고 있는 센서 구동 회로에서 이를 감지하여 더 많은 전압을 걸어주게 되어 다시 브리지 평형을 되찾게 되어 브리지의 전압차이가 영이 되게 한다. 이때 유속의 제곱근에 비례하는 R_h 박막의 전력을 측정하여 속도와 유량을 측정할 수 있다.

하지만, R_h 박막에 공급되는 전력은 주위 유체온도(T_f)가 변화하면, 박막으로부터 주위 유체로의 대류 열 전달량이 달라지기 때문에 같은 유량에 대해서 출력은 달라지게 된다. 유체온도(T_f) 변화에 따른 출력 변화가 없도록 하기 위해서 유체 온도를 측정하는 R_f 과 고정저항 R_1 을 이용하여, 박막의 온도(T_h)를 유체온도에 따라 변화시켜 $\Delta T = (T_h - T_f)$ 가 항상 일정하게 한다.

이때, 박막으로부터 전달되는 전체 열전달량에 비해 박막을 통한 전도와 자연 대류 열 전달은 비교적 적으므로 무시할 수 있으며, 이 상태에서 열 박막(R_h)의 발열량과 대류열전달량이 평형을 이루었다면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$P = I^2 R_h = Ah (T_h - T_f)$$

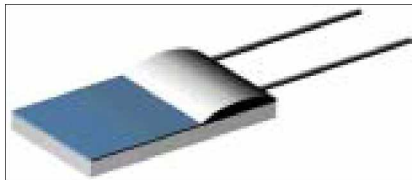
나. 센서의 제작 및 설치구조

열 박막형 공기유량계는 열 박막 저항체를 포함한 브리지형태로 주어진다. 이때 사용되는 열 박막 저항체는 표2에서와 같이 저항재료 중에서 온도에 대한 선형성 및 온도 계수가 큰 재료로 제작되어야 한다. 또한, 자동차와 같은 열악한 환경에서도 견딜 수 있도록 내구성이 있어야하며, 빠른 응답속도를 위해 열전도도가 빠른 것일수록 좋다.

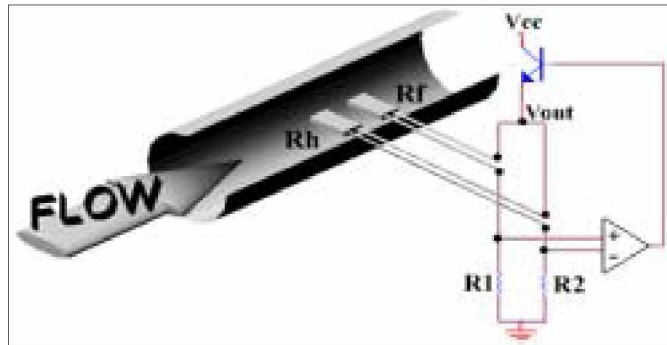
<금속의 저항률과 온도 계수>

금 속	18℃의 저항률 ($\mu\Omega\text{cm}$)	온도 계수 (%/℃)
은	1.6	0.410
구리	1.7	0.433
금	2.3	0.400
백금	10.8	0.392
니켈	8~11	0.675
철	9~15	0.660
알루미늄	3.2	0.445
탄탈	15	0.347

하지만 열전도도가 빠른 재료일수록 저항체의 소비전력이 커지므로 응답속도와 소비전력을 고려하여 적절한 재료를 선택하는 것이 중요하다.



[그림 11] 백금 박막 센서소자.



[그림 12] 관내의 열 박막 유량센서의 설치 구조 및 피이드백 회로.

이렇게 적절하게 선택된 박막 저항체를 그림 11과 같은 센서 구조로 제작된다. 히터로 사용된 백금 박막 저항체는 유체의 흐름에서 대류만의 영향을 받도록 유체 흐름에 노출되었고, 가능하면 유동을 방해하지 않게 하기 위하여 단면적이 작은 면을 유동 방향과 수직이 되게 하였다. 온도보상을 위해 사용된 유체 온도 측정용 박막 저항체는 히터의 하류에 설치한다.

그림 12처럼 관일 경우는 관속에 넣어서 측정하고, 강물과 같은 평행 흐름에서는 평행 흐름 속에 넣어서 측정한다.

다. 반도체 기술을 이용한 유량/유속센서의 장점

- 1) 반도체기술을 이용함으로 양산성이 우수하다.
- 2) 저 가격으로 제작 가능하다.
- 3) 양질의 센서를 얻을 수 있다.
- 4) 소형이어서 흐름에 영향을 거의 미치지 않는다.
- 5) 어떤 환경에도 설치가 가능하다.
- 6) 기체와 액체 둘 다 측정할 수 있다.

라. 문제점

앞에서 소개한 센서를 포함해서 반도체 기술을 이용한 유량/유속센서의 주된 문제점은

- 1) 제조 공정이 복잡하다.
- 2) 유체의 온도가 칩의 온도보다 더 높을 때는 측정할 수 없다.

3. 유량/유속센서의 응용

환기설비, 마취 시스템, 신진 대사 감시, 폐활량계, 가스 혼합, 약품 혼합, 배기 가스 측정, 송수, 송유관, 연료 주입량 측정, 상하수도 유량계측, 강물의 유량측정, 풍속과 풍향, 공기속도 측정, 흡입 공기량 측정, 연료 측정, 빌딩이나 건축물에 작용하는 풍력 측정, 호흡, 혈류 속도 측정, 진공청소기 흡입유속측정 등 가정에서부터 공업, 의학, 항공 우주 산업 분야에 이르기까지 쓰이지 않는 분야가 거의 없다.

다음 표2는 유량/유속센서의 응용분야와 용도를 나타낸 것이다.

<유량/유속센서의 응용분야와 용도>

응용분야	용도	응용분야	용도
공업계측용	송수, 송유관의 유량계 연료 주입량 측정	자동차용	흡입 공기량 센서 연료 유량계
일반산업용	상하수도 유량계측 강물의 유량측정	토목공사용	빌딩이나 건축물에 작용하는 풍력 측정
기상관측용	풍속과 풍향	생체의학용	호흡, 혈류 속도 측정
항공산업용	공기속도 측정	가전기기용	진공청소기 흡입유속

4. 유량/유속센서의 기술동향과 전망

유량/유속 측정은 그 대상이 동적인 이유로 해서 매우 어렵고 정확도 또한 다른 계측에 비해 낮은 단점이 있다. 그러나 신뢰도 및 정확도에 대한 요구는 다른 계측기기에 비해 높아서 측정원리 및 측정기기의 변경을 꺼려하는 보수적인 분야로 받아들여지고 있다. 그래서 하나의 유량계가 개발되어 산업현장에 자리잡기까지는 몇 십 년에서 몇 백년이 소요되기도 하고 때로는 사장되기도 한다. 다행히도 1990년대 들어서 전자공학의 급격한 발달로 전자적인 유량계(초음파, 전자기, 질량/열식 유량계) 등의 성능이 급격히 향상되어 각 분야에서 자리 매김을 하고 있다. 현재 유량/유속계는 전자 전기, 의료, 기계, 화학, 반도체, 농업, 우주항공 등 사용되지 않는 분야가 없다. 또한 과학기술의 발전과 함께 꾸준히 연구되고 있으며 국가 규격 및 국제 규격이 구비되어 현장에서의 실증시험만 성공적으로 완료한다면 새로운 측정기술이 현장에 도입될 것으로 생각된다. 그러나 새로운 기술이 현장에 도입되기까지는 많은 시간이 소요되므로 기존의 정확도를 제고시키고, 신뢰도 및 운전성의 향상을 도모하는 방향으로 나가는 것이 당분간의 추세로 볼 수 있을 것이다.

1) 열식 유량/유속센서(thermal flow sensors)

지금까지는 유량 측정에 부피 유량을 측정하는 것이 보통이었으나, 과학 기술의 발전과 측정하여야 할 유체의 종류도 다양해짐에 따라 온도, 압력 등의 영향을 무시할 수 없고, 또한 온도 및 압력의 변화에 따른 복잡한 보정장치가 필요 없는 열식 질량 유량/유속계의 사용이 증가할 것으로 보인다. 열식 질량 유량/유속계는 온도 및 압력 변화에 따라 변화하는 부피를 측정하지 않고 질량 유량을 직접 측정하므로 기존에 필요한 온도계 및 압력계를 설치할 필요가 없어 더욱 더 각광을 받을 것으로 예상된다.

열 전달 유량/유속센서는 반도체 산업, 항공 우주 산업 등에서 기체의 미소 질량 측정 제어에 많이 이용되는 소형과, 원자력 산업, 공기 조화 장치에 등에서 공기의 대용량 질량 유량 측정에 많이 이용되는 대형이 있다. 이러한 종류의 질량 유량계를 생산하는 회사는 소형의 경우 10여 개 회사에 이르나, 대형의 경우에는 2-3개 회사 정도밖에 되지 않는다.

2) 기계적 유량 및 유속센서(mechanical flow sensors)

터빈 유량계는 회전 부의 회전수가 유량에 선형적으로 비례한 원리를 이용한 것으로 깨끗한 유체의 유량을 넓은 측정 범위에서 $\pm 0.2\%$ - 10% 정도의 높은 정확도로 측정 가능하다. 따라서 이 유량계는 상거래용으로도 많이 사용되며 액체 상태의 원료나 유체를 혼합, 분류하는 공정 제어 목적이나, 석유류, 천연가스 등 고가 유체의 측정에 광범위하게 사용된다. 깨끗하지 않은 유체, 이물질이 함유된 유체의 유량 측정에 사용하는 경우 회전 부에 영향을 미치므로 적합하지 않다.



[그림 13] GEMS 사의 rotor type 의 유량/유속센서.



[그림 14] 차압식 유량/유속계.

3) 차압 유량 및 유속 센서(differential-pressure flow sensors)

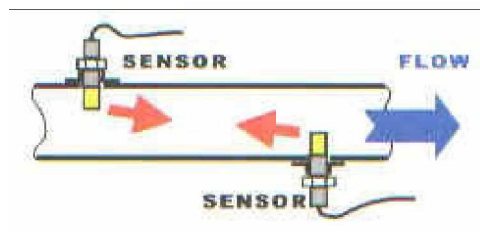
유량계 중 가장 역사가 길고 가장 많이 이용되고 있는 유량/유속계로서 개발 초기에는 잠시 각광을 받았으나 기계식이고 낮은 정확도, 좁은 측정 범위를 지키며 또한 다른 종류의 유량/유속계가 개발됨에 따라 차압식 유량/유속계의 사용은 그다지 많지는 않았다. 그러나 과학 기술의 발달과 함께 정확도와 측정범위가 향상되고, 전기신호를 출력하는 스마트형 차압식 유량/유속계가 저렴하게 공급되기 시작하면서 차압 유량/유속계의 사용은 급격히 증가하였다. 지금도 차압식 유량계는 유량계의 꽃이라 할 수 있을 정도로 많은 인기를 얻고 있다.

4) 전자기 유량/유속 센서(electromagnetic flow sensors)

전자기 유량/유속계는 액체의 전기 전도도가 일정한 값 이상이 되어야 측정할 수 있다. 최소 유속은 0.3 m/s 이상이면 측정 가능하나 이 값은 제조업체에 따라 다르며, 유량 측정 범위는 10:1 정도이다. 현재 소형화가 급격히 이루어지고 있으며, 라이너가 반드시 필요하다는 가장 치명적인 단점을 해결한 라이너가 없는 전자 유량/유속계도 최근 개발되어 판매되고 있다.



[그림 15] 전자기 유량·유속센서.



[그림 16] Transit time 측정방식.

5) 초음파 유량/유속센서(ultrasonic flow sensors)

1920년대 개발된 이후 전자공학의 발달과 함께 많은 기술적인 진보가 있었다. 현재는 측정의 간편성으로 인해 사용되는 경우가 많다. 초음파 유량/유속계의 유량 측정 정확도는 1회선의 경우 $\pm 2 - 10\%$ 로 그다지 정확하지는 않으나 다회선의 경우 $\pm 1 - 3\%$ 정도이다. 그러나 초음파 유량계는 배관의 절단 없이 간편하게 유량을 측정할 수 있다는 장점 때문에 사용이 증가하고 있다.



그림 44. Ultrasonic flow sensors.



그림 45. TSI 사의 질량 공기 유량계.

6) 반도체 기술을 이용한 유량/유속센서(solid state flow sensors)

유량/유속센서의 실용화로 유량/유속이 관계되는 각종장치의 최적제어가 간단한 방법으로 가능해지기 때문에 큰 과급효과를 기대할 수 있다. 근년 들어 반도체기술의 급속한 발달에 힘입어 소형, 대량 생산이 가능하여 유속, 유량측정 목적의 대규모 장치를 소형의 값싼 칩이 대신할 수 있다. 특히 센서의 크기나 가격, 정밀도에 있어서 공업 계측용뿐만 아니라 일반 사업용, 가전용으로도 알맞다. 이것을 응용하여 항공산업에서의 공기속도측정, 의학용으로 혈액 속도측정, 또한 수돗물 사용량에 대한 원격검침 서비스에 사용이 가능하다. 향후 그 사용범위가 보다 넓으리라 생각된다.

5. 결 론

국내의 센서의 제작기술은 전체적으로 선진국에 비하여 기술력, 인력 등 많은 부분에서 낙후되어 있다. 향후, 유량유속센서의 개발은 MEMS의 기술의 장점을 바탕으로 MEMS 기술을 이용한 센서의 연구가 주류를 이루고 있어 이 분야에 대한 집중적인 투자가 요청되고 있다. 또한, MEMS 기술을 이용한 센서제작 기술 등은 기존의 기계식 기술에 비하여 선진국의 기술적 독점이 심해지고 있기 때문에, 선진기술의 기술이전보다는 자체적인 기술 개발이 우선된다. 특히, 센서기술에 대한 기초연구가 많이 부족하기 때문에 이 분야에 대한 연구와, 센서의 초소형화, 저가, 고신뢰성, 고감도화를 목적으로한 센서의 연구 개발이 진행되어야 한다. 또한, 멀티센서, 다기능 센서, 인텔리전트형 센서의 개발이 가능하며, 저소비전력의 고기능 센서를 생산함으로써, 지금까지 필요로 하나 사용하지 못한 분야인 의료용, 군사, 항공 우주용으로 고부가가치 센서의 연구가 요청된다. IEC 표준화 활동에 이 분야의 유량유속센서 기술 동향이 반영되어 보다 빠른 속도로 변화하고 있는 이 분야에 발 맞추어 나가길 바란다. ♣