2000 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 278~282
부경대학교 용당캠퍼스 종합복지관, 2000. 12. 1~2.

수분이 습식 가스미터의 성능에 미치는 영향

장 석* · 윤복현* · 박경암**

The effect of moisture on the efficiency of wet gas meter

Seok Jang*, Bok-Hyun Yoon*, Kyung-Am Park**

Key Word : Wet gas meter(습식가스미터), Moisture(수분)

ABSTRACT

상온 기체 유량 표준 시스템에서 물을 실링액으로 사용하는 습식 가스미터의 성능시험을 하였다. 습식 가스미터의 출구에서 습도를 측정하여 이를 보정에 사용하였다. 보정의 결과로 습식 가스미터가 가지고 있던 오차가 현저히 감축되는 것으로 보아 수분이 습식 가스미터의 성능에 지대한 영향을 미치는 것으로 본 실험에서 보여졌다. 이 결과로서 습식 가스미터의 성능 향상 및 국내 기술 개발에 유용한 데이터로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서 론

1.1. 연구 배경

가정용 막식 가스미터, 천연가스 미터, 면적식 유량계 등을 생산하는 유량계 제작 회사에서는 습식 가스미터를 교정용 기준 유량계로 사용되고 있으며, 가스 제조업체에서 제조 가스의 유량측정에 습식 가스미터를 기준기급 가스 유량계로 사용하고 있다. 또 습식 가스미터는 정밀한 가스유량 측정이 필요한 산업체, 보일러 시공 업체, 열관리 설비 업체, 대학의 실험 기자재로 그 수요가 날로 확대되고 있다. 습식 가스미터는 유입되는 기체를 챔버내에 들어있는 물이나 점성이 작은 기름이 밀봉하면서 여러 개의 챔버내로 유입되어 챔버를 회전시키고 그 챔버의 회전수에 따라 유량을 적산하는 체적 유량계이다. 유량은 챔버 회전수와 선형 비례관계를 갖는다.

세계에서 최초로 개발된 가스 유량계는 습식 가스미터이다. 1815년 영국의 Samuel Clegg와 Samuel Crosley 형제에 의해 세계 최초로 습식 가스미터가 고안되었다. 이 유량계의 성능에 관한 논문은 찾기가 어려우며 일본의 특허[1]와 유량계 관련 책[2]에 간단한 소개가 대부분이다.

일본, 미국, 유럽등 선진국의 유량계 제조업체에서는

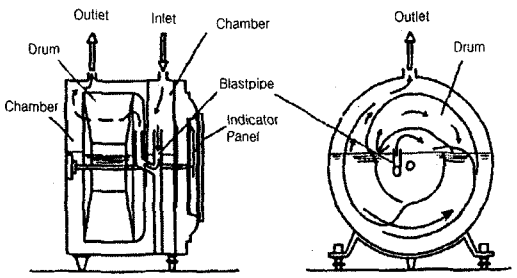


Fig.1 Schematic of wet gas meter

* 목포대학교 기계선박해양공학부
** 한국 표준과학연구원 유체유동그룹
E-mail : byoon@chungkye.mokpo.ac.kr

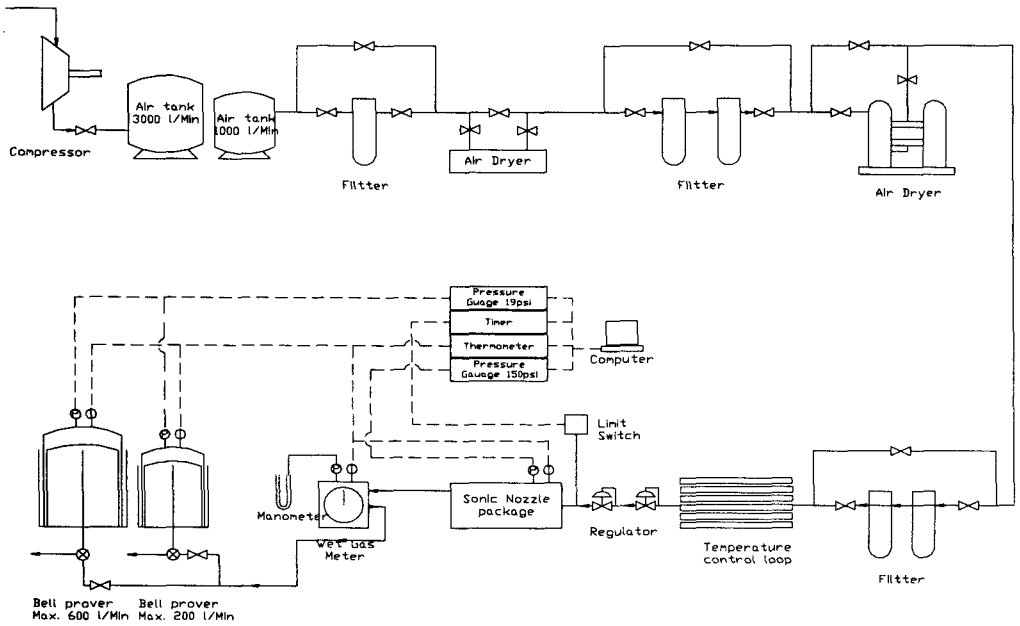


Fig.2 Schematic diagram of gas flow measurement standard system

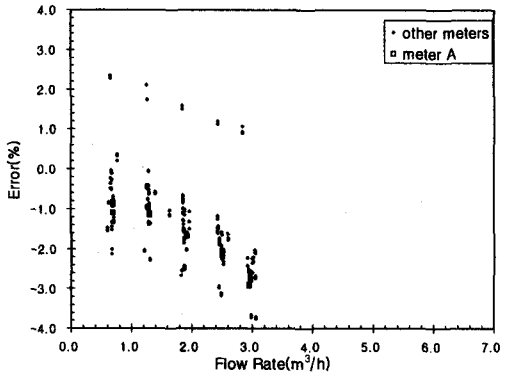
습식 가스미터를 개발하여 생산하고 있으며 성능의 향상과 제품의 외형이나 사용성 향상을 위한 연구를 하고 있으나 국내에서 사용하는 습식 가스미터는 전량 수입품이며 국내 수요가 증가되어 기술개발이 필요한 유량계이다. 산업체에서 습식 가스미터의 챔버내에 물을 넣어 사용하는 경우가 많다. 이 경우에 유입되는 공기는 건조하지만 습식 가스미터를 통과하여 나가는 공기는 거의 포화공기가 되어 습식 가스미터에 들어오는 유량과 나가는 유량이 다르게 되어 유량측정의 오차를 유발시킨다. 따라서 본 논문에서는 수분이 습식 가스미터의 성능에 미치는 영향을 분석하여 유량측정 오차를 감축시키는 데 목적이 있다.

1.2 원 리

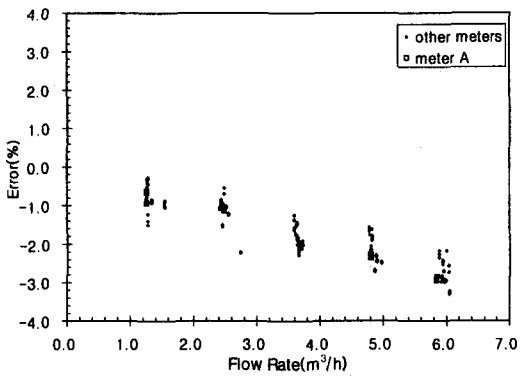
습식 가스미터[3]는 취급과 유지 보수가 힘들지만 그 원리, 구조상 가스를 대단히 정확하게 계측 가능하고 가스의 비중, 점도, 밀도의 영향을 받지 않는 특징을 갖고 있다. Fig. 1에 표시한 것과 같이 입구에서 들어온 가스는 전실을 지나 불어넣는 관을 통해 원통형의 계량 드럼의 전실에 들어간다. 드럼내는 3~5 실로 나누어져 물이나 기름이 가스를 실링하고 있다. 출입구의 미소한 가스 압력차에 의해 각각 분할된 실에 가스가 순차 진입, 배출을 반복하면서 화살표 방향으로 회전한다. 1회에 배출하는 가스의 양은 일정하므로 이 회전수를 카운터에 전달하여 적산 유량값을 계량한다. 가스는 반듯이 계량 드럼을 통하여 출구측에 배출되므로 미소유량의 가스도 누설되지 않고 정확히 계량한다. 또 구조상 측정 중에는 전실, 후실의 액면 변화에 의하여 드럼내의 액위가 항상 일정하게 유지하도록 되어 있다.

습식 가스미터는 그 구조상 계측범위가 대단히 넓고 각종 유량계 중에서 가장 정확도가 좋다. 그러나 물 또는 기름을 사용하므로 액면 관리, 수평설치, 밀봉이 물인 경우는 수증기압 보증이 필요하며 이동하기가 곤란하고 대용량으로 되면 메타가 크게되는 단점이 있다.

습식 가스미터의 계량드럼은 미국에서는 3실이 사용되었고 문헌에 의하면 유럽에서는 5실이 제작되었다. 정확도만을 생각하면 5실, 회전수(유량범위)를 구하는 경우 3실이 좋으나 제작상의 어려움 등을 고려하여 현재 4실 드럼이 많이 사용되고 있다.



(a) 5 Litter



(b) 10 Litter

Fig. 3 Error of flow rate

2. 성능 시험 장치 및 시험 방법

2.1. 성능 시험 장치

습식 가스미터 실험장치(Fig. 2)는 공기 압축기, 저장탱크, 공기필터, 건조기, 압력조절밸브, 유량 조절밸브, 유동 전환장치, 백금저항온도계, 압력계, Universal counter(timer)로 구성되어 있다. 습식 가스미터의 성능 평가는 이 실험장치와 상압 기체 표준유량시스템인 피스톤 푸루버, 벨 푸루버를 사용하였다. 이 표준장치의 확장불확도(95% 신뢰수준)는 ±0.2 %이다. 습식 가스미터의 수분 증발에의한 오차의 영향을 분석하기 위하여 소닉노즐 뱅크가 사용되었다 (불확도 0.25%).

유동을 발생시키는 압축기는 1대이며 출력은 30 hp(22 kw), 공기 토출량은 3.1 m^3/min, 압축 방식은 Screw 회전형 1단 압축이고 냉각방식은 공냉식이다. 토출 관경은 32 mm이며 공기 필터, 오일 필터, 전단 필터가 부착되어 있다.

압축공기는 냉동식 공기 건조기와 흡착식 공기 건조기에서 제습 및 불순물 입자를 제거한다. 압축기로부터 약 38 ℃의 고온 다습한 압축 공기가 냉동식 공기 건조기 입구로 들어와 노점 4 ℃ 이하로 냉각되며 응축수는 외기로 배출된다. 포화 공기 처리량은 4.25 Nm^3/min 이며, 허용 압력은 1.05 MPa 이고 냉각 방식은 공냉식이다. 흡착식 공기 건조기는 공기 중에 포함된 미세한 유분, 수분, 5 μm 이상의 입자를 제거한다. 공기건조기를 거친 노점 - 60 ℃의 건조 압축공기는 4 m^3의 저장 탱크에 저장된다. 저장 탱크의 허용압력은 1 MPa 이며 압축 공기 온도 안정화를 위해 실내에 직경 100 mm, 길이 6 m, 0.0471 m^3의 온도 안정관 10개가 병렬로 연결되어 있다.

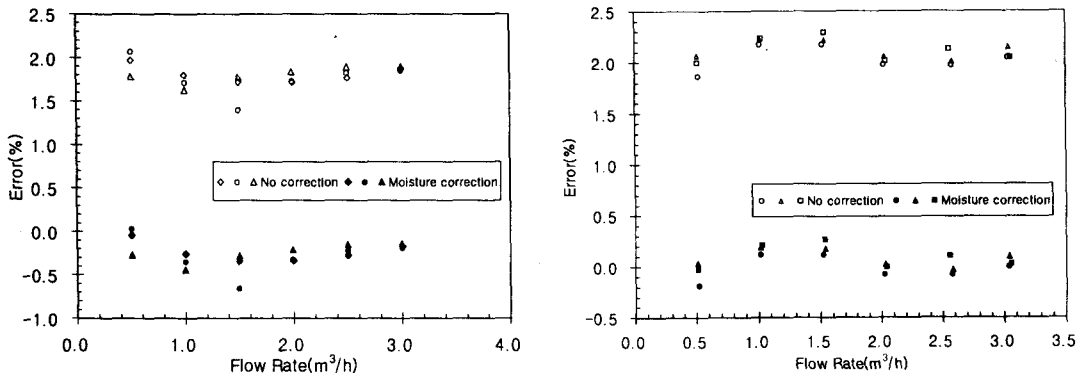
습식 가스미터와 노즐 뱅크 혹은 푸루버의 압력 온도 신호 및 대기압과 대기 온도는 HP34970A data acquisition unit와 Ruska 압력계등을 거쳐 컴퓨터로 수집하였다. 벨 푸루버나 수은 밀봉 피스톤 푸루버의 수집 시간은 HP53131A timer를 사용하여 컴퓨터로 수집하였다. 실험에 사용된 5개의 온도계는 4선식 백금저항 온도계(100 Ω)이며 0℃에서 30 ℃까지 교정하여 온도와 저항값의 관계식을 최소 자승법을 사용하여 구하여 실험시 측정된 저항값을 온도로 환산하였다. 온도 측정 정확도는 ± 0.01 ℃ 이내이다. 대기압과 유량계 및 기준 푸루버의 압력은 Ruska사의 6000 series 압력계를 사용하였다. 2대의 압력계는 교정하여 온도계와 마찬가지로 관계식을 구하여 측정된 값을 압력으로 환산하였다. 압력계의 측정 정확도는 ± 0.01 % 이내이다.

2.2. 성능 시험 방법

습식 가스미터의 사용 용량 범위에서 유동률을 변화시켜 소닉 노즐, 습식 가스미터와 벨 프푸버에서 수집된 적산 유량을 측정하였다.

소닉 노즐의 입구에 유동 방향 조절을 위한 Limit Switch를 설치하여 일정 시간 동안 소닉 노즐을 통해서 나간 건조공기를 습식 가스미터를 통과시켜 벨 프루버에서 수집하였다.

습도는 습식 가스미터의 출구에 습도계를 설치하여 측정하였다.



(a) Meter A (b) Meter B

Fig. 4 Comparison between no correction and moisture correction

통상의 공기는 습도를 가지고 있으므로 습도에 대한 공기 중에 포함된 수증기의 양이 변화한다. 예를 들면 H_1이라는 습도를 가진 온도 T_1, 압력 P_1, 체적 V_1의 공기가 습식 가스미터를 통과함으로써 H_Q의 습도로 되고 온도 압력이 동일하여도 체적은 V_Q로 변화한다. 체적 V_Q는 물을 실링액으로 사용하는 경우에만 변화하므로 공기의 습도보정은 물을 사용하는 경우에만 적용하며 달톤의 분압 법칙[4]에 의해 구한 압력을 사용하여 구하였다.

기체 표준유량시스템에서 측정한 기준값(Q_S)을 습식 가스미터의 측정값으로 환산한 값을 Q_m로 하면

$$Q_m = \frac{T_m}{T_s} \times \frac{P_s}{P_m} \times Q_m \qquad (1)$$

여기에서 T_m 및 P_m은 습식 가스미터의 절대온도 및 압력이고, T_s, P_s는 기체 표준유량시스템의 절대온도 및 절대압력이다.

기체 표준유량시스템과 습식 가스미터의 유량 편차의 백분율(E)은 다음 식으로 계산한다.

$$E = \frac{Q_m - Q_s}{Q_s} \times 100 \quad (\%) \qquad (2)$$

3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 벨 푸루버를 이용하여 챔버가 1회전 할 때의 용량이 각각 5 L(5 L/rev.) 와 10 L(10L/rev.)인 습식 가스미터를 1년 동안 한국표준과학연구원에서 산업체에서 교정을 의뢰한 결과 중에서 챔버의 sealing 액체가 물인 경우이다. 각각 유량계 오차의 크기는 다르지만 기울기의 크기는 비슷하다. 즉 오차의 경향은 비슷하며 물높이를 조정하여 오차의 크기는 조절할 수 있지만 오차의 폭(최대 값과 최소 값의 차)은 조절할 수가 없다. 유량계에 부착된 수위계의 0점에 물높이를 맞추어 교정하여 산업체에 교정결과를 제공해야하므로 교정할 때 물높이를 조정하지는 않았다.

수분 증발의 영향을 실험한 습식 가스미터는 Fig. 3의 Meter A와 Meter B이다. 이 두 유량계의 오차는 다른 유량계의 오차와 크기 및 경향이 비슷하다.

Meter A와 Meter B에 각각 소닉 노즐을 이용하여 일정 유량의 건조공기를 공급하고 기기를 통과한 유량을 벨 푸루버에서 수집하고 기기 출구에서 상대습도를 측정하여 수분 증발 영향 실험을 하였다.

Fig. 4의 그래프 상단에 표시된 데이터는 소닉 노즐을 기준으로 소닉 노즐의 유량과 벨 푸루버의 유량 의 오차를 나타낸다.

소닉 노즐에서 공급된 건조공기는 습식 가스미터를 통과하며 챔버의 sealing 액체인 물에서의 수분 증발로 인해 습식 가스미터의 출구에서는 포화상태에 가깝게 되고 증발된 수분의 영향으로 체적이 커져 벨 푸루버에서는 투입된 유량보다 큰 유량 값이 측정되었다.

습식 가스미터 출구에서 측정한 상대습도는 90%정도의 값으로 측정되었고, 이것을 사용하여 습도 보정을 한 데이터가 Fig. 4의 그래프 하단에 표시되어 있다. 습도 보정 후에 오차가 0% 근처에 위치함을 볼 수

있다.

본 실험의 결과로 습식 가스미터의 성능에 수분이 미치는 영향을 알 수 있었고, 습도 보정을 통하여 습식 가스미터의 오차가 감축됨을 확인하였다.

4. 결 론

습식 가스미터의 챔버내에 물을 넣어 사용하는 경우에 수분이 습식 가스미터의 성능에 미치는 영향을 고찰하였다.

습식 가스미터에 수분의 영향을 고려함으로서 기기의 오차가 감소하는 것을 확인하였다.

습식 가스미터 출구의 유량을 사용하는 경우에 수분이 기기의 성능에 지대한 영향을 미치며 습도보정을 하면 습식 가스미터의 성능을 향상시킬 수 있음을 본 실험에서 얻을 수 있었다.

또한, 습식 가스미터의 국산화 및 측정 기술에 유용한 데이터로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

(1) SIHAGAWA 정밀기기 주식회사, 1993, "습식가스미터용 드럼 발명"외 1건.

(2) 이진걸, 이만동, "계측공학",pp. 284.

(3) SIHAGAWA 정밀기기 주식회사, 1998, "W-NK 습식 가스미터 취급설명서".

(4) Gordon J. Van Wjlen, Richard E. Sonnatag, "Fundamentals of classical thermodynamics", pp. 427~430.