

# 유량 측정 오차의 주 요인(1)

## 모든 공정의 운전압력은 항상 일정할 수 없다

크게보면 특정공정의 운전압력은 일정한 상태를 유지하는 것처럼 보인다.

하지만 미시적으로 보면 모든 공정은 끊임 없이 압력의 요동속에 놓여있는 것이 현실적인 운전조건이다.

그러나 측정계기의 감도가 낮거나 측정값을 적절한 시간간격으로 받아들임으로써 운전자가 미시적인 측정값의 변동을 느끼지 못할 뿐이다.

하지만 이러한 운전조건도 부하변동이 매우 적은 장치산업등의 극히 일부의 공정에서 적용되는 운전조건이고 대부분의 공정에서는 기대하기 힘들다.

### 유체의 압력변화 양상

모든 유체의 이송배관에서 유체의 압력조건은 여러원인에 의해서 변화하는 양상이 달라지지만 결국 모든 압력변동의 근본원인은 배관내로 공급되는 유체의 양과 배출되는 유체의 양이 평형을 이루지 못하기 때문이다. 즉 아래의 그림과 같이 물질수지가 맞지 않는 경우가 될 것이다.

특정압력으로 운전되는 배관내의 압력조건이 변할 수 있는 구체적인 요인은 다음과 같다.

1) 배관내로 공급되는 유체의 양이 배관밖으로 유출되는 유체의 양과 많은 적은 차이가 있을 경우

2) 배관 전·후의 운전압력이 변할 경우

3) 배관내 유체온도가 변하는 경우

이상과 같은 변화양상은 배관내의 유체가 액체인가 기체인가(압축성인가 비압축성인가)에 따라 차이를 보인다.

즉 유체의 물질평형이 맞지 않을 경우 배관내의 압력변동은 액체에 있어서 매우 극심하고 상대적으로 기체의 경우 변동이 적게 된다.

특히 배관내의 한 지점에서 압력변동이 일어날 경우 그 변화 양상은 그 지점으로부터 멀어질수록 압력변동의 폭이 커지는 경향성을 보인다.

위와 같은 사례는 배관의 길이가 길면 길수록 압력변동의 영향이 커지는데, 단위공장내에서 혹은 타공장으로부터 특정유체를 공급받을 경우가 이에 해당하는 좋은 예가 된다.

뿐만 아니라 공급측이나 수용자측의 순간적인 압력변동은 배관내의 각 지점에서 얼마만큼의 변동폭으로 나타날지를 정확하게 예상하는 것은 거의 불가능하다.

이런 현상은 배관내의 불균일한 열손실에 의해서도, 특히 기체의 경우, 발생할 수 있다.

### 압력의 변동은 유량 변동!

배관내 유체의 압력이 변화하면 유체의 밀도는 당연히 변화한다. 그 변화정도가 액체의 경우 미미하지만(주지하듯이 비압축성이므로)

기체의 경우는 문제가 심각하다.

특히 증기유량의 경우 압력변동은 열손실등에 의한 기-액 평형상태의 변화등에 의해서도 이루어지고 이때, 증기의 밀도는 변하게 된다.

밀도의 변화는 결과적으로 질량단위의 유량 변동으로 표시된다.

### 압력변동과 유량변동의 실례

#### 1. 석유화학단지의 증기 수급 및 공급

일반적으로 장치산업의 운전부하량은 매우 안정적이어서 대부분의 유량은 변동폭이 매우 적다.

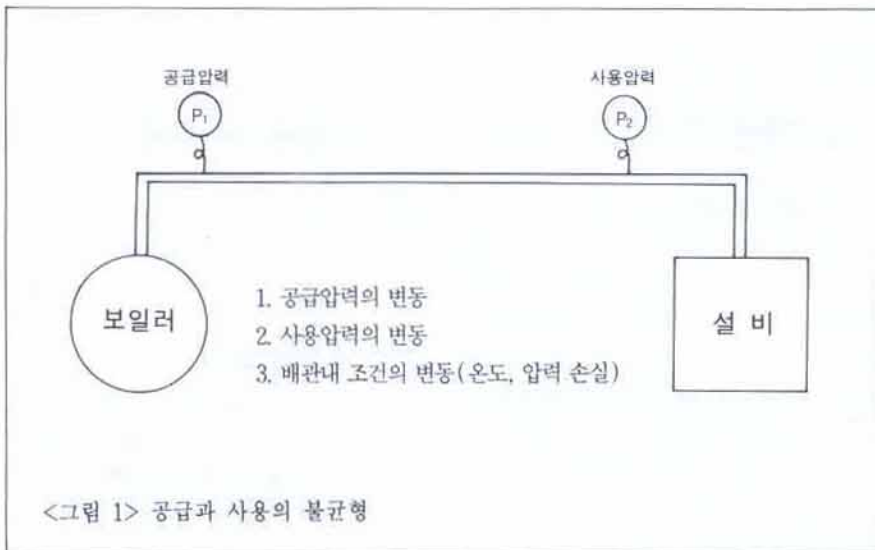
그러나 공정의 잉여증기를 공급(Export)하거나 공급받는(Import) 경우에는 그 양의 변동에 따라 증기헤더의 압력변동이 발생하고 밀도가 설계치와 달라지므로 측정유량은 많은 차이를 보이고 있다. (밀도보상을 하지 않는 경우의 유량측정값의 오차에 대해서는 "스파이렉스사코 유량계" 세미나자료 참조요망) 이러한 현상은 COMPLEX PLANT를 이룬 공정에서 많이 발생한다.

#### 2. 지역단위의 증기공급 시스템

최근 많은 공단 지역에서 에너지 절감의 일환으로 지역단위의 열병합발전소를 건설하여 전기생산과 공단내 각 공장으로 양질의 저렴한 증기를 공급하는 시스템이 늘어나고 있는 실정이다.

이때 배관의 설치구조와 각 공장의 증기사용특성상 압력의 변동은 필연적으로 발생한다. 물론 통상적으로 수용가측 증기배관전에 감압밸브를 설치하여 증기압력을 일정하게 유지하고자 하지만 공급측 및 수용자측 양쪽에서의 사용량 및 공급량의 변동은 증기압력의 변동을 필연적으로 수반하게 된다.

이러한 압력의 변동은 대부분 공정의 공정특성이 상대적으로 큰 부하변동비를 갖는 데서 연유한다.



### 3. 단위공장내의 압력변동

단위공장의 증기주관에서 각 사용설비별로 증기를 공급할 경우 주관의 압력과 각 사용설비에서의 압력은 기본적으로 차이가 나게 되며, 그 압력차는 배관내의 증기의 양에 따라 변하게 되는데 그것은 마찰력이 달라지기 때문이며, 뿐만 아니라 앞에서 설명했듯이 사용량의 급격한 변화를 증기공급압력이 따라가지 못하거나 아니면 공급압력의 변화를 사용처에서 빨리 맞추지 못하기 때문이다.

이상과 같이 모든 배관의 유체압력은 항상 진동 혹은 변하고 있다는 것을 염두에 두었을 때, 반드시 필요한 조치가 있다.

### 유량측정은 반드시 밀도보 상을!

유체의 압력이 변하고 그에따라 유체의 밀도변화를 야기하고 결국 정확한 유량측정에 실패하고 있음에도 불구하고 아직까지 우리나라 대부분의 유량계사용자나 심지어 전문적인 지식을 가지고 있을 유량계 판매자조차도 자의반 타의반(고객의 값싼 유량계 선호와 판매자의 비정상적인 판매욕구의 결합)으로 유체 특히 증기유량의 측정에 있어서 압력온도변화에 따른 밀도보상을 외면하고 있는 현실은, 가깝게는 부정확한 유량측정을 멀게는 전체 유량계에 대한 불신을 낳고 나아가 유체 사용량의 정확한 측정값에 기반한 에너지 절감이라는 궁극적인 목적을 불가능하게 하고 있다.

물론 이상과 같은 현실은 배관내의 유체의 압력이 일정하다는 가정하에 성립된 것이지

만, 유체의 압력변동에 밀도변화가 심각하지 않은 비압축성의 액체등에나 적합한 것임은 분명하다.

### 밀도보상의 몇가지 방법

기왕에 유체의 밀도를 보상하지 않는 경우 운전 압력의 변화에 따라 유량측정값은 심각하게 변하게 되는데 예를들어 유량계의 설계압력보다 운전압력이 약 0.5kg/cm<sup>2</sup>g 정도 증감할 경우, 실제 유량의 오차 증감은 5kg/cm<sup>2</sup>g 증기유체를 기준할 때, 약 5%가 증감하게 된다.

따라서 유체 특히 기체를 포함한 증기의 밀도보상 필요성은 최근 유량계 사용자들의 인식확대로 서서히 증가되는 경향성을 보이고 있다.

이에따라 기체 특히 증기유량의 밀도보상을 하는 방법으로는 다음의 두가지가 주로 사용되고 있다.

#### 1) 공식을 사용하는 방법

공식을 사용하는 방법은 하나의 밀도보상 장치를 여러가지의 유체에 범용으로 사용할 수 있기 때문에 널리 사용된다. 특히 그 공식은 보일-샤의 공식과 같은 비례식이나 이상기체방정식을 사용하는데, 이를 증기에 적용할 경우 보정계산상의 오차를 완전히 없앨 수는 없는 한계를 가지고 있다.

#### 2) 증기표를 이용하는 방법

증기유량의 밀도보상을 할 경우 1)에서 언급한 공식의 밀도보상계산상의 오차를

없애기 위해서는 매우 복잡한 증기비체적 공식을 사용해야 하는데, 이는 엄청난 양의 컴퓨터용량을 필요로 하므로 일반적으로 사용할 수가 없다. 그에따라 증기표를 컴퓨터에 내장하는 방식이 사용되기도 한다. 이 방식은 밀도보상과정의 오차를 거의 없앤 것으로 증기유량의 밀도 보상에는 꼭 필요한 방법이라 할 수 있겠다.

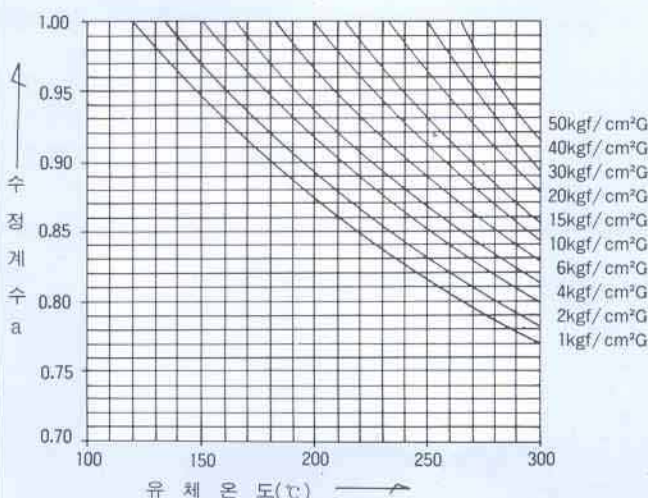
이상과 같은 밀도 보상에 있어서 발생할 수 있는 한가지 예를 아래의 그림을 참고로 살펴보기로하자.

아래의 그림은 과열증기의 유량을 측정함에 있어서 포화증기의 설계압력을 기준으로 하고, 과열증기의 온도를 측정함으로써 고열도에 따른 밀도를 보상하는 방식에 사용되는 그래프인데, 종종 사용자들로 부터 오해를 불러일으키고 있다.

즉 아래의 표는 과열증기의 설계압력이 변하지 않은 상태에서 과열도만을 보상하는 것이며, 압력의 변동에 따른 밀도보상은 전혀 고려되지 않은 것임에도 불구하고 (특히 과열증기에서 밀도변화의 가장 큰 변수는 역시 압력이다.) 간혹 몇몇 사용자들은 마치 과열도 측정용 온도계만 설치하는 것으로써 모든 밀도보상이 자동으로 되는 것으로 오해하기도 한다.

참고로 자동으로 밀도가 보상되는 유량측정시스템에서는 운전중에 유량계(혹은 컴퓨터)에 각종 보정계수를 수시로 변화시킬 필요성이 없음은 물론이다.

최소유량 수정계수



최대유량 수정계수

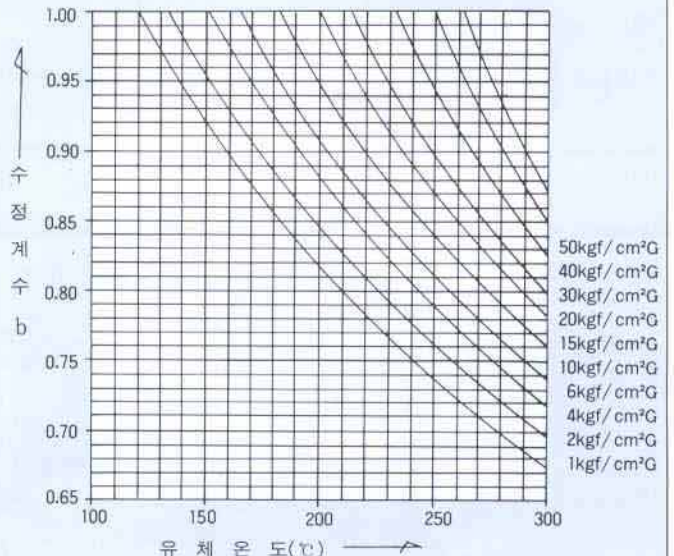


그림 2 과열증기 유량 수정계수 선정도