

3C1) 분진 자동 측정기의 수분 응축 자동 방지 시스템

Automatic Sample Conditioning System on PM10 Beta Gauge

김 중 구
KNJ 엔지니어링(주)

Beta ray 흡습법에 의한 입자상 물질 모니터의 Sample conditioning system 온도조절

1. 서 론

Beta ray 흡습법에 의한 입자상 물질 측정시 공기층에 포함된 습도가 다음과 같은 영향을 준다.

- 갑작스러운 mass의 증가
- Filter의 mass 감소
- 고농도 peak
- Negative 농도값

위와 같은 영향을 주는 조건으로는

1.1 온도 변화에 의한 상대습도 변화

Sample flow의 온도가 12℃ 감소하면 상대습도는 배가되고
Sample flow의 온도가 12℃ 증가하면 상대습도는 반이된다.

1.2 흡입시스템 내의 수분응축

공기흐름에 상대습도가 100%에 도달하면 수분은 물로 응축된다. 이 때 물의 밀도는 1000 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 이다. 이 때 Particulate monitor의 시료포집여지에서 mass는 대단히 빠르게 증가한다. 더 이상의 물방울이 생기지 않을 때 습도는 포집여지에서 증발하기 시작한다.

이 때 입자상 물질의 증가 속도 보다 수분 증발 속도가 빠르면 여지에 실리는 무게가 감소하는 결과가 되어 위와 같은 특성을 나타낸다.

예를들어 대기온도가 32℃, 50% 상대습도 였다면, 이 공기가 12℃줄어 20℃라고 가정하면 상대습도는 100%로 증가되어 흡입튜브에서 응축이 일어나 물이 생긴다.

1.3 높은 상대습도로 인한 습기의 흡수

a) Filter tape에 습기가 응축된다

Filter의 원료는 유리섬유를 사용하여 전형적으로 100% 상대습도에서 수분 0.2mass%를 흡수한다. 먼지가 모아지고 측정된 Filter Spot의 mass는 14mg($m/A=7\text{mg}/\text{cm}^2$, $A=2\text{cm}^2$)인 경우 Filter 재질의 최대 수분 질량은 28 μg 이다. 이때 일 평균 농도는 최악의 경우 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 씩 증가된다.

b) Filter에 모아진 먼지의 수분 흡수

높은 습도에서 (75% R.H 이상)는 먼지가 25mass% 까지 수분을 흡수할 수 있다. 예를들어 먼지가 1250 μg 이 여지에 모아졌다면 먼지는 1000 μg 이고 흡수된 물의 양은 250 μg 이다. 그러므로 상대습도가 높거나 증가하면 표시되는 먼지농도는 실제 먼지농도보다 높게 표시된다.

상대습도가 감소하면 Filter는 건조되고, 수분 mass는 감소한다. 이때 표시되는 먼지농도는 실제 농도보다 작게 나타난다.

매시간 먼지의 mass감소 보다 물의 증발량이 빠르면 그 결과 Filter에 쌓이는 것이 감소되는 결과 Negative 농도결과를 얻는다.

공기 온도가 가장 낮을 때인 이른 아침시간이나 밤에 습도는 최대치에 이른다. 해가 떠오르자마자 온도는 증가하고, 상대습도는 빠르게 감소된다. 이때 여지는 건조된다.

정오 또는 정오 전에 Negative 농도값이 최소가 되거나 균일하게 되는것이 전형적인 현상이다.

1.4 측정여지에서의 빠른 온도 변화

입자상 물질의 먼지측정시 측정여지 위에서 빠른 온도 변화는 Monitoring 신호를 손상 시킨다.

2. 높은 상대습도와 수분응축방지 및 온도 조절기의 급격한 온도 변화 완화 방법

1) 공기 흐름의 냉각을 방지하기 위하여 Container 내부의 Suction tube를 약 2cm 두께로 보온처리한다. 공기유량의 온도가 12℃ 더 냉각되면 상대습도는 두배로 증가하는 원인이 된다.

2) 실내 공기 온도 보다 흡입되는 공기 온도를 높게 유지하기 위하여 외부 Suction tube heater를 사용한다.

흡입 tube의 균일하고 순조로운 heating을 위하여는 보다 긴 부분을 가열하여 heater의 온도를 낮게 하여야 한다(typical, 40℃).

입자상 물질은 Ammonium salts를 포함하고 있기 때문에 온도가 40℃ 이상이면 gas 상태로 변하여 mass를 감소시키는 원인이 된다.

3) Automatic samples conditioning system TRS 사용(자동온도 조절 시스템)

최근에는 heater 온도의 급격한 변화나 수분 응축을 방지하기 위하여 공기 시료 흡입 장치에 온화한 humidity regulation을 위한 온도 조절시스템 (TRS)를 설치 대기온도 조건에 따라 자동 조절하는 Automatic sample conditioning system으로 입자상 물질 monitor를 운영한다.

Thermo에서 입자상 물질 monitor (model : FH62C14, 5030)와 함께 공급하는 external sampling tube heater는 길이가 3m와 1m 2종류이다.

기능적 원리

230VAC의 입력 전압은 조절기에 의해서 1.25VAC의 아주 작은 출력전압으로 저하되어 2m 길이의 stainless steel sampling tube(1.4301 16×2mm)가 ohmic 저항 가열기와 같이 작동되어진다.

공급한 구리판의(copper cable 16mm², copper tube 22×1mm)저항은 가열되는 tube section의 저항과 비교되어 매우 낮다. 그러므로 가열되는 거리를 넘어 stainless tube에 직접 가열없이 설정온도로 가열된다. 온도조절은 가열되는 부분의 끝에 위치한 T4 온도센서와 본체에 내장된 software PID-algorithm에 의해서 설정된 온도를 조절한다.

TI 센서는 공기온도를 측정하고 그 온도는 PM10 inlet의 유량을 계산하는데 요구된다.

온도조절 변압기는 아주 낮은 전압을 생산하여 heater에 공급하며 여기에 부착된 thermal fuse는 84℃ 온도에서 녹아버려 화재위험을 방지한다.

※ 보다 신형인 Model 5030은 Relative humidity sensor가 장착되어 온도설정 없이 상대습도에 따라 Sample inlet tube가 자동가열 된다.

Technical data

Sampling tube : 1.4301Stainless steel 16×2mm

Length : 3m

Heated tube length : 2m

PVC Protective tube : 40×2mm UV-Resistant

Diameter of the opening in the ceiling : at least 40mm

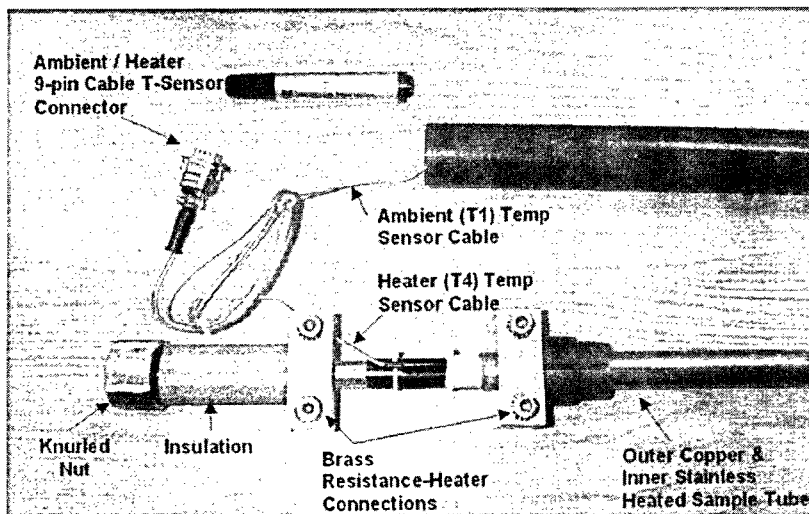
Distance between FH62xx (upper cover) and container roof(inside)

Controller type : PID(FH62xx)

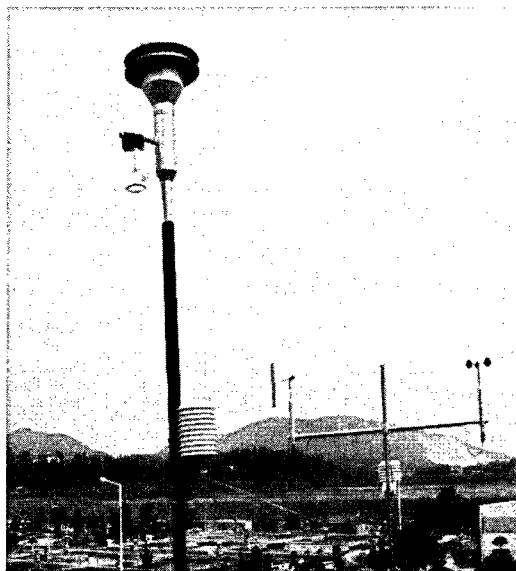
Accuracy : ±15k

Reaction time : about 5min (40° temperature voltage full heating performance)

-참고사진-



<Heated Sample Tube and Ambient/Heater Temperature Sensor Cable>



<PM10 Inlet>