

실내 공기 중 일산화탄소 측정방법 -

2017

전기화학식센서법

(determination of carbon monoxide in indoor by
electrochemical sensor method)

1.0 개요

1.1 목적

1.1.1 이 시험기준은 실내 공기 중의 일산화탄소 농도 측정 방법을 규정한다.

1.1.2 일산화탄소 분자의 전기적 산화 환원 반응 시에 발생하는 전자의 양을 감지하여 실내 공기 중 일산화탄소 농도를 연속 자동 측정하는 방법이다.

1.2 적용범위

1.2.1 이 시험기준은 실내 공기 중 일산화탄소 농도를 측정하기 위한 부 시험방법이다.

1.2.2 이 시험기준의 측정범위는 약 0 ~ 200 ppm이다.

1.3 간섭 물질

간섭성분은 밀폐된 기류에 많이 존재하는데, 여기에는 입자상 물질, 수증기, 이산화황, 질소산화물, 이산화탄소, 수소 및 탄화수소류가 있다. 의심되는 물질의 영향을 막기 위해서는 각 물질에 해당하는 스크리버를 사용하여야 한다.

2.0 용어정의

2.1 측정기기 교정가스

측정기기 교정에 사용하는 가스로서 제로가스, 스패가스 등 눈금 교정용 가스의 총칭

2.2 제로가스(zero gas)

측정기기의 제로값을 교정하는데 사용하는 가스

2.3 스패가스(span gas)

측정기기의 스패값을 교정하는데 사용하는 가스

2.4 제로 드리프트(zero drift)

어느 일정기간동안 측정기기의 영점에 대한 지시값의 변동

2.5 스패 드리프트(span drift)

어느 일정기간동안 측정기기의 스패에 대한 지시값의 변동

3.0 분석기기 및 기구

3.1 일산화탄소 측정장치

3.1.1 시료 도입부

보통 별도의 흡인펌프 없이 공기의 확산에 의하여 시료채취를 한다.

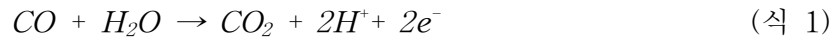
3.1.2 시료 분석부

3.1.2.1 전기화학식 센서 원리

그 구조는 측정물질의 산화가 일어나는 감응전극(sensing electrode), 감응전극에 외부

로부터 전압을 걸어줄 때 기준이 되는 기준전극(reference electrode), 감응전극에서 흐르는 전류만큼의 대응 전류를 흘려줌으로써 평형을 유지시키는 상대전극(counter electrode)으로 구성된다.

시료 공기 중의 일산화탄소 성분이 센서의 내부 감응전극에 확산되어 도달하면, 식 1과 같이 전극 표면에서 CO가 CO₂로 산화되고, 그 결과 전자가 발생한다.



이때, 상대전극에서는 식 2와 같이 감응전극의 반응과 평형을 유지하기 위하여 공기 중에 포함된 산소를 물로 환원시키는 반응을 수행한다. 결국, 센서는 일산화탄소 농도에 비례하는 전기적 신호(전류)를 발생하므로 이 전류를 측정하면 일산화탄소의 농도를 알 수 있게 된다.

3.1.2.2 성능

전기화학식 측정기기는 다음의 최소 성능 사양에 적합해야 한다.

- (1) 측정범위 : 0 ~ 100 ppm 이하
- (2) 분해능 : 0.1 ppm 이하
- (3) 제로 드리프트 : 최대 눈금값의 $\pm 2\%$ 이내
- (4) 스펜 드리프트 : 최대 눈금값의 $\pm 4\%$ 이내
- (5) 응답시간 : 2분 30초 이하

3.1.2.3 디지털기록계

디지털기록계는 분석된 일산화탄소 농도를 디지털로 표시 및 저장한다.

3.2 교정 장치

제로가스 및 스펀 표준가스로 교정이 가능하여야 하며, 지시부의 오차를 교정할 수 있어야 한다.

3.2.1 일산화탄소 변환기(converter)

변환기는 시료공기 중의 일산화탄소를 이산화탄소로 바꾸어 일산화탄소를 포함하지 않은 제로가스를 흘려보내게 된다. 약 90 °C로 가열한 백금(platinum)이나 팔라듐(palladium) 여과지를 사용한다.

3.2.2 혼합 챔버

혼합 챔버는 일산화탄소 표준 가스를 희석하여 교정 농도를 만드는 경우에 필요하다.

3.2.3 유량 조절기

유량 조절기는 교정가스로부터의 유량을 조정하고 조절할 수 있는 어떤 장치(밸브)라도 상관없다. 교정하는 데 희석 방법을 사용하고자 한다면 두 개의 장치가 필요하다. 희석하는 데 쓰이는 조절기는 $\pm 1\%$ 안에서 조절할 수 있어야 한다.

4.0 표준가스

4.1 측정기기 교정가스(calibration gases)

표시농도의 $\pm 2\%$ 범위의 정확도를 가져야 하며, 검사대행자를 통해 검증을 받아 합격한 것이어야 한다.

4.1.1 제로가스(zero gas)

질소 또는 공기 중의 일산화탄소 함유량 0.09 ppm 이하의 것을 사용한다.

4.1.2 스펀가스(span gas)

보통 일산화탄소와 질소 두 성분의 혼합가스로서, 측정기기 최대 눈금값의 80 ~ 90 % 농도를 사용한다.

5.0 시료채취 및 관리

시료채취조작은 다음과 같이 한다.

- (1) 기기의 상태, 입력시간 및 날짜를 확인한다.
- (2) 측정지점이 여러 곳일 경우에는 미리 장소별로 고유번호를 부여하여 측정 시 기록 등을 구별한다.
- (3) 시료 공기의 온도와 압력을 기록한다.
- (4) 전원을 넣고 일산화탄소 농도 지시값을 확인하여 충분한 안정화 시간을 갖는다.
- (5) 측정기기의 여러 가동 수치를 바르게 조절하기 위해 제조사의 취급 설명서를 따른다.
- (6) 적당한 기록장치(차트, 데이터 다운로드 등)로 농도를 기록한다.
- (7) 측정 중간에도 측정기기의 상태를 확인하여 고장 등 긴급한 상황 발생 시에는 신속한 조치를 취해야 한다.

[주 1] 담배의 연소과정에서도 일산화탄소가 발생하므로 흡연 장소를 피하여 측정위치를 선정하여야 한다.

6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

6.1 환경조건

- (1) 주위 온도는 5 ~ 35 °C 사이의 임의 온도로서 변화폭은 5 °C 이내일 것.

- (2) 습도는 상대 습도 $65 \% \pm 20 \%$ 이내일 것.
- (3) 대기압은 $95 \sim 106 \text{ kPa}$ 의 압력으로서 변화폭은 $\pm 0.5 \%$ 이내일 것.
- (4) 전원 전압은 정격 전압의 $\pm 10 \%$ 로 한다.
- (5) 예열 시간은 각 측정기기의 취급 설명서를 따른다.

6.2 측정기기 교정방법

측정기기 교정은 측정기기의 안정성 등 모든 변화를 감지하기 위해 필요하다.

- (1) 측정기기 및 교정 장치의 전원을 넣어 일산화탄소 농도의 지시값이 안정될 때까지 충분히 예열한다.
- (2) 제로가스를 설정 유량으로 흐르게 하고, 농도의 지시값이 안정되는 것을 확인한 후, 측정기기의 제로 조정을 한다.
- (3) 스펠가스를 설정 유량으로 흐르게 하고, 농도의 지시값이 안정되는 것을 확인한 후, 측정기기의 스펠 조정을 한다.

[주 2] 일산화탄소는 독성이 있는 가연성 기체이기 때문에 직접적인 흡입을 피해야 하며, 화재 및 폭발의 위험성이 있으므로 스펠가스를 다룰 때에는 주의해야 한다.

6.2.1 교정 주기

- (1) 분석기를 처음 구매했을 때
- (2) 감응 특성에 영향을 주는 유지 보수를 했을 때
- (3) 각 시료 채취의 전과 후 또는 분석기를 연속적으로 사용하는 경우에는 정기적으로 제로와 스펠 교정을 수행

(4) 제로드리프트와 스패드리프트가 허용범위를 초과할 때

6.3 측정기기 성능평가방법

6.3.1 제로 드리프트(zero drift)

측정기기에 제로가스를 설정유량으로 도입하여 8시간 연속 측정한다. 그 사이에 눈금값과 제로가스 초기 지시값과의 최대 변동폭을 구하고 다음 식에 따라 제로 드리프트를 구한다.

$$\text{제로드리프트(\%)} = \frac{|\bar{d}|}{\text{제로가스 초기지시값}} \times 100 \quad (\text{식 1})$$

여기서, d = 제로가스 초기 지시값으로부터 최대 편차

6.3.2 스패 드리프트(span drift)

측정기기에 스패가스를 설정유량으로 도입하여 8시간 내에 1시간 이상 간격으로 3회 이상 측정한다. 그 사이에 눈금값과 스패가스 초기 지시값과의 최대 변동폭을 구하고 다음 식에 따라 스패 드리프트를 구한다.

$$\text{스패드리프트(\%)} = \frac{|\bar{d}|}{\text{스패가스 초기지시값}} \times 100 \quad (\text{식 2})$$

여기서, d = 스패가스 초기 지시값으로부터 최대 편차

6.3.3 재현성(reproducibility)

측정기기에 동일한 제로가스와 스패가스를 설정 유량으로 도입하여 각각 최종값을 기록한다. 위 조작을 3 회 반복하여 제로값 및 스패값에 대한 편차를 구한다. 이 사이에서 초기 지시값과의 변동폭으로 재현성을 구한다.

6.3.4 직선성(linearity)

제로교정, 스펠교정을 실시한 후 기지농도의 중간점 가스를 도입하여 지시 기록한다. 이 지시값과 표준가스의 농도 표시값과의 변동폭으로 직선성을 구한다.

6.3.5 응답시간(response time)

측정기기에 제로가스를 설정유량으로 도입하여 지시값이 안정된 후, 유로를 스펠가스로 바꾼다. 이때의 지시기록에 있어서 스펠가스의 도입시점으로부터 최종 지시값의 90 % 값에 도달하기까지의 시간을 측정하여 응답시간으로 한다.

6.4 보수 점검

정확한 오염도 측정을 위한 정도를 유지하기 위하여 각 장치에 대해 각 정기점검을 실시하여야 한다.

6.4.1 센서의 수명 및 교체

센서는 공기에 접촉하는 것만으로도 열화가 진행되는데, 이러한 현상은 측정기기를 사용하지 않더라도 발생하며, 일정한 기간이 경과하면 사용이 불가능하게 된다. 그 수명은 접촉한 공기에 포함된 일산화탄소의 농도와 접촉 시간에 따라 다르게 나타나지만, 일반적인 환경에서는 약 2 년 단위로 점검, 교체해야한다.

6.4.2 입자상 여과지

여과지 위의 과도한 입자상 축적은 유량 이상 또는 시료공기로부터 일산화탄소 손실을 일으킬 수 있기 때문에 약 1주일 단위로 점검, 교체해야 한다.

6.4.3 일산화탄소 변환기(converter)

변환기는 보통 0 ~ 200 ppm 농도의 일산화탄소를 0.1 ppm 보다 낮게 변환시킨다. 교정 주기마다 점검하여 0.2 ppm 보다 초과되면 교체해야 한다.

6.4.4 아날로그 기록 시스템

차트 속도 설정, 게인(gain) 조절 설정, 잉크 공급, 종이 공급, 과도한 잡음, 분석기의 작동 상태 등의 스트립 차트 기록기(strip chart recorder)를 점검한다.

6.4.5 디지털 기록계

사용 설명서에 나온 대로 점검을 수행한다.

7.0 시약 및 표준용액

“내용 없음”

8.0 결과보고

8.1 유효숫자 자릿수 표기

부피농도(vol ppm)의 경우 소수점 이하 첫째 자리까지 표기한다.
(단, 측정기기의 분해능이 그 이상이면 둘째 자리에서 반올림하여 표기한다.)

※ 단위 환산

CO : 1 ppm = 1.14 mg/m³(25 °C, 1 atm)

8.2 측정결과의 기록

측정일, 측정기기명, 측정성분, 측정기기의 조작조건, 측정자명, 기타 필요한 사항 등을 기록한다.

9.0 참고자료

9.1 KS I ISO 12039, “고정 오염원—일산화탄소, 이산화탄소 및 산소의 측정 — 자동화 측정 시스템의 성능 특성과 교정”, 산업표준심의회, (2016)

9.2 NIOSH Manual of Analytical Methods 6604, “Carbon Monoxide”, National Institute for Occupational Safety and Health, Education and Information Division, Cincinnati, Ohio 45226, (1996)

9.3 ASTM D3162-94, “Standard Test Method for Carbon Monoxide in the Atmosphere (Continuous Measurement by Nondispersive Infrared Spectrometry)”, American Society for Testing Materials International, West Conshohocken, PA19428-2959, United States, (2005)

10.0 부록

“내용 없음”