

CO센서를 이용한 가정용 가스보일러 불완전연소 차단장치 개발

최경석, 조영도, 김지윤, 이호균*, 이동호*
한국가스안전공사, 귀뚜라미가스보일러*

The Development of Incomplete Detection Device Using CO Sensor for Domestic Gas Boiler

Choi Kyoung Suhk, Jo Young Do, Kim Ji Yoon, Lee Ho Kyun*, Lee Dong Ho*
Korea Gas Safety Corporation, Kiturami Gas Boiler*

1. 서론

우리나라 가스사용 가구는 약 1,600여만 가구, 전체 98 %에 해당하고 있으며, 특히, 겨울철에는 가스 사용량이 늘고 기온이 내려가면서 환기를 소홀히 할 경우 CO중독 사고발생의 우려가 높다. 현재 우리나라 가스보일러 설치현황은 2004년 6월 기준으로 가구 수 대비 50.8 %로 총 8,126천대가 난방용으로 사용되고 있다(도시가스 7,693천대, LG가스 433천대).

CO중독사고를 예방하기 위하여 그동안 우리공사를 비롯하여 사업자 단체별(협회 5단체) 및 가스관련 언론단체에서 적극적인 기기점검 및 홍보를 꾸준히 수행하였으나 가스보일러에서 CO중독 사망사고는 타가스사고 사망률 0.15명에 6배가 높은 0.9명에 달해 사고 1건당 1명이상 사망으로 조사되고 있어 안전점검 및 홍보에 의한 CO중독 사고예방에 한계를 나타내고 있다.

가스기기의 안전성을 크게 예방하기 위하여 가스보일러와 같은 가스기기에서 불완전연소 방지장치를 설치하는 것이 가장 중요한 문제이다. 이들 중 가장 심각한 문제는 불완전연소로 인하여 발생할 수 있는 CO중독사고이다. Thermocouple, Flame rod, CO Sensor와 같은 불완전연소 방지의 여러 가지 다른 센서들이 있다. 이러한 센서들 중 CO센서는 FE Type 가스기기들의 불완전연소를 가장 효과적으로 검지 할 수 있다. CO정보기에 적용하고 있는 반도체식 CO센서 그리고 Portable검지기에 적용하고 있는 촉매연소형태의 CO센서는 배기가스에 사용하기에는 적합하지 않았다. 이러한 이유로 다양한 형태의 CO센서의 평가를 수행하였고, 배기가스에 적용되도록 개선하는 연구를 하였다. 특히, 촉매연소방식의 CO센서에 대하여 단점을 최소화하고 센서의 수명을 연장하는 기술을 개발하였다. 이 방법으로 촉매연소형태 센서는 FE Type 가스기기에서 불완전연소를 검지할 수 있고 배기가스에 사용되었을 때 오랜 수명을 지닐 수 있게 확인되었다.

따라서 본 연구 목적은 가스보일러의 CO중독사고를 예방하기 위하여 부적합한 설치환경에서 다량의 불완전연소(CO)가 발생 할 경우 가스보일러 운전을 중지하는 불완전연소 방지장치를 개발하고, 국내 가스보일러에 동 장치를 적용하여 일정량 이상의 CO농도가 검출할 경우 가스차단 가능여부를 확인하였다.

2. 실험장치 및 방법

2-1. CO검출기 UNIT 구성

가정용 가스보일러 부착형 “CO 직접검출기 시스템”은 보일러 내에 연소된 폐가스 중에 CO량을 검출하여 본 시스템의 소형 모듈과 상응되는 신호에 의해 제어하는 형식의 개발품

이다. 한 개의 CO Sensor와 제어부(Controller)로 구성된 CO 직접검출기 시스템은 Fig.1과 같이 구성되었다. 제어부에는 센서의 출력 증폭기와 센서 주위온도에 따른 보상부로 구성되었다

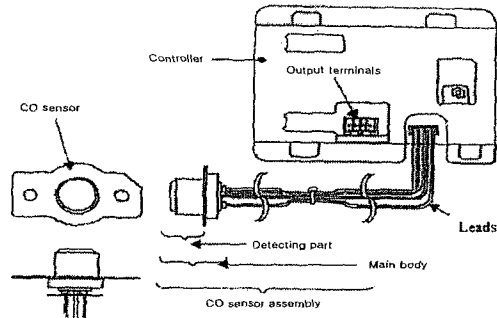


Fig. 1. CO 검출기 Unit

2-2. 불완전연소 방지장치 가스보일러 구성

CO검출기 Unit는 Fig.2와 같이 적용하였다. 가스보일러의 용량은 20,000kcal/h이고, CO 센서 부착용 연도설계는 CO센서에 영향을 주는 수분(응축수), 풍속을 고려하였다. 배기가스 풍속을 측정하기 위하여 영국의 Furniss사의 마이크로마노미터(FCO12)와 pitot tube를 사용하여 CO센서의 적용 유속범위인 0.5m/sec이하인 최적의 위치를 선정하였다. 또한 CO가스 포집기는 연소시 발생되어지는 일산화탄소를 균일하게 혼합시킨 뒤 센서를 이용하여 함유량을 검출하도록 설계를 하였다.

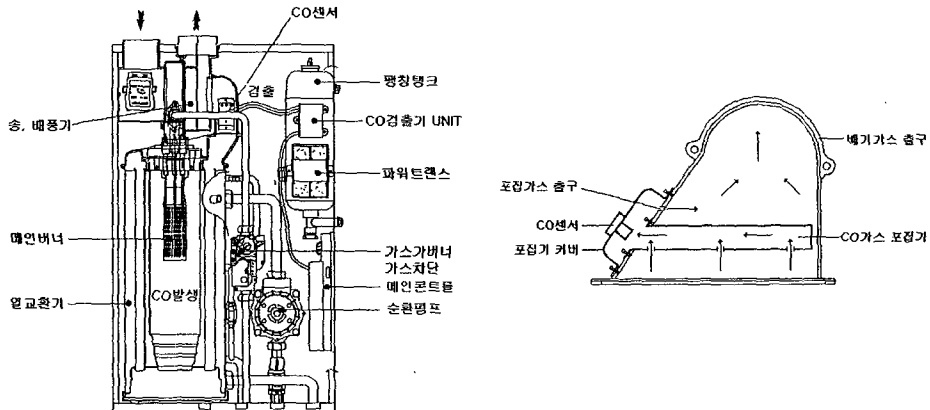


Fig. 2. 불완전연소 방지장치 가스보일러 구조도

2-3. CO농도 측정

Fig. 3은 CO농도분포를 측정하기위한 가스보일러 실험장치의 개략도이다. 실험실 크기는 W*D*H(4.9m*2.8m*2.0m)이며, 체적은 27.44m³인 항온항습실이다. 실험실내 CO농도 측정을 위하여 자실 내 1m간격으로 CO센서(CO₁, CO₂, CO₃, CO₄, CO₅)를 천정에 5개부착을 하

였으며, 또한 실험실 내 분출되는 CO농도를 측정하기 위하여 용량이 20,000kcal/h 인가스 보일러 내 CO센서(CO_B)를 부착하였고, 분출실험실 중앙에 CO농도를 측정하기 위하여 바닥으로부터 1.2m 위치에 CO센서(CO_C)를 부착하였다.

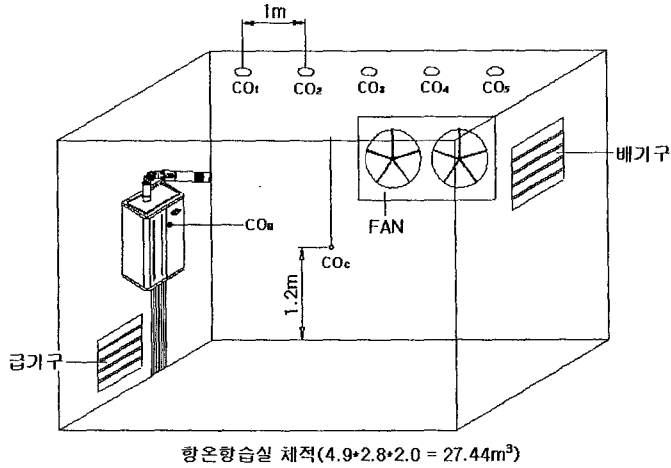


Fig. 3. CO농도분포 측정용 향온향습실

3. 실험결과 및 고찰

3-1. CO농도 분포

불완전연소 방지기능의 성능을 측정하기 위하여 가스보일러가 설치되어 있는 실내가 연소 배기가스에 의해 오염되었을 때 실내의 일산화탄소의 농도가 300ppm에 도달하기 이전에 pilot 버너 및 메인버너의 가스통로가 자동적으로 차단되는지를 나타내는 실험 데이터이다. 실험실체적이 27.44m³에서 약 9분이 경과해서 중심부 CO센서농도(CO_C)가 300ppm에 측정되었고, 이때 가스보일러 CO배출농도는 900ppm이다. 실험실내 CO농도분포는 가스보일러에 멀어질수록 CO농도는 크게 증대되었으며, 이는 가스보일러에서 배출되는 CO농도 속도론 인하여 보일러에 근접할수록 CO농도가 작아짐을 알 수 있다. 또한 보일러에서 배출되는 CO농도는 연소 후 약 1분 30초까지는 급격한 상승함을 알 수 있고, 이는 연소에 필요한 공기에 일산화탄소의 오염된 공기가 들어가면 배출가스에 CO농도는 급격해지기 때문이다.

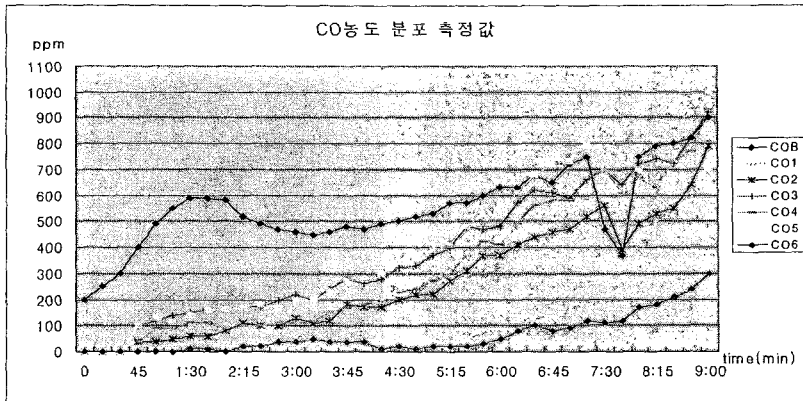


Fig. 4. CO농도분포 측정값

3-2. 폐가스에서 CO의 평균농도 검침

연소된 폐가스의 주성분은 CO, CO₂, O₂, NOx 등이며, 특히 가스보일러의 열교환기 출구에서 나오는 주성분의 분포도는 매우 불균일하다. 이 폐가스의 주성분을 일정한 분포로 유지하기 위해서는 열교환기 출구에 폐가스 유로를 설치해주어야 하며, 이 유로에 CO량을 검출할 수 있도록 CO Sensor를 부착해야한다. CO Sensor 설치 위치는 폐가스 속도에 영향이 없는 위치에 부착해야 하며, 그 위치는 열교환기와 폐가스 출구 사이에 있어야 한다. 가스보일러에서의 CO센서의 출력특성시험은 가스보일러의 배기구를 점진적으로 막으면서 시험하였다. 다음 Fig.7은 가스보일러에서 CO센서 출력특성 그래프이다.

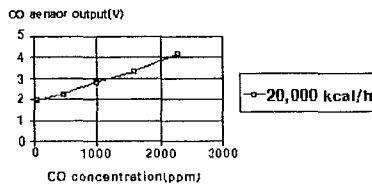


Fig. 5. 가스보일러에서 CO센서 출력 특성

3-3. CO Sensor의 특성

CO Sensor는 주위온도가 250 ℃이하에서 작동되어야 만하고, 가정용 가스보일러가 수명이 보통 10년 정도 유지되므로 CO Sensor의 수명도 이와 같아야 한다. 이런 이유로 CO Sensor개발에 필요한 특성은 High Accuracy, 폭 넓은 온도, 습도 범위에서 안정된 성능곡선, 빠른 반응, 내구성, 저 가격 등이다.

CO Sensor 구조는 Fig.6과 같다. Cylindrical Base에 Separator는 양측에 수직으로 Ni Conductor가 한쌍으로 구성되었고, Ni Conductor의 한 쪽에는 CO센싱 요소와 연결되었고, 다른 한 쪽은 온도보상요소와 연결되었다. 이러한 것들은 완전히 Metallic Cover로 봉입되어 있다.

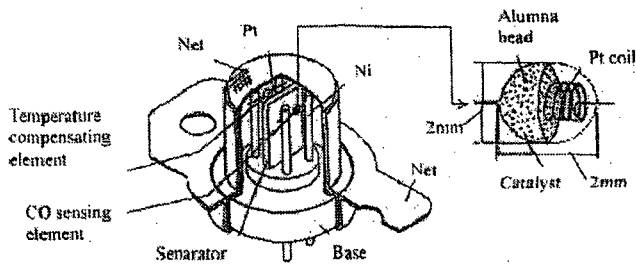


Fig. 6. CO Sensor 구조

정상온도에서 H₂가 50% 포함된 CO농도에서 CO센서 출력의 특성은 Fig.7과 같다.(이 특성은 기준DATA와 비교해 보기 위한 실험이다)

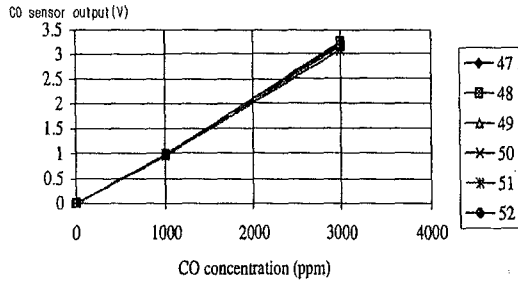


Fig. 7. CO센서 출력 특성

Fig. 8은 온도에 대한 신뢰도 특성그래프이다.

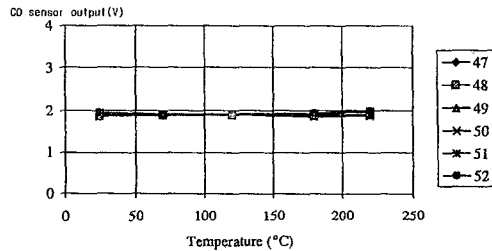


Fig. 8. 온도 신뢰성 특성

Fig.9는 내구성 및 정확성에 대한 실험 결과이다.

내구성시험

시험조건 : 1분 간격으로 1회 Cycle, 가스보일러 운전 |

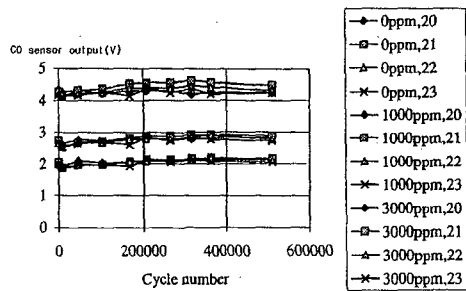


Fig. 9. 가스보일러에서 CO센서의 내구성

4. 결론

신 개발품인 CO농도 검출시스템은 Accumulate Control과 상호 작용으로 유해한 CO가스를 방지할 수 있으며, 결국 가스보일러의 가스공급을 자동적으로 차단할 수 있음을 확인하였다.

1) 온수성능시험으로 열효율은 약 85.3%이며, 배기가스온도는 162.5°C, CO센서 부착위치의 온도는 126°C로 측정되었다. 또한 일본 불완전연소방지기능 검사방법(JIA) 기준에 의

거 배기가스 CO농도가 300ppm이 될 경우 가스차단실험을 한 결과 대략 CO 농도가 290~300ppm에서 가스가 차단됨을 확인할 수 있었다.

2) 적용 국내 가스보일러의 PCB를 CO센서 전용 Program과 호환성 있게 수정하였으며, 배기가스 CO농도 측정실험을 위하여 CO 센서의 표시변화를 볼 수 있도록 CO unit control board를 개발하였다.

5. 참고문헌

1. T. Shinozaki, H Muraoka, N. Tsujisaka, T. Chihara, & T. Ohsawa: Safety Engineering, Vol. 19 No.3(1980)
2. T. Shinozaki, H Muraoka, N. Tsujisaka, T. Chihara, & T. Ohsawa: Safety Engineering, Vol. 19 No.4(1980)
3. Y.Yamaguti: Shinryou to Hoken, Vol. 13, No.7(1971)
4. 山口有紀, 朝山恒男, 難波三男, “不完全燃焼器警報器の開発“, 高壓ガス, vol.32 No.8, (1995)
5. 日本ガス機器検査協會, “불완전연소방지기능 검사기준(JIA G 024-97)”, (1997)
6. 한국가스안전공사, “가스사고연감”, (2003)