

가정용 가스 보일러 CO발생 검지 장치 전산해석

황계순, 박주원, 신동훈, 정태용, 채재우*, 최경석**

국민대학교, 인하대학교*, 가스안전공사**

CFD analysis of CO detecting device in household gas boiler

Hwang Jae Soon, Park Ju Won, Shin Dong Hoon, Chung Tae Yong,

Chae Jae Ou*, Choi Kyung Suhk**

Kookmin University, Inha University*, Korea Gas Safety Corporation**

abstract

본 연구는 가정용 가스 보일러의 배기가스 유동특성을 전산유체역학을 이용하여 정밀 분석하고 CO 검지 장치의 최적화 설계를 결정하는 것을 목적으로, CFD 상용코드 FLUENT 6.2를 이용하였다. 배기가스 포집위치에서 가스 유속의 균일성과 CO농도 검출기에서의 속도가 주요 성능 인자이며 포집기의 위치, 포집구멍의 크기 및 배기가스의 유량을 주요 변수로 선택하였다. 포집기의 위치는 배기부의 상부와 하부인 두가지의 경우이고 두 경우의 배관 높이 차이는 10 mm이다. 포집구멍의 직경 변화는 3 mm, 4 mm 및 5 mm인 세가지 경우이다. 마지막 변수인 배기가스의 유입속도는 20,000 kcal/hr용량의 k사 가스 보일러가 공기비 1.1일 경우에 정상 연소시 0.5 m/s임을 알았고 저부하와 고부하일 경우를 고려해서 0.3 m/s, 0.5 m/s 및 0.7 m/s의 세가지 경우를 변수로 결정하여 총 18가지 형태의 대상을 전산유체역학을 통해서 분석하였다. 궁극적인 목표였던 배기가스의 균일성은 한가지 경우를 제외 하고는 만족할만한 결과를 얻었기 때문에 CO검지 장치가 위치할 곳에서의 속도 및 포집구멍의 크기가 CO농도 검출기 유속의 주요 인자라 할 수 있다. 결론적으로 포집구멍의 크기가 5 mm인 6가지 경우 중에서 두가지 경우는 검지장치의 유효속도를 초과하였고 포집구멍의 크기가 3 mm인 경우는 검지장치의 유입 속도가 상대적으로 작으므로 포집구멍의 크기는 4 mm가 적합한 것으로 판단하였다.

Key word : CO sensor, Gas boiler, CFD, Safety

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 2005년 6월 기준으로 가구 수 대비 50.8%로 총 8,126천대가 난방용으로 사용되고 있다.

CO중독사고를 예방하기 위하여 그동안 가스안전공사를 비롯하여 가스관련 인문단체에서 적극적인 기기점검 및 홍보를 꾸준히 수행하였으나 가스보일러에서 CO중독 사망사고는 최근 5년간 CO중독으로 인한 인명피해는 110명이 발생하여 사고 1건당 2.8명의 인명피해율(사망률 : 1.3명, 부상률 : 1.5명)로 조사되었으며, 특히, 2005년도에는 전체 가스사고의 사망자(24명)중 가스보일러 사고 사망자(13명)가 약 54.2%를 점유하고 있어 안전점검 및 홍보에 의한 CO중독 사고예방에 한계를 나타내고 있다.⁽¹⁾

가스기기의 안전성을 크게 예방하기 위하여 가스보일러와 같은 가스기기에서 불완전연소 방지장치를 설치하는 것이 가장 중요한 문제이다. 지금까지는 불완전연소를 방지하기 위해서는 다음과 같은 2가지 시스템이 적용되어왔다. 첫번째로 화염온도검지로 불완전연소를 판

정하여 가스공급을 중단하였고, 두번째는 방안에 CO정보기를 설치하여 CO허용치 이상인 경우 가스를 차단하였으나, 화염온도감지는 비례제어 가스보일러의 경우에는 적용할 수 없다는 단점이 있고, CO정보기는 CO검지 반응속도가 늦어 사람이 CO중독된 상태에서 경보기능이 나타나는 경우가 있다.

결국 이러한 문제점을 보완하기 위하여 연소기 내부에서 직접 배기가스에 적용이 가능한 고온용 CO센서가 개발되었으며, CO센서는 FE Type 가스기기들의 불완전연소를 가장 효과적으로 검지 할 수 있었다. CO정보기에 적용하고 있는 반도체식 CO센서 그리고 이동식 검지기에 적용하고 있는 촉매연소형태의 CO센서는 배기가스에 사용하기에는 적합하지 않았고 촉매연소형태 센서는 FE Type 가스기기에서 불완전연소를 검지할 수 있고 배기가스에 사용되었을 때 오랜 수명을 지닐 수 있음을 알았다. 그 결과 불완전연소 발생 시 연소상태를 개선시킬 수 있고 또한 연소상태를 중지시킬 수 있다.

이에 따라 오동작 및 신뢰성 등으로 안전성이 문제점으로 대두되어왔으나, CO농도 직접 감지시스템(Direct Detection System)은 가스보일러 자체로 자동적으로 가스공급을 중지하고 CO발생을 제거하기 때문에 배기가스를 균일하게 포집하여야 함은 물론이고 CO센서 역시 정확한 분석을 하여야 하는 것이 요구된다.

2. 이론(실험 및 방법)

2.1 해석 대상

본 연구는 가정용 가스 보일러의 배기 가스 유동 특성을 전산유체역학을 이용하여 정밀 분석하여 CO발생 검지 장치의 최적화 위치를 결정하는 것을 목적으로 한다. 해석 대상은 가정용 가스 보일러의 배기부이며, 해석 도구는 상용 CFD 코드인 FLUENT 6.2를 이용하였다. 사용한 해석 모델로서 난류를 RNG k- ϵ 으로 적용하였다.⁽²⁾

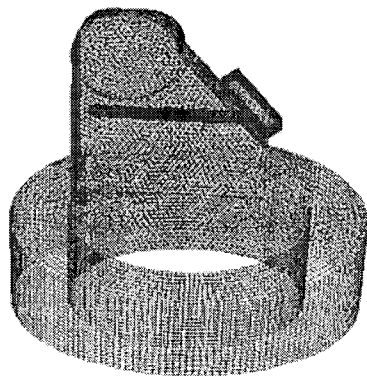


Fig 1 — 전체 격자 형상

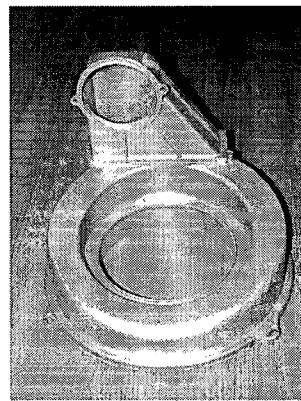


Photo 1 — 실제 형상

2.2 변수 설정

본 연구에 변수를 설정하기 위해서 20,000 kcal/hr 용량의 가정용 가스 보일러를 선택하여 공기비 1.1일 경우에 배기 가스의 유입속도(v)를 LPG연소반응을 이용하여 약 0.5 m/s임을 알 수 있었다.⁽³⁾ 그래서 보일러가 저부하일 경우와 고부하일 경우 모두를 고려하기 위해서 0.3 m/s, 0.5m/s 및 0.7 m/s의 유입속도 변수를 설정하였다. 또한 배기 가스의 물성치는 배기 가스가 120℃에서 배출되므로 120℃ 온도 보정을 통하여 물성치를 보정하여 입력하였다.

유입 속도가 아닌 다른 변수로서 포집기의 위치가 있다. 포집기의 직경(ϕ)은 최소 10mm로 정하였고 포집기의 위치는 type 1과 type 2 두가지 형태로 구분하였다. type 1과 type 2의 차이는 포집기 직경 만큼 type 2의 위치가 높게 위치한다. 마지막 변수로서 포집 구멍의

크기 변화이다. 유입되는 배기 가스가 포집되는 구멍의 크기 역시 중요 인자이다. 그래서 가스를 포집하는 포집 구멍의 크기를 3mm, 4mm 및 5mm로 변화 시켜가면서 연구를 수행하였다.

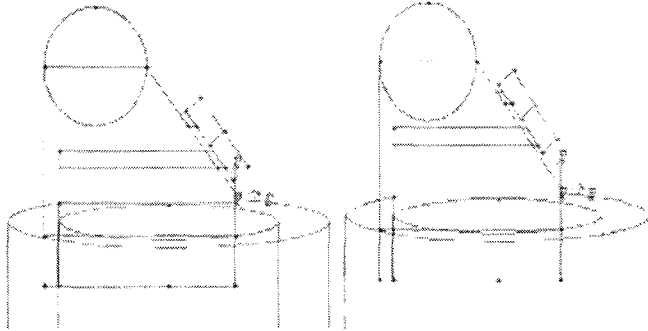


Fig 2 — Type 1

Fig 3 — Type 2

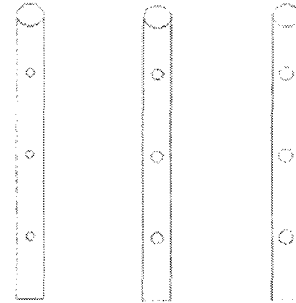


Fig 4 — 포집기 구멍 크기(Ø)에 따른 형상

3 실험(결과 및 고찰)

총 18가지 case를 시뮬레이션 하였고, 몇몇 특이한 경우에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

3.1 position type 1, Ø=3 mm, v=0.3 m/s

배기 가스의 주입 속도는 0.3 m/s 이고, 포집기 구멍의 크기는 3 mm로 하여 포집된 배기 가스가 균일하게 포집되었는지의 여부와 CO 검지 장치가 위치하는 가상 단면을 생성하여 평균 유속을 계산하였다.

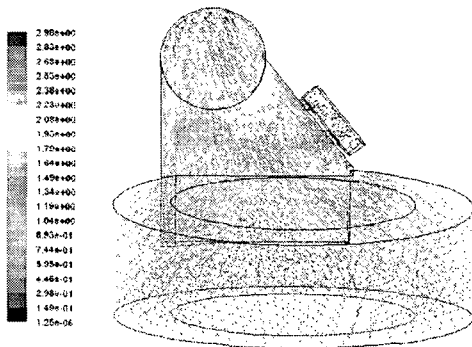


Fig 5 — position type 1, Ø=3 mm, v=0.3 m/s 인 경우의 속도 벡터

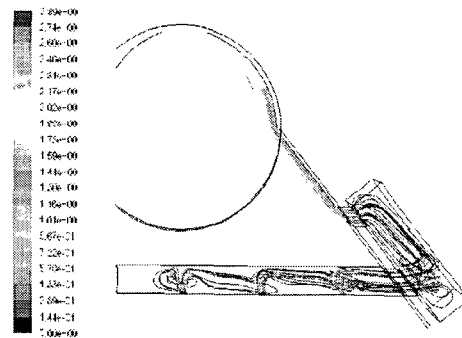


Fig 6 — position type 1, Ø=3 mm, v=0.3 m/s 인 경우의 path line

위의 경우는 비교적 균일한 배기 가스를 포집하였고, CO 검지 장치가 위치할 가상 평면에서의 유속은 0.048 m/s로 매우 느린 속도임을 알 수 있었다.

3.2 position type 1, Ø=4 mm, v=0.5 m/s

배기 가스의 주입 속도는 0.5 m/s 이고, 포집기 구멍의 크기는 4 mm로 하여 포집된 배기 가스가 균일하게 포집되었는지의 여부와 CO 검지 장치가 위치하는 가상 단면을 생성하여 평균 유속을 계산하였다.

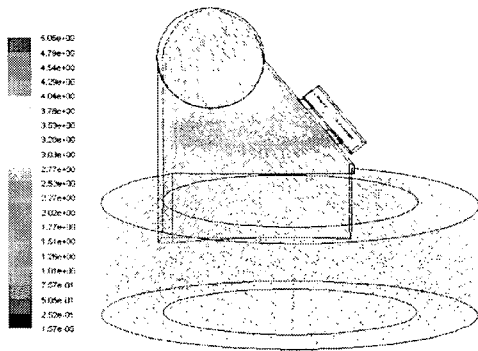


Fig 7 — position type 1, $\varnothing=4$ mm,
 $v=0.5$ m/s 인 경우의 속도 벡터

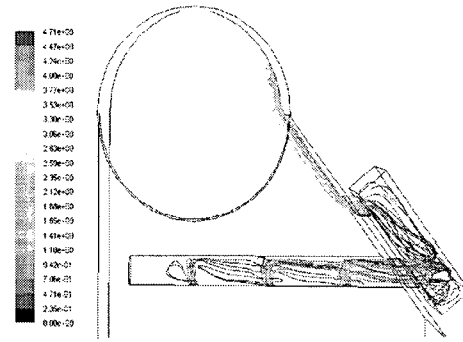


Fig 8 — position type 1, $\varnothing=4$ mm,
 $v=0.5$ m/s 인 경우의 path line

위의 경우는 비교적 균일한 배기 가스를 포집하였고, CO 검지 장치가 위치할 가상 평면에서의 유속은 0.152 m/s로 알맞은 속도임을 알 수 있었다.

3.3 position type 2, $\varnothing=5$ mm, $v=0.3$ m/s

배기 가스의 주입 속도는 0.3 m/s 이고, 포집기 구멍의 크기는 5 mm로 하여 포집된 배기 가스가 균일하게 포집되었는지의 여부와 CO 검지 장치가 위치하는 가상 단면을 생성하여 평균 유속을 계산하였다.

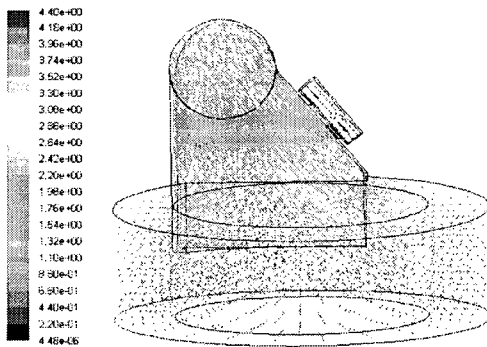


Fig 9 — position type 2, $\varnothing=5$ mm,
 $v=0.3$ m/s 인 경우의 속도 벡터

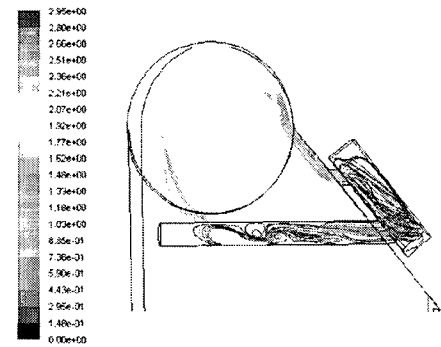


Fig 10 — position type 2, $\varnothing=5$ mm,
 $v=0.3$ m/s 인 경우의 path line

위의 경우는 균일하게 배기 가스를 포집하지 못하였고, CO 검지 장치가 위치할 가상 평면에서의 유속은 0.102 m/s로 알맞은 속도임을 알 수 있었다.

3.4 position type 2, $\varnothing=5$ mm, $v=0.7$ m/s

배기 가스의 주입 속도는 0.7 m/s 이고, 포집기 구멍의 크기는 5 mm로 하여 포집된 배기 가스가 균일하게 포집되었는지의 여부와 CO 검지 장치가 위치하는 가상 단면을 생성하여 평균 유속을 계산하였다.

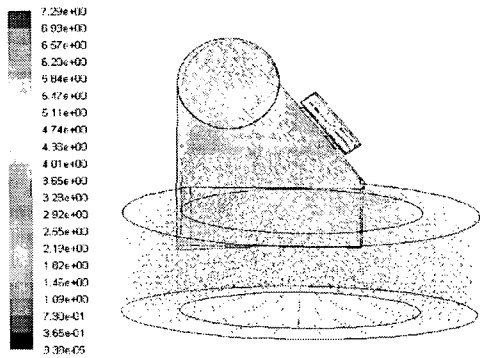


Fig 11 — position type 2, $\varnothing=5$ mm, $v=0.7$ m/s 인 경우의 속도 벡터

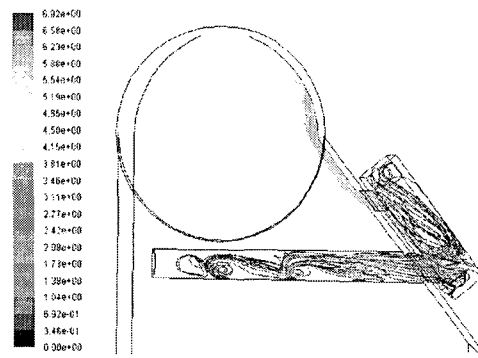


Fig 12 — position type 2, $\varnothing=5$ mm, $v=0.7$ m/s 인 경우의 path line

위의 경우는 균일하고 많은 양의 배기 가스를 포집하였지만, CO 검지 장치가 위치할 가상 평면에서의 유속은 0.268 m/s로 검지 장치에게는 부적합한 속도임을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서 궁극적인 목표였던 포집기에서의 배기 가스의 균일성은 16번째 case를 제외 하고는 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다. 그러므로, 또 다른 하나의 목표였던 CO 검지 장치가 위치할 곳의 속도가 배기 가스 CO농도를 검출하는 것의 주 요인이라 할 수 있다. 다음 표들은 포집기의 위치, 포집 구멍의 크기 및 배기가스의 속도에 따른 CO 검지 장치가 위치할 곳의 속도를 나타낸 표이다.

Table 1 — Position type 1일 경우의 속도

	$v=0.3$ m/s	$v=0.5$ m/s	$v=0.7$ m/s
$\varnothing=3$ mm	0.048 m/s	0.084 m/s	0.117 m/s
$\varnothing=4$ mm	0.087 m/s	0.152 m/s	0.216 m/s
$\varnothing=5$ mm	0.110 m/s	0.190 m/s	0.270 m/s

Table 2 — Position type 2일 경우의 속도

	$v=0.3$ m/s	$v=0.5$ m/s	$v=0.7$ m/s
$\varnothing=3$ mm	0.047 m/s	0.106 m/s	0.153 m/s
$\varnothing=4$ mm	0.096 m/s	0.165 m/s	0.235 m/s
$\varnothing=5$ mm	0.102 m/s	0.187 m/s	0.268 m/s

위의 표에서 알 수 있듯이 구멍의 크기가 $\varnothing=5$ mm이고 배기가스 유입 속도가 $v=0.7$ m/s 일 경우에는 두가지 경우 모두에서 CO 검지 장치의 유효 속도 범위(0.25 m/s이하)가 초과 함을 알 수 있다. 그러므로, 구멍의 직경은 5 mm가 되는 것은 타당하지 못하다.

또한 포집 구멍의 크기가 $\varnothing=3$ mm인 경우를 살펴보면 배기가스 유입 속도가 $v=0.3$ m/s 일 때 속도가 0.048 m/s와 0.047 m/s로서 매우 작음을 알 수 있다. 이는 가정용 가스 보일러의 저부하 영역에서 CO 검지 장치가 CO 농도를 정확히 파악하기 힘들 것으로 보인다.

결국, 포집 구멍의 최적의 크기는 $\varnothing=4$ mm인 경우이고 포집기의 위치는 Position type 1의 경우보다는 Position type 2의 경우가 적합하다.

5. 참고 문헌

1. 2005년 가스사고 분석, 한국 가스 안전 공사, <http://kgs.or.kr>
2. Modeling Turbulence, Fluent Manuals Version 6.2, 2005, Chap.8
3. 장철현; 채재우; 김순호, 연소공학, 동화기술, 2000, 3