

Butane-DME 혼합가스의 연소특성에 관한 연구

안재욱, 정태용, 황현철*, 김영규*

국민대학교, *한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study On the Combustion Characteristics of Butane-DME Mixture Gas

Jae Uk Ahn, Tae Yong Chung, Hyun Cheol Hwang*, Young-Gyu Kim*

Kookmin University, *Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety corporation

1. 서론

현재 가장 많이 사용되고 있는 화석연료인 석유는 온실가스의 주범인 이산화탄소를 다량 발생시키고 있으며, 그 매장량 및 매장지역이 한정되어 있기 때문에 환경적 또는 세계적으로 많은 문제를 안고 있다.^{(1),(2)} DME는 LPG와 유사한 물성을 지닌 청정 연료로서 연소 특성이 우수하며 세탄가가 높고 친환경적이며, 천연 가스나 석탄으로부터는 물론, 바이오매스나 폐플라스틱 등에 의해서도 제조가 가능하며 그 사용처도 발전용, 민생용, 자동차용 등 광범위하게 사용될 수 있다.^{(3),(4)} 국내에서는 공업용 원료로 DME를 생산하여 스프레이 등의 분사제로 사용하고 있으나, 연료용으로는 사용되지 않고 있다. 그러나 20세기 말부터 덴마크 등 유럽에서는 DME 제조 및 이용기술에 관한 연구가 활발히 추진되고 있으며 Haldor Topse 사와 덴마크 국립연구소 등에서 제조공정에 대한 연구가 추진되었고 AVL사 등의 연구소에서도 이용기술에 관한 연구가 추진되었다 또한, 미국, 일본 등의 선진국에서도 집중적으로 DME 관련 연구를 수행하고 있다. 몇몇 나라에서는 이미 천연가스를 개질한 DME(디메틸에테르)를 개발하여 트럭용 연료로 일부 사용하고 있는 실정이다 이러한 DME 연료는 차량용 연료로서 뿐만 아니라, 가정·상업용 연료로 사용되고 있는 Propane, Butane 등과 혼합을 통해 보안 연료로도 적용이 가능할 것으로 예상되고 있다 친환경적인 연료인 DME를 보급하기 위해서는 현재 구축된 유통인프라 상에서 Propane, Butane 등과 혼합하여 사용하는 것이 경제적·기술적으로 유리할 것이다. 따라서 Propane, Butane 등과 DME 혼합에 따른 연료의 특성에 대한 기초 연구와 가정·상업용 연료로서의 성분 비율 등에 따른 연소 특성 연구를 수행하여 최적의 혼합비율 등에 대한 기준을 확립하는 것이 상용화를 위하여 필요할 것이다. 이에 본 연구에서는 Butane-DME 혼합물을 각각 다른 혼합비에 따라 용기 내장형 이동식 가스난로에 적용하여, 가스난로 표면에서의 연소 현상과 방사 효율 등을 비교하여 Butane-DME 혼합 가스의 연소 특성을 알아보하고자 하였다

2. 실험장치

2-1. Butane-DME 혼합물

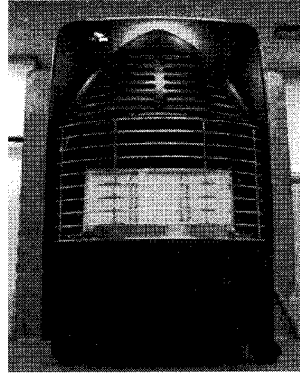
Butane-DME 혼합비에 따른 세라믹 방열판의 표면 연소 현상을 확인하기 위하여 Butane/DME 혼합비가 질량기준 100%/0%, 85%/15%, 80%/20%, 75%/25%, 70%/30%의 5 종류의 혼합 가스를 제조하였다 <그림 1>은 각각의 혼합비에 따른 Butane-DME 혼합 가스를 나타내고 있다.

2-2. 용기 내장형 이동식 가스난로 (방사형)

본 시험을 위하여 <그림 2>에 나타나 있는 국내 S사의 용기 내장형 이동식 가스난로를 사용하였으며, 그 제원은 <표 1>과 같다.



<그림 1> Butane-DME 혼합 가스



<그림 2> 가스난로

<표 1> 제원

가스종류	부탄가스
사용압력	2.3~3.3kPa
가스소비량	4.48kW(0.321kg/h)
용도	난방용
제조년월	2006.09

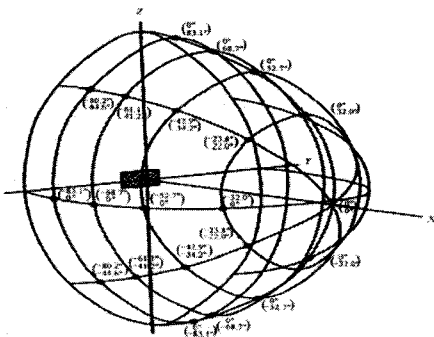
3. 실험방법

3-1. 표면 연소 특성

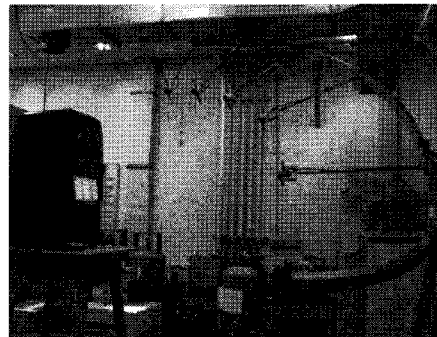
용기 내장형 이동식 가스난로의 방열판에서 연소 현상을 확인하기 위해 Butane/DME 혼합비가 각각 질량기준 100%/0%, 85%/15%, 80%/20%, 75%/25%, 70%/30%의 5종류의 혼합물에 대하여 연소 시험을 수행하였으며, 발열량 차이에 따른 가스난로의 방열판에서의 변화를 관찰하였다.

3-2. 방사 효율 측정

방사 효율 측정은 KS B 8125에 의해 <그림 3>과 같이 33점의 방사 강도를 측정하였으며, 구의 반지름은 1m로 하였으며, (1)의 식을 적용하여 방사 효율을 구하였다.⁽⁵⁾ 방사 효율 측정 시험은 인증기관인 한국가스안전공사에서 수행하였다 <그림 4>는 방사 효율 측정 시험 장소를 나타내고 있다.



<그림 3> 방사 강도 측정 방법



<그림 4> 방사 효율 측정 시험 장소

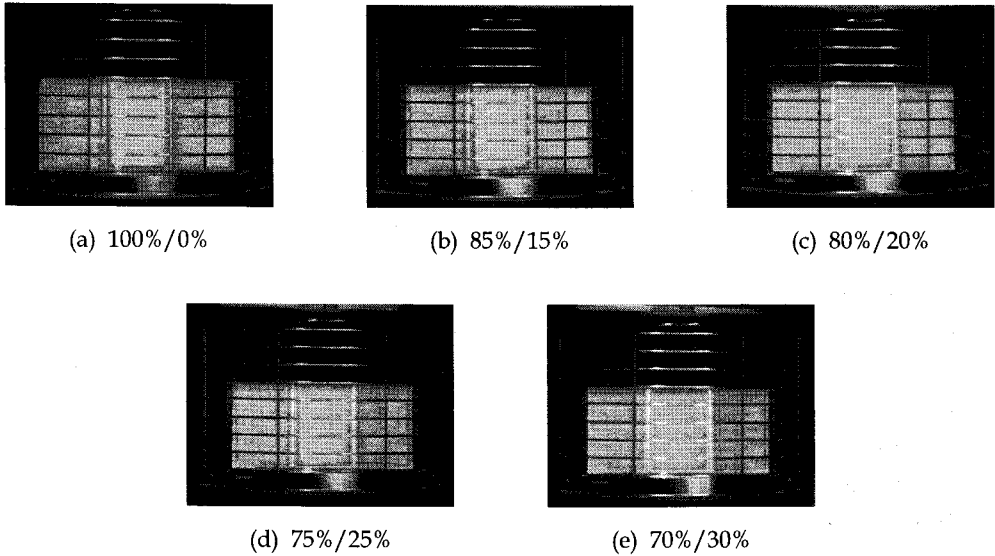
$$\eta = \frac{2\pi r^2 \sum E_i}{33I} \times 100 \quad (1)$$

- η : 방사 효율(%)
- r : 구의 반지름(m)
- E_i : 각 점의 방사 강도(kW/m²)
- I : 인풋(kW)

4. 실험 결과

4-1. 연소 현상

<그림 5>의 (a)에서 (e)까지는 Butane/DME 혼합비가 각각 질량기준 100%/0%, 85%/15%, 80%/20%, 75%/25%, 70%/30%의 5종류의 혼합물에 대한 용기 내장형 이동식 가스난로의 방열판에서의 연소 현상을 보여주고 있다. 그림에서와 같이 DME 혼합비율이 많아질수록 화염의 색이 열어지는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 통해 DME 혼합비가 많아질수록 연소 온도도 낮아질 것으로 추측할 수 있었다. 이는 DME의 발열량이 적어 DME 혼합비가 커질수록 화염의 색이 열어지는 것으로 사료된다.



<그림 5 Butane-DME 연소 실험>

4-2. 방사 효율

<그림 3>과 식 (1)을 이용하여 방사 효율을 측정된 결과, <표 2>에서 방사 효율은 DME 혼합비가 커질수록 점점 낮아지는 것을 확인할 수 있었으며, Butane-DME 혼합비가 70%/30%인 경우는 방사 효율이 20% 이하로 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 5종류 모두에서 방사 효율 기준치인 17%를 초과하였다.⁽⁵⁾ 그러나 <표 3>에서 방사 효율비를 살펴보면 Butane/DME 혼합비가 85%/15% 인 경우, Butane 100%가 사용되었을 경우에 대하여 80%에 가까운 수준의 효율을 나타내고 있었으나, 75%/25%, 70%/30%의 경우, Butane 100%가 사용되었을 경우에 대하여 70% 이하의 수준을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.

<표 2> Butane-DME 혼합비에 따른 방사 효율

Butane-DME 혼합비	100/0	85/15	80/20	75/25	70/30
방사 효율	29.5%	23.2%	20.9%	20.6%	18.6%

<표 3> Butane 100%에 대한 Butane-DME 혼합비에 따른 방사 효율비

Butane-DME 혼합비	100/0	85/15	80/20	75/25	70/30
방사 효율 감소비	100%	78.6%	70.8%	69.8%	63.1%

5. 결론

본 연구에서 butane-DME 혼합물의 혼합비에 따른 방열판에서 연소현상을 확인한 결과 Butane/DME 혼합비가 각각 체적기준 100%/0%, 85%/15%, 80%/20%, 75%/25%, 70%/30%로 DME의 혼합비가 많아질수록 DME의 발열량이 적어 화염의 색이 열리는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 방사효율 측정시험 결과 Butane/DME 혼합비가 각각 체적기준 100%/0%, 85%/15%, 80%/20%, 75%/25%, 70%/30%로 DME의 혼합비가 많아질수록 방사 효율 역시 낮아지는 것을 확인할 수 있으나, 모든 경우에 대하여 방사 효율 기준치인 17% 이상을 나타냄을 알 수 있었다. Butane 100%가 사용되었을 경우에 대하여 Butane-DME의 혼합비에 따른 방사 효율비 고찰 결과, DME의 혼합비가 많아질수록 방사효율이 떨어지므로 Butane-DME 혼합물에서 Butane 100%를 사용하였을 경우와 유사한 성능을 얻기 위해서는 노즐 직경 등과 같은 장치의 구조 변경이 필요할 것으로 사료된다

6. 참고 문헌

1. J. J. Winebrake and B. P. Creswick, 2003, "The Future of Hydrogen Fueling Systems for Transportation: An Application of Perspective-based Scenario Analysis Using the Hierachy Process", *Technological Forecasting & Social Change*, 70, 359.
2. Akansu SO, Dulger Z, Kahraman N, Veziroglu TN, 2004, "Internal combustion engines fueled by natural gas-hydrogen mixtures", *Int J Hydrogen Energy*.
3. Toshiyuki Seko, "자동차용 연료로서의 DME의 개발동향에 대하여", *자동차 연구*, 제 20 권 제 2호, pp. 59~66, 1998.
4. Spencer C. Sorenson Michael Glensving and Duance L. Abata, "Dimethyl Ether in Diesel Fuel Injection System", SAE 981159, 1998.
5. KS B 8125, "용기내장형 이동식 가스난로", 산업자원부 기술표준원, 2007.