

# Hydrox Gas 혼합연소특성에 관한 연구

김홍건<sup>+</sup>, 락이구<sup>\*</sup>

(논문접수일 2009. 12. 2, 심사완료일 2010. 2. 8)

## A Study on the Characteristics of Mixed Combustion for Hydrox Gas

Hong Gun Kim<sup>+</sup>, Lee Ku Kwac<sup>\*</sup>

### Abstract

Hydrox gas which is the mixed gas of hydrogen and oxygen gained from water electrolysis is one of the new clean energy sources and thus is researched and commercialized actively. Especially, it can be replaced the fossil energy and shows the better quality compared to the conventional energy such as LPG or acetylene gas. The mixed gas of hydrogen and oxygen is gained from water electrolysis reaction. It has constant volume ratio 2:1 of hydrogen and oxygen, and it is used as a source of thermal energy by combustion reaction. Further, hydrox gas is nearly a mixed ideal gas combusting itself completely and its combustion shows a unique characteristics of implosion. In this study, temperature rise effects on hydrox gas content through mixed combustion test of kerosene and hydrox gas and LPG and hydrox gas are investigated. It is also confirmed that economy of mixed combustion of hydrox gas as effective energy is fairly probable.

**Key Words** : Hydrox Gas(수산소 가스), LPG(액화석유가스), Ethylene gas(에틸렌 가스), 등유(kerosene)

## 1. 서론

최근 국외에서는 물론 국내에서도 상용화 및 응용 연구가 활발히 진행 중인 물을 전기분해 하여 얻어진 수소와 산소의 혼합가스(Hydrox Gas)는 화석연료를 대체할 수 있는 청정

에너지원이며, 기존의 연료가스인 LPG와 아세틸렌가스 등과 같은 화석연료에 비해 경제적, 환경측면에서 우수한 특성을 보여 큰 관심의 대상이 되고 있다<sup>(1-3)</sup>.

현재 Hydrox Gas를 이용한 응용 연구분야 중 절단부문에 서 우수한 특성을 보여주고 있으며, 최근 물을 전기분해하여

<sup>+</sup> 전주대학교 기계자동차공학과  
<sup>\*</sup> 교신저자, 전주대학교 공학기술종합연구소 (kwac29@jj.ac.kr)  
주소: 560-759 전북 전주시 완산구 백마길 45

발생된 수소와 산소가스를 열원으로 한 Hydrox Gas 절단공정은 기존 가스절단에 비해 절단 품질, 절단속도의 향상뿐만 아니라 친 환경적인 청정원료로 각광 받고 있다. 이러한 절단의 우수한 특성은 연소기에서도 여러가지 측면에서 우수한 특성을 유지할 것으로 기대되며, 본 논문에서는 LPG 단독연소 및 LPG 혼합연소시험을 통하여 Hydrox Gas의 첨가량에 따른 온도 상승효과와 LPG와 Hydrox Gas의 혼합연소시의 에너지 사용량 감소의 가능성을 확인하고자 하였다. 또한 등유와 Hydrox Gas의 단독 및 혼합연소시험을 통하여 Hydrox Gas의 함유량에 따른 온도 상승효과와 등유와 Hydrox Gas의 혼합연소시의 에너지 절약의 가능성을 확인하고자 하였다<sup>(1-4)</sup>.

## 2. Hydrox Gas 발생원리

Hydrox Gas란 물(H<sub>2</sub>O)의 구성비 그대로 수소와 산소가 2:1로 혼합된 상태의 혼합가스를 말하며, 물연료 자동 공급 장치에서 생산되는 완전무공해 연료를 말한다. 고도의 전기분해 기술에 의한 물의 해리작용으로 생성되는 하이드록스는 자체산소에 의해 완전 연소되는 이상적인 혼합기체로서 임플로전(Implosion)현상에 의해 하이드록스만의 독특한 연소특성을 나타낸다. Fig. 1은 물의 전기분해에 의해 발생하는 하이드록스의 발생 메카니즘을 나타내었다<sup>(4-5)</sup>.

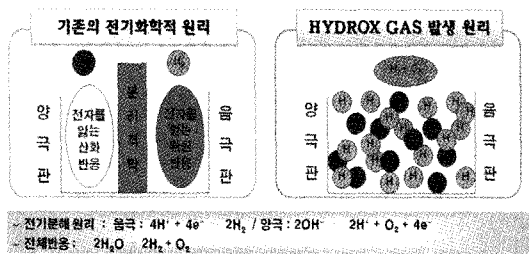


Fig. 1 Generation of hydrox gas

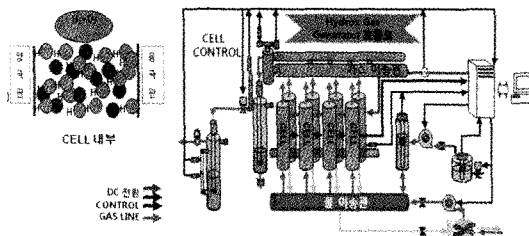


Fig. 2 Schematic diagram of hydrox gas generator

본 논문에서의 Hydrox Gas 발생은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 일반적인 전기분해장치와 달리 분리격막이 없으며, 전극간의 거리를 최적화 하여 효율증대 하였으며, 양 전극사이에 형성되는 저항을 최소화 하였고, 전기분해 속도향상하여 효과적인 실용화 장치 개발 하였다. 또한 전기분해시 발생하는 열을 최소화하여 효율을 극대화 하였다.

Hydrox Gas는 수소와 산소의 혼합가스로서 일반적인 열현상에서 보이는 보편적인 폭발현상이 나타나지 않으며 대신에 독특한 내폭 현상이 발생한다. Hydrox Gas가 연소하면 완전한 중성의 물만이 생성될 뿐 화재의 위험이 전혀 없으며 그 외의 일체의 부산물이 생성되지 않으며, 수소와 산소로 이루어진 혼합기체이므로 직접연소가 가능하며, 밀폐된 장소에서 연소시 외부에서 별도의 기체를 공급할 필요가 없어 환기나 배기설비가 필요 없다. 또한 초고온의 열이 발생하며, 진공을 유도하여 불꽃이 분산되지 않고 초점을 형성하고, 주위로 열선을 방출하지 않는 특성을 가지고 있다.

## 3. 실험방법

LPG의 혼합연소시험에서는 Fig. 3과 같이 뒷부분이 Open된 연소시험장치의 표면에 4개의 Thermocouple을 설치하고 LPG와 Hydrox Gas를 연소/혼소 시킨 후, Data logger를 이용하여 1초 간격으로 30분 동안 연소로 표면온도를 측정하였다. Table 1과 같이 LPG 0.84 l/min 단독연소와 Hydrox Gas의 혼합비율에 따라 4가지의 혼합연소시험을 수행하였다<sup>(5-6)</sup>.

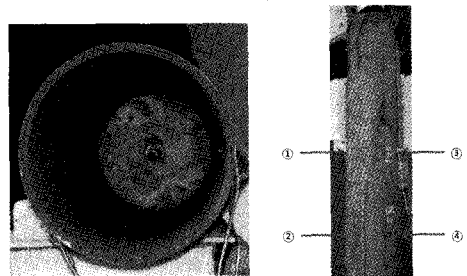
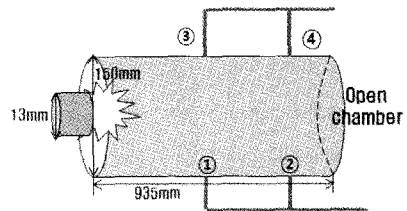


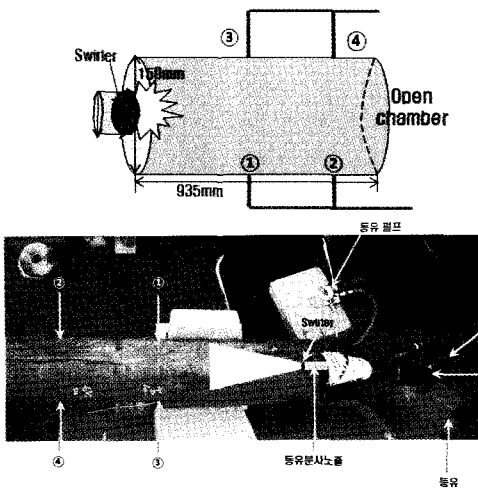
Fig. 3 Combustion system for mixed LPG and hydrox gas

**Table 1** Test condition of combustion for mixed LPG and hydrox gas

	Outside Temp	Surface Temp.	LPG (ℓ/min)	Hydrox gas (ℓ/min)
LPG_1	6.0°C	3.5°C	0.84	-
LPG+Hydrox1	11.8°C	14.7°C	0.84	1.49
LPG+Hydrox2	11.4°C	11.0°C	0.84	2.23
LPG+Hydrox3	10.8°C	17.2°C	0.84	2.98
LPG+Hydrox4	10.4	11.0	0.84	4.47

**Table 3** The test result of co-combustion of mixed LPG and hydrox gas

	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
LPG_1	127.0	74.0	129.0	73.0
LPG+Hydrox1	136.0	97.5	131.5	90.0
LPG+Hydrox2	152.0	102.5	154.5	101.5
LPG+Hydrox3	153.5	121.0	157.0	120.0
LPG+Hydrox4	164.5	126.5	173.0	130.5

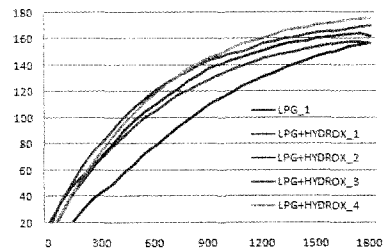


**Fig. 4** Combustion system for mixed kerosene and hydrox gas

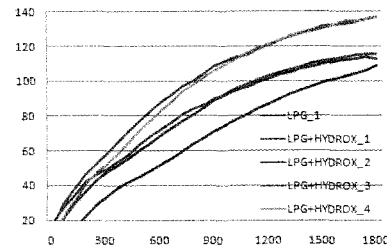
**Table 2** The test condition of combustion for mixed kerosene and hydrox gas

	Outside Temp	Surface Temp.	LPG (ℓ/min)	Hydrox gas (ℓ/min)
Kerosene1	14.2	17.8	46.1	-
Kerosene+Hydrox1	14.8	19.0	46.1	2.98
Kerosene+Hydrox2	14.6	19.8	46.1	5.96-4.47
Kerosene+Hydrox3	14.7	18.5	46.1	8.94

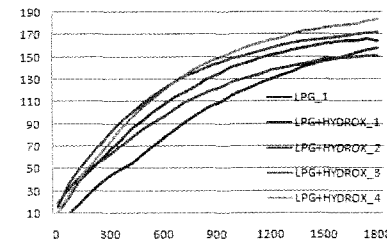
등유의 혼합연소 실험에서도 Fig. 4와 같이 뒷부분이 Open 된 연소로 표면에 4개의 Thermo-couple를 설치하고 등유를 연소/혼소 시킨 후, Data logger를 이용하여 1초 간격으로 10분 동안 연소로 표면온도를 측정하였고, Table 2와 같이 등유 46.1 ℓ/min 단독연소와 Hydrox Gas의 혼합비율에 따라 3가지의 혼합연소시험을 수행하였다.



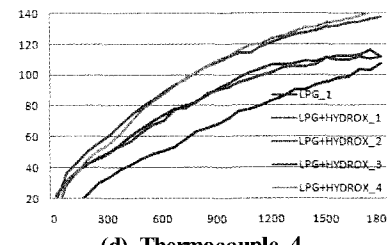
**(a) Thermocouple 1**



**(b) Thermocouple 2**



**(c) Thermocouple 3**



**(d) Thermocouple 4**

**Fig. 5** The outside temperature of combustion system for mixed LPG and hydrox gas

### 4. 실험결과 및 고찰

LPG와 Hydrox Gas의 혼합연소에서 Table 3과 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 LPG 4.00°C/ℓ의 온도상승 효과 있었으며, Hydrox Gas 0.37°C/ℓ의 온도상승효과 있었다. Hydrox Gas 1ℓ(수소 0.67ℓ, 산소 0.33ℓ)는 LPG 0.09ℓ와 같은 온도상승효과를 나타내었다. 수소 저위 발열량이 10.79kJ/ℓ, LPG 저위 발열량이 91.15kJ/ℓ인 것을 감안하면 수소 0.67ℓ에서 나오는 발열량 효과인 7.23kJ보다 높은 8.20kJ의 효과를 보여 주었다.

또한, Hydrox Gas 첨가량이 증가할수록 화염의 크기는 작아지는 현상을 보여 주었으며, 그 원인은 분출유량 증가하면서 분류속도가 증가하고 이에 따라 난류강도가 커짐으로써 화염크기가 감소된 것으로 사료되며, Fig. 6에서 나타낸 바와 같이 화염길이가 길어지는 현상은 분출유량 증가하면서 분류속도가 증가하고 이에 따라 반응시간 증가함으로써 화염의 길이가 길어지는 것으로 사료된다.

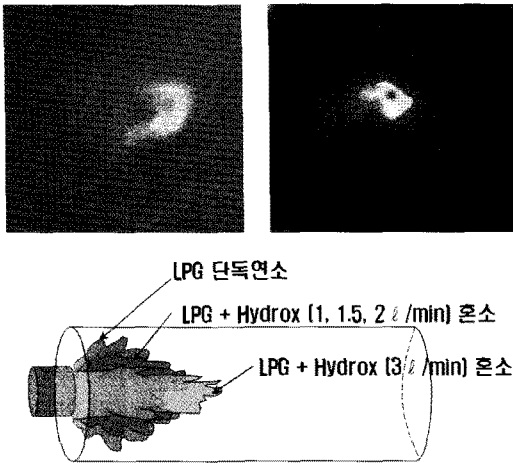


Fig. 6 Flames characteristics in co-combustion of mixed LPG and hydrox gas

Table 4 The test result of co-combustion of mixed kerosene and hydrox gas

	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)
Kerosene1	101.0	87.5	114.5	100.0
Kerosene+Hydrox1	96.5	94.5	94.5	95.5
Kerosene+Hydrox2	103.0	91.0	119.5	102.5
Kerosene+Hydrox3	104.5	96.5	125.0	106.0

등유의 혼합연소에서 Table 4와 Fig. 7에 나타낸 바와 같이 등유 220°C/ℓ의 온도상승 효과 있었으며, Hydrox Gas 0.092°C/ℓ의 온도상승 효과 있었다. Hydrox Gas 1ℓ(수소 0.67ℓ, 산소 0.33ℓ)는 등유 0.00042ℓ(0.3696 kcal/ℓ)와 같은 온도상승효과를 나타내었다.

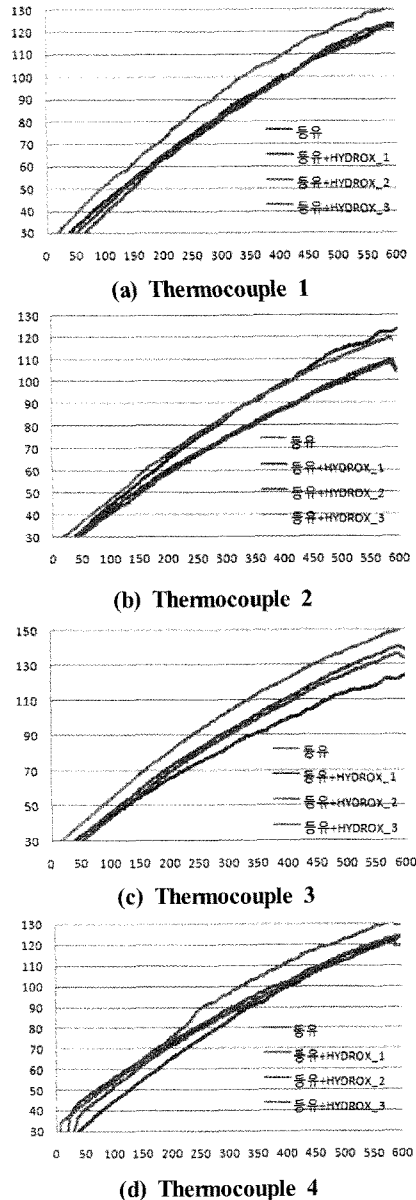


Fig. 7 The outside temperature of combustion system for mixed kerosene and hydrox gas

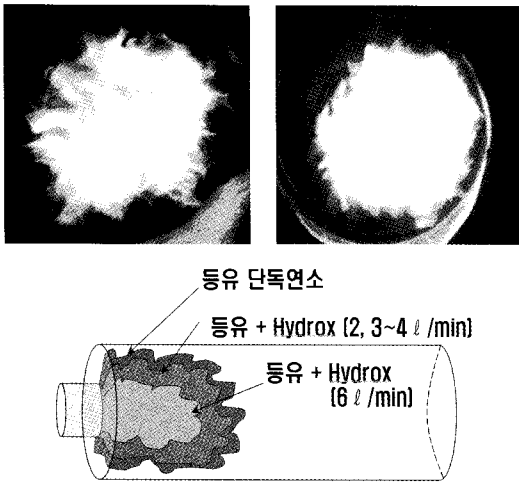


Fig. 8 Flames characteristics in co-combustion of mixed kerosene and hydrox gas

등유 + Hydrox Gas 혼합연소에서 Hydrox 가스 첨가량이 증가할수록 화염의 폭이 좁아지는 현상을 보여 주었으며, 그 원인은 Fig. 8에 나타난 바와 같이 분출유량 증가하면서 유속이 증가하고 이에 따라 난류강도가 증가하고, 재순환 영역이 발달하게 되어 화염 폭이 좁아지고 길이가 짧아지는 현상이 나타나는 것으로 사료된다.

## 5. 결론

LPG와 Hydrox Gas의 단독 및 혼합연소시험과 등유와 Hydrox Gas의 단독 및 혼합연소시험결과 Hydrox Gas의 함유량이 많아질수록 온도 상승효과가 좋았으며, Hydrox Gas의 혼합연소시의 온도상승 효과 측면에서 에너지 절약의 가능성을 확인하였고 그 내용은 다음과 같다.

- (1) LPG와 Hydrox Gas 혼합연소
- LPG :  $4.00^{\circ}\text{C}/\ell$  온도상승 효과
  - Hydrox Gas :  $0.37^{\circ}\text{C}/\ell$  온도상승 효과

Hydrox Gas 1  $\ell$  (수소 0.67  $\ell$ , 산소 0.33  $\ell$ ) 는 LPG 0.09  $\ell$  와 같은 온도상승효과가 있었으며, 수소 저위 발열량이 10.79kJ/ $\ell$ , LPG 저위 발열량이 91.15kJ/ $\ell$  인 것을 감안하면 수소 0.67  $\ell$  에서 나오는 발열량 효과인 7.23kJ보다 높은 8.20kJ의 효과를 보여주었다.

- (2) 등유와 Hydrox Gas 혼합연소
- 등유 :  $220^{\circ}\text{C}/\ell$  의 온도상승 효과
  - Hydrox Gas :  $0.092^{\circ}\text{C}/\ell$  의 온도상승 효과
- Hydrox Gas 1  $\ell$  는 등유 0.00042  $\ell$  (0.3696kcal/ $\ell$ )와 같은 온도상승효과를 확인하였다.

## 참고 문헌

- (1) Brown, Y., 1978, *Arc-assisted oxy/hydrogen welding*, US Patent 4081656.
- (2) Hyun, J. S., Park, J. W., Maken, S., Gaur, A., and Hyun, S., 2004, "Vitrification of Fly and Bottom Ashes from Municipal Solid Waste Incinerator using Brown's Gas," *Korean Journal of Chemical Engineering*, Vol. 10, No. 3, pp. 361~367.
- (3) Min, S. Y., Maken, S., Park, J. W., Gaur, A., and Hyun, S., 2008, "Melting treatment of waste asbestos using mixture of hydrogen and oxygen produced from water electrolysis," *Korean Journal of Chemical Engineering*, Vol. 25, No. 2, pp. 323~328.
- (4) Kim, S.-N., 2002, *Brown gas heating furnace made of mineral stone*, US Patent 6397834.
- (5) Kim, S.-N., 2004, *Brown gas combustion apparatus and heating system using the same*, US Patent 20040013988A1.
- (6) Kim, S.-N., 2004, *Heating apparatus using thermal reaction of brown gas*, US Patent 6761558.