

자발광 계측을 통한 모사 SNG 수소함량에 따른

이중선회 버너의 화염 안정화 특성

최인찬* · 오광철*** · 이기만**†

Flame Stability of Dual Swirl Combustor with variable SNG composition using the Chemiluminescence Measurement

Inchan Choi*, Kwangchul. Oh*** and Keeman Lee**†

ABSTRACT

This article describes an investigation of flame stability characteristics with various compositions of synthetic natural gas (SNG) in dual swirl combustor. The objective of this study is to investigate the flame stabilization, flame structure, fuel compatibility using chemiluminescence measurement in SNG with varying fuel compositions. As experimental conditions, hydrogen content was adjusted from 0 to 11%. Experimental results show that the addition of hydrogen has a major effect on flame behavior due to the higher burning rates associated with hydrogen consequently, The higher reaction activity of hydrogen has extended lean blow-off limit. Especially, DI flame limit has improved more 12.1%.

Key Words : Synthetic natural gas, Flame stability, Dual swirl combustor, Hydrogen Fuel, Chemiluminescence measurement

자원고갈에 대한 우려는 어제 오늘의 문제가 아니라, 시급히 해결해야 할 문제이다. 이에 대한 대체 연료, 대체 자원들이 제시되는 가운데 최근 국내에서는 대체 에너지 자원의 방안으로 낮은 발열량으로 인해 연료 사용 빈도가 감소했던 석탄을 사용한 산업이 다시 주목하고 있다. 이러한 산업의 한 분야로 석탄 가스화 공정을 통해 얻게 되는 합성천연가스(SNG, Synthetic Natural Gas)가 한 예이다. 이미 미국, 일본, 유럽 등 에너지 선진국에서 석탄가스를 기반으로 한 합성가스를 상용화하여 산업체 및 가정에 공급하고 있으며, 이에 대한 개질 및 향상을 위한 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 또한 국내 기업에서도 이미 합성천연가스 생산을 위한 플랜트 건설 및 연구에 대한 관심이 가중되고 있다.

한편 합성천연가스는 기존에 주로 사용되는 연료와 다른 조성으로 구성되어 있기 때문에 연소 특성에서도 많은 차이를 보일 것으로 예상된다. 국내에서는 Park 등이 가스터빈 연소기에서 수소함량 변화(수소함량 0~3%)에 따라 화염의

형상, NOx 배출 특성 등에 관해서 보고하였다 [1]. 하지만 여전히 국내에서 가스터빈의 SNG 적용에 대한 기초적인 연구가 부족한 실정이다.

이와 더불어, NOx 저감을 위한 희박 예혼합 연소에 대한 관심이 가중됨에 따라, 연소 조건을 보다 희박한 영역으로 증대시키는데 미량의 수소가 어떠한 효과를 나타내는지에 대한 면밀한 검토가 요구된다. 이에 따라 본 연구에서는 가스터빈용 이중선회 연소기에서 모사된 합성천연가스의 비교적 큰 수소함량의 변화에 따른 CH^* 과 OH^* 이미지를 HS(High speed)-ICCD를 통해 획득하였고, 안정화 영역 및 화염 형상에 대한 특성을 분석하였다.

연료에 포함된 수소의 함량변화가 화염 안정성에 어떠한 영향을 주는가를 보기 위해 Table 1과 같이 수소함량이 0~11%의 조성비를 가진 합성천연가스를 모사하였다.

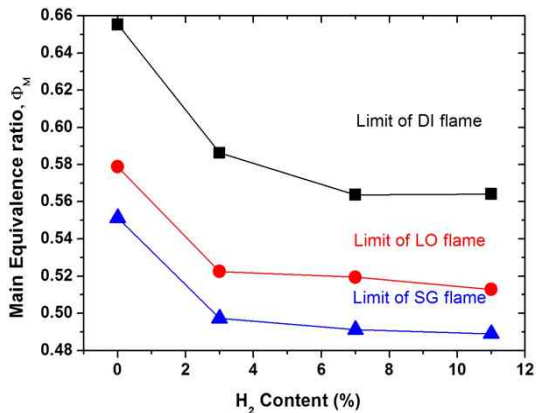


Fig.1 Stability curve by hydrogen content at lean region. (Thermal power:5kW)

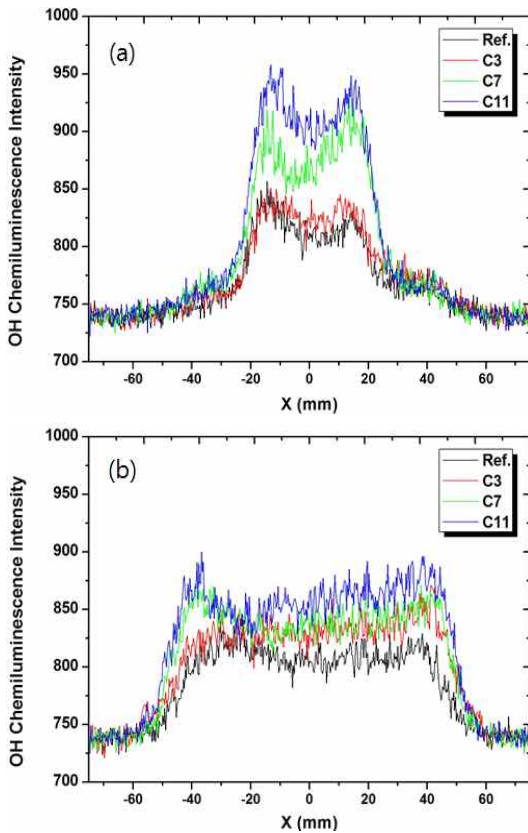


Fig.2 Radical profiles of OH intensity for different height at lean condition. Φ=0.6, (a) y=7mm, (b) y=32mm

먼저 Fig.1에 연료 내 수소함량에 따른 안정화 선도를 희박영역 한에서 나타내었다. 표기된 화염 형상에 대한 정의는 이전 연구에 잘 기술되어 있다.[2][3]

수소함량이 증가함에 따라서 안정화 영역이 개선되는 경향이 있음을 알 수 있는데, 특히 DI flame limit의 경우에는 당량비 0.66에서 0.58까지 약 12%정도 증가됨을 확인하였다. 또한 연료 내 수소함량이 증가함으로써 Main 화염이 날리게 되는 SG flame limit는 약 11%가 개선되었다.

이러한 가연한계 개선에 대한 분석을 진행하고자 HS-ICCD를 통한 자발광 계측을 실시하였고, 화염의 높이에 따른 OH* intensity 정보를 가연한계 부근인 Φ=0.6에서 수소함량 별로 Fig.2에 나타내었다. 여기서 라디칼에 대한 수치는 50장의 이미지를 Average한 값이다. Fig.2-(a)는 화염의 축방향으로 7mm(노즐 부근)되는 지점에서 라디칼 정보를 나타내고 있으며, 수소함량이 증가함에 따라서 OH* intensity가 증가하는 경향을 확인할 수 있다.

이는 운전조건이 희박해짐에 따라서 화염의 상류에서 Burning rate가 감소하게 되는데, 연료 내의 수소함량이 증가함에 따라 Burning rate를 향상시킴으로써 Intensity가 증가된 것으로 판단된다. 마찬가지로 축방향으로 32mm 지점(화염의 끝단)의 라디칼 정보를 나타낸 Fig.2-(b)에서도 같은 경향을 확인할 수 있는데, 상류 측에서 높아진 Burning rate는 화염의 후류까지 전달되어 지고, 궁극적으로 수소함량의 증가는 희박한 영역에서의 가연한계를 증가시키는 결과를 보여주었다.

후 기

본 연구는 2014년도 미래창조과학부 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.
(과제번호 : 2014-2010-102780).

참고 문헌

- [1] Seik Park, Uisik Kim, Minchul Lee, Sungchul Kim and Dongjin Cha. "The effects and characteristics of hydrogen in SNG on gas turbine combustion using a diffusion type combustor", international journal of hydrogen energy, 38, 2013, pp. 12847-12855
- [2] Junik. Jo, Teahoon Park, Cheulhong Hwang and Keeman Lee, "A study on the flame shape and the interaction between pilot and main flames in a dual swirl combustion", KSPE, Vol. 18 NO.4, 2014, pp.33-42
- [3] Inchan choi, Seungho Yoon and keeman Lee, "Flame Stability by H2 Addition for Applying SNG Fuel in Dual Swirl Combustor", KSME, 2014, KSME14F-Th12B001