

이중 선회버너에서 연소실 직경에 따른

온도장 특성에 관한 실험적 연구

최인찬* · 이기만**†

An Experimental Study on the Characteristics of Temperature field according to the Combustor Diameters in the Dual Swirl Burner

Inchan Choi*, Keeman Lee**†

ABSTRACT

An experimental study in the dual swirl burner was conducted to analyze the temperature characteristics in the combustion field. The dual swirl burner consists of a main swirling pre-mixed flame with tangential swirler surrounding a pilot which can stabilize a diffusion flame or a partially premixed flame with vane swirler depending on whether fuel is supplied at the exit plane or further upstream. The purpose of this study is to analyse experimentally the characterization of flame temperature in the reacting zone, specially, according to the various combustor diameters like 80mm, 100mm, 130mm and 150mm(O.D). As a result, the temperatures of combustion field were decreased as the diameter of combustor increased. Therefore, these results can be expected that the larger diameter of combustor tend to emit less NO_x emission than the small combustor.

Key Words : Dual swirl burner(이중선회버너), Combustion field(연소장), Combustor diameter(연소실 직경), Temperature distributions(온도분포), Emission(오염물질배출)

가스 터빈 연소기의 연구에 있어 기존의 비예혼합 연소 방식에서 높은 화염 온도에 의한 Thermal NO_x와 초기 연료 과잉으로 인한 Prompt NO_x의 문제를 충족시키기 위하여, 환경 규제와 고효율 연소를 위한 예혼합 연소 방식이 각광을 받고 있다.[1] 또한 연소 불안정성 문제를 해결하기 위하여 선회 연소기를 적용하는 사례가 늘어나고 있는 추세이다. 선회 방식의 연소기는 재순환 영역을 형성하여 화염의 안정성을 증진시킬 뿐만 아니라, 난류 강도를 증가시켜 화염면의 신장률 증가와 주위 저온 기체와의 혼합을 촉진시켜 NO_x 배출량을 저감시킨다고 보고된 바가 있다.[2]

이에 따라, 본 연구에서는 예혼합화염과 확산화염이 동시에 존재하는 이중 선회 연소개념을 적용하였다. 내부의 확산화염은 외부의 예혼합화염의 안정성을 개선시키는 pilot 화염과 같은 역할을 수행하며, 연료부하의 분배 역할을 담당한다.

본 연구에서는 분산형 발전용 마이크로가스터빈에 응용되는 희박 예혼합 모델 연소기의 이중 선

회화염에서 연소실 직경 변화에 따른 연소장 내에서의 온도를 직접적으로 측정하여 이중 선회 화염의 반응장 특성을 파악하고자 한다.

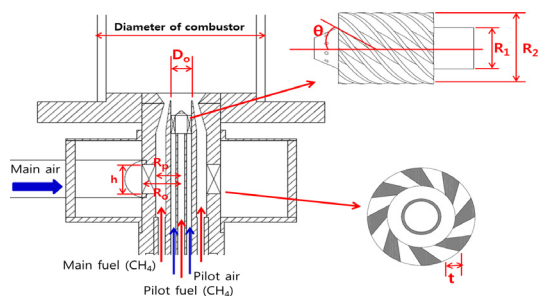


Fig. 1 Schematic diagram of a dual swirl burner

Table. 1 Experimental Conditions

	Pilot Burner	Main Burner
Equivalence ratio	0.7	0.6
Swirl number	0.81	2.32
Heat release ratio	0.3	0.7
Thermal power(kW)	3	
Combustor dia.(mm)	80 / 100 / 130 / 150	

* 순천대학교 우주항공공학과

** 순천대학교 기계우주항공공학부

† 연락처, kmlee@scnu.ac.kr

TEL : (061)750-3828 FAX : (061)-750-3820

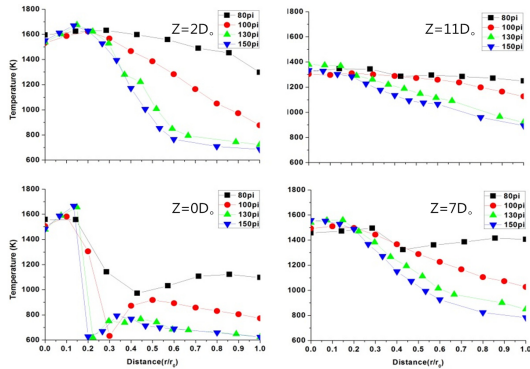


Fig. 2 Temperature distributions according to the combustor diameters in reacting zone

실험 조건은 Table. 1에 표기한 바와 같고, Pilot 및 Main Burner의 선회각도는 각각 아래와 같이 정의된다.

$$S_p = \frac{3}{2} \left[\frac{1 - (R_1/R_2)^3}{1 - (R_1/R_2)^2} \right] \tan\theta \quad (1)$$

$$S_M = [\pi(R_0^2 - R_p^2)(R_0^2 - t/2)] / [(8 \cdot t \cdot h)] R_0 \quad (2)$$

측정단위를 무차원화 하기위해 Pilot 버너 출구부분의 직경인 d_0 (12mm)로 나타내고, 측정 위치는 축방향을 d_0 로 나누었고, 반경방향을 연소실의 반경인 r_0 로 나누어 무차원화 하였다. 또한 연소실 직경에 따른 연소장의 온도분포를 관찰하기 위하여 선경이 200 μ m인 B-Type 열전대(Model: SP30RH-008, OMEGA Engineering Inc.)를 직경 2mm 세라믹 튜브로 프로브를 제작하여 직접 화염에 삽입하여 측정하였으며, 반경방향으로 0.3D, 1D, 2D 간격, 축방향으로 0.5D, 1D, 2D 간격으로 측정되었다.

Fig. 2는 연소실 직경에 따른 온도 분포를 연소실 직경에 대해 무차원화 시켜 축방향에 대해서 나타낸 그래프이다. 연소실 직경과는 무관하게 하류로 진행함에 따라 R방향으로의 온도구배가 균일해짐을 확인할 수 있다. 또한 연소실 직경이 증가함에 따라서 축방향에 온도구배가 크고, 상대적으로 연소실이 작을 때에 비하여 직경이 클 때, 온도분포가 균일화 되는 위치가 화염의 하류로 발달됨을 알 수 있다. 그 정도를 contour로 온도분포를 나타낸 Fig. 3에서도 확연히 확인할 수 있다. Fig. 3에서 알 수 있듯이 연소실 전체에서 상대적으로 고온영역이 분포하고 있는 80pi의 경우에는 비교적 많은 NOx의 배출량이 고려되는 것을 짐작할 수 있다.

또한 연소실 직경이 130pi와 150pi인 경우에는 Fig. 2와 Fig. 3에서 매우 흡사한 경향을 보이고 있는데, 이는 130pi이상의 연소실 직경에서는 연소장

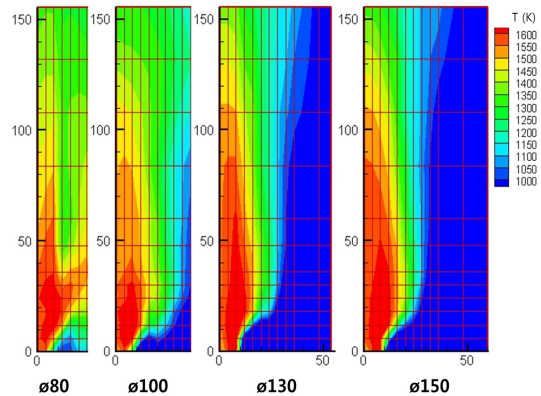


Fig. 3 Temperature contours in reacting zone

의 온도분포에 미치는 영향이 미미하다는 것으로 판단된다.

이러한 경향은 D.C. Kim 등이 연소실 직경 변화에 따른 NOx 생성 특성에 관한 계산 결과와 비슷한 결과로서, 연소실의 직경이 증가함에 따라 선회효과로 인한 중앙 및 코너 재순환 영역이 발달하여 온도분포에 영향을 미친 것으로 사료된다.[3] 또한 상대적으로 희박 연소 상태로 진행한 본 실험은 당량비가 증가함에 따라 온도분포의 격차가 더 현격히 나타날 것으로 예측된다.

본 연구는 연소실 직경에 따른 연소장의 온도분포 특성을 확인하기 위한 실험적 연구로서, NOx 배출에 지대한 영향을 미치는 온도분포에 대해서 확인했다. 심도 깊은 연소실 직경이 연소장의 특성에 관한 연구를 위해 연소장의 유동 및 배기 농도 분포에 관한 추가적인 연구가 필요시 여겨진다.

후 기

본 연구는 2013년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구과제입니다. (과제번호 : 2011-2010-1000-10)

참고 문헌

- [1] C.H. Hwang, 2006, "Large Eddy Simulation of Turbulent Premixed Flames in a Paractical Combustor". Ph.D Thesis, INHA University.
- [2] P.Weigand, W.Meier, X.R.Duan, W.Stricker and M.Aigner, "Investigations of swirl flames in a gas turbine model combustor." Combustion and Flame, Vol. 144, January. 2006, pp. 205-224
- [3] D.C. Kim, 2009, "Characteristics of NOx Emission with Various Furnace Diameter of Premixed Swirl Burner", 38th KOSCO Symposium. pp.237-242