

부상화염 내부의 온도분포

안희성* · 이병준** · 박철웅**, 박승남**

Temperature profile in the laminar lifted flame

Hee Sung An., Byeong Jun Lee, Chul-Woung Park, Seung-Nam Park

ABSTRACT

Coherent anti-Stokes Raman spectroscopy is one of the best tools to measure temperature distributions in the flame. Since it does not disturb the flow field, it could be used to study anchoring mechanism especially in the lifted flame. However, the length of probe volume is, normally, much greater than flame thickness. This weak point was overcome with lens combination in this study. It was found out that no peculiar temperature changes was happened near tribrachial point and heat transfer to the upstream was minimal near the flame anchoring position.

Key Words : N2 CARS, Lifted Flames

1. 서론

화염부상, 화염날림등의 화염 안정성과 관련된 연구는 화염 자체의 특성과와 아울러 연소기의 설계와 관련하여 중요한 위치를 차지하므로 많은 연구가 수행되어왔다. 화염 부상의 메카니즘에 관한 연구들은 Pitts^[2]의 review에서와 같이 크게 세가지(부상화염의 예혼합화염특성, 층류 확산소화염의 소멸 및 화염의 거대구조와 연관된 설명)로 나뉘어지나, 단 하나로 설명할 수 없으므로 많은 실험에 의하여 경향을 설명하고 있다.

화염의 특징을 파악하기 위한 기본 물리량인 온도를 측정하기 위하여는 열전대와 같은 접촉식 방법과 레이저를 이용한 비접촉 광측법이 사용되고 있다. 접촉식 방법은 유동에 영향을 미치기 때문에 화염의 연구에서는 그 사용이 제한적일 수 밖에 없다. 흡수분광법(absorption spectroscopy)과 발광분광법(emission spectroscopy)등이 사용되기도 하지만 공간분해능이 낮고, 측정된 값 또한 신뢰도가 낮기 때문에, 연소상태의 구조를 정밀하게 파악하기 부족하다. 이에 비해 CARS(Coherent Anti-Stokes Raman Spectroscopy)는 측정 점에서 발생한 신호의 세기가 매우 크고, 발생한 신호가 레이저처럼 방향성이 있어서 먼 거리에서 측정이 가능하다.

CARS 신호를 만들기 위해서는 두 개의 펄스빔

과 하나의 Stokes 빔이 위상접합 조건에 맞추어 만나야 하기 때문에 측정체적이 길어질 수 있다. 층류부상화염의 크기가 대략 5mm 정도이고 화염의 두께가 대략 0.5mm 정도 이므로 이의 특성을 파악하기 위해서는 측정체적의 길이가 짧아야 가능함을 알 수 있다.

본 연구에서는 층류부상화염의 온도분포 특성을 살펴보고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

실험장치는 CARS용 레이저가 장착된 발광부, CARS신호 수광부, CARS 데이터 처리 및 제어부 그리고 버너부로 구성되어 있다(Fig.1 참조). 발광부는 Nd:YAG laser, Dye laser와 광학거울로 이루어져 있다. 측정길이를 짧게 해주기 위해서, Nd:YAG간격을 6mm, Dye laser 간격을 3.5mm한 후에 beam expander를 사용하여 laser의 직경과 간격을 4배 키운 후에 초점거리 200mm의 렌즈를 사용하여 세 개의 레이저를 집광시켜 CARS 신호가 발생하도록 하였다. 이러한 광학배열은 이론적으로 직경 0.02mm, 길이0.6mm의 측정체적을 형성하게 된다. 길이가 0.6mm이지만 끝으로 갈수록 가늘어지는 형상이므로 형성된 신호가 작아 화염의 온도를 측정하는데는 문제가 없을 것으로 사료된다. 수광부 쪽의 광학장치에 의하여 CARS신호는 광파이버를 거쳐 단색기와 OMA통하여 컴퓨터에서 처리되어 온도를 구하게 된다.

* 영남대학교 기계공학부

** 한국표준과학연구원

† 연락처, bjlee@yu.ac.kr

TEL : (053)810-3526 FAX : (053)-810-4627

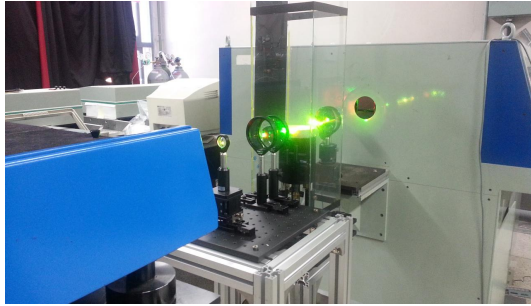


Fig.1 Experimental apparatus.

버너부는 동축류를 만들어주는 부분과 연료를 공급하는 노즐로 구성되어 있다. 셀의 크기가 1.1 mm*1.1mm인 50mm두께의 허니컴, 직경 2mm 유리 구슬을 35mm 쌓은 층 및 철망으로 구성된 동축류부는 허니컴 출구에서 일정한 유속의 공기 유동을 만들어주는 부분이다. 허니컴의 중앙에 있는 노즐로는 길이 40cm, 내경 0.19mm, 외경 0.39mm인 스테인리스관을 사용하였으며 순도 99.9%의 프로판을 공급하였다. 유량은 질량유량계(MKS Co)를 이용하여 조절하였다.

3. 결과 및 검토

동축류의 유속 변화에 따른 노즐 부착화염의 길이와 부상화염 밑면까지의 높이인 부상높이를 Fig. 2에 나타내었다. 노즐부착화염의 길이는 층류화염의 특성과 같이 외부 동축류의 유속과 무관하게 유량에 비례하여 증가함을 볼 수 있다. 동축류의 유속 증가에 따라 부상이 되기 시작하는 유량이 감소하고 부상높이가 증가함을 볼 수 있다. 참고 논문 부상높이를 참고문헌 2의 방법에

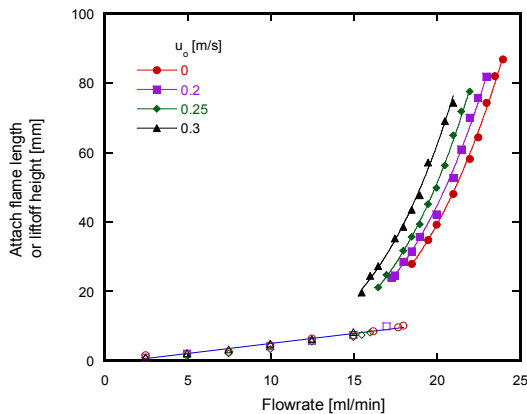


Fig.2 Effect of fuel and coflowing air flow rate on attached flame length and liftoff height.

따라 지수함수로 곡선맞춤하여 Schmidt 수를 구하면 평균 1.42이다.

프로판 11m/s, 동축류의 공기 0.25m/s인 경우의 화염과 CARS로 측정된 화염의 온도분포를 Fig. 3에 나타내었다. 반경방향으로 0.3mm, 축방향으로 0.5mm씩 이송하고, 한지점에서 25회 평균으로 구한 데이터로 부터 온도를 구하였다. 전체적으로 화염의 형상을 유사한 모습을 볼 수 있다. 과농예혼합화염, 희박예혼합화염, 확산화염이 함께 만나는 삼지점 부근의 온도가 주위와 차별되지 않음을 볼 수 있다. 또한 화염의 상류로의 열전달이 미미함을 볼 수 있으므로, 참고문헌 2에서 가정한 화염상류가 cold jet와 유사하다는 가정에 무리가 없음을 알 수 있다.

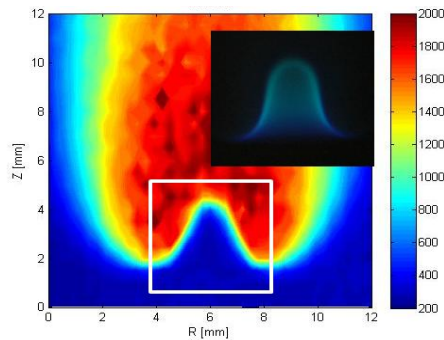


Fig.3 lifted flame shape and temperature profile.

참고 문헌

[1] Pitts, W. M., Twenty Second Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, pp. 809~816, (1988).
 [2] S.H. Chung and B.J. Lee, Combust. Flame, v. 86, pp. 62-72 (1991).
 [3] 유효진, 이종준, 안희성, 이병준, 박철용, 박승남, 제 48회 KOSCO symposium 초록집, 133-135 (2014).