

방사형 다중 채널 연소기의 원주방향으로 회전하는 예혼합-확산 화염 쌍

이대근^{*†}

Azimuthally Rotating Premixed-Diffusion-Flame Pairs in Radial Multi-channel

Dae Keun Lee^{*†}

실험 장치

다공체 내 초과엔탈피 연소는 높은 화염온도, 넓은 가연한계, 낮은 공해물질 배출 등의 다양한 장점을 가지고 있다. 특히 반경방향으로 예혼합기가 공급되는 원통형 다공체의 내부에서 발생하는 초과엔탈피 화염은 높은 복사변환 효율을 갖는다[1]. 이를 실험적으로 모델링하기 위해 Fig. 1과 같은 연소기를 고안하였다[2]. 가운데 구멍이 뚫린 석영 원판 위에 두께 1 mm, 높이 5 mm의 석영 막대를 세워서 총 72개의 방사형 채널을 형성하고 다시 석영판을 덮어서 다중 채널을 완성한다. 예혼합기는 Fig. 1에 도시된 바와 같이 세라믹 볼 Bed와 허니컴을 거치면서 유속 균등화된 후 상부 석영판에 충돌하면서 방사형 다중 채널에 공급된다. 예혼합기로는 CH₄ (99.995%)와 수분을 제거한 압축공기를 충분히 혼합하여 사용하였다.

화염 가시화

상기 연소기에서는 조건에 따라 다양한 화염 불안정성이 나타나는데[2], 특히 연료 농후 조건에서는 경우에 따라 Fig. 2와 같이 원주방향으로 회전하는 화염이 관찰된다. 사진에서 관찰되는 바와 같이 다중 채널의 내부에는 연한 청록색의 화염이 관찰되며, 채널의 원형 테두리를 따라서는 푸른빛의 화염이 있다. 마치 화염이 원주방향으로 전파하는 모습을 보이거나 이는 착시효과이다.

자세히 살펴보면 내부의 화염은 연료 농후 예혼합 화염이며, 외부의 화염은 내부에서 타고 남은 연료가 외부 공기와 만나서 만드는 확산화염이다. 전체적으로 회전하는 모양을 보면 외부 확산화염이 먼저 시계반대방향으로 회전하고 그에

따라 내부 예혼합 화염이 따라가는 형태이다. 내부의 채널들은 모두 원주방향으로 분리되어 있으므로 내부 예혼합 화염의 원주방향 전파는 불가능하다. 하나의 채널에 대해 국한하여 살펴보면, 먼저 외부의 화염이 점화된 후 이것이 채널 내부로 전파하고, 내부로 화염이 진입함에 따라 채널의 폭이 감소하므로 차가운 벽면으로의 열손실이 증가하여 소화가 발생하게 된다. 이 때 초기 착화된 외부 화염 크기가 충분히 크면 이웃하는 채널을 점화하게 되는데, 결과적으로 화염의 점화와 전파 및 소화 과정이 이웃하는 채널 간에 순차적으로 이루어짐으로써 회전하는 듯한 착시효과를 발생시킨다.

이러한 RIPE (Rotational Ignition, Propagation and Extinction) 불안정성이 발생하기 위해서는 외부에 확산화염이 형성될 수 있는 연료 농후 조건이 필요하다. 또한 예혼합기의 공급량이 점화-전파-소화에 이르는 주기와 동기화될 때만 지속적으로 유지가 가능하다. 더불어 외부에서 초기 점화를 할 때 방향성을 가지고 화염 전파가 이루어질 수 있도록 적절한 방법을 채택할 때만 발생한다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업으로 수행한 결과입니다(B4-2481-01)

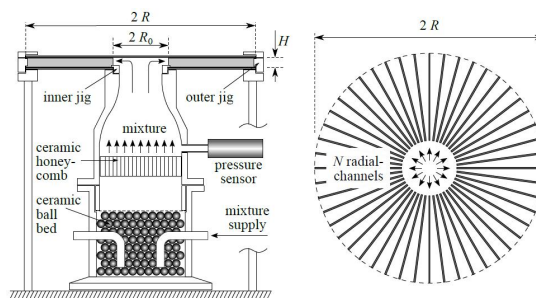


Fig. 1. Schematic of radial multi-channel burner.

* 한국에너지기술연구원

† 연락처자, dkleee@kier.re.kr

TEL : (042)860-3341

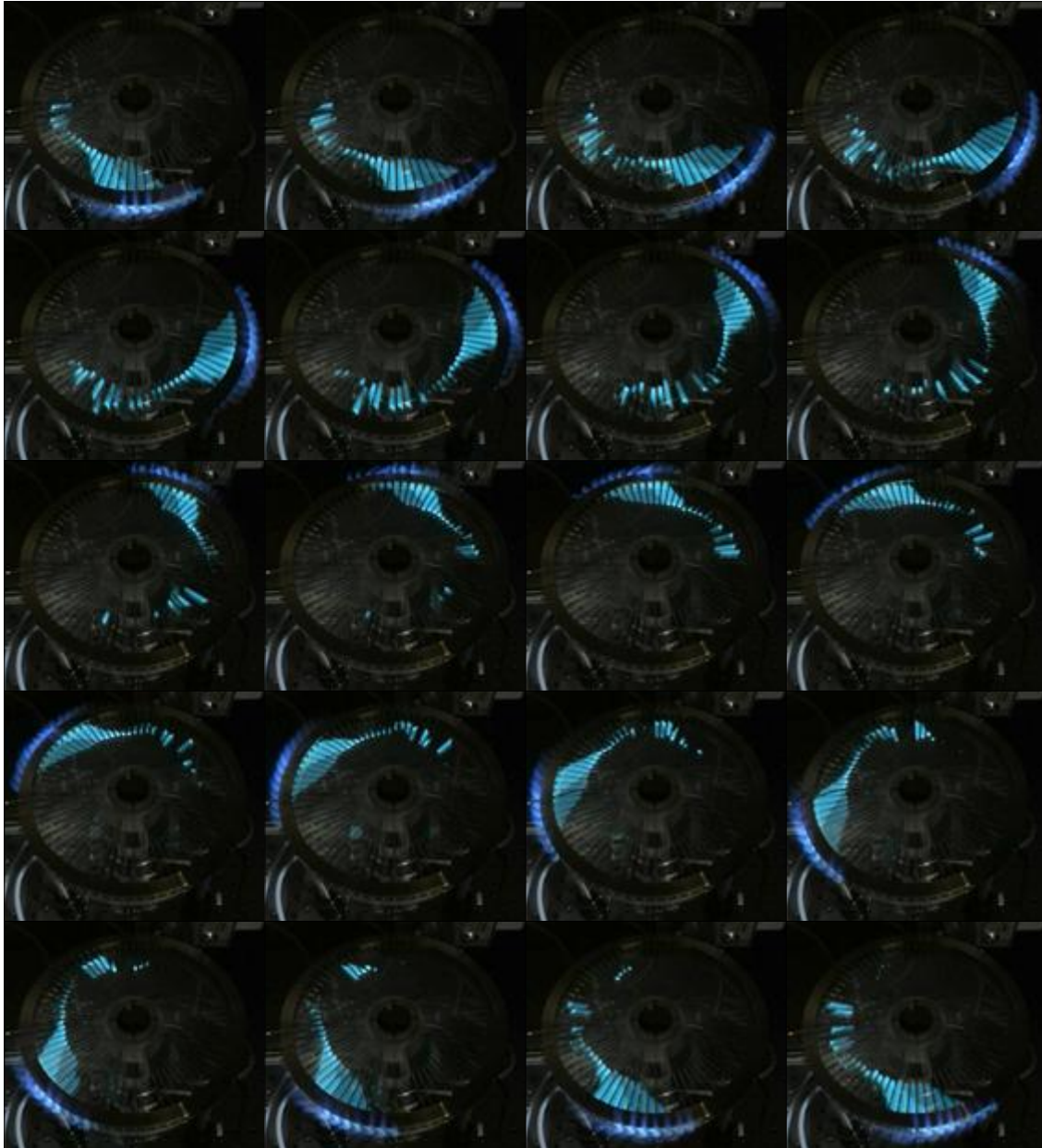


Fig. 2. Azimuthally-rotating premixed-diffusion-flame pair making RIPE (Rotational Ignition, Propagation and Extinction) instability in the radial multi-channel (sequential images from left to right and then the next row with 1/30 sec interval)

참고 문헌

- [1] D. K. Lee, An Experimental Study on Flame Stabilization under Radial Mixture Flow inside Cylindrical Porous Media, 9th ASPACC (2013)
- [2] D. K. Lee, An Experimental Study on the Flame Localization Characteristics and Pulsating Instability in a Radial Multi-channel, 46th KOSCO Symposium (2013), 41-43