

난류동축 제트화염에서 자기상사성에 대한 연구

김문기, 전재영, 윤영빈

서울대학교 기계항공공학부

난류 동축 제트 화염에서 유동구조의 특징과 NOx 발생 메커니즘과의 관계를 알아보기 위하여 PIV(Particle Image Velocimetry)를 이용하여 다양한 동축공기(co air) 조건에 대해 실험을 수행하였다. PIV를 통해 얻을 수 있는 속도장, 와도, 전단변형을, 난류 강도, Reynolds 스트레스 등의 정량적인 자료를 토대로 화염의 자기상사성(self-similarity)을 살펴보았다. 우선 동일 조건의 비반응 유동에 대해 실험을 수행하였는데, 모든 실험 조건에서 제트 발달 영역을 지난 연료 노즐의 20 배 후반부에서부터 축방향 속도가 Gaussian 곡선을 따라 분포하게 되는 자기상사성이 나타나는 것을 볼 수 있다. 중심축의 평균 속도는 x^{-1} 에 따라 감소하게 되는데, 연료 유량이 일정한 경우 동축 공기 유량이 증가하게 되면 그 감소 정도는 작아진다. 또한 일정한 동축 공기 유량에서 연료가 증가하게 되면 평균 속도의 감소 정도는 커지게 된다. 한편, 제트의 폭은 축을 따라 가면서 선형적으로 증가하는 모습을 보였고, 그 증가율은 실험조건에서 거의 비슷한 상수값을 보였다. 속도장의 자료를 통한 이차적인 자료인 난류 강도 및 Reynolds 스트레스 값 역시 각각의 경우에 대해 제트 발달 영역을 지난 후부터 자기상사성을 나타내기 시작하는데, 속도 평균의 경우에 비해 자기상사성의 정도가 약하게 나타나게 된다. 화염의 경우 역시 위의 결과와 거의 일치하는 것을 알 수 있는데, 반응이 있기 때문에 열확산 효과에 의해 중심축 속도의 감소 정도와 제트 발달에 영향을 미치게 된다. 또한 유동장의 와도를 통하여 연료 유량이 일정한 경우 동축공기가 증가함에 따라 와도가 강하게 나타나며, 그 결과 노즐 주위의 수소와 공기의 혼합이 증대되어 화염이 짧아지는 것을 확인할 수 있다.