

Bluff-body형 저 NO_x 연소기 설계

진정국 · 김민국[†] · 이상민 · 안국영
한국기계연구원

Design of Bluff-body Low NO_x Burner

Jungkook Jim · Minkuk Kim[†] · Sangmin Lee · Kookyong Ahn
Korea Institute of Machinery and Materials

Key Words : Cross-flow (측면 유동), Jet penetration (제트 침투), Mixing (혼합), Swirl flow (선회 유동)

에너지 수요가 지속적으로 증가하면서 기존의 천연가스 이외에 비전통 연료원의 이용에 관심이 고조되고 있다. 대부분의 비전통 연료는 메탄 함유량이 낮고 불활성 가스 함유량이 많아 발열량이 낮기 때문에 기존의 버너에 직접 적용이 힘들며 특히 가스터빈과 같이 유량이 매우 크고, 희박예혼합 연소를 통해 NO_x를 제어하는 연소 시스템에서는 화염 안정성 확보가 힘들어질 수 있다. 이러한 관점에서 화염 안정성 확보에 유리한 bluff-body형 버너 설계에 관한 연구를 수행하였다. 그림1-(a)는 본 연구에서 다른 bluff-body형 버너와 연소기 형상을 보여준다. 연료 혼합특성을 고려하여 선회기 전단과 후단에 각각 1열씩 연료 분사홀을 위치시켰다. 이때 1, 2열의 연료홀은 모두 동일한 개수와 직경을 갖도록 설계하였다. 수치해석 방법을 통해 단순 측면 유동장과 선회 측면 유동장에서의 연료 제트의 거동을 비교하고, 유속을 증가시켜서 특성 유동시간 변화에 따른 혼합특성 변화를 살펴보았다.

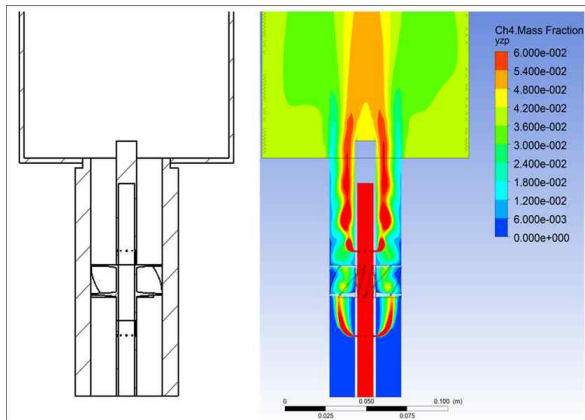


Fig. 1 Schematic of bluff-body burner(a), CH₄

[†] 연락저자, mkkim@kimm.re.kr
TEL : (042)868-7276

mass fraction contour(b)

계산 결과를 살펴보면(그림2), 선회기 상류(a)와 하류(b)의 연료 제트의 분포가 상이하게 나타났다. 분포도상에 표시되어있는 선들은 단순 측면 유동에 수직하게 분사된 제트의 궤적에 대한 예측 정보이다. 선회 유동이 없는 상류 영역에서는 비교적 연료 제트의 궤적을 잘 예측하고 있으나, 선회 유동을 포함하는 하류에서는 오차가 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 차이를 보정하기 위한 연구를 진행하고 있으며, 난류 강도에 따른 연료의 분산 속도의 차이로 인하여 연료 제트의 운동량이 소실되는 시간의 차이에 대한 분석을 수행하고 있다.

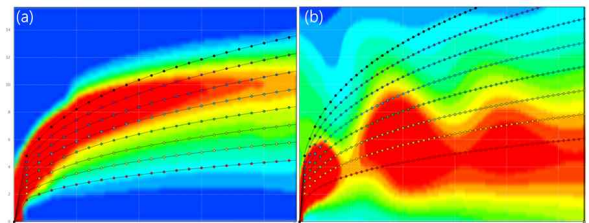


Fig. 2 CH₄ mass fraction contour of upstream(a) and downstream(b) from swirl vane.

그림 3은 공연비를 고정된 상태에서 유량을 2배로 증가시킨 경우(우측)의 측방향에 수직한 단면에서의 연료 분포를 나타낸다. 선회 유동이 없는 경우, 유량이 증가하기 전(a)과 후(b)의 연료 분포는 큰 차이를 보이지 않는다. 이는 공연비를 고정하였기 때문에 연료와 공기의 운동량이 동시에 증가하였으며, 이와 관련된 특성 시간이 유사하기 때문으로 판단되며 슈미트수와 관련된 특성시간에 대한 상세 분석을 수행하고 있다. 선회 유동을 포함하고 있는 경우(c-f), 유량증가 전의 연료 분포(c)와 유량증가후의 연료 분포(d-f)를 살펴보면, 유량이 증가 전의 연료가 12시방향에서 분출되어 시계반대방향으로 45도 진행할 때 측방향으로 나아간 거리(d)와 진행에 걸린 시간(f)을 기준으로 연료 분포를 비교하였

으며, 평균 연료 혼합도가 같아지는 지점의 분포(e)도 추가하여 나타내었다. 연료 분출 후 동일한 거리를 나아간 경우의 연료 분포들(c, d)를 보면 연료 유량이 큰 (d)조건이 연료 농도가 높게 분포함을 알 수 있다. 같은 경과 시간을 갖는 연료분포들(c, f)을 보면, 유량이 큰 경우의 혼합도가 크게 향상됨을 알 수 있다. 결과적으로 유사한 혼합도를 갖는 경우는 동일거리와 동일시간 지점의 사이에서 생기게 되며 본 연구에서는 분출 후 약 60도 회전된 지점으로 나타났다. 이러한 차이는 난류 강도의 증가로 인하여 혼합 특성 시간이 감소되었기 때문으로 예측되며, 보다 상세한 분석을 진행하고 있다.

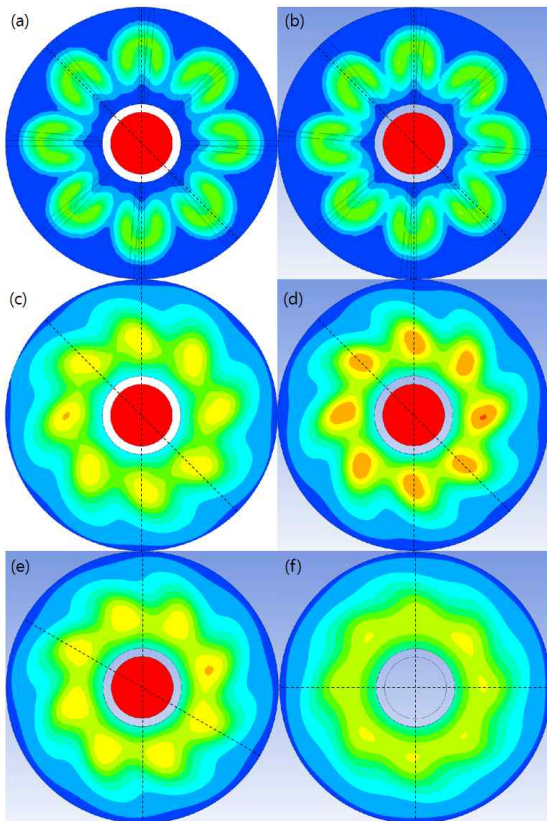


Fig. 3 Fuel distribution for various flow rate conditions

후 기

본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제(20131020000030)의 일환으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] Lefebvre, A. H., 1983, Gas turbine combustion, McGraw-Hill.
- [2] Andreopoulos, J. & Rodi, W. 1984

“Experimental investigation of jets in a crossflow”, J. Fluid Mech. 138: 93~127.

- [3] Yuan, L.L., Street, R.L. & Ferziger, J.H. 1999 “Large-eddy simulations of a round jet in crossflow”, J. Fluid Mech. 379: 71~104.