

고체 입자 소각로에서 연료/ 산화제의 연소 특성에 관한 수치해석적 연구

김수호* · 손채훈*†

A Numerical Study on Combustion Characteristics of Fuel/Oxidizer in a Solid-Particle Incinerator

Suho Kim*, Chae Hoon Sohn*†

ABSTRACT

Characteristics of the flow in the incinerator were studied in terms of the cold flow and combustion using multi-staged tangential burner. The design parameters such as deflection angle of main nozzle, and decline angle of assist nozzle have been changed. The effects of each parameter on burning characteristics have been investigated.

Key Words : Incinerator, Multi-Staged Tangential Nozzle, Burning

고체 입자를 소각하는 장치로서 이동이 가능한 정도로 크기가 작으면서 동시에 고성능(시간당 높은 소각량을 뜻함)의 소각로가 적합하지만, 기존의 소각 능력이 큰 소각로는 대부분 고정된 장치형이며, 대형이다. 따라서 이러한 소각로는 폐기물(고체입자)을 효과적으로 처리하기에는 부적합하다. 아직까지 소형이며, 이동이 용이한 소각로는 국내에서 개발한 사례가 없으며, 해결해야 할 기술적 한계가 있다. 따라서 상용화할 수 있는 소각 장치 개발을 위해 선행적으로 핵심적인 요소 기술 확보와 기초 연구가 필요하다.

본 연구에서는 고속 연소 기술이 적용된 소각로의 시스템을 구성하기 위해 현재 발전소 및 소각로 설계에 필요한 요소와 로켓 엔진 설계 파라미터(parameter)를 복합적으로 적용하였다. 연료와 산화제로는 동물 사체와 성분이 비슷한 무연탄과 공기를 선택하였으며, 주 노즐과 보조 노즐이 장착된 소각로 내에서 주 노즐과 보조 노즐의 편향각(deflection angle)과 하향각(decline angle)을 변경시켜가며, 일차적으로 정성적인 특성을 냉간 유동으로부터 이해할 수 있으므로 비반응 수치 해석을 선 수행하였다.[1] 또한 유동 특성을 파악하기 위해 선회수(swirl number)로 정량화하여 설계 조건에 대해 도시화하였다.[2]

소각로내 비반응 유동 해석을 통해 유동 특성을 파악 후 유동 특성에 따른 소각로 설계안을 선별하여, 연소 해석을 실시하였다.

본 연구에서 소각로 내에서 선회 유동과 화염 안정 및 연료의 혼합도를 높이기 위해 Fig. 1과 같이 수치 해석 모델을 형성한 후 연소 특성을 파악하였다.

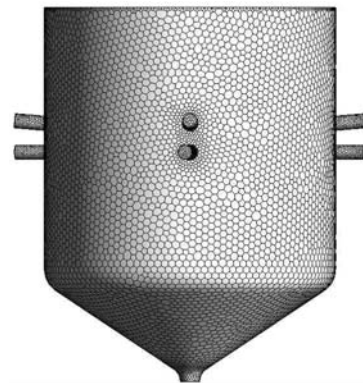


Fig. 1 Geometry and computational grids of the incinerator.

연소 해석은 Kobayshi에 의해 제안된 Two Competing-Rates Model을 사용하였으며, 촉(char) 반응에 의한 화의 가스화 모델은 Multi Surface Reaction Model을 사용하였다.[3] 또한 탈휘발화와 가스화 같은 Heterogeneous 반응은 난류의

* 세종대학교 대학원 기계공학과
*† 세종대학교 기계항공우주공학부
† 연락처, chsohn@sejong.ac.kr
TEL : (02)3408-3788 FAX : (02)3408-4333

시간 크기에 비해 느리므로, 이를 고려한 화학 반응률과 난류 혼합율의 크기를 고려한 Finite Rate/Eddy Dissipation Model을 상용하였으며, 복사 열전달 모델로는 P-1 Model을 채택하고, 다양한 석탄 입자의 크기를 고려할 수 있는 Rosin-Rammler, 그리고 난류 모델로는 선회를 고려하여 Realizable $-\epsilon$ Model을 사용하여 Fluent를 이용해 연소 해석을 수행하였다.[3,4]

비반응 유동 해석 결과를 선회수로 정량화한 값을 Fig. 2에 나타내었다.

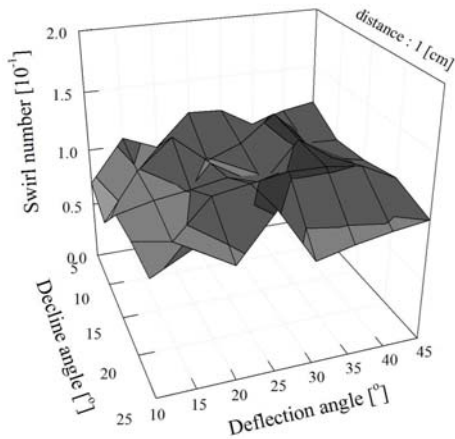


Fig. 2 Swirl number for various parameters of the deflection angle and decline angle.

Figure 2에서 선회수 $1.04e^{-1}$ 로 설계 인자의 선회수에 대한 평균에 가까운 값으로 주 노즐과 보조 노즐의 편향각과 하향각이 각각 5, 45°에서 연소 해석을 수행한 후 소각로내 온도와 압력장을 Fig. 3에 나타내었다.

Figure 3(a) 나타낸 온도장은 주 노즐 위치로써 주 노즐에서 공기와 연료와 주입되서 주 노즐의 편향각에 의해 소각로내 유동 형태가 싸이클론(cyclone)을 형성하며 연소가 되는 것을 확인할 수 있으며, (b)는 연소 시 소각로내 압력장으로써 약 2.7 bar가 형성되는 것을 알 수 있다. 또한 연소 효율을 파악하기 위해 주입된 연료량 대비 연소된 연료량을 구한 결과 위 설계 인자에서의 연소 효율은 약 91 %로 나왔다. 따라서 다양한 설계 인자간의 선회수에 따른 연소 효율은 이 결과를 기준으로 형성될 것으로 예측하며, 다양한 설계 인자에 대해서 연소 해석을 수행 후 각 인자간의 연소 특성의 분석이 이루어져야 한다.

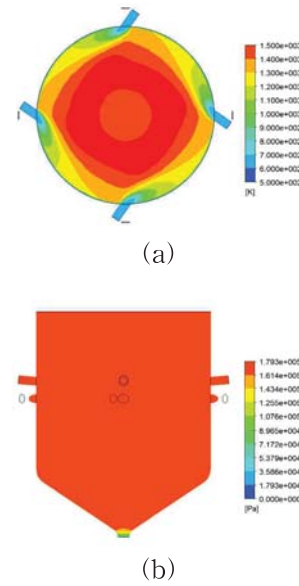


Fig. 3 Temperature and pressure fields at the decline angle 5°, deflection angle 35°.

후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0005323).

참고 문헌

- [1] S. M. Chio, S. J. Kim, S. K. Kim, and Y. D. Yoo, "Topics in Waste Incinerator Research and Development", Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 34, No. 8, 1994, pp. 632-642.
- [2] J. M. Beer, and N. A. Chigier, "Combustion Aerodynamics", Halsted Division, Wiley, Newyork, 1972
- [3] Fluent User Guide, Fluent Inc., 2005.
- [4] J. H. Song, M. W. Kang, D. K. Seo, S. J. Lim, M. S. Paek, nad J. H. Hwang, "CFD Modeling for 300Mw shell-Type One-Stage Entrained Flow Coal Gasifier: Effect of O₂/Stean/Coal Ratios, Coal Particle Sizes, and Inlet Angles on the Gasifier Performance", Journal of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 21, No. 3, 2010, pp. 227-240.