

제한공간에서 공기의 급속가열에 기인한 압력파가 벽면 열전달에 미치는 영향

황 인 주, 김 윤 제*

한국건설기술연구원 화재 및 설비연구부, *성균관대학교 기계공학부

Effect of Pressure Wave Induced by Rapid Heating of Air in an Enclosure on Heat Transfer

In-Ju Hwang, Youn J. Kim*

Fire & Engineering Services Research Department, Korea Institute of Construction Technology, Koyang 411-712, Korea

**Department of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea*

요 약

경계면에 놓여진 압축성 유체(compressible fluid)를 급속히 가열 또는 냉각하거나 열을 수반하는 급격한 화학반응이 일어나는 혼합과정 중의 경계면 근처에서는 유체가 순간적으로 급격히 팽창하는 경우가 발생하게 되는데, 이렇게 열적인 요인에 의하여 유발되는 압축성 유체의 팽창은 주변유체의 진동을 수반하면서 압력파(pressure wave)를 생성시킨다. 이러한 압력파를 열음향파(thermo-acoustic wave)라고 하며, 압축성 유체의 경계에서 발생하는 열전달에 관계하는 현상을 설명하는 용어로 열음향 대류(thermo-acoustic convection)라는 표현을 사용하기도 한다.⁽¹⁻²⁾

본 연구논문에서는 공기가 채워진 2차원적인 직사각형 공간에서 좌측벽을 순간적으로 가열할 경우에 생성되는 압력파의 특징과 열전달에 미치는 영향을 수치 해석적으로 평가하였다. 이때 형상비(좌우길이/높이)는 필요에 따라 1 또는 2인 경우를 적용하였다.

해석모델에서 정교한 압력파를 얻기 위해서 격자수를 변화시키면서 결과를 검토하였으며, 형상비가 1 또는 2인 2차원적인 제한공간에 대하여 각각 50×1000개, 50×2000개의 격자계를 적용할 경우 비교적 정교한 압력파형을 얻을 수 있었다. 그리고 천이상태 수치해석에 적용한 시간간격(time step)에 의해서도 파형의 침두값은 크게 영향을 받았는데, $t=1 \times 10^{-9}$ sec 에서 안정적인 수렴해를 얻을 수 있었다.

이러한 결과는 1차원적인 선행연구 결과와 비교하였으며, 파형의 침두값과 후단부에서 압력 값에서 약간의 차이를 보였으나 순간적인 압력상승으로 날카로운 전단과 길게 늘어지는 후단부로 설명할 수 있는 상사한 파형을 관찰할 수 있었다. 이러한 이론적, 수치적 연구를 통하여 압력파의 전파과정에서 유체의 점성이나 열적인 소산, 압력파의 간섭 등 비가역적인 요인으로 인하여 에너지가 소산됨을 알 수 있었다. 그리고 압력파가 벽면에 부딪히는 순간 열전달계수가 순간적으로 증가 또는 감소하는 현상을 관측하였으며, 이러한 현상을 지속적으로 벽면에 부가할 경우 열전달 향상을 기대할 수 있음을 보였다.

참고문헌

1. T. Fusegi, B. Farouk and E. S. Oran, 1995, "Numerical study of thermo-acoustic convection in a cavity," HTD-Vol. 305, National Heat Transfer Conference.
2. Hwang, I. J., and Kim, Youn J., 2002, A Numerical Study on the Thermo-Acoustic Wave Transmission in the Confined 2-D Space with Rapid Wall Heating, Proceedings of the KSME 2002 Spring Annual Meeting, pp. 1919-1924.