

비정상 압축성 이젝터-디퓨저 유동에 대한 수치해석적 연구

이영기 · 최보규* · 김희동
(안동대, 동화정기*)

(E-mail : kimhd@andong.ac.kr)

이젝터-디퓨저 시스템은 고압의 기체를 노즐로 팽창시켜서 얻은 대량의 운동에너지를 이용하여 낮은 에너지를 가지는 주변의 기체를 외부로 배출시키는데 이용되는 유체 역학적 펌프이다. 이젝터-디퓨저 시스템은 작동부가 없고 구조가 단순하여 설치/보수 및 시스템 전체의 경량화에 많은 이점이 있으므로 그 활용도가 증대하고 있는 추세이다. 그러나 이젝터-디퓨저를 지나는 초음속 유동은 복잡한 충격파 및 난류현상들로 인하여 그 물리적 특성들이 명확히 알려지지 않았다. 특히 이러한 제현상들의 간섭과 전단층의 불안정성 때문에 발생하는 비정상성은 1차 유동과 2차 유동의 혼합작용에 영향을 미쳐, 결국 시스템 전체의 배기성능을 저하시킬 뿐만 아니라, 소음과 진동을 발생시켜 시스템의 안정적인 운전을 방해한다.

초음속 이젝터-디퓨저 시스템의 설계에는 유동의 비정상성이 반드시 고려되어야 함에도 불구하고, 현재까지 보고된 이론적/실험적 연구결과들에서는 이젝터 유동의 비정상적 특성들이 거의 알려져 있지 않으므로 이에 대한 연구가 절실히 요구된다. 기존의 실험적 방법에서 사용되어 온 이젝터 벽면의 단순한 압력 측정이나 유동방향의 상태량 분포의 관찰로부터 이러한 유동의 비정상성을 직접적으로 조사하기는 힘들지만 수치적 방법으로부터는 비교적 손쉽게 재현될 수 있다.

본 연구에서는, 이젝터-디퓨저를 지나는 점성 압축성유동의 비정상적 특성들을 수치적으로 모사하기 위하여 $k-\epsilon$ 난류모델을 포함하는 축대칭 압축성 Navier-Stokes 방정식을 적용하였다. 지배방정식에 대한 공간 및 시간차분에는 완전음적 유한체적법과 2차 정도를 가지는 다단계 Runge-Kutta 방법이 각각 적용되었다. 이젝터-디퓨저 시스템의 초음속 작동특성을 얻기 위하여 설계마하수 2.11의 초음속 노즐을 사용하였으며, 이젝터의 작동압력비는 10으로 일정하게 하였다. 수치계산 조건으로 이젝터-디퓨저 시스템 내부의 유동특성의 비정상성을 조사하기 위하여 이젝터 목면적비와 1차 유동과 2차 유동의 질량유량비를 변화시켰다. 본 연구의 결과로부터 이젝터가 2차 목을 가지는 경우와 일정단면적 혼합부를 가지는 경우의 이젝터 내부 유동장들을 비교하면, 혼합부 내에서 발생하는 충격파 시스템의 진동특성은 매우 상이하게 나타났다.