이중 슬롯을 이용한 충격파/난류 경계층 간섭현상의 피동제어

구병수, 김현섭, 김희동

안동대학교 기계공학과

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

천음속 또는 초음속 유동이 유동장의 하류에서 부여되는 압력조건에 의하여 감속되는 경우나, 유동방향의 갑작스런 변화를 요구하는 물체 혹은 벽면이 존재하는 경우에 발생한 충격파는 벽면을 따라 발생하는 층류 혹은 난류경계층과 복잡한 상호간섭(interaction)을 일으켜 충격파에 의한 박리 발생, 충격파 하류에 새로운 충격파 발생, 충격파가 큰 진폭으로 진동하게 되는 현상 등을 발생시킨다. 이러한 간섭현상은 고속유동이 통과하는 유체요소나 유체기기의 성능을 좌우하는 매우 중요한 유동현상으로, 유체기계의 설계시 사전에 고려되어야 할 중요한 공학적 문제이다.

종래 천음속 및 초음속 유동에서 발생하는 충격파와 경계층의 간섭현상을 제어하기 위하여 피동제어법(passive control method)인 다공벽(porous wall)과 공동(Cavity)을 이용한 방법, 바이패스(by-pass) 유로를 이용한 방법, 와발생기(vortex generator)와 다공질벽을 병행한 방법, 음향을 츄우닝하는 방법 등 많은 연구가 수행되어 왔으나 충격파와 경계층이 간섭하는 유동장은 경계층 외부의 비점성적인 압축성 유동과 경계층 내부의 점성 유동의 상호 영향 뿐 아니라 초음속과 아음속 유동이 공존하는 복잡한 형태이므로 단순한 이론적 방법으로 유동장을 해석하는 것은 어려움이 있어 실험적 연구에 의존하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 2차원 압축성 Navier-Stokes 방정식을 이용하여, 경사충격파와 난류경계층의 간섭현상에 대한 피동제어 유동장을 수치계산법으로 조사하였다. 본 연구에서는 Fig.1에 도식적으로 나타낸 바와 같이, 초음속 풍동에서 발생하는 경사충격파와 벽면 난류경계층의 간섭영역에 충격파 하류의 유동이 상류로 피드백 하도록 이중 슬롯형상의 By-pass 유로를 설치하여 그 효과를 시험하였다.

본 계산에서는 마하수와 슬롯의 크기, 슬롯간의 거리, 슬롯 판 두께 등을 변화시켜 최적의 By-pass 유로 형상을 결정하였으며, 슬롯과 공동 내부에서 발생하는 유동도 상세하게 조사하였다.

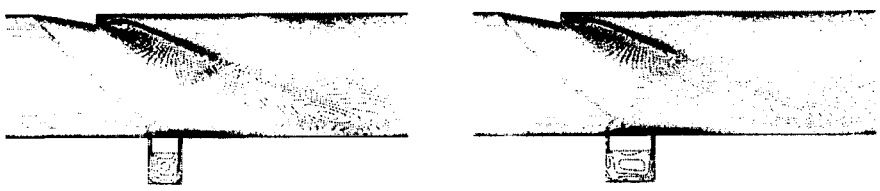

Fig.1 Mach number contours for various slot interval