

# 기체유동에서 발생하는 복합초킹(Compound Choking) 현상에 대한 기초적 연구

이준희\*, 김희동\*, 박종호\*\*

\*안동대학교 기계공학부, \*\*충남대학교 기계공학과

(주저자 E-mail : kimhd@andong.ac.kr)

일반적으로 노즐이나 오리피스를 통하는 기체유동의 경우, 상하류의 압력비가 어느 임계압력비(Critical pressure ratio) 이상으로 되는 경우 유동은 유로 단면적이 최소로 되는 부분에서 초크(Choke)하게 된다. 이 경우 노즐을 통하는 유동은 노즐목으로부터 하류의 압력조건에 의존하지 않고, 상류의 유동조건에만 의존하게 되며, 노즐을 통하는 질량유량은 노즐 상류의 정체조건으로 용이하게 예측할 수 있다. 그러나 노즐상류에서 서로 다른 정체압력과 온도 등의 상태량을 가지는 기체가 혼합하여 노즐을 통과하는 경우에 유동의 초크현상은 종래의 일차원 기체역학 이론으로부터 결정되는 마하수  $M=1.0$ 의 조건으로 설명될 수 없다. 일반적으로 대부분의 유동에서는 점성이나 열전달 효과를 무시할 수 없으며, 노즐목에서 발생하는 경계층으로 인하여, 기체역학 이론에서 주어지는 바와 같은 1차원적 초킹현상이 발생하는 것은 불가능하다. 이것은 노즐목에서 발생하는 경계층 내부의 벽면 매우 가까운 부분에는 유동이 아음속 상태로 존재하게 되어, 유동의 마하수가 1.0으로 되지 않기 때문이다.

최근 이젝터 시스템이나 Scramjet엔진 등과 같은 응용에서는 서로 다른 전압력과 온도를 가지는 기체가 혼합하면서 노즐로 유입하게 된다. 이 경우에 발생하는 유동의 복합초킹(Compound choking)현상은 엔진에 유입되는 질량유량의 결정뿐만 아니라 엔진의 추력 및 전체성능을 결정하는데 중요한 요인으로 되며, 기체역학적인 관점에서 연구되어야 될 흥미있는 유동현상임에 틀림없다.

복합초킹 현상에 관한 종래의 연구에 의하면, Fig.1에 나타낸 바와 같이 축소노즐의 상류에 분리판(Splitter)을 설치하여 다른 상류조건을 부여하는 경우에 축소노즐의 목에서 유동의 마하수가 1.0으로 되지 않는 상태에서 하류의 유동이 초음속으로 가속될 수 있다는 것을 발견한바 있다. 이것은 축소노즐의 목에서 유동이 복합초크하기 때문이며, 이에 대한 구체적인 연구사례는 현재까지 매우 드물다.

본 연구에서는 축소노즐을 통하는 기체유동의 복합초킹 현상을 조사하기 위하여, 이론해석 및 수치계산을 수행하여 종래의 실험결과와 비교하였다. 이론해석에서는 1차원 기체역학 이론을 이용하여 복합 초킹 현상의 물리 및 조건을 구하였으며, 이론해석의 타당성을 검증하기 위하여 축대칭 압축성 Navier-Stokes 방정식을 이용하여, 유동이 복합초킹하는 경우에 노즐목에서 발생하는 유동의 상세를 수치계산하였다.

Fig.1에는 본 수치계산에서 사용된 노즐의 상세형상을 나타내었다. Fig.2는 상류 정체실의 전압비가 복합초킹 현상에 미치는 영향을 알아보기 위한 등마하수 선도이다.

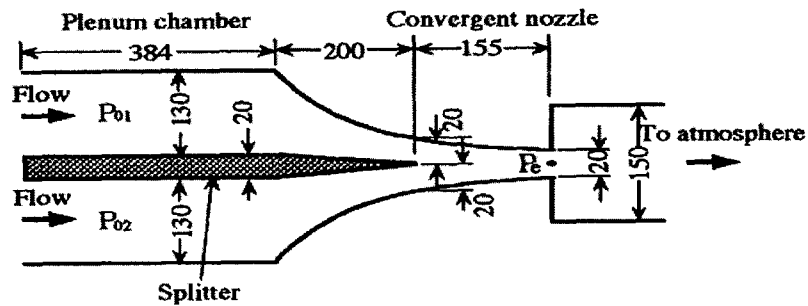


Fig.1 Compound choking test (Length unit:mm)

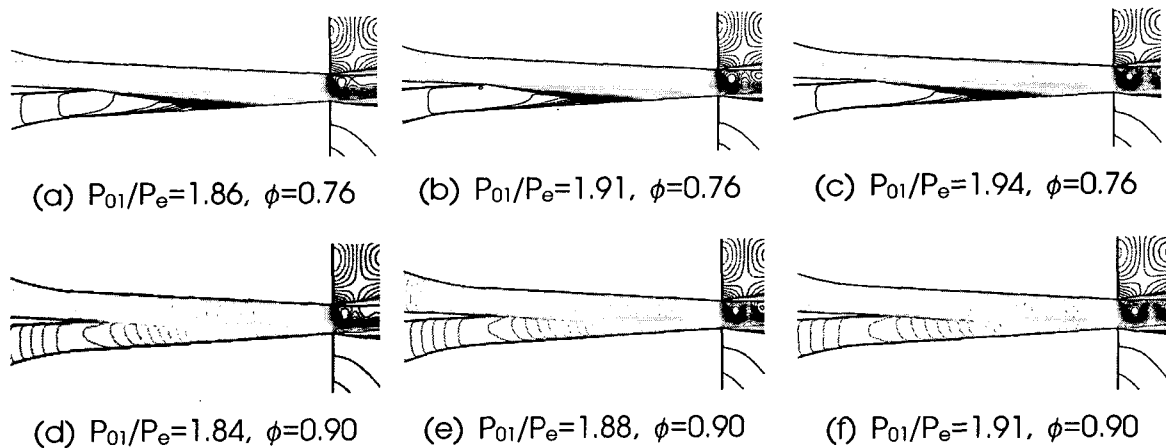


Fig.2 Mach number contours for different plenum chamber pressure ratios