

## 평판에 충돌하는 초음속 분류에 대한 노즐 출구각의 영향

백순철\*, 김명종\*, 권순범\*\*

\*경북대학교 기계공학과, \*경북대학교 기계공학과, \*\*경북대학교 기계공학부

(E-mail : passive-control@hanmail.net)

최근 산업의 발달과 더불어 다양한 공업 분야에서는 초음속 분류가 많이 사용되고 있다. 예를 들면, 보일러 전열관의 그을음을 제거하는 sootblower, 산소 절단용 tip 등에서도 초음속 분류가 사용되고 있다. 이러한 초음속 분류에 관한 연구는 Prandtl이 설계 마하수 1.85인 2차원 초음속 노즐에서 과팽창~부족팽창 분류를 가시화하는 연구를 수행한 이래 초음속 분류에 관한 수많은 연구가 수행되었다. 그러나 현재까지 초음속 분류의 특성 자체에 대한 관한 연구는 어느 정도 구명되어 있지만, 초음속 분류가 사용되는 곳에서의 요구에 완전히 부합된 상태로 사용되는 경우는 그다지 많지 않다. 또한, 적정 및 부족팽창 분류의 충격과 구조 및 소음 등에 대한 연구가 수행되었으나, 노즐의 형상에 따른 분류의 속도감쇠, 구조 및 축방향 혹은 반경 방향의 전압분포 등과 같은 분류 특성에 대해 거시적인 거동만을 고찰했을 뿐이다. 일반적으로 동일 정체압의 초음속 분류에서는 분류 내 각 위치에서의 분류의 실제전압보다는 충돌압이 중요시되는 경우가 많다. 그러나 아직까지 동일한 설계 마하수에서 노즐 출구각을 변화시키는 경우에 분류의 구조 및 분류가 workpiece에 충돌할 때의 충돌압 분포에 대한 연구는 거의 되어있지 않은 상태이다. 이와 관련 본 연구는 초음속 노즐을 통해 적정 혹은 부족팽창 된 분류가 수직 평판에 충돌하는 경우에 대해 노즐 출구각이 분류의 구조 및 충돌압, 분류 내부에 발생하는 경사 충격과, 마하 디스크 및 팽창과 등에 미치는 영향을 밝히는 것을 연구의 목적으로 하였다. 작동유체는 공기이고, 설계 마하수 1.5, 노즐 출구각이 2, 6, 10, 15° 인 경우의 적정팽창과 부족팽창에 대한 실험을 수행하였다. 2축 이송장치에 장착된 수직평판을 축방향으로 이동시키면서 축방향 및 반경방향 압력을 측정하고 슈리렌 가시화 장치로부터 초음속 분류를 촬영하였다. Fig.1은 노즐 출구각 6° 인 경우, 축방향 거리변화에 따른 분류의 구조를 알아보기 위해 나타낸 가시화 사

진이다. Fig.2는 분류가 부족팽창이고 축방향 거리  $x/De=3$ 에서 노즐 출구각의 변화가 분류의 구조에 미치는 영향을 알아보기 위한 가시화 사진이다.



(a)  $x/De=1.0$       (b)  $x/De=2.0$       (c)  $x/De=3.0$       (d)  $x/De=5.0$

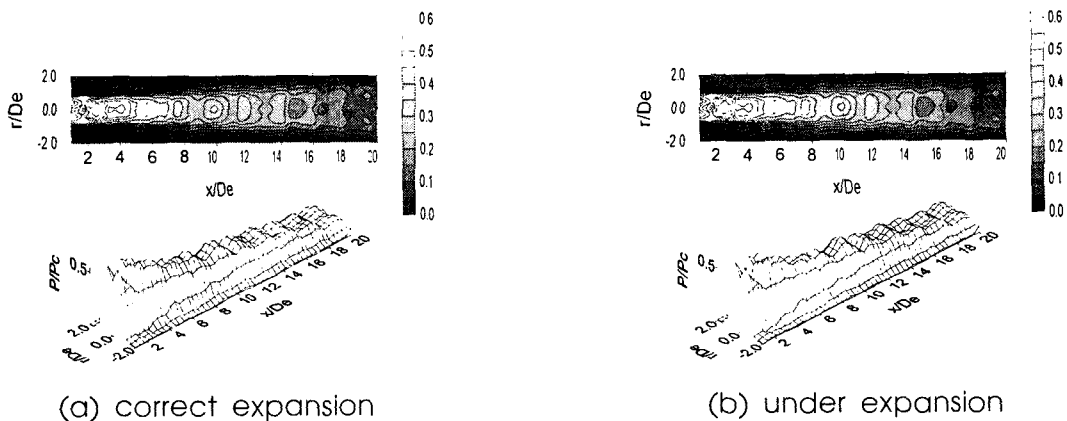
**Fig. 1** Flow visualizations with the variation of distance along the nozzle axis for under expansion ( $M_d=1.5$ ,  $P_c=0.54\text{MPa}$ , exit angle= $6^\circ$ )



(a) exit angle= $2^\circ$       (b) exit angle= $6^\circ$       (c) exit angle= $10^\circ$       (d) exit angle= $15^\circ$

**Fig.2** Flow visualizations with the variation of nozzle exit angle for under expansion at  $x/De=3.0$  ( $M_d=1.5$ ,  $P_c=0.54\text{MPa}$ )

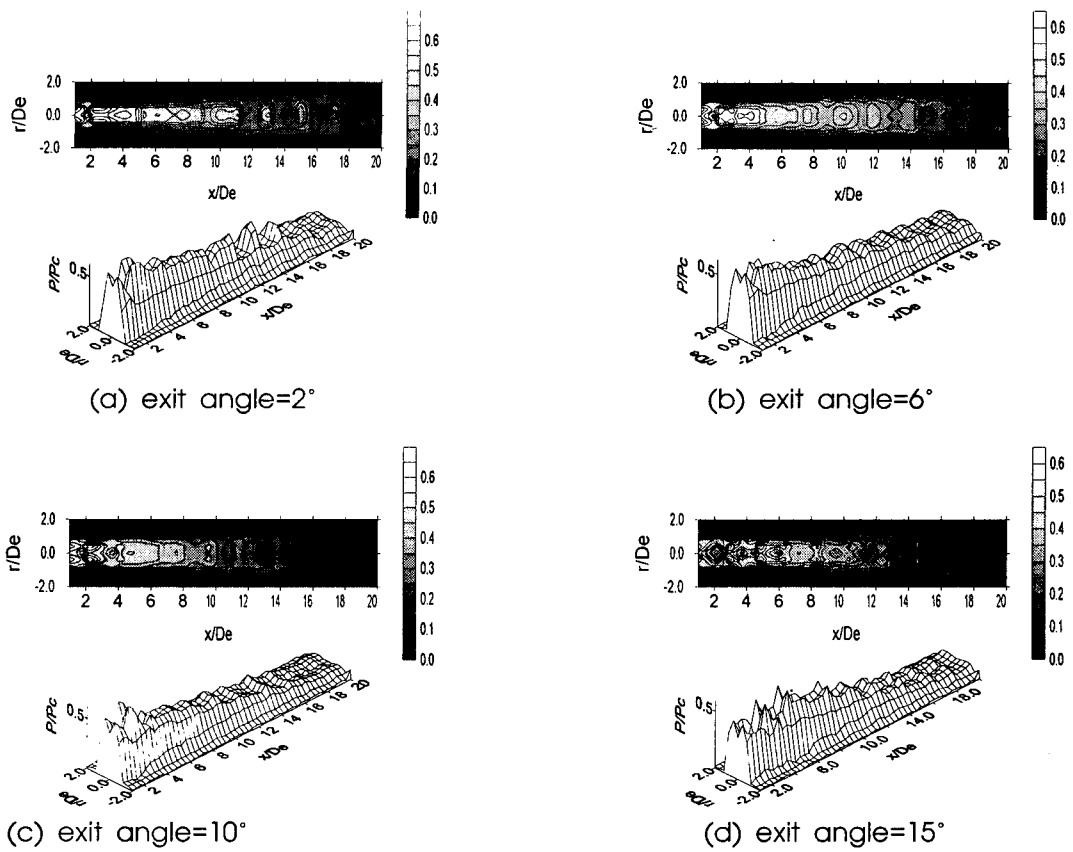
Fig.3은 노즐 출구각이  $6^\circ$  인 경우, 분류가 적정팽창 및 부족팽창되는 경우의 충돌압력 분포를 나타낸 그림이며, Fig.4는 부족팽창인 경우에 노즐출구각 변화에 따른 분류 하류방향으로의 충돌압력분포이다.



(a) correct expansion

(b) under expansion

**Fig.3** Comparison of impinging pressure between correct and under expansions at  $M_d=1.5$ , exit angle= $6^\circ$



**Fig.4** Effect of nozzle exit angle on impinging pressure for under expansion at  $M_d=1.5$ ,  $P_c=0.54\text{MPa}$