

초음속 파동 벽면에서의 조파저항에 관한 실험적 연구

권민찬* · Vasily V. Semenov**†

Excremental Study on Wave Drag in Supersonic Wavy Walls

Minchan Kwon* · Vasily V. Semenov**†

ABSTRACT

In this study, it was experimentally confirmed that the phenomenon of resonance effect of wave drag in two wavy walls. The channel had saw-tooth type of relief surfaces when supersonic gas flows into this channel. Experiment was carried out on the differential apparatus by conducting the comparative test of two nozzles (round sonic nozzle and two-dimensional nozzle with wavy walls). The two-dimensional nozzle was joined alternately with flat walls which had saw-tooth type of symmetrical and asymmetric reliefs. Two-dimensional nozzle was designed for the $M=3$ and profiled parabolic contour.

초 록

본 논문에서는 포물선 형상의 팽창부로 설계된 이차원 노즐($M=3$)에 툽니 형태의 대칭 및 비대칭 파동 채널을 교대로 설치하여 원형 음속 노즐에서 발생하는 추력과 추력편차를 측정함으로써, 두 파동 벽면 내에서 일어나는 조파저항의 공진현상을 실험적으로 확인하였다.

Key Words: Wave Drag(조파저항), Resonance Effect(공명현상), Wavy wall(파동벽면), Supersonic-Fow(초음속유동), Nozzle-skirt(노즐스커트), Differential Apparatus(추력편차측정장치)

1. 서 론

초음속 유동이 왜곡된 평판 또는 채널을 지나게 되면 추가적인 조파저항(wave drag)이 발생하게 된다. 이와 같은 현상은 상단 노즐(ex,

RD-0120)이나 고도 보정(altitude compensation)을 위한 노즐스커트 내부에서 발생하여 로켓의 비추력 손실의 원인이 되며, 여러 형태의 초음속 비행체에서 발생하게 되면 추가적인 손실을 발생시킨다. 현재 이에 대한 연구는 무한 평면을 지나는 2차원 문제에 대한 변수분리법을 이용한 방법과 특정 형태의 채널 유동에서의 특이 현상에 대한 이론[1] 및 응용연구[2]가 유일하다. 받음각을 고려한 임의의 파동 평면에서의 조파저

* 대한항공 기술연구원 발사체엔진그룹

** Moscow state Aviation Institute (MAI)

Dept. Rocket Engines,

† 교신저자, E-mail: semenov@mai.ru

항계수 정의를 위한 일반식과 두 벽면의 대칭성 및 파동수에 따른 충격파 간섭에 의한 공명현상이 저자에 의해 정의되었으며[3], 이를 위한 실험적 검증이 필요하다.

2. 이론적 분석

실험을 고려한 톱니 형태의 벽면을 갖는 대칭 채널(Fig. 1)이 제안되었다.

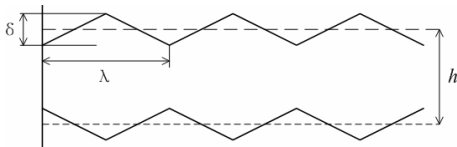


Fig. 1 The symmetrical(a) and asymmetrical(b) way wall channel with saw-tooth type

연구결과[3]에 의한 각 채널의 파동수(m), 충격파 반사계수(Λ), 대칭성에 따른 조파저항계수 값이 Fig. 2와 같이 정의되었다.

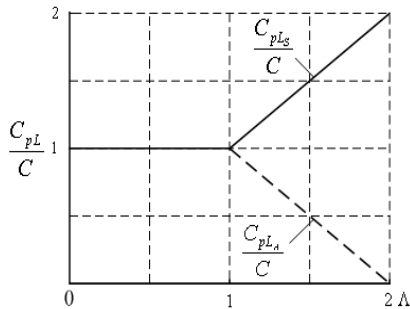
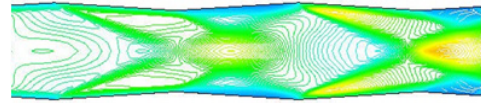


Fig. 2 Coefficient of Wave drag when wave number is even ($m=2n$)

3. 실험적 연구

실험조건($M=3$)에 맞는 2D 노즐과 CFD해석을 통해 유동박리가 일어나지 않는 파동의 높이(δ)로 정의된 채널을 제작, 채널 내에서의 내부유동

과 추력편차측정장치를 통한 조파저항의 값들을 비교하였다.



(a)



(b)

Fig. 3 Density distribution(a) and Schlieren image(b) in symmetrical way wall channel

4. 결과 및 분석

받음각을 고려한 임의의 파동평면 및 채널에서의 조파저항정의를 위한 공식과 특정 조건에서 충격파 간섭으로 인한 조파저항의 공명 현상이 실험적으로 증명되었다.

참고 문헌

1. Busemann. A., "Aerodynamic lift at supersonic speeds", Luftfahrtforschung, Ed.12, Nr.6, Oct.3, 1935, pp.210-220
2. K. Kusunose, K. Masysima, "A Fundamental Study for the Development of Boomless Supersonic Transport Aircraft", 44th AIAA/ASME 9-12 January 2006, Reno, Nevada
3. Kwon M.-c., Semenov V. V., Volkov V. A., "Pressure wave interference under supersonic flow in flat channel with relief walls", ISSW26, 15~20 July, 2007, Goettingen, Germany