

이중펄스모타 파열판 형상 변화에 따른 파열 영향의 실험적 분석

권태하*[†] · 조원만* · 노태호* · 장홍빈** · 구송회**

Experimental Analysis of Bursting Performance according to Rupture Disc Shape of Dual Pulse Motor

Taeha Kwon*[†] · Wonman Cho* · Taeho Rho* · Hongbeen Chang** · Songhoe Koo**

ABSTRACT

The rupture disc shapes of bulkhead type pulse separation device(PSD) are designed for new dual pulse rocket motor. Before final design PSD, that three different rupture disc are tested and confirmed the performance of the discs. Through analyzing the test results the PSD decides, two rupture disc shapes with flow holes of eight circles and eight trapezoids.

초 록

이중펄스 로켓모타에 적용되는 격벽형 펄스분리장치의 파열판 형상을 변경하는 설계를 진행하였다. 펄스분리장치 설계 확정에 앞서 3가지 다른 형상의 파열판 평판시험을 진행하여 파열판 성능을 확인하였다. 평판시험후 시험결과를 분석하여 펄스분리장치 파열판의 8개의 원형 구멍형과 8개의 사다리꼴 구멍 형상을 적용하기로 결정하였다.

Key Words: Dual Pulse Rocket Motor(이중펄스 로켓모타), Pulse Separation Device(펄스분리장치), Rupture Disc(파열판), Plate Test(평판시험), Pneumatic Test(공압 시험), Bulkhead(격벽)

1. 서 론

이중펄스 로켓모타는 기존의 단일형 추진기관과는 달리 유도탄의 추진에너지를 효율적으로 배분하기 위하여 적용된다. 이를 실현하기 위하여 추진기관 내부에 펄스분리장치를 사용하여

연소종료 및 재점화를 실시할 수 있는 추진기관 분야의 첨단 기술로써 활발히 연구되고 있다 [1,2].

이중펄스 추진기관에 적용되는 펄스분리장치는 1단 펄스모타 연소 시 발생하는 압력과 열로부터 2단 펄스모타를 보호할 수 있어야 하며, 2단 추진기관 연소 시 시스템이 요구하는 압력범위 내에서 파열되어야 한다. 2단 펄스모타에서 발생된 연소가스가 펄스분리장치의 가스 유동 구멍을 통과하여 일정압력 범위 내에서 파열판이

* (주)한화 개발부

** 국방과학연구소, 1본부 6부

† 교신저자, E-mail: taeha@hanwha.co.kr

파열되고 연소가스는 펄스분리장치 - 1단 펄스모타 - 노즐 순으로 빠져나갈 수 있어야 한다[3].

이때 펄스분리장치를 통과하여 나오는 연소가스의 유동 현상에 의하여 1단 펄스모타 연소관 내열재의 과도한 삭마가 발생하게 된다. 펄스분리장치 설계 시 펄스분리장치를 통과하는 유동의 흐름을 원활히 하여 1단 펄스모타 연소관 내열재에 적은 영향을 미치는 설계를 하여야한다 [4].

지상연소시험으로 이미 획득한 펄스분리장치에 대한 파열특성 및 열적영향을 바탕으로 파열판 형상이 다른 3가지 펄스분리장치를 설계하였다. 본 논문에서는 파열판 형상이 다른 펄스분리장치에 대한 타당성을 확인하기 위하여 평판시험을 진행하였으며 파열판의 파열특성을 확인하였다.

2. 펄스분리장치 설계

2.1 1, 2단 펄스모타 성능 및 구조설계

펄스분리장치 설계를 위하여 1단 연소 후 노즐목 직경값이 필요하다. 중요한 설계변수를 얻기 위하여 1,2단 펄스모타 내탄도 해석을 진행하였으며, 내탄도 결과는 아래의 Fig. 1과 같다.

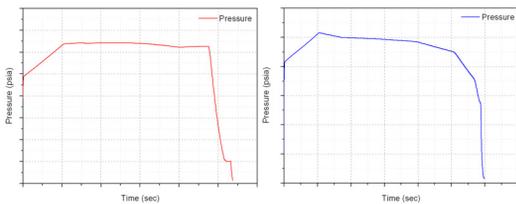


Fig. 1 1, 2Pulse Motor Pressure-Time curve

내탄도 설계 결과 1단 연소 후 노즐목 직경은 00 mm로 예측되었으며, 노즐목 직경을 바탕으로 펄스분리장치 유동 구멍 직경을 결정하였다.

2.2 펄스분리장치 설계

펄스분리장치는 3가지로 설계를 진행하였으며, Fig. 2와 같다.

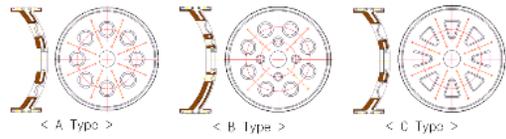


Fig. 2 Designs of 3 Different Type PSDs

펄스분리장치 유동 구멍 면적은 노즐목 면적 대비 2.1 이상이 되도록 설계하였다. 이러한 펄스분리장치의 구성부품 및 적용재질을 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Material of Each Part in PSD

구분	Material
전방격벽내열재	Silica Phenolic
격벽	STS 630
후방격벽내열재	Silica Phenolic
파열판	STS 316L
파열판 단열재	EPDM
격벽보호내열재	Silica Phenolic

3. 파열판 평판시험

3.1 시험계획

펄스분리장치용 파열판 제작에 앞서 평판형 파열판 시험을 통하여 파열판의 적용 가능성을 확인하였다.

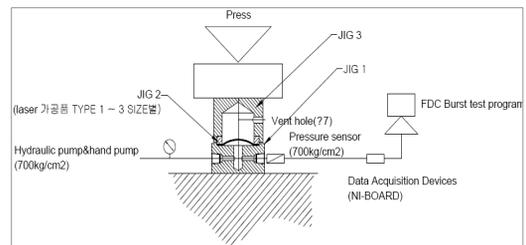


Fig. 3 Schematic Diagram of Plate Hydraulic Test

평판시험은 유압으로 가압하였으며, 성형압력 및 파열압력을 계측하였다. Fig. 3과 같이 시험치구를 연결하고 유압프레스를 하강하여 2,400 psi까지 가압하여 딥플(Dimple) 성형을 진행한

후에 파열판이 파열될 때까지 가압하여 파열압력을 측정하였다.

평판시험에 적용된 파열판은 Fig. 4와 같이 3가지 형상으로 진행하였으며, 유동 구멍의 크기를 여러 가지로 변경하여 시험 진행하였다. 평판 시험용 파열판은 대칭성 및 프레스 능력을 고려하여 슬릿을 기준으로 해칭 표시된 크기로 평판 시험을 진행하였다.

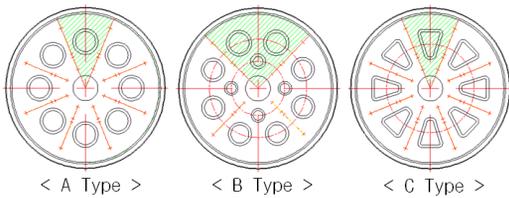


Fig. 4 3 Different Types of Rupture Discs

3.2 시험결과

A형은 원형 구멍 1개로 제작하여 평판시험을 진행하였다. Fig. 5에 시험 후 형상을 제시하였고 유동 구멍 크기에 따른 파열압력을 Table 2에 나타내었다.



Fig. 5 Dimple and Rupture Shape of A Type Disc

Table 2. Rupture Pressure of A Type Disc

직경 (mm)	면적 (mm ²)	파열압력 (psi)
35	962.1	미파열
37	1,075.2	5,729.6
39	1,194.6	5,411.1
41	1,320.3	5,163.5
43	1,452.2	4,704.0
45	1,590.4	4,691.2

Figure 6은 유동 구멍 면적과 파열압력의 관계

를 그래프로 나타낸 것이며, 선형적으로 나타난 것을 확인할 수 있다.

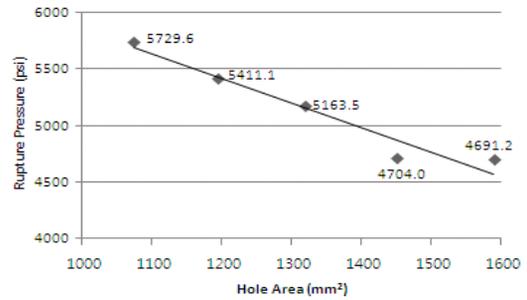


Fig. 6 Rupture Pressures Vs. Hole Areas of A Type Disc

B형은 유동 구멍이 작은원 1개, 큰원 2개로 설계하였으며, 시험 후 형상 및 파열압력은 Fig. 7과 Table 3에서 제시하였다. 파열판 성형형상은 확인할 수 있었지만 파열압력은 유압프레스 용량문제로(20 TON) 측정에 실패하였다. 미파열시 계측압력은 3,602.0 ~ 3,849.1 psi 로 측정되었다.



Fig. 7 Dimple Shape of B Type Disc

Table 3. Rupture Pressure of B Type Disc

큰원 (mm)	작은원 (mm)	면적 (mm ²)	파열압력 (psi)
32	15	981.0	미파열
34	17	1,134.9	미파열
36	19	1,301.4	미파열
38	21	1,480.5	미파열

C형은 사다리꼴 1개로 평판시험을 진행하였고, 파열형상 및 파열압력은 Fig. 8과 Table 4에서 확인할 수 있다.

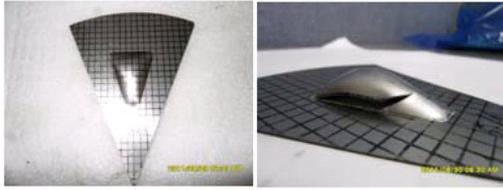


Fig. 8 Dimple and Rupture Shape of C Type Disc

Table 4. Rupture Pressure of C Type Disc

밑면/윗면 (mm)	높이 (mm)	면적 (mm ²)	파열압력 (psi)
29.9/5.6	39	690.9	미파열
32.6/7.1	41	811.2	5,816.9
35.5/8.5	43	937.7	5,703.3
38.0/10.0	45	1,070.6	5,569.2
40.7/11.5	47	1,209.7	4,692.0
43.4/12.9	49	1,355.1	4,620.9
46.2/14.4	51	1,506.8	4,207.4

Figure 9는 C형 파열판의 면적에 따른 파열압력을 도시하였다.

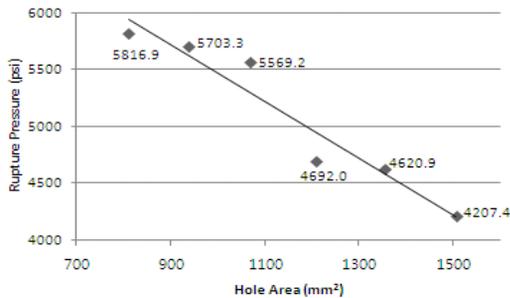


Fig. 9 Rupture Pressure Vs. Hole Area

시험결과 파열압력은 A형, B형, C형 모두 설계압력보다 높은 것으로 확인되었다. C형의 경우 딤플 성형 시 형상이 복잡하여 불균일할 것

으로 예측되었지만, 파열판 시험결과 딤플의 형상은 균일하게 나타났다. 향후 A형, C형은 지상연소시험 시 성능에 중요한 영향을 주는 1단 펄스모타 연소관 내열재에 대한 열적인 유동 영향은 적을 것으로 예측된다.

4. 결 론

3가지 형상의 평판형 파열판 시험을 실행하여 딤플 형상 및 파열압력을 확인하였으며, 파열압력 결과 구조적으로는 안전한 것을 확인하였다. 향후 지상연소시험 시 2단 펄스모타의 연소가에 의한 1단 펄스모타 연소관 내열재에 열적인 유동 영향을 적게 주는 A형, C형으로 개발을 진행할 것이다.

참 고 문 헌

1. 조원만, 김원훈, 장홍빈, 오종윤, 이방업, 이종원, "고체 추진기관의 격벽형 펄스분리장치 연구," 한국추진공학회 2009년도 춘계학술대회, pp.187-190
2. 이동원, 이원복, 강성엽, 이종원, 장홍빈, "다중펄스 로켓모타 적용 펄스분리장치의 공압 시험평가," 한국추진공학회 2010년 춘계학술대회, pp.101-104
3. Naumann, K. W., "Double Pulse Solid Rocket Motor Technology at Bayern-Chemie/Protac," AIAA 2006-4761, 2006
4. 김진용, 노태호, 이원복, 조원만, 함희철, 윤남균, "이중펄스모타의 연소관 내열재 설계", 제19회 지상무기 학술대회