

다중펄스 로켓모터 적용 펄스분리장치의 공압시험평가

이동원* · 이원복* · 강성엽** · 이종원*** · 장홍빈****

Pneumatic Test Assessment of Pulse Separation Device for Multi-Pulse Rocket Motor

Dongwon Lee* · Wonbok Lee* · Seongyeop Kang** · Jongwon Lee*** · Hongbeen Chang****

ABSTRACT

A bulkhead-type pulse separation device has been developed for the multi-pulse rocket motor. The design parameters of the pulse separation device were the shape of the rupture disc slit, welding conditions, and the implementation of the seal disc. The pneumatic tests of the fabricated pulse separation devices showed that the rupture pressure increased as the quantity of the rupture disc slit and welding strength increased and the seal disc was implemented.

초 록

다중펄스 로켓모터에 적용하려는 격벽형 펄스분리장치에 대한 설계를 진행하였다. 펄스분리장치의 부품인 파열판의 Slit 형상과 용접조건 및 Seal Disc 적용여부 등 설계인자를 변경하며 설계하였다. 설계 및 제작된 펄스분리장치에 대한 공압 파열시험을 실시하여 Slit 개수 및 용접강도 증가, Seal Disc 적용에 따라 파열압력이 증가함을 확인하였다.

Key Words: Pulse Separation Device(펄스분리장치), Multi-Pulse Rocket Motor(다중펄스 로켓모터), Pneumatic Test(공압 시험), Rupture Disc(파열판), Bulkhead(격벽)

1. 서 론

다중펄스 로켓모터는 통상적인 단일 추력형 추진기관과는 다르게 체계의 요구에 따라 다회에 걸쳐 연소종료 및 재점화를 실시할 수 있는

추진기관 분야의 첨단 기술이며, 이러한 기능을 가능케 하기 위하여 추진기관 내부에 펄스분리장치가 사용되게 된다.[1]

다중펄스 추진기관의 한 종류인 이중펄스 추진기관에 적용되는 펄스분리장치의 경우, 1단 펄스모터 연소 시 발생하는 압력과 열로부터 2단 펄스모터를 보호할 수 있어야 하며, 2단 펄스모터 연소 시 일정압력 범위 내에서 신뢰성 있게 파열되어 2단에서 발생된 연소 Gas가 펄스분리장치-1단 펄스모터 연소챔버-노즐 순으로 빠져나

* (주)한화, 개발부

** 삼성테크윈(주), 정밀기계생산그룹

*** 화인디스크(주)

**** 국방과학연구소, 1본부 6부

연락처, E-mail: kaemac@hanwha.co.kr

갈 수 있어야 한다.[2]

이러한 역할을 수행하는 펄스분리장치의 경우 과거에는 Valve Type, Frangible Type, Expandable Second Pulse Grain Type 등에 대한 연구가 이루어져 왔으나, 현재는 격막형과 격벽형으로 크게 구분되어진다.[3] 본 논문에서는 이 중에서 격벽형 펄스분리장치에 대한 공압 시험을 수행하여 구조적 특성 및 파열 특성 등에 대해 확인하였다.

2. 본 문

2.1 펄스분리장치 설계/제작

다중펄스 로켓모터에 적용될 펄스분리장치는 기본적으로 아래의 Fig. 1에서 보는 바와 같이 왼쪽에서부터 전방격벽내열재, 격벽, 후방격벽내열재, 파열판, 파열판 단열재의 총 5개 부품으로 구성되어 있으며, 펄스분리장치의 기밀 성능향상을 위하여 Seal Disc를 추가로 후방격벽내열재와 파열판 사이에 삽입한다. 이러한 펄스분리장치 적용 부품들에 대한 재질 및 두께특성은 다음의 Table 1에서 간단하게 언급되어져 있다.



Fig. 1 CAD Drawings of Pulse Separation Device

펄스분리장치의 기본적인 형상에 대한 설계가 완료된 것을 바탕으로 Table 2와 같이 시험계획을 세웠으며 이를 바탕으로 시험을 실시하였다.

Table 2의 항목 중 Slit Num.는 파열판의 내측에서 외측으로 Wire Cutting으로 가공한 Slit 개수를 나타내며, 2개의 Slit을 갖는 파열판을 기본 형상으로 설정하고 1개의 Slit을 갖는 파열판

이 어떠한 특성을 나타내는지 확인하고자 하였다.

Table 1. Material & Thickness of Each Part

구분	Material	Thickness(mm)
전방격벽내열재	Silica Phenolic	2.5
격벽	STS 630	7
후방격벽내열재	Silica Phenolic	2.5
Seal Disc	STS 316L	0.05
Rupture Disc	STS 316L	0.635
파열판 단열재	EPDM	3

또한 Table 2의 Inside/Outside Welding은 격벽-파열판 간 용접 위치를 나타낸 것이며 이에 대한 용접 조건을 Table 3에 나타내었다. Inside Welding은 펄스분리장치의 파열압력에 미치는 영향이 클 것으로 판단하여 용접을 실시하지 않은 경우와 용접조건을 3종류로 달리하였을 경우, 이에 따라 나타나는 파열 특성을 확인하고자 하였다. 다음의 Fig. 2는 Slit Num.가 2인 파열판 형상으로, Inside/Outside Welding 위치를 나타내었다.

Table 2 Condition of Pneumatic Test

SN	Slit Num.	Seal Disc	Inside Welding	Outside Welding
1	2	-	A	C
2	2	-	A	C
3	2	-	-	C
4	2	-	-	C
5	2	O	A	C
6	1	-	A	C
7	1	-	A	C
8	2	O	-	C
9	1	O	A	C
10	1	O	-	C
11	2	-	B	C
12	2	-	B	C
13	2	-	C	C
14	2	-	C	C

Table 3 Condition of Laser Beam Welding

Type	Speed (m/min.)	Energy (W)
A	3	700
B	2	700
C	2	900

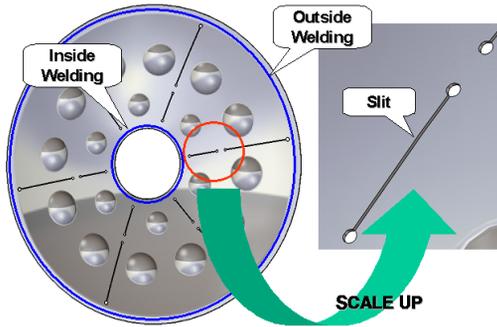


Fig. 2 Welding Area & Slit Shape of Rupture Disc

2.2 시험장치 구성

펄스분리장치의 공압시험장치에 대한 계략도는 Fig. 3에서 확인할 수 있으며, 실제 시험장치는 Fig. 4에서 확인할 수 있다. 시험 시 압력센서를 펄스분리장치의 중앙 Hole부에 하나를 위치시키고, 펄스분리장치 바로 아래에 위치시켜서 압력 측정값 변화를 확인하였다.

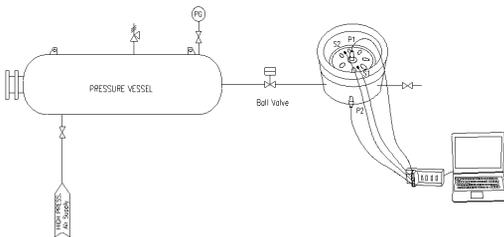


Fig. 3 Schematic Diagram of Test Equipment

2.3 시험결과

앞에서 언급되어진 공압시험장치를 이용하여 1단 펄스모타 연소시 발생하는 압력(1,700psi)에 대한 펄스분리장치의 구조안전성 압력보증시험을 실시하였다.



Fig. 4 Pneumatic Test Equipment

이를 통하여 1단 압력에 대한 구조물의 안전성을 확인한 후 2단 압력에 대한 파열시험을 실시하였으며, 시료별 파열시 최대압력 및 시간을 Table 2에 나타내었다. 또한 파열시 계측되어진 압력 곡선 양상과 시험 후 파열 형상은 Fig. 5 및 Fig. 6에 각각 나타내었다.

Table 2 Condition of Pneumatic Test

SN	Pressure (psi)		Burst time (msec)
	P1(center)	P2(side)	
1	198.73	195.03	51.2
2	196.75	194.49	79.3
3	90.10	89.99	47.1
4	91.76	90.72	48.5
5	223.37	244.86	10.9
6	141.06	136.46	87.6
7	133.79	134.13	57.4
8	127.73	127.30	44.0
9	203.72	181.56	16.5
10	109.69	105.86	38.2
11	205.07	192.58	9.88
12	192.52	197.07	41.1
13	276.95	236.40	19.2
14	266.23	230.36	18.96

본 시험을 통하여 Inside Welding을 실시한 경우는, 용접을 실시하지 않은 경우에 비해 파열 압력이 약 2.2배 높게 나타나는 것을 확인하였으며 Inside Welding의 용접강도가 강할수록 파열 압력이 높아지는 것을 확인하였다.

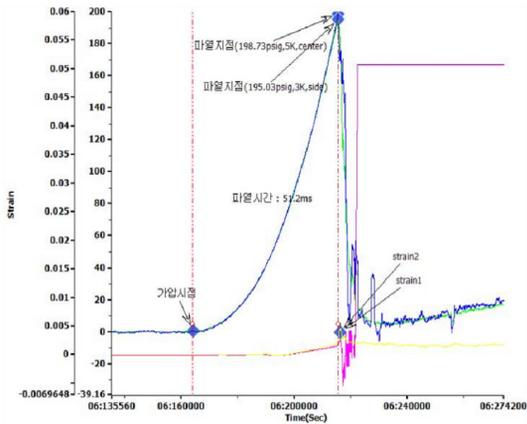


Fig. 5 Pressure at Bursting Time (SN-1)



Fig. 6 Pneumatic Burst Test Result (SN-1)

또한, Inside Welding을 실시하였을 경우 Seal Disc를 추가하면 그렇지 않은 것보다 파열압력이 1.1배 상승함을 확인하였고, 용접을 실시하지 않았을 때 Seal Disc를 적용하면 그렇지 않은 것보다 파열압력이 1.4배 상승함을 확인하였다. 따라서 Seal Disc의 영향은 Inside Welding을 하지 않은 파열판에서 그 영향이 큼을 확인할 수 있었다.

그리고, Inside Welding을 실시한 경우 2단 Slit을 갖는 파열판은 1단 Slit을 갖는 파열판에 비해 파열압력이 약 1.4배 높음을 확인하였고, Inside Welding을 실시하지 않고 Seal Disc를 적용할 경우, 2단 Slit을 갖는 파열판의 파열압력이 약 1.18배 높게 나타나는 것을 확인하였다.

3. 결 론

본 시험을 통하여 펄스분리장치는 주어진 조건 하에서 최대 266psi에서 파열되며 파열형상은 전체적으로 일정하게 나타남을 확인하였다.

그리고 Inside Welding의 용접강도가 높아지면 파열압력은 증가하며 2단 Slit형 파열판은 1단 Slit형 파열판보다 파열압력이 높아짐을 확인하였고, Seal Disc 적용 또한 파열압력을 상승시키는 설계인자임을 확인하였다. 그러나 파열판 단열재(EPDM)는 파열양상에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 조원만, 김원훈, 장흥빈, 오종윤, 이방엽, 이종원, "고체 추진기관의 격벽형 펄스분리장치 연구," 한국추진공학회 2009년도 춘계학술대회, pp.187-190
2. Naumann, K. W., "Double Pulse Solid Rocket Motor Technology at Bayern-Chemie/Protac," AIAA 2006-4761, 2006
3. Stadler, L., "Testing and verification of the LFK-NG double-pulse motor," AIAA 2006-4765, 2006