

후방형 점화기 마운트 동적 거동 연구

권태훈* · 최영기**

A Study on Dynamic Behavior for After-end Igniter Mount

Taehoon Kwon* · YoungKi Choi**

ABSTRACT

Igniter system of Solid Rocket Motor is classified as Forward-end type and After-end type. Forward-end type is used for sustention of combustion pressure by nozzle plug. But After-end type is used for sustention of combustion pressure by igniter mount. Igniter Mount is assembled on nozzle throat. Igniter mount holds combustion pressure and igniter release energy. A study has qualified result of Dynamic behavior for After-end igniter mount of Static Firing Test and Finite element method.

초 록

고체 추진기관의 점화 방식은 전방 및 후방의 두가지로 나뉘어 진다. 전방 점화 방식은 점화기 작동 후 추진제 그레인 전체가 연소하기 위한 일정 압력을 노즐 마개로 유지하는 형태이다. 그러나 후방 점화 방식은 일반적으로 점화기와 마운트가 일체형으로 노즐 목에 삽입 후 조립한다. 이로 인해 마운트는 점화기 방출 에너지와 추진제 연소 압력에 의한 하중을 지지해야 한다. 본 연구에서는 연소 시험 결과 및 유한 요소 해석을 통해 후방형 점화기 마운트의 동적 거동 결과를 검증하였다.

Key Words: After-end Igniter(후방형 점화기), Forward-end Igniter(전방형 점화기), Mount, FEM(유한 요소 해석), Nozzle Throat(노즐 목), Nozzle Plug(노즐 마개)

1. 서 론

일반적으로 고체 추진기관은 추진제를 연소시키기 위해 점화기를 이용하여 에너지를 공급한

다. 점화기의 경우 장착 위치에 따라 전방형 점화기와 후방형 점화기로 나뉜다. 전방형의 경우 연소관 전방 포트에 장착되며 후방형에서는 대형 추진기관의 경우 연소관 후방 보스부나 노즐 목에 장착되며 소형 추진기관의 경우 대부분 노즐 목에 장착된다[1].

전방형의 경우 점화기 방출 에너지와 연소 압력을 노즐 마개로 유지한다. 이 때 노즐 마개는

* (주)한화 대전공장 개발부

** 국방기술품질원 탄약센터

연락처, E-mail: alkaid@hanwha.co.kr

연소 압력에는 직접적으로 영향을 받지만 점화기 방출 에너지에는 간접적으로 영향을 받는다. 그러나, 후방형의 경우 점화기 작동시 점화기 방출 에너지가 점화기 마운트에 직접적인 영향을 받기 때문에 방출 에너지가 클 경우 조기 이탈되어 추진기관에 점화 지연 현상이 발생한다.

본 연구에서는 실제 연소 시험 결과를 적용하여 연소 압력에 따른 점화기 마운트의 응력 분포를 유한 요소 해석을 통해 검증하였다.

2. 본 론

2.1 점화 현상 분석

추진기관 초기 작동시 점화 신호 인가에 의해 일정 시간 지연이 발생한다. 이후 점화기가 작동하여 점화 에너지를 방출하며 추진체가 연소하게 된다. 이 때 노즐 마개 또는 점화기 마운트가 연소 압력의 누출을 방지하여 전체 그래인이 연소되도록 하며 일정 압력 도달 후 이탈하여 추진기관이 정상 작동하도록 한다. Fig. 1과 Table 1.은 추진기관의 초기 작동 현상을 나타내고 있다.[2]

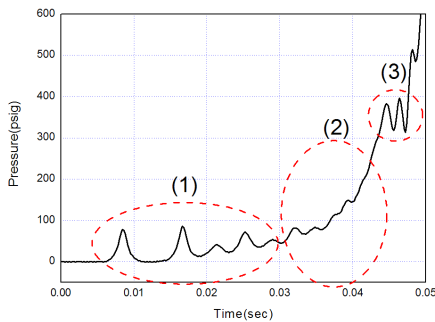


Fig. 1 추진기관 초기 작동 현상

Table 1. Initial Stage Situation of SRM

단계	현상
1	점화기 에너지 방출 및 공급
2	추진체 그래인 연소
3	노즐 마개 또는 점화기 마운트 이탈

2.2 유한 요소 해석

2.2.1 해석 모델 및 적용 물성

본 연구에 적용된 추진기관의 노즐부 형상 및 부품별 물성은 Fig. 2와 Table 2.와 같다. 연소관 (4) 및 노즐부 구조체(3)는 금속재로 구성되어 있으며 노즐 내열재(2) 및 점화기 마운트(1)는 페놀릭 그래놀을 몰딩 기법을 통해 제작하였다.

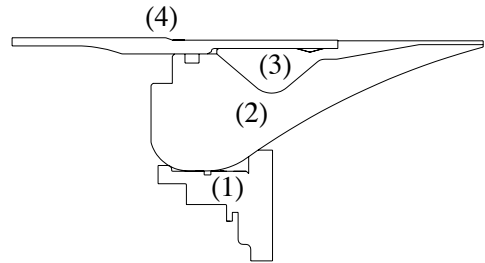


Fig. 2 노즐 및 점화기 마운트 형상

Table 2. Material Properties of Components

부품	재료	탄성계수 (GPa)	인장강도 (MPa)	신율 (%)
(1)	Plenco 7500	8.659	55.0	0.7
(2)	Plenco 6553	4.100	53.5	0.8
(3)	ASTM-A500	205	310.0	25.0
(4)	AISI 4130	205	1040.0	18.1

2.2.2 해석 조건

해석 모델은 수월성 및 해석 시간 단축을 위해 축대칭 모델을 적용했다. 경계 조건의 경우 연소관 앞쪽 끝단을 고정시켜 연소 압력에 의해 노즐 및 점화기부에 변형이 발생할 수 있도록 하였다. 또한 부품별 결합은 기계적 결합과 접촉 조건을 적용하여 실제 각 부품 간의 거동을 모사할 수 있도록 하였다. 연소 압력 조건은 정적 해석과 동적 해석을 적용했다. 정적 해석에서는 단계별로 압력을 상승시켰으며 동적 해석에서는 연소시험 결과를 적용하여 마운트 응력을 분석

했다. Fig. 3 및 Table 3.에서는 결합 조건을 나타냈다.

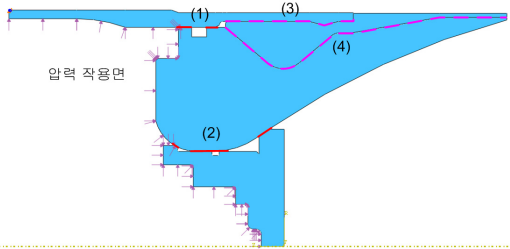


Fig. 3 부품별 결합면

Table 3. Cohesive Condition for Components

결합방법	결합부위		적용옵션
접촉	(1)	연소관 - 노즐	Contact
	(2)	노즐 - 점화기 마운트	
기계적결합	(3)	연소관 - 노즐링	Tie
	(4)	노즐 - 노즐링	

2.1.3 정적 해석

정적 해석은 해석 조건을 4단계로 나눠 압력을 단계별로 증가시킨 후 점화기 마운트의 응력 분포를 확인하였다. 정적 해석은 시간 및 중량이 반영되지 않아 실제 마운트의 작동시 거동과는 다르다. 그러나, 해석 모델 및 압력 조건을 검증할 수 있어 수행했다.[3] Fig. 4와 Fig. 5는 압력 조건 및 마운트 응력 분포를 나타낸다.

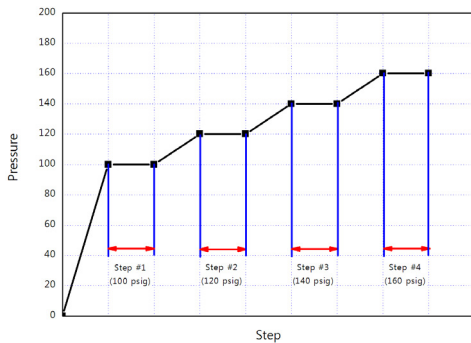


Fig. 4 정적 해석시 압력 조건

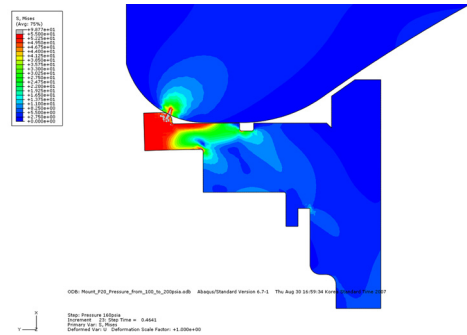


Fig. 5 정적 해석시 응력 분포

2.1.4 동적 해석

동적 해석은 실제 연소 압력을 하중 조건으로 입력하여 시간에 대한 압력 영향을 해석에 반영하였다. 연소 압력의 경우 정상적으로 압력이 상승한 경우와 비정상적으로 상승한 경우를 해석하여 점화기 마운트가 압력 조건에 따른 파손의 발생 여부를 확인하였다. Table 4.는 각 조건별 압력 및 이탈 시간을 나타내고 있다. Fig. 6과 Fig. 7은 정상적인 경우의 압력 조건과 응력 분포이며 Fig. 8과 Fig. 9는 비정상적인 경우이다.

Table 4. Comparison of Experiment and Analysis

No.	시험		해석	
	이탈시간 (msec)	이탈압력 (psig)	이탈시간 (msec)	이탈압력 (psig)
B05176	48.0	357.00	49.4	371.42
B05055	6.40	360.29	6.40	360.29

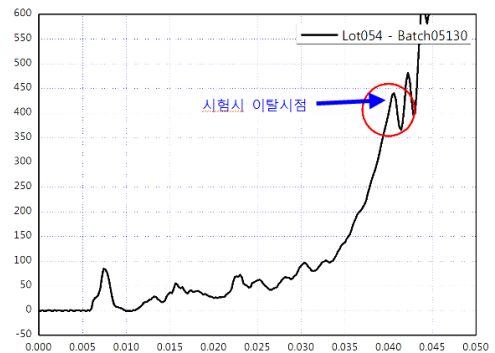


Fig. 6 정상 압력 조건

3. 결 론

후방형 점화기 마운트의 압력 조건에 따른 동적 거동을 검증하기 위해 연소 시험시 압력 조건을 적용하여 외연적 해석을 수행한 후 시험시 점화기 마운트 이탈 압력 및 시간과 비교 분석하였다.

해석 결과 정상 조건시 이탈 시간은 3%, 이탈 압력은 4%의 오차가 발생했으며 비정상 조건은 연소 시험 결과와 일치함을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통해 초기 연소 압력 상승시 발생하는 추진기관의 동적 거동에 대한 수치적 접근이 가능하며 연구에 적용한 해석 모델이 신뢰성 수준이 높음을 확인할 수 있었다.

추후 점화기 마운트 설계시 본 연구를 바탕으로 점화기 이탈 압력, 마운트 형상 및 재질에 대한 종합적인 분석을 통해 설계를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

1. NASA, "Solid Rocket Motor Igniters", SP-8051
2. 한화 기술 직무 교육 교재 - 추진기관 개론
3. ABAQUS, Version 6.6, User's Manual, Hibbit, Karlson and Sorensen, Inc. Palo Alto, CA

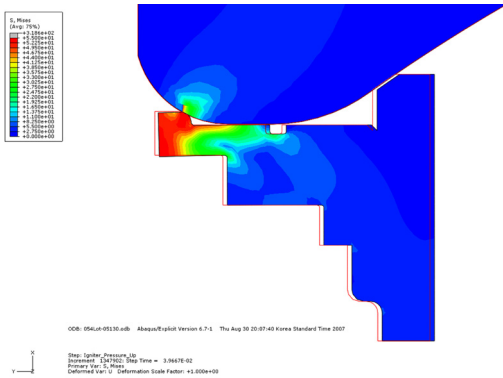


Fig. 7 정상 조건시 응력 분포

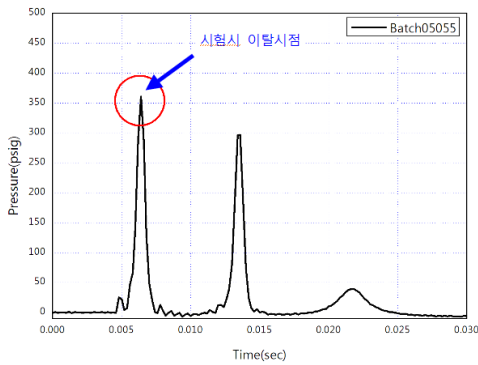


Fig. 8 비정상 압력 조건

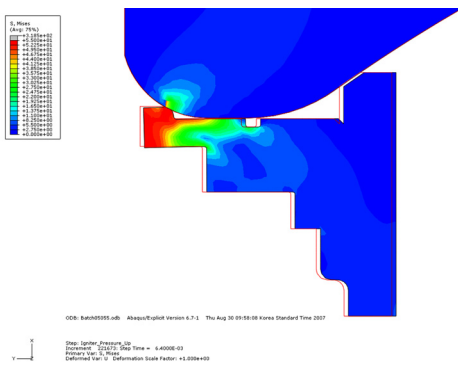


Fig. 9 비정상 조건시 응력 분포