

# 가스발생기용 노즐마개 파열압력 저감화에 따른 점화특성

차홍석\* · 오석진\* · 박재범\* · 이웅조\*

## Decrease of Burst Pressure used a Nozzle Closure and Ignition Characteristics for a Gas Generator

Hong-Seok Cha\* · Seok-Jin Oh\* · Jae-Beom Park\* · Yeung-Jo Lee\*

### ABSTRACT

This paper presents an achieving method of reducing maximum acceleration for the missile by decrease of burst pressure in a nozzle closure. The relation of notch shape and burst pressure for a nozzle closure is examined by experiment. In the point of maximum acceleration reduction for a missile, an improved nozzle closure effects well compared with that of a reference closure by ground burning test of a gas generator.

### 초 록

본 논문에는 가스발생기를 사용한 사출시스템의 성능향상 즉 최대가속도를 줄일 수 있는 방법 중 하나인 노즐마개의 파열압 저감에 대한 내용이 기술되어있다. 여러가지의 노즐마개를 제작하여 공압 시험으로 파열압을 측정하여 노치의 형상과 파열압과의 관계를 조사하였다. 파열압을 저감시킨 노즐마개를 적용하여 가스발생기를 제작, 시험한 결과 기준모델과 비교시 최대가속도를 저감에 효과적임을 확인하였다.

Key Words: Gas generator(가스발생기), Burst Pressure(파열압력), Ignition(점화)

### 1. 서 론

유도탄 발사 방식에는 별도의 사출장치를 이용하는 가스 사출발사(cold launch) 방식이 있다. 이러한 cold launch는 발사시 별도의 화염처리 장치가 불필요하고, 유도탄, 인접 발사관 및 발사대의 손상감소를 통한 재사용 가능, 발사시 화

염으로 인한 발사위치노출 가능성 감소로 생존성 증가 등의 장점이 있다.

이러한 발사 방식을 적용한 미사일의 발사체계에서는 발사시 유도탄의 발사 안정성 및 사출속도를 위하여 추진체의 연소에 의한 연소가스의 고온 고압의 압력/열을 사출에너지로 이용한다. 이를 위해 일반적으로 가스발생기를 적용하고 있다. 체계의 사출조건으로 일정수준의 사출종말속도 이상과 허용가속도 이하라는 두 조건을 동시에 만족시킬 수 있는 가스발생기 개발은

\* 국방과학연구소 1본부-6부  
연락처자, E-mail: seokjin5@empal.com

쉽지 않다.

그 중 이번 본 논문에서는 최대가속도를 감소시키는 방법 중 하나인 노즐마개 파열압 저감에 관한 내용과 함께 개선된 노즐마개를 직접 가스 발생기에 적용, 연소시험하여 점화 및 사출성능에 미치는 영향을 조사하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 가스발생기 노즐마개

가스발생기의 연소관 및 노즐 구조체는 그림 1과 같다. 추진제의 연소에 의해 발생하는 고온 고압의 연소가스는 6개의 노즐구멍을 통해 분출되며, 분출된 가스의 압력작용에 의해 유도탄을 발사하는 구조로 되어있다. 그림 2와 같은 구조의 노즐마개(디스크)는 저장 및 운반시 기밀의 역할을 수행함과 동시에 연소가스 분출시에는 순조롭게 파열되어 가스의 유동에 방해요소를 제공하지 않아야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 노치를 가공하는 노즐마개가 고려되어 적용되었다. 노즐마개 제작시 화학적 에칭 기법이 사용되는데 이는 철판에 산화보호막을 코팅한 후, 철판의 표면에 원하는 치수와 형상 만큼의 스크래치를 가공한 후, 이를 화학용액에 일정 시간을 통과시켜, 스크래치 부위만 홈이 파이도록 하는 방법으로, 한 번에 대량의 디스크를 생산해 낼 수 있어 제작비용을 크게 줄일 수 있다는 장점이 있다. 홈의 깊이 및 넓이도 화학용액에 담그는 시간과 스크래치의 폭을 조절하여 조정이 가능하다. 본 논문에는 화학적 에칭기법을 적용하여 제작한 디스크의 공압시험결과에 대하여 기술한 것으로, 노치부의 깊이 및 폭에 따른 파열압력의 변화, 또 각 형상별 파열압력의 공차 범위에 대한 시험결과를 수록하였다.

### 2.2 공압시험장치

노즐마개는 여러 종류의 노치폭과 노치깊이를 갖도록 설계 제작하여 공압 파열압 시험이 진행되었다. 그림 3에는 공압시험을 위한 공압시험장비 및 조립과정, 시험 전 노즐마개가 치구에

장착된 사진이 도시되어 있다.

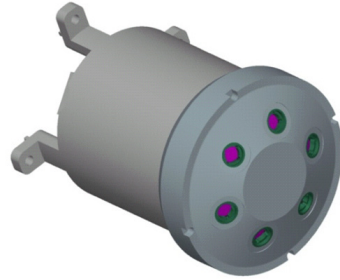


Fig. 1 Schematic of a gas generator

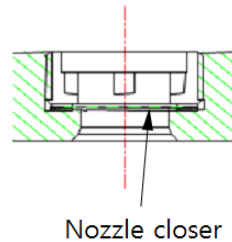
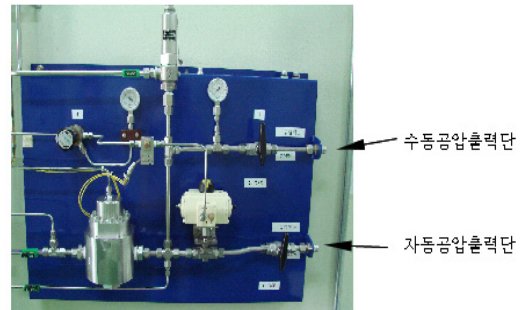


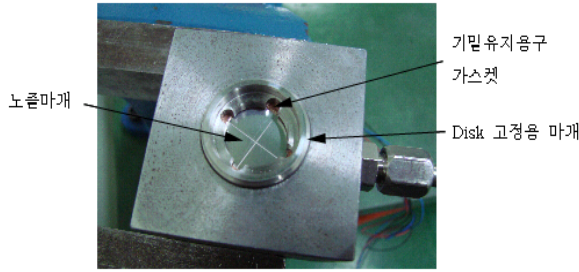
Fig. 2 Schematic of a nozzle closer



(a) Air-pressurization part



(b) Nozzle closure assembling



(c) Nozzle closure before experiment

Fig. 3 Experimental setup

### 3. 결과 및 고찰

가스발생기 노즐마개의 파열압 조정을 위해서는 해당 디스크에 노치를 만들어 그 영향성 평가를 우선하고, 파열 경향을 파악한 후 원하는 파열압을 재현성 있게 갖을 수 있는 노치부 설계 및 제작 그리고 시험평가가 필요하다.

그림 4에는 공압시험 후 노즐마개의 형상이 나타나있다. 노치부위를 기준으로 정확히 4등분 되어 꽃잎모양과 같이 벌어져 있는 형상으로 대부분 파열되었고, 일부의 경우 떨어져 나가는 경우도 있었다.

노즐마개에서 기준모델의 경우 노치폭이 0.15mm, 노치깊이는 0.10mm이다. 노치폭은 0.60mm까지, 노치깊이는 0.13mm까지 순차적으로 변화시켜가면서 파열압과의 상관관계를 조사하였다. 모든 경우 노즐마개의 두께는 0.15mm 수준이다.



Fig. 4 Closure shape after experiment

노치의 폭에 따른 파열압 시험결과인 그림 5에서 알 수 있듯이, 동일두께 재료의 SUS304 박판에 대해서 노치폭을 변화시켜가며 시험한 결과 노치폭의 변화가 파열강도에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 나타나고 있다.

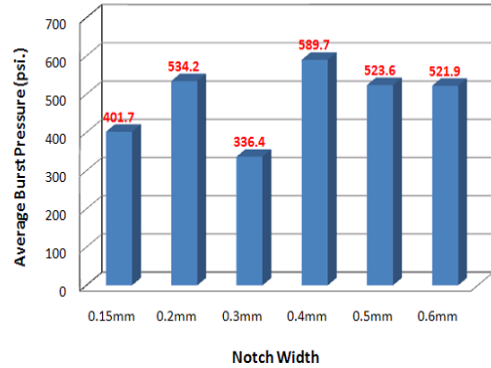


Fig. 5 Burst pressure for notch width

그림 6은 전체 시험결과를 노치깊이에 대해서 정리한 것이다. 노치깊이의 증가가 바로 파열압의 감소로 연결되고 있음을 확인할 수 있다. 특히 동일 생산 로트폼의 경우, 노치깊이와 파열압과는 상당히 유의성이 있는 상관관계를 보이고 있다. 따라서 에칭 공법으로 디스크를 제작하는 경우, 노치깊이에 대한 정밀한 제어가 요구된다.

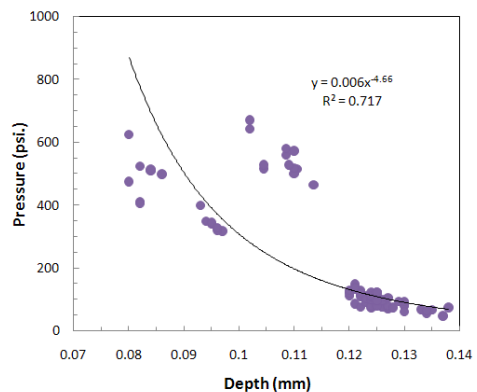


Fig. 6 Burst pressure for notch depth

파열압을 기준 350psia 이상 수준에서 100psia 수준으로 낮춘 개선된 노즐마개에 대해 총 46개

에 대한 고압시험을 실시하여, 파열압의 분포특성을 조사하였다. 그림 7은 시험결과를 정규분포(평균:103.43psi., 표준편차:20.64psi.)로 근사시켜 분포를 나타낸 후, 시험결과와 비교한 것이다. 정규분포로 파열압력에 대한 파괴확률을 추정하면, 40psi.에서의 파괴확률이 0.106%, 30psi.에서는 0.02%에 불과하여, 기밀시험(1기압 기준) 등에 전혀 문제가 없는 것으로 나타났다.

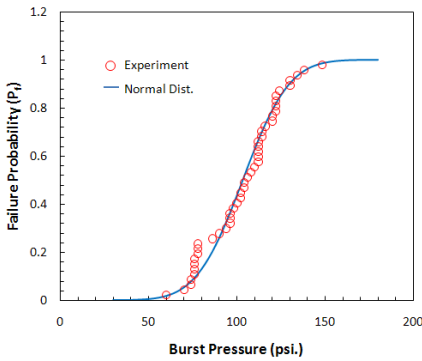


Fig. 7 Failure probability of an improved nozzle closure

그림 8에는 기준노즐마개와 개선노즐마개를 적용하여 지상연소시험한 결과가 도시되어 있다. 각각의 경우 재현성은 좋은 것으로 나타났고, 최대가속도에 많은 영향을 주는 0.1초 이내의 압력적이 기준모델에 비해 1/3수준으로 낮아진 것으로 볼 때 유도탄이 받는 최대 가속도 저감에 많은 기여를 할 것으로 기대할 수 있다.

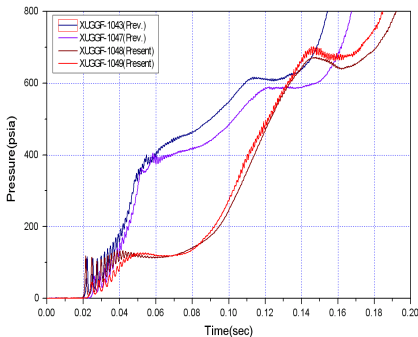


Fig. 8 Gas generator pressure for a reference closure and an improved closure

#### 4. 결 론

본 연구에서는 사출성능 중 탄이 받는 최대가속도를 저감하기 위해 노즐마개의 파열압의 줄이는 방법을 도입하였다. 노즐마개 노치부 설계를 수행하였고, 공압 파열시험을 통한 시험을 진행하였다. 노즐마개 노치부의 폭 및 깊이를 조절하여 파열압을 줄이는데 있어서 노치부의 폭보다는 깊이에 따라 파열압이 많이 연관되어 있음을 알 수 있었다. 개선된 노즐마개에 대해 반복시험을 수행하여 정규분포로 파열압력을 예측하였다. 기준모델과 개선모델을 연소시험하여 확인한 결과 실제로 최대가속도 저감에 많은 기여가 능성이 있음을 확인할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. 오석진, 차홍석, 이용조, "Highly progressive 성능을 위한 다발 원통형 그레인 가스발생기 개발," 한국추진공학회 2009년도 춘계학술대회 논문집, 2009, pp.141-144
2. 차홍석, 오석진, 이용조, "가스발생기 점화초기 압력 저감화 연구," 한국추진공학회 2010년도 춘계학술대회 논문집, 2010, pp.138-141