

가스발생기의 점화 초기압력 저감화 연구

차홍석* · 오석진* · 이용조*

A Study for Reduction of Ignition Peak Pressure of Gas Generator

Hong-Seok Cha* · Seok-Jin Oh* · Yeung-Jo Lee*

ABSTRACT

A study to reduce the ignition peak pressure of gas generator for the missile launching system was accomplished. The igniter, as the energy release device for igniting the propellant, is aimed at simultaneous ignition of bundled 3-layered propellant grain without unstable burning. In case of our gas generator which must use the double-base propellant with low ignition property, the fast ignition of propellant and reduction of initial peak pressure should be required for the satisfaction of ejection velocity and acceleration condition. By applying MTV ignition charge for the igniter of gas generator, we accomplished all system performance requirements.

초 록

유도탄 사출장치에 적용되는 가스발생기의 점화 초기압력 저감화를 위한 연구를 수행하였다. 점화 장치는 추진제의 점화를 위한 에너지 방출장치로서 다발 형태의 3열형 추진제 그레인을 연소 불안정 없이 동시 점화시키는 것을 목표로 한다. 점화성이 좋지 않은 복기형 추진제를 적용하여야 하는 가스 발생기의 경우 사출속도와 가속도 조건을 충족하기 위해서는 추진제의 신속한 점화와 점화초기의 연소 압력 저감화가 필수적이다. MTV 점화제의 연소 특성을 활용한 점화기 설계를 통하여 모든 개발 요구 성능을 만족할 수 있었다.

Key Words: Gas generator(가스발생기), Igniter(점화기), Ignition peak(점화초기 압력), Ignition Charge(점화제), MTV(마그네슘-테프론-바이톤), Unstable burning(불안정 연소)

1. 서 론

유도탄의 발사방식은 자체 추진기관인 로켓모타의 추진력을 이용하는 추력 발사(hot launch)

와 별도의 사출장치를 이용한 가스 사출발사(cold launch) 방식이 있다. 과거에는 수직발사 유도탄 체계에서는 추력발사 방식을 대부분 적용하였으나 최근에는 관련 기술의 발전과 더불어 가스사출 발사방식이 많이 적용되고 있는 추세이다. 이러한 가스 사출발사(cold launch) 방식을 적용한 미사일의 발사체계에서는 발사 플랫폼

* 국방과학연구소 1본부-6부
연락처, E-mail: chahts@add.re.kr

폼, 즉 함정 및 잠수함의 안전을 가장 주요한 인자로 고려하고 있으며, 특히 유도탄을 수직으로 발사할 경우 유도탄의 발사 안정성 및 속도와 고도 확보를 위하여 최상의 압력변화율(dP/dt)을 보이는 추진제의 연소에 의한 연소가스의 고온 고압의 압력/열을 사출 에너지로 이용할 수 있는 가스발생기를 대부분 적용하고 있다.

그러나 유도탄의 사출발사에 적용되는 가스발생기는 체계로부터 아주 엄격한 성능요구조건을 충족하는 설계가 요구되어진다. 즉 사출 초기 발사체(유도탄)의 가속도는 최대 허용 조건 이하이고, 사출속도는 발사체의 원활한 플랫폼 이탈을 보장할 수 있는 일정수준 이상을 요구하고 있다.

또한, 가스발생기는 내부에 충전된 다발형 추진제의 동시점화와 안정적인 연소가 보장되어야만 내탄도 성능조건을 구현할 수 있으며 일반 로켓 모터와 달리 급격한 압력상승이 요구되는 그레인 연소면적의 형태를 갖는 것이 성능설계의 필수 요건이 된다.

본 가스발생기는 점화성이 비교적 좋지 않는 복기형 추진제를 원통형으로 가공하여 외부를 금연처리(inhibiting)하였으며, 기본적인 설계개념 정립과 다양한 조건에서의 매개변수에 대한 연구를 통하여 설계 변경과 시험을 수행하여 내탄도 성능, 구조체 형상 및 추진제 조성 등에 대한 개발 사양을 확정하였으며 이에 대한 기본성능 확인시험을 거쳐 사출성능시험을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 가스발생기 개요

가스발생기의 형상은 Fig. 1에서와 같이 전방으로부터 점화장치, 연소관/내부 지지구조물, 추진제 그레인 및 노즐조립체로 구성된다.

점화장치는 외부의 전기적 동작신호에 의하여 작동되는 안전장치가 내장되어 우발적인 상황에서도 점화에너지 전달계통을 차단할 수 있는 전기기계식 안전장치(EMAFD)와 점화제를 내장한 점화기로 구성되어 있다. 점화기의 주 기능은 외부를 금연 처리한 다발 형태인 Fig. 2의 추진제

그레인의 내부 연소면을 동시 점화시킬 수 있는 충분한 에너지를 공급하여야 한다.

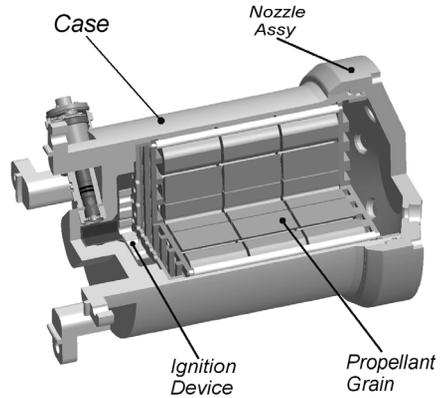


Fig. 1 Modeling of Gas Generator

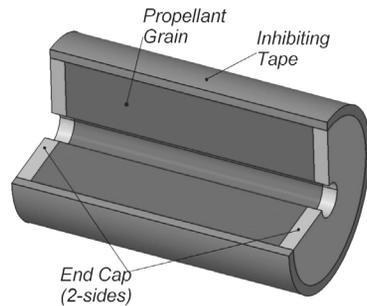


Fig. 2 Configuration for Propellant Grain

2.2 점화장치 설계

본 연구는 가스발생기의 설계요구 조건중에서 발사체의 체계와 가장 관련이 많은 발사초기 사출 가속도 제한조건에 의거한 추진제의 점화초기압력의 저감화에 초점을 맞춰 이루어 졌다.

가스발생기 개발 초기에는 점화기의 주장약으로서 통상적으로 적용되는 미군사규격에 의거한 일반적인 $BKNO_3$ 점화약약(pellet)을 적용하였으나 부체계의 육상사출시험 결과, 발사 초기(0.1초까지 구간)에서의 사출가속도가 규격범위를 초과하는 문제점이 발생하였다. 이러한 현상은 Fig. 3-a)에서와 같은 $BKNO_3$ 점화제를 적용한 점화기의 동작으로 발생한 점화가스가 노출 면적이 아주 작은(내부 포트의 구멍 내부) 다발형태의

추진제 그레인의 전체 연소 표면에 신속한 동시 점화를 위하여 강력한 점화에너지의 공급을 전제로 점화기 설계에 의한 것으로 판단하였다.

따라서 본 연구에서는 Table 1의 점화제에 대한 특성 자료에 근거하여 일반적인 $BKNO_3$ 점화제와 유사한 기능을 하는 IR Flare 등 다양한 파이로테크닉 화염발생제로 활용되며 높은 화염온도를 발생하지만 일정 형태의 펠렛형태로 제작시 연소속도가 매우 낮은 마그네슘-테프론-바이톤(MTV) 재질을 선정하였다.

Table 1. Characteristics of ignition materials

Contents	Boron/Potassium Nitrate(B/ KNO_3)	Magnesium-Teflon-Viton (MTV)
Used form	- in pellet form. - replacement for black powder in high-altitude ignition	- igniter material, with uses as an IR source - powdered, consolidated and extended forms.
Characteristics	- ease of ignition at low pressure (high altitudes) - high gas content - low sensitivity of burning to pressure.	- high density heat source - pressable, extrudable composition - low permanent gas content
Heat of Reaction	1550 calories/gram	2200 calories/gram
Burning rate @1atms	0.39 inch/second	0.070 inch/second

주점화제로는 펠렛을 실린더 형태로 성형하였으며 착화기의 에너지를 주점화제에 전달하기 위한 보조 점화제는 기개발되어 적용되고 있는 아주 작은 펠렛을 사용함으로써 주점화제의 신속한 점화와 추진제의 완전 점화전 점화기에 의한 초기압력의 과도한 상승을 막기 위한 점화기의 설계를 Fig. 3-b)에서와 같이 MTV점화제를 적용한 설계로 변경하였다.

변경된 점화기에 사용된 MTV 점화제는 Fig 4와 같이 실린더 형상 그레인으로 기존의 2D-size의 펠렛 형태 $BKON_3$ 점화제에 비하여 크기가 크고 적용 수량이 적어 초기 연소 표면적이 작으며 그로 인하여 연소 초기의 압력 생성의 경향이 가스발생기 초기압력 저감화에 적합한 양상을 나타내었다.

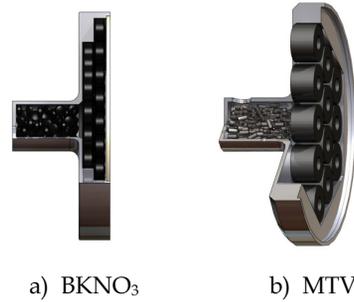


Fig. 3 Configuration of Gas Generator Igniter

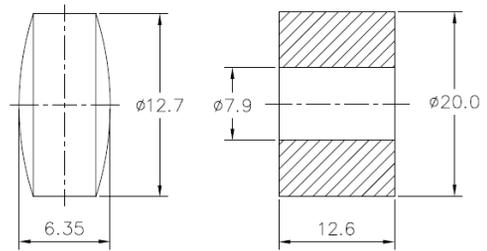


Fig. 4 Configuration of $BKNO_3$ & MTV Pellets

2.3 시험결과 및 분석

가스발생기의 연소가스에 의한 캐니스터 하부 공간에 형성된 압력으로 발사체가 사출되는 발사 메커니즘에서 발사신호 공급 후 약 0.1초 구간, 즉 발사체에 가해지는 사출력이 자체 중량을 넘어서 상부로 이동을 시작하기 전까지의 최대 가속도가 Fig. 5에서와 같이 발사체의 허용 조건

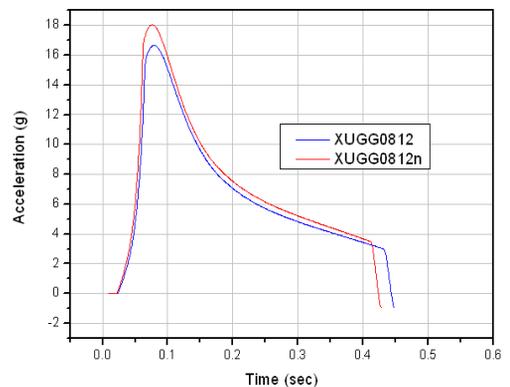


Fig. 5 Acceleration-time curve of Ejected Projectile

인 15g를 초과하였으며 이러한 문제점을 점화장치 설계 변경을 통하여 해결하였다.

점화후 0.1초 이내의 시간 구간에서는 추진제의 전표면의 연소가 일어나지 않고 아직 점화 화염이 전파되고 있어 일부의 추진제 표면에서 부분적인 연소가 시작되는 상태로서 이 구간에서는 가스발생기의 내부 압력은 점화기 압력이 지배적이며 점화기에 의한 압력변화율(dP/dt)을 낮추는 방안을 강구하게 되었다.

이와 같이 점화제의 조성 과 형태를 변경하여 설계한 점화기에 의한 자체성능시험과 가스발생기에 적용한 시험을 수행하였으며, 이 결과는 Fig 6과 같이 점화초기 압력의 영향이 큰 0.1초 이내의 구간에서의 압력선도의 압력변화율의 차이를 보여 주고 있다. MTV 점화제의 느린 연소 속도에 의한 영향과 2D 형태의 BKON₃ 펠렛과 비교하여 실린더형 그래인에 의한 연소 초기 면적의 감소로 인한 효과를 확실하게 보여 주었다. 또한, 발사체에 적용한 부체계 종합시험에서도 체계의 허용 가속도 이하의 충분한 설계 여유를 확인하였다.

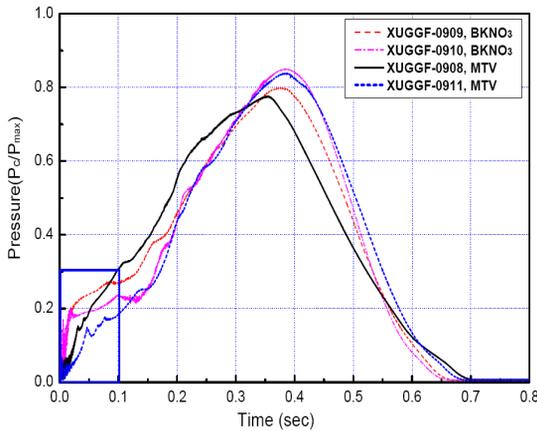


Fig. 6 Pressure-time Curve of Gas Generator for two Igniter Materials

3. 결 론

사출용 가스발생기의 성능 요구 특성은 추진제 그래인의 연소시 높은 압력변화율 특성, 즉 highly progressive 연소 특성의 충족과 원통형 다발형태 추진제 그래인의 동시 점화 및 안정적인 연소형상의 확보로 요약할 수 있다. 본 연구에서는 추진제를 점화시키기 위한 점화제의 최적 설계를 통하여 점화초기 압력의 저감화를 구현하므로써 서로 상반되는 사출속도와 가속도의 요구조건을 모두 충족시킬 수 있었다.

일반적인 BKNO₃ 점화제는 로켓모타의 추진제에 신속한 점화 에너지 공급용으로 초기압력 저감화에는 부적합하여 연소속도가 낮은 MTV 점화제를 실린더 형상으로 성형하여 연소면적은 작지만 연소시 발생하는 반응열이 높은 점을 활용하여 점화 초기 추진제 그래인의 낮은 연소표면적의 조건을 상쇄할 수 있도록 점화장치를 설계함으로써 만족한 결과를 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 오석진, 차홍석, 이용조, "Highly progressive 성능을 위한 다발 원통형 그래인 가스발생기 개발", 한국추진공학회 2009년도 추계학술대회 논문집, 2009.
2. W. E. Robertson, "Ignition Material Consideration and Applications, AIAA-72-1195, 1972.
3. A. Peretz, "Investigation of Pyrotechnic MTV Compositions for Rocket Motor Igniters, AIAA-82-1189, 1982.
4. N. Kubota and J. Kimura, " Oscillatory Burning of High Pressure Exponebt Double-base Propellants", AIAA-76-668.
5. 성홍계, "다발 원통형 그래인을 사용한 가스발생기의 저주파 연소 불안정 소멸에 대한 실험적 연구", 한국추진공학회지, 8권 3호, 2004, pp.10~16.