

## 대응탄 개방형 추진장치용 점화기개발

### Development of Ignitor of Open-Type Propulsion Device for Korean Interceptor

권 순 길\*                      김 창 기\*                      윤 상 용\*  
 Soon-Kil Kwon              Chang-Kee Kim              Sang-Yong Yun

#### Abstract

For developing the ignition device for the interceptor of Korean active protection system, the design parameters of the ignition device which should have a short ignition delay time and sufficient energy for propellant ignition were studied. The electric primer instead of mechanical primer was adopted for decreasing delay time, and ignition code was used for decreasing the time difference of flame propagation from the flame holes. The developed ignition device showed the ignition delay time of a few ms. When the designed ignition device was applied to the open-type propulsion devices, the stable interior ballistic characteristic was showed in a firing test.

Keywords : Active Protection System(능동파괴체계), Interceptor(대응탄), Ignition Device(점화장치)

#### 1. 서론

전차에서 장갑에 의한 방호는 대전차 무기의 파괴력 증대로 장갑 두께가 더욱 두꺼워져야함으로 중량 증가로 인해 기동력 저하란 문제점이 발생하였다. 따라서 대전차 미사일과 대전차로켓탄을 전차까지 도달하기 전에 무력화 시키는 능동 파괴 체계로 발전하고 있다<sup>[1]</sup>.

능동파괴 체계는 일반적으로 전차를 향해 날아오는 위협체를 탐지/추적하는 레이더, 교전을 수행하기 위해 각종 연산을 수행하여 통제하는 통제 컴퓨터, 위협

체를 무력화 시키는 대응탄으로 나눌 수 있다. 현재 개발중인 한국형 능동파괴체계의 대응탄은 구동 발사 식이며 정면 교전하는 파편형으로 설계하여 시험중에 있다<sup>[2]</sup>.

한국형 능동파괴 체계에 사용되는 대응탄은 Fig. 1에 보이듯이 알루미늄 라이너를 삽입한 복합재 발사관에 탄자(projectile)를 조립한 형태이다. 탄자는 파편을 형성하는 탄두와 날개로 이루어져 있는데 탄두와 날개사이는 연장봉으로 결합되어 있다. 연장봉은 화염구멍이 가공되어 있고 추진제는 약포에 담겨있는 추진제를 연장봉 바깥에 충전한다. 발사기 후방은 플라스크로 제작된 파열판(rupture disk)으로 밀봉하여 추진제가 점화되어 일정 압력이 생성되면 파열판이 파열되어 추진제 연소 가스가 발사관 밖으로 분출되는 개방형 추진장치를 채택하고 있다.

† 2011년 9월 19일 접수~2011년 11월 25일 게재승인

\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 권순길(ksk@add.re.kr)

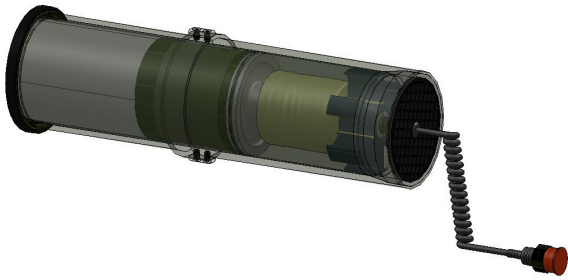


Fig. 1. 발사관 및 대응탄 형상

개방형 추진장치는 탄이 발사될 때 추진제 연소 가스 일부가 탄자의 반대 방향으로 분출하여 발사 반동력이 줄어드는 원리를 이용한 것으로 90mm 무반동총(recoilless rifle) 및 106mm 무반동총을 예로 들수 있다. 한국형 대응탄은 이러한 무반동총의 추진 원리를 이용하지만 발사관의 길이가 90mm 무반동총 및 106mm 무반동총 발사기에 비해 매우 짧기 때문에 추진제 점화 후 추진제 연소 가스가 급속히 발사관에서 분출된다<sup>[3,4]</sup>. 추진제 연소가스가 발사관에서 급속히 분출하면 발사기 내부의 압력이 낮아지고 탄자를 가속시키는 힘도 급속히 줄어들게 된다.

본 연구의 목적은 한국형 대응탄 개방형 추진장치용 점화기 개발을 위해 추진제 연소 가스가 발사관 밖으로 분출되기 전 추진제에 충분한 에너지를 제공하는 점화기를 설계하여 점화 지연이 짧고 안정된 강내탄도를 보이는 점화 장치를 개발하기 위한 것이다.

## 2. 점화기 시험 방법

본 연구에서는 Fig. 2에 보이듯이 한국형 대응탄의 내부 용적과 동일한 고압 밀폐용기(CBT : Closed Bomb Tester)를 제작하여 상온(21℃), 고온(52℃), 저온(-40℃)로 점화기를 환경 처리하여 밀폐용기 시험법(CBT)에서 점화 장치의 시간 경과에 대한 압력 생성 특성을 살펴 보았다.

또한 점화기 조립체에서 화염 발생 형태를 살펴 보기 위하여 Fig. 3에 보이는 시험 치구를 제작하고 점화기 조립체를 거치하여 화염 발생 모습을 초당 20,000 프레임(frame)을 촬영할 수 있는 고속 카메라를 사용하였다.

발사 시험은 Fig. 4에 보이는 금속 발사장치를 사용하였고, 발사관 내부의 압력을 측정하기 위하여 피에

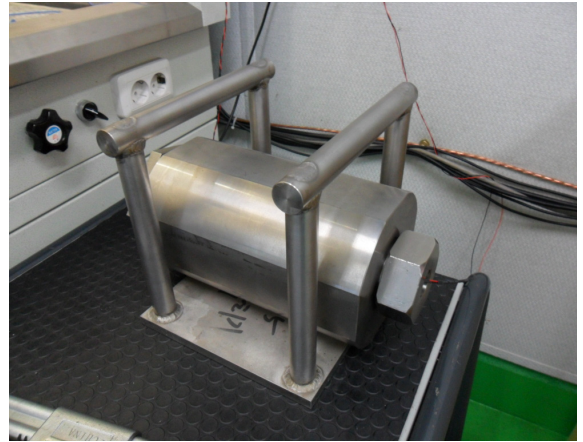


Fig. 2. 연소 시험용 밀폐용기

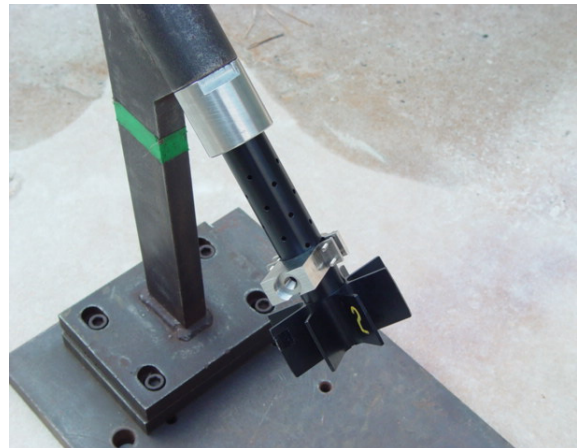


Fig. 3. 점화기 조립체 화염 발생 시험장치



Fig. 4. 발사 시험 장치

조(piezo)센서를 발사관 상하에 각 1개씩 설치하였다. 발사관속에 탄체와 추진제를 장착한 뒤 발사관 밀폐를 위해 발사관 후방에 플라스틱으로 제작된 파열판을 조립하여 시험 하였다.

### 3. 점화기 설계 및 성능시험 결과

#### 가. 점화기 설계

##### 1) 착화기 설계

중, 대구경 화포용 추진제 연소에 사용되는 점화기는 일반적으로 착화기라고 불리는 화염 발생장치와 점화제가 들어있는 점화 약통으로 구성되어 있다. 착화기는 화염 발생 방법에 따라 타격식과 전기식으로 나눌 수 있다. 타격식 착화기는 기계적 힘에 의해 발생한 에너지를 이용하여 착화기의 화약을 착화 시키는 방법을 이용한 것으로 구조가 간단하여 종래의 탄약에 가장 많이 사용되고 있는 방법이다. 그러나 점화 지연 시간이 길고(수십 msec) 화염 발생이 불균일한 단점이 있다. 이에 비해 전기식 착화기는 점화 지연이 짧고(수 msec) 화염 발생이 안정적이다. 개발 대응탄은 점화 지연을 줄이기 위해 전기식 착화기를 채택하였다.

##### 2) 점화 약통 설계(점화도선 도입)

점화 약통 설계를 위한 예비 실험으로 Fig. 5처럼 점화제 파우더(powder)만 충전된 화염관을 사용하여 발사 시험을 시도하였다. 시험한 결과 Fig. 6처럼 미연소된 추진제가 발사관 밖으로 분출되며 탄이 발사되지 않았다.

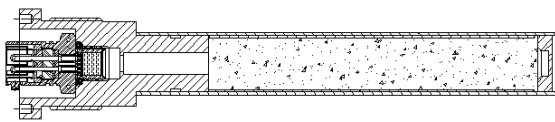


Fig. 5. 점화장치



Fig. 6. 점화제 파우더 사용시 미발사된 모습

이 결과로부터 다음과 같은 분석을 할 수 있다. 즉, 추진장치는 개방형을 채택하였으므로 발사관 내부에 압력이 발생하면 후방의 파열판을 파괴하며 연소 가스는 발사관 외부로 빠져 나가 압력이 소실된다. 이때 발사관 내부에 충전 되어 있는 추진제는 압력 강하로 인하여 연소가 중단되며 추진력을 상실하게 된다. Fig. 6에 보인 미발사 현상은 상기에 기술한 이유로 판단 된다.

따라서 개방형 추진장치의 추진제는 빠르게 연소하여 연소 가스가 발사관 밖으로 누설 되기 전에 탄자를 발사관 외부로 밀어내야 한다. 점화장치의 점화제를 동시에 점화시켜 시간지연 없이 화염공으로 화염을 방출시키기 위해 점화제가 들어 있는 점화 약통 내부에 연소 속도가 매우 빠른 점화 도선(ignition cord)을 사용하여 점화기 내부의 화염방출 지연을 줄이는 개념을 도입하였다. 점화 도선은 XIC\_1과 XIC\_2를 선정하여 시험하였고 Table 1에 각각의 특성을 보였다. 상온(21℃)에서 XIC\_1은 연소속도 수천 m/s이고 폭발열이 수십cal/g인 도선이며 XIC\_2는 연소 속도 수백 m/s이고 폭발열이 수백cal/g인 점화 도선이다. 설계된 점화 약통은 Fig. 7에서처럼 착화기 및 화염관 속에 점화제, 점화도선이 설치된 형태이다.

Table 1. 점화 도선 특성

구분	XIC_1	XIC_2
연소속도(21℃)	수천 m/s	수백 m/s
폭발열	수십 cal/g	수백 cal/g

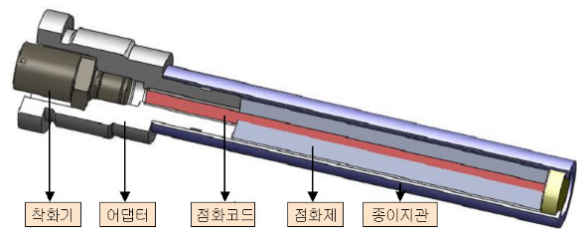


Fig. 7. 점화 약통 모습

이후부터는 점화제 파우더(ignition powder)만 충전된 점화약통을 IP라고 표시하고, 점화제 파우더와 점화도선 XIC\_1을 동시에 사용한 점화약통을 IP/XIC\_1, 점화제 파우더와 점화도선 XIC\_2를 동시에 사용한 점화약통을 IP/XIC\_2라고 표시한다.

나. 성능 시험 결과

1) 점화기 압력 생성 특성

밀폐용기에서 점화기 특성을 시험하기 위하여 Fig. 7의 점화 약통을 화염 구멍이 뚫어져 있는 연장봉에 삽입하고(Fig. 3 참조) 상온(21°C), 고온(52°C), 저온(-40°C)으로 환경 처리한 점화기를 밀폐 연소 시험용 용기에 장착하고 점화 시켜 시간에 따른 압력 변화를 측정하였다.

Fig. 8에 IP/XIC\_1 점화기 및 IP/XIC\_2 점화기의 온도별 압력 생성 특성을 보였다. IP/XIC\_1 및 IP/XIC\_2 점화기 모두는 상, 고, 저온에서 유사한 압력 상승 곡선 기울기를 보였다. 이는 설계된 점화기가 온도에 영향을 받지 않고 일정한 점화 성능을 보일 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 압력 상승 개시 시점은 연소 속도가 빠른 XIC\_1을 사용한 IP/XIC\_1이 IP/XIC\_2보다 조금 더 짧다는 것을 알 수 있었다. 최대 압력 도달 시점까지는 유사하였다.

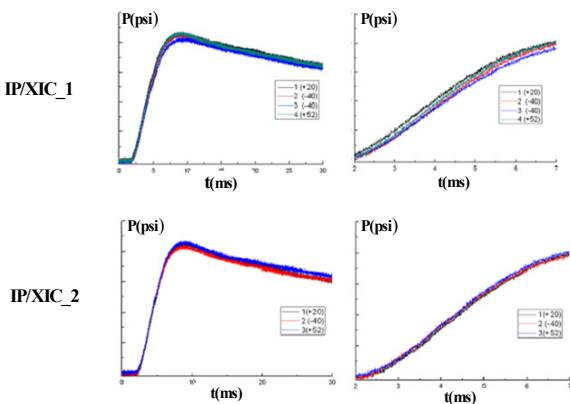


Fig. 8. 각 온도별 점화기 특성비교

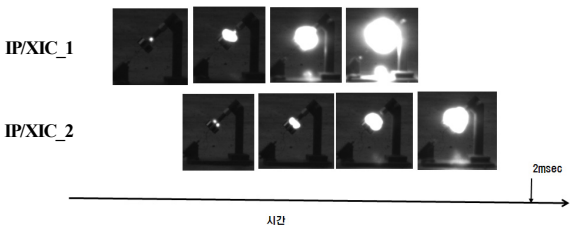


Fig. 9. 점화기 화염공에서 화염 분출 모습

Fig. 9는 상온에서 IP/XIC\_1 및 IP/XIC\_2 점화기의 점화기 화염공에서 화염 분출되는 모습을 고속카메라(촬영속도 : 20,000frames/sec)로 촬영한 모습이다. 화

염은 착화기가 설치된 날개쪽 화염공에서 먼저 생성되고 탄체쪽 화염공으로 화염이 방출되는 모습을 보였다.

Fig. 10은 IP/XIC\_2 점화기를 상온 처리한 것과 저온 처리한 것의 시간대별 화염 분출 모습을 보였다. 상온 및 저온에서 같은 시간이 경과하였을 때에는 온도에 관계없이 유사한 화염 방출 양상을 보였다.

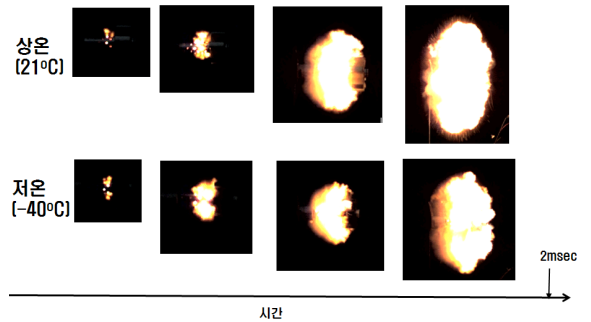


Fig. 10. 점화장치 화염 분출 모습

2) 강내탄도 특성

대응탄에 입자 형태가 플레이크(flake) 형인 M10 추진제를 충전하고 상온(21°C)에서 발사하며 포구 속도와 시간에 따른 압력 변화를 측정하였다. 점화기에 점화 도선을 사용하지 않고 점화제 파우더만 충전한 경우는 Fig. 6에 보이는 것과 같이 탄자가 발사에서 이탈하지 못하였으나 IP/XIC\_1 점화기를 사용한 경우는 포구속도 159m/s를 보였고, IP/XIC\_2 점화기를 사용한 경우는 포구속도 142m/s를 보였다.

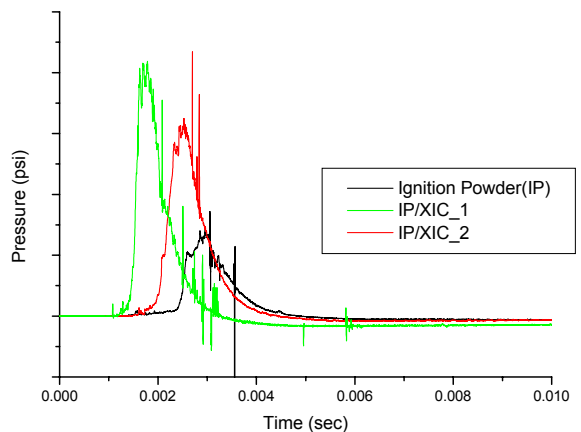


Fig. 11. 시간경과에 따른 강내 압력 변화

Fig. 11에 점화장치로 점화제 파우더 단독으로 사용한 경우와 점화제 파우더와 점화도선을 동시에 적용한 경우에서 시간 경과에 따른 강내압력 변화를 보였다. 점화제 파우더와 점화코드를 같이 적용한 점화기(IP/XIC\_1, IP/XIC-2)는 점화제 파우더만 사용한 점화기(IP)보다 최고 압력은 상승되고 점화 지연 시간은 줄어 들었다. 또한 IP/XIC\_1 점화기와 IP/XIC\_2 점화기를 비교하면 연소속도가 XIC\_2보다 더 빠른 XIC\_1을 점화도선을 사용한 점화기에서 점화지연이 적고 최고압력도 상승했음을 알 수 있다. 그러나 실제 추진장치 적용에서는 추진제 연소시 발생하는 최고 압력이 발사관의 허용 압력 이하에서 작동하도록 설계하여야 함으로 점화 지연을 줄이는데 한계가 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 점화 지연이 짧고 안정된 강내탄도를 보이는 추진 장치용 점화기를 개발하기 위한 것이다.

점화기에서 발생하는 화염이 거의 동시에 모든 화염공으로 방출 시키며 적정한 점화 에너지를 갖는 점화기 설계를 위해 점화 지연이 짧은 전기식 착화기 적용

하였다.

또한 착화기 에너지가 점화제에 용이하게 전달시키기 위해 점화제 파우더에 점화도선을 동시에 사용하는 점화 방식을 채택하였다.

개발된 점화기를 개방형 대응탄 추진장치에 적용했을 때 점화지연 수 msec 이내이고, 안정된 강내 탄도 특성을 보였다.

#### References

- [1] 김동식, 최연진, 배기준, 윤경식, 장대성, “한국형 능동파괴체계 대응탄의 개발 동향”, 제15회 지상 무기 학술대회 논문집, pp. 1~5, 2007.
- [2] 황재영, “한국형 Hard Kill 능동방어 시스템의 신 기술과 장래 발전 전략 보고서”, Military Review, 3월호, pp. 60~76, 2011.
- [3] 김동식, 최연진, 김철, 배기준, 장대성, “능동파괴 체계의 대응탄 체계분석”, 제14회 지상무기 학술대회 논문집, pp. 1~4, 2006.
- [4] G. M. Moss, D. W. Leeming and C. L. Farrar, “Military Ballistics”, pp. 33~35, Brassey's Ltd, 1995.