

무용제 복기 화포 추진제의 강내탄도 특성

이정환* 권순길* 황준식* 이해석* 김구일* 최병오**

The Interior ballistic Properties of non-solvent double based gun propellants

Jeong Hwan Lee*, Kwon Soon Kil*, Hwang Jun Sik*, Hae Suk Lee*, Koo Il Kim*,
Byeong-O Choi**

ABSTRACT

JA2 Propellants, made by non-solvent process, are of great interest for the tank gun propellant. This is due to high energy. The grain geometries of JA2 and modified JA2 propellant were designed for application to 105mm APFSDS projectile. The combustion, thermochemical, and interior ballistic properties of the propellant were tested and calculated. The performances of the propellant were evaluated out using 105mm slug T2 projectiles and 105mm tank gun. The muzzle velocity of the propellants was higher than that of the KM30 for K274 projectile.

초 록

JA2 추진제는 고에너지 특성으로 전차탄용 추진제로 무용제 공정으로 제조된다. 105mm 전차탄용으로 JA2 조성 및 변경 JA2 조성에 대한 형상 설계를 실시하였다. 설계된 추진제의 연소특성, 열역학 특성 및 강내탄도 특성을 계산하고 시험을 실시하였다. 105mm 전차포에서 T2 슬러그 탄에 적용하여 성능시험을 실시하였다. 기존의 K274 105mm 탄의 KM30 추진제에 비하여 포구속도가 증대됨을 확인하였다.

Key Words : JA2 gun propellant(JA2 화포 추진제) 105mm APFSDS projectile(105mm 날개안정 철갑탄)

1. 서 론

고 에너지가 요구되는 120mm 전차 날개안정 철갑탄용 추진제로 주로 무용제 복기 추진제 JA2가 사용되고 있는 것으로 보고되고 있다. 120mm 날개안정 철갑탄 DM43의 경우 국내에서 추진제를 분석한 결과 기존의 JA2 기본 조성에서 에너지를 증가시키기 위해서 NG

(Nitroglycerine)의 함량을 약 10% 증가시킨 것으로 판명되었다.⁽¹⁾ 또한 미국, 독일 등에서 실전 배치된 120mm 날개안정 철갑탄 DM43A1, M829A1, M829A1 다목적 성형 작약탄 M830A1 등에 적용 중인 무용제 복기 추진제 JA2의 제조하여 특성을 평가 분석이 필요하다. 본 보고서는 105mm 날개안정 철갑탄 슬러그탄에 무용

* 국방과학연구소(Agency for Defence Development)

** (주)한화 여수공장(HANWHA Yosu Plant)

제 복기 추진제 JA2 조성과 고에너지화 조성 변경 추진제를 적용하여 성능을 평가하였으며, 또한 추진제의 형상을 설계하여 강내탄도 계산하고 사격시험을 실시하였다. 계산 예상 값과 시험 결과를 비교하여 105mm 날개안정 철갑탄 K274에 JA2를 적용하는 경우에 최적의 예상 속도 및 압력을 제시하였다. 120mm 차기세대 전차탄약에 적용 예정인 JA2 추진제의 특성을 파악함으로써 차기세대 전차 탄약의 추진제 개발에 활용하고자 연구를 수행하였다.

II. 본 론

1. 조성 및 열역학적 특성

JA2 기본 조성으로 제조한 추진제를 JA2-01, 120mm 화살탄 DM43용 추진제 조성을 JA2-02로 명명하였다.

표 1. JA2의 열역학적 성질(충진밀도 0.2g/cc)

	JA2-01	JA2-02	KM30
압력(Mpa)	286.28	289.76	272.51
Frozen Gammer	1.2258	1.2208	1.2420
화염온도(K)	3,416	3,549	3,013
M(g/mole)	24.764	25.372	23.242
Impetus(J/g)	1146.8	1164.4	1077.1
Impetus(J/g) [*]	1133.1	1163.3	

* reference KM30로 CBT 시험 계측 비교값

JA2-02 조성의 경우 고에너지가 필요한 120mm 날개안정 철갑탄용 추진제로 화염온도가 BLAKE code로 계산한 결과 표 1에서와 같이 3,500K 이상임을 보인다.

2. 연소특성

NC계 추진제의 연소특성은 아래의 Vieille's 연속 속도에서 사용 압력 구간에서 단일 상수와 지수를 갖는다.

고에너지 물질인 NG 함량을 증가시킨 JA2-02 조성의 경우에 기존의 조성에 비하여 연소속도가 아래 그림 1과 같이 시험 측정 범위의 전 압력 구간에서 상대적으로 높게 나타난다. 그림에서 Vieille의 연소속도식에 적용하여 각 추진

제의 연소속도 상수 및 지수 값을 구한 결과는 표2와 같으며 이 값들을 강내탄도 계산에 사용하였다. 식에서 압력은 psi 단위를 연소속도는 inch/sec를 사용하였다. JA2 조성의 연소속도가 삼기 추진제인 KM30에 비하여 연소속도 지수가 높아서 낮은 압력에서는 연소속도가 낮으나 고압 영역으로 갈수록 연소속도는 많이 증가한다.

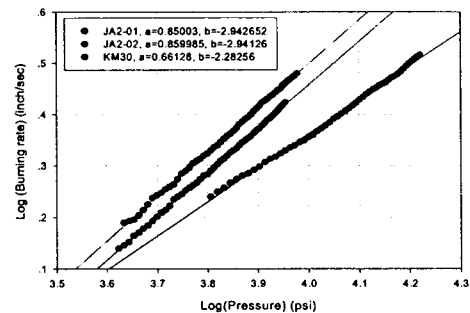


그림 1. KM30(충진 밀도 0.15g/cc), JA2-01 및 JA2-02(충진 밀도 0.1g/cc)조성의 연소특성

지수 값은 단기 추진제 M1, M6, M10(0.65~0.695)과 삼기 추진제 M15, M17(0.63~0.69)보다 높으며 감속제가 없는 복기 추진제 M7, M8, M9(0.81~0.87)과 유사한 수준이다.

표 2. 시험 추진제의 연소속도 지수 및 상수

추진제	상수(b)	지수(a)
KM30	0.0052172	0.66128
JA2-01	0.0011412	0.85003
JA2-02	0.0011448	0.85999

4. 강내탄도 특성

상기와 같은 연소속도, 열역학적인 특성 하여 강내탄도 특성을 계산하고 추진제 형상 설계를 하였다. 추진제들의 강내탄도 특성 예측은 IBHVG2 code를 이용하여 계산하였다. 각 조성 추진제의 형상은 점중(progressive) 연소특성을 갖는 19공 육각 기둥 형상으로 설계 제조하였다.

그림 2는 형상 설계된 JA2-01 조성 추진제의 강내탄도 계산 결과를 나타내는 것으로 포신 길

이 대한 압력, 속도 및 추진제 연소률을 타나낸다. 추진제가 50% 지점인 100인치에서 추진제가 완전히 연소됨으로 강내 압력이 균일하다면 포구속도가 균일 할 것으로 예상하였으며 사격 시험에서 속도 및 압력이 균일한 것을 확인하였다.

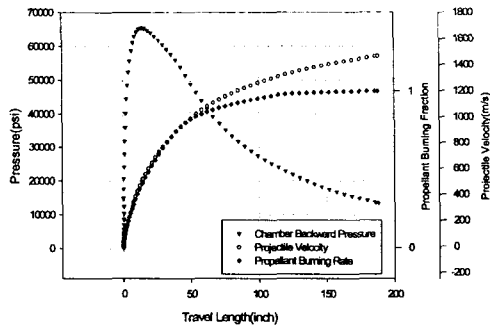


그림 2. JA2-01 추진제의 강내압력, 탄속 및 연소선도(5,700g, 21 °C, IBHVG II)

5. 점화 특성 및 성능 시험 결과

사격시험은 전차용 105mm 포에서 수행하였으며 탄저(forward) 압력은 포미에서 440mm 위치에 포미(backward)압력은 포미에서 70mm 위치에 PCB 109M84 Piezoelectric pressure gage를 설치하여 측정하였다.

본 시험에서는 그림3~5에서와 같이 추진제의 평균 웹이 1.8mm과 1.9mm 추진제의 시험에서 차압이 전혀 발생하지 않았고 강내에서 안정된 연소 패턴을 갖는다. JA2-aa-bb에서 aa는 조성을 나타내며 bb는 형상을 나타내는 것으로 01은 평균 웹이 1.8mm 02는 1.9mm를 나타낸다. 특히 그림 5는 상대적으로 추진제의 웹이 적게 설계된 추진제로 그림 3, 4와 동일한 압력 조건이나 추진제의 약량은 5,200g으로 적어서 약실 내부에 빈 공간이 상대적으로 많아 차압의 발생할 가능성이 높았으나 전혀 발생하지 않았다. 그림 3~5의 강내 압력 선도에서 초기 압력 상승 부분은 점화 특성을 나타내는 것으로 초기의 차압이 없는 것은 포미에서 탄저 방향으로 점화가 균일함을 보여준다.

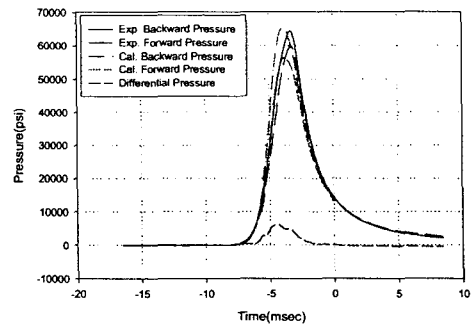


그림 3. JA2-01-01 추진제의 강내압력선도의 시험치와 계산치 (추진제 약량 5,700g)

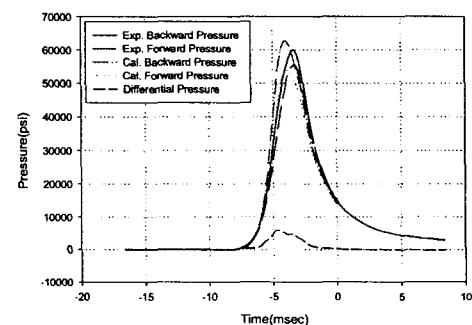


그림 4. JA2-01-02 추진제의 강내압력선도의 시험치와 계산치 (추진제 약량 5,800g)

점화 지연 시간은 전기식 뇌관인 KM63에 전기 신호 주입 시간에서부터 포미의 압력이 최대압력의 10% 도달하는 시간으로 JA2 추진제를 적용한 경우에 약 8~12msec 수준으로 기존의 KM30인 경우 10.84msec와 유사한 수준으로 안정된 점화 특성을 갖는다. K274 탄약의 구조 및 점화 시스템이 JA2 추진제 적용에도 문제가 없음을 의미한다. 그림 6은 탄속 대비 압력을 나타내는 그림으로 웹이 1.8mm로 설계된 연소 속도가 빠른 JA2-02-01 추진제를 제외하고는 기존의 KM30 추진제와 유사하나, 추진제 약량 대비 속도를 나타내는 그림7에서의 같이 KM30 추진제에 비하여 약량 대비 탄속이 JA2 모든 추진제가 모두 높다. 이는 추진제의 웹을 증가 시켜서 피에조 효율을 증대시킬 여유가 있다. 시험결과와 강내탄도 계산 결과를 이용하여 105mm K274용 JA2 추진제를 최적 설계가 가능하며 이

설계치를 이용하여 최적의 탄도 성능을 예측할 수 있다.

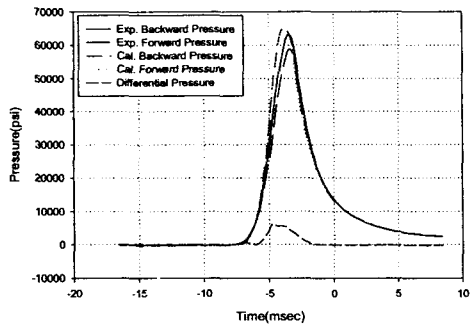


그림 5. JA2-02-02 추진제의 강내압력 선도의 시험치와 계산치 (추진제 약량 5,400g)

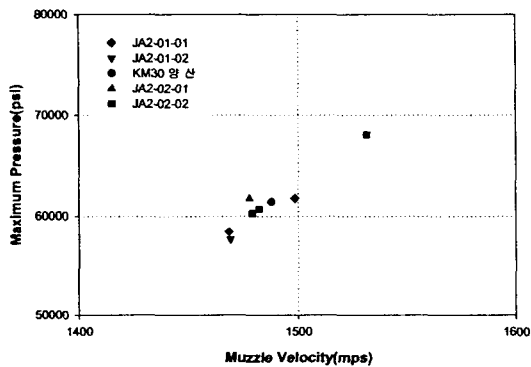


그림 6. Muzzle Velocity vs Chamber Pressures of JA2 and KM30 Propellants with 105mm T2 slug Projectile at 21°C

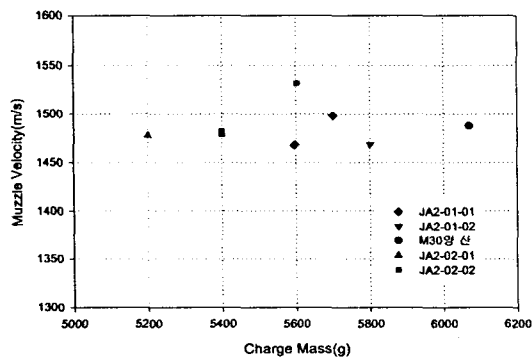


그림 7. Charge mass vs muzzle velocity of JA2 and KM30 Using 105mm slug projectile

JA2-01 조성의 예상 성능은 웹을 1.94mm로 설

계하여 약량을 5,900g 충전하면 약실압력 63,000~64,000psi에서 포구속도 1,550m/s가 예상된다. JA2-02 조성의 경우에는 웹을 2.11mm로 설계하면 약량 6,100g에서 약실 압력 62,000psi에서 탄속 1,543m/s 수준으로 예상된다. 표 3은 시험 결과와 계산 결과를 비교하여 JA2-02조성의 각 형상에 대한 예상 속도 압력을 나타낸다. 표 3. JA2-02의 형상에 따른 예상 속도 및 압력

Web 크기(mm)	약량(g)	예상 압력(psi)	예상 속도(m/s)
1.94	5900	67000	1565
2.01	6000	65000	1559
2.05	6000	63000	1544
2.09	6100	64000	1550
2.11	6100	62000	1543

III. 결론

무용제 JA2 조성 추진제를 제조하여 열역학적 성질, 연소 특성 시험을 실시하였으며, 105mm 나발안정 철갑탄 K274 스러거 탄에 적용하여 사격시험을 실시하고 IBHVG2 Code를 이용하여 강내탄도 특성을 구하였다. JA2 조성을 K274 탄에 적용시 기존의 점화 시스템을 사용하면 점화 지연 시간은 약 10msec 수준이며 점화가 균일하며 강내 압력 선도가 안정되어 차압이 발생하지 않는다. JA2 조성의 화염 온도가 3,400K 이상으로 크롬 피막이 없는 현용 105mm 전차 포신 KM68A1에서 사용이 불가하나 최적의 형상 설계하면 규격 평균압력 76,000psi 이하에서 1,550mps 이상의 탄속이 가능하다.

참고문헌

- [1] 정춘호 외, GWSD-519-971288S, "120mm 전차포탄 기술분석", 1997
- [2] S. Sopok, etc, " Preliminary erosion analysis for the experimental M829E3 kinetic energy round" ARCCB-TR-0003, 2000
- [3] A. G. Johnson, 6th International Propellant Symposium, 177, (1994)