

NGD 함량에 따른 단기 추진제 특성 연구 II

오민석* · 장정은* · 주형욱* · 권태수*

A Study on Characteristics of Single Base Propellants by the Content Variation of NGD (II)

Minseok Oh* · Jungeun Jang* · Hyeong-uk Joo* · Tae soo Kwon*

ABSTRACT

In this study, manufacturing the Single Base propellant using a Nitroguanidine(NGD A%, NGD-B%, 2A=B). The Factors affecting the combustion rate are Moisture and Volatiles, Residual Solvents, Dimension. These Factors were analyzed and compared. Also, NGD-A% propellants and NGD-B% propellants were compared with firing test. As a result, NGD-A% was confirmed to have a higher speed at a similar pressure than NGD-B% propellants

초 록

본 연구에서는 단기 추진제에 NGD를 A%, B%(2A=B) 추가하여 추진제를 제조 하였다. 그리고 추진제 연소속도에 영향을 주는 인자인 잔류용제와 수분 및 휘발분, 추진제 Grain크기를 분석하여 비교하였다. 또한 제작된 NGD-A% 추진제와 NGD-B%추진제를 시험 사격을 통해 비교하였다. 그 결과 NGD-A% 추진제가 유사 압력에서 NGD-B% 추진제보다 높은 속도를 나타내는 것을 확인 하였다.

Key Words: NGD Propellant(NGD 추진제), 120mm Mortar(120밀리 박격포)

1. 서 론

화포 추진제는 오랫동안 NC(Nitrocellulose)를 이용한 단기 추진제를 사용하여 왔으나 포구 속도 증대를 위하여 NG(Nitroglycerine)를 첨가한 복기 추진제를 개발하였다. 그 결과 에너지는 높아졌으나 연소 온도 또한 높아져 포신의 부식이 증가하였다. 첨가된 NG는 상온에서 액상으로 존재하므로 고상인 NC로부터 유리되어 표면으로 나와 장기 보관성에 문제가 생길 수 있다. 복기

추진제에 발생하는 문제를 해결하는 방법으로 NG함량을 줄이고 고상인 NGD(Nitroguanidine)를 첨가하는 다기 추진제가 개발되었다.[2] 현재 NGD가 Cooling 효과를 주는 것은 연구가 많이 되었다. 하지만 실제 Single Base 추진제에 NGD만을 넣어 추진제에 미치는 영향을 확인한 연구는 많이 진행되지 않은 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는 Single Base 추진제에 NGD를 넣어 추진제를 제조하고 추진제 연소에 영향을 주는 형상, 수분, 용제에 대한 인자를 통제 후 추진제 성능에 대한 분석을 진행하였다.

그리고 제조된 추진제의 시험 사격을 통해 비교하여 분석하였다.

* (주)풍산 기술연구소 추진제담당

† 교신저자, E-mail: ooos1844@poongsan.co.kr

2. 추진제 제조

2.1 NGD 추진제 제조

시험에 적용할 120mm 박격포용 NGD 추진제의 주원료는 아래 Table 1과 같다. 추진제는 1Hole의 Cylinder형 추진제로, 미세공 0.25mm이하의 크기를 갖는다.

Table 1. Ingredient of Propellant

항 목	조 성
NC	00 ± 0 %
NGD	00 ± 0 %
안정제	00 ± 0 %
첨가제	00 ± 0 %

추진제의 제조는 용제 형으로 제조가 이루어지며 Table.2 와 같다. 원재료 준비단계인 NC탈수, NC분쇄를 시작하여 원재료들을 혼합하는 반죽공정, 압축, 압출, 절단, 예비분리, 진공건조, 표면처리, 열탕, 최종건조 순으로 이루어진다. 아래 Fig. 1은 제조 완료된 추진제이다.

Table 2. Manufacture process of propellant

process	detailed process	
preparation	ingredients	base
manufacturing	Mixing	
	Blocking	
	Extrusion	
	Cutting	
	Screening	
	Vacuum drying	
	Coating	coated
	Boiling	
	Final drying	



Fig. 1 NGD propellant

3. 분석 결과

3.1 형상(Dimension)

추진제 연소에 가장 큰 영향을 주는 형상을 확인하기 위해 Image Analyzer를 이용하여 외경, 내경, 길이, Web 두께를 측정하였다.

3.2 Moisture and Volatiles & Residual Solvents

추진제의 연소특성에 영향을 주는 인자를 통제하기 위하여 M&V(Moisture and Volatiles) R.S(Residual Solvents)를 비교하여 확인하였다.

M&V는 2시간동안 일정중량의 추진제를 50℃에서 건조시켜 증발되는 양을 측정하였고 R.S(Residual Solvents)는 가스크로마토그래피 모델 HP5890A을 이용하여 측정하였다.

3.3 ICT CODE 분석

추진제의 연소특성을 알아보기 위해 ICT Code 프로그램을 사용하여 추진제 연소 시 발생하는 연소특성을 확인하였다.

3.4 Closed Bomb Test

제조된 추진제의 연소특성을 알아보기 위해 Closed Bomb Test를 진행하였다. Closed Bomb Test로 추진제의 상대적인 연소속도(Relative Quickness, RQ)와 시간별 압력변화를 확인 하였다.

3.5 120mm 박격포 시험

현재 개발되고 있는 120mm 박격포탄을 사용하여 NGD추진제 2종을 비교하여 시험하였다. 시험탄의 속도측정은 포구 초속 측정기 VR-S3000

(Muzzle Velocity Radar System)을 이용하여 측정하였으며 압력은 동구게이지를 이용하여 측정하였다.



Fig. 2 120mm HE Mortar Munition

3.1.1 형상(Dimension)) 분석 결과

Table 3. Dimension Result

구분	NGD-A%	NGD-B%	비고
D	1.839	1.852	
d	0.231	0.232	
Wa	0.804	0.810	
L	2.544	2.501	

추진제 형상은 추진제 연소속도에 큰 영향을 미친다. (D:외경, d:내경, Wa:두께, L:길이) 따라서 제조된 두 Type의 추진제 형상 분석 결과 미세한 차이는 있으나 두 Type의 추진제 형상은 거의 유사한 것으로 확인되었다.

3.2.1 M&V & R&S 결과

Table 4. NGD-A%, NGD-B% M&A & R&S Result

구분	M&V(%)	R.S(%)	비고
NGD-A%	1.13	0.51	
NGD-B%	1.09	0.53	

추진제 제조 중 투입되는 용매와 수분은 추진제 연소를 방해하여 추진제의 연소특성을 변경시킨다. 때문에 M&V와 R.S를 Table 4와 같이 동일하게 통제하여 변수를 고정시켰다.

3.31 ICT CODE 결과

시사장 시험 전 연소 특성을 확인할 수 있는 ICT Code 프로그램을 사용 하여 추진제 연소 특성을 확인 하였으며 결과는 Fig. 3, Fig 4 과 같다. NGD가 더 많이 들어간 NGD-B%의 추진제의 열량이 더 낮은 것을 확인할 수 있고 NGD-B%가 NGD-A%보다 발생하는 가스량이 25℃에서 g당 8.1cc 더 많은 것으로 분석되었다.

Table 5. CBT Result

구분	R.Q	R.F	비고
NGD-A%	99.1	94.6	
NGD-B%	114.1	96.9	

```

PRESSURE: 1156.78 BAR TEMPERATURE: 3096.2 K
VOLUME: 1000.0 CC LOADING DENSITY: 10000 G/CC
MOLE NUMBER: 40.254 MOLES/KG MEAN MOL. WEIGHT: 24.842 G/MOLE
MEAN SPEC. HEAT: 1267.8 J/(KG)(K)

SPEC. HEAT Cp(frz): 1803.0 J/(KG)(K) 44.792 J/(MOLE R. PROD. *K)
SPEC. HEAT Cv: 1462.8 J/(KG GASES)(K) 36.339 J/(MOLE GASES *K)

B(T): 26.59 CC/MOLE C(T): 572.7 CC**2/MOLE**2

ENTHALPY: -1248.1 J/G INTERNAL ENERGY: -2404.9 J/G
ENTROPY: 9.275 J/(G)(K)
KAPPA(=Cp/Cv): 1.2326 GAMMA(frz): 1.3713
C*: 1555 M/SEC VELOCITY OF SOUND: 1259.5 M/SEC
SPECIFIC ENERGY: 1036.2 J/G COVOLUME: 1.042 CC/G

MOLE NUMBER: 39.453 MOLES/KG GASES WITHOUT H2O: 32.038 MOLES/KG
MOLE NUMBER H2O: 7.3558 MOLES/KG GASES WITH H2O: 39.393 MOLES/KG

GAS VOLUME WITHOUT H2O AT 25 DEGREE C: 783.8 CC/G

HEAT OF EXPLOSION: 3991.5 J/G = 954.0 CAL/G
Heat of explosion (water gaseous): 3686.1 J/G = 881.0 CAL/G

```

Fig. 3 NGD-A% ICT code Result

```

PRESSURE: 1151.22 BAR TEMPERATURE: 3046.5 K
VOLUME: 1000.0 CC LOADING DENSITY: 10000 G/CC
MOLE NUMBER: 40.682 MOLES/KG MEAN MOL. WEIGHT: 24.581 G/MOLE
MEAN SPEC. HEAT: 1269.0 J/(KG)(K)

SPEC. HEAT Cp(frz): 1810.0 J/(KG)(K) 44.492 J/(MOLE R. PROD. *K)
SPEC. HEAT Cv: 1466.0 J/(KG GASES)(K) 36.036 J/(MOLE GASES *K)

B(T): 26.48 CC/MOLE C(T): 569.9 CC**2/MOLE**2

ENTHALPY: -1175.6 J/G INTERNAL ENERGY: -2326.8 J/G
ENTROPY: 9.308 J/(G)(K)
KAPPA(=Cp/Cv): 1.2347 GAMMA(frz): 1.3746
C*: 1549 M/SEC VELOCITY OF SOUND: 1258.0 M/SEC
SPECIFIC ENERGY: 1030.5 J/G COVOLUME: 1.049 CC/G

MOLE NUMBER: 39.845 MOLES/KG GASES WITHOUT H2O: 32.369 MOLES/KG
MOLE NUMBER H2O: 7.4163 MOLES/KG GASES WITH H2O: 39.785 MOLES/KG

GAS VOLUME WITHOUT H2O AT 25 DEGREE C: 791.9 CC/G

HEAT OF EXPLOSION: 3930.9 J/G = 939.5 CAL/G
Heat of explosion (water gaseous): 3622.9 J/G = 865.9 CAL/G

```

Fig. 4 NGD-B% ICT code Result

3.4.1 Closed Bomb Test 결과

Closed Bomb Test는 체적 200cc에서 진행 되었으며 Loading density는 0.1g/cc 이다. 제조된 두 가지 Type의 추진제의 Closed Bomb Test 결과는 Table 5와 같다. NGD-B%추진제의 연소속도(Relative Quickness, RQ)가 NGD-A%에 비해 15% 가 빠른 것으로 나타났다. 때문에 NGD가 더 많이 들어간 NGD-B% 추진제가 동일시간에 가스발생량이 더 많은 것으로 확인되었다.

3.5.1 120mm 박격포 시험결과

120mm 시험 사격 결과 아래 Table 5와 같이 NGD-A% 추진제가 동일 속도에서 압력이 낮게 나타남을 확인하였다. 또한 ICT CODE 분석결과

처럼 NGD-B% 추진제의 g당 가스 발생량이 많아 동일 약량에서 포구속도가 높으나 연소속도가 너무 빨라 NGD-A% 추진제 보다 탄도성은 불리한 것을 확인하였다.

다. 그 결과 NGD가 더 많이 들어간 NGD-B% 추진제가 NGD-A%보다 동일 약량에서 더 높은 속도를 가지나 속도 증가 대비 압력 증가폭이 커서 탄도성이 불리함을 확인 하였다.

Table 5. Result of 120mm Gun Firing test

구분	약량	포구속도 (m/s)	약실압력 (psi)
NGD-A%	000 g	370.8	20,200
NGD-B%	000 g	370.1	23,000

4. 결론

본 연구에서는 NGD를 A% B%(2A=B) 사용하여 용제형 추진제를 제조하였다. 그리고 NGD가 추진제 연소에 미치는 영향을 확인하기 위해 연소에 영향을 주는 형상, 수분, 용제의 변수를 통제하여 연소특성 확인시험을 진행하였다. 또한 시사장 시험을 통해 실제 사격결과를 확인하였

참 고 문 헌

1. Tommoki, N. and Mokoto, K., "Influences of Particle Size and Content of RDX on Burning Characteristics of RDX-based propellant," Aerospace Science and Technology, 32, 2014, pp26-34
2. 노만균, 고체추진제, 1998, PP.312-316
3. Horst, A.W. and Haukland, A.C., "Gun Interer Ballistics: 1972 Annual Report", Naval Ordnance Station, , 1973, AD914 017
4. Krier, H. and Summerfield, M., "Interior Ballistics of Guns", 1979, P312
5. 김동만, "둔감탄약의 개발동향 및 발전추세", 국방과학연구소, 1997