

BP/MTV 가스발생제를 이용한 화약 벨로우즈 개발 연구

송기근^a · 김용석^{a,*}

Development Study on Explosive Bellows Using BP/MTV Gas Generator

Kigeun Song^a · Yongseok Kim^{a,*}

^aAgency for Defense Development, Korea

*Corresponding author. E-mail: kys1893@add.re.kr

ABSTRACT

A new explosive bellows, which has a diameter of 8.0 mm and a length of 25.4 mm, was developed for a warhead fuze. The new explosive bellows delivers a thrust of 4.5 kgf over a stroke of 25.4 mm. A new gas generator containing BP/MTV ignition charge was also developed and the output test equipment, which measures the length of spring compressed by the function of explosive bellows, was also devised. In order to find out that the new explosive bellows meets the design requirements, the sensitivity tests and output tests were conducted. The test results show that the new explosive bellows meets the requirements and can be applicable to a warhead fuze.

초 록

탄두 신관에 사용되는 길이 25.4 mm, 직경 8.0 mm이고 행정길이 25.4 mm 이상에 대해 4.5 kgf의 추력을 제공하는 화약 벨로우즈를 새로이 개발하였다. BP/MTV 조성의 새로운 가스발생기를 개발하였으며, 화약 벨로우즈 작동시 압축되는 스프링의 길이를 측정하는 위력시험장치도 고안하였다. 새로 개발된 화약 벨로우즈가 요구조건을 만족하는지 검증하기 위해 감도시험과 위력시험을 수행하였다. 시험결과 새로 개발한 화약 벨로우즈는 요구조건을 충족하였으며, 탄두용 신관에 적용이 가능하다.

Key Words: Explosive Bellows(화약 벨로우즈), Bellows Motor(벨로우즈 모터), Gas Generator(가스 발생기)

Nomenclature

BP : black powder
MTV : magnesium teflon viton
LMNR : lead mononitroresorcinate
LS : lead styphnate

1. 서 론

화약 벨로우즈는 일반적으로 신관 안전장치의 로터를 회전시키는데 사용되며, 영문 표기로는 explosive bellows, explosive bellows driver, explosive bellows motor, bellows actuator 등 여러 가지 이름으로 사용되고 있다. 직선 운동 또는 곡면을 따라 곡선 운동도 가능한 화약 벨로우즈는 일반적으로 2.54 cm(1.0 inch)의 stroke에 대해 4.5 kg(10 lbs)의 추력을 제공하며, 작동 전에는 벨로우즈의 총길이가 2.54 cm(1.0 inch), 직경은 7.94 mm(5/16 inch)이다[1]. 화약 벨로우즈에 사용되는 화약으로는 LS/LMNR/BP, LS/Nitrostarch/Lead Selenium 또는 LS/LMNR/KClO₃ 등이 흔히 사용된다[2].

본 논문에서는 탄두의 신관 안전장전장치의 로터를 회전시키는데 사용되는 신규 소형 화약 벨로우즈에 대해 개발결과를 기술하였다. 가스발생기, 소형 벨로우즈 등의 핵심부품과 시험평가장치를 설계, 개발하였으며, 개발된 화약 벨로우즈의 성능평가를 통해 최적의 BP/MTV/BP 가스발생제 조성을 도출하였다.

2. 화약 벨로우즈 및 시험장치 설계

기 개발되어 탄두용 신관에 널리 사용되는 화약 벨로우즈의 기술분석을 토대로 신규 화약 벨로우즈를 설계하였으며, 시험평가에 필요한 위력 시험장치의 연구 및 설계도 병행하였다.

2.1 화약 벨로우즈의 구조 및 기능 분석

화약 벨로우즈의 구조는 Fig. 1과 같이 벨로우즈와 가스발생기로 구성되며, 가스발생기는 플러그조립체, 점화약, 가스발생제로 이루어져 있다.

문헌조사 결과 벨로우즈는 단동(C2400)을 주로 사용하며, 가스발생제로는 LMNR/BP, Nitrostarch/Lead Selenium, LMNR/KClO₃ 등이 사용되고 있다[2]. 최근의 탄두용 신관에 사용되는 화약 벨로우즈는 LS/LMNR/BP 조성의 가스발생제를 사용하는 것으로 알려졌으며, 작동에너

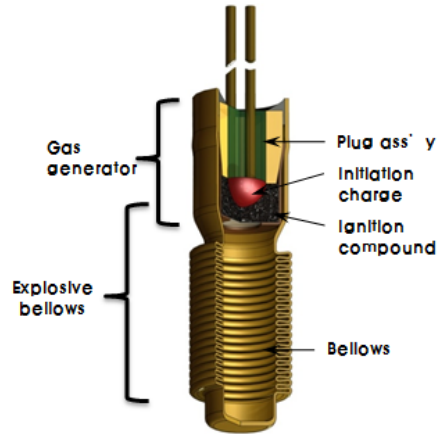


Fig. 1 Structure of explosive bellows.

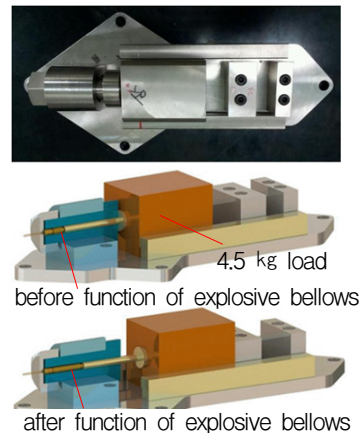


Fig. 2 4.5 kg load test device and its functional concept.

지는 0.68 μ F, 38.5 V (5040 erg)이고 크기는 Φ 7.87 x L25.4 mm, 위력은 34.56 cm-kgf(30 in-lbs) 토크로 조사되었다[3].

2.2 위력시험장치 설계

화약 벨로우즈의 위력평가는 주로 임의의 하중을 규정거리 이상 이동시킬 수 있는 추력 또는 토크를 측정하여 평가한다. 본 연구에서도 상기 두 가지 위력시험 장비를 개발하고자 하였으나, 토크 측정장비는 아래에 기술된 여러 기술적인 문제점이 발생하여 제외하였다. Fig. 2는 화약 벨로우즈가 작동 시 4.5 kg의 물체가 움직인

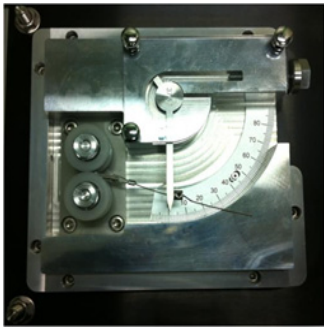


Fig. 3 Torque measuring device.

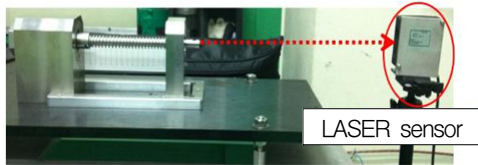


Fig. 4 Spring type output test device.

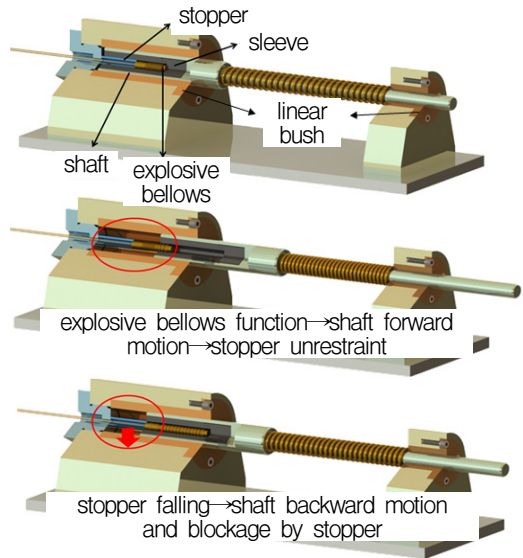


Fig. 5 Functional concept of output test device.

거리를 측정하도록 제작된 것이나, 시험에 적용한 결과 화약 벨로우즈의 순간적인 팽창으로 4.5 kg 물체가 시험치구로부터 이탈되어 정확한 위력을 측정할 수가 없었다.

Fig. 3은 화약 벨로우즈의 토크를 측정하기 위해 정하중 스프링을 적용한 토크시험장치로서 화약 벨로우즈가 작동할 때 회전막대가 회전한 각도를 측정하여 토크를 계산하고자 하였으나, 회전막대가 90° 이상 회전하며 파손되는 등의 문제로 정확한 토크의 측정이 어려웠다.

상기와 같은 문제점으로 인하여 화약 벨로우즈가 직선으로 팽창 시 위력을 스프링의 압축길 이로 측정하는 위력시험장치를 Fig. 4와 같이 고안하게 되었다. Fig. 5는 작동 개념도이다.

화약 벨로우즈가 작동하면 벨로우즈가 팽창하면서 슬리브와 샤프트는 전진하고 스프링 ($k=0.349 \text{ kgf/mm}$)은 압축되며, 슬리브 내부에 삽입되어 있던 스톱퍼는 슬리브와 분리되면서 자유 낙하하여 화약 벨로우즈의 전원선에 걸치게 된다. 이때 스프링의 압축길이를 레이저 변위센서로 측정하여 화약 벨로우즈의 위력을 평가한다. 전원선에 걸쳐진 스톱퍼는 압축된 스프링의 복원력에 의해 샤프트와 슬리브가 벨로우즈의

Table 1. Requirements of explosive bellows.

<ul style="list-style-type: none"> • size : $\Phi 8.0 \text{ mm}$, L 25.4 mm • ignition compound : charge similar to the burning characteristic of LS/LMNR/BP
<ul style="list-style-type: none"> • all-fire : $0.68 \mu\text{F}$, $38.5 \pm 0.5 \text{ Vdc}$ • no-fire : 50 mA, 5 sec • stroke length : $25.0 \text{ mm} \pm 10\%$ • output(W_R) : moves 4.5 kg load 25.4 mm in line

팽창길이 이상으로 후진하지 못하도록 제동함으로써 벨로우즈의 팽창길이를 정확히 측정할 수 있게 해준다.

2.3 화약 벨로우즈 설계

탄두용 신관에 사용되는 화약 벨로우즈의 기술분석을 토대로 Table 1과 같이 개발대상 화약 벨로우즈의 제원 및 성능을 도출하였다.

2.3.1 벨로우즈 개발

보통 사용되는 벨로우즈는 C2400 단동 재질로서 $\Phi 8.0 \times L25.4 \text{ mm}$ 크기이다. 국내의 경우 이처럼 작은 액압성형방식의 세장형 벨로우즈는 생산되지 않아 새로 개발하였다. Table 2는 외국의

Table 2. Mechanical characteristics of different bellows materials.

	imports *	C2400	C2680	C5191	C5212
spec.	ASTM B36 MS-401-C	KS D5201		KS D 5506	
materials	Brass				
T.S (N/mm ²)	303 ~ 372	255 ≤	275 ≤	315 ≤	345 ≤
Elongation	44% Min.	44 ≤	40 ≤	42 ≤	45 ≤
domestic production	-	No	Yes	Yes	Yes

* Alloy 240 Low Brass 80%

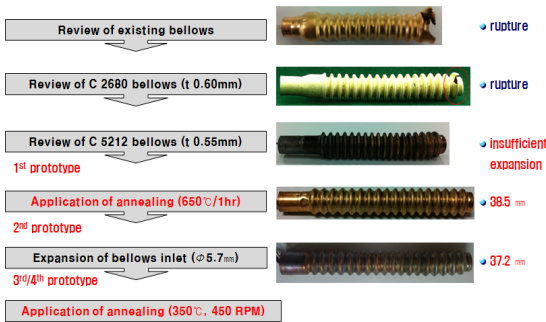


Fig. 6 Development changes of bellows.

화약 벨로우즈에 사용되는 벨로우즈 재질(C2400)과 수입한 벨로우즈의 재질 및 국내 생산중인 벨로우즈 재질의 물성을 요약한 것이다. C2400 단동은 국내생산이 안되어 이와 가장 유사한 재질인 C2680 황동을 초기에 사용하였으나, 벨로우즈 팽창 시 Fig. 6에서 보는 바와 같이 파열되는 문제가 있어 기계적 성질이 우수한 C5212 인청동 재질로 바꾸었다. 또한 벨로우즈가 잘 팽창하도록 벨로우즈 제작과정에 열처리공정을 도입하였다. Fig. 6의 화약 벨로우즈 팽창시험 결과는 Fig. 2에서 4.5 kg 물체를 제거한 무부하 상태에서 실시한 것이며, 열처리 공정이 벨로우즈 팽창길이에 상당한 영향을 주는 것으로 나타났다.

2.3.2 가스발생기 개발

화약 벨로우즈의 가스발생기에 가장 널리 사용되는 가스발생제 조성은 LS/LMNR/BP 조성

Table 3. CBT results of ignition compounds for gas generator.

ignition compound	charge wt.	Pmax (psi)	arrival time of Pmax(ms)
BP class 4	35 mg	617	6.16
BP class 6	35 mg	648	3.89
BP class 7	35 mg	740	1.68
BP class 7	50 mg	1055	1.77
BP class 7 + A1-A	35 mg + 15 mg	-	-
A1-A	50 mg	237	2.14
B/KNO ₃	50 mg	1090	1.36
MTV	35 mg	244	6.52
K443 PC	55 mg *	2060	2.82
LMNR/BP (@obsolete fuze)	49 mg	600	3.95

* CaCrO₄/B/NC/NG/DPA/K₂SO₄ compound

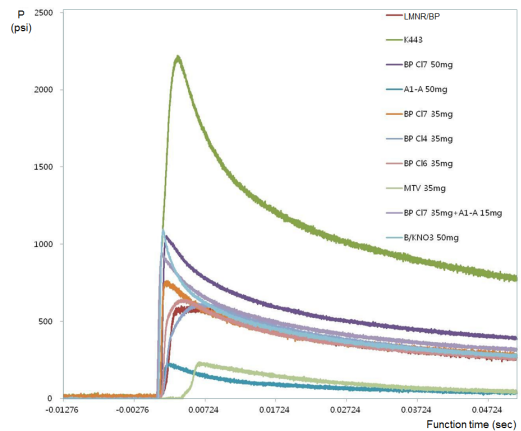


Fig. 7 Pressure-Time curves of ignition charges for gas generator.

으로 화약량은 50~75 mg 수준이며, BP는 약 65%이다[2,3]. 현재 LMNR 화약은 국내생산이나 수입이 불가능하므로 이와 연소특성이 유사한 대체 가스발생제 조성 설계 및 가스발생기를 개발하게 되었다.

기존의 가스발생제 중에 LMNR/BP와 비슷한 연소특성을 갖는 물질을 찾기 위해 국내 조달이 가능한 BP, MTV, K443 Pressure Cartridge (PC) 용 점화제 등의 점화물질(가스발생제)에 대한 CBT (Closed Bomb Test) 시험을 하였으며, 폐탄

Table 4. Non-load test results of explosive bellows according to the types of bellows and gas generators.

bellows [prototype]	gas generator	sample	stroke (mm)*		
			Avg.	Max.	Min.
foreign C2400	BP Class4 35 mg	2	25.4	27.1	23.7
home C5212 annealing [2nd]		2	27.1	29.3	24.8
home C5212 [1st]	BP Class4 70 mg	5	27.4	28.5	26.6
home C5212 annealing [2nd]		2	38.5	38.5	37.2
home C5212 [1st]	K443 PC	2	33.5	34.1	32.8
home C5212 annealing [2nd]		1	40.0	-	-

* stroke : the expanded length of bellows

의 화약 벨로우즈에서 획득한 LMNR/BP도 시험하였다. 그 결과는 Table 3 및 Fig. 7과 같다.

Table 3 및 Fig. 7에서 보는바와 같이 폐탄의 LMNR/BP 49 mg과 연소특성이 가장 비슷한 것은 35 mg의 BP class 4나 BP class 6로 나타났으며, 연소압력에 미치는 LMNR의 영향은 미미한 것으로 나타났다. A1-A나 MTV는 최대 압력이 240 psi 수준으로 낮았으며, MTV는 연소속도가 1.77 1 atm,mm/s[4]로 느려 최대압력에 도달하는 시간도 6.52 ms로 길었다. 따라서 화약 벨로우즈의 가스발생제 기본조성으로 35 mg 수준의 BP class 4나 class 6가 적합한 것으로 판단된다.

벨로우즈(C5212 인칭동 사용)의 열처리 유무와 가스발생제 종류별 가스발생기에 따른 무부하 시험(Fig. 2에서 4.5 kg 물체를 제거하고 시험) 상태에서 화약 벨로우즈의 팽창길이를 조사하기 위해, Fig. 7의 CBT 결과 및 화약 벨로우즈(벨로우즈 팽창길이 25.4 mm 기준)의 가스발생제 화약량이 보통 50~75 mg 수준인 점을 고려하여 Table 4와 같이 시험하였다.

시험결과 열처리된 벨로우즈를 적용한 화약 벨로우즈가 외산 벨로우즈 부품을 적용한 화약 벨로우즈와 유사한 팽창길이를 보이면서 25.4 mm 이상 팽창하려면 BP class 4 35 mg 정도가 필요한 것으로 나타났다. 가스발생량이 많은 BP class 4 70 mg과 K443 압력 카트리지를 사용한

Table 5. Output test results of explosive bellows according to the types of gas generators and springs.

gas generator	k * (kgf/mm)	sample	length (mm) (L _s /L _E) **			W _s ***	
			Avg.	Max.	Min.	Avg.	W _s /W _R
BP class 4 25 mg	0.265	6	35.8/14.0	41.0/16.0	29.0/11.9	170.1	1.5
	0.349	8	30.1/13.7	33.0/14.7	27.0/12.8	158.4	1.4
	0.501	7	23.1/13.7	25.0/14.2	22.0/13.2	134.2	1.2
BP class 4 35 mg	0.265	5	49.8/19.1	52.0/19.6	47.0/18.6	328.6	2.9
	0.349	5	45.0/19.0	48.0/19.4	43.0/18.4	353.4	3.1
	0.501	5	38.0/19.1	40.0/19.7	36.0/18.4	361.7	3.1
BP class 4 50 mg	0.265	7	67.9/23.6	73.0/24.7	61.0/22.0	610.1	5.3
	0.349	7	58.1/24.6	60.0/25.4	56.0/24.0	589.9	5.1
	0.501	7	48.9/23.3	53.0/24.4	42.0/21.7	597.9	5.2
BP class 4 60 mg	0.265	5	77.0/26.9	77.0/27.5	77.0/25.8	785.6	6.8
	0.349	8	68.1/27.1	70.0/27.8	66.0/26.4	809.9	7.0
	0.501	8	57.3/26.2	59.0/27.1	55.0/25.6	821.0	7.1

* spring constant

** L_s/L_E : compressed spring length/expanded bellows length

*** W_s : work by spring, $W_s = \frac{1}{2}kx^2$

W_R : work requirement of typical explosive bellows

$$W_R = 4.536 \text{ kg}_f \times 25.4 \text{ mm} = 115.21 \text{ kg}_f \cdot \text{mm}$$

시험에서도 벨로우즈는 파열 없이 약 40 mm까지 팽창된 것으로 보아 BP class 4 35 mg 수준으로 가스발생제 조성을 설계할 경우, C 5212 인칭동 재질 벨로우즈는 내파열성에 대한 충분한 설계여유를 가진 것으로 판단된다.

상기의 시험결과를 토대로 BP class 4 35 mg을 전후하여 Table 5와 같이 화약 벨로우즈를 제작 및 위력을 평가하였다. 위력시험 시 스프링을 적용한 위력시험장치를 사용하였으며, 스프링 상수가 다른 3종류의 스프링을 각각 적용하여 화약 벨로우즈의 위력시험에 미치는 스프링의 영향도 분석하였다.

Fig. 8 및 Fig. 9는 Table 5의 시험결과를 도식화 한 것으로 25 mm 전후의 벨로우즈 팽창길이를 보여주는 경우는 BP class 4 50 mg 이상인 경우이다. 그러나 화약 벨로우즈의 위력(스프링의 압축길이)이 요구 수준의 5배 이상으로 지나치게 커서 신관에 적용시 신관의 로터 등과 같이 화

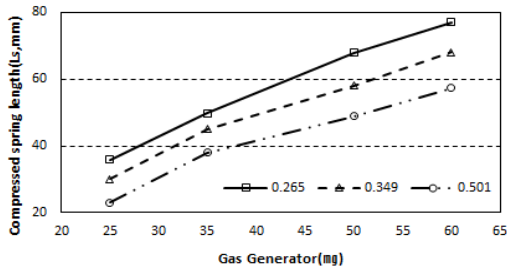


Fig. 8 Compressed spring length according to gas generators.

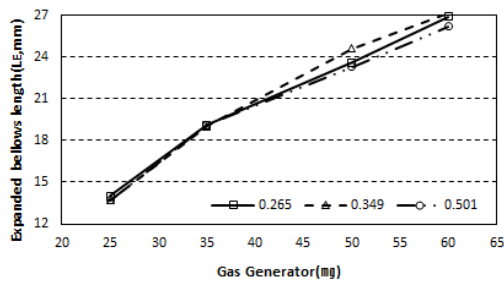


Fig. 9 Expanded bellows length according to gas generators.

약 벨로우즈의 힘을 받는 부품이 손상될 수도 있다. 따라서 스프링의 압축길이는 줄이고 벨로우즈 팽창길이를 늘리기 위해 연소속도가 빠르고 가스발생량이 많은 BP는 줄이고 상대적으로 가스발생량이 적거나 연소속도가 느린 A1-A 점화제나 MTV 점화제가 첨가되는 가스발생제 조성을 검토하였다. 보통 LS/LMNR/BP 조성의 화약 벨로우즈 화약량이 50~75 mg 수준이며 BP는 약 65% 정도인 점을 고려하여, Table 5의 결과를 토대로 35 mg 수준의 BP를 검토했다.

스프링 상수를 달리 한 시험결과는 예상된 바와 같이 스프링 상수에 따라 벨로우즈 팽창길이는 차이가 나타났으나, 스프링에 가해진 일은 BP class 4 25 mg 경우를 제외하고는 최대값 대비 최소값의 편차가 약 3~9% 수준으로 화약 벨로우즈 제품의 편차(스프링 팽창길이 기준 6~16%)를 고려하면 동일한 수준으로 판단된다. 따라서 스프링을 적용한 위력시험장치는 화약 벨로우즈의 위력시험평가에 적합한 것으로 판단된다. 이후 위력시험부터는 스프링의 적용 길이가

Table 6. Output test results of explosive bellows according to gas generators.

gas generator	sample	L _S (mm)*			W _S	
		L _E (mm)**			Avg.	W _S /W _R
		Avg.	Max.	Min.		
BP 35 mg	5	45.0	48.0	43.0	353.4	3.1
		19.0	19.4	18.4		
BP 35 mg + A1-A 15 mg	5	44.2	45.0	44.0	340.9	3.0
		20.0	20.2	19.5		
BP 35 mg + MTV 15 mg	9	48.7	54.0	46.0	413.3	3.6
		25.3	26.8	23.1		
BP 50 mg	7	58.1	60.0	56.0	589.9	5.1
		24.6	25.4	24.0		

* L_S : compressed spring length

** L_E : expanded bellows length

너무 크지 않으면서 화약 벨로우즈의 위력 변화를 민감하게 반영할 수 있도록 스프링 상수 0.349 kgf/mm인 스프링을 적용하였다.

Table 6은 BP class 4 35 mg에 MTV 점화제나 A1-A 점화제를 15 mg 첨가하여 혼합한 조성의 가스발생제를 사용한 화약 벨로우즈의 위력시험 결과이다. BP class 4 35 mg 조성과의 비교 시 A1-A 15 mg을 첨가한 조성의 화약 벨로우즈는 스프링의 압축길이나 벨로우즈 팽창길이에 거의 영향을 주지 않은 반면, MTV 15 mg을 첨가한 조성의 화약 벨로우즈는 스프링 압축길이는 약 8% 증가하고 벨로우즈 팽창길이는 25.3 mm로 33% 증가한 결과를 나타냈다.

Fig. 10은 Table 5와 Table 6의 결과를 도식화한 것으로 BP class 4 35 mg + MTV 15 mg 조성이 25 mm 수준의 벨로우즈 팽창길이를 보이거나 위력은 요구수준의 3.6배로서 신관로터 회전 적용할 경우 신관 부품에 과도한 힘이 가해질 수도 있다. 따라서 벨로우즈의 팽창길이는 25 mm 수준으로 유지하면서 스프링 압축길이를 줄일 수 있도록 가스 발생량이 많은 BP 양은 좀 더 줄이고 MTV 양은 늘리는 방안과 충전공정에 대해서도 연구할 필요가 있다.

Table 7은 가스발생제의 조성을 BP class 4/MTV(30/20 mg)로 조정하고 충전방식을 달리 하여 제작한 화약 벨로우즈의 시험결과이다. 화

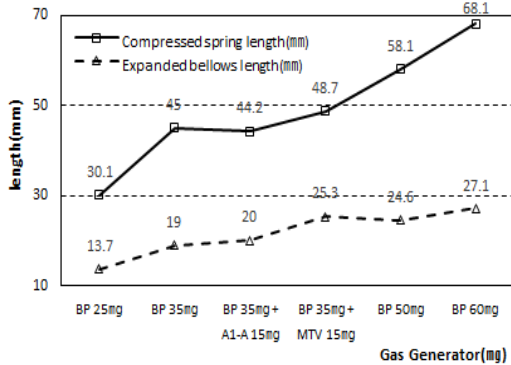


Fig. 10 Output test results of explosive bellows according to gas generators.

약 벨로우즈 30개분을 제작할 수 있는 가스발생제를 한 번에 혼합하거나 1개를 제작할 수 있는 양으로 혼합하여 충전하기도 하였으며, 서로 연소특성이 다른 BP와 MTV를 혼합하지 않고 충전 순서를 달리하여 화약 벨로우즈를 제작, 시험하기도 하였다. 예로 BP→MTV 순서로 컵에 충전한 경우, 점화약 다음에 MTV와 BP 순서로 충전되었음을 의미한다.

Fig. 11은 Table 7의 시험결과를 도식화 한 것으로 스프링 압축길이가 유난히 작은 경우는 BP→MTV 순서로 충전한 조건으로 MTV가 점화약에 맞닿은 구조이다. MTV의 연소속도는 1.77 1 atm,mm/s 이고 반응열은 1300~2200 cal/g이며, BP는 연소속도가 29.0 1 atm,mm/s 이고 반응열은 755 cal/g 이다[4]. 따라서 점화가 용이한 BP에 비해 상대적으로 초기 점화가 어렵고 연소속도가 느린 MTV가 먼저 연소될 경우 스프링을 밀어주는 힘이 약해 스프링 압축길이가 작게 측정되는 것으로 판단된다.

상기의 시험결과, 모든 경우에 BP class 4 35 mg + MTV 15 mg 조성의 화약 벨로우즈에 비해 위력은 17%에서 42%까지 줄었으며, 벨로우즈의 팽창길이도 동등수준 또는 약 6% 정도 줄었지만 Table 1의 요구조건인 화약 벨로우즈의 팽창길이 25.0 mm ± 10%를 충족한다. 그러나 일부 신관용 화약 벨로우즈의 경우 최소 25.4 mm 이상의 벨로우즈 팽창길이를 요구하는 경우도 있으며, 또한 입도와 밀도가 서로 다른 BP와 MTV의 균

Table 7. Output test results of explosive bellows according to ignition compounds loading methods.

ignition compounds loading method	L _S (mm)			W _S	
	L _E (mm)			Avg.	W _S /W _R
	Avg.	Max.	Min.		
BP/MTV (30 ea mixing)	44.4	46.0	42.0	343.6	3.0
	24.4	25.1	23.2		
BP/MTV (1 ea mixing)	43.5	46.0	41.0	330.6	2.9
	24.2	25.4	22.9		
BP→MTV loading	37.2	39.0	33.0	241.7	2.1
	24.0	25.6	23.0		
MTV→BP loading	42.0	47.0	38.0	307.2	2.7
	23.7	25.5	22.3		
BP→MTV→BP loading	43.2	47.0	41.0	325.9	2.8
	25.1	26.1	24.2		
MTV 50 mg	0	0	0	0	-
	0	0	0		

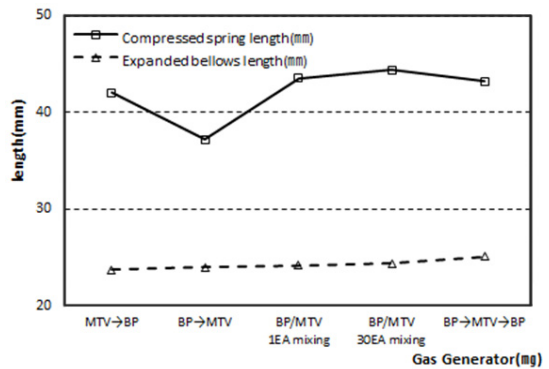


Fig. 11 Output test results of explosive bellows according to ignition compounds loading.

질한 혼합 상태를 유지하는 것도 어려우므로 두 가지 조성을 서로 적층하는 방식으로 가장 큰 벨로우즈 팽창 결과를 보여준 BP→MTV→BP 충전방식이 가장 적합한 것으로 판단된다.

3. 화약 벨로우즈의 작동수준 분석 및 성능 평가

Table 7에서 최적 결과를 보여준 BP/MTV/BP 충전방식의 화약 벨로우즈를 제작하여 Table 1

Table 8. Bruceton test result of explosive bellows.

Current (mA, 5sec)	1~10	11~20	21~30	remarks
155				○: no-fire X: fire
150				
145				
140				
135				
130				
Fire level (mA)	0.01%	50%	99.9%	
(95% Confidence)	82.1 mA	143.8 mA	205.6 mA	

Table 9. Neyer D-Optimal test result of explosive bellows.

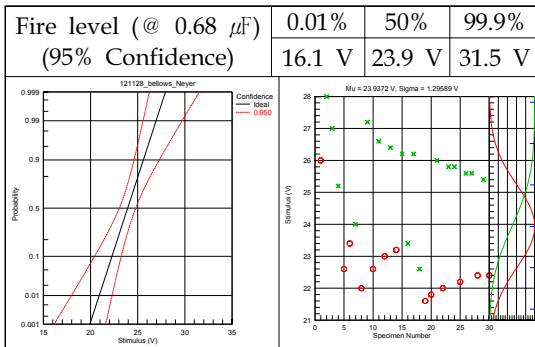


Table 10. Environmental test results of explosive bellows.

test condition	quantity	Ls(mm)			W _S	
		L _E (mm)			Avg.	W _S /W _R
		Avg.	Max.	Min.		
low temp. (-54°C)	30	41.9	45.6	38.8	306.9	2.7
		25.0	26.0	24.1		
room temp. (23°C)	30	43.0	46.3	39.5	322.2	2.8
		24.9	26.4	23.7		
high temp. (71°C)	30	41.8	45.1	38.6	305.1	2.6"
		24.9	26.4	23.1		

의 요구조건을 충족하는지 평가하였으며, 일반적인 군용 화공품의 시험온도인 저온(-54°C), 상온(23°C), 고온(71°C)으로 환경 처리하여 위력을 평

가하였다.

Table 8 및 Table 9는 비작동 및 작동 에너지 수준을 평가한 결과로서 Table 1의 요구조건을 충족하였다. Table 10은 각각의 온도에서 4시간 환경처리 후 시험한 결과로서 위력 요구조건을 모두 충족하였다.

4. 결 론

탄두용 신관에 사용되는 화약 벨로우즈를 개발하기 위해 소형 벨로우즈, 가스발생기 등 핵심 부품과 위력시험장치를 개발하였다. BP/MTV /BP 충전방식의 새로운 가스발생제 조성을 도출하였으며, 이를 적용한 화약 벨로우즈의 작동수준 및 성능은 설계요구조건을 충족하였다. 또한 스프링을 적용한 위력시험장치는 화약 벨로우즈의 위력평가에 적합한 것으로 나타났다. 향후 진동, 충격 등과 같은 환경시험을 통과하면, 신관에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

References

1. Karl O. Brauer, *Handbook of Pyrotechnics*, Chemical Publishing Co. Inc. New York, N.Y., U.S.A., pp. 81-88, 1974.
2. MIL-HDBK-777, "Military Handbook, Fuze Catalog Procurement Standard and Development Fuze Explosive Components," Oct. 1985.
3. Catalogue of Eagle Picher Inc., Joplin, M.O., U.S.A., Website : www.eaglepicher.com, 2011.
4. Ryu, B.T. and Chang, S.T., "Development of MTV pellet for solid propellant igniter," MSDC-421-92167, pp. 8-9, 1992.