

40mm 저속유탄(K200) 신관 품질개선을 통한 불발율 감소에 관한 연구

주진천^{1,2*}, 김용화¹, 안남수³, 김상민⁴, 하수라¹

¹국방기술품질원, ²광운대학교 방위사업학과, ³울산과학기술대학교 산업경영과, ⁴(주)한화보은사업장

Research on the Decrease of Dud Ammunition Rate of 40mm Grenade(K200) Fuze through Quality Improvement

Jin-Chun Ju^{1,2*}, Yong-Hwa Kim¹, Nam-Su Ahn³, Sang-Min Kim⁴, Su-Ra Ha¹,

¹Defense Agency for Technology and Quality

²Department of Defense Acquisition Program, Kwangwoon University

³Department of Industrial Management, Ulsan College

⁴Boeun Plant, Hanwha Corporation

요약 최근 군에서 사격 훈련 중 1990년에 제조된 40mm 저속유탄(K200)은 탄착불발에 의한 탄약 악작용이 발생하였다. 악작용 내용은 총 72발의 사격 중 11발의 불발탄이 발생되어 불발율은 15% 정도였다. 탄약은 장기 저장 후 사용하는 품질특성을 가지고 있으므로 장기 저장시에도 성능 및 안전성 등의 확보가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 40mm 저속유탄용 신관의 품질개선을 통해 불발율을 최소화하고자 하였다. 첫 번째로 기폭관 성능시험, 발사시험 등을 수행한 결과 불발의 원인을 신관 화공품인 기폭관의 경시변화에 의한 성능저하로 판단하였다. 두 번째로 불발율을 최소화하기 위해 기폭관의 화약량을 증가시키고 화약량 증가에 따른 부품의 치수를 변경하는 등 40mm 저속유탄 신관의 품질개선을 추진하였다. 마지막으로 품질 개선 전·후 기존품과 개선품의 가속노화시험을 통해 저장수명을 예측해 본 결과 기존품은 6.5년, 개선품은 45.5년으로 개선되어 신관의 수명이 약 7배 향상된 결과를 도출하였다. 이에 품질 개선된 40mm 저속유탄 신관은 장기 저장시 불발율이 감소되어 40mm 저속유탄의 안전성, 신뢰성, 성능 향상에 기여할 것으로 판단된다.

Abstract Recently, ammunition malfunctions of the 40mm grenade were reported during live fire training. When 72 40mm grenades were fired by the army, 11 duds were encountered. The dud ammunition rate was approximately 15%. Because ammunition is used a long time after its manufacture, it is necessary to ensure its performance after long-term storage. In this study, we attempted to decrease the dud ammunition rate of 40mm grenade (K200) fuzes through quality improvement. First, it was determined by the detonator performance test that abnormal explosions occurred due to the degradation of the detonator as a result of its aging characteristics. Second, we improved the fuze quality of the 40mm grenade. Third, we tested its shelf life to estimate its life expectancy. The shelf life of the 40mm grenade fuze obtained using the Arrhenius equation was 6.5 years for the existing grenade fuze and 45.5 years for the improved grenade fuze. This showed that the shelf life of the improved grenade was increased approximately 7 times. Therefore, the improved 40mm grenade fuze contributes to the quality improvement of the 40mm grenade by decreasing the dud ammunition rate during long term storage.

Keywords : 40mm Grenade, Accelerated Aging Test, Detonator, Dud Ammunition Rate, Shelf Life

1. 서 론

2015년 군에서 사격 훈련 중 1990년에 제조된 40mm

저속유탄(K200)은 탄착불발에 의한 탄약 악작용이 발생하였다[1]. 군에서 총 72발의 사격을 실시한 결과 11발의 불발탄이 발생되어 불발율은 15% 정도였다. 전투 시

*Corresponding Author : Jin-chun Ju(Defense Agency for Technology and Quality)

Tel: +82-42-580-1016 email: jjc72@dtaq.re.kr

Received March 25, 2016

Accepted June 2, 2016

Revised (1st April 25, 2016, 2nd May 17, 2016)

Published June 30, 2016

불발율이 높은 탄약의 사용은 아군의 사기를 저하시키고 국지전의 승패를 좌우하는 요소가 되기 때문에 불발율 감소는 군 전력에 중요하다.

2012년에도 동일한 40mm 저속유탄의 불발탄이 포천의 한 고물상에서 취급 중 폭발해 민간인 1명이 사망하고 1명이 부상당하는 사건이 발생하였다[2]. 사고당시 불발탄은 군부대 사격장에서 임의로 유출된 것으로 안전성 강화를 위해서도 불발이 없는 성능이 우수한 탄약의 제조가 시급한 실정이다.

또한 탄약의 성능과 안전성은 탄약 제조 당시 품질수준에 의해서 확보되는 것이지만, 제조시 품질수준이 높게 형성된 경우라도 탄약의 고유 특성상 저장 중 여러 가지 요인들에 의해서 초기 품질수준이 동일하게 유지되기는 어렵다[3].

탄약은 장기 저장 후 사용하는 품질특성을 가지고 있으므로 탄약고 등에 장기 저장 시에도 안전성(Safety), 신뢰성(Reliability) 및 성능(Performance) 등의 확보가 필수적이다.

본 연구에서는 장기 저장 시 화공품 경시변화(시간이 경과함에 따라 제품의 성능이 경미하게 변화하는 것)에 의해 불발율이 급격히 증가하는 40mm 저속유탄의 불발율을 최소화하기 위한 연구를 통해 기폭관의 화학량을 증가하는 등 40mm 저속유탄 신관의 품질을 개선하여 장기 저장 시에도 40mm 저속유탄의 안전성, 신뢰성 및 성능을 확보할 수 있도록 하였다.

2. 40mm 저속 유탄 불발의 이론적 접근

2.1 40mm 저속 유탄 및 신관 형상

40mm 저속 유탄 K200 형상은 Fig. 1과 같으며, 40mm 저속 유탄용 신관인 K502 신관의 형상 및 폭발계열은 Fig. 2에 나타내었다.

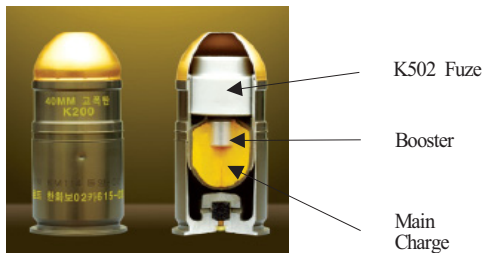


Fig. 1. 40mm grenade K200 shape

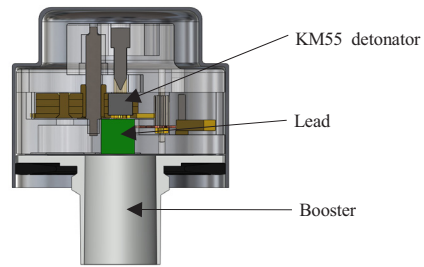


Fig. 2. 40mm K502 Fuze Shape & Explosive Train

2.2 40mm 저속유탄 작동 메커니즘

40mm 저속 유탄 K200 작동 메커니즘은 탄두가 충열을 벗어나 목표 지점에 탄착하게 되면 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 K502 신관의 KM55 기폭관이 격침 쪽으로 상승하여 기폭하게 되고, 그 폭발 에너지로 연결관(Lead)이 기폭하여 탄체에 있는 전폭관(Booster)를 기폭시켜 최종적으로 고폭약(Main Charge)이 폭발하는 구조이다[4].

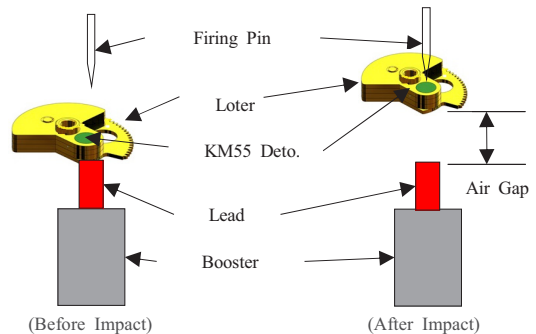


Fig. 3. After impact, air gap is arisen

저속 유탄이 정상적으로 폭발하려면 목표 지점 충돌시 격침이 기폭관을 타격하면 기폭관의 화학성능이 에어갭(Air Gap)을 극복하여 연결관을 기폭시켜 주어야 한다. 그러므로 40mm 저속 유탄용 신관은 구조상 기폭관의 화학성능이 중요하다.

KM55 기폭관의 구조는 Fig. 4와 같이 구성되어 있다[5]. 격침이 최상부의 민감한 화약인 NOL#130을 기폭시키면 이 에너지에 의해 RD1333이 폭발하게 되고 최종적으로 강한 폭발력을 가진 RDX가 폭발하면 하부의 전폭관으로 폭발 계열이 연결되는 구조이다. 참고로 연결관 및 전폭관 내부의 화약은 RDX 계열에 소량의 첨가제가 추가된 것을 제외하면 기폭관 최하단의 RDX와 동일한 것으로서 강한 폭발력으로 인해 폭발 계열의 마지막인 고폭약(Comp-B)을 기폭시키는 역할을 한다.

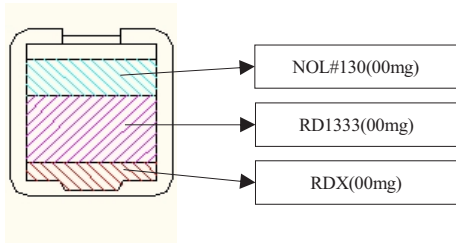


Fig. 4. KM55 Detonator Structure

기폭관에 대한 화공품 조성은 Table 1과 같다.

Table 1. KM55 Detonator Composition

Category	Composition
Top Section (NOL#130)	• Lead Styphnate (KDS 1376-0011)
	• Lead Azide (KDS 1376-0007)
	• Ba(NO ₃) ₂ (KDS 6810-0109)
	• Sb203 (KDS 6810-0108)
Middle Section (RD1333)	• Tetracene (MIL-T-46938)
	• Lead Acetate
	• Sodium Azide
	• Sodium Carboxy Methyl Cellulose(Na-CMC)
	• Sodium Hydroxide(96% up)
• Tween 20	
Bottom Section (RDX)	• Hexamine

2.3 불발 발생 원인분석을 위한 시험방법

40mm 저속 유탄의 불발 원인을 파악하기 위해서 기존 논문들의 실험방법[6,7]을 준용하여 국방규격[4, 5, 8]에 따라 기폭관, 연결관 성능시험, 발사시험을 통해 불발률을 분석하였고, 가속노화시험을 통해 장기저장시 품질개선 전 40mm 저속 유탄의 문제점을 파악하고 개선방안을 제시하였다.

첫 번째로 기폭관 성능시험 방법은 강철판(Steel Plate) 위에 기폭관을 두고 3 inch 높이에서 0.25 oz의 추를 낙하시켰을 때 정상기폭이 되고 그 파열깊이는 0.254 mm 이상이 되어야 한다. 기폭관 합부판정기준은 국방규격에 의거 시료 대비 불발 수가 1개 이상시 불합격으로 판단하였다.

두 번째로 연결관 성능시험 방법은 연주(납덩어리) 위에 연결관을 두고 그 위로 3.70 mm 이상 떨어뜨려 KM55 기폭관을 설치한 뒤, 3 inch 높이에서 0.25 oz의

추를 낙하시켰을 때 정상기폭이 되고 그 파열깊이는 0.125 inch, 파열직경은 5/16 inch 이상이 되어야 한다. 연결관 합부판정기준은 국방규격에 의거 시료 대비 불발 수가 1개 이상시 불합격으로 판단하였다.

세 번째로 발사시험 방법은 00업체의 시험장에서 저속유탄발사기(K201)를 통해 발사시험 수행하였다. 발사시험의 목적은 탄착지 상태가 양호한 시험장에서 발사시험을 수행하여도 불발이 발생하는지 여부를 파악하기 위함이다. 합부판정기준은 국방규격에 의거 72발 중 4발 이상 불발 시 불합격으로 판단하였다[8].

마지막으로 신관의 품질개선 전·후 기존품과 개선품에 대해 가속노화시험을 수행하여 저장수명을 예측하였다. 가속노화시험 방법은 신관상태로 80°C에서 가속노화시험을 수행하였다. 가속노화시험 합부판정기준은 발사시험 국방규격을 준용(72발 중 4발이상 불일치시 불합격[8])하여 불발률이 5.5% 이상이면 고장시점으로 판정하였다.

2.4 ASRP 시험 결과

40mm 저속유탄의 ASRP(Ammunition Stockpile Reliability Program) 시험결과를 기초로 하여 장기저장에 따른 저장기간별 불발률의 통계적 분석 결과는 Table 2 및 Fig 5와 같다. 22년 이상 저장된 유탄에 대해서 불발률이 크게 증가되고 있으며, 26년 이상 저장된 유탄은 발사시험 국방규격에서 제시된 불발률 5.5%를 초과하였다. 탄약은 특성상 장기저항 후 사용되므로 40mm 저속 유탄의 품질개선이 반드시 필요하다.

Table 2. ASRP Test Result

Storage term(year)	18	22	23	24	25	26
Failure rate(%)	0	3	2	3.75	4.4	6.25

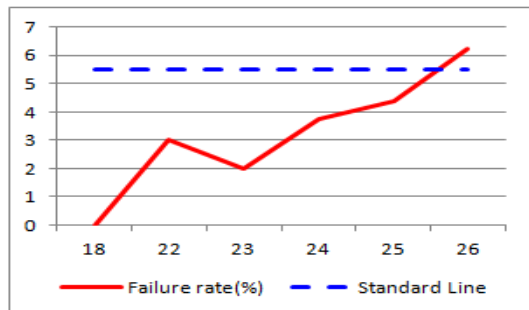


Fig. 5. ASRP Test Result

3. 생산연도별 성능 비교 실험

40mm 저속유탄 신관은 기폭관, 연결관, 전폭관 등 세 가지 화공품으로 구성되어 있다. 40mm 저속유탄의 불발요인이 어떤 화공품의 노화에 의한 것인지를 검증하기 위해 '90년 생산품과 '15년 생산품에 대해 비교 실험을 수행하였다.

'90년 생산품은 '90년에 양산하여 25년간 탄약고에 저장된 40mm 저속유탄으로 '15년 9월 훈련시 불발에 의해 탄약약작용이 보고된 제품이고, '15년 생산품은 '15년도에 00업체에서 생산한 40mm 저속유탄이다.

첫 번째 시험으로 기폭관 성능시험은 기폭관 성능을 판단하기 위해 '90년 및 '15년 생산품에 대한 기폭관 성능을 확인하는 시험이다. 기폭관 성능시험 방법은 '90년 및 '15년 생산품에서 기폭관을 각각 50개씩 추출하여 Fig. 6의 좌측과 같은 기폭관 성능시험 치구에 기폭관 삽입한 후 Fig. 6의 우측과 같이 기폭관을 강철판 위에 놓고 기폭관을 격침으로 타격한 후 강철판이 파열된 정도를 측정하였다. 기폭관 성능시험에 대한 강철판 파열 깊이의 규격치는 0.254mm 이상이다.

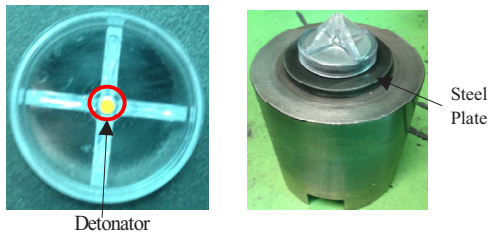


Fig. 6. detonator performance test

기폭관 성능시험 결과 '90년 생산품은 50개 중 불폭 3개, 반폭 3개가 발생하였고, '15년 생산품은 50개 전체가 완폭되었다. '90년 생산된 기폭관의 불발률은 12%이다. Fig. 7은 기폭관 성능시험 후 기폭관이 완폭된 강철판과 반폭된 강철판 외면에 생성된 파편흔적이다.

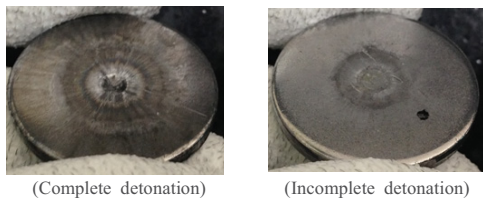


Fig. 7. detonator performance test result

기폭관 성능시험 결과 Table 3에서 볼 수 있듯이 '90년 생산 기폭관은 '15년 생산 기폭관에 비해 장기저장 노화에 의한 경시변화로 기폭관 성능이 저하됐음을 알 수 있었다.

Table 3. Detonator Test Result

	Test Result(mm)			
	Avg.	Diff.	Max	Min
product(1990)	0.39	0.140	0.50	0.00
product(2015)	0.48	0.032	0.52	0.42
Variation	-0.09	+0.108	-0.02	-0.42

두 번째 시험으로 연결관 성능시험은 연결관 기능을 판단하기 위해 기폭관과 연결관을 Fig. 8과 같은 시험치구에 삽입한 후 기폭관이 기폭된 후 연결관의 기폭여부를 확인하는 시험이다. 연결관 성능시험은 '15년 생산 기폭관과 '90년 생산 연결관으로 구성된 시료 30개와 '15년 생산 기폭관과 '15년 생산 연결관으로 구성된 시료 30개에 대해 성능시험을 수행하였다.

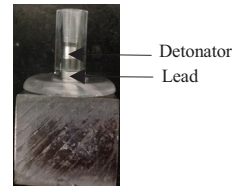


Fig. 8. lead performance test

연결관 성능시험 결과 시료 60개 전량 기폭관과 연결관 모두 완폭하였다. 이 시험으로 기폭관의 성능만 우수하다면 연결관은 노후화되어도 성능에 문제가 없다는 것을 알 수 있었다.

마지막으로 발사시험은 '90년 생산된 40mm 저속유탄에 대한 완성탄 기능이상 여부를 확인하는 시험으로 총 72발 수행하였다. 발사시험 장소는 국방규격[8]에 규정된 탄착지가 자갈밭으로 덮여 있는 00업체의 시험장에서 시험을 진행하였다. 발사시험 결과 신관불발 6발 및 신관반폭 2발이 발생하였고 불발률은 약 11%였다. 사격 후 불폭된 탄약은 분해과정에서 기폭의 위험이 있기 때문에 분리하지 못했으나, 반폭된 탄약을 분해한 결과 Fig. 9와 같이 기폭관의 폭발에너지 부족으로 연결관이 기폭하지 않은 것을 확인할 수 있었다.



Fig. 9. fire test result

따라서 기폭관, 연결관 성능시험 및 발사시험 결과를 통해 40mm 저속 유탄의 불발 원인은 장기 저장 후 기폭관 화약품 노화에 의한 기폭관 성능 저하로 신관불발 또는 신관반폭이 발생한 것으로 판단되었다.

4. 40mm 저속유탄 신관 품질개선

전술한 바와 같이 40mm 저속유탄은 ASRP 시험결과를 분석해보면 22년 이상 보관시 불발률이 크게 증가하는 것을 알 수 있고 26년 이상 보관시 불발률이 5.5%를 초과함을 알 수 있다. 따라서 40mm 저속유탄의 불발률을 최소화하기 위해서는 3장에서 분석한 불발의 원인인 기폭관의 품질개선이 필요하다.

관련 문헌에 따르면 기폭관 상부화약인 NOL#130의 구성물질인 Lead Azide는 75℃의 온도에서 초기 4일동안 중량의 0.8%가 손실되며, 이 후 1주일마다 0.03 ~ 0.05%가 손실되고, 10년 후에는 전체중량의 15 ~ 25%가 손실된다[9]. Lead Azide의 장기저장 노화 메커니즘은 고온에 의한 중량 감소이므로 기폭관 품질을 개선하기 위해 기폭관의 화약량을 Table 4와 같이 증가시켰다. 증가된 총 화약량의 비율은 약 62.3%이다.

Table 4. Increase of total amount of powder of detonator

	Before improvement	After improvement
NOL#130	00mg	00mg
RD1333	00mg	00mg
RDX	00mg	00mg
Total amount of powder of deto.	00mg	00mg

기폭관 화약량 증가에 따라 기폭관 치수의 크기도 Table 5와 같이 증가시켰다.

Table 5. Size Increase of detonator

		Before improvement	After improvement
Deto. size	diameter	3.73mm	4.00mm
	length	3.63mm	5.00mm

또한 기폭관 치수가 증가됨에 따라 로터결합체의 기폭관 조립구멍 수정, 상부관 전장수정, 하부관 치수 수정 등 관련된 신관 부품 15종도 변경하였다.

5. 신관 품질개선 전·후 가속노화시험

40mm 저속유탄용 신관 개선 전·후에 대한 품질 개선 여부를 확인하기 위해 가속노화시험을 수행하였다. 가속노화시험의 온도를 설정하기 위해 다음과 같이 문헌조사를 하였다. 기폭관 상부화약 NOL#130 주요 구성물질인 Lead styphnate, Lead azide의 분해온도는 각각 235℃와 190℃로 알려져 있으며[10], 화염과 열에너지를 조절하는 Tetracene은 Lead azide 및 Lead styphnate에 비해 분해온도가 100℃로 상대적으로 불안정하나 75℃이하의 온도에서 비교적 안정적이기 때문에[11] 가속노화시험은 비교적 안정적인 온도에 가까운 80℃로 설정하였다.

1차 가속노화시험은 기존품 및 개선품 각각 60발의 신관에 대해 80 ± 1℃에서 124일 동안 환경처리 한 후 발사시험을 수행하였다. Table 6에서 볼 수 있듯이 1차 가속노화시험 결과 기존품은 60발중 15발 신관불발이 발생하여 불발율은 25% 이었으나, 개선품은 신관이 60발 전량 완폭되어 개선품의 품질이 양호한 것으로 판단되었다.

개선품의 1차 가속노화시험 결과 80℃에서 전량 양호하여 고장이 발생하지 않아서 추가로 2차 가속노화시험을 80 ± 1℃에서 101일부터 239일간 환경처리한 후 기존품 100발, 개선품 99발에 대해 발사시험을 수행하였다.

Table 6. Accelerating thermal aging condition of the Fuze with temperature rise of 80℃ during 124 days

Date of degradation (days)	Fuze before improvement			Fuze after improvement		
	test Qty.	# of success	# of mis fires	test Qty.	# of success	# of mis fires
25	3	3	0	3	3	0
30	3	2	1	3	3	0
33	5	3	2	5	5	0
36	5	4	1	5	5	0
40	10	8	2	5	5	0
47	5	4	1	5	5	0
54	5	4	1	5	5	0
64	5	4	1	5	5	0
72	5	5	0	5	5	0
93	7	5	2	7	7	0
124	7	3	4	12	12	0
Total amount	60	45	15	60	60	0

Table 7에서 볼 수 있듯이 2차 가속노화시험 결과 기존품은 100발중 11발 불발이 발생하여 불발율은 11%였고, 개선품은 99발 중 2발의 불발이 발생하여 불발율이 2%였다.

Table 7. Accelerating thermal aging condition of the Fuze with temperature rise of 80°C during 239 days

Date of degradation (days)	Fuze before improvement			Fuze after improvement		
	test Qty.	# of success	# of misfires	test Qty.	# of success	# of misfires
101	30	27	3	30	30	0
113	10	9	1	10	10	0
129	10	9	1	10	10	0
141	10	8	2	9	9	0
148	10	10	0	10	10	0
175	5	4	1	5	5	0
239	25	22	3	25	23	2
Total amount	100	89	11	99	97	2

온도에 의한 가속노화시험에서 수명 예측시 가장 널리 사용되는 모형으로 아레니우스(Arrhenius) 모델 식 (1)을 사용한다[12]. 신뢰성에서 사용되는 아레니우스 모델은 화학 반응시 온도와 반응속도가 활성화에너지 (E_a)에 비례하여 선형관계를 갖게 되고, 온도 상승에 따라 반응속도가 증가하므로 이러한 온도상승이 잠재된 고장을 유발하는 것을 증명하는 모델이다.

$$Life = A_0 e^{\frac{E_a}{kT}} \quad (1)$$

- Life = median life of a population
- A_0 = scale factor from experiment
- E_a = activation energy for unique failure
- k = Boltzmann's constant
- T = temperature in degrees Kelvin

가속노화시험 결과 발사시험 국방규격과 동일하게 불발률이 5.5% 이상이 되는 시점을 고장발생시점으로 판단해서 1차 가속노화시험 결과 기존품의 최초고장발생시점은 30일(불발률 33%), 2차 가속노화시험 결과 개선품의 최초고장발생시점은 239일(불발률 8%)이었다. 가속노화시 기존품 및 개선품의 수명은 고장이 발생되지 않은 마지막 시점인 기존품 25일, 개선품 175일을 기준으로 저장 수명을 예측하였다. 저장수명 예측을 위한 식

은 아레니우스 식을 이용하여 가속계수를 구하는 식 2를 사용하였다[13].

$$A_f = \frac{A_0 e^{\frac{E_a}{kT_u}}}{A_0 e^{\frac{E_a}{kT_s}}} = e^{\left(\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_s}\right)\right)} \quad (2)$$

- A_f = acceleration factor
- E_a = activation energy
- k = Boltzmann's constant
- T_u = temperature in normal use
- T_s = temperature under stress
- (Temperature in degrees Kelvin)

가속 모형에서 가속계수의 크기를 결정하는 주요 파라미터는 활성화 에너지(E_a)로 40mm 유탄용 신관은 일반적으로 투하탄용 신관의 경우와 유사하므로 기존의 미군 투하탄용 신관의 활성화에너지 연구결과를 참고하여 [14] 0.57 eV를 대입하였을 때, 가속계수 A_f 는 식 (3)과 같이 94.89로 도출되었다.

$$A_f = e^{\left(\frac{0.57eV}{8.617 \times 10^{-5} eV/K} \left(\frac{1}{284K} - \frac{1}{353K}\right)\right)} = 94.89 \quad (3)$$

도출한 가속계수를 사용하여 정상조건에서 수명은 식 (4)로 구할 수 있으며, Table 8에서 볼 수 있듯이 기존품은 6.5년, 개선품은 45.5년으로 개선된 신관의 수명이 약 7배 향상되었음을 확인할 수 있었다.

$$L_0 = A_f \times L_s \quad (4)$$

- L_0 = Life in normal use
- A_f = acceleration factor
- L_s = Life under stress

Table 8. shelf-life in thermal aging condition and normal use

Life (days)	Fuze before improvement	Fuze after improvement
under stress at 80°C, L_s	25 days	175 days
normal use, at 21°C, L_0	2,372 days (= 6.5 years)	16,606 days (= 45.5 years)

가속노화시험 결과 성능이 개선된 탄약의 수명이 약 7배 향상됨으로써 품질이 개선된 40mm 저속유탄은 기존 유탄에 비해 저장관리, 취급, 사격간 안전성과 신뢰성이 상당히 향상될 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 논문에서는 최근 40mm 저속유탄에서 발생한 불발율을 최소화하기 위해 다음과 같은 연구결과를 제시하였다.

첫째, 40mm 저속유탄의 불발 발생 원인을 파악하기 위해 '90년도 생산품과 '15년도 생산품의 기폭관, 연결관 성능시험 및 발사시험을 수행하였고, 시험결과 신관 불발 발생 원인은 신관 화공품인 기폭관의 경시변화에 의한 성능저하로 판단되었다.

둘째, 40mm 저속유탄 신관의 불발율을 최소화하기 위해 기폭관의 화약량을 증가시켰고, 화약량 증가에 따른 신관 부품 15종도 변경하는 등 40mm 저속유탄 신관의 품질을 대폭 개선하였다.

셋째, 품질 개선 전·후 기존품과 개선품의 성능을 비교하기 위해 가속노화시험을 통해 저장수명을 예측해 본 결과 기존품은 약 6.5년, 개선품은 약 45.5년으로 개선된 신관의 수명이 약 7배 향상된 결과를 도출하였다.

결론적으로 품질이 개선된 40mm 저속유탄 신관은 장기 저장시 불발율이 감소되어 40mm 저속유탄의 안전성, 신뢰성, 성능 향상에 기여할 것으로 판단된다.

References

- [1] DuckYoung Jang, "40mm grenade(K200) Ammunition malfunction report", Ammunition Support Command, Sep., 22, 2015.
- [2] SinYoung Lee, "Army's Dud distributed stem is exploded and one citizen was dead - Nation compensate", www.yonhannews.com, March, 01, 2015.
- [3] JungWoo Lee, YoonKi Hong, "A Study on the effective management of artillery ammunition using ASRP data", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 9, pp.4349~4350, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.9.4349>
- [4] "Grenade Fuze, PD K502 Metal Parts For Loading, Assembling, and Packaging(KDS 1390-1031-1)", Agency for Defense Development, June, 1, 1987.
- [5] JungHo Lee, "Point Detonator", Defense Acquisition

Program Administration, Dec., 27, 2013.

- [6] IIHo Jang, et. al., "Storage lifetime estimation of detonator in Fuse MTSQ KMS77A1", Journal of the Korean Society for Quality Management, 38(4), pp.504-511, 2010.
- [7] ByungChan Park, et. al., "Storage lifetime prediction of Zr-Ni Delay System in Fuze MTSQ K510 for High Explosive Shell", Journal of the Korea Institute of Military & Science Technology, 12(5), pp.719-726, 2009.
- [8] "40MM, HE, K200 Loading, Assembling and Packing (KDS 1310-1001-2)", Agency for Defense Development, June, 19, 2002.
- [9] Tadeusz Urbanski, "Chemistry and Technology of Explosives", Vol.3, Pergamon Press, pp. 141, 172, 1967.
- [10] J. Akhavan, "The Chemistry of Explosives", Second Edition, pp.42~44, 2004.
- [11] Headquarters Department of the army, Washington D.C., "Military Explosives, Department of the army technical manual", p.7-6, Sep., 25, 1984.
- [12] DoSik Kim, HoengEui Kim, "Accelerated life test for fluid power components", Journal of Drive & Control, pp.9~15, March, 2010.
- [13] WonSik Hong, ChulMin Oh, "PoF Based Accelerated Life Prediction with 3 Dimensional Packaging Technology Development", Journal of KWJS, Vol. 27(3), p.14, June, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5781/KWJS.2009.27.3.010>
- [14] "Sensor fuze weapons", Textron systems, p.57, 2014.

주진천(Jin-Chun Ju)

[정회원]



- 1996년 2월 : 포항공과대학교 전산학과 석사
- 1996년 1월 ~ 2005년 12월 : 국방과학연구소 연구원
- 2011년 7월 : 광운대학교 방위사업학과 박사수료
- 2006년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

탄약류 품질보증, 신뢰성 분석기법

김 용 화(Yong-Hwa Kim)

[정회원]

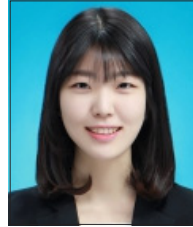


- 1986년 8월 : 전남대학교 공업화학
학과 석사
- 1986년 8월 ~ 현재 : 국방기술품
질원 연구원

<관심분야>
탄약류 품질보증

하 수 라(Su-Ra Ha)

[정회원]



- 2015년 8월 : 한국과학기술원 화
학과 박사
- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방기술품
질원 연구원

<관심분야>
탄약류 품질보증, 신뢰성 분석기법

안 남 수(Nam-Su Ahn)

[종신회원]



- 2004년 12월 : 펜실베니아 주립대
산업공학과 (공학석사)
- 2010년 1월 : KAIST 산업 및 시
스템 공학과 (공학박사)
- 2010년 2월 ~ 2010년 12월 : LG
전자 선임연구원
- 2011년 1월 ~ 2015년 2월 : 국방
기술품질원 선임연구원
- 2015년 3월 ~ 현재 : 울산과학기술대학교 산업경영과 교수

<관심분야>
품질경영, 최적화 이론, 생산스케줄링

김 상 민(Sang-Min Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 명지대학교 화학공
학과 학사
- 2012년 7월 ~ 현재 : ㈜한화 보
은사업장 품질개발팀

<관심분야>
탄약시험평가, 품질보증