

군용 탄약의 예광품질 평가를 위한 실 사격 대체 시험방안에 관한 연구

이재관

국방기술품질원

e-mail : leejae0724@dtaq.re.kr

The Study on Alternative Test Methods for Actual Shooting to Evaluate Trace Quality of Ammunition

Jae-Gwan Lee

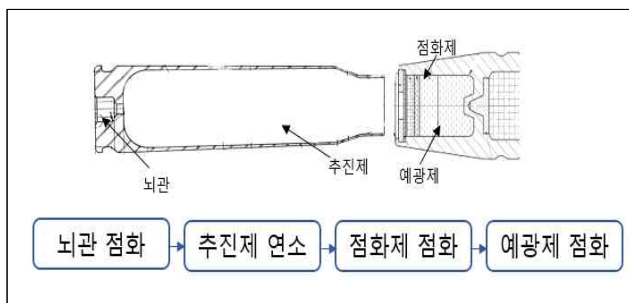
Defense Agency for Tehcnology and Quality

요약

본 논문에서는 2020년 10월 이후 국내 포항 소재의 OO 사격장 이용이 제한됨에 따라 구경 20mm 탄약의 예광품질 평가를 위해 시험기기(X-Ray)를 활용한 비파괴검사 방안을 연구한 내용을 기술하였다. 생산이 완료된 탄약 로트를 대상으로 실 사격이 아닌 비파괴검사를 통해 예광 품질수준을 평가할 수 있는 방법을 연구하였으며, X-Ray 측정을 통해 예광 실 기계 치수에 따라 예광제 연소시간이 차이가 날 수 있다는 가설을 수립하였다. 실험을 위해 생산이 완료된 20mm 다목적 예광자폭탄(Multi Purpose Tracer-Self Destruct, 이하 MPT-SD)을 실험 대상으로 선정하여 1차 실험(가설검증 시험) 및 2차 실험(로트 재구성 및 규격시험)을 실시하여 국방규격에서 요구하는 예광 품질에 일치함을 검증하였다.

1. 서론

20mm MPT-SD 탄약은 아래 그림 1과 같이 뇌관이 외부 자극에 의해 기폭되면 추진제가 연소된 후 금속부품결합체 미부에 있는 예광제 점화에 의해 예광 현상이 육안 관측된다 [1]. 특히, 예광제 점화 간 발생하는 열에너지가 고폭화약이 포함된 고폭실로 전달되어 자폭기능이 발현(목표물 미 충격 시)되어 임무가 완료되는 탄약이다.



[그림 1] 예광제 점화 메커니즘

예광제의 조성은 금속원료(Fuel)로써 연소 열량을 공급하는 마그네슘(Mg), 원료와 반응하는 산화제(Oxidant), 연소속도를 조절하는 유기연료(PVC) 등으로 구성되며, 연료와 산화제의 반응으로 생성된 생성물과 에너지를 이용하는 Pyrotechnic 제품이다[2]. 연소반응에 의해 생성되는 생성물

은 예광제 조성, 반응온도, 밀도 등에 따라 매우 다양하게 생성된다. 이에 따라 제조 및 화학품 충전 과정 간 매우 엄격한 품질관리 수준이 요구된다.

기존에는 국방규격에서 요구하는 예광품질(예광시간)을 관리하기 위해서 제품 생산단계에서 1일 단위로 품목 로트를 분할하여 서브 로트 대상으로 실 사격을 통해 예광품질을 관리해왔다. 하지만 2018년 9.19 남북군사합의 이후 국내 사격장 이용이 제한되기 시작했고, 2020년 10월부터 23년 4월 현재까지 포항 소재 OO 사격장 또한 이용이 제한되고 있다.

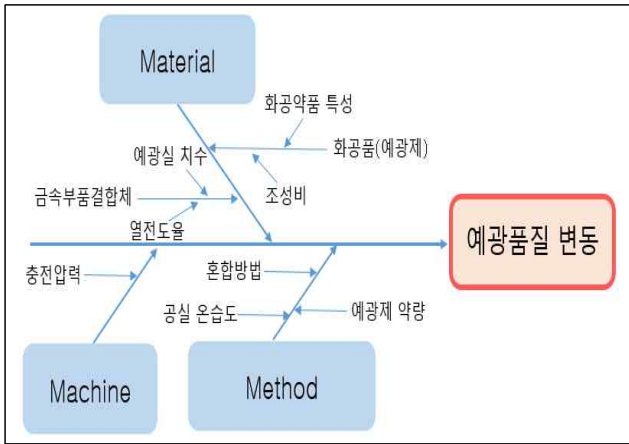
이에 따라 생산이 완료된 탄약 로트를 대상으로 실 사격이 아닌 탄약을 파괴하지 않으면서 예광품질을 평가할 수 있는 방안을 연구하고자 하였다.

2. 예광품질 요인 분석

탄약의 예광품질에 영향을 주는 요인을 분석하기 위해 Fish Bone 분석법을 이용하였다. 분석 대상은 3M(Material, Method, Machine)으로 분류하였으며, 분석 결과는 아래 그림 2와 같다. 예광품질에 영향주는 요인으로는 예광제 성분과 조성, 충전압력, 화공약품 특성(조성입자) 등이 있다[3].

기존에는 주로 예광제를 구성하는 화학 물질의 조성비를 관리하여 예광 품질수준을 평가하였으며, 이 때 평가를 위해서는 탄약 실 사격이 요구되었다. 본 실험에서는 금속부품결

합체 내에 있는 예광실 기계치수에 따른 예광품질 변동을 평가하고자 한다. 여기서 예광실은 점화 보조제 및 예광제가 충전되어 있는 장소를 지칭한다. 본 실험은 생산이 완료된 탄약 로트를 대상으로 실시하는 것으로, 예광실 치수 외에 화공품 특성/금속 열전도율/충전압력/제조방법 등은 공정 및 검사간 관리기준에 따라 관리되고 있으며, 동일한 로트군 내에서의 예광품질 변동에 미치는 영향은 미미하다고 가정하였다.



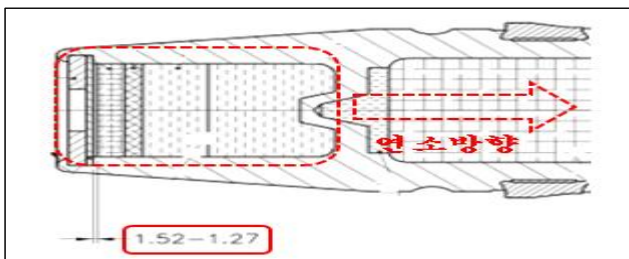
[그림 2] 예광품질 요인 분석(Fish Bone 분석법)

3. 실험계획

3.1 실험 가설수립

예광품질 평가를 위한 비파괴검사 대상품목은 20mm MPT-SD, #050 로트(로트크기 : 77,628발)로 선정하였다. 이는 현 양산하는 구경 20mm 탄약 중에서 예광기능과 자폭기능이 혼합되어 품질관리가 까다로운 탄약임을 감안하여 품목을 선정하였다. 본 실험의 목적은 첫 째, '예광실 기계치수가 예광품질에 영향준다'는 가설검증 수행이다. 두 번째, 가설검증에 따라 탄약 로트를 재구성할 경우 예광품질 수준이 기존 대비 상향되는 지를 탄약 규격시험을 통해 검증하는 것이다.

20mm MPT-SD, 금속부품결합체 미부에는 아래 그림 3과 같이 바닥부와 예광실 사이 Air Space(간극)이 존재한다. 해당 Air Space는 도면 상 1.52-1.27mm로 규정하고 있다.



[그림 3] Air Space 형상 및 치수

Air Space 치수에 의해 예광실 치수가 변동될 수 있으며, 이는 예광제가 연소되는 방향으로의 치수에 영향끼치는 것으로 결과적으로 예광제 연소시간이 변동될 수 있다. 이 프로세스는 기초물리에서 설명되는 기초방정식으로도 설명이 가능하다.

$$s = v \times t \tag{1}$$

위 식 (1)에서 나타내는 s 는 이동거리(예광실 전장), v 는 속도(예광제 연소속도), t 는 시간(연소시간)이다. 예광실이 위치하는 지점은 도면 기준에 따라 관리되는 항목이므로, Air Space 치수가 작을 경우 상대적으로 예광실 전장 치수가 길다는 것을 의미한다. 따라서 'Air Space 치수가 작을수록 예광시간이 길어질 것이다.'라는 가설을 수립하였다.

3.2 실험방법

실험 대상인 20mm MPT-SD, #050 로트 품목 중 무작위 샘플링(1,000발)을 실시하여 X-Ray 촬영을 실시한다. 이후 CAD 프로그램을 통해 개별 탄약의 치수를 비교할 수 있는 CC-Chare(Comparator Chart, 비교분석 차트)를 생성한다. 아래 그림 4와 같이 CC-Chart를 이용하여 샘플수 1,000발 내 Air Space 치수 순서를 나열하고, 상/하위 각 10%(100발)의 2개 그룹으로 나누어 사격을 실시한다.

1차 사격을 통해 가설이 검증되면 품질수준 하위 제품을 열외하여 로트를 재구성한 뒤 탄약 규격시험을 실시한다.



[그림 4] 비파괴검사 실험방법

4. 실험결과

4.1 1차 사격실험 결과

무작위 샘플링(1,000발) 실시 및 Air Space 치수 상/하위 10% 그룹을 선별한 결과, 상위 10% 그룹은 Air Space 치수가 0.28 ~ 0.58mm인 그룹이며, 하위 10% 그룹은 치수 1.16 ~ 1.52mm인 그룹으로 나타났다. 해당 2개 그룹을 대상으로 실험 사격을 실시하였으며, 결과는 아래 표1과 같다. 상위 그룹과 하위 그룹의 평균 예광시간은 0.63 sec의 차이가 나타남을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

[표 1] 1차 사격실험 결과

그룹 분류	환경처리	시험결과(sec)		
		평균	최대	최소
상위 10% (100발)	고온 처리	4.46	4.88	4.11
하위 10% (100발)		3.83	4.45	3.66
편차(상위-하위)		0.63	0.43	0.45

4.2 2차 사격실험 결과

1차 사격실험 결과를 통해 품질수준 하위 그룹(Air Space 1.16mm 이상)을 로트에서 열외 및 폐기(4,723발)하고, 로트를 72,905발로 재구성하였다. 재구성된 로트를 대상으로 2차 무작위 샘플링(240발, 규격시험 기준(200발) + 안전수량(40발))하여 상위/중위/하위 3개 그룹(각 80발)로 구분하여 2차 사격실험을 진행하였다. 2차 사격실험 결과는 아래 표 2와 같으며 그림 5에서 결과를 요약 표시하였다. 상위/중위/하위 그룹 모두 국방규격 기준(고온 3.8 sec 이상, 저온 4.1 sec 이상)에 일치함을 확인하였다.

[표 2] 2차 사격실험 결과

그룹 분류	Air Space 치수(mm)	환경처리	시험결과(sec)		
			평균	최대	최소
상위 그룹 (80발)	0.40~0.72	고온 처리	4.55	5.15	4.10
		저온 처리	5.36	6.47	4.65
중위 그룹 (80발)	0.72~0.89	고온 처리	4.50	5.27	3.90
		저온 처리	5.20	6.24	4.47
하위 그룹 (80발)	0.89~1.14	고온 처리	4.46	5.06	3.84
		저온 처리	5.27	5.81	4.47

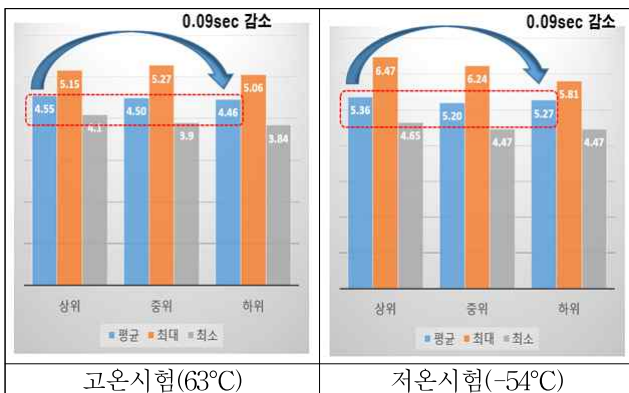
본 연구에서는 20mm MPT-SD, #050 로트를 대상으로 비파괴검사를 통한 예광품질 평가를 실시하였으며, 실험을 통해 예광실 치수 검사를 통해 예광품질을 평가하였다. 또한 실험을 통해 얻은 데이터를 통해 탄약 로트를 재구성한 결과, 국방규격에 모두 일치함을 확인하였다. 1차 실험 간 하위 10% 그룹 평균값(3.83 sec)이 규격 기준값(3.8 sec)에 근접한 점을 고려할 때, Air Space 치수 검사를 통한 예광품질 관리 방법은 동일 로트 내에서 치수(품질)이 현저히 벗어나는 제품 선별(열외) 관리 시 유용한 품질관리 방법으로 판단된다.

단, 본 연구에서 고안한 예광품질 평가방안은 금속부품결합체의 치수 외의 조건이 동일하다고 전제한 상태에서 비파괴검사를 수행하는 후행적 품질관리의 한계를 지니고 있다. 향후에는 선형적으로 예광품질을 평가할 수 있는 연구 활동(예광제 열전달 둔감화, 점화제 조성개선을 통한 연소 둔감화 등)을 수행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

현재 급격한 국내외 정세변화에 따라 사격장 이용이 제한되고 있는 실정을 감안할 때, 기존과 같이 실 사격을 통한 품질관리 방법을 답습하기 보다는, 보다 선형적 품질관리 방안이 절실히 요구되는 시점이다. 본 연구를 통해 군수품 적기 조달, 품질비용 절감 등의 효과를 기대할 수 있었다. 향후 보다 효율적인 시험방안 고찰을 위한 참고자료로써 본 연구 내용을 활용하기를 기원한다.

참고문헌

- [1] 권순길 외 2명, “예광제 조성이 연소 불꽃의 스펙트럼 및 광도에 미치는 영향”, 한국군사과학기술학회지, 제 9권 제 4호, pp. 90-96, 12월, 2006년.
- [2] “Engineering Desigh Handbook”, Military Pyrotechnic Series, AMCP 706-185, pp. 6-2, 1967년.
- [3] 박오철, “소구경 예광탄 예광 연소시간 연장에 관한 연구”, 국방기술품질원 선임논문, pp. 9-11, 1996년.



[그림 5] 2차 사격시험 결과 요약