

## 35mm CS 가스탄 발사셋의 안전처리

### Safe Disposal of the 35mm CS Gas Grenades Launcher Set

이 종 철\*

Jong-Chol Lee

#### Abstract

This paper reports a safe and environmentally-benign demilitarization method for the K305 35mm CS gas grenades launcher set(also known as E-8 launcher). The launcher system was disposed by a two-step process; complete recovery of the explosive cords and the gas grenades from the launcher followed by incineration of the recovered items in the APE-1236 Flashing Furnace. All of the 64 grenades within the 16 tubes of the E-8 launcher were safely recovered and incinerated.

In this study, 32 sets of the launcher were used to make a standard operating procedure for the safe demilitarization of the launcher system and the 35mm CS cartridges were all safely destroyed in the experimental burning tests meeting the related environmental regulations.

Keywords : CS 가스탄, CS 작용제, E-8 발사통

#### 1. 서론

35mm CS 가스탄 발사셋(일명 E-8 발사통)은 광범위한 지역에 다량의 35mm CS 가스탄(자탄)을 발사할 수 있는 다연발 CS 가스탄 발사 장비이다<sup>1)</sup>. 이 장비는 1980년대 생산된 후 장기저장에 따른 물성변화 및 성능저하로 인하여 불용으로 판정된 폐 장비가 다량 적체되었으나 그동안 효과적인 처리기술과 장비가 없어 그대로 저장되어 왔다.

위와 같은 CS 탄약류는 CS 분말을 포함하여 최루액, 캡슐 등의 CS 물질과 수류탄, 총류탄 및 다연발

가스탄 발사셋 등 탄약류로 구성된다. 그러나 과거 폐탄처리 방법인 야외소각이나 야외기폭은 환경에 나쁜 영향을 미쳐 특수작전을 제외하고는 사용 금지됨에 따라 환경 친화적인 과학적 처리방법이 요구되고 있다.

위와 같은 문제점을 해결하기 위하여 이 논문은 CS 탄약류 중 폐기소요가 많고 처리가 가장 어렵다고 인식 되어온 E-8 발사통의 환경 친화적이고 안전한 폐기방법을 도출하고 시험한 결과이다.

그동안 E-8 발사통(이하 발사통)은 생산, 운영 후 폐기처리 경험이 전혀 없어 기술적 접근이 곤란 하였으나 다행히 과거 발사통 생산도면을 입수하여 내/외부 구조를 면밀히 분석한 결과, 발사통 처리 시, 안전에 중요한 영향을 미치는 핵심부품은 16개의 발사관에 내장된 64발의 CS 가스탄(자탄)과 이를 연결하는 도화선 결합체이며 이들 부품을 안전하게 회수한 후 군전용의

† 2010년 6월 18일 접수~2010년 9월 24일 게재승인

\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 이종철(jcleead@hanafos.com)

소구경탄 처리시설(APE-1236 조각시스템)에서 조각하는 것이 가장 효과적인 방법으로 판단하였다.

발사통은 전기 또는 수동으로 점화시켜 메인 스트랩 → K204 자탄 → 지연도화선 → 추진제 → 도화선 결합체 → CS 연소제 착화 → CS 최루제 살포 등의 순서로 작동되어 추진제에 의해 16개 발사관의 상부로부터 1, 2, 3, 4단의 순서에 따라 64발의 가스탄이 목표물에 발사되어 CS가 살포된다.

발사통의 주요제원 및 구성은 Table 1 및 Fig. 1과 같이 통 내부에 16개의 발사관이 있으며 각 발사관에는 각각 4개의 자탄이 들어있어 발사통 1셋에는 총 64발의 35mm 가스탄이 내장되어 있다. 한편, 자탄에는 CS 및 연소제가 1:1.6의 혼합비로 충전되어 있으며 자탄 하부에는 자탄을 원거리까지 발사할 수 있도록 사거리에 따라 1~4단으로 구분하여 흑색화약 추진제가 4.5~15g 들어있다.

Table 1. 주요 구성품 및 제원

구 분		제 원
크 기	발사셋, K205 중량	37.4 × 23.1 × 49.0cm 17kg
	CS탄(자탄), K204	φ35 × 90~93mm
구 성 품	발사관	16개
	자탄, K204	64개 (16개 발사관 × 4발)
기 능	CS 충전량/자탄	CS 연소제 36g
	격발 후 총 발사시간	7 ~ 28초
	CS 연소시간	16 ~ 30초
	발사방법	기계 및 전기식

발사통은 은박지로 도포된 방습천에 넣어 스티로폼 상자에 포장한 후 목상자에 저장되어 있다. 따라서 발사통에 내장된 자탄 및 도화선을 안전하게 회수하여 소각 처리하는 한편, 타격점화 장치를 점화시키면 발사통 내부에 일부 남아있는 도화선이 자동 연소되면서 발사기 기능이 완전히 없어지게 된다. 이후 발사통은 파쇄 하거나 또는 직접 유해폐기물 처리장에서 소각하는 한편, 포장재는 선별하여 재활용함으로써 완전히 처리할 수 있다고 판단되었다.



Fig. 1. 35mm CS 가스탄 발사셋

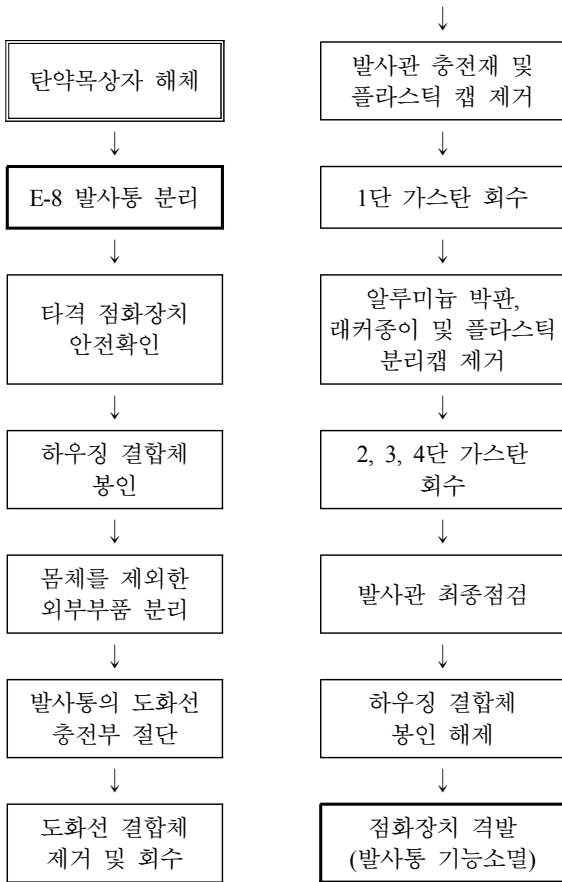
## 2. 시험방법

### 가. 발사통 분해 및 자탄회수

발사통 처리시험은 4단계로 구분, 실시하였다. 즉, ① 발사통으로부터 64발의 자탄과 도화선 결합체의 안전 회수, ② 발사통 외측의 타격 점화장치를 격발하여 격발장치의 화공품 및 발사통 내에 남아있는 도화선의 자동 연소를 통한 발사통 기능소멸, ③ 회수한 자탄 및 도화선의 안전소각, ④ 무력화된 발사통 및 포장재 등 부품 선별 및 외주처리 등이다.

이를 구현하기 위하여 1985년 생산된 폐기대상 발사통 32셋을 획득하여 3회(1차 2셋, 2차 10셋, 3차 20셋)에 걸쳐 자탄 및 도화선을 안전하게 회수하였다. 발사통은 포장 해체 후 격발장치의 안전모드를 확인 후 발사통 내부 발사관에 연결된 모든 도화선을 제거한 다음 고리가 달려있는 자탄 회수봉을 제작하여 발사통 위로부터 자탄을 모두 회수하였다. 시험초기, 자탄 회수작업은 수작업으로 실시하였으나 점진적인 작업방법 및 공정개선을 통하여 자탄회수 및 처리속도가 상승하였으며, 3회에 걸친 발사통 분해 및 자탄회수 시험을 통하여 Table 2의 발사통 처리절차를 수립하였다.

Table 2. E-8 발사통 처리과정



나. 소각시험

32셋의 발사통에서 회수한 총 2,048발의 CS가스탄(자탄)과 도화선을 2회에 나누어 시험소각 하였다.

사용한 소각로는 미 육군의 회전식 kiln(APE - 1236 Flashing Furnace)을 도입한 후 여기에 국내에서 2차 연소실 및 후처리 장비를 제작, 설치한 폐 화약 및 20mm 이하의 소구경탄 전용 처리시설이다.

소각로는 길이 1.5m의 4개 격실로 구성되어 있으며 Kiln 내부는 탄의 기폭 시 발생하는 파편으로 인하여 내화재를 설치하지 않았다. Kiln의 투입구 및 버너 측 온도는 각각 280 및 600℃의 온도를 유지하며, 유기물의 완전연소를 위하여 2차 연소실과 후처리 시설로서 1, 2차 냉각기, 습식 세정탑, 여과 집진기, 촉매탑을 두고 있다. 소각로 제원 및 소각 시스템 구조는 기술한 바 있으나<sup>2)</sup> CS 가스탄 소각시험은 처음 실시되었다.

3. 시험결과 및 고찰

가. E-8 발사통 분해 및 자탄 회수

포장을 제거한 후 발사통에서 멜빵 등 모든 부속품을 분리한 후 발사통 측면에 위치한 타격 집화장치의 덮개를 열어 결박단자에 단락선 및 안전핀이 정확히 꽂혀 있는지 안전여부를 확인하였다.

발사통 및 발사관은 FRP로 제조되었으며 발사관 내부는 스티로폼으로 충전되어 있다. 따라서 1, 2차 분해시험 시에는 발사통 윗덮개 및 충전재를 면적이 넓은 칼로 제거한 후 적색(자탄 1단)의 플라스틱 캡을 꺼낸 후 자탄 위에 세로방향으로 붙어있는 탄지연 도화선의 중앙에 고리가 달려있는 막대봉을 이용하여 손작업으로 자탄을 회수하였다.

2차시험 이후에는 안전과 작업속도를 증진시키기 위해 속도를 조절할 수 있는 전기톱으로 도화선이 들어있는 위치까지 발사통을 절단하여 Fig. 2의 ①, ②와 같이 도화선을 완전히 제거한 다음 자탄을 회수하였다.

이후, 발사관에 막대봉을 넣어 측정된 발사관의 높이로부터 16개 발사관에 내장된 자탄이 완전히 회수되었는지 확인 한 후 타격 결박끈을 잡아당겨 격발장치와 발사통 내에 남아있는 도화선을 자동 연소함으로써 발사통은 완전히 무력화된다.



Fig. 2. E-8 발사통 분해 및 자탄회수

초기 분해작업은 발사통 내부의 도화선 연결 부위 만 절단하고 자탄을 회수한 후 격발한 결과 회수되지 않은 도화선이 연소할 때 스티로폼 충전재가 동시에 연소하여 다량의 가스 및 분진이 발생하였으나 2차 분해 이후에는 도화선을 완전 제거함으로써 안전이 보장되었을 뿐 만 아니라 발생가스가 급격히 감소하였다. 이후 발생가스를 완전히 제거하기 위하여 자탄 회수 후 도화선 인입부의 충전재 표면에 물을 스프레이 하여 습윤상태로 유지한 후 발사통을 타격함으로써 발생가스가 더욱 감소하였으나 이를 완전히 제거하기 위하여 가스 제거용 필터가 연결된 후드 내에서 발사통을 타격하여 유해가스가 전혀 대기로 방출되지 않았다. 회수한 자탄과 도화선은 철제 탄약박스에 안전하게 저장한 후 소각 대기하였다.

위 시험결과를 기반으로 발사통 처리절차를 보완하고 대량처리 현장에 도입하였다.

나. 소각시험

APE-1236 소각로를 이용하여 발사통에서 회수한 자탄과 도화선의 소각가능성 및 처리조건 도출을 위하여 소각시험을 실시하였다. 시험 항목은 1,2차 소각로의 온도, 체류시간 및 투입속도(자탄의 적정 처리량), 소각조건에 따른 CS 분해여부, 굴뚝 배출가스 및 소각재 분석, 설물 배출상태 등이다.

소각은 도화선보다 CS와 추진제를 포함한 화공품 및 플라스틱, 고무 등으로 복잡하게 구성된 자탄의 안전 처리가 더욱 중요하였다. 따라서 자탄소각에 중점을 두고 특히, CS에 대한 열분해 자료를 조사, 분석한 결과 CS는 300~900℃ 범위에서 온도에 따라 약 18종의 분해 및 생성물질이 발생되었으나 900℃에서는 CS가 발견되지 않아<sup>[3,4]</sup> 이를 기준으로 최저 소각온도를 설정하였다.

1) 1차 소각시험

1차 시험은 자탄을 소량씩 투입하여 소각로 투입구의 온도분포 및 설물의 배출상태를 관찰한 후 이상 징후가 발견되지 않아 연속적인 정상소각을 실시하였다. 소각로 운전조건은 Table 3과 같으며, 2차 연소실 온도 및 kiln 압력은 각각 870℃ 및 ~5mmAq로 유지하였다.

1차시험 시 자탄 350발을 시험 소각하면서 최루제의 누출여부를 확인한 결과 투입실, 소각실, 배출실 및 굴뚝에서 최루가스가 전혀 감지되지 않아 안정적

으로 소각이 이루어짐을 알 수 있었다. 특히, 탄약 소각로의 특성상 안전을 위하여 저온으로 유지되고 있는 회전로에서 발연통 덮개로 사용된 고무와 플라스틱 추진제 컵의 저온소각에 따른 미 연소가스 발생이 예측되기도 하였으나 가스탄에 충전된 연소제의 연소열과 소각로 열원에 의해 충분히 연소된 후 알루미늄 발연통과 소각재만 kiln 후단으로 배출되었다(Fig. 3).

Table 3. 소각로 운영조건

구분	Kiln 회전수 (rpm) (체류시간)	Kiln 온도 (°C)	투입 속도 (발/h)	소각량 (발)
		투입구/배출구		
1차 시험	1.35rpm (6분)	205/870	440	350
	1.35rpm (6분)		660	418
2차 시험	1.35-2.5 (6분-3분10초)		660	1,280

예비시험 결과 최루가스가 전혀 배출되지 않았으며, 처리 결과가 양호함에 따라 소각 투입량을 증가하였다. 투입량을 660발/h로 자탄 418발을 소각한 결과 Table 4와 같이 굴뚝 배기가스(측정장비 : Horiba ENDA 600)는 대기환경보전법을 만족하였고, 냄새 유출도 없이 안정적으로 소각되었다. 두 시험간의 차이는 투입속도가 증가함에 따라 투입구의 온도상승 구배가 증대된 점이다.

1차 소각시험을 통하여 자탄의 안정적인 소각 가능성을 확인하는 한편, 적정 처리속도를 설정하고 소각 배출가스 농도측정 및 처리설비의 운전조건을 수립하였으나 연소열로 인하여 설물을 배출하는 컨베이어 표면에 용해된 알루미늄이 일부 고착됨에 따라 소각로 투입구의 온도조절이 필요하였다.

Table 4. 배기가스 분석결과

측정항목	NOx	SO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	Dust	HCl
기준	150	70	200	18	80	40
결과	1차	0	0	12.9	0	1.62
	2차	0	0	12.8	3	1.87

2) 2차 소각시험

1차 소각 시 발생한 문제점을 보완하는 한편, 소각 처리속도를 높이기 위하여 kiln 회전수를 변화시키면서 투입구의 온도 증가폭을 감소시키는 한편, kiln 상태를 확인하면서 투입량을 증가하였다. 이 시험에 발사통 20셋에서 회수한 자탄 1,280발을 소각하였다.

1차 소각시험 시 킬른 회전수를 1.35rpm(체류시간 ; 6분)으로 고정하였으나 2차 시험은 1.35~2.25rpm(체류시간 ; 6~3.5분)에서 온도 상승폭에 따라 체류시간을 조절하면서 처리속도를 증가시킨 결과 투입구 온도가 1차 시험과는 달리 완만하게 증가 하였다. 특히, 자탄 케이스인 알루미늄이 설물배출 컨베이어에 고착되는 문제도 해소되었다. 시간에 따른 kiln 내 온도분포를 조사한 결과 1일 4~5시간 이상 소각 시 투입구의 안전 한계온도가 313℃인 것을 감안하면 투입속도를 증가하면 온도가 상승하여 한계온도를 초과할 수 있으므로 투입량을 더 이상 증가하면 안전을 저해할 수 있다.

한편, 소각로에서 배출되는 설물을 조사한 결과 1차 소각 시에는 Fig. 3의 ①과 같이 자탄에 충전된 연소제가 모두 연소된 후 발연통 케이스가 회수된 반면 2차 시험에서는 kiln 회전수를 조절하여 체류시간을 단축한 결과 최종 배출된 설물 내부에 미 연소물질이 남아 있었다(Fig. 3의 ②).

자탄은 연소형 가스탄으로 CS와 연소제가 1:1.6의 비율로 36g 충전되어 있다. 설물에서 소각재를 회수하여 GC로 분석한 결과 CS는 검출되지 않았으나 연소제가 다량 존재할 경우 알루미늄 설물의 가치 여부를 판단해야 한다.



Fig. 3. 소각 후 배출구에서 회수한 설물

3) 소각재 분석

자탄을 소각한 후 발생하는 소각재 성분을 확인하기 위하여 2차 연소실을 통과한 소각재를 cyclone 하

단에서 수집하여 CS의 미분해 여부와 용출시험을 통하여 중금속 함유여부를 조사하였다. 소각재는 최종 시료채취 지점인 백 필터에서 채취하여야 하나 시료채취가 곤란함에 따라 cyclone 내/외부를 깨끗이 청소한 후 소각재 수집용 드럼 내부에 비닐 백을 넣어 수집 하였으며, CS는 자체분석하고 용출시험은 전문기관(보건 환경연구원)에 의뢰하였다.

분석결과 CS는 검출 되지 않았으나 용출시험 결과 Table 5와 같이 1차 소각에서는 시안이 기준을 다소 상회한 반면, 2차 소각에서는 납이 다량 검출되었다. 시안은 시안기가 함유된 분해물질이 완전 연소되지 않아 검출된 것으로 판단된다. 이는 강열함량이 다소 높게 나타남에 따라 저온 구간에서 발생한 것으로 판단되며, 따라서 2차 연소로의 온도를 높이는 방안이 강구되었다.

2차 시험은 kiln 회전속도를 적절히 조절하여 소각 온도를 잘 유지시킴으로서 1차 소각보다 시험결과가 양호하였다. 이는 강열함량과 유기물 함량이 감소한 것으로부터 유추할 수 있다. 그러나 용출시험에서 납과 구리가 1차 소각 시보다 높게 나타난 이유는 본 소각로의 주종 처리품목인 소구경 탄에서 발생한 소각재의 영향으로 판단된다. CS 자탄에는 이들 성분이 함유되어 있지 않기 때문이나 향후 정확한 원인 파악을 위하여 대량소각 시 cyclone과 백 필터에서 소각재를 동시에 채취하여 정밀 분석 및 비교 할 필요가 있다.

Table 5. 소각재 분석 결과

검사 항목	기준 (mg/L)	검사결과		비고	
		1차	2차		
납	3	0.08	5.42	용출 시험	
구리	3	0.127	0.534		
카드뮴	0.3	불검출	0.026		
비소	1.5	0.012	0.011		
시안	1	1.30	불검출		
6가 크롬	1.5	0.47	0.280		
수은	0.005	불검출	불검출		
강열함량	-	11.8%	8.9%		함량 시험
유기물 함량	-	11.0%	4.9%		

4) 배기가스 중 CS 분석

위 시험 조건에서 소각 배출가스 중 CS의 함유여부를 확인하기 위하여 2차 소각로 출구에 위치한 가스 포집구에 2단 배기가스 포집장치를 연결, 설치하였다. 포집 병에는 아세톤을 각각 50ml 씩 채우고 자탄의 kiln 투입과 동시에 가스포집 펌프를 가동하여 소각 배출가스를 포집장치에 통과 시켰다. 가스포집 유량과 시간을 점검하면서 포집 후 시료를 바이얼에 옮겨 여과한 후 GC로 분석한 결과 CS는 검출되지 않았으나 이상 피크가 발견되어 질량 스펙트럼으로 비교 분석한 결과 phthalate 성분으로 확인되었다.

이를 더욱 검증하기 위하여 2차소각 시에는 가스포집 용매로서 CS의 용해도가 아세톤보다 크고 휘발도가 낮은 dichloromethane을 사용하여 소각 배출가스를 포집, 분석한 결과 CS는 검출되지 않았으나 phthalate가 검출되었다. Phthalate는 주로 PVC 등 플라스틱 제품 생산 시 가소제로 사용하므로 자탄에 포함된 플라스틱 부품 소각 시 발생된 물질로 판단되나 향후 발생원인의 정밀분석이 필요하며, 2차 연소온도를 1,000℃ 이상 유지하여 발생가스가 완전 분해될 수 있도록 노력해야 한다.

4. 결론

35mm CS 가스탄 발사셋(E-8 발사통)의 안전 처리절차를 개발하고 자탄과 도화선을 모두 회수하여 APE-1236 소각로에서 안전하게 처리하였다. 수차례에 걸친 시험소각 결과 소각배기가스는 환경기준을 만족하였으며 cyclone과 소각로 후단에서 채취한 소각재 분석 결과 CS는 검출되지 않았으며 용출시험 기준을 대부분 만족하였다. 가스탄의 시험소각 조건은 주입 속도 660발/h, 체류시간 4~5분, 회전로 입, 출구온도

200~700℃, 2차 연소실 온도 1000~1100℃가 적절한 것으로 판단되었다. 향후 동 시료의 연속 시험운전을 통하여 백 필터에서 채취한 소각재를 분석, 비교하는 한편 꾸준한 공정개선과 보완시험을 통하여 최적 처리조건을 수립하여 대량 소각처리 공정에 적용해야 한다.

후 기

시험에 협조하여 주신 육군 탄약사 및 삼양화학공업(주)에 감사드립니다.

References

[1] R. T. Brinn, "US Policy and Uncertain State of Military Usage of Riot Control Agents", US Army War College, Carlisle Barracks, PA, April 1998.

[2] 이종철, 오석중, 박훈, 박방삼, 조병선, "회전식 소각시스템을 이용한 KM7 CS 수류탄의 안전처리", 한국군사과학기술학회 종합학술대회, pp. 517~520, 2008.

[3] T. A. Kluchinsky, M. V. Sheely, P. B. Savage and P. A. Smith, "Formation of 2-chlorobenzylidene Malononitrile(CS Riot Control Agent) Thermal Degradation Products at Elevated Temperatures", J. Chromatography A, 952, pp. 205~213, 2002.

[4] J. J. Hout, "Identification of Compounds Formed During the Low Temperature Heat Dispersal of In-Capsulated O-chlorobenzylidene Malononitrile(CS Riot Control Agent)", MS Thesis, Uniformed Services University of the Health Sciences, MD, USA, 2006.