

볼트액션 작동방식 단발형 소총의 비정상 작동에 관한 개선 연구

신재원[†] · 정찬만 · 최시영 · 이호준 · 신태성 · 서현수

국방기술품질원 기동화력센터

A Study on Improvement of the Abnormal Operation of a One-shot Rifle with Bolt-action Operating System

Shin, Jae Won[†] · Jung, Chan Man · Choi, Si Young · Lee, Ho Jun · Shin, Tae Sung · Seo, Hyun Su

Defence Agency for Technology and Quality, Land Systems Center

ABSTRACT

Purpose: In this study, the goal is to analyze this case to prevent the same accidents when using one-shot rifle.

Methods: Detailed analysis of damaged parts must first be made in order to determine the cause of the abnormal explosion. The cause of abnormal operation can be determined by analyzing the information of damaged components and the firing mechanism of the weapon step by step. Also we can refer to a statement of shooter, witness and accident scene situation. Based on this theory, cause of abnormal firing can be narrow down.

Results: Fracture of pin for fixing firing and latch is cause of abnormal operation of firing.

Conclusion: It is deemed that periodic inspection and fundamental improvement of the structure are required to prevent the same accident as this.

Key Words: Small Arms, Rifle, Firing Pin, Bolt Carrier

● Received 22 July 2019, 1st revised 26 August, accepted 3 September 2019

† Corresponding Author(11367@dtaq.re.kr)

© 2019, The Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

OO 단발형 소총은 작은 규모의 특수부대나 원거리 사격 및 핵심 목표물 제거 등 특수한 목적을 위해 운용되는 화기이다. OO 단발형 소총은 소총에서 주로 이용되는 가스작동식과 볼트액션식 노리쇠 작동방식 중 볼트액션식을 채택하고 있다. 가스작동식은 탄 폭발시 발생하는 가스를 이용하여 노리쇠를 후퇴시키는 방법으로 별도의 재장전없이 연속적으로 발사가 가능한 반면, 볼트액션식 작동방식은 격발, 탄피제거, 장전순으로 한번에 한발씩 격발할 수 있는 방식이며, 격발에 의해 발생하는 반동에너지를 줄일 수 있고 구조가 간단하여 고장 등의 문제를 최소화할 수 있다. Figure 1은 볼트액션 작동방식과 가스작동식의 개략적 형상을 보여주고 있다1.

노리쇠의 형태는 크게 개방형과 폐쇄형으로 분류된다. 개방형 노리쇠는 노리쇠가 화기 바깥에 위치한 구조로써, 노리쇠가 화기로부터 쉽게 분리된다. Figure 2는 잠겨진 상태의 볼트액션식 개방형 노리쇠를 보여주고 있다. 이러한 구조 때문에 노리쇠가 잠겨있지 않은 상태에서 공기가 돌출 및 탄 뇌관타격 시 노리쇠는 화기로부터 급격하게 분리 및 후퇴되고 이로 인해 사격수의 부상이 크게 된다. 반면 폐쇄형 노리쇠의 경우 화기 내부에 노리쇠가 위치하고 있어 노리쇠가 잠겨있지 않은에서 폭발하더라도 노리쇠가 화기로부터 분리되지 않아 개방형 노리쇠 대비 안전하다.

소구경화기의 비정상 폭발은 군에서 운용 중 때때로 발생하는 파손이다. 본 연구에서는 소구경화기 중 특수목적을 위해 운용되는 단발형 소총의 장전 중 노리쇠 미잠금 작동상태에서의 폭발파손 원인에 대해 분석하고 재발방지를 위한 구조 개선방안에 대해 고찰하였다.

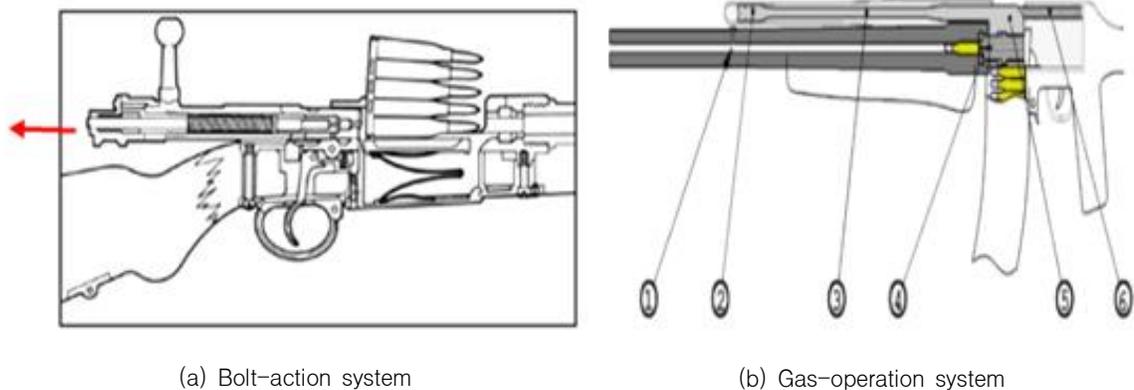


Figure 1. Major operation method of rifle

2. 개요 및 분석

사격 중인 OO 단발형 소총에서 4발까지 정상사격 후 5발째 폭발파손이 발생하였다. 사격수가 장전중, 방아쇠를 당기지 않았음에도 탄이 폭발하여 화기의 파손이 발생되었다. Figure 3은 파손된 화기를 나타낸다. 파손현장에서 노리쇠는 화기로부터 약 3m 가량 떨어져 있었고 공기는 돌출되어 있었으며 개머리판은 일부 파손되어 있었다. 또한 탄피의 머리부가 절단되어 있었고 탄피에 공이자국이 확인되었다. 이러한 파손품에 대한 정밀 분석과 화기의 격발기구를 단계적으로 확인하여 원인을 파악하였다.



Figure 2. Locked state of open type bolt-carrier⁵



(a) Broken part of weapon



(b) Broken butt plate

Figure 3. Broken weapon after the accident

2.1 파손 원인 분석

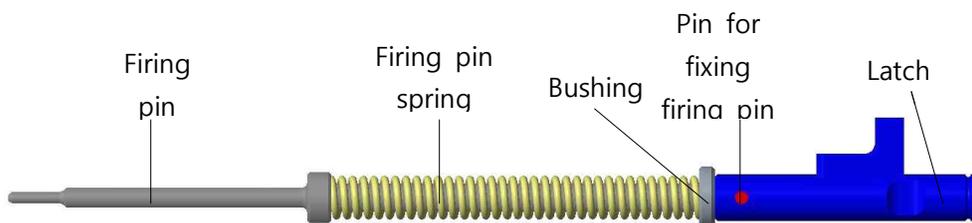


Figure 4. Assembly of firing pin

탄이 장전된 상태에서 방아쇠가 당겨짐에 따라 고정된 공이 해제되면서 돌출되어 탄약 뇌관을 타격하는 순서로 이루어진다. 장전은 공이 공이스프링에 의해 앞으로 튀어나가려는 힘을 받고 있는 상태로 장전 중 방아쇠를 당기지 않았음에도 공이 돌출될 수 있는 요인은 두가지이다. Figure 4와 같이 공이를 고정시키고 있는 격발작용자가 파손되었을때와 공이와 격발작용자를 체결시켜주는 공이고정핀이 파손되었을 때이다. 현장확인 결과 이 두가지 부품 모두 파손된 상태로 두가지 부품에 대한 상세분석을 실시하였다.

2.1.1 격발작동자 파손분석

격발작동자는 Figure 5와 같이 파손되어 있었고 상세분석을 위해 Figure 6과 같이 SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용하여 단면을 촬영하였다^[2].

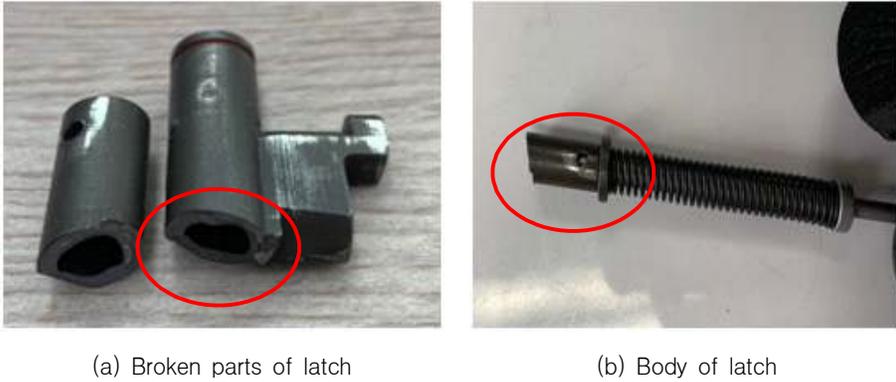
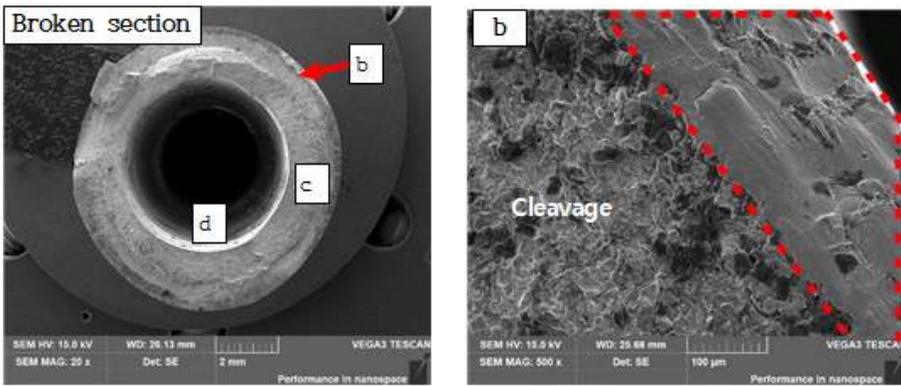
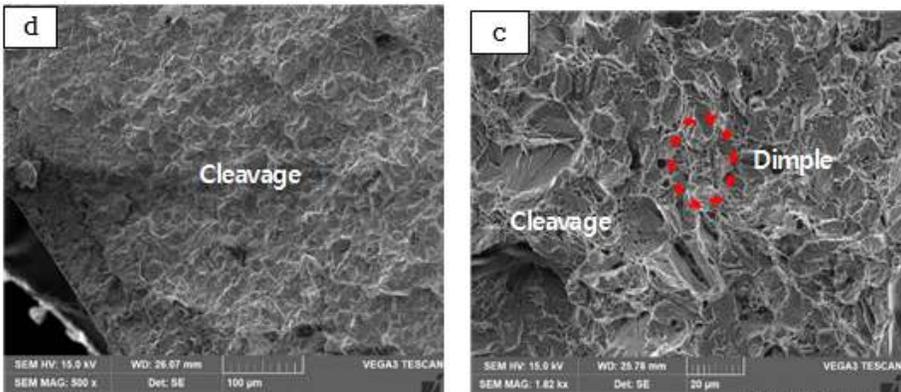


Figure 5. Broken latch



(a) Broken section

(b) Outer part



(d) Inner part

(c) Center part

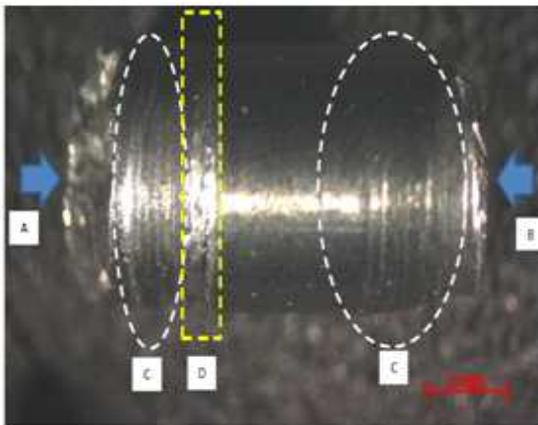
Figure 6. SEM(Scanning Electron Microscope) analysis of fracture surface

Figure 6²의 (b)와 같이 격발작동자의 파손 단면 대부분에서 Cleavage가 관찰되었고 가운데부의 일부 매우 작은 부분에서 소성파괴에서 나타나는 파단면인 Dimple이 관찰되었다. Cleavage는 취성파괴를 의미하는 파단면으로써 이는 지속적인 힘이 아닌 순간적으로 큰 충격을 받아 파손되었을 때 나타나는 파단면이다³. 즉, 격발작동자는 탄 폭발 충격에 의해 2차적으로 파손된 것으로 격발작동자의 파손에 의해 공기가 돌출된 것은 아니라고 보여진다. 또한 공이 스프링의 장력에 의해 사실상 격발작동자를 파손시키는 것은 불가능하다. 따라서 격발작동자의 파손은 장전 중 공이 돌출의 원인이 아니다.

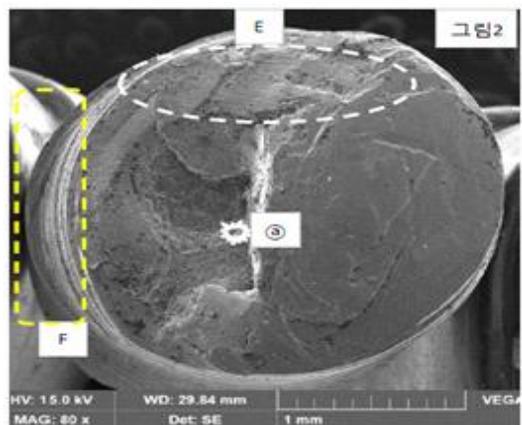
2.1.2 공이고정핀 파손분석

파손된 공이고정핀을 확인해본 결과 길이가 정상제품대비 2.6mm 가량 짧아져있었고 파단면이 심각하게 손상되어 있었다. 파손 원인을 파악하기 위해 마찬가지로 파단면에 대한 SEM(Scanning Electron Microscope)촬영을 Figure 7과 같이 실시하였다. Figure 7의 (a)는 전체 시료에 대한 사진으로 A, B 부분은 파단면의 양쪽 끝단을 나타낸다. (a) 사진의 C부분에서 보면 줄무늬가 관찰되고 D부분에서는 균열이 확인되었다. Figure 7의 (b)는 (a)사진의 A단면을 확대한 사진으로 대부분의 파단면은 손상되었고 줄무늬가 관찰되며 E부분에서는 마찰변형이 확인된다. 또한 F면에서는 동일한 방향의 줄무늬 패턴이 관찰되었다. Figure 7의 (c)는 (b)사진의 심(深)부를 G부분에 Dimple이 관찰되었고 마찰변형과 줄무늬가 H부분에서 관찰되었다. 그림 (d)는 (a)의 B section을 확대한 그림으로 마찰변형이 I부분에서 관찰되었다. 또한 반복적인 충격에 의해 줄무늬의 패턴이 동일한 방향으로 J부분에서 관찰되었다. 그림 (e)는 (d) 그림의 심부를 나타낸 것으로 Dimple이 K부분에 관찰되었고 동일한 방향으로 줄무늬가 L부분에서 관찰되었다. 분석내용을 요약하면 다음과 같다.

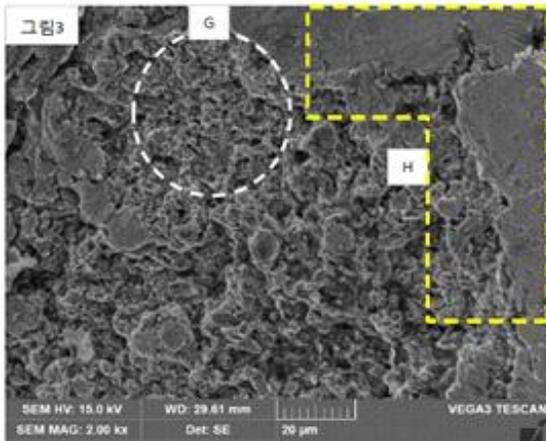
- (1) 양끝 파단면을 분석한 결과 전체적인 파단면에서 반복적인 충격에 의한 마찰로 동일한 방향으로 줄무늬가 관찰되었다.
- (2) 파단면의 심부를 관찰한 결과 마찰변형과 Dimple이 관찰되었다.
- (3) 대부분의 파단면이 반복적인 하중에 의해 심각하게 손상되었다.
- (4) 파단면에서 나타난 원주방향의 균열과 줄무늬 패턴을 보았을 때 파단면의 Dimple과 마찰변형은 동일방향으로 힘이 작용되었고 반복하중에 의해 피로파괴가 발생되었다.



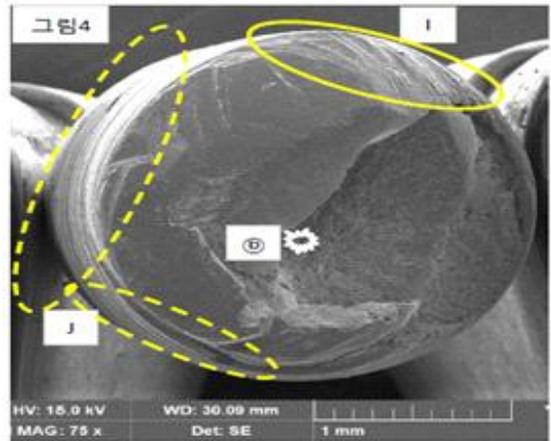
(a) Damage sample of firing pin



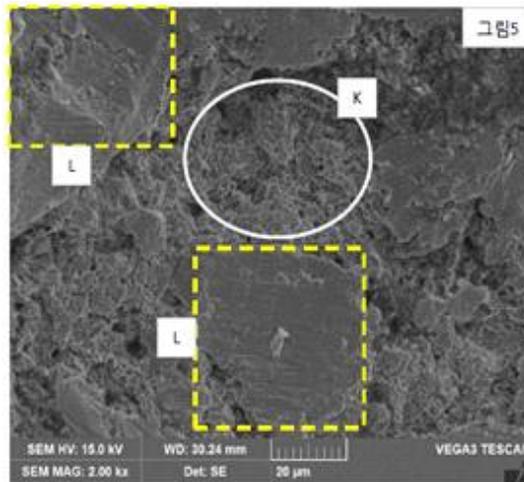
(b) 'A' surface of picture (a)



(c) Deep part of ㉑ of picture (b)



(d) 'B' surface of picture (a)



(e) Deep part of ㉒ of picture (d)

Figure 7. SEM(Scanning Electron Microscope) analysis of pin

3. 개선방안

3.1 공이 고정핀 파손에 의한 비정상 작동 개선방안

기존 공이조립체는 Fig 4와 같이 공이와 격발작용자를 공이 고정핀이 체결 및 고정해주는 형태이다. 공이 고정핀은 길이가 8mm, 외경이 2.5mm로 다소 크기가 작다. 이러한 공이 고정핀이 반복적인 충격에 의해 마모 및 파손되었을 것으로 판단된다. 따라서 공이 고정핀 재질변경에 대한 검토도 하였으나 충격에 의한 마모는 피할수 없고 불안정하기 때문에 사격간 영구적으로 분리되지 않도록 체결방법을 바꾸는 것이 바람직하다. 따라서 격발작용자와 공이를 기존에 핀으로 고정시켜주는 타입에서 나사타입을 추가하여 결합시킬 경우 사격 충격에 의해 분리되는 것을 완전히 차단할 수 있다. 이때 나사가 자립적으로 풀리지 않는 조건으로 나사산을 제조하면 체결된 공이조립체가 분리되지 않는다.

3.1.1 개선 방안 검증

단발형 소총의 공이조립체는 공이스프링에 의해 인장하중을 받는 구조일 경우 나사의 안지름은 다음과 같은 식에 의해 계산된다.⁴

$$(1) \quad d = \sqrt{\frac{4W}{\pi\sigma_a}} \quad (d : \text{나사 안지름}, W : \text{하중}, \sigma_a : \text{재료의 허용인장응력})$$

여기서 하중 W는 공이를 전진시키는 공이스프링의 힘이며 σ_a 는 나사로 체결되는 부분의 재료의 인장강도이다. 식 (1)에 의해 계산한 결과 나사 안지름은 0.66mm 이상이다.

나사의 효율은 나사가 1회전하는 동안에 실제로 행한 일량(work) 중 몇 %가 유효한 일을 하였는가의 비율로 식 (2)와 같이 계산되며 나사가 풀리지 않는 자립조건은 효율이 50% 이하일때이다.

$$(2) \quad \eta = \frac{\text{마찰이 없을 때의 회전일량(유효한 일량)}}{\text{마찰이 있을 때의 회전일량(실제로 행한 일량)}} = \frac{\tan\lambda}{\tan(\rho + \lambda)}$$

여기서 리이드각 $\lambda = \frac{P}{\pi d}$ (P : 나사의 피치, d : 나사의 유효경)으로 계산되며 마찰각은 3각나사의 경우 $\rho = \frac{\mu}{\cos\alpha} = \tan\rho'$ 로 나타낼 수 있으며 여기서 μ 는 마찰계수, α 는 나사산의 반각이다. 식 (2)에 따라 계산한 결과 나사 효율은 5.73%로 자립조건인 50% 이하를 여유롭게 만족하는 값이다.

이와 같이 기존 격발작동자와 공이를 공이고정핀으로 고정하던 방식을 나사체결방식으로 변경할 경우 강한 체결력을 유지할 수 있다.

3.1.2 개선시료 시험결과

위 개선안과 같이 3개의 시료를 제작하여 각 시료당 5,000회의 격발시험을 실시하였다. 시험결과 Fig 8과 같이 공이와 격발작동자의 나사산 마모가 발생되지 않았으며 기타 상태가 시험전과 같이 양호한 것을 확인하였다. 시험결과를 보아 개선된 공이조립체는 기존 공이고정핀에 의존했던 공이와 격발작동자의 체결을 공이고정핀 + 나사방식의 체결형태로 변경됨에 따라 사격 충격에 의해 공이조립체 내 부품간 체결이 풀어지는 현상을 원천적으로 방지할 수 있을 것으로 판단된다.



(a) Thread of a screw for firing pin (b) Thread of a screw for latch inside

Figure 8. Picture of firing pin assembly sample after firing test

4. 결 론

본 연구에서는 단발형 소총의 비정상 작동에 의한 공이돌출 및 폭발현상에 대해 연구하였다. 본 연구에서 다뤄진 OO 총기는 현재 전 군에서 사용되는 특수목적의 총기로 주요 목표물을 제압하기 위해 사용되는데 단발형이 가지는 구조적 한계에 의해 장전 중 공이 돌출 사고 발생시 인명피해가 발생할 수 있다.

본 연구에서는 사고 발생 총기에 대한 구조적 이해와 파손 부품들의 파단면을 면밀히 분석함으로써 공이의 비정상 돌출에 대한 원인을 규명하였고 동일사고의 재발방지를 위해 공이조립체의 체결방법을 완전히 다른 형태로 개선하는 방안을 제시하였다.

해당 OO 단발형 소총에서 적용중인 공이조립체의 구조상 격발작동자와 공이를 체결해주고 있는 공이고정핀이 반복적인 사격에 의해 마모 및 파손시 장전 상태에서 공이가 돌출될 수 있다. 따라서 이러한 현상을 완전히 제거하기 위해 격발작동자와 공이를 기존 핀에 의한 체결방식에서 공이고정핀 + 나사방식에 의한 체결방식으로 변경하였다. 시료 제작 및 사격시험 결과 나사산은 충분한 내구성을 가지고 있는 것을 확인하였고 반복적인 사격 충격에 의한 균열, 파손, 나사풀림 등 문제가 발생되지 않는 것을 확인하였다.

본 연구를 통해 단발형 소총의 장전 중 비정상적인 공이돌출 현상이 재발되지 않을 것으로 판단되고 타 장비에 대한 유사사례에 대해 방지할 수 있을 것으로 기대한다.

REFERENCES

- Kwan, H. G. 2011. Machine Component Design, Republic of Korea, Gum-oh National University.
- Lee, H. J. 1998. Gun and Ballistics. Republic of Korea, Chung Moon Gak.
- Nam, G. W. 2014. Methods of Observation of Fatigue Failure and Fracture Surfaces of Mechanical Components, Republic of Korea, GS Intersivon.
- Test Report for Pin(22219-DC0019). S&T Motiv.