

전차 포신의 보증압력 신뢰성 향상 연구

김성훈^{1*}, 박영민¹, 노상완¹, 전상배²
¹국방기술품질원 기동화력센터, ²현대위아 특수개발팀

A Study on the Reliability Improvement for Assurance Pressure of Tank Gun Barrel

Sung Hoon Kim^{1*}, Young Min Park¹, Sang Wan Noh¹, Sang Bae Jun²

¹Land Systems Center, Defence Agency for Technology and Quality

²Defence Development Team, Hyundai-Wia

요약 본 연구는 전차에 적용중인 포신의 보증압력이 미국의 원 규격과 과거에 제정된 한국 규격에 명시된 수치가 상이하고 사용 중인 탄종의 최대압력보다 상이하여 운용 간 제한사항이 예상됨에 따라 포신 보증압력의 신뢰성을 확보하기 위한 연구이다. 사격은 포의 약실내부에서 추진제의 폭발로 이루어지며 전투장비는 이러한 사격 충격력을 견딜 수 있도록 설계된다. 만일 충격력을 효과적으로 제어하지 못하면 장비의 반동으로 인해 사격 정확도가 낮아진다. 전차에서 사용될 신규 탄 개발 중, 전차포 규격에 명시된 포신의 보증압력 값(포신AP)보다 탄의 최대 발생 압력 값이 약 3,000 psi정도 높은 것이 확인되었다. 이러한 문제를 해소하기 위하여 포신의 보증압력 상승 시 신뢰성 확보 가능 여부를 분석하였다. 먼저 국외의 기술자료 검토를 수행하여 보증압력 상승 사례를 확보 후 확인사격시험을 통해 고압에서 견디는지 실험하였다. 마지막으로 주퇴복좌장치의 안정성을 시뮬레이션을 이용하여 분석 하였다. 연구 결과 모든 항목에 대해 이상 조건은 발견되지 않아 신규 탄종에 맞게 포신의 보증압력 상승이 가능하다고 판단하였다. 본 연구는 향후 유사장비의 신뢰성 연구 시 기초자료로 활용 될 것으로 기대된다.

Abstract This study aimed to improve the reliability of the assurance pressure of a gun barrel due to the difference between the US Standard and Korean Standard. In addition, the reliability was found to differ according to the maximum pressure of the Ammunition, so restrictions are expected. During the development of the new bullet, the maximum pressure of the bullet was approximately 3,000 psi higher than the assurance pressure of the gun barrel. To solve this problem, the reliability of the cannon was analyzed when the assurance pressure of the gun barrel increased. First of all, the technical data from overseas were reviewed to check for cases of increased assurance pressure, and tests were performed to determine if it could withstand high pressure through a verification firing test. Finally, the simulation analyzed the stability of the recoil buffer. The study found no abnormal results in all items, suggesting that an increase in the assurance pressure for a gun barrel was possible. This study is expected to be used as basic data for future reliability studies of similar equipment.

Keywords : Assurance Pressure, Firing Test, Gun barrel, Recoil Buffer, Simulation Analysis

*Corresponding Author : Sung Hoon Kim(Land Systems Center, Defence Agency for Technology and Quality)
email: saven899@naver.com

Received May 6, 2020

Revised June 9, 2020

Accepted August 7, 2020

Published August 31, 2020

1. 서론

전투장비에서의 사격은 포의 약실내부에서 추진제의 폭발로 인해 형성된 추진력으로 탄이 발사되는 메커니즘을 따른다. 추진제 폭발 시 큰 압력이 발생되어 전투장비는 이러한 사격 충격력을 견딜 수 있도록 설계된다.

만약 고압의 사격 충격력을 견디지 못하거나 흡수하지 못한다면, 사격으로 인한 장비의 반응이 심해져 사격 정확도가 현저히 떨어지고 장비 자체에 큰 무리가 가해지는 등의 문제가 발생한다. 이러한 문제를 예방하기 위해 전투장비에는 포신과 주퇴복좌장치가 적용되어 있으며 탄이 발생시키는 압력과 비교하여 높은 강도를 지니고 있다.

이와 같은 맥락에서 기존의 전투장비에 적용된 포신의 보증압력은 실제 활용 중인 탄의 최대발생압력보다 높아야 하는 것은 당연한 이치라 할 수 있다.

전차 포신은 최초 미국 M68 포신(소재)을 도입하여 활용하였으며, 한국규격화 당시 M68의 규격자료를 참조하여 규격을 제정하였다. 이에 따라 미국 규격과 한국 규격의 요구조건은 동등 수준이어야 하나, 포신 보증압력 값이 상이한 것이 식별되었다.

더불어 포신 보증압력과 군에서 운용되는 탄의 압력을 비교하였을 때 포신 보증압력이 신규 추가된 탄종의 최대압력에 비해 낮은 것이 식별되어 이에 대한 검토가 요구되었다.

이처럼 논리적으로 모순이 되는 사항은 향후 포신 또는 탄을 신규로 개발함에 있어 설계방향에 대해 오해의 소지를 부를 수 있는 사항으로 조속한 검토가 필요하였다.

관련 문헌 확인 결과, 포신 길이와 탄약 압력에 따른 내부 유동 특성 연구[1], 포신 강선을 고려한 포 발사 해석[2], 포신 소재 공정에 관한 연구[3], 포신 강선의 마모 측정 관련 연구[4] 등 포신에 대한 연구는 활발하게 진행 중이나 이미 연구개발단계에서 정해진 포신 보증압력에 대한 신뢰성 측면의 연구는 미미한 것이 확인되었다.

이에 따라 본 연구에서는 해외 포신 규격을 통해 이론적 근거를 확보함과 더불어 실제 사격시험을 수행하고 결과를 분석하여 현재 활용 중인 탄과 견주었을 때 포신이 충분한 구조적 강도를 보유하고 있는지에 대해 분석하였다.

또한 사격 충격력을 흡수하는 주퇴복좌장치의 탄 압력 대비 구조적 안전성을 확인하여 포신 및 주퇴복좌장치의 내구성에 대해 신뢰성 있는 결과를 도출하였고, 이에 따라 모순되었던 규격들을 변경한 연구내용을 서술하였다.

2. 본론

2.1 포신 구조 및 특성

무장은 크게 포신 조립체 및 주퇴복좌장치로 구성된다. 포신 조립체는 포신과 포미장치로 나누어지는데 포신은 높은 사격 압력을 지지하며 탄두가 목표지점까지 비행하도록 발사하는 역할을 한다. 포미장치는 사격 충격력을 지지하고 장전 및 탄피추출을 위한 폐쇄기 개방 기능을 한다. 또한 주퇴복좌장치는 차체 및 포탑에 작용하는 사격 충격력을 요구수준으로 제어하는 주퇴기, 복좌기 및 저유기 등으로 구성된다.

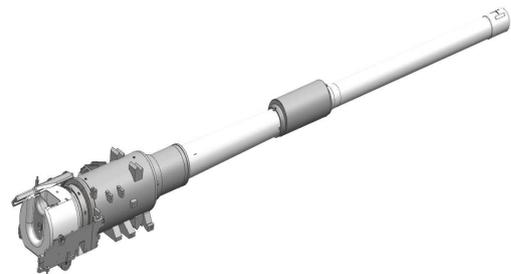


Fig. 1. Shape of Gun

포신은 자긴가공(autofrettage process)이라는 특수 공정을 수행한다. 자긴가공은 직접적 또는 간접적으로 유압이나 기계적인 힘을 두꺼운 실린더 내경에 일시적으로 작용한 후 제거함으로써 내경 측에 압축잔류응력을 유도하는 가공으로 주로 유압자긴 방식과 스웨징 방식이 이용된다. 본 연구대상의 포신은 유압자긴 방식을 적용하고 있으며 자긴가공으로 발생된 압축잔류응력은 제품의 피로수명을 증가시킨다[5]. 자긴가공의 피로수명 관련 연구는 여러 사례가 있다[6-7].

2.2 포 압력 개념

포신과 관련되어 널리 사용되는 압력의 개념은 크게 4가지로 분류된다. 포신 안전 최대압력(SMP: Safe Maximum Pressure, 이하 SMP), 포신 설계 압력(DP: Design Pressure, 이하 DP), 운용압력(OP: Operation Pressure, 이하 OP), 보증압력(AP: Assurance Pressure, 이하 AP)이 있다.

SMP의 경우 포신을 구성하는 소재에 따라 결정되는 본래의 값으로 SMP를 초과하는 압력이 가해질 경우 포신에 소성변형이 초래될 수 있다.

DP란 포신 설계 시 고려되는 압력으로 보통 SMP보다

13%~15% 정도 낮은 압력으로 설정하여 안전여유치를 확보한다. 포신 내구성 관점에서는 많은 양의 탄을 발사할 수 있도록 더욱 두껍고 견고하게 만드는 것이 유리할 수 있지만, 중량이 증가하는 단점이 있어 전투장비 기동성에 영향을 미친다. 이에 따라 DP는 전투장비의 특성, 내구성 및 기동성 등 여러 요구사항들의 Trade-off 과정을 거쳐 결정된다.

대체적으로 DP는 극한의 운용조건에서 사격 시 통계학적으로 백만 발 당 1발 이상으로 이상 발생하는 탄 압력을 견딜 수 있도록 설계된다.

OP의 경우 실제 야전에서 활용되는 탄의 상온 평균압력으로 최초 포신설계를 위한 기준점이라 할 수 있다. AP는 품질보증활동에서 주로 사용되는 개념으로 DP수준의 값을 가지며 AP의 압력으로 사격을 실시하였을 때 이상이 없을 경우, 해당 포신은 합격판정을 받게 된다.

이와 같이 신규 제작된 포신의 합격, 불합격 여부를 판단하기 위해 고압사격을 수행하는데, 이때 활용되는 고압은 OP보다 높은 AP라 할 수 있으며, DP수준의 압력이다. 실제 탄으로 고압을 모사 할 때는 탄 추진제의 약량 조절, 온도처리 등을 수행하여 요구하는 압력을 구현한다.

2.3 관련 기술검토

2.3.1 국외 기술자료 검토

2.1에서 언급한 전차포신은 당시 미국에서 사용 중인 포신(소재)을 한국에 도입한 포신으로 M68로 불린다. 미국에서 사용중인 포신을 그대로 국내에 도입하기 위해서는 한국 국방규격 제정이 필요한 상황이었다. 이에 따라 한국은 당시 미국으로부터 제공받은 1971년 미국 규격을 바탕으로 한국 규격을 제정하였다. 그러나 제공받은 규격은 그 시점 당시 최신규격이 아니었다. 미국의 M68 전차 포신 규격은 1971년에 Rev. C 버전으로 개정되었고 동일 버전에서 2번(1977년, 1982년)의 추가 개정이 이루어지면서 보증사격시험 압력 값도 변경되었다. 그러나 한국은 보증사격시험 압력을 제공받은 규격을 토대로 미국의 1971년도 기준인 약 62,000 psi 의 $113 \pm 4\%$ (최대 72,000 psi 수준)로 명시하였다. 이로 인해 미국과 한국의 포신 보증압력이 다르게 적용된 원인을 파악할 수 있었으며 개정 필요성을 확인하였다. 세부 미국 포신 규격의 개정이력은 Table 1과 같다.

Table 1. History of Revision(MIL-C-00000C)

Doc. No.	Rev. Date	Proof Firing Test Pressure (about value)
MIL-C-00000C	1971.09	$113 \pm 4\%$ of 62,000 psi
MIL-C-00000C Amendment 1	1977.12	Max. 75,000 psi
MIL-C-00000C Amendment 2	1982.11	Max. 75,000 psi
MIL-C-00000D	1987.01	Max. 75,000 psi

또한 105밀리의 포신을 사용하는 NATO 국가의 보증압력 값을 검토해본 결과, 프랑스는 최대 약 76,000 psi, 독일은 86,000 psi, 영국의 경우 90,000 psi 수준의 보증압력 최대값을 가진 것으로 확인되었다[8]. 포신의 보증압력이 성능을 대변하는 것은 아니므로 절대적으로 비교하기는 어려우나, 국외 기술자료 확인을 통해 NATO 국가의 포신은 사용하는 탄종에 맞추어 75,000 psi 수준 이상으로 운용되는 것을 확인 할 수 있었다.

2.3.2 포신 보증압력 및 탄 최대압력 검토

전차포 규격에 명시된 포신의 보증압력 값(포신AP)과 실제 사용되고 있는 탄의 최대 발생압력 값이 상이한 것이 확인되었다.

포신은 최대 약 72,000 psi(62,000 psi의 $113 \pm 4\%$) 수준의 압력을 견뎌야 하도록 명시되어 있는 반면에, 사용되는 탄의 발생압력은 최대 75,000 psi 수준으로 명시되어 있었다. 다시 말해 탄으로 인해 발생하는 최대압력이 전차포가 견딜 수 있는 최대압력보다 약 3,000 psi만큼 높은 상황이었다.

위와 같이 규정된 압력 값이 이치에 맞지 않거나 상이할 경우, 품질보증활동 및 야전 운용 시 운용자들에게 혼선을 줄 수 있는 사항으로 개선이 필요하였다.

Table 1의 개정된 미국의 규격으로 판단했을 때, M68 포신은 최대 75,000 psi 수준의 압력을 견딜 수 있을 것으로 추정 가능하였지만 압력 변경과 관련된 신뢰성 있는 자료를 확보할 수 없었다.

따라서 향후 M68포신의 운용 안전성을 고려하여 최대 75,000 psi의 보증사격시험 압력에 대한 신뢰성 있는 검증이 요구되어 사격시험을 실시하였다.

2.4 확인사격 시험

2.4.1 사격시험 및 육안검사 결과

현재 한국의 포신 규격은 최대 72,000 psi 수준까지

의 압력에 대해 보증하고 있으며 보증범위를 초과하는 압력 중, 유의미한 결과를 도출하기 위해 Table 2의 시험조건과 같이 고압탄의 압력이 73,000 ~ 75,000 psi (기준대비 +109~113%)수준이 되도록 탄 추진제 약량 조절 및 온도처리를 하여 사격시험을 실시하였다.

전체 확인사격시험을 위한 절차는 Fig. 2와 같으며, 군과 관련된 기관에서 관련 회의를 통해 시험절차 및 조건 등을 선정하고 진행하였다.

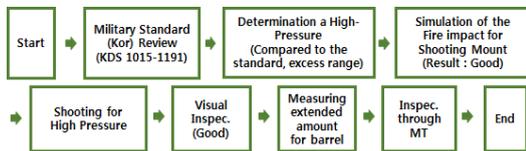


Fig. 2. Procedure diagram for Shooting Test

또한 시험은 기준 보증사격시험 규격(62,000 psi의 113 ± 4 %)을 합격한 포신을 활용하였다. 포신의 온도를 상승시키기 위한 목적으로 가운데탄 2발을 먼저 사격한 후, 고압탄 4발을 사격하였으며 사격 전/후로 나누어 포신 내, 외부의 균열 및 파손 등을 육안으로 확인하였다. 확인결과 유의미한 손상이나 균열, 파손 등은 확인되지 않았다.

Table 2. Conditions of Firing Test

Cannon ball	Test Pressure	Inspection Items (after firing test)
1	About 62,000 psi	Visual Insp. (Crack / Breakage)
2	About 62,000 psi	
3	73,000 ~ 75,000 psi	
4	73,000 ~ 75,000 psi	Bore Enlargement
5	73,000 ~ 75,000 psi	NDT(MT)
6	73,000 ~ 75,000 psi	

2.4.2 포강(포신) 확장량 측정

포강 확장량이란 포강의 내경이 사격 전과 후를 비교하였을 때 변화(확장)되는 양을 뜻한다.

포강의 지름이 기준 설계치 이상으로 과도하게 확장될 경우에는 탄이 장전 되더라도 강선 및 강저부와 완전하게 밀착되어있지 않는 상태가 된다. 이러한 틈새로 인해 추진제가 폭발하며 얻어지는 추진력이 손실될 수 있으며, 원하는 목표지점에 탄착시키지 못하는 심각한 문제가 발생할 수 있다. 이처럼 포강의 확장량은 포신의 기능과 직결되는 중요한 인자라 할 수 있다.

이와 마찬가지로 새로 제작된 포신의 보증사격 후 품질을 확인하거나 야전에서 사용 중인 포신의 잔여수명 등을 예측하기 위해 포강의 확장량 측정이 많이 사용된다. 본 연구에서도 사격 후 포강 확장량 확인을 통해 포신에 대한 상태를 점검하였으며 점검 시 확장량 허용 기준은 Table 3과 같다.

Table 3. Allowable Bore Enlargement

Distance forward of commencement of rifling(mm)	2.54	25.4	105	210 ~
Amount(mm)	0.203	0.203	0.152	0.076

사격 후 포신 강선과 강저의 평균 및 개별 치수 측정 결과는 Fig. 3, 4, 5, 6에 그래프로 나타내었다.

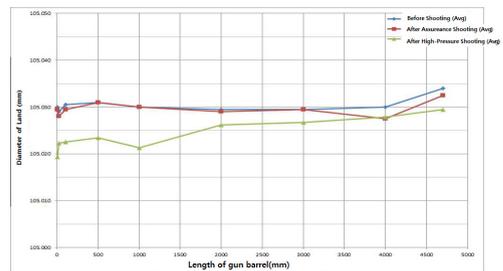


Fig. 3. Bore Dimension of rifled Land(Average)

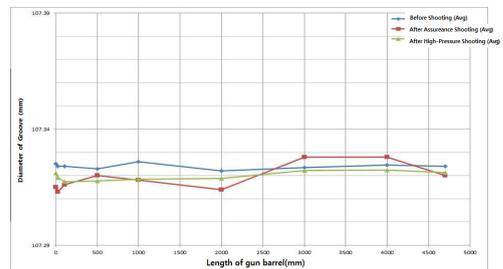


Fig. 4. Bore Dimension of rifled Groove(Average)

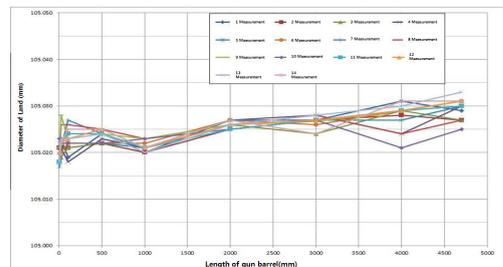


Fig. 5. Bore Dimensions of rifled Land(Individual)

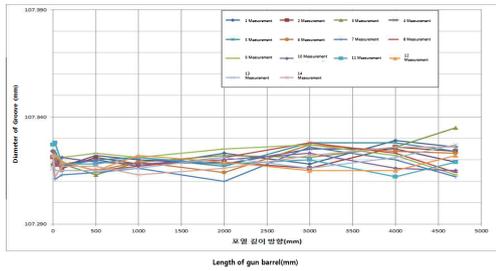


Fig. 6. Bore Dimensions of rifled Groove(Individual)

결과 그래프와 같이 고압사격 후 강선, 강저의 변화 치수는 규격을 만족하나 강선은 10 μ m, 강저는 8 μ m가 감소하였다. 사격을 실시했음에도 불구하고 내경이 감소한 원인은 2.1절에서 언급했듯이 포신은 제작 당시 자기가 공으로 압축잔류응력을 유도하는데 고압사격 시 열팽창에 의해 자기가 완화되어 포신이 수축된 것으로 추정된다.

이처럼 자기가공에 의해 제작된 포신은 최초 사격시 포구초속과 압력은 설계 대비 상승되었다가 제자리를 찾아가게 되는데, 이를 Ballistic hump 효과라 하며, 사격 초반의 포신 수축으로 인해 좁은 면적에 압력이 인가됨에 따른 현상이라 할 수 있다[9].

2.4.3 자분탐상 검사

자분탐상검사는 대상체를 포화자화 시켜 표면에 있는 균열과 같은 결함이 존재할 경우 발생하는 자속분포의 변화로 인해 결함을 검출하는 방법으로써 산업 전반에 널리 사용되는 비파괴 방식의 검사방법이다[10].

이에 따라 본 연구에서도 고압사격 시험 후 포신에 자분탐상검사를 수행하였으며 검사결과 결함이 존재하지 않았다.

2.5 주퇴복좌장치 안전성 분석

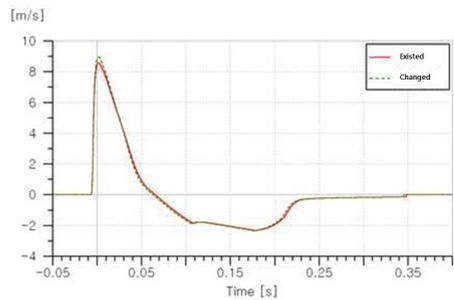
서론에서 언급한 바와 같이 전투장비의 포에는 상당한 사격 충격력을 흡수하기 위해서 포신과 주퇴복좌장치가 적용되어 있다.

사격시험 결과를 토대로 포신은 75,000 psi 수준의 탄 발생압력을 견딜 수 있는 것으로 확인되었으나 주퇴복좌장치가 상승된 탄 압력을 흡수하는 기능을 정상적으로 수행 할 수 있는 지에 대한 검토가 추가로 요구되었다.

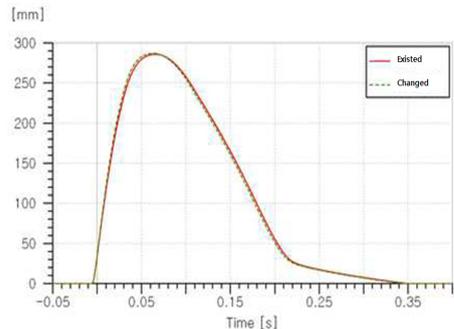
이에 따라 유압해석 전문 시뮬레이션 프로그램인 AMESim 소프트웨어를 활용하여 보증사격 각도별 충격

력에 따른 주퇴복좌장치의 주퇴속도, 주퇴거리, 주퇴압력에 대한 변화를 해석하여 안전성을 검토하였다. AMESim은 전차포, 자주포의 주퇴복좌 특성을 분석하기 위해 주로 사용되는 소프트웨어라 할 수 있다[11].

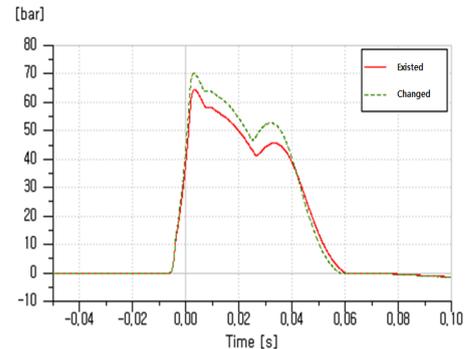
주퇴특성을 살펴보기 위해 주퇴오리피스는 약 350 mm, 주퇴유의 체적 탄성계수는 13,790 bar, 점성계수는 17.575 cP로 기초자료를 입력하였으며, 실제 활용되는 복좌스프링의 특성을 반영하기 위해 894.1 mm의 자유장, 스프링 상수는 4.14 kgf/mm² 로 입력하였다. 상기 조건을 입력하여 각도별 시뮬레이션 결과를 산출하였으며, 결과는 Fig. 7, 8, 9, 10과 같다.



(a) Recoil Velocity

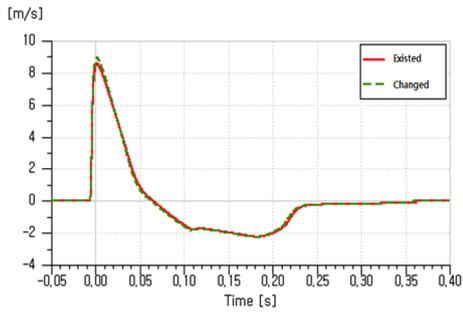


(b) Recoil Distance

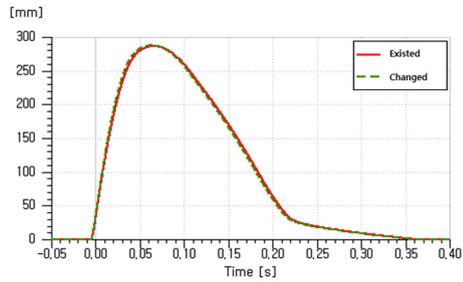


(c) Recoil Pressure

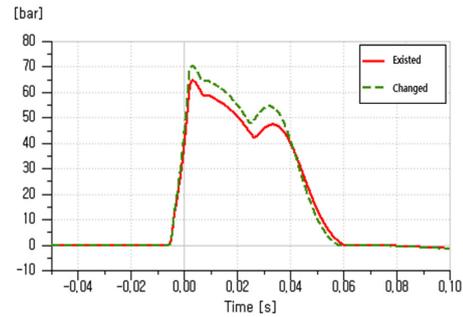
Fig. 7. Analysis Result of 1.125°



(a) Recoil Velocity

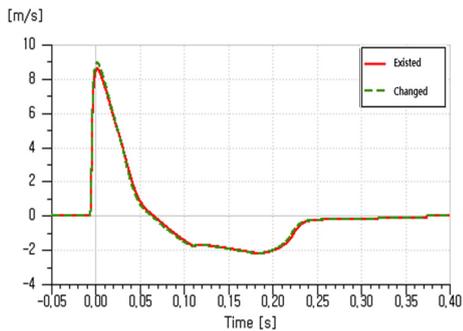


(b) Recoil Distance

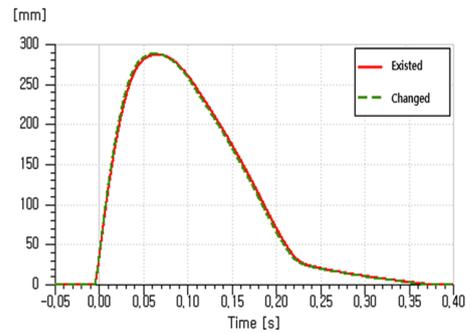


(c) Recoil Pressure

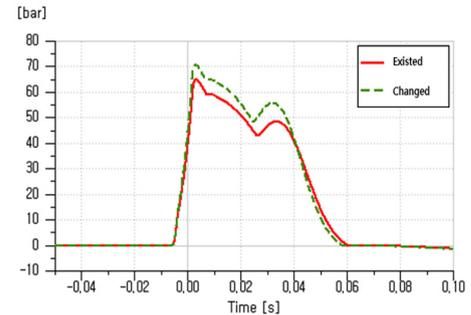
Fig. 8. Analysis Result of 15°



(a) Recoil Velocity

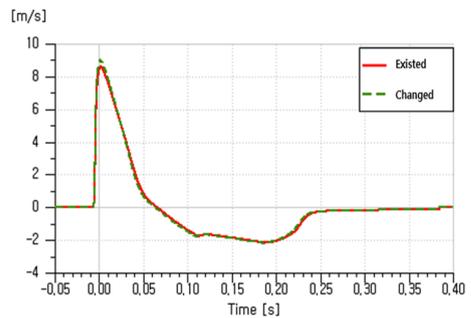


(b) Recoil Distance

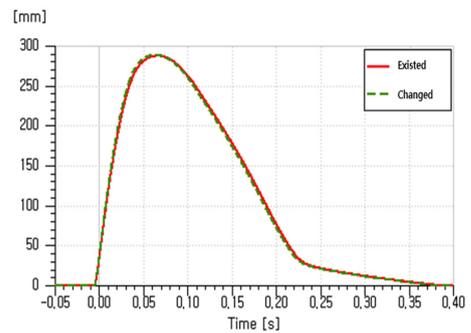


(c) Recoil Pressure

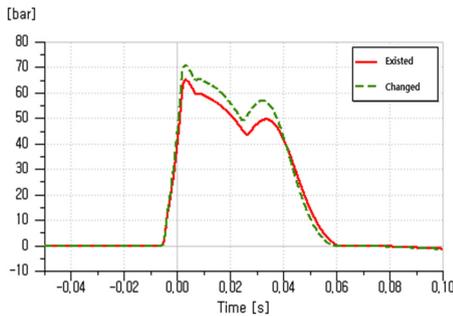
Fig. 9. Analysis Result of 25°



(a) Recoil Velocity



(b) Recoil Distance



(c) Recoil Pressure

Fig. 10. Analysis Result of 35°

압력증대(75,000 psi수준)에 따른 주퇴복좌장치의 특성 시뮬레이션 결과 주퇴속도, 주퇴거리, 주퇴압력은 다소 증가하는 경향을 보였으나 규격에서 요구하고 있는 수치들을 모두 만족하는 것으로 확인되었다. 특히 안전율(정압압력/주퇴압력)은 최소 3.45를 확보하는 것으로 확인되어 압력이 증대된 조건에서의 주퇴복좌장치 성능 및 구조 안전성에도 문제가 없는 것으로 판단하였다. 해석결과와 규격의 비교는 Table 4와 같다.

Table 4. Analysis Result

Item	Spec.	Result
Counter Recoil Terminal Velocity (m/s @12.7mm)	0.991	0.2
Recoil Distance (mm)	285.8 ~ 311.1	285.9 ~ 287.0
Recoil Pressure (kg/cm ²)	246	65.2 ~ 71.2

3. 결론

본 연구는 전차에 적용중인 포신의 보증압력이 미국의 원 규격과 과거에 제정된 한국 규격에 명시된 수치가 상이하고 사용 중인 탄종의 최대압력과도 상이하여 운용간 제한사항이 예상됨에 따라 포신 보증압력 상승 시의 신뢰성을 확인하기 위해 수행되었다. 국외 기술자료 검토, 확인사격시험, 주퇴복좌장치 안정성 분석을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전차 포신 규격은 미국에서 운용중인 전차 포신(M68)의 규격을 참조하여 제정된 것으로, 미국의 규격은 2번의 개정이 이루어지면서 보증사격시험

압력이 기존 최대 72,000 psi 수준에서 최대 75,000 psi 수준으로 변경되었다.

2. 포신에 가온탄 2발과 고압탄 4발을 사격 후 포강(포신) 확장량을 확인한 결과, 규격을 만족하였으며 자분탐상시험에서도 결함이 존재하지 않았다.
3. 주퇴복좌장치 안정성을 분석한 결과 주퇴속도, 주퇴거리, 주퇴압력은 다소 증가하였으나 규격 요구 수치는 모두 만족하였으며, 안전율은 최소 3.45로 압력이 증대되어도 주퇴복좌장치의 안전성에는 이상이 없었다. 연구결과에 따라 신규 제작되는 포신은 신규탄 사용이 가능하도록 보증압력을 변경하였다. 본 연구는 향후 유사장비의 신뢰성 연구 시 기초자료로 활용될 것으로 기대한다.

References

- [1] H. C. Jung, K. R. Kim, Y. H. Kang, Y. W. Ban, D. H. Jung, "A Research on Characteristics of Internal Flow Based on the Gun Barrel Length and Ammunition Pressure", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.19, No.11, pp.513-520, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.11.513>
- [2] G. S. Joo, H. Huh, Y. H. Jung, J. Y. Kim, S. W. Seo, "Numerical Simulation of a Gun-launched Projectile Considering Rifled-gun Tube", *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers. A*, Vol.41, No.9, pp.877-885, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-A.2017.41.9.877>
- [3] S. K. Ko, Y. T. Cho, "A Study on the Selection of Forward Flow Forming Conditions with Inconel718 Tube for Mortar Barrel Manufacturing", *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol.18, No.8, pp.51-59, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14775/ksmpe.2019.18.8.051>
- [4] S. C. Lee, S. S. Lee, C. H. Lee, "MEMS Capacitive Gap Sensor for Measuring Abrasion Depth of Gun Barrel Rifling", *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers. A*, Vol.33, No.9, pp.976-981, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-A.2009.33.9.976>
- [5] J. H. Kim, W. S. Shim, Y. K. Yoon, Y. S. Lee, K. U. Cha, S. K. Hong, "A Study on the Residual Stress Evaluation of Autofrettaged SCM440 High Strength Steel", *Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers*, Vol.14, No.4, pp.39-45, 2010.
- [6] K. J. Song, E. K. Kim, S. K. Koh, "Residual Stress Estimation and Fatigue Life Prediction of an Autofrettaged Pressure Vessel", *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers. A*, Vol.41, No.9, pp.845-851, 2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-A.2017.41.9.845>

- [7] E. Y. Lee, Y. S. Lee, Q. M. Yang, J. H. Kim, K. U. Cha, S. K. Hong, "A Study on the Fatigue Life of Autofrettaged Compound Cylinder", *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers. A*, Vol.33, No.4, pp.296-309, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-A.2009.33.4.296>
- [8] STANAG 4458, "105mm Ammunition for rifled tank guns", Standardization Agreement of NATO, 1998
- [9] DOD-STD-1469, "Ballistic Acceptance Test Requirements", Military Standard of USA, 1985
- [10] U. S. Park, "Quality Control and Nondestructive Testing", *Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing*, Vol.1, No.1, pp.39-44, 1981.
- [11] J. S. Park, "A Study on Recoil Force Reduction Using a Low-recoil Direct Gun", *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol.15, No.5, pp.125~130, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14775/ksmpe.2016.15.5.12>

김 성 훈(Sung Hoon Kim)

[정회원]



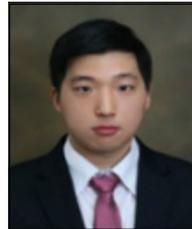
- 2014년 12월 : 한양대학교 재료공학과 (공학사)
- 2014년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 재료공학, 기계공학

노 상 완(Sang Wan Noh)

[정회원]



- 2012년 7월 : Tsinghua University 정밀기계과 (공학사)
- 2015년 6월 : 연세대학교 기계공학부 (공학석사)
- 2015년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 재료공학, 기계공학

전 상 배(Sang Bae Jun)

[정회원]



- 1999년 2월 : 금오공과대학교 기계공학과(학사)
- 2001년 2월 : 금오공과대학교 기계공학과(석사)
- 2008년 ~ 현재 : 현대위아 특수개발팀 근무
- 2020년 6월 : 산업인력관리공단 건설기계기술사

<관심분야>

기계공학, 유압, 표면처리, 국방

박 영 민(Young Min Park)

[정회원]



- 2013년 2월 : 울산대학교 조선공학과 (공학사)
- 2013년 1월 ~ 2017년 1월 : STX 조선해양 대리
- 2017년 2월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 기계/조선, 진동/소음