

# 소구경화기 총열의 크롬도금 손실방지를 위한 질화 영향 사례연구

신재원\* · 신태성\* · 최시영\* · 정상후\* · 김병규\* · 권혁린\*\*†

\* 국방기술품질원 기동화력4팀

\*\* S&T 모티브 특수QA팀

## A CASE STUDY ON THE EFFECT OF NITRIDING FOR CHROME-PLATING LOSS OF SMALL ARMS BARREL

Shin, JW\* · Shin, TS\* · Choi, SY\* · Chung, SH\* · Kim, BK\* · Kwon, HR\*\*†

\* Defense Agency for Technology and Quality, 4Th Land System Team

\*\* S&T Motiv Co, Special Quality Assurance team

### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of this study is to research to protect to loss of chrome-plating of small arms barrel on high temperature in order to extend its life expectancy.

**Methods:** The reason why chrome-plating dropped out is main material is weak from heat. Therefore, to make barrel of small arms have higher heat-resistant property, nitriding for barrel before chrome-plating is needed and test of that barrel was handled to improve it.

**Results:** Nitriding before chrome-plating is useful to protect to chrome-plating loss on high temperature.

**Conclusion:** To protect loss of chome-plating of small arms barrel during on firing, pre-nitriding on barrel is effective finally it leads to extend to barrel's life expectancy.

**Key Words:** Nitriding, Chrome-Plating, Life Expectency, Barrel

● Received 1 August 2017, 1st revised 1 September, accepted 6 September 2017

† Corresponding Author(dodo184@sntmotiv.com)

© 2017, 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 re-production in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서 론

소구경화기(Small arms) 총강내부는 2,000℃의 탄 추진제 연소가스의 온도에 노출되어 운용중 지속적인 가열 및 냉각과정을 거친다. 총강내부가 가열되면 기계적 성질이 악화되고 이때 탄자의 회전 및 전진, 마찰에 의해 총강은 급격히 마모되어 총강내경이 확장됨에 따라 그 수명을 다하게 된다. 이러한 부분을 해결하기 위해 많은 연구가 진행되었는데 특히 구조적으로 약실전방의 강선시작부가 가장 많은 열에 노출되기 때문에 이 부분에 Inconel등의 내열소재를 열박음 처리(Shrinkage pitting)하는 방법을 이용하여 2중구조(Two-piece structure)의 총열을 제작한 기관총이 대표적인 사례이다. 하지만 이는 많은 가공이 필요하기 때문에 비효율적인 방법이다. 따라서 총열재료 자체의 내열성을 향상시켜 일체형 구조(One-piece structure)로 가공하는 것이 가장 효율적이다. 이를 위해 표면처리를 실시하는데 소구경화기에서는 크롬도금을 실시한다.(Jae-wook Chae, 2003) 참고문헌의 “Research for surface treatment of small arms”에 따르면 질화 등여러 가지 표면처리에 대한 총열 수명향상효과의 비교시험결과 크롬도금이 가장 효과가 좋은것으로 나타났다. 질화(Nitriding)을 이용하는 타 무기체계도 있으나 소구경화기에서는 크롬도금(Chrome-plating)을 이용한다. 크롬도금은 많은 산업현장에서 사용되는 대표적인 표면처리 방법인데 이는 내열성, 내마모성이 높기 때문에 탄 격발에 의해 발생하는 고온과 탄자의 회전에 의한 마모에 대해 충분히 견딜 수 있어 총열수명향상에 효과적이다. 따라서 총열에 크롬도금처리를 실시하게 되는데 참고문헌의 “Research for chrome-plating on small arms barrel”에 따르면 총열 모재의 경도 등 기계적 성질이 좋지 않으면 크롬도금의 밀착성이 떨어지고 모재의 반복가열로 인한 내부응력이 발생되어 도금층이 균열되고 탄자의 구리가 용착 및 침투되어 내경이 축소된다고 나타나있다.(Chung-gi Choi, 1983) 이러한 현상으로 인해 탄착군(Shot group)이 급격하게 확산되어 정확도가 떨어져 총열의 수명을 다한다. 따라서 총열 모재의 기계적 성질을 확보하지 않으면 크롬도금이 조기에 손상되어 총열의 도금에 대한 효과를 극대화 할 수 없기 때문에 표면처리의 총열수명향상 효과가 반감되어 총열 수명이 떨어지게 된다.

소구경화기는 크게 소총과 기관총(Machine gun)으로 분류할 수 있는데 기관총의 경우 소총대비 지속연사가 요구되는 소구경화기로, 총열온도가 소총대비 100℃ 이상 높은 환경에서 운용된다. 따라서 기관총은 크롬도금 단독적용시 총열수명 유지가 어렵기 때문에 총열의 수명향상을 위해 추가적인 방안 마련이 필요하고 소총의 총열수명도 마찬가지로 추가 향상이 가능하므로 사격중 크롬도금 손실 방지방안에 대한 연구가 필요하다.

총열 모재 합금강의 기계적 성질을 향상시키는 방법은 대표적으로 질화처리(Nitriding)가 있다. 참고문헌의 “Research for nitriding property of small arms barrel”에 따르면 질화처리를 실시할 경우 FeN, Fe<sub>2</sub>N, Fe<sub>3</sub>N, Fe<sub>4</sub>N의 철질화물을 형성하고 질소가 강내로 확산하여 침입하고 합금강 내 질소화합물을 형성한다. 이러한 과정을 통해 총열 모재의 기계적 성질을 확보할 수 있다. (Yeung-jun Hong, 1984)

본 연구에서는 질화처리를 이용하여 기계적 성질을 높인 소구경화기 총열의 사격간 크롬도금 손실방지 효과 및 총열수명에 대한 영향을 평가하였다.

## 2. 이론적 배경 및 선행연구

### 2.1 크롬도금의 소구경화기 총열 수명 영향

크롬도금에 의한 소구경화기 총열의 수명영향에 대해서는 구경별, 기종별로 많은 연구가 이루어져 있다. 크롬도금의 총열 단독적용시 총열수명의 영향을 파악하였다.

K2 소총을 이용하여 국방규격에 따라 사격시험을 진행하였고 내경치수가 불합격될때까지 사격발수에 따라 주기적으로 약실부 Land 내경 변화를 측정하였다. Land는 Fig 1과 같이 탄자의 회전을 위해 가공하는 강선등 대한 명칭이다. 총강내경 변화는 총열수명의 대표적인 인자로, 마모가 발생될 시 탄자 추진가스 압력 및 탄자회전력이 낮아짐에 따라 분산도(Degree of dispersion) 및 총구속도(Muzzle speed), 즉 탄자속도가 나빠지게 된다. 또한 크롬도금의 손상으로 인해 내경표면 상태가 나빠지거나 이물질이 쌓여 내경이 좁아지면 이 역시 같은결과를 초래하게 된다. 확인결과 시험사격 완료 후 내경의 변화가 Table 1과 같이 Land부 최종측정시 내경변화가 심해 규격 Gauge 삽입이 불가하여 기준을 벗어난 것을 확인하였고 표면상태는 Fig 2과 같이 크롬도금이 손상 및 탈락된 모습을 확인하였다. 특히 약실부에서는 Crack의 진척이 깊고 Pitting 및 탈락이 심하게 발생하였다. 중앙부에서는 Groove 및 Land부 변형이 발생되었다. 결과적으로 사격발수에 따른 마모도 및 표면상태 확인결과 일반적인 소총에는 적합하나 지속사격으로 인한 고온의 환경에서 운용되고 다량의 사격발수의 내구도가 필요한 기관총에는 부적합한 결과로 확인되었다.

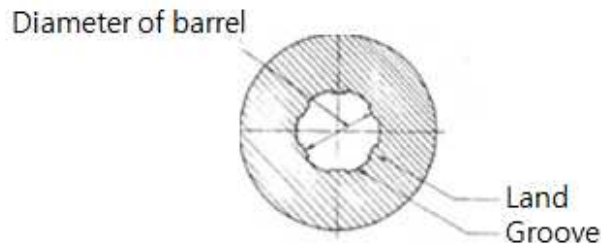


Figure 1. Cross-section of barrel

Table 1. Change of land diameter of barrel with firing number

Measurement order	Inner diameter change compared with the first condition
The first firing	-
1st	no change
2nd	no change
3th	0.005mm
4th	0.005mm
5th	0.005mm
6th	0.007mm
7th	0.007mm
8th	impracticable to measurement

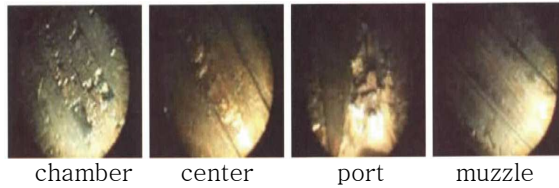


Figure 2. Image of inner surface of chrome-plating barrel after shooting

### 3. 개선시료 사격시험 결과

시료는 총열 합금강에 질화처리를 통해 미세한 질화물을 생성시키므로써 경도를 향상시키고 반복가열에 의한 응력(Stress) 및 크랙발생을 방지한 총열에 크롬도금을 실시한 후 사격시험을 통해 기존 크롬도금의 단독적용한 총열과 수명영향에 대해 비교하였다. 시험은 크롬도금 단독적용 사격시험대비 80발을 추가 지속사격 조건으로 이는 총열 내부 온도를 약 100℃ 높이는 조건이다.

사격발수에 따른 총강내경변화는 사격발수에 따라 일정한 주기로 Fig 3과 같이 Air gauge를 이용하여 약실, 중앙, 총구부에 대해 확인하였다. 확인결과 최종사격완료시까지 총강마모가 Table 2와 같이 약실, 중간, 총구의 Land부는 최대 0.005mm 이내로 최대 내경 변화 기준을 충분히 만족하였다.







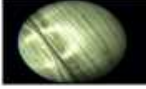













Figure 3. Image of diameter measurement of barrel

Table 2. Change of sample barrel land diameter with firing number

Measurement order	Chamber(mm)	Center(mm)	Muzzle(mm)
The first firing	-	-	-
3th	0.005	0.0015	0.0095
4th	0.005	0.001	no change
5th	0.005	0.002	0.002
6th	0.002	0.0005	0.0005
7th	0.004	0.0005	0.0005
8th	0.002	0.0025	no change
9th	0.002	0.003	0.001
10th	0.002	0.001	0.001

또한 내경표면상태 확인결과 Table 3과 같이 사격이 진행됨에 따라 일부 미세크랙이 발생하였으나 크롬단독 적용 결과와 비교하였을때 다량의 Pitting이나 Crack 또는 탈락은 확인되지 않았다. 또한 10차 측정에서도 강선이 뚜렷하게 남아 있었고 크롬도금의 상태가 매우 양호한 것을 확인하였다. 결과적으로 본 시험조건의 경우 기관총 총열의 내구조건을 만족시키기 위해 80발 추가 연속사격으로 인해 총열온도가 더 높아지는 조건임에도 불구하고 기존 소총의 크롬도금 단독적용 대비 1,400발 이상 추가사격이 가능하고, 최종 사격완료 후에도 총열의 크롬도금이 매우 양호한 상태로 존재하였다. 또한 최종 사격 후 마모가 미미하였기 때문에 분산도 및 총구속도도 마찬가지로 관련 국방규격 기준내 양호하였다. 최종사격 후 분산도는 최초사격시 대비 약 1.4" 증가했고 총구속도는 최초사격 대비 약 40m/s 낮아지는 값을 보였다. 총구속도는 소구경화기의 유효사거리와 직결되는 부분인데 Fig 4와 같이 직사각형 모양의 탄자이동 측정장치를 2m 간격으로 설치하고 탄자가 그 두 장치를 통과하는데 걸리는 시간을 이용하여 측정하였다. 총구속도를 통해 탄의 이동거리에 따른 속도를 예측하는 탄도분석을 Table 4의 예와 같이 실시하고 그에 따라 사격 지점 별 운동에너지를 계산한다. 이 운동에너지를 통해 관통력을 계산하여 유효사거리를 결정하게 되는데 개선시료 시험결과에서 최종사격 완료 후 관련 기술자료에 명시된 유효사거리를 충분히 만족하는 결과를 보였다.

**Table 3.** Image of inner surface of nitriding and chrome-plating barrel after shooting

Measurement order	Chamber	Center	Muzzle
0			
1st			
3th			
5th			
8th			
10th			



**Figure 4.** Image of measurement for muzzle velocity

**Table 4.** Example of muzzle velocity and kinetic energy of bullet

Distance(m)	Muzzle speed (m/s)	Kinetic energy(J)
0	792	2,975
300	700~800	~1,605
500	400~700	~1,000

## 4. 결 론

현재 국내생산 중인 소구경화기를 이용하여 총열의 크롬도금 단독적용 총열과 질화처리 후 크롬도금 시 크롬도금의 손실거동 및 총열수명영향에 대해 평가하였다.

평가결과 소구경화기의 크롬도금은 고온에서 모재의 크랙발생으로 인해 손상을 입기 때문에 사격이 진행됨에 따라 총강 내경 변화가 지속발생된다. 총강내 크롬도금의 고온에서 탈락되는 현상을 방지하는 것은 총열모재의 질화처리를 통해 기계적 성질을 확보함으로써 가능하였다. 이러한 방법으로 크롬도금의 지속성을 높여 총열수명을 연장할 수 있다. 총열모재의 질화처리 후 크롬도금 적용시 크롬도금 단독적용 대비 최소 1,400발 이상의 총열수명 연장효과가 있는 것을 확인하였다. 즉, 같은 발수의 사격시 크롬도금 단독적용시에는 최종사격까지 내경변화가 크게 진행된 반면 모재 질화처리 후 크롬도금시에는 내경변화가 거의 없으며 표면상태도 매우 양호한 것을 확인하였다.

향후 소구경화기 총열에 이와 같이 표면처리를 적용한다면 총열의 품질 및 내구성이 향상되어 사용기간이 연장됨에 따라 국방예산 절감에 많은 기여를 할 수 있을것으로 판단된다. 또한 대구경화기에도 국방규격에 의거하여 적용 시험을 실시하고 확대적용이 가능하게 된다면 화력장비의 많은 품질개선이 이뤄질 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- Chung-gi Choi. 1983. "Research for chrome-plating on small arms barrel." Agency for Defense Development.  
 Jae-wook Chae. 2003. "Research for surface treatment of small arms." Agency for Defense Development 13-35.  
 Yeung-jun Hong. 1984. "Research for nitriding property of small arms barrel." Defense Agency for Technology and Quality.