

## 5.56mm 소총 과열에 의한 운용한계 분석 - 인간공학 중심으로

이호준\*, 최시영, 신태성  
국방기술품질원

### Study on Operating Limits of 5.56mm Rifle Overheat - Focusing on Human Engineering

Ho-Jun Lee\*, Si-Young Choi, Tae-Sung Shin  
Defense Agency for Technology and Quality

**요약** 소총 사격 중 발생하는 고온의 열은 총기의 성능을 저하시킬 뿐 아니라 사용자의 원활한 운용에 제한을 가져온다. 본 연구에서는 인간공학 설계 기준을 참조하여 사격에 따른 총열덮개의 온도변화를 측정하고 재질에 따른 운용성을 검토하였다. 인간공학 설계 기준은 피부에 직접적으로 닿을 경우 단열재를 필요로 하는 것을 명시하고 있다. 이에 따라 사격 시험을 위하여 총열덮개의 재질별로 대한민국 제식소총 3종과 해외 모델 1종을 선정하였으며, 접촉식 온도 측정기를 이용하여 사격시험을 실시하였다. 시험결과 열전도도가 낮은 플라스틱 총열덮개를 사용하는 소총과 열전도도가 높은 알루미늄 총열덮개를 사용하는 소총 모두 낮은 온도에서 100발 이상 사격에도 맨손으로 운용이 가능하였다. 그러나 평균 대기온도에서 약 60발 이상 사격 시 알루미늄 총열덮개는 맨손으로 운용이 제한되며, 다량으로 빠른 시간에 사격이 이뤄질 경우 덮개 재질에 관계없이 총열덮개의 운용이 제한되었다. 소총의 발열에 의한 운용제한 해소를 위해서는 장갑 또는 손잡이, 덮개 등을 활용하여 피부와 직접적인 접촉 차단이 필요하다. 본 연구를 통해 소총의 열 위험에 대한 운용성을 파악할 수 있었으며, 타 소총 및 군수품의 인간공학적 설계를 위한 기초자료로 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** High temperature heat generated during rifle firing not only degrades the performance of the weapon, but also limits the user's operation. In this study, temperature change of handguard according to firing was measured with reference to Human Engineering criteria and the operability according to material was examined. Accordingly, for the firing test, three types of Korean rifle and one overseas model were selected for each material of handguard, and firing test was conducted using a contact type temperature meter. The test result shows that using a plastic handguard with low thermal conductivity and aluminum handguard with high thermal conductivity enabled the rifles to be operated with bare hands even when firing at more than 100 rounds at low atmospheric temperature. However, when firing more than 60 rounds at over 20°C atmospheric temperature, aluminum handguard use is limited. When firing quickly over 100 rounds, handguard use is restricted regardless of its fabrication material. To eliminate operational limitations by overheating, it is necessary to eliminate direct contact with skin using gloves, vertical grips, etc. This study examined the operability of rifles in terms of thermal risk, and the resulting study results are expected to be used as basic data for Human Engineering of other rifles and munitions.

**Keywords** : 5.56mm Rifle, Human Engineering, Overheat, Handguard, Small Arm

---

\*Corresponding Author : Ho-Jun Lee(Defense Agency for Technology and Quality)

email: ghwnsking@dtaq.re.kr

Received May 29, 2020

Accepted September 4, 2020

Revised June 23, 2020

Published September 30, 2020

## 1. 서론

소총의 사격은 격발 시 소총탄의 뇌관에 의해 추진제가 점화되면서 생성된 높은 가스압에 의해 탄자가 총열을 통해 빠져나와 목표물을 명중시키는 것으로 이루어진다. 이 과정에서 발생한 고온 고압의 가스는 총열의 온도를 상승시키고 주변 부품으로 열이 전달된다. 총열의 높은 온도에 의해 발생할 수 있는 문제는 여러 가지가 있다. 총열 내 마멸과 침식을 가속시키고 탄자의 속도를 떨어뜨리고 총구속도를 다양하게 만들며 회전속도를 줄인다. 고온에 의해 손상된 총열로 사격할 경우 사격이 부정확하고 극단적인 경우에는 탄자의 비행이 불안정하게 된다[1]. 그리고 총열의 수명을 빠르게 단축시키고 기능고장이 발생하거나 심할 경우 총열 파손이 발생하게 된다.

일반적인 사격에서는 총열 과열이 발생하지 않으나 급박한 전투상황과 같이 빠른 시간에 많은 탄을 사격할 때 과열이 총기에 영향을 주게 된다. 실제로 아프가니스탄에서의 와낙 전투에서 미군이 사용하는 M4소총의 신뢰성 문제가 제기된 바 있었다[2].

국내에서는 K2소총의 성능개량형으로 보급된 K2C1

소총에서 과열 문제가 발생하였다[3]. K2C1소총은 기존 대한민국 제식소총인 K2소총에서 조준경, 손잡이 등 악세사리를 추가로 장착할 수 있는 마운트 시스템인 피카티니레일과 신체에 맞춰 길이 조절이 가능한 개머리판 등을 개선적용 하였다. 그러나 보급된 지 얼마 지나지 않아 총열덮개의 과열로 인해 맨손파지가 제한되는 문제가 발생하였으며 전방손잡이와 방열덮개를 추가하여 문제를 해소하였다.

본 논문에서는 소구경화기의 열 위험과 관련된 인간공학 적 설계 기준을 조사하였으며, 이에 따라 소총 사격 간 온도변화에 따른 운용한계를 분석하였다.

## 2. 인간공학

### 2.1 소총의 인간공학적 설계 개념

총기에 대한 기술과 설계에 대한 연구는 해외에서 지속적으로 오랫동안 연구되어 왔다. 어떻게 짧은 시간에 많은 화력을 만들어낼 수 있을까란 고민에 의해 기관총이 개발되고 자동연발소총이 개발되어오면서 인간공학적

Table 1. Design Criteria of Small Arms

No	Factor	Requirements
1	Design	Central 90 percent of suitably clothed and equipped users can perform all required tasks (both field operations and maintenance) easily and efficiently in daylight and at night, and in either the standing or prone position.
2	Field Assembly	When the user must reassemble parts under field conditions, their mating surfaces shall be beveled to simplify assembly.
3	Surfaces	Surfaces of the weapon or its attachments that normally contact the user's body or clothing during firing or maneuvering shall be smooth, without sharp edges, or discontinuities
4	Thermal Insulation	Any part of the weapon or attachments that contacts the user's skin shall have thermal insulation.
5	Minimize Projections	Minimize projections that could impede movement through dense vegetation.
6	Unavoidable Projections	Unavoidable projections, such as the front sight post, shall be angled toward the back of the weapon rather than perpendicular to its barrel.
7	Controls or Latches	A weapon's control or latches shall be designed and located so they will not be actuated unintentionally during fire or maneuver.
8	Avoiding Weapon Damage	Users will not damage them by operating controls in the wrong sequence or by using full-hand force.
9	Assembly	Weapons parts cannot be assembled improperly
10	Durability	Weapon controls shall be sufficiently sturdy and durable to prevent damage from normal handling in the field.
11	Captive Hardware	Whenever the user is likely to remove retaining pins during field operations or maintenance, captive hardware shall be used to prevent pin loss.
12	Weapon's Safety	The weapon's safety shall be located so the user can change from SAFE to FIRE, and vice versa, quickly, without moving either hand from its normal firing position.
13	Distinctive Shape	Weapon controls shall have distinctive shapes and locations to simplify their identification and use during stressful situations.
14	Safety	Safety shall be designed into weapons by assuring that no part of the weapon could endanger the user's face during firing when the head is held in the proper eyesight position.

요소 역시 많이 고려되었다. 1982년 미 육군 인간공학 연구소에서 발행된 보고서에 따르면 효과적인 전투소총의 설계는 타협의 결과물로서 주요한 요소로 조준, 소염기 등 총구장치, 무게중심, 조정간 조작 등의 설계 기준을 제시하고 있다[4]. 그 중 열과 관련된 설계 요소는 다음과 같다.

- a. 개머리판과 총 몸은 절연되어 사수의 얼굴에 화상을 입혀선 안 된다.
- b. 전방손잡이는 지속적으로 빠른 사격 중 과열되지 않도록 설계해야 하며 단단히 잡을 수 있도록 질감이 있어야 한다.

인간공학 설계 기준 표준인 MIL-STD-1472는 군사 시스템, 장비 및 시설의 설계 및 개발에 대한 일반적인 인간공학 기준을 설정한 규격으로 아래와 같은 기본적인 목적을 가지고 있다[5].

- a. 사용자, 조작 및 유지보수 담당자가 필요한 성능을 달성할 것
- b. 시스템 성능에 필요한 인력 요구사항을 달성할 것
- c. 인력-장비가 조합되었을 때 신뢰성을 가질 것
- d. 시스템 내부 및 시스템 간 설계를 표준화 시킬 것

이 중 소구경화기에 대한 인간공학적 설계를 위한 일반적인 기준은 Table 1과 같다. 여기서 추가적으로 소총과 기관총에 대한 요구조건으로 장전손잡이, 탄창, 양각대에 대한 기준이 제시되고 있으며 열과 관련된 인간공학 요소는 Table 1의 4번 항목으로 “사용자의 피부에 닿는 무기나 부착물에는 단열재가 있어야 한다.” 이다.

총기를 파지하기 위해서 한손은 방아손잡이를 한손은 총 몸 또는 총열부위를 잡는 자세를 취하게 되며, 총열에서 발생하는 고온의 열로부터 손을 보호하기 위한 부품으로 총열덮개가 있다. 총열덮개의 온도상승에 영향을 주는 요인은 총열온도, 총열덮개 재질, 형상, 대기온도가 있으며, 각 요인에 따른 미치는 영향은 Table 2와 같다.

Table 2. Cause of Temperature Increase of Handguard

Cause Factor		Effect
Barrel Temperature	High	High Temperature Change
	Low	Low Temperature Change
Handguard Material	Metal	High Thermal Conductivity
	Wood Plastic	Low Thermal Conductivity
Handguard Shape	Thick	High Heat Shield rate
	Thin	Low Heat Shield rate
Air Temperature	High	High Cooling rate
	Low	Low Cooling rate

## 2.2 열 노출 한계

인체의 피부는 고온 또는 저온의 사물과 접촉했을 때 시간에 따라서 조직 손상을 일으킬 수 있다. Mil-STD-1472에서는 경고, 위험 및 안전에 대한 인간공학 설계 기준을 제시하고 있으며, 열 접촉 위험 위험에 대하여 다음과 같이 기준을 제시하고 있다[4].

- a. 노출제한 : 정상 작동 하에서 사용자에게 노출되는 표면온도가 Table 3에 제시된 것보다 높거나 0℃보다 낮은 장비는 적절한 보호조치를 취해야 한다.

Table 3. Temperature Exposure Limits

Exposure	Temperature Limits		
	Metal	Glass	Plastic or wood
Momentary Contact	60℃	68℃	85℃
Prolonged Contact or Handling	49℃	59℃	69℃

- b. 화상위험 : 고온 또는 저온의 표면에 부주의에 의한 피부 접촉이 일어나지 않도록 조치를 취해야 하며 사람이 닿는 표면은 열전도성이 낮아야 한다. (기어 변속레버, 스티어링휠, 대시 컨트롤, 시트 등) 사람이 40℃까지 뜨거울 수 있는 금속 표면에 닿을 수 있을 경우 차폐, 절연, 구성요소 재배치 또는 경고 표지판 또는 라벨 등의 추가와 같은 특별한 주의사항을 표시해야 하며 Fig. 1은 피부 화상 기준을 나타낸다.

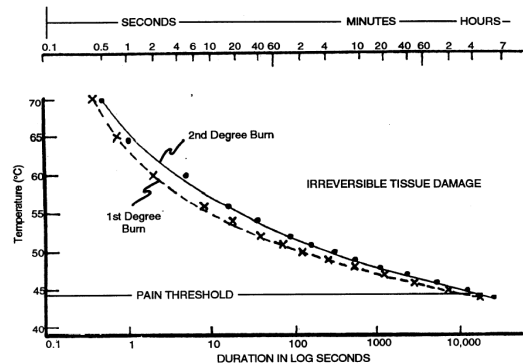


Fig. 1. Burn Criteria for Human Skin

기관총의 경우 총열 과열에 의한 탄의 약실 내 폭발 현상(Cook off) 방지를 위해 일정발수 사격 후 예비총열로 교체하도록 되어 있으나 소총에 있어서 열 관련 기준

치 또는 규정은 없다.

### 2.3 총열덮개 재질

소총의 총열덮개는 과거부터 지금까지 다양한 재질을 사용하면서 설계되어 왔다. 특히 손잡이, 개머리판, 총열은 사람의 손이나 얼굴 등의 피부가 직접적으로 접촉하는 부품이기 때문에 단일 재료를 사용하거나 커버를 사용하였다.

나무는 초기 소총에서 널리 사용되었다. 근대 미국 제식 총기를 살펴보면 1903년 이후 생산되어 2차 세계대전까지 사용한 볼트액션식 소총인 Fig. 2. (a)의 M1903 스프링필드[6], 기존 볼트 액션 소총에서 반자동 소총으로 도입한 Fig. 2. (b) M1 게런드[7], 자동소총인 Fig. 2. (c) M14 소총[8] 모두 총 몸과 총열덮개 모두 나무로 이루어져 있다.

이후 알루미늄 총 몸을 사용하면서 플라스틱 총열덮개를 사용한 Fig. 3. (a)의 M16소총[9]이 제식소총이 되었으며, 현재의 미군 주력 소총인 Fig. 3. (b)의 M4 카빈[10], 국내의 K2소총 역시 Fig. 3. (c)와 같이 총열덮개를 플라스틱으로 사용하고 있다.

현재는 광학장비의 부착을 통해 소총의 성능을 더욱 증가시킬 수 있도록 악세사리를 부착할 수 있는 피카티니레일이 도입되면서 총 몸과 더불어 총열덮개까지 알루미늄의 재질로 바뀌었다. Fig. 4. (a)의 M4카빈[11]과 해외의 AR-15계열의 소총들이 이러한 추세를 따르고 있으며 국내의 K2소총 역시 K2C1소총으로 개량되면서 Fig. 4. (b)와 같이 알루미늄 총열덮개를 사용하고 있다.



Fig. 2. Wood Receiver Rifle  
(a) M1903 Springfield (b) M1 Garand (c) M14 Rifle



Fig. 3. Plastic Handguard Rifle  
(a) M16 Rifle (b) M4 Carbine (c) K2 Rifle



Fig. 4. Aluminium Picatinny rail Handguard Rifle  
(a) M4 Carbine with RAS (b) K2C1 Rifle

Table 4. Thermal Diffusivity and Conductivity

Material	Thermal Diffusivity (mm <sup>2</sup> /s)	Thermal Conductivity (W/mK)
Wood	0.082	0.04 ~ 0.055
Polycarbonate1 / Polymer2	0.1441	0.33 ~ 0.522
Aluminum 6061-T6	64	72.8 ~ 139.8

각 재질별 열전도도 및 열확산도는 Table 4과 같다 [12][13]. 나무와 플라스틱의 경우 열확산도와 열전도도가 알루미늄에 비해 아주 낮은 것을 알 수 있다.

## 2.4 총열 온도

총열의 사격 발수에 따른 온도의 변화에 대한 연구는 많이 이루어 졌다. 미 육군에서 실시한 M4카빈의 총열과 총열덮개의 사격에 따른 온도 측정 보고서[14]에 따르면 Fig. 5와 같이 280발 연발사격을 했을 때 3분 안에 약 420°F(215°C)이상 상승하며, 총열덮개의 경우 표면온도는 Fig. 6과 같이 210 ~ 400°F(99~204°C)의 온도까지 상승한다.

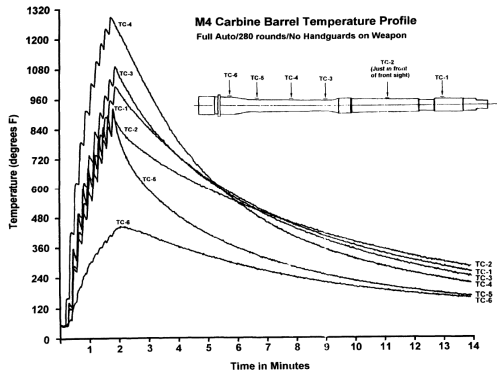


Fig. 5. M4 Carbine Barrel Temperature Profile

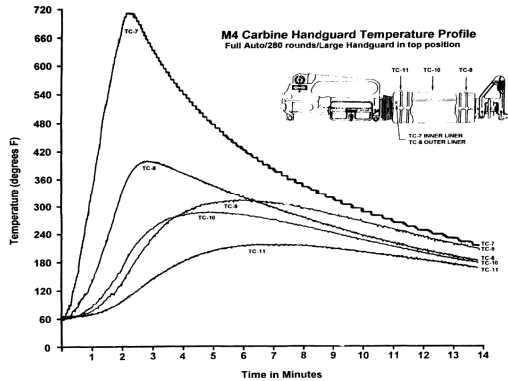


Fig. 6. M4 Carbine Handguard Temperature Profile

총열의 재질은 주로 합금강이 사용되며 사격에 의한 높은 온도를 견디기 위해 표면처리, 열처리 등으로 높은 내구성을 가지도록 설계된다. 그럼에도 불구하고 사격이 계속 진행되면 총열의 온도는 100°C 이상 급방 상승하기 때문에 맨손으로는 잡을 수 없다.

이런 이유로 총열에서 발생하는 고온의 열로부터 손을 보호하기 위해 K2소총의 총열덮개는 플라스틱을 사용하였으나, K2소총의 성능개량형인 K2C1소총은 피카티니

레일을 적용하였으며 총열덮개의 재질이 알루미늄으로 변경되었다. 결국 높은 열전도도와 열확산도를 가진 알루미늄에 의해 총열덮개 온도는 총열보다는 낮지만 손으로 운용하기 어려운 정도로 상승하여 운용 제한 문제가 발생하였다.

## 3. 운용성 분석

### 3.1 분석방법

소총의 사격 간 온도상승에 따른 운용성을 분석하기 위하여 Fig. 7과 같이 실험을 설계하였다. 먼저 사격대상 총기를 선정, 환경조건을 설정한 뒤 측정 장비를 선정하였다. 각 환경조건별로 사격시험을 통해 총열덮개의 온도 변화를 측정하였으며, 그 결과를 분석하였다.

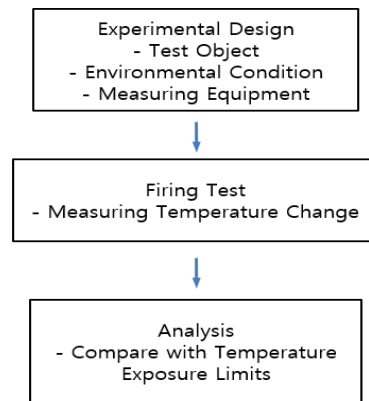


Fig. 7. Experimental Conceptual Diagram

대상이 된 총기는 총열덮개의 재질별로 한국형 소총 3종(A, B, C)과 국내에서 발열 문제가 발생한 총기와 동일한 레일 시스템을 가진 해외 모델 1정(D)을 사용하였다. 사격에 따른 총열덮개의 온도 변화를 측정하기 위해 접촉식 Thermocouple을 사용하였으며 총열덮개 측면에 부착한 상태에서 사격 간 온도변화를 기록하였다. 실험결과는 MATLAB을 이용하여 X축은 사격발수, Y축은 온도로 설정하여 사격발수에 따른 온도변화 추이를 그래프로 나타내었다.

시험소총의 냉각방식은 모두 공랭식으로 대기온도에 의한 영향으로 총기의 온도가 달라질 수 있다. 그래서 사격 환경 조건을 Table 5와 같이 10°C에서 40°C까지 약 10°C 차이의 대기온도에서 시험을 실시하였다. 맨손 운

용제한 온도는 Table 3의 재질별 열 노출 한계 온도를 기준으로 금속은 49℃, 플라스틱은 69℃로 설정하여 각 온도에 도달하는 사격발수를 확인하였다.

Table 5. Test Equipment and Condition

No	Condition		Handguard Material	Rifle Type
	Air Temp	Sun Exposure		
Test 1	38℃	○	Aluminium	A
		X	Aluminium	A-1
			Plastic	B-1
Test 2	9℃	○	Aluminium	A
		○	Plastic	B
Test 3	26℃	○	Aluminium	A
				C
				D
				A
Test 4	21℃	○	Aluminium	A
		○	Plastic	B

### 3.2 분석결과

#### 3.2.1 Test 1

첫 번째 시험은 알루미늄 총열덮개의 A소총 2정 중 1정은 태양에 노출된 상태, 나머지 1정과 플라스틱 총열덮개 B소총 1정은 그늘 아래에서 대기온도가 높은 38℃에서 100발을 사격하여 온도변화를 측정하였다. 측정결과는 Fig. 8과 같다. 플라스틱 덮개 소총인 B는 최고 44.6℃까지 상승하였으며 맨손파지가 가능하였다. 이에 반해 태양에 노출/미노출한 알루미늄 덮개의 A소총 2정은 각각 62.6℃, 56.7℃로 맨손파지가 불가능하였다. 60발 사격이후부터 금속의 열 노출 한계 온도인 49℃를 초과하였다. 그늘 아래에서 사격한 A, B 소총 모두 온도가 이전보다 낮아진 것을 확인 할 수 있다. 이것은 사격에 의한 열보다, 그늘과 바람에 의한 냉각이 더 빠르게 진행된 것으로 보이며 상대적으로 열전도도가 높은 알루미늄 덮개인 A소총의 감소폭이 높게 나타났다. 이는 직사광선을 받지 않는 것만으로도 총기의 온도가 덜 상승하는 것으로 보인다.

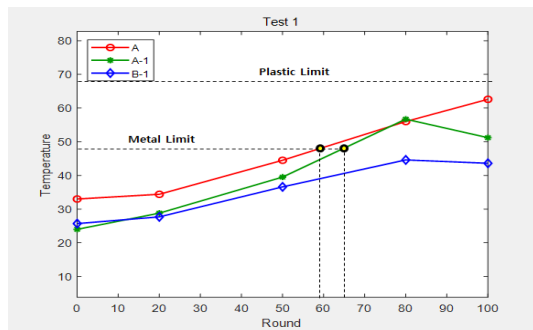


Fig. 8. Test 1 Temperature Profile

#### 3.2.2 Test 2

두 번째 시험은 알루미늄 총열덮개 A소총과 플라스틱 총열덮개 B소총을 9℃의 낮은 대기온도에서 각각 100발씩 사격하여 온도변화를 측정하였다. Fig. 9와 같이 알루미늄 덮개는 최대 36℃, 플라스틱 덮개는 43℃까지 상승하여 모두 맨손파지가 가능하였다. 사격 중에 발생하는 열이 즉각 낮은 대기온도에 의해 방출되어 열전도도가 높은 알루미늄 총열덮개의 온도 상승정도가 낮은 것을 알 수 있다.

#### 3.2.3 Test 3

세 번째 시험은 피카티니레일 총기들의 온도상승 비교를 위해 국내 알루미늄 총열덮개 소총 A, C와 해외 모델 D 각 1정을 26℃의 대기온도에서 100발씩 사격하여 온도변화를 측정하였다. 측정결과 Fig. 10과 같이 A소총은 60.3℃, C소총은 73℃, D소총은 59.5℃ 까지 상승하였다. 세 소총 모두 총열덮개의 형상과 내부 방열판의 구조에 따라 온도차이가 있으나 모두 손으로 잡기 어려운 상태로 약 75발 사격 이후부터 운용제한 온도를 초과하였다.

#### 3.2.4 Test 4

네 번째 시험은 알루미늄 총열덮개 A소총과 플라스틱 총열덮개 B소총 각 1정을 21℃의 대기온도에서 240발을 사격하여 온도상승 정도를 확인하였다. 측정결과 Fig. 11과 같이 A소총은 97℃, B소총은 82.8℃ 까지 상승하였으며, 알루미늄 덮개 뿐 아니라 플라스틱 덮개의 역시 맨손으로 잡기 어려운 상태였다. 상대적으로 낮은 열전도도를 가지고 있음에도 다량의 탄을 사격할 경우 플라스틱 덮개 역시 손으로 운용하기에 제한이 되는 것을 알 수 있다. 알루미늄은 약 120발 이상, 플라스틱은 약 220발 이상 사격 이후부터 운용제한 온도를 초과 하였다.

### 3.3 분석결과

환경조건, 총열덮개 재질에 따른 열 노출 한계온도에 도달하는 사격발수는 Table 6과 같다. Test 1의 플라스틱 총열덮개와 Test 2의 두 총열덮개는 100발 사격에도 운용제한 온도에 도달하지 않았기 때문에 사격발수는 확인 되지 않았다.

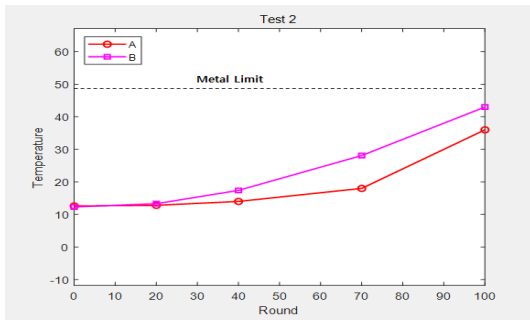


Fig. 9. Test 2 Temperature Profile

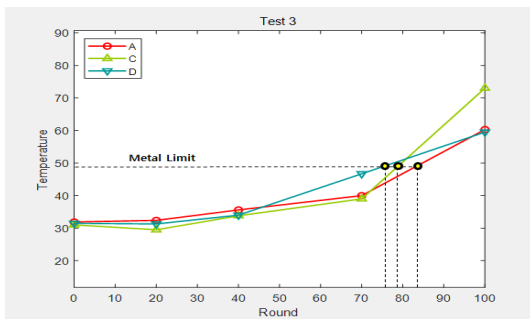


Fig. 10. Test 3 Temperature Profile

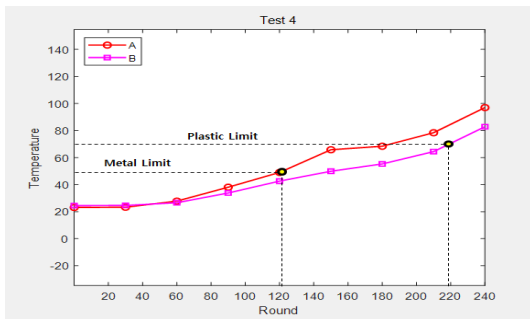


Fig. 11. Test 4 Temperature Profile

Table 6. Test Result

No	Condition		Handguard Material	Firing Round (Meets Temperature Exposure Limits)
	Air Temp	Sun Exposure		
Test 1	38°C	○	Aluminium	59
		X	Aluminium	65
			Plastic	.
Test 2	9°C	○	Aluminium	.
		○	Plastic	.
Test 3	26°C	○	Aluminium	75
Test 4	21°C	○	Aluminium	120
		○	Plastic	220

전체 시험결과를 종합해보면 아래와 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 대기온도조건이 낮을 경우 일정 사격발수 이하에서는 플라스틱과 알루미늄 총열덮개 소총을 맨손으로 잡고 운용이 가능하다.

둘째, 20°C 이상의 기온에서 100발 사격 시 플라스틱 총열덮개 소총은 맨손으로도 운용이 가능하나 알루미늄 소총은 맨손으로 운용이 제한될 수 있다.

셋째, 총열덮개의 재질에 관계없이 많은 탄을 사격할 경우 모두 맨손으로 운용이 제한된다.

넷째, 대기온도가 높아질수록 운용제한온도에 도달하는 최소사격발수가 작아진다.

#### 4. 결론

국내 소총의 과열에 의한 운용한계 분석을 위하여 총열덮개의 재질이 다른 총기별로 사격 간 온도변화를 측정하였으며 분석결과는 다음과 같다.

대기온도가 낮을 때 일정 사격발수 이하에서 열전도율이 높은 알루미늄 총열덮개도 맨손으로 운용이 가능하다. 일반적인 대기온도 상태에서 플라스틱 총열덮개는 일정 사격발수 이하에서 맨손으로 운용이 가능하나 알루미늄 총열덮개는 운용이 제한될 수 있다. 그리고 사격발수가 증가할수록 총열덮개 역시 맨손으로 운용이 제한될 정도로 온도가 상승할 수 있다.

결국 사람 피부의 열 노출 한계 기준과 비교했을 때 소총에 있어서 신체와 접촉하는 부품의 온도가 49°C 이상 상승할 수 있다면 단열을 위한 소재변경 또는 전방손잡이, 덮개와 같은 대체 수단을 필요로 한다.

본 연구를 통해 5.56mm소총 과열현상의 인간공학적인 측면에서 운용제한 온도와 사격발수를 파악할 수 있었으며, 타 소구경화기의 설계뿐 아니라 신체와 직접적으로 접촉하는 군수품에 대하여 열 위험 방지대책 수립을 위한 자료로 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

#### References

- [1] Lee, Hung Ju, Rifle and Ballistics. Chung Moon Gak, p.464.
- [2] The Buzz. Firefight Fail:How the U.S. Army's M-4 Rifle Overheated and Jammed in a Bloody Battle[Internet]. The National Interest, c2019 [cited 2019 March 13],

Available From: <https://nationalinterest.org> (accessed May. 14, 2020)

- [3] Jung Young-tae. A hundred shots...New rifle that can't get hot[Internet]. SBS, c2016 [cited 2016 October 12], Available From: <https://news.sbs.co.kr> (accessed May. 25, 2020)
- [4] Paul H. Ellis, SOME HUMAN FACTORS CONSIDERATIONS IN THE DESIGN OF A COMBAT RIFLE, Technical Note 7-82, U.S ARMY HUMAN ENGINEERING LABORATORY, U.S, pp.3-11.
- [5] DEPARTMENT OF DEFENSE DESIGN CRITERIA STANDARD HUMAN ENGINEERING, MIL-STD-1472, DEFENSE AGENCY FOR TECHNOLOGY, U.S, pp.361.
- [6] Armèmuseum. M1903 Springfield[Internet]. wikimedia, c2012 [cited 2012 February 3], Available From: <https://commons.wikimedia.org> (accessed May. 25, 2020)
- [7] Armèmuseum. M1 Garand rifle[Internet]. wikimedia, c2019 [cited 2019 July 9], Available From: <https://commons.wikimedia.org> (accessed May. 25, 2020)
- [8] US Air Force. M14 Stand-off Munitions Disruptor(SMUD) [Internet]. wikimedia, c2017 [cited 2017 February 17], Available From: <https://commons.wikimedia.org> (accessed May. 25, 2020)
- [9] M16 rifle [Internet]. namu.wiki, Available From: <https://namu.wiki> (accessed May. 25, 2020)
- [10] M4 Carbine [Internet]. namu.wiki, Available From: <https://namu.wiki> (accessed May. 25, 2020)
- [11] Photo Courtesy of PEO Soldier. PEO M4 Carbine RAS M68 CCO[Internet]. wikimedia, c2010 [cited 2010 August 27], Available From: <https://commons.wikimedia.org> (accessed May. 25, 2020)
- [12] Thermal diffusivity [Internet]. wikipedia, Available From: <https://wikipedia.org> (accessed May. 25, 2020)
- [13] List of thermal conductivities [Internet]. wikipedia, Available From: <https://wikipedia.org> (accessed May. 25, 2020)
- [14] Jeff Windham, External Barrel and handguard Temperature of the 5.56mm M4 Carbine, Final Report SMCAR-ES-94-1, U.S Army Armament Research, Development and Engineering Center(ARDEC), U.S, pp.86.

---

이 호 준(Ho-Jun Lee)

[정회원]



- 2014년 8월 : 부산대학교 항공우주공학과 (학사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 기동화력센터 연구원

<관심분야>

기계, 항공, 국방품질경영

---

최 시 영(Si-Young Choi)

[정회원]



- 2011년 8월 : 부산대학교 기계공학부 (학사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 기술기획본부 연구원

<관심분야>

생산기술, 기계설계, 품질보증

---

신 태 성(Tae-Sung Shin)

[정회원]



- 2015년 8월 : 고려대학교 기계공학과 (학사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방기술품질원 품질경영부 연구원

<관심분야>

기계, 국방품질경영, 체계공학