

육군 발칸용 덮개의 로프 구멍쇠 품질개선 연구

박상훈¹, 최재호^{1*}, 이진원^{1,2}, 박성제¹, 신재혁¹
¹국방기술품질원, ²경상국립대학교 기계항공공학부

A Study on the Quality Improvement of Rope Holes for Army Vulcan Covers

Sang-Hoon Park¹, Jae-Ho Choi^{1*}, Jin-Won Lee^{1,2}, Sung-Jae Park¹, Jae-Hyuk Shin¹

¹Defence Agency for Technology and Quality

²School of Mechanical and Aerospace Engineering, Gyeongsang National University

요약 본 연구는 육군 발칸용 덮개의 P.P 로프 구멍쇠 품질개선에 대한 연구이다. 00mm 발칸에 사용되는 몸체 덮개는 발칸 조종석 내부 모터, 선도계산조준기, 조종계기계통 등 외부 환경에 취약한 구성품의 손상을 방지하기 위해 사용된다. P.P 로프와 구멍쇠는 몸체 덮개 하단에 위치하여 구멍쇠 내경에 P.P 로프가 지그재그로 체결되는 형상으로 장착되며, 외부환경, 00mm 발칸의 이동시 의도치 않은 탈착을 방지하는 역할을 수행한다. 하지만, P.P 로프와 구멍쇠의 체결여유 부족, 카드뮴 도금의 환경 유해성으로 인해 품질 개선이 요구되었다. 본 연구에서는 구멍쇠 품질 개선을 위해 개선 형상을 선정하고 산성비, 염무, 강우 등의 외부 환경 보호를 위한 도금 방식 비교, 소요군의 운용성 향상을 위한 P.P 로프, 구멍쇠의 체결성 분석을 수행하였다. 공인시험기관 평가 및 개선 형상의 00mm 발칸에 부착시험을 통해 개선형상의 타당성을 입증하였다. 본 연구를 통해 개선된 형상은 인체 유해성 개선, 소요군의 운용성 향상, 기존대비 81%의 원가 절감의 효과를 확인하였다.

Abstract This study examined the quality improvement of P.P rope puncture in the cover for an Army Vulcan. Vulcan covers used in 00mm Vulcan are used to prevent damage to components vulnerable to external environments, such as Balkan cockpit internal motors, leading calculators, and control systems. The P.P. rope and the slotted rod are located at the bottom of the body cover and mounted to the inner diameter of the slotted rod in a zigzag shape. These are responsible for preventing unintentional detachment when moving the 00mm Vulcan. On the other hand, quality improvement was required due to the lack of margin for the engagement of P.P. ropes and holes and the environmental hazards of cadmium plating. In this study, an upgraded shape was selected to improve the hole quality and compare the plating method to protect against the external environment of acid rain, salt mist, and rainfall. The P.P rope was used to improve the operability of the required group and evaluate and test the improved shape to 00mm Vulcan. Through this study, improved features were identified with improved human hazards, improved operability of the required groups, and cost savings of 81% compared to the existing ones.

Keywords : Vulcan, Washer, Grommet, Plated, Vulcan Cover

*Corresponding Author : Jae-ho Choi(Defence Agency for Technology and Quality)

email: jaeho-choi@dtq.re.kr

Received April 5, 2021

Accepted August 5, 2021

Revised April 20, 2021

Published August 31, 2021

1. 서론

육군에서 운용중인 00mm발칸은 저고도로 접근하는 항공기에 효과적인 성능발휘가 가능하도록, 설계/개발된 대공화기로 우리나라에서는 1970년대 최초 도입되어 저고도 방공무기의 핵심 장비로 현재까지 운용되고 있다. 00mm 발칸은 최대 00km/h의 속도로 차량에 전인되어 이동하며, 설치가 간편하여 기계화 부대에 대한 중단 없는 방공지원업무를 수행한다. 00mm 발칸은 분당 0,000발의 발사속도를 가진 고효력의 무기체제로 대공무기로서 뿐만 아니라 적 지상표적에 대해서도 강력한 화력지원이 가능하다. 또한, 자체 레이더를 통해 표적에 대한 사격 제원을 산출하고, 선도계산조준기에 의한 표적 정밀 추적으로 명중률을 향상시켰고, 0,000발 이상의 탄을 적재하여 장기간 재보급 없이 지속적인 임무수행이 가능하다. Fig. 1은 육군에서 운용중인 00mm발칸의 기본 형상이다[1].



Fig. 1. 00mm Vulcan for Army

본 연구에서는 육군에서 운용중인 00mm발칸의 몸체 덮개 구멍쇠 품질개선을 수행하고자 한다. 이를 통해 발칸장비의 품질향상 및 소요군 운용품질을 향상시키는 것이 그 목적이다. 00mm발칸에서 덮개의 기능 Fig. 2와 같은 형상으로 강우, 안개, 바람 등의 외부 환경으로부터 선도계산조준기, 배터리, 모터를 보호하는 역할을 수행한다.

구멍쇠와 P.P 로프는 덮개 하단에 위치하여 지그재그로 체결되어, 비, 바람, 임무 수행 중 의도치 않은 탈착을 방지하는 역할을 수행한다. 장기간 외부 환경에 노출되는 발칸 특성상 구멍쇠는 적정 수준의 강도(두께)와 내식성, 밀착성이 요구되며, 전술 운용간 보관시 난연성 및 곰팡이 저항성의 기능이 요구된다.



Fig. 2. 00mm Vulcan for Army

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장 본론에서는 2.1 원인 분석 및 2.2 개선안 도출을 통해 개선품이 식별되며 2.3 개선안 분석에서는 개선품과 기존품의 형상비교, 규격비교, 단가비교 등을 통해 동등 및 그이상임을 입증하였다. 또한, 개선 시제품의 신뢰성 검증은 2.4 부착 시험을 통해 입증하였다. 마지막으로 결론에서는 개선내용을 정리하였으며 향후 과제에 대해 서술하였다.

2. 본론

본 연구의 목적은 육군에서 운용중인 00mm 발칸의 몸체덮개 구멍쇠의 품질개선을 수행하는 것이며 연구 목적 달성을 위한 Fig 3과 같은 절차로 연구를 수행하였다.

2.1 원인 분석

기존품의 도금은 KS W 1139(항공기용 전기 카드뮴 도금) 방식을 요구하고 있으며, 카드뮴은 유해환경물질로서 대기, 식품, 음료수, 흡연을 통해서 비특정 다수인에게 흡수되어 Itai-Itai병과 같은 공해병의 원인이 되기도 하고 한편으로는 이를 취급하는 근로자들에게 직업병으로서의 카드뮴중독을 일으키기도 한다.[2] 또한, 대한민국 환경부에서 고시한 유독물질 및 제한물질 · 금지물질의 지정 제 4조 제한물질로 지정[3]되어 있어 제조, 수입, 판매, 보관, 저장, 운반 등의 제한사항을 가지고 있어 개선이 필요하다.



Fig. 3. Research Process

또한, 기존 구멍쇠의 내경은 $11.13\text{mm} \pm 0.062$ 이고 P.P 로프의 지름은 8.20mm로 구멍쇠와 로프 체결시 간섭으로 인해 소유크운용시 불편함이 예상되었다.

본 연구에서는 00mm 발칸에 적용중인 기존품의 2가지 문제를 해결하기 위해 개선안 도출 및 개선방안을 제시하고자 한다.

2.2 개선안 도출

기존 구멍쇠의 운용성 개선, 카드뮴 도금 방식의 유해성으로 인해 개선품을 식별하였으며, 기존 구멍쇠와 개선품의 형상 및 치수비교, 표면처리 방식, 규격 요구사항 비교를 통해 대체규격의 타당성을 입증하고자 한다.

2.2.1 구멍쇠 개선품 확인

현재 소유크운에서 운용중인 00mm발칸 덮개의 구멍쇠는 MS20230K BP3를 요구하고 있으며 기본 형상은 아래 Fig. 4와 같다. 본 연구에서 소유크운의 운용성 향상을 위해 식별한 개선품(5호 구멍쇠)의 형상은 Fig. 5와 같다. 개선품은 국내 생산제품으로 타 무기체계 덮개류에 적용중인 품목이다.



Fig. 4. Configuration of Applied Item(BP3)



Fig. 5. Configuration of Interchangeable Item

2.3 개선안 분석

2.3.1 기존품과 개선품의 치수 비교

현재 00mm발칸 덮개에 적용되어 있는 기존품(BP3)과 국내에서 제작한 개선품(5호 구멍쇠)과의 치수를 비교한 결과는 아래 Table 1과 같다. P.P 로프와 구멍쇠가 체결되는 내경($\varnothing A$)는 기존대비 개선품이 4.75mm가 크

Table 1. Original, Improvement dimension comparison

Configure	Hole(+)					Hole(-)				
Size (Unit : mm)	$\varnothing A$	$\varnothing B$	C	$\varnothing D$	E	$\varnothing F$	$\varnothing G$	$\varnothing H$	L	
Original	11.13	24.326	1.27	13.46	1.27	13.84	11.00	24.64	8.76	
Improvement	15.88	30.61	1.40	18.80	1.14	19.94	15.09	30.99	9.53	
Difference	4.75	6.35	0.13	5.33	-0.13	6.10	4.09	6.35	0.76	

므로 기존 문제점으로 지적되었던 P.P 로프와의 간섭문제는 해결 할 수 있다.

2.3.2 기존품과 개선품의 표면처리 규격 비교

기존 구멍쇠의 도금 KS W 1139 (항공기용 전기 카드뮴 도금)[4]과 개선품의 도금 KS D 8304 (전기 아연 도금)[5]의 동등이상임을 입증하기 위해 ①재질 ②도금두께 ③밀착성 ④내식성에 대한 비교 분석을 수행하였다.

① 재질(Material)

기존품의 경우 해당 규격(MS20230K)에서 황동(Brass)을 요구하고 있으며 개선품의 경우 제작 및 공급업체의 검사성적서 확인을 통해 황동(Brass)임을 확인하여 동등임을 입증하였다.

② 도금 두께(Plated Thickness)

기존품은 해당 규격에서의 도금 두께는 $8\mu\text{m}$ 이상을 요구하고 있으며, 개선품 또한 최소두께를 $8\mu\text{m}$ 이상 요구하고 있다. 제작 및 공급업체의 품질보증서류를 통해 개선품의 도금 두께는 $10.2\mu\text{m}$ 로 동등 이상임을 입증하였다.

③ 밀착성(Adhesion)

도금의 밀착성은 도금이 그 경계면에서 맨바닥 또는 초벌 도금에서 분리되거나, 또는 초벌 도금이 그 경계면에서 맨바닥으로부터 분리되고 있지 않음을 확인하는 것이다. 기존품과 개선품의 규격에서는 밀착성을 입증하기 위해 시험규격 KS D 0254(도금의 밀착성 시험방법)[6]을 요구하고 있으며 해당규격에서는 카드뮴도금과 아연도금의 밀착성 시험항목으로 광택(Lustre), 볼 광택(Ball-Lustre), 박리(Stripping), 긁기(Scratch), 인장(Tensile)을 요구하고 있다. 확인 결과 Table 2 같이 카드뮴, 아연도금의 시험방법은 모두 동등함을 확인하였다.

④ 내식성(Corrosion Resistance)

도금의 내식성은 금속의 조성과 조직에 따라 성질이 달라지거나, 물이나 산, 알칼리, 염류 등의 종류, 농도, 온도 및 그 밖의 상태에 의해 성질이 달라지는 것으로 일반적으로 금속 표면에 부식 생성물이 발생하는 유무를 확인하는 것이다.[7] 기존품의 전기 카드뮴 도금 규격에서는 내식성을 충족시키기 위해 염수분무시험 96시간 요구하고 있으며, 개선품의 전기 아연도금 규격에서는 내식성 충족을 위해 염수분무 시험 48시간을 요구하고 있다.

Table 2. Adhesion Test for Plated Methods

	Plated Metal									
	Cd	Cr	Cu	Ni	Ni+Cr	Ag	Sn	Sn+Ni	Zn	Au
Lustre	●		●	●	●	●	●	●	●	●
Ball-Lustre	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Stripping (soldering)			●	●		●		●		
Stripping (adherency)	●		●	●		●	●	●	●	●
File				●	●	●		●		
Chisel		●		●	●	●		●		
Scratch	●		●	●	●	●	●		●	●
Bonding&torsion		●	●	●	●			●		
Polishing & saw		●		●	●			●		
Tensile	●		●	●	●	●		●	●	
Thermal shock		●	●	●	●		●	●		
Extrusion (Erichsen)		●	●	●	●			●		
Extrusion (Flange)		●	●	●	●	●		●		
Shot Peening				●		●				
Cathode Treatment		●		●	●					

* 항공기용 전기 카드뮴 도금 (KS W 1139)

5.5.3 내식성

내식성 시험은 KS D 8334에 따라 96시간 실시하거나, 또는 체결 부품에 대해서는 MIL-STD-1312의 시험 1에 따라 실시하여야 한다. 시험 결과의 균일성을 보증하기 위하여 형식 II의 보족 피복은 염수 분무를 받기 전에 실내에서 24시간 방치하여야 한다.

* 전기 아연 도금 (KS D 8304)

8.3 크로메이트 피막의 내식성 시험

크로메이트 피막의 내식성 시험은 KS D 8334에 규정하는 중성 염수 분무 시험방법에 따라 하고, 그 시험 시간은 연속 48시간으로 한다. 또 시료는 크로메이트 처리 후 24시간 이상 지난 것을 사용한다.

본 연구에서는 개선품의 내식성을 기존품 대비 동등 및 이상을 입증하기 위해 시험 규격인 KS D 8334(도금

의 내식성 시험방법)[8]에 따라 공인인증기관 신뢰성검증을 수행하였다. 분석 대상은 전기 아연 도금으로 표면처리된 개선품이며 시험 조건은 아래 Table 3과 같다.

Table 3. Test Condition for Corrosion Resistance

Test Parameter	Test Conditions
Test Salt Solution	(50±5) g/L, pH (6.8±0.3)
Test Temp	(35±2) ℃
Splay Volume	(1.5±0.5) ml / h / 80
Test Time	96h

신뢰성검증은 한국의류시험연구원에서 진행하였으며, Table 3의 조건으로 검증한 결과 녹발생 없음을 확인하였으며 시험결과는 Fig. 6과 같다.

개선품은 기존품과 동일한 요구조건인 96시간 염수분무 시험을 통해 녹 발생 없음을 확인함으로써 동등임을 입증하였다.

KATRI 산업환경연구센터

부산광역시 북구 중앙대로 1081-1 (송정동)
 영동시점 영인소통인원 271 810호
 T : 051-820-0710 F : 051-820-0710
 www.katri.go.kr

시험성적서

시험자 : KATRI NO : 89PK23-00002518
 주소 : 김수원길 : 2000, 12, 18
 제품명 : 발광장치 : 2000, 12, 22
 시료명 : 육군용 00mm 발칸 1명
 시료1 : PAUSE(S) : 1 / 1

시험목적 : 시료1

내역명 : 96 h 1198 : 2007

녹발생 없음

*9) 시험조건
 1. 시험용 도금 용액 : (50 ± 5) g/L, pH (6.8 ± 0.3)
 2. 시험온도 : (35 ± 2) ℃
 3. 분무량 : (1.5 ± 0.5) ml / h / 80 ml
 4. 시험시간 : 96 h

[시험부속명]

한국의류시험연구원

시험자 : 임영준 기술팀장 : 최봉민

시험장소 : 경기도 양주시 양관로 100 (양관동) 100 (양관동)

Fig. 6. Test Results for Corrosion Resistance

2.3.3 기존품과 개선품의 구매단가 비교

현재 소요군에서 운용중인 00mm 발칸 뒷개의 적용 중인 구멍쇠는 MS20230K BP3이며 해외 공급처를 통해 확인해본 결과 개당 한화 약 3,000원 정도로 입고가능하다. 개선품의 경우 국내 생산품으로 개당 약 500원 정도가 소요된다. 개선품은 기존 대비 81% 저렴한 금액으로 국내에서 구매가 가능하며 Lead Time 또한 국내생산품

의 경우 2weeks가 소요되어 조달측면에서도 효과적이다.

2.4 개선안 검증

2.4.1 부착시험 수행

본 연구에서는 개선품이 적용된 00mm 발칸 뒷개 시제품을 제작하였다. 제작된 시제품은 국내 00mm 발칸 생산업체의 협조로 부착시험을 수행하였다. 부착시험을 통해 입증하고자 하는 내용은 다음과 같다.

- ① 뒷개와 00mm 발칸과의 체결성 확인
- ② 개선품 구멍쇠와 P.P 로프간 체결성 확인

2가지 사항의 입증을 위해 부착시험을 수행하였으며 결과는 다음 2.4.2와 같다.

2.4.2 부착시험 결과

뒷개와 00mm 발칸과의 체결성 확인 및 개선품 구멍쇠와 P.P 로프간 체결성 확인을 위해 수행한 부착시험 결과는 아래 Fig. 7과 같다. 수행 결과 입증하고자 하는 2가지 모두 이상 없음을 확인하였다.



Fig. 7. Attached Test for 00mm Vulcan

3. 결론

본 연구의 품질개선 대상은 육군용 00mm 발칸 뒷개이다. 뒷개의 목적은 발칸 이동간 외부 환경으로부터 보

호하는 역할을 하며 적정 수준의 강도(두께)와 내식성, 밀착성 요구된다. 본 논문에서는 기존 구멍쇠 사용시 발생했던 운용간 이슈를 해결하기 위해 개선품을 적용해 보았다. 개선품은 국내에서 생산중인 구멍쇠이며 기존품과의 동등 및 그 이상의 성능을 입증하기 위해 비교 분석을 수행하였다.

기존품과 개선품의 가장 큰 차이는 도금 방식이며 기존품의 경우 전기 카드뮴 도금 방식 이며 개선품의 경우 전기 아연 도금 방식이다. 도금방식의 차이를 비교 분석하기 위한 항목은 ① 재질 ② 두께 ③ 밀착성 ④ 내식성 이며 모두 동등 및 그 이상을 입증하였다. 특히 내식성의 경우 기존품의 전기 카드뮴 도금방식의 요구사항을 충족시키기 위해 전기 아연도금의 개선품을 공인인증기관 신뢰성검증 수행을 통해 입증하였다. 그 밖에 개선품 구매 단가의 경우 기존품 대비 81% 저렴하며 개선품의 Lead Time 또한 2주가 소요되어 조달관점에서 효과적이다. 기존품과 개선품의 효과를 정리하면 아래 Table 4와 같다.

Table 4. Research Results comparison

	Original	Improvement	Result
Material	Brass	Brass	Equal
Plated Thickness	8 μ m	10.2 μ m	Equal or Higher
Adhesion (Requirements)	Lustre Ball-Lustre Stripping Scratch Tensile	Lustre Ball-Lustre Stripping Scratch Tensile	Equal
Corrosion Resistance (Hour)	96h	96h	Equal
Cost (won)	3,000	500	Equal or Higher

마지막으로 본 연구에서는 개선품이 적용된 시제품 제작하여 부착시험을 수행하였다. 이를 통해 탱크와 장비간의 체결성 및 탱크와 P.P 로프간 체결성의 문제없음을 확인하였다. 향후 국방규격화 적용을 위해 기술변경이 필요하며 이를 통해 소요군 00mm발칸 운용품질 향상이 기대된다.

References

- [1] Y. S. Jo, Y. S. Yu, "A Study on The Improvement of Auxiliary Power System for 20mm Vulcan", *J. Korean Soc. Mech. Technol.*, Vol.18, No.4, pp.597-601, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.17958/ksmt.18.4.201608.597>

- [2] Soo-Hun Cho, Heon Kim, Sun-Min Kim, "Possibility of Cadmium Poisoning in a Zine Galvanizing Factory", *Annals Of Occupational And Environmental Medicine*, Vol.3, No.2, pp.153-164, 1991.
- [3] Ministry of Environment (Chemical Substances Policy Division), Environment Ministry Regulations, Ministry of Environment, Republic of Korea, pp.1-2
- [4] Ministry of Commerce, Industry and Energy Technical Standards Institute, KSW1139 : 2017 Electrical Cadmium Plating for Aircraft, KS Specification, Ministry of Commerce Industry and Energy, Republic of Korea, pp. 1-13
- [5] Ministry of Commerce, Industry and Energy Technical Standards Institute, KSD8304 : 2018 Electrical Zinc Plating, KS Specification, Ministry of Commerce Industry and Energy, Republic of Korea, pp. 1-6
- [6] Ministry of Commerce, Industry and Energy Technical Standards Institute, KSD0254 : 2017 Test method for adhesion of plating, KS Specification, Ministry of Commerce Industry and Energy, Republic of Korea, pp. 1-9
- [7] National Institute of Korean Language, Corrosive [Internet], Standard Korean Language Dictionary, 1999 , Available From: https://stdict.korean.go.kr/search/searchView.do?word_no=62491&searchKeywordTo=3 , c2018 [accessed May. 11, 2021]
- [8] Ji-Hoon Kim, Byung-Soon Kim, "A Study on the Property Change of the Transparent Film for Vehicle Cover according to Weathering Test", *Journal of the Korea Academia-Industrial*, Vol. 20, No. 8 pp. 174-180, 2019 DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.8.174>
- [9] The war memorial of Korea, 00mm millimeter Balkan anti-aircraft gun, The war memorial of Korea, Available From: <https://www.warmemo.or.kr/front/militaryInfo/searchView.do> [accessed May. 11, 2021]

박 상 훈(Sang-Hoon Park)

[정회원]



- 2015년 8월 : 울산대학교 전기전 자공학부 (공학학사)
- 2015년 7월 ~ 2019년 12월 : 덴 소코리아 연구원
- 2019년 12월 ~ 현재 : 국방기술품 질원 연구원

<관심분야>

전자공학, 항공공학

최 재 호(Jae-Ho Choi)

[정회원]



- 2015년 8월 : 연세대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

〈관심분야〉

품질경영, 서비스품질, 항공우주

신 재 혁(Jae Hyuk Shin)

[정회원]



- 2012년 2월 : 한국항공대학교 항공공우주공학과 (공학사)
- 2014년 8월 : 한국항공대학교 항공공우주 기계공학과 (공학석사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

〈관심분야〉

항공무기체계, 감항인증, 열전달, 히트파이프, 수치해석

이 진 원(Jin-won Lee)

[정회원]



- 2019년 2월 : 경상대학교 항공우주 및 소프트웨어공학과 (공학학사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 경상대학교 기계항공공학부 항공우주공학전공 (공학석사)
- 2018년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

〈관심분야〉

항공우주, 체계, 추진

박 성 제(Sung-Jae Park)

[종신회원]



- 2012년 2월 : 한국항공대학교 항공기시스템공학과 (공학학사)
- 2014년 8월 : 일리노이주립대학교 MBA (경영학석사)
- 2011년 8월 ~ 2013년 8월 : 캐세이퍼시픽항공 항공정비사
- 2014년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

〈관심분야〉

항공공학, 체계공학, 경영전략