

전투차량 냉방장치용 발포고무단열재 표면내구성 개선

성수민*, 김록한*, 이영훈**, 김창환**

* 국방기술품질원 기동화력센터

**현대로템 주식회사

e-mail:iamangie@dtaq.re.kr

A Study on the Durability Improvement of the Elastomeric Thermal Insulation Form for the Combat Vehicle.

Soohmin SEONG*, Rokhan Kim*, Younghun Lee**, Changhwan Kim**

*Defense Agency for Technology and Quality

**HyundaiRotem Company

요 약

최근 자동차나 차량용 내장재로 EPDM소재가 널리 사용되고 있다. 단열목적의 EPDM소재는 단열성능과 작업성이 우수하고, 내열성, 내오존성, 난연성이 뛰어나지만 주로 연질의 발포폼의 형태로 설치되는 특성상 표면에 충격이 가해지면 쉽게 손상이 되는 특성이 있다.

특히 현재 우리군에서 운용중인 전투차량에 설치된 EPDM단열재는 승무원실 내부에 탑승인원들이 착석시에 눈높이 정도 위치에 설치되어 있어 접촉이나 충격을 쉽게 받을 수 있는 환경에 노출되어 있다. 실제 야전에 배치된 전투차량에도 대부분의 차량이 단열재가 손상되어 있는 것이 현실이다. 본 연구에서는 충격에 약해 쉽게 표면이 손상되는 EPDM 단열재의 표면내구성을 개선하여 군 운용성을 향상시키고자 하였다.

개선을 위하여 연질의 EPDM단열재에 승무원실로 노출되는 표면에 직물을 덧대어, 직물의 질감이 외부로부터 오는 충격으로부터 EPDM단열재를 보호할 수 있도록 개선하여 EPDM단열재의 단열성능은 유지하면서 충격에도 쉽게 손상되지 않도록 개선하였다. 개선결과 열저항성과 치수안정성, 투습성 등 단열성능은 기존품과 동등이상임을 확인하였다. 또한 개선품의 표면내구성 개선정도를 확인하기 위해 인열강도 시험결과와 약 5배, 내마모성 시험결과와 약 57.8배가 개선되었음을 확인하였다.

향후 유사한소재의 체계장비 개발 또는 성능개선헌에 적용하여 제품의 수명을 늘릴 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

과거부터 단열재로 많이 사용하고 있는 유리섬유나 로크울(암면), 석면 등과 같은 유기질 단열재[1]는 단열성능은 우수하나 작업성이 좋지 않고, 지속적으로 환경 및 인체 위해(危害)논란이 있어 차량의 내장재로 사용되기에는 적합하지 않아 건축용 단열재로 많이 사용되고 있다. 폴리에틸렌폼, 폴리프로필렌, 폴리에스테르 소재의 단열재들은 이러한 유기질 단열재의 단점을 보완하여 과거부터 철도나 차량의 내장재로 많이 사용되어 왔으나, 대구 지하철 화재사고 이후 강화된 내장재의 화재안전기준에 따라 대체 필요성이 대두되었다.[2]

이에 이러한 단점들과 문제점들을 보완하는 단열재의 소재로 Ethylene Propylene Diene Monomer(에틸렌 프로필렌 혼성중합체; EPDM)이 소개되었다.[3] EPDM단열재는 유연하고 신축성이 좋아 작업성이 우수하고, 열전도율이 낮아 단열성능이 우수하며 오랜기간 단열성능을 유지할 수 있어 내열

성, 내오존성이 좋을 뿐 아니라 화재발생시에도 화염이 확산되지 않는다. 이러한 특성으로 EPDM 단열재는 건축 및 냉방공조분야뿐만 아니라 선박, 자동차, 철도차량분야의 내장재와 단열재로도 많이 사용되고 있다.[4]

우리 군에서 운용중인 전투차량의 공기덕트에도 EPDM소재의 단열재가 장착되어 있는데, 공기덕트를 포함한 냉방공조장치는 작전 및 훈련간 탑승인원의 쾌적한 환경을 조성한다. 냉방모듈에서 차가워진 공기는 승무원 탑승공간 상부에 EPDM단열재로 쌓여진 공기덕트를 통해 승무원들에게 전달된다. 공기덕트를 싸고 있는 EPDM단열재는 열성능을 향상시키고 알루미늄 소재인 덕트에 결로가 맺혀 물방울이 승무원실로 떨어지지 않도록 하는 역할을 한다.

그러나 군 운용환경의 특성상 전투차량은 치장구류를 장착한 완전무장인원의 승하차가 빈번하게 이루어지므로 승무원실 내부에 노출되어있는 공기덕트용 EPDM단열재는 손상되기 쉬운 환경에 있다. 특히 전투차량에 장착된 EPDM단열재는 약 10mm 두께의 연질발포고무와 유사한 형태의 시트(Sheet)타입으로 약한 충격에도 쉽게 손상되는 특성이 있다.

그리하여 본 연구에서는 연질의 EPDM 단열재의 표면 내구성을 개선하여 제품의 수명을 늘리고 군 운용성을 향상시키고자 하였다.

2. 개선방법

2.1 손상형태 확인

전투차량에 설치된 EPDM단열재는 승무원실 내부에 탑승 인원들이 착석시에 눈높이 정도 위치에 설치되어 있어 접촉이나 충격을 쉽게 받을 수 있는 환경에 노출되어 있다. 실제 야전에서 운용중인 전투차량의 공기덕트의 EPDM단열재는 대부분이 그림 1에서 보이는 바와 같이 손상되어 있는 것이 현실이다.



그림 1. 실제 차량의 단열재 손상 형상

발포고무재질 EPDM단열재 손상의 형태는 개인화기의 총구나 가늠쇠 등의 장비류나 손톱이나 볼펜류 등에 의해 긁히거나 찢어지는 형태가 대부분이었으며, 특히 손상된 단열재가 떨어져 나와 덕트의 알루미늄재질이 노출되는 손상형태도 다수 확인되었다.

추가로 차량에 장착된 단열재와 단품상태의 단열재 대상으로 확인해본결과 현재 설치된 EPDM 단열재는 뽕족하거나 날카로운 물체 뿐 아니라 손가락이나 플라스틱 물체로만 눌러도 쉽게 손상이 되어 표면의 내구성이 낮음을 확인하였다.

2.2 개선방안 도출

이를 개선하기 위하여 기존의 EPDM단열재의 단열성능은 유지하면서 표면의 강성을 강화하기 위하여 그림 2에서 보이는 바와 같이 표면에 직물을 덧대는 형태로 개선하였다. 직물

소재는 EPDM과 비교하여 질긴특성이 있어 표면에 가해지는 충격에 대해 강한 내성을 가지고 있다.

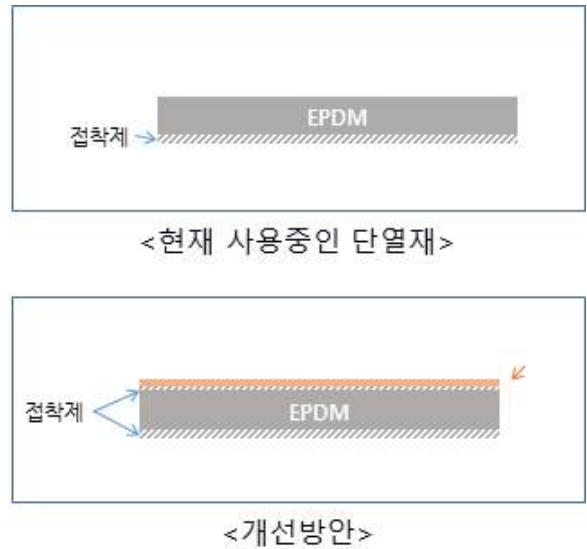


그림 2 기존 단열재 및 개선방안 단면

2.3 개선방안 검증

그림 3에서 보이는 바와 같이 날카로운 물체(가위)를 이용하여 표면에 힘을 가하여 기존품과 개선품을 비교해본 결과 기존품은 물체로 힘을 가한 후 영구변형이 일어나 시간이 지나거나 문지른 이후에도 복원되지 않으나, 개선소재는 힘을 가한 후 시간(약 5초)이 지남에 따라 일부 복원이 되고, 표면을 문지른 후 변형 흔적이 사라지는 것을 확인하였다. 이는 표면이 찢어지거나 손상되지는 않았지만 EPDM소재의 특성상 압축되었다가 복원되는 시간이 소요되어 나타나는 현상으로 판단된다.

또한 기존의 단열재에 대한 국방규격 요구조건인 ASTM C534 규격의 단열성능을 만족하는지 확인하기 위하여 검토한 결과 해당규격으로 국내 시험가능한 공인시험기관 부재하여 ASTM C534를 표준으로 작성한 한국설비기술협회의 단체표준 SPS-KARSE B- 0043-1273 에 따라 표 1의 시험규격과 같이 대체규격을 선정하였다.



그림 3. 표면찍힘 확인

추가적으로 승무원의 안전을 확보하기 위한 난연성과 표면 내구성 개선정도를 확인하기 위한 내구성 시험을 진행하기 위해 표1의 시험규격을 선정하였다. 기존 국방규격에는 난연성능 요구조건이 부재하여, 난연성능은 유사한 소재(흡음재)의 난연성능 시험규격을 차용하였으며, 내구성능 확인을 위한 인열강도와 내마모성 시험은 본 연구의 개선방안과 같은 복합소재(발포고무 + 직물)에 대한 해당시험규격이 없어 직물소재에 대한 시험규격을 적용하였다.

[표 1] 단열성능 및 난연성 공인시험 결과

구분		시험규격	규격명
단열성능	열저항성	KS L 9016	보온재의 열전도율 측정방법
	치수안정성	KS M 6962	고무 발포 단열재
	투습성		
난연성	연소거동	KS B ISO 3795	도로차량, 농림업용 트랙터와 기계 - 내장재의 연소거동 측정방법
내구성	인열강도	KS M ISO 17696	신발 - 갑피, 안감 및 깔개 시험방법
	내마모성	KS M ISO 5470-1	고무 또는 플라스틱 피복 직물 - 내마모성 측정방법

2.4 시험결과

국방규격에서 요구하는 단열성능 확인을 위하여 공인시험기관에 의뢰하여 열저항성, 치수안정성, 투습성을 시험한 결과 표 2에서 보이는 바와 같이 동등이상의 성능을 확인하였으며, 추가 확인성능인 난연성능 확인을 위하여 연소거동을 측정한 결과 0min/mm 로 기존품과 동등이상임을 확인하였다.

[표 2] 단열성능 및 난연성 공인시험 결과

구분	결과		비고
	기존 단열재	개선 단열재	
열저항성	0.29(m ² ·K)/W	0.29(m ² ·K)/W	동등이상
치수 안정성	(가로) 2.34% (세로) 3.82%	(가로) 1.78% (세로) 1.62%	약1.8배 ↑
투습성	6ng/m ² ·s·Pa	6ng/m ² ·s·Pa	동등이상
난연성 (연소거동)	0min/mm	0min/mm	동등이상

[표 3] 인열강도 및 내마모성 공인시험 결과

구분	결과		비고
	기존 단열재	개선 단열재	
인열강도	(가로) 5N (세로) 8N	(가로) 47N (세로) 29N	약5.1배 ↑
내마모성	138.7mg	2.4mg	약57.8배 ↑

3. 결론 및 고찰

본 연구에서는 냉방공조장치를 싸고 있는 EPDM단열재의 단열성능은 유지하면서 충격에도 쉽게 손상되지 않도록 표면 내구성을 개선하고자 하였다. 기존의 EPDM에 직물을 덧대어 찍힘이나 굽힘 등의 표면 내구성을 개선하였으며, 공인시험기관을 통한 확인결과 인장강도는 약 5.1배 개선되었으며, 내마모성이 약 57.8배 개선되었음을 확인하였다.

실제 야전부대에서 차량에 장착하여 확인한 결과 약한 찍힘이나 굽힘과 같은 충격에는 손상되지 않았으며 군의 만족도도 높게 나타났다.

향후 무기체계 개발시에는 유사한 소재 적용이 필요할 경우 노출되는 면에 개선방안을 적용하여 장비의 수명을 늘릴 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] “단열재의 종류별 성질과 용도”, 대한설비건설협회 설비
공사 no.2, pp.184 - 198, 1990년
- [2] 이덕희, 이철규, 정우성, 김선옥, 백민, “차량용 단열재의
종류에 따른 난연성 평가”, 한국철도학회 학술발표대회논
문집, pp. 29-34, 2004
- [3] 제갈영순, “EPDM 고무 및 그 응용”, 고분자 과학과 기술,
제10권 제3호, pp. 325-334, 6월, 1999년
- [4] 박재동((주)에이치아이 코리아), “고발포기술을 이용한
EPDM 단열재 제조기술개발”, 산업자원부, 2007