

회전익 항공기용 연료탱크 자기밀폐 성능시험 평가

정승택*, 김현기*, 김성찬*, 이종원*, 황인희*, 신동우**, 정태경***, 하병근***
*한국항공우주연구원, **국방과학연구소, *** (주)한화
e-mail: stjung@kari.re.kr

Assessment of Self-sealing Performance for Fuel Tanks of Rotorcraft

Seung-Tack Jung*, Hyun-Gi Kim*, Sung-Chan Kim*, Jong-Won Lee*,
In-Hee Hwang*, Dong-Woo Shin**, Tae-Kyoung Chung***, Byoung-Geun Ha***
*Korea Aerospace Research Institute, **Agency for Defense Development,
***Hanwha Corp.

요 약

회전익 항공기의 연료탱크는 피탄으로 인해 연료 누유시 발생할 수 있는 화염으로부터 기체와 승무원의 생존성을 높이기 위하여 연료누설을 차단하는 자기밀폐 기능이 필수적으로 요구된다. 자기밀폐 기능은 내부에 적층된 자기밀폐 소재가 누설되는 연료와 화학반응을 일으켜 급속히 팽창됨으로써 피탄부를 막아, 연료누설을 차단하는 역할을 한다. 본 연구는 미군사규격(MIL-DTL-27422D) 기준으로 국내에서 제작 및 수행한 회전익 항공기의 연료탱크 자기밀폐 성능시험 평가 결과를 제시한다.

1. 서론

항공기를 구성하는 핵심 부품 중 연료탱크에 관한 기술은 2차 세계대전 이후 유사시에 기체 및 인명 생존성 향상을 위해 Self-sealing 및 Crashworthy 기능 등이 적용되어 많은 발전을 거듭해 왔다. 특히, 회전익 항공기는 사고시에 토출장치가 없기 때문에 인명손실을 줄이기 위해서는 비행체 자체적으로 보완장치가 필요하였다.

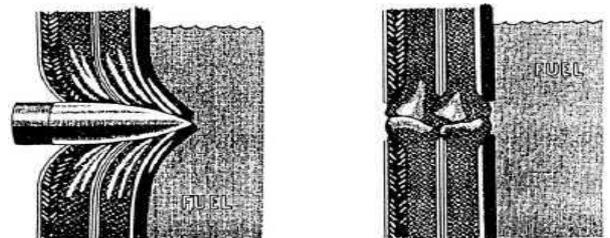
또한, 회전익 항공기의 인명 손실 원인의 60%가 피탄 후 연료누설에 의한 화재 및 화상에 의한 피해였기 때문에 이를 해결하기 위해서는 화재를 일으키는 연료누설을 원천적으로 방지하기 위한 방안이 최우선으로 여겨져 자기밀폐기술이 도입되었다.

현재 연료탱크에 관한 자기밀폐 기술을 보유한 선진국에서는 헬기, 전투기 등 항공분야에 주로 적용하여 사용하고 있으며, 자동차 분야에서는 F1 등 경주용 자동차나 다량의 기름을 이동시키는 유조차량에 사용되어지고 있다. 자기밀폐기능은 연료 누설로 인한 화재 및 폭발과 같은 사고를 미연에 예방할 수 있을 뿐만 아니라, 차량 전복시에도 기름 유출을 최소화 할 수 있기 때문에 환경오염을 방지할 수 있어 민·군이 공용할 수 있는 첨단기술이다.

위와 같은 특·장점 때문에 한국항공우주연구원과

국내 기업이 협력하여 ‘회전익기 항공기용 연료탱크 개발과제’를 수행하였다. 이를 통하여 해외협력업체로부터 관련기술을 확보할 수 있었고, 국내 기술력으로 MIL-DTL-27422D 규격에 따른 연료탱크 성능 시험 평가를 수행하였으며, 요구규격을 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 자기밀폐성능 시험평가에 적용된 소재, 시험장치 및 시험평가 결과를 소개하였다.



[Fig. 1] Bullet sealing action

2. 본론

2.1 연료탱크 자기밀폐 요구조건 및 소재 특성

군용 헬리콥터의 연료탱크 자기밀폐 성능은 미국 군사규격인 MIL-DTL-27422D 규격에 상세하게 규정되어 있으며, 회전익 항공기의 연료탱크에도 광범위하게 적용되는 규격이다.

2.1.1 미 군사규격(MIL-DTL-27422D)

미 군사규격에서는 연료탱크의 자기밀폐 성능 검증을 2단계에 걸쳐 수행하도록 되어 있으며 PHASE I 과 PHASE II Test로 구분된다.

PHASE I Test는 소재에 대한 성능 입증 을 위한 것으로 30"x30"x24" Size의 육면체 형상에 연료탱크에 적용되는 대표적 피팅을 반영하여 시험을 수행하며, 알루미늄 구조물에 장착한 상태에서 수행된다.

PHASE II Test는 연료탱크 장착 구조물을 모사한 조건에서 수행되며 탄환 수는 연료탱크 용량 15gallon당 1발을 적용하되 최대 10발 이하로 제한하고 있다.

2.1.2 연료탱크 Self-sealing 소재 특성

회전익항공기의 연료탱크는 각종 섬유 및 고무를 여러 겹 쌓아서 만든 고기능 탱크로서 산·독성물질, 오염성 물질 등의 화학약품이나 각종 액체연료를 저장, 수송하는데 사용되며 일반적으로 연료저장 탱크는 방어능력에 따라 세 가지로 분류된다.

첫째, 가벼우면서 최대의 연료 저장능력을 가지는 저장 위주의 유연성 cell(보통헬기의 연료탱크). 둘째, 충격이나 전복시에 폭발로부터 보호하는 내충돌성 cell(원거리를 움직이는 모든 항공기 혹은 다목적 헬기의 연료탱크). 셋째, 적의 개인화기 공격에 의해 피격구멍이 났을 경우 연료의 유출을 최소화할 수 있는 내탄능력을 가진 cell(군용 헬기, 전투기 등의 연료탱크)이 있다. 이중 내탄능력은 자기밀폐성능을 의미하며, 자기밀폐형 cell은 전투수행 중에 작은 구멍이나 손상을 자동적으로 메우는 연료저장탱크이다. 즉, 방탄이 아니라 뚫린 구멍을 빠른 시간 내에 스스로 밀폐하는 기능을 가진 탱크이다.

[Fig. 1]과 같이 탄환이 탱크 외벽에 침투하면 접도가 높고 탄성적인 밀폐체가 탄환주위로 모여들고 탄환이 통과한 후 밀폐체가 기름을 흡수하면서 화학반응을 일으켜 빠르게 팽윤되어 구멍을 메움으로서 연료의 유출을 차단하게 되는 것이다.



[Fig. 2] Fuel Tank for Rotorcraft

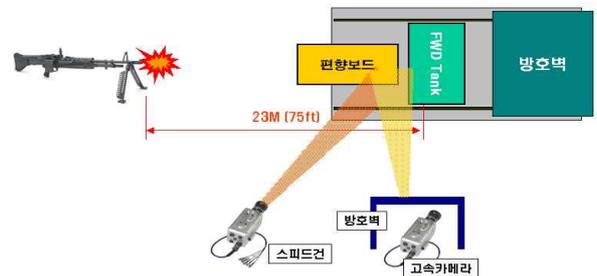


[Fig. 3] Material Property of Fuel Tank

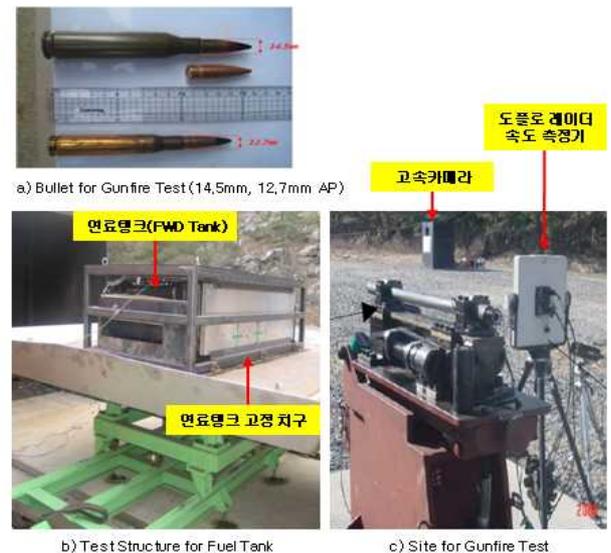
2.2 연료탱크 자기밀폐 성능시험 평가

2.2.1 시험 장치 구성

연료탱크 자기밀폐 성능시험 장치는 AP 탄 발사부, 탄환 속도 측정부 그리고 연료탱크 고정 치구로 크게 3부분으로 구성되며, 시험은 국방과학연구소 종합시험장에서 수행되었다.



[Fig. 4] Configuration of Gunfire Test



[Fig. 5] Site for Gunfire Test

연료탱크 고정치구(W×L×H:3,650×2,790×1,859)는 [Fig. 5]와 같으며 중앙에 시험용 연료탱크(FWD Tank)를 위치시키고 편향보드를 45°로 설정하여 위치시킨다. 연료탱크 후방에는 관통한 탄환으로 인한 사고를 방지하기 위해 방호벽을 설치

한다. 또한, 피탄시 내부압력을 측정하기 위하여 연료탱크 내부에 압력센서를 장착한다.

2.2.2 시험방법 및 절차

2.2.2.1 Tumbled Condition 모사 시험

연료탱크 시험 전 탄환의 Tumble 조건 모사를 위해 사전에 편향보드를 45°, 60°에 대해 사전 시험을 수행하여 시험조건을 최종 45°로 설정하였다. 그림 5는 Tumble 조건 모사시험에 사용된 편향보드 및 피탄 후 Tumble 결과를 보여주고 있다.



[Fig. 6] Tumble Condition Test

2.2.2.2 시험방법

연료탱크는 12.7mm AP 탄환 및 14.5mm(일부 영역) AP 탄환에 대한 자기밀폐 성능 요구조건에 따라 상기 2종의 탄환을 시험에 적용하였으며, 탄종 형상 및 연료탱크 시험치구는 [Fig. 5]와 같다. 시험은 MIL-DTL-27422D에 의거 탄종에 따라 각각 기준속도(12.7mm AP, 14.5mm AP)를 적용하였다.

12.7mm AP탄은 MIL-DTL-27422D에서 요구되는 충격에너지 및 탄두 중량을 적용하여 피탄 속도 기준을 산정하였다. 위 내용에서 운동에너지로 속도를 산출 할 수 있으며 도플러 속도계를 이용하여 실제 속도를 측정하였다.

2.2.2.3 시험 절차

연료탱크 자기밀폐 시험은 3.2.2.2와 같은 시험방법으로 다음의 절차에 따라 수행하였다.

- 가. 총으로부터 정해진 위치에 떨어진 시험장비를 설치하고, 연료탱크를 탑재구조물에 장착
- 나. 영점조준을 위한 사전사격

- (Tumbled 조건형성 영점사격은 별도 수행함)
- 다. 연료탱크의 2/3가량 연료(JP-8)을 주유
- 라. 매 발사 시 연료온도 측정 및 기록
- 마. 매 발사 시 탄환속도 측정 및 기록
- 바. 매 발사 시 연료탱크 내부압력 측정 및 기록
- 사. 탄환은 최소 연료 level의 6inch 이하로 발사

아. 피탄 부는 필요 시 응급테이프를 사용하여 수리

2.2.2.4 판정기준

연료탱크는 2분 이내에 Dry seal 또는 Damp seal 되어야 한다. 시험장비 조건 상 외부에서 상처부위의 확인이 어려우므로 발사 후 2분이 경과하면 구조물로부터 Aluminium plate와 Backing board를 제거하여 육안확인이 가능하도록 한다. 피탄 후 10분간의 연료량을 계측하여 기록하고, Non self-sealing 피탄 부위는 찢어짐이 없어야 한다.

2.3 자기밀폐 성능 시험결과

연료탱크는 12.7mm AP 탄환 및 14.5mm(일부 영역) AP 탄환에 대한 자체밀폐 성능 요구조건에 따라 상기 2종의 탄환을 시험에 적용하였다.

[Table 1] Bullet Shooting Order & Test Result

순서	탄종	자세	영역
1	12.7mm AP	Straight	S/S
2	12.7mm AP	Straight	S/S
3	12.7mm AP	45°	S/S
4	12.7mm AP	Straight	S/S
5	12.7mm AP	Straight	N/S*
6	12.7mm AP	Straight	N/S
7	14.5mm AP	Straight	S/S
8	12.7mm AP	Tumble	S/S
9	12.7mm AP	Tumble	S/S

○ S/S : Self-Sealing Area
○ N/S : Non Self-Sealing Area

시험 결과 1~6번째 시험은 모두 12.7mm AP탄을 연료탱크 전면에 발사하였으며, [Fig. 7] 및 [Fig. 8]에서와 같이 자기밀폐되어 연료누출을 차단하였다.



[Fig. 7] Round 1 ~ Round 4 (12.7mm AP)



[Fig. 8] Round 5 ~ Round 6 (127mm AP)

3. 결론

회전의 항공기에서 연료탱크 피탄 시 유발되는 연료 누설을 차단하는 자기밀폐 성능 검증 시험은 헬기에 장착되는 조건을 모사한 구조물을 이용하여 MIL-DTL-27422D 요구조건에 따라 수행되었으며 우수한 성능을 확인함으로써 헬기의 임무수행을 위한 안전성을 확보할 수 있게 되었다.

7번째 시험은 14.5mm AP탄을 연료탱크 전면에 발사하였으며, [Fig. 9]에와 같이 자기밀폐되어 연료 누출을 차단하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 한국형헬기 민군겸용구성품 개발사업(한국항공우주연구원 주관)의 일부이며, 지원에 감사드립니다.



[Fig. 9] Round 7 (14.5mm AP)

참고문헌

- [1] Detail Specification for the Tank, Fuel, Crash-Resistant, Ballistic-Tolerant, Aircraft, MIL-DTL-27422D, 30 January 2007.
- [2] “KS W 2201 : 항공기용 자체 밀폐형 연료 탱크”, 한국표준협회, 2005
- [3] 오정민, 최용훈, 김두만, 배재성 “연료탱크의 성능 평가 기준수립에 관한연구”, 항공우주시스템공학회, 2007년도 춘계학술대회 논문집, pp1-4.

8, 9번째 시험은 모두 12.7mm AP탄을 연료탱크 전면에 발사하였으며, 시험결과는 [Fig. 10]에 나타났다. 피탄 후 8번째 시험은 자기밀폐되어 연료누출을 차단하였지만, 9번째 시험은 연료탱크의 찢어짐 크기가 과도한 ‘Coring’ 현상이 발생되어 시험평가 대상에서 제외시켰다.



[Fig. 10] Round 8 ~ Round 9(12.7mm Tumbled AP)

이상의 시험평가에서 9번째 시험을 제외한 1~8번째 시험에 대해서 피탄 후 관통된 부분이 Self-Sealing 되어 연료 누설이 차단되는 성공적인 결과를 얻을 수 있었다.