

소형항공기의 화재방지 요건 및 시험에 관한 연구

유승우* · 진영권**

A Study on Fire Prevention Requirements and Tests for Small Aircraft

Seung-Woo Yoo* · Young-Kwon Jin**

ABSTRACT

The goal of fire prevention research is to eliminate fires as a cause of fatal accidents and there are two main areas of research. One is to prevent flame propagation during in-flight and it addresses fire hazards. The other is to minimize the possibility of flame penetration or fuselage burn-through and it aims toward post-crash survival include crash protection, emergency evacuation and post-evacuation survival. Civil aviation authorities world-wide are trying to identify threats and measure performance for fire prevention. The results of research are standardized and given as general directions of test methods. This paper has prepared to study and present the means of compliance to the fire prevention requirements and applicable test methods.

Key Words: Fire Prevention, Fireproof, Fire Resistant, Flame Resistant, Flash Resistant, Self-extinguishing

1. 서 론

항공기는 3차원 공간을 비행하기 때문에 비행 중 발생하는 화재는 주요한 사고 원인 중의 하나로 구분된다. 화재로 인한 사고를 예방하기 위해서는 화재의 발생을 방지하기 위한 설계가 적용되어야 하고, 비행 중 항공기 내부에서 화재가 발생하더라도 화염의 전파를 최소화하기 위한 재질을 선정하여 제작되어야 한다. 또한,

항공기가 비상 착륙 또는 불시착하더라도 피해를 최소화하기 위해서는 화염이 동체 및 주요 구조물을 침투하지 않도록 설계되어야 한다. 이와 같은 사항을 항공기 설계에 반영하고 적합성을 확인하기 위하여 미연방항공청(FAA, Federal Aviation Administration)을 비롯한 각국의 인증당국은 항공기 화재방지 시험에 대한 연구를 수행하고 있으며, 식별된 위험을 방지하기 위한 기준을 수립하여 항공기 개발자가 이에 대한 적합성을 입증하도록 요구하고 있다.

본 논문에서는 소형항공기에 요구되는 화재방지 요건과 관련 시험 방법에 대하여 살펴보고, 소형항공기 형식증명 과정에서 요구되는 적합성

†2011년 1월18일 접수 ~ 2011년 2월15일 심사완료

* 정회원, 한국항공우주연구원

** 정회원, 한국항공우주연구원

연락처, E-mail: swyoo@kari.re.kr

입증 방법과 고려해야 할 사항을 구체화하고자 한다.

2. 화재방지 요건

2.1 불연성 (Fireproof)

비행 중 지정된 화재구역(Designated Fire Zone) 내에서 화재가 발생하는 경우에는 화염이 항공기 전체로 전파되지 않아야 하고, 구역 내부에서 봉쇄할 수 있어야 한다. 이에 따라 방화벽을 포함한 지정된 화재구역 주변의 자재 및 부품의 경우에는 강철과 같은 수준 이상으로 화재와 열을 견딜 수 있어야 한다. 불연성 요건에 대한 적합성 입증을 위해서는 1093℃(2000°F)의 화염에 15분 이상 노출되더라도 요구되는 기능 및 통합성을 유지할 수 있다는 것이 확인되어야 한다.

2.2 내화성 (Fire Resistant)

항공기의 장착 위치에 따라 엔진 카울링과 같은 판재 및 구조부재의 경우에는 사용되는 목적에 따라 최소한 알루미늄 합금 정도의 수준으로 화재로 인한 열을 견딜 수 있어야 한다. 또한, 방화벽 주변의 유체를 전달하는 배관, 유체시스템의 부품, 배선, 공기관, 피팅 및 동력장치 조절장치 등은 내화성이 요구된다. 내화성에 대한 입증은 위해서는 1093℃(2000°F)의 화염에 노출되었을 때 5분 이상의 시간동안 기능 및 통합성이 유지되어야 하며, 설치된 위치에 따라 화재로 인하여 발생할 수 있는 열 및 기타 조건 하에서 의도한 성능을 발휘할 수 있다는 것이 확인되어야 한다.

2.3 내염성 (Flame Resistant)

승무원 및 승객이 탑승하는 객실 또는 화물이 적재되는 화물실의 내부에 사용되는 모든 재질과 전기계통 및 조명의 일부 구성품의 경우에는 화재가 발생하더라도 안전 한계 이상으로 화염이 전파되지 않는다는 내염성이 확인되어야 한

다. 내염성에 대한 입증은 위해서는 항공기에 장착되는 형상과 동일하게 시편을 제작하여 843℃(1550°F)의 화염을 가했다가 제거한 상태에서 연소되는 속도가 일정 수준 이하이고, 화염이 다른 영역까지 전파되지 않는다는 것이 확인되어야 한다.

2.4 내연성 (Flash Resistant)

내연성은 점화되더라도 맹렬하게 연소되지 않는 성질을 의미하며, 내염성에 비해 엄격하지 않은 기준으로서 현재의 기술기준에는 직접 적용 가능한 조항이 없다.

2.5 자기소화성 (Self-extinguishing)

앞에서 기술한 다른 화재방지 요건에 비해 상대적으로 최근에 규정화된 사항으로서, 화염이 가해지더라도 자체적으로 연소가 중단되는 특성이 있어야 한다는 것이다. 이에 대한 입증은 위해서는 장착 위치 및 대상품의 종류에 따라 설정된 평균 연소 길이, 평균 연소 시간, 적하물의 연소시간 등의 요건을 충족하여야 한다.

3. 내염성 시험

소형항공기의 승무원실과 객실의 내부에 사용되는 모든 재질은 항공기 기술기준 §23.853(a)의 요건에 따라 최소한 내염성이 있다는 것이 확인되어야 한다. 항공기에 장착되는 방향에 따라 시험 조건은 다르게 적용하며, 일반적으로 수평시험에 비해 수직시험이 더 엄격한 시험조건으로 구분한다.

3.1 시험 장치

내염성 시험은 연소가스의 배출이 가능하고, 외기 유동에 의한 영향을 받지 않는 캐비닛 내부에서 실시해야 한다.

화염을 가해주는 버너는 순도 99% 이상의 메탄 가스를 사용하는 분젠(Bunsen) 버너 또는 티

릴(Tirrill) 버너를 사용하며, 그림 1과 같이 외불꽃 높이 38mm, 내불꽃 높이 22mm로 조정 가능한 형식이어야 한다. 또한, 화염의 온도는 검교정된 열전대(thermocouple pyrometer)를 사용하여 화염 중앙에서 측정하였을 때 843°C(1550°F) 이상이어야 한다.

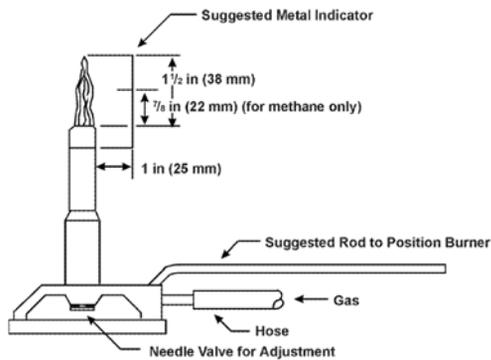


Fig. 1 버너 형상 및 화염 높이

3.2 시험용 시편 선정

시편은 평판재료 또는 항공기에 장착되는 부품을 잘라내거나 이를 모사할 수 있도록 제작된 것이어야 하며, 시편을 잘라내는 부위는 해당 재료의 단면과 동일하다면 어느 곳이든 상관없다. 샌드위치 패널 같은 조립체의 경우에는 단면을 분해한 형상으로 시편을 사용할 수 없다. 시편의 두께는 다음의 경우를 제외하고는 실제 항공기에 장착되는 두께보다 두껍지 않아야 한다.

- (1) 좌석쿠션과 같은 두꺼운 발포부품은 1.3cm (0.5in)의 두께로 시험하여야 한다.
- (2) 항공기 기술기준 § 23.853(d)(3)(v)의 작은 부품에 해당하는 시편은 두께가 3.2mm (1/8in) 이하여야 한다.
- (3) 항공기 기술기준 § 23.1359(c)의 전선 및 케이블 절연재 시편 두께는 항공기에 실제 사용하는 치수와 동일하여야 한다.

3.3 시험용 시편 준비

시편은 종류별로 3개 이상을 시험하여야 하

며, 크기는 11.43cm(4.5in) x 31.75cm(12.5in) 이상이어야 한다. 직물의 경우에는 통상적으로 직물의 날줄 방향이 길이 방향과 평행하게 시편을 제작하지만, 일부 직물의 경우에는 특정 방향이 보다 더 위험할 수도 있으므로, 이 경우에는 위험한 방향을 길이방향과 평행하게 제작한다. 위험한 방향을 파악하지 못한 경우에는 양 방향을 모두 시험해야 한다.

시험 대상 시편은 온도 18.3~23.9°C(65~75°F), 상대 습도 45~55%의 조건에서 24시간 동안 유지된 이후에 시험을 수행하여야 하며, 온습도에 따라 시험 결과에 영향이 있을 수도 있기 때문에 시편을 1개씩 꺼내어 즉시 시험을 실시하여야 한다.

3.4 내염성 시험 절차

수평시험의 경우에는 항공기에 장착되었을 때 노출되는 면을 아래로 향하도록 하며, 시편을 그림 2와 같은 고정치구에 고정된 상태에서 버너를 조절한다.

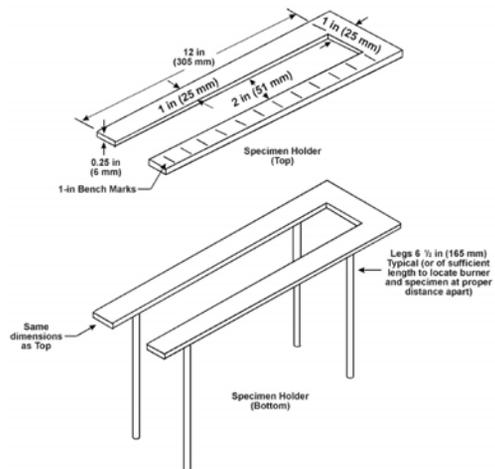


Fig. 2 수평 시험용 시편 고정치구

이 상태에서 시편 고정치구를 캐비닛 안으로 밀어 넣고 점화되었을 때 시편의 끝단이 버너 상단 1.9cm(0.75in)에 위치하도록 위치를 조절

한다. 시편의 약 3.81cm(1.5in)까지 연소시킨 이후 시간 측정을 시작하고, 시편의 끝단으로부터 2.54cm(1in) 이상의 지점에 화염의 전방부가 도달하면 시간 측정을 종료한다.

3.4 내염성 시험 합부판정 기준

개별 시편에 대하여 25.4cm(10in) 이상 연소 되는데 소요된 시간을 바탕으로, 3개의 시편에 대한 평균 연소 속도를 측정하여 다음을 충족한다면 이 재질에 대해서는 내염성이 있는 것으로 판단한다

- (1) 화염이 15초 동안 가해지더라도 연소되지 않은 경우
- (2) 3개 시편의 평균 연소속도가 설정된 기준 이하인 경우
- (3) 화염이 자체적으로 소화되고, 이후 화염이 없어진 상태에서의 후속적인 연소가 비손상 영역까지 확장되지 않는 경우

여기서, 설정된 연소속도는 시험 대상품의 종류에 따라 다음과 같이 2가지로 구분된다.

- (1) 63mm(2.5in)/min 이하 : 아크릴 창문, 표식(signs), 일부 또는 전체가 탄성 재질인 부품들, 공동 하우징 안에 두개 이상으로 만들어진 테두리 조명식 계기, 좌석 벨트, 어깨끈, 그리고 객실 및 승무원실에 쓰이는 컨테이너, 상자, 운반대 등을 포함한 화물과 수하물 고정장치 등
- (2) 10cm(4in)/min 이하 : 화재를 크게 전파하지 않는 작은 부품(손잡이, 핸들, 롤러, 패스너, 클립, 덧쇠, 마찰 스트립, 풀리 및 작은 전기 부품들) 및 전선과 케이블의 절연재

4. 자기소화성 시험

항공기 기술기준 Part 23 중에서도 커뮤니티(Commuter)류 비행기의 승무원실과 객실에 사용되는 모든 재질과 방화벽의 객실방향에 장착되는 재질은 자기소화성이 요구된다. 내장재의 종류 및 장착 위치에 따라서 시험방법은 서로 다

르게 적용되며, 개별 시험 종류 및 판정기준은 다음과 같다.

4.1 60초 수직시험

내부천장 패널, 내부벽 패널, 칸막이, 조리실 구조물, 대형 캐비닛 벽, 구조물 바닥, 수하물 적재실에 사용되는 재질에 대해서는 수직으로 시편을 설치한 상태에서 60초간 화염을 가하는 수직시험이 요구된다.

- (1) 평균 연소길이 : 15cm(6in) 이하
- (2) 화염원 제거 후 평균 연소시간 : 15초 이하
- (3) 연소 시편 적하물의 평균 연소 지속 시간 : 3초 이하

4.2 12초 수직시험

바닥 덮개, 커튼이나 실내 장식을 위한 직물, 좌석 쿠션, 충전물, 코팅 천, 가죽, 쟁반과 조리실 용기, 전기 도관, 열과 음향 차단재 및 절연 커버, 공기관, 접합부위 및 가장자리 덮개, 화물실의 라이너, 절연 담요, 화물실 덮개와 투명판, 구조부품과 열성형 부품, 공기도관 접합 및 정리용 스트립 등은 12초간 화염을 가하는 수직시험을 적용한다.

- (1) 평균 연소길이 : 20cm(8in) 이하
- (2) 화염원 제거 후 평균 연소시간 : 15초 이하
- (3) 연소 시편 적하물의 평균 연소 지속 시간 : 5초 이하

4.3 45도 경사시험

화물실 내장재 및 쓰레기 저장용기에 대해서는 시편을 45도로 경사지게 설치한 상태에서 30초간 화염을 가하며, 다음과 같은 기준에 따라 합부판정을 하게 된다.

- (1) 화염원 제거 후 평균 연소시간 : 15초 이하
- (2) 백열(Glow) 시간 : 10초 이하
- (3) 시편의 화염 침투가 없어야 함.

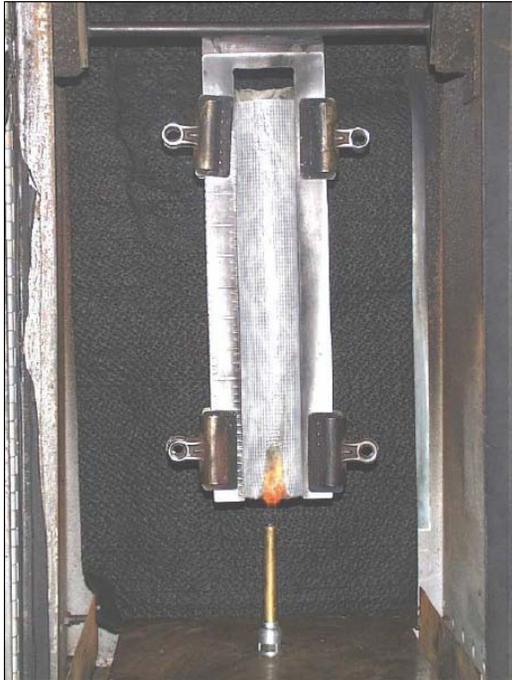


Fig. 3 자기소화성 수직시험 장면

4.4 60도 경사시험

전기계통 구성품 및 전선 절연재의 경우에는 대해서는 시편을 60도로 경사지게 설치한 상태에서 30초간 화염을 가하여 시험을 수행한다. 이 시험의 경우에는 다른 시험과 달리 버너의 화염 온도가 954℃ (1750°F) 이상이어야 하며, 합부판정 기준은 다음과 같다.

- (1) 평균 연소길이 : 75mm(3in) 이하
- (2) 화염원 제거 후 평균 연소시간 : 30초 이하
- (3) 연소 시편 적하물의 평균 연소 지속 시간 : 3초 이하

5. 결 론

본 논문에서는 소형 항공기에 적용되는 화재 방지 요건에 대해 살펴보고, 항공기 형식증명 단계에서 적합성이 입증되어야 하는 화재방지 요건에 대하여 논하였다. 항공기 형식, 설계 및 장착위치 등에 따라 해당 재질에 요구되는 요건

은 서로 다르게 적용될 수도 있지만, 적용 가능한 기준을 표준화하고 적절한 지침을 제공하고 자 각 국의 인증당국 및 관련 기관들은 연구를 진행하고 있다. 특히, 항공기 내부에 장착되는 재질의 경우에는 최소한 내염성이 확인되어야 하며, 필요에 따라서는 자기소화성에 대한 인증이 요구되기도 한다.

이에 대한 입증을 위해서는 시험이 요구되는데, 개발자 또는 소재 납품업체의 개발시험 결과만으로는 불충분할 수도 있다. 따라서 필요한 시험을 하고자 하는 경우에는 인증기관 관계자의 시험 입회가 필수적으로 수반되어야 한다.

그리고 화재방지를 위해 해당 재질에 대하여 방염 또는 난연 처리를 하는 경우가 있는데, 이는 재질의 내염성을 입증하는 측면에서는 부족함이 있을 수 있다. 특히 직물의 경우에는 세탁을 하여 재사용할 경우도 있기 때문에, 지속적인 사용으로 인한 표면의 화학 처리에 대한 성능저하도 고려하여야 한다.

마지막으로 해당 재질에 대한 내염성 입증을 하는 경우에는 반드시 항공기에 사용되는 제품의 특성을 모사할 수 있는 시편이 선정되어야 하며, 실제 장착되는 단면 두께에 비해 두꺼운 시편을 사용하여 시험을 수행하지 않도록 주의해야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 국토해양부 고시 2010-286 항공기 기술기준 Part 23, 감항분류가 보통(N), 실용(U), 곡기(A), 컴퓨터(C)류인 비행기에 대한 기술기준, 2010
- [2] 14 CFR Part 23, Airworthiness Standard: Normal, Utility, Acrobatic, and Commuter Category Airplanes
- [3] FAA Advisory Circular 23-2A, Flammability Tests, 2007
- [4] FAA Advisory Circular 20-135, Powerplant Installation and Propulsion System

Component Fire Protection Test Methods,
Standards, and Criteria, 1990

- [5] FAA Advisory Circular 23-17B, Systems and
Equipment Guide for Certification of Part
23 Airplanes and Airships, 2005
- [6] DOT/FAA/AR-00-12, Aircraft Materials Fire
Test Handbook, 2000