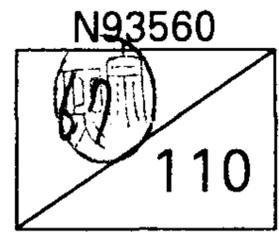


GOVP1199502342



항공기 품질인증 기술기준 개발에 관한 연구(Ⅱ)

A Study on Development of Technical Standards
for the Certification of Aircraft(Ⅱ)

연구기관
한국기계연구원 부설
항공우주연구소

과학기술처

제 출 문

과학기술처 장관 귀하

본 보고서를 “항공기 품질인증 기술기준 개발에 관한 연구(II)”
의 최종보고서로 제출합니다.

1994. 12.

주관연구기관명 : 항공우주연구소

연구책임자 : 이 종 희

참여연구원 : 이 호 성

한 상 호

강 광 호

김 창 기

한 창 환

요 약 문

I. 제 목

항공기 품질인증 기술기준 개발에 관한 연구(II)

II. 연구개발의 목적 및 중요성

개발 항공기를 인증하기 위해서는 감항성과 안전성을 증명할 수 있는 관련 기술기준이 확립되어야 하는데 그 평가 기술이 국제적으로 인정되어야 비로소 외국영공에서 비행이 가능하고 수출할 수 있다. 기술기준은 법에 의한 기준에서부터 실제 작업현장에서 사용하는 규격기준까지 적용단계별로 그 종류가 많으므로 실제 적용시에는 어떠한 순서로 선택되어야 하는지가 정해져 있어야 한다. 본 연구의 목적은 국내의 항공기 감항성증명에 사용할 수 있기 위한 세부적인 기술기준을 확립하는 것이다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

일차년도에는 품질체제 기준, 기체구조 평가기준, 비행시험을 통한 항공기의 성능 및 안전성의 기준, 알루미늄 합금의 평가 기준, 기술표준품의 기준, 그리고 항공기 소음 평가를 위한 기준이 제시 되었다. 이차년도에는 항공기 계통의 안전성 평가 기준, 항공전자 기술기준, 항공기용 복합재료 기술기준, 그리고 항공기 실내 소음 기준이 확립 되었다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 관한 건의

연구개발 결과는 현재 추진 중인 중형항공기 개발 등에서 실제로 필요한 기술기준으로 미국의 기준을 중심으로 확립되어 있으므로 현재 시급히 요구되고 있는 미국과의 BAA(상호감항성 협정) 체결의 기반으로 활용될 수 있다. 개발된 기술기준은 국내 항공산업을 고부가가치 생산산업으로 육성 발전하기 위하여 필수적인 기준이므로 산업체의 생산기술 발전을 도모하고 부품생산을 촉진할 것이다.

SUMMARY

I. Title

A Study on Development of Technical Standards for the Certification of Aircraft (II)

II. Objectives and Importance

It is necessary to establish technical standards in order to determine the airworthiness and the safety of developing aircraft. These evaluation technology must be acknowledged internationally in order to operate in and export to foreign countries. Since there are many different kinds of technical standards, from regulations or law to process standards in the field, the preference must be declared to avoid confusion in use. The purpose of this study is to classify and develop the technical standards in detail, which are essential for aircraft certification.

III. Contents and Scope

In the first year, quality system standard, technical standards required for evaluation of structure, aircraft performance and safety standard verified by flight test, and Technical Standard Orders(TSO) were developed. In the second year, technical standards for safety evaluation of aircraft system, for avionics, for aircraft composites materials, and for aircraft internal noise are presented.

IV. Results and Suggestions

The results of this study will be used for certification of developing mid-class aircraft, which is based on FAR and, therefore, can be applied to establish the Bilateral Airworthiness Agreement with U.S.. The technical standards developed are vitally important to promote our aircraft industries and production technologies.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	1
Section 1 : Aircraft Quality Standards	1
Section 2 : Aircraft Technical Standards for Certification	3
Chapter 2. Technical Standards for Safety Evaluation of Aircraft System ...	9
Section 1 : General	9
Section 2 : Definition	9
Section 3 : Requirements for Safety Evaluation of Aircraft System ...	11
Chapter 3. Technical Standards for Avionics	28
Section 1 : Certification System of Avionics Parts	28
Section 2 : Airworthiness Standards for Avionics Parts	37
Section 3 : Technical Standards for Avionics Parts	46
Chapter 4. Technical Standards for Aircraft Composites Materials	54
Section 1 : Certification of Composite Materials	54
Section 2 : Test and Evaluation for Composite Characterization	58
Chapter 5. Technical Standards for Aircraft Internal Noise	69
Section 1 : General	69
Section 2 : Aircraft Internal Noise Measurements	70

Chapter 6. Conclusion	85
-----------------------------	----

Appendix I. List of organizations which publish Technical Standards for Avionics	91
Appendix II. Military Specifications for Composite Materials	94
Appendix III. List of ISO, IEC Standards for Acoustics	98

목 차

제 1 장 서 론	1
1 절 항공기 품질인증	1
2 절 기술기준	3
제 2 장 항공기 계통의 안전성 평가 기준	9
1 절 서론	9
2 절 용어의 정의	9
3 절 항공기계통의 안전성 요구조건	11
제 3 장 항공전자 기술기준	28
1 절 항공전자 부품의 인증제도	28
2 절 항공전자 부품의 감항기준	37
3 절 항공전자 부품의 기술기준	46
제 4 장 항공기용 복합재료 기술기준	54
1 절 복합재료의 인증	54
2 절 복합재료 특성시험	58

제 5 장	항공기 실내 소음 기준	69
1 절	서론	69
2 절	항공기 실내소음의 측정	70
제 6 장	결론	85
부록 I	항공전자 단체규격 제정기관	91
부록 II	복합재료관련 미국의 군사기준	94
부록 III	음향관련 국제규격 목록(ISO, IEC)	98

제 1 장 서 론

제 1 절 항공기 품질인증

항공공업은 첨단산업이고 고부가가치의 기술집약적인 산업으로 기술파급 효과가 큰 미래 지향적인 산업이다. 최근 정부에서 중형항공기 개발사업등과 같은 대형 국책사업을 추진중이고 따라서 항공업계 및 관련 산업계에도 많은 발전이 있을 전망이다. 항공기 개발은 고도의 기술을 요구하고 비용이 많이 드는 거대한 사업인데 그 이유는 다양한 여러 기술이 관련되어 있고, 그러한 기술이 가장 효율적으로 사용되어 안전성과 신뢰성을 유지하여야 하기 때문이다. 개발된 항공기는 감항성(Airworthiness)과 개발에 사용된 모든 기술이 공인된 인증기관의 승인을 받아야 하고 그 평가 기술이 국제적으로 인정되어야 비로소 외국영공에서 비행이 가능하고 수출할 수 있다.

항공기 품질인증은 항공기의 안전성 과 공익성에 기초를 둔 품질 요구사항, 설계의 적합성 및 생산자의 품질보증체제, 공정 및 부품의 적합성 평가, 품질의 유지라는 일련의 체계로서 형성되어 있는, 법규에 의한 증명체제이다. 항공기 품질인증을 위한 기준은 감항기준, 생산기준, 환경기준으로 크게 구분할 수 있으며, 이들 기준을 적용하여 항공기의 개발 초기 단계를 포함한 설계, 제조 및 운용의 각 단계에서 그 적합성을 평가하고 판단하는 품질인증 활동이 이루어져야 한다. 기술기준은 이러한 품질인증 기준을 만족하기 위한 시험·공정·평가·절차 등에 관한 기술적이고 공학적인 요구사항 및 합치성을 결정하는데 사용되는 기준이다.(그림 1-1)

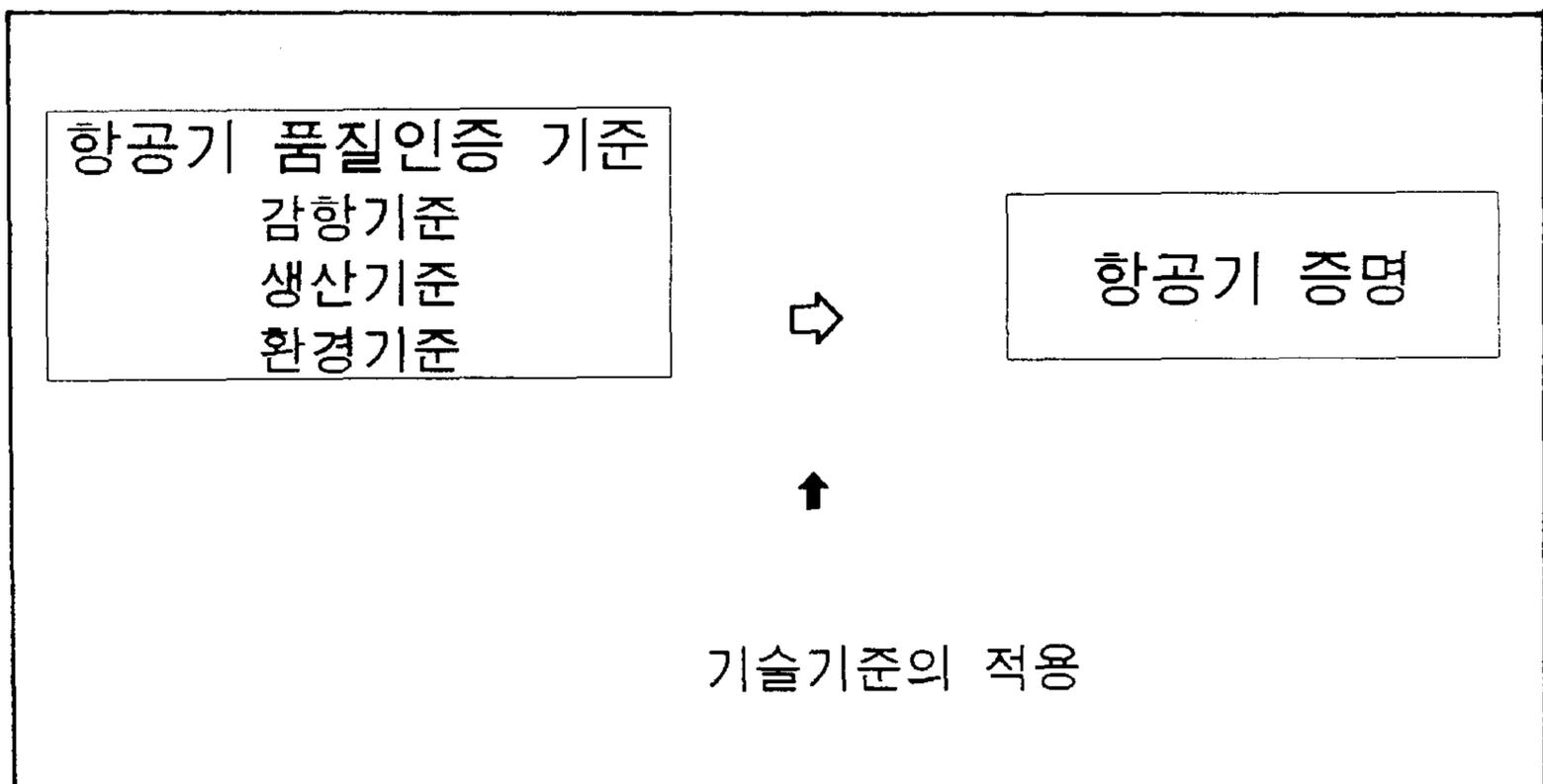


그림 1-1 : 기술기준의 역할

제 2 절 기술기준

기술기준은 법에 의한 기준에서부터 실제 작업현장에서 사용하는 규격기준까지 적용단계별로 그 종류가 많으므로 실제 적용시에는 어떠한 순서로 선택되어야 하는지가 정해져 있어야 한다. 미국의 군사규격체계에서는 MIL-STD-970 의 기준에 따라 8 가지의 종류로 대별하여 사용하고 있다. 그림 1-2 에 기술기준의 선택순서가 요약되어 있다.

CID(Commercial Item Description)는 정부 요구에 만족하는 승인된 상업용품(Commercial Product) 의 기능이나 성능 특성을 나타낸 간단한 제품 기록이나 규격이다. NGS (Non-Government standard)는 표준, 규격, handbooks, 또는 관련 문서를 계획, 개발, 확립 또는 관장하는 사설협회, 조직 또는 기술학회에 의해 개발된 표준화 자료이다. Item(item of supply)은 최종 품목; 부품; 또는 단품; 저장, 보관 그리고 군사 요구사항에 따라 출고를 위해 유지되어야 하는 기록(예: 비행기, 배, 트럭, 레이다, 레이다 부품, 수동치공구, 웨스너, 등)으로 정의되어 있다. Military Handbooks 은 설계, 공학, 생산, 조달 그리고 자재공급작업에 사용하기 위한 정보나 지침을 포함한 지도자료로서 물품, 공정, 시행 그리고 운용에 관련된 일반정보, 절차와 기술 이용자료 또는 설계정보의 제출에 사용된다. 또한 산업체에 표준화프로그램에 사용될 참고자료로서 제공된다. Handbook 의 사용은 임의적이다. Military Standards 는 DSSP(Defense Standardization and Specification Program)의 기본 정책에 따라 미국국방성에서 발행된 문서로서 공학적 실행(시험방법포함), 절차, 공정, 규정, 안전성요구, 기호, 약어, 전문어, 형식지정 그리고 표준기구나 항목에 대한 특성의 포괄적인 설명에 사용된다. 또한 최종 품목이나 주요 부품의 체계의 전반적인 특성을 다루는데 사용된다. 이들 특성은 해당된다면 비행포위선 (Flight Envelope), 치수, 성능 등급, 기본구조 특성, 그리고 부품의 상호교환에 요구되는 데이터 등을 포함한다.

표 1-1: MIL-STD-970 에 따른 기술기준의 선택 순서

구 분	내 용
Group I	법이나 법에 따른 규정에 의해 사용하도록 지정된 기준과 규격 Ex> OSHA(Office of Safety and Health Administration), DOT(Dept. of Transportation), EPA(Environment Protection Agency), CPSC(Consumer Product Safety Commission), FIPS(Federal Information Processing Standards), FTS(Federal Telecommunication Standards) 등에서 발행된 강제적인 기준 및 규정과 NATO STANAGs, AQAPs 및 QSTAGS 등의 다국적조약기관 표준화협정에 의한 기준 및 규격을 포함한다.
Group II	국가와 국제적인 비정부표준단체(NGSB) 의해 공표된 기준, 규격, handbooks 및 관련 자료.
Subgroup IIA	DoD 당국에 의해 공식적으로 채택된 NGS
Subgroup IIB	DoD 당국에 의해 공식적으로 채택되지 않은 NGS (DODISS 에 수록되어 있지 않음)
Group III	DoD 당국에 등록된 연방 기준 및 규격
Subgroup IIIA	CIDs
Subgroup IIIB	협력된 연방 기준 및 규격
Group IV	Military Standards & Specifications, SMDs(Standardized military drawings)
Subgroup IVA	JANs, ANs, ANDs 를 포함한, MIL-STD-962 와 MIL-STD-961 에 따른 military standards 와 specifications
Subgroup IVB	요구하는 DoD Service, Agency 나 활동등에 의해 발행된 military standards 와 specifications, SMDs
Group V	
Subgroup VA	관련된 DoD Service, Agency or activity 에 의해 개발된 잠정적인 연방 기준 및 규격
Subgroup VB	기본자료의 준비 활동외에 DoD Service, Agency or activity 에 의해 발행된 군사기준 및 규격 대신에 쓰이는 제한된 규격
Group VI	DoD 에서 등록하지 않은 CIDs 와 연방 기준 및 규격
Group VII	군사나 연방 이외에 정부에서 발행한 기준, 규격 및 관련 발행물 (DODISS 에 수록되어 있지 않음)
Subgroup VIIA	DoD 이외에 정부에서 발행한 Group VII 문서 (EX:FAA, NASA 규격)
Subgroup VIIB	개발 품목의 일시적인 조달을 위해 MIL-STD-490 에따라 구매 규격, 구매설명서, 품목명세서와 특정프로그램 규격
Group VIII	Group I 에서 Group VII 까지 포함되지 않은 모든 기준 및 규격

Military Specification 은 특성상 본질적으로 군사목적이나 무기체제 그리고 기본체계기능에 사용되는 시스템, 서브시스템, 부품, 물품, 재료 또는 생산품을 포괄하는 군사규격이다.

국내의 항공기 품질인증을 위한 기술기준의 적용순위에 따른 분류가 표 1-3 에 제안되었다.

기술기준은 공통된 체계(Systems), 하부체계(Subsystems), 장비(Equipment), 부품(Components), 부분품(Parts), 재료(Materials) 및 공학적인 기술 데이터(Engineering Practices & Technical Data) 의 개발과 사용을 촉진 시킴으로서 개발 및 평가의 운용준비성과 경제성을 향상시키기 위하여 표준화 될 필요가 있다. 미국의 국무성에서는 DSSP(Defense Standardization and Specification Program)의 기본 정책에 따라 다음의 35 개 분야의 표준화 작업 이 진행중이다.

○ 품질체제기준 (2분야)

Quality Control/Assurance & Inspection

Technical Manual Specifications and Standards

○ 항공전자, 통신 및 정보 기준 (6분야)

Avionics

Telecommunications System Standards

Data Communication Protocol Standards

Information Processing Standards for Computers

Mission Critical Computer Resources

Electromagnetic Compatibility (EMC)

○ 설계 및 데이터 시스템 기준 (8분야)

CAD Numerical Control

Configuration Management

Drawing Practices

Engineering Data Reproduction Systems

Engineering Data Systems

Facilities Engineering and Design Requirements

General Design Requirements

Standardization & Data Management Programs

○ 재료평가 기준 (7분야)

Composite Technology

Metal Castings

Forgings

Screw Threads

Thermal Joining of Metals

Soldering

Metal Finishes and Finishing Processes and Procedures

○ 신뢰성 평가, 시험, 검사 (9분야)

Automatic Test Technology Standards

Environmental Requirements and Related Test Methods

Human Factors

Maintainability

NDT & I

Packing, Packaging, Preservation & Transportability

Reliability

System Safety

Integrated Logistic Support Standards

○ 기타 (3분야)

Mapping, Charting and Geology Technology

Nuclear Ordnance

Miscellaneous

표 1-2: 항공기 품질인증을 위한 기술기준의 적용순위

우선순위	품질인증 기준의 형식	기준의 예
1	법이나 규정에 의해 사용하도록 지정된 기준 및 규격	항공법, 항공우주개발촉진법·시행령·시행규칙
2	당국에 의해 공식적으로 채택된 표준화된 규격/기준	ISO 규격(국제표준), KS 기준등
3	당국에 의해 인가된 단체 규격/기준	ASTM, AMS 등
4	정부관련 전문기관에서 발행한 기준/지침서/규격	상기의 1-3 기준을 적용하기 위한 지침서/기술기준
5	전문기관에서 승인된 산업체 규격	산업체에서 개발된 규격

기술기준을 표준화함으로써 일반적으로 비슷한 형상, 종류, 크기나 형태의 불필요하고 비효율적인 확산을 줄이고, 새로운 생산품이나 용역을 개발하고 제작하는 것과 관련된 위험을 줄일수 있으며, 유용성, 품질, 신뢰성, 유지성 및 성능등이 기록·추적가능하며, 교육, 기술데이터, 지원등의 요구사항을 최소화 하고 단순화시킬 수 있다.

일차년도와 품질체제 기준, 기체구조 평가 기술기준, 소형항공기 비행시험 기술기준, 항공용 알루미늄 합금의 특성 및 공정평가 기준, 그리고 기술표준품의 품질인증 기술기준의 확립에 이어서, 이차년도에는 항공기 안전성 평가 기준, 항공전자부품의 기술기준, 항공기 소음측정 기술, 그리고 복합재료의 기술 기준에 관하여 연구되었다. 이러한 기술기준은 품질인증 기준과의 합치성을 검사하는데 사용되고, 또한 항공기 설계자와 제조자가 그들의 모든 활동 및 생산품이 품질인증 기준에 만족한다는 것을 입증하는데 사용될 수 있다. 또한 품목, 장비 및 재료에 대한 선정, 응용, 그리고 설계 기준에 대한 요구사항을 수립하는데 사용된다.

제 2 장 항공기 계통의 안전성 평가 기준

제 1 절. 서론

항공기 계통의 안전성이라 함은 항공기가 안전한 비행 및 착륙을 할 수 없도록 만드는 항공기 계통들의 고장 발생이 없는 상태를 말한다. 그러한 항공기 계통의 안전성을 평가하는 일, 즉 각 항공기 계통의 위험요소 식별, 분류, 영향의 평가 등은 최근에 항공기 계통의 복잡성이 증대됨에 따라 그리 단순하지 않은 양이 되었고 보다 조직적이고 정량적이며 정성적인 평가가 요구되고 있다. 현재 미국, 유럽 등에서는 항공기 계통의 안전성 요구조건을 감항기준, 즉 FAR, JAR 등에 명시하고 있고 이러한 안전성 평가를 위한 기준 등을 제정하여 적용하고 있는 추세이다. 따라서 본 장에서는 외국에서 적용하고 있는 항공기 계통의 안전성 요구조건 및 평가기준 등을 분석하여 국내에서 적용할 수 있는 항공기 계통의 안전성 평가 기준을 제시하고자 한다.

제 2 절. 용어의 정의

본 장에서 사용된 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

1. 고장(Failure)

어떤 계통이나 계통의 부분의 기능이 손실되거나 오기능을 갖는 것을 말한다.

2. 고장상태(Failure Condition)

어떤 한 개 이상의 고장에 의해 비행기 및 비행기 승객에게 주어지는 영향을 말한다. 이러한 고장상태는 그 심각도에 따라 다음과 같이 분류된다.

가. 사소(Minor)

비행기 안전성과 승무원의 능력을 상당히 감소시키지는 않는 고장상태를 말한다. 이러한 사소고장상태의 예에는 안정성 여유치 또는 기능상 능력의 약간 감소, 승무원 업무부담의 약간 증가(예, 비행계획의 변경), 또는 승객에 대한 약간의 불편함 등이 있다.

나. 주요(Major)

악 운용 조건에 대처하는 비행기 능력 또는 승무원의 능력을 상당히 감소시키는 고장상태를 말한다. 이러한 주요고장상태의 예에는 안정성 여유치 또는 기능상 능력의 상당한 감소, 승무원 업무부담의 상당한 증가, 또는 승객에 대한 불편함 등이 있다.

다. 재난(Catastrophic)

지속적 안전 비행 및 착륙을 막는 고장상태를 말한다.

3. 보편성(Conventional)

어떤 계통이 통상적으로 사용되는 기존의 입증된 계통과 동일하거나 상당히 유사하다면, 그 계통의 속성은 보편성을 가지고 있다고 간주된다.

4. 복잡성(Complex)

어떤 계통의 철저하고 타당한 안전성 해석을 위해서 구조적 해석 방법이 요구된다면, 그 계통은 복잡성을 가진다고 간주된다. 구조적 해석 방법의 예에는 고장 모드 및 영향 분석(Failure Modes and Effect Analysis), 결함 가지 분석(Fault Tree Analysis), 신뢰성 블록 다이어그램 분석(Reliability Block Diagram Analysis)등이 있다

5. 속성(Attribute)

계통의 형태, 특성 또는 계통의 작동에 영향을 주는 조건을 말한다. 예를 들면, 설계, 구성, 기술, 장착, 기능, 적용, 운용상의 사용, 환경 및 운용상의 자극, 다른 계통/기능/비행 또는 구조 특성과의 관계등을 말한다.

6. 인증 점검 요건(CCR ; Certification Check Requirement)

위험한 고장 상태를 야기시키는 중요한 잠재고장(Latent Failure)의 유무를 감지하는 것을 통해 계통의 안전성 요건과의 적합성을 보이기위해 설계에

의해 요구되는 승무원 및 지상요원의 반복적인 점검요건을 말한다

7. 점검(Check)

어떤 항목의 물리적 완전성 또는 기능적 능력을 결정하기 위한 조사(검사 또는 시험)을 말한다.

8. 정량적 평가(Quantative)

계통과 비행기 안전성을 수학적 방법으로 평가하는 방법

9. 정성적 평가(Qualitative)

계통과 비행기 안전성을 주관적이고 비 수치적인 방법으로 평가하는 방법

10. 중복성(Redundancy)

어떤 계통에 주어진 기능 또는 비행운용을 달성하기 위해 한개 이상의 독립적 수단(반드시 동일할 필요는 없다)을 사용하는 경우 그 계통은 중복성을 가졌다고 간주한다.

11. 지속적 안전비행 및 착륙(Continued Safe Flight and Landing)

조종사의 특별한 기술없이 비상절차를 사용하여 적절한 공항에 지속적으로 비행하고 착륙할 수 있는 능력을 말한다. 비행 또는 착륙동안에 약간의 비행기 손상이 있어도 좋다.

제 3 절. 항공기 계통의 안전성 요구조건

항공기는 적용되는 감항기준에 따라 소형 비행기, 대형 비행기, 소형 회전익 항공기, A등급 대형 회전익 항공기, B등급 대형 회전익 항공기로 분류할 수 있다. 소형 비행기는 9인승 이하 (조종석 제외)로서 최대 이륙중량 12,500lb이하인 보통급 (Normal Category), 실용급 (Utility Category), 곡기급 (Acrobatic Category)과 19인승 이하 (조종석 제외)로서 최대 이륙중량 19,000lb 이하인 커뮤터급 (Commuter Category)인 비행기를 말한다. 대형 비

행기는 소형 비행기의 범위를 넘어서는 비행기, 즉 최대 이륙중량이 19,000lb 이상이거나, 좌석 수가 20인승 이상이거나, 좌석 수가 10인승 이상이고 최대 이륙중량 12,500lb 이하인 비행기를 말한다.

소형 회전익 항공기는 최대 이륙 중량이 6,000lb 이하인 보통급 회전익 항공기를 말한다. 대형 회전익 항공기는 A등급 (Category A)과 B등급 (Category B)으로 구분된다. A등급은 최대 이륙 중량 20,000lb 이상이고 10인승 이상인 회전익 항공기를 말하고 B등급은 최대 이륙 중량 20,000lb 이상이며 좌석수 9인승 이하 (조종석 제외) 이거나, 최대 이륙 중량 20,000lb 이하인 회전익 항공기를 말한다.

이러한 항공기 분류들에 대해 미국에서 적용하는 항공기 계통에 대한 각각의 안전성 요구조건을 검토 분석하여 표 2-1과 같이 각각을 비교하였다.

표 2-1에서 보듯이 항공기 계통의 수나 복잡성이 커짐에 따라 안전성도 보다 더 엄격하게 요구된다.

대형 비행기나 A등급의 대형 회전익 항공기의 경우는 모든 계통에 대한 고장이 일어날 확률이 불가능 (Extremely Improbable) 또는 제한적 불가능 (Improbable)일 것이 요구된다.

소형 비행기에 대해서는 안전에 중요한 계통에 대해서는 대형 비행기와 같이 고장이 일어날 확률이 불가능 또는 제한적 불가능일 것이 요구되지만 일반 계통에 대해서는 고장이 일어나는 것이 허용되고, 고장 발생시 단발엔진 비행기의 경우는 이로 인한 위험을 최소화 (단발엔진 경우) 할 수 있어야 하며, 다발 엔진 비행기의 경우는 위험을 방지할 수 있도록 요구되고 있다.

B등급 대형 회전익 항공기의 경우는 모든 계통에 대해 고장이 발생하는 것을 허용하고, 고장이 발생시 단발 및 다발 엔진 비행기의 모든 경우에는 위험을 방지할 수 있도록 요구되고 있다.

소형 회전익 항공기의 경우는 모든 계통에 대해 고장이 일어나는 것이 허용되고, 고장 발생시 단발엔진 비행기의 경우는 이로 인한 위험을 최소화 (단발엔진 경우) 할 수 있어야 하며, 다발 엔진 비행기의 경우는 위험을 방지할

수 있도록 요구되고 있다.

이상을 종합하면, 소형 회전익 항공기, B등급의 대형 회전익 항공기, 소형 비행기, A등급의 대형 회전익 항공기 및 대형 비행기 순으로 계통에 대한 안전성 요구조건이 보다 엄격하게 요구된다고 판단할 수 있다.

다음에는 소형 비행기 계통의 안전성에 대한 미국 FAA의 요구조건 (FAR 25.1309)을 제시하였다.

1. 장비의 각 품목, 각 계통, 각 장착품은

가. 의도된 기능을 수행할 때, 다음에 대한 반응, 운용 또는 정확도에 악영향을 주어서는 안된다.

(1) 안전운용에 중요한 장비

(2) 조종사에게 그 장비 등의 효과에 대한 정보를 알려주는 수단이 없는 경우에 다른 장비

나. 단발 엔진 비행기일 때, 가능한 오작동 또는 고장이 일어나는 경우 비행기의 위험을 최소화하도록 설계되어야 한다.

다. 다발엔진 비행기일 때, 가능한 오작동 또는 고장이 일어나는 경우 비행기의 위험을 방지하도록 설계되어야 한다.

2. 장비, 각 계통, 각 장착품의 각 품목의 설계는 각기 개별적으로 그리고 다른 비행기 계통 및 장착품과 관련하여 조사되어야 한다. 그 이유는 비행기가 지속적 안전 비행과 착륙을 하는 것이 그 장비 등의 기능에 달려있는지를 결정하기 위한 것과 한 계통의 고장이 악운용 조건에 대처하는 비행기 또는 승무원의 능력을 상당히 감소시키는 지를 결정하기 위한 것이다.

앞에서와 같이 비행기의 지속적 안전비행과 착륙에 직접적으로 관련이 있거나 악운용 조건에 대처하는 승무원 또는 비행기의 능력을 감소시키는 것으로 결정된 장비의 각 품목, 각 계통, 각 장착품은 다음의 부가적 요건을 만족하도록 설계되어야 한다.

가. 그것은 어떤 예견할 수 있는 운용 조건하에서는 그것의 의도된 기능을 수행해야 한다.

나. 계통과 관련 구성품들이 다른 계통과 관련하여서 그리고 별도로 취급될 때,

(1) 지속적인 안전비행과 착륙을 방해하는 어떤 고장상태 (Failure Condition)의 발생확률은 불가능 (Extremely Improbable)이어야 한다.

(2) 악 운용 조건에 대처하는 비행기의 능력이나 승무원의 능력을 상당히 감소시키는 어떤 다른 고장상태의 발생 확률은 제한적 불가능 (Improbable)이어야 한다.

다. 승무원에게 불안전 계통 운용상태를 알리고 적절한 시정조치를 행하게 하기 위해 경고 정보가 제공되어야 한다. 계통, 조종장치, 관련 감시 및 경고장치는 부가적인 위험을 초래할 수 있는 승무원의 실수를 최소화하도록 설계되어야 한다.

라. 2.나. 요건과의 적합성은 해석에 의해 보여져도 좋고 필요하다면 적절한 지상, 비행 또는 시뮬레이터 시험에 의해 보여져도 좋다. 해석은 다음을 고려해야 한다.

(1) 외부로부터 오작동 (Malfunctions) 및 손상 (Damage)을 포함하는 가능한 고장형태 (Modes of Failure)

(2) 복수의 고장 확률 (Probability of Multiple Failure) 및 감지되지 않는 결함 확률 (Probability of Undetected Fault)

(3) 비행과 운용상태를 고려할 때의 비행기와 승객이 받는 영향

(4) 승무원 경고 신호, 요구되는 시정 조치, 승무원의 결함 결정 능력

3. 나. 에서와 같이 결정되고 전력공급장치를 필요로 하는 장비의 각 품목, 각 계통 및 각 장착품은 전력 공급장치에 대해서는 중요부하 (Essential Load)이다. 전력원과 계통은 가능한 운용상태에서와 가능한 기간동안 다음의 전력부하를 공급할 수 있어야 한다.

가. 정상적으로 작동하는 계통과 전력분배 계통에 연결된 부하

나. 다음의 고장 이후의 중요 부하

(1) 쌍발 엔진 비행기상의 어떤 한 엔진

(2) 3발 이상 엔진 비행기상의 어떤 두 엔진

(3) 어떤 전력 변환장치 또는 에너지 저장 장치

다. 어떤 한개의 전력공급 계통, 전력분배 계통 또는 다른 전력 이용 계통 상에 고장이나 오작동이 있을 후에 대체 전력원이 요구되는 중요 부하

4. 3.나의 적합성을 결정할 때 전력 부하는 인가된 여러종류의 운용상의 안전 성과 일치하는 감시 절차하에서 감소되는 것으로 가정해도 좋다. 통제된 비행에서 요구되지 않는 부하는 3개 이상의 엔진을 갖는 비행기에서의 2개 엔진 부작동 상태에 대해서는 고려될 필요가 없다.

5. 전력계통과 장비 설계 및 장착에 관한 적합성을 보이는데 있어서, 임계환경 및 대기조건이 고려되어야 한다. 라디오주파수 에너지 및 번개의 영향 (직접/간접 모두 포함)을 포함하는 발전, 배전, 전기 이용장비에 관한 적합성을 보이는데 있어서, 예측할 수 있는 환경조건하에서의 지속적이고 안전한 능력이 환경시험, 설계해석 또는 다른 비행기에서의 유사한 과거경험 등에 의해 보여져야 한다.

6. 앞서 언급된 계통이라 함은 비행기 설계에 포함된 모든 공압계통, 유압계통, 전기계통, 기계계통, 동력장치 계통을 말한다. 단 다음은 제외한다.

가. 형식증명된 엔진의 부분으로 공급되는 동력장치 계통

나. 비행구조 (날개, 꼬리날개, 조종면 및 계통, 동체, 엔진마운팅, 착륙장치 및 관련 주요 부착물)

표 2-1 항공기 계통의 안전성 요구조건 비교

항공기 계통의 안전성 요구 조건				
소형 비행기	대형 비행기	소형 회전익 항공기	대형 회전익 항공기	
1. 모든 계통에 대하여 적용 가. 타 장비에의 악영향 없을 것.	N/A	N/A	N/A	N/A
나. 계통 고장시 비행기 위험 최소화 (단발엔진인 경우)	N/A	동일 (단발엔진인 경우)	N/A	N/A
다. 계통 고장시 비행기 위험 방지 (다발엔진인 경우)	N/A	동일 (다발엔진인 경우)	N/A	동일(단발/다발엔진의 모든 경우)
2.가. 의도된 기능 수행	동일	동일	동일	동일
나. 안전에 중요한 계통에 대해서만 적용 (1) 안전비행 및 착륙 방해 : 불가능(Extremely Improbable) (2) 운용능력 감소 : 제한적 불가능(Improbable)	동일 (단, 모든 계통에 대해 적용)	N/A	동일 (단, 모든 계통에 대해 적용)	N/A
다. 경고장치	동일	N/A	동일	동일
라. 안전성 적합성 해석시 고려사항	동일	N/A	동일	동일
3. 전력 부하공급 가. 정상적 작동 계통에 대한 부하공급 나. 중요 부하(Essential Local) 공급 • 엔진, 전력변화장치, 에너지 저장장치 고장시 다. 전력공급 계통, 배전 계통, 전기 이용 계통, 고장시	동일	N/A	동일 (단, 다.는 제외)	N/A
4. 3.나.의 적합성 평가시의 가정	동일	N/A	동일	동일
5. 환경조건 (번개 영향 포함)	동일	N/A	동일	동일
6. 계통의 적용 범위 제한	N/A	N/A	N/A	N/A

제 4 절. 항공기 계통의 안전성 평가 기준

앞절에서 제시된 항공기 계통의 안전성 요구조건에 대한 합치성 검증을 위해서는 이에 대한 평가 기준이 개발되어야 한다. 미국과 유럽에서는 대형 비행기의 항공기 계통의 안전성 평가 기준으로서 보조지침서 (미국 : AC - Advisory Circular, 유럽 : AMJ - Advisory Material Joint)를 제정하여 이들을 평가기준으로 사용하고 있다. 미국과 유럽의 보조지침서는 내용상 거의 유사하므로 국내의 평가 기준으로 어느것을 채택하여도 무방하나 그동안 개발되었고 앞으로 개발되는 기술 기준들이 미국의 것을 대부분 채택하는 점을 고려하여 미국의 FAA에서 적용하고 있는 평가기준을 국내 평가기준으로 적용하여도 큰 문제가 없다고 판단된다.

또한 앞절에서 언급하였듯이 대형 비행기에 대한 안전성 요구조건이 가장 엄격하므로 대형 비행기에 대한 계통의 안전성 평가기준을 개발한다면 A등급 회전익 항공기, 소형 비행기, B등급 회전익 항공기, 소형 회전익 항공기에 대한 평가기준은 추가로 개발할 필요없이 대형 비행기의 기준중 일부를 적용함으로써 모든 항공기의 평가기준을 확보할 수 있다.

따라서 본 절에서는 대형 비행기에 적용되는 계통의 안전성 평가 기준으로 미연방 항공청 (FAA)의 보조지침서 (AC 25.1309-1A, System Design and Analysis)를 검토 분석하여 국내에서 적용될 항공기 계통의 안전성 평가기준을 제시하고자 한다.

1. 고장-안전 설계 (Fail-Safe Design) 개념

고장-안전 설계 개념은 안전한 설계를 정의하는데 있어서 고장의 효과를 고려하는 것으로서 대형 비행기에 대한 FAA 감항기준 (Part 25)은 고장-안전 설계 개념을 근거로 하고 있고 또한 대형 비행기 계통의 안전성 요구조건도 그러한 고장-안전 개념을 기준으로 하고 있다.

따라서 안전성 평가 기준 제시에 앞서 고장-안전 설계 개념에 대한 설명

을 하고자 한다.

가. 고장-안전 설계에 있어서는 고장에 대해서 다음 사항을 반영한다.

(1) 어떤 계통에 있어서 한번의 비행 (이륙부터 착륙까지)동안 단일 품목 또는 구성품은 고장 확률과 무관하게 고장이 일어나는 것으로 가정되어야 한다. 그러한 단일 고장들은 지속적인 안전비행 및 착륙을 막아서는 안되고 또는 고장상태에 대처하는 승무원 능력 또는 비행기 능력을 상당히 감소시켜서는 안된다.

(2) 첫번째 고장에 대한 후속성 고장 확률이 불가능 (Extremely Improbable)인 것으로 입증되지 않는 한, 동일한 비행동안 후속적 고장이 감지됐건 아니건간에 그러한 후속적 고장도 일어나는 것으로 가정되어야 한다.

나. 고장-안전 설계 개념은 안전설계를 보증하기 위해 다음의 설계 원리 또는 기술을 사용한다. 이러한 원리 또는 기술중에 단지 하나만 사용하는 것은 불충분하다. 주요 고장상태 (Major Failure Conditions)의 발생확률이 제한적 불가능 (Improbable)이고 재난 고장상태 (Catastrophic Failure Conditions)의 발생 확률이 불가능 (Extremely Improbable)임을 보증하기 위해서는 다음중에 1개 이상의 고장-안전 설계 원리 또는 기술이 적용되어야 한다.

(1) 수명 한계를 고려한 완전성 및 품질의 설계 반영 (Designed Integrity and Quality)

의도된 기능을 보장하고 고장을 방지하기 위함.

(2) 중복 또는 보조 계통 (Redundancy or Backup Systems)

어떤 단일 고장 이후에서 계속적인 기능을 유지할 수 있도록 함. (2개 이상의 엔진, 유압계통, 비행제어계통 등)

(3) 계통, 구성품, 요소의 격리 또는 독립 (Isolation or Independance of Systems, Components, and Elements)

한개의 고장이 다른 것의 고장을 야기시키지 않도록 함.

(4) 입증된 신뢰성 (Proven Reliability)

복수의 독립적인 고장이 동일한 비행동안 발생하지 않도록 함.

(5) 고장 경고 또는 식별 (Failure Warning or Identification)

감지하기 위한 수단을 제공함.

(6) 비행 승무원의 절차 (Flightcrew Procedures)

고장 감지후에 사용할 목적으로 승무원 시정조치를 명시함으로 지속적인 안전 비행 및 착륙을 가능하게 함.

(7) 점검성 (Checkability)

구성품 조건을 점검하기 위한 능력

(8) 고장 효과 한계의 설계 반영 (Designed Failure Effect Limits)

어떤 고장의 안전성에 대한 영향 또는 효과를 제한하는 것으로 손상에 견딜 수 있는 능력 등을 포함.

(9) 고장경로의 설계 반영 (Designed Failure Path)

어떤 고장의 안전성에 대한 영향을 제한하는 방식으로 고장의 효과를 관리하기 위한 것임.

(10) 안전성 계수 또는 안전성 여유 (Margins or Factors of Safety)

예기치 않았던 악조건을 허용하기 위한 것임.

(11) 실수-허용 (Error-Tolerance)

비행기 설계, 시험, 제조, 운용 및 정비동안에 예견되는 실수의 악영향을 미리 고려하는 것.

2. 항공기 계통 안전성 평가시의 고려사항

가. 예견되는 고장 또는 실수나 외부환경이 안전서에 주는 영향을 체계적이고 철저하게 평가하기 위해 각 계통 및 관련계통에 대한 고장, 실수, 외부환경 등의 여러요소의 상호작용이 고려되어야 한다.

나. 고장 상태의 심각성이 다음 항목에 따라 평가되어도 좋다.

(1) 비행기에의 영향

안전성의 여유치 감소, 성능의 악화, 비행 운용을 수행하는 능력의 손실

등으로 인한 비행기 또는 구조적 완전성에의 영향

(2) 승무원에의 영향

악운용 또는 환경조건 또는 고장발생에 대처하는 능력에 영향을 주는 과중한 업무 등으로 인한 승무원에의 영향

(3) 승객에의 영향

다. 설계 평가를 편리하게 하기 위해 고장상태가 심각성에 따라 사소 (Minor), 주요 (Major), 재난 (Catastrophic)으로 분류되어도 좋다.

라. 고장 상태의 발생확률은 가능 (Probable), 제한적 불가능 (Improbable), 불가능 (Extremely Improbable)으로 평가되어도 좋다.

고장 상태의 발생 확률은 고장상태의 심각성에 반비례한다.

(1) 사소 고장상태는 가능한 발생확률을 갖는다.

(2) 주요 고장상태는 제한적 불가능의 발생확률을 갖는다.

(3) 재난 고장상태는 불가능의 발생확률을 갖는다.

마. 고장상태를 식별하고 분류하기 위한 평가는 정성적인 방법을 사용한다. 한편 고장상태 확률의 평가는 정량적 또는 정성적 방법을 사용한다. 해석의 범위는 시험결과를 해석하거나 두개의 유사한 계통을 비교하는 간단한 해석부터 수치적 확률계산을 포함하는 세부적 해석까지를 포함한다. 해석의 범위와 정도는 계통에 의해 수행되는 기능의 종류, 계통 고장상태의 심각성, 계통의 복잡성 등에 따라 결정된다. 계통의 종류와 관계없이 해석은 계통과 장착품이 주요 고장상태의 발생 확률이 제한적 불가능이고 재난 고장상태의 발생확률이 불가능임을 보여야 한다.

바. 복잡하지 않은 계통에 대한 적합성은 설계/장착 승인, 계통의 속성이 유사한 다른 비행기에서의 만족스러운 운용 경험 증거 등에 의해 보여져도 좋다.

3. 안전성 평가 절차

항공기 계통의 안전성 평가를 위한 절차를 요약하면 표 2-2와 같고 세부 절차 내용은 다음과 같다.

가. 계통 및 관련 연결품을 정의하고 계통이 수행할 기능을 식별한다. 계통의 복잡성, 다른 비행기에 사용된 계통과의 유사성, 보편성 등이 여부를 결정한다.

나. 중요한 고장상태들을 식별하고 분류한다. 계통, 구조, 추진, 비행시험의 각 기술인력들이 이 과정에 참여해야 한다. 이러한 식별과 분류는 다음 방법들 중의 하나에 기준하고 있는 기능상의 위험평가 (FHA ; Functional Hazard Assessment) 방법을 수행해도 좋다.

(1) 계통이 복잡하지 않고 계통의 속성들이 다른 비행기에서 사용된 계통의 속성과 유사하다면, 식별과 분류는 설계/장착 평가 및 유사계통의 운용경험으로부터 얻어져도 좋다.

(2) 계통이 복잡하다면, 어떤 가능한 고장으로부터 야기되는 비행기 및 승객의 안전에 대한 영향이 조직적으로 고려되어야 한다.

다. 안전성 요구조건과의 적합성을 입증하는 방법들을 선택한다. 해석의 범위와 정도는 계통에 의해 수행된 기능의 종류, 계통 고장상태의 심각성, 계통의 복잡성 등에 따라 결정된다. 주요 고장상태에 대해서는 기술적 판단, 설계/장착의 평가, 유사한 계통에 대한 운용 경험자료에 의해 평가되어도 좋고 추가적으로 정성적 해석 또는 선택적으로 사용된 정량적해석에 의해 평가되어도 좋다. 재난 고장상태에 대해서는 아주 철저한 안전성 평가가 요구된다. 항공기 형식증명 신청자는 항공기 계통 안전성과 관련하여 계통의 고장상태, 고장상태의 분류, 사용된 적합성 입증 방법들에 대해 형식증명 신청 초기단계에 감항당국의 동의를 얻어야 한다.

라. 안전성 평가를 수행하고 자료를 작성한다. 평가자료에는 대표적으로 다음 사항을 포함해야 한다.

(1) 계통의 기능, 경계, 접속에 대한 설명

(2) 계통을 구성하는 부품과 각각에 대한 설계기준에 대한 목록. 설계기준의 경우 TSO, 제조자 규격, 군사규격 (MIL) 등의 목록을 포함해도 좋다.

(3) 고장상태에 대한 설명과 고장상태의 분류, 정성적 또는 정량적 확률 등을 포함하는 계통의 안전성 요구조건에 대한 적합성을 입증할 수 있는 결론.

(4) 결론에 도달할 때까지의 수행작업, 시정조치, 완료 등에 대한 세부

설명. 이러한 설명에는 각 고장조건의 분류에 대한 근거 (예, 해석 또는 지상, 비행, 시뮬레이터 시험)를 포함해야 하고 또한 공통모드 (Common-mode) 또는 공통-원인 고장 (Common-cause Failure)에 대한 주의사항, 구성품 고장률 (Component Failure Rates) 및 고장률 산출근거, 고장률 적용성, 사용된 가정, 요구되는 승무원 또는 지상정비 요원의 행위, 인증 점검요건 (CCR : Certification Check Requirement) 등을 포함해야 한다.

4. 안전성 평가 방법

항공기 형식증명 신청자는 항공기 계통 안전성과 관련하여 계통의 고장상태, 고장상태의 분류, 사용된 적합성 입증방법 등에 대해 감항당국의 동의를 얻어야 한다. 다음은 항공기 계통의 안전성 요구조건에 대한 적합성 입증 방법들을 설명한다.

가. 기능상의 위험 평가 (FHA : Functional Hazard Assessment)

이 방법은 잠재적인 위험 고장상태들은 식별하고 분류하며, 고장상태들을 기능 및 운용 용어로 표현하는 것이다. FHA는 정성적이며 기술 및 운용상의 경험과 판단을 사용하여 수행된다.

나. 사소 고장상태의 입증

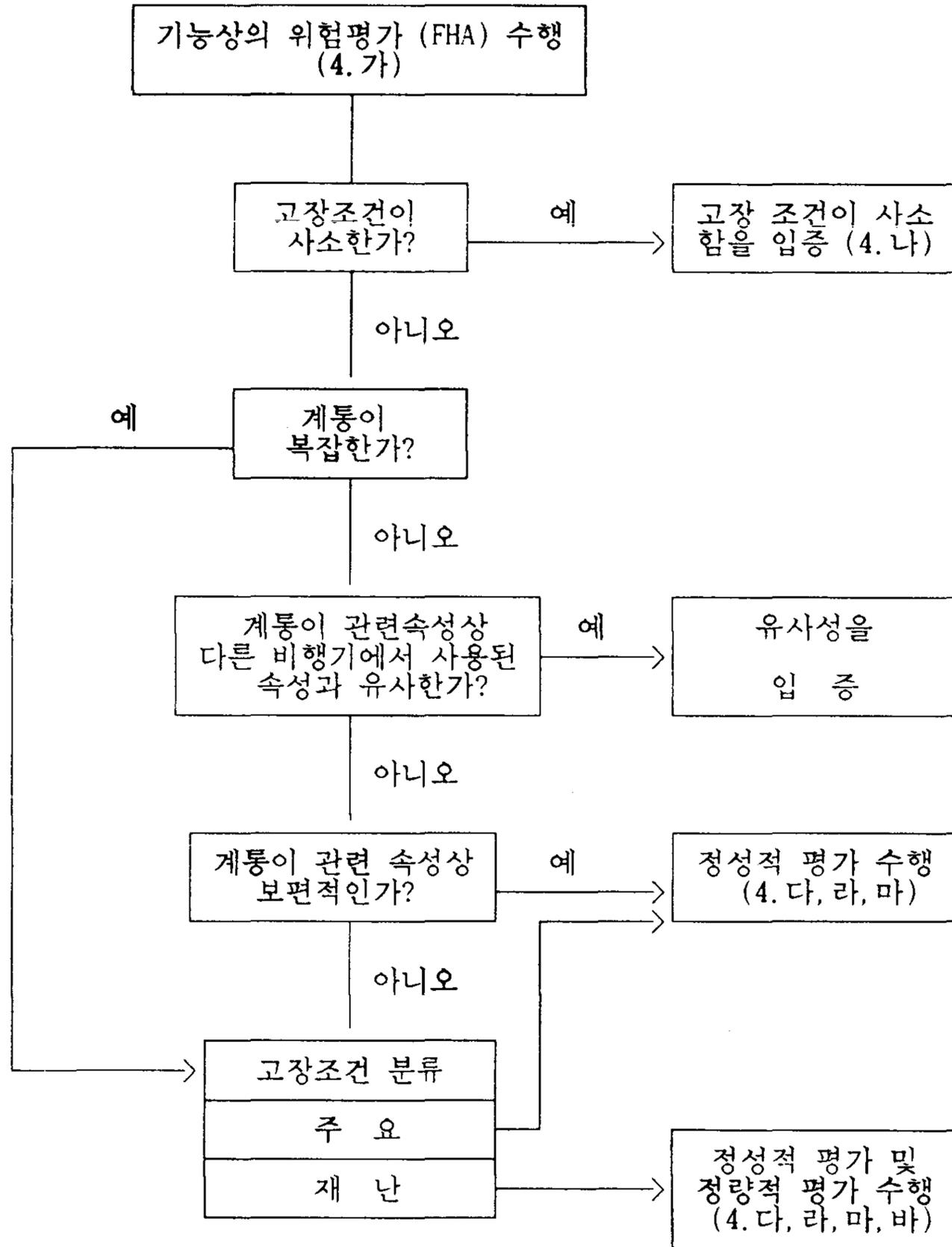
이 방법은 어떤 계통의 고장의 영향을 다른 계통 또는 다른 계통의 기능에 반영시킬 때 어떤 계통 고장이 사소 고장상태만을 야기시킨다는 것을 보임으로써 어떤 계통은 단지 사소 고장상태의 잠재력만을 가지고 있음을 보이는 방법이다.

다. 주요 고장상태의 평가

이 방법은 주요 고장상태가 제한적 불가능의 확률을 가지고 있음을 보이는 것이다.

(1) 기술 및 운용상의 경험과 판단을 사용해도 좋다. 또한 고장모드 및 효과 분석 (Failure Modes and Effects Analysis) 또는 결함 가지 분석 (Fault

표 2-2 항공기 계통의 안전성 평가 절차



* 안전성 평가 방법들 (4.가, 나, 다, 라, 마, 바)은 '4. 안전성 평가방법'을 참조할 것

Tree), 신뢰성 블럭 다이어그램 분석 (Reliability Block Diagram) 방법 등을 사용해서 정성적으로 적합성을 평가해도 좋다.

(2) 중복(Redundant) 계통의 해석은 중복계통 채널 상호간의 격리성 (또는 독립성)과 각 채널에 대한 신뢰성에 대한 신뢰성의 만족도를 보여주는 것이다.

라. 재난 고장상태의 평가

이 방법은 재난 고장상태가 불가능의 확률을 가지고 있음을 보이는 것이다. 아주 철저한 안전성 평가가 요구된다.

(1) 이 평가에는 정성적 평가와 정량적 평가 방법을 모두 적용한다.

(2) 계통의 속성이 다른 비행기에서 사용된 계통의 속성과 동일하거나 아주 유사한 경우에는 기술 및 운용상의 경험과 판단을 사용해도 좋다.

마. 정성적 평가

잠재적 고장상태의 원인, 심각성, 발생 확률을 평가하는 여러가지 방법들은 기술 및 운용상의 판단을 지원하는데 이용될 수 있다. 이러한 방법들 중에 어떤 것들은 구조화된다. 해석방법들은 연역적이거나 귀납적 접근방식을 갖는다. 대표적인 해석방법의 설명은 다음과 같다.

(1) 설계 평가 (Design Appraisal)

이것은 설계의 완전성 및 안전성의 정성적 평가이다. 효율적 평가를 위해서는 경험에 의거한 판단이 필요하고 지속적 안전비행 및 착륙을 막을 가능성이 있는 어떠한 고장상태에 대해서도 주의를 기울여야 한다.

(2) 장착 평가 (Installation Appraisal)

이것은 장착의 완전성 및 안전성의 정성적 평가이다. 효율적 평가를 위해서는 경험에 의거한 판단이 필요하고 지속적 안전비행 및 착륙을 막을 가능성이 있는 어떠한 고장상태에 대해서도 주의를 기울여야 한다. 간격 (Clearance) 또는 허용공차 (Tolerance) 같이 정상적이고 제작업체에서 인정하는 장착 절차로부터의 벗어남은 평가되어야 하고 특히 운용중에 개조된 것을 평가하는 경우는 더욱 그러하다.

(3) 고장모드 및 효과 분석 (Failure Modes and Effects Analysis)

이것은 구조적이고 귀납적이고 (Inductive) 바텀-업 방식 (Bottom -up)인 해석방법으로 가능한 각 구성품의 고장이 항공기와 항공기 계통에 주는 영향을 평가하기 위해 사용된다. 이러한 방법은 잠재적 고장들과 각 고장모드의 가능한 원인들을 식별하는데 도움을 준다.

(4) 결함 가지 (Fault Tree) 또는 신뢰성 블록 다이어그램 (Reliability Block Diagram) 분석

이것은 구조적이고 연역적이고 (Deductive) 탑-다운 방식 (Top -Down)인 해석방법으로 각각의 정의된 고장상태를 야기시키는 조건, 고장, 사건 (Events)을 식별하기 위해 사용된다. 이 방법은 도식적 방법을 사용하여 각 특정 고장상태와 고장상태를 야기시키는 주요 구성품의 고장 또는 사건 등과의 관계를 식별한다. 고장모드 및 효과분석은 그러한 주요 구성품의 고장 또는 사건들을 제공하는 문서로서 사용된다. 결함 가지 분석은 고장에 주안점을 두는 방법으로서 고장은 정의된 고장상태를 야기시키기 위해 일어나야 한다는 관점에서 수행된다. 신뢰성 블록다이어그램 분석은 성공에 주안점을 두는 방법으로 고장은 정의된 고장상태를 배제하기 위해 일어나서는 안된다는 관점에서 수행된다.

(5) 정성적 확률 용어

정성적 평가에서 사용되는 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

1) 가능 고장상태 (Probable Failure Conditions)

각 비행기의 전 운용기간 동안 한번이상 고장이 일어날 것으로 기대되는 것

2) 제한적 불가능 고장상태 (Improbable Failure Conditions)

임의의 한 비행기의 전 운용기간동안 고장이 일어나지 않을 것으로 기대되는 것. 그러나 한 종류의 모든 비행기의 전 운용기간동안 고장이 때때로 일어날 수도 있다.

3) 불가능 고장 상태 (Extremely Improbable Failure Conditions)

한 종류의 모든 비행기의 전 운용기간동안 고장이 일어나지 않을 것으로

기대되는 것

바. 정량적 평가

정량적 해석방법은 기술 및 운용상의 판단을 지원하고 정성적 해석방법을 보완하는데 이용될 수 있다. 다음에는 해석방법의 설명과 수량적 확률용어의 정의가 주어진다. 정량적 해석방법은 복잡한 계통이거나 안전성을 입증할 만한 충분한 운용경험이 없는 계통이나 기존의 보편적인 계통과 상당히 다른 속성을 가진 계통들의 재난 고장상태 또는 심각한 주요 고장상태에 대해 주로 적용된다.

(1) 확률 해석방법

이 방법은 수치적 확률정보를 포함하는 고장모드 및 효과 분석 방법, 결합 가지 분석 방법, 신뢰성 블록 다이어그램 방법들을 말한다.

주요 고장의 확률은 고장율 (Failure Rate) 자료와 노출시간으로 유도될 수 있는데, 고장율 자료는 동일한 품목 또는 유사한 품목의 운용경험 또는 허용되는 산업체 기준들로부터 유도될 수 있다. 확률에 대한 보편적 수학을 사용하여 각 고장조건에 대한 확률은 고장조건과 관련된 고장 또는 사건의 어림 확률의 함수로서 계산될 수 있다.

1) 여러가지 이유때문에 구성품 고장율 자료는 고장상태 확률을 정확히 계산할 수 있을 만큼 충분히 정확치 않다는 것이 알려져 있다. 따라서 각 고장조건에 대한 어림확률을 계산할 때 이러한 불확실성이 안전성을 위태롭게 하지 않는 방식으로 고려되어야 한다.

2) 제한적 불가능의 범위는 넓기 때문에 각 주요 고장상태에 대한 허용확률에 대한 감항당국의 초기동의가 얻어져야 한다. 확률 허용기준이 없는 경우는 고장상태에 대한 허용확률값은 지속적 안전비행 및 착륙을 불가능하게 하는 모든 사건 시나리오로부터 유도되어야 한다. 기술 및 운용상의 경험과 판단을 적용할 경우 앞에서 언급한 불확실성때문에 허용확률치는 합리적인 허용 공차를 가져야 한다.

(2) 정량적 확률 용어

정량적 평가에서 사용되는 용어는 비행기 형식에 대한 평균 비행시간에 근거해서 각 비행시간당 허용 확률치의 범위로 표현된다. 그러나 단지 특정 비행 운용동안만, 즉 이륙, 착륙 등, 사용된 기능에 대해서는 허용확률치는 특정 비행 운용기간에만 근거해서 표현되어야 한다.

1) 가능 고장상태 (Probable Failure Conditions)

10^{-5} 이상의 확률치

2) 제한적 불가능 고장상태 (Improbable Failure Conditions)

10^{-9} 이상부터 10^{-5} 미만까지의 확률치

3) 불가능 고장상태 (Extremely Improbable Failure Conditions)

10^{-9} 미만의 확률치

제 3 장 항공전자의 기술기준

제 1 절 항공전자 부품의 인증제도

항공기, 엔진 및 프로펠러 그리고 각종 항공기 부품에 대한 인증절차와 제도는 FAR Part 21에 체계적으로 잘 서술되어 있다. 이중 항공전자 부품에 관한 인증제도를 발췌하면 크게 TSOA 부품·PMA 부품·표준부품으로 나눌 수 있으며, 세부적으로 이러한 제품들의 생산승인에는 각개 제품에 대한 성능요건외에 제품의 원자재와 제조공정에 대한 심사가 수반된다. 항공전자부품의 인증제도를 항공기 비행안전상의 치명도와 부품기술의 난이도에 따라 구분하면 그림 3-1과 같이 나타낼 수 있다.

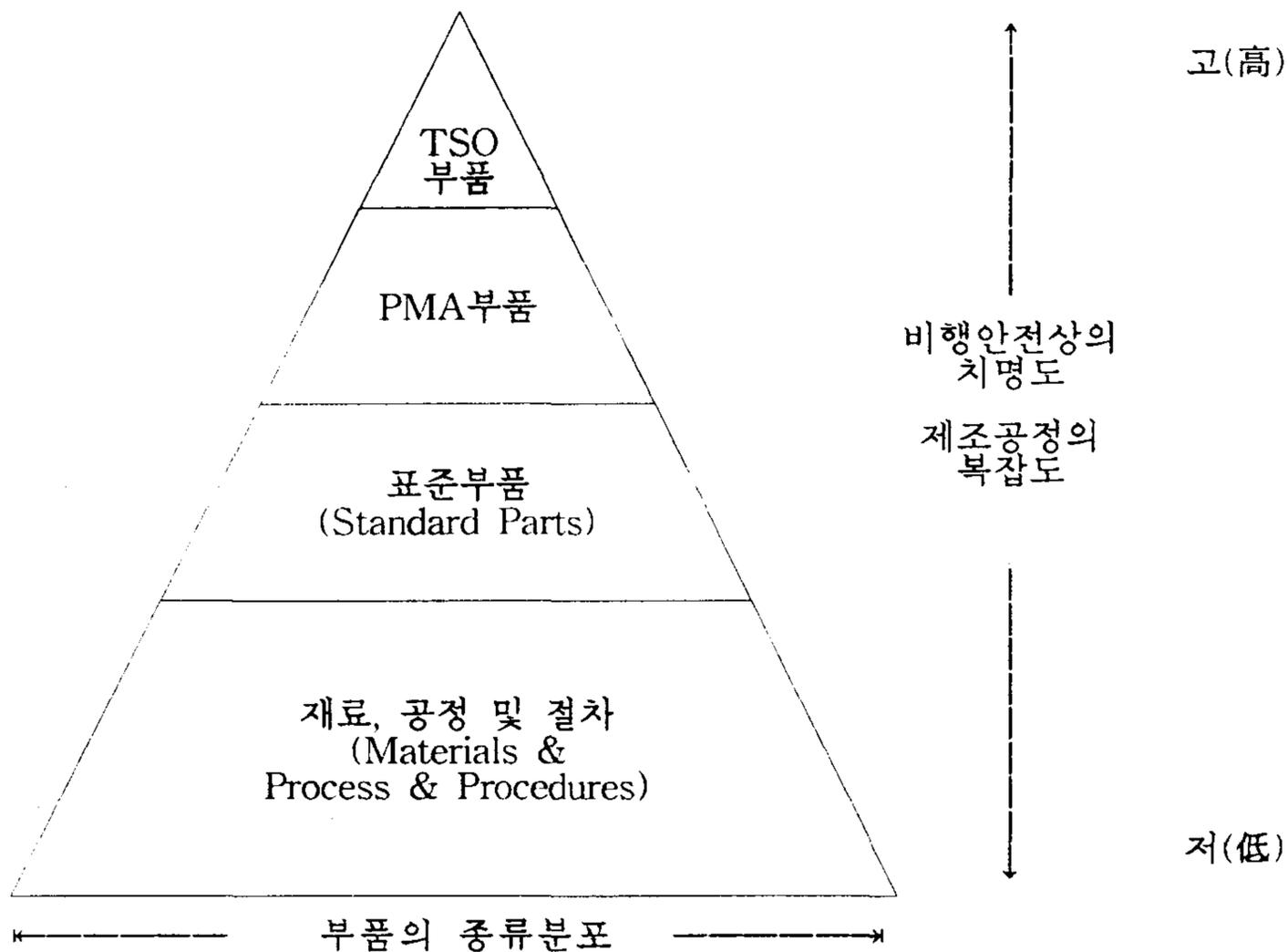


그림 3-1 항공전자부품의 인증계층

1. TSOA 부품

TSO 승인절차는 FAR Part 21 Subpart O로 제시되어 있으며 주요절차 내역은 표 3-1과 같다. 이것은 항공기에 장착되는 부품중 주요기능을 수행하는 품목을 선별하여 최소한의 성능표준을 정함으로써 항공기 및 부품의 안전성 제고하고 부품들간에 호환성을 유지할 수 있도록 한 제도이다. TSO 승인절차 흐름은 그림 3-2와 같다. 전체 TSO품목 116 항목중 항공전자부품은 75 항목으로서 전체 TSO의 약 65%를 차지하고있다.

표 3-1 TSO 주요절차 내역

§ 21.601 Applicability
§ 21.603 TSO Marking and Privileges
§ 21.605 Application and Issue
§ 21.607 General Rules Governing Holders of TSO Authorizations
§ 21.609 Approval for Deviation
§ 21.611 Design Changes
§ 21.613 Recordkeeping Requirements
§ 21.615 FAA Inspection
§ 21.617 Issue of Letter & of TSO Design Approval : Import Appliances
§ 21.619 Noncompliance
§ 21.621 Transferability and Duration

TSO 인증기준은 FAA에서 별도로 정하고 있으며 대개 RTCA나 SAE 그리고 Military 규격서들로 부터 채택이 되고 있다.

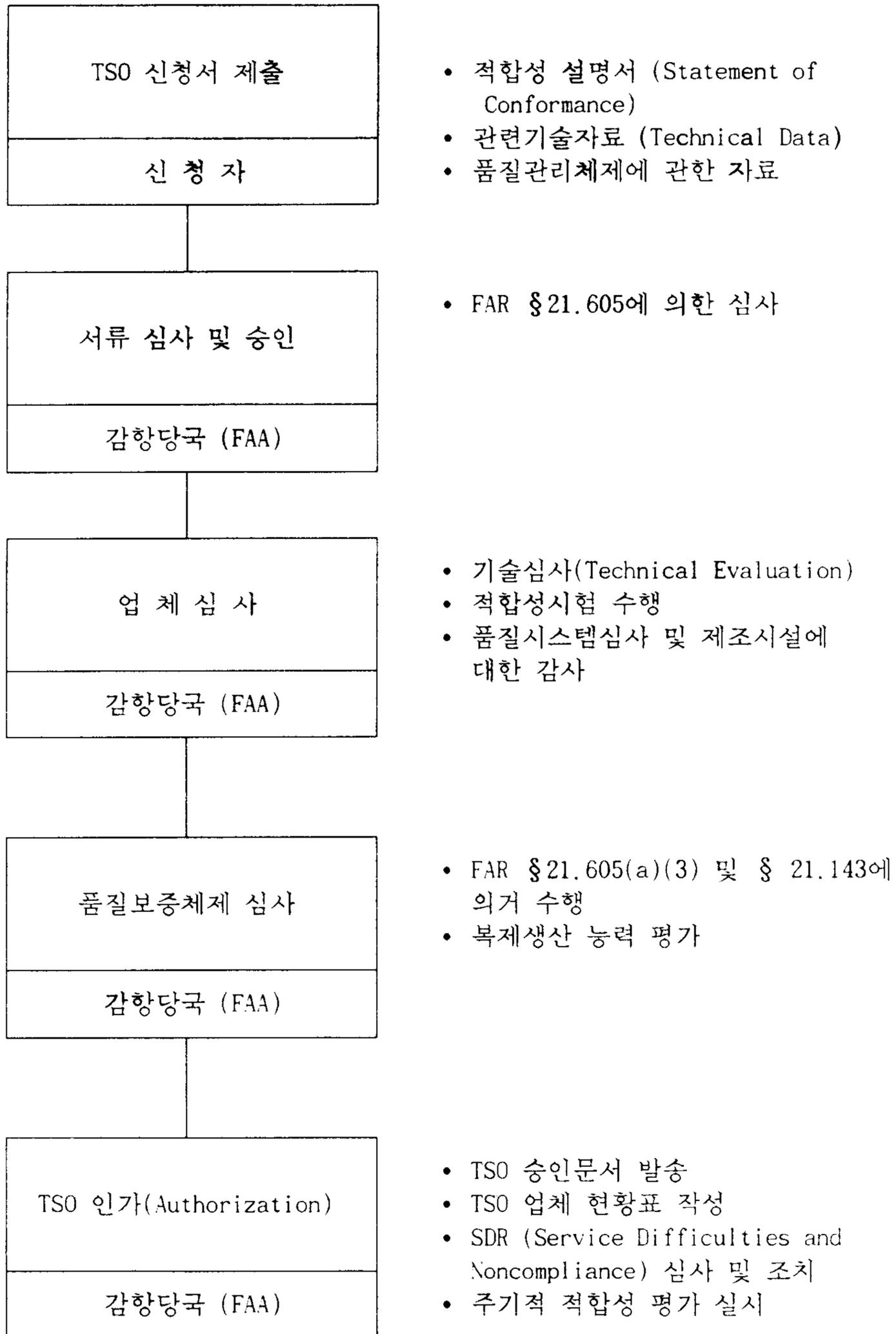


그림 3-2 TSOA 승인절차도

2. PMA 부품

PMA(Parts Manufacturer Approval : 부품제조업승인)의 승인에 대한 절차는 FAR Part 21 Subpart K에 제시되어 있다. 이 절차에 의하면 부품제조업 승인 대상은 아래와 같은 사항을 제외한 것으로서 제조된 부품이 감항요구조건에 합치함을 증명하고 지속적으로 인가된 품질보증 체제하에 동일제품을 생산할 수 있는 능력이 구비된 자에게 승인이 된다.

- 형식증명에 의거 제조된 부품
- 부품의 소유자 또는 운용자가 승인된 부품의 정비 또는 개조를 목적으로 제조한 제품
- TSO 부품
- 표준부품

PMA 부품의 승인 계통은 그림 3-3과 같으며 기존 생산된 PMA 부품의 사례는 표 3-2와 같다.

3. 표준부품(Standard Parts)

항공전자부품의 조립 및 설치에 사용되는 표준부품중 일반부품과 공용으로 사용되는 볼트, 너트, 스크류, 클램프 등 항공전자 관련 표준부품들은 대개 MS, NAS, AN, ISO 및 자국의 국가규격이 주로 사용되고 있으며, 항공전자 고유의 표준부품들은 별도의 특성화 된 규격에 의거 제조·인증 받아야 한다. 표 3-3에 일반 항공전자 표준부품의 종류와 해당 인증규격을 열거하였다.

4. 가공재료 및 공정

항공전자 부품에 적용되는 소재류의 종류와 인증규격은 표 3-4와 같다.

표 3-2 항공전자 PMA 부품의 종류

부 품 명	적용항공기	PMA소지자
Microwave Landing System Airborne Equipment	Beech H18	Wilcox Electric, Inc.
Angle of Attack/stall Warning Wing Transmitter, P/N 12K	Beech 34C	Rosemount, Inc.
Remote Compass Models AKO82	Beech 35	Mitchell Industries Inc.
Fuel Flow Indicator, P/N 910501	Beech J35	Shadin Company, Inc.
Automatic Flight System, AK205	Beech V35	Mitchell Industries Inc.
Flight Control System Model NAV-2B	Beech 36	Brittain Industries
Digital Fuel Indicating System	Beech 60	Silver Instruments, Inc.
2 Inch Dimenter Turn and Slip Indicator	Aerospatiale, AS 350B	Aerospatiale Helicopter Corp
Turbine Overtemperature Warning	Bell 206	MRSC Incorporated
Flap Transmitter P/N 926-1	Boeing 707	Safe Flight Instr, Corp
Flight Management Computer Model 2094A3	Boeing 737	Lear Siegler, Inc.
Detector, Trailing Edge Flap Assymetry	Boeing 747	Bendix Guidance Systems Div.
Exhaust Gas Temperature EGT Indicator	Cessna 120	Alcor, Inc
Ammeter, P/N 3E1389-1	CASA C-212	B.F Goodrich
Inertial Sensor Unit P/N 451985-04	McDonnell Douglas DC-10	Litton, systems, Inc.

표 3-3 항공전자 표준부품의 종류와 인증기준

부품명	군사규격	민간규격
배터리(Batteries) 베어링(Bearings) 커패시터(Capacitors) 회로차단기(Circuit breakers) 전기연결구(Connectors, electrical)	Requirement 27 Requirement 6 Para. 4.3.8 Para. 4.3.9 MIL-STD-5400 Req #10 MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.10 MIL-STD-198, MIL-STD-1498	
조종틀(Controls :Knobs, dials)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.11 MIL-STD-1353	
수정발진기(Crystal units : quartz)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.12 MIL-K-25049	
철쇠(Fasteners) 필터(Filters, electrical)	MIL-STD-5400 Req #12 MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.14 MIL-STD-683	
퓨즈(Fuses and fuseholders) 기어(Gears)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.15 MIL-STD-1395 MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.16	
유압기구(Hydraulics)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.17 MIL-STD-1360	
지시기등(Indicator lights, lamps, lampholders, LEDs)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.18 MIL-H-5440, MIL-L-3661	
미터기(Meters, electrical indicating)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.19	
Microelectronic devices	MIL-M-10304 MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.20 MIL-STD-5400 Req #64	
모우터(Motors and shunts)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.21	AECMA, ANSI, EIA, BSI, CEN, DIN, IEC, IEEC, ISO, IPC, SAE, UL, NATO, KS등
표시장치(Readouts and displays)	MIL-M-7969, MIL-R-28803 MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.22	
릴레이(Relays)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.23	
저항(Resistors)	MIL-STD-1346	
반도체(Semiconductors)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.25 MIL-STD-199	
서보기구(Servodevices, rotary)	MIL-STD-701 MIL-STD-5400 Req #56	
소켓류(Sockets and accessories)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.27	
스프링(Spring)	MIL-S-12833 MIL-STD-5400 Req #41	
표준전자모듈(Standard electronic modules : SEMs)	MIL-M-28787 MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.29	
스위치류(Switches)	MIL-STD-1132	
종단접속구(Terminations)	MIL-STD-1277	
변환기(Transformers, inductors and coils)	MIL-T-83721 MIL-STD-454 Req #4.3.32	
진공관류(Tubes, electron)	MIL-STD-200 MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.33	
도파관류(Waveguides)	MIL-STD-5400 Req #53	
전선 및 케이블류(Wire and cable)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.35 MIL-W-22759	
내부후크업(Internal, hook-up)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.35.1	
내선(Wiring practices, internal)	MIL-W-81044, MIL-C-17 MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.35.2	
외부연결동축케이블(External, interconnection, Coaxial)	MIL-STD-1861 MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.35.3, 4	
인쇄기판(Printed Wiring)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.3.35.5	

표 3-4 공정재료의 종류 및 인증기준

공정재료	군사규격	민간규격
접착제(Adhesives)	MIL-STD-5400 Req# 23	ANSI, EIA, BSI, CEN, DIN, IEC, IEEC, ISO, IPC, SAE, UL, NATO, KS등
아크내성재료(Arc resistive materials)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.4.5 MIL-STD-5400 Req# 26	
회로보호피막(Conformal coating)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.4.7 MIL-I-46058	
이질금속(Dissimilar metals)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.4.8 MIL-STD-889	
Encapsulation and embedment materials	MIL-STD-454 Req ¶ 4.4.9 MIL-S-8516	
섬유질재료(Fibrous materials)	MIL-STD-5400 Req# 44	
내인화성재료(Flammability of materials)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.4.11	
내곰팡이성재료(Fungus resistant materials)	MIL-STD-5400 Req# 4	
절연재료(Insulating materials, electrical)	MIL-STD-5400 Req# 11 MIL-STD-838	
윤활제(Lubricants)	MIL-STD-454 Req ¶ 4.4.14 MIL-STD-5400 Req#43	
내부식성재료(Metals, corrosion resistant)	MIL-STD-1516 MIL-STD-454 Req ¶ 4.4.15	

• Adhesives(접착제) : 항공전자제품의 가공에 적용되는 접착제로는 접합제(Cement), 아교(Glue), 고무풀(Mucilage) 및 풀(Paste)등을 포함한다.

• Arc-resistive Materials(아크 내성재료) : 이것은 전기적 절연을 위한 재료로서 세라믹, 플라스틱, Epoxy molding, Laminated sheet, 고무 등이 있으며 각각 ASTM D495, 또는 FED-STD-406에 의거한 시험요건에 합격한 것이어야 한다.

• Conformal Coating(형상도포) : 이것은 인쇄회로기판 보호를 위하여 표면을 도포하는 것으로 MIL-I-40658에 의한다.

• Dissimilar Metals(이질금속) : 원칙적으로 이질금속은 특별한 경우 외에는 사용하지 않아야 한다. 이질금속의 선택 및 부식부호는 MIL-STD-889에 의한다.

• Encapsulation and Embedment : Encapsulation은 부품을 보호물질로

통 또는 껍질모양으로 씌우는 것으로 보호통이 필요없으며 보통 두께가 2.5mm를 넘지 않는 것을 말한다. Embedment는 부품 또는 소자를 보호할 목적으로 보호물질로 감싸 고정시키는 것으로 보호통이 필요하고 대개 두께가 2.5mm를 넘는 것을 말한다. 이때 보호물질을 주입할 때 기공이 없어야 하며 소요자재 및 적용절차는 감항당국의 승인을 받은 것이라야 한다.

- Fibrous Material, Organic(유기성 섬유재료) : 이것은 MIL-STD-454 Req # 44에 의한다.

- Flammability of Materials(재료의 인화성) : 항공전자 부품에 적용되는 내인화성 자재는 ASTM D568, ASTM D635, ASTM 1000 또는 MIL-STD-202, Method 111에 의한 시험에 합격한 것으로 한다.

- Fungus-inert Materials(내곰팡이 재료) : 내곰팡이성 재료는 MIL-STD-454 Req # 4의 자재중 MIL-STD-810, Method 508의 시험에 합격한 것 이어야 한다.

- Insulations, Insulating and Dielectric Materials(절연체, 절연물질) : 절연체, 절연물질 등은 MIL-STD-454 Req # 11에 의한다.

- Lubricants(윤활유) : 항공전자 부품에 사용되는 윤활유는 MIL-STD-838에 의한다.

- Metals, Corrosion Resistant(내부식성 금속) : 내부식성 금속은 MIL-STD-889 및 MIL-STD-1516의 요건에 합치하여야 한다. 부품의 가공에 적용되는 공정으로는 호학표면처리, 도금, 납땜, 용접, 보호막 도포(Coating), 세척, 배선(Wiring), 접지(Grounding)등이 있으며 해당 공정별 인증기준은 표 3-5에 나타낸 바와 같다. 이중 Brazing 및 용접 공정은 반드시 인가된 작업자에 의해 수행되어야 한다.

표 3-5 주요공정 및 인증기준

공정명	기술기준	작업원 기준
양극화학피막처리(Anodizing/ chemical film)	Anodize per MIL-A-8625 or chemical film per MIL-C-5541, ISO 2085, 2106, 2128	
경납(Brazing)	MIL-B-7883 AWS Spec/ISO 242, 3677	MIL-STD-1595 AWS
카드뮴도금(Cadmium plating)	QQ-P-416 SAE MMS 2400	
크롬도금(Chromium plating)	QQ-C-320 SAE 2406G/2407D	
표면보호처리(Coatings and surface treatments)	MIL-S-5002 ISO 3892	
마감처리(Finishes)	MIL-F-14072	
금도금(Gold plating)	MIL-G-45204, Type II or III depending upon application, IPC Spec, SAE 2422, 2425	
니켈도금(Nickel plating)	Electrodeposited per QQ-N-290; electroless per MIL-C-26074 SAE Specs	
납땜(Soldering, component mounting, etc. electrical/ electronic assembly)	MIL-STD-2000 (Refer to MIL-HDBK-2000 for guidance information) AWS, EIA, IPC,ISO Specs	MIL-STD-2000
납땜(Soldering, fabricated assemblies, non-electrical)	DOD-STD-1866 AWS, EIA, IPC,ISO Specs	
주석도금(Tin plating)	MIL-T-10727 SAE 2408, 2409	
용접(Welds, electrical connections)	MIL-W-8939 (Refer to Requirement 24 for guidance information) AWS, NAS, SAE,ASME, ASTM Specs	MIL-STD-248 AWS
용접(Welds, structural : arc and gas)	Aluminum alloys MIL-STD-2219 Magnesium alloys MIL-STD-2219 Steel alloys MIL-STD-2219 AWS, NAS, SAE,ASME, ASTM Specs	MIL-STD-248 AWS
용접(Welds, structural : resistance)	MIL-W-6858 (Refer to Require-ment 13 for guidance information) AWS, NAS, SAE,ASME, ASTM Specs	MIL-STD-248 AWS
아연도금(Zinc coating)	Electrodeposited per ASTM B633, ISO 3892	
세척(Cleaning)	MIL-STD-454 Req # 9 MIL-P-11268L, IPC D-330 1.1.3.	
주기(Marking)	MIL-M-13231, EIA Specs	
리벳팅(Rivetting)	MIL-STD-454 Req # 12	
배선(Wiring)	MIL-STD-454 Req # 69 NAS, EIA, IPC, ARINC, UL, IEC, SAE	
프린트배선(Printed Wiring)	MIL-STD-454 Req # 17 NAS, EIA, IPC, UL, IEC Specs	
접지(Grounding)	MIL-HDBK-419 IEEE, ARINE 404A, IEC, SAE Specs	
내습 및 내균처리(Treatment MFP : Moisture and Fungus Proof)	MIL-T-152 MIL-V-17	

제 2 절 항공전자부품의 감항기준

1. 항공전자부품의 감항인증 일반요건

가. 미연방항공규정(FAR : Federal Aviation Regulation)

항공전자부품의 인증에 적용되는 감항기준은 FAR Part 23, 25, 27, 29에 각각 유사한 내용을 거의 동일한 절(Section)번호로 명시하고 있고 항공기 및 부품의 생산수준별 품질관리 규정을 FAR Part 21에 명시하고 있다. 우리나라의 경우 감항기준으로 이 미연방항공규정을 도입하여 “항공기 항행의 안전을 확보하기 위한 기술상의 기준” 으로 고시한 바있다(교통부 고시 제 1993-40호, 1993. 8. 24.). 대형 수송기급 항공기에 적용되는 감항기준이 대체적으로 고정익 소형항공기 및 회전익 소형·대형 항공기의 감항기준을 포괄하고 있으므로 여기에서는 FAR Part 25를 중심으로 항공전자 부품의 인증과 관련된 감항요건을 대상으로 정리하면 아래와 같다.

(1) FAR § 25.581 낙뢰보호(Lightning Protection)

- 항공기는 낙뢰에 의하여 치명적인 영향을 받지 않도록 보호 되어야 한다.
- 금속 구성품의 경우 기체구조에 적절하게 접지하여야 한다.
- 비금속 구성품의 경우 낙뢰에 의한 영향을 최소화하도록 설계되어야 한다.

(2) FAR § 25.671 조종계통, 일반(Control System, General)

- 비행조종 계통의 구성요소들은 작동불량을 야기시킬 수 있는 부정확한 조립을 할 확률이 최소가 되도록 설계되어야 한다.

(3) FAR § 25.672 안전성 증대와 동력작동 자동화 시스템(Stability Augmentation and Automatic Power-operated Systems)

- 안정성 증대 계통의 고장이나 자동차 또는 동력작동 계통의 고장시 조종사에게 정확하게 알려줄 수 있는 경보장치가 있어야 한다.
- 위의 계통에 대한 고장발생시 항공기의 운항이 수준이하로 악화되어서는 안된다.

(4) FAR § 25.1309 항공전자장비, 시스템 및 장착(Equipment, Systems and Installations)

- 장비 또는 시스템은 항공기의 어떠한 운용조건하에서도 요구되는 기능을 발휘할 수 있어야 한다.(§ 25.1309 (a))

- 항공기의 구성부품은 다음과 같이 설계되어야 한다.(§ 25.1309(b))

- ㉠ 항공기의 연속된 안전비행과 착륙을 방해하는 고장상태의 발생이 아주 없어야 한다.(Extremely Improbable)

- ㉡ 항공기의 성능을 저하시키거나 불리한 운용상태에 대처하는 승무원의 능력을 저하시키는 어떠한 고장상태의 발생도 있어서는 안된다.(Improbable)

- 불안정한 시스템의 운용상태를 승무원에게 경고하고 또 적절한 수정조치를 취하도록 하기 위하여 경보장치를 구비하여야 한다.(§ 25.1309(c))

- 위의 규정에 대한 적합성의 증명은 해석 또는 지상시험, 비행시험, 그리고 모의시험의 방법에 의하여 증명되어야 한다. 해석의 방법으로 하는 경우에는 다음 사항들이 고려되어야 한다.(§ 25.1309(d))

- ㉠ 기능불량 또는 외부요인에 의한 손상 등 예상되는 고장의 모드

- ㉡ 여러요인이 중첩된 고장과 탐지되지 않는 고장의 가능성

- ㉢ 비행 및 운용상태를 고려하여 항공기 및 탑승자에게 미치는 영향

- ㉣ 승무원에게 통보하는 경보신호, 필요한 수정동작 및 고장탐지능력

(5) FAR § 25.1431 항공전자 장비(Electronic Equipment)

- FAR § 25.1309의 요건들을 증명하는데 있어 임계의 환경조건이 고려되어야 한다.
- 항공전자 장비의 공급전력은 § 25.1355(1)의 조건에 의하여야 한다.
- 한계통의 전자장비는 다른계통의 전자장비에 악영향을 주지 않도록 장착되어야 한다.

나. 미연방통신위원회(FCC : Fedearal Communication Commission)

항공전자 부품의 품질인증에 관계되는 감항당국(Regulatory Agencies)은 FAA 외에 FCC가 있다. 이기관은 전파기술을 이용하여 전파를 송·수신하는 장비에 대한 면허를 관장하는 부서로서 항공전자 부품중 항법 및 통신장비의 인증에 적용된다. 관련인증 사항은 사용주파수 대폭, 전파에너지 특성 등의 심사가 있으며 해당 규정은 FCC Rules and Regulations, Volume V Part 87(Aviation Services)에 명시되어 있다. FCC Part 87의 주요내용과 감항인증 관련 주요 기술요건은 각각 표 3-6 및 표 3-7 와 같다.

표 3-6 FCC Part 87의 주요내용

○ General Information	○ Aeronautical Utility Mobile Sta.
○ Airborne Stations	○ Aeronautical Search & Rescue Sta.
○ Aeronautical Advisory Sta.	○ Aeronautical Fixed Sta.
○ Aeronautical Multicom Sta.	○ Operationsl Sta
○ Aeronautical Enroute Sta.	○ Radionavigation Land Sta.
○ Flight Test Sta.	○ Civil Air Patrol Sta.
○ Aviation Instructional Sta.	○ Radionavigation Land Test Sta.
○ Airdrome Control Sta.	○ Emergency Communications

표 3-7 항공전자부품의 감항인증관련 주요기술요건

FCC Technical Specification	
§ 87.61 Frequencies	§ 87.71 Emission Limitations
§ 87.63 Power	§ 87.73 Modulation Requirements
§ 87.65 Frequency Stability	§ 87.75 Transmitter Control Requirements
§ 87.67 Types of Emission	§ 87.77 Acceptability of Transmitters
§ 87.69 Bandwidth of Emission	§ 87.79 Type Acceptance of Equipment

다. FAR § 25.1309에 대한 고찰

FAR §25.1309(a)는 장비에 대한 안전운용요구조건으로서 이에대한 적합성의 증명은 성능평가와 환경시험 그리고 소프트웨어의 평가로 수행된다. FAR §25.1309(b)는 고장상태가 발생할 확률과 고장상태의 심각도간에는 논리적이고 수락할 수 있는 역관계에 대한 일반적 요건을 제시하고 있으며 §25.1309(d)는 증명의 방법으로 우선적으로 분석의 방법을 제시하고 있다. §25.1309(c)는 시스템 조정과 고장의 경고 그리고 고장발생시 조종사가 적절한 시정조치를 위하도록 하는 방안에 대한 일반적 요건을 제시하고 있다. §25.1309(b) 및 (d)는 요구되는 안전수준에 대한 정성적표현으로 소정의 안전평가(Safety Assessment)를 수행할 것을 요구하고 있다. 이러한 평가기술에는 기존의 승인된 유사한 시스템에 대한 운용자료를 활용하는 것과 정성적 분석방안이 FAA로부터 권고되고 있다. 그러나 이러한 평가 방법은 비교적 간단한 장비의 인증에만 적용되고 있으며 최근의 신기술의 도입과 발달된 전자기술이

수용된 최신의 전자장비는 고도의 집적성과 복잡한 구성형태를 가지고 있어 정성적 평가외에 이전의 사고사례 또는 고장사례를 근거로한 판정기준(Criteria)에 의한 정량적 확률 추정 방안의 이용이 권고되고 있다.

§25.1309(b) 및 (d)는 하나 또는 여러시스템 기능에서 오류 또는 외부환경 조건과 같은 예상 가능한 고장 온도 다른 사태로 인한 안전도에 대한 영향을 순차적으로 깊이 있게 평가하기 위한 것으로 이러한 인자들의 상호작용이 고려되어야 한다. 고장상태는 그 심각도에 따라 다음과 같이 분류된다.

- Minor(소결함) : 항공기의 안전운항을 감쇄시키지 않는 결함상태로서 조종사의 능력범위내에서 해결가능한 것을 말한다. 예로서 안전여유나 기능사의 결미한 감쇄, 조종사의 조종업무의 증가 등을 들 수 있다.

- Major(중결함) : 항공기의 성능을 저하시키거나 조종사가 불리한 운항상태를 복구하는 능력이 감쇄되는 결함상태로서 안전여유나 기능상의 심각한 감쇄, 조종업무의 상당한 증가, 조종사의 조종력 감쇄등의 상태를 말한다.

- Catastrophic(대결함) : 지속적인 안전운항 및 착륙을 할 수 없게 하는 결함상태.

2. 인증관련기관

가. RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics) -

항공무선기술위원회

RTCA는 반관반민의 조직으로 1935년 창설되었다. 설립 당시에는 상무성(Department of Commerce)의 소속이었으나 항공법 발효이후 1959년부터는 DOT의 관할을 받고 있다. 조직은 FAA, 상무성(DOC), 국방성(DOD), US Cost Guard, NASA와 ATA를 포함한 항공유관단체, NBAA(National Business Aircraft Association), 개인 항공소유자 및 조종사 협회, 항공사 조종

사 협회 및 정비업자와 부품제조업자들로 구성되어 있다. 제조업자들에는 ARINC, MITRE, Bendix, Boeing사 및 Honeywell 등이 있다. RTCA의 업무 기능은 전세계적 차원에서의 항공전자 업무를 취급하고 있어 캐나다 운송업자 협회 등 미국 이외의 정부나 업체에서도 참여되고 있다. 주로 항공통신·항법을 중심으로 한 규격을 발행하고 있으며 FAA로부터 항공무선기술에 대한 자문을 의뢰받아 기술위원회 (Special Committee)의 심의를 거쳐 답신하고 있다. 이러한 답신의 대부분은 FAA에 의하여 채택이 되고 있으며 Advisory Circular나 TSO 기술기준으로 효력을 갖게 된다. RTCA에서 발행하는 문서의 종류로는 다음과 같은 것이 있다.

- 장기전망에 입각한 지침으로서 위성시대 2010년의 구상 등
- 새로운 시스템에 대한 항공시스템의 최소성능요건(Minimum Aviation System Performance Standards : MASPS)에서, 최근에는 GPS의 민간항공로의 이용에 관한 요건 등
- 통신항법 시스템의 최소운용 성능요건 (Minimum Operational Performance Standard : MOPS)에서 가장 이용이 많은 VHF, HF 등의 통신시스템이나 VOR, DME, ILS, MLS 등에 관한 사항. RTCA에서 발행한 기술격서의 목록을 부록 V에 제시하였다.

나. ARINC(Aeronautical Radio, Inc.) - 항공무선기술회사

RTCA가 반관반민 단체로서 항공전자부품의 규격을 제정하고 있는것과 버금가는 순수 민간단체로서 ARINC가 있다. ARINC는 산하에 민간항공 전파 기술위원회(AEEC : Airline Electronics Engineering Committee)를 두어 ARINC Characteristics라고하는 기술규격서를 제정하고 있다. 회원은 항공회사, 항공전자기기 제조회사, 항공기 제조회사 및 FAA와 미국방성등의 전문가로 구성되어 있다. 지금까지 통신, 항법 시스템을 중심으로 각종의 민간항공기

용 전파기기의 규격을 제정하여 왔다. 발행된 기술규격의 특징은 다음과 같다.

- 기기의 형상, 장치의 설치, 기기간의 접속 및 소요기능에 관한 표준화
- 서로 다른 제조회사의 제품간에도 호환성에 중대한 영향을 초래하지 않도록 물리적, 전기적 특성에 대한 표준화 추진. 즉, ARINC는 항공회사의 수요에 대한 컨센서스(Consensus)의 반영에 있어서 경제성, 현실성에 중점을 두고 있다. 이러한 규격은 제 3세대 제트기까지의, 즉 아날로그 규격의 시스템에 대하여는 ARINC 500번대를 할당하였고, 제 4세대 이후의 디지털 규격 시스템에 대하여는 ARINC 700번대를 할당하고 있다. 이외에도 기상(氣象)시스템의 설계지침이나 데이터베이스의 규격을 기재한 400 시리즈나 600 시리즈의 문서로 발행되고 있다. ARINC에서 발행하고 있는 기술 규격서의 목록을 부록 IV에 수록하였다.

다.기타의 인증관련기관

항공전자부품의 인증과 관련되는 기타의 단체로는 미국자동차기술협회(SAE), 미국항공운송협회(ATA : Air Transport Association of America), 전자공업협회(EIS : Electronic Industries Association), 항공운송조종사협회(Air Line Pilots Association), 미국항공사업자협회(National Business Aircraft Association)등이 있으며 그외 직간접으로 관여되는 단체들은 부록에 명시한 바와 같다.

3. 항공전자 기술분야

항공전자 기술의 내용은 ISO TR 10201(Aerospace - Standards for Electronic Instruments and Systems) 상에서 크게 다음 4가지로 분류하고 있으며 그 분류내역은 다음과 같다.

- 항공통신기술(Communication Systems)
- 항법 및 유도계통기술(Navigation and Guidance Systems)

- 비행관리, 조종석 지시 및 계기기술(Flight Management Systems, Cockpit Controls/Display and Instruments)

- 전자응용 및 기타 의 기술(Miscellaneous and General Application)

항공전자 기술의 분류에 대하여는 ARINC 421에 상세히 제시되어 있으며 그내용을 특성별로 요약하면 표 3-8과 같이 나타낼 수 있다.

표 3-8 항공전자 기술계통

기술 분야	기술 내용	해당 부품/시스템
1. 항공관제 기술	① 항로관제 기술 ② 터미널 관제 기술 ③ 비행정보처리 기술	ARSR, ASR, SSR RTS, TRDPS, PAR, FDP, RDP, TRDPS, TAR
2. 항법계통 기술	① 무선항법 기술 ② 자립항법 기술 ③ 위성항법기술 ④ 자세방위표시기술 ⑤ 착륙유도계통 ⑥ 에어데이터 계통 ⑦ 항법보조계통	NDB, ADF, VOR, DME, TACAN, LORAN OMEGA Doppler NAV, INS, RNAV GNSS, GPS ADI, HSI, RMI, RICS(Flux Valve) ILS, MLS, Radio Altimeter ADC, GNSS 기상레이다, AAS, GPWS, LLWSAS, ACAS, TCAS
3. 항공통신 기술	① 기내통신 및 서비스 ② 항공통신 기술 • 항공이동통신 • 항공고통통신 • 항공위성통신	ACARS, CADIN, AFTN, SELCAL, AEIS UHF, VHF, HF SATCOM
4. 기상컴퓨터 적용 기술	○ 전분야 공통	ADC, PMS, FCC, FMC
5. 데이터전송 기술	○ 전분야 공통	Nav Computer Multiplexing
6. 표시계통과 경보 장치 기술	① 조종석 환경 ② 경보장치	EFIS, EICA, 2-④의 내용 GPWS, EICAS
7. 비행조종 및 제어 계통 기술	① 자동조종 ② 디지털 비행제어 ③ 비행속도, 자세제어 ④ FBW	AFCS, CAS
8. 기록장치계통 기술	○ 비행기록	FBW, FBL FDR, DFDR, AIDS, CVR
9. 비행관리계통 기술	○ 비행관리	FMS, CEMS, AFM, TEAM, FMC, CDU, EFIS
10. 기타제어계통 기술	○ 전분야 공통	Air Conditioning Engine Control

제 3 절 항공전자부품의 기술기준

항공전자부품의 제작·조립에 적용되는 기술기준은 감항기준을 토대로 작성되고 있으며 일부는 감항기준으로 그대로 적용되기도 한다.

항공전자 기술기준은 크게 국제기준, 국가기준, 단체기준 그리고 군사규격서로 분류할 수 있으며 항공전자 부품제작의 노우하우로 알려지고 있는 부품의 제조규격서는 대개 업체의 사내표준으로 구분된다. 이러한 사내표준은 감항기준과 단체표준등을 토대로 업체의 고유기술을 가미하여 작성되며 대개가 특허 내지는 대외적 비밀사항으로 대외배포가 제한되어 있다.

1. 국제기준

가. 국제표준화기구(ISO : International Organization for Standardization)

ISO는 표준화의 개발을 촉진하고 상품과 무역의 국제적 교역을 용이하게 하며 지적, 과학적, 기술적 및 경제적 활동분야의 협력을 증진하여 표준화 발전을 촉진하고자 결성된 기구로서 169개의 전문위원회 (Technical committees) 와 645개의 분과위원회 (Subcommittees) 그리고 1738개의 작업집단 (Working Group)을 두고 있다. 이중 항공우주에 관한 기술규격은 TC 20 (Aircraft and Space Vehicles)에서 발행하고 있으며 기타 항공기 제작에 관련된 소재, 기계 등의 규격들이 항공부문에 활용이 되고 있다. 실용화되고 있는 규격종수는 8,400여종이다. 이중 항공부문의 기술규격은 소재 및 표준부품류를 제외하고 약 270여종이 있다.

나. 국제전기기술위원회(IEC : International Electrotechnical Commission)

전기기술 전반 분야에 대한 국제규격의 동일과 협조를 추진하여 편람과 기술규격서를 발행한다. 크게 2개 부문의 업무를 수행하고 있다.

- 공통된 표현방법 사용으로 전기 기술자간 상호 이해 도모
- 전기재료의 특성연구를 포함한 전기기기의 표준화 → 발행 규격 종수는 2747종이다.

2. 국가 및 단체기준

가. 미국

(1) 국가 규격

국가규격은 자국의 국가사회 모든분야의 전반적인 경제를 향상시키기 위하여 임의 또는 강제적으로 일정기간 적용하도록 제정된 규격으로 여러 공업 선진국들은 주로 기술단체, 생산자, 표준관련자, 연구관련자, 정부등 주로 민간 주도하에서 공업규격이 제정된다. 미국의 경우 1928년 미국 표준협회 (ASA : American Standards Association)가 설립되어 표준화 임무를 수행하다 많은 학·협회 및 업자 단체 등의 가입으로 1969년 조직을 변경하여 현재의 미국 공업규격 (ANSI : American National Standards Institute)이 결성되어 현재에 이르고 있다. 현재 실용화되고 있는 ANSI의 총 규격종수는 9,000여종에 이르며 대부분 학회나 기술단체에서 발행한 기술규격을 채택 활용하고 있다. ANSI 외에 국가적 규격으로서 연방규격서와 연방표준서(Federal Specification and Standards)가 있다. 연방규격서는 주로 상용으로 획득가능하며 군사환경에 사용시에도 특별한 수정이 없이 채택·사용이 가능한 부문으로서 소재, 제품, 또는 서비스에 대한 사항을 다루고 있다. 이것은 국방성의 소요제기에 의해 개발되는 경우가 많으며 민·군에서 공통적으로 활용되고 있다. 연방표준서는 둘이상의 연방부처의 소요제기에 의해 발행되는 문서로서 주로 국방성에 의해 작성되고 있다. 실용되고 있는 연방규격서는 8,200종이고, 연방표준서는 133종이다.

(2) 단체규격

단체규격은 한 국가의 단체 또는 인접 국가나 단체가 하나의 목적을 가지

고 제조업자나 이용자간의 설계 내지는 표준화 추진과 원가절감, 제품향상 등에 대하여 협력을 목적으로 결성한 단체에서 발행하는 규격으로 항공에 관한 기술 규격서를 발행하는 미국소재의 단체들은 부록에 명시한 바와 같다. 항공 기술계에서 관련기술의 보급과 표준화를 위하여 해당단체의 특성별로 규격과 표준을 발행하고 있는 주요단체들은 다음과 같다.

(가) 미국기어공업회(AGMA : American Gear Manufacturers Association)

기어의 용어, 재료, 검사, 시험 등에 관련된 규격을 발행하며 항공전자 부품의 전자기계식 계기에 적용되는 기어의 제작에도 발행규격이 활용되고 있다. 발행 규격종수는 99종이다.

(나) 미국항공우주산업협회(AIA : Aerospace Industries Association)

항공산업체에서 사용자 정의 요건을 달성하기 위한 국가적 항공우주표준(NAS : National Aerospace Standards)을 제정하고 있다. NAS는 전세계적으로 항공기 제작에 뿐만아니라 고속철, 고속엔진 등 고응력 환경분야에 적용이 되고 있으며 볼트, 너트 스크류, 호스 등 표준부품에 관한 규격을 발행하였고 최근에는 공항설계, 항공수송운반구의 감항요건, 비행시험, 추진장치등 항공산업에서 요구되는 많은 규격서를 발행하고 있다. 아래의 다섯분야의 표준위원회(Standards Committees)를 두고 있으며 총 발행 규격종수는 1572종이다.

- 국가항공표준 위원회 (National Aerospace Standards Committee)
- 제조 위원회 (Manufacturing Committee)
- 재료 및 구조 위원회 (Materials and Structure Committee)
- 수송기 감항기준 위원회 (Transport Airworthiness Requirements Committee)
- 추진체 위원회 (Propulsion Committee)

(다) 미국음향협회(ASA : Acoustical Society of America)

건축음향, 전기음향, 음파, 수중음향, 기계진동 및 충격 등에 대한 측정방법, 시험, 전문용어의 설정 및 표준화를 수행하고 있으며 소음기준도 발행하고

있다. 발행 규격종수는 91종이다.

(라) 미국항공운송협회(ATA : Air Transport Association of America)

ATA는 미국내의 항공운송업자들이 운용항공기의 효율적 가동을 위하여 항공기의 정비체계를 설정하고 이에 대한 업무를 중점적으로 연구하여 운용체계의 개선을 도모하기 위하여 결성한 단체로서 연구의 결과로서 항공기의 정비에 관한 기술자료를 발간하고 있다. 발행규격은 9종이다.

(마) 미국전자공업협회(EIA : Electronic Industries Association)

일반용, 공업용 전자기기·전자부품의 공업화 규격을 제정하는 단체로서 발행 규격은 8210종이다.

(바) 미국전기·전자기술자협회(IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers)

전기설비 기구, 기계 및 전자부품, 통신기기, 컴퓨터 언어 및 소프트웨어 등에 대한 규격을 제정하고 있다. 총 규격 종수는 682종이다.

(사) 미국전자회로연결 및 피복협회(IPC : Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits)

프린트기판, 평면형 케이블, 하이브리드 집적회로 등에 대한 규격을 제정하고 있으며 발행된 규격은 통신기기, 가전제품, 컴퓨터 및 주변기기, 군사 및 전자계기분야에 활용되고 있다. 총 발행규격은 1027종이다.

(아) 미국계측협회(ISA : Instrument society of America)

각종 산업계측을 비롯 계측기구 및 계측방법에 대한 기술규격서를 표준서(S : Standard) 및 권고지침서(RP : Recommended Practice) 형식으로 발행하고 있다. 발행규격 종수는 90종이다.

(자) 미국자동차기술자학회(SAE : Society of Automotive Engineers)

자동차를 비롯 항공기 트랙터 및 내연기관 등에 대한 기술기준을 발행하는 단체로서 총 5578종의 규격서가 발행되었으며 이중 항공에 관한 규격서는 3931종으로 기술분야별 내용은 다음과 같다.

- AIR (Aerospace Information Reports) : 316종

- AMS (Aerospace Material Specifications) : 2270종
- ARD (Aerospace Resource Document) : 15종
- ARP (Aerospace Recommended Practice) : 444종
- AS (Aerospace Standards) : 886종

이중 AS자료는 FAA에서 TSO 부품에 대한 감항기준으로 활용하고 있다.

(차) 미국보험업자시험소(UL : Underwriters Laboratories)

UL은 인명과 재산에 영향을 미치는 재료, 기구, 제품, 기기, 구조, 방법 및 시스템 등에 관한 안전규격을 발행하고 있다. 총 규격 종수는 674종이다.

나. 유럽

유럽지역의 항공관련 기술규격은 크게 기술단체·협회규격과 국가규격으로 대별할 수 있으며 그 내역은 다음과 같다.

(1) AECMA

AECMA 즉 유럽항공우주제조업자협회 (The European Association of Aerospace Manufacturers)는 유럽지역의 항공우주산업의 발전을 증진하기 위하여 1950년 설립되어 주로 제품과 소재의 표준서 제정, 표준화된 시험방법 및 제조, 정비절차 등의 표준제정 업무를 수행하고 있다.

AECMA에서 개발된 표준서들은 유럽표준 즉 EN (European Norm)으로 채택이 되고 있다. AECMA는 불어의 Association Europeenne des Constructeurs de Materiel Aerospatial의 약자로 본부는 프랑스에 있으며 회원국은 벨기에, 덴마크, 프랑스, 독일, 이탈리아, 네덜란드, 스페인, 스웨덴 및 영국이다.

(2) 기타의 단체

- EUROCAE(European Organization for Civil Aviation Electronics)

EUROCAE 즉 유럽민간항공전자기구(EMA)는 미국의 RTCA와 유사한 기구로서 항공전자부품의 최소성능요건등을 제정하고 있으며 일부 기술분야에 대하여는 RTCA와 공조체제를 유지 단일의 기술문서를 발행 활용하기도 한다. 발행된 기술규격종수는 43종이며 그 목록은 부록에 제시 하였다.

(3) 국가규격

- 영국공업표준(BSI : British Standards) : 영국표준협회(British Standards Institute)에서 발행하고 있으며 14,500여종이 발행되어 실용화 되고 있다.

- 프랑스공업표준(AFNOR : French Association for Standardization) : 프랑스규격협회에서 발행하는 프랑스 국가표준으로, AFNOR는 불어의 Association Francaise de Normalisation의 약자이다. 항공소재를 비롯 여러 항공관련 규격도 포함되어 있다.

- 독일공업표준(DIN : Deutsche Industrie Norman) : 독일표준협회에서 제정하는 국가표준으로 26,000여종이 발행되어 있다.

(4) 군사규격 - 북대서양조약기구(NATO : North Atlantic Treaty Organization)

북대서양조약기구는 엄밀한 의미에서 기술규격을 전문적으로 발행하는 단체는 아니나 미군사규격과 같은 개념하에서 유럽 NATO 국가지역에 산재해 있는 업체들로부터 군수품을 조달받는 과정에서 요구되는 특별기술 사항을 나름대로 정하여 표준화를 수행 일반인들이 이용할 수 있도록 하고 있다.

발행되는 출판물의 형태는 품질보증체제에 관한 AQAP(Allied Quality Assurance Publication) 계열과 NATO 국가간의 군수품 생산에 관한 규정인 STANAG(Standardization Agreements) 계열이 있다. 총발행 종수는 1085종이다.

다. 일본

항공에 관한 기술규격으로는 일본 공업 규격 (JIS : Japanese Industrial Standards)의 W 계열로 발행된 것이 있으며 표준부품에 대하여는 JIS 외에 미군사규격을 그대로 사용하는 경우도 있다. 기타 항공기의 구성품을 형성하는 TSO 및 PMA에 대하여는 미국의 체제를 도입 운영하고 있으며 JIS W 계열은 대체로 미국의 군사규격 또는 ISO 규격을 번역하여 사용하고 있는 실정이다. JIS의 규격종수는 8839종이며 JIS W계열은 81종이다.

3. 군사규격

“Military Specification”으로 통칭되는 미국의 군사규격은 1952년 군사색인화 및 표준화법 (Defense Cataloging and Standardization Act)의 제정을 통하여 각 육해공군의 보급계통에서 경제적인 조달, 불필요한 품목의 삭감, 표준품목 설계 등 능률 및 신뢰성을 증진하기 위하여 국방성 군보급창 (Defense Supply Agency) 표준화실 (Standardization Division)을 중심으로 표준화를 실시하여 왔다. 이후 군사규격은 고효율의 무기체계 유지와 품질향상을 목표로 설계, 개발, 제조, 조달, 운용, 정비의 전반분야로 확대하여 최근에는 국방성 후원하에 국방 표준화 및 규격화 계획 (DSSP : Defense Standardization and Specification Program)에 입각하여 국방획득의 균일화와 실용성에 입각한 최선의 표준화를 경주하고 있다. 이 계획하에서 규격서 (또는 시방서, Specifications), 표준서 (Standards), 편람 (Handbooks) 및 기타 도면 등과 같은 기술자료의 개발업무가 추진되고 있다. 현재 실용되고 있는 규격종수는 약 35,000여종에 이르며 이중 상당수가 항공기술분야의 규격서로 제정되어 있다. 규격의 종류별 특징을 살펴보면 다음과 같다.

가. 규격서 (또는 시방서, Specifications)

군 규격서는 군사용 물품 또는 서비스, 군의 특별한 요구사항에 합치하도록 제작된 상용품목에 대하여 작성되는 것으로 그 취급범위는 식품 및 사

무용에서 미사일에 이르기까지 다양하고 광범위한 분야에 이르고 있다. 실용되고 있는 규격종수로 약 25,000여종에 이른다.

나. 표준서(Standards)

표준서는 표준으로 채택된 공정, 절차, 업무 및 방법에 대한 공학적이고 기술적인 요건을 제정한 것으로 문서형태의 것은 MIL-STD-XXXXXX의 형태로 표기하고 특정품목의 물리적 성질 또는 설계상의 특성을 주로 그림이나 표의 형태로 작성한 것은 MS-XXXXXX의 형태로 분류 운용하고 있다. 규격종수는 문서형태의 것은 1,700여종, 도면형태의 것(MS)은 7,600여종에 이른다.

다. 편람(Handbooks)

편람은 재료나 기타 공정, 업무 및 방법 등에 관련된 표준절차, 기술사항, 공학적인 것 또는 설계정보 등의 자료를 수록한 것으로 MIL-HDBK-XXXX으로 표기되고 있으며 실용되고 있고 규격의 수는 약 330여종이다.

제 4 장 항공기용 복합재료의 기술기준

제 1 절 복합재료의 인증

항공기 구조의 안전성을 증명하기 위해서는 그것을 구성하고 있는 주요부품 및 부분부품의 안전성이 확립되어야 한다. 따라서 부품제작에 사용되는 재료의 특성은 안전성의 기초가 된다. 확립된 재료의 특성을 기초로하여 단품 및 세부부품의 강도가 증명되고 제작된 부품의 구조강도 및 안전성이 평가될 수 있다. 국내에서 생산된 재료를 항공기 및 관련 부품에 사용하기 위해서는 재료의 제반 특성이 감항기준에 만족하다는 것이 입증되어 승인되어야 한다. 이러한 평가 절차를 거쳐서 생산된 재료는 비로소 항공기에 사용될 수 있고 따라서 공히 항공기용 재료로서 고부가가치의 경쟁력을 얻을 수 있다. 이러한 인증기술 및 평가절차가 확립되어야 새로운 재료를 개발했을 경우에도 그것이 항공기의 감항기준에 적합한지를 평가할 수 있다. 본 연구에서는 항공기 구조용 복합재료의 적합성 평가 기준을 개발하여 항공기의 품질인증에 사용할 수 있도록 하였다.

재료를 선정할 때에는 항공기 설계에서 요구되는 재료설계허용값(Material Design Allowables)은 물론 운항중에 예상되는 온도, 습도 등 환경 조건의 효과가 고려되어야 한다. 따라서 재료 선택 시험 및 특성 분석은 사용되는 재료가 항공기 운항중 또는 사용중 예상되는 여러가지 환경, 정비방법 등에 적합하다는 것을 증명하기 위하여 필요하다. 설계에 사용되는 재료허용값은 인증기관의 승인을 얻었을 때 비로소 항공기의 설계 및 구조강도 분석에 사용될 수 있다. 따라서 승인된 재료허용값은 항공기 부품의 구조강도 실증화의 기초가 된다.

항공기 구조물의 정적강도를 확립하기 위하여 상세한 이론적 구조분석(보

통 유한요소법 사용) 과 복잡성에 따라 상당한 양의 구조시험이 수행되어야 한다. 구조적 입증은 피라미드와 같은 모양을 벽돌로 쌓는것과 같은 방식을 사용된다. 전기시험(Full Scale Test)을 제일 상부에 있고 이것은 차례대로 주요 부품(Component), 부분 부품(Sub-component), 세부 부품(Detail)등의 시험에 의해 뒷받침되고 그 하부는 단품(Element) 과 많은 량의 재료 특성시험이 기초가 되어있다.

다음은 AC 20-107A 에서 정의된 다섯 단계의 시험들이다.

① 재료특성시험을 위한 쿠폰 (Coupon)

보통의 작은 시편으로 재료의 기본적인 성질을 알기 위한 시험이다. 일반적인 구조물의 기본적인 라미나 라미네이트 특성등을 조사하기 위한 인데 이 시편들에 대해 충분한 량의 시험이 행하여져서 통계적 분석후에 허용치가 계산되어야 한다.

② 단품 (Element)

이것은 조금 복잡한 일반적인 시편으로 표피(Skin), 세로보강재(Stringers), 전단판(Shear panels), 샌드위치패널, 연결부위나 접합부품등의 시험이다.

③ 세부부품 (Detail)

조금 복잡한 구조물의 부품으로서 일반적인 부품이 아닌 특별히 설계된 연결부위 접합, 세로보강재 (Stringers), 세로보강재 런아웃(Stringer runouts) 등 이다.

④ 부분 부품 (Subcomponent)

완전 구조의 한 부분을 나타내는 주요 3 차원적 구조물로서 짧은상자 (Stub-box), 날개보 (Spar) 의 한 부분, 날개 판(Wing panel), 날개 립 몸체 판(Wing rib body panel) 또는 프레임(Frames) 등이다. 이러한 부품들은 너무커서 설계허용치를 통계적으로 분석하기 어렵다.

⑤ 주요 부품 (Component)

기체 구조의 주요부품으로 날개(Wing), 몸체(Body), 안정판(Fin), 수평안정판 (Horizontal stabilizer) 등 완전한 단위로 극히 제한된 숫자의 시편만이 이용될 수 있다.

이런 방법을 피라미드식 또는 빌딩블록(Building Block)방법이라 하는데 감항성을 증명할 수 있는 일관성 있는 방법이다. 하부의 재료 특성을 위한

시편에서 부터 최상부의 전기 구조시험까지 연속적으로 한단계 한단계씩 구조 계산에 사용되는 모델의 적합성을 증명하여야 한다. 항공기의 각 구조 부품은 설계 특징이 다르고 인증 요구사항이 서로 다르므로, 각각의 모든 부품에 대하여 시험 계획서 및 보고서가 제출되어야 한다. 이중에 데이터 베이스화 되어야 할 부분은 일반적인 시편을 사용한, 피라미드 제일 하부의 단품 및 재료특성을 위한 시험등 두가지 단계로서 이들은 더 상위의 특정한 부품들과는 달리 일반적으로 다른 설계에도 쉽게 응용시킬 수 있다. 이들 데이터 베이스에서 소재의 설계 허용강도가 결정된다. 환경에 대한 파괴모드의 변화 효과 등을 고려하여 모든 핵심 설계 부위에 대하여 많은 시험이 행하여져야 하기 때문에 효율적인 시험계획이 확립되어야 한다. 인증계획서, 시험계획서 및 보고서, 얻어진 재료허용값 등은 인증기관에 제출되어야 하는데 이때에 사용된 시험 및 분석방법등이 모두 인증기관의 승인을 받아야 한다. 따라서 계획서 제출은 물론 분석과 검토의 모든 절차가 신청자와 인증기관간의 충분한 상호이해에 바탕을 두어야 한다. 표 4-1 에 인증에 필요한 자료의 목록이 나와있다.

복합 재료의 사용을 위한 설계 필요 요구조건들은 근본적으로 기존의 금속재료의 경우와 크게 다르지 않지만 설계 필요조건등을 만족하기 위해선 정적, 동적 하중에 대한 재료 특유의 거동을 알아야 한다. 복합 재료는 재료의 종류가 화이버와 매트릭스에 따라 여러가지가 있고, 같은 종류의 소재라도 제작 과정에 따라 성질의 변차가 크다. 복합재료는 보통 파괴까지의 변형률이 작고 항복과 소성거동을 보여주지 않는다. 또한 복합재료 라미네이트는 이방성(Anisotropic)으로 방향에 따라 특성이 다르며 최종부품이 완성되었을 때에 비로서 특성이 결정지어진다. 그러므로 재료특성 요구조건상에서의 복합재료와 금속재료의 가장 큰 차이는 데이터의 크기와 환경에 대한 민감성이다. 특성이 하중방향에 의존하기 때문에 재료특성 시험 범위는 모든 주요 재료방향에서의 특성을 포함하여야 하고, 또한 온도와 습도등의 물리적 환경에 더 민감하다. 이상과 같이 복합재료의 인증은 파괴모드와 변차에 대한 환경의 효과를 고려해야 하므로 많은 시험데이터가 요구된다. 그리고 복합재료의 인증에

는 라미나, 접착제, 퍼포레이티드 라미네이트 (perforated laminates), 중심재, 중심재 연결, 그리고 유기화합물의 인증이 포함되어야 한다. 부록 II 에 복합재료와 관련된 미국의 군사규격 목록이 제시되었다.

표 4-1: 항공기용 복합재료의 감항성 증명을 위한 자료 목록(미국의 예)

절차:	FAR Part 21
해당감항기준:	FAR Parts 23, 25, 27, 29, 33, 35
정부발행자료:	Airworthiness Directive Advisory Circulars Orders Notice, Memorandums
관련기준:	MIL-SPECIFICATIONS, MIL-STANDARDS, MIL-HANDBOOKS
업체와 공급업체의 인증계획, 부품목록, 도면, 매뉴얼, 품질시스템, 분석(유한요소분석, 강도분석등), 시험계획, 시험결과	

제 2 절 복합재료 특성시험

1. 성분 및 물성 분석

일반적으로 프리프렉은 유리섬유, 탄소섬유 또는 아라미드섬유 등이 수정되어, 또는 표면처리되어 함유된 열경화 수지이나 열소성수지등 이다. 전형적인 열경화 수지는 여러형태의 에폭시 레이즌, 경화약품, 희석제, 고무 수정액, 열소성첨가물, 촉매, 잔유용매, 무기물질 그리고 여러가지 불순물 및 합성부산물등이 포함될 수 있다.그리고 이러한 수지들은 프리프렉 과정중에 단계적으로 또는 부분적으로 반응되기도 하고, 수송, 취급, 보관중에 성분변화가 되기도 한다.

복합재료의 특성분석에는 고성능 액체 크로마토그래피법 (HPLC), 적외선 분광법, 열 분석법, 그리고 유동성 분석법 등이 가장 많이 쓰인다.

HPLC와 적외선 분광법은 프리프렉 수지 뿐만 아니라 각 레이즌의 적격 심사 및 품질관리에 사용된다. 열적비중분석(TGA), 차등열적분석(DTA), 차등 주사 열량측적방법(DSC),열적 역학적분석(TMA), 동력역학분석(DMA) 그리고 비틀림 브레이드 분석(TBA)등 열분석법은 화학분석은 아니지만 수지의 성분과 가공성에 관련된 유익한 정보를 얻을 수 있다.

유동성 분석과 부전도성기법은 경화도중에 열경화 수지의 화학점성 특성 평가에 주로 사용되고 있으나 열경화 수지와 열소성 수지의 공정 감시 및 공정관리에 점차적으로 사용되고 있다.

가. 고성능 액체 크로마토그래피법 (HPLC)

HPLC는 수성수지재료의 품질인증시험에 경제적이므로 많이 사용되고 있다. 액체상 분리와 분리수지성분의 관찰을 통해 평균분자량과 열소성수지의 분자량 분포를 알수 있다.

나. 적외선 분광법 (IR)

분자의 진동의 다이플모멘트변화를 측정하여 정보를 얻는데 수지성분의

용해도에 제한되지 않는다. 최근에는 FTIR(Fourier Transform Infrared) Spectroscopy 를 사용하여 IR 스펙트라를 빨리 주사하여 저장할 수 있다.

경화중 휘발 반응물의 식별을 위해선 열분석과 GC-질량분광법이 같이 사용될 수 있다. 특별한 기능을 가진 재료의 원소분석, 적정법, 습식화학분석 등은 각각의 에폭시 성분분석에 사용될 수 있으나 복잡한 수지를 분석할시엔 잘못된 결과가 나올 수 있다. 필요하면 이온착색법, 원자흡수법(AA), X-선 형광법 또는 방출분광법 등이 붕소이나 불소등을 분석 하는데 사용된다.

다. 열분석법

열적 비중분석(TGA)으로 온도에 따른 무게변화를 측정한다. 변질 과정 연구에 주로 사용되나 휘발성, 수지, 화이버와 잔류무기물등의 정보를 제공하는 프리프레그의 품질관리기법으로도 사용된다. TGA에 의한 열산화 저하률은 수지의 수명평가에 유효하다. 차등주사 열량측정법(DSC)와 차등 열적 분석등은 수지와 복합재의 특성분석에 자주 사용된다. 온도에 따른 엔탈피 변화를 측정하여 프리프레그의 품질인증에 사용된다. DTA는 에폭시 레이즌 시편과 표준 시편과의 온도차이를 측정하고 DSC는 표준시편과 비교하여 시편의 열방출률이나 엔탈피 흡수를 측정한다.

프리프레그의 유리전이온도와 반응열을 측정할 수 있지만 화학성분에 관한 정보를 직접 알 수는 없다. 온도나 시간의 함수로서 방출열을 측정함으로써 경화도와 경화속도등에 관한 정보를 얻을 수 있다. DSC와 DTA 는 또한 용융 온도를 측정하고 열소성수지와 복합재의 결정도를 추정하는데 사용될 수 있다. DSC에 사용되는 평균 시편의 크기는 보통 10mg 정도 이므로 취급에 주의해야 하고 여러 시편을 시험하여 결과를 얻어야 한다. 열적기계분석(TMA)는 DTA와 DSC와 함께사용되어 프리프레그수지와 경화된 라미네이트의 열적천이 거동(유리전이온도와 같은)의 연구에 사용된다. 열적천이거동은 프리프레그수지의 경화도와 화학성분에 관계가 있으므로 TMA는 품질인증기법으로도 사용될 수 있다.

라. 유동성 분석법

동적기계분석법, 비틀림 브레이드 분석 그리고 여러 기계분광계등으로 수지 및 복합재의 유동 반응을 진동수, 온도 그리고 경화상태의 함수로 측정하는데 사용된다. 유동성 분석법은 공정변수의 최적화와 경화중의 동결과 유리화를 측정하는데 사용된다. 유동성은 수지성분과 조직과 관계가 있기 때문에 유동성 분석은 프리프렉의 품질인증을 위하여 사용할 수 있다. 동적 유전성 분석(DDA) 기법에서는 공정중 프리프렉의 유전성 상수, 산재상수, 정전용량, 전도도의 변화를 진동수, 시간, 온도 함수로 측정한다.

측정된 전기상수들은 수지 점성 변화에 민감하므로 수지유동과 동결시간, 온도등 공정변수의 최적화에 사용된다. HPLC 와 IR 분광법등은 기본적으로 서로 독립적인 수지조정에 관한 정보를 얻을 수 있다. 정확한 시험 방법이 사용된다면 이들 방법들은 수지의 화학조성의 변화나 차이를 측정할 수 있다.

HPLC와 IR에 보충하여 DTA와 DSC는 프리프렉의 취급성과 공정도에 관한 정보를 얻을 수 있다.

2. 물리화학적 특성

프리프렉과 복합재료에 대하여 일반적으로 측정되어야 할 성질은 다음과 같다.

① 보강재의 물리적 설명 : ASTM D 3878의 표준 정의를 사용하여 설명 되어야 한다. 프리프렉내의 섬유가 수지에 균일히 적시어 져야하고 육안으로 특별한 하자가 없어야 한다. 배열, 간격, 두께, 길이, 모서리, 연결, 포장등이 적혀 있어야 하고 특히 포장은 ASTM D 3951에 따라서 행하여 져야한다.

② 수지성분 : ASTM C 613에는 수지 추출법이 나와 있고 탄소섬유/에폭시 프리프렉의 수지 성분의 측정법은 ASTM D 3529에, 다른 방법들은 MIL-HDBK-17 에 상세히 설명되어 있다.

③ 화이버 성분 : 수지성분 측정 방법과 거의 같고 산성 소화법은 ASTM D 3171을 사용할 수 있으나 흑연과 아라미드 화이버프리프렉은 산화

변질 되기 쉬우므로 MIL-HDBK-17 의 방법이 사용되어야 한다.

④ 휘발성분 : ASTM D 3530을 사용하고 열적비중분석(TGA) 방법으로 휘발 성분의 추정에 사용될 수 있다.

⑤ 습도성분 : ASTM D 4017나 칼휘셔 적정법에 기초를 둔 자동습도측정기로 측정할 수 있다.

⑥ 무기첨가제 성분 : 정량분석에 주의가 요하고 MIL-HDBK-17의 방법에 따라 측정되어야 한다.

⑦ 비면적 무게 : ASTM D 3776을 사용한다.

⑧ 접착성과 포장 : 접착성 측정을 위한 정량적 방법은 없고 일반적으로 승인된 방법은 없으나 Monsanto Tack Tester를 사용하기도 한다. 포장 역시 표면을 보호하고 편리한 취급을 위한 것이어서 일정한 방법은 없다.

⑨ 수지 유동 : 특정한 시험 조건에서 레이즌 유동은 레이즌 성분 뿐만이 아니고 프리프렉 수지의 형태와 반응정도, 조성등에 관계가 있다. 온도, 압력, 프리프렉의 층, 판의 수등의 시험조건은 수지종류에 따라 다르다. 프리프렉 재료의 수지유동은 ASTM 3531에 따라 측정해야 한다.

⑩ 응고시간 : 열경화 프리프렉 레이즌의 화학조성과 반응정도와 관계가 있다. 시험온도는 수지종류에 따라 다르고 응고시간은 ASTM D3532에 따라 결정될 수 있다.

3. 기계적 특성

라미네이트 인장시험은 ASTM-D 3039 에 따라 시행되어 인장극한강도, 인장계수와 포이성의 비 등이 얻어진다. 경험상 일관된 시험 결과를 얻기 위해선 Tab 설계, Tab 적용 그리고 시편가공의 질등이 핵심적인 요소이다. 또한 시편 모서리가 젖은 상태에서 마모되고 절삭되어 섬세한 표면 처리가 되어야 너무 이른 파괴를 방지할 수 있다. Tab을 하는 이유는 시편에 균일한 하중을 가하기 위해서이다. Tab 의 경사각도와 Tab 소재의 기계적인 성질 등이 중요한 인자이다. 일반적으로 Tab소재는 시험 라미네이트보다 덜강해

야 한다. Tab 연결전의 표준 처리는 접합을 쉽게하기 위해 가볍게 사포등으로 문질러야 한다.

0° 일방향 라미나 : 이 시편을 만들때는 하중축과 평행하게 화이버가 정렬되도록 주의 해야 한다. 시편이 폭은 보통 12.7mm 이다.

90° 일방향 라미나 : ASTM D 3039에 나와 있는대로 0° 시편 보다 는 더 짧고 넓어야 한다. 유압이나 기압 그립외에 특별한 정렬정착물이 사용되어 out of plane 하중을 막아야 한다. 대안으로 ASTM C 393의 샌드 위치 빔 시편이 90° 시험에 사용될 수 있으나, 취급 손상은 잘 안되는 반면 판이 휘지도 모르는 위험이 있다.

양방향과 웨브릭 라미네이트: 0° 일방향 시편보다 더 넓은 시편을 사용한다. 웨브릭 시편의 경우 Warp (실)을 정렬하고 각판을 같은 방향으로 쌓고 시험된 방향을 보고해야 한다. 보통 수정된 ASTM D 3039의 시편이 웨브릭의 시험에 사용된다. 시험결과의 분산을 막기위해 시편 폭을 25.4mm 까지 넓게하여 시험하는 것이 실용적 이다.

압축시험은 시편에 따라 지지된 시편, 지지가 안된 시편 그리고 샌드위치빔등 3가지 경우로 나눌수 있다. ASTM D 3410은 미지지 시편과 샌드위치빔에 사용된다. 미지지 시편은 게이지 길이가 12.7mm이고 ASTM D 3410에서 주어진 두 압축 정착물중에 하나에 놓여질수 있다. 두압축 고정물은 분리된 콜릿 형태의 그립이지만 하중이 전달되는 방법과 그립의 배치가 다르다. 샌드위치빔은 표면이 모두 0°로 정렬된 6 판의 장방형의 빔이다. 표면은 고밀도 내부에 결합되어 있다. 샌드위치빔 시편은 시험에 비용많이 들고 환경시험에는 맞지 않는다. 또한 하니컴의 시험결과에 대한 의문도 있다. ASTM D 695는 원래 복합재료를 위해 고안되지는 않았으나 항공우주산업체에서 수정하여 사용하고 있다. 그 수정 방법은 각 업체마다 달라서 시험 부착물, 게이지 길이 또는 시험절차 등이 승인된 것은 없다. 일반적으로 2.5 에서 5.1mm 정도의 게이지 길이의 시편을 사용하고 시편의 면을 지지한다. 이러한 이유로 해서 ASTM D 3410에서 산출된 압축강도와 압축계수 보다 더높은

값을 보여주고 많은 설계자들이 사용한다. 수정된 ASTM D 695 시험의 결과가 순수한 압축파괴에서 나온 것 인가, 아닌가는 여전히 논의되고 있다. ASTM D 3410이 복합 소재에서 정확한 압축파괴를 시험할 수 있다고 하지만 설계치가 일반적으로 더 낮으므로 비행 구조물에서 압축 파괴를 잘 묘사하지 못할지도 모른다.

굽힘시험(Flexure Test)은 몇몇 인정된 시험이 있기는 하나 그 결과의 유효성에 관해 많은 논의가 있다. 항공우주산업체에서 이 시험은 품질 관리에 사용되고 있다. ASTM D 790은 원래 프라스틱에 사용되나 수정되어 복합 재료에 적용되고 있다. 어떤 경우엔 ASTM C 393이 복합 라미네이트에 사용되기도 한다.

전단시험 (Shear Test)은 연결효과 매트릭스나 경계면의 비선형거동, 그리고 수직 응력의 존재등으로 그 시험 결과에 의문을 갖게 한다. Interlaminar, In-plane shear moduli, 전단 응력등을 측정하기 위해 많이 사용되는 시험 방법들은 앞에서 언급된 제한에 적용이 된다. 예를들면 짧은 빔 전단시험인 ASTM D 2344에서는 전단응력 분포가 빔 길이 대 두께비와 하중을 전달하는 굴림대의 이심률에 따라 달라진다. 이 시험에서는 대부분의 시편이 미세구부림이나 또는 전단과 미세구부림이 종합되어 파괴 된다. 그러므로 짧은 빔 전단시험은 라미나간의 전단응력 결정에는 사용될 수 없다. 품질 관리와 후보 재료의 선택에는 사용될 수 있으나 라미나 간의 전단응력은 정확히 측정할 수 없다. 복합 재료의 면상 전단 계수를 결정하는 방법중의 하나인 Rail Shear Test(ASTM D 255) 에서도 같은 문제가 있다. 하중 도입 방법, Rail의 탄성 그리고 복합재의 성질에 따라 구석에 응력집중과 수직응력이 생긴다. ASTM E 143의 얇은 벽 원형관의 비틀림 전단시험은 전단응력과 전단계수를 얻을 수 있는 좋은 방법이다. 응용역학면에서 이상적인 전단시험 이지만 시험자의 측면에선 많은 문제가 있다. 필라멘트 와인딩을 하지않는 이상 시편제작비가 많이 들고 시편준비에 시간이 많이들며 평시편 보다 더 많은 재료가 든다. 또한 시편은 구부림모멘트를 없게하기 위해 기구에 동심적으로 설치되

어야 하고 단축 하중을 피하기 위해 단축으로 자유롭게 움직일 수 있어야 한다. 그러므로 값비싼 특수한 시험기구가 있어야 한다. 이러한 제한에도 불구하고 이 시험에서 부터 전단특성이 얻어진다면 이 값을 표준으로 다른 전단시험의 결과를 판단할 수 있다. ASTM D 3518 의 45° 탈축 인장 전단 시험은 재료, 시간 방법등에서 볼때 경제적인 방법으로 보통 다른 전단시험과 상응하는 결과를 얻을 수 있다. 그러나 층간 효과로 인해 응력/변형 관계가 연성이 되는 경향이 있고 가장자리 효과때문에 높은응력에서 탄성계수가 낮게 나올 위험이 있다. 강도 또는 이효과 때문에 낮은 값으로 나타날 수 있다. 휘브 적 재료의 결과는 해석하기가 아주 힘들다는 것을 유념해야 한다. 그러나 초기 면상 전단 계수의 결정에서 라미나 구조의 실제 응력상태를 반영하는 값을 얻을 수 있다. 시편의 층간 효과에 의한 전성은 순수 전단 응력이 존재하지 않는다는 것을 보여주는 것이므로 효율적인 전단계수이고 설계자에게 더 실질적인 값이 될 수 있다.

이상의 단축 복합재료시편의 정적시험은 재료특성, 재료비교 그리고 라미네이션판 이론의 사용을 통한 응용라미네이트 특성의 예측에 사용된다. 복합재료는 보통 좋은 피로거동을 보여주어 특히 경량화를 위해 많이 쓰여왔고 실제로 헬리콥터의 로터 브레이드 처럼 좋은 인장 피로 저항을 보여준다. 그러나 많은 새로운 재료들은 특히 압축 하중하에서 열악한 피로특성을 보여준다.

피로시험에서는 단축 시편결과로 부터 라미네이트 거동을 예측하는 방법이 아직 고안되지 않았다. 그러므로 각 응용 짜맞추기(Lay-up)에서 피로설계 값의 개발이 문제되고 있다. 주기하중 범위에서 특정 라미네이트의 수명예측에 관해 많은 연구가 되어 왔다. 지금 수준에서는 누적 손상 모델, 파괴 역학 분석 그리고 다른 이론적인 접근등이 부적당 하므로 실험적인 방법이 사용되고 있다. ASTM D 3479는 일반적인 시편시험 방법이다. 그러나 복합재료의 피로성질은 응용에 따라 변하므로 라미네이트의 응용을 나타내고 있는 사용하중과 환경조건에 대해 시험되어야 한다.

복합재료의 피로거동은 몇 가지 관점에서 분석될 수 있다. 첫번째 방법

은 라미네이트 파괴가 각 층의 연속된 파괴의 결과이다. 처음 판 파괴가 라미네이트 파괴를 초래하는 정적파괴와 같이 취급할 수 있다. 라미네이트의 피로 특성을 결정하는 기초로서 일방향 재료의 피로시험 결과를 사용하므로 빌딩 블록 방법과 일치한다. 두번째 분석방법은 파괴가 분석된 국부 손상 지역의 연속적인 누적 및 성장의 결과라고 보는 개념에 기초를 두고 있다. 이 방법은 손상의 고유 상태와 복합 재료의 잔류 응력 같은 동시 응력 사이에 정량적인 관계가 있다고 가정한다. 금속 재료에서와 비슷한 방법을 사용하여 주기하중하에서 존재하는 각각의 결함지역의 성장이 예측될 수 있다. 그러나 국부 손상의 수와 다양성이 이런 방법을 제한한다. 이 분석방법은 손상증가와 강도저하를 정량적으로 관계 짓는 법칙과 손상 성장과 이미 존재하는 손상 및 하중과의 관계를 가정한다. 결과적으로 시간 (또는 하중 주기)에 따른 강도의 저하가 피로 파괴를 야기시킨다. 이 방법은 파괴물리에 상세한 표현이 될 수 있으나 연속적인 반경험적인 방법이 필요하므로 거세 기계적 방법은 상세한 물리적 과정을 축소하고 실험결과에 직접 맞는 수학 표현을 가정한다. 이러한 각각의 분석방법들은 수명 예측을 위한 결정적인 과정이다. 피로시험결과들은 상당히 분산되어 있으므로 통계적인 방법이 필요하다. 금속재료의 경우 결과 분산 인자가 3 ~ 6 이나 복합재료의 경우 10 ~ 15 이다.

점탄성 성질은 응력이완, 크립 과 동적 강성을 측정시 나타난다. 크립은 대부분 전단 응력보다는 인장 응력으로 시험되고, 대부분 어느 정도 높은 온도에서 사용시 문제가 되므로 이제까지 PMC(Polymer Matrix Composite)에 대해서는 많은 연구개발이 되어 있지 않다. 그러나 최근 새로 개발되는 PMC 는 그 사용온도가 400 °C 이상 되는 등 적용 온도등이 높아지므로 크립 특성이 점점 중요시 되고있다. ASTM D2990 과 D2991 에 플라스틱의 크립과 응력이완 시험절차가 나와있다. 응력 이완 시험이 시작될 때 초기응력을 변형률로 나눈 것이 초기 탄성계수이다. 더 정확히 말하자면 초기 탄성 계수는 진순간 탄성계수후 짧은 시간에서의 탄성 계수인데, 제로 시간에 시편을 인장시킬수는 없으므로 이 값을 얻는다는 것은 불가능 하다. 시험 동안 시

간의 함수로 표시된 탄성 계수를 응력이완계수라 한다. 응력이완은 공유결합이 분해된후 다시 형성되는 화학응력이완, 이차결합이나 재배치가 되는 물리응력 이완등 몇몇 기구에 의해 일어난다. 크립에서는 작용된 응력으로 나누어진 변형률을 시간의 함수로 나타내는데 이를 크립 콤프라이언스라 한다.

크립은 일정한 하중아래에서 시간에 따른 특성의 변화인데 이러한 특성변화는 하중이 제거될때 회복이 될수도 있고 회복이 불가능 할 수도 있다. 크립은 사용조건이 기지우세방향에서의 고응력, 고온, 또는 열악한 화학환경등 기지연화의 가능성이 있을시에 고려되어야 한다. 열가소성기지 복합재료의 경우 운용온도가 유리전이온도 근처거나 더 높다면 크립이 중요하지만, 열경화기지에서는 크립은 가교(Cross-linking)로 인하여 그 효과가 적다.

손상에 대한 복합재의 저항력은 우주항공분야에서 큰 관심의 대상이다. 손상허용특성분석을 위해선 몇가지 시험방법이 개발되었는데 충격후 압축시험과 변형에너지 방출속도 측정 시험등이 있다. 압축시험은 NASA 출판 1092, 1141이 가장 많이 쓰이고 있다. 이 방법들에서 고려되어야할 요소중에는 충격을 주기위해 떨어지는 물체의 실제에너지, 버팀기구의 견고성, 시험준비 기술 그리고 압축시험 정착물의 실제 배열등이 있다. 시험크기, 하중속도, 자임이나 다른 요소들은 아직 표준화 되어 있지않다.

필라멘트 와인딩 구조의 기계적 기능은 평평하게 적층된 구조의 거동과 많이 다르다. 경화 형태, 수지공동성분, 미세 균열, Free edge 구조등에 따라 다른 결과가 나온다. 그러나 필라멘트 와인딩 구조 또는 일반적층 구조에 사용되는 설계 및 분석을 위한 기계성질 같은 결과를 요구한다. 대부분의 필라멘트와인딩 구조는 로켓 모터케이스에 사용되므로 결과적으로 대개의 시험 시편은 실린더나 병과 같은 모양으로 실제 분석된 설계구조의 모양을 본따야 한다.

4. 시험 결과의 통계적 분석

FAR Part 25.601 에서는 모든 재료의 강도 및 특성을 통계적인 분석으로 해석할 것을 요구하고 있다. 재료설계허용값은 다음의 4 가지중에서 하나로 나타내야 하나 복합재료의 경우 A-값은 너무 많은 시험데이터를 요구하므로 현실적으로 얻기 어렵다. 그러나 극한강도 및 파괴연신율은 B-값으로 나타낸다.

①A Basis : 95 퍼센트의 신뢰도로서 분포 집단의 적어도 99 퍼센트의 값이 만족하는 값.

②B Basis : 95 퍼센트의 신뢰도로서 분포 집단의 적어도 90 퍼센트의 값이 만족하는 값.

③S Basis : 명시된 최소값

④Typical Basis: 평균값

모든 강도 허용치는 통계 분석이 행하여 져야 한다. 계산 과정은 먼저 시험결과의 분포를 분석하여 허용치 계산을 어느 방법을 사용할 것인지 정하여 결정한다. MIL-HDBK-17에는 적어도 5 배치(batch)에서 최소한 6개의 측정을 하여 통계 분석한 값을 사용할 것을 추천하고 있다. 모든 시험 결과는 B-basis 값으로 나타내야 하는데, 이 값을 얻어내는 방법은 다음의 5 가지 중에서 사용할 수 있다.

1) Batch-to-Batch의 변화가 있을 경우의 Normal Analysis

서로 다른 배치들에서의 시험 결과를 분석할 때 배치에 따라 값이 큰 차이가 있을 수 있다. 이러한 경우 하나의 시편에서 부터 B-basis값을 구할 수가 없게 된다. ANOVA 방법은 배치에 따른 변화가 큰 경우 B-기초 값을 구하는 방법이다.

2) 하나의 분포 집단에 대한 Normal Analysis

분포가 Normal Distribution 일 경우의 계산 방법이다.

3) 하나의 분포 집단에 대한 Weibull Analysis

분포가 2-Parameter Weibull Distribution일 경우에 B-basis 값을 얻는 방법인데 Population Shape 과 Scale Parameter 를 먼저 얻어야 한다.

4) 하나의 분포 집단에 대한 Nonparametric Analysis

집단의 분포형태가 2-Parameter Weibull 이나 Normal, Lognormal 분포가 아닐 경우에 사용된다.

5) Linear Regression Analysis

B-basis 값이 두께나 층의 수, 또는 화이버 부피 등과 같이 비례하여 변할 경우 평균값을 계산하는 방법이다.

제 5 장 항공기 실내소음 기준

제 1 절 서론

항공기 소음환경 기준으로는 외부소음과 내부소음으로 나눌수 있다. 외부소음은 세계각국에서 환경기준으로 규제하고 있고 항공기 자체적인 소음기준값도 정하고 있다. 미국 FAR part 36 과 ICAO 부속서 16에서는 외부소음의 측정방법 절차 기준에 대한것을 규정하고 있다.

본 장에서는 항공기 내부소음에 대한 것을 검토하였다. 검토대상으로는 ISO 5129- 항공기 실내소음의 측정(Measurement of noise inside aircraft)에 대한 기술기준을 검토하였고 관련기준에 대한 내용으로서 해당관련기준의 목차를 정리하여 내용을 간단하게 파악할 수 있게 하였다.

표 5-1 은 항공기 승객의 소음에 대한 폭로의 결정과 소음성 난청에 대한 예측에 대한 기준이며(ISO 1999 Acoustics-Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.), 표 5-2 는 대기중의 소음의 측정과 사람에게 미치는 영향평가에 대한 기준이며(ISO 2204 Acoustics -Guide to International Standards on the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on human beings.), 표 5-3 은 소음 진동의 분석에 사용되는 옥타브 밴드필터, 1/2 옥타브 밴드 필터, 1/3 옥타브 밴드필터에 대한 기준이고(IEC Publication 225, Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sounds and vibrations.), 표 5-4 는 특정 주파수와 시간이 보정된 소음레벨측정기에 대한 요구사항에 대한 기준이다.(IEC Publication 651, sound level meters)

또한 항공기 소음관련 국제규격을 부록 III 에 정리하여 소음관련 기술기준의 참고내용으로 활용할 수 있게 하였다.

제 2 절 항공기 실내소음의 측정

1. 적용범위와 분야(Scope and field of application)

이 국제규격은 모든종류 항공기 내부소음의 再現적(reproducible)이고 비교가능한(compareable)측정을 위한 설비와 절차를 정한다.

예를들어 그 결과는 다음의 용도로 사용한다.

- 최대소음목표 혹은 정해진 요구사항에 따르는지를 결정하기 위하여
- 聽力보호를 위한 騒音暴露의 평가를 위하여
- 대화장애도(degree of speech interference)를 평가하기 위하여(ISO1999, "Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment" 참고)

주:

1. 항공기는 지구 표면에 대하여 직접적이 아닌, 공기의 반작용으로 대기중에서 지탱할 수 있는 어떤 기계로 정의된다. (An aircraft is defined as any machine that can derive support in the atmosphere from the reaction of the air other than directly against the earth's surface)
2. 이 국제규격에서 서술된 시험절차는 ISO 2204(Acoustics - Guide to international standards on the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on human beings)에서 정의된 기술방법에 상당한다.
3. 충격특성으로 방출되는 소음원의 측정에는 충격소음기(impulse sound level meter)가 필요하다.
4. 이규격에 따라 통상 같은 조건으로 동일한 항공기를 반복 측정할 경우, A보정 소음레벨측정의 시험결과는 $\pm 2\text{dB}$ 정도 차이를 보일 수 있다.

2. 참고문헌(References)

IEC(international electrotechnical commission) Publication 225, 소음진동 해석을 위한 옥타브, 1/2 옥타브, 1/3 옥타브 밴드 필터(Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sounds and vibrations)

3. 시험의 종류(Nature of tests)

3.1. 형식시험(type tests):

제조된 항공기가 소음규정에 따른다는것을 입증하기 위하여 측정함.
규정된 시험조건과 다른사항은 기록 하여야 함.

3.2. 모니터 시험(monitored test):

항공기 소음이 규정된 기준을 만족하고 있는지, 항공기가 인도된 후 혹은 개별적인 위탁기간 사이에 현저한 변화가 일어나지 않았는지를 확인하기 위해 측정함.

모니터 시험에서는 시험조건에 대한 어느정도의 변화는 허용된다. 예를들어 마이크로폰 설치갯수, 비행조건의 완화, 1/3 옥타브밴드 분석 대신에 옥타브 밴드의 사용 등이다. 시험조건과 다른사항은 시험보고서에 기술되어야 한다.

4. 측정값(Measured quantities)

4.1. A 값이 보정된 음압레벨의 모든값은 시간가중특성 S(time-weighting characteristic S)에 상응되어야 한다.

4.2. 형식시험에서는 다음 내용을 기록하여야 한다.

- 주파수 범위가 최소한 45-11,200Hz를 포함하는 옥타브 밴드 혹은 1/3 옥타브밴드 음압레벨(dB)

- 1/3 옥타브 밴드 음압레벨이 우선된다.

- A값이 보정된 음압레벨 L_{PA} dB

4.3. 모니터 시험중 다음값을 보고하여야 한다.

- A값이 보정된 음압레벨 L_{PA} dB

- 옥타브 밴드 혹은 1/3옥타브 밴드 음압레벨(dB), 필요한 경우 주파수

범위가

최소한 45-11,200Hz를 포함하여야 한다. 일반적으로 옥타브 밴드 음압레벨(dB)로 충분하다.

4.4. 충격소음을 측정하는데 사용되는 충격소음계는 IEC Publication 651에 만족되어야 한다.

추가적으로 A특성으로 주파수 보정되고 I특성으로 시간이 보정된 값으로 L_{PAI} dB 로 표시한다.

5. 측정장비(Measuring equipment)

5.1. 일반(General)

측정장비는 주파수 범위가 45Hz에서 11,200Hz 범위까지에서 5.2항에서 5.6항까지의 정해진 요구사항을 만족해야 한다.

마이크로폰의 지향성(directionality)은 측정에 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 전방향(omnidirectional) 마이크로폰을 사용해야 한다. 마이크로폰의 형식을 보고서에 기록하여야 한다.

주 : 예를 들어 헬리콥터에서 우려할 만한 저주파수 소음이 있다고 할 경우에는 측정장비의 주파수 범위를 최소한 2Hz 수준까지 늘려야 하고 그리고 주파수 변조에 의한 기록을 사용해야 한다.

5.2. 소음계(Sound level meter)

소음계는 최소한 IEC Publication 651의 Type 1의 요구사항을 만족해야 한다.

5.3. 필터(Filters)

소음의 스펙트럼을 측정하기 위한 필터는 IEC Publication 225에 따라야 한다.

5.4. 기타 장치(Other systems)

5.4.1. 테이프 기록기와 레벨 기록기와 같이 측정장비를 대체 사용할 경우 일련의 측정시스템의 오차는 Type 1 장치에 대한 IEC Publication 651의 해당 항목의 오차를 초과해서는 안된다.

마이크로폰의 대기압력과 온도계수는 표시되어야 하고 만약 콘덴서 형태일 경우에는 압력조절을 위한 배출구가 있어야 한다. 마이크로폰 증폭기의 사양은 마이크로폰과 테이프 기록기의 사양에 적합하여야 한다.

5.4.2. 기록장치를 사용할 경우에는 다음의 추가요구사항을 만족하여야 한다. 표준기록레벨에서 주파수 응답은 ± 1.5 dB 이내로 평탄해야 한다.

인접한 1/3 옥타브 밴드 사이의 응답차는 1.5 dB를 초과해서는 안된다.

시스템의 성능에서 모든 1/3 옥타브 밴드 혹은 옥타브 밴드의 감소음은 표준기록레벨보다 35 dB만큼 낮아야 한다.

추가적으로 각각의 릴의 테이프의 시작과 끝부분에 250 Hz에서 1000 Hz 까지 혹은 광대역 소음인 순수음색신호(puretone signal)의 교정신호를 가져야 한다.

테이프에 의한 데이터는 두 신호의 사이의 레벨차 (광대역 소음이 사용될 경우에는 대응되는 1/3 옥타브 밴드 레벨)가 1 dB 이내일 경우에만 신뢰할 수 있고 그리고 두 신호의 평균값으로 교정에 사용할 수 있다.

주 : 날카로운 형상의 스펙트럼의 신호대 잡음비 (signal to noise ratio)에는 적절한 프리엠퍼시스(pre-emphasis) / 디엠퍼시스(deemphasis) 네트워크(networks)가 필요하다. 측정을 하기 전에 항상 테이프헤드는 철저히 청소하여야 한다.

음향교정기를 사용할 경우에는 5.5.2항을 만족해야 하고, 교정기와 마이크로폰 응답의 압력효과가 최소화되도록 하는 일정 대기압력 조건에서 정현파를 테이프에 기록하여야 한다.

녹음이 진행되는 과정에서는 사전에 설정값들이 움직여 테이프레코더의 특성이 변화되지 않게 하기 위하여 테이프레코더를 움직이면 진동으로 녹음에 영향받지 않도록 조심해야 한다. 배터리로 작동되는 테이프레코더는 배터리의 조건과 테이프의 속도를 확실히 하기 위하여 시험중에 자주 확인하여야 한다.

역주: 프리엠퍼시스: S/N비를 개선하기 위하여 미리 신호의 주파수 대역의 일부를

강조하여 송출하는 방법

디엠퍼시스: 프리엠퍼시스를 받은 신호를 본래의 상태로 복귀하는 방법

5.4.3. 데이터의 정리는 IEC Publication 225에 의한 특성을 가진 옥타브 밴드 필터나 1/3 옥타브 밴드 필터를 사용하여야 한다.

분석기는 기본적으로 필터의 출력을 자승으로 곱하고, 평균하여, 로그형태로 변환하여 읽게 되는 것이다.

평균하는 기간은 최소한 8초이지만 30초 이상이 바람직하다. 샘플은 최소한 매 0.5초마다 하여야 한다.

센서는 최소 50 dB -40 dB 범주의 위에서는 ± 0.5 dB 이내의 증폭 응답 선형을 갖는- 동적범위에서 작동되어야 한다.

판독장치의 해상도는 0.5 dB 이상이어야 한다.

5.5. 측정장비의 교정과 점검(Calibration and cheaking of measuring equipment)

5.5.1. 소음계는 IEC Publication 651에 따라 교정해야 하고 교정주기는 1년을 초과해서는 안된다.

5.5.2. 다른 시스템의 경우에는, 매 시험의 전후 혹은 측정전 6개월 이내에
- 마이크로폰의 충격이나 손상이 의심스러울 경우에는 주파수 응답을 추가적인 교정과 함께 교정되어야 한다. 그리고

- IEC Publication 651의 관련조항에 만족하는 것과 마찬가지로 전반적 시스템의 주파수 응답은 신호조절 예비증폭기(signal conditioning preamplifier), 회로망(networks)과 테이프레코드를 전부 포함하여 삽입전압기술(insert voltage technique)을 이용하여 결정해야 한다.

5.5.3. 기록 시스템이 사용될 경우에는 데이터 정리 시스템의 차후 교정을 위하여 주파수 응답 테이프로 녹음되어야 한다. 시스템의 동적범위(system dynamic range)와 암소음(background noise)을 점검하기 위하여 입력연결부를 단락시켜 최소 20초간 기록하여야 한다.

주 : 각각의 리일테이프는 교정테이프와 같이 같은 응답과 배경소음을 갖는다는

것이 강조되어야 한다 일련의 측정에 사용되는 리일은 같은 공정의 것이 바람직하다. 주파수 응답을 점검하기 위한 좋은 방법으로는 각각의 리일테이프의 처음과 끝에 전기적 교정신호에 필적하는 핑크노이즈(pink noise)를 기록하는 것이다.

역주: 핑크노이즈(pink noise): 화이트노이즈를 $-3\text{dB}/\text{Oct.}$ 의 저역통과필터에 통과시키면 핑크노이즈가 된다. (전자공학용어사전)

: a random noise whose spectrum level has a negative slope of 10decibels per decade(IEEE standard dictionary of electrical and electronics terms)

화이트노이즈(white noise): 주파수와 관계없이 일정한 연속스펙트럼레벨을 갖는 잡음. (전자공학용어사전)

: Noise, either random or impulsive type, that has a flat frequency spectrum at the frequency range of interest. This type of noise is used in the evaluation of systems on the theoretical basis and is produced for testing purposes by a white noise generator(IEEE standard dictionary of electrical and electronics terms)

5.5.4. 적절한 간격으로, 그리고 매일의 작업 직전과 직후에 전체적인 전기음향시스템(electro-acoustical system)의 응답은 250 Hz에서 1000 Hz의 범위의 알고 있는 주파수에서 알고 있는 음압을 발생시키는 음향 교정기로 점검해야 한다. 이 주파수는 옥타브 밴드의 중심주파수에 상당하는 주파수가 좋다. 음향교정기의 출력은 0.5 dB 이내로 알려져 있다. 교정은 지상에서 대기압 조건에서, 필요하면 압력수정을 하여 수행하여야 한다. 비행중 교정에 상당하는 것은 제조자의 자료를 이용하여 객실압력(cabin pressure)으로 수정되어야 한다.

5.6. 고유소음의 수정(Correction for inherent noise)

전기소음층(electrical noise floor)에 대해 측정값이 10dB이내인 항공기 소음의 음압레벨은 표에 따라 수정을 해야 한다.

소음차이가 3dB이내인 경우에는 결과를 기록하지 않는다.

비행기 실내의 소음레벨과 측정 장치의 고유소음과의 차, dB	항공기 내부소음의 판독 수정, dB
> 10	0
6에서 9	-1
4에서 5	-2
3	-3

6. 시험조건(Test conditions)

6.1. 소음측정은 규정된 요구사항에 따라 직선 수평비행조건에서 수행되어야 한다.

특히 안정상승과 하강에 대한 비행조건이 다른 특별한 목적에서는 추가적인 측정을 할 수 있다.

주: 스포츠용, 농업용 혹은 군용항공기의 경우, 정상작동조건이 항공기 운항의 적은 부분을 차지할 경우에는 여러가지 작동조건이 측정에 선택 사용되어야 한다. 측정의 목적이 소음노출(noise exposure)을 결정하기 위한 경우에는 측정은 항공기의 보통 작동조건에서 수행되어야 한다.

6.2. 항공기가 소용돌이나 빙속을 비행한 경우에는 측정을 해서는 안된다.

7. 항공기의 내부형상(Aircraft internal configuration)

7.1. 항공기의 내부는 전부 내장되어야 한다. 의자 등받침은 가능한한 세워진 상태에 있어야 한다.

압력조절장치와 공기조화장치는 통상의 정상작동모드로 작동되어야 한다. 소음조사는 모든 승객석의 배기구를 막은 상태에서 수행되어야 한다.

주: 승객의 열린 배기구의 수, 각 배기구의 열려있는 상태, 마이크로폰에 대한 배기구의 지시방향에 따라 내부소음레벨이 변한다. 확장장치는 작동하지 않는다.

7.2. 승무원실의 승무원 작업장 위치는 기록되어야 한다.

7.3. 측정기간동안의 승객실에서의 사람의 수는 최소한으로 하여야 한다.

마이크로폰의 음장에 중요한 영향을 미칠수 있는 위치에 사람이 있어서는 안되며 특히 마이크로폰에서 1m이내에는 앉거나 서있는 사람이 없어야 한다.

8. 마이크로폰의 위치(Microphone positions)

주: 항공기 내부소음은 위치에 따라 아주 많이 변한다. 그러므로 항공기 내부의 소음레벨의 분포가 적절하게 표현될 수 있도록 충분한 위치를 선정하여야 한다.

8.1. 측정 위치는 각 승무원의 위치가 포함되어야 한다. 승객실 측정에서 8.3 항에서 정의된 위치와 객실 승무원의 작업위치에서 수행되어야 한다.

앉아있는 위치와 서있는 위치가 모두 포함되어야 한다.

측정점의 정확한 위치는 계획서에 표시되어야 한다.

마이크로폰은 벽, 실내장식이나 화물 등과 0.15m 이상 떨어져야 한다.

마이크로폰은 수직위로 향하여야 한다.

8.2. 승무원실에서의 측정은 승무원 각각의 통상적인 귀의 위치에서 0.1m 이내와 모든 승객의 대화기록장치의 마이크로폰의 전방 0.1m 이내에서 수행되어야 한다.

주: 승무원이란 단좌식 항공기(single-seater aircraft)의 조종사를 포함한다.

착석위치에서의 마이크로폰의 높이는 의자의 평균위치에서 빈의자 기준레벨 위 0.65 ± 0.05 m 이어야 한다.

서있는 위치에서의 마이크로폰의 위치는 바닥에서부터 1.65 ± 0.10 m 에 있어야 한다.

8.3. 승객실에서 측정은 착석승객의 통상적인 머리위치에서 수행되어야 한다. 마이크로폰은 머리 받침대로부터 0.15 ± 0.02 m 거리의 의자중양선과 빈의자

기준레벨위의 0.65 ± 0.05 m 에 위치해야 한다. 의자의 숫자 혹은 벽으로 부터 거리와 동체 위치는 각 측정점에 대하여 각각 기록하여야 한다. 승객실에서의 측정위치의 분포는 의자배열에 좌우된다. 상업적인 아음속항공기의 경우 측정은 중앙통로나 혹은 가장 시끄러운 통로의 각 줄의 1좌석과 가장 시끄러운벽에 가까운 몇개의 좌석으로 제한할 수 있다.(예, 객실내에 10개의 좌석을 일정하게 분포)

주: 측정자가 마이크로폰을 들게되어 소음이 차폐되는 효과를 최소화 하기 위하여 휴대용 까치발로 의자 등받이에 붙이거나 팔걸이에 1m길이를 부착시켜 사용토록 한다. 예를들어 환사용 항공기와 같이 승객이 누워있는 위치에서의 마이크로폰은 빈 베개의 중간위에 0.2 ± 0.02 m 에 위치해야 한다.

8.4.동물운반을 위한 화물칸의 소음환경은 측정, 평가되어야 한다.

9. 데이터 기록(Data recording)

9.1. 각 시험조건에 대한 각 마이크로폰 위치에서의 소음계는 최소한 5초 이상으로 평균음압레벨을 3번 읽어야 한다. 읽은값의 평균값을 시험의 결과로서 보유하고, 총 데시벨에 가깝도록 완성시켜야 한다. 모니터가 목적인 경우에는 한번의 측정 수행으로 충분하다.

각 시험조건에 따른 각 마이크로폰 위치에서 기록장치에 의한 소음의 기록은 최소 15초 이상이어야 하고 가능하면 30초 이상으로 한다.[5.4.3항 참조]

주: 진동, 전자기 픽업이나 다른 유사영향에 의해 마이크로폰에 잘못된 신호가 생성되지 않도록 주의해야 동일한 비행조건에서 캡이 없는 마이크로폰으로 얻는 음향 신호보다 적어도 10dB 이내로 나타날 지 모를 모든 비음향적인 신호를 확실하게 구별하기 위하여 마이크로폰에 캡을 씌워서 모든신호를 확인하는것이 효과적이다. 이 캡은 상당히 무겁고 단단하고 마이크로폰을 잘 보호할 수 있어야 한다.

9.2. 소음의 변동이 심한 경우(예를들어 비트를 포함하고 있을 경우)에는 최소한 3개의 비트구간을 평균하여야 한다.

때때로 심한 피크는 그것이 주기적이 아닌 경우에는 무시될 수 있다.

주: 신호의 시간이력에 대한 완전한 정보는 응답특성이 시간가중특성F(time-weighting characteristic F)로 설정된 소음계와 유사하게 설정된 레벨레코더로 결정된다.

이 시간이력을 설명하는 특별한 수치는 다음과 같다.

- 장시간 유효 평균값
- 최대값과 최소값

9.3. 쉽게 들을 수 있는 순음성분 혹은 명백한 충격특성의 소음은 시험보고서에 추가적으로 기록하여야 한다.

9.4. 기록할 때마다 최소한 다음의 조종장치에 의한 비행자료는 기록되어야 한다.

- a) 압력고도
- b) 마하수/속도
- c) 엔진조건
- d) 외부의 대기온도
- e) 객실 압력차와 온도
- f) 객실 시스템의 작동모드
- g) 랜딩기어의 위치
- h) 플랩, 스포일러와 기타 내부소음에 영향이 있는 조종면
- i) 캐노피, 창 문, 속도브레이크 혹은 공기역학적으로 항공기내부소음에 영향을 줄수 있는 기타 장치

10. 시험보고서(Test report)

시험보고서는 다음사항을 포함해야 한다.

- a) 측정장비와 교정
- b) 시험조건

- c) 항공기의 내부형상
- d) 마이크로폰의 위치
- e) 데이터 기록
- f) 수정된 옥타브밴드압력레벨과 A값이 보정된 음압레벨
- g) 항공기의 형식과 형상
- h) 측정의 정확성 확보에 대한 기술, 예를들어 신뢰성 있는 구간의 사용

등

Æ 5-1. ISO 1999 Acoustics-Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment

1. Scope
2. Normative References
3. Definition
 - 3.1. Sound pressure level, L_p
 - 3.2. A-weighted sound pressure level, L_{pA}
 - 3.3. A-weighted sound exposure, EA, T
 - 3.4. Daily A-weighted sound exposure, EA, D
 - 3.5. Equivalent continuous A-weighted sound pressure level, $L_{Aeq, T}$
 - 3.6. Noise exposure level normalized to a nominal 8 h working day
 - 3.7. Hearing impairment
 - 3.8. Hearing handicap
 - 3.9. Fence
 - 3.10. Hearing handicap
 - 3.11. Hearing threshold level associated with age and noise
 - 3.12. Noise induced permanent threshold shift
 - 3.13. Hearing threshold level associated with age
 - 3.14. Impulsive noise
4. Description and measurement of exposure to noise
 - 4.1. General
 - 4.2. Instrumentation
 - 4.3. Microphon positions
 - 4.4. Measurement
5. Prediction of the effects of noise on hearing threshold
 - 5.1. Hearing threshold level of a noise-exposed population
 - 5.2. Data bases for hearing threshold levels associated with age
 - 5.3. Calculation of noise-induced permanent threshold shift, N
6. Assessment of noise-induced hearing impairment and handicap
 - 6.1. Hearing impairment
 - 6.2. Hearing handicap
 - 6.3. Risk of hearing handicap

Æ 5-2 ISO 2204 Acoustics-Guide to International Standards on the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on human beings

1. Scope and field of application
2. Classification of noise problems
3. Classification of different types of noise
 - 3.1. Frequency spectrum
 - 3.1.1. Continuous spectrum
 - 3.1.2. Spectrum with audible discrete tones
 - 3.2. Dependence on time
 - 3.2.1. Steady noise
 - 3.2.2. Non-steady noise
 - 3.3. Character of sound field
 - 3.3.1. Free field
 - 3.3.2. Reverberant field
 - 3.3.3. Semi-reverberant field
 - 3.3.4. Hemispherically divergent field
4. Physical measurements of noise
 - 4.1. Noise problems of 2.1.1
 - 4.2. Noise problems of 2.1.2
5. Evaluation of the effects of noise on human beings
 - 5.1. Quantities to be determined
 - 5.2. Methods of determination of the effects
 - 5.3. Methods for relating physical properties of noise to an approximate measure of subjective effects
 - 5.4. Assessment of occupational noise for hearing conservation purposes
 - 5.5. General remarks on evaluation procedures

Æ 5-3 IEC Publication 225, Octave, half-octave and third-octave
band filters intended for the analysis of sounds and vibrations

Foreword

Preface

1. Scope

2. Object

3. Pass-bands

4. Terminating impedances

5. Maximum permissible voltage

6. Bandwidth, attenuation and selectivity

6.1. Effective bandwidth

6.2. Attenuation in the pass-band

6.3. Attenuation outside the pass-band

6.4. Over-all tolerances

7. Non-linearity distortion(harmonic distortion)

8. Effect of battery voltage

9. Influence of magnetic and electrostatic fields

10. Influence of vibration and ambient sound fields

11. Influence of temperature

12. Influence of humidity

Table I : Frequencies conforming with ISO Publication R266

Table II: Variation Δ of the attenuation, with respect to the nominal
insertion loss

Æ 5-4 IEC Publication 651, sound level meters

1. Scope
 2. Object and general requirements
 - 2.1. Object
 - 2.2. Applications
 - 2.3. Weighting characteristics
 - 2.4. Optional features
 - 2.5. Method of use
 3. Definitions
 4. General characteristics
 5. Directional characteristics of the microphone and instrument case
 6. Frequency weighting and amplifier characteristics
 7. Detector and indicator characteristics
 8. Sensitivity to various environments
 9. Calibration and verification of the basic characteristics of the sound level meter
 10. Provision for use with auxiliary equipment
 11. Rating information and instruction manual
- Appendix A : Tests of the overload and detection characteristics
- A1. Rectangular pulse test
 - A2. Tone burst test
- Appendix B : diffuse field sensitivity
- Appendix C : theoretical response to tone bursts
- Appendix D : equations for design-goal frequency weightings

제 6 장 결론

개발 항공기를 인증하기 위해서는 감항성과 안전성을 증명할 수 있는 관련 기술기준이 확립되어야 하는데 이러한 기술기준은 법에 의한 기준에서부터 실제 작업현장에서 사용하는 규격기준까지 적용단계별로 그 종류가 많으므로 실제 적용시에는 어떠한 순서로 선택되어야 하는지가 정해져 있어야 한다. 기술기준은 품질인증 기준과의 합치성을 검사하는데 사용되고, 또한 항공기 설계자와 제조자가 그들의 모든 활동 및 생산품이 품질인증 기준에 만족한다는 것을 입증하는데 사용된다. 또한 품목, 장비 및 재료에 대한 선정, 응용, 그리고 설계 기준에 대한 요구사항을 수립하는데 사용된다. 본 연구에서는 국내의 항공기 감항성증명에 사용할 수 있기 위한 세부적인 기술기준을 확립하기 위하여 항공기 계통의 안전성 평가 기준, 항공전자 기술기준, 항공기용 복합재료 기술기준, 그리고 항공기 실내 소음 기준이 확립되었다.

참고문헌

1. 交通部, “항공기 항행의 안전을 확보하기 위한 기술상의 기준”, 蘆海出版社, 1994.
2. “KS 總覽”, 韓國標準協會, 1994.
3. ATA, “ATA Specification 100-Specification for Manufacturer’s Technical Data”, Air Transport Association, 1993. 3.
4. E.T. Raymond, “Aircraft Flight Control Actuation System Design”, SAE, Inc., 1993.
5. Code of Federal Regulations, Title 14, Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes, Part 25, 1993
6. Frank T. Traceski, “Specifications & Standards for Plastics & Composites”, ASM International, 1990.
7. “JIS 總目錄”, 日本規格協會, 1992.
8. Ray Tricker, “Defense Electronics, Standards and Quality Assurance”, Butterworth Heinemann, 1991.
9. SD-8, “An Overview of the Defense Standardization and Specification Program(DSSP)”, US DOD, 1983. 5.
10. US DOD, “DODISS”, IHS, 1994.
11. ISO 1999, Acoustics - Assessment of occupational noise exposure for hearing conversation purpose
12. ISO 2204, Acoustics - Guide to international Standards on the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on human beings

13. Federal Aviation Administration, Composite Aircraft Structure, Advisory Circular 20-107A, 1984
14. Federal Aviation Administration, Quality Control for the Manufacture of Composite Structures, Advisory Circular 21-26, 1989
15. MIL-HDBK-17-1D, Polymer Matrix Composites, Vol.1 Guidelines (1994).
16. Defense Standardization and Specification Program, Standardization Directory, SD-1
17. Federal Aviation Administration, Damage-Tolerance and Fatigue Evaluation of Structure, Advisory Circular 25.571-1 (1978).
18. Soderquist, J. R., "Certification of Civil Composite Aircraft Structure", SAE 811061, October 5-8, 1981, Aerospace Congress & Exposition, Anaheim, California
19. MIL-HDBK-793, "NDT Techniques for Structural Composites", (1989).

여 백

부

부

여 백

부록 I

항공전자관련 단체규격 제정기관

1. 미국

- AGMA American Gear Manufacturers Association, Inc.
1500 King St.
Suite 201
Alexandria, VA 22314
Tel : 703-684-0211
Fax : 703-684-0242
- AIAA American Institute of Aeronautics and Astronautics
370 L'Enfant Promenade S.W.
Washington D.C. 20024-2518
Tel : 202-646-7508
Fax : 202-646-7508
- ARINC Aeronautical Radio, Inc.
ARINC Document Section, M/S S-123
2551 Riva Road
Annapolis MD 21401-7465
Tel : 410-266-4117
Fax : 410-266-2047
- ASA Acoustical Society of America
335 East 45th Street
New York, NY 10017
Tel : 212-661-9404
Fax : 212-949-0473
- ASQC American Society for Quality Control
310 West Wisconsin Avenue
Milwaukee, WI 53203
Tel : 414-272-8575
Fax : 414-272-1734
- ATA Air Transport Association of America
1301 Pennsylvania Avenue NW
Suite 1100
Washington, D.C. 2004-1707
Tel : 202-626-4000
Fax :
- EIA Electronic Industries Association
2001 Pennsylvania Avenue, N.W.

Washington, D.C. 20006
Tel : 202-457-4900
Fax : 202-457-4985

- IEC International Electrotechnical Commission
- IEEE Institute Electrical and Electronics
Engineers, Inc.
445 Hoes Lane
P.O. Box 1331
Piscataway, NJ 08855-1331
Tel : 908-562-3800
Fax : 908-981-9667
- IPC The Institute for Interconnecting and
Packaging Electronic Circuits
7380 North Lincoln Avenue
Lincolnwood, IL 60646
Tel : 708-677-2850
Fax : 708-677-9570
- ISA Instrument Society of America
P.O. Box 12277
Research Triangle Park, NC 27709
Tel : 919-549-8411
Fax : 919-549-8288
- NAS National Standards Association
1200 Quince Orchard Boulevard
Gaithersburg, MD 20878
- NASA National Aeronautics and Space
Administration
SR & QA Division
Washington, D.C. 20546
- RTCA Radio Technical Commission for Aeronautics, INC
1140 Connecticut Avenue,
Suite 1020
Washington, D.C. 20036-4001
Tel : 202-833-9339
Fax : 202-833-9434
- SAE Society of Automotive
Engineers, Inc.
400 Commonwealth Drive
Warrendale, PA 15096
Tel : 412-776-4841
Fax : 412-776-5760
- UL Underwriters Laboratories, Inc.

333 Pfingsten Road
Northbrook, IL 60062
Tel : 708-272-8800
Fax : 708-272-81292

2. 유럽지역

- AFNOR French Association for Standardization
(Association Francaise de Normalisation)
Tour Europe, Cedex 7
92080 Paris La Defense
Paris, France
- BSI British Standards Institute
2 Park Street
London W1A2BS, U.K.
- DIN Deutsches Institute fur Normung
(German Standards)
Beuth Verlag GmbH
D-1000 Berlin 30
- EUROCAE European Organization for Civil
Aviation Electronics
17 Rue Hamelin
Paris Cedex 75783 France
- ISO International Organization for Standardization
1 rue de Varembe
1211 Geneva 20, Switzerland
Tel : (022) 749 01 11
Fax : 41 22 733 34 30

부록 II

복합재료관련 미국의 군사기준

규격번호	제 목
MIL-C-3955C	Cans, Composite, Spirally Wound
MIL-C-4150J	Cases, Transit And Storage, Waterproof And Water-Vaporproof
MIL-I-7171D	Insulation Blanket, Thermal-Acoustical
MIL-S-7998A	Sandwich Construction Core Material, Balsa Wood
MIL-P-9400C	Plastic Laminate And Sandwich Construction Parts assembly, Aircraft Structural, Process Specification Requirements
MIL-C-9660A	Cables: Composite Telephone And Television (16 Awg, Video Pair-Polyethylene Insulated And 19 Awg, Paper-Or-Pulp Insulated, Lead Covered, And Tape Armored)
MIL-S-13352A	Sight Units: M34 Series
MIL-L-14465C	Lights, Composite, Vehicular (Metric)
MIL-P-17171E	Plastic, Laminate, Decorative, High Pressure
MIL-D-17951E	Deck Covering, Lightweight, Nonslip, Abrasive Particl Coated Fabric, Film, Or Composite, And Sealing Compound
MIL-G-22529/1	Grommet, Composite, Edging
DOD-F-24610	Fixant, Hold Down
MIL-E-24635A	Enamel, Silicone Alkyd Copolymer
MIL-A-24699	Acoustical Transmission Loss Barrier Material
MIL-C-24706	Coupling, Pipe, Heat-Recoverable
MIL-T-24735/1	Transmitter, Analog, Fiber Optic, Shipboard, 0.5 TO 60 MHZ (0.5 DB PASSBAND) (METRIC)
MIL-R-24737/1	Receiver, Light Signal, Analog, Fiber Optic, Shipboard, .5 To 60 Mhz (0.5 Db Passband) (Metric)
MIL-B-24781	Batterboard System, Synthetic
MIL-C-26074E	Coatings, Electroless Nickel Requirements For
MIL-W-28581B	Wardrobes: Clothing, Composite Wood And Metal
MIL-C-29137A	Cloth, Felt-Fabric Composite, Undercollar
MIL-A-29505	Antenna Group, Tacan, Oe-273(V)/Urn
MIL-T-29586	Thermosetting Polymer Matrix, Unidirectional Carbon Fiber Reinforced Prepreg Tape (Widths Up To 60 In), General Specification For

규격번호	제 목
MIL-T-29586/1	Thermosetting Polymer (Epoxy) Matrix, 350 Deg.
	F(177 Deg. C) Cure, Intermediate Modulus Carbon Fiber Reinforced Prepreg Tape, (Widths Up To 60 Inches)
MIL-C-29600	Connectors, Electrical, Circular, Miniature, Composite, High Density,, Environment Resistant, Removable Crimp Contacts, Associated
	Hardware General Specification For
MIL-C-40058A	Cabinets, Storage, Preservation And Packaging Equipment
MIL-P-43772A	Panel, Type Ii Modular Platform, Airdrop
MIL-R-44123B	Rope, Fibrous, Double-Braided, Nylon/Polyester Composite
MIL-C-44154B	Cloth, Insulation, Multiple Layer Composite, Quilted, Flame Resistant
MIL-L-45973A	Liner Material, Greaseproof
MIL-A-46103D	Armor: Lightweight, Ceramic-Faced Composites
MIL-A-46165	Armor: Woven Glass Roving Fabrics
MIL-A-46166	Armor: Glass Reinforced Plastic Laminates
MIL-P-46187	Prepreg, Unidirectional Tape, Carbon (Graphite) Fiber Polyimide (Pmr-15)Resin Impregnated, 316 Deg. C (600 Deg. F)
MIL-P-46190	Prepregs, Woven Fabric, Carbon Fiber 316 Deg. C (600 DEG. Bmi Resin Impregnated
MIL-C-47224B	Compound, Molding, Transfer, Epoxy Resin, Single-Component
MIL-C-55302/19D	Connectors, Printed Circuit Subassembly And Accessories : Plug, Pin ContactsRight-Angle, 41 Composite Contact For Printed Wiring Boards (.150 Spacing)
MIL-C-62419	Composite Materials For Military Vehicles
MIL-A-62473B	Armor: Aluminum-Aramid, Laminate-Composite
MIL-L-62474B	Laminate: Aramid-Fabric-Reinforced, Plastic
MIL-P-62680	Powder, Nickel-Chromium/Aluminum Composite
MIL-L-64154	Laminate: Fiberglass-Fabric-Reinforced, Phenolic

규격번호	제 목
MIL-F-64156	Fabric, Carbon (Graphite) Fiber, Nickel-Coated
MIL-P-70762 (1)	Propellant, Composite, Cast, For Use In Simulator,
MIL-F-81526B	Film-Tape, Semiautomatic Test
MIL-T-81571 (1)	Thermal Protective System, Aircraft Cockpit: General Spec
MIL-I-81765/7	Insulating Components, Molded, Fluoropolymer Composite,
	Semi-Rigid, Electrical, Heat Shrinkable Crosslinked
MIL-B-81820F	Bearings, Plain, Self-Aligning, Self-Lubricating,
	Low Speed Oscillation, General Specification For
MIL-P-83405	Propellant, Composite Adc-109
DOD-E-83578A	Explosive Ordnance For Space Vehicles,
MIL-P-83927B	Power Supplies, Guided Missile Launchers, Single
	Types Pp-2401B/A, Pp-2401C/A, Pp-2401D/A, Pp-4285/A,
	Pp-4286/A, And Composite Type Pp-4506/A And Ps-10373C
MIL-C-85049A	Connector Accessories, Electrical
MIL-I-85370	Iron Oxide, (Monohydrate) Yellow
MIL-R-85509	Recording Group, Video Signal Oa-8962/Ash
MIL-P-85548B	Propellant, Composite, Cast, N-60
MIL-B-85560	Bearings, Fiber, Reinforced Plastic, Sleeve, Plain
	And Flanged, Self-Lubricating
MIL-A-85705A	Adhesive, Aircraft, For Structural Repair
MIL-P-85856/26	Powder Materials For Flame And Plasma Sprayed Coatings
	Composite, Type I, Class 2, Composition
MIL-P-87089	Pallets, Material Handling, Molded Wood Particles
MIL-R-87259	Repair Set, Aircraft A/E24M-41
MIL-STD-373	Transverse Tensile Properties Of Unidirectional
	Fiber/Resin Composite Cylinders
MIL-STD-374	Transverse Compressive Properties Of Unidirectional
	Fiber/Resin Composite Cylinders
MIL-STD-375	In-Plane Shear Properties Of Unidirectional
	Fiber/Resin Composite Cylinders
MIL-STD-662E	V50 Ballistic Test For Armor
MIL-STD-1944	Polymer Matrix Composites

규격번호	제 목
MIL-STD-2031	Fire And Toxicity Test Methods And Qualification Procedure For Composite Material Systems Used In Hull, Machinery, And Structural Applications
MIL-HDBK-17A PT II	Plastics For Aerospace Vehicles Transparent Glazing Materials
MIL-HDBK-17-1C	Polymer Matrix Composites Volume I. Guidelines
MIL-HDBK-17-3C	Polymer Matrix Composites Volume III. Utilization Of Data
MIL-HDBK-339	Custom Large Scale Integrated Circuit Development And Acquisition For Space Vehicles
DOD-HDBK-343	Design, Construction, And Testing Requirements For One Of A Kind Space Equipment
MIL-HDBK-731	Nondestructive Testing Methods Of Composite Materials - Thermography
MIL-HDBK-732A	Nondestructive Testing Methods Of Composite Materials Acoustic Emission
MIL-HDBK-733	Nondestructive Testing Methods Of Composite Materials - Radiography
MIL-HDBK-787	Nondestructive Testing Methods Of Composite Materials -Ultrasonic
MIL-HDBK-1002/6	Aluminum Structures, Composite Structures, Structural Plastics, And Fiber-Reinforced Composites

부록 III

음향관련 국제규격 목록(ISO,IEC)

1. ISO/R 31/Part VII, Quantities and units of acoustics.
2. ISO/R 131, Expression of the physical and subjective magnitudes of sound or noise.
3. ISO/R 140, Field and laboratory measurements of airborne and impact transmission.
4. ISO/R 226, Preferred frequencies for acoustical measurement.
5. ISO/R 226, Normal equal-loudness contours for pure tones and normal threshold of hearing under free field listening conditions.
6. ISO/R 354, Measurement of absorption coefficients in a reverberation room.
7. ISO/R 357, Expression of the power and intensity level by sound or noise
8. ISO/R 362, Measurement of noise emitted by vehicles.
9. ISO/R 454, Relation between sound pressure levels of narrow bands of noise in a diffuse field and in a frontally incident free field for equal loudness.
10. ISO/R 495, General requirements for the preparation of test codes for measuring the noise emitted by machines.
11. ISO/R 507, Procedure for describing aircraft noise around an airport (2nd edition, 1970).
12. ISO/R 532, Method for calculating loudness level.
13. ISO/R 717, Rating of sound insulation for dwellings.

14. ISO/R 1680, Test code for the measurement of the airborne noise emitted by rotating electrical machinery.
15. ISO/R 1683, Preferred reference quantities for acoustical levels.
16. ISO/R 1761, Monitoring aircraft noise around an airport.
17. ISO 1996/1, Acoustics-Description and measurement of environmental noise - Part I : Basic quantities and procedure.
18. ISO 1999, Acoustics-Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes.
19. ISO/R 2151, Measurement of airborne sound emitted by compressors intended for outdoor use.
20. ISO 2249, Description and measurement of physical properties of sonic booms.
21. ISO 2880, Acoustics-Determination of sound power emitted by small noise sources in reverberation rooms-Part I : Broad-band sound sources. (At present at the stage of draft)
22. ISO 2631, Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration.
23. ISO 2922, Measurement of noise emitted by vessels on inland water-ways and harbours.
24. ISO 2923, Measurement of noise on board vessels.
25. ISO 2946, Acoustics-Determination of sounds power emitted by small noise sources in reverberation rooms-Part II : Discrete-frequency and narrow-band sound sources. (At present at the stage of draft)
26. ISO 3095, Measurement of noise emitted by railbound vehicles.
27. ISO/TR 3352, Acoustics - Assessment of noise with respect to its effect on intelligibility of speech.
28. ISO 3381, Acoustics - Measurement of noise inside railbound vehicles.

29. ISO 3382, Measurement of reverberation time in auditoria.
30. ISO 3481, Acoustics - Measurement of airborne noise emitted by pneumatic tools and machines - Engineering method for determination of sound power levels.1)
31. ISO 3740, Guidelines for the use of basic standards and for the preparation of noise test codes.
32. ISO 3741, Precision methods for broad-band sources in reverberation rooms.
33. ISO 3742, Precision methods for discrete-frequency and narrow-band sources in reverberation rooms.
34. ISO 3743, Engineering methods for special reverberation test rooms.
35. ISO 3744, Engineering methods for free-field conditions over a reflecting plane.1)
36. ISO 3745, Precision methods for anechoic and semi-anechoic rooms.
37. ISO 3746, Survey method.
38. ISO 3891, Acoustics - Procedure for describing aircraft noise heard on the ground.
39. ISO 3989, Acoustics - Measurement of airborne noise emitted by compressor units including primemovers - Engineering method for determination of sound power levels.1)
40. IEC 50, International electrotechnical vocabulary electro-acoustics.
41. IEC 90 - Dimensions of plugs for hearing aids.
42. IEC 118 - Hearing aids.
43. IEC 118-0(1983) Part 0 : Measurement of electroacoustical characteristics.
44. IEC 118-1(1983) Part 1 : Hearing aids with induction pick-up coil

1) At present at the stage of draft.

input.

45. IEC 118-2(1983) Part 2 : Hearing aids with automatic gain control circuits.

46. IEC 118-3(1983) Part 3 : Hearing aid equipment not entirely worn on the listener.

47. IEC 118-4(1981) Part 4 : Magnetic field strength in audiofrequency induction loops for hearing aid purposes.

48. IEC 118-5(1983) Part 5 : Nipples for insert earphones.

49. IEC 118-6(1984) Part 6 : Characteristics of electrical input circuits for hearing aids.

50. IEC 118-7(1983) Part 7 : Measurement of the performance characteristics of hearing aids for quality inspection for delivery purposes.

51. IEC 118-8(1983) Part 8 : Methods of measurement of performance characteristics of hearing aids under simulated inside working condition

52. IEC 118-9(1985) Part 9 : Methods of measurement of characteristics of hearing aids with bone vibrator output.

53. IEC 118-10(1986) Part10 : Guide to hearing aid standards.

54. IEC 118-11(1983) Part11 : Symbols and other markings on hearing aids and related equipment.

55. IEC 123, Recommendations for sound level meters.

56. IEC 126(1973) IEC reference coupler for the measurement of hearing aids using earphones coupled to the ear by means of ear inserts.

57. IEC 179, Precision sound level meters.

58. IEC 225(1966) Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sounds and vibrations.

59. IEC 263(1982) Scales and sizes for plotting frequency characteristics and polar diagrams.
60. IEC 303(1970) IEC provisional reference coupler for the calibration of earphones used on audiometry.
61. IEC 318(1970) An IEC artificial ear, of the wideband type, for the calibration of earphones used in audiometry.
62. IEC 327(1971) Precision method for pressure calibration of one-inch standard condenser microphones by the reciprocity technique.
63. IEC 373(1990) Mechanical coupler for measurements on bone vibrations.
64. IEC 402(1972) Simplified method for pressure calibration of one-inch condenser microphones by the reciprocity technique.
65. IEC 486(1974) Precision method for free-field calibration of one-inch standard condenser microphones by the reciprocity technique.
66. IEC 537, Frequency weighting for the measurement of aircraft noise (D-weighting).
67. IEC 561(1976) Electro-acoustical measuring equipment for aircraft noise certification.
68. IEC 645(1979) Audiometers.
69. IEC 645-1(1992) Part 1 : Pure-tone audionierers.
70. IEC 645-2(1993) Part 2 : Equipment for speech audiometry
71. IEC 651(1979) Sound level meters.
72. IEC 655(1979) Values for the difference between free-field and pressure sensitivity levels for one-inch standard condenser microphones.
73. IEC 711(1981) Occluded-ear simulator for the measurement of carphones coupled to the ear by ear inserts.
74. IEC 804(1985) Integrating-averaging sound level meters.

1) At present at the stage of draft.

75. IEC 942(1988) Sound calibrators.
76. IEC 959(1990) Provisional head and torso simulator for acoustic measurements on air conduction hearing aids.
77. IEC 1012(1990) Filters for the measurement of audible sound in the presence of ultrasound.
78. IEC 1027(1991) Instruments for the measurement of aural acoustic impedance/admittance.
79. IEC 1094 : - Measurement microphones.
80. IEC 1094-1(1992) Part 1 : Specifications for laboratory standard Microphones.
81. IEC 1094-2(1992) Part 2 : Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique.
82. IEC 1252(1993) Electroacoustics - Specifications for personal sound exposure meters.

* ISO(International Organization for Standardization; 국제표준화기구)

* IEC(International Electrotechnical Commission; 국제전기표준회의)