



10

검사원리

Inspection Fundamentals

- 10.1 기본적 검사기법 및 실시
- 10.2 준비
- 10.3 항공기 일지
- 10.4 점검항목표
- 10.5 항공기술정보 간행물과 매뉴얼
- 10.6 일상검사/필수검사
- 10.7 항공기 계통 분류
- 10.8 특별검사
- 10.9 특별 비행 허가
- 10.10 비파괴검사
- 10.11 복합재료의 검사
- 10.12 용접 검사



검사원리 Inspection Fundamentals

10.1 기본적 검사기법 및 실시 (Basic Inspection Technics/Practices)

검사는 검사하는 항목의 상태가 일정 기준에 적합한지 확인하는 정비 행위를 말한다. 일반 육안 검사는 외부로 노출된 광범위한 부분을 개략적으로 육안 검사하는 것을 말한다. 상세 육안 검사는 구체적으로 정해진 특정 부분에 접근하여 집중적으로 육안 검사하는 것을 말한다. 전등을 이용하여 비정상 상태 또는 결함 흔적을 찾아내며, 필요에 따라 거울, 확대경 등의 보조 도구를 사용하기도 한다. 특수 상세 검사는 비파괴 검사와 같은 특수 작업이나 대용량 확대경 등 검사 장비의 사용이 요구되며, 경우에 따라서는 분해를 하기도 한다. 검사는 정비사, 조종사 또는 객실승무원에 의해 작성되는 보고서와 주기적인 계획에 따라, 항공기가 비행할 수 있는 최적 상태로 항상 유지되도록 체계적이고 반복적으로 수행한다. 정비 프로그램의 요체는 철저하고도 반복되는 이 검사체계이다. 일정한 규칙이 없고, 질서정연하지 않은 검사로는 고장이나 결함을 발견할 수 없고, 검사의 일부를 간단히 하거나 생략하면, 수리 시간이 크게 소요되는 결함으로 발전되어 항공기 정비 체계 전체의 비효율성과 결국에는 감항성에 영향을 주게 된다. 정기적 계획검사 및 예방정비가 감항성을 확보한다는 것은 증명되어 있는 사실이다. 만약, 과도한 마모나 사소한 결함을 조기에 발견하여 교정한다면 항공

기의 비행 중에 발생하는 결함이나 고장이 상당 부분 감소된다. 검사의 중요성과 검사기록의 활용에 의한 감항성 확보는 아무리 강조를 해도 지나친 것이 아니다. 기체와 엔진 검사는 비행 전 검사로부터 세부검사에 이르기까지 매우 다양하게 수행된다. 검사 일정 계획은 누적되는 비행시간, 비행사이클, 작동일수를 기준으로 한다. 검사주기는 항공기의 형식, 운용환경에 따라 다르다. 검사주기는 기체 및 엔진 제조회사의 지침을 반드시 참조하여야 한다. 규정된 주기에 따라 검사주기 종료 시점에 가까운 시기에 검사를 수행한다. 어떤 경우에는, 비행할 수 있는 시간이나 횟수를 제한하기도 한다. 시간적으로 작동한계가 정해져 있는 항공기 부품은 사용시간 한계 이내에 교환한다. 항공법은 항공기의 전반적인 상태를 판정할 목적으로, 일반적으로 항공기의 운용형식(감항유별)에 따라 규정된 시간 간격에 모든 민간 항공기를 검사하도록 규정하고 있다. 어떤 항공기는 적어도 매 12개월마다 검사를 받아야 하는 반면, 또 어떤 항공기에 대해서는 매 100 비행시간 후 검사를 받도록 요구하고 있다. 또 다른 예로, 항공기는 날짜 또는 비행시간을 경과하면 전반적인 항공기 검사를 위하여 설정된 검사체계에 따라 검사를 받게 되어 있다. 검사 수행을 위한 특정 검사 요구량과 규칙을 결정하려면 여러 가지 운용형식으로 되어 있는 항공기 검사 및 정비 요구량을 기술하고 있는 항공법에 의해 승인된 정비규정을 준수하여야 한다.

10.2 준비(Preparations)

검사를 시작하기 전에 검사할 부위의 모든 외형판((Plates), 접근창(Access Door), 페어링(Fairing) 및 방풍판(Cowling)을 열거나 탈거하고, 검사 부위 구조물이 깨끗한가를 확인한다. 검사 부위를 세척하기 전에 윤활유, 유압유 등 액체의 누설 여부를 확인한다. 철저한 검사를 수행하기 위해서 검사 대상 항공기의 기술도서, 각종 지침이나 정보를 검사를 실시하기 전에 검토한다. 항공일지(Flight & Maintenance Logbook)의 정비이력도 검토한다. 검사를 수행할 때는 항상 체크리스트를 사용하여 잊어버리거나 빠뜨리는 항목이 없는지를 확인한다. 기술도서, 검사지침이나 정보는 서면 또는 전자도서로 이용할 수 있어야 한다. 이러한 간행물은 항공기 제작회사와 엔진 제작회사, 장비품 제작회사 및 감항 당국이 제공한다.

10.3 항공기 일지(Aircraft Logs)

항공기 운항을 위해 항공기 운용 회사가 항공 감항 당국으로부터 발급받은 증명서를 운항증명서(Air Operator Certificate)라고 하며, 이를 소지한 회사는 항공 일지를 작성하여 보존해야 한다.

(1) 탑재용 항공일지(Flight & Maintenance Logbook)

항공기를 운항할 때에 반드시 탑재하여야 하며, 표지 및 경력표, 비행 및 주요 정비 일지, 정비 이월 기록부를 포함한다. 항공법적으로 탑재용 항공일지가 지상비치용 항공기체일지(Airframe logs)를 일부 포함하면서 지상비치용 장비품일지(Component

Log/Record)를 별도로 운영하고 있다.

(2) 지상 비치용 항공일지(Aircraft logs)

기체일지, 발동기일지(Engine Logs) 및 프로펠러일지(Propeller Logs)로 구분한다.

항공일지 크기는 회사별로 다르다. 비행시간이 많은 항공기는 여러 권의 항공일지를 가지게 되고 영구 보존해야 한다. 탑재용 항공일지는 항공기에 관한 모든 데이터가 기록되어 있다. 항공기 상태, 검사일자, 기체, 엔진, 그리고 프로펠러의 사용시간과 사이클이 기록된다. 항공기, 엔진, 장비품에서 발생된 모든 주요 정비이력을 반영하고, 감항성 개선 지시, 제작회사에서 발행하는 정비회보의 수행 사실이 기록된다. 검사는 감항성을 인정하는 인증문을 쓰고 서명하거나 검사인을 날인하여 완료한다. 이 인증 문구는 누가 그것을 읽든 확실하게 이해할 수 있도록 좋은 글씨체를 사용하고 쉽게 쓴다. 높은 품질의 항공일지는 항공기의 가치를 높인다.

10.4 점검항목표(Checklists)

검사를 수행하기 때 항상 체크리스트를 사용한다. 체크리스트는 항공기 운용자가 작성한 것이거나 제작 회사가 제공한 것 또는 다른 공급원에 의해 제공된 것일 수도 있지만, 다음 사항을 포함하고 있어야 한다.

10.4.1 동체부문(Fuselage and Hull Group)

- (1) 우포(Fabric)와 외피(skin): 퇴화(Deterioration), 뒤틀림(Distortion), 결함 징후, 체결기구(Fitting)



의 결합 또는 불안정한 부착 상태

- (2) 계통과 장비품: 장착 상태, 결합, 양호한 작동 상태
- (3) 공기주머니(Envelop gas bags), 평형용탱크(Ballast tank), 그리고 관련 부품 상태

10.4.2 기내부문(Cabin and Cockpit Group)

- (1) 일반적인 청결 상태, 기내용품(Loose equipments)의 고정상태
- (2) 좌석 및 안전벨트: 상태와 안전성(Security)
- (3) 창문과 방풍창(Window & Windshield): 퇴화, 파손 여부
- (4) 계기류: 장착 상태, 표기 상태, 그리고, 가능할 경우 작동상태
- (5) 비행조종장치와 엔진제어장치: 장착상태, 작동 상태
- (6) 축전지(Battery): 장착 상태, 충전 상태
- (7) 제 계통: 장착 상태, 외부적 결합, 장착부위 이완 여부

10.4.3 엔진과 그 격실 부문(Engine and Nacelle Group)

- (1) 엔진계통(Engine system): 오일, 연료 또는 유압유의 누설 여부 및 누설의 근원
- (2) 스터드(Stud) 및 너트(Nut): 토크(Torque) 값의 적정성, 분명한 결합
- (3) 엔진내부: 실린더 압축비, 실린더 내부 상태와 공차 점검, 배기가스온도, 압축기와 터빈 내부 상태, 스크린과 드레인 플러그(Drain Plug)에서 금속입자 등 이 물질존재 여부
- (4) 엔진 장착대(Engine mount): 균열, 장착상태

의 이완, 엔진과 장착대 사이 이완 여부

- (5) 방진구(Flexible vibration dampener): 장착 상태 및 퇴화 여부
- (6) 엔진제어(Engine control): 결합, 작동상태, 행정, 안전장치
- (7) 관(Line), 호스(Hose), 그리고 클램프(Clamp): 누설 여부
- (8) 배기통(Exhaust stack): 균열, 결합, 장착 상태
- (9) 액세서리(Accessory): 장착상태의 안전성
- (10) 전 계통: 장착상태, 일반적인 상태와 결합 여부
- (11) 방풍판(Cowling): 균열 및 결합 여부
- (12) 지상 시운전과 기능점검: 모든 동력장치의 조종장치와 계통의 정확한 반응, 모든 계기의 작동상태, 지시상태

10.4.4 착륙장치(Landing Gear Group)

- (1) 전 부품: 장착상태와 안전성
- (2) 완충장치: 작동유액(Oleo fluid)의 충전 수준(Level)
- (3) 연동장치, 버팀대(Truss), 구성부재(Members): 마모 상태, 피로, 뒤틀림
- (4) 작동 및 잠금 기계장치(Retracting & Locking Mechanism): 작동상태
- (5) 유압유 배관 및 호스: 누설 여부
- (6) 전기계통: 전선의 접촉손상(Chafing)과 스위치의 작동 상태
- (7) 바퀴(Wheel): 균열, 결합, 베어링 상태
- (8) 타이어: 마모 상태, 절단 상태
- (9) 제동장치(Brake): 적정한 조정
- (10) 부양기(Float)와 스키(Ski): 장착 상태, 결합 상태

10.4.5 날개 및 동체 중앙부(Wing and Center Section)

- (1) 모든 장비품: 장착 상태와 안전성
- (2) 우포(Fabric)와 외피: 퇴화, 뒤틀림, 결함 징후, 체결기구의 결함, 부착 상태
- (3) 내부구조(Internal structure): 스파, 리브, 압축재의 균열, 굴곡, 부착상태
- (4) 가동 면(Movable surface): 손상, 결함, 우포 또는 외피 부착 상태, 행정의 적정성
- (5) 조종 장치(Control mechanism): 움직임, 정합(Alignment), 장착 상태
- (6) 조종 강삭(Control cable): 장력, 절단, 마모, 페어리드와 도르래 등 경로 검사

10.4.6 후방 동체 부문(Empennage Group)

- (1) 고정 날개 표면: 손상, 결함, 패스너등 결함 부품의 풀림, 또는 장착상태
- (2) 가동조종면(Movable control surface): 손상, 결함, 패스너 등의 풀림, 외피의 비틀림
- (3) 우포 및 외피: 도피제(Coating)나 도색제(Paint)의 벗겨진 상태, 찢어진 곳, 절단, 결함, 뒤틀림, 퇴화

10.4.7 프로펠러(Propeller Group)

- (1) 프로펠러 장치(propeller assembly): 균열, 찌힘(nick), 구부러짐(bend), 오일 누설
- (2) 볼트: 조임치(torque value), 안전결선(safety wire) 상태
- (3) 방빙장치: 작동상태, 결함
- (4) 조종메커니즘(Control Mechanism): 작동상

태, 장착상태, 행정거리

10.4.8 통신 및 항법 장비

(Communication and Navigation Group)

- (1) 통신 라디오 및 전자 장비: 장착 및 작동 상태, 보안
- (2) 배선 과 배관: 경로의 적정성, 장착 안전성, 결함
- (3) 부품간접속선(bonding wire)과 전선의 차폐(shielded conductor): 장착 상태
- (4) 안테나: 장착상태, 작동점검

10.4.9 기타(Et Cetera)

- (1) 구급용구: 일반적인 상태와 보관의 적정성, 제작사 권고에 의한 검사
- (2) 낙하산: 제작사 권고에 의한 검사.
- (3) 자동비행시스템: 일반적인 상태, 장착의 안전성, 작동상태

10.5 항공기술정보 간행물과 매뉴얼 (Publications and Manual)

항공기술정보 간행물은 항공기와 관련 장비품의 작동과 정비에 있어서 항공정비사를 안내하는 정보의 원천이다. 이들의 적절한 이용으로 항공기의 효율적인 운영과 정비를 도모할 수 있다. 항공관계법령이나 규칙, 감항성 개선 지시(AD), 항공기 설계명세서, 엔진과 장비품 그리고 프로펠러 설계명세서, 제작회사의 정비회보(SB), 매뉴얼 등이 간행물이다.



10.5.1 제작회사의 정비회보

(Manufacturer's Service Bulletins/Instructions)

정비회보는 기체 제작사, 엔진 제작사, 그리고 장비품 제조사에서 발행하는 권고적인 기술지시이다. 운영 중인 항공기, 기관, 장비품의 신뢰성 향상을 목적으로 감항 당국의 승인 아래 발행하는 점검, 수리, 개조의 절차를 포함하는 기술 지시 문서이다. 이 지시에는(1) 발행 목적, (2) 대상 기체, 엔진, 장비품 (3) 서비스, 조정, 개조 또는 검사, 필요한 부품의 공급원, (4) 작업 소요 인시수(Manhour) 등이 기술되어 있다.

10.5.2 항공기 정비 매뉴얼

(Aircraft Maintenance Manual, AMM)

AMM은 항공기에 장착된 모든 계통과 장비품의 정비를 위한 사용 설명서를 포함하고 있다. 장착된 장비품과 부품, 계통이 장착되어 있는 오버홀을 제외한 정비할 내용이 기술되어 있다. AMM에는 다음 사항이 기술되어 있다.

- (1) 전기, 유압, 연료, 조종계통의 개요
- (2) 윤활 작업 주기, 윤활제등 사용 유체
- (3) 제 계통에 적용할 수 있는 압력, 전기 부하
- (4) 제 계통의 기능에 필요한 공차 및 조절 방법
- (5) 평형(Leveling), 수직부양(Jack-Up), 견인 방법
- (6) 조종익면의 균형(Balancing) 방법
- (7) 1차 구조재와 2차 구조재의 식별
- (8) 비행기의 운영에 필요한 검사 반도, 한계

(9) 적용되는 수리방법

(10) X-ray, 초음파탐상검사, 자분탐상검사를 요하는 검사 기법

(11) 특수공구 목록

10.5.3 오버홀 매뉴얼(Overhaul Manual, O/M)

O/M은 항공기에서 장탈된 장품이나 부품에 대해 수행하는 정상적인 수리작업을 포함하여, 서술적인 오버홀 작업 정보와 상세한 단계별 오버홀 지침이 기술되어 있다. 오버홀이 오히려 비경제적인 스위치, 계전기(Relay) 같은 간단하고 고가가 아닌 항목은 오버홀 매뉴얼에 포함되지 않는다.

10.5.4 구조수리매뉴얼

(Structural Repair Manual, SRM)

SRM은 1, 2차 구조물을 수리하기 위한 해당 구조물의 제작사 정보와 특별한 수리지침을 기술하고 있다. 외피, 프레임, 리브, 스트링거의 수리 방법이 기술되어 있다. 필요 자재, 대체 자재, 특이한 수리 기법도 제시되어 있다.

10.5.5 부품도해목록

(Illustrated Parts Catalog, IPC)

IPC는 분해 순서로서 구조와 장비품의 구성 부품 내역을 기술하고 있다. 또한 항공기제작사에 의해서 제작된 모든 부품과 장비품에 대한 분해조립도와 상세한 단면도가 제시되어 있다.

10.5.6 항공관계법 및 인증(Civil Aviation Law and Regulations, Maintenance Policy and Procedures Manual, Operations Manual)

항공관계법은 항공의 안전과 규율 있는 행위를 마련하기 위해, 항공인의 특권(privilege)과 한계(limitation)를 정한 법과 규칙, 규정이다. 항공기에서 수행되는 모든 업무는 항공관계법에 따라야 하기 때문에, 이에 대한 지식은 정비 수행에 대단히 중요한 것이다. 항공기 정비와 검사 프로그램도 이 항공 법규에 의한 감항 당국의 승인 사항이다.

10.5.7 감항성 개선 명령 (Airworthiness Directives, AD)

감항 당국의 일차적인 안전 기능은 항공기, 엔진, 프로펠러에서 발견되는 불안정한 상태의 수정과 그러한 상황이 존재할 때 동일한 설계의 다른 항공기에도 존재하거나 전개될 것에 대비하여 필요한 조치를 요구하는 것이다. 불안정한 상태는 설계결함, 정비, 또는 다른 원인 때문에 존재하게 된다. AD는 필요한 수정 행위를 요구하는 감항 당국의 행정 명령이다. 항공기 제작 회사의 감항 당국 및 항공기 운용 회사의 항공 감항 당국 등이 발행하는 문서로, 위험 요소가 발견된 항공기, 기관, 장비품의 계속사용을 위하여 필요한 점검 및 조치, 운용상의 제한 조건 등을 포함하는 강제성 기술 지시 문서를 말한다.

AD는 항공기의 소유자를 포함하여 불안정한 상황과 관련이 있는 인원에게 정보를 주고, 항공기가 계속 운항할 수 있는 필요한 조치 사항을 규정하고

있다. AD는 법적으로 특별한 면제가 되는 경우를 제외하고 따라야 하므로 2가지 범주로 구분되는데, (1) 접수 즉시 곧바로 긴급 수행을 요구하는 위급한 것과 (2) 일정기간 내에 수행을 요하는 긴급한 것이 있다.

AD는 일회 수행으로 종료되는 것과 일정 주기로 반복적으로 검사를 수행하는 것이 있다. AD의 내용은 항공기, 엔진, 프로펠러, 기기의 형식과 일련번호가 기술되어 있다. 또한, 수행 시기, 기간, 개요, 수행절차, 수행방법이 기술된다.

10.5.8 형식증명서 (Type Certificate Data Sheets, TC)

TC는 형식설계를 기술하고 적용된 법적 제한 사항이 기술되어 있다. 특정 모델 항공기의 제한 사항과 정보를 담고 있다. 형식증명에 대한 자세한 사항은 본서의 항공관계법의 장에 자세히 기술되어 있다. 항공정비사가 TC에서 얻을 수 있는 정보는 개략적으로 다음과 같다.

- (1) 형식증명 항공기에 사용된 모든 엔진의 모델
- (2) 최소 연료 등급
- (3) 매니폴드압력, 회전수, 마력 등 엔진 최대연속 정격, 이륙정격
- (4) 프로펠러 제작사, 모델, 사용한계, 프로펠러와 프로펠러 · 엔진(Propeller-engine)의 운용한계 및 제한 사항
- (5) 대기속도(Airspeed)
- (6) 최대탑재하중 상태에서 무게중심과 그 위치범위를 표기하고, 감항유별이 수송(T)인 항공기는 날



개의 평균공력시위(MAC, Mean Aerodynamic Chord)의 백분율(%)로 표기한다.

- (7) 자중무게중심(Empty weight center of gravity) 범위
- (8) 기준점의 위치
- (9) 평형정보(Leveling means)
- (10) 최대중량(Maximum weight)
- (11) 좌석 수와 모멘트, 거리(Arm)
- (12) 오일과 연료탑재량
- (13) 조종날개면의 움직임
- (14) 검사에 필요한 장비
- (15) 형식증명을 위한 필요한 추가적 특별한 장비
- (16) 필요한 플래카드 자료

10.6. 일상검사/필수검사 (Routine/Required Inspections)

민간항공기의 조종사는 항공기가 안전한 비행을 위한 상태 판정을 위한 책임을 진다. 그러므로 항공기는 매 비행 전에 정비사와 조종사에 의해 점검이 이루어진다. 반면에 항공기 형식과 운용환경에 따라 정기검사 주기가 있고 이 주기 이내에 항공기 전체 검사를 하기도 한다. 검사란, 항공기의 기체 구조 및 장착된 모든 부품, 장비품의 상태와 기능이 정상인지를 확인하는 정비 행위를 말하며, 점검과 유사한 의미로 사용된다. 그리고 비행 전 또는 비행 후에 항공기 운항을 목적으로 수행되는 점검, 액체 및 기체류의 보급, 비행을 할 때에 발생한 결함 교정 등과 같이 기본적으로 수행하는 정비 행위를 기본 점검 또는 운항 정비라고 한다.

10.6.1 비행 전/후 검사 (Preflight/Post-Flight Inspections)

조종사(pilot)는 항공기를 운항할 때 POH(Pilot's Operating Handbook)의 체크리스트에 따라야 한다. 첫 번째 부분이 비행전 검사이다. 이 체크리스트는 조종사가 항공기 주위를 걸어서 육안에 의해 항공기의 일반적 상태를 검사하는, 일명 "Work-around" 점검을 포함한다. 조종사는 비행에 필요한 연료, 오일 등이 적정한지를 확인해야 한다. 감항성 유지 여부를 확인을 위해 탑재되어 있는 감항성 관련 증명서 확인과, 항공일지의 정비기록도 검토한다. 또한 매 비행을 완료한 후에는 운항 중 발생한 고장이나 결함 등을 정비사에게 제공하여 비행 후 점검에서 다음 비행 준비를 위한 수리나 보급 작업이 이루어지도록 해야 한다. 다음은 경항공기의 비행전 검사 내용이다.

- (1) 조종실
 - ① 마그네토 스위치(Magnetos switch)를 차단하여 기관의 정지 상태를 점검한다.
 - ② 마스터 스위치를 켜서 조종실의 각종 계기 상태와 조종 장치의 트림상태를 확인한다.
 - ③ 연료량을 확인한다.
 - ④ 인터폰 스위치를 켜서 무선 통신 장치와 기내 방송 상태를 확인한다.
- (2) 꼬리 날개 부분
 - ① 수평 꼬리 날개 안정판의 장착 상태와 손상을 점검한다.
 - ② 승강기의 장착 상태와 힌지, 핀, 케이블 상태

- ③ 수직 꼬리 날개 안정판의 장착 상태와 손상을 점검한다.
- ④ 방향키의 장착 상태와 힌지, 핀, 케이블 상태를 점검한다.
- ⑤ 항법등 및 수신기의 장착 상태를 점검한다.
- (3) 우측 날개
 - ① 도움날개 및 플랩의 장착 상태와 힌지, 핀, 케이블 상태를 점검한다.
 - ② 날개, 끝단 부분과 날개 앞전의 손상을 점검한다.
- ③ 피토관 등 먼지 덮개의 제거를 확인한다.
- (4) 연료 탱크 및 드레인 라인
 - ① 연료 탱크의 외관 상태를 점검한다.
 - ② 연료 드레인 라인의 상태를 점검한다.
- (5) 기수
 - ① 엔진 방풍판의 장착 상태를 점검한다.
 - ② 방풍창(Windshield)의 균열 및 청소 상태를 확인한다.
 - ③ 프로펠러의 장착 상태 및 균열을 점검한다.

Appendix D to Part 43—Scope and Detail of Items (as Applicable to the Particular Aircraft) To Be Included in Annual and 100-Hour Inspections

- (a) Each person performing an annual or 100-hour inspection shall, before that inspection, remove or open all necessary inspection plates, access doors, fairing, and cowling. He shall thoroughly clean the aircraft and aircraft engine.
- (b) Each person performing an annual or 100-hour inspection shall inspect (where applicable) the following components of the fuselage and hull group:
 - (1) Fabric and skin—for deterioration, distortion, other evidence of failure, and defective or insecure attachment of fittings.
 - (2) Systems and components—for improper installation, apparent defects, and unsatisfactory operation.
 - (3) Envelope, gas bags, ballast tanks, and related parts—for poor condition.
- (c) Each person performing an annual or 100-hour inspection shall inspect (where applicable) the following components of the cabin and cockpit group:
 - (1) Generally—for uncleanness and loose equipment that might foul the controls.
 - (2) Seats and safety belts—for poor condition and apparent defects.
- (3) Windows and windshields—for deterioration and breakage.
- (4) Instruments—for poor condition, mounting, marking, and (where practicable) improper operation.
- (5) Flight and engine controls—for improper installation and improper operation.
- (6) Batteries—for improper installation and improper charge.
- (7) All systems—for improper installation, poor general condition, apparent and obvious defects, and insecurity of attachment.
- (d) Each person performing an annual or 100-hour inspection shall inspect (where applicable) components of the engine and nacelle group as follows:
 - (1) Engine section—for visual evidence of excessive oil, fuel, or hydraulic leaks, and sources of such leaks.
 - (2) Studs and nuts—for improper torquing and obvious defects.
 - (3) Internal engine—for cylinder compression and for metal particles or foreign matter on screens and sump drain plugs. If there is

[그림 10-1] Scope and detail of annual and 100-hour inspection



- ④ 연료 라인과 클램프(Clamps)의 장착 상태를 점검한다.
- ⑤ 기화기와 공기 여과기(Air filter)의 상태를 점검한다.
- ⑥ 엔진 오일의 상태와 엔진 오일량을 점검한다.

(6) 좌측 날개

- ① 피토 튜브관의 장착 상태를 확인한다.
- ② 날개 앞전, 끝단 부분, 뒷전의 손상을 점검한다.
- ③ 도움날개 및 플랩의 장착 상태와 힌지, 핀, 케이블 상태를 점검한다.
- ④ 착륙 장치의 장착 상태와 타이어의 공기압을 점검한다.

10.6.2 연간 검사/ 100시간 주기 검사 (Annual/100-Hour Inspections)

“항공법 제 116조”에 의거하여 감항 당국의 승인을 받은 항공사의 “정비규정”과 “운항기술기준 5.10 항공기 정비”에 규율된 정비방식(Maintenance Program)에 따라 1년 주기의 검사와 100시간 검사의 범위와 요목이 결정된다. 정비방식에 대한 감항 당국 승인에 대한 자세한 사항은 본서의 “항공법”의 장을 참고하라. 참고로 미연방항공법(US Federal Aviation Regulations)의 규율 사항은 그림 10-1과 같다.

연간검사와 100시간 주기검사의 범위와 요목은 동일하지만, 두 가지 중대한 차이가 있다. 한 가지 차이점은 그들을 수행하기 위해 공인된 사람을 필요로 한다. 100시간 검사는 항공정비사 면허를 가진 정비사가 수행할 수 있지만, 연간검사는 검사 권한을 위임받은 유자격 항공정비사가 수행한다. 점검 주기는

국가에 따라 차이가 있지만 정비기지로의 비행을 위해 10% 정도의 여유를 준다. 즉, 정비 목적의 비행을 위해 10시간 이내의 여유로 110시간 이내에 검사를 수행하도록 하는 것이다.

10.6.3 단계적 검사(Progressive Inspections)

단계적 검사 역시 감항 당국의 승인을 받은 정비규정에 규율되며, 연간검사의 범위와 요목은 매우 집중적이고 방대하여 상당한 정비 시간이 소요되므로 항공기가 장기간 운항에서 제외되어야 한다. 이를 방지하기 위해 분할하여 수행하기도 한다. 특히, 대형항공기는 검사프로그램에 따라 단계적으로 일정 부분에 대해 단기간에 검사를 수행한다. 검사의 범위를 4~6개의 단계(Phase)로 나누어 수행하는 것이다. 모든 단계가 완료되면 검사의 1사이클이 완료되도록 프로그래밍 한다. 단계적 검사의 장점은 검사를 비행이 없는 야간에 완성하고 주간에 비행을 하여 수입을 늘릴 수도 있다는 것이다. 단계적 검사는 엔진오일 교환과 같은 일상점검에서 비행조종케이블 검사와 같은 상세검사도 포함된다. 일상점검 요목은 매 검사단계마다 수행하고, 상세한 검사는 항공기의 특정 부분의 상세 점검에 초점을 맞춘다. 단계적 검사의 1 사이클은 12개월 이내에 완료되어야 한다. 만약 모든 검사가 12개월 이내에 완결되지 않는다면, 나머지 단계의 검사는 첫 번째 단계가 완결되었을 때로부터 열두 번째 달의 마지막 일 이전에 완료한다. 단계적 검사계획은 항공기를 등록한 감항 당국에 신청하여 정비프로그램으로 승인을 받는다. 참고로, 그림 10-2는 미국 항공국에서 규정한 단계적 검사에 관한 규율 내용이다.

**Appendix D to Part 43—Scope and Detail of Items (as Applicable to the Particular Aircraft)
To Be Included in Annual and 100-Hour Inspections (continued)**

- weak cylinder compression, for improper internal condition and improper internal tolerances.
- (4) Engine mount—for cracks, looseness of mounting, and looseness of engine to mount.
- (5) Flexible vibration dampeners—for poor condition and deterioration.
- (6) Engine controls—for defects, improper travel, and improper safetying.
- (7) Lines, hoses, and clamps—for leaks, improper condition, and looseness.
- (8) Exhaust stacks—for cracks, defects, and improper attachment.
- (9) Accessories—for apparent defects in security of mounting.
- (10) All systems—for improper installation, poor general condition, defects, and insecure attachment.
- (11) Cowling—for cracks and defects.
- (e) Each person performing an annual or 100-hour inspection shall inspect (where applicable) the following components of the landing gear group:
 - (1) All units—for poor condition and insecurity of attachment.
 - (2) Shock absorbing devices—for improper oleo fluid level.
 - (3) Linkages, trusses, and members—for undue or excessive wear fatigue, and distortion.
 - (4) Retracting and locking mechanism—for improper operation.
 - (5) Hydraulic lines—for leakage.
 - (6) Electrical system—for chafing and improper operation of switches.
 - (7) Wheels—for cracks, defects, and condition of bearings.
 - (8) Tires—for wear and cuts.
 - (9) Brakes—for improper adjustment.
 - (10) Floats and skis—for insecure attachment and obvious or apparent defects.
- (f) Each person performing an annual or 100-hour inspection shall inspect (where applicable) all components of the wing and center section assembly for poor general condition, fabric or skin deterioration, distortion, evidence of failure, and insecurity of attachment.
- (g) Each person performing an annual or 100-hour inspection shall inspect (where applicable) all components and systems that make up the complete empennage assembly for poor general condition, fabric or skin deterioration, distortion, evidence of failure, insecure attachment, improper component installation, and improper component operation.
- (h) Each person performing an annual or 100-hour inspection shall inspect (where applicable) the following components of the propeller group:
 - (1) Propeller assembly—for cracks, nicks, binds, and oil leakage.
 - (2) Bolts—for improper torquing and lack of safetying.
 - (3) Anti-icing devices—for improper operations and obvious defects.
 - (4) Control mechanisms—for improper operation, insecure mounting, and restricted travel.
- (i) Each person performing an annual or 100-hour inspection shall inspect (where applicable) the following components of the radio group:
 - (1) Radio and electronic equipment—for improper installation and insecure mounting.
 - (2) Wiring and conduits—for improper routing, insecure mounting, and obvious defects.
 - (3) Bonding and shielding—for improper installation and poor condition.
 - (4) Antenna including trailing antenna—for poor condition, insecure mounting, and improper operation.
- (j) Each person performing an annual or 100-hour inspection shall inspect (where applicable) each installed miscellaneous item that is not otherwise covered by this listing for improper installation and improper operation.

[그림 10-1] Scope and detail of annual and 100-hour inspection(continued)



§91.409 Inspections.

(d) **Progressive inspection.** Each registered owner or operator of an aircraft desiring to use a progressive inspection program must submit a written request to the FAA Flight Standards district office having jurisdiction over the area in which the applicant is located, and shall provide—

- (1) A certificated mechanic holding an inspection authorization, a certificated airframe repair station, or the manufacturer of the aircraft to supervise or conduct the progressive inspection;
- (2) A current inspection procedures manual available and readily understandable to pilot and maintenance personnel containing, in detail—
 - (i) An explanation of the progressive inspection, including the continuity of inspection responsibility, the making of reports, and the keeping of records and technical reference material;
 - (ii) An inspection schedule, specifying the intervals in hours or days when routine and detailed inspections will be performed and including instructions for exceeding an inspection interval by not more than 10 hours while en route and for changing an inspection interval because of service experience;
 - (iii) Sample routine and detailed inspection forms and instructions for their use; and
 - (iv) Sample reports and records and instructions for their use;

- (3) Enough housing and equipment for necessary disassembly and proper inspection of the aircraft; and
- (4) Appropriate current technical information for the aircraft.

The frequency and detail of the progressive inspection shall provide for the complete inspection of the aircraft within each 12 calendar months and be consistent with the manufacturer's recommendations, field service experience, and the kind of operation in which the aircraft is engaged. The progressive inspection schedule must ensure that the aircraft, at all times, will be airworthy and will conform to all applicable FAA aircraft specifications, type certificate data sheets, airworthiness directives, and other approved data. If the progressive inspection is discontinued, the owner or operator shall immediately notify the local FAA Flight Standards district office, in writing, of the discontinuance. After the discontinuance, the first annual inspection under §91.409(a)(1) is due within 12 calendar months after the last complete inspection of the aircraft under the progressive inspection. The 100-hour inspection under §91.409(b) is due within 100 hours after that complete inspection. A complete inspection of the aircraft, for the purpose of determining when the annual and 100-hour inspections are due, requires a detailed inspection of the aircraft and all its components in accordance with the progressive inspection. A routine inspection of the aircraft and a detailed inspection of several components is not considered to be a complete inspection.

[그림 10-2] 14 CFR §91.409(D) Progressive inspection

10.6.4 지속적 검사(Continuous Inspections)

연속적인 검사계획은 대형 항공기 또는 가스터빈 엔진을 장착한 항공기에 적용하는 것을 제외하고, 단계적 검사계획과 유사하지만 조금 더 복잡하다. 단계적 검사계획과 같이 감항 당국의 승인을 필요로 한다. 운항 형태와 적용되는 법적 요구 사항에 따라 조사하여 승인한다. 상업적 운항 항공기에 대한 정비프

로그램은 승인된 AOC의 Operation Specifications에 자세하게 기술되어 있다. 항공사는 일상적 검사와 상세검사 모두를 포함하는 연속적인 정비프로그램을 운용한다. 정시점검 또는 “Letter Check”라고 부르는 A-check, B-check, C-check, 그리고 D-check를 수반한다. A-check은 최소의 포괄적인 것이고 수행 빈도가 많다. 반면에 D-check은 주요 장비품의 분해, 장탈, 오버홀, 계통과 장비품의 검사를 수반

하는 매우 종합적인 점검이다. D-check은 항공기의 사용 수명 동안에 3~6회밖에 수행되지 않는다. 정기 점검은 운항 정비 기간에 축적된 불량상태의 수리 및 운항 저해의 가능성이 많은 기능적인 모든 계통의 예방 정비 및 감항성을 확인하는 것을 주 임무로 한다. 각 정기 점검에 속한 정비 요목은 정해진 주기 내에 수행 완료하여야 한다.

1) A 점검

항공기 운항에 직접적으로 관련된 빈도가 높은 정비 단계로, 항공기 안팎의 순회검사(Walk around inspection), 특별 장비의 육안 검사, 액체 및 기체류의 보충, 결함 수정, 기내 청소, 외부 세척 등을 실시하는 점검이다.

2) B 점검

A 점검의 점검 사항을 포함하여 실시할 수 있으며, 안팎의 육안 검사, 특정 장비품의 상태 점검 또는 작동 점검, 액체 및 기체류의 보충 등을 실시하는 점검이다.

3) C 점검

항공기의 감항성을 유지하는 기체 점검을 말하며, A, B 점검의 점검사항을 포함하여 시행할 수 있다. 제한된 범위 내에서 구조 및 모든 계통의 검사, 계통 및 장비품의 작동 점검, 계획된 보기 부품의 교환, 서비스 등을 실시하는 점검이다.

4) D 점검

항공기의 감항성을 유지하는 기체 점검의 최고 단계를 말한다. 인가된 점검 주기 한계 내에서의 항공

기 기체 구조 점검을 비롯한 장비품의 기능점검 및 계획된 부품의 교환, 잠재적 결함 교정과 서비스 등을 실시하는 점검이다

5) 내부 구조 검사(ISI: Internal Structure Inspection)

항공기의 감항성에 1차적인 영향을 미칠 수 있는 기체구조를 중점적으로 검사하는 것을 말한다.

6) 날짜 점검(CAL: CALENDAR check)

위에서 설명한 정비 단계에 속하지 않는 정비 요목으로, 고유의 비행시간, 비행 횟수 또는 날짜 주기를 가지고 개별적으로 반복 실시되는 점검을 말한다.

10.6.5 고도계, 송수신기 검사

(Altimeter and Transponder Inspections)

계기비행으로 운항하는 항공기는 본 계통의 주기 점검, 즉 기능시험완료일을 포함하여 24개월을 초과하지 않은 고도계와 정압계통을 각각 갖추어야 한다. 항공교통관제와 통신용 송수신기를 장착한 항공기는 역시 이전의 24개월 주기 검사를 필한 송수신기를 갖추어야 한다. 이 점검 모두는 유자격자에 의해 수행되어야 한다.

10.7 항공기 계통 분류(ATA ISpec 2200)

정비 정보가 항공기 정비 매뉴얼과 같은 표준화된 방법으로 기술되도록 미국항공운송협회(ATA, air transport association of america)는 제작사 기술 자료에 대한 규격서를 발행하였다. 원래의 규격서



JASC/ATA 100 Code Listings		
11 Placards and Markings	34 Navigation	64 Tail Rotor
12 Servicing	35 Oxygen	65 Tail Rotor Drive
14 Hardware	36 Pneumatic	67 Rotors Flight Control
18 Helicopter Vibration	37 Vacuum	71 PowerPlant
21 Air Conditioning	38 Water/Waste	72 Turbine/Turboprop Engine
22 Auto Flight	45 Central Maintenance System	73 Engine Fuel and Control
23 Communications	49 Airborne Auxiliary Power	74 Ignition
24 Electrical Power	51 Standard Practices/Structures	75 Air
25 Equipment/Furnishings	52 Doors	76 Engine Controls
26 Fire Protection	53 Fuselage	77 Engine Indicating
27 Flight Controls	54 Nacelles/Pylons	78 Engine Exhaust
28 Fuel	55 Stabilizers	79 Engine Oil
29 Hydraulic Power	56 Windows	80 Starting
30 Ice and Rain Protection	57 Wings	81 Turbocharging
31 Instruments	61 Propellers/Propulsors	82 Water Injection
32 Landing Gear	62 Main Rotor	83 Accessory Gearboxes
33 Lights	63 Main Rotor Drive	85 Reciprocating Engine

[그림 10-3] ATA Specification 100

는 ATA Spec 100이었고 결국에는 ATA Spec 2100 이 전자 문서로서 개발되었다. 이들 두 가지 규격서는 ATA iSpec 2200이라고 부르는 하나의 문서로 통합 발전되었다. 이 표준화의 결과로서, 정비사는 제작사에 관계없이 항상 항공기 정비 매뉴얼의 동일한 부분에서 특정한 계통에 관한 정보를 찾을 수 있다. 예를 들어 만약 어떤 항공기에서 전기계통에 관한 정비 방법을 찾는다면, 항상 24장에서 찾는 것이다. 각각의 주요한 계통에서 이 체계는 몇 개의 차하 위 계통으로 내려가는 형태로 배열하고 있다.

10.7.1 ATA 100 규격

모든 항공기가 ATA 100에서 규정된 이러한 계통을 다 갖추고 있지는 않다. 소형 항공기는 훨씬 적은 계통만을 가지고 있다. 그림[10-3]과 같이, ATA Chapter 00는 소개 및 안내이고, Chapter 01~04는 각각의 항공사에서 이용하며, Chapter 91은 Wiring Reporting에 관한 Chapter이다.

10.8 특별검사(Special Inspections)

항공기 사용기간 중 과부하 중량상태로 착륙하거나

비행 중에는 심한 난류에 접하는 경우가 발생한다. 여러 가지 이유로 난폭한 착륙을 하는 경우도 있다. 이러한 경우에는 항공기 구조에 어떠한 파손이 발생하였는가를 판정하기 위한 특별 검사 절차에 따라서 검사를 하여야 한다. 다음에 항목별로 제시된 절차는 일반적인 것이며 항공정비사가 검사하여야 할 영역이 무엇인지 숙지하게 하는 데 목적이 있다. 이 항목들이 모든 검사 내용을 포함하고 있다고 볼 수는 없다. 특별 검사의 어느 하나를 수행할 때는 항상 항공기 정비매뉴얼에 있는 세부 절차를 확인하고 따르기 바란다.

10.8.1 과중력 또는 과중량착륙 검사 (Hard or Overweight Landing Inspection)

착륙에 의해서 유지되는 구조응력은 그 당시의 총 중량에 의할 뿐만 아니라 충격의 심각한 정도에 따라 다르다. 그러나 접지 시의 수직속도를 평가하기가 어렵기 때문에 착륙이 구조재의 파손을 일으킬 정도로 아주 심하였는지의 여부를 판단하기가 어렵다. 이와 같은 이유로, 특별검사는 설계착륙중량을 초과하는 중량으로 착륙을 한 후나, 난폭한 착륙(Rough Landing)을 한 후에 수행하여야 한다.

주름진 상태의 날개 표피는 착륙 중 과부하가 가해졌다는 것을 가장 쉽게 나타내주는 표시이다. 쉽게 탐지 할 수 있는 또 하나의 표시는 리벳 이음부에 따라 연료가 누설되는 것이다. 기타 파손이 가능한 장소는 스파 웹브, 격벽, 나셀 외피(Nacelle Skin) 및 날개와 동체의 스트링거이다. 이러한 곳에 어느 부위도 악영향을 받지 않았다면, 중대한 손상이 일어나지 않았다고 생각해도 무방하다. 만약 손상이 탐지되었다면, 더 심도 깊은 검사와 정렬 점검이 필요하다.

10.8.2 심한 난류 조우 검사 (Severe Turbulence Inspection, Over “G”)

항공기가 심한 돌풍상태를 만났을 때에는 날개에 작용하는 공기력(Air Load)은 항공기 무게를 지탱하는 정상적 익면하중을 초과하게 된다. 돌풍은 항공기에 가속을 주는 경향을 가지는 반면 항공기의 관성력은 이 변화에 저항력으로 작용하며, 아주 심할 경우에는 그 유도응력이 구조적 파손을 일으킬 수 있다. 심한 난류 층을 비행한 후에는 특별검사를 하여야 한다. 상하 날개 표면에 과도한 좌굴 현상이나 영구 변형된 주름이 발생하였다면, 몇 개의 리벳을 장탈하여 리벳 샹크를 시험한다. 심한 전단력을 받지 않았나를 판정하는 것이다. 점검 창이나 기타 접근 경로를 통해서, 동체로부터 날개 끝까지 모든 스파 웹브를 검사하여야 한다. 좌굴, 주름 상태 및 전단을 받는 부착 부위를 검사한다. 나셀과 나셀 외피 주위, 특히 날개 전연부에서의 좌굴 상태를 검사한다. 연료 누설을 검사한다. 어떤 규모이상의 연료 누설은 밀폐 작업한 실란트가 파괴되었거나, 연결부를 터지게 한 과부하를 받은 상태를 나타내는 것이다. 심한 난류를 받는 동안 착륙장치를 내렸다면 주위 표면에 대하여 이완된 리벳, 균열 또는 좌굴 상태 여부를 주의 깊게 검사한다. 바퀴집(Wheel Well) 내부는 과격한 돌풍상태를 받은 표시가 있을 수 있다.

미익 외피에 대하여 주름상태나 좌굴 또는 전단을 받은 부착부위가 있는지 검사한다. 동체와 꼬리 날개의 부착 부위를 검사한다.

위의 제반 검사는 주요 영역에 해당하는 것이다. 위에 기술한 영역의 어느 곳이라도 과도한 손상이 발견되면 모든 파손을 탐지할 때까지 검사를 계속하여야 한다.



10.8.3 낙뢰(Lightning Strike)

항공기가 낙뢰를 맞는 것은 극히 드문 것이라고 할지라도, 타격이 일어났다면, 손상 정도를 결정하기 위해 매우 조심스럽게 검사해야 한다. 번개가 항공기를 때릴 경우에 전류는 구조물을 통해 전도되어 일정 위치에서 방전되도록 되어 있다. 일차적으로 항공기의 정전기 방전 장치, 또는 Null Field 방전 장치이다. 알루미늄, 철과 같은 전도성이 양호한 전도체를 거쳐 나갈 때는 이 물체에 손상을 거의 주지 않지만, 파이버글라스 재질의 레이돔, 엔진 덮개(Engine cowl), 형상판(Fairing), 유리 또는 플라스틱 재질 윈도우, 또는 전기적 본딩(Electrical bonding)이 없는 복합재료 구조와 같은 비금속 구조물을 거칠 때는, 그 구조물에 탄 흔적이나 그 이상의 중대한 손상을 입힐 수 있다.

구조물에 대한 육안검사를 하여, 영향을 받은 구조물, 전기 방전대(Electrical Bonding Strap), 전기 방전장치들의 퇴화, 구조부 접착제의 연소 또는 침식의 흔적에 대해 검사한다.

10.8.4 화재에 의한 손상(Fire Damage)

화재 또는 뜨거운 열을 받은 적이 있는 항공기 구조물의 검사는 만약 명백한 손상이 존재한다면 비교적 간단히 수리 또는 교체를 한다. 명백한 손상이 없다 하더라도 항공기의 구조적 완결성(Structural integrity)은 지속적으로 검사하는 것이 좋다. 항공기 구조상 금속재질 부품들은 제조 시에 열처리 과정을 거쳤지만, 정상 운항 시에 마주치지 않는 고열에 노출은 구조물의 설계기준강도를 심각하게 저

해할 수 있다.

육안검사를 통과하였지만 그러나 계속 의심이 가는 알루미늄 구조물의 강도와 감항성은 전도율시험기를 사용하여 시험하는 것이 좋다. 이것은 일종의 와전류를 사용하는 장치이며 비파괴검사 부분에서 기술하겠다. 금속의 강도는 경도에 관계되기 때문에, 강재구조물에서 가능한 손상은 로크웰경도시험기와 같은 경도시험기를 사용하여 판정한다.

10.8.5 침수에 의한 손상(Flood Damage)

침수 손상된 항공기는 담수인지 또는 염수인지 그리고 침수시간을 고려하여 검사한다. 전체적으로 물속에 잠긴 부품은 완전하게 분해하여 철저히 세척하여 건조시키고 부식 방지제 처리를 한다. 특히 객실 내부 카펫, 의자, 사이드 패널, 계기는 교체하게 된다. 물은 부식을 조장하는 전해액처럼 작용하기 때문에, 물과 염분은 모두 제거되어야 한다.

10.8.6 해상비행기(Seaplanes)

해상비행기는 부식을 가속시키는 환경에서 운영되기 때문에, 부식상태를 조심스럽게 검사해야 한다. 만곡부위(Bilge area)에 유압유, 물, 오염물질, 드릴칩(Drill chip) 등의 존재 유무를 검사한다. 해상비행기는 가끔 고속에서 거친 물결에 의해 과도한 응력을 받기 때문에, 느슨해진 리벳, 파스너의 늘어남과 구부러짐, 외피의 균열을 검사하고, 부주 장착 체결기구(Float attach fitting)의 손상, 그리고 전체의 구조에서 일반적인 닳는 현상과 찢어진 곳에 대해 검사한다.

10.8.7 지상 지원 항공기(Aerial Application Aircraft)

다른 항공기와 차이가 있는 이들 항공기를 검사하게 만드는 두 가지의 기본적인 요소는 사용된 화학제품의 부식성과 비행로이다. 부식 손상의 영향이 정상적인 사용의 경우 보다 더 짧은 기간에 탐지된다. 화학성분은 직물을 유연하게 하고 직물테이프를 느슨하게 한다. 금속 재질 항공기는 매년 도색제를 벗겨내고, 세척하고, 그리고 다시 도색제를 칠하고 부식 처리하는 것이 필요하다. 날개의 전연부는 보호피막 처리나 테이핑이 필요하다. 하드웨어는 더욱 자주 교체된다. 자주 사용하는 항공기는 잔디 활주로 등에서 하루 50회 이상 이륙, 착륙을 하므로 사용 사이클 과다로 인해 피로파괴 현상이 가속된다. 따라서 착륙장치와 관련된 부품은 검사 빈도를 높여야 한다. 또한, 저고도 비행을 하므로 공기필터의 교환 시기를 앞당겨야 한다.

10.9 특별 비행 허가(Special Flight Permits)

기한이 지난 검사, 손상, 사용시간 한계 품목의 교체 시간 한계의 만료 등으로 현 상태에서는 감항성 조건은 만족시키지 못하지만, 안전한 비행 능력이 있는 항공기의 이동에 대한 비행허가를 발행한다. 종종 페리허가(Ferry Permit)라고도 하는데 다음과 같은 목적으로 발행된다.

- 1) 수리, 개조, 또는 정비를 수행하고자 하는 기지 또는 저장 장소로의 비행
- 2) 항공기를 인도 또는 수출 목적의 비행

3) 신조항공기의 비행 시험

4) 태풍 등 자연재해를 피해 항공기를 피난하기 위한 비행

5) 신조 항공기의 인수자 시범 비행

이 특별비행 허가 신청이나 승인에 대해서는 항공법 및 시행규칙의 시험비행 관련 조항을 참조하라.

10.10 비파괴검사 (Nondestructive Inspection/Testing)

10.10.1 비파괴 검사 일반 (General Techniques)

이제까지 항공기 검사에 관한 일반적인 정보를 제공하였다. 이 장의 나머지는 더 특별한 검사를 수행할 때 특별한 검사 장비를 사용하는 비파괴 검사 방법을 다룬다.

비파괴검사(Non-Destructive Testing: N.D.T)란 재료나 제품의 원형과 기능을 전혀 변화시키지 않고도 성질, 상태, 내부구조 등을 알아내는 모든 검사를 말한다. 이 검사 방법은 재료의 물리적 성질 즉, 햇빛, 열, 방사선, 음파, 전기와 자기 에너지 등을 검사체에 적용하여, 조직 이상이나 결함 존재로 인해 적용된 에너지의 성질 및 특성 등이 변화하는 양을 적절한 변환장비로 측정하여 조직 이상이나 결함의 존재를 확인하는 것이다. 비파괴 검사는 사용되는 에너지의 종류와 변환장치에 따라 여러 종류가 있다. 비파괴검사의 전 과정을 살펴보면 다음과 같은 다섯 가지 기본요소를 가지고 있다.



- (1) 적절한 에너지를 시험부에 적용하는 단계이다.
- (2) 적용된 에너지는 시험부에 존재하는 결함 등이 나 조직의 변화 상태와 상호작용을 하여 에너지의 질과 양에 변화가 일어나게 된다.
- (3) 에너지의 질과 양의 변화가 발생하면 적절한 감도를 가진 변환자를 사용해 적용된 에너지의 질과 양의 변화를 검출한다.
- (4) 변환자가 검출한 신호를 시험 결과의 해석 및 평가에 유용한 형태로 바꾸어 기록 또는 표시하도록 한다. 앞에서 얻어낸 정보를 근거로 검사결과를 해석하고 판정함으로써 비파괴검사 과정이 종결된다.

이러한 비파괴검사체계에 의해 측정하고 평가할 수 있는 특성들은 다음과 같다.

- (1) 검사체내의 결함검사
- (2) 검사체의 구조
- (3) 크기 및 도량
- (4) 물리적, 기계적 특성
- (5) 화학적 분석 및 조성
- (6) 응력 및 외력에 따른 반응 등이다.

비파괴검사의 장점은 감항성을 해치지 않고 검사하여 감항성을 판정하는 것이다. 이들 방법 중 일부는 약간의 추가의 전문기술을 필요로 하는 간단한 것이지만, 일부 검사방법은 더 많은 훈련과 자격증을 필요로 한다. 비파괴검사를 수행하기 전에, 검사의 형태 별 절차 및 단계를 따라야 한다. 검사 부위는 철저하게 세척되어야 한다. 일부 부품은 항공기 또는 엔진으로부터 장탈하여 검사한다. 도색제나 보

호코팅을 벗겨내는 것이 필요하다. 검사 장비와 검사절차에 대한 완벽한 이해가 필요하고 검사장비의 점 · 교정도 확인되어야 한다.

10.10.2 육안검사(Visual Inspection)

육안 검사는 주로 표면의 흠을 찾아내는 데 이용된다. 이 검사로는 균열이나 표면의 불규칙한 결함, 층의 분리와 표면이 부푼 결함 등을 찾아낼 수 있다. 육안 검사에는 손전등, 확대경, 거울 등 검사 보조장비를 이용할 수도 있다. 일부 결함은 표면 아래에 있거나, 확대경으로도 인간의 눈으로도 결함을 탐지할 수 없을 만큼 너무 작은 경우도 있다.

10.10.3 내시경 검사(Borescope Inspection)

이 검사도 근본적으로 육안검사이다. 내시경은 정밀한 광학 기계로 광원을 가지고 있다. 내시경의 종류는 다양하며, 직접 눈으로 확인할 수 없는 기체의 구조부나 엔진의 내부 등을 검사하는 데 효과적이다. 이 장치는 렌즈의 초점 거리를 조절하여 상을 선명하게 볼 수 있고, 조절 핸들을 이용, 대물렌즈의 방향을 상하좌우로 조절함으로써 검사 구역의 모든 곳을 검사할 수 있다.

내시경으로서 검사될 수 있는 예로서는 왕복엔진 실린더 내부이다. 내시경은 손상된 피스톤, 실린더 벽, 또는 밸브 상태를 보기위해 점화플러그 장착용 구멍을 통하여 삽입한다. 터빈엔진의 경우 점화 플러그 장착 구멍과 검사용 플러그 구멍을 경유하여 터빈엔진의 연소실이나 압축기와 터빈 내부를 검사할 수 있다.

내시경은 두 가지 기본적인 형태가 있는데 사용자가 구석진 곳 주위를 볼 수 있게 끝이 조그만 거울로 된 작은 직경의 테레스코픽 리지드 형태와 유연한 파이버 옵틱 형태가 있다. 대부분 내시경 장비는 조명이 내장되어 있고, 검사 영상을 녹화할 수 있는 컴퓨터 또는 비디오 모니터를 구비하고 있다.

10.10.4 액체침투검사(Liquid Penetrant Inspection)

액체침투검사는 표면에 존재하는 불연속을 검출하는 비파괴 검사 방법이다. 액체침투에 사용되는 침투액은 낮은 표면장력과 높은 모세관 현상의 특성이 있어 검사체에 적용하면 표면의 불연속성 즉 균열이나 미세한 등에 쉽게 침투하게 된다. 모세관 현상으로 침투액이 불연속부로 침투하게 되고, 침투하지 못한 침투액을 제거한 후 현상액을 적용하면 불연속부에 들어있는 침투액이 현상액 위로 흡착되어 침투액이 침투되어 있는 부위를 나타내게 되어 불연속부의 위치 및 크기를 알 수 있다. 침투검사는 부품 표면에 노출되어 있는 결함에 대한 비파괴시험이다. 그것은 알루미늄, 마그네슘, 황동, 구리, 주철, 스테인리스강, 그리고 티타늄과 같은 금속 부품에 사용한다. 세라믹, 플라스틱, Molded Rubber, 유리등에도 사용한다. 침투검사는 표면균열 또는 다공성 결함을 탐지할 수 있다. 이러한 결함은 피로균열, 수축균열, 수축기공, 연마된 표면, 열처리 균열, 갈라진 틈, 단조 겹침, 그리고 파열에 의해 일어나게 된다. 또한 침투검사로 결합된 금속 사이에 접합 불량을 표시해 준다. 침투검사의 주요 단점은 결함이 표면에까지 열려야 한다는 것이다. 이러한 이유로서, 만약 문제의 부품이 자기를 띤 물질이면, 자분탐상검사 방법을 사용한다.

다. 침투검사는 표면까지 열린 균열 부위로 침투하여 남아 있는 침투액에 의해 검사원이 결함을 분명하게 확인할 수 있도록 하는 방법이다.

10.10.4.1 장단점(Strengths and Weaknesses)

(1) 장점

- 시험방법이 간단하고, 고도의 숙련이 요구되지 않는다.
- 제품의 크기, 형상 등에 크게 구애를 받지 않는다.
- 국부적 시험이 가능하다.
- 미세한 균열의 탐상도 가능하다.
- 비교적 가격이 저렴하다.
- 판독이 비교적 쉽다.
- 철, 비철, 플라스틱 및 세라믹 등의 거의 모든 제품에 적용된다.

(2) 단점

- 표면검사만 가능하며 표면에 열려진 불연속부만이 검사가 가능하다.
- 시험표면이 너무 거칠거나 다공성인 경우에는 탐상이 불가능하다.
- 시험면이 침투액 등과 반응하여 손상을 입는 제품은 검사할 수 없다.
- 주변환경 특히 온도에 민감하여 제약을 받는다.
- 후처리가 종종 요구된다.

10.10.4.2 침투검사액의 특성

(Characteristics of Penetrant)

액체침투검사는 검사체에 침투액을 적용하여 표면 불연속부에 침투된 침투액 위에 현상액을 적용하여



탐상하는 방법으로 침투액, 현상액, 유화제가 있다.

(1) 침투액: 액체침투검사에서 가장 중요한 역할을 하는 것이 침투액이다. 침투액란 균열과 같은 표면까지 열린 미세한 균열에도 침투가 되어야 하는 재료다. 침투액의 종류는 수세성 침투액, 후유화성 침투액, 용제제거성 침투액이 있다.

(2) 현상제: 현상액란 결함 속에 적용된 침투액과 작용해서 육안으로 볼 수 있게 명암도를 증가시켜 결함의 관찰을 쉽게 하는 작용을 하며, 현상제는 미세한 분말로 구성되어 침투액이 적용되고 과잉 침투액이 제거된 후에 검사체 표면에 도포한다. 종류로는 건식현상제, 비수용성 습식현상제, 습식현상제가 있다.

(3) 유화제: 유화제는 침투력이 낮은 특성 때문에 결함 속으로 쉽게 침투하지 못하므로 불연속부에 있는 침투제는 쉽게 세척이 안 된다. 수세성 침투제에는 유화제가 섞여 있으므로 별도의 유화제 적용이 필요치 않으나, 침투제에 유화제가 섞여있지 않은 경우 과잉 침투제의 세척을 위해서는 유화처리가 필요하다.

10.10.4.3 검사방법(Method of Inspection)

(1) 검사방법의 선택기준

- 검사체의 표면상태
- 검출하고자 하는 결함의 특성
- 검사위치

- 검사소요시간

- 검사체의 크기, 수량, 형태, 무게

- 검사조건

(2) 액체침투검사방법의 종류 및 특징

침투제의 관찰방법 (형광물질 포함여부) 및 세척 방법에 따라 분류한다. 형광액체침투검사(TYPE 1)은 자외선등(Black light)이 필요하다. 염색액체침투검사(TYPE 2)는 적색염료를 포함하고 있는 침투제를 사용하는 방법으로 자연광에서 관찰하면 흰색의 현상제 위에 적색의 결함 모양을 관찰할 수 있다. 형광액체침투의 경우 염색액체침투법에 비해 감도는 매우 높은 반면 암실 및 자외선 등의 검사 장비가 있어야 하므로 검사장비가 많아지고 전원 등이 필요한 단점이 있다. 침투제 세척방법에 따라 수세성, 후유화성, 용제 제거성 액체침투검사로 나눈다.

(3) 액체침투방법의 기본적 처리 순서

검사체 표면 세척 → 침투액의 도포 → 유화제 또는 세제로서 침투액 제거 → 건조 → 현상액 도포 → 검사결과 해석 순으로 진행한다.

10.10.4.4 결과의 판독(Interpretation of Results)

액체침투검사에 있어서 판독은 비교적 간단하다. 액체침투검사에 의해 나타나는 지시는 표면에 있는 실제 불연속에 의한 것과 실제 결함과는 관계없는 다른 원인에 의한 것으로 구분할 수 있다. 실제 불연속에 의한 지시 모양은 1) 선형지시로 길이가 폭의 3배 이상 되는 지시를 말하며, 균열, 단조, 겹침, 굽힘 등에 의해 나타난다. 2) 둥근형태의 지시는 일반적으로 길이가 폭의 3배 이내가 되는 지시를 말하며, 주로

기공 및 Pin-Hole에 나타나며 깊이가 있는 균열의 경우에도 침투제가 빨려 나오면서 확산하여 둥근 형태로 나타나는 수가 있다. 이러한 결함 발견을 쉽게 하기 위해서 다음 사항을 충분히 고려하라.

- (1) 침투액이 결함을 채울 수 있도록 충분한 시간을 주는 것은 중요하다. 결함은 내부로 침투액이 들어가도록 깨끗이 세척하여 내부에 오염물질이 없어야 한다.
- (2) 현상 이전에 세척 또는 린스 과정에서 침투액이 표면과 결함 내부에서 제거될 가능성에 유의하라.
- (3) 내부가 깨끗한 균열은 발견하기 쉽다.
- (4) 결함이 작을수록 침투시간은 길다. 미세한 균열과 같은 틈은 침투액 침투시간이 충분해야 한다.
- (5) 검사체가 자기에 민감한 물질이면 자분탐상검사방법으로 검사하라.
- (6) 현상액은 백색이고, 진홍색 표시는 표면결점이 있는 곳이다.

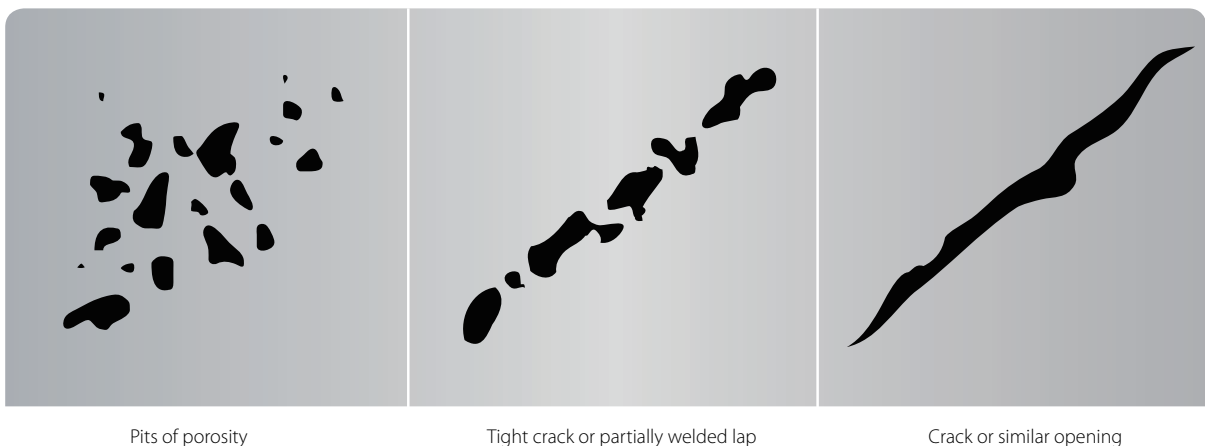
(7) 형광침투검사인 경우, 결함은 자외선 등(Black Light)을 비추면 밝은 결함은 연두색, 이외 지역은 진한 남보라 색으로 나타난다.

(8) 결함 표시를 크기 및 원인 판정도 가능하다.

표시의 크기, 또는 침투액의 축적은 결함의 크기로 나타난다. 명도는 그것의 깊이 값이다. 깊이 갈라진 균열은 더 많은 침투액이 들어가므로 넓고, 크게 빛나게 된다. 아주 미세한 열린 구멍은 적은 양의 침투액으로 가는 선과 같이 나타나게 될 것이다. 그림 10-4에서는 건식침투검사를 사용하여 찾아낼 수 있는 결함의 일부 그림이다.

10.10.4.5 오판(False Indications)

침투검사는 비교적 쉽고, 정확한 비파괴검사 방법이다. 그러나 검사체 자체의 불연속성을 균열로 판정할 수도 있다. 원인은 검사체의 구조 특성을 모르거나, 작업절차 특히 세척을 정확히 하지 않아 발생한다. 예를 들어, 항공기 타이어의 휠과 샤프트가 압입 결함이라면, 침투액은 접합 선에 침투하여 세척을 충분히 하지 않을 경우 이 선이 균열로 오판을 할 수



Pits of porosity

Tight crack or partially welded lap

Crack or similar opening

[그림 10-4] Type of defects



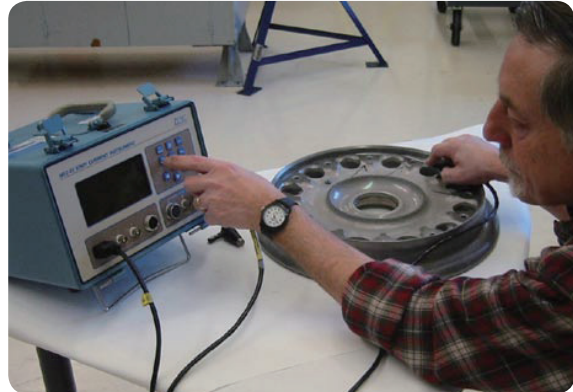
가 있다. 균열의 모양이 매우 규칙적인 경우는 검사체 구조적인 면에서 균열인지 여부를 신중히 판단해야 한다. 그리고 세척이 충분하지 않았다면, 침투액을 완전히 제거하고 건조 후에 재검사를 실시한다.

10.10.5 와전류검사(Eddy Current Inspection)

와전류검사는 코일을 이용하여 도체에 시간적으로 변화하는 자계(교류)를 걸면 도체에 발생한 와전류가 결합 등에 의해 변화하는 것을 이용하여 결함을 검출하는 비파괴시험 방법이다. 이 검사방법은 구조재, 제트엔진 터빈 축, Vane, 날개 외피, 휠의 볼트 구멍, 점화플러그 보어 등의 열화 균열 효과적이다. 또한 화염, 과도한 열로 변형된 알루미늄 항공기의 수리를 위한 결합 탐지에도 사용된다. 와전류 지시값은 동일 금속이 서로 다른 경도를 가질 때 나타난다. 손상이 있는 곳의 와전류 값과 손상 없는 곳에서의 와전류 값을 비교 측정한다. 이 값의 차이는 경도 차이를 나타낸다. 항공기 제작 공정에서는 와전류를 주조, 압출, 기계공작, 단조, 사출 부품을 검사하는데 활용된다. 그림 10-5는 알루미늄 휠 반쪽 부분의 와전류탐상 작업을 보여주고 있다.

10.10.5.1 기본 원리(Basic Principles)

그림 10-6 회로와 같이, 교류가 코일을 거쳐 지나갈 때 반대 극성 전압을 유도하고 초기의 전류 방향에 반대되는 자기장을 조성한다. 만약 자기장이 전기적 전도체를 거쳐 지나가는 방향으로 코일이 놓여 있다면, 전도체 내부에 와전류가 유도된다. 와전류는 초기의 전류 흐름에서 초기의 자계 반대방향의 자계를 만들어낸다. 와전류에 시료의 자화율은 코일을 통

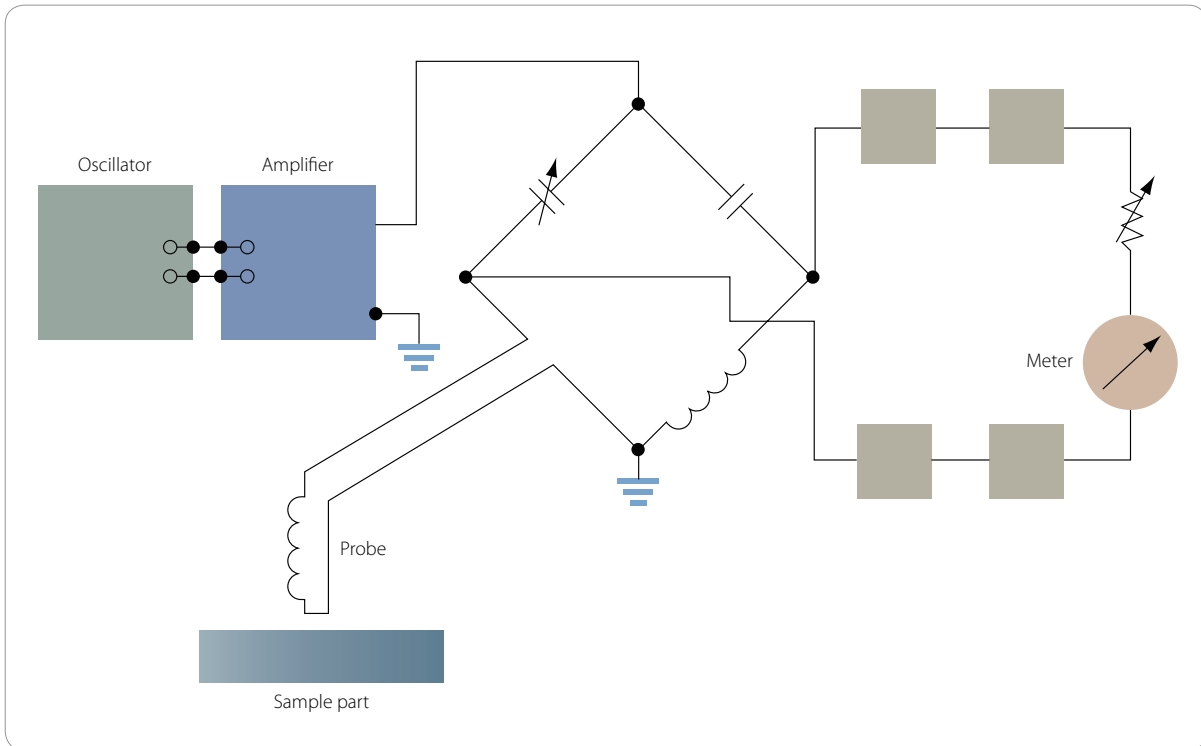


[그림 10-5] Eddy current inspection of wheel half

과하는 전류흐름에 따라 결정된다. 이 반대의 자계의 크기와 상은 시료의 저항과 투과율에 따른다. 그것은 시험재료의 여러 가지 물리적인 특성을 결정할 수 있도록 해준다. 초기의 자계결과로서 와전류 자계(filed)의 상호작용은 휘스톤 브리지(Wheatstone Bridge) 전자 회로이다. 시료는 전자기 유도코일 자계에 있게 되고, 코일의 임피던스로서 영향이 관측된다. 이 과정은 X-ray, 열, 또는 초음파의 전송과 같이 시료를 통과하는 에너지 전송을 수반한다. 와전류 탐상검사는 종종 프라이머, 도색제, 양극산화피막과 같은 표면 코팅을 제거하지 않고 도 수행할 수 있기 때문에 검사체의 표면이나 그 밑의 부식, 열처리 조건에서도 효과적인 비파괴검사 방법이다.

10.10.6 초음파 검사(Ultrasonic Inspection)

초음파탐상기는 검사체의 한쪽 면에서 접근하여 검사체에 초음파를 전달하여 내부에 존재하는 불연속으로부터 반사한 초음파의 에너지량, 초음파의 진행 시간 등을 분석하여 불연속의 위치 및 크기를 정확히 알아내는 방법이다.



[그림 10-6] Eddy current inspection circuit

세 가지의 기본적인 초음파검사방법은 (1) 펄스반사법(pulse echo) (2) 투과법(through transmission), 그리고 (3) 공진법(resonance)이 있다.

10.10.6.1 초음파 탐상의 기본이론 (Ultrasonic Inspection Basic Theory)

(1) 초음파의 특성

물체를 구성하고 있는 입자에 진동을 가하면 진동이 퍼져 나가는데 이것이 파이다. 주파수는 1초 동안에 진동하는 수로 단위는 Hz이다. 초음파는 대략 20KHz~1GHz이고, 금속재료 시험에 쓰이는 초음파는 약 1~5 MHz이다. 초음파의 속도는 재료의 밀도 및 탄성율에 따라 다르다. 초음파는 지향성이 좋

고, 동일 매질에서는 속도가 일정하다. 온도변화에 대해 속도가 거의 일정하지만, 경계면이나 불연속면에서는 반사를 한다. 항공정비에 있어서는 결함검출, 두께측정, 부식측정 등에 쓰인다.

(2) 초음파의 종류

종파(Longitudinal Wave, Compressive Wave)는 파를 전달하는 입자가 파의 진행방향에 대해 평행하게 진동하는 파로 파의 진행에 따라 밀도가 높은 부분과 작은 부분으로 구성된 압축파이다. 고체, 기체, 액체에 모두 존재하며 공기에서는 340m/sec 속도로 진행된다. 횡파(Transverse Wave, Shear Wave)는 파를 전달하는 입자가 파의 진행방향에 대해 수직하게 진동하는 파로 입자 간의 강한 인력이 작용하여야



하므로, 동일재질에서 속도는 종파 속도의 약 50% 정도이다. 횡파 특성 상 액체나 기체에서는 존재하지 않는다. 동일주파수에서 종파에 비해 파장이 짧아 작은 결함 검출에 유효하다. 표면파(Surface Wave, Ray-Leigh Wave)는 매질의 1파장 정도의 깊이를 투과하여 표면으로 진행하는 파로 입자의 진동 형식은 타원형이다. 에너지의 50% 이상이 표면으로부터 1/4 파장 내에서 존재한다. 동일재질에서 속도는 횡파속도의 약 90% 정도이다. 판파(Plate Wave, Lamb Wave)는 고체박판에서만 존재하며 전달 특성이 밀도, 금속의 탄성, 구조, 두께 및 주파수에 영향을 받는다. 속도는 재질의 두께, 주파수, 파의 형태에 따라 달라지고, 진동 형태가 매우 복잡하다.

(3) 파의 진행 특성

① 파는 굴절과 파형변이가 있다. 속도가 다른 두 재질 사이의 경계면에 음파를 경사지게 입사시키면, 음파의 일부분은 반사하고 나머지는 투과한다. 반사파의 반사각은 입사각과 항상 동일하며, 투과된 파는 입사방향에 대해 그 방향을 바꾸어 진행되는데, 이를 굴절이라 한다.

② 음향 임피던스(Acoustic Impedance): 재질에 초음파를 송신하였을 경우 초음파 에너지의 일부만 전달되고, 대부분은 한 물질에서 다른 물질로 진행할 때 두 다른 물질의 경계면에서 반사하는데, 음파의 반사량은 음향 임피던스 비율에 좌우된다. 음향 임피던스란 재질이 음파의 진행을 방해하는 특성이다.

③ 수직입사시의 반사와 통과: 소리가 산에 부딪

혀 메아리가 되어 되돌아오는 것과 같이 초음파에서도 이와 유사한 현상이 발생하여 공기, 또는 물 등의 경계면에서 잘 반사한다. 일반적으로, 음파가 경계면에 수직으로 입사할 때 음파는 그곳에서 반사하는 성분과 통과하는 성분이 두 물질의 음향 임피던스에 따라 결정된다.

④ 회절 및 감쇠: 초음파의 또 다른 중요한 성질은 파의 굽힘성으로 초음파가 금속 내 기공에 부딪힐 때 간섭 또는 회절 현상이 발생하는데, 이때 초음파 에너지의 일부는 결함 주위로 굽어지고 반사량은 감소하는데 이런 현상이 회절이다. 초음파가 재질을 통해 진행하게 되면 산란과 흡수로 인해 에너지 손실이 발생한다. 산란은 재질이 균일하지 않기 때문에 발생하는 현상이며, 재질 내부 기공과 같은 음향 임피던스 값이 달라지는 경계면이나 재질을 구성하고 있는 입자의 경계면에서 발생한다. 초음파가 진행하면서 초음파 에너지의 일부가 열로 바뀌어 흡수되면서 감쇠가 발생한다. 초음파 탐사를 할 때에는 감쇠 요인을 고려하여 보정해 준다.

⑤ 데시벨(db): 음압비, 전압비, 에코우 높이 비를 대수적으로 표시하는 단위이다.

10.10.6.2 탐상기(Ultrasonic Inspection Equipments)

초음파 탐상기기는 탐상목적 및 방법에 따라 여러 가지 종류로 분류되며, 비파괴검사에 가장 널리 사용되는 장비는 탐상기이다.

(1) 탐상감도 조정기

종폭기 또는 감쇠기가 있으며, 파의 진폭 크기를

조정하는 데 사용

(2) 탐상범위 조정기

Sweep length 조정기는 펄스 사이의 간격을 조정하는 데 사용하며, Sweep delay 조정기는 펄스 사이의 간격을 고정시킨 상태에서 좌우로 이동시키는 데 사용

10.10.6.3 탐침(Probe)

(1) 압전효과 (Piezoelectric Effect)

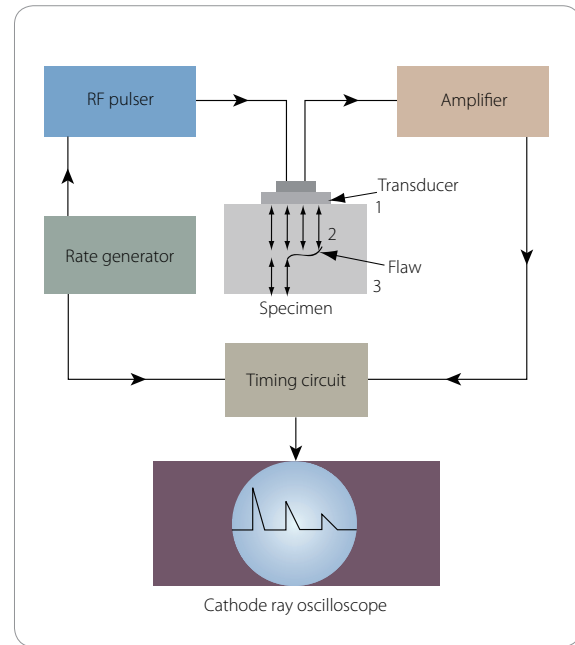
진동자(Transducer)는 에너지를 다른 형태의 에너지로 변환시키는 장치이다. 탐침에 내장된 진동자에 전압을 걸어주면 진동자가 팽창 및 수축되는 기계적 변형이 생겨 이 변형이 진동의 형태로 나타나 초음파가 되고, 반대로 초음파가 이 진동자에 닿으면 기계적인 진동에 의해 전압이 발생하게 되어 이 전압이 탐상기의 스크린에 나타나게 된다. 이와 같이 전기적인 에너지를 기계적인 에너지로, 또는 반대로 기계적인 에너지를 전기적인 에너지로 바꾸어 주는 현상을 압전효과라 한다.

(2) 진동자 재질: 압전 특성을 갖는 많은 재질 중에서 비파괴 검사목적으로 많이 사용되는 것은 수정, 세라믹, 황산리튬 등이다.

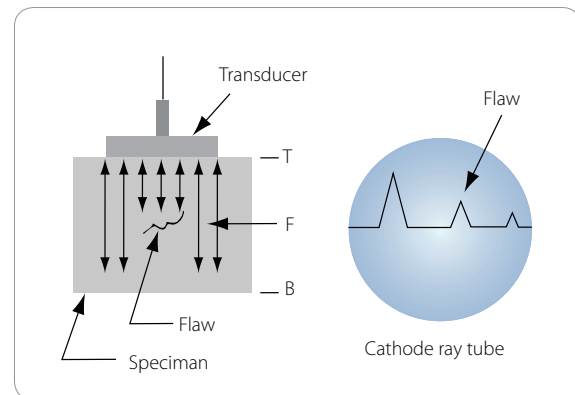
(3) 구조: 탐침은 초음파를 발생시키는 진동자, 내부 잡음을 흡수하는 흡음재 및 연결회로 및 보호막, 케이스 등으로 구성되어 있다

10.10.6.4 펄스반사법(Pulse Echo)

그림 10-7과 같이 결함(flaw)은 반사되는 초음파



[그림 10-7] Block diagram of basic pulse-echo system



[그림 10-8] Oscilloscope display in relation ship to flaw location

의 크기와 시간차(속도)를 측정하여 검출된다. 각각의 송신펄스는 검사체 내부에서 반사되어 오실로스코프의 스크린에 반점 형태로 나타나며, 반점은 초당 50~5,000회 정도로 화면의 왼쪽에서 오른쪽으로 스쳐지나가게 된다. 송, 수신 사이클의 속도로 인해 오실로스코프에 나타나는 영상은 정지된 것처럼



인식된다.

그림 10-8과 같이, 탐침으로 소사(sweep)가 시작되면 Rate Generator가 RF pulser를 여자시켜, 전기적 펄스를 방출한다. 변환기(transducer)는 이 펄스를 초음파로 전환한다. 만약 변환기와 시료의 접촉면에 바르게 놓였다면, 초음파는 내부의 결함면과 시료의 반대쪽 표면에서 반사된다. 송신 펄스와 반사된 펄스와의 시간차를 측정하고, 변환기로 수신된 반사 펄스는 증폭기를 거쳐 CRT 스크린에 나타난다.

그림 10-9는 초음파를 비스듬히 예각(acute angle)으로 검사체로 투사시킨 경우이다. 방출된 초음파는 검사체의 표면, 가장자리와 결함에서 계속적으로 반사된다. 수직법에서, 초기 펄스와 첫 번째 반사파의 스크린상의 수평거리는 검사체의 두께인 반면에 사각법에서는 탐침과 반대쪽 가장자리 사이에 폭이 된다.

10.10.6.5. 투과법(Through Transmission)

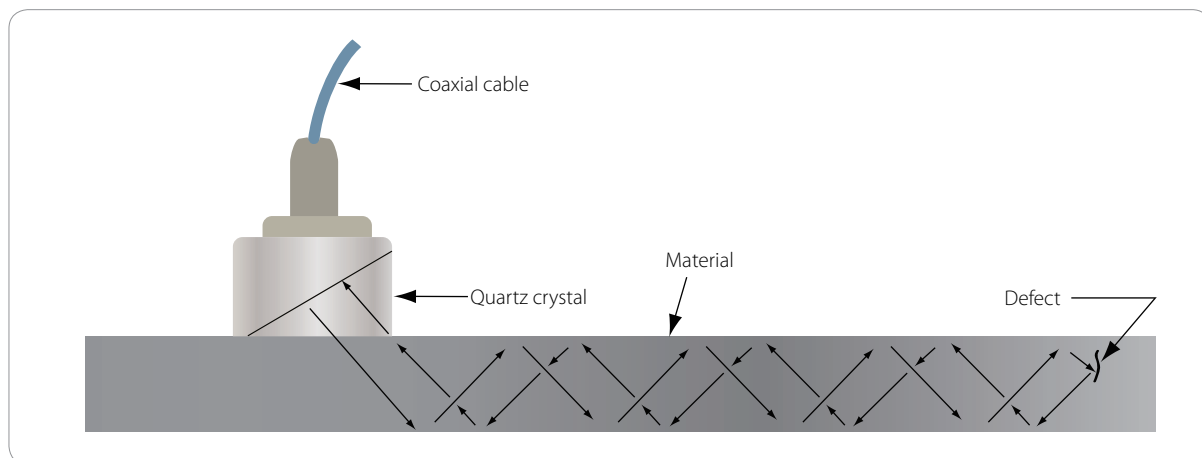
투과법은 2개의 변환기를 사용하는데, 하나는 펄스를 발생시키고 다른 하나는 펄스를 수신하기 위

해 반대쪽 표면에 놓여진다. 초음파 경로에서는 분열은 흠을 지시할 것이고 스크린에 나타난다. 이 투과법은 펄스 반사법보다 작은 결함에는 민감하지 않다.

10.10.6.6 공진법(Resonance)

공진법은 송신 주파수가 끊임없이 변화하는 펄스 반사법과 달리 검사체의 양쪽이 매끄럽고 평행하고 뒤쪽이 접근하기가 어려울 때 두께측정을 위해 사용된다. 시험되고 있는 재료의 공진점은 두께를 결정하는 요소가 된다. 정확한 주파수를 설정하기 위해 표준시험편을 활용한다. 그림 10-10과 같이, 기본 주파수에서 시작하여 점차적으로 주파수를 증가시켜 연속적으로 공진과 소멸 주파수를 기록하여 기본 주파수를 찾기 위한 것이다.

그림 10-11과 같이, 오실레이터회로는 발진기 주파수를 변화시키는 캐파시터(Motor - driven Capacitor)를 포함하고 있다. 주파수 변화는 CRT의 수평적 소사와 동조된다. 수평축은 주파수범위를 나타낸다. 만약 주파수범위가 공진을 포함한다면, 회



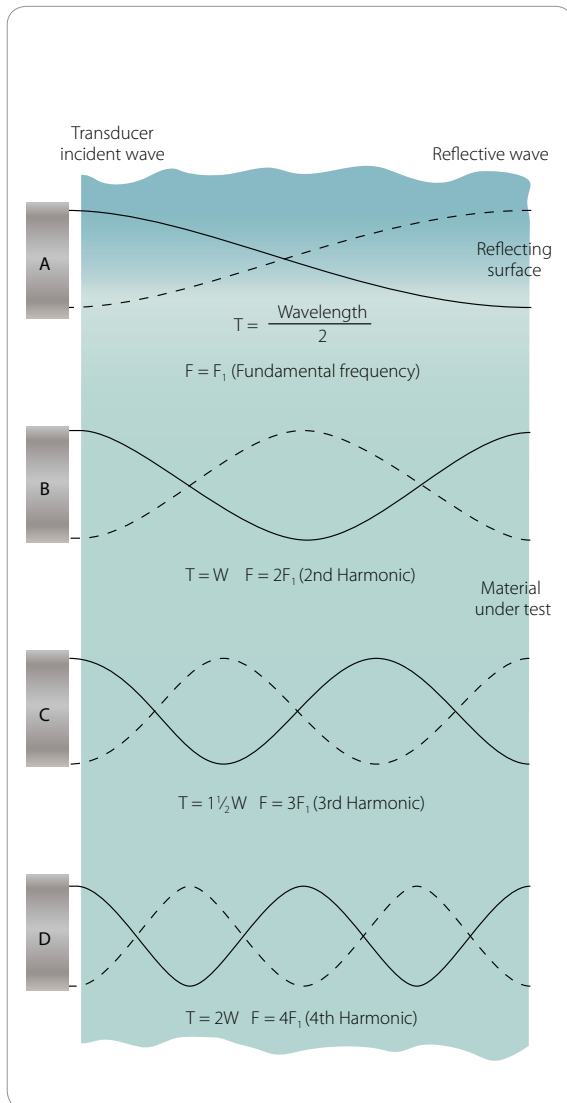
[그림 10-9] Pulse-echo angle-beam testing

로는 수직으로 배열된다. 교정이 된 자가 있어 두께를 직접 읽을 수 있다. 공진두께 계기는 강, 주철, 황동, 니켈, 구리, 은, 납, 알루미늄, 그리고 마그네슘과 같은 금속의 두께를 측정할 수 있다. 탱크, 배관, 비행기 날개 외피, 그리고 다른 구조물 또는 제품의 부식 또는 닳아 해진 위치를 검출할 수 있다. 다이얼식 장치는 0.25~3in. 두께 측정에 아주 좋은

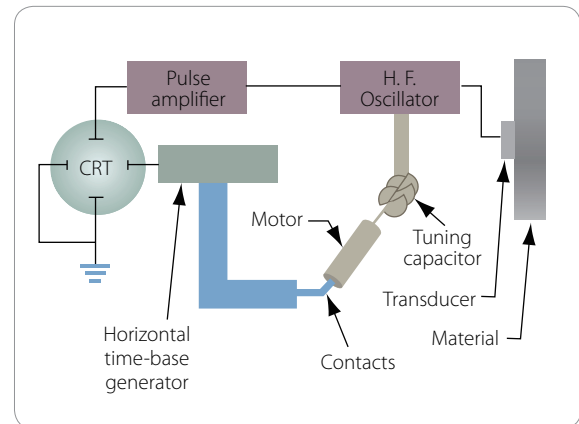
신뢰도를 갖고 있다. 그림 10-12와 같이, 초음파검사는 활용 분야가 다양하지만 검사 방법과 검사장비 사용에 익숙한 숙련된 기술자가 필요하다.

10.10.7 음향방출검사(Acoustic Emission Inspection)

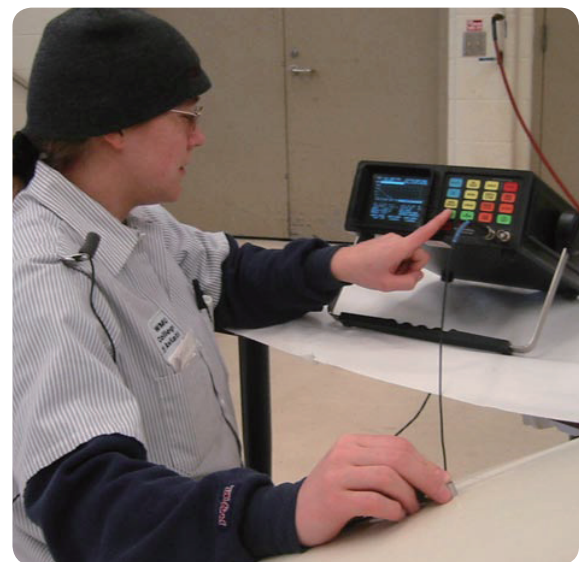
물체에 외력을 가하면 전위가 움직여 어느 점에서



[그림 10-10] Conditions of ultrasonic resonance in a metal plate



[그림 10-11] Block diagram of resonance thickness measuring system.



[그림 10-12] Ultrasonic inspection of a composite structure



수렴하거나, 소성변형이 일어나게 되고 더 큰 힘을 받으면 균열이 발생한다. 전자의 경우 외부로 방출되는 에너지는 작고 연속적이다. 후자의 경우는 변위 개방으로 큰 응력파가 방출되는데 주파수 범위가 50KHz~10MHz 정도의 초음파로 방출되므로 이를 검출하므로써 내부의 변화를 검출하고 파괴를 예지할 수 있다. 기체구조에 응력을 가하면 균열과 부식된 부위에서도 음파를 방사한다. 음향방출시험은 한번의 시험으로 구조물의 결함과 그 위치를 검출할 수 있다는 점에서 다른 비파괴검사 보다 많은 장점을 갖고 있다. 항공기 구조물의 복잡성으로 항공기에 음향방출시험의 적용은 실험기술과 결과 해석에 신중하고도 전문성을 필요로 한다.

10.10.8 자분탐상검사(Magnetic Particle Inspection)

자분탐상검사는 자성체로 된 검사체의 표면 및 표면 바로 밑의 결함을 자장을 걸어 자화시킨 후 자분을 적용하고, 누설자장으로 인해 형성된 자분 지시를 관찰하여 결함의 크기, 위치 및 형상 등을 검출하는 방법이다. 이 방법은 비자성체에 적용할 수는 없다. 철강재료 등 강자성체를 자화하게 되면 많은 자속을 발생한다. 자속은 자기의 흐름으로 나타나며 강자성체 중에서 자속은 쉽게 흐르지만 비자성체 중에서 자속은 흐르기 어렵다. 자속이 흐르는 길에 결함이 있으면 자속이 흐르기 어려워진다. 그러므로 자속은 결함이 가로막게 되면 피해 가려는 모양으로 넓게 흐른다. 자분을 뿌릴 경우 검사체의 표면에 자속을 가로지르는 결함이 있다면 누설자속에 들어간 자분은 자화되어 자극을 나타내는 작은 자석이 되며 자분 서로가 얹혀 결함부의 자극에 흡착한다. 빠

르게 회전하고, 왕복운동, 진동에 노출되고, 대단히 큰 응력을 받는 항공기 부품에서의 작은 결점은 종종 이 부품의 완전한 파손 원인이 되기도 한다. 자분탐상검사는 표면 위쪽에 또는 그 가까이에 위치한 결함의 신속한 탐지에 신뢰할 수 있는 방법이다.

10.10.8.1 기본절차(Basic Procedures)

자분탐상검사의 기본절차는 전 처리, 자화, 자분 적용, 지시의 관찰, 탈자, 기록 등으로 구분할 수 있다.

(1) 전 처리(Pre-cleaning)한 검사체의 표면 상태는 결과에 영향을 미치는 경우가 많으므로 검사체 표면에 있는 오물, 기름, 물기 등을 제거하는 과정을 말한다.

(2) 자화 처리

(3) 자분의 적용

자분탐상에 사용되는 자분은 무독성의 강자성체, 미세한 분말로 이동성이 좋아야 한다. 특히 검사면과의 가시성이 좋아야 한다. 자분은 건식 자분과 습식 자분이 있으며, 형광 물질 여부에 따라 분류된다. 습식자분이 항공기 부품 검사에서 보편적으로 사용된다.

(4) 탈자 방법

자분탐상검사 후에는 검사체의 잔류자장을 제거해야 한다. 특히 차후 공정이나 사용상에 잔류자기가 영향을 미치거나, 처음보다 낮은 전류로 다시 자화를 해야 할 때는 탈자를 해야 한다. 탈자는 적용된 자장의 세기보다 큰 값으로 자장의 방향을 교대로

반전시키면서 자장의 강도를 서서히 감소시켜 탈자시켜 주는 방법과 자장의 세기는 일정하게 유지시키고, 검사체 또는 코일을 자장 중에서 서서히 이격시켜 탈자 시키는 방법이 있다.

10.10.8.2 결함 지시의 현상

(Development of Indications)

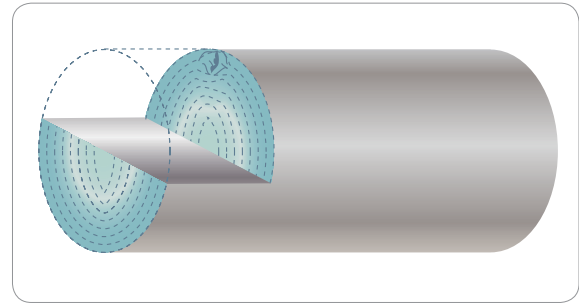
자기화 된 물질의 불연속(결함)이 표면까지 개방되고 이를 지시하는 매질(媒質), 즉 자성을 띤 물질을 표면에 적용할 수 있을 때, 누설자속에 들어간 매질인 자분은 자화되어 자극을 나타내는 작은 자석이 되며 자분 서로가 얹혀 결함 부위의 자극에 흡착하게 된다. 부품에 있는 자기(磁氣)로 인해 표면에 뿌려진 자분은 결함 부위에 결함의 윤곽 형태로 정착하여 남게 된다. 부품 표면으로 개방되지 않은 경우도 동일한 현상이 일어나지만, 이 경우는 누설자속의 양이 적으므로 자분의 응집이 적다. 결함이 표면보다 훨씬 아래쪽에 존재하면, 누설자속 양은 거의 없어 자분의 응집 현상도 나타나지 않는다. 그림 10-13, 14를 참고하라

10.10.8.3 노출된 결함의 형태

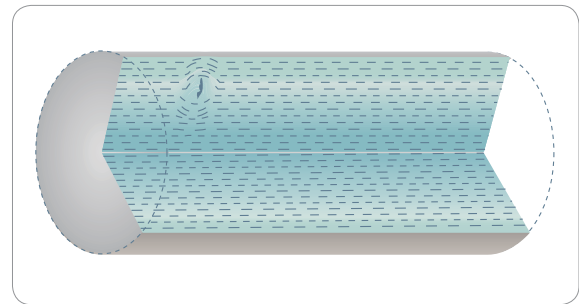
(Types of Discontinuities Disclosed)

자분탐상시험으로 불연속 형태인 균열, 갈라진 틈(seam), 주름(Lap과 Cold shut 형태) 함유물, 찌개진 금, 찢어진 곳, 관의 파열, 기공을 검출할 수 있다.

균열, 찌개진 금, 터짐, 찢어진 곳, 갈라진 틈, 기공, 관의 분리 현상은 금속의 파열로 형성된다. 금속의 주름은 제조 공정에서 형성된 주름이다. 함유물은 금속제조 열처리 시에 들어간 불순물에 의해 형성된 이물질이다. 함유물은 금속구조의 입자간 결합



[그림 10-13] Flux leakage at transverse discontinuity



[그림 10-14] Flux leakage at longitudinal discontinuity

이나 용접을 방해하여 금속구조의 연속성을 방해하는 결함이다.

10.10.8.4 준비 및 전처리

(Preparation of Parts for Testing)

윤활유, 오일, 오염물질은 부품을 시험하기 전에 모두 제거 되어야 한다. 검사체의 오염 물질에는 자성을 띤 미립자가 있어 결함과 무관한 지시를 조성할 수 있고, 자분의 결함 형태의 형성을 방해하므로 세척이 중요하다. 특히, 건식 자분으로 탐지할 때에는 세척을 완벽하게 하여야 정확한 검사 결과를 얻을 수 있다. 내부통로 기공이나 오일 구멍 등 표면에 개방된 구멍은 파라핀과 같은 마찰을 일으키지 않는 물질로 막아야 한다.

카드뮴, 구리, 주석, 아연 코팅은 너무 두껍거나 얇



은 곳을 제외하고 자분탐상검사에 영향이 없다. 크롬 도금, 니켈 도금은 일반적으로 모재 표면의 균열의 표시에 간섭이 없지만, 함유물에 의한 불연속은 나타난다. 니켈도금이 크롬도금보다 강자성체이다.

10.10.8.5 자속방향 효과(Effect of Flux Direction)

부품의 결점을 찾는 데 효과적이라면 자력선과 결점은 수직을 이뤄야 한다. 결점은 부품의 축에 어떤 각을 이루기 때문에 하나 이상의 자속을 유도시켜야 한다. 원형자화와 선형자화라는 두 가지 자화 작업이 필요하다. 그림 10-15는 자속 방향 효과를 보여준다.

검사체에 전극을 접촉시켜 직접 통전하거나, 링, 튜브와 같은 부품 안에 전도체를 위치시켜 통전시키면 원형자장이 형성된다. 원형자화는 부품 내부에 동심원의 자기장을 유도하는 방법이다. 이 방법은 부품의 축에 평행하게 연속하는 결점의 위치를 찾는 방법이다.

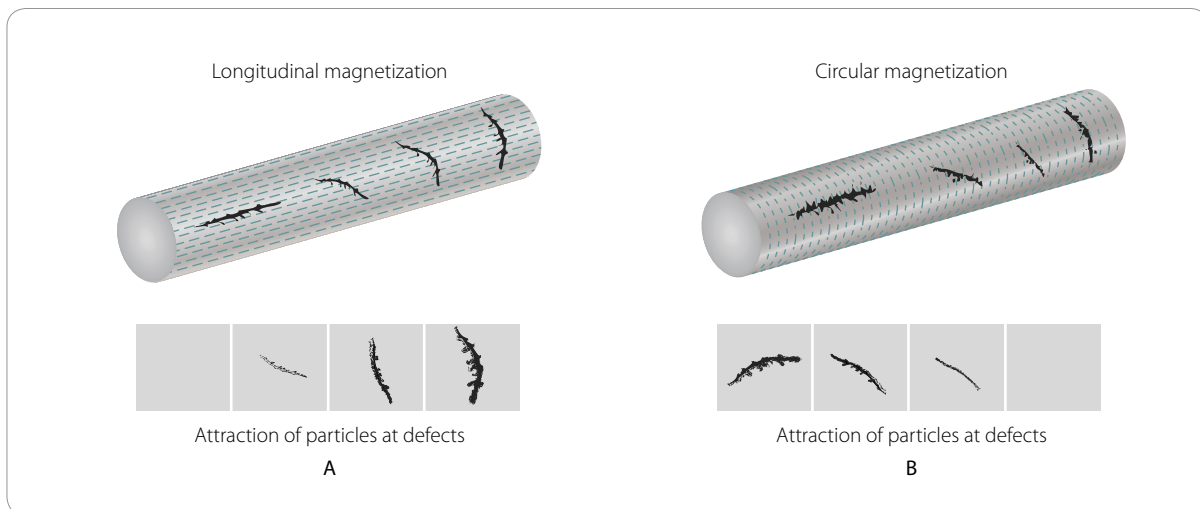
그림 10-16은 크랭크샤프트의 원형자화를 보여준

다. 선형자화는 코일에 전류를 통전 시키면 자속이 직선으로 이루어지는 것을 이용한 방법으로, 자기장은 부품의 장축 방향과 평행하게 형성된다. 전류로 여자된 솔레노이드에 부품을 놓아 유도자기장을 이용하는 것이다.

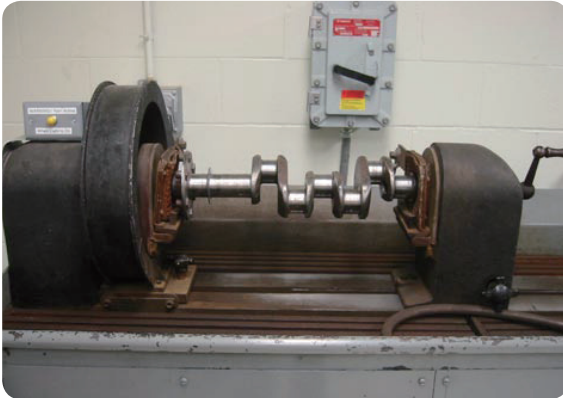
그림 10-17과 같이, 긴 부품의 선형자화에서, 솔레노이드는 부품 자화를 위해 부품의 종축을 따라 이동시켜야 한다. 대형 또는 복잡한 시험체의 국부적 검사에 활용되고 있다.

10.10.8.6 자속밀도의 효과(Effect of Flux Density)

자분탐상검사의 유효성은 부품 표면의 자속밀도 또는 전계강도에 따른다. 부품의 자속밀도가 증가되면 누설 자속이 증가하고, 이에 따라 자분이 결함 부위에 잘 형성되므로 시험감도 역시 증가한다. 그러나 자속밀도가 과도하면, 검사체 자체의 금속구조(입자구조)도 지시하여 결함과 무관한 지시가 나타난다. 그러므로 모든 가능한 해로운 불연속 상태(결함)이 나타날 정도의 자속밀도만 사용하는 것이 필요하다.



[그림 10-15] Effect of flux direction on strength of indication



[그림 10-16] Circular magnetization of crankshaft



[그림 10-17] Longitudinal magnetization of crankshaft(Solenoid method)

10.10.8.7. 자화방법(Magnetizing Methods)

자화는 다음 사항을 고려하여 적절한 방법을 선택한다.

- 자장의 방향은 예상 결함 방향과 직각을 이루도록 한다.
- 자장의 방향은 검사면과 평행하도록 한다.
- 검사 면을 손상시킬 우려가 있으면 직접 통전하지 않는다.
- 자화방법 및 자화 전류값, 자화시간

자화를 위한 전류의 통전 시간은 전류를 통과시키는 방법에 따라 연속법과 잔류자기법이 있다. 검사체의 자성 특성과 부품의 모양에 따라 연속법과 잔류자기법을 선택한다.

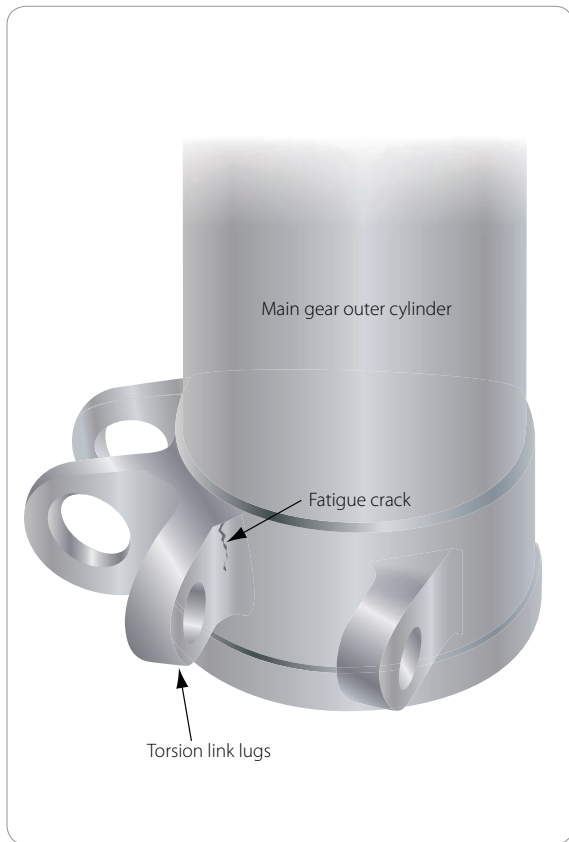
연속검사법에서, 부품의 자화가 연속적으로 이루어지고 있는 동안, 즉 자속밀도가 최대로 유지되는 동안 자분이 적용된다. 이 방법은 실제로 원형자화 절차와 선형자화절차 모두에 이용하게 된다. 연소법이 검사체 표면 바로 밑에 있는 결함 검출에 효과적이어서 항공기 부품 검사에 활용된다. 부품을 자화력을 제거한 후의 잔류자기를 이용하는 방법이 잔류자기 검사절차이다.

10.10.8.8 지시의 식별(Identification of Indications)

현상의 특징을 평가하는 것이 매우 중요하다. 검사체의 지시 특성을 평가하는 것은 극히 중요하고, 때로는 증상만을 관찰하기가 곤란할 경우가 있다. 지시의 특성으로서는 윤곽의 형태, 형성된 모양, 폭, 선명도 등이다. 표면에 노출된 균열은 쉽게 구별할 수 있다. 피로균열, 열처리균열, 용접과 주물에 있어서의 수축균열, 그리고 연마균열 등이 표면에 노출된 균열이다. 그림 10-18은 피로균열의 예이다.

10.10.9 형광자분검사(Magnaglo Inspection)

이 검사는 형광 미립자 용액을 사용하고 불가시광선(Black Light)을 비추어 검사한다. 검사 효율이 결함 내부에 침투한 형광 침투액의 효과로 아주 높다. 이 방법은 치차 나사가 난 부품, 엔진 부품의 접점 검출에 효과적이다. 사용되는 적갈색 액체가 형



[그림 10-18] Fatigue crack in a landing gear

광자분이다. 검사 후, 부품은 자성을 없애야 하고, 세척용제로 행구어준다.

10.10.9.1 자화장비(Magnetizing Equipment)

(1) 고정식 장치

그림 10-19는 고정식 일반 범용 자화 시험 장비이다. 이 장치는 습식연속자화와 잔류자화절차 모두 수행할 수 있고 직류(直流)를 사용하여 자화시킨다. 동력원은 내장 축전지에 의한 직류 또는 교류를 정류한 직류를 사용한다. 고정된 헤드와 이동식 헤드 가 있고 직류가 연결된다. 이 2개의 헤드 사이에 검

사체를 거치할 수 있는데, 이동식헤드가 가하는 힘은 고정식헤드의 스프링 탄성에 전달되어 검사체가 고정된다.

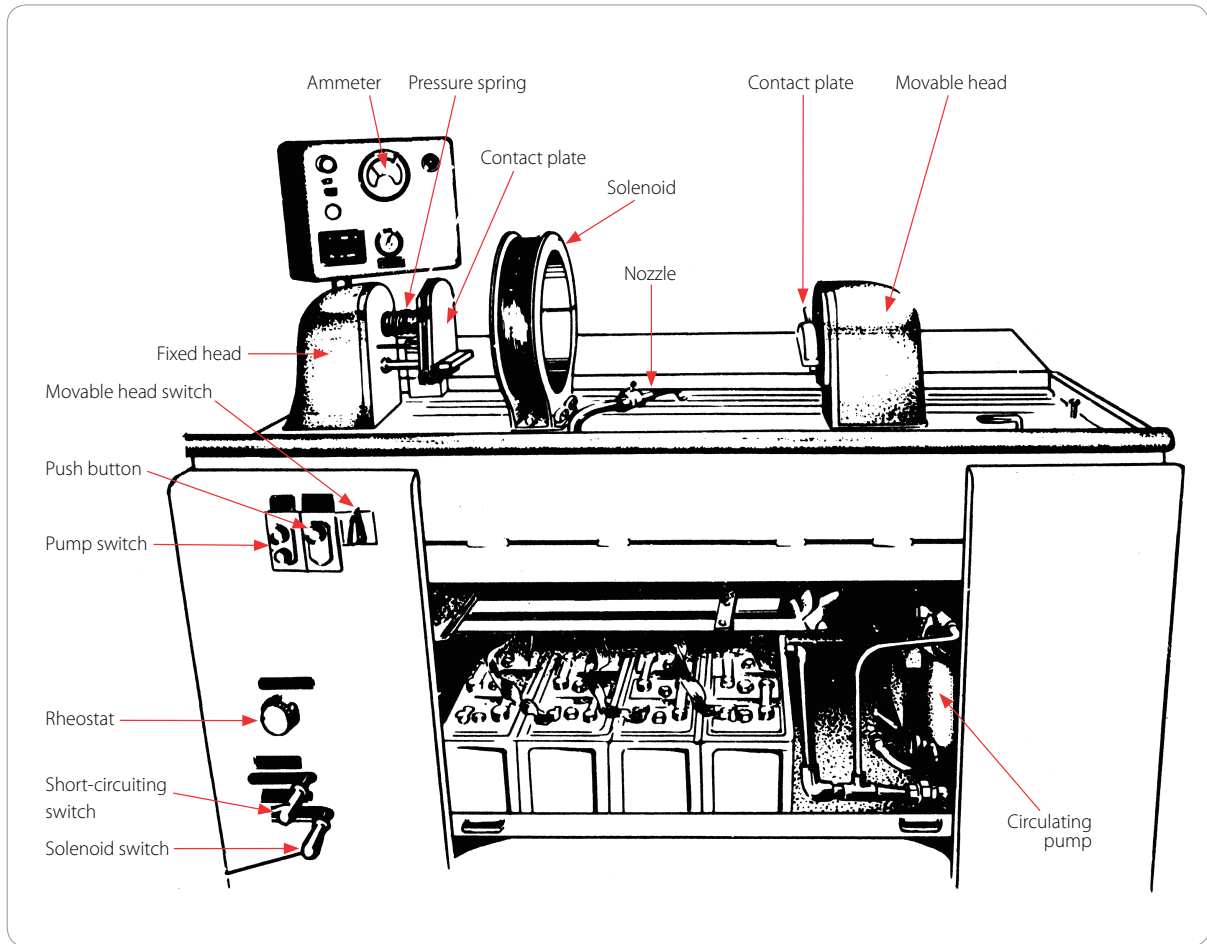
전동 모터로 구동되는 이동식 헤드는 세로방향으로 가이드를 따라 움직인다. 스프링은 움직이지 않게 되는 것을 피하도록 이동식 헤드가 충분히 이동하여 전기적 접촉이 확실하게 유지되도록 검사체 끝 부분에 압력을 가한다.

고정된 헤드 있는 플런저 스위치는 스프링이 적절하게 압축되면 이동식 헤드의 운동회로의 전기적 운동 회로에 공급되는 전기를 차단한다. 자기화 회로는 앞쪽의 푸쉬 버튼을 눌러 접속하는 데 0.5 초의 시간차가 있다. 자화전류의 강도는 레오스타트(Rheostat)에 의해 수동으로 필요 값을 설정하거나, 레오스타트 차단회로 스위치(Rheostat Short-circuiting Switch)로 장치의 용량에 따라 증가시키게 된다.

선형자화는 슬레노이드에 의하여 이루어지며, 이동식 헤드와 같은 가이드 선로에서 운동하며 스위치에 의해 전기적 회로와 연결된다. 현탁액은 노즐을 통해 검사체에 적용되고, 검사체에서 떨어진 현탁액은 집수 팬 안에 있는 비금속 그릴을 경유하여 모이게 된다. 순환펌프에 의해 배수조로 회귀한다.

(2) 이동식 장치(Portable General Purpose Unit)

이 장치는 고정식 장치가 없는 장소 또는 항공기에서 장탈하지 않는 항공기 구조부재에서 검사를 수행하기 위한 장비이다. 착륙장치의 균열 검사, 엔진 장착대 균열 검사에 아주 유용하게 쓰인다. 그림 10-20과 같이, 이 장치는 오직 자화전류와 비자화전류의 공급원이다. 200V, 60Hz 교류로 작동되며



[그림 10-19] Fixed general-purpose magnetizing unit

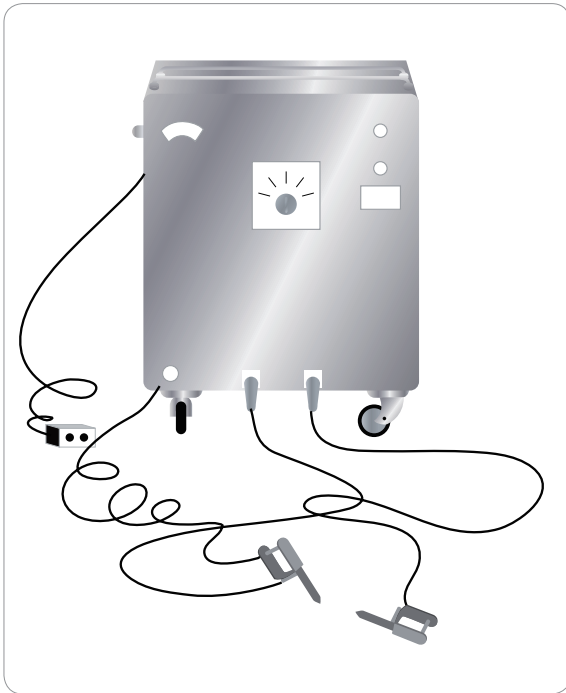
필요 시 직류를 공급하기 위한 정류기가 내장되어 있다. 자화전류는 플렉시블 케이블을 통해서 공급된다. 케이블 터미널은 그림과 같이 침(prod) 또는 클램프로 되어 있다. 원형자화는 침 또는 클램프를 사용하여 조성된다.

선형자화는 검사체 주위에 케이블을 감아 조성한다. 자화전류 강도는 8점식 탭 스위치로 제어되고, 자화 시간은 고정식 장치와 같이 자동적으로 조절된다. 이 장치는 탈자 장치로도 사용 가능하며, 고전류, 저전압 교류가 공급된다. 이 교류는 부품을 통과

하면서 점차적으로 감류기에 의해 감소된다. 평평한 면 형태의 대형 구조물을 시험하는 경우 침이 사용된다. 검사체는 장치에 고정하고 현탁액을 국부적으로 뿌려 시험하는데 이 액체는 탱크로 회수한다. 침은 시험되고 있는 표면에 단단히 고정시킨다. 고전류는 접촉 부위를 태울 수도 있으므로 주의한다.

10.10.9.2 지시매질(Indicating Mediums)

자분탐상검사에 이용할 수 있는 매질은 습식과 건식이다. 이 매질의 역할은 검사체의 결함을 지시하



[그림 10-20] General-purpose portable unit

는 것이다. 검사체 표면에 이 매질에 의해 형성되는 특별한 지시는 중요하므로 일반적으로 습식에서는 검정색과 빨간색이고 건식에서는 검정, 빨강, 회색이다. 매질은 높은 투자율(high-permeability)과 낮은 보자성(low-retentivity)을 가져야 한다. 높은 투자율은 자기에너지의 최소가 불연속으로 인한 누설자속이 매질을 응집시키는 것을 확실하게 하며, 낮은 보자성은 자석의 미립자의 움직임이 그들 자체를 자화하여 서로 끌어당기는 미립자에 의해 방해되지 않도록 한다.

10.10.9.3 탈자(Demagnetizing)

검사 후에 잔류하는 영구자기를 부품에서 제거하는 작업이 탈자이다. 작동 기구에 남아 있는 자력은 줄밖, 연마, 칩 등을 끌어 당겨 작업 시에 결함을 초

래할 수도 있어 탈자를 확실하게 해야 한다. 탈자가 안 된 부품에 미립자가 축적된다면 이 작동기구의 베어링이나 가공하는 물체에 스코어링과 같은 결함을 유발한다. 기체 부품은 그러한 미립자의 축적으로 계기에 영향을 미치지 않도록 탈자 시켜야 한다. 항공기 부품에 대한 탈자 방법은 부품에 계속하여 자력선의 방향을 변경하면서, 동시에 자력의 세기도 점차적으로 감소시키는 방법이 주로 사용된다.

10.10.9.4 표준 탈자 방법

(Standard Demagnetizing Practice)

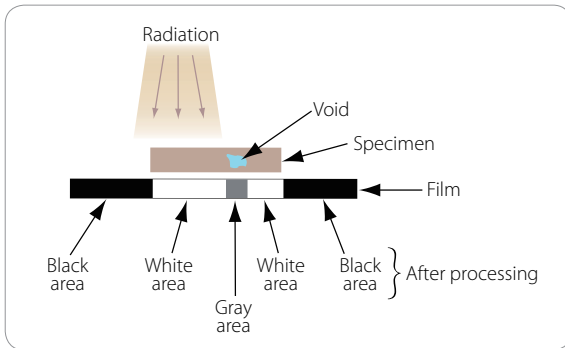
표준적 탈자 방법으로 교류 솔레노이드 코일을 사용한다. 부품이 솔레노이드의 교번자장(交番磁場)에서 멀어지면 부품의 잔류 자기는 점차 감소한다.

탈자할 물체와 근사한 크기의 탈자기 탈자장치기 사용되어야 한다. 탈자가 쉽지 않은 부품은 2~4번 이장치의 안팎을 천천히 지나가게 해야 하고, 동시에 여러 방향으로 회전시켜야 한다. 자력 제거에 효과적 절차는 자장의 강도에 떨어져서 부품을 천천히 움직이는 것이다. 탈자장치로부터 1~2[feet]까지 이격하여 머무르도록 한다. 탈자장치에는 전류 제거를 천천히 하여 부품이 다시 자력을 갖지 않도록 한다. 이동식 장치에서의 탈자는 부품에 교류를 가하여 점차적으로 전류값이 0이 될 때 충분히 탈자하는 것이다.

10.10.9.5 방사선 사진(Radiographic)

물체 침투하여 불연속(discontinuity)을 나타내는 독특한 능력으로 X-선과 감마선이 재질 구성, 비금속 제품의 방사선 검사에 적용된다.

그림 10-21과 같이, 투과성 방사선은 검사체에 투



[그림 10-21] Radiograph

사되고 필름에 잠재적 상을 감광시킨다. 필름을 현상하면 방사선 사진, 필트겐 사진이 된다. 이러한 검사방법은 기체구조와 엔진을 점검하는 신속하고도 확실한 방법이다.

10.10.10 방사선투과검사(Radiographic Inspection)

방사선 투과검사는 병원에서 X-Ray 검사로 우리 몸속의 이상 유무를 검사하는 것과 같이 금속이나 기타 재질에 대하여 방사선 및 필름을 이용하여 내부에 존재하는 불연속(결함)을 검출하는 데 적용되고 있는 비파괴 검사방법이다. 이 기술은 최소의 분해나 분해 없이 기체구조와 엔진에서 흠결의 위치를 알아내기 위해 사용된다. 의심되는 부분을 장탈, 분해, 도색제 벗기기 등이 필요한 여타 비파괴 검사방법과 크게 다른 것이다. 방사선 위험으로 인하여, 집중적인 훈련을 받고, 자격 있는 방사선촬영기사 방사선 발생장치를 동작시킬 수가 있다. 세가지 주요 단계는 (1) 준비와 검사할 물체를 방사선에 노출 (2) 필름의 처리(현상) (3) 방사선 사진의 해석이다.

10.10.10.1 준비와 노출(Preparation and Exposure)

방사선 노출 정도를 결정하는 요인은 다음과 같다.

- (1) 재료 두께와 밀도
- (2) 물체의 모양과 크기
- (3) 탐지하고자 하는 결점의 종류
- (4) 방사선 발생 기계장치의 특성
- (5) 노출 거리
- (6) 노출 각
- (7) 필름 특성
- (8) 증감지(intensifying screen)의 종류

장치의 정격 전압, 크기, 휴대성, 조작의 용이성, 노출특성은 완전하게 이해하고 있어야 한다. 유사 물체에서의 촬영 경험은 전체 노출의 결정에서 매우 유익한 기술이다. 노출일지 또는 기록은 방사선 사진에 대한 길잡이로서 특별한 자료가 된다.

10.10.10.2 필름현상(Film Processing)

X-ray에 노출된 필름의 감광상태는 현상액, 화학용액, 산과 그리고 정착액(fixing bath) 적용, 뒤이어 깨끗한 물 세정을 연속하여 거치면 현상이 된다.

10.10.10.3 방사선사진 해석

(Radiographic Interpretation)

품질보증 측면에서 볼 때, 방사선 사진의 해석은 이 검사 방법의 중요한 국면이다. 판단 실수가 비참한 결과를 만들어낼 수 있기 때문이다. 이 과정에서 구조물 또는 부품의 사용에 적합한지 부적합한지를 판단하기 때문이다. 간과하거나, 이해하지 못하거나, 또는 부적절하게 판단하는 믿을 없는 상황이



나 결점은 방사선촬영의 목적과 노력을 소멸시킬 수 있고, 항공기의 구조적 완전무결성을 위태롭게 하기 때문이다. 부적절한 해석에 근거하여 부품 또는 구조물을 합격시키는 사실에서 파생되는 위험, 즉 안전장애의 발생 원인이 될 수 있기 때문이다. 해석은 매우 다양하고 복잡한 것이다. 이 장에서는 오직 일부 공통된 결점의 설명을 포함하는 방사선 사진 해석의 기본적인 사항만을 기술한다. 경험적으로 방사선 사진 해석은 작업한 검사체 근처에서 실물을 보면서 해석하는 것이 직접 비교할 수도 있고, 그리고 표면 상태, 두께, 변동과 같은 징후를 판단할 수 있기 때문이다.

방사선사진 분석을 할 때 고려해야 할 요인은 다음과 같다.

흠이나 결함은 기본적인 3가지가 있는데, 빈 공간, 함유물, 치수 불규칙이다. 치수의 불규칙성은 방사선 촬영에서는 정확하지 않기 때문에 제외한다. 빈 공간과 함유물은 이차원 평면에서 삼차원 구체에 이르기까지 여러 가지 형태로서 방사선사진에 나타난다. 공동(cavity)은 삼차원의 구체와 같이 보이게 되지만, 균열, 찢어진 곳, 또는 쇠물 맞닿는 선은 대부분 이차원의 평면과 닮아 있다. 수축, 산화 내재물(oxide inclusion), 다공성(porosity) 등과 같은 다른 형태의 흠은 이들 두 가지의 극단적인 형태 중 하나인 것이다.

흠의 결합구조를 분석하는 것이 중요하다. 예를 들어, 균열과 같은 흠에서, 그 끝은 기공과 같은 흠에서 보다는 훨씬 선명하게 나타난다. 또한 재료강도는 흠 모양에 의해 악영향을 받는다. 날카로운 첨단이 있는 흠은 국부적 응력집중의 출처를 입증한다. 둥그런 흠은 재료강도에의 영향은 적다. 규격

서, 참고표준서는 불합격의 원인이 되는 균열, 쇠물 맞닿는 선 등과 같은 흠이 명문화되어 있다.

재료강도 흠의 크기에 영향을 받는다. 금속 장비품은 어떤 하중에 안전계수를 더하여 견디도록 설계되었다. 흠이 포함되어 있다 해서 장비품의 표면적을 줄이면 부품을 약화시키고 안전계수가 감소된다. 때때로 일부 흠은 안전계수를 이유로 장비품에서 허용되는데, 이 경우에 있어서, 해석하는 사람은 디자인에 의해 명시된 공차 또는 완전하지 못함의 정도를 결정해야 한다. 날카로운 첨단의 작은 흠이 이것 없는 큰 흠만큼 나쁜 것일 수 있기 때문에 신중히 고려해야 한다. 흠 분석에 있어 또 하나 고려할 것은 위치이다. 금속 장비품은 사용수명 중에 여러 가지 다양한 힘을 받는다. 힘의 분포는 장비품과 부품에서 동일하지 않고, 어떤 중요한 곳은 오히려 더 큰 응력을 받게 된다. 필름을 해석할 때 이 부위는 특별히 주의한다. 흠 위치의 또 다른 측면은 서로 인접되어 있는 불연속이 응력집중의 출처로서 잠재적으로 작용하는 것이다.

함유물은 물체에 내재되고 있는 물질의 조성이다. 이러한 흠은 방사선 사진에 찍힌 것 보다 더 크거나 또는 작은 밀도를 가진 것일 수도 있다. 이물질은 함유한 흠은 부식의 근원이 될 수 있다.

10.10.10.4 방사선 위험(Radiation Hazards)

방사선에 피폭되면 인체에 장애가 생긴다는 것은 잘 알고 있는 사실이다. 따라서 방사선을 취급할 때에는 세심한 주의를 해야 한다. X-선 발생장치는 전원을 끄면, X-선이 발생하지 않지만 감마선원은 방사선 방출을 중지할 수 없기 때문에 방사선 안전 관리에 특히 신중을 기하지 않으면 안 된다.

X-ray 장치와 방사성동위원소로부터 나온 방사선에 피폭된 살아 있는 세포 조직은 파괴된다. 이러한 사실은 장비 사용 시에 적절한 보호 조치를 취해야 함을 의미한다. 방사선 발생장치 사용자는 항상 X-ray Beam의 바깥쪽에 있어야 한다. 방사선이 지나가는 모든 물질은 변화된다. 이것은 살아있는 세포조직에서도 마찬가지이다. 방사선이 신체의 분자에 부딪힐 때, 단지 소수의 전자를 몰아내는 것에 지나지 않지만, 그 양이 초과하면 돌이킬 수 없는 해를 입을 수 있다. 복잡한 조직이 방사선에 노출되었을 때, 손상의 정도는 변화된 신체 세포에 따른다. 방사선이 침투된 신체의 중심에 있는 심장·뇌 등의 생명 유지에 절대 필요한 기관은 대부분 해치게 된다. 피부는 보통 방사선의 대부분을 흡수하고 방사선에 가장 빠른 반응을 나타낸다.

만약, 전체의 신체가 방사선의 아주 많은 조사량에 노출되면 죽음에 이를 수도 있다. 방사선의 병리학적 영향의 형태와

심가도는 한꺼번에 받는 방사선의 양과 노출된 신체 신체의 비율에 따른다. 작은 조사량은 짧은 기간 동안에 혈액장애와 소화기장애의 원인이 될 수 있다. 더 많이 조사되면 백혈병과 암, 피부 손상, 탈모도 될 수가 있다. 방사선 안전장치에 대해서는 본서 정비안전관련 부분을 숙지하기 바란다.

10.11 복합재료의 검사 (Inspection of Composites)

복합재료구조는 내부 복합재료 층(fly)의 분리, 중심과 외피의 접착이완(debonding), 습기와 부식 등

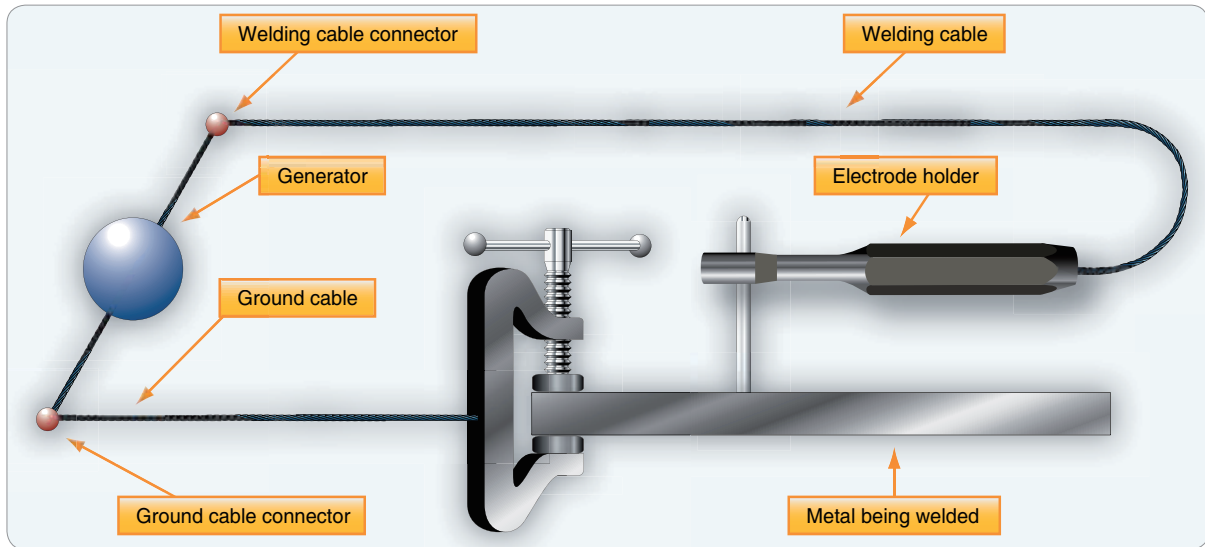
에 의한 층분리(delamination)에 대해 검사한다. 초음파 시험, 음향방출시험, 그리고 방사선검사가 항공기 제작사의 권고에 따라 사용한다. 복합재료 구조의 시험에 사용되는 가장 간단한 방법이 두드려 보는 탭 시험(Tap Test)이다.

10.11.1 탭 시험(Tap Testing)

Coin Test라고도 부르는 이 시험방법은 얇은 층으로 갈라지는 층분리 또는 접착부분 이완의 존재 여부를 검사하는 데 폭 넓게 사용된다. 시험절차는 무게 2온스의 가벼운 해머, 동전, 또는 다른 적당한 공구로 표면을 가볍게 두드려 불량이 있는 곳과 없는 곳의 소리를 듣고 판단한다. 소기가 다르거나 무음 지역은 결함 존재 우려가 있는 부분이다. 이 방법은 두께 0.08인치 이하의 비교적 얇은 외피에 있는 결점을 찾아낼 때 효과적이다. 벌집모양 구조에서는 양면 모두를 시험해야 하며, 한쪽만 하는 경우에는 반대쪽의 접착이완과 같은 결함을 찾지 못한다.

10.11.2 전기적 전도율(Electrical Conductivity)

복합재료 구조는 본질적으로 전기적인 전도성이 없다. 전기적 전도성이 저속 항공기에서는 문제점이 없으나, 고속, 고성능 제트 항공기에서는 전도성을 가진 복합재료 구조물 즉, 알루미늄을 여러 가지 방법으로 구조물 내에 삽입하여 전도성을 가진 구조로 만들어 사용한다. 알루미늄을 wire mesh, 스크린, Foil 형태로 복합재료 적층 사이에 끼워 넣는다. 복합재료 구조를 수리하였다면 이 전도경로가 복원되었는지 검사를 해야 한다. 수리 시에 전도물질이 포



[그림 10-22] Typical Arc Welding Circuit

함되어야 하고, 교환된 전도체도 전도성이 복원되었는지 검사를 한다. 전기전도율은 저항측정기로 점검하면 된다.

10.12 용접 검사(Inspection of Welds)

용접이란 접합하고자 하는 2개 이상의 물체나 재료의 접합 부분 사이에 용융된 용가재를 첨가하여 접합시키는 것이다. 용접 작업은 작업 공정을 줄일 수 있으며, 이음 효율을 향상시킬 수 있다. 또, 주물의 파손부 등의 보수와 수리가 쉽고, 이종 재료의 접합이 가능하다. 그러나 열로 인하여 제품의 변형과 잔류 응력이 발생할 수 있고, 품질 검사가 곤란하며, 작업 안전에 유의하여야 한다. 그림 10-22는 용접 회로도를 나타낸 것이다.

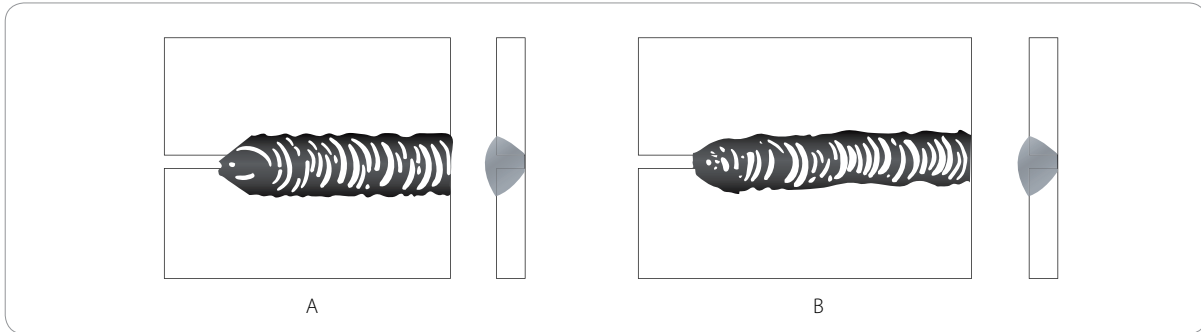
용접부 검사에는 방사선 검사, 초음파 검사, 자분 검사, 형광 검사 등이 널리 사용된다. 용접 결합부위

검사에는 파면검사, 마크로 조직검사, 천공검사, 음향검사와 같은 방법도 이용되고 있다. 여기서는 주로 시각적인 용접 품질에 대한 검사를 설명한다. 용접한 부위의 외관은 용접 품질 판정의 중요한 길잡이 역할을 한다. 적절한 이음용접 부위는 모재보다 더 강하다.

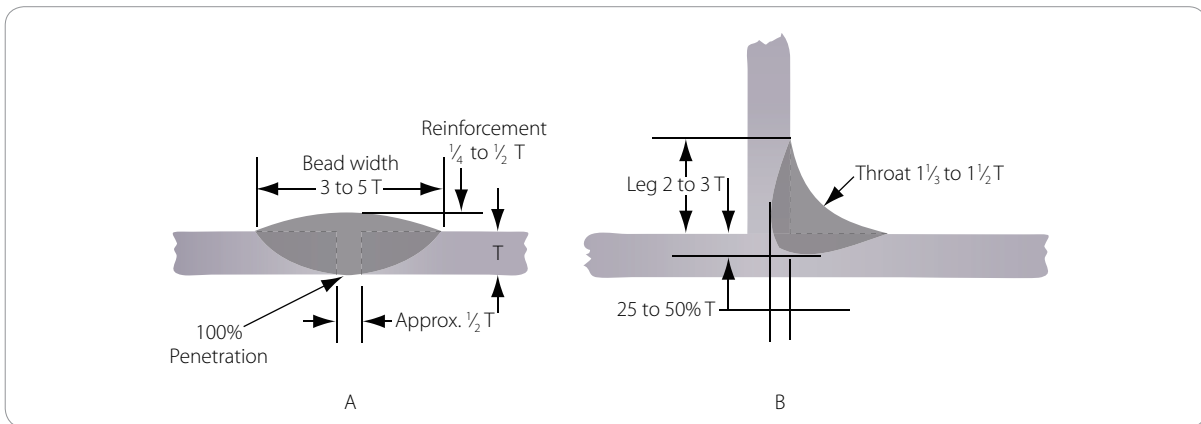
그림 10-23과 같이, 양호한 용접은 폭이 균일하고, 과열이 없었다면 탄 흔적도 없고, 깃털 모양의 잔물결 형태 기공, 다공성, 함유물이 없다.

그림 10-23의 B의 비드 끝은 직선이 아니지만, 충분히 침투되어 있기 때문에 양호한 용접이다.

용입의 길이는 용해의 깊이이다. 용입은 모재의 두께, 용접봉의 크기, 용접작업 등에 영향을 받는다. 맞대기 용접에서, 비드의 크기는 모재 두께의 100%이어야 한다. T형 용접에서, 비드 크기는 두께의 25~25%이다.



[그림 10-23] Example of good welds



[그림 10-24] (A) Butt weld (B) fillet weld showing width and depth of bead

(1) 균열

균열은 용접부에 생기는 것과 모재의 변질부에 생기는 것이 있다. 용착 금속 내에 생기는 것은 용접부 중앙을 용접선에 따라 생기든가 용접선과 어떤 각도로 나타난다. 그리고 모재의 변질부에 생기는 균열은 재료의 경화, 적열취성 등에서 생긴다.

(2) 변형 및 잔류응력

용접할 때 모재와 용착금속은 열을 받아 팽창하고 냉각하면 수축하여 모재는 변형한다. 용접부에 변형이 일어나지 않게 하기 위하여 모재를 고정하고 용접하면 모재의 내부에 응력이 생기는데 이것을 구속

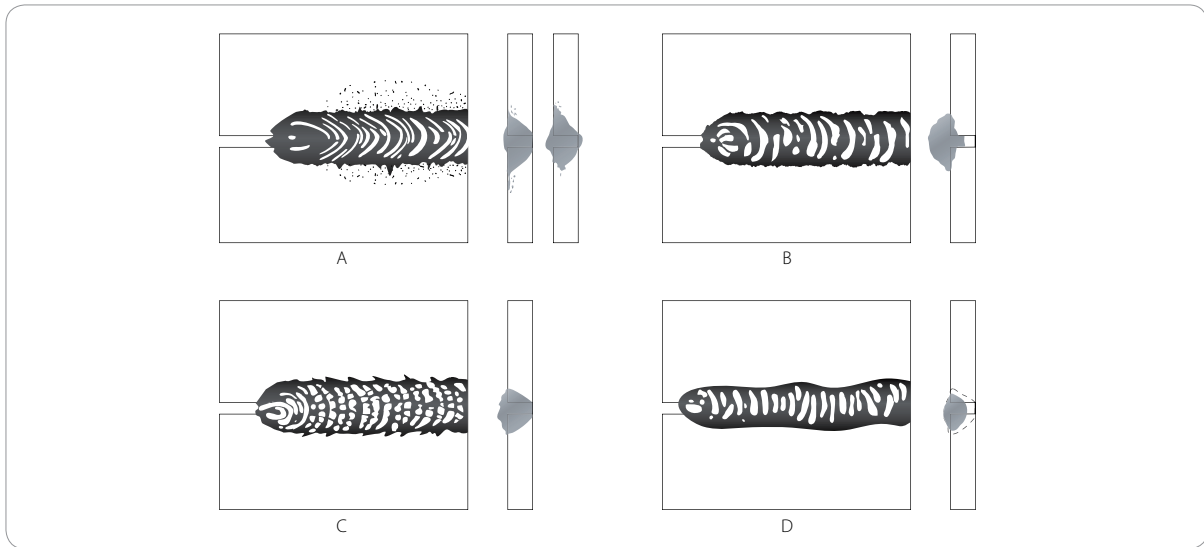
응력이라 하고, 자유로운 상태에서도 용접에 의한 응력이 생기는데 이것을 잔류응력이라 한다.

(3) Under Cut

모재 용접부의 일부가 지나치게 용해되든가 또는 녹아서 홈 또는 오목한 부분이 생기는데, 이것을 언더컷이라고 한다. 용접 표면에 노치 효과를 생기게 하여 용접부의 강도가 떨어지고, 용재(Slag)가 남는 경우가 많다.

(4) Overlap

운봉이 불량하여 용접봉 용융점이 모재 용융점보다 낮을 때에는 용입부에 과잉 용착금속이 남게 되



[그림 10-25] Example of poor welds

는 현상이다.

(5) Blow Hole

용착금속 내부에 기공이 생긴 것을 말하며, 구상 또는 원주상으로 존재한다. 이것은 용착금속의 탈산이 불충분하여 응고할 때 탄산가스로 생긴 것과 수분이 함유된 용제를 사용하였을 때 수소가스 등이 발생 원인이다.

(6) Fish Eye

용착 금속을 인장시험이나 벤딩 시험한 시편 파단면에 0.5~3.2mm 정도 크기의 타원형 결함으로 기공이나 불순물로 둘러싸인 반점 형태의 결함으로 물고기의 눈과 같아 fish eye 또는 은점이라고 한다. 저수소 용접봉을 사용하면 이것을 방지할 수 있다.

(7) 선상조직

용접할 때 생기는 특이조직으로서 보통 냉각속도

보다 빠를 때 나타나기 쉽다. 이 조직은 약하고 기계적 성질이 불량하므로 이것을 방지하기 위해서는 급랭을 피하고, 크레이트 및 비이드의 층을 제거하고 저수소 용접봉을 사용해야 한다.

그림 10-25의 A는 너무 빨리 용접할 때 나타난다. 과도한 양의 열 또는 산화불꽃에 의해 발생된다. 용접이 횡단면을 만들었다면, 기공, 다공성, 용재 혼입 등이 있다.

그림 10-25의 B는 부절절한 비드가 형성된 용접이다. Cold Lap은 불충분한 열로 용접봉이나 모재가 충분히 녹지 않은 상태에서 용착된 상태이다.

그림 10-25의 C는 과도한 양의 아세틸렌 사용으로, 용접봉이나 모재가 녹은 상태에서 끓게 되어 작업 말미에 크레이터를 따라 용기 상태를 남기게 된다. 절단면을 보면 기공과 다공성이 보인다.

그림 10-25의 D에서는 불규칙한 끝단과 비드 깊이가 불량한 용접이다.