

## 내구성 시험을 이용한 항공기 엔진부품의 품질인증

박토순\*, 김성규\*, 김철인\*

### Quality Assurance of Aircraft Engine Parts Using Accelerated Mission Test

To-Sun Park\*, Sung-Kyu\* and Chul-In Kim\*

#### ABSTRACT

Testing and evaluation was carried out to certify quality assurance of localized engine parts using accelerated mission test method, which has been used to verify qualification or substantiation of the developed engine, improved engine components and engineering changed parts since 1976. Because AMT is not a familiarized testing for quality assurance of engine and localized engine parts in Korea, through this testing and evaluation, it is presented the concepts, test procedures and evaluation method of AMT and is proposed the possibility of execution AMT, as a tool for qualification or substantiation test of a development engine or components.

#### 초 록

엔진 내구성시험(AMT : Accelerated Mission Test : 또는 임무 가속시험) 기법을 이용한 엔진 부품의 국산화에 따른 품질 보증 시험이 수행 되었다. 엔진 내구성시험 기법은 엔진의 개발/구성품 개량, 부품의 기술변경에 따른 인정시험이나, 입증시험을 위한 시험방법으로 1976년부터 적용되기 시작 하였다. 본 논문은 국내에서 수행되었던 시험경험을 바탕으로 아직 국내에서 생소한 내구성시험에 대한 개념, 시험수행 절차와 방법 그리고 시험평가 수행 방안을 제시하였으며, 이를 통하여 엔진 부품의 국내 개발/생산시 품질인증을 위한 시험/평가 가능성을 제시하였다.

#### 1. 서 론

MIL-SPEC<sup>1)</sup>에 의하면 인정시험은 생산(Production)과 운용(Service Use)에 대한 엔진모

델의 적합성을 실증하기 위하여 인정용으로 제공된 엔진과 구성부품에 수행되는 시험을 의미하며, 인정시험에 합격된후 생산이나 양산을 위해서 만들어진 엔진이 생산 규격서의 내용대로 올바르게

\* 국방과학연구소(Agency for Defense Development)

조립되어 규격성능을 발휘하는가를 확인하기 위한 수락시험을 통하여 항공기에 장착하게 된다.

항공기용 엔진의 품질인증(Quality Assurance)을 위한 인정시험(Qualification Test) 평가<sup>2-4)</sup>는 일반적으로 엔진내구성 시험, 엔진 구성품시험, 고도시험, 환경시험, 엔진 특성 및 연료시험, 구조시험 6가지로 구분된다. 이들 시험은 엔진의 개발과정 및 특징에 따라 엔진 구성품의 개별 시험시설(Test Rig)에서 실시하거나 완성엔진의 납품을 위한 성능 및 품질을 확인하기 위해 완성엔진의 종합성능 시험용 시운전 설비에서 시험되며, 정해진 규격 요구조건과 절차에 따라 실시된다.

상용이나 군용 항공기 엔진은 각각의 개발 및 운용요구 조건에 맞도록 설계되며, 설계된 엔진의 입증(Verification)을 위해서 과거에는 '모델' 인정시험(Model Qualification)<sup>5)</sup> 방법으로 확인하였다. 그러나 실제 야전에서 운용결과는 지상시험에서 사전에 관측하거나 예측하지 못했던 구조적으로 관련된 문제점들이 나타남으로써 '모델' 인정시험은 실제 운용조건을 적절히 반영하여 설계된 시험방법으로 인

정되지 못하였다. 이러한 시험방법의 결점은 실제 운용상황을 적절히 나타낼 수 있는 시험방법의 개발이 촉구되었으며, 1976년부터 Fig. 1과 같은 '가속임무 시험'(Accelerated mission test cycles)<sup>6-9)</sup> 방법을 이용하여 지상시험을 통해서 야전 운용중에 발생할 수 있는 잠재적인 문제점들을 효과적으로 밝혀낼 수 있었으며, 새롭게 개발된 가속임무시험은 종전의 '모델' 인정시험을 대체하여 엔진 구성품의 구조적 내구성에 대한 입증(Verification)과 보증(Substantiation)시험을 수행하게 되었다. 이러한 가속임무 시험은 항공기 임무양상에 따라 고출력으로 작동되는 엔진의 모든 중요한 수행내용과 작동시간이 고려되도록 설계된다.

가속임무시험은 3가지 관점에서 유용한 시험방법으로 간주되고 있는데 첫째는 야전운용전에 지상시험 과정에서 잠재된 야전운용상의 문제점들이 인지되거나 수정되기 때문에 안전성을 위한 시험이며, 둘째는 시험단계에서 조기에 재설계 영역을 찾아냄으로써 야전운용중의 개선(retrofit)을 줄이는 비용절감의 효과가 있다. 셋째로는 문제들을 엔진의 개

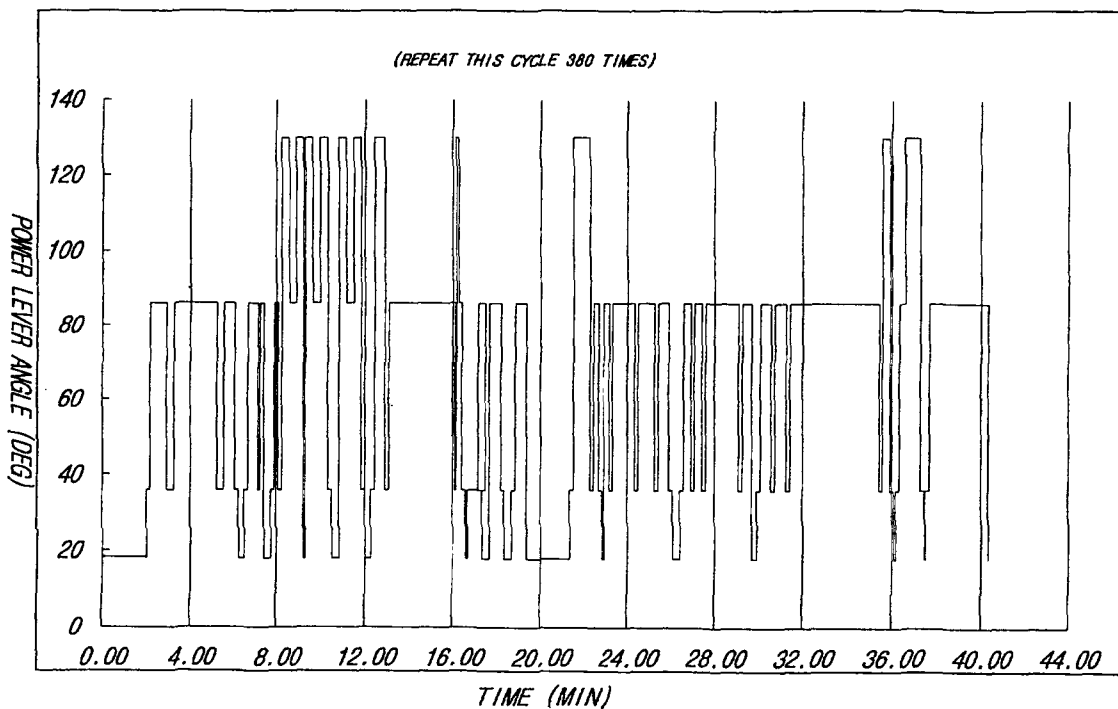


Fig. 1 Accelerated Mission Test Cycle

발단계에서 조기에 해결되도록 시스템을 더욱 효과적이고 유용하게 할 수 있다는 것이다.

그동안 국내 항공산업에서의 엔진 기술은 사용중인 엔진의 정비 혹은 민항기 엔진 일부 부품을 단순 기계 가공하여 납품하는 수준이었고, 이에따라 품질인증 기술도 시스템 감사, 공정실사, 특수공정 승인, 샘플링 육안검사 등에 의한 품질확인 수준이었으나, KFP사업등을 통하여 최근에는 압축기 블레이드와 베인, 터빈 블레이드와 베인, 압축기 로터 등 엔진 성능에 직접적인 영향을 미치는 일부 주요 부품을 국산화하여 국내에서 생산/운용되는 항공기용 엔진에 장착하게 되므로써, 완제 엔진을 조립 생산할 수 있는 능력의 확보뿐만 아니라, 국산화 부품과 생산된 완제엔진의 성능에 대한 독자적이고 적절한 품질인증 대책이 요구되었다.

특히, 개발이 아닌 국산화 생산인 경우도 원천 제작사로부터 생산자가 변경되는 경우 엔진의 부품제조 및 구성품 생산에는 반드시 그 부품 및 구성품을 제작 조립하여 원천제작사의 규격에 준하는 부품의 품질 입증시험을 거친 후 항공기에 장착하여 운영할 수 있다.<sup>1,8)</sup>

이에 따라 엔진의 개발이나 부품개량시 MIL-SPEC 요구시험인 엔진 및 부품의 인정시험(Qualification Test)이나 입증시험(Verification Test)을 통해 엔진 구성품 및 부품의 구조적 내구수명 및 설계 규격의 만족여부를 검증하는 시험인 엔진 가속임무시험(AMT)기법을 적용하여 국내 생산된 완제 엔진의 조립성과 국산화된 엔진단품에 대한 품질확보 방안으로 1차와 2차에 걸쳐 품질 인정시험을 국내에서 수행하였다.

본 논문에서는 항공기용 엔진 국산화부품에 대해 국내에서 수행된 엔진 가속임무시험의 경험과 결과를 바탕으로 향후, 항공기용 엔진의 국내 개발, 구성품 개량, 생산부품의 품질인증(Quality Assurance)을 위한 시험절차와 시험기법, 시험평가 기법을 제시하고자 한다.

## 2. 시험수행 목적

실제 운용환경과 유사하게 모사(Simulated)된 지

상시험을 통하여 부품의 저주기 피로(Low Cycle Fatigue)특성, 부식(Erosion), 균열(Creep), 응력과 파괴(Stress Rupture), 열적변형(Thermal shock), distress로 기인된 마모, 고주기 피로(High Cycle Fatigue) 등 주로 엔진시스템 과 구성품의 구조적 내구성(Structural Durability)<sup>10)</sup>에 관련된 결함양상을 관측할 수 있기 때문에 엔진 및 엔진부품의 임무 가속시험(AMT)을 수행하는 목적은 새로운 엔진 형상에 대해 급속히 weara-out되는 운용 모드를 찾아내거나 새로운 엔진 형상을 생산하기 위한 품질인증 시험, 또는 아전 운용에 앞서 발견되지 않는 고질적인 내구성 문제점들을 사전에 찾아내고, 기술변경에 따른 품질 입증시험을 위해서 주로 적용한다.

한편, Military 규격<sup>1,7)</sup>에 의하면 엔진 구성품의 공정이나 생산 그리고 제조능력의 확인을 위해서도 최초 생산된 제품에 대한 내구성 시험이 명시되어 있다.

이러한 근거에 의하여 국내 수행된 엔진 가속임무시험은 국내에서 처음 생산된 엔진 국산화부품에 대하여 최초 생산자 공정, 제조능력의 품질보증 확인의 일환으로 1차와 2차에 걸쳐 부품의 운용수명 기간 동안의 구조적 내구성 확인을 주 목적으로 수행하였으며, 이를 통해 국내 생산된 엔진 부품이 원천 제작사의 제조기술 규격과 품질 수준을 충족 시킴으로서 관련 부품의 양산 가능성 여부를 검증하고자 하였다.

## 3. AMT 준비요소

### 3.1 대상엔진의 선정

품질인정 시험을 위하여 사용되어질 시스템으로서의 대상 엔진의 선정은 반드시 필요하며, 임무가속시험을 통하여 입증하고자 하는 엔진 부품이나 구성품은 동일한 엔진 시스템 및 형상에 장착하여 시험하여야 한다.

국내에서 수행된 임무가속시험용 엔진의 구성은 Fig. 2와 같이 공기 유입부인 Fan과 공기의 압축과 연소가 일어나는 코아영역, 고온공기의 팽창과 배기가 일어나는 노즐영역, 기타 보기류들로 구분되며, 2축식 축류압축기를 갖는 추력 증강식 터어보팬 엔진으로서 최대 추력은 29000 lbs, 최대 터어빈 입구온도는 2770 °F, 최대공기 흡입량은 248 lb/sec, 바이

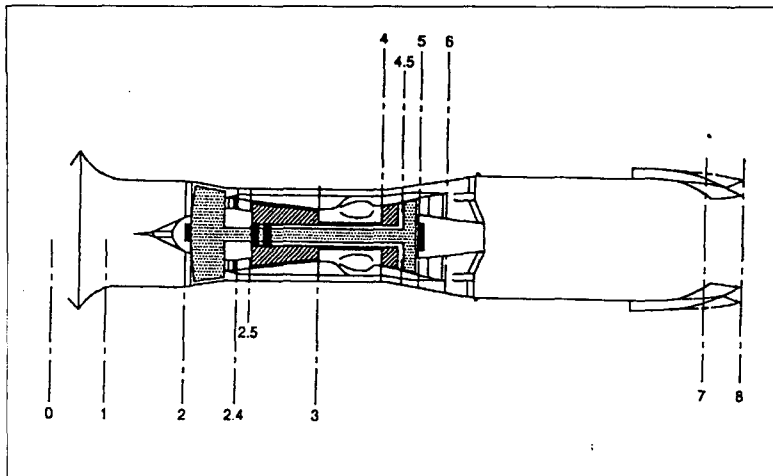


Fig. 2 Test Engine Schematic

패스비는 0.33이다. 이 엔진은 미공군의 F-15/F-16 용으로 개발된 F100 계열의 엔진을 추력증강 및 성능향상을 위하여 엔진 및 구성품의 형상변경, 부품의 재설계를 통하여 개발된 엔진이다.

### 3.2 시험설비 요구조건

임무가속시험은 Fig. 3과 같은 엔진 생산시 성능을 검증하는 지상 수락시험 설비에서 수행할 수 있으며, 이에는 다음과 같은 구성요소별 요구조건들이 포함된다.

- a. Test Chamber: Thrust stand, Waterfire extinguisher System, Acoustic doors and Windows, monorail
- b. Air inlet Stake: Inlet splitter, Inlet guide vane, Bird screen, Acoustic panel

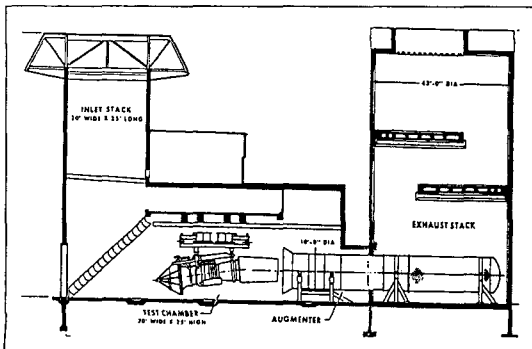


Fig. 3. Engine AMT Test Cell Schematic

- c. Exhaust Stake and Muffler: Dry type Acoustic Panel, Deflector, Turning Vane
- d. Fuel System: Fuel Feed pump, Surge tank, Nitrogen Pressure System
- e. Fire Extinguisher System: Water Fog Nozzle, Water tank, 자동수압기능(65Psi)
- f. Control Console: 엔진의 Pressure, Temperature, Power Signal을 감지, 지시하는 전기적, 유압적 Gage가 집합되어 있고, Power Lever (Throttle) System, Operator가 Control Room에서 전체적으로 Gage를 주시하며 엔진을 Run-up할 수 있어야 함.
- g. Air System: 115-125Psi로 엔진을 시동할 수 있는 공기 압축기 모터 시스템.
- h. Computer System: 시운전 프로그램으로 컴퓨터에 의한 엔진의 데이터 획득 및 성능분석 가능
- i. Dress Kit: 최종 조립된 엔진을 시운전하기 위하여 Cell mount에 엔진을 장착할 때 부착되는 엔진 시운전 전용의 크고작은 장비, 부품, Kit 등.

## 4. AMT 수행기법

### 4.1 AMT 시험 구성

엔진의 내구성 시험은 사용목적에 따라 개발 또는 설계변경 되었거나 생산자 변경에 따라 제작된 부품

및 구성품을 엔진에 교환 장착하고 시험하고자 하는 엔진을 지상 시운전실에 장착하여 운용될 항공기의 임무형상(공대지, 공대공, 근접지원, 지상운전 등)과 환경에 따른 엔진의 운용모드를 모사한 Fig. 1과 같은 Simulated Cycle Program에 따라 수행하면서 엔진의 기능 및 시험대상 부품들의 구조적 완전성(내피로 수명, 내마모성, 내열성 등)등을 확인하는 과정으로 이루어진다. 시험수행을 위한 Procedure와 각 시험 항목별 수행시간 등은 항공기 임무형상이나 수행하고자 하는 목적에 따라 차이가 있을 수 있으며, 특히 엔진이 장착될 항공기의 임무형상이 변경될 경우, Fig. 1에 제시된 AMT Cycle은 항공기의 임무형상에 적합한 엔진의 작동환경이 고려되도록 작성되어 시험하여야 한다. 일반적으로는 다음에 설명하는 F-16 전투기용 엔진(F100계열 엔진)의 내구성 시험수행 과정과 이에 적용될 Fig. 1의 Cyclic Load Test Profile은 유사하며, 계획된 시험 수행시간에 따라 아래 과정을 일반적으로 2회 반복하여 수행한다.<sup>9)</sup>

- a. 시험용 엔진의 부품 또는 구성품을 시험용 엔진의 동일부품과 교환 장착한다.
- b. 새로운 부품을 장착한 시험대상 엔진의 정격성능 확인시험을 수행한다.
- c. 엔진의 추력노즐이 잠겨진(Locked) 상태에서 주요성능 parameter data를 획득한다.
- d. 저압 압축기의 회전속도(N1)를 150 rpm 간격으로 증가시키면서 회전체 구성품들에 대해 고주기 피로(High Cycle Fatigue)를 가한다.
- e. 항공기 임무요구도에 대응하는 고도로 집적된 엔진의 내구성시험 사이클선도에 따라 동력조절각(Power Level Angle)을 변화시키며 계획된 시간동안 내구성 시험(Accelerated Mission Test)를 실시한다.
- f. 내구성 시험을 완료한 후의 엔진의 정격성능을 확인하여 엔진의 성능 변화/감소 상태를 점검한다.
- g. 시험후의 엔진에서 추력노즐이 잠겨진(Locked) 상태로 주요 성능 parameter data를 획득한다.
- h. 저압 압축기의 회전속도(N1)를 150rpm 간격으로 감소시키면서 회전체 구성품들에 대해 고주기피로 (High Cycle Fatigue)를 가한다.
- I. 엔진 운용지침서(T.O.) 및 부품검사 절차(Analy-

tical Condition Inspection)에 따라 시험엔진을 분해하여 부품을 검사/ 평가 하여 합격여부를 판정한다.

#### 4.2 AMT 수행방안

엔진의 내구성 시험을 원활하게 수행하기 위해서는 각 수행목적과 수행품목, 수행일정, 수행 비용 등 현실 여건에 맞게 수행절차를 작성하여 운용하여야 한다. 국내에서 수행된 내구성시험은 국내에서 생산된 엔진부품들에 대한 시험으로 제한되었으며, 시험대상 엔진부품들의 품목이 많고, 생산공정이 간단한 부품과 난해한 부품들이 다양하게 존재하기 때문에 생산 Lead Time이 서로 상이하여 부품들에 대한 시험을 1차와 2차에 걸쳐서 수행하도록 절차를 수립하였으며, 이러한 이유로 인하여 1차에서 시험요구 조건들을 만족하지 못한 부품들은 2차에서 재시험이

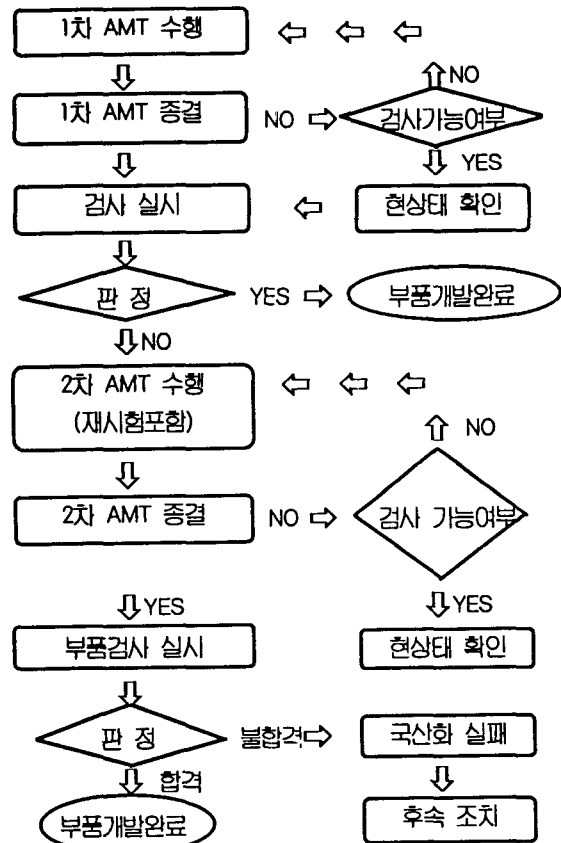


Fig. 4 AMT Testing Procedure

가능하게 되었으며, 1차 시험에서 예측하지 못한 경우로 인한 추가시험에 따른 일정, 비용 등의 Risk가 줄어들 수 있었다. Fig. 4는 2차에 걸쳐 수행될 경우의 AMT 수행방안을 요약하여 나타내었다.

## 5. AMT 시험 수행결과

### 5.1 시험 결과

엔진의 AMT시험은 4.1에서 기술된 시험절차와 항목에 대하여 시험하고자 하는 부품의 운용수명 시간이나 설계된 life cycle, 또는 규격서에 제시된 운용주기에 해당하는 시간동안 계속적으로 수행하게 된다. 계획된 목표시간을 위해 계속해서 엔진을 운전할 경우 엔진의 수시 교환부품의 고장 또는 파손으로 인하여 엔진의 안전에 영향을 미치거나 정상적인 시험을 계속 진행 할수 없게 되는 경우가 생기게 된

다. 이로 인하여 시험대상 부품들이 damage를 입게되는 경우에는 1차 damage의 영향인지 2차 damage의 영향인지를 구별해야 하고 1차 damage의 경우는 재시험을 하여야 하며, 2차 damage에 의한 시험 부품의 경우는 진행된 시험결과만 부품의 평가를 할 경우 어려움이 따르게 된다. 이것을 예방하고 엔진 성능변수들의 급격한 성능 저하요인들을 사전에 탐지하기 위하여 시험 진행 전후와 시험 중간에 적절한 주기검사 계획을 수립하여 시험대상 부품이나 구성품이 계획된 시험시간을 완료할 수 있도록 하여야 한다. 또한 시험 조정실에 설치된 Monitor를 통하여 성능변수들의 변화상태를 계속 주시하면서 엔진이 정상적으로 작동되는지를 점검하여야 한다.

Table 1은 엔진의 Control Room에서 Monitoring하는 대표적인 Health Parameters와 주기검사 항목들이며, 국내 시험 수행시 1차 시험과 2차 시험

Table 1. Engine Health Parameter & Inspection schedule

검 사 항 목	세 부 항 목	비 고
Vibration Health	VICV : Vibration Inlet Cimpessor Vertical VDCH : Vibration Duct Compressor Horizontal VGBV : Vibration Gear Box Vertical VLTH : Vibration Low Turbine Horizontal	Health Parameter
Temperature Health	FTIT : Turbine Inlet Temperature MOT : Main Oil Temperature TSCAV-4 : #4 Bearing Scavenge Temperature	
Pressure Health	MOP : Main Oli Pressure PSCAV-4 : #4 Bearing Scavenge Pressure PMB : Main Breather Pressure	
주 기 검 사	Borescope 검사 : Fan/Compressor Blade, Combustor/Turbine Nozzle	시험착수전.후 AMT 47회후 AMT 95회후
	JOAP SAMPLE 검사	매 3-5 작동시간
	엔진 내·외부 육안검사 G/Box CHIP DETECTOR 검사 OIL FILTER ΔP FLAG 검사	매 일
	모든 FILTER, CHIP. DETECTOR IGNITION SYSTEM	AMT 95회 수행후
	PERFORMANCE TEST	시험수행전 시험수행완료후

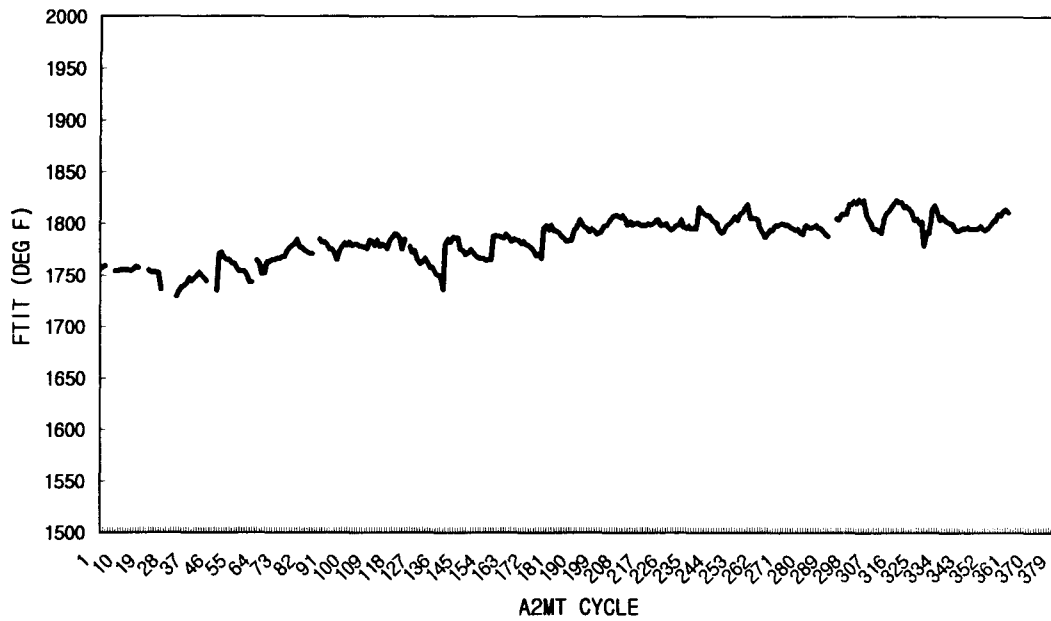


Fig. 5. Turbine Inlet Temperature Parameter Curve on 1st AMT

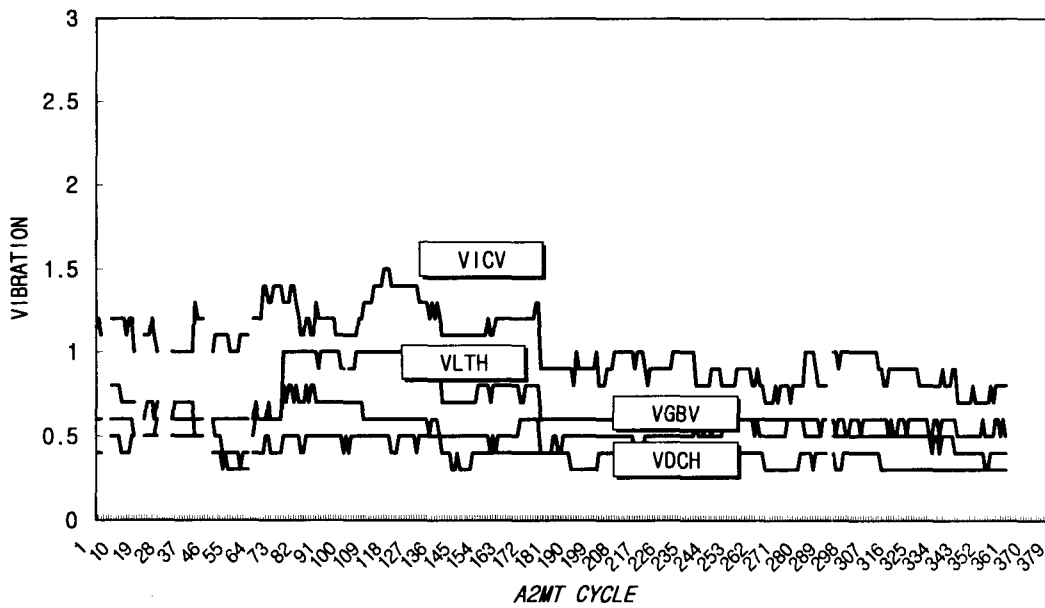


Fig. 6. Engine Vibration Parameter Curve on 1st AMT

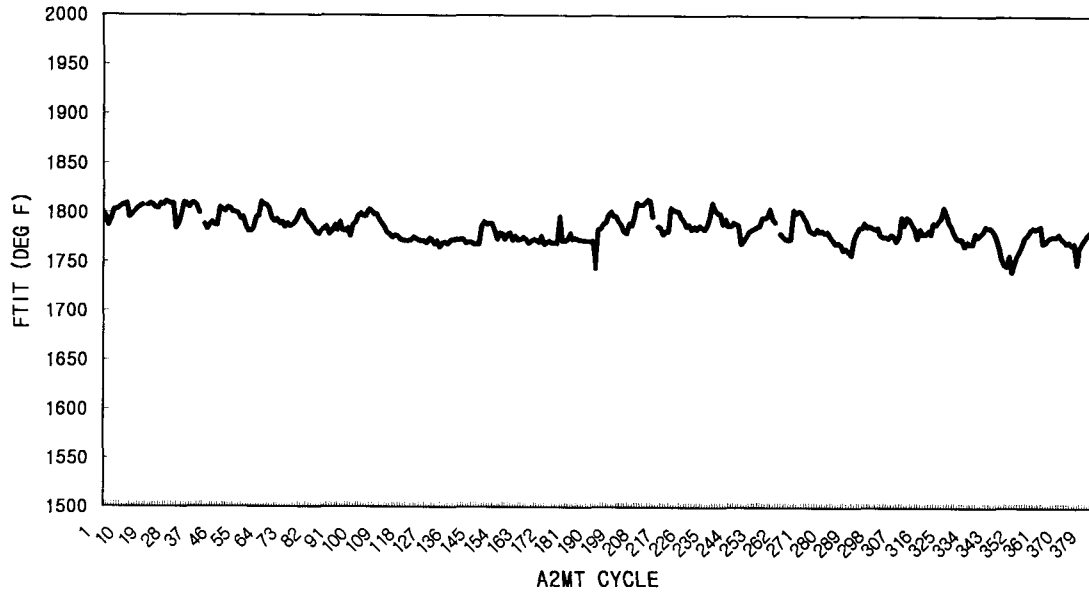


Fig. 7. Turbine Inlet Temperature Curve on 2nd AMT

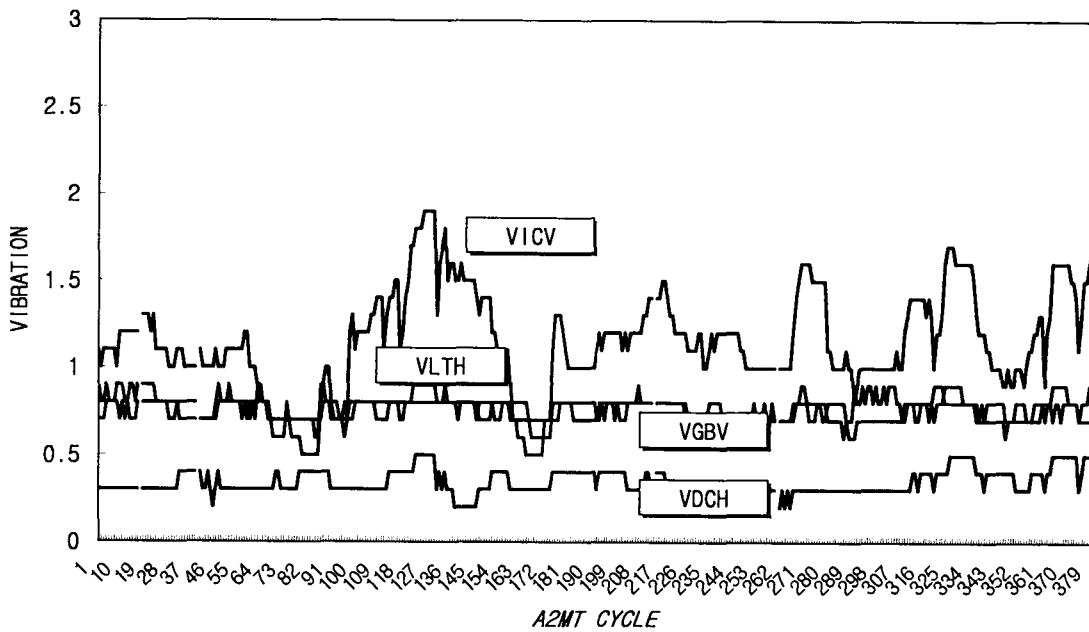


Fig. 8. Engine Vibration Parameter Curve on 2nd AMT



에 대한 수행결과는 대부분 양호하게 진행되었으나, Fig. 5와 Fig. 6에서 알 수 있듯이 1차 시험수행시 계획시간의 95%를 정상적으로 수행(전체 380회 반복 수행중 360회 수행)후 기존장착 부품(시험대상아 아닌 부품)중 4단계 터빈 블레이드의 파손으로 인하여 시험이 중단되어 Fig. 4의 수행방안에 따라 해당 부품에 대한 부품검사를 수행하였고, Fig. 7과 Fig. 8에 제시된 바와 같이 2차 시험은 계획된 시간(380회 계획중 380회 수행)동안 시험을 정상적으로 완료하고 시험 대상부품에 대한 부품검사를 수행하였다.

5.2 부품 평가

전술한 바와같이 시험대상 부품이 규정된 시험시간을 충족하였거나, 시험도중 예측하지 못한 경우로 인하여 시험목표 시간을 달성하지 못한 상태에서 종결된 경우에도 시험부품 제작, 시험일정, 비용 등에 따른 재시험이 어려우므로 일반적으로 계획시간의 80% 이상을 완료 하였을 경우에는 부품에 대한 검사를 통하여 대상 부품이 시험목적을 충족하였는지를 판단하게 되며, 시험대상 부품의 부품 검사단계는 엔진을 분해한후 Dirty Inspection을 통해 육안으로 1차 검사하고 해당부품을 세척하여 육안검사 또는 형광침투 검사에 의한 Clean Inspection을 한후 Eddy current inspection, 초음파검사 등의 비파괴 검사를 수행하게되며, 시험대상 부품을 상태별로 분류하여 엔진 운용지침서(T.O.)에 바탕을 둔 부품검사 절차서인 ACI(Analytical Condition Inspection)에 명시된 부품별 검사항목에 따라 각 부품의 상태와 비파괴 검사내용, 필요시 파괴시험 내용 등을 정확히 기록하여 부품 판정을 위한 Data를 기록한다.

시험대상 엔진 부품에 대한 평가방안은 Fig. 9와 같은 절차에 의해 수행된다. Fig. 9에서 알 수 있듯이 시험대상 부품이 규격을 만족시키지 못하더라도 규격 불일치 상태가 Unique Failure인지 또는 Typical Failure인지를 판단하여 Unique Failure인 경우에는 부품과 관련된 정밀조사를 수행해야 하는데 1차적으로는 부품의 생산환경(시험절차, 시험시설, 시험시설 장비, 등), 생산공정(작업지침서, 작업환경, 특수공정 승인, 품보활동 결과 등)의 조사를 통하여 제작/시험상의 결함여부를 검토하게 된다. 1차 조사를 통하여 결함원인이 밝혀지지 않을 경우 2차 정밀

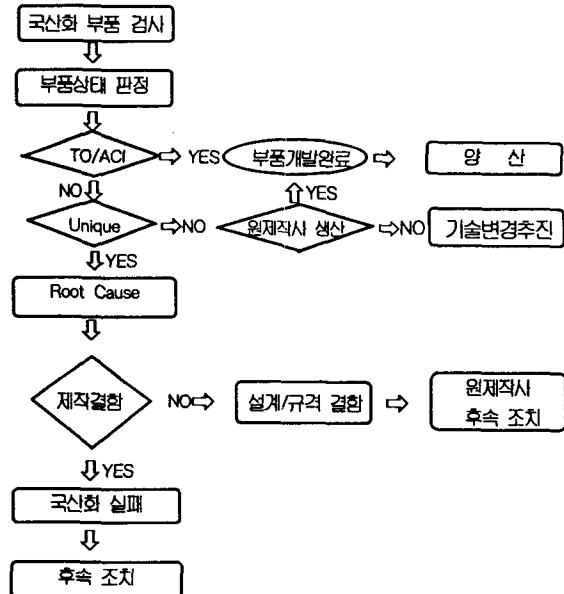


Fig. 9. AMT Engine Parts Evaluation Procedure

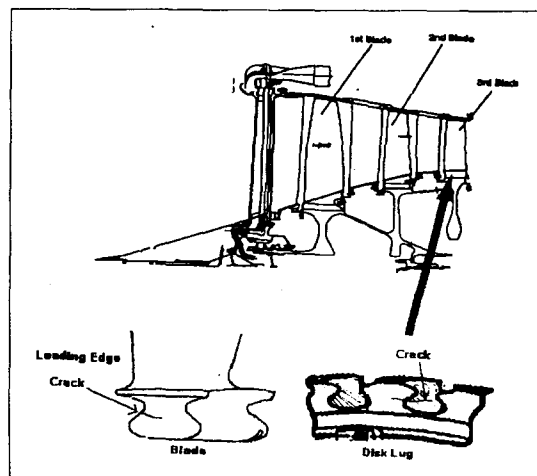


Fig. 10. Inspected Fan Drum Rotor & #3 Blade Crack on 2nd AMT

조사를 하게되는데, 이단계에서는 해당부품의 Microphotography, Fractography/Metallography, Frequency test, Dimensional Inspection, Fatigue test 등을 통하여 설계 결함이나 규격서상의 요구조건 오류여부 등을 검토하여 근본적인 Root Cause를 찾아내고, 재설계 또는 기술변경 등의 후속 조치를 취하게 된다. Fig. 10은 AMT수행후 부품

검사결과 팬드럼로터와 3단계 팬 블레이드에 발생한 Crack이며, 이에 대한 1차, 2차 정밀조사 결과 발생한 Crack은 미 공군에서 운용중인 F100계열 엔진의 결합 유형과 유사한 엔진 내부의 고주기 주파수 (High Cycle Frequency)를 극복하지 못해 발생한 설계상의 결함이며, 국내에서 수행된 생산이나 시험에는 문제가 없는 것으로 밝혀졌다. Typical Failure인 경우에는 AMT 시험에 대한 경험이나 운용중인 엔진의 야전운용 결과를 수집하여 부품의 생산이나 기술변경 추진 여부에 대한 최종판정을 하게되는데, 이를 위해서는 축적된 시험이나 야전운용 결과 등이 필요하다.

## 6. 결 론

항공기 엔진의 AMT 시험이 국내에서 생산하고 운용하게 될 엔진 국산화부품의 품질인증을 위한 시험방법으로 수행되었다. 본 시험에서 수립된 AMT 시험의 개념, 시험수행 절차와 방법 그리고 시험평가 방안을 이용하여 국산화 부품의 품질 인증을 효과적으로 확인할 수 있었다. 또한, 국내 수행시 1차와 2차에 걸쳐서 많은 수의 엔진 부품을 시험함으로써 AMT를 통하여 항공기 엔진 부품의 구조적 문제점 결합 유형이 블레이드류의 경우는 코팅 부식에 의한 마모나 고주기 피로에 의한 Root 균열, Rotor의 경우는 Disk Lug의 고주기 피로에 의한 균열, 판금 부품류의 경우에 있어서는 연소기 Liner의 열 피로에 의한 균열 등이 확인 가능하고, 이밖에 RCVV, CIVV, Nozzle Flap 등 variable geometry 부품류의 마모현상, 고압압축기 구성품인 HPC spacers 등의 anti-rotation slot부분의 저주기 부하에 의한 균열 등임을 확인 할 수 있었다.

이를 통하여 단기간의 지상 시험인 임무 가속시험 (AMT)을 통해서도 엔진 부품을 실제로 야전에서 직접 운용수명 기간동안 운용하지 않고도 부품 생산 공정의 적합성과 양산 가능성판단, 의문시 되는 생산/제조공정의 입증, 생산공정의 문제가 없을 경우의 설계상의 문제점 여부를 입증할 수 있는 시험절차와 시험결과 분석방법 등을 알 수 있었으며, 향후 엔

진부품의 국내 개발/생산시 품질보증을 위한 입증시험/평가 수행을 위한 가능성을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

1. MIL-E-5007D, "General Specification of Turbojet Engine and Turbofan Engine for Aircraft", 1973
2. 박토순외 2명, "항공기 터보 제트엔진의 지상 인증 시험", 항공기술세미나 '93', 공군항공기술 연구소, 1993
3. M.A.Chappell and E.G.Blevins, "Advanced Turbine Engine Simulation Technique Development and Applications to Testing", AIAA-86-1731,1986
4. E. C. Wantland, Jr., "Turbine Engine Operability Test and Evaluation Technique", AIAA-91-2277,1991
5. Jon S. Ogg and Wilson R. Taylor, "Accelerated Mission Testing of Gas Turbine Engines", Journal of Aircraft vol 16. No.4 April, 1979
6. Sammons, J. and Ogg, J.S. , "Using Accelerated Mission Testing as a Tool Within the F100 Engine CIP Program", AIAA Paper 78-1085, 1978
7. Robert J. May, Jr, "Build 1 of an Accelerated Mission Test of a TF-41 with Block 76 Hardware", AFAPL-TR-79-2020, 1978
8. F100-PW-229 Model Specification, Pratt & Whitney Aircraft Co., 1994
9. F100-PW-229 Test Instruction Sheet, CP-11350A, Pratt & Whitney Aircraft Co., 1994
10. MIL-STD-1735, "ENSIP-Engine Structural Integrity Program"