

가스터빈 블레이드 시험절차 표준 개발계획 및 주요내용

2022. 07. 14(목)

1. 목적 및 적용범위

1.1 목적

- ✓ 규정된 운전조건에서, 복합화력 가스터빈 고온부품의 내구성능 시험의 기본 원칙 제시
(재료시험, 실기장착시험의 대안)
- ✓ 요구 수명동안 구성품 파손으로 인해 가스터빈의 운전에 악영향을 미치지 않음을 확인
- ✓ 수명이나 운전조건이 확립된 고온부품에 파손이 발생하지 않고 안전한 기능 수행을 입증하기 위한 대안적 방법 제공

1.2 적용범위

- ✓ 적용 대상 : 가스터빈 고온 회전익, 그와 연계된 고온부품 (GT 제작사, 모델에 따른 적용제한 없음)
- ✓ 시제품·신품·재생품, 부품의 개조, 신규설계·설계변경 후 내구성능 확인
- ✓ 이 표준의 시험으로 설계검증이 완료된 것으로 간주할 수 없으며, 이 표준의 검증방법 외에 다른 방법을 통한 시험/검증을 배제하지 않음.
- ✓ (예측 가능함 범위의)정상운전, DSS 이외의 변칙적 운전조건에 대한 내구성능요건 제외

2. 용어의 정의

가스터빈 : 고압의 연소가스의 열에너지를 이용하여 터빈을 가동시키는 회전형 내연기관으로 압축기, 연소기, 터빈으로 구성

가스터빈 고온부품 : 터빈의 케이싱 내부로 유입된 작동유체인 연소가스의 열에너지를 기계적 에너지(회전력)로 변환시키는 부품으로써 연소가스를 일정한 각도로 유도하는 베인(Vane)과 연소가스에 의해 터빈 로터를 회전시키는 블레이드(Blade)로 구성

경년열화 : 시간의 경과 또는 사용에 따라 구조물, 기기 등의 손상을 가져오는 물리적 또는 화학적 과정

고속회전시험기 : 원통, 원판 등의 형태를 갖는 회전체를 고속으로 회전시켜 시편에 원심 응력을 인가하기 위한 시험 장비이다. 회전체를 전동기나 공기터빈으로 구동하며, 풍손을 피하고 구동 전력의 한계를 극복하기 위해 진공으로 유지되는 폐쇄된 공간에서 설치되어 회전된다. 원심응력과 함께 고온 환경을 함께 인가하기 위한 전열 히터가 설치되기도 한다.

고장율(failure rate) : 기계 시스템 또는 부품이 고장나는 빈도

고주기피로 : 재질에 항복점 이하의 반복적인 하중(Cycle load)이 인가될 때 일어나는 손상을 뜻한다. 보통 10^5 이상의 반복 변동하중을 받을 때 발생하며 소성 변형은 수반하지 않는다.

무고장시험(Success Run Test) : 신뢰성을 보증하기 위해 수행해야 할 정해진 시험기간 만큼, 모든 부품들이 고장없이 임무 수행을 완료해야 하는 신뢰성 시험 방법. Zero failure test 라고도 한다.

수명 : 수리 불가능 아이템이 고장날 때까지의 시간 또는 수리가능아이템이 수리할 수 없는 고장이 발생할 때까지의 기간

설계수명(design life) : 운전방식과 설계온도, 설계압력 등을 고려하여 주요 설비들이 충분한 신뢰도와 만족스러운 성능을 유지할 수 있는 기간

2. 용어의 정의

열기계피로(Thermo-mechanical fatigue, TMF) : 주기적인 온도 및 하중(기계)부하가 동시에 인가되어 재료의 변형을 일으키는 현상

저주기피로 : 재질에 항복점 이상의 반복적인 하중(Cycle load)이 인가되어 그 재질의 소성변형 범위 이상으로 작용 시 일어나는 손상을 뜻한다. 보통 10^5 미만의 주기에서 발생한다. 엔진에서 적용되는 회전부품이 엔진을 기동/정지, 감/가속 시킬 때 마다 열응력, 회전응력을 받게 되는데 이러한 응력의 반복 작용으로 내부 금속조직을 변화한다.

진동시험기(가진시험기) : 진동 시험을 위하여 필요한 진동을 만들기 위한 장치로써 Vibration exciter 또는 Shaker라고도 한다. 전자식과 유압식이 있으며 전자식은 스피커와 같은 원리로 작동되며 다양한 형태의 광대역 진동을 일으킬 수 있으나 큰 힘을 요구하는 경우에는 유압식이 쓰인다.

크리프(Creep) : 소재에 일정한 하중이 가해진 상태에서 시간의 경과에 따라 소재의 변형이 계속되는 현상

크리프 시험 : 특정 온도에서 일정한 인장하중을 시편에 가한 후, 즉 시편에 일정한 공칭응력을 작용시킨 후, 시간의 경과에 따라 시편의 길이 변화를 측정하는 것이다.

파괴시험 : 시편의 파괴강도를 측정하기 위한 시험으로 초기 제품의 내구도를 평가하거나 한계 내구 사양을 측정하기 위해 수행한다.

피로시험 : 재료의 인장강도 또는 탄성한도 이하의 외력이 장시간 주기적으로 가해지면 재료가 파괴되는 특성을 파악하기 위한 시험

3. 적용원칙

3.1 일반사항

- ✓ 내구성능 확인을 목적

3.2 검증 수명, 검증 조건

- ✓ 손상 메커니즘의 확인 , 검증수명의 설정
- ✓ 가스터빈의 검증수명 : 기종별 고온부품 교체시기
 - 예시) 운전시간 : 24,000EOH(1,300℃ / 3,600rpm) - 기동정지 횟수 : 800회 이상

3.3 검증 방법

- ✓ 일반적으로 시험, 해석, 운전경험, 상사성 분석 혹은 이들의 조합 등의 방법으로 수행
- ✓ 이 표준에서는 가스터빈 회전익과 기타 교체부품을 대상으로 실기 장착시험(rainbow test)의 대안으로 수행하는 성능검증 시험에 대한 권장 시험법을 제시

3.4 시험 전 준비사항 / 합의사항

- ✓ 시험 순서, 시작 및 중단 절차, 시험 참여자 선정 및 자격, 시험품 관리와 폐기, 예비시험 여부, 시험조건 변경, 시험 재연성 확보 등

4. 내구성능 검증

4.1 일반사항

✓ 시험품 및 관련정보의 제공

- 시험품의 공급과 관련된 모든 사항은 공급자 책임사항.
- 제공 시험품이 공급되는 것, 또는 시험 목적에 의해 제공되는 것과 동일하다는 것을 입증, 보증
- (필요시, 설계문서, 재료시험성적서 등의 확인)

✓ 시험전, 정보의 제공, 활용, 보관, 폐기에 대한 합의 필요

- 재료 확인서, 재료시험 성적서
- 마스터 히트명칭, 인장시험 결과, 응력파괴시험 결과
- 제작품 : 입경 검사결과, NDE 결과, 열처리 기록, 치수검사 결과, 유량검사 결과, 코팅시험 결과
- * 일반적인 재료 정보는 EPRI 구매지침 등에서 확인. 고온 인장강도는 EPRI 구매지침 값의 최소값 이상 권장

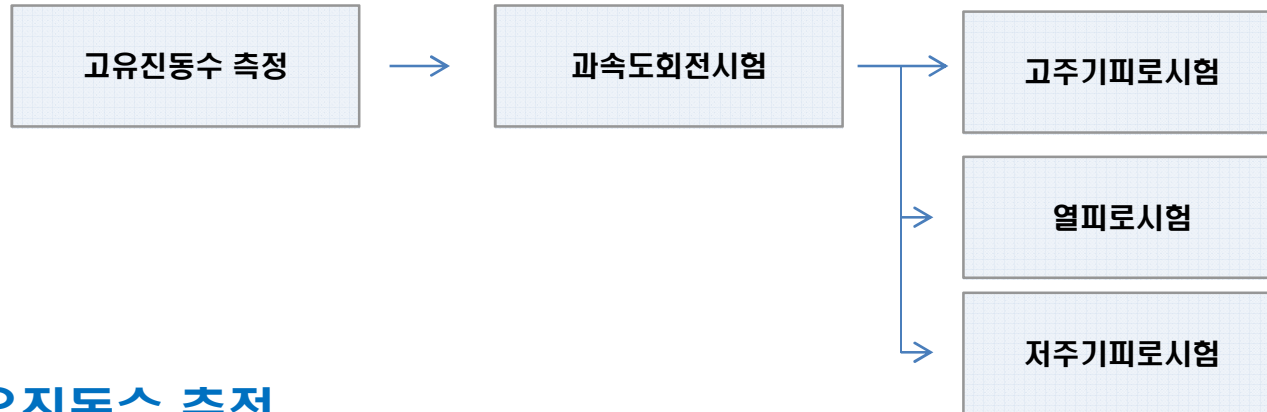
✓ 시험품의 관리

- 별도의 합의가 없으면, 시험 동안 시험품의 관리는 시험기관의 책임. 시험품 변경시 이해관계자 합의 필요
- 시험 완료 시험품은 식별, 관리, 보관, 폐기 절차 수립

4. 내구성능 시험

- ✓ 이 표준에 따른 시험은 가스터빈 구성품의 내구성을 파악하기 위한 절차로 한정
- ✓ 이 표준에 의한 실험결과는 시험품의 다른 성능적인 지표들을 보증하는 것이 아님을 인식하여야 함
- ✓ 시험품 개수를 포함한 시험품 선정은 협의에 따름
- ✓ 내구성능을 시험하기 위해서는 실제 운전 및 환경적 부하의 영향이 모사될 수 있도록 시험조건을 구성.
- ✓ 예상되는 환경에 의한 누적적인 영향을 고려할 수 있도록 구성하는 것이 중요함을 인식해야 함
- ✓ 시험 순서의 선택에 대한 원칙은 KS C IEC 60068-1를 참조할 수 있음
- ✓ 제시한 시험방법은 시험의 목적에 따라, 관계자들의 합의에 의해 수정, 보류, 면제하여 진행할 수 있음
- ✓ 수행된 시험절차와 그 결과는 정확히 기록되어야 하며, 필요시 쉽게 확인할 수 있는 형태로 보관
- ✓ 시험 전후의 비파괴검사는 KEPIC-MEN 또는 ASME Sec.V를 따름. 기타 다른 검사법을 적용이 필요할 경우 협의하여야 함.

시험 권장순서



고유진동수 측정

▶ 시험방법(가진시험기 이용시)

- 가진시험방법 : sine sweep, random, burst 등 택일
- 공진주파수 탐색 범위 : 3rd mode를 확인하기 충분한 범위 또는 5 Hz ~ 2,000 Hz 이상
- 공진에 의한 영향이 없도록 최대한 작은 입력신호로 가진
- 시험대상체 장착 : 실제 장착방식과 동일
- 가속도계의 설치
- 주요 시험 수행 전후 공진주파수 변화 측정 권장

과속도회전시험(Overspeed Test)

- 상온에서 정격속도 이상에서 시험품을 회전시켜 손상여부를 확인
- 정격속도의 120%까지 증속시킨 후 5분간 유지
 - 비파괴검사를 통해 시험 전·후에 내외부에 결함 발생 여부를 확인

진동가진시험

- 요구되는 주파수와 가진력으로 목표수명 동안의 주기로 진동가진 수행하여 공진시 손상여부 확인
- 가진력은 요구하는 응력값 이상이 되도록 설정하여 고유진동수에서 가진
 - ✓ 목표수명 : 2×10^7 주기
 - ✓ 가진력 : 요구 등가응력@ 고유진동수
 - ✓ 비파괴검사를 통해 시험 전·후에 내외부에 결함 발생 여부를 확인

저주기피로 시험

- RPM 프로파일 : 기동-운전-정지 모사하기 위해, 회전수를 최소 RPM에서 정격 RPM으로 일정한 승속율에 따라 승속과 감속을 지정된 횟수만큼 반복하여 손상 발생여부를 확인
- 유지온도 : 예측된 표면온도의 100% 이상
- 사이클 횟수 : 800회 또는 등가수명 이상
- 비파괴검사를 통해 시험 전·후에 내외부에 결함 발생 여부를 확인

열피로 시험

- 가스터빈 고온부품을 형상 그대로 시험설비에 설치하여 열피로 내구성을 평가하기 위한 시험
- 실제 기동/정지 절차 중 발생하는 열피로에 의해 발생하는 동등 이상의 부하를 모사할 수 있어야 함
- 설치조건은 연소가스에 접촉하는 형상(루트부, 회전익 각도 등) 실제조건과 동일하게 설치
- 비파괴검사를 통해 시험 전·후에 내외부에 결함 발생 여부를 확인

시험시간(min)	온도(°C)	비고
0	0	시험온도 : 예측되는 표면온도의 100% 이상 횟수 : 800회 이상 또는 등가수명
10	시험온도	
50	시험온도	
60	0	

GT 분과위원회 구성



KEPIC 정책위원회



한국인정지원센터(KAB)

▣ 인정방법

- 자격인증기관 인정기준
 - KS Q ISO 17024 : 적합성평가 - 자격인증기관에 대한 일반 요구사항
 - KS Q ISO 9001 : 품질경영시스템
- 인정분야·범위
 - 품질경영시스템, 환경경영시스템, 비파괴검사 기술자, 용접검사 기술자, 기계 상태진단 기술자 등

▣ 인정절차

- 전문인력 보유 확인, 품질경영체계 수립 확인 등
- 신청 → 자원/서류검토 → 문서평가 → 사무소평가 → 입회평가 → 평과결과 통보

한국인정기구(KOLAS)

▣ 인정방법

- 문서심사 : 인정기준과의 적합성유무 판단
 - 인정 신청서류(신청분야, 기술직원현황 등), 품질문서(매뉴얼, 절차서)
- 현장평가 : 신청기관의 기술적 능력을 종합적으로 평가
 - 품질경영시스템의 이행정도, 시험/검사원 등 기술인력 면접
 - 관련요건(KS Q ISO/IEC 17020 등) 준수 여부, 시험/검사업무 수행능력 등
- 위원회 심의 : 인정신청서, 평가보고서 및 시정조치 결과의 적합성 심의

▣ 인정절차

- 신청 → 심사반 구성 → 문서심사 → 시정조치 → 현장평가 → 시정조치
→ 적합성 심의 → 인정승인

한국원자력안전재단(KoFONS)

▣ 인정방법

- 전문인력 보유 확인 : 자격기준을 갖춘 각 1인(중복불가)으로서,
 - 품질보증책임자
 - 인증신청 분야별 기술책임자
 - 인증신청 분야별 시험원
 - 인증신청 분야별 검사원
- 성능검증 필수설비 보유(임차 제외) 확인
- 품질보증계획서 확인

▣ 인정절차

- 신청 → 신청서류 검토 → 심사반 구성 → 현장심사 → 인정승인

■ 시험기관 지정/수립 방안 논의

제1안 국내 경영시스템/시험기관 인증체계를 활용하는 방안

- ◇ 경영시스템 인증기관을 통해 ISO 품질경영시스템 인증 취득
- ◇ 공인시험기관(KOLAS 시험기관)을 통해 가스터빈 블레이드 시험기관으로 등록

제2안 대한전기협회가 시험기관을 승인하는 체계

- ◇ 대한전기협회가 가스터빈 블레이드 시험기관을 인증하는 체계

➤ KOLAS 시험분야 신규 등록 절차 확인하여 추가 논의

Thank You!