항공추진용 가스터빈엔진 연소기 성능시험

박부민* · 김형모* · 최영호* · 전병호* · 양수석*

Performance Test of Combustor for Aeropropulsion Gasturbine Engine

Poomin Park* · Hyungmo Kim · Youngho Choi · Byoungho Jeon · Suseok Yang*

ABSTRACT

Combustor is one of the major component of gas turbine engine and its development is done mostly by performance test. Combustors for aviation gasturbine engines has been successfully tested at the test facility in KARI as well as for stationary gasturbine engines. Full scale combustor test requires large amount of high temperature and pressure air, so the test facility is equipped with big air compressor and heater.

초 록

연소기는 가스터빈 엔진의 주요 구성품 중의 하나이며, 다른 구성품과 달리 거의 시험을 통해서 개발된다. 항우연은 항공용 및 발전용 가스터빈의 연소기 성능시험을 성공적으로 수행해왔다. 연소기 성능시험을 위해서는 대량의 공기를 고온/고압 조건으로 공급해야 하므로, 시험은 대형 시험설비에서 이루어진다.

Key Words: Gasturbine(가스터빈), Combustor(연소기), Performance Test(성능시험), Test Facility (시험설비)

1. 서 론

가스터빈엔진은 간단한 구조와 큰 무게대비 출력으로 항공기용으로 쓰기 적합한 엔진이다. 가스터빈의 주요 구성 부품은 압축기, 연소기, 터빈의 세 개로 나뉘는데, 엔진의 개발시 각각의 구성품은 별도로 단독 성능시험을 수행하여, 각각의 요구사양을 만족시키면 통합되어 엔진성능시험을 실시한다.

현재, 한국항공우주연구원(이하, 항우연)은 가스터빈 연소기/압축기 시험장(CCTF, Combustor and Compressor Test Facility)을 보유하고 있으며, 가스터빈 연소기 성능 시험은 이곳에서 수행되고 있다. 시험 대상 연소기는 항공용과 발전용을 모두 포함한다. 지금까지 다수의 가스터빈 엔진 연소기가 본 시험장에서의 성능시험을 통하여 개발되었으며, 이 연소기들을 장착한 엔진들

* 한국항공우주연구원 첨단추진기관팀
연락저자, E-mail: ppm@kari.re.kr

은 현재 성공적으로 운용되고 있다.

2. 연소기 성능시험

연소기의 기본적인 요구 성능은 높은 연소효율과 낮은 압력손실이다. 연소효율이 떨어지면 불필요한 연료가 소비되고, 압력손실이 크면 터빈 입구에서의 압력이 떨어져서 출력이 줄어들기 때문이다. 낮은 연소효율은 오염물질의 배출과도 관련이 있다. 미연 연료는 결국 오염물질이므로, 실제로 연소효율은 배가스 중의 미연연료인 UHC와 CO의 농도 측정으로부터 계산된다. 배가스 성분 측정은 연소효율 뿐 아니라 친환경 요구치를 만족시키기 위해서도필요하다.

연소기의 출구에는 터빈의 입구 노즐이 위치하는데, 이곳에서의 연소가스의 온도분포가 불균일하면 고온 가스가 지나는 곳에서 손상이 일어날 수 있다. 때문에 연소기 출구의 온도분포의 균일성도 연소기의 중요한 요구 성능이다. 또한, 라이너의 수명을 요구 사용시간 이상으로 유지하기 위해서는 라이너 온도가 적정온도 안으로 유지되어야 한다. 때문에, 연소기의 내구성 확인을 위해 라이너의 온도 측정도 수행된다.

이 이외에도 연소기의 화염안정성을 파악하기 위해 가연한계(Blow-Off) 측정 시험 및 점화 시험을 수행하여 연소기가 넓은 범위에서 운영될 수 있는지, 설계 점화 조건에서 잘 점화가 되는지 등을 확인한다. 발전용 엔진과 달리 항공용 엔진의 경우는 고공에서의 재점화 능력을 확인하기 위하여 고공점화특성 시험을 추가로 수행한다.

3. 연소기 성능시험설비

가스터빈 연소기의 단독 성능시험을 위해서는 가스터빈 엔진에서 연소기의 입구조건과 같은 고온/고압 조건으로 대유량의 공기를 공급해주어야한다. 그러나, 실제 연소기의 운전조건인 10 ~ 20 bar 로 풀 스케일 연소기에 공기를 공급하기 위해서는 설비의 사양도 높아지고 소모 동력도 커지므로 어려움이 많다. 따라서, 5 bar(a) 전후의 중압에서 대부분의 개발 시험을 수행한다.

항우연의 첨단추진기관팀이 보유하고 있는 연소기 성능시험 설비는 개방 유로형으로, 시험설비의 용량은 최대 5.5 bar의 압력으로 6.0 kg/s 까지 공기유량을 공급할 수 있으며, 연소기 입구 공기온도는 673 K (400 ℃)까지 가열이 가능하다. 본 설비에서 고온/고압으로 대용량의 공기 공급이 가능하므로, 이를 이용하여 가스터빈 연소기 외에도 풀 스케일 램젯 연소기의 성능시험도 수행된다.

시험설비는 공기공급시스템, 냉각/배기시스템, 연료공급시스템, 제어시스템, 계측시스템, 안전시스템 및 시험리그로 이루어진다.

공기 공급시스템은 2250 hP 원심 3단 압축기와 2.4 MW 전기 히터가 핵심설비이다. 계측 시스템은 100 kHz로 샘플링이 가능하며, 이는 연소 불안정을 측정하기에도 충분한 속도이다.

시험리그는 시험 설비와 시편인 연소기의 연결을 위한 장치이다. 또한, 연소기의 성능 데이터를 측정하기 위한 각종 센서들이 여기에 설치된다. Figure 1 은 시험설비에 장착된 시험리그이다. 연소기 시험리그에는 시험대상인 연소기가 장착되므로, 리그는 연소기의 설계가 끝난 뒤에 설계 및 제작이 수행된다.

연소기의 고공 점화 시험은 지상조건보다 저온/저압에서 이루어지므로 연소기 시험설비에서 수행할 수 없으며, 엔진 고공 시험설비에서 고공환경을 모사하여 수행된다.

Fig. 1 Test rig for UAV engine combustor