

초음속기용 엔진의 개발

초음속 수송기에 가장 중요한 부분은 제트 엔진이다. 제1세대기인 콩코드는 취역후 20년을 지나도 안전하게 여객을 운송하고 있어 실적은 매우 좋다. 그러나 논 스톱으로 갈 수 있는 항속거리가 짧아 상업적으로 성공작이라고 말하기는 어렵다. 게다가 엔진에서 나는 소음이 매우 심하여 극히 일부 공항 외에는 취역하지 못하는 결점도 있다.

항공여객의 증가와 아울러 서울 뉴욕간이 13시간이나 걸리는 현재로서는 좀더 쾌적하고 빠른 초음속기가 요구되어 새로운 항공기 제트 엔진의 출현이 기대되고 있다.

고속을 낼 수 있고 연비가 적게 들며 연료효율이 좋고 항속거리가 길어지면서 소음과 오존층에 대한 영향이 적은 조건을 충족시킬 수 있는 엔진의 연구에 각국은 여념이 없다. 엔진의 개발 현황을 알아본다.

초음속 엔진의 요구 조건

콩코드라는 제 1세대 초음속기에서 한걸음 발전한 제2세대 초음속 여객기의 엔진에 요구되는 조건을 항목별로 정리해 보면 대략 다음과 같이 된다.

제2세대 초음속엔진의 요구조건

① 항속거리

극동에서 북미주 서해안까지

미국에서 유럽경유 중국까지

유럽에서 북미주를 거쳐 동해안까지

A. 적은 연료 소비량 - 높은 엔진 효율
고효율의 엔진 요소, 사이클

B. 아주큰 추력·중량비
경량구조, 경량재료의 채용

② 환경 적합성

A. 이착륙시의 소음

· 배기 소음의 저감 - 사이클 선정
소음 기구의 신개발

B. 소닉붐 - 육상에서는 아음속운항
검토

C : 배기가스 - 오존층에 대한 영향

· 저미션 연소기

이상의 요구조건을 지금까지의 콩코드에서 나온 교훈을 기초로 검토해 보자

(1) 항속거리문제

21세기의 항공수요를 전망하면 주요 경쟁국인 미국, 유럽, 아시아 등 3극간의 상호 왕래에 의한 여객수송이 증대할 것이기 때문에 이들 구간을 논스톱으로 왕래할 수 있어야 한다. 현재의 콩코드는 겨우 대서양을 횡단할 정도의 3,400nm의 항속거리를 가진데 대해 제2세대기는 적어도 갑절은 되어야 한다. 비행시간의 단축효과가 나타나는 것은 장거리 노선이다. 예를 들면 아시아 극동지방에서 태평양을 건너고 다시 북미 대륙을 가로질러 동부 여러 도시에 논스톱으로 되도록 빨리 가기를 원한다.

이런 요구를 충족하려면 엔진이 연료를 적게 소비하면서 높은 효율

을 내는 것이 필요해진다. 그 때문에 고효율 엔진요소의 개발과 최적한 엔진 사이클의 선택이 요구되고 있다.

구체적으로는 효율이 높은 팬, 압축기, 터빈, 공기흡입구 등이 개발되어야 한다. 이런 것을 개발하려면 새로운 유체역학의 해석과 설계의 수법이 요구된다. 엔진 사이클에서는 터빈을 통하는 연소가스의 온도가 최고로 되는 것과 이에 비견되는 사이클 압력비와 바이패스비를 실현 해야한다. 다시 추력 중량비가 큰 엔진이 요구된다. 이런 조건을 실현하기 위해 현재보다 가벼운 구조와 가벼운 재료를 채용할 필요가 있다. 구체적으로는 비행조건을 정밀하게 고려한 수치를 기초로 엄밀한 강도를 해석하여 가벼운 구조를 채용하고 티타늄, 알루미늄 복합재나 세라믹의 복합재등 새로운 재료를 이용한 가벼운 엔진을

개발하는데 심혈을 기울이고 있다.

(2) 환경 적응성 문제

초음속수송기에서 가장 먼저 문제가 되는 것이 바로 환경에 대한 적응성이다. 아무리 빠르고 멀리 날아도 환경을 파괴해서는 존재 가치가 없어진다. 이런 점에서 환경적 측면에서 생각해본다.

① 이착륙시의 소음

초음속기의 소음은 주로 고속의 배기가 대기와 혼잡할 때 발생하는 데 배기속도의 7~8제곱에 비례하여 커진다고 한다. 초음속기는 고속으로 비행하기 때문에 배기 속도도 아주 빠르게 설정되어 필연적으로 소음이 커진다. 특히 공항 주변의 소음에 대해서는 ICA나 FAA등에 의하여 규제가 정해져 있다.

아음속기에 비해 현재의 초음속 민간 수송기인 콩코드기는 이륙할 때 특히 매우 큰 소음을 발생한다. 그래서 제2세대기에서 소음을 줄이기 위해서는 엔진의 바이패스비를 크게 하는 등 배기속도를 늦추거나 또는 배기부에 아주 큰 소음장치를 달아야한다.

최근 장래의 초음속 민간기에 대한 규제가 ICAO에서 검토되고 있는데 현재의 아음속기 보다 낮은 소음 기준이 적용될 것 같다.

② 소닉붐(음속돌파시의 충격 타음)

초음속 비행시의 충격과 발생을 약화시키는 항공기의 날개 모양을

연구하고 있지만 이런 기술이 실용화되기까지는 주민이 사는 육지 상공을 비행할 때는 아음속으로 늦추는 길 밖에 없는것 같다.

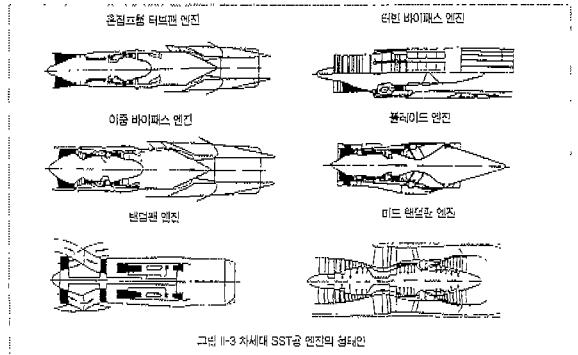
③ 에미션

공항 주변의 배기 가스에 대해서는 ICAO등에서 정한 규제가 있는데 초음속여객기에서도 상응하는 노력에 의해 달성할 것으로 보고 있다.

최근의 관심은 고고도 비행에서 생기는 오존층에 대한 영향이 있다. 초음속기는 기체가 대기권에서 받는 동압을 완화하기 위해 20km가량의 고고도 비행을 하게 된다. 이때 배기가스 중에 있는 질소 산화물(NOx)은 고고도 오존층의 생성과 소멸에 영향을 미치는 것으로알려져 지금 각국에서 연구에 박차를 가하고 있는데 NOx의 발생이 적도록 요구되고 있다. 이것은 터빈 입구의 고온과 상충되는 조건이어서 향후의 연구가 기대되고 있다.

초음속 엔진의 형태

근년에 와서 기술의 향상에 따라 터빈 입구의 온도를 고온으로 올릴



컴바인드 사이클 엔진의 내부

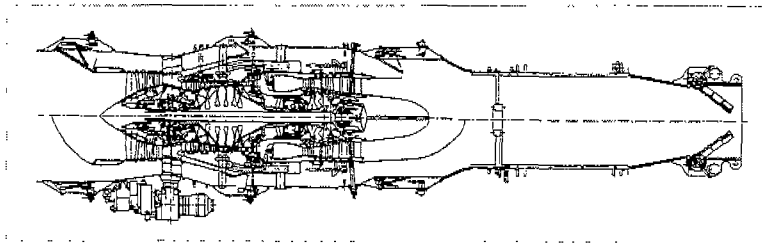
수 있게 되어 추력비를 높게 유지하면서 바이패스비를 높여 연료 소비율을 낮추는 일이 가능해졌다.

터보팬 형태로서의 것은 이륙시에 소음문제, 아음속 순항시의 연료소비율에 대하여 매우 유리하다.

이착륙에서 고속까지 엔진의 특성을 최적화하는 과제를 해결하기 위하여 60년대에 가변 사이클의 개념이 생겨났다. 연비를 향상하기 위해 초음속 비행시에는 터보 제트 모드로 작동하고 그이외의 속도에서는 팬부, 압축기 부, 터빈부 등 여러 부분에 가연기구를 마련하여 바이패스비를 변화시키는 가변 바이패스 엔진도 있다.

미국에서는 이전에 초음속 수송기의 개발이 중지된 이후 NASA에서 73년부터 연구를 다시 시작했다. 특히 엔진에 관해서는 76년부터 가변 사이클 엔진 계획이 추진되었다.

최근 각국에서 연구 개발중인 초음속 수송기용 엔진의 형태 가운데



컴파인드 사이클 엔진의 내부

대표적인 것을 알아 보기로 한다.

(1) 교류 터보팬 엔진

터보팬 엔진에 믹서 에젝터라는 기구를 가진 가변 제트 노즐을 조합한 엔진이다. 이륙할 때 믹서 에젝터를 조작시켜 소음을 줄이는 한편 초음속 비행시에는 보통의 초음속 노즐로 작동하는 형태이다.

(2) 더블 바이 패스 엔진

바이 패스를 2중으로한 터보 팬 엔진으로 팬 부분이 둘로 갈라져 중간에 모드 전환 밸브, 팬 출구에 전부 면적 가변 밸브가 있고 바이 패스 덕트 후방에 후부 면적 가변 밸브가 있다. 이착륙 비행등 기능에 따라 변환 밸브를 개폐하여 적응하도록 만들었다.

(3) 터빈 바이 패스 엔진

터빈 면적을 전환 시키는 대신 압축기 출구 공기를 바이패스 시켜 압축기의 유량과 터빈의 유량과를 제어하려는 것이다. 이 형태는 압축기에서 하는 일에 비하여 터빈의 일에 여유가 있는 아음속에서 저초음속 비행시는 밸브를 열고 터빈을 바이 패스 시키는 대신 고초음속 비행시는 밸브를 받아 최대 출력을

얻도록 되어 있다.

(4) 브레이드 엔진

Fan Blade Engine의 약칭으로 바이패스엔진의 팬 계열 외측에 보조적인 팬 날개를 달아 놓은 구조인데 이륙때 그 보조 날개가 전체 공기 유량을 증가시켜 바이패스비를 크게 함으로서 소음을 줄이려는 구조이다.

(5) 단뎀 팬 엔진

기본적으로는 2축의 터보 팬 엔진인데 팬부분이 둘로 나누어져 있고 중간에 모드 설정 밸브라는 유로조절 기구가 설치되어 있다. 모드 변환기구에 의해 좀 큰 바이패스비가 저속비행시에 얻어 지기 때문에 배기 속도를 줄임으로써 소음 기구 없이 소음을 낮추도록 되어 있다.

(6) 컴바인드 사이클 엔진

터보 럼 제트 엔진이라고도 한다. 현재로서는 차세대 초음속 여객기용으로 가장 적합한 것이라는 평을 듣고 있다. 미국과 일본 양국에서 연구 개발되고 있으며 일본은 모형시험을 끝내고 내년부터 미국 GE사의 시설을 빌려 실험 크기의

시험용 엔진으로 고고도 초음속 환경하에서의 적응시험에 들어갈 것이라고 한다.

극초음속기용 엔진으로 사용할 경우 비행 마하수가 올라갈 수록 압축을 위한 입구의 온도가 급격히 올라간다. 가령 비행 마하수 5.0이면 1.270K정도가 된다. 그후의 압축기내의 온도 상승을 더하면 연소에 의한 온도 상승분은 매우 적어져 필요한 추력의 유지가 곤란해진다.

그래서 고속시에 한계가 있는 터보제트엔진 대신에 럼 제트를 사용하는 형태의 일종의 복합 사이클 엔진을 생각한데서 이 엔진이 생겨났다. 저속영역에서 우수한 성능을 보이는 터보 제트 엔진과 고속영역에서 우수한 성능을 지닌 럼 제트를 복합화 시킴으로서 전비행 영역에서 탁월한 성능을 보이는 것으로 되었다.

초음속기의 엔진에서는 위의 여러가지가 모두 복잡하고 부피가 커지기 때문에 되도록 적게하여 경량화하는 것이 과제되고 있다. M2 이상의 고속으로 비행하게되면 공기 흡입구의 럼 압축효과에 따라 엔진 입구의 온도가 200~300℃에 이르고 또 터빈 입구의 가스 온도가 1,600℃정도나 되기 때문에 내열성이 우수한 새로운 경량소재의 채용이 불가피해진다. 시험에서는 적합한 신소재가 있지만 성형, 절삭가공 기술이 아직 정착하지 못한

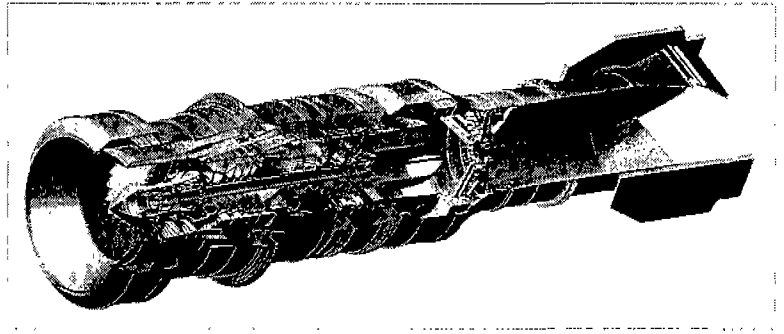
형편이다.

또 다른 문제는 연료이다. 보통 쓰이는 연료는 내열온도가 200℃ 정도여서 그 이상의 온도에서는 산화나 열분해 등이 생겨 연료의 열화현상이 생긴다. 그때문에 비행속도가 M3.0정도가 되면 제트 연료 가운데서도 열적인 안정성을 증가시킨 연료라야 된다. 그러나 그 이상의 초음속 마하가 되면 연료 자체의 안정성 뿐이 아니고 기체나 엔진의 냉각용으로 쓰이는 열 흡수능력이 요구된다. 그 때문에 극초음속기용의 연료로는 액화 메탄이나 액화수소 같은 극저온연료가 후보 연료로 고려되고 있다.

일본의 초음속 엔진 개발

일본은 통산성의 연구과제로 초음속 수송기용 추진 시스템 연구개발이 추진중에 있다. 이사업으로 저속에서 M5.0 정도까지의 비행이 가능하고 연료소비율이 적고 저소음이며 배기에 의한 환경영향이 적은 초음속 수송기용 엔진의 개발을 목표로하고 있다. 여기에는 주로 다음과 같은 과제가 설정되어 있다.

첫째 M5정도에서 안정된 비행이 가능한 램제트의 연구 개발이다. 램제트 특히 액화메탄을 연료로한 극초음속 램제트는 미사일용으로 소형이고 단시간용으로 밖에는 실용화한 예가 없는 것을 민간



컴바인드 사이클 엔진의 모양

용으로 M2.5~5.0 범위에서 실용적인 램 제트 엔진을 개발하려는 것이다.

여기에는 M2.0~5.0 범위의 초음속류를 아음속류까지 효율적으로 감속시키는 가변형 고성능 공기 흡입장치와 에미션이 적은 램 연소기. 그리고 1,900℃에 달하는 고온가스를 고속으로 분출시키는 가변형 배기 노즐의 연구도 포함되어 있다.

둘째는 지상에서 M3정도의 고속까지 작동하는 가변형 터보 제트 엔진을 개발하는 연구이다. 바이 패스 탁트의 밸브에 가변 작동 기능을 가지게하여 비행속도와 출력에 대응하여 변화시키는 가변 사이클 터보펜 엔진을 만드려는 연구이다. 이형태의 엔진은 미국의 전투기에서는 채용한 예가 있지만 민간기용으로는 아직 실용한 예가 없다.

세째는 엔진 전체를 고도로 제어하기 위한 다변수 제어기술의 연구 개발이다. 가변 사이클 엔진의 여러 가변장치, 공기흡입구, 배기노

즐 등을 최적의 상태로 제어하고 다시 M2.0~3.0사이에서 터보와 램의 두 엔진을 효율적으로 변환 사용하는 제어 기술 특히 자동 디지털제어 방식의 지능 장치가 필요하다. 그래서 이런 제어 기술과 이를 만드는 계기 제조기술도 아울러 개발하게 한다.

네째는 터보 제트와 램 제트의 두가지 엔진을 효율적으로 조합하여 때에 따라 경우에 따라 적절히 양쪽을 구동구사하는 컴바인드 사이클 엔진의 기술적 조합을 완성하는 일이다.

그래서 먼저 소형 모형 시험엔진을 만들어 구동시험을 실시한 뒤 다시 실물대의 본격적 시험용 엔진을 만들어 이것을 고고도 초음속 풍동에서 실제 상황과 같은 조건에서 시험하는 과제이다. 일본의 이런 연구사업은 1989년에 시작되어 금년(1998)까지 약 280억엔을 투입하고 있다. 이 연구에는 미국, 영국, 프랑스 등의 우수 제작사도 참가하고 있다.