

소형항공기 추진기관 기술동향

김근배*

Technical Trends for Small Aircraft Propulsion

Keun-Bae Kim*

ABSTRACT

Technical trends of propulsion system for small aircraft are investigated. Currently, most small aircraft are equipped with piston engine, turboprop and turbofan engines, and the technology development is going continuously. For piston engines, new diesel engines are arising besides gasoline engine. The diesel engines use relatively low-cost and easy to get fuel(Jet A), so the demand for small aircraft is getting increased, and new engines with high reliability and efficiency are being developed. For gas turbine engines, application of small turbofan is getting increased for newly arising VLJ market and the engine demand will be rapidly increased in the future. On the other hand, some electric propulsions without fossil fuels are being developed without high cost of fuel and environmental effects. In the future, propulsion system for small aircraft will be developed having enhancement of performance and efficiency with higher reliability and safety.

초 록

소형항공기에 장착되는 추진기관의 기술동향을 조사하고 검토하였다. 현재 소형항공기 시장은 피스톤 엔진과 터보프롭, 터보팬엔진이 대부분의 시장을 점유하고 있으며, 지속적으로 기술개발이 진행되고 있다. 피스톤엔진의 경우, 기존의 가솔린엔진 외에 디젤엔진이 새롭게 부각되고 있다. 디젤엔진은 상대적으로 비용이 낮고 구입이 용이한 연료(Jet A)를 사용하는 장점을 토대로 소형항공기 시장 수요가 증가하고 있으며, 신뢰성과 효율을 높인 새로운 엔진들이 개발되고 있다. 가스터빈엔진의 경우, 새롭게 떠오르고 있는 VLJ 시장 수요를 겨냥한 소형 터보팬엔진 사용이 증가하고 있으며, 향후 수요가 급격히 증가할 것으로 예상된다. 한편, 최근의 고유가 상황 및 환경 영향성을 고려하여 기존의 화석연료를 사용하지 않는 전기추진방식도 개발되고 있다. 향후 소형항공기 추진기관은 더욱 높은 신뢰성과 안전성을 토대로, 성능과 효율 향상은 물론 친환경적인 특성을 갖도록 개발될 것이다.

Key Words : Small Aircraft(소형항공기), Piston Engine(피스톤엔진), Turbofan Engine(터보팬엔진)

* 김근배, 한국항공우주연구원 항공사업단 KHP개발실 세부계통팀
kbkim@kari.re.kr

1. 서론

20세기에 들어와 항공기의 비약적인 발전과 더불어 추진기관 기술도 눈부신 도약을 이루었다. 1903년 라이트형제의 세계최초 동력비행에 사용된 초보적인 아날로그 엔진이 오늘날에는 컴퓨터로 제어되는 디지털 엔진으로 진화하고 있다. 엔진의 형식도 기존의 내연기관(Internal Combustion Engine)외에 고성능 제트엔진(Jet Engine)이 널리 사용되고 있으며, 최근에는 배터리를 이용한 전기추진 방식(Electric Propulsion) 및 내연기관과 전기모터를 통합한 하이브리드(Hybrid) 개념의 추진방식까지 등장하고 있다. 추진기관 기술의 발전과 더불어 항공기 개발과정에서 수요자의 요구 및 운용환경을 만족시키는 방안이 주요 고려사항으로 부각되고 있으며, 이를 위해 보다 안전하고 편리한 그리고 친환경적인 추진기관을 선호하는 추세는 높아지고 있다. 이 과정에서 기존 항공기 개발사와 엔진 업체 간의 유기적인 협력관계가 형성되고 있으며, 엔진 업체들은 더욱 우수한 성능과 효율을 발휘할 수 있는 엔진 개발을 위해 끊임없이 노력하고 있다.

항공기 추진기관은 일반적으로 항공기의 성능과 용도에 따라서 요구되는 성능과 형식이 결정된다. 항공기는 사람의 탑승여부에 따라 유인기와 무인기로 나눌 수 있고, 크기 및 용도에 따라 다양하게 분류할 수 있다. 유인기의 경우, 안전성과 신뢰성이 가장 중요한 요소이므로 공인규격에 따라 확실하게 인증 받은 엔진을 적용할 필요가 있다. 무인기는 상대적으로 유인기보다 안전성과 신뢰성 요구수준이 낮을 수 있으며, 크기와 용도에 따라 요구되는 성능이 매우 광범위하기 때문에 다양한 종류의 추진기관을 선택할 수 있다. 항공기 추진기관은 일반적으로 항공기의 중량과 속도에 의해서 선택할 수 있는 범위가 한정된다. 그림 1은 항공기의 비행속도 영역 별로 적용할 수 있는 추진기관의 종류를 나타낸 것이다. 그림을 통해서 알 수 있듯이, 아음속 영역에서는 피스톤엔진(Piston Engine) 내지 터보프롭엔진(Turboprop Engine)을 이용한 프로펠러 추진기관이 적합하며 고속 영역에서는 터보팬엔진(Turbofan Engine)이 사용된다. 중량 관점에서 추진기관의 비추력(추력 대 중량)이 클수록 유리하지만 엔진 및 사용 연료의 특성에 따라 종합적으로 고려되어야 한다.

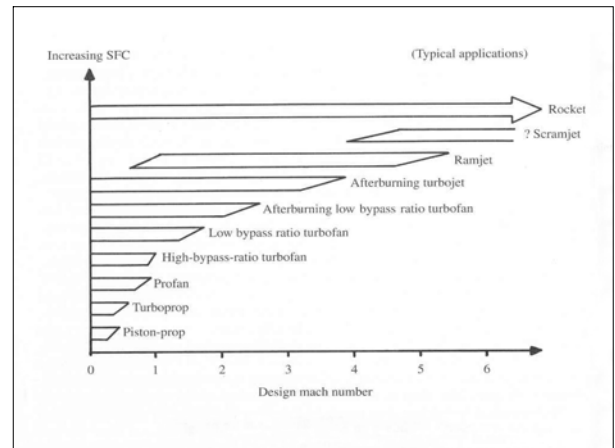


그림 1. 추진기관 속도 한계

소형항공기 분야에서 5인승급 이하는 일반적으로 피스톤엔진을, 그 이상에서는 피스톤엔진과 터보프롭엔진이 널리 사용되나 최근에는 소형 터보팬엔진을 장착한 비즈니스 제트의 수요도 증가하고 있다. 피스톤엔진은 100년 이상의 오랜 역사에 걸쳐 검증된 높은 신뢰성과 안정성을 토대로 소형항공기 시장에서 주도적인 위치를 차지하고 있다. 그러나 점차적으로 높아지는 고객의 시대적 요구를 따라가기 위해서는 끊임없는 기술개발노력이 요구되고 있다. 현재 일반적으로 사용되고 있는 피스톤엔진은 불꽃점화식(Spark-ignition) 가솔린엔진으로 높은 옥탄가를 갖는 고급 휘발유(AV-Gas)를 사용해야 한다. 최근 전세계적인 고유가 경향에 따라 항공용 가솔린 비용도 높아지고 있으며, 이는 자연스럽게 공항에서 손쉽게 구할 수 있는 저가의 연료를 사용하는 디젤엔진(Diesel)의 적용을 촉진시키고 있다. 디젤엔진은 압축착화(Compression-ignition) 방식의 엔진으로 Jet A를 연료로 사용할 수 있다. 반면에 가스터빈엔진(Gas Turbine Engine) 분야는 중-대형 항공기 위주의 시장에서 점차 소형항공기 분야로 시장의 영역을 넓혀가고 있는 추세이다. 특히 최근에 높은 추력/중량비 및 낮은 연료소모율을 갖는 고성능 소형 터보팬 엔진이 등장하면서 고속비행을 추구하는 소형항공기 적용사례가 점차적으로 증가하고 있다. 특히 저가의 VLJ(Very Light Jet) 시장이 형성되면서 여러 기종의 소형제트가 경쟁적으로 개발되고 있는 상황이다. 또한 고유가 시대의 대안으로서 터보프롭엔진의 적용도 점차 증가세를 보여주고 있다. 새로운 시장 상황에 맞추어 신흥시장을 겨냥한 새로운 소형엔진의

개발노력이 더욱 가속화되고 있으며, 프로펠러 추진의 효율과 속도를 더욱 높이기 위한 프로펠(Propfan) 개발 등의 새로운 기술개발노력도 계속 진행되고 있다. 그림 2는 비행속도 영역 별로 피스톤엔진과 가스터빈 엔진의 형식에 따라서 비연료소모율(Specific Fuel Consumption)을 비교한 것이다. 프로펠러 항공기의 경우 추력과 SFC가 비행속도의 함수이며, 대체로 프로펠러 효율이 0.8 수준을 나타낸다. 그림 2에서 피스톤엔진과 터보프로펠엔진의 비연료소모율은 음속의 0.5 배 이상 영역에서 급증하는 반면, 터보팬엔진은 상대적으로 완만하게 상승하는 경향을 보여준다.

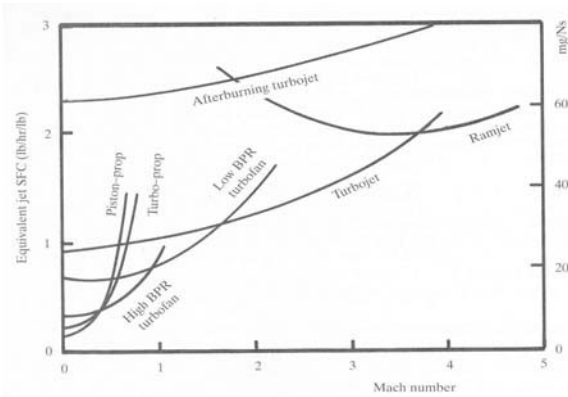


그림 2. (SFC) (@)

한편, 기존의 피스톤엔진과 터빈엔진을 대체하기 위한 신개념의 추진방식으로, 화석연료를 사용하지 않는 전기추진(Electric Propulsion) 방식의 소형항공기 개발이 적극적으로 추진되고 있으며, 이를 통해 경제적 비용 감소는 물론 CO₂ 배출, 소음 등 환경에 미치는 악영향을 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

여기서는 소형항공기에 적용되는 추진기관에 관해서, 현재 주도적인 위치를 점유하고 있는 피스톤엔진과 터보팬엔진을 중심으로 적용사례와 기술개발 동향을 조사 분석하였다.

2. 피스톤엔진 기술

2.1 개요 및 국내 현황

피스톤엔진(또는 왕복엔진으로 칭함)은 항공기 역사 초창기부터 사용된 엔진으로 가장 오래된 형식이다. 사

상 최초의 본격적인 동력비행시대를 개막한 라이트형제의 1903년 Flyer호에는 12마력급의 원시적인 직렬 4기통 왕복엔진이 사용되었다. 그림 3은 당시 사용된 엔진의 형태와 내부구조를 보여주며, 오늘날의 엔진에 비해 매우 단순하고 초보적인 수준임을 알 수 있다.

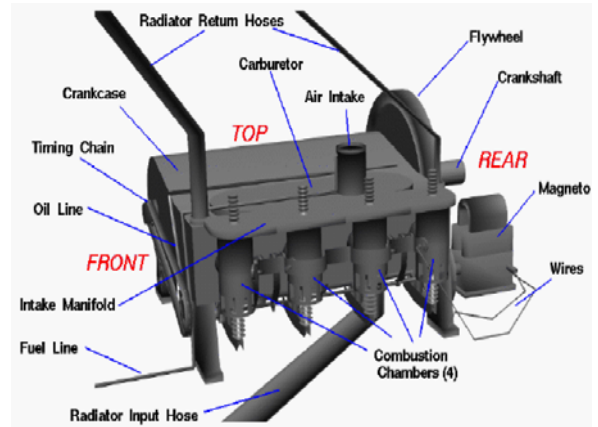


그림 3. Wright brothers' 1903 Aircraft Engine

라이트형제 이후, 세계1차대전 및 2차대전을 거치면서 항공기도 비약적으로 발전하기 시작했으며, 안전성과 신뢰성이 획기적으로 개선된 신형 엔진들이 속속 등장했다. 20세기 후반에 들어서면서 미국의 Lycoming과 Continental 등에서 개발된 피스톤엔진들이 소형항공기 시장을 잠식했으며, 현재까지 6인승급 이하 소형항공기의 주력 엔진으로 자리 잡고 있다. 표 1은 현재 운항중인 6인승급 이하의 대표적인 소형항공기를 대상으로 피스톤엔진의 적용사례를 나타낸 것이다.

표 1. 피스톤엔진 적용 소형항공기

기종/ 모델	좌석수	엔진/ 마력
Cessna 172S	4	Lyc. IO-360/180 hp
Cessna T206H	6	Lyc. TIO-540/310 hp
Cirrus SR20	4	Con. IO-360/200 hp
Commander 115	4-5	Lyc. IO-540/260 hp
Mooney DX	4/5	Lyc. TIO-540/270 hp
Piper PA-32-301	6	Lyc. IO-540/300 hp
Raytheon G36	6	Con. IO-550/300 hp

대한민국의 경우, 1953년 국내최초의 국산 항공기인 “부활”에서부터 시작하여 1991년 대한항공의 “창공

91”과 1997년 한국항공우주연구원에서 개발한 “쌍발 복합재료항공기” 및 2002년 국내 최초의 선미익형 소형항공기인 “반디호” 개발에 이르기까지 피스톤엔진을 사용하였다. 그림 4와 5, 그리고 표 2는 반디호에 적용된 추진기관의 장착 개념과 제원을 나타낸 것이다.

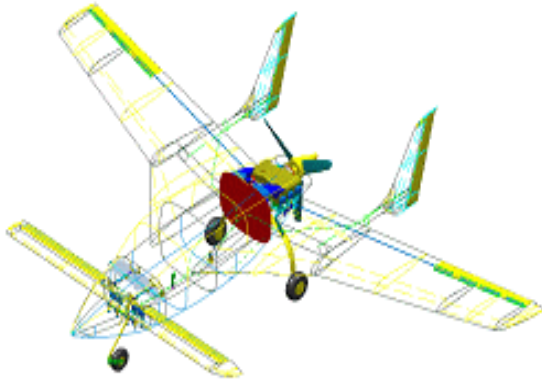


그림 4. 반디호 엔진 장착 개념

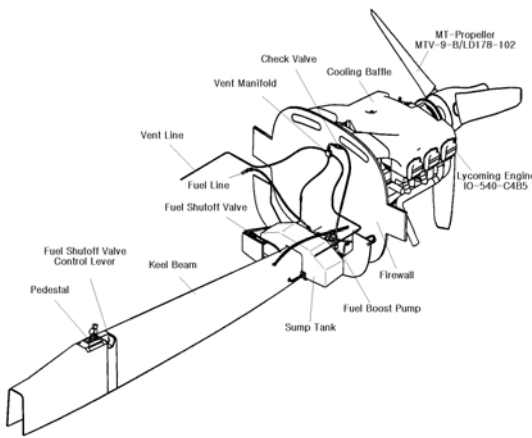


그림 5. 반디호 추진기관 구성도

“창공 91”과 “쌍발복합재료항공기”는 전형적인 Tractor 형식으로 엔진이 동체 전방에 위치하나 “반디호”는 Pusher 형식으로 엔진이 동체 후미에 위치하고 있다. “반디호”의 엔진은 Lycoming의 250 마력급 수평대향형 피스톤엔진으로 연료분사식 6기통이며, 각각의 실린더마다 2개의 점화플러그가 장착되어 높은 고도에서도 점화의 신뢰성을 높여준다. 또한 공랭식을 적용하여 항공기 비행 중에 유입되는 외부 바람에 의해 효과적으로 냉각되도록 설계되었다.

표 2. 반디호 엔진 제원

구 분	제 원
엔진 제작사	Textron Lycoming
엔진 모델	IO-540-C4B5
엔진 형식	Six Cylinder, Direct Drive, Fuel Injection, Horizontally Opposed, Air Cooled
정격 마력	250 hp (@2575 RPM)
압축비	8.5:1
프로펠러 구동비	1:1
프로펠러 회전방향	Clockwise
중량	404 lb

2.2 개발 동향

피스톤엔진은 100여년에 걸친 운용경험을 토대로 높은 신뢰성과 안전성을 확보하고 있으며, 상대적으로 유지 정비가 용이하고 경제성이 높은 장점을 갖고 있다. 그러나 최근의 급격한 유가 상승과 더불어 항공용 가솔린(AV-GAS) 비용도 높아지고 있으며 결과적으로 항공기의 운용비가 증가하고 있다. 또한 옥탄가를 높이기 위해서 불가피하게 납(Lead)이 첨가된 연료를 사용해야 하므로 환경에 유해한 영향이 있다. 아울러 추력 대 중량비가 낮고 진동과 소음이 크며 프로펠러 추진속도의 한계 등으로 인해 고속주행이 어려운 단점이 있다. 기존 가솔린 왕복엔진의 한계를 극복하기 위해서 최근에 여러 종류의 디젤엔진이 새롭게 개발되고 있다. 새로 개발되는 디젤엔진은 기존의 항공용 가솔린 대신 터빈엔진과 같은 종류의 연료를 사용할 수 있으며, 높은 압축비에 따른 효율 증대 및 기계 및 전자 분야의 신기술을 적용하여 운용성과 안전성을 높이고 진동과 소음을 감소시키는 방향으로 진행되고 있다. 디젤엔진은 역사적으로 이미 수십 년 전에 Guiberson, Packard 등의 엔진이 항공기용으로 사용된 바 있으나 보편화되지는 못했고, 최근에 다시 소형항공기에 적용되기 시작되었다. 현재 소형항공기용 디젤엔진은 미국의 Thielert를 위시하여 4~5개사에서 상용화 수준의

엔진을 개발 또는 판매하고 있으며, 기존 가솔린엔진 대비 높은 성능과 효율을 목표로 하고 있다. 대표적인 사례로 Cessna 182 기종은 SMA사의 230마력급의 디젤엔진을 장착하고 2006년에 FAA 인증을 획득하였다. 표 3은 대표적인 소형 디젤엔진의 종류와 제원을 나타낸다.

표 3. 항공용 디젤엔진

제작사	모델	출력	비고/ 적용
Continental	CSD 283	200 hp	시제품 개발
	-	100 ~ 350 hp	개발 추진
Deltahawk	DH160	160 hp	Experimental
	DH180	180 hp	
	DH200	200 hp	
Thielert	Centurion 2.0	135 hp	Cessna 172
	Centurion 4.0	350 hp	Cessna 206
SMA	SR305-230	230 hp	Cessna 182
Zoche	ZO 01A	150 hp	개발 진행
	ZO 02A	300 hp	
	ZO 03A	70 hp	

그림 6은 Thielert의 Centurion 2.0 모델로서 FADEC (Full Authority Digital Engine Control)에 의한 전자식 단일 레버 제어 방식을 적용하여 안전성과 효율을 극대화하였으며 동급의 가솔린엔진에 비해 우수한 성능을 구현하였다.

Centurion 2.0 모델의 제원은 다음과 같다.

- Take off power : 135 HP
- Torque : 302 ft-lb
- Bore : 3.26 in
- Stroke : 3.62 in
- Compression Ratio : 18 : 1
- Fuel : Jet A1 and Diesel(EN 590)
- Consumption : 4 ~ 5.3 gal/hr
- Specific fuel consumption

at BEP : 0.36 lb/hp-hr

- Engine Weight : 295.4 lbs



그림 6. Thielert Centurion 2.0 Engine

Zoche 디젤엔진은 다른 엔진과 달리 방사형 구조로 개발되어 중량감소와 효율 증대를 도모하고 있다. 향후 디젤엔진이 본격적으로 상용화될 경우 기존 가솔린엔진과 더불어 소형항공기 시장의 지배적인 지위를 유지할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 가스터빈엔진 기술

3.1 개요 및 현황

1939년 세계 최초의 제트기인 독일의 Heinkel 178이 등장한 이래, 20세기 후반 이후 가스터빈엔진이 항공기 추진기관의 주도적인 위치를 차지하였다. 가스터빈엔진은 추진방식에 따라서 터보제트(Turbo-jet), 터보프롭(Turbo-prop), 터보샤프트(Turbo-shaft), 터보팬(Turbo-fan) 엔진으로 분류할 수 있다. 항공기에 처음 적용된 방식은 터보제트엔진으로 음속을 돌파하는 고속비행을 실현했으나, 더욱 향상된 성능과 효율을 발휘할 수 있는 터보프롭 및 터보팬엔진이 개발되면서 현

재 대부분의 항공기에 적용되고 있다. 터보샤프트엔진은 피스톤엔진에 비해 비추력이 크고 운용범위가 넓어서 헬리콥터 엔진으로 널리 사용된다. 터보프롭엔진은 가스터빈엔진의 우수한 성능과 피스톤엔진 수준의 경제성을 토대로 소형항공기부터 중-대형 항공기에 이르기까지 폭넓게 적용되고 있다. 소형항공기의 경우, 최근의 전세계적인 고유가 현상에 따라 터보프롭엔진의 경제성이 다시 부각되면서 시장이 활성화되고 있으며, 특히 단발-터보프롭기 시장이 급팽창하고 있다. 단발-터보프롭기의 선두격인 Pilatus의 경우, Pratt & Whitney Canada사의 PT6A-67P 단발 엔진을 장착한 PC-12 기종에 대해 2008~2009년에 걸쳐 200여대의 판매를 계획하고 있다. 더불어 소형 비즈니스제트기의 신규 수요 증가에 따른 터보팬엔진의 판매도 꾸준한 증가 추세를 보이고 있다. 표 4는 현재 운항중인 대표적인 소형항공기를 대상으로 가스터빈엔진의 적용사례를 보여준다.

표 4. 가스터빈엔진 적용 소형항공기

기종/모델	좌석수	엔진/추력
Bombardier Learjet 40	7	Turbofan/7,000 lbf
Cessna Mustang	4-6	Turbofan/2,700 lbf
Gulfstream G100	6-7	Turbofan/8,500 lbf
Raytheon Hawker 400	2+ 7-9	Turbofan/5,930 lbf
Cessna 208 Caravan	10-14	Turboprop/675 hp
Piper PA-46-500	6	Turboprop/500 hp
Pilatus PC-12/45	11	Turboprop/1200 hp

3.2 개발 동향

터보팬엔진은 현재 전세계적으로 새로운 시장으로 부각되고 있는 VLJ(Very Light Jet) 시장을 겨냥한 신규 엔진 수요가 증가하고 있다. 새로 개발되는 엔진들은 시장의 요구조건을 충족시킬 수 있는 성능 향상과 더불어 경제성 확보 및 환경 영향을 최소화한 친환경 특성을 갖도록 추진되고 있다. 특히 기존의 피스톤엔진 시장을 대체할 수 있는 소형 제트기 시장의 활성화를 적극적으로 도모하고 있으며, 이를 위해 높은 신뢰성과 안전성, 비추력의 향상 그리고 배출가스와 소음을 감소시킬 수 있는 소형 터보팬엔진의 개발노력이 진행되고

있다. 표 5는 소형항공기용 터보팬엔진의 개발현황을 나타낸 것이다.

표 5. 소형 터보팬엔진 개발현황

제작사	모델	추력	적용
Williams International	FJ22 (EJ22)	770 lbf	Eclipse 500 (시험단계 중단)
	FJ33	1,000~1,900 lbf	Cirrus the-jet Diamond D-jet
	FJ44	1,900~3,600 lbf	Cessna CJ Piper Jet
GE Honda Aero Engines	HF120	2,050 lbf	Freedom(2009) HondaJet(2010)
P&WC	PW610F	900 lbf	Eclipse 500

Williams International의 FJ22(EJ22) 모델은 1997년 착수된 NASA의 GAP(General Aviation Propulsion) 프로그램의 일환으로 개발된 FJX-2 엔진을 토대로 개발되었다. 이는 추력 대 중량비가 8.2, 중량 85 lbs, 추력 770 lb급의 당시로서는 혁신적인 엔진이었으나 Eclipse 500 항공기 적용을 위한 개발시험 과정에서 기술적 문제로 인해 중단되고 말았다. Eclipse 500은 더욱 강력한 P&WC의 900 lb급 터보팬엔진을 장착하고 시장에 나올 예정이다. 한편, 일본의 Honda사는 2004년에 개발한 2,050 lb급 HF120 터보팬엔진을 6인승 소형제트기에 장착하여 2010년 판매를 목표로 하고 있다. HF120엔진은 Honda가 심혈을 기울여 개발한 가장 최신의 소형 터보팬엔진으로, Dual-channel FADEC을 채택하여 운용 성능을 향상시켰으며 Honda와 GE의 축적된 기술을 토대로 시장진입 전망이 밝을 것으로 예상된다. 그림 7은 HF120 엔진의 기술적 특징을 보여주며, 주요 제원은 다음과 같다.

- Takeoff thrust : 2,050 lbf
- Bypass ratio : 2.9
- Engine pressure ratio : 24
- Thrust/weight ratio : Over 5
- Maximum diameter : 21.2 in
- Length : 44 in
- Weight : Less than 400 lbs
- Specific fuel consumption(cruise)

- : Less than 0.7 lb/hr/lbf.
- Time between overhaul : 5,000 hrs
- Control : Dual-channel FADEC

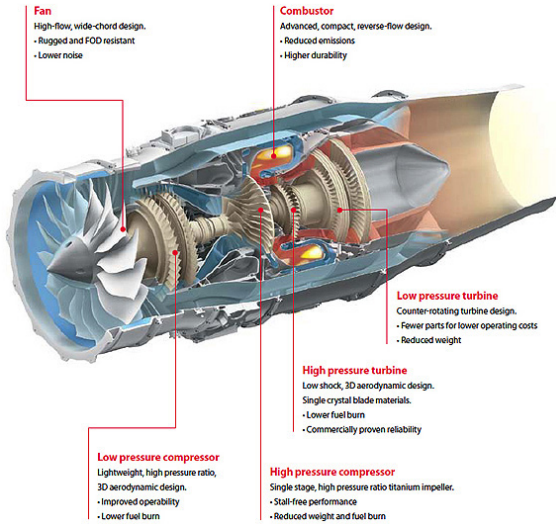


그림 7. GE Honda HF120 Turbofan Engine

용하여 자체적인 이륙은 물론 최대 1시간의 채공이 가능한 놀라운 효율을 보여주고 있다. Pipistrel 전기추진 항공기는 이륙시 30 KW의 전기모터를 사용하여 상승한 후 기류를 타고 조용하게 활공할 수 있으며, 기존의 가솔린 엔진을 탑재한 Taurus와 거의 대등한 성능을 갖는 것으로 제시되었다.



그림 8. Pipistrel Taurus Electro

4. 떠오르는 기술들

4.1 전기 추진(Electric Propulsion)

전기 추진(Electric Propulsion)은 항공기 자체적으로 내장된 배터리의 전력으로 모터를 구동하여 추진력을 얻는 방식으로, 기존의 화석연료를 사용하지 않는다는 점에서 친환경적인 기술로 볼 수 있다. 다른 한편으로, 항공기 동체 표면에 태양전지를 부착하고 태양광으로부터 획득한 전기를 이용하여 프로펠러를 구동하는 방식도 개발되고 있으나, 이 방식은 아직까지 에너지 효율이 높지 않기 때문에 주로 무인기 분야를 대상으로 적용되고 있다. 최근 미국의 NASA에서도 친환경적인 전기 추진식 항공기 개발에 관심을 기울이고 있다. 특히 전기 추진 개념을 적용한 개인용 소형항공기 개발대회를 통해서, 높은 효율로 작동하고 탑승이 편안한 전기추진 방식의 “Green Plane” 개발을 목표로 적극적인 지원을 하고 있다. 그림 8은 2008년 판매를 목표로 시험비행중인 전기추진식 비행기의 모습이다. Pipistrel에서 개발한 이 항공기는 2인승으로 중량이 단지 705 lb에 불과하며, 고성능 리튬-이온 배터리의 동력을 이

한편, 미국의 Boeing사는 세계 최초로 2008년 3월 수소연료와 리튬-이온 배터리를 조합한 연료전지 비행기의 시험비행에 성공하였다. 시험 항공기는 2인승으로 중량이 약 800 kg, 최대 비행시간이 45분에 이르며, 이륙시에는 배터리 전력이 사용되었으나 비행중에는 연료전지의 전력에만 의존했다. 수소 연료전지는 향후 소형항공기의 주 동력원으로서, 미래의 친환경적인 추진시스템으로 적용이 가능할 것으로 예측된다. 항공기용 연료전지 개발과 관련하여, Aerovironment사의 Puma 소형 무인항공기에 적용된 하이브리드 연료전지 시스템도 주목되어야 한다. 이 시스템은 Protonex Technology사에 의해 첨단 에너지 저장 및 추진기술 개발 프로그램의 일환으로 개발된 것으로, 이륙 또는 기동비행시 리튬-이온 배터리에서 최대 동력을 제공하고 연료전지가 배터리를 재충전시켜 비행하는 동안 지속적인 동력을 제공하는 시스템으로 최대 9시간의 채공시간을 기록하였다. 전기모터는 내연기관보다 훨씬 높은 효율을 발휘하므로, 개인용 항공기에 바람 또는 태양에너지에 의해 충전되는 배터리와 연료전지를 접목시킬 경우 가장 친환경적인 운송수단이 될 수 있다. 전기동력은 또한 항공기 동력계통의 효율과 전체적인 설계를 향상시킬 수 있으며, 크기를 줄이면 효율이 감소하는 기술

린엔진과 달리 전기모터는 크기에 상관없이 효율적으로 작동할 수 있다. 한편으로, 전기추진식 항공기는 비행중 배터리가 방전되면 치명적인 사고로 이어질 수 있기 때문에 배터리의 신뢰성과 수명을 향상시키는 방안이 중요한 이슈로 대두되고 있다.

4.2 하이브리드 엔진(Hybrid Engine)

하이브리드 엔진(Hybrid Engine)은 자동차에서 먼저 적용되기 시작한 기술로서 내연기관과 전기모터를 병용하는 추진 방식이다. 하이브리드 엔진은 내연기관의 고출력 성능과 배터리 충전의 경제성을 동시에 추구하는 기술로서, 운용비 절약과 더불어 내연기관의 배출가스를 대폭적으로 줄일 수 있는 장점이 있다. 하이브리드엔진은 엔진과 모터의 구동방식에 따라서 직렬형과 병렬형 그리고 두 가지를 조합한 복합형으로 구분할 수 있다. 직렬형은 엔진으로 발전기를 구동하여 전력을 생산하는 방식이고, 병렬형은 모터가 엔진을 보조적으로 지원하는 방식이다. 기본적인 구동원리는 초기 시동 및 가속(상승)시 엔진을 사용하고(필요시 모터를 보조적으로 이용), 저속 비행시에는 모터만으로 구동하며(고속 순항시 엔진 가동), 감속과정에서 모터가 에너지를 배터리에 저장할 수 있다. 일반적으로 하이브리드 엔진을 적용할 경우 기존의 가솔린엔진보다 10% 이상 높은 효율을 내는 것으로 알려져 있다.

최근에 무인기를 대상으로 본격적인 하이브리드 엔진을 적용하려는 시도가 진행되고 있다. 이스라엘의 Aeronautics Defence Systems는 Aerosky 2 무인기를 대상으로 하이브리드 배터리/피스톤 엔진 초도비행 시험을 실시할 예정이다. Aerosky 2의 하이브리드엔진은 이륙시 피스톤엔진을 사용하고 목적지까지 비행하는 동안 배터리시스템으로 전환한다. 여기에 사용된 하이브리드엔진은 이탈리아 Zanzottera Technologies에 의해 개발되고 있다. Aerosky 2는 최대이륙중량 80kg의 소형 무인기로 최대 10시간 동안 비행할 수 있으며, 저고도에서 전기추진 모드로 작동시 소음을 대폭 줄일 수 있을 것으로 기대되고 있다.

다른 한편으로, 앞서 언급된 전기추진식 소형항공기의 배터리 수명을 늘리기 위한 방안으로 하이브리드

엔진 방식을 적용할 수 있다. 이는 대부분의 비행을 배터리 동력으로 해결하되 항속거리를 늘리기 위해서 소형 내연기관으로 발전기를 구동하는 방식이다. 이 경우 단지 1갤런의 가솔린으로 30분의 추가적인 비행을 유지할 수 있다. 하이브리드 엔진은 향후 다양한 방식으로 소형항공기에 적용이 가능할 것으로 예상된다.

5. 향후 전망

6인승급 이하의 소형항공기 시장은 아직까지 피스톤엔진이 대세를 이루고 있으나, 최근의 고유가 추세에 따라 터보프롭엔진이 새롭게 부각되고 있으며, 또한 VLJ 시장의 수요증가에 따라 소형 터보팬엔진을 탑재한 신형 항공기가 잇달아 개발되고 있다. 기술적인 관점에서 프로펠러 항공기의 속도를 제한하는 요소는 엔진이 아니고 프로펠러이기 때문에 피스톤엔진 항공기는 터보프롭기 만큼 빨리 비행할 수 있다. 가장 빠른 피스톤엔진 항공기는 400 knot 이상의 속도로 날 수 있으며, 프로펠러 항공기는 터보프롭엔진 또는 피스톤엔진에 상관없이 300 knots의 순항속도를 갖도록 설계할 수 있다. 일반적으로 100 마력급 이하에서는 가솔린엔진이 출력 대 중량에서 유리하고, 450 마력급 이상에서는 가스터빈엔진이 유리한 것으로 알려져 있다. 그 중간영역은 피스톤엔진이 차지하고 있으나 새롭게 개발되는 디젤엔진이 신뢰성과 안전성을 확보할 경우 충분히 유리한 고지를 차지할 수 있을 것으로 예상된다. 한편으로, 2008년 들어 비즈니스 제트의 수요가 약 40% 급증한 것으로 나타났으며, 상대적으로 피스톤 항공기는 감소되었고, 터보프롭 모델은 약간 증가되었다. 대표적인 사례로 미국의 Eclipse 500 항공기는 6인승급의 쌍발 터보팬엔진을 장착한 기종으로 본격적인 판매에 앞서 이미 많은 예약을 받은 것으로 알려져 있다. 또한 일본의 Honda는 자체적으로 개발한 Hondajet를 통해 신형 터보팬엔진을 선보였으며 인증획득과 더불어 본격적인 판매를 눈앞에 두고 있다. 앞으로도 새롭게 고급화된 소형항공기들이 속속 등장하여 기존의 노후화된 소형항공기를 대체할 것으로 기대된다. 미국은 이미 1990년대 후반에 침체된 소형항공기 시장을 활성화시키기 위한 노력의 일환으로

NASA가 주도하는 GAP(General Aviation Propulsion) 프로그램을 추진한 바 있다. 이는 기존의 소형 가솔린 엔진을 대체할 수 있는 혁신적인 기술의 디젤엔진과 터보팬엔진을 개발하기 위한 것이나 아직까지 결실을 맺지 못하고 있다. Continental은 1997년 GAP 프로그램의 내연기관 개발주관업체로 선정되어 최신기술을 극대화한 완전히 새로운 엔진코어 개발에 착수하였다. 정격출력 200 hp, 회전속도 2,200 rpm, 중량 300 lb급의 디젤엔진 개발을 통해서 획득비용의 획기적인 감소, 운용의 용이성 증대, 중량, 소음 및 진동의 감소, 배기가스 저감, 유지정비의 최소화, 그리고 엔진수명의 향상을 목표로 하였다. 그림 9는 Continental의 200마력급 디젤엔진 개발형상을 나타낸 것이다.



그림 9. Continental 200 hp Diesel Engine

한편, 세계적으로 환경문제에 관심이 높아지는 가운데 기존의 화석연료를 대체할 수 있는 친환경적이고 에너지 효율이 높은 항공기에 대한 수요가 증가하고 있다. 이의 일환으로 순수 전기추진 방식의 소형항공기 개발과 더불어 연료전지를 접목시킨 항공기 시험이 여러 각국에서 활발하게 진행되고 있다. 유럽에서는 연료전지 기술을 적용한 소형항공기 개발을 목표로 3년간 450만 유로가 투입되는 ENFICA-FC(Environmentally Friendly Inter City Aircraft powered by Combustibles Cells) 프로젝트를 진행하고 있다. 이 기술이 완성되면 도시권에서 주야간으로 운항하는 소형항공기에 채택될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 소형항공기용 추진기관 기술개발의 지향점은 친환경, 고효율, 저비용 엔진개발로 요약할 수 있다. 이를 위해 기존 엔진 대비 성능을 더욱 높이고, 운용비용 및 소음과 배출가스 수준은 더욱 낮추도록 노력해야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Daniel P. Raymer, "Aircraft Design : A Conceptual Approach", AIAA Education Series, 1999
2. 노명수, "항공기 왕복엔진", 인하공업전문대학출판부, 1993
3. 홍용식, "가스터어빈 엔진", 청문각, 1987
4. 한국항공우주연구원, "선미익형 소형항공기 핵심기술연구", 2003