

소형 UAV 용 가스터빈엔진의 현황 및 향후 개발 방향

김승우*

1. 서 론

1960년대 말부터 본격적으로 개발이 시작된 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle 혹은 Uninhabited Aerial Vehicle : UAV)는 매우 다양한 형태로 그 효용성을 계속 인정받아왔다. 특히 21세기에 들어서서 무인화와 소형화를 위한 연구개발 노력이 크게 요구되고 있어 무인 항공기의 추진 시스템 역시 이러한 추세에 맞추어 전 세계적으로 연구개발이 진행되고 있다. 소형 UAV를 정의하는 기준은 여러 가지가 있을 수 있으나, 편의상 비행고도 3000 m 이하, 비행거리 10-30 km, 비행시간 2-4시간의 CR(Close Range)급 UAV를 소형으로 정의하고 있다. 소형 UAV에 있어서 특히 중요한 부분 중 하나는 경량 고효율의 추진 시스템이라고 할 수 있다. UAV가 소형화됨에 따라서 추진시스템은 추력 100 lbf 미만의 초소형급 엔진이 필요하게 되는데 이러한 초소형엔진을 개발하는 데에는 아직도 많은 기술적인 어려움 등이 있다. 그러나 최근 가스터빈 개발 기술이 점차 보편화되면서 미국을 중심으로 여러 선진국의 전문 소규모 업체에서 소형 및 초소형 터보제트 및 터보 샤프트 엔진 개발이 활성화되고 있다. 그 중에서도 5~100 파운드 정도의 추력을 내는 초소형 터보제트 엔진은 이미 여러 종류가 개발 완료되어 R/C 항공기, UAV, 미사일 등에 활용되고 있는 반면, 주로 헬리콥터와 VTOL에 사용되는 초소형 터보샤프트 엔진은 현재 개발 진행 중에 있거나 최근 미국의 Locust U.S.A., Inc.에서 개발한 제품 정도이다. 선진국에서는 이미 극한 환경 분야와 특수 목적의 모니터링 등에 사용되는 소형 UAV의 실용화를 위해 노력하고 있으며, 그에 따른 소형 UAV용 추진기관으로서의 초소형 가스터빈 개발의 중요성도 함께 부각되고 있다. 현재 UAV용 추진기관으로 주로 사용되고 있는 터보제트 엔진은 빠른 비행속도를 필요로 하는 표적기, 미사일, R/C 항공기 등에

사용되고 있으며, 터보샤프트 엔진은 아직 UAV용으로 많이 사용되고 있지는 않지만 향후 터보제트 엔진에 비하여 민수 및 군수용으로 매우 활용범위가 넓을 것으로 예상하고 있다(Table 1).

앞으로 소형 UAV 기능에 대한 주요 요구사항 중의 하나는 VTOL(Vertical Take-Off & Landing) 기능이며 이에 따라 소형 UAV용 추진기관으로서의 초소형 터보샤프트엔진 개발의 중요성이 점점 부각되고 있다.

국내에서의 소형 UAV용 가스터빈에 대한 연구 개발은 아직 활성화되어 있지는 않으나 최근일부 업체를 중심으로 50마력급 소형 UAV용 터보 샤프트 엔진을 개발하고자 하는 시도가 활발히 진행되고 있으며, 이미 2001년도 민군 겸용 개발사업의 대상 과제로 기 공고된바 있다.

여기서는 소형 UAV에 사용될 수 있는 소형 및 초소형 가스터빈엔진을 중심으로 그 기술적 특징 및 개발 현황에 대하여 기술하고자 한다.

2. UAV 용 가스터빈엔진의 종류

현재 가스터빈을 추진기관으로 사용하는 UAV(중/대형포함) 및 사용되는 가스터빈엔진의 종류를 표 2에

Table 1 터보샤프트 엔진의 활용분야

민수 분야
<ul style="list-style-type: none"> • 농약살포용 무인 헬리콥터 동력원 • 방수용 무인 항공촬영 헬리콥터 동력원 • 소규모 지역에 대한 항공사진 촬영용 무인 헬리콥터 및 VTOL 동력원 • 산불 및 위험지역(화재, 방사능 및 유해물질) 감시 무인 헬리콥터 및 VTOL 동력원 • 스포츠 레저 및 고급 완구 등의 목적으로 개조하여 신 산업 창출
군수 분야
<ul style="list-style-type: none"> • 정찰용 UAV (헬기 및 VTOL) 동력원 • 전술 무기체계 UAV 동력원 • 보조동력 장치 동력원

* (주)뉴로스, 대표이사
E-mail : swookim@neuros.co.kr

Table 2 가스터빈엔진을 추진기관으로 하는 UAV의 종류

UAV	추진기관	추력 (lbf)	체공시간 (Hrs)
BQM-34(Firebee)	J69-T-41B J85-GE-100	1920 2850	1.25
Darkstar	N/A	1900	8
Global Hawk	AE-3007(Allison)	7050	42
Model 324	TCAE 373-8 (Teledyne)	970	2.5
Model 350	TCAE 383-100C	N/A	1
NV-144	TCAE 373	925	2.75
BQM-126	TCAE 373-8	970	2
Falconet	TRS 18 (Micro Turbo)	254	N/A
Mirach 100-3	TRS 18-1	337	
BQM-74E	WJ24-8 (Williams Int.)	240	1.18
Target 2000	N/A	300	N/A
AGM-136A	F-121(Williams Int.)	70	N/A

정리하여 나타내었다. 표 2에서 알 수 있듯이 Anti-radar missile인 AGM-136A Tacit Rainbow의 추진기관으로 사용되었던 Williams International F-121을 제외하고는 대부분 비교적 큰 추력의 가스터빈을 추진기관으로 사용하는 것을 알 수 있다. 현재 전세계의 대표적인 UAV인 140 여종 가운데 가스터빈을 추진기관으로 사용하는 UAV는 약 40여종으로 비교적 중/대형급이며 고속 성능을 요구하고 있다. 이에 비해 소형 UAV의 경우 대부분 왕복동 또는 로타리 방식의 엔진이 주로 작용되고 있는데, 이는 UAV의 추진기관으로서 가스터빈이 가지고 있는 많은 장점에도 불구하고 엔진의 소형화에 많은 어려움이 있기 때문이라고 판단된다. 그러나 향후 UAV의 소형화는 2IC 들어 하나의 큰 흐름이기 때문에 이에 따라 가스터빈의 소형화 역시

활발하게 진행될 것으로 보인다.

Table 2에서 가장 작은 추력을 가지는 Williams International 사의 F121 엔진 및 적용 UAV인 AGM-136A의 형상을 Fig. 1과 2에 나타내었다. 참고로 AGM-136A은 1991년 예산상의 문제로 비행 시험 도중 개발계획이 취소되었다.

3. 소형 UAV 용 초소형 가스터빈엔진의 기술적 특징 및 개발 현황

소형 UAV의 추진기관으로 사용될 수 있는 초소형 가스터빈은 주로 터보제트 형식이며 현재의 주요 용도는 역시 R/C 모델 항공기용 동력원으로 전 세계 약 10여개 회사로부터 25개 정도의 모델이 시판되고 있다. 그러나 이들의 Original 모델은 4개 종류로 간추려지며, 개발 회사는 Schreckling/Artes, AMT, JPX, Sophia Precision사로 알려져 있다. 이와 같은 다양한 터보제트 엔진 모델을 검토해보면 추력은 작은 것은 5파운드부터 시작해서 100 파운드까지이며, 직경 역시 107 mm부터 180 mm 까지 다양하다. 엔진의 회전속도는 대체로 10만~14만 rpm 수준이며, 초고속 회전수와 높은 온도에 따른 고응력으로 인하여 임펠러나 터빈이 파단되는 것을 막기 위해서 ECU(Engine Control Unit)는 엔진의 회전수와 배기가스 온도가 적정 한계치를 넘지 못하도록 감시하게 된다.

초소형 제트엔진의 구성형식은 압축기, 터빈이 한 개의 축으로 두개의 불 베어링에 의해 지지되어 회전하고 그 사이에 주로 축류형 Annular 형식의 연소기가 있다. 그리고 터보 프롭 또는 샤프트 엔진일 경우 이러한 터보 제트 엔진의 후방에 동력터빈과 회전수를 감속하기 위한 감속기어가 추가된다.

초소형 가스터빈의 열역학적 사이클 해석 시 특히 고려할 점은 엔진에서 적용되는 각종 설계변수들의 값

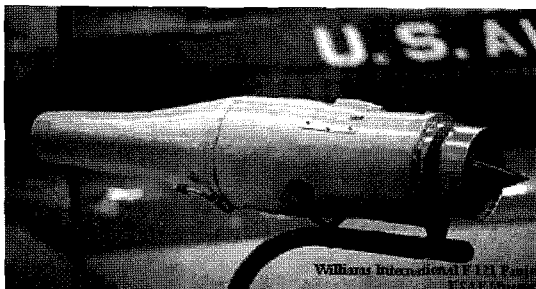


Fig. 1 F-121 의 형상

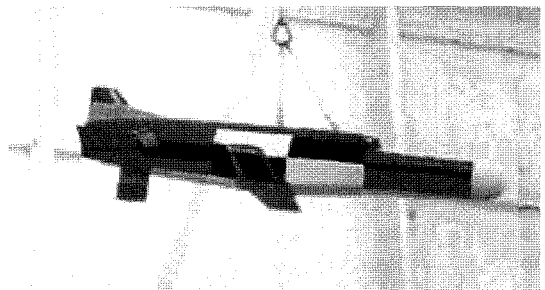


Fig. 2 AGM-136A Tacit Rainbow 의 형상

이 Size Effect로 인하여 열역학적인 최적 사이클과는 큰 차이가 있으므로 각종 설계변수들의 적정치를 공력, 열전달, 구조, 진동, 상세 설계 및 제작의 모든 기술 분야별 반복검토를 통하여 매우 주의 깊게 결정되어야 한다. 압축기의 경우 원심형 임펠러가 사용되고 있으며, 개발비용과 위험을 줄이기 위해 일부는 터보차저의 임펠러를 사용하기도 한다. 터빈 역시 터보차저의 반경터빈을 사용하기도 하나, 무게가 상대적으로 무거운 단점으로 인해 내열 합금으로 주조된 축류형 터빈이 주로 사용되고 있다. 초소형 엔진의 형식상 가장 특징적인 부분은 연소기내 연료 노즐이라 할 수 있다. 대형 엔진의 경우 연소실 내 연료 분사는 고압의 연료 펌프를 이용, 연료 노즐을 통해 연료를 분사하는 방식을 사용하고 있으나 이러한 노즐은 대단히 복잡한 형상을 가지므로 초소형의 연료 노즐을 제작하기에는 큰 어려움이 따른다. 또한 압력분사 방식은 추운 겨울

날씨에는 연료의 기화가 더디어 시동이 어려울 수도 있고, 작은 연료 노즐의 구멍이 종종 막히는 경우도 발생하게 된다. 그 외에도 고압의 연료 펌프와 함께 보다 큰 Battery 가 필요하므로 무게가 무거워지는 단점도 있다. 따라서 대부분의 엔진이 연료분사 방식으로 기화기(Vaporizer)라고 불리는 튜브를 사용하는 데 연소실 내부에 코일처럼 꼬아놓은 코일형, 직선 또는 J형태의 Tube형 두 가지 종류가 주로 사용된다. 이들은 연료가 연소실 안에서 기화가 쉽도록 연료가 분사되기 전에 충분히 Pre-heating을 하기 위한 형태라 할 수 있으며, 시동 시에는 프로판 가스를 분사시켜 용이하게 점화시킨 후 액체 연료를 사용한다. 초소형 제트엔진의 연료 시스템은 모터로 구동되는 연료 펌프와 필터로 구성되는데 대형 엔진과 마찬가지로 Kerosine 이나 JP8 등과 같은 항공기 연료를 사용한다.

Table 3 현재 사용중인 초소형 터보제트엔진의 사양 비교

Model Name	F-121	TJ-50	SWB-100	SWB-45	SWB-25	TN-75	TN-300
제조사	Williams International	Hamilton Standard	SWB Turbine	SWB Turbine	SWB Turbine	Turbomin	Turbomin
용도	Anti-Radar, Missile	Decoy, RPV, Missile	UAV	UAV	UAV	Model A/C, miniRPV	Model A/C, miniRPV
추력(lbf)	70	50	107	45	25	17	65
SFC(lb/hr/lbf)	N/A	1.4	1.31	1.333	1.59	N/A	1.3
회전수(RPM)	45,000	130,000	76,000	126,000	120,000	100,000	101,000
직경(mm)	139.7	136	165	135	114	148	180
길이(mm)	1016	N/A	410.8	303	270	420	500
무게(kg)	22.2	12.6	5.2	3.4	1.68	3	5.9
유량(lb/sec)	N/A	N/A	1.73	0.75	0.47	N/A	1.21
압축비	N/A	N/A	3.6	3.4	2.72	N/A	3.5
TTT	N/A	N/A	1274.8	1196	1088	N/A	1173
Model Name	RAM-1000	J-450	BMT-80	COBRA	P-15	Olympus	Pegasus
제조사	RAM	Sohia	MBT	JET	Thunder Tiger	AMT	AMT
용도	Model A/C	Model A/C	Model A/C	Model A/C	Model A/C	Model A/C	Model A/C
추력(lbf)	10-28	11	18	16.6	12	42.5	22.5
SFC(lb/hr/lbf)	N/A	N/A	1.536	N/A	0.62	1.24	1.66
회전수(RPM)	118,000	123,000	N/A	105,000	120,000	110,000	105,000
직경(mm)	107	120	108	197	116	130	120
길이(mm)	241	335	245	444	320	270	270
무게(kg)	1.4	1.8	1.15	3.1	1.8	2.4	2.1
유량(lb/sec)	N/A	N/A	N/A	0.68	N/A	0.9	0.63
압축비	N/A	N/A	N/A	3.0	2.3	4.0	3.0
TTT	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

베어링에 대한 윤활은 무게 및 크기의 제한 때문에 손실형(Total Loss Type)을 주로 사용하며 미량의 윤활유를 공기와 같이 베어링에 분사시켜 윤활 후 터빈을 통해 연소 후 배출되거나 또는 연료에 윤활유를 약 4~5% 섞어서 윤활유를 대신하기도 한다.

시동을 위한 축 크랭킹은 주로 임펠러 날개로 압축 공기를 분사시키는 방식이 주로 사용되나 고속 소형 모터 기술의 발달로 현재는 점차 전기 시동기가 장착된 제품이 나오고 있다.

Table 3은 현재 사용되고 있는 14종의 초소형 터보 제트 엔진의 사양을 정리하였다.

4. 시장 현황

대규모 투자와 인력, 설비가 요구되는 유인항공기 분야와는 달리 UAV 분야는 소규모 투자와 인력으로 단기간에 세계시장에 진입할 수 있고, 성장기에 있는 UAV 시장이 무한한 잠재력을 갖고 있기 때문에, 투자 대비 파급효과 면에서 매우 유리하다. 따라서 선진국에서 독점하고 있는 유인항공기 분야와는 별도로 세계 여러 나라에서 UAV 개발에 지대한 관심을 갖고 이에 대한 집중적인 투자와 육성이 이루어지고 있다. UAV 시장은 2002년에 민수 시장 1조 5천억, 군수시장 9000억 규모로 성장할 것으로 예측되고 있으며, 그 중에서도 VTOL을 포함한 소형 UAV는 개발비와 생산단가가 낮고 민군 겸용으로 활용할 수 있는 분야가 넓고 다양하며 대량수요를 촉발시킬 수 있으므로 그 비중이 점점 증가되고 있는 추세이다. 우리 나라도 개발비 부담이 상대적으로 적은 UAV 시장에 조기 진입하면 세계적인 무인항공기 개발국가로 성장할 수 있을 것으로 기대된다.

현재 초소형 제트엔진의 주요 용도는 R/C 항공기 동력원에 주로 국한되어 있으나, 초소형 제트엔진의 장점인 경량, 저가 및 단순한 조종성 등은 다양한 용도로의 가능성을 가지고 있다. 또한 엔진 한 세트 당 가격이 평균 \$1,700~\$8,000 수준임을 감안할 때 군용 무인기로의 사용 확대가 충분히 가능하다. 물론 신뢰도를 확보하고 가혹 환경에 견디기 위한 개발 노력이 추가로 필요하겠으나 사격 연습 시 이용되는 Target Drone 과 적의 레이더를 기만하는 Decoy, 그리고 정찰/표적 탐지용과 대 레이더 미사일의 엔진으로의 이용은 점점 더 활성화될 것이다. 그 외에도 초소형 제트 엔진을 이용한 UAV의 기능으로서 공중 촬영, 산불 감시, 농

업용으로는 농약 살포 또는 씨뿌리기 등이 있다.

한편 VTOL 방식의 소형 UAV와 관련된 개발은 선진 외국의 경우에도 현재 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 아직 개발이 완료된 사례는 찾아보기 어렵다. 현재 미국에서 활발하게 진행되고 있는 소형 UAV의 개발 현황을 살펴보면 미국의 헬기 회사인 Sikorsky 사에서는 Payload 50 lb 급의 Cypher를 시험비행하고 있으며 마찬가지로 미국의 Micro Craft 사에서는 Payload 50-200 lb 급의 UAV를 개발하고 있다. 이러한 제품들의 추진기관으로는 Cypher의 경우 50마력급 로타리 엔진을 사용하며 Micro Craft의 경우 90-125 마력의 터보 샤프트 엔진을 사용하고 있다.

위의 두 가지 개발 경우를 보더라도 초소형 터보샤프트 엔진의 개발은 현 UAV의 개발 추세 및 세계시장 동향에 부응하는 것이라고 판단되며, UAV용 추진기관 선택의 다양성을 제공하여 보다 우수한 성능의 UAV 개발에 큰 기여를 할 수 있다고 본다. 그 외에도 초소형 터보 샤프트 엔진은 APU, 마이크로 발전용 엔진 등 기타 여러 가지 목적의 소형 동력원으로 사용될 수 있으므로 부가가치 창출효과가 매우 크다. 초소형 터보 샤프트 엔진 개발은 기존의 가스터빈 개발을 통해 확보하고 있는 주요 구성품에 대한 설계, 개발 능력 외에도 초소형 기어박스, 초소형 연소기, 초소형 연료/윤활 시스템 등 초소형 가스터빈엔진에 적합한 구성품의 개발 능력을 확보함으로써 가스터빈엔진 개발 관련 기술이 초소형으로까지 확대되어 한 단계 도약할 수 있는 계기가 될 것이며 이와 관련된 초소형 기계기술 분야에 대한 파급 효과도 매우 클 것으로 예상된다.

5. 결 론

현재 UAV의 개발 시장은 기존의 중/대형급에서 소형으로 이동하고 있으며, 향후 MEMS 관련 기술의 지속적인 발달과 더불어 초소형 또는 미세 비행체(Micro Air Vehicle : MAV)분야로까지 전개될 것으로 판단된다. 과거 대형 항공기용 추진기관이 왕복동 엔진에서 가스터빈 엔진으로 발전하였듯이 소형 UAV 용 추진기관 역시 현재의 왕복동 또는 로타리 엔진에서 가스터빈 형태로 발전할 것으로 판단된다. 소형 UAV의 경우 일반적으로 추력 100 lbf 이하의 초소형 엔진을 필요로 하나, 아직 터보제트 또는 터보샤프트 엔진의 효율적인 소형화에는 여러 기술적인 난점들이 있기 때문에 이를 극복하기 위한 연구개발 노력이 필요하며, 현재의 이

러한 연구 개발노력이 향후 가스터빈이 소형 UAV의 주요 추진기관으로 활용될 수 있는 기반을 구축할 것이다.

향후 소형 UAV 발전의 또 다른 방향은 VTOL 기능의 강화에 대한 요구라고 판단된다. VTOL 기능을 구현하기 위해서는 로터 또는 팬을 구동해야 하는데 이에는 터보샤프트 엔진의 적용이 필수적이다. 터보 제트 또는 터보 팬 엔진이 주로 사용되고 있는 대형 항공기 시장과는 달리 보다 다양한 임무 수행을 요구되는 소형 UAV 시장의 경우 터보샤프트 엔진에 대한 수요가 보다 클 것으로 판단되나, 아직 초소형 터보샤프트 엔진의 개발사례는 국내는 물론 세계적으로도 그 사례가 많지 않다. 국내 기술수준의 경우 지난 10년 동안 여러 소형급 가스터빈을 개발한 경험이 있으므로 이를 잘 활용한다면 소형 UAV 용 초소형 터보 제트 또는 터보샤프트 엔진의 국내 개발은 충분히 가능할 것이다.

초소형 가스터빈의 시장은 아직은 소규모이나 향후 소형 UAV의 발전 방향을 생각할 때 성장성이 매우 큰 시장임에 틀림없으며, 국내의 경제적인 여건과 기술 수준을 감안할 때 접근하기에 매우 적당한 분야이다. 국내에서도 최근 이러한 분야의 연구개발을 위한

논의가 이루어지고 있는 상황이므로 이러한 기회를 효율적인 개발로 연계시켜 국내 UAV와 UAV용 추진기관 시장을 활성화시키고 세계시장을 선점함으로써 경제적인 효과를 극대화시키고 국제적인 기술 경쟁력을 확보해야할 것이다.

참고문헌

- (1) Gerendas, M. and Pfister, R., 2000, "Development of A Very Small Aero-Engine," Proc. of the ASME Turbo Expo 2000.
- (2) 이경태, 이기학, 2000, "UAV 총론 및 국내 UAV 연구개발 방향," 항공우주학회지 제28권 제6호, pp. 142~163.
- (3) Zaloga, S. J., "Growing Pains As UAVs Evolve," Aviation Week & Space Technology, 1991. 1. 11
- (5) "미니제트엔진의 UAV 적용검토", (주)뉴로스 내부 보고서 MJE-PM-001, 2000. 6.
- (6) "미니샤프트엔진 개발을 위한 기초조사", (주)뉴로스 내부보고서 MSE-PM-003, 2000. 12.
- (7) Olympus maintenance manual, AMT Netherlands.