

# 가스터빈 연구개발의 현황 및 전망



김 광 호

한국과학기술연구원 터보기계연구실

●1955년생  
●가스 터빈, 압축기 펌프 등, 터보기계의 설계 및 성능해석, 날개 주위 유동의 수치적 해석 및 실험연구에 관심을 가지고 있다.

## 1. 머리말

가스터빈은 브레이턴사이클을 이용한 것으로서 피스톤 왕복엔진과 함께 동력기관으로써 지금까지 사용되고 있으며 특히 경량, 고출력의 장점으로 인해 항공기 엔진의 추진기로서 많이 사용되고 있다. 1905년 프랑스에서 압축비 4.8 회전수 4250rpm으로 40HP의 출력을 내는 현재와 같은 형태의 가스 터빈을 개발한 이후 많은 발달과 함께 2차 대전 후에는 항공용 뿐만 아니라 발전용, 동력용 등 산업용 엔진에도 응용되었다. 세계적으로는 유럽이 가스 터빈에 관한 연구를 미국보다 앞서 활발히 진행하였으나 1957년 General Electric사의 F-4팬텀에 사용된 J-79터보 제트 엔진을 개발함으로써 가스 터빈 엔진분야에 미국이 주도권을 잡게 되었고 많은 전문회사가 가스 터빈 엔진설계 제작에 참여하고 있다. 이와같이 가스 터빈에 대한 개발연구가 계속 이루어진 것은 가스 터빈이 다른 동력기관 보다 단위 중량당 많은 출력을 낼 수 있고, 각 요소들이 회전운동을 함으로써 고속운전을 할 수 있고, 부하 변동에 빨리 적응하며, 마찰부분이 적어 윤활유 소비가 적은 장점들이 있기 때문이다.

본 글에서는 위와 같은 가스 터빈 연구개발의 국내외 현황 및 그 전망에 대해서 기술하고자 한다.

## 2. 가스터빈의 특징

### 2.1 작동원리

가스 터빈은 연료의 연소로부터 얻어지는 열에너지를 유용한 기계적 에너지로 변환하는 동력기관으로써 압축기, 연소기 그리고 터빈으로 구성되어 있다(그림 1). 외부로부터 흡입된 공기는 압축된 후 연소기로 보내지며 여기서 연료와 혼합되어 연소되면서 온도는 1000°C 이상으로 상승한다. 이 고온 고압의 연소가스 터빈을 통과하면서 팽창하는 과정에서 얻는 축동력 중 일부는 압축기를 구동하는데 사용되며 나머지가 유효 동력으로 이용된다.

가스 터빈의 사이클 효율을 향상시키는 방법으로 터빈 출구에서 배출되는 배기가스의 열을 활용하는 방법에 따라서 크게 3가지 즉 재생

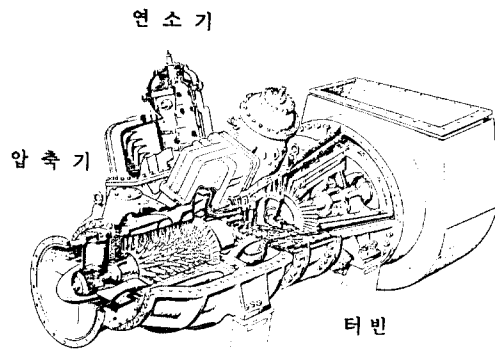
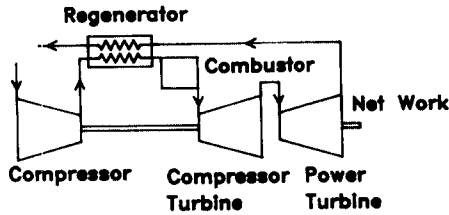
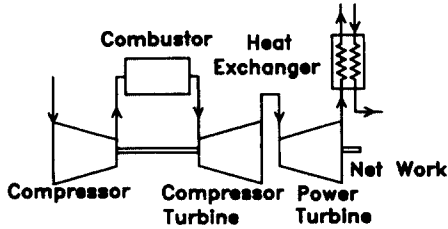


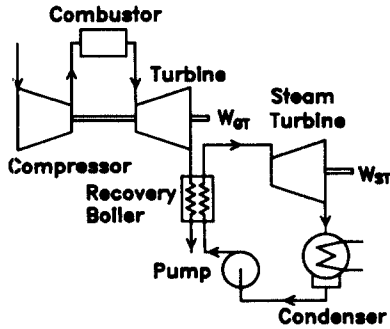
그림 1 가스터빈의 구조



(a) 재생 사이클



(b) 열 병합 사이클



(c) 복합 사이클

그림 2 응용 사이클의 개요도

사이클, 열 병합 사이클, 그리고 복합 사이클로 분류되는데 이를 각각 그림 2(a)(b)(c)에 나타내었다. 재생사이클은 재생기를 통해 압축 공기를 예열 함으로써 연료 절약을 기할 수 있고, 열병합 사이클은 폐열을 난방에 이용할 수 있으며, 복합사이클에서는 폐열을 이용하여 증기를 발생시켜 증기 터빈을 구동, 발전용 동력을 얻는 방법이다.

## 2.2 타 기관과의 비교

가스 터빈에서는 그 특성상 지속적으로 연소

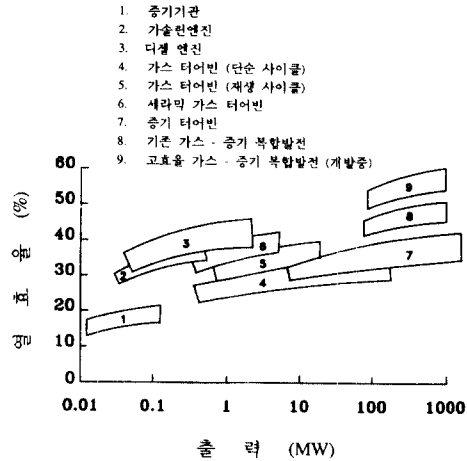


그림 3 가스터빈과 타 동력기관과의 열효율 및 용량 비교

반응이 일어나며 주기적이고 폭발적인 연소가 이루어지는 내연기관에 비해 배기 가스 공해를 줄일 수 있으며, 진동이 매우 적고 고속운전을 할 수 있다. 그리고 빠른 시동성과 부하변동에 따른 우수한 동적 응답 특성, 단위 출력당 부피 및 무게가 다른 기관보다 작기 때문에 항공용 엔진에 주로 사용되어 왔다. 또한, 가스 터빈은 수십 kW에서 수백 MW까지 용량 범위가 매우 넓다.

그림 3에 가스 터빈 및 그 응용 사이클과 타 동력기관과의 열효율 비교를 나타내었다.

## 2.3 응용분야

가스 터빈은 항공기용 추진기관에서부터 육해상 수송 및 산업용 동력원에 이르기까지 널리 사용되어지고 있다. 특히 타 동력원에 비하여 설치규모가 적고 시동시간이 짧아 비상용 동력원으로 쉽게 이용할 수 있으며 냉각수가 필요없고 시설 보수, 유지가 용이하고 설치장소에 제약이 없는등의 장점으로 발전용으로도 광범위하게 사용되고 있다. 또한 복합사이클을 이용한 경우 열 효율이 50%가 넘어 현재까지 실용화된 어떤 기관보다 높은 효율을 얻을 수 있어 그 보급이 매우 유망시 되고 있다.

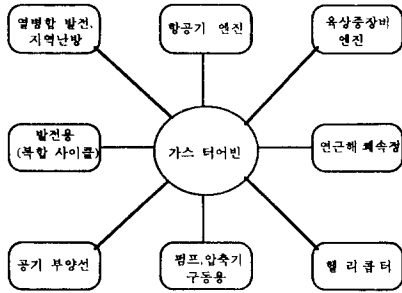


그림 4 가스터빈의 응용 분야

그림 4는 가스 터빈의 응용분야를 도시한 것이다.

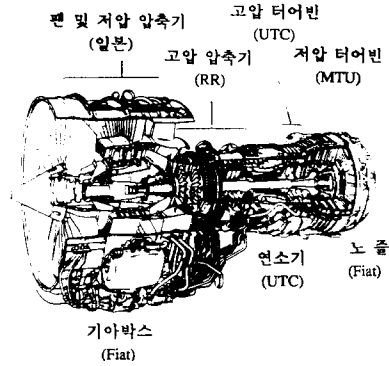


그림 5 각국의 개발담당 부분 (V 2500엔진)

### 3. 외국의 연구개발 현황

#### 3.1 항공기용

가스 터빈이 용도별로 가장 많이 이용되는 부분이 항공기용이고 항공기용에 사용되는 엔진은 터빈에서 발생하는 동력을 이용하는 방법에 따라서 터보 프롭, 터보 제트, 터보 팬 엔진으로 분류된다. 여기서 터보 프롭엔진은 동력 발생 장치로 부터 얻은 에너지 전부를 축동력으로 이용하는 엔진으로서 최근들어 경비행기, 헬리콥터 엔진에 많이 이용되고 있고 터보 팬은 터보 제트보다 연료 소모율이 낮아 민항기용 엔진에 사용되고 있다.

1970년대에 들어서면서 높은 압축비, 가스온도, 바이패스비를 갖춘 엔진 JT9D, CF6등이 등장하여 대형 여객기에 사용되었고 앞으로는 터보 프롭팬 엔진이 나올 전망이다.

1980년대부터 항공기 국제 공동 개발 계획하에 미국, 독일, 영국, 이탈리아, 일본등 5개국이 저소음 저공해 고성능을 나타내는 중형 민항기용 터보 팬엔진 개발에 공동 참여하여 V2500엔진을 개발하였다. 이 계획에서 각 나라가 담당할 엔진의 부분과 개발된 엔진의 성능을 그림 5와 그림 6에 나타내었다.

#### 3.2 발전용

지금까지는 부하변동에 따른 빠른 적응성으

연료 소비율      소음 레벨 (착륙시)

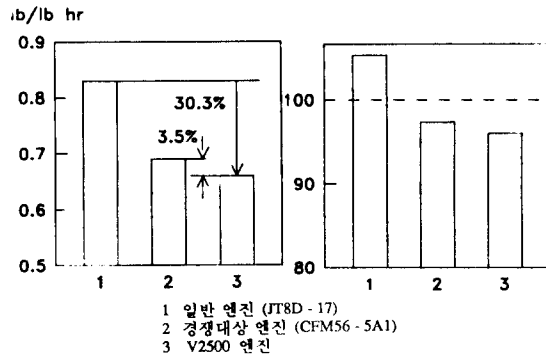


그림 6 V2500엔진의 성능 비교

로 인해 부하변동이 큰 지역의 첨두부하용으로 사용되었으나, 지금은 화력 발전에 비하여 장소 제약이 적고 냉각수가 필요없고 유지 보수가 비교적 용이하고 디젤 발전과 같은 진동소음이 없어서 상용발전용으로도 각광을 받고 있다. 그리고 고온의 배기열을 열교환기를 사용하여 온수를 얻는 열병합과 증기 터빈을 이용한 복합 발전을 실시하여 새로운 동력원으로써 산업계의 관심이 점점 커지고 있는 실정이다.

표 1은 1988년에 일본에서 발전용으로 생산한 가스 터빈의 생산량과 용량을 나타낸 것이다.

표 1 발전용 가스터빈 생산 대수(일본 1988통계)

용도	소형 (0~999PS)		중형 (1,000~29,999PS)		대형 (30,000PS~)		전출력	
	대수	출력(kW)	대수	출력(kW)	대수	출력(kW)	대수	출력(kW)
Base load발전용	5	2,568	29	129,863	11	1,083,920	45	1,216,351
Peak load발전용	0	0	2	4,732	1	32,510	3	39,242
비상 발전용	203	81,127	87	172,201	0	0	290	253,328
합계	208	83,695	118	306,796	12	1,118,430	338	1,508,921

### 3.3 자동차용

가스 터빈의 특징인 저공해, 저진동 그리고 사용연료의 다양성으로 자동차 엔진으로의 이용에 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 점점 심화되는 배기가스 규제에 대응하기 위해서는 기존의 내연기관으로는 기술적으로 한계에 도달하고 있어 새로운 형식의 엔진개발이 요청되는 바 이에 가스 터빈 엔진이 그 대체엔진으로

서 매우 유망시 되고있다. 미국은 1980년 부터 1992년도 까지 두차례의 AGT, ATTAP사업에 GM, Ford등과 같은 자동차 업체가 참여하여 재생 사이클 세라믹 터빈 중심으로 많은 연구가 수행되고 있다. 표 2는 자동차용으로 개발된 가스 터빈의 제작업체, 용량 및 용도를 나타낸 것이다. 또한, 엔진 출력 및 효율 향상을 위한 터보차저에 관한 연구도 활발히 진행되고

표 2 자동차용 가스 터빈 엔진

회사	국적	모델명	최대출력	용도
AVCO/Lycoming	미국	AGT1500	1500PS	M1탱크
Garrett/ITI	미국	GT601	650PS	전차용
Ford	미국	GT707	470PS	트랙터
GM/DDA	미국	GT404	360PS	버스, 트랙터
GM/DDA	미국	GT505	470PS	버스, 트랙터
Chrysler	미국	UPGRADE Engine	?	13인용승용차
Nissan	일본	VIP12	220PS	대형버스
Toyota	일본	GT21	150PS	버스
Toyota	일본	GT31	330PS	버스
Mitsubishi	일본	ZW6410	450PS	트랙터
Mitsubishi	일본	E501X	400PS	트랙터
Nissan	일본	YTX100	100PS	승용차
Toyota	일본	GT41	150PS	승용차
Volks Wagen	독일	GT150	150PS	승용차
Daimler-Benz	독일	PWT110	150PS	승용차
Volvo/United Turbine	스웨덴	KTT-MK1	136PS	승용차

있다.

#### 4. 국내 연구개발 현황

##### 4.1 가스터빈 보유 현황

현재 국내에서 자체 개발하여 보유하고 있는 가스터빈은 없으며 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 그리고 수입하는 것은 거의 항공기 용이며 산업용 가스 터빈은 한전에서 발전용으로 외국으로부터 구입한 것이 대부분이며 그밖에 비상 전원용, 전차용 등이 있다. 표 3은 현재 국내에서 이용되고 있는 산업용 가스 터빈의 현황이다.

##### 4.2 연구실적

가스터빈에 관한 국내 연구활동은 한국기계연구소의 자동차용 터보차저에 관한 연구와 항공기용 소모성 엔진 개발 연구가 있으며 한국과학기술연구에서의 축류 가스 터빈 설계 S/W, 성능해석, 구심 터빈에 관한 연구가 수행되었다. 또한 한국과학기술연구원, 한국기계연구소, 한국동력자원연구소를 중심으로한 산업용 가스터빈 개발 연구가 시작되어 이 분야에

대한 관심이 연구소 뿐만 아니라 학교, 기업체에서도 크게 고조되고 있다. 그 밖에 유동해석, 재료개발등에 관한 연구가 학교와 연구소에서 진행되고 있다.

##### 4.3 기업체

설계기술 개발등을 위한 연구실적은 많지 않으나 많은 제작 경험과 정비 기술을 보유하고 있으며 삼성중공업, 대한항공, 대우중공업등에서 가스 터빈 사업을 진행하고 있거나 국내 시장을 조사하는 등 가스터빈 개발에 많은 관심을 가지고 있다. 또한, 선박용 엔진과 같은 대형 디젤엔진 제작 업체들도 터보차저 개발을 추진하고 있다.

#### 5. 앞으로 연구 개발 방향

앞으로의 연구 개발은 가스터빈의 많은 응용분야와 장점에도 불구하고 상용화의 최대 약점인 저효율을 극복하기 위한 방향과 점점 강화되고 있는 배기가스 및 소음 규제에 대비하는 방향이 될 것이다. 효율 향상을 위해서는 각 부품들의 효율 향상 뿐만 아니라 터빈입구 온도와 압축비를 증가시켜야 하나 고온재료의 내열 성능에 한계가 있으므로 효율적인 날개냉각법과 세라믹 재료 개발에 관한 연구가 수행되고 있다. 그 결과 매년 터빈 입구온도 증가가 이루어져 지금은 1400°C 이상까지 사용되고 있다.

표 3 국내 산업용 가스터빈 현황

○발전용(한전보유)			
부평 GT	55MW	1기	UTI(영국)
북제주	55MW	1기	도시바(일)
GT			
군산복합	50MW	4기	GT(미국)
	100MW	1기(ST)	
영월복합	50MW	4기(GT)	GE(미국)
	100MW	1기(ST)	
울산복합	55MW	3기(GT)	UTI(영국)
	75MW	1기(ST)	도시바(일본)
○전산실용 발전기			
			0.5~ 2MW급
○비상발전용			
			0.2~ 1MW급
○열병합 발전용			
			1 ~ 10MW급
○연근해 쾌속정 엔진용			
			1 ~ 5MW급
○육상 중장비(진차)엔진용			
			1 ~ 2MW급

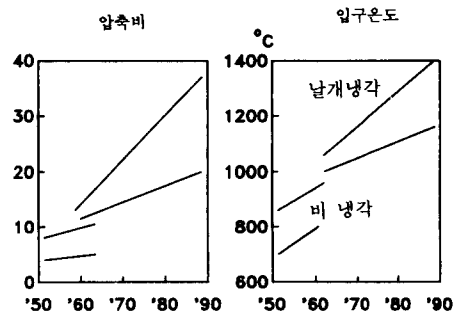


그림 7 가스터빈의 압축비와 입구온도 증가 추세

그림 7은 항공기 엔진의 경우 터빈 입구온도와 압축비가 매년 증가하는 경향을 보여주고 있다. 또한, 열병합 사이클, 복합사이클등을 이용한 시스템 효율 증가에도 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 6. 맺음말

최근 경제발전과 국민복지의 향상으로 인하여 전력, 열등 에너지 소비가 급상승하였고 70년대 석유위기 이후 꾸준히 계속된 대체에너지 개발노력에도 불구하고 아직도 국내 에너지원의 절반 이상을 수입 석유에 의존하는 국가 기간 에너지원의 불안정, 점점 심화되고 있는 환경공해, 그리고 첨단 기술개발이라는 측면으로 볼 때 발전용, 항공기용, 산업용으로 광범위하게 응용되고 있는 가스 터빈의 개발이 절대적으로 필요하며 이것으로 천연가스로의 탈 석유화 정책, 기술 선진국으로의 도약, 관련분야의 기술향상에 크게 기여될 것이다. 그리고 국내

기업에서도 KFP사업, HX사업등으로 인한 항공기용 가스터빈사업 시작과 최근에 이르러 산업용 가스터빈에 대한 새로운 인식과 함께 사업계획 수립을 위한 국내 시장조사를 실시하는 등 자체 개발에 착수하고 있으며, 또한 학교, 국가 출연 연구소의 그간 연구 업적과 관련 기업체의 제작기술 경험을 토대로 가스 터빈에 대한 산·학·연의 공동연구가 이루어지는 것을 볼 때, 이에 대한 연구 개발이 계속 활성화 될 전망이다.

## 참 고 문 헌

- (1) 홍용식, 1983, 가스 터빈 엔진, 청문각.
- (2) Donald, E. Brandt, 1987, Mechanical Engineering.
- (3) 谷村薦秀, 1984, 機械の研究, Vol. 36, No. 1.
- (4) 牧野守邦, 1990, 機械振興, Vol. 23, No.2.

◆

새질서 새생활로 명랑사회 이룩하자