

산업용 가스터빈 연소기 개발 현황

안철주* · 박희호* · 김민기* · 김명효* · 정승채** · 김기태* · 손영창*

Status of Combustor Development for Industrial Gas Turbine

Chulju Ahn*, Heeho Park*, Min-Ki Kim*, Myeonghyo Kim*, Seungchai Jung**, Kitae Kim*,
Youngchang Shon*

ABSTRACT

The Samsung Techwin has been developed the various types of combustor and fuel nozzle frontal devices for the aero engine and small scale industrial gas turbines. Currently, we have been developed the highly heat capacity and long-lived gas turbine combustor based on the short-lived combustor and fuel injector technologies. In this paper, the market trends and the information on the survey of an advanced gas turbine combustor were introduced for the development of large scale gas turbine combustor and fuel nozzle assembly.

Key Words : Gas turbine, Combustor, Fuel injector, Swirler, Power output

1. 삼성테크윈 연소기 개발 현황 소개

삼성테크윈은 지난 1979년 항공기 엔진사업을 시작한 이래로, 엔진 면허생산, 창정비, 엔진 부품제작 및 수출, 항공기용 엔진 국제공동개발 등을 수행하며 한국의 첨단 정밀기계산업을 선도해왔다. 대한민국 유일의 항공용 가스터빈엔진 전문업체로서 세계적인 항공기 엔진 제작사인 GE, Rolls-Royce, P&W 등과 전략적 제휴를 맺고 가스터빈 엔진조립, 부품생산 및 정비에 이르는 사업을 진행하고 있으며, 세계 일류 수준의 기술역량으로 국내외 고객으로부터 최고의 품질과 서비스를 제공하는 업체로 인정받고 있다. 또한 본 연구소에서는 지난 1987년부터 독자모델의 가스터빈을 개발하기 위한 노력을 경주하여 소형가스터빈과 터보압축기를 포함한 터보기계의 종합적인 연구개발 능력을 확보하였고, R&D 전용 터보제트 엔진과 터보샤프트 엔진의 Test Cell을 보유하고 있다.

지난 1996년에 탐색개발에 착수하여 2002년에 체계개발이 완료되어 현재 꾸준히 양산 중에 있는 함대함엔진은 당 연구소에서 국방과학연구소와 함께 국내최초로 개발에 성공한 가스터빈으로 동급에서 세계 최고의 성능을 가지고 있다. 이 엔진은 4단 축류압축기, 환형 직류형 연소기, 1단 터빈의 구조를 가지고 있다. 또한 이후에 3종의

소형 항공용 가스터빈 엔진의 개발 경험^[1-5]으로 다양한 추력과 성능을 갖는 연소기를 개발한 경험이 있으며^[6-12], 이로 인해 환형 역류형, 슬링거형 연소기 기술 개발 능력뿐만 아니라 다양한 종류의 액체 연료를 사용한 연료노즐 개발 기술도 확보하고 있다.

산업용 가스터빈 연소기 개발에 있어서는 지난 1997년에 국가 공업기반기술과제의 일환으로 항우연, 기계연, 서울대 터보동력연구센터 등과 함께 1.2 MW급 발전용 터보샤프트엔진의 개발에 성공하였다. 이 엔진의 압력비는 12:1이며, 2단 원심압축기, 원통형 캔 연소기 및 3단의 축류 터빈으로 구성되어 27,000 rpm의 속도로 회전하며 설계수명은 약 30,000시간으로 개발되었다. 또한 2002년에는 민군겸용과제로 압력비 4:1의 단단 원심압축기, 환형 역류형 연소기 및 단단 반경형 터빈으로 구성되고, 주축에 직결된 고속 모터/제너레이터가 에어포일 베어링에 의해 지지되는 신개념의 터보샤프트 엔진의 개발을 성공적으로 수행하였다. 이는 정격 회전속도 60,000 rpm에서 100 kW의 전기출력을 발생할 수 있는 보조동력장치(Auxiliary Power Unit, APU) 이다. 또한 이를 이용하여 발전기용 주동력장치(Primary Power Unit, PPU) 및 K77 사격지휘 장갑차용 AP U를 성공적으로 개발한 바 있다. 최근에는 2006년에 착수한 한국형헬기(Korean Utility Helicopter, KUH) 개발사업에 참여하여 해외업체(General Electric, GE)와 공동으로 2,000마력급 후방 구동형 터보샤프트엔진(T700/701K)을 성공적으로 개발 완료하였으며, 주 엔진 시동 및 체계 전기

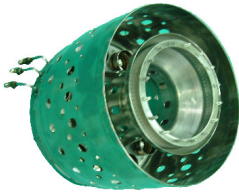
* 삼성테크윈 파워시스템연구소

** 삼성테크윈 선형기술연구소

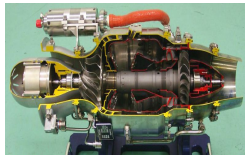
† 연락처, cj.ahn@samsung.com

TEL : 070-7147-4246 FAX : 031-8018-3733

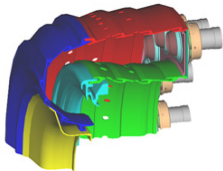
공급을 위한 150마력급 항공용 보조동력장치(ST A150-KUH)를 독자적으로 개발 완료하여 2012년부터 양산에 착수하였다. 현재는 기존 단수명 가스터빈 연소기 기술을 기반으로 하여 장수명 구동이 가능한 고부하 연소기 개발까지 확대해 가고 있다. 또한 삼성테크윈은 이를 산업용으로 확대한 연소기 및 연료노즐 조립체를 개발할 목적으로 현재 선진사의 가스터빈 연소기 시장동향 조사와 함께 전산해석을 위한 역설계 및 벤치마킹을 수행하고 있다.



(a) 환형직류 연소기



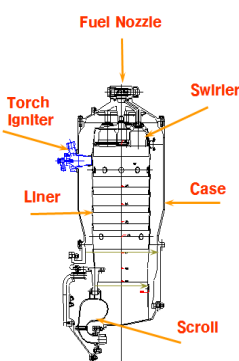
(b) 슬링거형 연소기 (초소형 터보제트엔진)



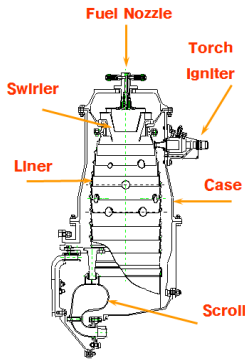
(c) 환형역류 연소기



(d) Duplex형 air blast 연료노즐 및 스윌러



(c) Can형 연소기 (가스연료용)



(d) Can형 연소기 (액체연료용)

Fig. 1 삼성테크윈의 연소기 및 연료노즐 개발 경험

2. 가스터빈 수요처별 시장동향

향후 가스터빈 개발 및 관련 연소기 개발에 있어서 시장규모 및 시장 요구특성을 고려한 상품 개발 및 시장진입 전략을 수립하는 것이 매우 중

요하다.

산업용 가스터빈의 수요처는 발전플랜트용, 산업플랜트용, O&G용(Oil & Gas), 상업 B/D용으로 대별할 수 있다. 주요 수요처별 시장 비중을 보면 각각 52%, 21%, 21%, 6% 순이며, 발전 부문 수요가 절반 이상으로 가장 크다.

표 1은 가스터빈 수요처별 적용 용량 및 수요를 분석한 결과이다. 발전플랜트용으로는 고효율의 대용량 가스터빈이 주력으로 사용되고 있는 반면, O&G용으로는 제품사이즈/중량을 중요시하는 Application 특성상 항공용 가스터빈 기반의 중소형 가스터빈이 주력으로 사용되고 있다.

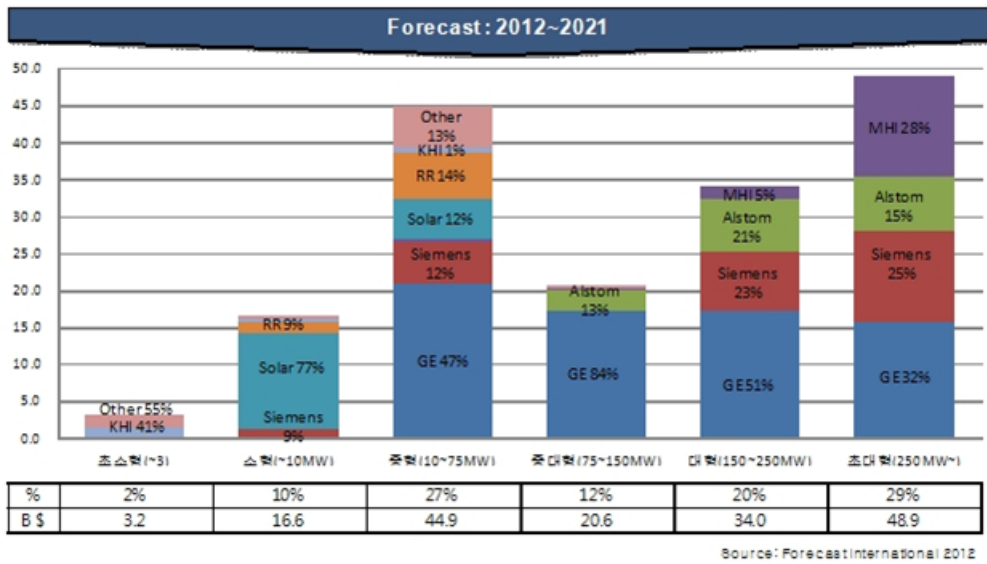
그림 2는 가스터빈 용량별 시장 규모 및 주요 업체의 M/S를 조사한 결과이다. 2012년 이후 10년간 예상실적 기준으로 250 MW 이상의 발전용 초대형 가스터빈 및 10~75 MW 범위의 O&G용도의 중형 가스터빈 시장 규모가 가장 큰 것을 확인할 수 있다.

Table 1 수요처별 가스터빈 용량 및 수요분석 (기호 : ◎ 주력용량, ○ 적용 용량)

	적용 용량 (단위, MW)					제품선정 기준 중요도
	초대형	대형	중대형	중형	소형	
	250~	150~ 250	75~ 150	10~ 75	~ 10	
발전플랜트						
대형발전소	◎	◎	○	○	-	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 효율 ◦ 가격 ◦ 친환경특성 ◦ 사용환경 ◦ 무게/사이즈
지역발전소	○	◎	○	○	-	
산업플랜트						
Steam 플랜트	-	-	◎	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 무게/사이즈 ◦ 사용환경 ◦ 수리시간 ◦ 효율 ◦ 가격 ◦ 친환경특성
High Power	-	-	◎	○	○	
Oil & Gas	-	-	-	◎	○	
Upstream	-	-	○	◎	○	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 무게/사이즈 ◦ 사용환경 ◦ 수리시간 ◦ 효율 ◦ 가격 ◦ 친환경특성
Midstream	-	-	-	◎	○	
Downstream	-	-	○	◎	○	
상업 빌딩 등						
Commercial	-	-	-	-	◎	<ul style="list-style-type: none"> * 비상전원 ◦ 가격 ◦ 시동신뢰성 * 열병합 ◦ 효율, 가격 ◦ 친환경특성
Hospital	-	-	-	-	◎	
Residential	-	-	-	-	◎	

3. 가스터빈 용량별 연소기 종류 및 특성

산업용 가스터빈에는 용도(시장) 및 용량별로



Source: Forecast International 2012

Fig. 2. 가스터빈 용량별 시장 규모 및 주요 업체 M/S

그림 3, 4와 같이 다양한 방식의 연소실 및 연료 노즐이 이 조합된 연소시스템을 적용하고 있다.

가스터빈 개발 시 용도 및 용량에 따라 요구되는 특성을 만족할 수 있는 연소기 사양 선정이 필요하다. 이를 위해, 가스터빈의 용도 및 용량별로 선진사의 가스터빈 연소기 구성 형식에 대하여 조사하였다. 그림 5에 높은 M/S를 가지는 가스터빈에 적용된 연소기의 구성 형식 및 대표적인 형상을 나타낸다.

발전/산업플랜트용의 중대형 이상 가스터빈에는 수리가 용이하고 대용량 가스터빈으로 확장성이 용이한 Can 연소기를 채택한 Can-annular 방식의 연소기를 주요 선진사에서 채택하고 있다. 중대형 이상의 용량이 큰 가스터빈에는 Axial Swirler를 복수개 설치한 방식의 연소노즐이 주로 적용되고 있으며, 중소형 가스터빈에서는 구조가 비교적 단순한 Radial Swirler를 적용한 연료노즐이 많이 적용되고 있다.

한편, O&G용 가스터빈용도로는 Off-shore application이 많은 특성상, 무게/사이즈가 작은 compact한 형상의 가스터빈이 선호되고 있다. 이에 따라 항공과생엔진의 산업용 가스터빈이 주로 사용되고 있고, Annular라이너에 Axial Swirler Mixer를 적용하는 방식의 연소기가 주로 적용되고 있다. 상업 빌딩용으로는 비상전원 및 열병합 용도의 소형 가스터빈이 주로 사용되며, 가스엔진 및 Diesel엔진과 경쟁력 확보를 위해, 저가이면서도 시동신뢰성이 높은 방식이 적용된다. 이를 위해 Can형 연소기와 Scroll로 구성된 Silo방식에 Radial Swirler 연료노즐을 적용한 방식이 주를 이루고 있다.

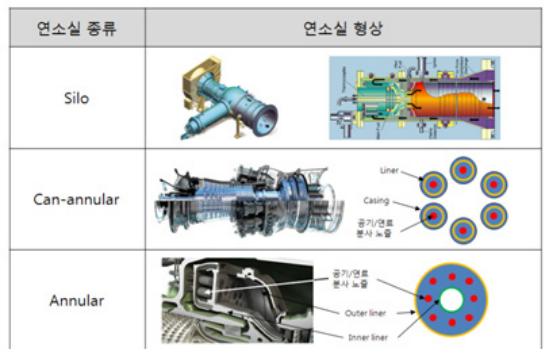


Fig. 3 산업용 가스터빈 연소기 형상

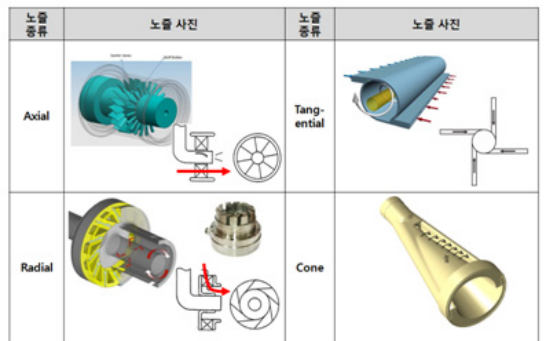


Fig. 4 연료노즐(스왈러) 형상

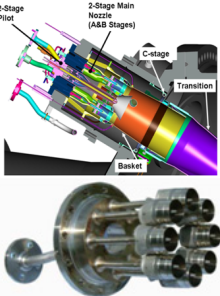
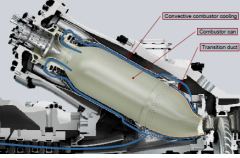
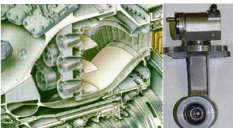
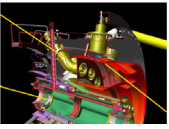
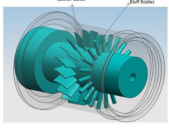
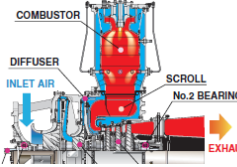
용도	대표 형상	연소기 구성 (적용GT)
발전 및 산업 플랜트	<p>* 중대형 이상 GT</p> 	<p>Can-annular + Multi Axial 스윌러</p> <p>(적용GT)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ GE D/E/F/H급 ◦ Siemens F/H급 ◦ MHI D/F/G/J급
	<p>* 중소형 GT</p> 	<p>Can-annular + Radial 스윌러</p> <p>(적용GT)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Siemens SGT-100~400 SGT-750 등 ◦ KHI M7A, L20A 등
O & G	<p>* 중형 GT</p> 	<p>Annular + Axial 스윌러 (and/or Radial 스윌러)</p>
	<p>* 소형 GT</p>  	<p>(적용GT)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ GE LM series LM 2500/6000 등 ◦ Solar Taurus, Mars, Titan 등
상업 빌딩		<p>Silo (Can with Scroll) + Radial 스윌러</p>

Fig. 5 용도별/용량별 주요 연소기 구성

4. 결론 및 향후 계획

삼성테크윈은 1987년 이래, 산업용 가스터빈 연소기 및 무인항공기용 단수명 가스터빈 엔진 연소기 개발을 수행하였다. 이를 바탕으로 향후 장수명의 유인기용 가스터빈 엔진에 적용 가능한 연소기 및 항공과생 가스터빈용 저공해 연소기 (Dry Low Nox Combustor)를 개발할 계획이다. 이를 위해, 가스터빈 수요처별 시장동향 조사 및 주요 선진사 연소기 벤치마킹에 기초하여 시장규모 및 수요처별 요구특성을 고려한 산업용 연소기 개발을 추진할 예정이다.

참고 문헌

[1] 손정락, “산업용 소형 가스터빈 엔진 개발”, 대한기계학회지, Vol. 37 No. 2, 1997, pp. 113-114.

[2] M.H. Kim, H.G. Jang, O.S. Sung, S.B. Chen, “Development of PPU for Smoke Generator”, ACGT, 2005.

[3] 전승배, “삼성테크윈의 가스터빈 개발 및 생산기술”, 대한기계학회지, Vol. 46 No. 10, 2006, pp 57-64.

[4] 전승배, “KUH 보조동력장치 개발 현황”, 유체기계저널, Vol. 10 No.6, 2007, pp. 76-78

[5] 김재환 외 4명, “한국형 기동 헬기 엔진 (T/700/701K) 개발”, 한국추진공학회지, Vol. 15 No. 4, 2011, pp. 155-158.

[6] 최성만 (주관연구기관 : 삼성항공산업), “저공해 가스터빈 엔진 연소기 개발”, 과학기술부 과제 보고서, 1998.

[7] 윤상식 외 4명, “APU용 연소기 설계 및 시험 개발”, 한국추진공학회 제15회 학술강연회 논문초록, 2000, pp. 11.

[8] 최성만 외 3명, “가스터빈 슬링거 연소기 실험연구”, 한국항공우주학회지, Vol. 34 No. 2, 2006, pp. 68-74.

[9] 이세민 외 6명, “소형 터보제트엔진 연소기의 2차원 전산유체해석 모델”, 한국전산유체공학회 2008년도 학술대회, 2008, pp. 155-158.

[10] 나상권 외 4명, “3차원 CFD해석을 이용한 환형역류형 연소기설계”, 한국전산유체공학회 학술대회 논문집, 2010.

[11] 박희호 외 3명, “Tangential Swirler 연소기에 적용된 스윌인젝터의 고고도 운전성능 연구”, 한국추진공학회 추계학술대회 논문집, 2010

[12] 박희호 외 3명, “선회형 보염구조의 환형 역류형 연소기 최적화”, 한국추진공학회 춘계학술대회 논문집, 2011.