

가스터빈 엔진개발 기술동향

宋 周 憲¹⁾

1. 가스터빈 엔진의 응용

2차 세계대전은 인류에게도 큰 고통의 시기이기도 하였지만 역설적으로 인간 삶의 질을 향상시키는 계기가 되기도 하였다. 특히 항공산업의 도약은 전쟁이라는 커다란 희생의 대가를 치르면서 크게 발전하였다. 그 대표적인 예가 기존의 프로펠러 항공기 시대를 마감시키고 항공기의 속도와 성능이 획기적으로 개선된 제트기의 출현이다. 이러한 제트기의 실용화는 가스터빈 엔진이라는 새로운 개념의 추진기관의 개발에 의해서 가능하였다. 1937년 4월 12일 영국의 Frank Whittle경에 의해서 최초로 실용화된 가스터빈 엔진은 2차 대전을 거치면서 제트기용 추진기관으로의 진화 과정을 통하여 과거 60년 동안 명실상부한 항공기용 추진기관으로 자리잡게 되었다.

가스터빈 엔진은 열역학적으로 Brayton cycle에 이론적 바탕을 두고 있으며 구동형태에 따라 터보제트(turbojet) 터보프롭(turboprop), 터보샤프트(turbofan), 그리고 터보팬(turbofan)으로 구분된다. 가스터빈이 항공기용으로 들 용되기 시작한 초기에는 구조가 간단하고 가스터빈 엔진의 기본이 되는 터보제트 엔진이 주로 전투기 등에 장착되어 사용되었다. 그러나 항공사업이 점차로 발전됨에 따라 여러 가지 종류의 항공기가 개발되었으며 흔히 일컬어지는 프로펠러 항공기용 엔진으로서의 터보프롭 엔진은 군수용 수송기, 소형 여객기 등에 주로 사용되어 오고 있다. 이러한 터보제트와 터보프롭 엔진은 항공사업의 지속적인 진화와 함께 터보팬 엔진으로 발전되면서 현재 군수 및 민수용의 대부분의 항공기에 적용되고 있다. 이와 함께 헬리콥터 등 회전익기의 작동을 위하여 터보샤프트 엔진도 동시에 발전되고 있으며 특히 터보샤프트 엔진은 항공기용 뿐만 아니라 발전용, 선박구동용 등 비 항공기용, 즉, 산업용으로도 널리 보급되고 있는 실정이다.

2. 가스터빈 엔진의 기술적 동향

근래 들어 항공산업의 급속한 발전과 함께 가스터빈 엔진의 진화도 병행되고 있다. 최근 항공기는 군수용의 경우 고속화, 민수용의 경우 대형화를 지향하고 있으며 이와 함께 가스터빈도 고출력, 대형화의 방향으로 발전을 거듭하고 있다. 특히 고출력을 위해서는 가스터빈 내부의 대부분이 1,500℃ 이상의 고온을 유지하여야 하며 이를 위해서는 고온 특성에서 내구성이 강한 소재개발이 가장 핵심기술이다. 이를 위하여 최근 고성능 전투기용 엔진에 적용되기 시작한 단결정(single crystal) 정밀주조 기술은 가스터빈 엔진내부의 주요부품을 하나의 결정으로 생성시킴으로서 높은 내구성에 의한 엔진 고출력화에 결정적으로 기여하는 기술이기도 하다.

또한 Boeing, Airbus등 대형 민간항공기 업체들이 B777, A3XX등 초대형 항공기를 개발하면서 가능하면 적은 수의 엔진으로 보다 큰 항공기를 움직일 수 있는 가스터빈 엔진의 개발을 독려하고 있는 상황이다. 그 결과 General Electric, Rolls-Royce등은 이러한 신규 민간 항공기 시장에서의 적응을 위하여 GE90, Trent등 초대형 터보팬 가스터빈 엔진의 개발을 추진하여 현재 인증 및 비행시험단계에 와 있다. 이러한 가스터빈 엔진의 대형화를 실현하기 위해서는 가스터빈의 입구부에서 대량의 공기유입이 가능한 high bypass용 대형 팬의 개발이 필수적이다.

3. 가스터빈 엔진산업의 특성

가스터빈 엔진사업은 초기 단계부터 미국, 영국 등 서방 기술선진국의 독립사업이었으며 이러한 경향은 최근까지 지속되고 있다. 구 소련은 경제적인 특수상황에도 불구하고 군사적인 목적으로 발전시킨 항공산업을 뒷받침하기 위하여 국가적으로 엄청난 규모의 가스터빈 엔진산업을 팽창시켜 왔으나 최근의 경제적 붕괴과정을 거치면서 큰 어려움을 겪고 있기도 하다.

최근 정부 및 국내 항공업체를 중심으로 21세기의 국가적 경쟁력을 강화하고 국방력의 해외 의존도를 줄이기 위한 방안중의 하나로 대표적인 선진국형 첨단산업인 항공산업의 집중 육성을 위한 노력이 한창 진행중에 있다. 이러한 항공산업의 발전을 위해서는 전체 항공기의 가격이 25% 이상을 점유하고 있는 가스터빈 산업의 육성이 병행되어야만 한다. 일반적으로 항공산업 특성과 마찬가지로 가스터빈 산업도 상당한 초기 투자가 필수적이다. 항공기용 가스터빈

을 개발하기 위해서는 대략 5억~25억불 규모의 초기 투자가 필요하며 이러한 투자를 통하여 순이익을 보기 위해서는 초기 투자 이후 약 15~25년 정도의 기간이 필요하다. 미국, 영국과 같은 기술선진국에서조차도 이러한 장기적인 사업구조를 극복하지 못하고 수많은 회사들이 가스터빈 엔진사업에서 흥망성쇠를 거듭하였으며 결국에는 세계적으로 big-three업체인 General Electric, Pratt & Whitney, Rolls-Royce를 비롯한 몇몇 업체들만이 생존하게 되었으며 결과적으로 최종 생존업체들에 의해서만 전 세계시장이 지배되고 있다. 따라서 국가적인 필요성과 장기적인 사업 전망의 긍정적인 측면에도 불구하고 가스터빈 사업에의 적극적인 참여는 상당한 모험과 용기가 필요한 실정이다.

일본의 경우 미국, 영국 등과 함께 2차 세계대전 당시 제트기용 가스터빈을 독자 개발하여 전투기에 장착하여 운용할 정도로 기술력이 앞서 있었음에도 불구하고 패전국가로서의 위치 때문에 항공산업을 지속적으로 발전시키지 못하였으며 따라서 가스터빈 산업도 같은 운명에 처하게 되었다. 그러나 일본은 가스터빈의 응용분야를 항공산업에만 종속시키지 않고 산업용, 특히 발전설비용으로 전환시켜 사업화에 성공함으로써 가스터빈 산업을 유지하였을 뿐만 아니라 오히려 신규 사업기회를 창출할 수 있게 되었다. 특히 Mitsubishi 중공업의 경우 산업용 가스터빈 사업 초기 미국의 Westinghouse로부터 기술도입 면허생산으로 시작하였으나 최근에는 오히려 Westinghouse가 Mitsubishi 에 기술적으로 의존하기에 이르렀다. 이러한 일본 가스터빈 산업의 성장과정은 기술 후진국으로서 선진국형 산업구조로의 전환을 추구하고 있는 우리나라에게는 시사하는 바가 매우 크다고 할 수 있다.

4. 산업용 가스터빈 엔진사업의 의의

세계적으로 발전설비 사업규모는 1991년~2000년 기간동안 약 8.140억불 정도로서 민수 및 군수 항공산업 전체 규모를 능가할 것으로 예상될 정도로 크다. 특히 최근의 세계적인 Green Round에 의한 환경문제의 심각성에 대한 인식은 발전설비의 고급화 및 저공해화를 지속적으로 요구하고 있다. 앞서 기술한 바와 같이 항공기용 추진기관으로 널리 사용되고 있는 가스터빈을 발전용으로 사용할 경우 기존 발전설비에 비해 배기가스 공해물질 배출량을 1/10~1/100 정도로 줄일 수 있어 초청정 발전설비로 각광을 받고 있다. 또한 사용연료를 중유, 경유 뿐만 아니라 천연가스등 다양하게 사용이 가능하므로 에너지원의 다변화가 가능하다는 장점이 있다. 특히 지난 '70년대의 세계적인 에너지 파동을 겪으면서 에너지의 효율적인 이용에 대한 관심의 증가에 따라 발전과 난방이 동시에 가능한 열병합 발전설비의 확대, 가스터빈과 스팀터빈을 함께 사용한 복합발전 시스템의 일반화에 따라 가스터빈에 대한 관심이 증대되고 있다. 이러한 여러 가지 이유로 인하여 가스터빈은 항공기용 추진기관뿐만 아니라 최근 세계적으로 발전설비용 동력원으로도 각광을 받고 있다.

이러한 발전설비 시장에서의 가스터빈 점유율의 급성장은 기존 항공기용 가스터빈 시장에서의 투자 회수기간보다 더 기간내 투자 회수가 가능하여 우리나라와 같은 후발국에서 보다 짧은 기간내 가스터빈 산업의 본격적인 진입이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 투자에 대한 Risk를 최소화 시키면서 미래 첨단산업인 항공산업의 육성을 추진하기 위한 기반을 구축하기 위하여 본격적인 항공기용 가스터빈의 사업화 이전에 산업용 가스터빈의 사업화 추진은 큰 의미가 있다.

5. 국내 가스터빈 엔진개발 동향

지난 1990년도 과학기술처 국책연구과제로 "고효율 가스터빈 개발과제"가 선정되어 한국과학기술연구원이 주관하고, 한국기계연구소 및 한국동력자원연구소 등 국책연구소와 서울대학교 등의 대학이 참여하여 연구개발사업이 시작된 이후 국내에서 가스터빈 사업에 대한 관심이 급속히 증가되기 시작하였다. 특히 산업체의 경우 한국중공업이 General Electric의 협력하에 산업용 가스터빈 생산 및 판매사업에 착수하기 시작하였으며, 비슷한 시기에 한라중공업, 쌍용중공업 등이 해외 가스터빈 전문업체와의 협력을 통하여 헬기용 엔진 및 산업용 가스터빈 사업에 참여하기로 결정하였다. 한편 대한항공은 1979년 이래 군용엔진의 지속적인 창정비 사업을 수행하여 왔고 지난 2월에는 미국 항공기 창정비 실적 1,300대 기념행사를 가질만큼 엔진기술을 상당수준 축적하고 있다. 그 외에도 대한항공은 각종 헬기엔진 및 민항기 엔진의 창정비를 통해 가스터빈 엔진기술을 체득하고 있다. 또한 최근에는 미국 UTC 산하 TPM사와의 협력을 통하여 항공기용 가스터빈인 PW4000엔진의 산업용 엔진Packaging사업 참여를 준비하고 있다. 삼성항공은 지난 '70년대말 이래 <그림1>에 표시한 바와 같이 각종 항공기용 엔진 부품생산 및 조립생산을 지속하여 엔진생산 기술을 축적하여 왔다. 초창기에는 Casing Seal류 및 난이도가 낮은 부품을 주로 생산하였으나 현재는 다양한 공

정개발과 생산설비 확충으로 고난이도 부품을 포함한 대부분의 엔진부품을 생산하고 있으며, 엔진창정비 분야에서도 국내에서 최초로 항공기용 엔진 창정비업체로 지정되어 '93년 초에 이미 엔진 창정비댓수가 2000대를 넘어섰다. 현재 KFP사업인 F16전투기의 주엔진 F100을 생산하고 있다. 또 특기할 것은 P&W사가 주도해서 개발하는 민항기용 대형 터보팬젯트 엔진인 PW4000 개발사업에 삼성이 지분참여(약3.0%)를 하고 있는 일이다. 또한 아래의 기술할 소형 가스 터빈 엔진을 이용하는 전력발전 및 열에너지 복합화를 위한 열병합발전설비 Packaging 사업을 일본의 Kawasaki 중공업, 삼성중공업과 공동추진하고 있다.

정부는 항공기 산업의 기반을 조성하고 국내 대표적인 자본재 산업인 발전설비의 국산화 개발을 위해서 1991년부터 산업용 가스터빈 엔진개발을 본격적으로 검토하게 되었으며, 우리나라의 산업기술 발전을 주도하고 있는 공업기반기술 개발사업의 일환으로 개발산업을 추진하도록 결정하였다. 또한 삼성항공은 이러한 국가

<그림 1> 삼성항공 주요 추진사업

CONTENTS	'80	'85	'90	'93	'95	2000	2005
Part Manufacturing	J85(GE)	J79(GE)		F100(P&W)			
		A250(Allison)		T700(GE)			
					PW4000(P&W) Co-production		
Assembly & Test	J85, J79, T53/A250, F100, J69, LM2500, GG4C, T56, T700 etc.						
Development PGM	Industrial Engine						

적인 필요성에 부응하고 기존 가스터빈 사업의 획기적인 도약을 위하여 본 사업의 주관기관으로서의 참여 타당성을 검토한 후 1992년부터 본격적인 개발을 주도하게 되었다.

<표 1> 산업용 소형 가스터빈 주요사양

설계변수	엔진사양
용도	소형열병합발전
사용연료	천연가스
출력	1.2 MW
열효율	28.0%
회전수	27000rpm
압축비	12.1 : 1
터빈 입구온도	1270 K
수명	30,000 hr

삼성항공은 1970년부터 국내 군수 항공기용 가스터빈의 창정비 사업으로 시작하여 앞서 기술했듯이 가스터빈 사업의 지속적인 기반구축을 추진해 왔다. 그러나 가스터빈사업에 있어서 독자 제품에 의한 사업영역의 구축이 없이는 더 이상 사업구조의 개선이 불가능하다고 판단하게 되었다. 이를 극복하기 위해서 항공기용 가스터빈보다는 개발 및 사업화 Risk가 다소 적은 산업용 가스터빈 개발에 주도적으로 참여하게 되었으며 지난 5년여의 개발과정을 통하여 1996년 말 시제엔진의 개발이 완료될 예정이다. <표 1>은 개발대상엔진의 주요사양으로 2단원심압축기, 수직원통형 연소기 및 3단 축류터빈으로 구성되어 있다.

이러한 산업용 가스터빈엔진의 개발추진을 통하여 기존의 선진산업체와의 30년 기술격차를 줄이면서 독자적으로 가스터빈 엔진을 국내에서 개발할 수 있는 체계를 <표2>와 같이 구축하게 되었다. 특히 개발 초기 가스터빈 엔진의 개발을 위한 기술확보를 위하여 핵심기술 이전에 매우 힘든 서방 기술선진국가를 피하고 러시아나 구 소련 가스터빈 엔진관련 기술의 접목을 통하여 기술적 기반을 확보할 수 있었다. 뿐만 아니라 본 개발 사업추진을 통하여 확보된 국내 전문인력 및 관련 설비는 향후 산업용뿐만 아니라 항공기용 가스터빈 엔진개발시에도 유용하게 활용할 수 있리라 판단된다.

가스터빈과 같은 복합 초정밀 고난도 제품을 개발하기 위해서는 개발 주도업체뿐만 아니라

<표2> 산업용 소형 가스터빈 개발과제 참여기관별 수행업무

구 분	기 관 명	역 할
개발총괄	삼성항공산업(주)	설계, 제작 및 조립, 시험
부품제작	한국로스트락스(주) 천지산업 한일단조 화천기어 동서제어	터빈 블레이드 제작 (정밀주조) 압축기 Impeller 및 Diffuser 제작 터빈 Disc 제작(단조) 기어박스 제작 제어기기 제작
기반기술확보	한국항공우주연구원 한국기계연구원 창원분소 생산기술연구원	압축기/연소기 Rig 시험설비 및 기술 가스터빈 소재 개발기술 제공 주조 기반기술 제공
기초연구	서울대학교 터보동력기계 연구센터 한국과학기술원	설계데이터 확보를 위한 기초연구

관련 협력업체의 기술적 Infra 구축여부가 개발성공을 좌우할 만큼 중요한 요인이기도 하다. 국내 기계산업 관련 협력업체의 기술수준은 과거 국가적으로 조선사업, 자동차사업 등을 거치면서 꾸준히 향상되어 왔으나 아직도 선진국의 협력업체에 비하여 매우 열악한 수준이다. 이러한 현상은 주로 중소기업체로 구성된 이러한 국내 협력업체의 기술향상을 위한 국가적인 관심과 투자가 미흡했던 결과라고 생각되며 이를 극복하기 위해서는 지금부터라도 국가적으로 획기적인 기술기반의 재구축 작업이 반드시 필요하다고 본다.

6. 결론

항공기용 추진기관으로 주로 사용되는 가스터빈 엔진은 과거 60년간 항공산업의 끊임없는 발전과 함께 지속적으로 진화되어 왔고 앞으로도 계속될 것이다. 이러한 기술적 진화과정은 세계적으로 수많은 기술인력의 헌신적인 노력에 의해서 이루어진 것이다.

가스터빈 엔진개발은 전술한 바와같이 다양한 분야의 전문기술이 필요하며 이런 각종기술들이 결합하여 목적하는 제품-가스터빈 엔진을 생성하게 된다. 이런 기술개발 및 제품개발은 많은 비용과 인적조직을 요구하여 또한 가스터빈 설계뿐만 아니라 부품 관련 제작업계의 기술수준 성숙도 필수적으로 요구된다. 현재 국내에서 진행 중에 있는 가스터빈 개발 여건을 살펴보면 장족의 기술향상이 있었지만 아직도 미흡한 부분이 많다. 따라서 엔진개발 기술발전을 촉진하기 위해서 해외선진업체와 적극적인 협력방안이 요구된다. 또한 종래의 이론위주 엔진 설계를 탈피하여 Hardware 중심의 총체적인 엔진개발로의 방향전환도 절대 필요하다. 이러한 개발노력이 지속적으로 경주될 때 비로소 한국에서 가스터빈 관련기술이 축적될 것이며 Engineering Data Base도 자연히 구축될 것이다. 최근 들어 여러가지 국내외 여건상 선진국형 산업형태로의 구조적 개선이 시급한 우리나라로서는 가스터빈을 포함한 항공산업과 같은 기술적 고부가가치 산업에서의 경쟁력 확보가 시급한 실정이다. 그러나 우리나라로서는 가스터빈이 갖고 있는 사업의 장기적 특성에 따른 어려움과 함께 후발국가로서 선진국과의 기술격차가 30년 이상 벌어진 기술적 현실을 극복할 수 있는 지혜가 필요한 시점이다. 이를 위해서는 우선 국가적인 산업구조 혁신차원에서의 정부의 의지, 어려운 여건에서도 선진업체 수준으로 성장하기 위한 업체의 추진력, 그리고 장기적으로 이 분야의 기술적 기반을 조성하기 위한 학계 및 연구계의 꾸준한 저력을 합한 명실 상부한 국가적인 협력체계 구축이 무엇보다 필요할 것으로 판단된다.

주석 1) 연구기획관리단 기술기획실, 연구원(Tel: 02-250-3136)

