

발전용 고효율 대형가스터빈 국내 기술개발 현황 및 전망



유 재 원

한국중부발전(주) 안전품질그룹 품질경영팀 차장

1. 개 황

현재 발전용 대형 가스터빈 개발과 관련된 국내 기술은 매우 취약한 실정이다. 선진국과 비교하면 가스터빈

제작·조립, 발전 설비의 건설 및 운영분야는 어느 정도 수준에 도달했으나, 개발·기획, 프로젝트 관리, 설계 및 시험 등 가스터빈 개발과 관련한 고부가가치 기술은 매우 뒤쳐져 있다. 이는 대형 가스터빈과 관련한 국내

[표 1] 용량대별 가스터빈 시장 분석

구 분		Value		
소형	(10MW 이하)	5,479대	\$14,525M	11%
중형	(10~75MW)	1,423대	\$23,671M	17%
중대형, D/E급	(75~150MW)	489대	\$28,809M	21%
대형, F급	(150~250MW)	924대	\$49,872M	37%
초대형, G/H급	(250MW 이상)	773대	\$19,097M	14%

산업이 활성화되지 않아 산업을 뒷받침할 기술적 수요가 없었고 국내에서 자체 개발할 기회가 없었던 요인이 가장 크다.

2. 현 황

천연가스 복합 화력은 원자력, 석탄 화력과 함께 국내 3대 발전 포트폴리오(국내 발전설비 용량 : 원자력 24.8%, 석탄화력 33.2%, 복합화력 26.2%)중의 하나이지만, 복합 화력의 주기기인 가스터빈(약 120여 기가 설치 운영)은 일부 면허생산을 제외하고 전량 해외에서 수입하고 있는 실정이다.

지금까지 국내에서는 삼성테크윈과 두산중공업을 중심으로 소형급 가스터빈을 개발하였고, 두산중공업은 대형급 면허생산 사업을 통해 제작기술을 부분적으로 일부 확보하였으나, 설계기술은 아직 확보하지 못한 상태이다.

발전용 가스터빈은 신규 가스터빈 판매에 의한 매출도 크지만 정비에 의한 매출규모가 더 크기 때문에 발전 플랜트 산업의 경쟁력 제고를 위해 가스터빈의 국산 자립화가 반드시 필요하다. 또한 가스터빈 독자 모델을

개발함으로써 핵심기술 확보와 개발 인프라구축은 물론 국내 산업용 가스터빈 수입을 대체하고 해외수출을 통한 발전 플랜트산업의 외화 획득률을 높일 필요가 있다.

가. 가스터빈 시장

전 세계 발전용 가스터빈 신규시장은 연간 12조 원 규모이고, 향후 10년 내에 200조 원(430GW) 규모가 될 것으로 전망되고 있다. 또한 가스터빈 사업은 자본과 기술의 집약산업이라는 특징을 가지고 있어 GE, Siemens, Alstom, MHI 등 주요 OEM들의 과점시장이다.

발전용 가스터빈의 주요 시장은 중대형 D/E급(터빈 입구온도 약 1150℃, 75~150MW)과 대형 F급(터빈 입구온도 약 1,300℃, 150~250MW)으로, 중대형 D/E급은 주요 OEM들의 비주력 분야로 GE의 점유율이 60% 이상을 차지하고 있다. 대형 F급은 세계 4대 OEM(GE, Siemens, Alstom, MHI)들의 주력 시장으로 본 시장에 진입하기 위해서는 해외 OEM과 전략적 제휴가 필요하다. 75~150MW의 D/E급은 기술적으로도 낙후되어 있어 최근에는 F급으로 교체되는 단계에 있다.

나. 개발 대상 핵심 기술

가스터빈 패키지를 위해 개발해야 할 주요 핵심 요소 기술들은 다음과 같다.

1) 고효율 블레이드 설계 기술

국내생산업체의 경우 대체로 생산기술 우선 정책에 의하여 생산기술의 발전을 가져왔으나 선진업체들로부터 기술이전 제한으로 설계 기술의 확보가 아주 미흡한 실정이다. 따라서 고효율의 압축기 블레이드를 설계하기 위해서는 기본설계과정에서 OEM사와 공동설계 추진이 필요하다.

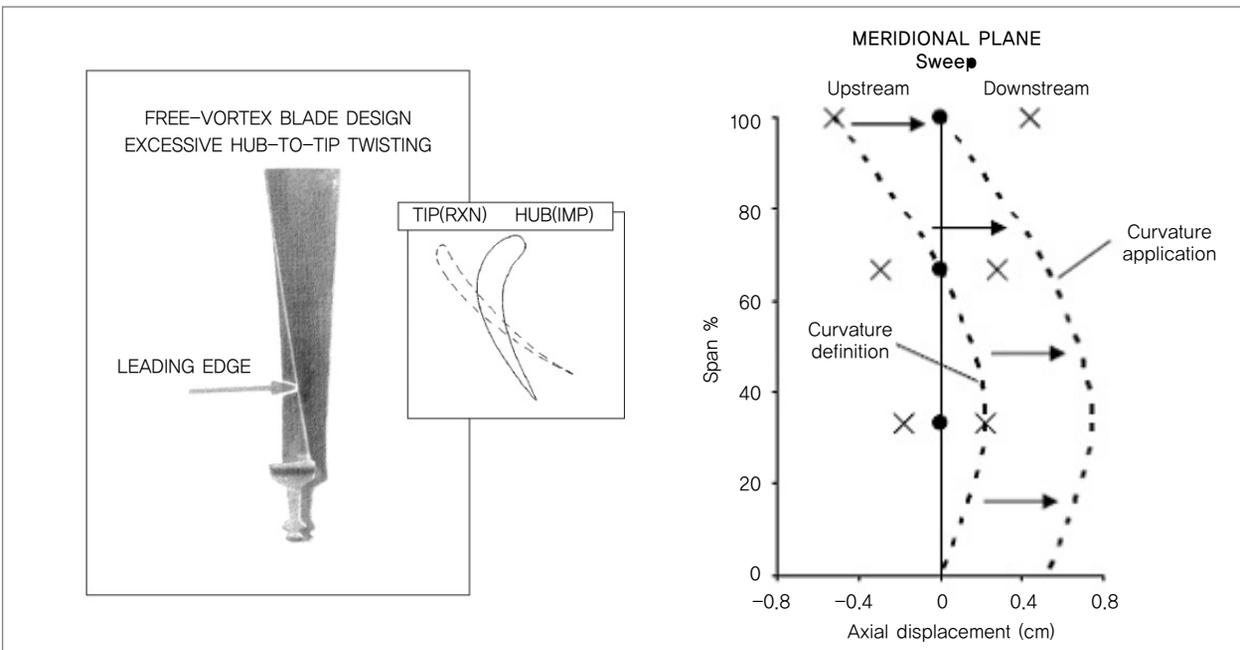
고효율 설계를 위한 방법으로써 OEM사의 기존 블레이드를 기준 모델로 한 Numerical Optimization 기법 및 Inverse Design 기법을 개발하여 적용하며, 이를 통해 고효율의 MCA(Multiple Circular arc Airfoil) 또는 CDA(Controlled Diffusion Airfoil) 모델을 개발하고 리그(RIG) 성능시험을 통해 검증해야 한다.

최근 고효율 블레이드 설계에 적극 활용되고 있는 2가지 최적화 알고리즘의 실용화 사례가 지속적으로 소개되고 있고, 국내의 여러 기관 및 업체에서도 많이 연구되고 있어 원천기술 확보가 가능할 것으로 예상된다.

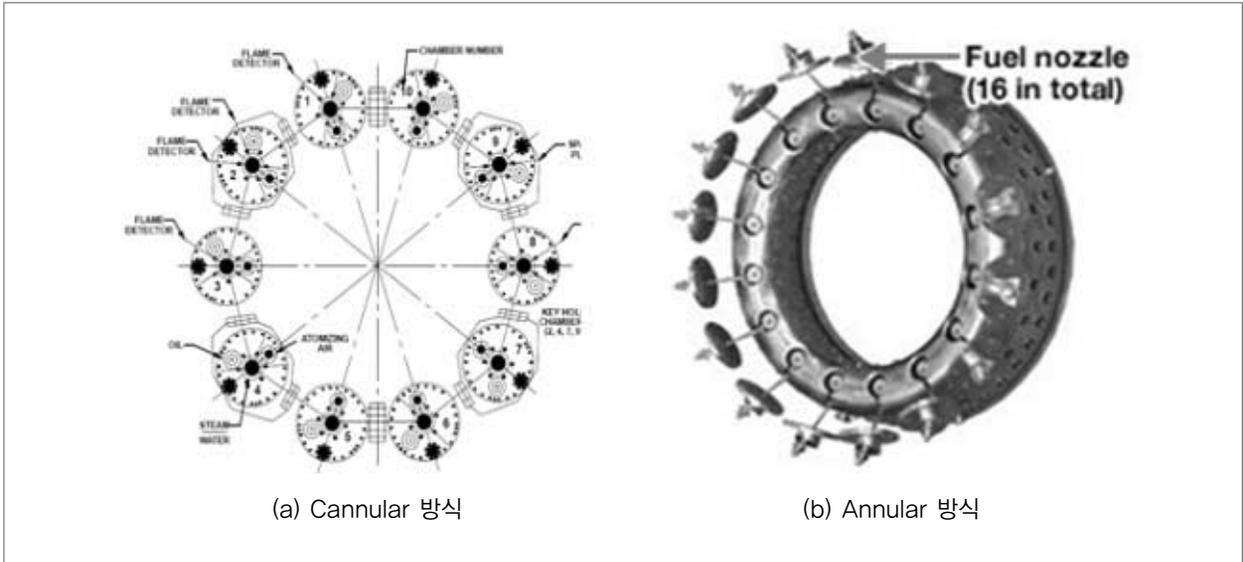
2) 저공해 연소기

연소기 제작 관련 기술은 기존 OEM사의 연소기 헤더(노즐 조립체), 라이너 및 트랜지션 피스 등에 대한 제작과 납품 실적이 국내에 존재하며, 제작 관련 기술은 이미 성숙 단계에 있다고 할 수 있다. 이와 달리 대형 가스터빈용 저공해 연소기 설계에 대한 국내 독자 기술은 아직 확립되어 있지 않다. 저공해 연소기 개발을 위해서는 개발 신뢰도, 핵심 기술 확보, 개발 비용 및 기간 등을 고려한 다양한 접근이 필요하다.

Alstom사의 연소기는 Annular 방식의 라이너에 EV 버너를 적용하는 방식으로 타 OEM사의 Cannular 방식과 차이가 있다. Annular 방식의 연소기는 유지 보수 관점에서 Cannular 방식 대비 열세이며, 터빈 입구 온도를 높여가야 하는 향후의 기술 전개 차원에서도 불리한 면이 있다. 또한, Annular 방식의 연소기를 적용하는 경우, 연소기 개발 부분을 Alstom의 Core Technology에 의존하게 되어, 전체 개발 부분에 대한



[그림 1] 3차원 Stacking 및 최적화 설계(예)



[그림 2] 연소기 구성 방식

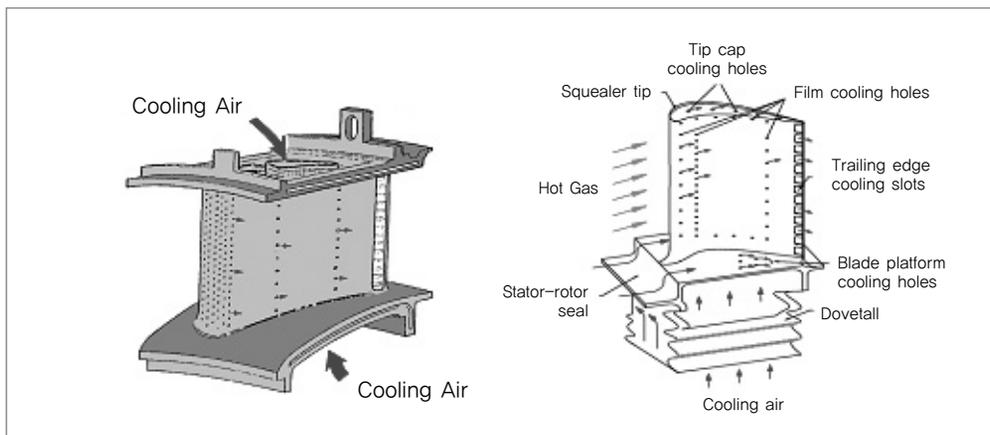
국내 기여 비중이 낮아지며, 원천 기술 확보도 쉽지 않다. 따라서 기본적인 연소기 개발 전략은 국내에서 설계를 주도하여 Cannular 방식의 연소기를 신규 개발하여 적용하는 것으로 수행하는 것이 타당하다.

원형모델을 확보하여 신규설계에 활용하고 여기에 소요되는 기술은 기술이전에 호의적인 B&B Agema, NREC 등의 해외의 전문 엔지니어링 회사를 활용하는 것이 바람직하다.

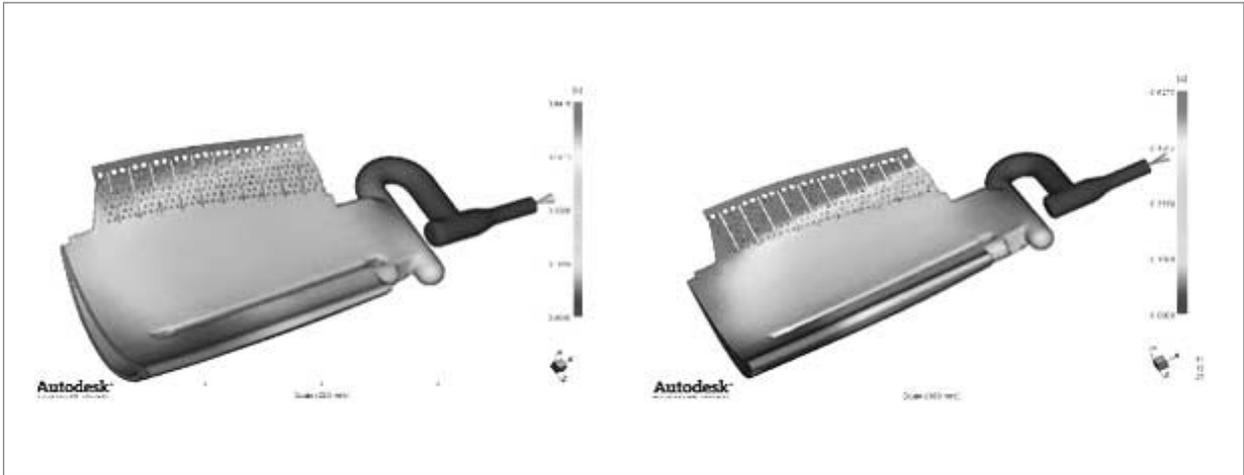
3) 터빈 냉각

블레이드 3차원 설계기술, 냉각 및 열전달해석기술은 일반적으로 선진 OEM사들이 기술이전을 극히 회피하는 기술이다. OEM사와의 협력전략은 Field에서 입증된

해외 선진 엔지니어링 회사와는 냉각설계 Tool 공동 개발(B&B Agema, NREC 등), 열-유동해석 Tool 공동 개발(B&B Agema 등) 및 Cascade 시험협력(TAMU 등)을 통해 연구기반기술 및 경험을 확보해야 한다.



[그림 3] 냉각 베인 및 블레이드



[그림 4] 세라믹코어 사출조건 변화에 따른 시뮬레이션 검증(STX메탈)

4) 고온 소재

그동안 국내에서 진행하고 있는 개발과제를 통해 확보된 원천기술을 최대한 활용하고 부족한 요소기술(세라믹코어 변형 방지 기술, 세라믹코어 활용 기술, DS 결정조직 Control 등) 확보에 주력해야 한다.

이미 제조기술을 확보한 해외 전문가를 활용하여 주요 핵심기술 습득 및 양산공정 확립이 필요하다.

특히 세라믹코어 제작기술, 일방향(DS, Directional Solidification) 주조기술, 진공 정밀주조 생산 및 품질 시스템 업그레이드 부분에 대해 각각에 전문화된 해외 기술자를 활용하여 개발을 진행해야 한다.

세라믹코어의 경우 전용 생산라인이 없고 해외에 비해 기술적으로도 낙후되어 있어 해외 선진기업의 벤치마킹을 통한 최적의 생산라인 및 품질검사 시스템 구축을 실시해야 한다. 그리고 고온부품 기술 중 상대적으로 일방향 블레이드 주조기술이 해외 선진기업에 비해 기술 격차가 큰 만큼 고온부품 개발의 리스크를 줄이기 위해 백업용으로 해외 고온부품 개발을 병행하여 진행해야 한다.

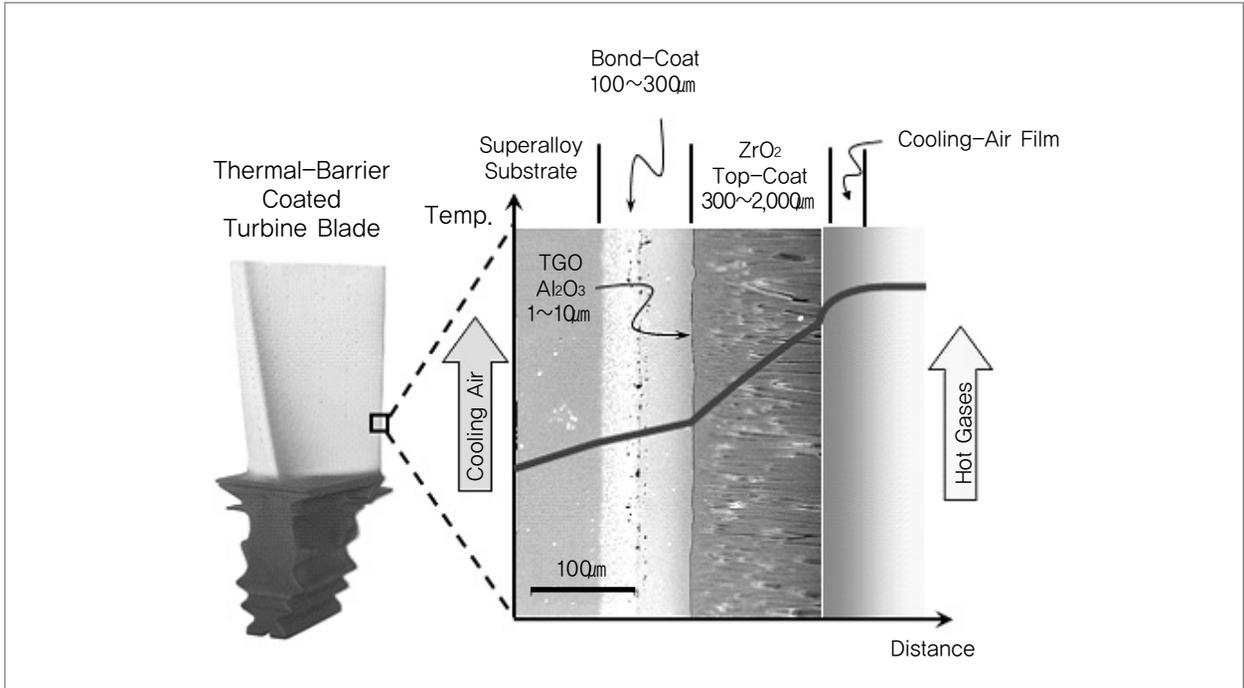
5) TBC(열차폐코팅) 공정기술 및 평가

한전 KPS에서 DVC-TBC 코팅은 GE 7FA 기종에 적용하고 있다. 현재 Alstom GT24에 적용하고 있는 VPS-NiCoCrALY with APS-TBC 코팅 또는 이와 비슷한 기술이라도 충분히 응용이 가능할 정도로 국내 기술이 확보되어 있으며, 산·학·연 연계를 통해서 기술을 확보해야 한다.

장비 및 설비 면에서는 국내업체에서 APS (Atmospheric Plasma Spray), VPS(Vacuum Plasma Spray) 장비를 구축하고 있어 기업 간 연계를 통한 추가설비 구축 없이 개발 및 시제품 제작이 가능하다. 그리고 해외 전문가를 활용하여 응용 제작기술 및 평가기술을 확보해야 한다.

6) 구성품 시험

가스터빈엔진의 구성품 개발 시 해석적 방법으로는 구성품의 정확한 성능해석이 불가능하기 때문에 시험 설비를 활용한 성능시험이 필수적이며, 각 요소의 성능을 정확히 평가하는 것은 엔진 전체의 성능 및 엔진제어에 필수적이다.



[그림 5] 열 차폐 코팅(TBC)의 열 차폐 원리

구성품 성능시험은 시스템 시험에 비해 성능시험 수행 과정에서 설계기술이 외국으로 유출될 우려가 높다. 또한 구성품 성능시험을 해외에서 수행할 경우 구성품 성능에 대한 다양한 데이터의 획득이 제한적이며, 구성품 성능 DB가 국내에서 확보되어야 차후에 수행 할 개발 모델 업그레이드 수행 등이 용이하므로 국내에서 수행 하는 것이 바람직하다.

그리고 정부출연금으로 확보된 구성품 성능시험 설비는 효율적인 활용 및 관련업체간의 공동 활용 가능성을 위하여 정부출연연구소인 항공우주연구원에 설치하여 설비의 활용도를 높여야 한다.

7) 실증플랜트 및 실증시험

가스터빈의 특성이 파악되지 않은 개발시험 초기에는 부하기를 이용하여 공장 시험을 해야 하지만 가스터빈 특성 파악이 완료되어 안정된 운전을 할 수 있는 상태에서

부하기를 이용해 장시간 시험하는 것은 낭비가 큰 요소에 해당한다.

따라서 대부분의 OEM들은 가스터빈 시험 시 발생하는 전기를 그리드에 공급할 수 있도록 설비를 구축한 후 시험을 수행하고 있다.

가스터빈 개발 시 성능시험 후 내구성 및 운전 신뢰성 검증시험을 수행해야 하는데 성능시험은 공장 시험설비에서 수행할 수 있지만 내구성 및 운전 신뢰성 검증시험은 상시적인 운전이 가능한 설비가 필요하다.

따라서 OEM들은 별도의 실증시험 설비 또는 신규 실증 플랜트에서 내구성 및 운전 신뢰성 검증시험을 시행하고 있으며, 실증시험 및 운용시험은 실제 운용할 발전사가 참가하고 발전사에서 플랜트 건설비용을 출자하는 등의 방법으로 실증 사업화를 추진할 필요가 있다.

3. 전망

에너지 자원 고갈 및 지구 온난화 문제와 관련하여 화석 연료를 사용하는 발전 설비는 고효율화 및 환경 친화성 향상이 요구되고 있다. 또한 신속한 기동과 운전 유연성을 갖는 가스터빈 발전설비의 특성 때문에 가스터빈을 기반으로 하는 발전설비의 비중 확대는 세계적인 추세이다.

가스터빈 시장은 저렴한 연료로 사용할 수 있는 셰일 가스와 현재 세계적으로 각광받고 있는 풍력 등 신재생

에너지의 안정적 공급을 위한 백업 전원으로 수요가 증가할 것으로 예상되고, 30년 이상 노후 가스터빈 발전기의 대체 수요가 계속 증가할 것으로 예측되고 있다. 또한 남미 및 중동국가에 전력수요가 급증하는 지역의 수요 증가가 예상됨에 따라 현재 50Hz 중심에서 60Hz 시장으로 이동할 것으로 전망되고 있다.

따라서 국내 가스터빈 발전소 소요분에 대한 수입 대체와 미국을 중심으로 한 60Hz시장 공략을 위해서는 OEM과 전략적 제휴를 통한 200MW 이상급 고효율 가스터빈 개발이 필요하다. KEA