

가스·스팀터빈 분야 연구동향

김 재 환*

1. 서 론

전력수급의 많은 부분을 원자력 및 화력발전에 의존하고 있는 우리나라에서 점차 증가하는 전력 수요를 가스터빈을 이용한 복합발전이나 열병합 발전이 담당해 가고 있는 추세를 볼 때 가스 및 스팀터빈 관련 산업발달과 이 분야의 지속적인 연구개발은 매우 중요하다. 최근에는 분산발전에 대한 관심이 고조되면서 이에 적합한 동력원으로 고려되고 있는 마이크로터빈 및 이의 응용시스템에 대한 연구개발이 선진국에서 뿐만 아닌 국내에서도 활발히 수행되고 있다. 마이크로터빈은 중대형 가스터빈에 비해 개발기간이 짧고 비용 규모가 작아 세계시장에서도 경쟁력 있는 상품이 될 수 있으며, 터보기기 공력설계, 공기 베어링, 내열코팅 등의 관련 핵심기술들은 항공기의 보조동력장치 및 ECS 등의 개발에 직접적으로 적용되기 때문에 기술 파급 효과가 매우 크다. 한편 2005년도에는 대형국가연구개발 실용화 사업의 일환으로 5MW급 소형열병합발전용 가스터빈 개발 사업이 본격적으로 시작되었으며 2006년도부터는 산업자원부와 방위사업청이 공동으로 추진해 온 한국형헬기개발사업의 착수됨에 따라 항공용 가스터빈엔진의 개발과 관련된 산·학·연 공동연구가 기대된다. 이 같은 움직임은 그 동안 주춤했던 중대형 발전용 가스터빈 및 항공용 가스터빈 관련 연구의 활성화를 가져올 전망이다.

본 연감에서는 2005년도 가스/스팀 터빈 분야의 주요 연구동향을 유관학회의 논문집 및 학술대회에 발표된 논문을 중심으로 살펴본다. 연구동향 분석에 필요한 자료는 유체기계저널, 대기기계학회논문집 B권, 설비공학논문집에 게재된 가스/스팀 터빈 관련 논문과, 대기기계학회, 대한설비공학회 및 유체기계공업학회의 학술대회에서 발표된 논문을 토대로 작성하였다.

가스터빈의 구성부 중 압축기와 웬은 타 분야 연구동향에서 다루기 때문에 여기서는 생략하였고, 본 학회 연구 분야의 특성상 연소기 관련 분야는 다루지 않았다.

2. 유동장 해석

가스/스팀터빈의 유동장 해석과 관련된 연구는 크게 터빈내부(허브와 케이싱 및 3차원 익형으로 형성된 환형 통로내부) 유동과 터빈 익 내부유동에 관련된 연구들로 나누었다. 터빈내부 유동은 벽면 및 익 표면에서 발생하는 점성 경계층, 2차 유동의 발생, 익의 회전에 의한 원심력 및 전향력, 회전익 말단 틈새에서의 누설유동과 이들의 상호 작용으로 복잡한 유동을 이루고 있다. 이러한 복잡한 구조의 유동은 터빈의 성능저하 및 진동과 소음의 원인이 되기 때문에 그 특성의 규명은 매우 중요하다. 한편, 터빈 익 내부유로의 유동현상 규명을 위한 모사시험 및 유사유로 해석 등도 유로설계 및 열전달 현상규명에 중요한 역할을 한다. 터빈의 유동해석 부분은 2004년에 9편이 발표된 것에 비해 2005년에는 단 2편만이 발표되었다.

지금까지 단순 대칭익형과 압축기 익형에 대해서 입사각이 그 후류에 미치는 영향에 대한 연구가 진행된 바 있으나 탈설계점 상태에서 입사각이 실제 터빈 익열 후류에서의 난류 유동 특성에 미치는 영향에 관한 연구가 수행된 바 없다. 따라서 이를 위해 입사각이 -5° , 0° , 5° 등인 세 경우에 대하여, 미드스웨에서 평균속도, 난류강도, 에너지 스펙트럼, 와류유출 주파수 등을 측정한 실험적 연구⁽¹⁾가 수행되었다. 한편, 최근 터빈익이나 전자장비 패키지의 냉각을 위하여 충돌제트를 사용한 냉각기술이 많이 개발되고 있다. 특히 전자장비 패키지 냉각에서는 제트에 의한 유동장에 전자장치가 존재하기 때문에 전자장치가 유동구조에 미치는 영향을 분석하는 것은 열전달 현상규명 및 패키지 설계 등에 매우 유용한 정보로 사용될 수 있다. 따라서 자기장이 존재하는 경우의 충돌제트에 대해 유

* 한국항공우주연구원 항공추진그룹
E-mail : kjaehwan@kari.re.kr

동장의 수치해를 구하고 이를 자기장이 없는 충돌제트 유동장의 수치해와 비교하여 그 영향을 분석한 연구⁽²⁾가 수행되었다.

3. 열전달 해석

열전달 해석 부분은 터빈 익 냉각기술과 직접적 관련은 없지만 터빈 익 주변, 허브, 케이싱 등에서의 열전달 및 열 해석에 관련된 연구들을 분류하였다. 2005년에도 매년 꾸준히 발표되었던 터빈 익단 주변의 열전달 현상 및 터빈 익 표면에서의 열전달 특성을 규명하는 연구가 수행되었다. 익단 주변의 열전달 특성 관련으로는 나프탈렌 승화법을 이용하여 선화각이 큰 터빈 동익의 익단 누설 영역에서의 열 및 물질전달 특성을 탈설계 운전영역에서 실험적으로 규명하고 특히 입사각의 변화가 끝벽 열전달 특성에 미치는 영향을 살펴본 연구⁽³⁾가 수행되었다. 또한, 터빈 동익의 끝단 근처 열응력 분포 해석을 위해 터빈 동익 평면에서의 열전달 계수를 실험적으로 측정된 연구⁽⁴⁾와 정익과 와 터빈 동익의 상대위치 변화에 따른 평면 및 슈라우드에서의 열전달 계수를 실험적으로 측정된 연구⁽⁵⁾ 및 같은 시험장치를 이용하여 고정된 동익의 끝단 인접영역 표면, 끝단면, 슈라우드에서의 국소적인 열전달 특성을 동시에 비교, 분석한 연구^{(6),(7)}도 수행되었다. 위의 연구들은 터빈 익단과 그 주변에서의 열전달 계수 분포를 제공하여 터빈 익단 주변 영역에서의 열전달 현상의 이해를 돕고, 추후 전산 해석의 기본 데이터로 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

터빈 익 표면에서의 열전달 현상과 관련하여 2편의 논문이 발표되었는데 터빈 동익의 열전달 특성에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 인자 중에서 베인과 터빈 동익의 상대 위치 변화로 인해 발생하는 유입 유동 조건 변화가 동익 표면의 열전달에 미치는 영향에 대하여 고찰한 연구⁽⁸⁾와 익단 근처 터빈 동익 표면 전체에 대해 자유유동의 높은 난류강도가 열 및 물질전달에 미치는 영향을 실험적으로 분석한 연구⁽⁹⁾가 수행되었다.

4. 터빈 익 냉각

높은 터빈입구온도확보를 위한 터빈 익 냉각에 관한 연구는 크게 익 내부에서의 냉각공기 흐름에 의한 대류냉각, 정체 점에서의 강한 열 및 물질전달을 이용

한 충돌제트 냉각, 익 내부에서 표면으로 냉각공기를 분사한 후 막을 형성하여 익을 보호하는 막냉각 등에 대한 것이 대부분이며 본 연감에서도 냉각방식에 따라 2005년도에 발표된 논문을 분류 및 분석하였다.

4.1 내부관 냉각

내부 유로에서의 열전달 향상을 위해 현재 요철(rib), 핀(pin) 및 덤플(dimple) 등의 표면 형상변화를 통해 이차유동을 발생시키는 열전달 향상기법들이 많이 사용되고 있다. 이 같은 방법은 이차유동 및 박리된 유동의 재부착 등에 의해 열전달이 향상되게 된다. 2005년도에 전년도와 마찬가지로 터빈 익 내부를 모사한 관내에서의 열 및 물질전달 특성을 실험 및 수치해석을 통해 해석한 연구들이 대부분 이었다.

열전달 향상을 위해 설치한 내부유로의 요철은 실제 압력강하 등의 문제를 수반하게 된다. 이 같은 문제를 최소화하기 위하여 요철에 단락을 형성하여 단락 유출 유동을 이용한 연구⁽¹⁰⁾가 진행되고 있다. 한편 내부유로 냉각에 관한 연구는 정사각형 또는 직사각형 단면을 갖는 유로에 집중되어 있으나 터빈 기익과 같은 경우는 오히려 삼각형 형상의 단면에 가깝기 때문에 삼각형 형상의 유로가 회전할 경우 내부의 열전달 특성 파악을 위한 연구⁽¹¹⁾가 수행되었다. 덤플 및 돌출이 설치된 사각채널에서의 국소 열전달 분포 및 압력강하 특성을 분석하기 위해 감온 액정법을 이용한 시험적 연구⁽¹²⁾가 수행되었으며 열전달 향상 및 압력손실 증가를 고려한 성능지수를 제시하고 그 특성을 고찰하였다. 요철의 유무, 덕트의 종횡비, 회전수 등과 더불어 내부관 열전달 특성에 영향을 주는 관 벽면에서의 가열조건이 열전달 특성에 미치는 영향을 분석한 연구⁽¹³⁾ 또한 수행되었다.

실제 터빈 익에서는 내부관 냉각과 막냉각이 동시에 일어나기 때문에 이에 대한 복합적인 열전달 특성을 이해할 필요가 있다. 이를 위해 유출홀이 설치된 정사각 유로에서 회전수 변화에 따른 국소 열 및 물질전달 특성을 파악하는 연구가 수행되어 내부유로 설계에 필요한 자료를 제공하였다⁽¹⁴⁾⁻⁽¹⁶⁾.

한편 전년도와 마찬가지로 내부유로의 최적설계에 관련된 논문⁽¹⁷⁾이 발표되었는데, 이 연구에서는 타원형 pin-fin 배열의 유로에 대해 삼차원 열 및 유동해석과 수치최적화 기법으로 구배법에 비해 최근 그 장점들이 부각되고 있는 반응면 기법(Response surface

method)을 결합하여 최적설계를 수행하였다. 목적함수는 열전달 계수와 마찰계수의 선형 결합으로 구성하였고, 설계자의 의도를 반영하기 위한 가중계수를 도입하였다.

또한 여러 형상의 요철이 있는 채널 내의 열전달 현상을 수치해석을 통해 규명한 연구^{(18),(19)}도 수행되었는데, 수치해석 방법으로는 RANS 또는 큰 에디모사 (LES) 모델이 적용되었으며 시간평균 유동장과 온도장을 실험과의 비교를 통해 수치해석 결과를 검증하였다.

4.2 충돌제트 냉각

충돌제트 냉각 관련 논문은 2005년에 3편이 발표되었다. 충돌제트의 열전달 향상 및 제어와 관련하여 자기장이 인가된 영역에서 층류 충돌제트의 열전달 특성을 수치적으로 해석한 연구⁽²⁰⁾가 수행되었다. 한편 충돌냉각과 막냉각의 두 가지 효과를 갖는 충돌제트/유출냉각 기법에서 횡방향 유동이 열/물질전달에 미치는 영향에 관한 연구를 통해 횡방향 유동이 낮은 열전달 영역을 형성시킨다는 연구결과를 토대로 보다 균일하며 구조적으로 안정된 냉각성능을 얻기 위해 횡방향 유동이 있는 충돌제트/유출냉각 기법에서 원형판⁽²¹⁾ 및 사각판⁽²²⁾을 설치하는 경우에 대해 실험적인 연구가 수행되었다.

4.3 막냉각

막냉각 분야의 논문은 2005년도에 단 1편만이 발표되었으나 이 논문도 터빈의 외부 막냉각이 아닌 내부유로 냉각과 동시에 일어나는 복합적 냉각에 대한 것이다. 이 연구⁽²³⁾에서는 90도 요철이 설치된 회전하는 유로에서 유출유동과 회전수에 따른 열/물질전달 특성을 고찰하였다.

5. 가스터빈 개발 및 성능평가

터빈 및 관련 응용시스템의 개발 및 성능평가에 관련된 연구는 2005년도에 다수 발표되었으며 주제의 다양성 측면에서도 주목할 만한 성과를 보였다. 이 분야의 연구는 최근 꾸준히 주목받고 있는 마이크로터빈과 이를 응용한 시스템 및 터빈 관련 성능시험/수치해석 등으로 분류할 수 있다.

먼저 마이크로터빈과 관련된 연구로 상용화된 마이크로터빈의 실제운전을 통해 성능해석에 필요한 엔진 내부 중요 파라미터들을 도출하고 부분부하 운전특성을 파악한 연구⁽²⁴⁾가 수행되었으며 선형연구를 기반으로 추가 계측된 시험자료를 분석하여 엔진입구온도, 압축기, 터빈, 열교환 효율 등 구성부의 성능특성을 파악하였다⁽²⁵⁾. 마이크로터빈은 대표적인 재생 사이클 가스터빈이며, 최근 재생 사이클 성능을 개선하려는 노력의 일환으로 이론적 시도들도 이루어지고 있다. 그 하나의 방안으로 터빈 팽창과정을 들로 나눈 수정된 재생 사이클에 대한 연구⁽²⁶⁾가 수행되었으며 이 연구에서는 수정된 재생 사이클의 설계 및 부분부하 성능을 분석하고 다양한 관점에서 장단점을 요약하였다.

마이크로터빈을 응용한 시스템과 관련하여 마이크로터빈과 유기매체 랭킨 사이클을 결합한 복합시스템의 설계성능해석에 관한 연구⁽²⁷⁾와 마이크로터빈/연료전지 하이브리드 시스템의 성능해석에 관한 연구가 수행되었다. 전자의 경우 대형 가스터빈에 비해 크기의 제한을 받게 되는 마이크로터빈의 출력과 효율을 향상시키는 방법으로 마이크로터빈의 배기열 및 유기매체를 사용하는 랭킨 사이클과의 복합 시스템 구성을 제안하고 이에 대한 성능해석을 수행하였다. 마이크로터빈/연료전지 하이브리드 시스템과 관련하여서는 셀 입구 예열방법에 따른 성능특성 해석⁽²⁸⁾, 시스템 구성방법에 따른 성능비교 분석⁽²⁹⁾, 탈설계 성능해석⁽³⁰⁾에 관한 연구들이 수행되었다. 위의 시스템 해석을 위해 HYSYS 환경에서 개발된 성능해석 프로그램이 사용되었다.

터빈의 시험평가 및 수치해석과 관련해서는 총 5편의 논문이 발표되었다. 터보펌프에 장착되는 초음속 충동형 터빈의 시험을 통해 부분분사형 터빈의 성능특성을 확인하고 설계값의 검증을 수행한 연구⁽³¹⁾와 부분분사 축류형 소형터빈의 성능시험에 관한 연구⁽³²⁾가 수행되었다. 위의 두 연구 모두 부분분사형 터빈에 관한 시험적 연구로서 이 분야의 시험방법 및 설계 데이터베이스 확보에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

수치해석과 관련되어 2개의 논문이 발표되었는데 동익과 정익간 익력의 상대적 위치를 조정하여 효율을 높이는 Clocking 기법에 대한 수치적 연구⁽³³⁾와 터보펌프 터빈의 유로형상변화에 따른 성능변화를 수치적으로 예측한 연구⁽³⁴⁾이다. 전자의 경우 효과적 계산을 위해 병렬프로그래밍 기법을 이용하였으며 URTC 1.5단 저속 터빈에서 약 1%의 효율증대 효과를 확인

할 수 있었다. 후자의 경우는 노즐과 로터 그리고 후방 유도익이 변화된 터빈에 대하여 3차원 유동해석을 수행하고 각각의 요소 개수 및 상대위치 변화에 따른 터빈 내부의 유로변화가 터빈 성능에 미치는 영향을 고찰하였다.

한편, 터보기계의 성능을 정밀하게 예측하기 위해서는 로터 후류에서의 정밀한 유동측정은 필수적이며 강정식 등⁽³⁵⁾은 정밀한 유동측정을 위한 비정상 전압력 프로브를 개발하여 1단 축류터빈의 로터 후류에서의 전압력을 성공적으로 측정하였다.

6. 스팀터빈 및 복합발전

스팀터빈 및 복합발전에 관련된 논문은 총 5편으로 전 년도에 비해 적은 편수가 발표되었다. 전 년도에는 시스템 성능해석, 스팀 터빈 익을 포함한 구성부의 시험, 성능해석 및 설계에 관련된 연구 등이 다양하게 수행되었으나 2005년도에는 실제 플랜트에서 적용되고 있는 시스템 감시, 실시간 성능예측 등을 중심으로 한 연구가 주를 이루었다.

김성근 등⁽³⁶⁾은 온라인 데이터 취득시스템과 직접 연결된 성능 분석 시스템을 개발 실제 시스템에 적용하였으며, 주용진⁽³⁷⁾ 등은 실시간으로 운전 데이터를 취득하여 발전소의 운전성능평가, 설비의 이상유무 상태를 온라인으로 상시 감시하는 시스템을 분당 열병합 복합화력 발전소에 적용하여 연료소비를 줄이고 발전소 유지보수 경비를 절감하는데 기여하였다.

한편 시스템 해석과 관련하여 화력발전소 급수가열기 열성능 모델링 및 튜닝방법⁽³⁸⁾, 전력 플랜트 열성능 효율의 예측 모델⁽³⁹⁾, 플랜트 측정 데이터 불확실도 결정에 관한 연구⁽⁴⁰⁾ 등이 수행되었다.

7. 결론

2005년 가스/스팀터빈 분야의 연구는 양적으로 전년에 비해 비교적 적은 수의 논문이 발표되었으나 연구의 다양성 측면에서는 성과가 있었다고 평가된다. 이러한 현상이 위의 연구 분야 중 어느 한 곳에 편중되어 있지 않다는 것은 가스/스팀터빈 관련 연구가 바람직한 방향으로 진행되고 있음을 나타낸다.

유동장 및 열전달 해석에 관한 연구는 예년과 비슷한 경향을 보였고, 전체적으로는 실험 및 해석이 실제 상황을 모사하는 환경에서 수행되는 경향을 볼 수 있

었다. 가스터빈 엔진에 관련된 연구는 주로 개발 쪽 보다는 운전 및 성능평가에 관한 연구들이 수행되었으나, 향후 본격적으로 진행될 소형 열병합 발전용 가스터빈 사업 및 한국형 헬기 개발사업 등을 고려할 때 엔진개발 관련 연구가 활발히 진행될 것으로 기대된다. 스팀터빈에 관한 연구도 매년 조금씩 증가하고 있으나 주로 현장 중심의 연구가 이뤄지고 있어 연구계나 학계의 보다 적극적인 연구활동이 요구된다.

전 년도에 비해 논문 편수가 다소 감소하였기 때문에 2006년에는 보다 활발한 연구개발 활동이 있기를 기대해 본다.

참고문헌

유동장 해석

- (1) 장성일, 이상우, 2005, "입사각이 터빈 동익의 후류 난류유동에 미치는 영향," 대한기계학회논문집 B권, Vol. 29, No. 8, pp. 887~894.
- (2) 이현구, 하만영, 윤현식, 홍승도, 2005 "자기장이 인가된 층돌체트의 유동 특성에 관한 수치적 연구," 대한기계학회논문집 B권, Vol. 29, No. 5, pp. 537~544.

열전달 해석

- (3) 박진재, 이상우, 2005, "입사각이 터빈 동익 끝벽 열전달에 미치는 영향," 대한기계학회논문집 B권, Vol. 29, No. 6, pp. 696~702.
- (4) 문현석, 이상우, 2005, "딴간극이 고선화각 터빈 동익 평면딴 표면에서의 열전달에 미치는 영향," 유체기계연구개발발표회논문집, pp. 173~177.
- (5) 이동호, 조형희, 2005, "베인과 블레이드의 상대위치 변화가 고정익 끝단면 및 슈라우드에서의 열/물질전달 특성에 미치는 영향," 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, 05S400.
- (6) 이동호, 조형희, 2005, "환형 캐스케이드 내 고정된 터빈 블레이드 및 슈라우드에서의 열/물질전달 특성 (I)," 대한기계학회논문집 B권, Vol. 29, No. 4, pp. 485~494.
- (7) 이동호, 조형희, 2005, "환형 캐스케이드 내 고정된 터빈 블레이드 및 슈라우드에서의 열/물질전달 특성 (II)," 대한기계학회논문집 B권, Vol. 29, No. 4, pp. 495~503.

- (8) 이동호, 조형희, 2005, “배인과 블레이드 사이의 상대위치 변화에 따른 터빈 블레이드 표면에서의 열/물질전달 특성,” 유체기계저널, 제8권, 제4호, pp. 27~38.
- (9) 이상우, 권현구, 채병주, 2005, “고난류강도 입구유동 조건에서 팁 근처 터빈 동익 표면에서의 열전달계수 측정,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, 05S448.

내부관 냉각

- (10) 김경민, 김상인, 이동호, 조형희, 2005, “단락 요철이 설치된 내부 냉각유로에서 회전에 따른 열/물질전달 특성 연구,” 대학기계학회논문집B, Vol. 29, No. 5, pp. 590~598.
- (11) 이동현, 김경민, 이동호, 조형희, 2005, “터빈 기익 선단부에 설치된 냉각유로에서의 요철배열에 따른 열전달 특성,” 2005 유체기계연구개발발표회논문집, pp. 459~466.
- (12) 권현구, 황상동, 조형희, 2005, “딴플/돌출이 설치된 사각채널에서의 열전달 및 압력강하 특성에 관한 실험적 연구,” 대한기계학회 추계학술대회 논문집, 05F063.
- (13) 배성택, 안수환, 김명호, 이대희, 강호근, 2005, “거친 사각채널에서 가열 벽면의 수가 열전달에 미치는 효과,” 설비공학논문집, Vol. 17, No. 6, pp. 514~520.
- (14) 전윤희, 김상인, 김경민, 이동현, 조형희, 2005, “회전 사각유로에서 냉각유체의 유출량이 열전달에 미치는 효과,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, 05S397.
- (15) 김상인, 김경민, 이동현, 전윤희, 조형희, 2005, “회전하는 사각덕트 유로에서 벽면 유출홀에 따른 열전달 특성변화 (I),” 설비공학논문집, Vol. 17, No. 10, pp. 898~906.
- (16) 김상인, 김경민, 이동현, 전윤희, 조형희, 2005, “회전하는 사각덕트 유로에서 벽면 유출홀에 따른 열전달 특성변화 (II),” 설비공학논문집, Vol. 17, No. 10, pp. 898~906.
- (17) Ping Li, Kwang-Yong Kim, 2005, “Design Optimization of Pin-Fin Shape to Enhance Heat Transfer,” 유체기계연구개발발표회논문집, pp. 185~190.
- (18) 이영모, 김광용, 2005, “V-형 사각리브에 의

한 난류 열전달 해석,” 유체기계연구개발발표회 논문집, pp. 169~172.

- (19) 송정철, 안준, 이준식, 2005, “요철이 설치된 채널에서의 복합열전달 해석,” 대한기계학회 추계학술대회 논문집, 05F037.

충돌제트 냉각

- (20) 이현구, 하만영, 윤현식, 홍승도, 2005, “자극장이 인가된 충돌제트의 열전달 특성에 대한 수치적 연구,” 대학기계학회논문집 B권, Vol. 29, No. 6, pp. 653~661.
- (21) 홍성국, 이동호, 조형희, 2005, “초기 횡방향 유동이 존재하는 충돌제트/유출냉각에서 원형핀이 설치된 유출면에서의 열/물질전달 특성,” 대학기계학회논문집 B권, Vol. 29, No. 7, pp. 828~836.
- (22) 홍성국, 이동호, 조형희, 2005, “가스터빈 연소실 냉각을 위한 충돌제트/유출냉각기법에서 사각핀 설치에 따른 열/물질전달 특성,” 유체기계저널, 제8권, 제4호, pp. 39~47.

막냉각

- (23) 박석환, 전윤희, 김경민, 이동현, 조형희, 2005, “90도 요철이 설치된 회전덕트에서 유출홀이 열/물질전달에 미치는 영향,” 유체기계연구개발발표회논문집, pp. 178~184.

가스터빈 개발 및 성능평가

- (24) 이종준, 김동섭, 2005, “마이크로 가스터빈 발전시스템의 운전성능 분석,” 유체기계저널, 제8권, 제5호, pp. 13~21.
- (25) 이종준, 윤재은, 김동섭, 2005, “상용 마이크로 가스터빈의 구성부 성능분석,” 2005 유체기계연구개발발표회논문집, pp. 331~337.
- (26) 황성훈, 김동섭, 2005, “수정된 재생사이클 가스터빈의 설계 및 부분부하 성능해석,” 2005 유체기계연구개발발표회논문집, pp. 467~472.
- (27) 이준희, 김동섭, 2005, “마이크로 가스터빈과 유기매체 랭킨사이클을 결합한 복합시스템의 설계 성능해석,” 설비공학논문집, Vol. 17, No. 6, pp. 536~543.
- (28) 양원준, 김동섭, 김재환, 2004, “셀 입구 예열 방법에 따른 가압형 고체산화물 연료전지/가스

- 터빈 하이브리드 시스템의 성능 비교 해석,” 대한기계학회논문집 B권, Vol. 29, No. 6, pp. 722 ~729.
- (29) 이준희, 양원준, 박성구, 김동섭, 김재환, 2005, “상압 및 가압형 SOFC/GT 하이브리드 시스템의 설계 성능 비교해석,” 대한기계학회 춘계 학술대회 논문집, 05S341.
- (30) 오경석, 김동섭, 김재환, 2005, “가스터빈의 출력비중이 높은 60kW급 가압형 고체산화물 연료전지/가스터빈 하이브리드 시스템 탈설계 해석,” 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp. 1287~1292.
- (31) 정은환, 김진한, 2005, “초음속 충동형 터빈에 대한 시험적 고찰,” 유체기계저널, 제8권, 제6호, pp. 26~32.
- (32) 강정식, 차봉준, 양수석, 이대성, 2005, “1단 축류터빈 로터의 후류에서 비정상 전압력 측정에 관한 연구,” 유체기계연구개발발표회논문집, pp. 318~323.
- (33) 조종현, 조수용, 최상규, 2005, “부분분사 축류형 마이크로터빈에서의 성능예측 및 성능특성에 관한 연구,” 2005 유체기계연구개발발표회 논문집, pp. 324~330.
- (34) 박종일, 최민석, 백제현, 2005, “1.5단 축류 터빈에서의 Clocking 효과에 관한 수치적 연구,” 2005 유체기계연구개발발표회논문집, pp. 473~480.
- (35) 박편구, 정은환, 김진한, 2005, “유로형상변화에 따른 터빈성능 변화의 수치적 해석,” 2005 유체기계연구개발발표회논문집, pp. 481~487.

스팀터빈 및 복합발전

- (36) 김성근, 최기상, 최광희, 지문학, 홍승열, 2005, “온라인 웹기반 원전 터빈 사이클 열성능 분석 시스템,” 대학기계학회논문집 B권, Vol. 29, No. 3, pp. 409~416.
- (37) 주용진, 김시문, 장석원, 2005, “열병합 복합 화력 온라인 성능감시 시스템 개발,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, 05S546.
- (38) 장석원, 임상규, 정훈, 주용진, 이상현, 2005, “화력발전소 급수가열기 열성능 모델링 및 튜닝방법,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, 05S547.
- (39) 최기상, 김성근, 2005, “전력 플랜트 열성능 효율의 예측 모델에 관한 연구,” 대한기계학회 추계학술대회 논문집, 05F214.
- (40) 최기상, 김성근, 2005, “정성 숫자에 의한 플랜트 측정 데이터 불확실도 결정에 관한 연구,” 대한기계학회 추계학술대회 논문집, 05F215.