

가스·스팀터빈 분야 연구동향

정진택*

1. 서론

2002년도의 가스/스팀 터빈 분야의 주요 연구동향을 각 학회의 논문집 및 학술대회에 발표된 논문을 중심으로 소개한다. 생활 수준이 향상되면서 전력 수요는 계속 증가하고 있고 따라서 원자력 발전과 함께 기존의 화력발전 또는 복합발전도 그 중요성을 지속적으로 유지하고 있기 때문에 가스 및 스팀 터빈에 관련된 산업의 발달과 지속적인 연구개발은 필수적이라 할 수 있다. 특히 최근에는 IT 산업의 발달로 양질의 전력을 안정적으로 공급해야 하는 필요성에 따라 기존의 중앙 집중형 발전에서 분산형 발전으로의 변화가 눈에 띈다. 이러한 분산형 발전에 사용되는 마이크로 터빈의 경우에는 기존의 증대형 가스 터빈에 비해 비교적 작은 규모의 연구개발비를 필요로 하며 또한 단기간에 그 성과를 볼 수 있기 때문에 세계 시장에서 우리나라도 경쟁력이 있는 것으로 평가되고 있다. 이러한 여건의 변화가, 비록 수요에 비해서는 산업 규모나 연구개발 수준이 선진국에 미치지 못하는 현실 속에서도, 기술 및 제품 수입의 해외 의존도를 줄이고, 향후 항공기용 엔진, 마이크로 가스터빈 등 국내 수요의 증가에 대비하기 위해서는 이 분야의 기술개발 및 연구가 지속적으로 이루어져야 한다는 정당성을 뒷받침하고 있다. 본 연감에서는 가스 터빈 및 증기 터빈에 관련된 기초 및 응용 연구를 주로 검토하였으며, 시스템의 성능 해석, 시험 그리고 개발에 관련된 내용도 포함하였다. 그리고 금년에는 새롭게 부각되고 있는 분산발전과 이에 필요한 마이크로 가스 터빈에 관련된 연구를 별도의 분야로 구분하였다. 여기 고려된 참고 문헌은 작년과 마찬가지로 논문집에 게재된 것과 각종 학술대회에 발표된 내용을 구분하여 고찰하였다. 예측한 바와 같이, 2001년에 학술대회 등에서 발표된 내용이 보

완되어 2002년도 논문집에 게재된 것을 다수 발견할 수 있었다. 그리고 학술대회에 발표된 연구들은 비록 자세한 연구 방법 및 고찰을 획득하기에는 부족할지 모르지만 가장 최근의 국내 연구 동향을 파악하는데 도움이 될 것이다.

가능한 가스/스팀 터빈에 관련된 모든 논문을 수집 정리하도록 노력하였으나, 간혹 매우 중요한 연구 결과가 누락되었을 가능성을 배제할 수는 없을 것이다. 특히 가스터빈 시스템을 구성하는 부품 중에서 압축기와 팬은 다른 분야에서 다루어졌지만, 연소기 또는 연소현상에 대한 연구는 여기서도 다루어지지 못하였다. 또한 진동, 구조 해석 등 터빈 시스템의 개발에 매우 중요한 내용도 이 연감에는 포함되지 않았으며 주로 열 및 유체공학적인 부분과 전체 시스템에 관한 내용만 포함되어, 본 연감에 소개된 것이 가스/스팀 터빈에 관련된 연구를 완벽하게 다루지 못할 수도 있음을 미리 밝혀 둔다.

이번 연감에서는 주로 가스터빈에 대해서는 유동장 해석, 열전달 해석, 그리고 3가지 냉각 방법(막냉각, 충돌제트, 내부관 냉각)으로 분류하였고, 스팀 터빈 및 복합 화력 발전에 관련된 내용을 별도로 분류하였다. 그리고 엔진의 개발 및 성능 해석은 비록 수는 적기는 하지만 전체적인 시스템에 대한 연구 동향을 파악할 수 있도록 역시 별도로 분리하여 정리하였으며, 위에서도 언급한 것처럼 최근 국내외적으로 개발에 노력을 경주하고 있는 마이크로 가스터빈과 분산발전도 별도로 다루었다.

2. 유동장 해석

그동안 국내에서도 3차원 유동에 대한 전산해석 및 실험이 많이 수행되어왔기 때문에 2001년에는 2편의 논문만이 발표되었으나 금년에는 모두 10편이 발표되어 양적으로 큰 증가를 보였다. 이 분야에 발표된 연구는 크게 터빈 통로를 단순화한 곡관 내의 난류 유동

* 고려대학교 기계공학과
E-mail : jchung@korea.ac.kr

에 관한 연구, 터빈내의 손실 분포 및 그 저감에 관한 연구, 그리고 정익과 동익의 상호작용에 의한 비정상 유동에 대한 연구로 나눌 수 있다. 먼저 유로를 단순화하여 고찰한 기초연구로는 곡률과 유로단면적의 변화가 중첩된 경우의 난류유동특성을 파악한 단면의 폭이 감소하는 180°곡덕트 내 난류유동에 관한 수치해석적 연구⁽¹⁾가 있다. 또한 손실 저감에 관한 연구는 2차원 압축성 유동 코드를 이용하여 최적화 과정을 거쳐 공력손실을 감소시키는 익형을 설계할 수 있는 새로운 방법을 제시한 연구⁽²⁾와 블레이드 앞전 형상을 3차원적으로 변형시킴으로서 경계층 펜스가 설치된 터빈 캐스케이드 내의 2차 유동을 제어할 수 있음을 보인 수치해석적 연구⁽³⁾가 발표되었으며, 상용코드인 CFX TascFlow를 이용하여 터빈 제1단 동익 날개에 대한 수치해석을 수행하여 터빈 로터의 익단 간극을 통한 누설 유동이 내부 유동장에 미치는 영향을 고찰한 연구⁽⁴⁾도 발표되었다. 한편 대부분의 터빈 연구는 고정된 선형 또는 환형 캐스케이드에서 이루어 졌으나 실제로 회전하는 3차원 축류형 터빈에서 입사각과 터빈의 성능을 고찰한 새로운 연구⁽⁵⁾가 발표되었다. 이 밖에는 2001년과 마찬가지로 정익과 동익의 상호작용에 관한 연구가 발표되었는데 주기적인 상류 후류가 익의 부압면 경계층과 익 손실에 미치는 영향을 고찰한 실험적 연구⁽⁶⁾, 상류에서 발생하는 2차원 후류의 유입 방향과 주파수가 변화되었을 때 하류에 위치한 익형 위에 발달하는 비정상 경계층의 천이 거동을 실험적으로 고찰한 연구⁽⁷⁾, 그리고 정익과 동익의 상호작용에 의한 비정상 점성유동을 수치적으로 해석하여 익렬의 공력 형상을 최적 설계하는 방법을 제시한 연구⁽⁸⁾가 그것이다.

한편 학술대회에 발표된 내용으로는, 터빈 통로내에 장착된 경계층 펜스가 3차원 난류유동 및 벽면 열전달에 미치는 영향과, 끝벽의 형상을 변화(contouring)시킴으로서 터빈내 2차 손실 및 총 손실을 저감시킬 수 있음을 각각 수치적으로 고찰한 연구^{(9),(10)}가 있다. 가스터빈의 실제 운전상황에 대한 실험 및 해석에는 어려움이 있지만, 곡관, 캐스케이드를 이용한 실험적 연구와 수치해석 연구가 비슷한 규모로 발표되고 있다.

3. 열전달 해석

2001년에 비해서 터빈 내부에서의 열전달에 관련된 연구발표가 크게 감소된 경향을 보이고 있다. 모두 2편의 논문이 발표되었는데 나프탈렌승화법을 이용하여

회전각이 큰 발전용 터빈 제1단 동익에 대하여 끝벽 근처 3차원 유동영역을 포함하는 전체 블레이드 표면에서의 열(물질)전달 현상을 고찰한 연구⁽¹¹⁾와 가스 터빈 1단 동익에 대해 상용 코드인 Fluent와 ANSYS를 이용하여 열용력 해석을 하고 블레이드 재료에 대한 열피로 시험을 수행하여 열피로 수명예측 기법을 개발한 연구⁽¹²⁾가 논문집과 학술대회에 각각 발표되었다. 터빈 내부의 열전달 현상은 전산해석으로는 정확한 해석이 어렵기 때문에 주로 나프탈렌 또는 액정을 이용한 실험적 연구가 주종을 이루고 있는데 2002년에는 이 분야의 연구가 전년도에 비해 많이 감소하였음을 알 수 있다.

4. 내부관 냉각

가스터빈의 성능을 향상시키기 위한 냉각기법에 관한 연구는 2001년과 비슷한 편수의 논문이 발표되었는데 그 중 일부는 2001년에 학술대회에 소개된 내용이 보완되어 논문집에 게재된 경우이다. 먼저 내부관 냉각의 경우에는 터빈 블레이드 내부의 냉각 유로로 사용되는 U자형 곡관이 회전할 때, 그 내부에서의 층류 및 난류 유동의 발달특성을 수치적으로 규명한 연구^{(13),(14)}가 발표되었다. 먼저 층류 유동에 관한 연구⁽¹³⁾에서 유동특성을 잘 나타내는 무차원 변수를 구한 후, 이를 이용하여 곡관의 회전 방향 및 회전 각속도의 크기가 U자형 곡관 내 난류 유동의 발달에 미치는 영향을 고찰⁽¹⁴⁾하였다. 그리고 2001년 학술대회에 발표된 바 있는, 냉각 유로상에 설치된 요철의 형상 및 단락 위치가 열/물질 전달에 미치는 영향을 고찰한 것^{(15)~(17)} 등이 논문집에 게재되었다. 이들은 블레이드 냉각 유로 내에서 국소적인 열전달 현상을 고찰하기 위하여 썬기형 요철을 설치한 경우⁽¹⁵⁾와 좁은 틈새를 가지는 단락 요철을 이용하여 덕트 벽면 열전달의 균일성을 향상시키기 위한 실험⁽¹⁶⁾, 그리고 냉각 유로를 모사하는 곡관을 회전시킴으로서 요철, 유로 형상, 회전 등의 여러 가지 인자들을 동시에 고려하여 회전하는 이차류로 내부에서의 국소 열전달 특성을 고찰한 것⁽¹⁷⁾이다.

한편 학술대회에서는 기존 연구에서 더 나아가 회전하는 요철이 있는 곡관에서 실제 가스터빈이 작동하는 환경에 상응하는 다양한 회전수에 대한 열전달 특성을 고찰한 내용⁽¹⁸⁾이 발표되었다. 이 분야도 다른 분야와 마찬가지로 고정된 단순한 형상에 대한 연구로부터 실제 상황에 근접한 형상 및 상황에 대한 연구로 점차 발전되어 가고 있음을 알 수 있다.

5. 충돌제트 냉각

충돌제트는 전자부품의 냉각 및 박막액정표시장치의 제조 등 그 응용분야가 다양하지만 2002년에는 가스터빈의 냉각에 관련된 충돌제트에 대한 연구는 상대적으로 줄어들었다. 나프탈렌 승화법을 이용한 분사관의 홀 배열이 충돌판의 국부적인 열전달에 미치는 영향에 대한 연구⁽¹⁹⁾와 액정과 칼라화상처리장치를 이용하여 맥동이 존재하는 축대칭 충돌제트에 의한 충돌면에서의 열전달 특성을 분석하고 공학적으로 유용한 상관관계식을 도출한 연구⁽²⁰⁾, 그리고 유선 상류도식과 k-w 모델을 사용한 SIMPLE 알고리즘 유한요소 프로그램을 개발하여 2차원 제한 벽을 가진 슬롯 충돌제트의 유동장과 열전달 특성을 예측한 연구⁽²¹⁾가 논문집에 게재되었다.

6. 막냉각

국내외적으로 지속적인 연구가 진행되어온 막냉각 분야는 2002년에도 모두 9편의 논문이 발표되었다. 평면에서 복잡각을 갖는 1열의 막냉각 유동에 대하여 3차원 유동, 열전달 및 냉각 효율 등을 고찰한 연구⁽²²⁾가 발표되었고, 실제 터빈 블레이드와 같은 곡면에서의 연구는, Schlieren 광학 시스템과 5공 프로브를 이용하여 흡입면 곡률이 막냉각에 미치는 영향을 고찰한 연구⁽²³⁾와 냉각류 유동의 횡방향 확산각을 변화시키면서 액정을 이용하여 막냉각 효율을 측정된 실험적 연구⁽²⁴⁾가 있다. 한편 전통적인 원형 홀과 달리 사각 막냉각 홀에 관한 연구로는 슬롯 형상과 유사한 직사각형 형상에 대하여 분사율을 변화시켜가며 막냉각 성능과 열전달 계수를 측정된 것⁽²⁵⁾과 막냉각홀 내부에서의 열전달 및 유동 특성에 관한 연구^{(26),(27)}가 발표되었다.

학술대회에서도 유사한 내용의 연구들이 발표되었는데, 1열 또는 2, 3열의 사각홀 배열에서의 온도장 및 막냉각 특성을 관찰한 연구^{(28),(29)}와 블레이드 선단을 모사한 원형봉 모델에서 분사비와 분사홀 형상 변화가 블레이드 선단의 막냉각 특성에 미치는 영향을 고찰한 연구⁽³⁰⁾가 발표되었다.

7. 성능 해석 및 평가와 엔진 개발

2002년도에 이 분야에서는 특히 항공기엔진의 성능 해석 및 개발에 관한 연구가 주종을 이루었다. 가스

터빈 시스템의 성능 해석에 관한 연구는 우리나라 최초의 고등 훈련기인 KT-1의 터보프롭 엔진의 정상상태 및 비정상상태 성능을 시뮬레이션하는 프로그램의 개발에 관한 연구⁽³¹⁾와 다목적 쌍발 헬리콥터용 터보축 엔진의 성능해석 및 기본설계에 관한 연구⁽³²⁾가 있다. 후자의 경우는 특히 헬리콥터가 2,000m 이하의 저고도에서 운전되는 것을 감안하여 대기의 상대습도와 온도의 변화에 의한 영향을 반영할 수 있도록 기존의 성능해석 프로그램을 개선하였다. 반대로 일반 항공기는 대부분 높은 고도에서 작동되기 때문에 온도와 압력 및 밀도가 매우 낮은 고공 환경에서의 성능을 시험할 수 있는 장비(Altitude Engine Test Facility: AETF)가 필수적이다. 이러한 AETF에서 주요 성능인자인 공기유량 및 순추력에 대해 측정불확도를 개선하여 시험설비, 시험 방법 및 데이터 처리 방법을 개선하는 연구⁽³³⁾가 논문집에 게재되었다. 한편 액체로켓엔진의 국산화에 발맞추어, 액체로켓에서 저압으로 저장된 액체연료를 가압하여 공급하는데 사용되는 터보펌프의 터빈 시스템의 공력설계에 관한 연구⁽³⁴⁾가 발표되었다. 여기서는 로켓엔진시스템 설계의 결과로 주어지는 압력비, 회전속도, 일량, 입구온도 및 압력 등의 요구조건 하에 이를 만족시키는 터빈시스템에 대한 설계가 수행되었다. 한편 발전용 가스터빈에 대해서는 변동부하를 담당하는데 주로 사용되는 가스터빈의 부분부하시의 운전 및 성능 특성을 파악하기 위하여 단순사이클 가스 터빈을 대상으로 설계 성능과 부분부하 성능과의 상관관계를 분석한 연구⁽³⁵⁾도 발표되었다.

학술대회에서는 원자력 발전에 사용되는 대형 증기터빈에 대하여 빈번한 고진동으로 인한 터빈 정지를 예방하고, 제어가 불가능한 터빈의 정지시 임계속도에서의 고진동 최대폭을 저감하여 대형 사고를 미연에 예방하기 위한 터빈의 저부하시 운전대책에 관한 연구⁽³⁶⁾와, 배기 열을 이용하는 복합발전 시스템과 재생가스터빈에 대하여, 연료제어, 공기유량 제어 등 출력제어 방식에 따른 부분부하 성능을 비교 분석한 연구⁽³⁷⁾가 소개되었다.

8. 스팀 터빈 및 복합 화력 발전

복합발전 플랜트의 하부시스템인 스팀 터빈에 관련된 연구로는 하부시스템 설계시 필요한 다양한 열 성능해석에 활용 가능한 계산과정을 구성하고, 이를 이

용하여 주요 설계 파라미터들이 열성능에 미치는 영향을 분석한 증기터빈 시스템의 열설계 해석에 관한 연구⁽³⁸⁾와 초고압 관류형 증기발생기를 사용한 복합발전용 초임계압 하부시스템에 대한 성능설계 해석을 수행하여 기존의 3중압 시스템과 비교함으로써 그 타당성을 제시한 연구⁽³⁹⁾가 발표되었다.

학술대회에서는 아임계압 드림형 화력발전소에 대한 성능시험을 통하여 최고효율점을 선정하여 저비용 고효율 운전을 위한 성능자료를 제공하기 위한 연구⁽⁴⁰⁾가 발표되었으며, 복합발전 및 열병합 발전에 관한 연구로는, 가압유동층 복합화력 발전(PFBC) 기술의 국내 도입에 대비하여 기술에 대한 이해를 높이고 실질적인 평가를 수행할 수 있는 PFBC 성능평가 시뮬레이션을 개발하는 성능해석⁽⁴¹⁾, 증기터빈 열병합발전 시스템에서, 생성된 증기를 필요로 하는 공정에 공급하기 위하여 감압할 때, 폐열회수 보일러에서 생기는 증기를 감압밸브 대신 증기터빈을 이용하여 감압시킴으로서 발전시킬 수 있는 공정 증기압차를 이용한 열병합발전 시스템⁽⁴²⁾, 실시간으로 운전데이터를 취득하여 발전소의 운전성능을 평가하고 설비의 이상유무를 온라인으로 상시 감시하여 최적의 운전상태를 유지할 수 있는 시스템을 복합발전에 적용한 사례⁽⁴³⁾에 관한 발표가 있었다.

9. 분산 발전 및 마이크로 가스터빈

기존의 대규모 중앙집중적 발전형태는 효율적 시스템 관리라는 장점이 있으나, 이와 같은 대규모 설비는 투자비 규모 및 건설기간 등을 고려할 때 폭발적으로 증가하는 전력 수요를 정확히 예측하고 대처하기 어렵고, 원거리 송전 등으로 인한 손실이 크며, 순간적 부하 변화에 대처하는 능력이 낮아서 균일한 전압의 우수 전력을 공급하지 못하는 단점도 가지고 있다. 따라서 지식기반 산업, 정보기술 등 새로운 산업구조의 변화에 의해 새롭게 등장하는 것이 분산발전이고 여기에는 주로 중소형 가스 터빈이 사용되고 있다. 이러한 관심을 대변하듯 각 학회에서 분산 발전용 마이크로 가스터빈에 대한 특별 세션을 개최하였기 때문에 2002년에는 특히 이 분야의 개발 동향이 많이 발표되었다. 55kW 급 분산 열병합 발전용 마이크로 가스터빈의 개발^{(44),(45)}, 성능 실험 기술을 확보하기 위한 연구가 진행중인 50kW 급 터보제너레이터 가스터빈^{(46),(47)}, 시작품의 제작 및 자력 운전 시험까지 마친 75kW 급 마이크로

터빈의 시제개발⁽⁴⁸⁾ 등에 관한 발표가 있었다. 또한 마이크로 파워 시스템 구축을 위하여 MEMS 기술을 이용하여 로터 직경 4.2mm의 마이크로 터빈 시스템을 제작하고 성능 평가한 실험⁽⁴⁹⁾도 소개되었다. 한편 분산발전을 위해서는 다양한 동력원이 사용될 수 있는데 그 대표적인 것이 마이크로 터빈과 연료전지이다. 따라서 이 두 가지 동력원을 결합하여 하이브리드 시스템을 구성하였을 경우 고효율의 환경친화적 발전시스템의 구현이 가능해진다. 따라서 이러한 가스터빈/연료전지 하이브리드 시스템의 개요, 사이클의 설계해석, 시스템의 성능해석에 관한 연구^{(50)~(52)}가 발표되었다. 현재 정부에서 지원하는 대규모 증기과체가 진행 중이기 때문에 앞으로 이 분야에 대한 많은 연구 결과가 발표되리라 기대된다.

10. 결론

위에서 살펴본 것처럼 2002년에 가스/스팀 분야에서도 다른 분야와 마찬가지로 다양한 내용의 연구가 진행되고 발표되었다. 2001년에 비해 약 7편의 논문이 증가되었으나 이 숫자는 분산발전 분야의 논문 수와 비슷하여 양적으로는 2001년과 비슷한 연구 성과가 발표된 것으로 보인다. 가스터빈의 경우에는 열전달 해석에 관한 연구가 줄어든 반면 유동장에 관한 수치해석 및 실험 연구가 늘어났으며, 냉각기법에 관한 연구는 전체적으로 비슷한 데 총돌제트에 대한 연구가 다소 감소하였다. 전체적으로 실험 장치 및 해석 방법이 점차적으로 실제 운전 조건에 가까운 상황에 대해서 결과를 얻으려는 노력이 보이고 있다. 그리고 고등 훈련기 개발을 계기로 가스터빈 엔진의 개발 및 시험에 관한 연구가 지속적으로 나오고 있다. 상대적으로 스팀터빈에 관한 연구는 여전히 수적으로 열세이지만 산업체를 중심으로 시스템의 성능 해석에 관한 연구가 활발히 진행되는 것으로 사료된다. 무엇보다도 2002년에는 분산 발전을 대비한 마이크로 가스터빈의 개발 동향과 연구가 한창 진행중인 연료전지와 결합한 하이브리드 발전 시스템에 관한 연구가 소개된 것이 큰 특징이라고 하겠다. 앞으로도 이러한 새로운 시장의 출현이, 발전을 비롯한 산업용 가스터빈은 물론이고 항공기용, 또는 열병합 발전을 위한 마이크로 가스터빈 등 관련된 산업 전반의 활성화를 가져오고, 궁극적으로 관련 연구의 지속적인 발전과 성과로 이어져 많은 연구결과가 발표되리라 기대한다.

참고문헌

유동장 해석

(1) 김원갑, 최영돈, 2002, “단면의 폭이 감소하는 180° 곡덕트 내 난류유동의 수치해석적 연구,” 설비공학논문집, Vol. 14, No. 12, pp. 1056~1062.

(2) Soo-Yong Cho, Eui-Soo Yoon and Bum-Seong Choi, 2002, “A Study on an Axial-Type 2-D Turbine Blade Shape for Reducing the Blade Profile Loss,” KSME Int. Journal, Vol. 16, No. 8, pp. 1154~1164.

(3) 김정래, 문영준, 정진택, 2002, “블레이드 앞전 3차원 형상 변형에 의한 터빈 캐스케이드내의 이차유동 제어,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 11, pp. 1552~1558.

(4) 강영석, 강신형, 조형희, 2002, “터빈 로터의 익단간극이 성능에 미치는 영향에 대한 수치해석적 연구,” 유체기계저널, Vol. 5, No. 2, pp. 7~14.

(5) 김동식, 조수용, 2002, “3차원 축류형 터빈에서 입사각의 영향에 관한 실험적 연구,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 9, pp. 1292~1301.

(6) 임인원, 조광래, 주원구, 2002, “주기적 상류 후류의 익 경계층과 손실에 미치는 영향에 대한 실험적 연구,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 2, pp. 219~226.

(7) 박태춘, 전우평, 강신형, 2002, “주기적 통과 후류의 방향과 주파수가 익형 위 비정상 천이경계층에 미치는 영향,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 5, pp. 685~694.

(8) 조장근, 박원규, 2002, “정익과 동익의 상호작용을 고려한 익렬의 공력 형상 최적 설계,” 유체기계저널, Vol. 5, No. 3, pp. 40~45.

(9) 이상일, 정진택, 2002, “경계층내 장애물이 터빈 캐스케이드 내 3차원 난류유동과 열전달 특성에 미치는 영향에 관한 전산해석,” 대한기계학회 춘계 학술대회 강연 및 논문집, pp. 2095~2100.

(10) 김대유, 정진택, 2002, “끝벽의 형상이 터빈 캐스케이드내 3차원 유동특성에 미치는 영향에 관한 전산해석,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 284~289.

열전달 해석

(11) 권현구, 이상우, 박병규, 2002, “큰 회전각을 가지

는 터빈 블레이드 표면에서 나프탈렌승화법을 이용한 열(물질)전달계수 측정,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 8, pp. 1077~1087.

(12) 현중섭, 김범신, 강명수, 하정수, 이영신, 2002, “가스터빈 블레이드의 열응력 해석 및 열피로 수명 예측,” 대한기계학회 추계학술대회 강연 및 논문집, pp. 137~142.

내부관 냉각

(13) 이공희, 백제현, 2002, “회전하는 정사각 단면 U자형 곡관 내부의 유동 발달에 관한 수치적 연구 (I),” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 1, pp. 159~169.

(14) 이공희, 백제현, 2002, “회전하는 정사각 단면 U자형 곡관 내부의 유동 발달에 관한 수치적 연구 (II),” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 6, pp. 850~858.

(15) 우성제, 이세영, 최청, 조형희, 2002, “정사각 덕트 내에서 열/물질전달 촉진을 위한 경사진 단락 요철의 좁은 틈새 효과,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 1, pp. 150~158.

(16) 최청, 이동호, 조형희, 2002, “쐐기형 요철이 설치된 사각덕트에서의 열/물질전달 및 압력강하 특성,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 11, pp. 1542~1551.

(17) 이세영, 이동호, 조형희, 2002, “회전하는 터빈 블레이드 내부 이차냉각유로에서 엇갈린요철과 평행요철이 열/물질전달에 미치는 영향,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 9, pp. 1249~1259.

(18) 김윤영, 김경민, 이동현, 이동호, 조형희, 2002, “요철이 설치된 덕트에서 회전수 변화에 따른 열전달 특성,” 대한기계학회 추계학술대회 강연 및 논문집, pp. 1592~1536.

충돌제트 냉각

(19) 최중현, 이동호, 조형희, 2002, “충돌제트/유출냉각 기법에서 분사관의 흘배열이 열전달에 미치는 영향,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 1, pp. 101~109.

(20) 이은현, 이준식, 이대희, 2002, “맥동충돌제트의 열전달 특성,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 7, pp. 903~910.

(21) 박태현, 최형권, 유정열, 김상준, 2002, “2차원 Confined

충돌 슬롯제트의 유선상류도식을 이용한 수치해석,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 12, pp. 1663~1673.

막냉각

- (22) Bumsoo Han, Dong Kee Sohn and Joon Sik Lee, 2002, “Flow and Heat Transfer Measurements of Film Injectant from a Row of Holes with Compound Angle Orientations,” KSME Int. Journal, Vol. 16, No. 9, pp. 1137~1146.
- (23) Sang Woo Lee, Joon Sik Lee and Keon Kuk, 2002, “Effect of Convex Wall Curvature on Three-Dimensional Behavior of Film Cooling Jet,” KSME Int. Journal, Vol. 16, No. 9, pp. 1121~1136.
- (24) 류원택, 김동진, 김대성, 김귀순, 윤순현, 2002, “터빈 블레이드 형상 곡면에서의 막냉각 효율 특성,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 3, pp. 384~393.
- (25) 이윤석, 이동호, 조형희, 2002, “사각홀에서 막냉각 효율 및 열전달계수의 측정,” 설비공학논문집, Vol. 14, No. 5, pp. 365~376.
- (26) 강승구, 이동호, 조형희, 2002, “정사각 막냉각홀 내부에서의 열/물질전달 및 유동 특성 (I),” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 7, pp. 927~936.
- (27) 이동호, 강승구, 조형희, 2002, “정사각 막냉각홀 내부에서의 열/물질전달 및 유동 특성 (II),” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 7, pp. 937~944.
- (28) 이윤석, 이동호, 조형희, 2002, “일렬의 사각홀에서 온도장 및 막냉각 효율 특성,” 대한기계학회 추계학술대회 강연 및 논문집, pp. 1209~1214.
- (29) 조형희, 이동호, 이윤석, 2002, “가스터빈 블레이드 냉각 성능향상을 위한 엇갈린 사각 형상의 홀 배열에서의 막냉각 특성,” 대한기계학회 추계학술대회 강연 및 논문집, pp. 2386~2393.
- (30) 김성민, 김윤제, 조형희, 2002, “냉각홀 형상 변화에 따른 원형봉 선단의 막냉각 특성 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 298~303.

성능 해석 및 평가와 엔진 개발

- (31) Changduk Kong, Jayoung Ki and Sukchoo Chung, 2002, “Performance Simulation of a Turboprop Engine for Basic Trainer,” KSME Int. Journal,

Vol. 16, No. 6, pp. 839~850.

- (32) 서정원, 윤건식, 2002, “다목적 쌍발 헬리콥터용 터보축 엔진의 성능해석 및 기본설계,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 1, pp. 55~65.
- (33) 이대성, 양인영, 전용민, 김춘택, 양수석, 2002, “가스터빈엔진 고공성능시험설비의 측정불확도 개선,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 11, pp. 1496~1502.
- (34) 이대성, 최창호, 김진한, 양수석, 2002, “액체로켓용 터빈시스템 설계,” 유체기계저널, Vol. 5, No. 4, pp. 11~18.
- (35) 김동섭, 2002, “가스터빈 설계 성능과 부분부하 성능 사이의 상관관계 분석,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 8, pp. 1164~1171.
- (36) 손태봉, 김상복, 손명호, 2002, “터빈 저부하 운전 안전대책,” 대한기계학회 추계학술대회 강연 및 논문집, pp. 2550~2557.
- (37) 김동섭, 2002, “배열 이용도를 고려한 가스터빈 발전시스템의 부분부하 성능 비교분석,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 290~297.

스팀 터빈 및 복합 발전

- (38) 이봉렬, 김동섭, 노승탁, 신희태, 전용준, 2002, “삼중압 열회수 증기발전기와 증기터빈 시스템의 열설계 해석,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 3, pp. 507~514.
- (39) 양진식, 김동섭, 노승탁, 2002, “관류형 증기발전기를 사용한 복합발전용 초임계압 하부시스템의 성능 설계해석,” 대한기계학회논문집B, Vol. 26, No. 10, pp. 1370~1377.
- (40) 서정세, 권영수, 변길성, 2002, “아임계압형 화력발전소의 성능시험을 통한 최고효율점 선정에 관한 연구,” 대한기계학회 추계학술대회 강연 및 논문집, pp. 2417~2422.
- (41) 주용진, 이윤경, 안달홍, 김종진, 2002, “가압유동층 복합발전 플랜트 성능해석,” 대한기계학회 추계학술대회 강연 및 논문집, pp. 2362~2367.
- (42) 권용호, 안호림, 송진규, 윤경진, 서현욱, 2002, “공정 증기압차를 이용한 증기터빈 열병합 발전시스템,” 대한설비학회 동계학술발표대회 논문집, pp. 670~675.
- (43) 김시문, 2002, “S-복합화력 온라인 성능감시용 성능해석모델 평가,” 대한기계학회 추계학술대회 강연 및 논문집, pp. 2564~2569.

분산 발전 및 마이크로 가스터빈

- (44) 김승우, 2002, “마이크로 터빈 열병합 발전시스템 개발,” 대한설비학회 동계학술발표대회 논문집, pp. 656~662.
- (45) 권기훈, 김승우, 이시우, 2002, “분산형 마이크로 터빈 열병합 발전시스템 개발,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 320~327.
- (46) 김수용, 박무룡, 최범석, 안국영, 최상규, 2002, “50kW급 터보제너레이터 가스터빈 개발,” 대한설비학회 동계학술발표대회 논문집, pp. 650~655.
- (47) 김수용, 박무룡, 최범석, 안국영, 최상규, 2002, “50kW 마이크로 가스터빈 개발,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 314~319.
- (48) 오종식, 이현석, 2002, “분산발전용 75kW급 마이크로터빈의 시제개발,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 307~313.
- (49) 전병선, 제갈승, 민홍석, 방정환, 김세준, 송성진, 주영창, 민경덕, 2002, “마이크로 터빈 개발 및 성능 평가,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 473~476.
- (50) 김재환, 양수석, 이대성, 2002, “분산발전용 가스터빈/연료전지 혼합형 고효율 발전 시스템,” 대한설비학회 동계학술발표대회 논문집, pp. 641~649.
- (51) 정영현, 김동섭, 2002, “가스터빈/고체산화물 연료전지 하이브리드 사이클의 설계해석,” 대한기계학회 춘계학술대회 강연 및 논문집, pp. 2167~2172.
- (52) 정영현, 김동섭, 2002, “가스터빈/용융탄산염 연료전지 하이브리드 시스템의 성능해석,” 대한기계학회 추계학술대회 강연 및 논문집, pp. 2394~2399.