

열공학 부문

부문위원장 : 김 상 수(한국과학기술원, 교수)

2000년도 열공학 관련 분야에서 수행된 연구 활동을 대류 및 물질전달, 복사열전달, 연소 공학, 환경 및 공해, 열 시스템 제어 및 계측, 공정 열공학, 열 물성, 열기기 및 열 교환기, 냉각 및 저온 공학으로 분류하여 아래와 같이 정리하였다.

대류 및 물질 전달

2000년도 대류 열/물질전달 분야 연구는 1999년도에 비해 그 수가 현저히 증가하였으며, 매우 다양하게 그리고 주로 실험적으로 이루어졌다. 편의상 이들 연구를 강제대류, 열/물질전달, 자연대류, 비등열전달, 그리고 기타분야로 나누어 살펴보고자 한다.

강제대류 열/물질전달 연구에서는 전년도와 같이 가스터빈 블레이드 냉각과 관련된 총돌 제트 냉각(impingement jet cooling)에 관한 연구가 많이 이루어졌다. 연구 내용면에서는 분사노즐과 총돌면과의 거리, 분사노즐간의 간격/배열방법 및 형상, 냉각표면의 상태 등과 같은 기본적인 형상에 관한 연구에 더 하여 음향여기를 통한 제트제어의 영향, 총돌

제트/유출냉각시 유출관 형상변화의 영향, 횡방향 유동의 영향 등이 다루어졌다. 또한 비등을 수반하는 수분류의 가열면 임계 열유속에 관한 연구나 $k-\epsilon-v^2$ 난류모델을 이용한 총돌제트의 유동 및 열전달 특성에 관한 수치해석 등이 있다. 총돌제트냉각 관련 실험에서 전열면의 온도분포나 국소열전달계수 등은 주로 이제 는 보편화된 액정기법이나 나프탈렌 승화법에 의한 열/물질 상사관계를 이용하여 관찰하였다. 나프탈렌 승화법을 이용한 또 다른 연구로서 사각덕트 내부 요철의 단락효과에 의한 열전달 향상 효과, 하드디스크 드라이브 내 동시회전 원판 사이 및 최상단 단일회전 디스크 표면에서의 유동 및 열/물질전달에 관한 연구 등을 들 수 있다.

가스터빈 블레이드 냉각관련 막냉각 연구로 슬롯 막냉각에서 분사율, 분사방법, 냉각 유로방식에 따른 유동 및 열전달 특성과 사워헤드 막냉각면에서의 온도장 및 막냉각 효율 측정에 관하여 이루어졌다.

그밖에 와동간의 상호작용

(vortex interaction)이 경계층 및 열전달에 미치는 영향, 후향계단 박리·재부착영역 내의 보다 정확한 열전달 특성 예측을 위한 저 레이놀즈수 비선형 열전달 모형의 개발, 엇갈림 관군 내의 원관 주위에 축적된 스케일이 관군의 열전달 특성에 미치는 영향, 적층 스크린으로 구성된 다공매질에 대한 압력강화 및 열전달 특성 등의 연구가 이루어졌다.

자연대류에 관한 연구로서 물리적 및 기하학적 조건 변화에 매우 민감하고 복잡한 유동 형태를 나타내는 밀폐용기 내의 자연대류 유동의 안정성, 천이 및 분기(bifurcation) 관련 연구가 모처럼 이루어졌다. 즉 수평환형 공간에서의 혼돈(chaos) 자연대류로의 시간에 따른 천이 경로에 관한 수치해석 연구와 비교적 넓은 수평환형 공간에서 프란틀수 $Pr=0.2, 0.3$ 인 유체의 자연대류 유동의 천이 현상과 이중해의 특성에 관한 수치해석 연구이다. 그 밖에 수직벽의 상부 일부가 개방되어 있고 수평바닥면에 열원이 존재하는 사각공간 내 자연대류 현상을 홀로그래피 간섭시스템을

이용한 연구, 인쇄회로 기판(PCB)상의 전도/대류 복합열전달의 예측을 위한 3차원 채널 밑면에 탑재된 모듈로부터의 혼합 대류 열전달에 관한 연구, 등은 수직벽의 자연대류 막응축에 관하여 표면장력효과를 제외한 모든 인자들을 고려한 응축 열전달 예측 상관식을 제시한 연구 등이 있다.

핵비등 관련 연구로는 시간적, 공간적 해상력이 뛰어난 미세히터를 이용하여 일정벽면 온도조건에서 이성분 혼합물(binary mixture)의 핵비등시 벽면 열유속의 거동에 관한 실험적 연구와 신행원자로 적용 관련 관직경이 풀 핵비등 열전달에 미치는 실험적 연구가 이루어졌다. 특별한 주제로 이루어진 기타분야 연구로는 마이크로 채널로 이루어진 히트싱크와 substrate 간의 경계면에 대한 적절한 열적경계조건을 구하기 위한 수치해석연구, 기존의 scaling 해석을 이용하여 구배 두께(gradient thickness)와 대류 열전달의 관계를 재조명한 해석적 연구, 루프형 세관 히트파이프의 열전달 특성에 관한 실험적 연구, 피복된 미립 상변화물질 슬러리를 이용한 관내 대류 열전달 향상에 관한 실험적 연구, 다공성 물질의 열전달 면적 확대효과 관련 유동 경계층이 다공성 물질로 채워진 채널 내 대류열전달에 미치는 영향에 관한 해석적 연구, 그리고 온도 의존적인 점도의 영향, 부력의 영향, 그리고 점탄성에 의한 이차유동을 모두 고려한 점탄성 유체의 열전달 현상에 관한 수치해석 연구 등이 있다.

[이진호, 연세대학교]

복사 열전달

복사열전달 분야의 연구는 참여매체에 의한 체적복사(volumetric radiation)에 관심이 집중되었으며, 비직교 격자계를 고려한 해석 기법의 응용, 비회색 가스복사에 대한 해석 방법, 연소가스에 의한 복사에너지의 분광(spectrum) 특성 연구, 및 복사 열전달의 해석에 의한 온도 역계산 기법 등이 주요 연구 내용이다. 반면에 표면복사(surface radiation)에 대한 연구결과로는 태양에너지 집광기(Solar Receiver)에 대한 연구가 발표되었다.

비직교 격자계를 고려한 해석 기법의 응용은 구분종좌표보간법(DOIM : Discrete Ordinates Interpolation Method)을 이용한 불규칙한 육면체 시스템 내부에서의 복사열전달 해석 및 원통형 시스템 내부에서의 복사열전달을 구분종좌표법(DOM : Discrete Ordinates Method)과 유한체적법(FVM : Finite Volume Method)으로 각각 해석한 결과들을 비교하는 연구 결과가 발표되었다. 비회색 가스복사의 해석 방법에 대한 연구로는 회체가스 가중합산모델(WSGGM : Weighted Sum of Gray Gases)을 적용하여 미분탄 연소 시스템을 해석하는 연구가 있었으며, 회체가스 가중합산모델에서 여러가지 다른 형태의 모델 함수를 이용하여 구한 가중치 및 흡수계수를 이용하여 비회색 가스복사열전달을 해석한 결과를 엄밀해와 비교하는 연구가 발표된 바 있다. 또한 연

소가스에 의한 복사에너지의 분광(spectrum) 특성을 이용하여 연료의 연소에 의하여 발생하는 연소가스의 성분 및 연소특성을 측정하는 연구로서 메탄 가스 및 프로판 가스의 부분 예혼합 연소를 연구한 논문이 발표되었다. 그리고 복사열전달 방정식을 이용하여 시스템의 경계에서 측정된 파장별 복사 강도 값을 입력자료로 하여 시스템 내부에 채워진 CO₂가스의 온도분포를 역으로 계산해 내는 온도 역계산 기법에 대한 연구 결과가 발표되었다.

한편 표면복사에 대한 연구결과로는 태양에너지 집광기를 대상으로 수행된 응용 연구가 있으며, 두 가지의 다른 형태를 갖는 집광기를 고려한 연구 결과를 발표하였다. [김태국, 중앙대학교]

연소공학

연소공학 분야의 연구는 이 분야의 특성상 연구주제, 내용과 방법에서 1999년까지 수행해온 연구의 연속선상에서 2000년도의 연구도 수행되었다. 2000년도에 보고된 연구는 크게 화염의 특성에 대한 기초연구와 응용연구로 나눌 수 있다. 연소분야 기초연구의 이론적인 연구로는 난류화염의 특성규명과 분무연소의 기초 문제인 연료 액적의 배열에 따른 점화 및 화염전파에 대한 연구가 주로 수행되었다. 난류연소에 대한 연구로는 기존 난류모델을 이용 또는 보완하여 난류연소 유동을 해석한 연구들과 LES 또는 DNS 방법에 의한 난류의 기본특성의 규명에 대한 연구가 보고되었다. 기초 연구의 실험적인 연구

로는 고온 난류의 복잡성으로 인하여 LIF, PIV와 LDA 등 레이저 이용 가시화와 영상처리 기법을 이용한 화염의 기본특성을 측정하여 규명하는 연구와 측정방법 및 영상처리 기법에 대한 연구가 수행되었다. 연소유동이 화학반응을 수행하는 고온난류 유동이므로 광학장비를 이용한 연소유동장의 특성의 규명과 측정장비 개발에 대한 연구는 앞으로도 계속 진행될 것으로 예측된다.

응용분야의 연구는 크게 일반 연소기에 대한 연구와 엔진 내의 연소로 대별되며, 일반연소기에 대한 연구로는 기초연구에 가까운 고온 고 산소 부하 연소기에 대한 연구로부터 선화기가 부착된 연소기, 로켓 및 가스터빈 연소기, 연소기의 화염 안정화, 열재순환 연소기, 쓰레기 소각플랜트의 연소에 이르기까지 다양한 영역에서 고효율 저공해 연소기 개발이라는 목표 달성을 위하여 활발한 연구가 수행되었다. 공해물질 생성 억제 분야의 연구로는 NOx 저감에 대한 연구가 주종을 이루며, 이 분야는 온도 저감을 위한 물 분사와 2단 연소에 대한 연구와 고 산소 부하 연소에 대한 연구결과가 보고되었다. 연구대상 화염 또는 연소기의 연료는 주로 기체 연료 또는 액체연료가 대부분이나 미분탄과 목재 등 고체연료의 연소에 대한 연구결과도 보고되었다. 2000년도에 발표된 자동차 엔진에 대한 연구는 희박연소엔진, 직접분사식 가솔린엔진과 디젤엔진의 동 특성 및 배기가스 특성에 대한 실험적인 연구가 대부분이며, 실린더 내의 유동에 대한 시뮬레이션 결과도 몇 편

의 논문으로 발표되었다. 연소기 또는 엔진의 연료공급장치에 대한 연구로 인젝터에서의 연료 미립화 특성에 대한 실험적 연구는 광학장비를 이용한 측정이 주종을 이루었고, 인젝터의 형상 및 운전조건의 다양화로 인하여 많은 연구 결과가 보고되었다.

연소는 화학반응을 수반하는 고온 난류 유동이고 액체연료나 고체연료 연소는 2상 유동이므로 지금까지는 컴퓨터용량 및 측정장비의 부족으로 인하여 연구의 방법 및 범위가 제한되었으나, 앞으로는 DNS와 LES을 이용한 난류구조의 규명과 광학장비를 이용한 실험적인 연구가 기초 연구로서 활발히 진행될 것이며, 저공해 고효율 연소기와 엔진 개발에 많은 연구가 수행될 것이 예상된다. 또한 2000년도에는 에너지 절감과 공해물질 배출 억제라는 목표아래 설립된 연소기술연구센터(CERC)가 과학재단의 ERC로 선정되어 출범함으로써 연소분야의 연구활성화에 중심역할을 기대할 수 있겠다. [김호영, 고려대학교]

환경 및 공예

현대 사회가 고도화되고 첨단 화됨에 따라 산업 및 생활공간에서의 청정화 기술이 해결해야할 21세기의 중요한 공학기술로 대두되고 있으며, 이에 따라 기계공학에서의 환경 및 공해분야의 연구활동도 증가되고 있다. 2000년에 수행된 연구방향과 주제를 크게 1) 연소기관 성능향상 및 공해저감을 위한 연소기술, 2) 첨단 산업 공정에서의 청정생산환경

조성기술, 3) 환경처리기술 및 청정생활공간 조성을 위한 오염제거기술로 대별하여 살펴보았다.

1) 연소기관 성능향상 및 공해저감을 위한 연소기술

최근 세계 각 국은 지구환경문제에 큰 관심을 보이고 있으며, 지구환경을 보호하기 위해서 리오 기후변화협약과 같이 국제적인 협약을 통해서 지구환경을 보존하기 위한 국제적인 대응이 이루어지고 있다. 이러한 노력으로 지구온난화 문제를 해결하기 위해서 국가 전체에서 방출하는 이산화탄소량의 배출량 총량규제를 실시하려고 하고 있다. 따라서 디젤엔진에서의 배기가스 중의 산화질소와 입자상물질, 이산화탄소 배출을 저감시키기 위한 연구가 활발해지고 있다. 이러한 연구 중 수치적 방법을 통하여 2영역 모델을 적용하여 엔진 사이클 시뮬레이션을 수행하고 실험치와 비교하여 디젤엔진에서의 산화질소와 입자상물질의 생성에 관한 연구가 진행되었다. 디젤연소에 의해 생성되는 매연이라고 불리는 soot 입자의 정상화염 상태에서의 성장과정 및 크기변화에 대한 연구가 진행되었다. 이와 함께 디젤엔진에서 배출되는 입자상물질의 저감을 위해 후처리 방법의 하나인 코로나방전을 이용하는 방법에 대한 연구가 진행되어 문제점으로 대두되고 있는 포집된 입자의 재비산 특성을 실험적으로 분석하였다. 또한 연소의 기초기술로 매연을 측정하기 위해 유동장에 영향을 주지 않는 비접촉식방법인 레이저 유도 백열법에 대한 연구로 긴 게이트폭인 경

우 신호의 발생부와 수광과장이 동축류 확산화염에서의 매연 체적분율에 미치는 영향이 진행되었다. 디젤기관을 NOx를 저감시키는 대표적인 대책인 EGR(배기 재순환) 방법이 있는데 여기에 스크러버형 물분사시스템을 동시에 병행하여 재순환 배기에 의한 배기 배출물의 영향을 고찰하였다.

자동차가 대기오염의 주된 원인으로 부상함에 따라 배기가스에 대한 규제가 강화되고 있는데 배기가스를 저감시키기 위해서는 유해 배출물의 발생구조를 이해하는 것이 필수적이다. 따라서 배기과정 동안 탄화수소 배출물의 배출과정을 실험을 통하여 해석함으로써 배기포트 내의 산화과정의 특성을 파악하고, 포트 내 산화촉진을 통하여 탄화수소를 저감시키려는 연구로 프로판 엔진의 배기포트에서 탄화수소 산화를 추정에 관한 연구결과 발표되었다.

가압유동층복합발전은 고효율 및 공해물질 배출이 적은 석탄이용 차세대 발전기술로 실용화되고 있는데 중국의 선화탄을 사용하였을 경우 가압유동연소배기가스 특성 실험을 통하여 분석한 결과가 산업자원부에서 지원하는 청정에너지기술개발사업의 일환으로 수행되었다. 또한 전력생산을 위한 미분탄 연소기는 환경문제 및 연소로의 효율 때문에 모델링이 필요한데 미분탄 연소에서 복사열전달을 예측하는데 회체가스 가중합산법을 확장하여 적용한 연구가 진행되었다.

2) 첨단산업 공정에서의 청정생산 환경 조성기술

HDD(Hard Disk Drive)의 저장밀도가 증가함에 따라 슬라이더와 미디어의 근접촉하는 상태에서 데이터의 입출력이 이루어지는데 이때 HDD 내에 존재하는 입자가 드라이브 내의 헤드와 디스크 미디어 사이로 유입되어 슬라이더나 미디어의 손상이 발생하게 된다. HDD의 구동 직후와 구동 중 입자의 발생에 대한 원인을 규명하기 위해서 하드디스크 드라이브의 슬라이더 구동 정지시간 및 검색조건 변화에 따른 입자발생 경향에 대한 분석연구가 수행되었다.

또한 첨단 반도체를 생산하기 위한 진공공정 중 발생하는 오염 입자를 제어하기 위해서 입자의 광산란 현상을 이용하여 실시간으로 진공중 입자를 측정할 수 있는 계측기가 개발되어 현재 사용되고 있다. 저압상태에서 공기역학적 렌즈를 이용하여 입자 빔의 가시화 실험결과를 바탕으로 이러한 계측기의 성능특성을 실험적으로 수행한 논문이 발표되었다.

3) 환경처리기술 및 청정생활공간 조성을 위한 오염제어기술
최근들어 대기오염의 주원인으로 주목되고 있는 입자상 물질인 매연, 분진뿐 아니라 NOx나 SOx 등의 기체상 물질을 저감시키기 위한 연구가 활발해지고 있다. 매연 및 분진뿐 아니라 NOx와 SOx 등의 기체상 물질을 대상으로 저온 플라즈마나 코로나 방전을 이용한 오염물질 저감장치에 대한 연구가 활발해지면서 입자와 유해가스에 관심이 많아지고 있다. 일반적으로 NOx나

SOx 등의 제거에는 펄스전원이 입자상 물질의 제거에는 주로 직류전원이 사용되고 있다. 현재 이러한 목적으로 산업체에서 주로 사용하고 있는 1단 전기집진기의 집진효율을 향상시키기 위해서 집진기 내부의 2차유동에 대한 연구가 진행되었다.

도시의 생활쓰레기 배출량이 급증함에 따라 환경처리기술로 폐기물 처리를 위한 소각기술에 대한 연구로서 소각로의 연소현상을 해석하여 증기발생량에 대한 이산시간 상태공간모델을 도입하여 소각로의 실측데이터를 모사하려는 연구가 발표되었다.

화력발전소나 보일러에서 석탄 또는 기름을 연소시킨 후 발생하는 석탄회는 전기집진기, 사이클론, 여과포 등으로 제거되는데 석탄회의 특성에 따라 집진시설의 성능이 크게 달라지므로 석탄회 집진시설의 효율향상을 위하여 석탄회의 특성분석이 요구되고 있다. 특히 석탄회의 전기적 특성인 비저항성은 전기집진기의 성능에 영향을 미치기 때문에 이러한 석탄회의 수분함유량과 온도에 따른 비저항성에 대한 연구가 진행되었다. 또한 화석연료를 이용한 발전설비와 소각로에서 발생하는 오염원 중에서 매연은 집진기의 높은 효율로 제거가 가능하지만 가스상 오염물질은 제거가 어렵고 별도의 배기가스 처리장치가 필요하다. 이러한 수요에 따라 후처리 시설로 반건식 세정장치를 설치하여 분무액적의 특성에 따라 산성가스의 제거효율을 분석하여 최적의 반건식 세정기 운전조건을 확립하려는 연구가 수행되었다. 또한 화력발전소

에서 화석연료 연소후 대기로 배출되는 황산화물을 제거하기 위한 배연탈황설비를 사용하고 있는데 이때 가스 내에 존재하는 미세입자를 비균질 응축으로 성장시켜 제거효율을 증가시키기 위한 연구도 진행되었다.

또한 청정화에 대한 요구가 증가함에 따라 고효율 필터의 경우가 가격이 비싸지고 압력손실이 커지기 때문에 중성능 필터의 성능을 향상시키려는 시도가 이루어져 왔는데 이러한 연구의 하나로 대전된 입자가 섬유필터를 통과할 때 전기적으로 중성인 포집섬유의 근처에서 일어나는 영상력에 의한 포집효과에 관한 연구가 수행되어 필터효율의 제고 특성을 분석하였다. 방풍펜스가 후방에 놓인 야적모래입자의 비산에 미치는 영향 관한 실험적 연구가 풍동을 이용하여 발표되었다.

[오명도, 서울시립대학교]

열 시스템 제어 및 계측

지난 한 해 동안 대한기계학회 논문집 및 학술대회논문집에 여러 편의 열시스템 제어 및 계측에 관한 연구논문이 발표되었다. 주요 연구 내용으로는 액정(liquid crystal)을 이용한 온도측정 및 열전달현상에 관한 연구와 여러 가지 방법들을 통한 열 시스템 제어 및 레이저 유도 형광법(LIF)을 이용한 온도장 측정, 레이저 탄성산란법, PIV, 레이저 유도 백열법(LII) 및 PTV를 이용한 연구가 발표되었다. 또한, 열선유속계를 이용하여 3차원 유동장을 측정하였고, PDPA 시스템을 이용하여 분무 액정의 크기와 속도

를 측정하는 연구가 발표되었으며, 온도변화를 고려한 열선유속계의 교정식에 관한 연구도 발표되었다.

온도장을 가시화하고 복잡한 형상에서의 열전달계수를 측정하기 위하여 Liquid Crystal의 사용은 계속 증가하고 있는 추세이다. 제트가 가열된 평판에 충돌할 때 노즐 직경이 열전달에 미치는 영향에 관한 연구와 표면조도를 가지는 평판에서의 국소 열전달계수를 액정을 이용하여 측정하는 연구 등이 발표되었다.

LIF를 이용하여 층류 메탄 예혼합 화염 내 NO의 농도 및 비등온 제트유동의 온도장을 측정하였고, 레이저 탄성산란법, 여기적열법, 자발광을 이용하여 디젤 엔진 내의 후기연소의 2차원 soot 분포를 측정하는 연구가 발표되었다. 또한, 유전적 알고리즘을 이용한 PIV 계측법에 관한 연구가 진행되었으며, LII를 이용하여 화염 내부 매연 농도를 측정하기도 하였다. 그리고 고해상도 CCD 카메라를 이용한 Single-Frame PIV 속도장 측정기법이 개발되었고, 적응형 하이브리드 기법을 이용한 2-Frame PTV 기법에 관한 성능 향상 연구가 발표되었다.

열시스템 제어에 관한 연구로는 열에너지의 활용이라는 측면에서 열교환기의 성능을 향상시키기 위해 모듈형 관군 열교환기에서의 관 형상에 따른 열전달 및 압력강하 특성에 관한 연구가 이루어졌으며, 빙축열시스템의 성능 향상을 위해 기존의 하베스트형 빙축열시스템과는 반대로 축열조 내에 증발판을 설치하여 수

중에서 얼음을 생성시키는 새로운 제조 방식을 적용한 수중 하베스트형 빙축열시스템 개발에 관한 연구가 발표되었다.

새로운 계측 기법을 이용한 열전달 연구로는 터보기계 유로 형상의 최적설계에서 가장 중요한 것은 해의 정확성을 확보하는 것인데, 이를 위해서 회전하는 3차원 유동을 열선유속계를 이용하여 측정하였으며, 정지상태와 회전 상태의 난류유동 특성을 측정하여 단순변형을 조건 하의 회전하는 가변단면 90° 곡덕트 내 외향 난류유동의 검증에 이용하기도 하였다. 또한, 다공 및 단공 노즐의 분무특성과 유동특성을 보다 정량적으로 연구하기 위하여 PDPA 시스템을 이용하여 간헐적으로 대기 중에 분사되는 디젤 분무의 액정 크기와 속도분포를 측정하는 연구가 발표되었다. 또한, 온도변화를 고려한 가변온도형 열선유속계의 교정식을 개발하여 실제연구에 사용한 사례도 발표되었다. [이대희, 인제대학교]

공정 열공학

2000년도 공정열공학 분야의 연구논문은 대한기계학회논문집 및 학술대회 논문집에 1999년도와 같은 10여 편이 게재되었으며, 사출성형 공정에 관한 것이 3편, 분말야금 제조 공정이 3편, 화학증착 공정이 2편, 그리고 주조공정, 복합재료 제조공정, 용접과정, 고온 가압 성형공정이 각 1편씩이다. 지난해에 비해 다양한 분야에 대해 연구가 행해졌는데, 사출성형 공정과 관련하여서는 수치해석을 통한 공정의 최적화

및 제품 해석이 행해졌다. 이들 연구는, 유한요소법에 의한 수치 모사를 바탕으로 유전알고리즘(genetic algorithm)을 사용하여 사출성형공정 조건을 최적화하는 연구, 사출성형 해석 프로그램인 CAPA로 단섬유 보강 사출성형품의 섬유 배향과 이방성 열/기계적 물성치를 연계하여 해석한 연구, 그리고 얇은 두께의 사출품을 성형할 수 있는 샌드위치 사출성형 공정의 해석 등이 포함되어 있다. 화학증착 공정에 관련해서는 낮은 압력과 높은 온도에서 화학반응을 일으켜 polysil-iron, silica(SiO₂) 등을 반도체 웨이퍼 위에 증착 시키는 데 사용되는 공정인 저압 증기 화합물 증착(LPCVD) 공정과 화염 에어로졸 공정의 하나인 화염 가수분해 증착(FHD) 공정의 해석을 다루고 있다. 분말을 이용한 부품성형 공정의 분말 야금 제조 공정과 관련해서는 많이 이용되고 있는 공정인 열간 등가압소결(hot isostatic pressing) 공정 및 고온 금형압축(hot pressing) 공정에 대해 유한요소법을 이용한 해석이 행해졌다. 주조 공정에 관해서는 충전과정 중 생기는 유동에 대한 해석이 이루어졌는데, 주형 내에 재료를 주입하는 주형충진과정은 이동하는 자유표면을 갖는 유동현상으로 VOF(Volume of Fluid) 방법을 이용하여 자유표면을 해석하였다. 복합재료 제조 공정에 관련해서는 후판 복합재료의 경화공정에 대한 연구가 행해졌다. 고품질 후판 복합재료를 제조하기 위해 제조시 발생하는 열전달 및 수치 유동 현상을 고려한 경화 사이클의 해석을 수행하

였다. 고온 가압 성형공정에 관련해서는 TV 유리 성형공정에 대한 연구가 행해졌다. 유리의 프레싱 공정에 사용되는 금형은 고품질을 위해 균일한 온도분포를 유지해야 하는데 금형의 열사이클의 해석을 위해 지수함수로의 맞춤법을 적용하여 해석하였다.

용접 과정과 관련해서는 스테인리스 평판의 고에너지밀도용접 과정에서의 2차원 열유동과 머시상변화를 위한 체적법과 엔탈피 방법을 이용하여 수치해석을 시도한 연구결과가 발표되었다. 1999년에 비하여 논문의 수는 차이가 없으나, 주제의 다양성이 훨씬 증가하였으며, 응용 분야도 넓어진 점이 특기할만 하다. [이우일, 서울대학교]

열 물성

2000년 열물성 분야의 연구 주제로는 냉매의 열전달 특성과 압력 강하, 물질의 첨가에 따른 물성치의 변화, 냉매-냉동기유 혼합물, 물성 측정 방법 등을 주로 들 수 있다.

냉매에 대하여는 평형 물성보다는 열전달 특성, 압력 강하 등의 연구가 이루어졌다. 대상 물질로는 혼합 냉매 R-410a, R-32/R-125/R-134a, 순수 냉매 R-32, R-125, R-134a, R-744(이산화탄소) 등이 있었으며, 기존 냉매 R-22에 대한 관심도 계속되었다.

물질의 첨가에 의한 물성치 변화와 관련된 내용으로, LiBr 수용액에 계면활성제를 첨가하는 경우, 공기-물 2상류에 고분자 물질을 첨가하는 경우, 물에 미립피

복 상변화 물질(MEPCM)을 첨가하는 경우, 물에 미세 얼음 입자를 분산시키는 경우(ice slurry) 등을 들 수 있으며, 주로 전달 물성의 변화가 연구되었다.

냉매-냉동기유(윤활유) 혼합물에 대한 연구에서도 평형 물성보다는 마이크로 핀관 내 열전달 특성, 압력 강하 등의 연구가 이루어졌다. 대상 물질은 R-22, R-32, R-125, R-134a, R-290, R-407c, R-410a, R32/R134a 등이었다.

물성 측정 방법으로서 열확산 계수의 측정에 대한 이론 연구 및 측정 방법이 검토되었고, 비정상 유동장에서 모세관 점도계를 이용한 점도의 측정 방법이 제시되었다.

이 외에도 LiBr 수용액 및 LiBr이 포함된 혼합물의 열 및 물질 전달 특성 실험이 이루어졌다. 또한 초미세 발포 성형 고분자 물질(단열재)의 열전도 특성, 액체 질소(극저온 유체)의 증발 2상 유동 열전달 및 압력 강하 특성 파악, 석탄회(Fly Ash)의 전기적 특성(비저항) 측정 등이 이루어졌고, 메탄 하이드레이트(신에너지 자원)과 DME(디젤 대체 연료)의 물성치에 대한 관심도 표명되었다. 마지막으로 등은 수직벽의 자연대류 막응축 모델의 비교 분석을 통해 물성 변화를 고려하는 해석의 중요성이 예시되었다. [박경근, 국민대학교]

열기기 및 열 교환기

지난 한 해 동안 대한기계학회 논문집과 KSME International Journal에는 열기기 및 열교환기

에 관해 모두 30여 편의 연구논문이 발표되었다. 유형별로 살펴보면 열전달 촉진을 위한 응축열전달특성에 대한 연구가 3편, 증발열전달 특성에 대한 연구가 6편으로 상변화 수반 열전달 문제가 여전히 연구의 주류를 이루고 있다는 것을 알 수 있었다. 특히 가공방법 및 설치방향, 직경 등 배관망의 특성에 따른 풀비등 특성에 대한 연구가 다수 발표된 점도 특징 중 하나라고 볼 수 있다. 열전달 촉진기술은 처리표면(treated surface), 거친표면(rough surface), 확장표면표면처리(extended surface) 등 수동적기법(passive technique)에 대한 연구들과 전기 또는 자기장, 표면진동 등 외부의 동력원을 사용하는 능동적기법(active technique)에 대한 연구들로 구분할 수 있는데 양분야 모두 연구가 활발하게 진행되었다. 특히 마이크로회관, 극세관 헬리컬 코일관에서의 응축 및 증발열전달 특성, 입력강하 및 냉동유에 대한 영향에 대한 연구결과가 다수 발표되었다.

열기기에 대한 연구로는 가스터빈, 버너 등의 연소기 해석과 냉동기용 압축기 해석, 라디에이터, 잠열축열조, 흡수기, 히트파이프 등 다양한 분야에 대해 다양한 연구가 진행되었다. 특히 열교환기 분야에서는 관내 냉매측 열전달 촉진에 대한 연구와 함께 공기측 열전달 해석을 위한 파울링, 표면처리 등에 대한 연구가 발표되어 연구 관심 분야가 점점 확대되는 경향을 보여 주고 있다. 기기별로 연구 동향을 살펴보면 다음과 같다.

냉동기기에 대한 연구 중 로터리 압축기에 대한 실험과 이론 해석을 겸한 연구가 1 편 있었으나 압축기가 냉동 시스템에서 차지하는 비중에 비해서는 연구 결과 발표가 활발하지는 못하였다. 그러나 증발기와 응축기에 대한 연구는 매우 활발하여 여러 편의 논문이 발표되었다. 특히 증발기 내부에서 일어나는 비등현상에 대한 기초 연구나 풀비등에 대한 실험적 연구, 혼합물에 대한 핵비등, 액체 질소에 대한 증발 촉진, 열전달 표면의 기하학적 구조가 비등 열전달에 미치는 영향에 대한 연구, 성형 가공관에서의 비등 열전달 등 다양하게 나타났다.

증발기와 응축기를 제외한 일반 열교환기에 대한 연구로는 평행류 열교환기의 열 유동 특성에 대한 설계인자의 최적화에 대한 연구나 환관 열교환기의 착 제상 거동에 대한 표면처리의 영향에 관한 실험적 연구, 엇갈림 관군에서 원관 주위의 열전달에 미치는 파울링 영향에 관한 실험적 연구, 라디에이터용 납작관의 최적형상 도출을 위한 열유동해석 등이 발표되었는데 공기 기기와 관련된 열교환기인 증발기나 응축기에서의 이상 유동 열전달 연구에 비해 발표 논문 편수가 다소 적은 것으로 나타났다.

태양열이나 심야 전력 이용 등과 관련된 축열조에 대한 연구로는 수평식 셀류브형 잠열축열조의 축열 및 방열특성에 관한 실험적 연구 정도가 있었을 뿐 타 분야에 비해 연구자의 관심도가 떨어지는 것으로 관측되었으며, 히트파이프에 대한 연구도 루프형 세관 히트 파이프의 열전달 특성

에 관한 연구 정도를 들 수 있어 국내에서의 연구가 미미하다는 것을 알 수 있었다.

발전 설비나 열동력에 대한 연구는 증기발전 시스템의 과도상태 특성해석 증기발전 시스템의 과도상태 특성해석, 열회수 증기발생기와 증기터빈 시스템의 동적 거동 해석, 가스터빈 연소기의 성능평가 원전 터빈사이클 성능 데이터의 검증 모델에 의한 성능 분석 기법의 개발 등의 토픽에 대한 연구 논문이 발표되어 이 분야에 대한 지속적인 관심을 엿볼 수 있었다.

이상에서 살펴보았듯이 연구 토픽의 주종은 냉동기에 관련된 증발기와 응축기에서의 이상 유동 열전달과 유동 해석이 연구의 주종을 이루었고 발전 설비나 열교환기에 대한 연구가 그 뒤를 따르고 있다. 반면 산발적으로 시도된 연구들은 버너 이종 동축류 버너에서의 예혼합화염 특성에 관한 연구라든지 계면활성제를 이용한 수평관군 흡수기의 전열촉진에 관한 연구, Planar-Jet형 연소기 내 난류유동의 LES 등을 들 수 있겠으나, 극소수의 연구자에 의한 개별적 시도의 범주를 넘지 못하고 있어 이런 분야에 대한 연구가 활성화되어야 할 필요성이 절실히 요구된다고 볼 수 있다. [정 모, 영남대학교]

냉각 및 저온공학

2000년도 냉각 및 저온공학 분야의 연구는 크게 세 가지 영역으로 분류할 수 있다. 물론 이 분야의 발표논문과 연구인력의 수는 다른 열공학 분야에 비하여 아직

미미하지만, 그 연구내용의 범위가 이전보다 훨씬 다양해졌고 또 산업영역으로의 응용 가능성도 더욱 증대되었다고 판단된다.

가장 많은 연구는 역시 극저온 냉동기(cryocooler)의 성능 개선을 위한 목적으로 수행되었다. 그 중에서도 맥동관(pulse tube) 냉동기의 개발에 관련된 연구가 가장 주목할 만한데, 이는 저온의 운동부가 없는 냉동기의 실용화라는 세계적인 관심에 기인한 것이다. 특히 맥동관에서 벽-기체의 열전달에 대한 실험적인 그리고 해석적인 연구가 수행되어, 유체의 왕복 운동과 압력의 변화가 열펌핑에 미치는 영향을 규명하였다. 또 맥동관의 단면이 축방향으로 변화하는 경우의 순엔탈피 전달에 대한 해석적인 연구도 수행되었다. GM(Gifford McMahon) 또는 Stirling 냉동기의 변위기(displacer)와 실린더 간극유체의 왕복운동을 포함하는 셔플 열전달에 대한 엄밀해도 발표되었다. 열교환형 극저온냉동기로 100K 이하까지 도달할 수 있는 혼합냉매 JT사이클에 대한 연구결과도 발표되었는데, 여기에는 혼합냉매의 조성, 압축기에서의 과열 및 JT밸브에서의 응고 등에 대한 열역학 상태량이

포함되었다.

두 번째 영역으로, 기체의 액화 또는 저온액체의 에너지 활용을 주제로 한 연구결과들이 여러 편 발표되었다. 그 중에서도 국가주도의 수소에너지 기술개발과제의 일환으로 수소의 액화에 관한 연구가 수행되었다. 대기압 끓는 온도인 약 20 K인 수소 연료를 저온액체로 저장하기 위하여 액화하는 방법으로, 상업용 GM냉동기를 이용한 다양한 열역학 사이클 해석과 그 실험의 결과가 발표되었다. 그리고 액체질소로 예냉한 JT사이클을 통한 액화도 국내에서 성공적으로 수행되었다. 하루 이상의 장시간 액체수소를 저장하기 위해서 필요한 ortho-수소에서 para-수소의 변환에 대한 실험도 이루어졌는데, 이 변환에는 산화철(ferric oxide)계통의 촉매가 사용되었다. 반면에 액화된 저온유체의 가용성(availability)을 재활용하기 위한 냉열이용 시스템과 이 시스템의 주요 부품인 저온유체-대기 열교환기에 대한 설계 자료도 제시되었다.

이 분야의 마지막 영역은 초전도 시스템의 냉각기술이라고 할 수 있다. 그 중에서 가장 대표적인 연구의 결과로 핵융합로에 사

용되는 초전도자석(superconducting magnet)의 냉각기술에 관한 논문이 발표되었다. 국가와 기업이 공동으로 수행하고 있는 대형사업에서는 CICC(cable-in-conduit-conductor)라는 냉각방식을 채택하였는데, 이 시스템에 대한 열적 안정성을 수치적으로 예측하였다. CICC는 튜브 형태의 전도체에 유체가 내부를 흐르면서 냉각하는 방식을 의미한다. 그리고 액체를 사용하지 않고 냉동기로 직접 전도냉각(conduction-cooling)하는 기술에 관련된 다양한 연구도 수행되었고, 특히 초기의 냉각시간(cool-down time)을 줄이기 위한 열스위치(thermal switch)의 해석 및 실험 논문이 발표되었다.

종합적으로 볼 때, 냉각 및 저온공학 분야의 2000년도 국내 연구활동은 극저온에서 효율적인 에너지 이용이라는 학문적인 측면과, 외국에서 개발된 기술의 국내 적용이라는 실용적인 측면을 동시에 추구하였다고 할 수 있겠다. [장호명, 홍익대학교]

기계용어 해설

▶ 텔레스코픽 핸들러(Telescopic Handler)

텔레스코픽 핸들러는 항만, 공항이나 공사 현장 등에서 각종 화물 및 건축용 자재를 이송 및 적재하기 위하여 개발된 건설 중장비로서,

신장(伸張), 신축(伸縮)이 가능한 붐을 사용하여 낮은 곳으로부터 높은 곳으로 또는 높은 곳으로부터 낮은 곳으로 화물을 운반하는데 주로 사용되어진다.