

에너지 및 동력공학부문

부문위원장 : 이 영 철(한국전력공사, 단장)

2000년도의 에너지 및 동력공학분야의 주요 연구동향을 요약하여 소개한다. 내연기관, 가스터빈 및 증기터빈, 열병합 및 복합발전, 보일러 및 발전설비, 소각로, 연료 및 대체에너지, 원자력에너지, 연소기기, 공기조화 등 각 세부분야에 있어서 심도 있는 연구 및 기술개발이 폭넓게 이루어졌으며, 새로운 연구성과가 논문집 및 학술행사를 통하여 꾸준히 발표되어 향후 관련부문 기술발전의 전망을 밝게 하고 있다.

내연기관

자동차 산업은 기계 및 전자제어기술, 신소재, 광섬유 및 정밀화학기술 등이 복합적으로 구성된 첨단 기술산업으로 여타 산업 기술 발전에도 선도적인 역할을 하고 있다. 지난해 세계 자동차의 총 생산은 약 5,470만 대로 추정되며, 이중 우리나라는 311만 대를 생산하여 수출 167만 대와, 내수 143만 대를 달성한 주요 자동차 생산 국가이다. 또한 국내 자동차산업은 전체 산업에서 차지하는 수출비중의 7.8%인 111억 원이고, 고용효과는 제조업의

8.1%를 차지하고 자동차 관련 세수는 우리나라 전체 세수의 17.4%인 16조 4,000억 원이나 징수되는 점 등을 고려할 때 국가 경제발전에 미치는 영향은 지대하다.

그러나 최근 자동차와 관련된 지구 환경문제는 기존의 유해 배기가스에서 지구온난화와 관련된 이산화탄소(CO₂), CFC 등의 온실가스 발생은 물론 산성비, 오존층 파괴 등의 문제로까지 확대되었다. 특히, 지구온난화가스 중 80% 이상을 차지하는 CO₂는 수송부문에서 약 18%가 배출되는 것으로 알려져 있어 '96. 6월 EU 환경각료이사회는 UN기후협약에 의거 승용차의 CO₂ 배출량을 2005~2010년까지 120g/km로 감축할 것을 요구하고 있다. 따라서 현재 국내 제작사의 평균 CO₂ 배출량인 약 200g/km 수준을 2004년에는 165~175g/km수준에 맞춰야 하고 2009년도에는 140g/km로 대폭 감축을 하여야 한다. 이러한 CO₂감축의 핵심은 연료를 적게 사용하는 저연비자동차의 개발이 최선의 방안이다. 자동차의 CO₂감축을 위한 기술로는 크게 차량측면, 엔진본체,

변속기 등의 기술범위로 대별할 수 있으며, 또한 사용연료 자체를 바꿔주는 대체연료 자동차기술 등이 있다. 이중 엔진본체의 연비 개선 기술로는 선진국에서는 많이 보급되어 있는 디젤승용차의 보급확대와 가솔린 직접 분사(GDI) 엔진기술이 있으며, 또한 국내에서도 이미 실용화되어 있는 초회박 엔진기술 등이 CO₂ 감축에 크게 기여할 것으로 예상된다. 이밖에 연소효율 증대를 위한 고압축비화 기술, 각부품의 마찰저감기술, 전자제어에 의한 최적화 엔진제어기술 등이 있다.

가솔린 직접분사 엔진기술과 초회박 엔진기술은 기존엔진의 공연비를 엔진시스템의 개선을 통하여 희박영역으로 이동시킴에 따라 기존엔진대비 10% 이상의 연료소비절감 및 차량의 동력전달 계통과 차량제어기술의 개선을 통해서도 20% 정도 차량연비를 개선할 수 있는 것으로 알려져 있다. 그리고 밸브기구계, 피스톤계, 배어링계 등의 마찰손실을 최소화하여 엔진효율을 증대시킬 수 있으며, 가변밸브타이밍, 가변압축비, 가변실린더 등 연속가변기구 채용기술도 CO₂ 감축의 중

요 기술이다. 국내 제작사에서는 연소실 개선과 일부 차종에 직접 분사식 엔진을 이미 적용하여 출시하고 있는 실정이다. 특히 세계 자동차시장은 CO₂ 감축에 대응하기 위하여 디젤승용차 비율을 2000년에 20%에서 2005년에는 30%까지 크게 증가할 것으로 예상됨에 따라 국내에서도 디젤승용차에 대한 일부 부정적인 인식을 전환시켜, 조속히 개발 보급될 수 있도록 조치가 요망된다.

이외에도 전기자동차, 하이브리드자동차(HEV), 연료전지자동차(FCEV) 및 천연가스(CNG)자동차 등 대체연료자동차 개발의 실용화가 중요한 과제이다. 우리 학회 논문집에도 가솔린 엔진의 연비 성능을 향상시키기 위하여 SCV를 이용한 희박연소 특성에 관련된 논문들과 직분식 가솔린 엔진에 적합한 분무특성을 파악한 논문들이 작년 한 해 동안 다수 발표되었다. 또한 고속 직분식 디젤엔진의 연소성능에 중요한 영향을 미치는 고압 인젝터의 분무충돌 특성에 관한 논문들과 EGR 및 과급을 이용하여 디젤 엔진의 배기 특성을 향상시킨 논문들이 여러 연구기관에서 발표되었다. 이와 같이 자동차용 저공해 및 저연비 엔진기술에 관한 연구는 꾸준히 발표되고 있으며, 향후에도 이 분야에 대한 관심은 더욱 고조될 것으로 기대된다. [이기형, 한양대학교]

가스터빈 및 증기터빈

가스터빈은 발전시스템, 항공기용 엔진 등의 대형시스템뿐만 아니라, 단위건물의 열병합발전,

비상발전, 하이브리드용 초소형 엔진 등의 소형시스템으로 점차 그 응용분야가 확대되고 있다. 이러한 추세에 발맞추어서 시스템의 효율 및 성능향상을 위한 연구가 다각도로 활발히 진행되고 있다. 특히, 가스터빈의 효율과 출력의 향상은 터빈입구온도 상승과 직결되어 있으므로 냉각이 매우 중요하며, 이에 관련된 연구결과가 다수 발표되고 있다.

가스터빈의 성능향상 시키기 위하여 터빈입구온도를 높이고 있는데 이는 재질의 한계온도를 넘기 때문에 적절한 냉각이 필요하다. 이에 대한 연구로 터빈 1단 정익 전연부의 막냉각에 대한 연구로 2열, 4열, 6열의 막냉각홀에 대하여 실험적 연구 결과를 발표하였다. 실험은 정익 전연을 반원봉으로 모사하여 분사율 변화에 대하여 각 분사열 하류에서 온도장 및 막냉각 효율을 측정하였다.

막냉각 성능향상을 위하여 변형된 홀을 사용하는데 이에 대한 연구로 원뿔형상의 출구확장형 막냉각홀에 대하여 열전달 및 막냉각 특성에 대하여 연구를 수행하였다. 구체적인 연구 결과로 변형홀을 통한 막냉각의 경우, 입구에서의 높은 속도에도 불구하고 확대형 출구형상으로 인하여 출구에서의 속도가 감소할 뿐만 아니라 냉각유체가 확산되므로 비교적 높은 분사율에서도 원통형 분사홀에 비하여 좋은 막냉각효과를 보여주었다. 변형홀의 경우 원통형 분사홀의 경우와 마찬가지로 분사율이 높은 경우, 축방향 분사보다는 복합각도분사의 경우가 넓은 영역에 대해 고른 막냉각 효율분포를 나타냈다. 막냉각홀

의 형상은 전 방향으로 확장되는 형태가 제일 좋은 막냉각 성능을 갖는 것을 보였다. 하류방향으로 확장되는 형상의 경우, 막냉각홀 내부의 냉각유체의 균일한 확산이 이루어지지 않기 때문에 전 방향으로 확장되는 형상의 막냉각홀에 비해 낮은 냉각성능을 갖는 것을 보였다. 면적비가 작은 경우 면적비가 큰 경우보다 낮은 막냉각성능을 갖지만, 분사율이 큰 경우 하류방향으로 확장되는 홀 형상에 비해 높은 막냉각성능을 갖는 것을 보였다.

막냉각은 강도와 제작상의 문제로 인해 일열 이상의 이산된 원형 내지 변형된 원형의 막냉각홀이 주로 사용되고 있으나, 연속적인 슬롯을 통해 냉각유체를 분사하는 것이 가장 효과적인 것으로 알려져 있다. 이러한 문제를 보완하기 위해 최근 연속적인 슬롯에 가까운 형태로서 일열 이상의 이산된 사각 내지는 변형된 사각형의 막냉각홀이 사용되고 있다. 지금까지의 막냉각에 관한 연구는 분사홀 주위보다 홀 하류영역에 대한 실험을 중심으로 이루어져 왔다. 최근 관심이 높아지고 있는 전면막냉각(total coverage cooling)과 터빈블레이드 전연(shower-head) 영역에서의 막냉각의 경우 전 영역이 분사홀로 구성됨으로써 일반적인 막냉각에서 고려되는 인자들, 즉 횡방향분사각도, 분사율, 막냉각홀의 형상, 등에 대한 연구와 더불어 분사홀 인접영역 및 홀 내부에서의 유동 및 열전달에 대한 이해가 필요하며, 최근 들어 연구가 이루어지고 있다. 이러한 많은 연구에도 불구하고 대부분 연구는 막냉각홀의

단면이 원형인 경우에 국한되어 있으나, 단면이 사각형상인 막냉각홀에 대한 막냉각성능이나 홀 내부유동, 열전달에 대한 연구가 이루어졌다. 연구결과는 사각 막냉각홀 입구 인접영역에서는 유동의 박리, 재부착, 모서리 와류의 발생 등에 의해 열전달특성이 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한, 막냉각홀 출구 인접영역에서는 말굽와류에 의해 유도된 와류에 의한 영향이 매우 큰 것으로 나타났으며, 홀 입구영역에서는 분사울의 영향을 거의 받지 않지만, 홀 출구 인접영역에서는 분사울이 감소할수록 주유동의 영향이 크게 나타났다.

추진기관의 연소실 내벽은 고온의 연소가스와 접하므로 큰 열부하를 받게 된다. 이와 같이 높은 연소가스 온도로부터 연소실 내벽을 보호하기 위해서는 적절한 냉각방법의 사용이 요구된다. 현재 가장 많이 사용하는 냉각방법으로 슬롯 막냉각 (slot film cooling) 방법을 사용하고 있다. 슬롯 막냉각은 연소실 내벽에 설치된 환형의 슬롯을 통하여 냉각유체를 분사시켜 벽면에 일종의 단열막을 형성함으로써 고온의 연소가스로부터 연소실 표면을 보호하게 된다. 일반적으로 환형의 슬롯에 냉각공기를 공급하는데 있어서 연소실 내벽과 외벽사이의 플레넘(plenum)으로부터 작은 구멍을 사용하게 된다. 이 작은 구멍들은 큰 압력구배를 형성하여 균일한 유량을 공급하여 주며, 이 압력구배는 고온 연소가스의 역류를 막아주게 된다. 이에 대한 연구로 슬롯 막냉각에서 냉각유체의 분사울, 분사 방법, 냉

각유로의 냉각유체 공급 방식에 따른 슬롯 출구에서의 유동장 측정과 함께 슬롯 립(slot lip) 내벽에서의 국소적인 열전달계수를 측정하여 최적의 슬롯 막냉각 형상을 찾고자 연구되었다. 실험결과 수직분사 방법이 출구 유동속도성분 균일도 및 내벽 열전달계수 측면에서 최적의 형상임을 보였다. 또한, 분사 방법 및 냉각유로방식을 변경함으로써 2차원 슬롯에 비하여 전체적으로 2~5배의 열전달계수 축진이 일어남을 얻었다.

연소실 내벽을 보호하기 위하여 사용되는 막냉각 기법을 개선하기 위한 방법으로 총돌제트/유출냉각 기법에 대한 연구가 수행되어졌다. 이 방법은 막냉각 기법과 총돌제트 냉각 기법을 혼합시킨 방법으로 총돌제트를 사용하여 연소실 외벽을 냉각시킨후 막냉각홀을 통하여 냉각유체를 유출시켜서 연소실 내벽을 보호하는 효과적인 방법이다. 총돌제트 홀과 유출홀의 배열 및 간격을 변화시키면서 연구를 수행하여 총돌제트판이 없는 경우보다 연소실 외벽에서 열전달계수가 6~10배 정도 향상된 결과를 제시하였다.

총돌제트에 대한 기초연구로 완전 발달된 단일 원형제트에 대하여 노즐 직경변화가 총돌면 열전달에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 노즐 직경이 커짐에 따라서 정체점에서 열전달이 증가하였는데, 이는 같은 Reynolds 수에서 노즐 직경이 증가함에 따라서 분사제트의 유체 유량 및 운동량이 증가하기 때문인 것으로 사료된다.

총돌제트(impinging jet)는 국소적으로 높은 열전달 및 물질전달 효과를 가지기 때문에 터빈 블레이드와 연소기 내벽의 냉각, 고온강판의 냉각, 종이와 천의 제조과정에서의 건조에 많이 사용되고 있다. 단일총돌제트(single impinging jet)를 사용하는 것보다는 여러 개의 제트들을 동시에 (배열총돌제트) 사용하는 경우 넓은 영역에서 균일하게 열/물질전달을 시킬 수 있다. 배열 총돌제트(array impinging jets)의 설계에 있어서 형상 및 유동 변수는 높은 평균 열/물질 전달 계수 및 표면 온도 분포의 균일성이라는 두 가지 조건을 잘 만족시키도록 선택되어야 한다.

배열 총돌 제트는 단일총돌제트에 비해 몇 가지 기본적인 차이점이 있다. 배열 총돌 제트의 각각의 제트들은 두 가지 형태의 상호작용의 영향을 받게 된다. 첫째는 제트가 총돌면(impinging surface)에 부딪히기 전에 일어나는 인접 제트간의 상호작용이다. 그런 상호작용은 인접제트간의 간격이 작을 때와 제트 출구와 총돌면의 간격이 상대적으로 클 때 증대된다. 둘째는 벽제트(wall jet) 영역에서의 인접 제트간의 총돌에 의한 상호 작용이다. 이 벽제트 영역의 총돌은 인접제트가 가까이 있을 때, 제트 출구와 총돌면의 간격이 작을 때 그리고 제트의 속도가 클 때 더욱 현저하다.

배열 총돌 제트의 경우 분사 제트가 면에 충돌한 후 유체가 배출구가 없기 때문에 횡방향(분사제트에 수직방향)으로 이동하면서 덕트유동을 형성한다. 이 덕트유

동은 하류로 진행하며, 점점 증가된다. 이것은 총돌면 제트 중심부에서 유동의 난류 강도를 점점 증가시켜 높은 열전달계수를 가진다. 반면 총돌면 사이유로(제트와 제트의 중간 부분)에서는 급격한 열경계층의 발달로 인하여 점점 작아지는 열전달계수를 갖는다. 따라서 전체 총돌면에서 불균일한 냉각 효과를 나타내게 되며, 이것은 고온의 강판 또는 터빈 블레이드에서 심각한 열응력 문제를 야기한다. 이에 대한 연구로 횡방향유동이 총돌면의 냉각 성능에 미치는 좋지 않은 영향을 개선하기 위하여 유출홀 배출방식이라는 새로운 기술을 제안한다. 연구 결과는 유출홀이 있는 경우, 총돌제트가 바로 배출됨으로써 열전달계수 분포가 횡방향 배출 방식에 비하여 매우 고르게 나타났다. 또한, 분사판과 총돌면 사이의 간격이 큰 경우는 차이가 없지만 간격이 작은 경우($H/d \leq 2$) 높은 열/물질전달 계수를 얻을 수 있었다. 이는 횡방향유동이 있는 경우는 $H/d=2$ 에서 최대 평균 열전달계수값을 갖지만, 유출홀이 있는 경우 전체 평균 열/물질전달계수는 $H/d=1$ 에서 최대값을 가짐을 보였다.

터빈 블레이드 내부에 난류성분을 촉진시킴으로써 열전달을 향상시키기 위한 연구가 진행되었는데, 난류촉진체(turbulence promoter)로는 여러 종류의 요철이 사용되고 있다. 이에 대한 연구로는 요철의 배열 및 단락정도에 따른 연구를 수행하여 총돌각 90° 의 경우는 단락요철이 연속요철에 비하여 열전달이 크게 상승함을 보였다. 단락요철의 길

이가 짧아질수록 열전달 상승은 감소하지만 균일도는 향상됨을 얻었다. 하지만 총돌각 45° 의 경사요철의 경우는 단락요철과 연속요철 사이에 열전달 계수의 분포가 유사함을 보였다.

다수의 곡관부를 가지는 터빈 블레이드 내부의 냉각유로는 블레이드의 회전에 의한 유동의 코리올리효과(Coriolis Effects)와 회전 원심부력효과에 의하여 복잡한 이차유동구조를 발생하게 된다. 또한 곡관부를 지나는 유동에 의하여 발생된 원심력은 곡관부 이후 유동구조 및 국소 열전달 분포에 큰 영향을 미치게 된다. 그러므로 회전 내부관에서의 코리올리와 회전원심부력의 효과에 대한 이해와 이러한 효과에 의한 유로 내부의 열전달 특성 변화를 예측하는 것은 최적의 터빈 블레이드 냉각유로 설계를 위한 기초 자료가 될 것이다.

회전방향에 대하여 상대운동을 하는 관내부 유동을 갖는 채널단면에서 반경방향의 유입, 유출의 주유동의 방향에 대하여 코리올리 힘의 방향은 1, 2차유로에서 반대가 되고, 상반된 이차유동구조로 인한 열전달의 불균일성이 전연과 후연간에 발생한다. Rotation 수의 증가는 1차유로의 후연에서 2차유로의 전연에서 경계층의 재층류화로 열전달의 향상을 발생시키나, 동 연구에서 2차유로에서 곡관부에 의한 지배적인 이차유동구조로 회전에 의한 전·후연간 평균열전달계수의 차이는 적었다. 또한, 1차유로의 후연, 2차유로의 전·후연에서 모두 회전효과의 증가에 따라 평균 열전달이 증가하나 1차유로의

전연에서는 Rotation 수 0.1~0.15 영역을 중심으로 증가하다가 감소하는 경향을 나타내었다.

회전하는 블레이드 내부의 이차유로를 설계하기 위하여 요철이 설치된 회전 덕트에서 덕트 형상 및 회전수 변화에 따른 열전달 특성이 연구되었다. 수행된 실험 및 수치해석은 중·대형 가스터빈 블레이드의 냉각 유동 Reynolds 수인 25,000, 정격회전수인 50~60Hz를 기본 유동조건으로 채널 내부의 국소 및 평균 열전달계수를 측정하였다. 회전하지 않는 경우 내벽의 모서리의 형상에 따라서 압력강하 및 열전달계수 분포가 크게 변화하지만, 회전하는 경우 회전력이 주된 역할을 하여 그 차이가 작았다. 회전수에 따라서 1차유로의 후연, 2차유로의 전연에서의 경계층의 재층류화로 열전달 향상이 나타났으며, 요철이 설치된 경우 회전에 의한 이차유동과 요철에 의한 이차유동의 간섭으로 인해서 표면에서의 열전달계수 분포가 변화됨을 보였다. 면적평균 열전달계수는 1차유로의 후연 부분은 회전수의 증가에 따라 최대 3까지 상승하였으며, 전연에서는 점차 감소하여 높은 회전수에서 2이하를 나타내었다.

가스터빈 엔진의 경우 회전하는 요소와 슈라우드 사이에 유한한 간극이 존재하게 된다. 이때 블레이드의 압력면(pressure side)과 흡입면(suction side) 사이의 압력차로 인하여 말단간극을 통한 누설유동(leakage flow)이 발생하게 되고, 이 누설유동은 요소의 성능 및 구조적 내구성에 큰 영향을 미치게 된다. 고온 연

소가스가 간극내로 유입되면 블레이드 말단과 슈라우드에 과도한 열부하가 걸리게 된다. 따라서 터빈요소들의 내구성을 향상시키기 위하여 막냉각 등과 같은 다양한 냉각 방법을 블레이드 말단 및 슈라우드에 적용하여야 하는데, 이를 위하여 정확한 열전달 특성을 파악하는 것이 필요하다. 이에 대한 연구로 선형 터빈 캐스캐이드에서 블레이드 말단과 슈라우드 사이의 간극 변화에 따른 국소 열전달 특성을 고찰하였다. 간극 사이로 유체가 유입됨으로써 압력면 부근에 열전달 촉진 영역이 고찰되었고, 간극 내부에서는 유동의 박리 및 재부착 등으로 인하여 극대값이 존재하는 매우 복잡한 열전달 특성을 보였다. 흡입면을 통하여 빠져나온 누설유동은 누설와류를 형성하며, 이 와류의 궤적을 따라가면서 흡입면 부근에 높은 열전달 촉진 영역이 형성됨을 보였다. 또한, 말단 간극이 증가됨에 따라 블레이드 전연 부근에서의 촉진영역은 감소하지만, 누설유동의 유량이 증가하여 누설와류의 영향을 받는 영역이 증가하였다. 주유동의 난류강도 변화에 따른 영향은 입구영역을 제외하면 거의 영향 받지 않음을 보였다.

가스터빈 연소기의 설계 및 성능평가 연구로써 50 kW급 가스터빈 연소기에 대하여 수행하였다. 연소기의 설계는 일반적으로 전압손실계수의 결정으로부터 연소기의 단면적을 설정한후 지름, 길이 등 주요 크기를 결정하게 된다. 연소기는 사용목적 및 용도를 비롯하여 설계자의 경험과 의도에 따라 설계되는데, 설계된 연소

기는 역류 통형 연소기이다. 연구결과 연소기 입구 공기온도 증가 및 당량비 증가에 따라 출구온도 증가와 함께 CO는 감소하고 NO는 증가하는 전형적인 배기가스 특성을 얻었다. 이는 연소기 내부의 온도가 주 연소영역에서 증가하다가 2차 연소영역에서 반응이 종료되며, 회석영역에서 냉각되어 감소되는데, 입구 공기온도가 증가함에 따라서 반응속도가 빨라져 최대온도에 도달시간이 빨라지고 머무는 시간도 길어져 CO는 감소하지만 NO는 증가하게 된다.

이와 같이 가스터빈의 요소설계기술 수준 향상에 요구되는 연구결과가 꾸준히 발표되고 있으며, 향후에도 이 분야에 대한 관심은 더욱 고조될 것으로 예상된다. [조형희, 연세대학교]

열병합 및 복합발전

에너지 고갈에 대비하고, 대기오염 및 지구온난화 등의 환경문제를 해결하기 위하여 환경친화적인 저공해 고효율 에너지기기의 개발이 절실히 요구되고 있으며, 해결방안으로서 동일한 에너지원으로부터 전력과 열을 동시에 생산해내는 열병합발전 및 가스터빈과 증기터빈으로 이루어지는 고효율 복합발전이 에너지 동력원으로 자리 잡고 있다.

환경친화적인 저공해 고효율 동력기기를 개발함에 있어서, 발전효율을 향상시키고 환경규제를 만족시키기 위하여 석탄가스화 복합발전(IGCC : Integrated Gasification Combined Cycle)이 가압유동층 연소발전

(PFBC : Pressurized Fluidized Bed Combustion)과 함께 향후 발전형태로 연구되고 있다. 고체연료인 석탄을 직접 연소시키는 경우 질소산화물 및 황산화물과 같은 기상의 공해물질뿐만 아니라 고상의 소각재 처리가 심각한 환경문제를 야기시키게 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 고형의 석탄 내에 포함된 탄소와 수소성분을 가스화하여 가스연료인 일산화탄소와 수소를 전환후 정제하여 가스터빈 구동연료로 사용하고, 가스터빈에서 배출되는 고온의 배기가스로 보일러에서 증기를 발생시켜 증기터빈을 구동하는 것이 석탄가스화 복합발전 기술이다. 이 발전 기술은 기존의 석탄화력발전의 문제점을 극복하면서 높은 발전효율을 얻을 수 있지만, 가스화과정, 가스분리과정, 가스정화과정과 복합발전공정을 포함하게 된다. 이에 대한 연구로 소형 분류층 건식 석탄가스화기를 사용하여 여러 종류의 석탄에 대하여 가스화기 운전 압력이 12-26 기압에서 가스화 실험을 수행하였다. 그 결과 가스화로 얻어지는 생성가스 조성은 석탄 종류에 크게 상관없이 유사한 CO와 H₂ 농도를 얻었다. 가스화기의 연속 운전시 일부 석탄은 비산재 또는 비산슬랙이 가스화기 후단의 열교환기나 배출관로에 부착되어 관로를 폐쇄시키는 문제가 발생하였고, 일부석탄은 회의 용융점이 높아 가스화기 운전 농도가 고온인 경우 발생함을 보였다. [조형희, 연세대학교]

보일러 및 발전설비

새로운 발전방식의 설치가 증가하는 추세지만 보일러와 증기 터빈을 이용한 증기발전 방식이 계속해서 사용되고 있다. 증기발전 시스템의 과도상태 특성해석을 위하여 1차원 비정상 해석을 기초로 고압 복사형 증기 보일러의 동적 자동 해석모델을 구성하여 시스템 출력 조절과 관련된 주요 작동변수들의 동특성해석을 수행하였다. 각 인자들이 시스템 동적 특성에 미치는 정량적 효과 분석은 여러 인자들이 복합적으로 작용하여 부하가 조절되는 플랜트의 제어에 효과적으로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 복합발전 시스템의 열회수 증기 발생기의 동적 거동해석을 통하여 가스 터빈 배기가스의 유량과 온도 변하는 과도 운전시 증기 터빈의 유량제어를 통한 터빈출력의 동특성을 해석하였다.

최근 국내외의 발전설비 동향은 고온 고압화 및 대용량화의 경향이 뚜렷하고, 설비 운영에 있어서는 장수명화 및 장주기화의 경향이 세계적인 추세이다. 발전소에서 사용되고 있는 주요설비들은 고온, 고압 및 가혹한 주위의 환경에 노출되어 사용되고 있는데 국내의 화력발전소는 초임계압 500 MW급에서 800 MW급 석탄화력이 건설중에 있다. 이와 같은 초임계압 조건에서 보일러 출구에서의 과열증기와 재열증기 온도에 따른 터빈효율변화, 과열저감 및 재열저감용수량에 따른 터빈효율변화를 실험적으로 연구하였다. 이 결과로부터 주요 운전치 변화에 따른 손익비교로 최적 운전조건을 도출하여 효율적인

운전으로 발전원가 절감을 기하고자 하였다. 삼전포화력 제4호기에 대하여 증기온도 변화시험을 위해 연소환경을 변경시키면서 여러가지 터빈효율 결정요소 중에서 보일러에서 유입되는 증기요소를 시험변수로 하여 실험하였다. 시험결과 증기온도가 증가할수록 터빈효율은 높았으며, 저감용수량의 공급은 재생사이클 효과 저하로 플랜트 효율이 감소하였다. 그러나 과열증기와 재열증기의 온도를 설계치보다 너무 높게 유지하면 과열기, 재열기 및 터빈의 열응력 발생과 보일러 튜브 손상에 따른 수명단축을 야기하고, 과도한 저감용수량 공급은 전체적인 터빈효율 저하와 터빈 블레이드 침식을 일으켰다. 따라서 경제적인 측면에서 과열증기 및 재열증기 온도와 저감용수량을 설계치에 근접하도록 운전하는 것이 필요함을 보였다. 또한, 주어진 증기온도와 저감용수량의 변화가 터빈효율에 미치는 영향을 바탕으로 운전변수가 효율에 미치는 손익을 직접 산출할 수 있는 시스템을 도입하여 실시간으로 열효율을 측정할 수 있는 원가관리시스템을 구축하였다.

석탄화력발전에서 열교환 튜브에 회분(fly ash particles)이 점착되어 그 점착두께가 증가되는 경우 열교환 특성을 저해하여 열효율을 감소시키고 튜브 사이의 유로 단면적 감소에 따라 배연가스 유속이 증가되어 튜브 마모를 유발시켜 보일러 수명을 단축시키게 된다. 이에 대한 연구로 회분입자의 점착계수를 주요변수로 이용하여 단일 열교환 튜브에 회분입자의 부착 형상을 수치해

석 기법을 이용하여 수행하였다. 연구결과 점착력이 강한 회분일 경우 점착 후에 바로 냉각되어 고형화 되는 경우에 수치모델로 점착형상을 구할 수 있었다. 실제 설계에 필요한 시간 변화에 따른 침적두께 예측은 침적형상이 변화함에 따라서 배연가스의 유동특성이 달라져 회분입자의 유동형태가 변화하기 때문에 어려운데 그 기반을 마련할 수 있었다.

유동층 연소는 연소시 발생하는 유해 성분의 제거가 용이하고, 다양한 연료의 사용 가능하며, 뛰어난 열전달 특성 등으로 인하여 주목되고 있다. 유동층 연소로서는 유동매체로 석회석이나 백운석 등을 사용하면 연소과정에서 연료 중의 유황이 산화 반응하여 생성된 SO_2 를 흡수하여 제거할 수 있고, 연소 온도를 낮게 유지할 수 있어 NO_x 의 생성을 제어할 수 있으므로 배기가스를 후처리하지 않아도 환경오염 기준에 쉽게 도달할 수 있다. 유동층 연소로서는 여러가지 종류의 연료를 연소시킬 수 있도록 설계가 가능하므로 기존의 미분탄 연소보다 사용 연료의 종류에 대해서 융통성이 훨씬 크다. 또한 전열관을 유동층 내에 설치한 경우에서는 유동매체와 전열관 표면 사이의 충돌접촉으로 인하여 기존 보일러의 대류열교환 방식에 비해 열전달계수가 매우 크다. 유동층 연소로 설계에서 유동층 내에 설치된 전열관은 주로 열전달 표면이 매끈한 전열관을 사용해 왔으며, 전열표면이 매끈한 전열관은 운전시간이 경과됨에 따라 전열표면과 유동매체 사이에 충돌 접촉과 연소화염에의 직접

노출로 인한 침식 때문에 전열관의 수명이 기존 보일러에서보다 매우 짧다. 일반적으로 유동층 내에 설치된 전열관으로의 열전달량은 흰이 부착된 전열관의 경우가 흰이 없는 전열관의 경우보다 큰 것으로 알려지고 있으며, 전열관에 흰을 부착한 결과, 침식은 대부분 흰에서 일어나 전열관의 수명도 길어진 것으로 보고되고 있다. 고온 유동층 연소로 내에 삼각형 형상의 흰이 방사상으로 부착된 원통형 전열관을 수평으로 설치하였을 때 유동층 온도, 층내 가스속도, 유동매체의 평균 입자크기, 흰의 경사각 등의 인자가 유동층에서 전열관으로의 열전달에 미치는 영향을 실험적으로 고찰하고, 열전달 표면이 매끈한 전열관인 경우와 비교·연구하였다. 흰 전열관에서의 열전달계수가 매끄러운 전열관에서의 열전달계수보다 크고 유동매체의 크기에 따라 최대 열전달계수를 갖는 흰 전열관의 흰 경사각이 다르다. 또한 동일한 유동매체의 공압속도에서 층내 온도가 증가할수록 흰 경사각의 변화에 대한 열전달계수의 변화폭이 커져서 흰 경사각의 영향이 명확하게 나타남을 보고하였다. [조형희, 연세대학교]

소각로

지난 1년 동안 화회, 협회 등에 소개된 폐기물의 소각기술 개발 내용은 작년의 경향 - 연속 완전연소기술, 배기가스 중의 유해가스 및 유해물질처리기술, 소각재의 안전처리 기술 등 - 에 추가하여 슬러지 소각, 고형연료

RDF : Re-fuse Derived Fuel 발전 기술개발 등의 연구가 진행되고 있다.

폐기물을 소각로에서 처리할 경우, 대형 소각로보다는 중소형 소각로에서 간헐연소에 의해 발생하는 유해물질, 다이옥신 처리 기술과 소각재 응용처리에 대한 기술 소재가 비중이 높았다. 다이옥신 처리 기술에 있어서는 국내에 설치하여 운영 중인 중소형소각로를 중심으로 다이옥신 배출원인을 소각로 출구 배기온도, 폐기물 투입량 조절에 따른 영향, 연소안정화, 대기방지사설에 의한 다이옥신류 발생 저감 및 운전인자의 Normalization(정규화)에 의해 다이옥신 저감을 도모하는 연구 결과가 제시되었다.

소각재나 비산재의 안전처리를 위한 기술개발분야에서는 소각시설내에서 중금속 거동, 중금속 배출과 용출 특성, 소각재(바닥재와 비산재)의 열분해 응용소각기술개발이 생활쓰레기와 산업폐기물을 대상으로 하여 상용화를 위한 연구가 계속 진행되고 있는데, 일본의 경우 소각재의 처리는 소각로의 형식에 관계치 않고 응용처리하는 것을 전제로 하고 있어, 국내의 관련 기술 개발은 선진 기술 확보를 위한 경쟁이 예상된다. 함수율이 높은 폐·하수 슬러지의 소각기술은 발열량이 높은 폐기물과 혼합하여 건조와 소각을 연계하여 처리하는 건조소각 연계처리 시스템연구가 시도되고 실험실 연구 결과가 진행되고 있다.

생활폐기물 소각로 건설과 관련하여 협오시설로서 인정하는 주민 정서가 계속되고 있는 가운

데 중소 도시에서는 소각로가 대형화될 수 없는 단점을 고려하고 폐기물 소각에 의한 폐열을 최대한 이용하기 위한 폐기물 고형연료제조 및 발전을 위한 기술 개발에 대한 기획은 정부의 2003년까지 대체에너지 공급률을 2%로 올리는데 핵심적인 역할을 할 수 있는 분야로 그 기술 개발의 중요성이 대두되고 있다. RDF제조 기술은 국내에서 Pilot Plant실적을 보유하고 있으나, RDF발전기술 개발에서는 핵심인 RDF유동상 연소기술개발을 중심으로 하여, 발전과 후처리기술은 기존 국내 개발된 기술의 응용차원에서 기술개발이 전개될 것으로 예상된다.

이상 소개한 기술개발은 일부는 경제성을 고려한 상용화에 접근하고 있는 반면 아직 기술적 입증을 위한 실험실 연구가 대부분 계속되고 있으며, 생활 폐기물과 산업 폐기물처리 비중은 점점 균형을 찾아가는 경향을 나타내고 있는 상황이다. [김석준, 한국기계연구원]

연료 및 대체에너지

대체 에너지란 당초 석유를 대체하는 원자력, 석탄, 신 에너지를 총칭하는 의미로 불려졌지만, 최근에는 신 재생 에너지, 신 에너지, 미래 에너지 등 다양한 형태로 혼용되어 사용되고 있다. 국내에서는 석탄, 석유, 원자력 및 천연가스가 아닌 태양에너지, 바이오매스, 풍력, 소수력, 연료전지, 석탄의 탄화, 가스화, 해양에너지, 폐기물 에너지 및 기타 등 11개 분야로 구분하고 있고,

기타 분야에는 지열, 수소, 석탄에 의한 물질을 혼합한 유동성 연료를 의미한다고 정의하고 있다. 현재 21세기를 향한 세계 에너지 개발 중심은 에너지 이용 효율의 향상 및 대체에너지 기술개발에 집중되고 있음을 유의하여야 한다. 이러한 이유는 대체 에너지는 초기투자비의 과다에도 불구하고 이들 에너지원이 화석 에너지고 같 및 환경 문제에 대한 중요한 핵심 해결방안이라는 인식을 가지고 있기 때문이다. 따라서 선진각국의 대체에너지 개발전략은 정부의 강력한 지원 아래 지속적으로 진행되고 있다.

국내 대체에너지 개발은 1988년 '대체 에너지 이용기술 촉진법'이 제정되면서 본격적인 개발이 시작되었고, 1997년 '대체 에너지개발 및 이용보급 촉진법'으로 개정하여 2003년까지 기술 실용화를 통하여 대체에너지원이 총 에너지원의 2%를 차지할 수 있도록 기술 개발 및 보급노력을 기울이고 있다. 이와 같은 노력에 따라 대체에너지 보급량은 매년 높은 증가율을 보여 주고 있으며 2000년 말 기준 이용량은 총 2,110 TOE로서 총 에너지 수요의 약 1.1%를 차지할 정도를 차지하고 있다. 그러나 이들 보급량의 대부분은 폐기물 소각 바이오 태양열등이 차지하고 있어, 정부는 보급 및 확대를 위한 획기적 방안으로 태양광, 풍력, 연료전지 등을 기술개발 대상 중점 프로그램으로, 그리고 보급대책으로는 대체에너지 발전 전력 우선 구매제도와 2006년까지 총 전력 생산량 1% 전원 구성 의무화 방안 등을 통하여 대체에너지원 보급실

용화를 도모하고 있다.

국내 대체에너지 기술 개발 현황을 살펴보면 태양광 발전의 경우 주택용 태양광 시스템 보급 및 신형 전지 개발, 풍력의 경우 750 kW급 국산 풍차발전기 개발, 연료전지 경우에는 50 kW 인산형 및 100 kW급 용융탄산염 발전시스템 개발 등이 진행되고 있으며, 이와 별도로 국내 보급량도 꾸준히 증가되고 있다. 2000년 말 기준 국내 태양광발전 보급량은 4.0 MW, 풍력의 경우 제주도 행정단지를 비롯하여 총 8.0 MW 등이 보급되어 운용되고 있다. 이외에도 소규모 파력 발전장치 개발 및 수소에너지 개발 사업 등이 국책 사업으로 진행되고 있다. 그러나 국내 대체에너지 개발은 기술 개발에 대한 투자규모가 선진국에 비하여 극히 적고 공급 규모 비중도 아주 낮아 아직은 기술 개발에 대한 많은 투자와 실용보급에 대한 노력을 적극적으로 추진하여야만 한다. 표 1은 2000년도 대체에너지원별 공급비율을 보여 주고 있다. [임희천, 한전 전력연구원]

압경수로(APWR)와 프랑스 및 독일이 공동 개발하는 유럽형 가압경수로(EPR), 캐나다의 개량형 중수로(CANDU - 9) 등이 있으며, 국내에서도 차세대원자로(KNGR)의 개발이 완료단계에 이르러 곧 건설을 준비하고 있다.

현재 국내에는 16기의 원전이 가동되고 있고, 4기가 건설 중에 있으며, 정부의 자기전력수급계획에 의하면 2015년까지 이미 건설기본계획이 확정된 신고리원전 1, 2호기와 신월성 원전 1, 2호기(한국표준형원전), 신고리원전 3, 4호기(신형경수로-1400)를 포함한 8기의 원전을 추가로 건설할 계획으로 있어 이는 건설될 총 신규 발전설비 중 약 34%를 원자력이 충당하게 되며 원자력 발전설비의 구성비가 33%로 증가되고 원자력 발전량도 총 발전량의 44%를 감당하게 될 것이다. 이에 따라 원자력발전소는 운영의 안전뿐만 아니라 설계, 건설, 운영을 통한 성능개선 및 설비의 개량화로 안전성과 경제성, 기술성 및 효율성을 높이는데 최선의 노력을 다하고 있다.

이를 좀더 자세히 살펴보면 IT

표 1 2000년 대체에너지 원별 공급 비중

구분	폐기물	바이오	태양열	소수력	태양광	풍력	계
공급량	서울 부산등 소각로 473기	추정 식품공정 120소	태양열 온수기 18 만대 급탕3천대	영월, 대아 등 총 24개소 42 MW	하화도, 등 4.0 MW	제주 행원등 17기 8.0.MW	2,110 TOE
공급비중 (%)	93.4	3.3	2.1	0.8	0.3	0.1	100

원자력에너지

현재 선진국가에서 개발중인 신형원자로로는 미국의 개량형 가

기술을 이용한 원전건설의 생산성 향상을 위해 건물의 구조해석과 시공간섭사항을 쉽게 확인할 수 있는 3D 모델의 도입, 시공작

업자 수준의 업무까지 시스템화한 원전건설종합정보시스템(INPCS : Integrated Nuclear Project Control System)을 개발하여 건설원가를 절감함으로써 경제적인 원전건설에 기여할 수 있도록 하였고, 원전의 설계기술 개발의 일환으로 1,000MW급 한국표준형원전의 지속적인 설계 개선화와 1,400MW급 신형경수로(APR-1400)의 단계별 기술개발, 원전기술의 고도화를 통한 원전건설 및 운영분야의 핵심기술을 개발하여 국제적으로 경쟁력 있는 독자기술 능력을 확보할 계획이다. 또한 유체고속로 및 고속 증식로, 미래의 꿈의 에너지원이라 불리는 핵융합로의 개발을 선진국과 함께 공동 참여함으로써 21세기 초 원전의 선진국으로 도약하는 계기가 될 전망이다.

원전 운영의 신뢰도 향상과 최적관리를 위해 노심 운전분석 기술개발을 통한 운전성 향상, 설비 유지정비를 위한 정비의 최적화, 원전의 수명관리, 안전해석 기술 및 확률론적 안전성평가(PSA) 기술, 원전안전 실험실용 기술 등의 개발과 원전의 안전성 향상을 위한 주기적 안전성 평가(PSR), 모터구동밸브(MOV) 안전성평가 및 진단기술을 통한 기기의 건설성 평가기술 등 원전의 최적 안전운전을 위한 꾸준한 기술개발이 추진되고 있다.

2000년도에 발표된 연구결과를 살펴보면 다음과 같다.

원자력 발전소 전력 생산의 경제성에 있어서 성능관리 및 유지보수에 드는 비용의 비중이 증가하고 있는 추세이므로, 정확한 성능 파악 및 개선에 의해서 발전소

효율 증대를 기하며 향상된 경제성 운전 및 발전소 유용도를 확보하는 것은 원자력 발전소의 운전 및 관리에 있어서 매우 중요시 되고 있다. 과거에는 원자력 발전소 운전에서 안전 운전 및 트립 방지의 운전이 절대적인 관심사였다. 하지만 현재는 트립에 대한 대책은 이미 기본적으로 완비된 상태에서 성능개선이 수익성과 직결된다는 관점에서 원전을 운전하고자 한다. 따라서, 원전 수명평가와 열화 개선에 대한 연구와 함께 원전의 경제성 향상을 위한 주요 연구가 이루어지고 있다. 특히 터빈 사이클의 효율 향상은 전력 공급량 결정 요인이라는 측면에서 경제성과 직결되므로, 터빈 사이클 성능은 원전 전체 성능에 가장 중요한 요소이다. 성능분석에 있어서 가장 중요한 요소는 성능 계산에 사용되는 온도, 압력 및 유량 측정 데이터를 검증하고, 또한 유효화한 후에 성능 계산과 분석에 사용하는 것이다. 입력 측정 데이터에 대한 검증이 제대로 이루어지지 않은 경우 성능 계산 결과의 신뢰성이 전혀 보장되지 않으므로 입력 측정값에 대한 유효화 및 검증이 중요하다. 이에 대한 연구로 정상운전 중에서 어느 하나의 측정 데이터가 잘못 측정되었을 때, 이 측정 오류 정보가 사이클의 다른 측정 데이터로부터 발견될 수 있다는 가정에서 설계 데이터, 인수 성능 데이터 및 기타 정상 운전 데이터를 기반으로 오류 데이터를 정확하게 추정하는 알고리즘을 개발하고, 이를 바탕으로 입력 검증 모듈을 구축하였다. 개발된 알고리즘과 모듈을 원자력 발전소 고리 1, 2, 3,

4 호기, 월성 1호기, 영광 1호기 및 울진 1호기를 대상으로 시험 분석하였다. 이를 기반으로 원자력 발전 열성능 분석 시스템에 통합하여 보다 정확한 성능 분석을 할 수 있는 성능 분석 시스템을 구축하였다.

가동 중인 원자력 발전소의 유지보수, 즉 최적관리를 위해서는 운전 중인 원자력 발전소의 열성능을 분석하여 주요기기 및 계통의 운전 상태를 파악하고, 성능저하 요인을 도출한 후 적절한 설비의 보수 또는 개선 계획을 수립하는 것이 중요하다. 이에 대한 연구로 영광원자력 1호기를 대상으로 가동 중인 원자력 발전소 터빈 사이클의 열성능을 분석하여 공급자가 제시한 기준모델을 기반으로 성능시험 열평형 계산을 수행하였다. 이를 통하여 발전기 출력의 민감도를 분석하고 기기의 성능이 발전기 출력에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과 저압터빈의 성능을 개선 할 경우 100 kW의 출력 증대를 예상할 수 있고, 급수가열기 최종단의 성능을 개선시킬 경우 1.82 MW의 출력을 증가시킬 수 있는 것으로 나타났다.

원자력 발전소에서 일어나는 사고를 가상하여 용융물 고압 분출 모의 실험을 수행한 결과를 발표하였다. 물과 우즈메탈을 이용하여 상사용융물의 질량, 화형통로의 면적, 파손직경, 상사 용융물의 밀도 등을 변화시키면서 모의원자로 용기 압력 변화에 대하여 방출분율을 얻었다.

원자력 발전소 열교환기의 건설성 및 오염정도를 예측하기 위하여 fouling factor를 도입하여

국내 특정 원전 1차측 열교환기의 평가를 시도하였다. Fouling 평가 결과, 잔열 제거 열교환기의 오염 정도는 높은 반면 유출 및 재생 열교환기의 오염 정도는 거의 없는 것으로 확인되었다. 이 결과로부터 항상 운전중인 유출 및 재생 열교환기는 거의 오염이 진행되지 않지만, 원자로 냉각 및 핵연료 재장전 동안 원자로 냉각재의 온도를 정지 냉각 온도로 감소시키기 위해 간헐적으로 운전되는 잔열 제거 열교환기는 오염이 많이 진행되는 것을 알 수 있다. 하지만, 오염 진행 정도가 설계수명을 고려할 때 열교환기의 열성능에 미치는 영향은 설계수명 종료시점까지 크지 않을 것으로 보고되었다. [이우방, 원자력건설처/ 조형희, 연세대학교]

연소기기

연소기기는 공업로 및 보일러 등에 사용되는 버너 및 가스터빈 연소기 등으로 구분할 수 있으며, 에너지 절약 및 저공해 연소기술에 대한 연구가 주종을 이루고 있다. 최근에는 기후협약에 따른 온실가스 저감과 관련한 연소기술에 대한 연구가 주목받고 있다.

에너지절약, 즉 고효율 연소기술로는 축열을 포함한 고온 공기 연소기술, 촉매 연소기술 등이 진행되고 있으며, 이와 관련한 연료 분사 특성, 열유동 해석 등도 함께 수행되고 있다. 저공해 연소기술은 주로 저 NOx 연소기술에 초점을 맞추어 연구가 진행되고 있으며, 환경규제가 강화됨에 따라 이에 대한 요구는 급속히 증가하고 있다. 저 NOx 연소기술로

는 농담연소, 연료 및 공기 다단 연소, 재연소, 배기가스 재순환, 산소연소, 진동연소 등을 들 수 있으며, 이 중 공기 다단연소기술을 이용한 저 NOx 버너가 주종을 이루고 있다. 현재, 국내의 경우에도 저 NOx 연소에 대한 연구는 한국기계연구원, 한국에너지기술연구원 및 한국가스공사 연구개발원 및 고동기술연구원 등에서 진행되고 있으며, 일부 결과는 상용화되고 있으나, 아직까지 현장에서는 많은 경우 버너를 수입하여 사용하고 있어 막대한 외화를 허비하고 있다. 따라서, 저 NOx 버너 개발에 대한 연구를 보다 활성화시키며, 한편으로는 국내 기술이 현장에 적용될 수 있도록 제도적인 뒷받침이 필요하다. 최근에는 규제가 더욱 더 강화됨에 따라 저 NOx 버너와 SCR 또는 SNCR 등을 혼합하여 NOx를 저감하는 방법 등이 시도되고 있으며, 새로운 저 NOx 연소기술을 응용한 버너가 등장하고 있다. 온실가스 저감과 관련하여서는 국내의 경우에도 한국과학기술원을 중심으로 ERC가 구성되어 이에 대한 기초연구를 수행하고 있으며, 연료-산소-CO₂ 연소기술 등 CO₂ 및 N₂O 등의 온실가스 저감에 관한 연구가 향후 활발히 진행될 것으로 예상된다.

가스터빈 연소기와 관련하여서는 국내의 가스터빈 개발사업 자체가 미미하여 연구가 활발히 이루어지지 못하고 있지만, 최근 발전용 소형 가스터빈에 대한 필요성이 대두되면서 몇몇 업체에서 가스터빈 사업을 준비하고 있다. 가스터빈의 경우에도 환경규제를 만족시키기 위한 NOx 저감에 대

한 연구가 필수적이므로, 선진국의 경우에는 이에 대한 연구가 매우 활발히 진행되고 있으며 국내의 경우에도 연구가 시작되고 있다. 저 NOx 기술로는 예혼합 희박연소, 과농 희박연소 및 촉매연소 기술 등을 들 수 있으며, 현재까지는 예혼합 희박연소기술이 가장 적합한 기술로 인식되어 연구가 활발히 진행되고 있으며, 일부 기술은 상용화되고 있다. 최근에는 촉매를 이용하여 NOx를 현저히 낮추는 기술이 개발되어 상용화를 시도하고 있다. 연소기기 개발에 관한 연구는 에너지 절약과 저공해 연소기술을 중심으로 진행되고 있으나, 두 경우를 모두 만족시키는 고효율 저공해형 연소기술 개발이 요구되고 있다. 특히, 저공해에 따라 연소효율이 저하되는 경우가 많으므로 새로운 연소기술의 개발에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 차세대 연소기기로는 산소 연소기술, 수소 이용기술 및 폐가스 또는 신연료이용기술 등 대체연료 사용에 관한 연구와 새로운 연소방법 개발에 의한 연소기기의 고효율 저공해 연소기술을 기대할 수 있다. [이기형, 한양대학교]

공기조화

공기조화기는 실내공기의 온도, 습도, 기류 및 청정도를 함께 조절할 수 있는 시설로서 인위적으로 실내 또는 일정한 공간의 공기를 사용 목적에 적합하도록 조절하는 기구이다. 생활 수준 향상에 따라 쾌적 환경 요구조건이 단순 온도조건에서 습도, 기류, 공기 청정화까지 포함시키고 더 나

아가 소음과 진동의 방지영역까지 확대되고 있다. 또한 산업이 다양화됨에 따라서 산업용 시설에서 공기조화의 응용범위가 확산되고, 공기조화방식, 공기조화기의 배치, 경제성 등과 같은 설계 사양의 변화에 따라서 공기조화기의 설계도 변경되어야 한다. 이에 대한 연구로 공기조화기의 형식, 구조, 설치장소, 입구 공기의 온도와 습도 조건에 따라 공기조화기의 크기 및 코일 설계 등을 자동 제작할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 또한, 설계를 전산화하고 국내에서 생산되는 부품을 기준으로 매번 반복되는 도면 작업시간을 줄여줌으로써 수요자의 요구에 신속하게 견적에 필요한 설계결과와 승인도면을 작성할 수 있도록 하였다. 또한, 설계 프로그램의 결과를 검증하기 위하여 기존에 제작된 설계사양을 비교, 검토하였다. 그 결과, 제작된 프로그램은 냉수, 온수 및 증기 코일의 사양을 냉방부하에 맞게 설계하고 이를 통한 필터, 송풍기 등의 설계사양을 결정할 수 있는 자료를 제공할 수 있게 하였다.

지금까지 공간에서의 열환경에 관한 연구는 주로 대형 건물 또는 밀폐공간에 대한 것이 대부분이었으나, 최근에는 실제 산업현장 내의 시험실을 대상으로 수치해석을 수행하였다. 산업현장에서 시험을 목적으로 사용하는 많은 전자장비 특히 항온조는 큰 발열원으로 내부 공기온도를 높게 상승시킨다. 이와 같은 장비들의 안정적 운전을 위하여 주위온도를 적정온도(약 30°C) 이하로 유지하여야 하며, 이를 위해서 여러가지 공조방식(에어콘)을 사용하고

이는 높은 전기에너지 소비원이 된다. 환경시험실의 환기를 위해서 봄, 가을 및 겨울은 자연환기 방식으로 충분하지만 여름에는 많은 에어컨을 가동하여야만 한다. 이에 대한 최적 열환경 설계로 에너지 절약을 위하여 다수의 열원이 존재하는 환경시험실에 여러가지 환기 방식을 적용하여 그에 따른 열환경 변화 특성을 수치해석적으로 연구하였다. 연구결과 창문배풍기의 위치 및 크기와 공기 순환용 대형선풍기의 적절한 사용으로 시험실 온도를 크게 낮출 수 있으므로, 에너지 절약을 위해서 열환경 해석이 필요함을 보였다. 산업 발전과 더불어 대기오염이 심각해지고 더불어 실내공기 오염의 문제가 심각해져 이에 대한 연구가 수행되었다. 특히 실내에 각종 사무기기로 인하여 오염원이 다양해지고 에너지 절약을 위한 건물의 기밀화 등은 실내공기의 환기가 더욱 중요해지고 있다. 주된 오염물질은 연소가스, 담배연기, 미생물성 물질, 휘발성 유기화합물 등이 있으며, 저하시킬 수 있는 요인으로 신선한 외기 공급, 순환 풍량, 공기 정화설비를 들 수 있다. 실내 공기 오염에 대한 제어 방안으로 오염 발생원을 제거 또는 대체, 개선, 환기, 공기청정기 등에 의한 공기 청정 등이 제안되고 있고, 이를 위하여 건물의 총 에너지 소비에 50~60%를 차지하고 있는 것으로 보고되고 있다. 따라서, 실내공간의 최적 환기성능을 위하여 환기방식별 환기특성을 소형 모형실에 실험을 수행하여 보고하였다. 또한, 연구를 실공간에서의 환기성능 평가에까지 확

장하였다.

실내환경은 온도, 습도, 기류, 복사온도 등의 온열환경과 탄소 가스, 일산화탄소, 분진, 냄새, 질소 산화물, 공기중 미생물 등의 오염물질에 관련한 공기질의 청정 환경으로 크게 구분할 수 있다. 종래에는 실내 공간을 단지 작업공간이라는 관점에서 주로 온도와 습도 등 규정된 일정치를 유지하는 확실적인 상태 형성에 주안점을 두고 단순하게 온도와 습도 등 온열환경만을 조절하는 에어컨 위주로 시장이 형성되었다. 하지만 최근에는 건물의 기밀화와 실외공기질의 악화로 실내에서 발생하는 오염물을 공기정화 장치를 통하여 제어하는 것에 관심이 집중되고 있다. 이에 대한 연구로 쾌적한 실내 공기질을 유지하기 위하여 요구되어지는 공기정화 장치의 성능을 분석하기 위하여 실내 오염 입자의 대표적인 담배입자를 이용하여 실내공간에서 오염입자 제거 특성을 파악하였다. 연구 결과 공기정화 장치에서 1 μm 이상의 입자들은 99% 이상의 효율로 제거됨을 보였다.

흡수식냉동기에서 헬리컬 흡수기의 LiBr 수용액의 냉매증기 흡수과정을 수치해석을 통하여 막 Reynolds 수 변화에 따른 흡수량변화에 대하여 연구하였다. 흡수식 냉방기의 성능향상을 위하여 평활관, 플로우관 및 친수성 코팅관의 흡수기용 전열관에 대하여 가시화장치를 이용한 접수를 측정과 계면활성제 첨가능도에 따른 열전달 특성에 대하여 실험적으로 연구하였다.

열펌프용 열교환기의 열전달

향상을 위하여 마이크로 핀관 내 R410A의 응축열전달 특성에 관한 실험적 연구로 냉동 공조 시스템에서 압축기로부터 유출되는 냉동유가 마이크로 핀 증발관내 냉매 R-290의 열전달 특성에 미치는 영향에 대하여 평가하였다. HFC 순수냉매 및 3성분 혼합냉매의 수평관내 응축열전달 특성

에 대하여 실험적 연구를 수행하여 낮은 질량속도에서는 3성분 혼합냉매가 HFC134a보다 성능이 20% 정도 저하되지만 높은 질량속도에서는 유사함을 보였다.

알루미늄 다채널 평판관내 R-22 응축에 관한 연구로는 평할 평판관과 미세핀 평판관을 비교 실험하여, 열전달계수는 미세핀

평판관이 평할 평판관보다 30~50% 높음을 보였다. 또한 그 차이는 건도가 증가할수록 증가하며, 고건도 영역에서 미세핀 평할관은 평할 평판관과 달리 질량유속이 증가에 무관하게 열전달계수가 일정함을 보였다. [조형희, 연세대학교]

기계용어 해설

▶ 균열진전각(Crack Propagation Angle)

혼합모드 문제에서 초기경사균열의 연장선에 대한 균열의 진전각

▶ 시뮬레이터(Simulator)

물리 현상의 모의(擬)모형 중심의 장치 또는 수리(數理) 모델 연산용(演算用) 컴퓨터 등을 말하는 것으로써 보통 각각의 용도가 분명히 정해져 있는 이른바 단능기(單能器)이며 용도에 대응하여 여러 가지 장치가 만들어져 있다.

▶ 세관(Small Diameter Tube)

최근들어 기존의 대구경관(7mm 이상)에서 나타나는 유동양식과 열전달특성이 세관(7mm 이하)과는 다르게 나타남에 따라 세관에 대한 확실한 규정이 있어야 한다고 판단된다. 따라서 “관 내경 7mm 미만 정도의 원형관과 장방형관(수력학적 직경이 7mm 이하)”을 세관으로 규정하는 것이 타당하다고 생각된다.

▶ 압전판(Piezo-Plate)

압전판은 동판에 PZT(Lead-Zirconate-Titanate) 세라믹을 결합시킨 것으로써 전극을 지

니고 있는 PZT 세라믹에 전압이 가해지면 세라믹에 변위가 발생하여 판 전체가 변형된다.

▶ 일함수(Work Function)

물질의 고유 물성치로서, 물질 내부에 존재하는 전자가 열, 빛, 전기장, 마찰 등의 외부 에너지에 의해 물질 표면으로부터 외부로 이탈하는데 필요한 에너지의 크기를 나타내며, 단위는 전자 볼트[eV]이다.

▶ 조향장치(Steering System)

조향핸들(Steering Wheel)의 회전을 기어장치로써 직선운동으로 바꾸어 자동차의 주행방향을 바꾸는 장치

▶ N4SID

대표적인 부분공간 시스템 규명법으로서 입출력 데이터로부터 생성된 블록 Hankel 행렬에 대하여 RQ분해를 수행한 후 특이치분해로부터 상태벡터를 계산한다. 그리고 상태공간 모델의 시스템 계수는 최소 자승법으로부터 계산되어진다. 이 알고리즘을 입출력 데이터 또는 규명대상에 불확실성이 포함된 경우에도 적용할 수 있어 실 시스템의 규명에 많은 유용성을 가진다고 할 수 있다.