

## 42. 작동압력변화에 따른 마이크로 채널내 대류비등 열전달

냉동공조공학과 윤 태 영  
지도교수 방 광 현

21세기가 도래하면서 정보의 수집, 분석, 관리 및 전송속도의 중요성이 더욱 부각되고 있고, 이를 위한 기술개발의 속도가 비약적으로 발전하고 있다. 특히 노트북의 중앙정보처리장치(CPU)의 고성능화, 초소형화가 가속되고 있다. 중앙정보처리장치의 고성능화 및 초소형화로 인하여 더 작은 면적에 더 많은 반도체 소자들이 집적되어 단위 면적당 발열량은 급속하게 증가하게 되었다. 이와 같이 중앙정보처리장치의 고성능화, 초소형화가 계속된다면 개인용 노트북의 경우 중앙정보처리장치의 성능은 수십기가 헤르쯔대의 정보 처리 속도와 수백 와트 이상의 열량이 발생할 것으로 예상된다. 이러한 고밀도의 열량을 효과적으로 소화하기 위해서는 현재의 냉각팬과 방열핀을 사용한 냉각방식은 곧 한계에 도달할 것으로 판단되어진다. 이러한 문제점의 대안으로 미세 가공기술을 이용한 각종 마이크로 냉각장치에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

반도체 냉각방법에 대한 연구는 현재 크게 두 부분으로 구분할 수 있다. 액체나 기체를 이용한 단상 강제 냉각방식과 상변화 열전달을 이용한 냉각방식이다. 두 연구 분야 모두 반도체의 표면에 마이크로 채널을 가공하고, 그 채널내로 작동유체를 흐르게 하여 열을 흡수, 제거하는 방식이다. 현재의 연구 추세는 단상유동방식에서 상변화 열전달을 이용한 이상 유동을 이용하는 냉각방식으로 연구의 방향이 발전하여 오고 있는 실정이다.

본 연구는 마이크로 크기에서의 열 유동현상을 이해하기 위한 기초 연구로써, 마이크로 채널의 작동압력의 변화가 비등열전달계수와 압력강하에 어떠한 영향을 미치는지 실험적으로 관찰함과 동시에 반도체 냉각을 위한 초소형 냉각기 개발을 위한 기초연구이다.

실험장치의 구성은 튜브 연동펌프, 예열기, 시험부, 그리고 작동압력을 변화시키기 위한 진공챔버를 시험부의 후단에 연결하였으며, 작동유체로는 탈이온수를 사용하였다. 시험관으로는 재질이 304SS인 내경 310  $\mu\text{m}$ 의 튜브를 사용하였다.

시험조건은 열유속은 35에서 86  $\text{kW/m}^2$ , 질량속도는 203에서 305  $\text{kg/m}^2\text{s}$  ( $\text{Re} = 168 \sim 254$ ), 평균 작동압력은 11에서 19 kPa 범위에서 실험을 실시하였다.

본 실험에 의해 측정된 대류비등열전달계수는 3에서 27  $\text{kW/m}^2$ 의 값이 측정되었으며, 측정된 열전달계수는 열유속과 포화압력의 변화의 영향을 받으며, 질량속도의 영향은 적다는 것을 알 수 있었다.

또한 출구 압력이 11.04 kPa과 14.75 kPa로 유지하였을 때에는 단상열전달보다 오히려 낮

은 열전달계수를 나타내었고, 출구 압력을 19.81 kPa로 유지하였을 때는 열전달 계수가 단상 열전달계수에 비해 최대 2.5배 이상값을 나타내었다. 하지만 열유속이 증가함에 따라 열전달 계수가 급격히 감소하는 현상을 나타내었다.

### 43. 루버 핀 형 복합 유로 방열기의 열설계 모델 개발

냉동공조공학과 안 종 욱  
지도교수 방 광 현

본 연구에서는 고마력 디젤 엔진 등에 사용되는 대용량 방열기의 열설계에 필요한 이론적 해석 모델을 개발하였다. 이러한 경우 방열기는 일반적으로 고밀도 열교환기로서 소형, 경량화, 고효율화로 설계되는 것이 특징이며, 방열량을 최대화하기 위해 루버 또는 옴셋 핀 등의 이용과 직교류를 응용한 복잡한 유로로 설계된다. 본 연구에서는 이러한 복합 유로를 가진 루버 핀 형 열교환기의 방열량 및 공기의 압력손실을 계산할 수 있는 이론적 해석모델을 개발하였다.

이 모델에서, 복합 유로 방열기의 코어를 냉각수의 유동 방향으로 일정한 갯수의 부분 (여기서는 매크로라 칭함)으로 구분하고 각각의 매크로 (Macro)는 작은 셀 (cell)들로 구분한다. 각각의 셀들은 직교류 형태이며, 유용도-NTU 방법에 의해 각 셀에서의 방열량이 계산된다. 총괄 열전달 계수와 NTU는 핀-튜브 설계 파라미터들과 냉각수 측 및 공기 측 열전달 계수 상관식에 의해 결정되며, 각 매크로의 방열량은 각각의 매크로로 유입되는 냉각수 입구 온도를 먼저 계산하고 순차적으로 계산하게 된다. 본 해석 모델을 120~365 kW 용량의 방열기에 적용해 본 결과, j-factor 모델에 대한 불확실성으로 인한 오차와 시편의 브레이징 상태가 완전하지 못한 점 등의 문제가 있었지만, 실험 데이터에 상응하는 신뢰성있는 결과를 보였다.

루버 핀 형 열교환기의 공기 측 압력 손실은 루버 피치, 루버 각, 핀 피치, 튜브 피치 등의 많은 설계 변수에 의해 결정된다. 본 연구에서는 전면적이  $200 \times 150 \text{ mm}^2$  인 열교환기 시편을 순환형 풍동 내에 부착하여 유입 속도에 따른 공기 측 압력 강하를 측정 실험을 수행하였으며, 측정된 압력 손실 데이터로 마찰 계수를 계산하였다. 계산된 마찰 계수를 기존의 4가지 상관식과 비교한 결과 실험과 예측치가 큰 차이를 보였다.