

펄티어 소자를 이용한 냉방모듈 성능해석

한 철 희^{*1)}

충주대학교 항공기계설계학과¹⁾

Performance Analysis of Cooling Module using Peltier Elements

Cheolheui Han^{*1)}

1)Department of Aeronautical and Mechanical Design, Chungju National University, 50 Daehak-Ro, Chungju 380-702, Korea

(2011. 03. 31 Received / 2011. 05. 07 Accepted)

Abstract : Thermal analysis of a cooling module using Peltier elements are performed using a commercial software, CFD-ACE+. A standard k-e two-equation turbulent model is applied in order to represent the turbulent shear stress. Computed values are compared with the theoretical values for the validation. The effect of mass flow rates and transferred heat amounts on the temperature distributions inside the cooling system is analyzed. It was found that the increase in the mass flow rates causes the exit temperature rise. The increase in the absorbed heat amount diminished the overall temperature on the fin surfaces. In the present analysis, the material characteristics of the Peltier element itself are not considered. In the future, the effect of the turbulence models and material characteristics will be studied in detail.

Key words : Thermal Analysis(열 해석), Computational Fluid Dynamics(전산유체역학), Thermo-Electric Module(열 전소자), Performance Analysis(성능해석), Peltier Element(펄티어 소자)

1. 서론

펄티어 소자는 냉매를 사용하는 일반 냉각장치들에 비하여 진동이나 소음 부분에서 많은 장점이 있으며, 냉매사용으로 인한 환경문제를 걱정할 필요가 없다. 펄티어 소자를 활용한 열교환기의 경우 구성이 간단하고 운동기구부가 존재하지 않으며 수명이 반영구적이라는 장점이 있다. 이러한 장점들로 인하여, 항공우주, 의료 및 전자분야에서 적외선 검출장치, 컴퓨터 부품 국소냉각, 우주탐사선 열전발전 등에 펄티어 소자를 이용한 냉난방 장치가 개발되고 있다. 최근에는 형상기억 합금과 펄티어 소자를 결합하여 로봇이나 의료기기에 사용되는 형상기

억 합금의 온도제어에 펄티어 소자를 사용하는 연구가 활발히 진행 중이다.

신우철 등¹⁾은 형상기억합금 기반 공구홀더의 공구교환 작동에 필요한 전용냉각 및 가열장치 개발을 위하여 펄티어 소자의 특성 및 성능시험 연구를 수행하였다. 정정훈 등²⁾은 열전소자를 사용한 냉난방 시트를 사용한 공조시스템 성능시험 연구를 수행했다. 이공훈 및 김옥중³⁾은 마이크로 열전 냉각기의 3차원 열 성능해석 연구를 수행했다. 그러나 기존 연구들은 대부분 실험 또는 이론해 개발 연구들로 전산해석 연구결과는 아직 많지 않다.

본 연구에서는 펄티어 소자와 핀 그리고 블로워를 포함한 냉방모듈에서 질량유량 및 흡열량에 따른 성능해석 연구를 수행했다.

* Corresponding author. E-mail: chhan@cjnu.ac.kr

2. 수치해석

2.1 기하학적 형상 및 격자

Fig.1 및 Fig. 2에 본 연구에 사용한 냉방장치의 기하학적 형상 및 격자 시스템을 나타내었다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이 펠티어 소자 상부에 수백개의 핀이 부착되어 있으며, 핀 상부와 덕트 시스템이 연결되어 있는 구조이다. 덕트를 중심으로 대칭형상을 하고 있으므로, 본 연구에서는 한쪽 단면에만 격자를 생성시키고 대칭면에는 대칭 경계조건을 부여하였다. 많은 수의 핀으로 인하여 해석의 정확도를 기하기 위하여 약 4백만개의 비정렬 격자를 사용하여 계산하였다.

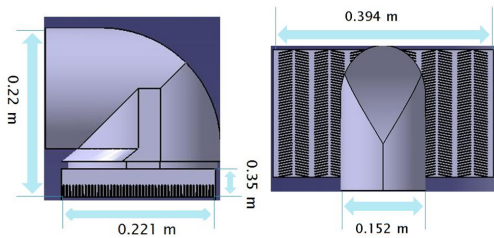


Fig. 1 Geometric shapes of the cooling system

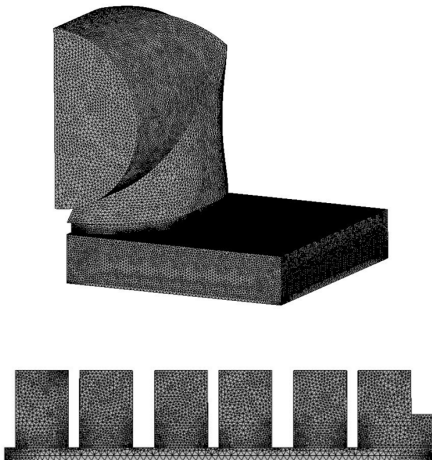


Fig. 2 Grids for the present analysis

2.2 기하학적 형상 및 격자

본 연구에서 전산 열전달 해석을 수행하기 위하

여 CFD-ACEW+상용프로그램을 활용하였다. 본 연구에 사용한 난류 모델은 Standard K-e 2차 방정식 모델이다. 또한 펠티어 소자에 부착된 핀은 알루미늄 합금으로 물성치를 부여하였으며, 공기의 밀도 및 점성 등은 이상기체 상태 방정식과 Sutherland 법칙을 사용하여 온도 변화에 따른 물성치 변화를 고려하였다. 핀 입구에서의 압력은 대기압으로 설정했으며 입구 온도는 섭씨 36도이다. 또한 핀을 제외한 덕트 및 핀 상부에는 단열조건을 부여하였다.

Fig. 3은 상대오차를 나타낸 그림으로 본 연구에서는 정압, 전 엔탈피, 난류운동에너지 및 소산율이 10^{-4} 이하의 크기로 작아질때 해가 수렴한다고 판단했다. 본 연구에서는 1000번 이상의 반복계산이면 수렴조건을 만족하였다.

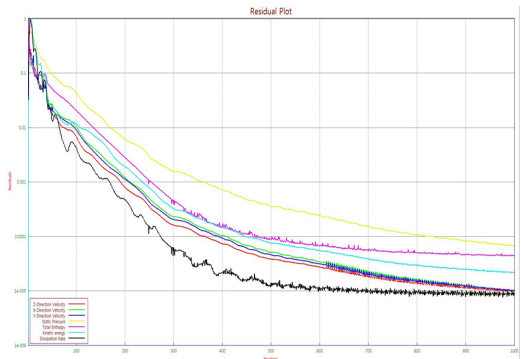


Fig. 3 Convergence test

3. 결과 및 분석

본 연구에서 사용한 펠티어 소자는 기본적으로 단위 면적당 1500W의 열을 전달하는 능력을 보유하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 먼저 1500W의 히트 싱크 경계조건하에 질량유량 변화에 따른 냉각 시스템 온도변화특성을 살펴 본 후, 고정된 질량유량에서 냉각열량 변화에 따른 온도 특성 변화를 살펴 보았다.

3.1 질량유량의 영향

Fig. 4에 질량유량의 변화에 따른 냉각 시스템 및 핀 표면에서의 온도분포의 변화를 나타내었다. Table 1에 계산으로 도출한 출구온도 및 흡열량과 이론값의 비교를 나타내었다. 출구온도에서 이론값과 계산 값 사이에 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

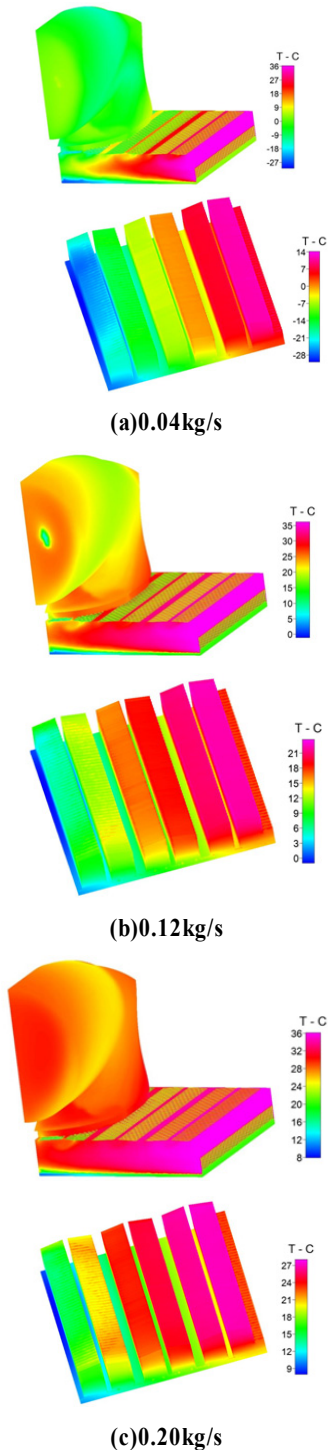


Fig. 4 Temperature changes due to the change of mass flow rates

그림 및 표에서 질량 유량이 증가하면 오히려 냉각 시스템 전체나 핀 표면에서의 온도가 더 높은 것을 알 수 있다. 따라서, 핀 표면을 통과하는 질량유량의 증가가 오히려 냉각성능을 저하시키고 있음을 알 수 있다. 이는 대류 열전달율은 대류열전달 계수 값과 온도 차이에 크게 비례하는데, 높은 유속에서는 오히려 대류 열전달계수 값이 커지므로 동일한 열전달률을 유지하기 위해서는 결국 온도차이가 작아질 수밖에 없기 때문이다.

Table 1 Computed exit temp. and absorbed heat

질량유량 (kg/s)	출구온도(°C)		흡열량(W)
	이론	전산해석	전산해석
0.04	-1.24	0.28	1495
0.081	17.61	17.85	1478.4
0.12	23.58	23.67	1486.6
0.16	26.69	27.15	1428
0.20	28.55	28.94	1419.8
0.24	29.79	30.14	1411.4

반면, Fig. 4에서와 같이 동일한 질량유량에서 열전달량 자체를 증가시키면 핀 상단부의 온도는 크게 낮아지는 것을 알 수 있다. 그러나 전체적으로 단면을 가로 지르는 온도의 분포는 매우 동일한 양상을 보이고 있다. 따라서, 열전달량에 따른 온도 차이가 비례관계를 알 수 있으며 이는 이론과 잘 일치하는 결과이다.

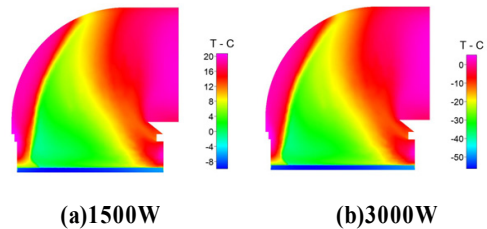


Fig. 4 Temperature changes due to the change of transferred heat amounts

4. 결 론

본 연구에서는 펠티어 소자를 사용한 냉방모듈에서 질량유량 및 히크싱크 열전달량 변화에 따른 냉각시스템 온도분포 변화를 연구하였다.

- 1) 이론값과 계산 값이 잘 일치 하여 본 연구방법의 타당성을 검증하였다.
- 2) 질량유량이 증가 할수록 오히려 출구 온도 및 핀 표면에서의 온도는 증가하였다.
- 3) 열전달량 증가에 따라 출구 온도 및 핀 표면 온도는 급격히 감소 하였다.

향후 난류모델 변화에 따른 계산 정확도 검증 연구를 수행할 예정이다.

Acknowledgement

"이 논문은 2011년도 충주대학교 교내학술연구비의 지원을 받아 수행한 연구임. 또한 지식경제부 산업기술 개발사업 상용차용 고효율 저공해 동력시스템 핵심기술 개발의 지원을 받아 수행하였으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다."

References

- 1) 신우철, 노승국, 김병섭, 박종권, "소형 가열 및 냉각장치 개발을 위한 펠티어소자 특성 실험적 고찰", 한국공작기계학회 2010 추계학술대회 논문집, 00.40-43.
- 2) 정정훈, 김성철, 원종필, 노상호, 조용석, "노즐 형태의 토출구를 이용한 냉난방 시트 성능에 관한 실험적 연구", 한국자동차 학회 논문집 제 17권 3호, pp.110-116, 2009.
- 3) 이공훈, 김육중, "마이크로 열전 냉각기의 3차원 열 성능 해석", 대한기계학회 2005 춘계학술대회 논문집, pp.1883-1888.