

## 자연대류에서 유한요소법을 이용한 히트싱크의 성능비교

이민<sup>1</sup> · 이춘규<sup>†</sup>

한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 컴퓨터응용기계설계과<sup>1</sup>  
공주대학교 금형설계공학과<sup>†</sup>

### A performance comparison of heat sink using FEM in the natural convection

Chun-Kyu Lee<sup>1</sup> · Min Lee<sup>†</sup>

Department of Computer Applied Mechanical Design, Seoul Jungsu Campus of Korea Polytechnic<sup>1</sup>  
Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju National University<sup>†</sup>

(Received February 23, 2018 / Revised March 20, 2018 / Accepted April 01, 2018)

**Abstract:** The peltier thermoelectric module are used to cool the heat generated by electronic equipment. In order to increase the efficiency of the peltier thermoelectric module, the heat must be released to the outside. A heat sink is used to discharge such heat to the outside. in this paper, two types of heat sinks with internal tunnels were designed. And the heating and cooling performance of the heat sink with internal tunnel structure was compared and analyzed through ANSYS. The heat sink of the A type had better heat transfer than the heat sink of the B type. Which is about 70% improved.

**Key Words:** Cooling, Heating, Heating sink, Peltier thermoelectric module, The natural convection

### 1. 서 론

전자 및 기계 산업의 발전에 따라 산업 장비나 전자 장비는 고성능화, 소형화, 다기능화 되고 있으며, 이런 전자 및 산업장비에서 발생하는 열은 장비의 성능을 저하시키고, 고장을 일으킨다<sup>1)</sup>. 그래서 이러한 전자 및 산업장비에서 발생하는 열을 냉각시키기 위해 P-type과 N-type의 반도체(semiconductor)로 구성된 Thermoelectric devices(TE)를 사용해 왔다<sup>2)</sup>. Thermoelectric devices(TE)는 열전발전기(Thermoelectric generators)와 열전냉각기(Thermoelectric coolers)로 나눈다. 열전 냉각기는 펠티에 효과(Peltier effect)를 이용하여 전기를 열에너지로 바꾸고<sup>3)</sup>, 열전 발전기는 제백효과(Seebeck effect)를 이용해서 열에너지를 전기로 바꾼다<sup>4)</sup>. 펠티에 효과는 회로에 직류

전압을 흘리면 한쪽 면에서는 냉각이 일어나고, 다른 한쪽 면에서는 가열이 일어나는 현상이다<sup>5)</sup>.

펠티에 소자는 발열부에서 발생하는 열을 제어하지 못하면 발열부의 열이 냉각부로 전도되면서 효율이 급격하게 떨어지면서 문제가 발생한다. 이러한 문제는 히트 싱크를 사용하여 발열부의 온도를 제어할 수 있다. 일반적으로 평판에 냉각핀이 부착된 히트싱크가 사용한다<sup>6-7)</sup>. 냉각핀 형상의 히트 싱크를 디자인한 뒤 해석을 진행하였고, 그 결과 최적화된 냉각 핀 형상을 찾았다<sup>8-9)</sup>. 냉각 핀 형상의 히트 싱크를 강제대류에서 열에 대한 영향을 해석하였고<sup>10)</sup>, 핀 환(Pin-fin) 히트 싱크에서 냉각핀의 높이 및 냉각핀의 지름과 냉각핀의 간격이 열전달에 영향을 미친다고 발표하였다<sup>11)</sup>.

본 연구에서는 내부 터널 구조를 가지는 2가지 형상의 히트 싱크를 디자인하고, 자연대류에서 유한요소 프로그램인 ANSYS를 이용하여 히트싱크의 열 성능을 비교하였다. 수치해석은 강제대류 상태에서의

1. 한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 컴퓨터응용기계설계과  
† 교신저자: 공주대학교 금형설계공학과  
E-mail: ckt1230@kongju.ac.kr

열 성능을 수치해석으로 비교 분석하고, 내부터널을 갖는 히트싱크의 냉각핀 형상에 의한 열 성능을 평가하였다.

## 2. 수치해석

### 2.1. 히트싱크의 디자인

본 논문은 금형의 캐비티나 코어에서 발생하는 열의 방열을 효율적으로 할 수 있는 형상으로 디자인하였고, 이를 수치해석 모델링에 적용하였다. 히트싱크설계는 기존 제품과 다르게 내부형상 구조를 같진 두 가지 타입의 핀 흰 히트싱크(Pin Fin Heat Sink)를 구조 및 형상을 변화시켜 프로이(Pro-e)로 디자인하였다. 디자인한 히트싱크를 3차원으로 모델링하여 방열성능을 알아보기 위하여 수치해석을 ANSYS에 의해 수행하였다. Pine type의 히트싱크를 A type이라 하였고, Pin type의 히트싱크를 B type이라 하였다.

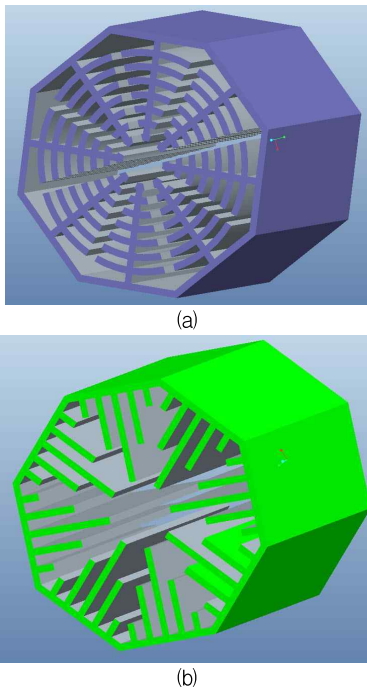


Fig. 1 Type of heat sink with internal structure (a) type A (b) type B

금형은 개방되어 있지 않고, 하나의 박스 형태의 모양으로 한정되어 있다. 자연대류상태의 한정된 공간에서 히트싱크의 방열성능을 비교하기 위하여

Fig. 1(a)와 (b)에 나타난 것 같이 두 가지 형상의 히트싱크를 모델링 하였다. 히트싱크의 재료는 알루미늄(AL6061)을 사용하였으며, 알루미늄의 열적특성은 Table 1과 같다.

Table 1 Thermal properties of AL6061

Density (kg/m <sup>3</sup> )	Thermal Conductivity (W/m·K)	Specific Heat Capacity (J/g·°C)	Shear Strength (MPa)
2700	180	0.896	82.7

히트싱크는 일반적으로 알루미늄을 원재료로 사용하고 있다. 알루미늄은 일반적으로 다이캐스팅(Die casting) 금형을 제작하기 위하여 많이 사용되고, 다이캐스팅의 제품은 내부에 기공이 쉽게 발견된다.

너무 과도한 두께는 제품 생산시에 불량 발생 원인이 될 수도 있기 때문에 알루미늄 다이캐스팅 제품은 재료 두께가 2~4mm를 사용하며, 5mm이상은 드물게 사용한다. 이러한 재료의 최소두께는 G. Lieby가 보고한 제품의 최소두께를 통하여 알 수 있다. Table 2는 알루미늄 제품의 최소두께를 나타낸 것이다<sup>12)</sup>.

Table 2 Minimum thickness of the die casting products

Surface area of die cast product(cm <sup>2</sup> )	High molten light alloy (Aluminum) (mm)
25 or less	0.8~1.2
25~100	1.2~1.8
100~500	1.8~2.5
500 or more	2.5~3.0

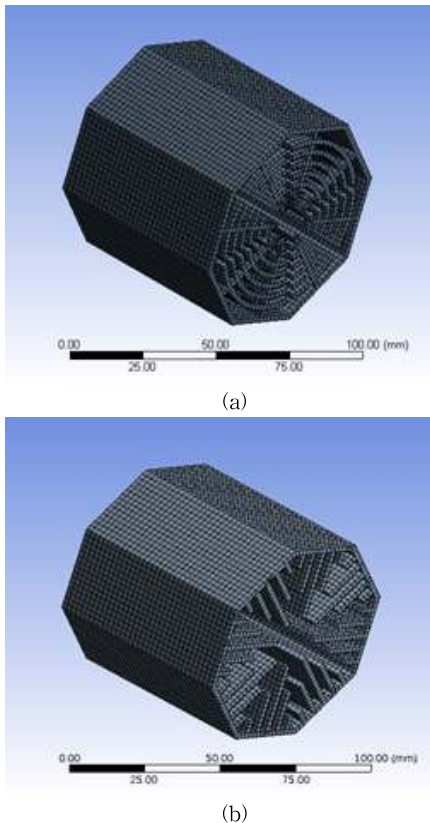
Table 3은 모델링한 히트싱크의 표면적으로서 알루미늄 제품의 최소두께를 적용하였다. 표면적을 분석한 결과 Type B의 표면적이 Type A 히트싱크보다 약 25% 정도 작은 표면적을 갖고 있는 것으로 분석되었다. 이 결과를 통하여 Type A와 같이 표면적인 넓은 소나무형상의 히트싱크가 발생하는 열을 자연대류 상태에서 대기 중으로 효율적으로 방열할 수 있을 것으로 보이고, Type B보다 표면적이 넓은 Type A의 형상이 냉각효율이 우수할 것으로 판단된다.

펠트에 소자는 P-type와 N-type 반도체 두 개의 다른 금속이 서로 접합하고 있어, 어느 하나의 시스템 양쪽 접합에 전기를 흐르게 하면 한 접합면에서는 열을 흡수하고 다른 접합면에서는 열을 방출한다.

**Table 3** Type of surface area

Heat Sink	Surface Area(mm <sup>2</sup> )
Type A	146,624
Type B	108,759

이와 같이 펠티에 소자에 인가된 전압에 의해 가열과 냉각이 일어난다. 13V의 최대전압을 경계조건으로 수치해석에 적용하였다. 최대전압 13V를 걸어주었을 때, 펠티에 소자의 냉각온도는 -14℃로 가정하여 해석을 진행하였다.



**Fig. 2** Elements of heat sink (a) type A (b) type B

그리고 히트싱크의 표면은 22℃의 자연대류 경계조건을 설정하여 수행하였다. 흰 히트싱크의 열 특성의 수치 해석을 진행하였으며, 일정한 시간이 지난 후에 열적 평형 상태를 히트싱크의 온도분포를 이용하여 알아보았다. 히트싱크 각각의 형상별 과도열(Transient thermal)에 대하여 해석을 수행하였고, 히트싱크의 형상별 요소(Element)생성은 Fig. 2과 같이 히트싱크 전체 모델에서 요소를 생성하였다. 이때의 히

트싱크의 절점(node)수와 요소 수(element)는 Table 4와 같다.

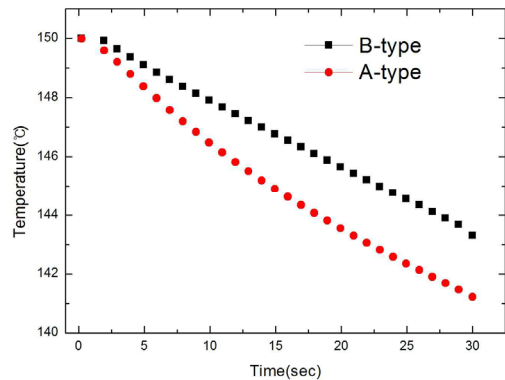
**Table 4** Number of nodes and elements of heat sink

Heat Sink	Surface Area(mm <sup>2</sup> )	
	Nodes	Elements
Type A	148,173	21,998
Type B	101,614	14,756

### 3. 수치해석결과 및 고찰

#### 3.1. Heat Sink의 형상에 따른 가열

Fig. 3은 30초 동안 가열한 후 온도 변화를 나타내었다. 히트싱크를 30초 동안 작동하여 과도 열 해석을 시간변화에 따라 고찰하였다. 수치해석 후 히트싱크의 가열성능을 나타내는 최소, 최대 온도를 Table 5에 나타내었다.



**Fig. 3** Compare heating temperature for the heat sink of type A and type B

**Table 5** Temperature of heat sink in the heating

Heat Sink	Temperature min(°C)	Temperature max(°C)
Type A	141	150
Type B	143	150

Fig. 3은 자연대류에서 형상 A(Type-A)와 형상 B(Type-B)의 시간에 따른 온도 변화를 나타내었다. 형상 A는 30초 후에 141℃까지 떨어지고, 형상 B는 30초 후에 143℃까지 떨어짐을 알 수 있다. 히트싱

크 형상 A는 히트싱크 형상 B보다 그래프가 급격하게 떨어지는데 이는 형상 A가 열전달이 더 잘 일어나며, 냉각성능이 우수한 것을 알 수 있다. 이것은 Table 3에서의 히트싱크의 환이 자연대류상태에서 대기 중에 접촉하는 표면적이 B형상의 히트싱크보다 약 25%정도 넓어 열전달 효율이 높기 때문이다.

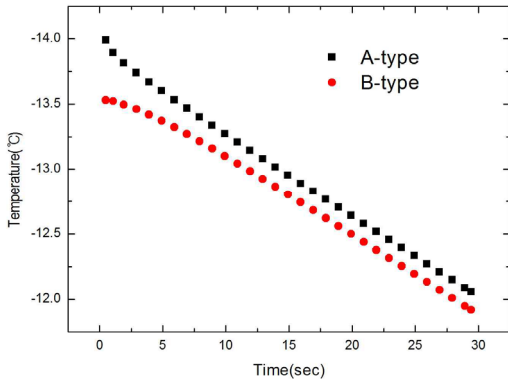


Fig. 4 Compare cooling temperature for the heat sink of type A and type B

Table 6 Temperature of heat sink in the cooling

Heat Sink	Temperature min(°C)	Temperature max(°C)
Type A	-12.0	-13.9
Type B	-11.9	-13.5

Fig. 4는 자연대류에서 형상 A(Type-A)와 형상 B(Type-B)의 시간에 따른 냉각온도 변화를 나타내었다. 형상 A는 30초 후에 -12.0°C까지 떨어지고, 형상 B는 30초 후에 -11.9°C까지 떨어짐을 알 수 있다. 히트싱크 형상 A는 급격히 떨어지다가 10초 이후 부터는 히트싱크 형상 B와 같이 그래프의 기울기가 비슷하게 떨어짐을 알 수 있다. 이는 히트싱크 형상 A가 처음에는 열전달이 잘 일어나지만 그 이후에는 공기의 흐름에 의해 약간의 정체를 보이는 것으로 판단된다. 그러나, Fig. 3에서와 같이 히트싱크 형상 A가 히트싱크 형상 B보다 열전달이 잘 되는 것을 알 수 있다. 이는 가열에서와 마찬가지로 대기 중에 접촉하는 표면적이 A형상이 히트싱크가 B형상의 히트싱크보다 약 25%정도 표면적이 넓어서 열전달 효율이 높기 때문이다.

#### 4. 결론 및 토의

본 논문에서는 내부터널 구조 형상의 구조를 가진 핀 환으로 구성되는 히트싱크의 자연대류조건에서 열성능과 수치해석의 과도 열 해석을 확인하였다. 수치해석은 강제대류 상태에서의 냉각 및 히팅 성능을 수치해석으로 비교 분석하였다.

- (1) 냉각성능에서 A(Pine) type 히트싱크의 냉각온도는 최소 -12.0°C 이고, B(Pin) type 히트싱크의 냉각온도는 최소 -13.9°C를 나타내었다.
- (2) 히팅성능에서 A(Pine) type 히트싱크 히팅온도는 최대 150.0°C 이고, B(Pin) type 히트싱크의 최대 히팅온도 150.0°C 로 나타났다.
- (3) A(Pine) type 히트싱크가 B(Pin) type 히트싱크의 열 전달율이 약 70%이상 향상됨을 알 수 있었다. A(Pine) type의 히트싱크는 발생하는 열을 효율적으로 방열이 일어나고, 공기와의 접촉 면적이 넓어 열 전달율이나 공기유동이 향상된 것으로 판단된다.

본 연구의 결과를 활용하여 금형에 적용할 경우 히트싱크의 내부형상과 구조를 고려한 설계가 가능할 것으로 예측된다.

#### 참고문헌

- 1) Y. Pan, B. Lin, J. Chen, "Performance Analysis and Parametric Optimal Design of an Irreversible Multi-Couple Thermoelectric Refrigerator under various Operating Conditions," Appl. Energy, Vol. 84, pp. 882-892, 2007.
- 2) M. Chen, L. A. Rosendahl, T. Condra, "A Three-dimensional Numerical Model of Thermoelectric Generators in Fluid Power Systems," Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 54 pp. 345-355, 2011.
- 3) Luo, L. Chen, F. Sun, C. Wu, "Optimum Allocation of Heat Transfer Surface Area for Cooling Load and COP Optimization of a Thermoelectric Refrigerator," Energy Convers Manage, Vol. 44, pp. 3197-3206, 2003.
- 4) D. Champier, J. P. Bedecarrats, M. Rivaletto, F. Strub, "Thermoelectric Power Generation from Biomass Cook Stoves," Energy, Vol. 35 935-942, 2010.

- 5) D. R. Lee, "Investigation of Optimal Cooling Performance using Peltier Module and Heat Sink," Journal of the Korea Society for Power System Engineering, Vol. 10, pp. 65-70, 2006.
- 6) S. H. Yu, K. S. Lee, S. J. Yook, "Natural Convection Around a Radial Heat Sink," Int. J. Heat Mass Transfer Vol. 53, pp. 2935-2938, 2010.
- 7) R. Arularasan, R. Velraj, "Modeling and Simulation of A Parallel Plate Heat Sink using Computational Fluid Dynamics," Int. J. Adv. Manuf. Technol. Vol. 51, pp. 415-419, 2010.
- 8) B. S. Seo, K. J. Lee, J. K. Yang, Y. S. Cho, D. H. Park, "Development and Characterization of Optimum Heat Sink for 30W Chip on Board LED Down-Light," Transactions on electrical and electronic materials, Vol. 13 pp. 292-296, 2012.
- 9) M. Lee, T. W. Kim, "A Study on the Heat Sink with Internal Structure using Peltier Module in The Natural and Forced Convection," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15 pp. 4072-4080, 2014.
- 10) P. Teertstra, M. M. Yovanovich, J. R. Culham, "Analytical Forced Convection Modeling Plate Fin Heat Sinks", J. Electronics Manufacturing, Vol. 10, pp. 253-261, 2000.
- 11) K. T. Chiang, C. C. Chou, N. M. Liu, "Application of Response Surface Methodology in Describing The Thermal Performances of Pin-Fin Heat Sinks," Int. Journal of Thermal Sciences Vol. 48, pp. 1196-1205, 2009.
- 12) S. B. Park, Y. H. Seo, "Die Casting Product Design," Press Technology, Vol. 11, pp. 76-87, 2000.