

# 히트싱크 베이스의 두께 변화가 방열성능에 미치는 영향

김정현<sup>1</sup>, 이교우<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 기계설계공학부

## Effect of the variation of base thickness on the heat release performance of the heat sink

Jung Hyun Kim<sup>1</sup>, Gyo Woo Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Mechanical Design Engineering, Chonbuk National University

**요약** 본 연구는 고용량 인버터 등의 열 발생 환경에서 히트싱크의 방열성능을 극대화하기 위한 파라미터 연구의 일환으로 히트싱크 베이스 두께 변화에 대한 방열성능 변화를 조사하였다. 베이스 두께가 각각 5, 9.5 및 14 mm인 히트싱크의 방열성능을 히트싱크 베이스의 윗면 중앙 온도, 히트싱크를 통한 방열량 및 열원부의 온도 등의 세 가지 지표의 비교를 통하여 고찰하였다. 실험연구와 전산유체역학 프로그램을 이용한 해석연구를 병행하여 베이스 두께 변화에 따른 각 방열 성능 지표에 변화가 있음을 확인하였다. 베이스의 윗면 중앙 온도와 방열율은 베이스의 두께가 얇을수록 향상되는 효과를 보였고, 베이스 열원부의 온도는 베이스의 두께가 두꺼울수록 낮아지는 경향을 보였다. 성능 지표의 비교 고찰을 통해 연구에 사용된 세 히트싱크 내에서는 베이스의 두께가 9.5 mm인 히트싱크에서 최적점이 나타났다. 따라서 제한적이지만 본 연구결과 내에서는 9.5 mm 두께의 베이스를 가지는 히트싱크가 최적의 방열 성능을 보이는 것으로 판단되었다.

**Abstract** In this study, to maximize the heat release from the heat generating environment, such as a high-capacity inverter, the heat release performance of the extruded-type heat sinks with the variation of the base thickness were investigated using the experimental and numerical methods. The base thickness was varied from 5 to 14 mm. The heat release was characterized by the amount of heat released through the heat sink, the surface temperature of heat sink base between the heat sources, and temperature of heat sources. The surface temperatures between heat sources and the amounts of heat release were improved more as the base thickness was decreased. In contrast, the temperatures of the heat sources decreased with increasing base thickness. Based on the case study of these heat sinks, it is believed that a heat sink with a 9.5mm-thick base was optimized for the heat release.

**Key Words** : Heat sink, Base plate, Heat release, Forced convection, Extruded-type

### 1. 서론

현대사회에서 사용되는 인버터 등의 전기, 전자기기들은 작동하면서 열의 형태로 전력 손실이 발생된다. 이렇게 발생하는 열은 기기 내부 및 소자의 온도를 상승시켜 수명을 줄이고 성능을 저하시킨다[1,2]. 이러한 수명 단축과 성능 저하를 줄이기 위해 방열시스템이 필요하며, 방열시스템에는 주로 히트싱크가 사용된다. 히트싱크는 발열부로부터 핀(fin)까지 열을 전달하여 주위 유체로 방열

시키는 역할을 하며, 다양한 규모의 방열시스템에 사용되고 있으며, 히트파이프와 결합한 형태도 개발이 이루어지고 있다[3-7].

히트싱크 핀의 형상 변화는 히트싱크의 전열면적과 히트싱크를 통과하는 유체의 흐름을 변화시켜 히트싱크의 열저항 특성에 영향을 준다. Riu 등[8]은 엇갈린 배열 핀의 히트싱크를 제시하여 실험을 통해 기존의 평판형이나 일정한 배열형의 히트싱크보다 냉각특성이 우수함을 밝혔다. Kim 등[9]은 자연대류와 강제대류 조건에서 세

\*Corresponding Author : Gyo Woo Lee(Chonbuk National Univ.)

Tel: +82-63-270-3997 email: gwlee@jbnu.ac.kr

Received May 21, 2014

Revised July 2, 2014

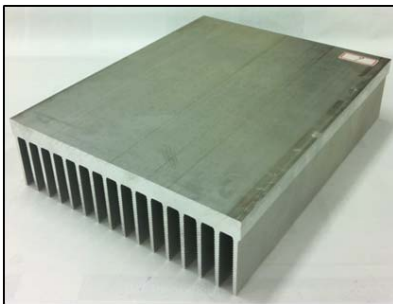
Accepted August 7, 2014

가지 형상 히트싱크의 열저항 특성을 실험하였다. 실험을 통해 자연대류에서 각 형상의 수평 수직 방향에서의 열저항 특성과 강제대류에서 적층형 히트싱크의 성능이 가장 우수함을 보였다. Kim [10]은 자연대류 조건에서 내부유로가 있는 하이브리드 핀을 갖는 히트싱크의 열특성에 대해 수치해석적 연구를 진행하여 제시한 하이브리드 핀 히트싱크의 냉각성능이 우수함을 보였다. 또한 히트싱크 베이스(base) 두께에 대한 열저항 특성 변화 연구도 진행되었지만, CPU 냉각용 히트싱크 또는 마이크로채널(micro channel) 히트싱크 등 작은 규모의 히트싱크에 대한 연구로 한정되었다[11-13].

본 연구에서는 앞선 연구들[11-13]보다 고용량 환경에서 히트싱크 베이스 두께 변화에 대한 히트싱크의 방열성능 변화를 연구하고자 하였다. 입력 열로 사용하기 위해 소비전력량이 1190 W인 열원 히터(heater)를 제작하였으며, 히트싱크 베이스 판의 두께가 5, 9.5, 14 mm인 세 개의 압출형 히트싱크를 준비하였다. 세 히트싱크의 상세 사양은 모두 동일하고 베이스 두께만 변화가 있다. 또한 전산유체역학 상용 프로그램인 Fluent (ver. 6)를 이용하여 두께 변화에 따른 온도 분포를 알아보고 실험 결과를 비교 고찰하고 보완하였다.

## 2. 실험 장치 및 방법

### 2.1 실험 장치



[Fig. 1] A Photo of the heat sink used to study on the effect of the thickness change of the base plate

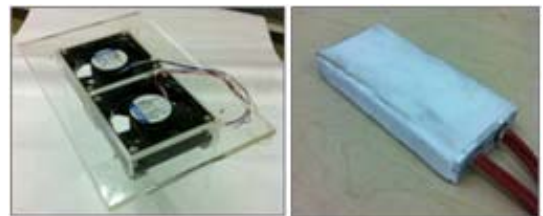
Fig. 1은 본 연구에 사용된 히트싱크 중 베이스 판 두께가 14 mm인 히트싱크의 전체적인 모습을 보여주는 사진이다. 사진에서도 볼 수 있듯 핀의 개수는 16 개이고 재질은 알루미늄 6061 이다. 히트싱크의 너비는 210 mm,

길이는 240 mm 이며, 핀의 높이만 50 mm 이다. 히트싱크의 하판은 따로 있으며, 재질은 아크릴이고 길이와 너비는 히트싱크와 같다. 하판의 두께는 15 mm이기 때문에 히트싱크 전체 높이는 히트싱크의 베이스 판 두께 변화에 따라 달라진다. 사용된 히트싱크의 상세 사양은 Table 1과 같다.

[Table 1] Specifications of the heat sinks used in this study

Name of heat sink		E-1	E-2	E-3
Number of fins		16		
Heat sink	Length [mm]	240		
	Width [mm]	210		
	Thickness of top plate [mm]	5	9.5	14
Fins	Spacing [mm]	13		
	Thickness [mm]	3		
	Height [mm]	50		
Heat transfer areas [m <sup>2</sup> ]		0.450		
Materials	Fins & Top plate	Aluminum 6061		
	Bottom plate	Acrylic plastic		

세 히트싱크는 압출방식으로 제작되었는데, 베이스 판과 핀이 일체형이 되도록 사출하는 방식이다. 이 제작법은 베이스 판, 핀 그리고 하판을 각각 따로 제작하여 기계적으로 조립하는 압입방식에 비해 열전도성이 우수하다. 반면 사출압력의 한계로 크기 확장에 어려움이 있어 대용량 방열시스템에 적용 시 제작 한계의 단점이 있다.

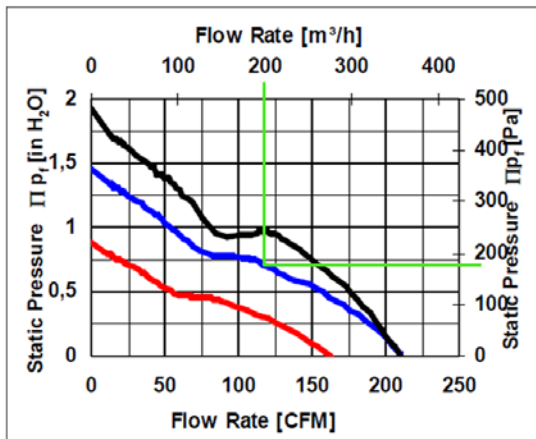


[Fig. 2] Photos of fans(left) and the block heater(right) used in this study

Fig. 2는 실험에 사용된 유도 팬(induced fan)과 열원 히터를 보여주는 사진이다. 좌측 사진에서 볼 수 있는 팬은 ebmpapst 사의 4114N/2H4 모델로 최대 유량이 351 m<sup>3</sup>/h 이다. 2 개를 설치하여 총 최대 유량은 702 m<sup>3</sup>/h이지만 팬 진후단의 차압에 따라 유량이 바뀐다. 우측 사진의 열원 히터는 블록(block) 모양이고 발열봉 2 개를 삽입하

여 제작되었다. 블록의 크기는 길이 140 mm, 너비 60 mm, 두께 20 mm 이며, 재질은 히트싱크와 동일한 알루미늄 6061이다. 발열봉을 블록에 삽입할 때 열전도성 그리스를 도포하여 접촉면에서의 열저항을 최소화시켰다. 또한 블록에 단열재를 덮어주어 외부로의 열손실을 줄였다. 블록은 총 2 개를 사용하였으며, 총 4 개의 발열봉에서 측정된 소비전력량은 1190 W이다.

공기의 유동을 위한 덕트(duct)는 히트싱크의 입구와 출구에 설치되었다. 입구 덕트(inlet duct)는 직경이 100 mm, 길이가 약 3.2 m인 파이프이며, 출구 덕트(exit duct)는 직경이 200 mm, 길이가 약 1 m인 주름 관이다. 입구 덕트의 경우 출구 덕트에 비해 상대적으로 긴데 이는 입구 덕트에서 유입되는 공기의 유속을 측정하기 때문이다. 관으로 유입된 유체는 유동 방향으로 진행됨에 따라 흐름의 형태가 발달하게 된다. 이 때 관의 직경에 따라 완전 발달되는 거리가 다르며 이 비는 레이놀즈 수(Re)에 따라 바뀌게 된다[14]. 이 때문에 입구 덕트의 길이를 정하기에 앞서 유량을 예측하여 Re 수를 계산해주었다. 사용된 팬의 경우, 제조사에서 차압에 따른 유량 변화를 그래프로 제시하는데 Fig. 3과 같다. 세 곡선의 가운데는 팬의 입력전압 24볼트(nominal input voltage)를 기준으로 도출된 것이고, 아래와 위의 곡선은 각각 16볼트와 30볼트에 대한 팬의 성능곡선이다. 팬의 작동전압(operation voltage)은 16에서 30볼트 사이이다. 차압을 약 190 Pa로 가정하여 총 유량을 400 m<sup>3</sup>/h로 예측하였고 계산된 평균 유속은 14.15 m/s 이다. 평균 유속에 따른 Re 수는 9.27x10<sup>4</sup>인데 이때 완전 발달된 유동이 되기까지 거리는 직경의 약 30 배이다[14]. 이를 참고하여 직경이



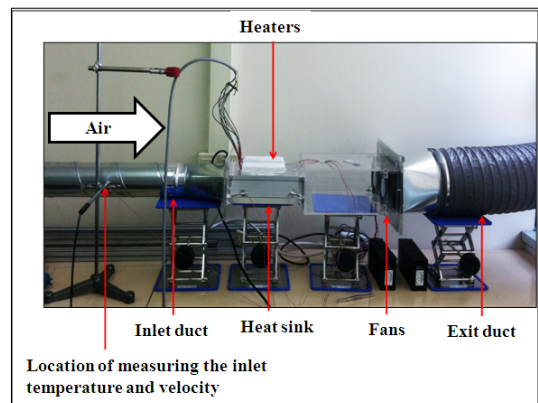
[Fig. 3] A performance curve of the fan

100 mm인 입구 덕트의 경우 완전 발달된 유동을 만들어 주기 위해 길이를 3.2 m로 하였다.

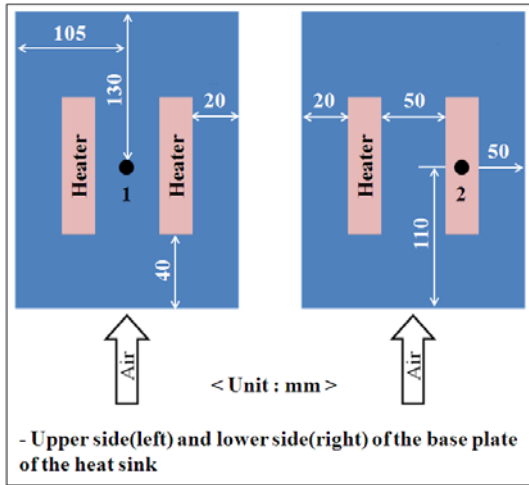
그 외 데이터 측정, 저장 및 수집 장치들이 있다. 온도 측정에는 Omega 사의 T형 열전대를 사용했는데, 제작과 보정은 Kim 등[15]의 방법을 사용하였다. DAQs 장비로는 Agilent 사의 34970A 모델을 사용하여 열전대에 측정되는 온도를 수집 및 저장하였다. 또한 유입되는 공기의 유속 측정에는 TSI 사의 열선 유속계인 8386 모델을 사용하였다.

Fig. 4는 전체 실험 장치의 모습을 보여주는 사진으로 사진의 좌측부터 입구 덕트, 히트싱크와 열원 히터, 팬, 출구 덕트의 순서이다. 입구 덕트에는 유입되는 공기의 온도와 유속 측정을 위한 열전대와 열선 유속계를 설치하였다. 초기 위치는 입구 덕트의 입구에서 3 m 떨어진 위치에 설치하여 완전 발달된 유동의 유속과 온도가 측정되도록 하였다. 출구 덕트에 설치된 열전대는 팬에서 약 0.9 m 떨어진 위치에 있으며, 히트싱크를 통과한 공기의 온도가 측정되도록 하였다.

Fig. 5는 히트싱크 상판에 설치된 히터와 열전대의 위치를 보여주는 그림으로 히트싱크의 베이스를 위에서 본 상황을 나타낸다. 파란색 사각형은 히트싱크, 분홍색 사각형은 히터, 동그란 점은 열전대를 상징하고 있다. 히터와 열전대가 설치된 위치의 정량적인 수치는 그림에 상세히 나와 있다. 베이스 판에 설치된 열전대는 총 2 개로 1 번 열전대는 윗면에, 2 번 열전대는 아랫면에 설치했다. 설치 시 열전도성 접착제를 사용하여 열저항을 최소화시켰다. 히트싱크에 히터를 설치할 때는 히터 제작 시 사용한 열전도성 그리스를 도포하여 같은 효과가 있도록 하였다.



[Fig. 4] A photo of the experimental setup



[Fig. 5] Top view of the locations of thermocouples and heaters installed on the heat sink

### 2.2 실험 방법

본 연구에서는 히트싱크를 통한 방열량, 베이스 판의 온도 및 히터부 온도를 방열성능의 지표로 삼았다. 세 히트싱크의 베이스 판 두께 변화에 따른 방열량 변화 및 히트싱크의 온도 변화를 비교하여 방열 성능 변화를 고찰하고자 하였다. 이를 위해 강제대류를 이용한 방열 방식으로 히트싱크의 방열성능을 실험하였다. 팬을 가동하여 입구 덕트로 공기가 유입되도록 하면, 공기는 히트싱크를 지나면서 열교환을 하여 유입될 때보다 온도가 상승하게 된다. 이렇게 공기가 히트싱크와의 열교환을 통해 얻은 열량을 계산해주면 히트싱크를 통한 방열량을 알 수 있다. 공기의 열교환량은 다음 식을 통해 계산이 가능하다[16]. 이 외의 자세한 실험 방법과 데이터 처리과정은 Kim 등[15]의 방법을 참고하였다. 식에서  $\dot{Q}$ ,  $\dot{m}$ ,  $C_p$ ,  $T$  는 각각 열유량(heat flow), 질량유량(mass flow), 정

$$\dot{Q}_{air} = \dot{m}_{air} C_{p,air} (T_E - T_I)$$

압비열, 온도를 나타내며, 하첨자 *air*,  $E$  및  $I$ 는 각각 냉각 공기, 히트싱크 출구 및 입구를 의미한다.

또한 상용 전산유체역학 프로그램인 Fluent (ver. 6)를 사용하여 온도 분포를 조사하였다. 일반적인 난류 모델에 사용되는 Standard k-ε 모델을 사용하였으며, 그 외의 경계 조건은 실험 조건에 맞추었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 실험 결과

히트싱크 베이스 두께 변화에 대한 방열 성능 실험 결과는 Table 2에 정리하였다. 입구 덕트에서 측정된 외기 온도의 경우 0.01 °C 차이로 측정되어 실험 환경은 일정했고, 결과는 신뢰성이 있다고 할 수 있다. 세 히트싱크의 경우 베이스 판 두께 변화 외의 조건이 모두 같아 유속이 동일하게 측정되었다. 측정된 유속은 9.53 m/s인데 이를 통해 입구 덕트에서 완전 발달된 유동의 거리를 다시 계산해 주면, Re 수는  $6.24 \times 10^4$  이고, 완전 발달된 유동의 거리는 덕트 직경의 26.9 배이다. 따라서 입구 덕트의 입구로부터 2.69 m 떨어진 위치에서 유동은 완전 발달하게 되므로 초기의 유속 측정 위치인 3 m 떨어진 위치는 타당하다.

[Table 2] Experimental results of the three heat sinks

Thickness of base plate [mm]		5	9.5	14
Inlet temperature [°C]		20.04	20.04	20.05
ΔTemp. [°C] (between inlet and exit)		11.49	11.38	11.14
Mass flow rate [kg/s]		0.0886		
Heat release [%]		86.1	85.4	83.5
Location	1 [°C]	65.80	66.18	69.36
	2 [°C]	83.61	68.01	62.95

본 연구에서의 방열 성능 지표인 방열율을 먼저 보면, 베이스 판의 두께가 두꺼워질수록 방열율이 낮아지는 경향을 보였다. 세 히트싱크에서 계산된 질량유량이 동일하기 때문에 히트싱크의 입출구 온도차가 클수록 방열율이 커지게 된다. 다음으로 베이스의 온도를 보면 1번 위치의 경우 베이스의 두께가 두꺼워질수록 높아지고, 2번 위치의 경우 반대로 낮아지는 경향을 보였다. 베이스의 두께가 두꺼워짐에 따라 방열율이 낮아지므로 베이스 판에 남게 되는 열에너지가 증가하게 된다. 그로 인해 1번 위치의 온도는 상승하게 되고 이는 방열율과 비교할 때 인과관계가 성립하게 된다. 반면 2번 위치의 온도는 반대의 경향을 보이고 있는데, 이는 베이스 판이 두꺼워짐에 따라 열 저항이 증가하기 때문이며 다음과 같이 표기된다[16]. 식에서  $R$ ,  $L$ ,  $k$ ,  $A$  및  $\dot{Q}$ , 는 각각 열 저항, 히트싱크 베이스의 두께, 열전도도, 면적, 전도열유량 (conduction heat flow)을 나타내며, 하첨자 *cond*,  $b$ , *sec*

$$R_{cond} = \frac{L}{k_b A_{sec}} \quad \dot{Q}_{cond} = \frac{\Delta T}{R_{cond}}$$

는 각각 전도, 베이스, 단면을 의미한다.

위 식에서 열전도도  $k$ 와 열 진행방향으로의 단면적  $A$ 는 세 히트싱크에서 모두 동일하지만, 베이스 판 두께 변화에 따른 거리  $L$ 은 변하게 된다. 베이스 판의 두께가 두꺼워질수록 거리  $L$ 이 증가하면서 열 저항이 커진다. 이로 인해 베이스 판 윗면과 아랫면의 온도차가 커져 2번 위치에서의 온도가 낮아지는 경향을 보였다.

베이스 판의 두께가 두꺼워질수록 열 저항은 커지게 되고 열전달에 제한을 받게 된다. 이로 인해 방열율이 낮아지고 베이스의 1번 온도가 높아지는 경향을 보였다. 2번 위치는 열 저항 증가에 따른 베이스 윗면과 아랫면의 온도차 증가를 고려하면, 2번 위치의 히터 온도가 같다고 가정할 때 나타날 수 있는 경향이라 생각할 수 있다. 이러한 결과로 볼 때 베이스 판 두께가 얇을수록 방열 성능이 좋은 것을 확인할 수 있다.

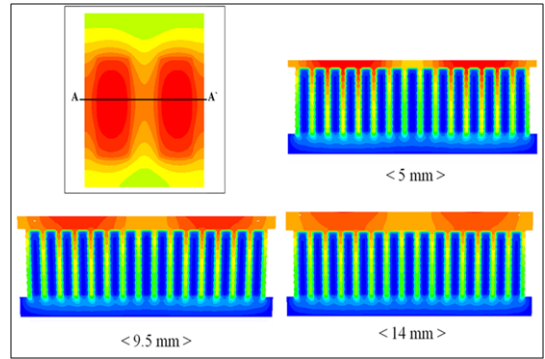
### 3.2 해석 결과

상용 전산유체역학 프로그램을 이용한 수치 해석 결과는 Table 3과 같다. 외부 경계 조건을 베이스 판의 두께가 5 mm인 히트싱크의 실험결과를 기준으로 하여 맞추어 준 후 동일한 조건으로 나머지 두 히트싱크도 해석하였다. 1번과 2번 위치의 온도 변화는 실험 결과와 동일한 경향을 보이고 있다. 해석된 결과가 실험 결과와 정량적인 수치에서 차이를 보이지만, 실험과의 차이가 있고 동일한 경향을 보이고 있기 때문에 신뢰성이 있는 결과라고 할 수 있다.

[Table 3] Simulation results of the three heat sinks

Thickness of base plate [mm]		5	9.5	14
Inlet temperature [°C]		20		
Mass flow rate [kg/s]		0.0886		
Location	1 [°C]	65.45	67.28	67.39
	2 [°C]	81.36	76.72	73.69

베이스 두께 변화에 대한 온도 변화는 실험 결과와 같은 경향을 보이고 있기 때문에 같은 원인으로 생각된다. 두께 변화에 따른 열 저항 변화가 베이스 윗면과 아랫면의 온도차를 변화시키고, 이로 인해 유입되는 공기와의 온도차 변화로 방열율이 변하게 되는 것으로 판단된다.



[Fig. 6] Temperature distributions of the three heat sinks at cross-section A-A`

Fig. 6은 해석된 세 히트싱크의 단면 온도 분포도를 보여주고 있는 그림이며, 위의 경향을 더욱 명확히 확인할 수 있다. 그림에서의 좌측 상단 그림은 평면 온도 분포도로 베이스 판의 윗면을 나타내고 있다. 평면도에서 히터 중앙을 가로 질러 A-A` 단면에서의 온도 분포를 보여주는 것이 나머지 세 그림이며 동일한 온도 스케일로 표현되었다. 실험과 해석 결과에서 베이스 판의 두께가 두꺼워질수록 1번 위치에서의 온도가 높아지는데, 온도 분포도에서도 온도가 상승하여 점점 붉어지는 것을 볼 수 있다. 또한 2번 위치에서 온도가 낮아지는 것 역시 확인할 수 있다. 베이스 판의 두께가 얇을수록 방열율이 높는데 온도 분포도를 보면 베이스 판의 두께가 얇을수록 핀의 하단부로 열이 잘 전달되는 것을 볼 수 있다. 이는 고온부의 면적을 넓히고 유입되는 공기와의 온도차를 크게 하여 방열율을 증가시킨다.

히트싱크 베이스 판의 동일한 위치에서의 해석 결과와 실험 결과 온도는 같은 경향을 보여주고 있고, 실험 결과에서의 방열율 변화는 베이스 판 두께가 두꺼워질수록 감소하는 경향을 보였다. 두 결과만을 비교했을 때는 베이스 판 두께가 얇을수록 방열 성능이 좋은 것으로 보인다.

다음으로 히터부의 온도를 수치해석 결과에서 알아보았다. 히터부 온도의 경우 방열 대상의 온도이므로 중요한 변수라 할 수 있다. 히터부 온도의 위치는 온도 측정 위치 중 2번 위치와 동일한 위치의 베이스 판 윗면이다. 즉, 히터와 베이스 판이 접촉하는 부분을 히터부의 온도로 선정하였다. 각 히트싱크 별 히터부의 온도는 Table 4에 정리하였는데, 베이스의 두께가 두꺼워질수록 온도가 낮아지는 경향을 보였다. 이는 온도 측정 위치 중 2번

[Table 4] Simulation results of the three heat sinks

Thickness of base plate [mm]	5	9.5	14
Temperature of heater [°C]	82.05	78.24	76.13
Temperature of location 2 [°C]	81.36	76.72	73.69
Difference between location 2 and heater [°C]	0.69	1.52	2.44

위치의 온도 변화 경향과 동일한 경향이다. 실험에서의 히트싱크 베이스 판 온도 변화 경향과 시뮬레이션에서의 베이스 판 온도 변화 경향이 같았으므로 Table 4의 결과도 신뢰성이 있다고 할 수 있다. 베이스 판의 두께 변화에 대한 열 저항 변화를 보다 정량적으로 보기 위해 같은 위치인 2 번 측정부와 히터부 온도를 비교하여 역시 Table 4에 함께 나타냈다.

앞에서의 열전도 식에서 투입되는 열량이 동일할 때 열 저항이 커지면 온도차가 커지게 된다. Table 4에서 보면 베이스 판의 두께가 두꺼워 질수록 온도차가 증가한다. 이를 통해 베이스 판의 두께가 두꺼워 질수록 길이가 길어져 열 저항이 커진다는 것을 정량적인 수치로도 확인할 수 있다. Fig. 6과 Table 4를 통해 베이스 두께가 두꺼워질수록 열 저항이 커지게 되고 열이 히터부에 집중되어 베이스 판의 아랫면으로 이동하지 못하고 넓게 퍼지는 것을 알 수 있다. 이로 인해 베이스 판 두께가 두꺼울수록 방열율이나 1 번 위치의 온도 측면에서는 역효과를 보여준다. 반면, 히터부에서는 온도가 낮아지는 성능향상의 효과를 보였다.

### 3.3 방열 성능 측면에서의 고찰

실험 결과를 먼저 보면 방열율은 베이스 판의 두께가 14, 9.5, 5 mm로 얇아질수록 1.9, 0.7 % 증가했다. 얇아질수록 방열율은 증가하지만 증가량은 감소하는 것을 볼 수 있다. 1 번 위치에서의 온도 변화를 보면 베이스 두께가 5 mm에서 두꺼워질수록 0.38, 3.18 °C 증가했으며, 증가량은 증가하는 것을 알 수 있다. 2 번 위치의 경우 1 번과 동일한 순서로 15.6, 5.06 °C 감소하였고, 감소량은 증가하는 경향을 보였다. 해석 결과의 경우 1 번 위치의 온도는 베이스 판의 두께가 두꺼워 질수록 1.83, 0.11 °C 증가해 점점 증가량 줄어들었다. 2 번 위치 온도의 경우에는 같은 순서로 4.64, 3.03 °C 감소하였으며, 감소량이 작아지는 경향을 보였다. 히터부의 온도를 보면 동일한 순서로 3.81, 2.11 °C 감소하여 2 번 위치 온도와 같은 경향

을 보였다. 열 저항의 정량적인 수치로 보았던 히터부와 2 번 위치 온도의 차를 보면 5 mm 두께부터 베이스의 두께가 두꺼워지는 순서로 0.83, 0.92 °C 증가하여 점점 증가폭이 커지는 경향을 보였다.

실험과 해석이 진행된 세 히트싱크에서의 결과만으로 볼 때 방열 성능 지표를 비교해 보면 베이스의 두께가 9.5 mm인 히트싱크에서 최적점이 나타나고 있다. 이를 통해 세 히트싱크에서는 베이스 판의 두께가 9.5 mm인 히트싱크가 최적의 방열 성능을 보여주는 것으로 판단된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 히트싱크 베이스 판 두께 변화에 대한 방열 성능 변화를 실험과 전산유체역학 프로그램을 이용한 해석을 통해 알아보았다. 방열 성능 지표를 히트싱크 베이스의 윗면 중앙 온도, 히트싱크를 통한 방열량과 히터부의 온도로 하는 세 가지 지표의 비교를 통한 고찰을 진행했다.

- 1) 히트싱크 베이스의 윗면 중앙 온도와 방열율은 베이스의 두께가 얇을수록 향상되는 효과를 보였고, 히터부의 온도는 두께가 두꺼울수록 개선되는 효과를 보였다.
- 2) 세 지표의 비교 고찰을 통해 본 연구에 사용된 세 히트싱크 내에서는 베이스 판의 두께가 9.5 mm인 히트싱크에서 최적점이 나타났다. 따라서 본 연구 결과 내에서는 9.5 mm 두께의 베이스 판을 갖는 히트싱크가 최적의 방열 성능을 보이는 히트싱크로 판단되었다.

## References

- [1] Santi, E., Caiafa, A., Kang, X., Hudgins, J. L., Palmer, P. R., Goodwine, D. and Monti, A., "Temperature Effects on Punch-Through IGBTs", *IEEE Trans. on Industry Applications*, Vol. 40, No. 2, pp. 472-482, 2004.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TIA.2004.824513>
- [2] Lee, S. H. and Chung, H. J., "Study on Lifetime Estimation of TFT-LCD Modules by Temperature Stress", *J. of Korea Institute of Information Tech.*, Vol. 7, No. 5, pp. 1-7, 2009.
- [3] Lee, J. W., "Design of a Heat Dissipation System for the

400kW IGBT Inverter”, *The Trans. of the KIPE*, Vol. 9, No. 4, pp. 350-355, 2004.

[4] Ko, M. S., Lee, J. H., Oh, S. J., Cho, H. S. and Seo, T. B., “Cooling Performance of LED Head Lamp with Heat Sink and Cooling Fan”, *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B*, Vol. 33, No. 12, pp. 947-951, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2009.33.12.947>

[5] Kim, T. H., Do, K. H., Choi, B. I., Han, Y. S. and Kim, M. B., “Development of a Cooling System for a Concentrating Photovoltaic Module”, *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B*, Vol. 35, No. 6, pp. 551-560, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2011.35.6.551>

[6] Lee, K. W., Park, K. H., Rhi, S. H. and Yoo, S. Y., “Heat Pipe Heat Sink Development for Electronics Cooling”, *SAREK*, Vol. 14, No. 8, pp. 664-670, 2002.

[7] Kim, J. S., Ha, S. J. and Kwon, Y. H., “A Study on Cooling Performance of Aluminium Heat Sink with Pulsating Heat Pipe”, *J. of the Korean Soc. of Marine Eng.*, Vol. 35, No. 8, pp. 1016-1021, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5916/jkosme.2011.35.8.1016>

[8] Riu, K. J., Park C. W., Kim, H. W. and Jang, C. S., “Cooling Characteristics of a Strip Fin Heat Sink”, *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B*, Vol. 29, No. 1, pp. 16-26, 2005.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2005.29.1.016>

[9] Kim, J. H., Yun, J. H. and Lee, C. S., “An Experimental Study on the Thermal Resistance Characteristics for Various Types of Heat Sinks”, *SAREK*, Vol. 14, No. 8, pp. 676-682, 2002.

[10] Kim, K. J., “Numerical study on the thermal behavior of a natural convection hybrid fin heat sink”, *J. of the Korean Soc. of Marine Eng.*, Vol. 37, No. 1, pp. 35-39, 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5916/jkosme.2013.37.1.35>

[11] Mohan, R. and Govindarajan, DR. P., “Thermal Analysis of CPU with variable Heat Sink Base Plate Thickness using CFD”, *International J. of the Computer, the Internet and Management*, Vol. 18, No. 1, pp. 27-36, 2010.

[12] Koşar, A., “Effect of substrate thickness and material on heat transfer in microchannel heat sinks”, *Int’l J. of Thermal Sciences*, Vol. 49, pp. 635-642, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jthermalsci.2009.11.004>

[13] Li, J. and Shi, Z. S., “3D numerical optimization of a heat sink base for electronics cooling”, *Int’l Communications in Heat and Mass Transfer*, Vol. 39, pp. 204-208, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2011.12.001>

[14] White, Frank M., “Fluid mechanics”, 5<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill, 2003.

[15] Kim, J. H., and Lee, G. W., “Performance Evaluation of

Swaged- and Extruded-type Heat Sinks Used in Inverter for Solar Power Generation”, *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B*, Vol. 37, No. 10, pp. 933-940, 2013.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2013.37.10.933>

[16] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L. and Lavine, A. S., “Introduction to Heat Transfer,” 5<sup>th</sup> ed., John Wiley and Sons, 2006.

**김정현(Jung Hyun Kim)**

[준회원]



- 2013년 2월 : 전북대학교 기계설계공학부 (기계공학 학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 기계설계공학부 (석사과정)

<관심분야>  
열공학, 열전달

**이교우(Gyo Woo Lee)**

[정회원]



- 1994년 2월 : KAIST 항공우주공학과 (항공우주공학 석사)
- 2004년 2월 : 연세대학교 기계공학과 (기계공학 박사)
- 1994년 3월 ~ 2005년 2월 : KIST 연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 기계설계공학부 부교수

<관심분야>  
나노물질 합성 및 응용, 열공학, 연소공학, 나노복합재료