

CFD를 이용한 히트싱크의 열 해석

임승철 · 이명호 · 강계명[†]

서울산업대학교 신소재공학과
서울산업대학교 기계설계자동화공학부

Thermal Analysis of Heat Sink Models using CFD simulation

Song Chul Lim, Myung Ho Lee and Kae Myung Kang[†]

Dept. of Materials Science and Eng., Seoul National University of Technology
School of Mechanical Design & Automation on Eng., Seoul National University of Technology

(2005년 10월 30일 받음, 2005년 12월 7일 최종수정본 받음)

Abstract Thermal analysis of new designed heat-sink models was carried out according to the natural and the forced convection using computational fluid dynamics(CFD). Heat resistance of wave type, top vented wave type and plate type of heat sink was compared with each other. As the direction of fin and air flow are vertical(z-axis), it is shown that radiant heat performance of all of heat sinks was superior than other experimental conditions. Especially, the heat resistance of top vented wave heat sink was $0.17^{\circ}\text{C}/\text{W}$ (forced convection) and $0.48^{\circ}\text{C}/\text{W}$ (natural convection). The radiant heat performance of heat sink was increased with increasing the height of fin and the width of fin pitch.

Key words heat sink, CFD, heat resistance, radiant heat performance.

1. 서 론

전기 전자제품의 고성능화는 컴퓨터 및 IT 관련기기 전자소자의 고집적도로 나아가게 되었다. 이로부터 전자소자의 발열량이 증가하여 제품의 성능 저하 및 오작동에 주요 원인이 되고 있다.¹⁾ 이에 따라 전자소자로부터 발생하는 열을 효과적으로 방출시키기 위한 히트싱크의 방열 성능 향상에 관한 연구는 주요 연구의 대상이 되고 있다.

히트싱크는 열전도도가 우수하고, 재료물성변화가 없는 Al 소재의 히트싱크가 최근 주된 히트싱크 소재로 각광을 받고 있다. 이들 Al 소재를 활용한 히트싱크 연구는 히트싱크 제조공정에 관한 연구와 히트싱크의 형상에 대한 모델링 연구로 분류할 수 있겠다. 예를들어, 핀 형상에 관한 컴퓨터시뮬레이션 모델링의 Kamal Karimanal 연구와 압출재 히트싱크 열해석에 관한 Madhusudau와 Avram 연구등 다수의 연구가 있다.^{2,3)} 또한 히트싱크의 방열성능 향상에 관한 연구는 주로 핀 형상과 분포에 관련된 열저항 해석 연구에 집중되고 있다.^{4,6)} 그러나 현재 핀 간격 변화, 동일 방열면적하 핀 형상 변화에 관한 연구 및 핀간 내에 발생하는 공기유동해석의 연구는

거의 이루어지지 않고 있다. 더욱이 다양한 연구 모델의 실장형 실험 연구 또한 부족한 실정에 있다.

본 연구에서는 전산유체역학을 토대로한 Fluent 사의 ICEPAK(ver.4.1.12)을 이용하여 핀 현상에 따른 히트싱크의 열 유동현상을 전산모사하고자 하였다. Plate, Wave, Top vented Wave 형 히트싱크 모델 유형의 대류조건에 따른 열 발산능을 비교하고, 더욱이 연구의 주 대상 모델인 Wave 형 히트싱크에서 동일 방열 면적시 핀간 간격 변화에 따른 방열성능에 미치는 공기 유속의 영향을 분석하고자 하였다. 또한 일정한 각각의 핀 높이에서 방열면적을 변화시킨 경우에서의 열 저항성을 분석하여 방열면적 변화에 따른 Wave 히트싱크의 열 발산능을 해석하였다.

2. 실험 방법

전산모사에 적용될 세 종류의 히트싱크 형상을 Fig. 1에 나타내었고, 형상치수와 소재는 Table 1에 나타내었다. Plate 형 히트싱크는 압출재 히트싱크로 Al 6063의 단일 소재로 하였고, Wave, Top vented 형 히트싱크는 base 부와 핀 부로 구성된 base-핀 접합구조로, 소재는 각각 Al 6063과 Al 1050으로 하였다. 각 히트싱크의 핀 개수는 다르지만 히트싱크 크기와 방열면적은 동일하게

[†]E-Mail : littbird@snut.ac.kr

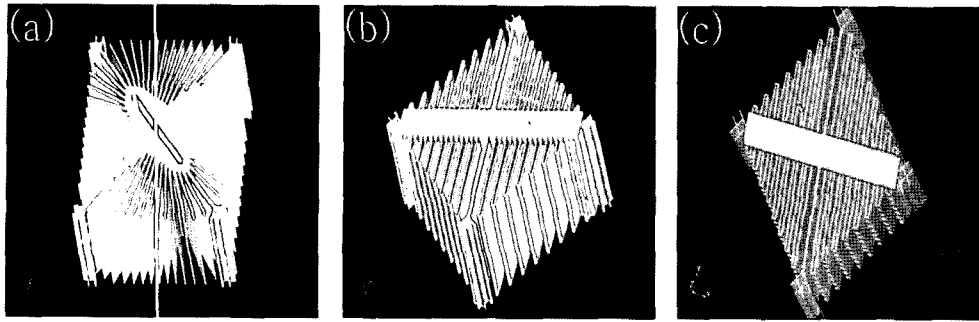


Fig. 1. Schematic diagram of heat sinks. (a) Plate type, (b) Wave type, (c) Top vented wave type

Table 1. The shape dimension of heat sinks and their materials

| Type | Plate | Wave | Top vented wave |
|-----------------------------------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| No. of fin(ea) | 54 | 34 | 34 |
| Fin thickness(mm) | 1.207 | 1 | 1 |
| fin height(mm) | 38 | 4.3 ~ 60 | 4.3 ~ 60 |
| fin pitch(mm) | | 1.8 | 1.8 |
| Top vent length(mm) | | | 4.6 |
| Surface Area of radiant heat(m ²) | 0.24 | 0.24 | |
| The dimension heat sink a×b×c(mm) | 119×119×60 | 119×119×60 | 119×119×60 |
| Material | base - Al 6063 | base - Al 6063 fin - Al 1050 | base - Al 6063 fin - Al 1050 |

하였다.

Plate, Wave, Top vented Wave 형 히트싱크의 방열 성능을 비교하기 위하여 자연 대류 및 강제대류에서 전산모사하였다. 또한 각 대류조건에서 핀 방향과 공기 흐름 방향이 수직일 때(z축 방향)와 수평일 때(y축 방향)의 방열 성능을 비교하였다.

Wave 형 히트싱크의 핀간 간격 변화는 동일 면적에서 핀 개수의 변화를 주지 않는 범위에서 초기 1.8 mm에서 최대 2.4 mm까지 변경하여 방열 성능을 비교하여 보았다. 또한 서로 다른 높이의 Wave 핀을 동일 높이로 하여 초기 방열 면적 0.24 m²에서 최대 0.34 m²로 변경하여 열 유동을 해석하였다.

각 히트싱크의 열 유동 해석 초기 경계조건을 Table 2에 나타내었다. 이때 열원으로부터 히트싱크로의 열 전달은 100%로 가정하여 변수들의 유동과 수렴기준은 각각 10⁻³, 10⁻⁷로 하였다.^{7,8)}

히트싱크의 열 저항은 전체 열저항 중에서 방열성능에 가장 큰 영향을 미치므로 히트싱크의 열 저항만 고려하였으며, 다음의 식에 의하여 구하였다.

$$R = (T_H - T_S) / W$$

여기서, T_H는 히트싱크의 최고 온도, T_S는 히트싱크의 주변온도, W는 히트싱크에 적용된 전력량을 의미한다.⁹⁾

Table 2. Experimental condition of the computational simulation.

| | |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Heat source | 400 watts(60×60×6 mm) |
| Convection | Natural, Forced (3,000 rpm, 0.173 CMM) |
| Distance between fan and Heat Sink | 10 mm |
| Flow regime | Turbulent flow (zero equation) |
| Ambient Temp. | 20°C |
| Number of iteration | 100 |
| Mesh type | Hexa unstructured |
| Mesh parameters | Normal |
| Convergence of parameters | Flow : 1.0×10 ⁻³ , Energy : 1.0×10 ⁻⁷ |

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 히트싱크의 위치 변화에 따른 열 저항을 나타낸 것이다. 자연대류시 히트싱크의 핀 방향과 중력방향이 수직일때(z축 중력방향), 핀 방향과 중력방향이 평행한 경우(y축 중력방향)보다 열 저항이 평균 0.23°C/W 저하되었고, 강제대류시 팬의 위치가 z축 방향으로 위치하였을때 y축 위치하였을때 보다 열 저항이 0.16°C/W

더 낮게 나타났다. 이는 히트싱크의 공기 유동방향이 핀 방향과 수직한 위치에 있을 때 400 W의 열원에서 평균 92°C(자연대류), 64°C(강제대류)의 열을 더 방출하는 것을 알 수 있었다. 이는 H. Shaukatullah의 보고와 같이 공기 유동 방향에 따라 히트싱크의 성능이 지배되며, 공기 순환성과 충분한 접촉면적을 확보하는 구조가 히트싱크

의 방열성능에 밀접한 연관을 가지는 것으로 알 수 있었다.^{10,11)} 또한 대류조건 및 히트싱크 위치의 변화에서 세가지 유형의 히트싱크중 vent가 있는 웨이브 히트싱크가 가장 우수한 방열성능을 나타내었다.

Fig. 3은 웨이브 히트싱크의 핀 간격 변화에 따른 열 흐름 분포도를 나타낸 것이다. 핀 간격이 증가할수록 베이스부 최고 온도는 202.985°C(1.8 mm)에서 201.192°C(2.2 mm)로 감소하였으나, 일정간격(2.4 mm) 이상시에는 다시 온도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 핀 위치와 핀 간격이 열 전달에 영향을 미친다는 Sparrow와 Vemuri의 보고와 같이 웨이브 히트싱크의 경우 핀 간격이 2.2 mm일 경우가 0.45°C/W의 열 저항 값으로 가장 우수한 것으로 나타났다.¹²⁾

Fig. 4와 Fig. 5는 서로 다른 높이를 가진 웨이브 핀

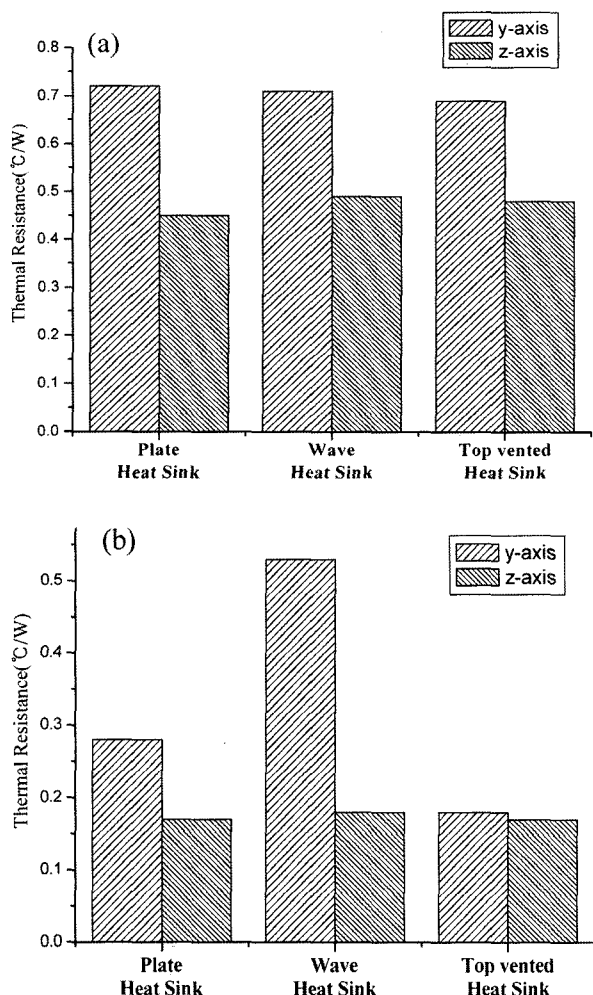


Fig. 2. Thermal resistance of heat sinks according to location change of heat sink in convection conditions. (a) natural convection, (b) forced convection

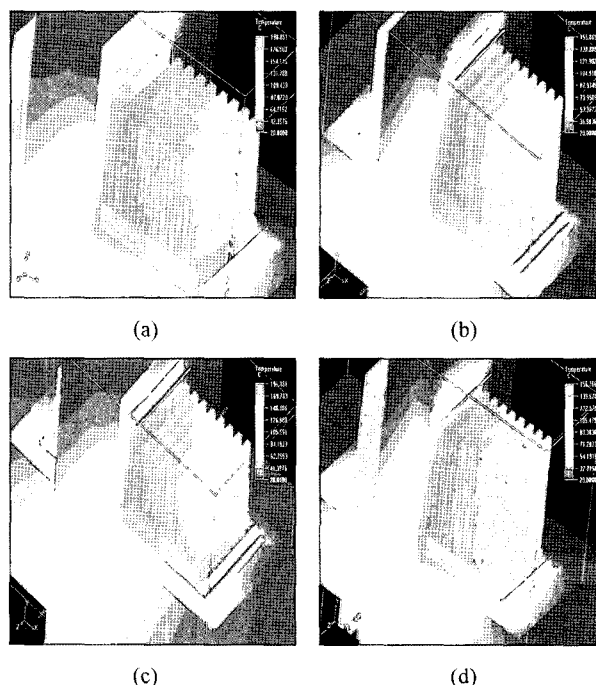


Fig. 4. Distribution diagram of heat flow with heat radiated area of heat sink. (a), (b) wave heat sink, (c), (d) top vented wave heat sink



Fig. 3. Distribution diagram of heat flow according to fin pitch of wave heat sink at a gravity of z-axis in natural convection

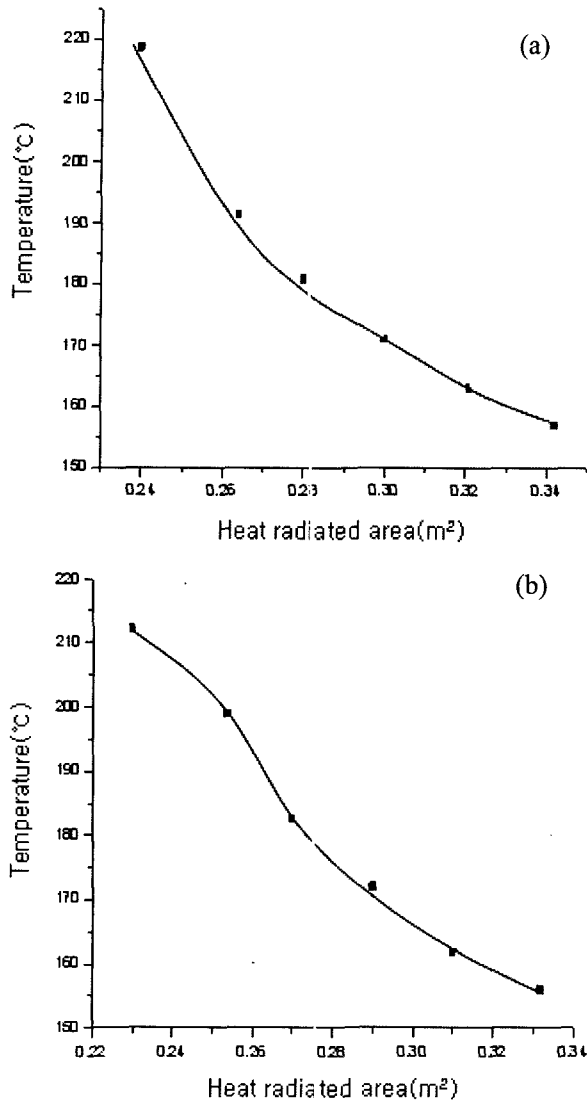


Fig. 5. Temperature distributions of heat sinks with change of heat radiated area. (a) wave heat sink, (b) top vented wave heat sink

을 동일 높이로 하여 방열면적 변화시 열 흐름 분포도를 나타낸 것이다. Wave 형 히트싱크의 경우 방열면적이 최대 0.34 m^2 일때 열 저항은 0.34°C/W , Top vented Wave 형 히트싱크의 경우 0.33°C/W 로 방열면적의 증가로 인해 초기 모델보다 방열성능이 29% 향상되는 것으로 나타났다. 이는 방열면적이 히트싱크의 방열성능에 가장 큰 요소로 작용한다는 Morega와 Bejan의 연구와도 일치하는 것으로 나타났다.¹³⁾

4. 결 론

자연대류 및 강제대류에서 히트싱크의 핀 방향과 공기 유동방향이 수직한 위치에 히트싱크가 위치할 경우(z 축 중력, 팬 위치) 열 저항 값이 평균 0.23°C/W (자연대류), 0.16°C/W (강제대류) 저하되어 더 우수한 방열성능을 보였다.

웨이브 히트싱크의 핀 형상 변화시 핀의 간격이 2.2 mm 일 경우 0.45°C/W 의 열 저항값으로 방열성능이 우수해졌다. 이는 핀과 핀 사이의 공기 흐름이 좋아지고 유량이 증가하여 히트싱크 열 방출이 증가한 것으로 나타났다. 핀의 높이를 변경시 핀의 높이가 증가할수록 열 저항값은 감소하였다. 이는 히트싱크 방열성능의 중요 요소 중 방열면적의 증가로 인한것으로서 초기 변형시보다 방열성능이 29% 증가하였다.

참 고 문 헌

1. H.-C. Chien, M.-H. Tseng, C.-Y. Wang and C.-H. Chu, in Proceedings Seventeenth IEEE SEMI-THERM Symposium (2001 IEEE) 219.
2. Kamal Karimanal and Rajesh Nair, in Proceedings 2000 Inter Society Conferer on Thermal Phenome (2000 IEEE) 308.
3. L. Madhusudau and B. C. Avram, Heat Transfer Proceeding of 11th IHTC, **3**, 501 (1998).
4. A. M. Morega and A. Bejan, Numerical Heat Transfer, Part A, **25**, 373, (1994).
5. D. Dancer and M. Pecht, IEEE Trans. Reliability, **38**, 199, (1989).
6. C. D. Jeon, Y. K. Kim, J. Y. Lee and S. H. Song, KSME Proceeding, 229 (1998).
7. S-C Lim, S-Y Chang, H-T Kim, D-H Lee and K-M Kang, Korean J. of Mater. Research, **14**(7), 522 (2004).
8. S. C. Lim, J. U. Choi and K. M. Kang, Korean J. of Mater. Research, **14**(11), 775 (2004).
9. G. Maranzanz, I. Perry and D. Mailliet, Stephane Rael, International Journal of Thermal Sciences, **43**(1), (2004).
10. H. Shankatullah, Wayne R. Storr, Bernt J. Hansen and Michal A. Gaynes, IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology - Part A, **19**(4), 486 (1996).
11. S.-C. Lin and C. A. Chou, Applied Thermal Engineering, **24**(16), 2375 (2004).
12. E. M. Sparrow and S. B. Vemuri, J. Heat Transfer, **45**(25), 4957 (2002).
13. A. M. Morega and A. Bejan, Numerical Heat Transfer, Part A, **25**, 373 (1994).