

강제대류에서 펠티에 소자를 이용한 내부터널 구조를 가지는 히트싱크에 관한 연구

이민¹, 김태완^{2*}

¹부경대학교 대학원 기계공학과, ²부경대학교 기계공학과

A Study on the Heat Sink with internal structure using Peltier Module in the Forced Convection

Min Lee¹, Tae-Wan Kim^{2*}

¹Graduate School of Mechanical Engineering, Pukyong National University

²Dept. of Mechanical Engineering, Pukyong National University

요약 전자 장비에서 발생하는 열은 장비의 성능을 저하시킨다. 이러한 장비의 열을 외부로 방출하기 위한 방법으로 히트싱크가 사용된다. 본 연구에서는 내부터널의 형상을 가지는 히트싱크에 대한 냉각 및 히팅 성능을 강제대류 상태에서 열전달 특성에 대하여 고찰하였다. 또한, 시간에 따른 히트싱크의 열전달 특성 및 온도분포의 변화에 따른 실험을 수행하였다. 냉각 실험에서 전압이 10V일 때, A형상이 B형상 보다 온도가 낮게 나타났고, 가장 좋은 냉각효과를 나타내었다. 히팅 실험에서 전압이 13V일 때, 온도가 A형상이 B형상 보다 높게 나타났고, A형상이 효율이 더 좋은 것으로 판단된다.

Abstract The heat generated by electronic devices can result in performance degradation. Therefore, a heat sink has been used to release the operating heat into the air outside. This study addressed a methodology for a heat sink with an inner tunnel. Under forced convection conditions, the heat transfer characteristics were different so the cooling and heating performances were studied for the heat sink with an inner tunnel. This was evaluated by performing the experimental test examining the heat transfer characteristics related to the variance in time and temperature distribution. In the cooling experiment, the temperature of the A-shape was lower than that of the B-shape, when the voltage was 10 V. These experimental results indicate the optimal cooling effect. In a heating experiment, the temperature of the A-shape was higher than that of the B-shape, when the voltage was 13 V. The experimental results showed that the temperature and efficiency of the A-shape were higher than those of the B-shape.

Key Words : Forced Convection, Heat Sinks, Peltier Module, Internal Structure, Cooling Performance, Heating Performance

1. 서론

산업의 발전으로 장비들은 점차 고성능화, 소형화 다 기능화 되고 있고, 장비에서 발생하는 열은 장비의 성능을 저하시키는 뿐만 아니라 고장의 원인이 되고 있다. 이러한 전자 장비에서 발생하는 열을 냉각하기 위한 방법으로 Thermoelectric devices(TE)를 사용해 오고 있다

[1-3]. Thermoelectric devices(TE)는 열전냉각기(thermoelectric coolers)와 열전발전기(thermoelectric generators)의 형태로 나눌 수 있다. 열전냉각기는 전기를 열에너지로 바꾸는 펠티에 효과(Peltier effect)이고 [4-6], 열전발전기는 열에너지를 전기로 바꾸는 제백효과(Seebeck effect)다[7]. 펠티에 효과는 서로 다른 도체의 양끝을 접합하고, 한 쪽 회로에 직류 전압을 보내면 한쪽

*Corresponding Author : Tae-Wan Kim(Pukyong National Univ.)

Tel: +82-51-629-6142 email: tw0826@pknu.ac.kr

Received March 3, 2014

Revised April 2, 2014

Accepted June 12, 2014

면에서는 냉각, 다른 한쪽면에서는 가열이 일어나는 현상을 말한다[8]. 따라서 전자 장비에서 발생하는 열을 외부로 방출하는 것이 중요하다.

열을 외부로 방출하기 위한 방법으로 평판에 냉각핀이 부착된 형태의 히트싱크를 연구하였다[9,10]. 또한, 여러 가지 형태의 히트싱크 형상을 디자인하고, 제작된 히트싱크로 발생하는 열의 특성을 해석과 실험을 통하여 외부로 빠르게 방출할 수 있는 방법들을 연구하였다[11]. 강제대류 상태에서 냉각핀 형상이 있는 히트싱크를 열에 대한 영향을 해석하였다[12,13]. Pin-fin 형태의 히트싱크에서 냉각 핀의 높이, 냉각 핀의 지름, 냉각 핀의 간격이 열전달에 어떠한 영향을 주는지를 연구하였다[14]. 지금까지의 연구는 평판 형태의 히트싱크와 전자 장비의 열을 외부로 방출하기 위해 강제대류를 이용한 히트싱크에 관한 연구는 많이 수행 되었다. 그러나, 강제대류 상태에서 내부터널구조를 가지는 히트싱크에 대한 연구는 없었다.

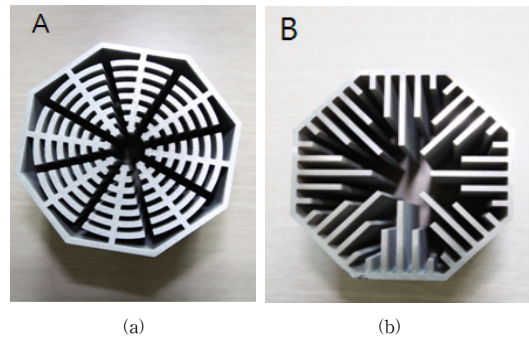
본 연구에서는 내부터널을 가지는 히트싱크에 대한 연구를 수행하였다. 또한 히트싱크는 강제대류 상태에서 열전달 특성이 다르게 나타나므로 강제대류 상태에서 내부터널 구조를 가지는 히트싱크에 대한 냉각 및 히팅 성능 연구하였고, 시간에 따른 히트싱크의 열전달 특성 및 온도분포의 변화에 따른 실험을 수행하였다. 본 논문에서는 강제대류 상태에서 히트싱크의 형상이 온도분포의 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1은 내부터널구조를 가지는 2가지 형태의 히트싱크를 설계 하였고, 크기는 73 × 73 × 70 mm이다. 사용된 히트싱크의 재질은 AL 6061으로 기계적 물성을 Table 1에 나타내었다. Fig. 2는 본 연구에 사용된 실험장치를 나타내었다.

펠티에 소자 표면의 온도를 측정하기 위해서는 소자 표면에 K-type Thermocouple을 장착하여, 강제대류 환경에서 온도를 측정하였다. 히트싱크의 정면에 공기 가 주변으로 확산되지 않도록 Cone형상을 설치하여 대기와의 접촉을 피하고 입구에서 Compressor에서 공기압 27 Psi 으로 공기를 주입하였다. 펠티에 소자의 사양은 Acetec사의 HM3030을 사용하였다.



[Fig. 1] The schematic of the two different types of heat sink with internal structure (a) A shape, (b) B shape.

[Table 1] Heat sink properties AL6061

Density (g /cm ³)	Thermal Conductivity (W/m·K)	Specific Heat Capacity (J/g·°C)	Shear Strength (MPa)
2.70	180	0.896	82.7

[Table 2] Experimental specification of thermoelectric module HM3030

I _{max} (A)	T _{max} (°C)	V _{max} (V)	Q _{max} (W)
3.0	70	15	15.4

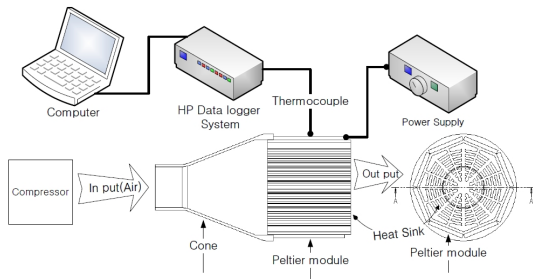
[Table 3] The specification of silicone grease YG6111

Property	Value
Specific gravity (25°C)	2.45
Thermal conductivity W/m·k [cal/cm·sec·°C]	0.84 [2.0 × 10 ⁻³]
Temperature range (°C)	-55 ~ +200

Table 2는 펠티에 소자 HM3030 사양을 나타내었다. 히트싱크와 펠티에 소자의 열전도율을 높이기 위하여 방열 컴파운드를 도포하였다. 실험에 사용된 방열 컴파운드는 GE Toshiba Silicones사의 Silicone Grease 사용하였고, 사양을 Table 3에 나타내었다.

2.2 실험방법

강제 대류 상태에서 히팅과 냉각 실험을 하였다. Power supply에서 전원을 공급하면 펠티에 소자와 히트싱크가 접촉되어 있는 부분은 열이 발생하고 반대면은 냉각이 된다. 반대로 전류의 (+)극과 (-)극을 바꾸어 주면 접촉면은 냉각이 되고 반대면은 열이 발생한다. 히팅과 냉각 실험은 Power supply의 전압을 1V~13V로 바꾸고, 시간은 0.5 sec 간격으로 30초 동안온도변화를 관찰하였다.



[Fig. 2] Schematic of the experimental setup

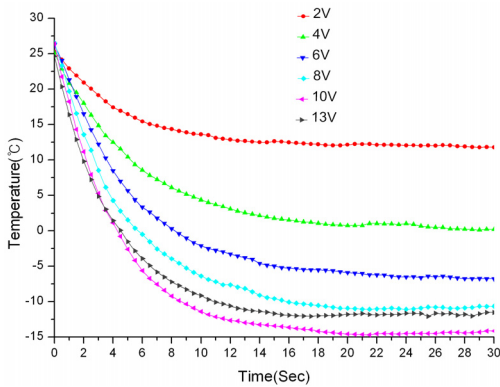
Compressor를 작동시켜 Cone입구에 공기를 불어 넣는다. 공기가 계속 공급되고 있는 상태에서 펠티에 소자에 전류를 공급한다. 펠티에 소자의 시간에 따른 온도변화를 측정하기 위해 표면에 K-type Thermocouple을 연결하였고, 데이터 로거를 연결하였다. 2가지 타입의 형상에 대해서 히팅과 냉각 실험의 결과를 각각 비교 분석하여, 히팅과 냉각성능을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

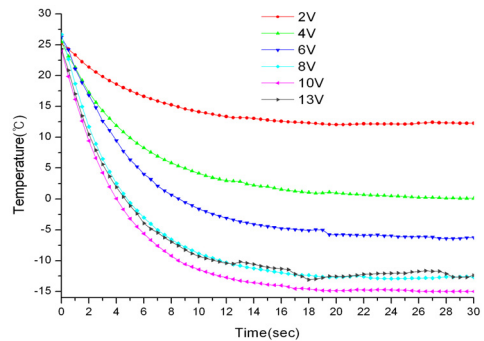
3.1 형상에 따른 냉각

Fig. 3은 A형상과 B형상을 가진 히트싱크를 1V~13V까지 전압을 바꾸면서 시간에 따른 냉각온도 변화를 나타낸 그래프이다.

Fig. 3(a)에서 실험결과를 보면, 전압을 1V~13V까지 증가 시켰을 때, 냉각온도는 최저 -14°C까지 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다. 즉, 전압이 10V에서 최저온도가 -14°C로 나타났으므로, 전압 10V에서 좋은 냉각효과가 나타나는 것을 실험을 통하여 확인하였다.



(a) A shape

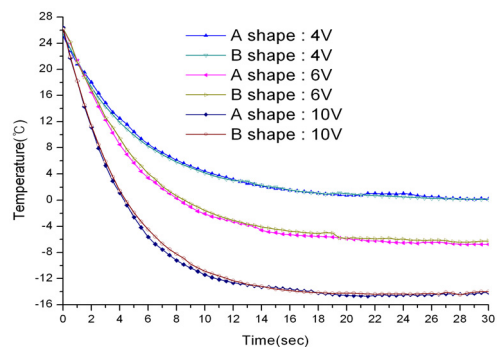


(b) B shape

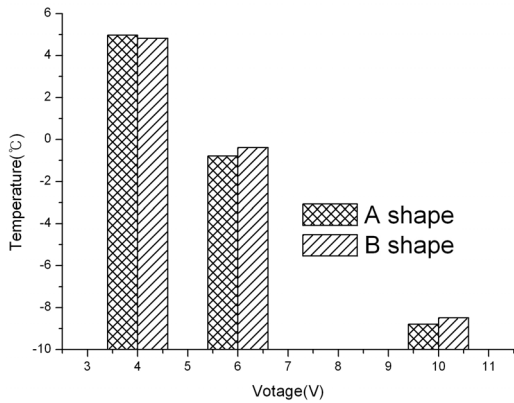
[Fig. 3] Cooling experiment for heat sink of A shape and B shape

Fig. 3(b)는 B형상의 냉각 핀 히트싱크 냉각실험결과로 전압을 1V~13V까지 증가 시켰을 때, 최저 -15°C까지 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다. A형상의 냉각 핀 히트싱크와 비슷한 경향을 보이고 있다. 전압이 10V에서 최저온도가 -15°C로 나타났고, 가장 좋은 냉각효과가 나타나는 것을 실험을 통하여 확인하였다.

Fig. 4는 앞 Fig. 3에서 얻은 실험결과에서 10V일 경우 최저 냉각효율이 나타났고, 전압이 4, 6, 10V일 때 A형상과 B형상 냉각 핀 히트싱크의 시간에 따른 온도의 변화를 비교하였다. 그래프를 보면, 형상에 따른 온도 변화는 거의 없었다. 따라서 강제대류에서 히트싱크의 형상은 온도에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 냉각온도는 10초까지 급격하게 떨어지고 그 이후는 온도의 변화가 없이 거의 일정하다. 온도는 급격히 떨어진 이후부터 30초까지 -15°C 이하로 계속 유지되는 것을 알 수 있었다. 이것은 펠티에 소자의 뜨거운 열이 히트싱크를 통해서 외부로 열이 확산되어 방출되기 때문에 -15°C가 유지되는 것으로 사료된다. 이런 열흐름의 현상은 일반적으로 “chimney pattern”로 알려져 있다[11].



[Fig. 4] When 4, 6, 10 voltage, compare cooling experiment for heat sink of A shape and B shape

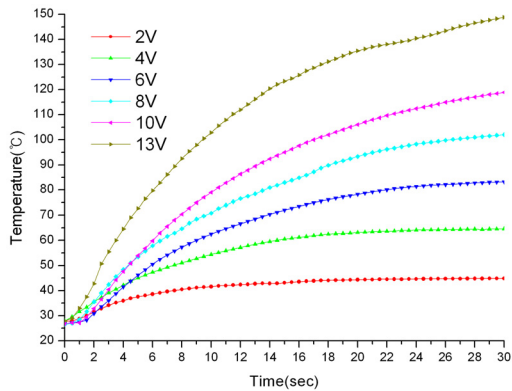


[Fig. 5] Compare temperature for heat sink of A shape and B shape In the 4, 6, 10 voltage

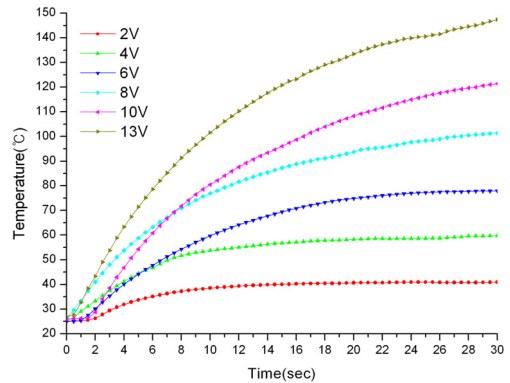
Fig. 5는 A형상과 B형상의 전압에 따른 온도 변화를 나타내었다. A형상과 B형상을 비교해 보면 전압 4에서는 온도차는 거의 없지만, 전압 6, 10에서는 B형상보다 A형상이 0.5°C 정도 낮은 것을 알 수 있다. A형상이 B형상보다 약 0.5°C 낮은 것은 A형상의 히트싱크 핀의 형상과 개수가 B형상의 히트싱크보다 많은 것으로 판단하면 대기와의 접촉면적이 높기 때문에 상대적으로 열의 확산과 대류가 빨리 일어난 것으로 생각된다. A형상과 B형상 모두 전압이 증가 할수록 온도는 감소하는 것을 알 수 있다.

3.2 형상에 따른 가열

Fig. 6은 A형상과 B형상을 가진 히트싱크를 1V~13V까지 전압을 바꾸면서 시간에 따른 히팅온도 변화를 나타낸 그래프이다.



(a) A shape



(b) B shape

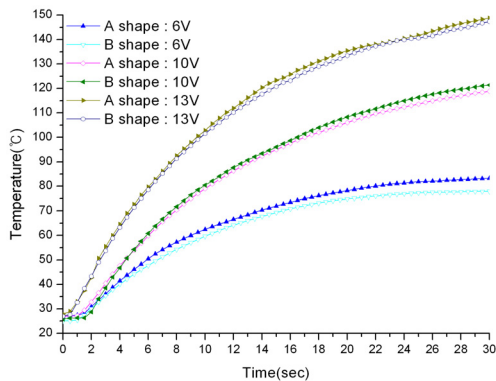
[Fig. 6] Heating experiment for heat sink of A shape and B shape

Fig. 6(a)에서 실험결과를 보면, 전압을 1V~13V까지 증가 시켰을 때, 히팅온도는 최대 150°C까지 상승하는 것을 확인 할 수 있었다. 즉, 전압이 13V에서 최대온도가 150°C로 나타났고, 히팅효과가 나타나는 것을 실험을 통하여 확인하였다.

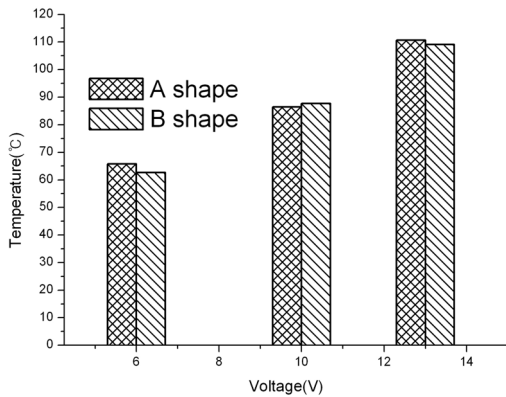
Fig. 6(b)에서 실험결과를 보면, 전압을 1V~13V까지 증가 시켰을 때, 히팅온도는 최대 145°C까지 상승하는 것을 확인 할 수 있었다. 전압이 13V에서 최대온도가 145°C로 나타났고, Fig. 7(a),(b) 두 실험을 통하여 A형상 냉각 핀 히트싱크가 13V일 경우 150°C로 가장 좋은 히팅효과가 나타나는 것을 확인하였다.

Fig. 7은 앞 Fig. 6에서 얻은 A, B형상의 가열실험에서 13V일 경우 최대 히팅효율이 나타남으로 전압이 13V일 때 A형상과 B형상을 시간에 따른 온도의 변화를 나타내었다. A형상은 B형상 보다 5°C 높게 나타났고, 형상에 따른 온도 변화는 거의 없었다. 히트싱크의 형상은 온도에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 온도는 12초까지 급격하게 증가하고 그 이후부터 30초까지는 온도가 150°C로 완만하게 증가하는 것을 알 수가 있다.

Fig. 8은 A형상과 B형상의 전압에 따른 온도 변화를 나타내었다. A형상과 B형상을 비교해 보면 전압 6, 13에서는 A형상의 온도가 B형상보다 1°C 정도 온도가 높게 나타났고, 전압 10에서는 온도 변화가 거의 없다. A형상과 B형상 모두 전압이 증가 할수록 온도는 증가하는 것을 알 수 있다.



[Fig. 7] When 6, 10, 15 voltage, compare heating experiment for heat sink of A shape and B shape



[Fig. 8] Compare temperature for heat sink of A shape and B shape In the 6, 10, 13 voltage

4. 결론

본 연구는 펠티에 소자를 이용하여 강제 대류 상태에서 A형상과 B형상 히트싱크의 형상에 따른 냉각 및 히팅 성능을 확인 할 수 있었다.

냉각 실험에서 A형상은 전압이 10V일 때 최저온도가 -14°C로 나타났고, B형상에서는 전압이 10V일 때 최저온도가 -15°C로 나타났다. B형상 냉각 핀 히트싱크의 전압이 10V에서 -15°C로 가장 좋은 냉각효과가 나타나는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있었고, A형상과 B형상을 비교해 보면, 형상에 따라서는 온도의 변화가 거의 없었다. 온도는 10초까지는 급격히 떨어지고, 10초부터 30초까지 -15°C 이하로 계속 유지되는 것을 알 수 있었다.

히팅 실험에서 A형상은 전압이 13V일 때 최대온도가

150°C로 나타났고, B형상에서는 전압이 13V일 때 최대온도가 145°C로 나타났다. B형상 보다는 A형상 냉각 핀 히트싱크가 히팅효과가 5°C 높게 나타났고, 효율이 좋은 것으로 사료된다. A형상 냉각 핀 히트싱크의 전압이 13V에서 가장 좋은 히팅효과가 나타나는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있었고, A형상과 B형상을 비교해 보면, 형상에 따른 온도의 변화가 거의 없었다. 히팅효과 역시 12초까지 급격하게 증가하고 그 이후부터 30초까지는 온도가 150°C로 완만하게 증가하는 것을 알 수가 있다.

전압에 따른 온도변화를 보면, 냉각실험에서 전압이 증가할수록 온도는 A형상과 B형상 모두 감소하는 것을 알 수 있었고, 히팅 실험에서 전압이 증가할수록 온도는 A형상과 B형상 모두 증가하는 것을 알 수 있었다. 냉각과 히팅실험에서 형상에 따른 온도변화를 보면 그 차이는 미비하였다.

강제대류에서 히트싱크의 형상에 따른 냉각 및 히팅 성능은 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

References

- [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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2007.02.008>
- [2] Y.G. Gurevich, G.N. Logvinov, "Physics of thermoelectric cooling", *Semicond Sci. Technol.* Vol. 20, pp. 57-64, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0268-1242/20/12/R01>
- [3] 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2010.08.024>
- [4] W.H. Chen, C.Y. Liao, C.I. Hung, "A numerical study on the performance of miniature thermoelectric cooler affected by thomson effect", *Appl. Energy*, Vol. 89, pp. 464-473, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.08.022>
- [5] K.H. Lee, O.J. Kim, "Analysis on the performance of the thermoelectric microcooler", *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 50, pp. 1982-1992, 2007.
- [6] J. 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.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jheatmasstransfer.2006.09.037>

[7] D. Champier, J.P. Bedecarrats, M. Rivaletto, F. Strub, "Thermoelectric power generation from biomass cook stoves", Energy, Vol. 35, pp. 935-942, 2010.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2009.07.015>

[8] 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, No. 4, pp. 65-70, 2006.

[9] 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.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jheatmasstransfer.2010.02.032>

[10] 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.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-008-1867-9>

[11] 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, No. 6, pp. 292-296, 2012.

[12] P. Teertstra, M.M. Yovanovich, J. R. Culham, "Analytical forced convection modeling plate fin heat sinks", J. Electronics Manufacturing, Vol. 10, No. 4, pp. 253-261, 2000.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S0960313100000320>

[13] C.T. Chen, H.I. Chen, "Multi-objective optimization design of plate-fin heat sinks using a direction-based genetic algorithm", Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, Vol. 44, pp. 257-265, 2013.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtice.2012.11.012>

[14] K.T. Chiang, C.C. Chou, N.M. Liu, "Application of response surface methodology in describing the thermal performances of pin-fin heat sinks", International Journal of Thermal Sciences, Vol. 48, pp. 1196-1205, 2009.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2008.10.009>

[15] Y.A. Cengel, "Heat Transfer A Practical Approach 2nd edition", McGraw-Hill, Boston, 2003.

이 민(Min Lee)

[정회원]



- 1998년 2월 : 부경대학교 정밀기계공학과 졸업
- 2008년 2월 : 서울과학기술대학교 정밀기계공학과 (기계공학석사)
- 2012년 3월 ~ 2014년 2월 : 부경대학교 대학원 기계공학 (박사과정 수료)

<관심분야>

사출금형, 사출금형설계, 성형해석

김 태 완(Tae-Wan Kim)

[정회원]



- 1999년 2월 : 부산대학교 정밀기계공학과 (공학석사)
- 2003년 8월 : 부산대학교 정밀기계공학과 (공학박사)
- 2003년 8월 ~ 2004년 12월 : 부산대학교 기계기술연구소 전임연구원
- 2005년 1월 ~ 2006년 12월 : 오하이오 주립대학교 방문연구원
- 2007년 1월 ~ 2008년 2월 : 현대자동차 연구소 선임연구원
- 2008년 3월 ~ 현재 : 부경대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

트라이볼로지, 구조해석, 자연모사공학