대한설비공학회 2006하계학술발표대회 논문집 pp. 1156~1161

06-S-184

펠티에 소자를 이용한 냉각성능에 관한 연구

이 상 일, 최 진 욱, 이 동 렬†
대구가톨릭대학교 기계자동차공학부

Investigation of the Cooling Performance Using Peltier Module

Sang-Il Lee, Jin-Wook Choi, Dong-Ryul Lee
College of Engineering School of Mechanical and Automotive Engineering, Catholic University of Daegu, 330 Geumanak 1-ri, Hayang-eup, Gyeongsan-si, Gyeongbuk, Rep. of Korea 712-702

ABSTRACT: This study is to evaluate the cooling performance of the Bonding type and Injection type of heat sink using three different kinds of industrial Peltier module by digital LabView™ measurement. Injection type of heat sink could be more efficient for the heat transfer than Bonding type, even with 30% more radiating surface area. In addition, the experimental results revealed that the sufficient power supplied was able to show the better cooling performance of Peltier module.

Key words: Petier effect(펠티에 효과), Peltier module(펠티에 소자), Cooling (냉각)

기 호 설 명

h	:	대류열전달계수 [W/m^2K]
HM6040	:	AceTec 社 열전소자
HMN6040	:	AceTec 社 열전소자
HMN1550	:	AceTec 社 열전소자
I	:	전류 [A]
P	:	전력 [W]
Q	:	열량 [W]
△T	:	온도차 [℃]
V	:	전압 [V]

1. 서론

기존의 냉각장치는 암모니아나 플루오르화염화탄화수소계 등의 가스를 압축하여 강제로 순환시켜 냉각시키는 냉각방식이 주로 이용되어 왔다.

†Corresponding author
Tel.: +82-53-850-2717; fax: +82-53-850-2710
E-mail address: dlee@cu.ac.kr

이러한 냉각장치는 부피가 크고 그에 따라 소형제작이 어렵고 정확한 제어가 어려운가 하면 작동 시 불필요한 소음과 진동이 발생하고 폐기 시에는 지구환경에 심각한 악영향을 끼치고 있다.[1,2] 이러한 문제를 해결하기 위한 냉각장치로 최근에 Peltier module이 대두되고 있다.

Peltier module이란 두 개의 서로 다른 도체의 양끝을 접합한 다음 회로에 직류전압을 인가하면 한쪽 면에서는 흡열, 다른 한쪽 면에서는 발열이 일어나는 일종의 Heat humping 현상이 일어나는 Peltier effect를 이용한 소자로 높은 신뢰성이 요구되는 군사용이나 우주항공 분야에만 적용되어 오다 최근에 관심이 높아져 광통신 Module 및 전기, 전자, 통신 및 정밀기계의 국소부위 냉각 등에 광범위하게 연구되고 있다.[1, 3-7] 하지만 Peltier module은 가격이 비싸고 고온에서 소자가 파괴되는가 하면 발열부의 온도를 잘 제어하지 못하면 발열부의 온도가 냉각부로 전도되면서 효율이 급격하게 떨어지는 문제가 있다. 따라서 Peltier module의 효율을 높이기 위해서는 무엇보다 발열부의 냉각이 잘 이루어지도록 하여야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 Peltier module의 효율적인 냉각시스템으로의 개발을 위해 Peltier module과 Heat sink, Fan 등을 장착한 시스템을 만들어 Peltier module의 종류와 Heat sink의 종류 등을 달리하여 어떤 조건에서 발열부의 냉각이 원활하게 이루어져 Peltier module의 냉각효율을 높이는지에 대해 규명하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Peltier module의 냉각성능을 측정하기 위한 실험장치는 Fig. 1과 같이 크게 Peltier module의 발열부의 냉각을 위한 Cooling Device, Peltier module과 Fan에 전원공급을 위한 Power supply, 데이터 수집을 위한 DAQ board와 P/C로 구성하였다.

실험장치의 구성 중 가장 핵심부분인 Cooling Device는 Fig. 2와 같이 소자의 발열부의 조건을 달리하여 실험할 수 있도록 제작하였으며 Peltier module, Heat sink 및 Power supply, Inner case와 Outer case 그리고 Fan을 조합하여 제작하였다. Cooling Device는 Inner case의 최하단과 상단에 Fan을 고정시켰으며 Fan의 강제대류의 효율을 높이기 위한 최적거리를 실험으로 측정하여 위치를 정하였다. 그리고 Upper fan 위에 알루미늄 Heat sink를 설치하여 탈부착이 가능하도록 하였으며 Heat sink 위의 평탄한 부분에 열전도율을 높이기 위한 방열 컴파운드를 도포하여 Peltier module의 발열부를 Heat sink에 접촉시키고 냉각부를 위쪽으로 설치하였다. 두 개의 Power supply는 각각 두 개의 24V Fan을 작동하도록 하여 하부의 대기공기를 빨아들여 아크릴로 만들어진 공기 이동통로를 통해 상부로 강제대류를 만들어 불어 올리도록 하였다.

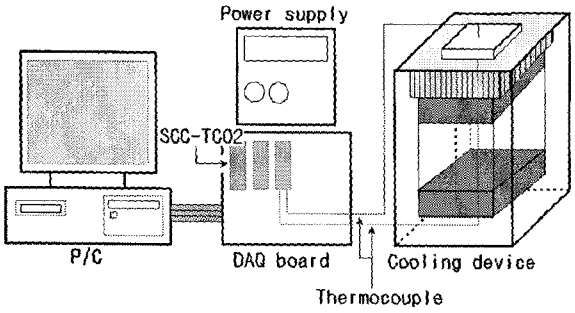

Fig. 1 기기의 구성

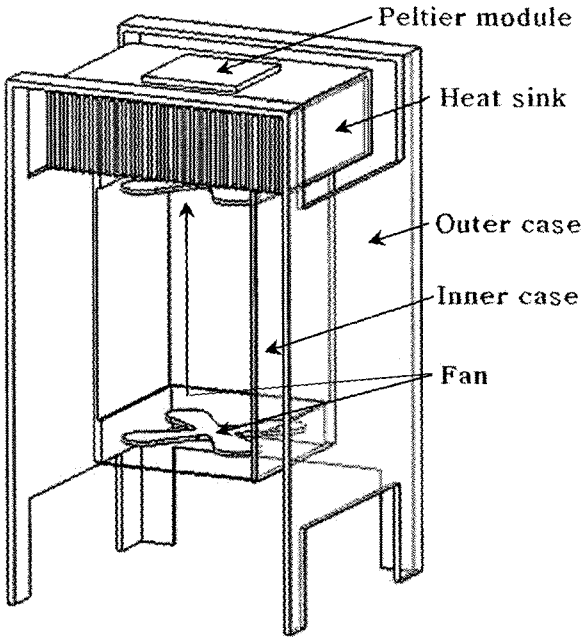

Fig. 2 냉각장치의 상세도

Peltier module에 전원을 공급하는 Power supply는 220V AC이고 출력 전원은 Peltier module의 최대출력 DC 15V로 맞추었다.

온도측정과 측정한 온도 데이터는 NI사의 데이터 수집장치인 DAQ board에 SCC-TC02라는 module에 Thermocouple J-Type을 연결하여 온도를 측정하여 LabVIEW를 사용하여 측정한 온도 데이터를 수집하였으며 Thermocouple 위치는 Peltier module의 냉각부 중앙과 Heat sink 중앙에 각각 설치하여 냉각부와 발열부의 온도변화를 측정하였다. 그러나 냉각부의 정확한 측정을 위해서는 Peltier module의 냉각부 중앙에 위치시켜야 하나 Thermocouple의 Junction 두께 때문에 Peltier module와 Heat sink의 밀착접촉이 되지 않아 틈이 생긴다. Peltier module와 Heat sink의 틈은 Peltier module 발열부의 열이 Heat sink로 전도되는 것을 방해를 하기 때문에 냉각부와 가장 가까운 Heat sink의 하단부의 중앙에 위치시켰다.

그리고 Heat sink와 Peltier module의 조건에 따른 냉각성능을 알아보기 위해 Bonding type heat sink와 Injection type heat sink 그리고 일

반 P/C의 그래픽 카드 냉각용 heat sink 세 가지 type의 heat sink를 사용하였고 Peltier module의 경우 HM6040, HMN6040 그리고 HMN1550 세 가지 Peltier module을 사용하여 각 type의 Heat sink에 각각의 Peltier module을 붙여 수행하였다.

2.2 실험방법

실험은 상온에서 두 개의 Fan을 동시에 작동시킴으로써 시작된다. Peltier module를 Fan과 같이 작동시켜도 되지만 Peltier module의 발열부에서 급속도로 발생한 열을 초기에 냉각시켜주지 못하면 발열된 열이 Peltier module 내부로 전도되어 Peltier module의 파손(80°C로 규정)이 될 우려가 있어 두 개의 Fan을 우선 작동시킨다.

두 개의 Fan이 작동되면 하부의 Fan이 대기공기를 빨아들여 내부아크릴용기를 통해 상부 Fan을 거치면서 공기의 강제대류가 최대로 되어 Heat sink에 뿜어져 Heat sink의 냉각이 이루어진다.

그리고 Peltier module에 연결된 Power supply를 작동시켜 Peltier module에 직류전류를 입력하게 되면 상부는 냉각이 하부는 발열이 이루어지게 된다.

또한 발열부분과 냉각부분의 온도 차이를 알아보기 위해 각 각의 면에 Thermocouple을 연결하고 Thermocouple을 DAQ board에 연결하여 출력되는 온도 신호를 LabVIEW Program을 이용하여 1sec에 1개씩 받도록 하였고 온도의 측정은 Fan의 작동 시작에서부터 냉각부와 발열부의 온도가 정상상태에 이를 때까지 실험을 수행하였다.

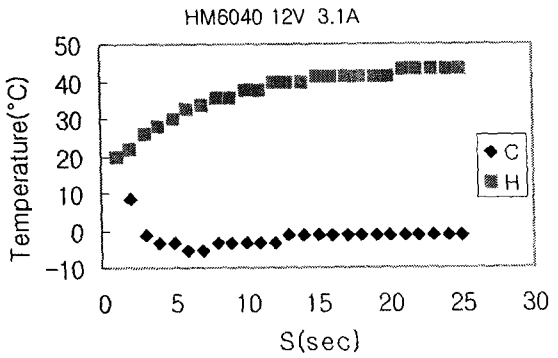

Fig. 3 12V 3.1A에서 HM6040의 냉각성능

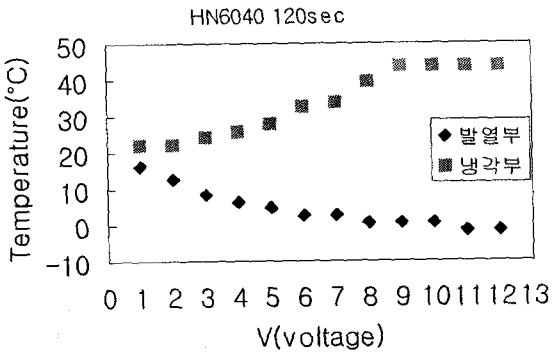

Fig. 4 120sec에서 전압에 대한 HM6040의 냉각성능

3. 실험결과 및 고찰

3.1.1 HM6040의 냉각성능

Fig. 3은 일반 P/C의 그래픽 카드 Heat sink에 입력전원 DC 12V 3.1A를 인가한 HM6040의 방열, 냉각의 온도변화를 시간에 따른 그래프로 나타낸 것이다. Fig. 3을 보면 초기상태 즉, Fan만을 작동시킨 냉각, 발열부 온도 20℃에서 Peltier module에 입력전압을 걸어주면 냉각부의 온도는 15sec 이내에 -3.5℃이하로 급격히 떨어진다. 25~30sec 사이에 최저온도 -5.5℃까지 내려갔다. 35sec부터 다시 냉각부의 온도는 60sec지점에서의 -1.5℃까지 상승하여 정상상태로 유지되는 것을 보여준다.

그러나 발열부의 온도는 정상상태가 되는 100sec에서 43.5℃까지 계속 상승한다.

여기서 냉각부의 온도가 최저 -5.5℃까지 내려가서 다시 정상상태의 온도 -1.5℃로 상승하는 이유는 Peltier module의 발열부에서 발생한 열이 4mm의 얇은 Peltier module 내부를 통한 냉각부로 열전도가 발생하여 냉각부의 온도를 상승시키는 현상이 나타나게 했다.

Fig. 4는 입력전압을 1V에서 12V까지 가변적으로 하였을 경우 즉, 120sec일 때의 정상상태 온도를 나타내는 그래프이다.

입력되는 전압이 높을수록 냉각효율이 높아진다는 것을 확인 할 수 있다.

입력전압이 11V에서부터는 냉각부와 발열부의 온도는 각각 -1.5℃, 43.5℃로 더 이상변화가 없다는 것을 볼 수 있다.

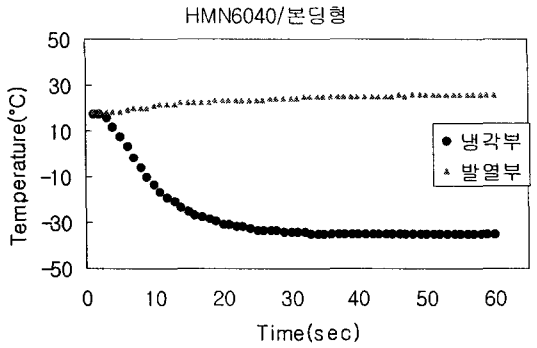

Fig. 5 HMN6040/본딩형 Heat sink의 냉각성능

3.1.2 HMN6040의 냉각성능

Fig. 5는 Bonding type heat sink로 HMN6040의 발열부를 냉각시킬 때의 냉각성능그래프이다.

초기상태 Fan을 작동시킨 상태에서 냉각부와 발열부의 온도는 각각 17℃, 18℃에서 Peltier module에 최고 15V, 5.08A를 인가시켰을 때 정상상태까지60sec 정도가 걸리고 정상상태에서의 냉각부의 온도는 -34.6℃, 발열부의 온도는 26℃정도의 온도에서 계속해서 유지 된다. 냉각부의 온도는 초기상태에서 영하로 떨어질 때 7sec안에 급격히 떨어진다. 최저온도는 40sec일 때 -35.1℃이며 HM6040과 같이 최저온도에서 발열부의 열이 냉각부로 열전도현상이 일어나 냉각부의 온도가 상승되는 구간이 존재한다. 그러나 최저온도와 정상상태의 온도차는 1℃정도로 HM6040에서의 온도차 4℃에 비해 온도차는 미미하다.

발열부는 최고온도는 157sec에서 28℃로써 초기상태와 10℃정도 차이가 났으며 △T는 63℃정도가 된다.

Fig. 6는 Injection type heat sink를 사용하고 실험방법은 동일하게 하여 나타낸 그래프이다. Injection type heat sink를 사용한 HMN6040의 발열부와 냉각부의 초기온도는 모두 17℃에서 시작한다. 동일한 실험방법으로 Peltier module에 입력전압을 걸어 주었을 때 냉각부는 Bonding type의 경우와 동일하게 7sec에 영하로 떨어지고 최저온도 -34.3℃에 도달하는 시간은 26sec가 걸린다. 70sec에 다시 Peltier module 내에 발열부의 열이 저온부로 이동하는 열전도 현상에 의해 1℃가 높은 영하 33℃에서 정상상태를 유지한다. △T는 67℃이다.

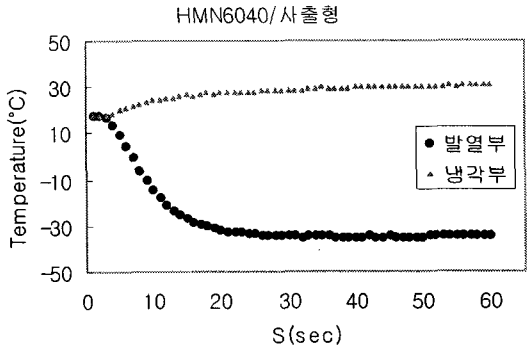

Fig. 6 HMN6040/사출형 Heat sink의 냉각성능

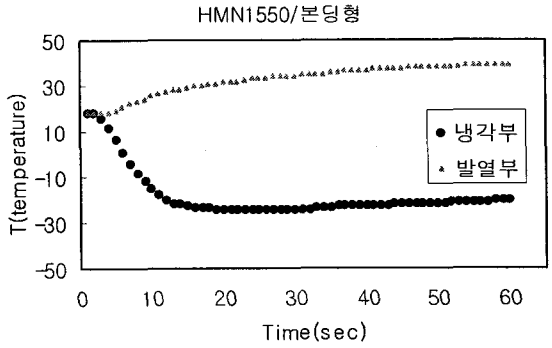

Fig. 7 HMN1550/본딩형 Heat sink의 냉각성능

3.1.3 HMN1550의 냉각 성능

Fig. 7은 HMN1550에 Bonding type heat sink를 사용했을 경우의 온도변화를 나타낸다.

Fan만 작동하는 냉각부와 발열부의 초기온도는 모두 17℃에서 시작한다. Peltier module에 15V, 11.14A를 인가시키면 7sec에서 냉각부의 온도가 영하로 떨어지고 20sec에서 최저온도 -24.3℃까지 떨어진다. 24sec가 지난 후부터 120sec까지 정상상태온도인 -16℃까지 상승한다.

발열부의 온도는 초기온도에서부터 180sec초가 지난 후에 정상상태의 온도 45℃까지 계속해서 상승한다.

Fig. 8은 HMN1550 Injection type heat sink일 때의 온도변화그래프이다. 발열부와 냉각부의 온도 18℃에서 시작하여 Bonding type heat sink과 같이 7sec에서 영하로 떨어지기 시작하여 20sec에서 최저온도 -26.5℃까지 떨어진다.

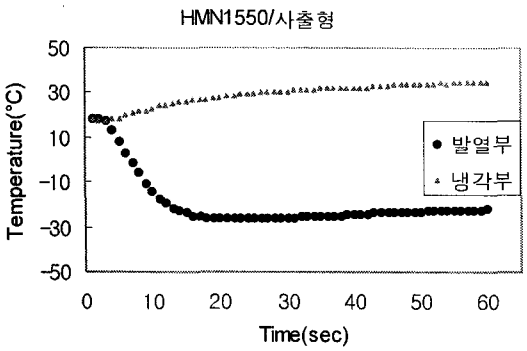

Fig. 8 HMN1550/사출형 Heat sink의 냉각성능

28sec에서 135sec까지 냉각부의 온도가 -18℃까지 상승하여 정상상태를 유지한다.

발열부의 온도는 206sec될 때 39℃까지 상승하여 정상상태를 유지한다.

HMN1550이 HMN6040보다 효율이 높음에도 불구하고 냉각부와 발열부의 온도가 5℃가량 더 높은 이유는 최대 전류 15A까지 올려 줄 수 있는 전원공급기가 없어 전압은 동일하나 높은 전류를 필요로 하기 때문에 냉각효율이 낮게 나왔다.

Table. 1은 3종류의 Peltier module이 최대 성능을 내기위한 이상적인 작동 조건일 때의 전류, 전압, 최대열량 그리고 이 때에 발생하는 냉각부와 발열부의 온도차를 나타낸다. HM6040과 HMN6040은 이상적인 작동시에 필요한 조건은 거의 비슷하나 HMN1550은 전류가 높음으로 다른 두 Peltier module보다 4배 이상 높다.

Table. 2는 본 실험을 바탕으로 한 Peltier module의 성능을 측정값이다. 소자가 필요로하는 전류가 낮게 측정되는데 가장 주 된 원인은 Power supply의 전력이 이론적 수치만큼 출력값을 내지 못했다는 것이다. Peltier module은 효율에 비해 소비 전력이 높다. 실험실의 일반적인 Power supply는 최대전압 15(V)까지 높여줄 수 있었으나 HM6040의 경우 최대전류의 84%, HMN1550 경우는 76%정도까지만 주어지지 않았기 때문이다.

4. 결론

지금까지 본 연구의 실험으로부터 Peltier module의 종류에 따른 냉각성능의 차이를 실험적으로 측정하고 Heat sink의 종류가 냉각성능에 영향을 미치는 정도를 살펴 볼 수 있었다.

Table. 2 Theoretical Specification of Thermoelectric Module

Model	Imax(A)	Vmax(V)	Qmax(W)	△Tmax(K)
HM6040	6.0	15	51.4	69
HMN6040	6.0	15.5	53	73
HMN1550	15.0	15.5	232.5	73

Table. 3 Experimental Specification of Thermoelectric Module

Model	Imax	Vmax	Qmax	△Tmax(K)
HM6040	3.1	12	37.2	45
HMN6040본딩	5.08	15	76.2	51.93
HMN6040사출				50.83
HMN1550본딩	11.4	15	171	33.96
HMN1550사출				36.22

HM6040과 HMN1550에서 냉각이 잘 이루어지지 않은 것은 Table. 2와 Table. 3에 실험장치 구성시 소자의 구동에 필요한 충분한 전력이 공급되지 않았기 때문이라 추측된다.

또한 Heat sink의 종류에 따른 Peltier module의 냉각 성능에 영향을 보여주는 정도는 Table. 2의 결과와 같다. Bonding type heat sink와 Injection type heat sink의 냉각성능 차이는 HMN6040에서 2.11%, HMN1550에서는 6.24%정도 차이가 나지 않지만 Injection type이 Bonding type 비해 표면적이 작음(Bonding type의 표면적이 33.3% 넓음)에도 불구하고 비슷한 냉각성능을 보임으로써 Injection type이 Bonding type보다 Peltier module이 냉각성능을 높이는데 효율적이라고 판단된다.

Peltier module의 가장 뛰어난 냉각성능을 끌어내기 위해서는 발열부의 원활한 냉각을 위한 Heat sink의 적절한 선택과의 열전도를 향상시키기 위한 기밀성 유지와 소자의 구동에 필요한 충분한 전력을 공급해 줄 수 있는 Power supply의 적용이 필요하다.

그러므로 앞으로 개선되고 개발되어야 할 연구과제는 Peltier module의 최대성능 낼 수 있도록 해주는 고성능 Power supply의 적용, 표면적이 넓으면서도 열전도가 좋고 냉각성능이 높은 Heat

sink, 냉각부분의 단열제와 단열방식, 발열부의 더 효율적인 냉각방식의 선택, Peltier module를 복합적으로 결합하여 보다 높은 냉각효율을 도모하는 것이 앞으로의 연구과제가 될 것이다.

참고문헌

1. Yoo, S. Y., Joo, B. S., Kam, J. H., Lee S, Y. , Kim, K, Y., 1995, A Study on the Cooling Performance of Thermoelectric Module, Trans. of the KSME, pp. 670-675
2. Lee, M. H., Paek, J. W., Kim, S. Y., Lee, K S., 2002, Heat Transfer from a Fan-Aluminum foam Heat Sink Assembly for CPU Cooling, Trans. of the KSME, B, Vol. 26, No. 3 , pp. 417-422.
3. Lee, H. J., Park, H. S., Kim, C, J., 1999, Numerical Analysis on the Cooling of Laser Diode Package with Thermoelectric Cooler, Trans. of the KSME, B, pp. 309-315.
4. Yoo S. Y., Hong C. P., Shim W. S., 2004, A Study on the Performance of Thermoelectric Module and Thermoelectric Cooling System, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 16, No. 1, pp. 62-69
5. Kim, J. Y., Oh, M. D., 2000, Experiment on the PDP cooling characteristics by thermoelectric module and conduction block, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, pp. 158-163
6. Kim, Y. S., Chung, Y. J., Kang, B. H., Development of a Cosmetics Refrigerator with Bottom-Cooled TEC.
7. Noh, H. K., Lee, J. H., 1998, Cooling Perfomace of an Electronic System Including Electronic Components Mounted with Heat Sink, Trans. of the KSME, B, Vol. 22, No. 2, pp. 253-266.