

펠티어 소자를 이용한 알루미늄 판의 온도 제어

전원석[†], 방두열^{*}(전북대 원), 최광훈^{**}(전북대),
권대규^{**}, 김남균^{**}, 이성철^{**}(전북대)

Temperature Control of the Aluminum Plate using Peltier Element

Won-Suk Jeon[†], Du-Yeol Pang(Graduate School, Chonbuk Univ.), Kwang-Hun Choi,
Tae-Kyu Kwon, Nam-Gyun Kim, and Seong-Cheol Lee(Chonbuk Univ.)

ABSTRACT

This paper present the temperature control of aluminum plate using Peltier element. Peltier effect is heat pumping phenomena by electric energy as one of the thermoelectric effect. So if current is asserted to Peltier element, it absorbs heat from low temperature side and emits to high temperature side. In this experiment, Peltier element is used to control the temperature of small aluminum plate with ON/OFF control scheme and fan ON/OFF. As the result of experiments, it is proper to act fan only while cooling duration and there exist a proper cooling current to drop temperature rapidly. It takes about 100sec to increase to 70℃ and drop to 35℃ of aluminium plate temperature and about 90sec to increase to 70℃ and drop to 40℃ n ambient temperature 30℃ while fan is on only in cooling duration. Future aim is to realize more rapid temperature control and develop SMHA(special metal hydride actuator) by using Peltier element to heating and cooling.

Key Words : Peltier element(펠티어 소자), Seebeck effect(제벡 효과), Thermoelectric Element(열전소자), Thermo-electromotive force(열기전력)

1. 서 론

펠티어 소자(Peltier element)는 일반적으로 열전 현상(thermoelectric effect)인 열에너지와 전기에너지의 변환 현상으로 소자 양단에 전류가 흐르면 저온 점에서 열을 흡수하여 고온 점으로 열을 방출하는 현상이다. 이러한 현상은 1900년 초부터 연구하기 시작하였으며, 현재 약 10% 이상의 변환 효율을 얻을 수 있는 상태까지 발전하였다. 열전소자는 N, P 형의 열전 반도체를 전기적으로 직렬, 열적으로는 병렬이 되도록 II형으로 연결한 모듈의 형태로 사용되고 있다. 펠티어 소자의 구동원리는 크게 나누어 제벡 효과(Seebeck effect)와 펠티어 효과(Peltier effect), 그리고 톰슨효과(Thomson effect)로 나눌 수 있다.¹⁻³

열전소자를 응용한 시스템 기술이 가장 발달된 분야로는 우주 항공용, 생체분야, 전자 분야 등이 있다. 국내외 동향으로는 미국의 경우 DOE, NASA, Hi-Z, SERI 등에서 열전소자에 대한 연구가 활발하

고, 일본은 도호쿠대, 도쿄대, 야마구치대 등에서 열전냉각에 대한 연구를 주로 하고 있으며 열전 발전에도 많은 관심을 가지고 있다.

본 연구에서는 펠티어 소자를 이용하여 AI 판의 온도제어에 관한 내용으로, AI 판을 35℃~70℃ 정도 범위의 요구하는 온도로 제어하기 위해서 펠티어 소자의 구동용 전류제어 회로를 설계하고, 피드백 시스템으로 구성하여 ON/OFF 제어를 하였다.

2. 펠티어 전자냉각 모듈

2.1 전자냉각의 기초이론

펠티어 효과는 전자가 전위차가 있는 두 금속사이를 움직이기 위해서 에너지를 필요로 하고, 여기에 필요한 에너지를 금속이 가지고 있는 에너지에서 뺏어가는 것을 기본적인 원리로 하고 있으며, 제벡 효과는 Fig. 1과 같은 폐회로에서 전류가 가해지면 N형 반도체에서 P형 반도체로 전류가 흘러 들어가는 현상을 말한다.

Fig. 1과 같이 N형 반도체와 P형 반도체를 금속전극으로 접합시켜 열전대를 만들고, N형 반도체의 하부전극과 P형 반도체의 하부전극에 - 전압을 인가하면 N형 반도체에서는 - 전압으로 대전된 상부전극에서 흡열이 일어나고 + 전압으로 대전된 하부전극에서 발열이 일어나며, P형 반도체에서는 + 전압으로 대전된 상부전극에서 흡열이 일어나고 GND로 대전된 하부전극에서 발열이 일어나 전체적으로 상부전극에서는 흡열이 일어나고 하부전극에서는 발열이 일어나게 된다.^{4,7}

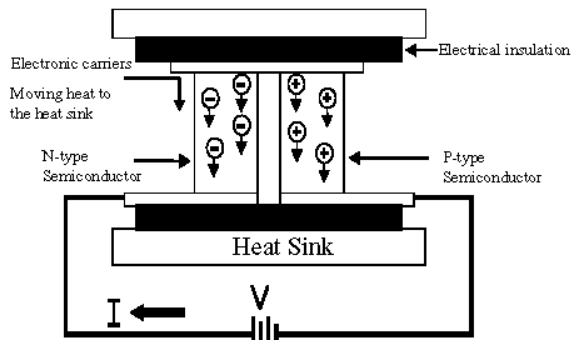


Fig. 1 The operating principles of a thermoelectric cooling module

이는 일종의 열펌프(heat pumping)이며 이러한 물리적 현상을 펠티어 효과라고 한다. 제백효과는 가역적이며 펠티어 효과에 의한 흡열 또는 발열량은 식 (1)과 같이 인가전류(I)에 비례한다.

$$Q = \pi I \quad (1)$$

여기서, π 는 펠티어 계수로서 금속 반도체 접합부에서의 냉각, 또는 가열에 대한 당량 전압에 해당하며 식 (2)로 표시되고, 제백 계수와 관계는 식 (3)과 같이 주어진다.

$$\pi = \pm (\epsilon_o - \epsilon_F + eK_B T) / q \quad (2)$$

$$\pi = \alpha T \quad (3)$$

여기서, α [volt/K]는 제백계수, $(\epsilon_o - \epsilon_F)$ 는 평균운동 에너지, T 는 양단간의 온도이다. 이러한 흡열 또는 발열량을 이용하여 펠티어 소자의 온도특성을 변화시키며, 온도변화에 따른 알루미늄 금속의 온도를 제어할 수 있다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험 방법

실험은 40mm×40mm×3mm 크기의 Al 판 양쪽 면

에 펠티어 소자를 각각 부착하고 소자의 다른 쪽 면에는 방열판을 부착하였다. 또한 방열판에는 냉각팬을 부착하여 원하는 시기에 냉각팬을 ON/OFF제어를 할 수 있게 하였다. Fig. 2는 실험 개요를 블록선도로 표시한 것이다.

펠티어 소자의 전류를 제어하기 위해서 Mathlab 5.3 Simulink와 dSPACE 1102 제어보드, 그리고 자체 제작한 전류 제어 회로를 사용하였다. 제작한 전류 제어 회로는 트랜지스터 및 Op-Amp와 세라믹 저항으로 구성하여 피드백 신호를 Op-Amp에서 받아 전류를 제어하였다. AI 판의 온도제어는 펠티어 소자에 “+” 전류를 인가하여 가열하고, 상한 설정온도에 도달하면, “-” 전류로 스위칭 하여 냉각시킴과 동시에 팬을 작동시켜 하한 설정온도까지 온도를 낮추었다.

Table 1은 본 실험에서 사용한 펠티어 소자와 온도센서의 사양을 표시하고 있으며, 여기서 펠티어 소자는 Thermotron사 제품으로 TS10-127-13 모델로 선정하였고, 온도센서는 National Semiconductor사의 LM35DZ 모델을 사용하여 실험하였다. 온도제어는 주위의 실내온도가 약 30℃ 전후인 환경에서 실험이 진행되었다.

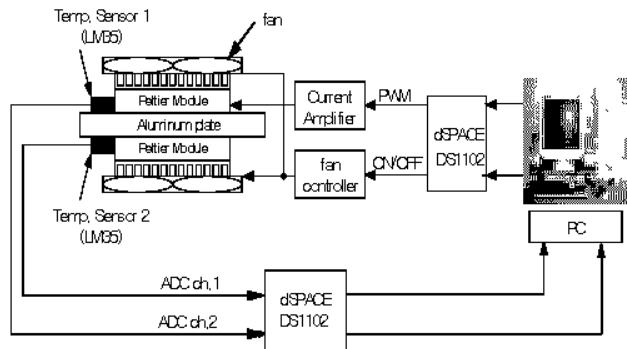


Fig. 2 Block diagram of experiment apparatus

Table 1 The specifications of the temperature sensor and Peltier module

Peltier module		temperature sensor	
size	30x30x3.8(mm)	range	-55 ~ 50 ℃
maximum voltage	16.2V	output voltage	+10mV ℃
maximum current	4.5A	accuracy	0.5 ~ 25 ℃
maximum temperature	71 ℃	nonlinearity	± 0.25

4. 결과 및 고찰

4.1 냉각 팬의 효과

Al 판을 상한온도 60℃와 하한온도 40℃ 범위

유지하도록 반복적으로 제어하고자 하였다. 먼저 AI 판을 가열하고 공기 중에서 신속히 냉각하기 위하여 냉각 팬을 붙이고 그 효과를 고찰하였다. 판 가열 시에는 팬을 멈추고 냉각 시에 동작하게 함으로써 온도 조건에 유지하도록 냉각 팬을 ON/OFF 제어하였다. 이 때 팬의 ON/OFF 조건을 변경하면서 온도를 관측하였으며, 이 때 펠티어 소자의 전류 범위는 최대 전류 사양 값의 절반으로 가열시 + 2.0 A, 냉각시 - 2.0 A 범위로 한정 지었다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 냉각하는 동안만 팬을 작동시키는 것이 효율적이었고, Fig. 4에서 보는 바와 같이 가열과 냉각 시에 팬을 모두 작동시키는 것은 상한온도까지 올리는 데 시간이 길게 나타났다.

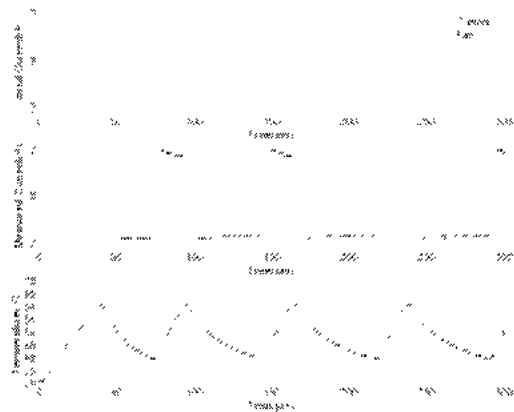


Fig. 3 Temperature variation when the fan is ON state for cooling only.

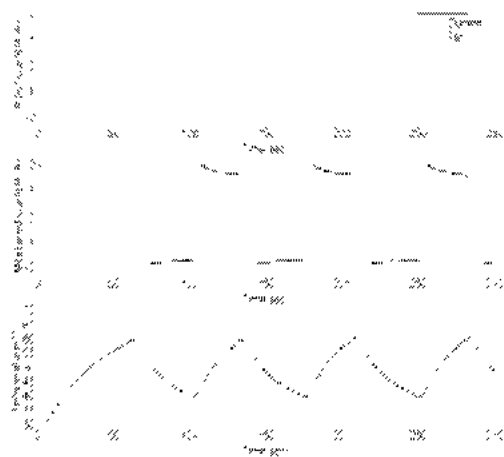


Fig. 4 Temperature variation when the fan is ON state for heating and cooling

4.2 효과적인 냉각 시의 전류

Fig. 5와 Fig. 6은 상한온도 70°C, 하한온도 35°C에

대하여 가열전류를 +2.0 A로 고정하여 인가하고, 팬은 냉각 시에만 On 시키며 냉각전류를 변화시키면서 냉각효과를 관찰한 그림이다.

먼저 Fig. 5에서는 냉각전류를 -1.0 A로 인가하고 냉각시켰을 때, 냉각에 소요되는 시간이 약 70 초 정도이었고, Fig. 6에서는 냉각전류 -1.75 A를 인가하여 냉각시켰을 때, 냉각에 소요되는 시간이 약 120 초로 시간이 더 길게 나타났다. 이와 같은 이유는 펠티어 소자에 전류를 흘려주면, 열전현상에 의하여 저온측에서 고온측으로의 열 이동에 따라 저온측이 냉각되지만, 동시에 펠티어 소자에 주열열이 발생하고, 고온측에서 저온측으로 도체로서의 열전달이 함께 일어나기 때문이며, 따라서 적절한 냉각전류가 존재한다고 생각된다. 냉각전류 -0.5 A에서 -1.25 A까지는 Fig. 5와 비슷한 경향을 보이고 냉각에 효과적인 전류로 나타났고, 냉각전류가 -1.5 A 이상이 되면 오히려 냉각시간이 길어짐을 알 수 있었다.



Fig. 5 Temperature variation with cooling current of -1.0 A.

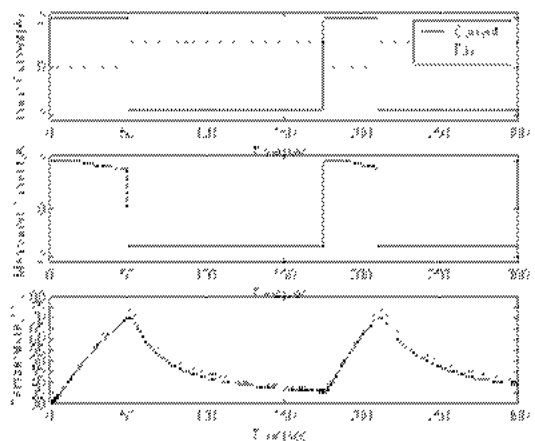


Fig. 6 Temperature variation with cooling current of -1.75 A.

후기

본 연구는 과학기술부 주관 특정연구개발사업의 지원으로 이루어진 연구결과의 일부이며, 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Gao, Min., and Rowe, D. M., "Improved model for calculating the coefficient of performance of a Peltier module," *Energy conversion & Management*, Vol. 41, pp.163-171, 2000.
2. Chein, Reiyu., and Huang, Guanming., "Thermoelectric cooler application in electronic cooling," *Applied Thermal Engineering*, Vol. 24, pp. 2207-2217, 2004
3. Dilhaire, Stefan, Salhi, Amine, Grauby, Stephane, and Claeys, Wilfrid, "Laser Seebeck Effect Imaging (SEI) and Peltier Effect Imaging (PEI): complementary investigation methods," *Microelectronics Reliability*, Vol.43, pp.1609-1613, 2003.
4. Kang, B. H., Chang, H. J., Kim, S. Y., and Kim, S., "Cooling characteristics at hot side of the thermoelectric module for an air conditioner," *Korea J. of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*. Vol. 14, No. 3, pp. 482-488, 2002.
5. Yang, Y. S., "R&D trend on the thermoelectric energy conversion technology," *Korea J. of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*. Vol. 23, No. 5, pp. 396-402, 1994.
6. Yamanashi, M., "A New approach to optimum design in thermoelectric cooling system," *J. Appl. Physics*, Vol. 9, pp. 5494-5512, 1996.
7. Ro, S. T., and Seo, J. S., "Principle of thermoelectric refrigeration and system design," *Korea J. of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*. Vol. 19, No. 3, pp. 135-145, 1990.

4.3 제어결과의 고찰

Fig. 7은 펠티어 소자를 가열 시에는 2.0 A, 냉각 시에는 앞에서 냉각에 보다 효과적인 냉각전류 값으로 나타난 -1.0 A를 인가하고, 냉각 시에만 웬을 작동시켜 얻어진 실험결과이다. 그림은 이 때 상한온도 70℃, 하한온도 35℃에 대한 실험결과이며, 반복주기는 약 100 초 정도로 나타나고 있다.

본 연구의 실험 조건에서는 공급전류를 고정시키고 냉각 웬을 구동시키는 경우나, 냉각전류를 변경시킬 때에 제어온도를 하한 35℃, 상한 70℃ 범위로 하고 펠티어 소자를 이용한 AI 판의 온도를 범위 내에서 반복적으로 유지하도록 ON/OFF 제어했을 때 상한온도까지 가열시키고 하한온도까지 냉각시키는 주기가 대략 60~100 초 범위 내에서 구동되고 있음을 알았다.

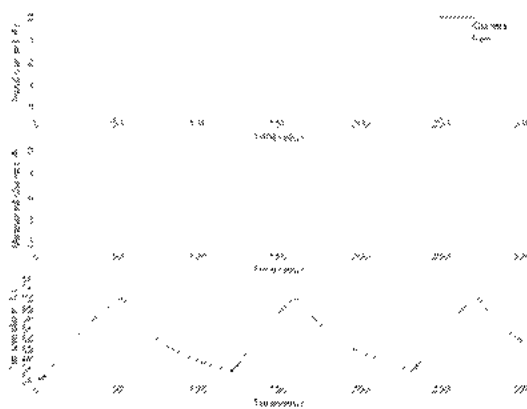


Fig. 7 Temperature control from 35℃ to 70℃

5. 결론

펠티어 소자를 이용하여 AI 판의 상, 하한의 온도 범위를 유지하도록 제어가 가능함을 확인할 수 있었고, 반복되는 주기는 입력전류에 의존하고 있으며 본 연구의 실험조건 범위에서는 대략 60초~100초의 비교적 큰 주기 값으로 나타나고 있었다. 이러한 결과는 펠티어 소자를 열원으로 하는 SMHA (Special Metal Hydride Actuator)를 구동하기 위한 기초 자료로 활용되리라 사료된다.

본 연구는 앞으로 지속되는 추후 연구에서 온도 제어 주기를 낮추고 펠티어 소자를 열원으로 하는 SMHA를 개발하고 보다 효율적이며 경량인 액추에이터로 작동하는 실비용 기기의 구동 특성을 생성하고 의지보조기에 응용함을 목표로 하고 있다.