

히트싱크의 핀 배열에 따른 냉각특성에 관한 실험적 연구

윤성운*, 김재열**, 고가진***,#

* 조선대학교 기계공학과, ** 조선대학교 기계시스템·미래자동차공학부,

*** 조선대학교 일반대학원 기계시스템공학과

An Experimental Study on Cooling Characteristic according to Fin Array of Aluminum Heat Sink

Sung-Un Yoon*, Jae-Yeol Kim**, Jia-Chen Gao***,#

* Dept. of Mechanical Engineering, Chosun University

** Dept. of Mechanical System & Automotive Engineering, Chosun University

*** Dept. of Mechanical System Engineering, Graduate School of Chosun University

(Received 31 January 2018; received in revised form 1 February 2018; accepted 12 February 2018)

ABSTRACT

In general, the operating temperature of electronic equipment is closely related to product life and reliability, and it is recognized that effectively cooling the parts is an important problem. In this paper, an experimental study on the cooling characteristic according to the pin array of the heat sink is conducted. The experiment on the heat sink was based on the natural convection and temperature distribution changes. The experimental results indicate that the pin array of the heat sink has an effect on the thermoelectric module's cooling characteristic.

Key Words : Aluminium Heat Sink(알루미늄 방열판), Natural Convection(자연대류), Fin Array(핀 배열), Cooling Characteristic(냉각 특성), Thermoelectric Module(열전소자)

1. 서 론

최근 들어 4차 산업 혁명의 열풍에 따라 대표적 첨단 ICT 기술들인 사물인터넷(IoT), 웨어러블 기기(Wearable device), 5G 등이 급격하게 발전하고 있다. 특히 스마트 기기의 양이 증가함에 따라 제품의 성능 및 신뢰성 향상을 위하여, 적절한 냉각장치의 중요성이 지속적으로 부각되고 있다. 제품의 소형화에 부응한 열전현상을 이용한 에너지 변화기술은 냉각/발전방식에 비해서 환경/에너지 분야에

긍정적인 영향을 이끌어 낼 수 있는 중요한 기술로 다시 큰 주목을 받고 있다^[1].

19세기 처음 열전현상을 발견한 이래 1950년대 반도체 소재 기술의 발전과 더불어 그 이용이 증가되어온 열전소자 관련기술은 최근 열전소자 자체의 효율 향상을 위한 소재 개발 기술과 함께 열전효과를 효과적으로 활용하기 위한 이용기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^[2].

일반적으로 전자장비에서 발생하는 열은 장비의 성능을 저하시키거나 고장을 일으킨다. 여기서 발생하는 열을 외부로 방출하는 것이 중요하다. 전자장비에서 발생하는 열을 외부로 효율적인 방출하기 위해 열전소자를 이용하여 한쪽에 발생하는 열을

Corresponding Author : jykim@chsoun.ac.kr

Tel: +82-62-230-7745, Fax: +82-62-230-7035

흡수하고 한쪽에 열을 배출하는 냉각모듈은 열전냉각모듈(Thermoelectric Cooling Module)을 사용한다. 이 모듈은 보통 방열판과 결합하여 열전달 프로세스를 진행한다. 그래서 냉각효과의 결정적인 요인은 방열판이다. 현재 가장 보편화된 방열판은 베이스로부터 전달된 열을 전열면적 확장용 핀(Fin)을 통해 대기로 방출하는 알루미늄 압출식 평행핀 형상의 히트싱크(Heat Sink)이다^[3,4].

압출식 히트싱크는 간단한 구조 및 뛰어난 경제성으로 인하여 많이 사용되고 있으며, 현재 이의 방열성능을 향상시키고자 평판에 냉각핀이 부착된 히트싱크가 사용하여 연구를 하거나, 방열반의 설치 위치 및 방향을 바꾸면서 실험을 수행한 연구가 꾸준히 이루어져 왔다^[5,6,7,8].

본 논문에서는 방열판의 냉각핀 배열 방식에 따라 냉각성능을 검증하기 위해 일반적인 압출 구조의 핀 형태 히트싱크가 자연대류 상태에서 핀 배열 방식에 따라 열전소자의 냉각 성능을 공급 전압 별로 비교 실험을 수행 하였다. 즉, 시간에 따른 히트싱크의 열전달 특성 및 온도 분포의 변화 실험을 수행 하였다. 자연대류에서 히트싱크의 핀 형상이 열전소자 냉각 성능에 어떠한 영향을 미치는지 비교 분석 하였다.

2. 본 론

2.1 실험 구성 및 실험 방법

Fig. 1은 본 연구에서 비교대상인 알루미늄 히트싱크의 외관 사진이며, 핀의 배열 방식을 확인 할 수 있다. 히트싱크의 기계물성은 Table 1과 같이 나타났으며 2가지의 히트싱크 재원과 동일하다.

실험에 적용하는 열전소자는 F사 TEC-12706모델이며 재원은 Table 2와 같다. 히트싱크와 열전소자의 열전도율을 높이기 위하여 방열 컴파운드를 도포하였다. 온도를 측정하고자 열전대(K-type, 0.12 [mm])를 Fig. 2와 같이 히트싱크 표면 4개소, 히트싱크 냉각핀 부분 6개소, 열전소자 냉각면 2개소에 설치하였다. Fig. 3은 본 실험의 최종 구성도를 나타내었다.

Table 1 Performance specifications of heat sink

Specifications	Sample1	Sample2
Dimension of Base	160×105×25 [mm]	
Height of Fin	21 [mm]	
Thickness of Fin	1.5 [mm]	
No. of Fins	28	40
Material	AL6063-T5	

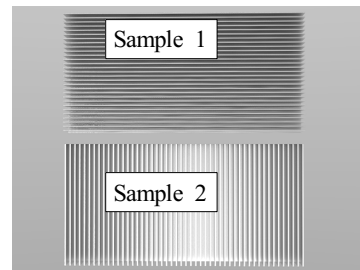


Fig. 1 3D modeling of heat sink

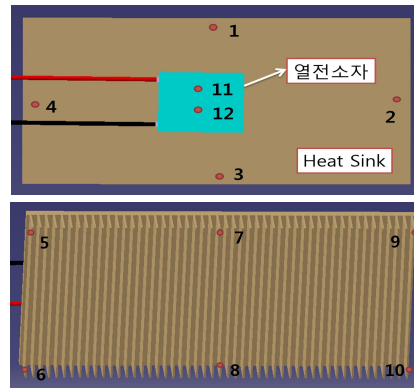


Fig. 2 Test point of heat sink

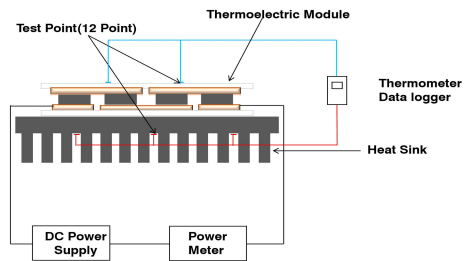


Fig. 3 Schematic diagram

Table 2 Performance specifications of thermoelectric module

Specifications	Value
Size	40×40×3.75 [mm]
I_{max}	5.8 [A]
V_{max}	15 [V]
ΔT_{max}	67°C

자연대류 상태에서 열전소자에 전압을 인가하여 열전대를 설치한 10개소에 온도 데이터를 수집 하였다. 실험 인가 전압은 4/6/8/10/12V로 바꾸고, 수집 시간은 1sec 간격으로 90초 동안 온도변화를 수집하였다. 2가지 핀 배열의 형상에 대해서 실험을 하고, 수집한 결과를 평균값으로 계산하여 각각 비교분석 및 성능을 확인 하였다.

2.2 실험 결과 및 고찰

2.2.1 핀 형상에 따른 열전소자 냉각

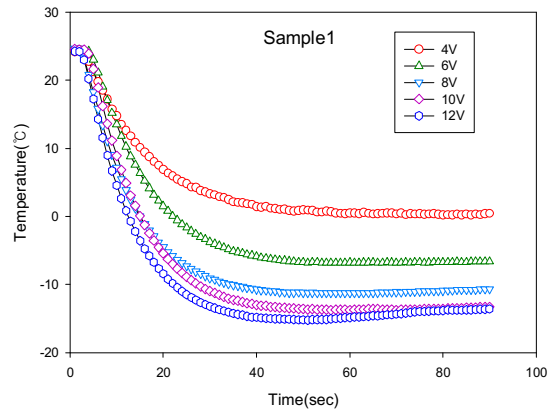
Fig. 4(a), (b)는 Sample 1,2의 히트싱크에서 전압을 4/6/8/10/12V로 바꾸면서 시간에 따른 열전소자 냉각면 온도변화를 자연대류 상태에서 측정한 결과이다. 그래프로 보면 실험에서 전압을 4/6/8/10/12V로 증가시켰을 때, 30초 전에 온도가 급히 떨어지다가 30초 뒤에 완만하게 떨어지고, 그 이후에 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다. 또한, 10V 와 12V 일 때 60초 뒤에 온도가 거의 비슷한 것을 확인 할 수 있었다.

열전소자의 발열부에서 발생하는 고온의 열원을 제어하기 위해 사용한 방열판과 냉각팬에 의해 발열부가 일정한 온도로 유지되며, 열전소자의 발열부에서 발생한 열원의 일부가 열전소자 내부를 구성하는 반도체와 열전소자의 표면재료인 세라믹을 통해 열전소자의 냉각부로 전도 되면서 발열부와 냉각부 사이의 열교환에 의한 열적평형 상태가 구성되어 열전달 프로세스가 형성되며, 이로 인해 열전소자의 방열면과 냉각면에서 급격하게 온도가 변동하다가 일정시간 이후 온도가 일정하게 유지되는 것으로 사료된다.

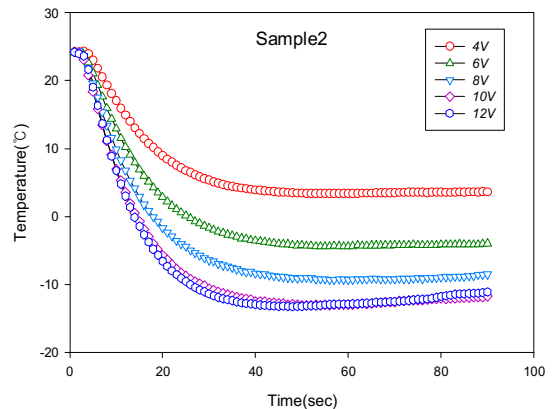
수집한 데이터 바탕으로 열전소자 인가 전압별로 도달 할 수 있는 최저온도를 선정하여 Table 3과

같이 정리 하였다.

Fig. 5는 전압의 증가에 따른 히트싱크별 열전소자 냉각면 온도변화의 비교 그래프를 나타내었다. Sample 1과 2의 방열판을 적용한 열전소자는 모두 인가전압의 증가에 따라 온도가 떨어지는 것을 확인 할 수 있다. Sample 2 보다 Sample 1 적용하는 열전소자 냉각면 온도가 더 낮은 온도를 얻을 수 있는 것을 보인다. 전압이 4/6/8/10/12V 일 때의 Sample 2와 Sample 1의 온도 차이는 각 3.16°C, 2.28°C, 1.54°C, 0.42°C, 0.69°C로 확인 할 수 있었다. 즉 Sample 2보다 1을 적용할 때 더 좋은 냉각효과를 얻을 수 있는 것을 확인하였다. 따라서 자연대류에서 히트싱크의 냉각핀 배열방식은 열전소자의 냉각성능에 영향을 미친 것으로 판단된다.



(a) Temperature distribution of sample 1



(b) Temperature distribution of sample 2

Fig. 4 Temperature distribution of TEC cold side

Table 3 Temperature distribution of TEC cold side

Thermoelectric module cooling surface		
		$T_{min}(^{\circ}C)$
Sample1	4V	0.21
	6V	-6.67
	8V	-10.76
	10V	-13.46
	12V	-13.75
Sample2	4V	3.37
	6V	-4.39
	8V	-9.22
	10V	-13.04
	12V	-13.06

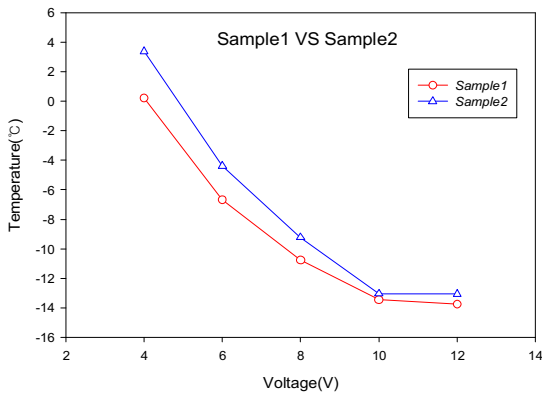
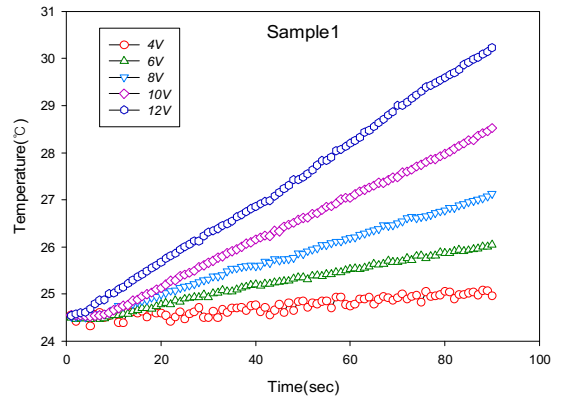


Fig. 5 Temperature distribution of TEC cold side according to the change of voltage

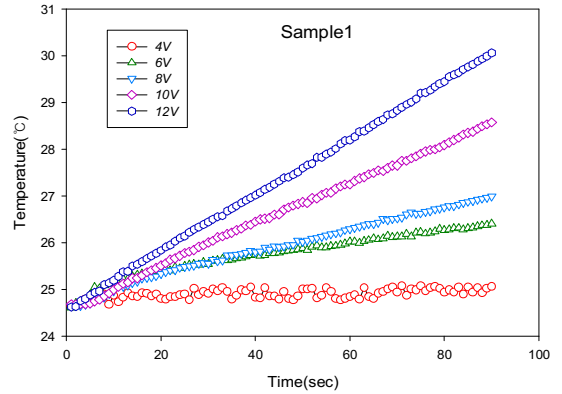
2.2.2 핀 형상에 따른 히트싱크 방열

Fig. 6(a), (b)는 Sample 1의 히트싱크의 전압을 4/6/8/10/12V로 바꾸면서 시간에 따른 히트싱크의 표면온도와 냉각핀의 온도 변화 그래프를 나타내었다. Fig. 7(a), (b)는 Sample 2의 히트싱크의 전압을 4/6/8/10/12V로 바꾸면서 시간에 따른 히트싱크의 표면온도와 냉각핀의 온도 변화 그래프를 나타내었다.

Sample 1과 2 방열판의 최고 온도를 비교 분석하기 위해 수집한 데이터 바탕으로 열전소자 인가 전압별로 도달 할 수 있는 최고온도를 선정하여 Table 4와 같이 정리 하였다. 또한, 히트싱크 표면의 최고 온도와 냉각핀의 최고온도를 비교 분석 하기 위해 표면과 핀의 $|\Delta T|$ 값을 구해서 정리하였다.

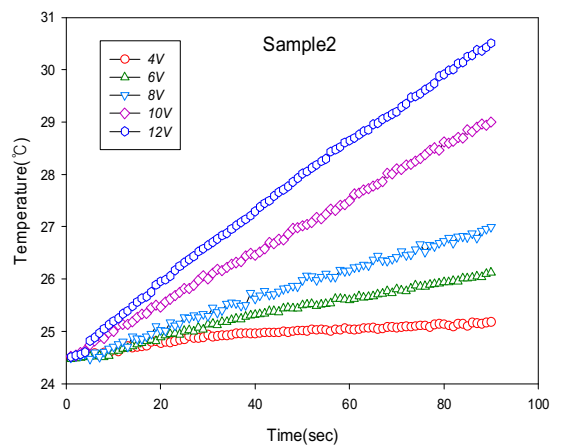


(a) Temperature distribution of sample 1 plane

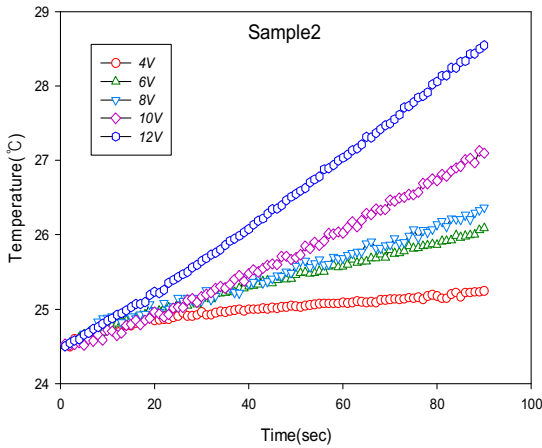


(b) Temperature distribution of sample 1 pin

Fig. 6 Temperature distribution of sample 1 plane & pin



(a) Temperature distribution of sample 2 plane



(b) Temperature distribution of sample 2 pin

Fig. 7 Temperature distribution of sample 2 plane & pin

Fig. 8은 전압의 증가에 따른 히트싱크별 히트싱크 표면 부분의 온도변화 비교 그래프를 나타내었다. Sample 1과2를 비교해 보면 평균적으로 전압이 증가 할수록 온도는 올라가고 8V 까지 모두 최고 온도 27°C까지 증가하는 것을 알 수 있고, 10V 부터 Sample2번 온도가 급상승하는 것을 확인 할 수 있다. Fig. 9는 전압의 증가에 따른 히트싱크별 히트싱크 냉각핀 부분의 온도변화 비교 그래프를 나타내었다. Sample 1과2를 비교해 보면 Sample 1 보다 Sample 2의 핀 온도가 더 낮은 것으로 확인 할 수 있다. Fig. 10은 히트싱크의 표면과 냉각핀의 최고 온도 일 때 온도차의 비교그래프를 나타내었다. 4/6/8/10/12V 일 때 Sample 1번의 표면과 핀의 온도차는 0.01°C, 0.22°C, 0.41°C, 0.5°C, 0.89°C로 확인 할 수 있고 표면과 냉각핀의 온도차는 1°C 이내에 있는 것으로 보인다. Sample 2번의 표면과 핀의 온도차는 0.07°C, 0.04°C, 0.62°C, 1.9°C, 1.97°C로 확인 할 수 있고 Sample 1번 보다 평균적으로 높다는 것을 확인 할 수 있다. 즉, Sample1은 2보다 열을 외부로 잘 전달하는 것을 알 수 있다. 앞서 열전소자 냉각면의 온도 분석과 같이 Sample1은 Sample2보다 열을 잘 전달해서 열전소자의 냉각면 온도가 더 낮은 것과 일치한다.

Table 4 Temperature distribution of heatsink

	Heatsink plane	Heatsink pin		
Sample	T_{max}	T_{max}	$ \Delta T $	
1	4V	25.08	25.07	0.01
	6V	26.01	26.23	0.22
	8V	27.03	26.62	0.41
	10V	28.41	27.91	0.5
	12V	30.1	29.21	0.89
2	4V	25.18	25.25	0.07
	6V	26.13	26.09	0.04
	8V	26.99	26.37	0.62
	10V	29	27.1	1.9
	12V	30.51	28.54	1.97

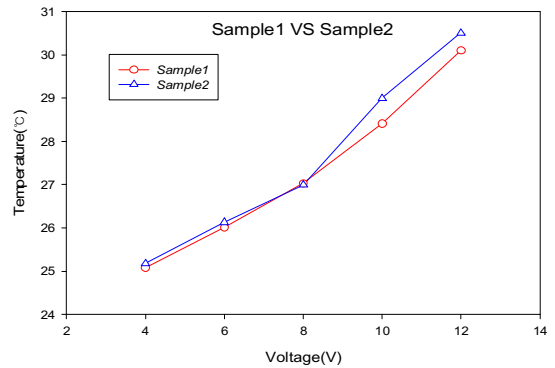


Fig. 8 Temperature distribution of heatsink plane according to the change of voltage

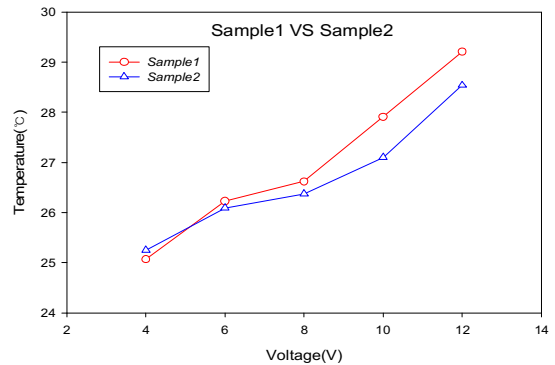


Fig. 9 Temperature distribution of heatsink pin according to the change of voltage

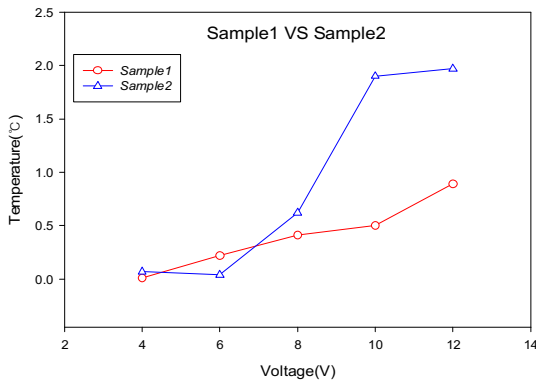


Fig. 10 Temperature differential distribution of heatsink plane & pin according to the change of voltage

3. 결론

본 연구에서는 열전소자의 성능과 히트싱크 핀 배열 상태에 따른 열전소자의 냉각 및 히트싱크의 방열성능을 실험적으로 분석하여 아래와 같이 결론을 내릴 수 있었다.

1. 자연대류 환경에서 히트싱크의 냉각핀 배열방식은 열전소자의 냉각성능에 영향을 미친 것으로 확인할 수 있었다. 전압이 4/6/8/10/12V 일 때 Sample2 보다 1을 적용 시 열전소자 냉각면의 온도는 각 3.16°C, 2.28°C, 1.54°C, 0.42°C, 0.69°C 낮은 것으로 확인 할 수 있었다.
2. 인가전압 4~12V의 히트싱크 표면 온도를 비교해보면 Sample1의 히트싱크 온도가 더 낮고 냉각핀 온도는 Sample2에 비해 Sample1의 온도가 더 높다. 표면과 냉각핀 최고온도 시의 온도차를 비교해보면 Sample2 보다 Sample1의 열전달 효율이 더 좋다고 판단 할 수 있다.
3. 종합적으로 비교 할 때 TEC-12706인 열전소자가 Sample 2 보다 Sample 1을 적용할 때 냉각효과가 더 좋다는 것을 확인 할 수 있었다. 즉, Sample 2 보다 Sample 1의 방열 효과가 좋다고 판단 할 수 있었다.

4. 위의 결과는 제품의 열을 외부로 전달하기 위해서 히트싱크의 핀 배열 설계 할 때 참고 자료로 활용될 것으로 보이며, 향후 추가적으로 열유동 해석과 같이 수행하면 더 정확한 결과를 검증할 수 있다고 보인다.

후기

“위 논문은 2015년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.”

REFERENCES

1. Chun, H. W., Moon, S. F., "Application Trends Thermoelectric Materials", ETRI, Vol. 30, No. 1, pp.144-153, 2015.
2. Gao, J. Ch., "Reliability Evaluation of Thermoelectric Module By Non-Contact Air Coupled Ultrasonic Testing Method", 2015.
3. Lee, M., Kim, T. W., "A Study on the Heat Sink with internal structure using Peltier Module In the Natural and Forced Convection", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 15, No. 7, pp. 4072-4080, 2014.
4. Jun, T. S., Kang, H. K., "Investigation of Natural Convective Heat Flow Characteristics of Heat Sink", Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B, Vol. 37, No. 1, pp. 27-33, 2013.
5. Yu, S. H., Lee, K. S., Yook, S. J., "Natural convection around a radial heat sink", International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 53, pp. 2935-2938, 2010.
6. 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.
7. Cho, Y. T., Lee, Ch. H., "Performance Evaluation of Heat Radiant for 50W LED by the CNT Thermal Interface Material", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 13 No. 6, pp. 23~29, 2014.
8. Kwon, H. H., "Development of Hybrid Composite Die for the Production of the Supercapacitor", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 1, pp. 105-110, 2015.