

## BiTe계 thermoelectric module을 이용한 발전기 제작과 특성

우병철, 김봉서, 이희웅  
한국전기연구소 전기재료연구부

### Manufacturing of thermoelectric generator using BiTe module

B. C. Woo, B. S. Kim, H.W. Lee

Div. of electric materials, Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract** - TEC(Thermoelectric conversion) is direct conversion method between thermal energy and electric energy. We studied on the mechanical, electrical and thermal properties of thermoelectric module and made experimental thermoelectric generator with BiTe material

#### 1. 서론

전기는 일반적으로 발전기를 통해서 발전을 하며 특성상 필수적으로 회전축이 필요하며 회전에 의해 소음과 에너지의 소비가 발생한다. 이러한 발전은 대부분 물의 상태변화에 따른 팽창에너지를 이용하며 이론상 열에너지로 발생된 양을 운동에너지로 변화시켜 전기에너지로 변환된다. 열전발전은 이러한 회전도 없이 양단간의 온도차를 이용하여 기전력을 발생시킬수 있어 산업에서 발생하는 배열이나 폐열을 이용하여 발전이 가능하다. 또한 이동식 발전기로서도 충분히 가능성이 있어 개스버너를 이용하거나 화석연료로 가열하여 발전할수도 있다. 또한 일정한 온도가 아니더라도 기전력이 발생하며 소형이고 수명이 길며 한 번 설치하면 수십년간 아무런 조치없이도 계속 발전할수 있다. 이러한 열전발전은 현재 군용, 우주용, 극한지에서 많이 이용되고 있으며 우주탐사에서는 solar cell과 함께 우주선의 발전을 돕고 있다.

#### 2. 본론

열전에 대한 기본적인 이론과 열전발전기를 제조하여 그 특성을 분석한 내용을 본절에서 소개하며 소형발전의 가능성을 조사하였다.

##### 2.1 열전현상

열전현상(Thermoelectric effect)은 열과 전기사이의 에너지 변환을 의미하며 변환소자의 양쪽에 온도차이가 있을 때 소자 내부의 carrier가 이동함으로써 기전력이 발생하는 현상이다. 열전현상은 1900

년도 초부터 연구가 시작되어 구소련의 Ioffe가 약 4%의 변환효율을 얻을수 있게 연구가 진행되어 현재 약 10%이상의 변환효율을 가지고 있다. 이러한 열전은 양단간의 온도차를 이용하여 기전력을 얻어내는 Seebeck효과, 기전력으로 냉각과 가열을 하는 Peltier효과, 도체의 선상의 온도차에 의해 기전력이 발생하는 Tomson효과로 나눌수 있으며 Peltier효과를 이용하여 가습기, CPU냉각, 냉정수기, 냉장고등이 실용화에 많이 이용되고 있다.

##### 2.2 열전발전

열전발전은 기본적으로 온도차를 이용하여 전기를 얻을수 있는 발전시스템이기 때문에 경제성을 고려하지 않는다면 지구상에 존재하는 어떤 종류의 열도 열원으로 이용할수 있다. 즉 태양열, 지열 등의 자연 에너지와 화석연료를 이용한 가열 에너지 및 도시배열, 산업폐열 등의 폐열 에너지 등이 모두 열전발전의 주 에너지원으로 사용할 수 있으며 -160℃에서 수백도까지의 전 온도범위에서 발전할수 있는 장점이 있다.

다음은 열전발전소자의 발전원리를 나타내고 있으며 P-N반도체간의 온도차에 의한 발전임을 알수 있다.

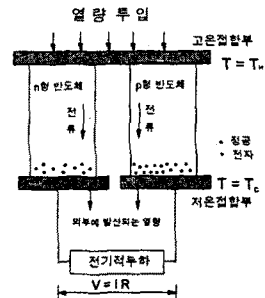


그림 1 열전발전의 원리

##### 2.3 열전발전의 시스템 구성

일반적으로 많이 사용되고 있는 열전발전 시스템은 판에 부착되는 형, 직접 열교환형, 프리즘형

열전발전 시스템으로 분류할수 있으며 2t 무게의 Cu판을 200x600x50(mm<sup>3</sup>)의 사각 튜브형 열교환기를 제작하여 고온과 저온의 물을 순화시키면서 열전발전 특성을 조사하였다.

또한 각 모듈의 특성은 30x15x15(mm<sup>3</sup>)의 원통형 에폭시 판의 중앙에 열전모듈을 넣고서 밀봉하여 양단에 고온과 저온수를 순화시키면서 열전특성을 조사하였으며 시스템의 구성은 다음 그림과 같다.

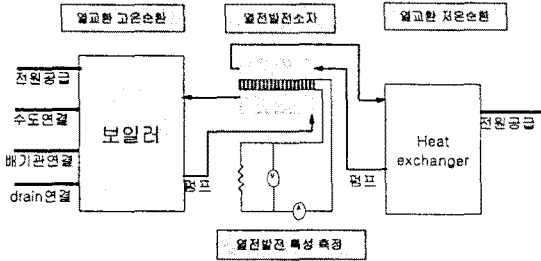


그림 2 열전발전 시스템의 구성

## 2.4 열전모듈의 열해석

열전재료인 P,N형 반도체를 수백개를 직렬로 조합하여 열전모듈을 제작하는데 일반적으로 전도되는 열량과 열전모듈에 전달되는 온도와의 특성을 조사하기 위해서 열전모듈의 열특성을 조사하였다. 본 특성조사에 사용된 모듈의 국내의 T사에서 제조된 모듈로서 그 치수와 동일하게 설정하여 열특성을 조사하였으며 그 특성은 다음과 같다.

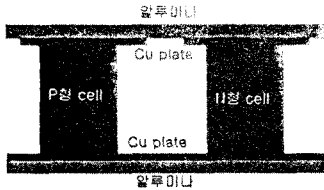


그림 3 열전모듈의 형상

표 1 열해석에 사용한 열전모듈의 열전도 특성

재료 종류	Thermal Conductivity [W/mm°C]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.026
Al	0.235
Cu	0.401
P형 cell	0.00156
N형 cell	0.00152

그림 3에서와 같이 열전모듈은 P형과 N형 반도체와 전극, 절연 및 형상유지를 위한 알루미늄층으로 구성되어 있으며 이러한 재료들의 전도 열전달계수는 표1과 같으며 이러한 특성치를 이용하여 평형 열전달특성을 ANSYS를 이용하여 조사하였으며 다음 그림과 같다.

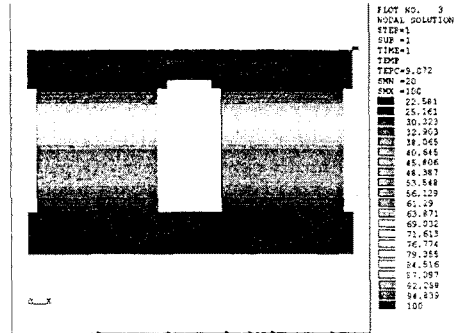


그림 4 전도 열전달 특성 (고온 100°C, 저온 20°C)

그림 4에서 설정한 조건은 실제 국내의 T사에서 제조되는 제품의 치수를 사용하였는데 이것은 열전모듈의 형상을 유지하고 제조 및 설치 안전도를 고려한 치수이다. 이러한 특성에서 가장 열전단이 어려운 알루미늄층의 두께를 절반으로 줄이고 전극층의 두께도 마찬가지로 절반으로 줄인 경우의 열전단 특성을 다음 그림에 나타내었는데 두께를 줄임에 따라 양단의 온도차가 더 발생하고 있음을 알 수 있다.

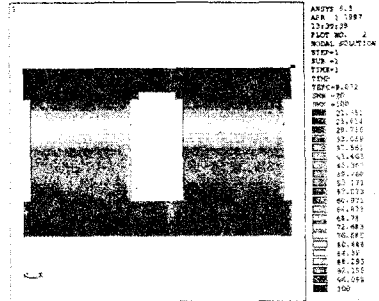


그림 6 열전모듈의 특성 측정 장치

## 2.5 열전발전 특성

### 2.2.1 열전모듈의 무부하 특성

상온시 내부저항이 약 2Ω인 열전모듈 하나의 기적 특성을 조사하기 위해서 소형 수조시스템을 제작하여 한쪽은 저온수를 순환시키고 한쪽은 가열하면서 온도를 위자하면서 그때의 기전력을 측정하였다.

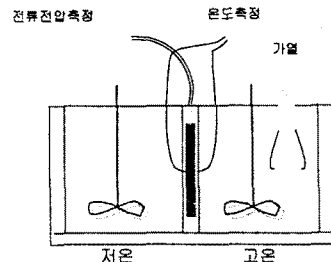


그림 6 열전모듈의 특성 측정 장치

다음 그림은 모듈 하나의 기전력 특성을 조사하였으며 이때의 저온단의 온도는 23°C이었으며 저항은 2.23Ω, Figure of merit은 2.45이었다.

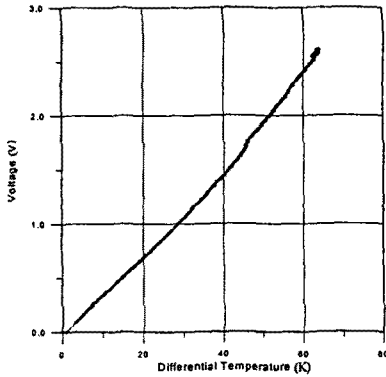


그림 7 열전모듈의 온도차에 따른 기전력

그림에서 알수 있듯이 양단의 온도차와 기전력과의 관계는 거의 직선적인 관계임을 알수 있고 그 기울기는 약 0.04V/°C의 특성을 가지고 있었다.

### 2.2.2 열전모듈의 부하 특성

앞절에서는 아무런 저항을 가하지 않은 상태에서 기전력의 발생특성을 조사하였고 본절에서는 저항의 변화에 따른 전류와 전력의 변화를 조사하였다. 다음 그림은 앞절과 동일한 열전모듈을 사용하여 고온부를 90°C, 저온부를 15°C로 유지한 후 열전발전특성을 조사하였다.

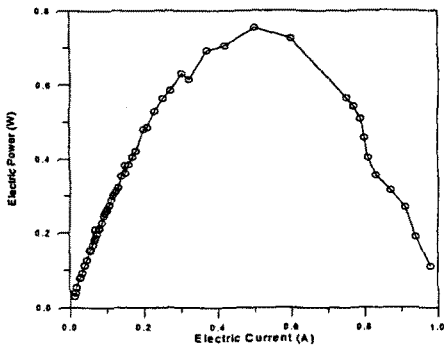


그림 8 열전모듈의 전류-전력과의 관계

### 2.2.3 열전발전 시스템의 부하 특성

다음 그림은 보일러를 이용하여 제작한 열전발전 시스템에서 열전모듈을 10개를 직렬로 조합하여 열전발전 특성을 측정한 결과로서 약 30-35Ω의 저항에서 최대전력을 얻을수 있었다.

이때의 열전성능지수와 고온과 저온특성은 95, 15°C로서 앞의 결과와 동일하며 직렬로 연결함에 따라 부하의 크기는 약 10배의 저항에서 최대값을 얻을수 있었다.

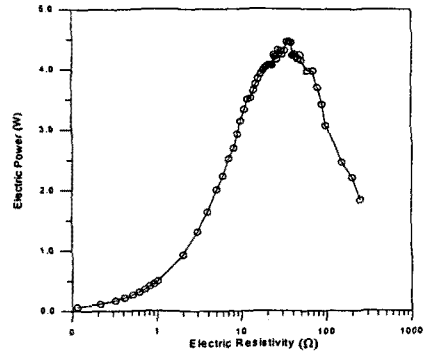


그림 9 열전발전기의 저항-전력과의 관계

이때 열전발전기의 저항의 변화에 따른 부하특성을 조사하였는데 최대전력은 약 4.5W정도이지만 고전류의 특성에 적합한 저항을 사용하여 측정하여야 하는데 전류의 한계치에 가까워 약간의 오차를 가지고 있을 것으로 예상하였으며 실제 계산적으로는 약 0.5-0.6A부근에서 최대값이 나올 것으로 예상되었으며 그때의 값은 6W정도의 값이 예상되었으며 실험치는 다음과 같다.

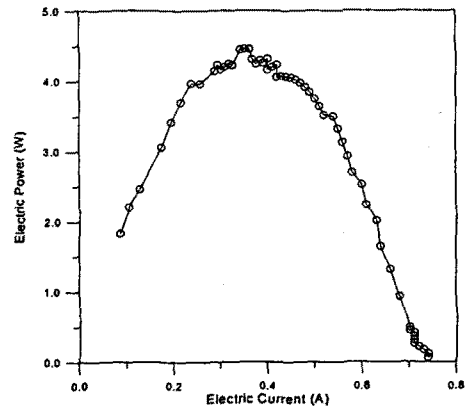


그림 10 열전발전기의 저항-전력과의 관계

## 3. 결 론

국내에서 제작된 열전모듈을 사용하여 열전발전 시스템을 구성할수 있었으며 내부저항 크기의 2-3배의 저항에서 최대의 기전력을 발생시키는 것을 알수 있으며 그 조합으로서 용량에 맞는 열전발전기를 제작할수 있었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] A.F.Ioffe, "Semiconductor thermoelements and thermoelectric colling", Inforsearch Ltd, Londong, 1957
- [2] Karuei Matsubara, "Proc. Energy conversion & utilization with high efficiency, sep. pp.279-280, 1993