

열전발전기의 패키징 기술

한경목, 신병철, 황창원*, 최승철, 백동규
(아주대학교 재료공학과, *(주)Thermotek)

(The packaging thechnology of thermoelectric generator)

Kyoung Mok Han, Byoung Cheol Shin, Chang Won Hwang*

Seung Chul Choi and Dong Kyu Paek

(Department of Material Science and Engineering, *Thermotek Co. Ltd.)

1. 서론

열전발전은 온도차를 이용하여 전기를 얻을 수 있는 직접변환 방법으로 폐열을 이용하여 전기를 얻을 수 있는 발전 방식으로 폐열 이용의 한계라고 할 수 있는 150°C 이하의 열을 이용하여서도 전기를 얻을 수 있어 매우 유망한 기술이다. 종래에는 이 열전발전 기술이 군용이나 우주용과 같은 특수한 상황에서만 이용되어 왔으나, 최근 산업용이나 발전소의 폐열을 이용하려는 시도가 계속되고 있다.

열전반도체를 이용한 열전발전은 폐열 에너지를 이용하는 관점에서 경제성이 있는 것으로 평가된다. 단점으로 지적되고 있는 효율문제도 열전재료를 경사화 시킴으로 상당 수준으로 향상시킬 수 있는 것이 제시되는 등 열전발전 기술은 많은 가능성을 보이고 있다.

열전 발전은 산업용 열장비에서 나오는 열을 전기로 변환하므로 에너지 유효용을 극대화시킬 수 있으며, 또한 구조가 간단하고 소음이 없다. 이용열원의 선택범위가 넓어 특수 전원 장치로 이미 실용화되고 있으며, 자연 에너지를 이용하는 대용량 열전발전 기술도 개발 중에 있다. 열전재료는 사용 온도 범위에 따라 500 ~ 1000°C에서 FeSi₂ 등의 고온용 열전재료, 200 ~ 500°C에서 Pb, Ge, Sn 등의 IV 족 원소의 Te 계 중온용 열전재료, 상온에서 200°C 의 온도에서 Bi, Sb 등 V 족 원소의 Te 계 저온용 열전재료로 분류된다. 본 연구에서는 이러한 열전반도체중에서 폐수의 온도차이를 이용하여 발전하는 온도범위에 적합한 Bi-Te계 열전반도체를 이용하여 구조가 간단한 발전기를 설계하고 패키징하여 제작하였다.

2. 실험방법

단위모듈에 들어가는 element의 제조법을 일반화하여 Fig. 1 에 나타내었다. 단위 모듈에 대한 성능은 각각에 element에 의해 좌우된다. 열전모듈 제조과정과 열전모듈을 제조하는 모식도를 각각 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. Harmon 법으로 모듈의 성능지수 ($Z = a^2 \rho / \kappa$)와 저항값을 구하였고, 모듈에서의 열전능(Open Voltage/K)을 측정하여 모듈의 특성치를 Table. 1 에 나타내었다.

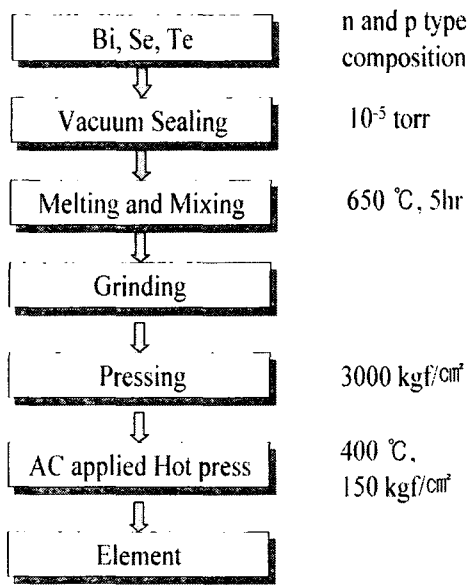


Fig. 1 Thermoelectric element fabrication procedure

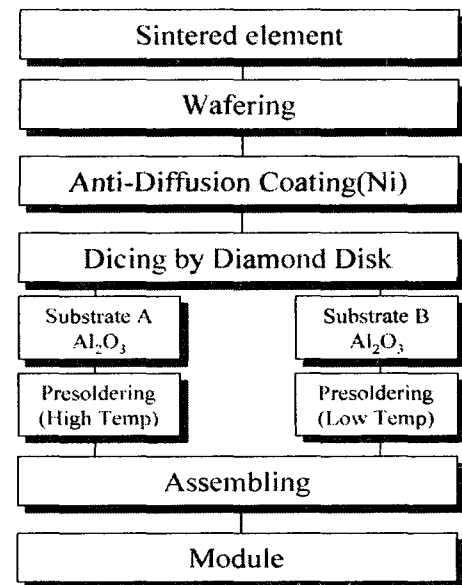


Fig. 2 Fabrication procedure for thermoelectric module

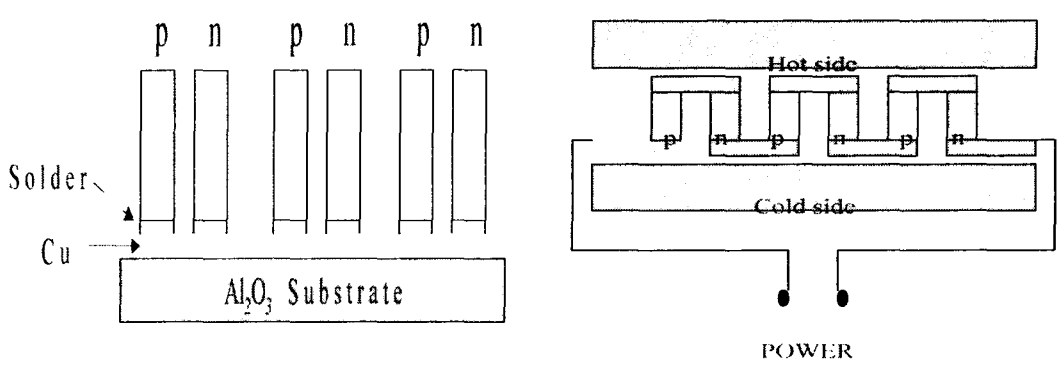


Fig. 3 The cross-section view of thermoelectric module and its configuration

완성된 모듈에서의 각 특성치는 재료에 의한 각 열전반도체의 물성으로부터 예상하였던 값에 비하여 상당한 차이가 있다. 이는 열전반도체와 전극과의 전기적 접촉저항 및 사용된 알루미늄이나 기판과 전극재료가공 접합 조건에 따른 열전도에 의한 것으로 생각되며, 발전모듈 구성상에서의 손실은 불가피한 것으로 최대의 성능지수를 갖는 열전반도체 물질, 최소의 접합 전기저항, 최대의 열전도 구조의 기판조건이 필요하다.

Table. 1 모듈의 특성치 (at $T_h = 300K$)

특성항목	실측값	설계값
Open Voltage(mV/K)	41.10	50.10
Electrical Resistance(Ω)	2.00	2.12
Thermal Conductance(W/cmK)	0.35	0.45
Figure of Merit($\times 10^{-3}/K$)	2.45	2.63

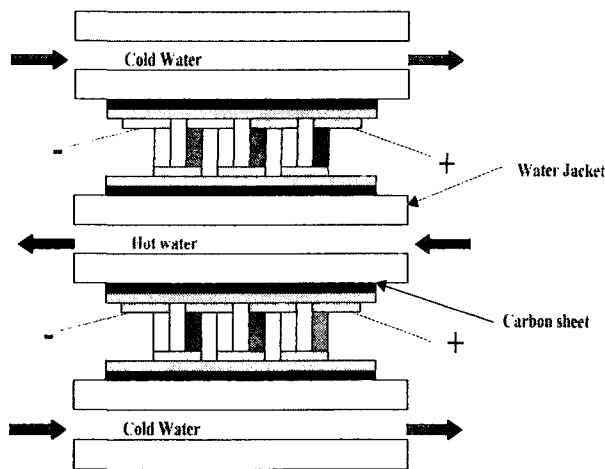


Fig. 4 The structure of generator

열전발전기는 각각의 단위 모듈을 전기적으로 직렬로 연결하여 작동시켰다. 열전발전 소자는 단위당 발전 출력이 수 W 정도이므로 보다 큰 출력을 얻기 위해서 다수의 열전모듈을 연결 사용하였다. 본 연구에서는 40×40 mm 의 열전모듈 16개를 전기적으로 직렬로 연결하였다. 발전기의 설계 모델의 구조를 Fig. 4에 나타내었다.

water jacket($85 \times 23 \times 21.9$ mm) 중심부로 열원이 흐를 수 있도록 Cu관을 설치한 후, 열전모듈 8개를 배치한다. 그 위에 다시 water jacket을 설치하고, 같은 방식으로 8개의 모듈을 배치하고, 다시 water jacket을 설치한다. 여기에서 water jacket 사이에 다수의 모듈은 전기적으로 직렬 연결한 후, 열교환기 모듈의 열응력의 완화를 위하여 carbon sheet를 설치하고, 열교환기에 Fig. 4 와 같이 교차방식으로 냉, 온수를 흘려줌으로써 75K 의 온도차를 부여하여 전기를 발생하도록 설계하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 폐수의 온도차이를 이용한 발전에 적용할 수 있는 온도범위에 적당한 Bi-Te 계 열전발전기를 이용하여 제작하였다. 실험에서는 냉·온수를 이용하여 고온측을 90℃, 저온측을 15℃로 온도차를 부여하여 출력단 부하저항과 전류에 따른 출력을 측정하여 그 성능을 평가하였다.

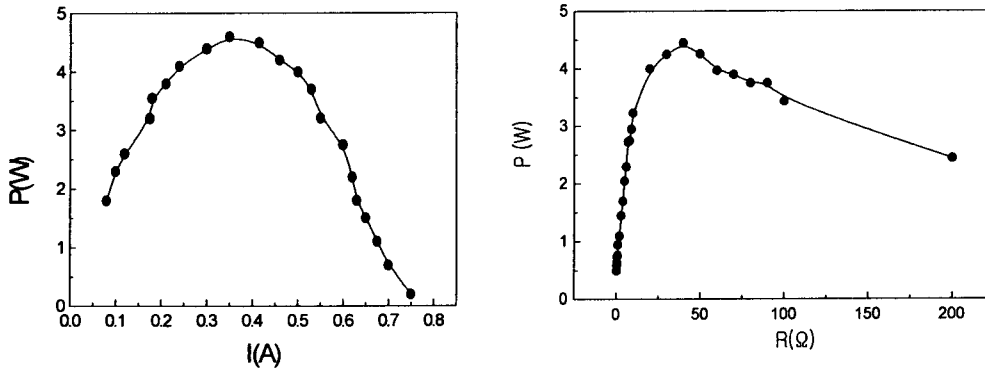


Fig. 5 The power output in generator

성능을 평가한 것을 Fig. 5에 나타내었다.

4. references

- (1) D.M.Rowe and C.M.Bhandan, "A Review of Lead Telluride Technology at UWIST", in Proc. 6th Int. Conf. on Thermoelectric Energy Conversation, Univ. of Texas, Arlington, 43-54 (1986)
- (2) 上村欣一, 西田勳夫, "熱電半導体とその応用", 日刊工業新聞社, (1988)
- (3) M.Telks, "The efficiency of thermoelectric generator", Int. J. Appl. Phys, 18, 1116 (1947)
- (4) I.Shiota and I.Nishida, "Development of FGM thermoelectric materials in Japan", 16th Int. Conf. on Thermoelectronics, 364-370 (1997)
- (5) Z.Dashevsky, I.Drabkin, V.Korotaev and D.Rabinovich, "Improved materials for thermoelectric conversion(generation)", 16th Int. Conf. on Thermoelectronics, 382-385 (1997)
- (6) 심재동 외, "에너지 변환용 열전재료 개발", 3차년도 KIST 보고서 (1990)
- (7) H.Kaibe, J. Jpn. Inst. Met, 53, 958 (1958)
- (8) D.M.Rowe and C.M.Bhandari, "Modern Thermoelectrics", 13 (1983)