

고분자 필름의 두께변화에 따른 Bi-Te계 열전모듈의 열분포 특성

변종보, 김봉서, 박수동, 이희웅, 김영수*
한국전기연구원, 부경대 냉동공조학과*

Thermal Distribution of Bi-Te Thermoelectric Module with the thickness of Polymer Sheet

Abstract : In case of attaching thermoelectric module and heat source, the polymer sheet is attached on the Al₂O₃ plate, which is cooling side of thermoelectric module, in order to enhance mechanical safty of the system. It is impossible to calculate the exact distribution of temperature and flow pattern of inner gap of thermoelectric module. Therefore CFD analyses was executed to determine the thermo-fluid phenomena and distribution by Fluent. As the result of these analyses, heat transfer was dominated by conduction and the difference of temperature was linear distribution according to the thickness of polymer sheet.

Key Words : Polymer sheet, thermoelectric module.

1. 서 론

열전발전에 사용되는 열전모듈은 경우 2개의 알루미늄 판 사이로 P형과 N형의 반도체가 수평 직렬로 연결되어있는 구조를 가지고 있다. 열전모듈을 구성하고 있는 알루미늄의 경우 다른 열전재료에 비해 취성이 크기 때문에 접합 시 파손의 우려가 있는데, 이러한 파손은 손상된 부분에 한하여 국소적으로 영향을 미치는 것이 아니라 시스템 전체에 영향을 미치게 된다. 이러한 파손을 방지하기위해 열전모듈과 열원의 접합 시 그 사이에 댐핑(damping) 역할을 할 수 있는 고분자 필름을 사용하게 된다. 하지만 열전모듈과 열원사이에 고분자 필름을 사용하여 접합하게 될 경우 열전달을 방해하여 열전모듈 양단의 온도차를 감소시켜 시스템 전체의 유도기전력 및 그에 따른 출력을 감소시키는 단점을 가지고 있다. 그리고 고분자 필름을 0.1, 0.4, 0.6, 1.0mm로 장착할 경우 열전모듈 양단의 온도분포 및 열전모듈 내부의 유동분포를 실험적으로 접근하는 것은 불가능하기 때문에 본 연구에서는 열·유동 전용 수치해석 프로그램인 Fluent를 사용하여 고분자 필름의 두께변화에 따른 열전모듈의 열분포특성을 알아보는데 목적을 두고 실시하였다.

2. 실험

고분자 필름이 장착된 저온부 20℃의 냉각수가 흐르고, 고온부에는 95℃의 고온수가 흐르게 하였다. 이와 동일하게 본 수치해석은 실제와 동일한 크기의 열전모듈을 모델링하였고, 열전모듈 상부 저온부에만 고분자 필름이 장착되어 있다. 그리고 고분자 필름 바로 위로 저온부분을 20℃로 고분자 필름이 없는 고온부분을 95℃로 등온처리 하였다. 수치해석에 사용된 고분자 필름의

두께는 표 1 과 같으며 격자의 형상은 그림 1과 같다. 그리고 각 재료의 물성치는 표 2와 같이 부여하였다. 이와 같은 경계조건과 물성치를 가지고 수치해석을 실시하여 열전모듈 양면의 온도분포와 중심부의 온도구배를 측정하였고, 열전모듈 내부의 공기층의 유속을 계산하였다.

표 1. 수치해석에 사용된 필름의 두께(단위:mm).

	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4	CASE 5
필름의 두께	No Film	0.1	0.4	0.6	1.0

그림 1. 수치해석에 사용된 격자형상.

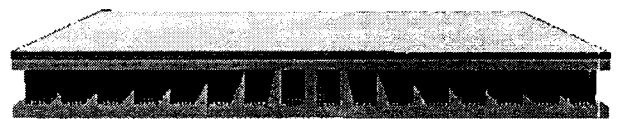


표 2. 각 재료의 물성치.

	밀도 (kg/m ³)	비열 (j/kg·K)	열전도도 (W/m·K)
Air	Incompressible Ideal Gas	1006.43	0.03
Semiconductor	7730	16	3
Alumina	4000	850	25
Film	1150	1460	1.04

3. 결과 및 검토

실제 실험과 동일한 조건으로 수치해석을 실시한 결과 고분자 필름의 두께변화에 따른 열전모듈 중심부의 온도구배를 그림 1에 나타내었다. CASE 2의 경우 CASE 1에 비해 열전모듈 양면의 온도차는 고분자 필름을 사용하지 않은 경우보다 2.8% 감소한 72.9℃로 나타났다. 그리고 CASE 5의 경우 CASE 1보다 열전모듈 양단의 온도차는 23%감소한 57.8℃로 나타났다. 열전모듈 양면의 온도차에 의한 공기층의 대류 현상을 확인해 보기위해 공기부분의 유동을 계산하였고, 계산 결과 그림 2에 공기층의 유동형상을 나타내었다. 열전모듈 내부 공기부분의 최대유속의 경우 $1.67 \times 10^{-5} \text{m/s}$ 이고 평균유속은 $2.83 \times 10^{-6} \text{m/s}$ 로 나타났다. 이것은 공기의 유동에 의한 대류열전달은 거의 일어나지 않고 전도에 의한 열전달이 지배적인 것으로 확인되었다. 즉, 열전모듈내부의 열전달은 대류가 아닌 전도에 의한 열전달로 해석해도 무관함을 의미한다. 그리고 전도에 의한 열전달로 인해 열전모듈 내부의 온도구배는 거의 선형적인 분포를 나타낸 것을 그림 2에서 확인할 수 있었다. 표. 2는 고분자 필름의 두께변화에 따른 열전모듈 양면의 평균온도와 고온-저온부의 온도차를 나타내고 있는데 이것은 열전모듈에 장착 된 고분자 필름의 두께가 선형적으로 증가함에 따라 이와 비례하여 열전모듈 양단의 온도차 역시 거의 선형적으로 감소하는 것을 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 고분자 필름을 이용하여 열전모듈 내부의 열해석을 하기위해 수치해석을 실시하였으며, 이를 통해 내린 결론은 다음과 같다.

1. 고분자 필름을 장착하여 양면의 온도차를 75℃로 유지한 후 수치해석을 한 결과 고분자 필름을 사용하지 않았을 때에 비해 최소 0.1mm의 경우 2.8% 감소한 72.9℃의 온도차를 나타내었고, 최대 1.0mm의 경우 23% 감소한 57.8℃이다.
2. 열전모듈 내부 공기층의 최대유속은 $1.67 \times 10^{-5} \text{m/s}$ 이고 평균유속은 $2.83 \times 10^{-6} \text{m/s}$ 으로 대류에 의한 열전달은 거의 일어나지 않는 것으로 나타났다. 이에 따라 열전모듈 전체적으로 전도에 의한 열전달이 지배적인 것으로 나타났다.
3. 열전모듈 양단의 온도차에 의한 내부의 온도구배는 거의 선형적이다.
4. 전도에 의한 열전달로 인해 고분자 필름의 두께가 증가함에 따라 열전모듈 양면의 온도차는 선형적으로 감소하였다.

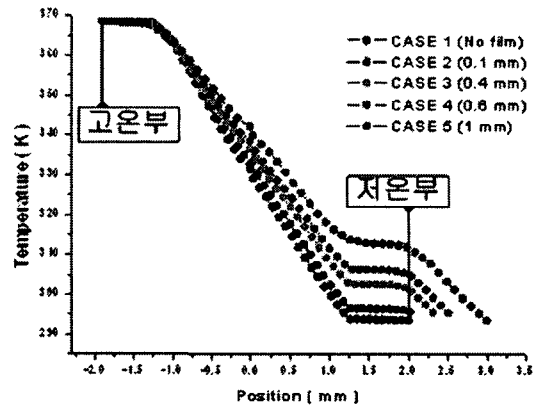


그림 2. 각 경우별 열전모듈 중심부 온도구배

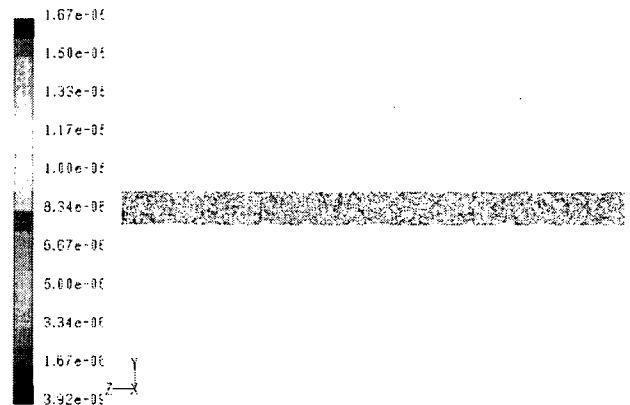


그림 3. 열전모듈 내부 공기층의 유동형상

표 3. 각 경우별 열전모듈 저온-고온부 및 온도차.

	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4	CASE 5
저온부	293.5	295.6	300.8	304.7	310.7
고온부	368.5	368.5	368.5	368.5	368.5
온도차	75	72.9	67.7	63.8	57.8

참고문헌

1. Fluent User's Guide
2. Fluent Advanced Training Notes
3. L. Helmers*, E. Muller, J. Schilz, W.A.Kays, "Graded and stacked thermoelectric generators-numerical description and maximisation of output power.", Materials Science and Engineering, 1998, 60-68
4. P. Frank, "Heat transfer", P.547~637
5. Hagen, "hydrodynamics", P.225~231