

냉각재킷의 설계인자에 따른 열전냉각장치의 성능에 관한 연구

박 상 희[†], 이 정 은, 김 경 진, 김 동 주
금오공과대학교 기계공학부

A Study on the Performance of Thermoelectric Cooling System for Design Parameters of the Cooling Jacket

Sang Hee Park[†], Jeong Eun Lee, Kyoungjin Kim, Dongjoo Kim
School of Mechanical Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gyeongbuk 730-701, Korea

(Received November 3, 2008; revision received January 29, 2009)

ABSTRACT: A small-scale thermoelectric cooling system was built in an effort to enhance the performance of the refrigeration system by utilizing the water-cooled jacket which was attached to the hot side of the thermoelectric module. Considered design parameters for the water-cooled jacket were the geometry of the flow passage inside the jacket and the flow rate of cooling water. The higher flow rate of cooling water in the jacket resulted in a better performance of the refrigeration system. The increase in the number of channels for water flow passage inside the cooling jacket also showed significant improvement on the performance of the thermoelectric cooling system such as the cooling capacity and the COP of the refrigeration system.

Key words: Thermoelectric cooling system(열전냉각장치), Cooling jacket(냉각재킷), Cooling capacity (냉각 용량), Coefficient of performance(성능계수)

기 호 설 명

COP : 성능계수
 $C_{p,w}$: 물의 비열 [J/kg°C]
 I : 열전소자로의 인가전류 [A]
 \dot{m}_w : 냉각수의 질량유량 [kg/s]
 N : 냉각재킷 내의 유로의 채널 수
 P_{in} : 열전소자의 인가전력 [W]
 Q_c : 열전소자의 흡열량 [W]
 Q_h : 열전소자의 방열량 [W]
 R_t : 냉각재킷의 열저항 [°C/W]
 T_e : 냉각수의 출구 온도 [°C]
 T_h : 열전소자 고온면의 온도 [°C]

T_i : 냉각수의 입구 온도 [°C]
 V : 열전소자로의 인가전압 [V]

1. 서 론

열전소자(thermoelectric module)란 n형 및 p형 열전반도체를 전기적으로는 직렬로, 열적으로는 병렬로 연결한 모듈의 형태이다. 이 소자에 DC 전류를 흘렸을 때, 열전효과에 의해서 모듈의 양면에 온도차가 발생하고 동시에 발전현상이 일어나게 된다. 열전소자를 이용한 냉각 방식은 기존의 냉매를 이용하는 냉각 시스템에 비하여 단순한 구조로서 소형화가 가능하며, 정밀한 냉각온도의 제어가 용이하여 높은 신뢰성을 가지는 장점이 있다. 이로 인해 열전냉각 방식은 항공 우

[†] Corresponding author

Tel.: +82-54-478-7298; fax: +82-54-478-7319

E-mail address: parksh@kumoh.ac.kr

주용, 군사용, 의료용, 반도체 공정 시스템, 가정용 냉각 시스템 등에 사용범위가 점점 확대되어 가고 있다. 그러나 현재 열전냉각 시스템에 적용되고 있는 방열방식은 열전소자에 방열판을 부착하고 그 위에 냉각팬을 설치하여 열전소자로부터 열을 제거하고 있기 때문에 시스템 내부의 냉각 시간은 설정온도까지 도달하는 데 오랜 시간이 요구되며, 냉각 시스템의 냉각용량 및 냉각 성능은 기존의 냉각시스템에 비해 상대적으로 매우 낮다. 따라서 이러한 문제점을 개선하기 위하여 새로운 냉각 방식이 절실히 요구되는 실정이다.

최근에 열전소자의 성능향상 및 열전냉각방식을 실용화하기 위한 연구가 국내외에서 진행되고 있다. 특히 국외 연구자로서 Yamanashi⁽¹⁾는 열전냉각시스템에 있어서 열교환기의 크기와 열전달 방법에 따라 열저항을 최소화하는 설계를 이론적으로 연구하였다. 히트싱크의 열방출을 극대화하기 위해 Attey⁽²⁾는 액체냉각 시스템을 사용하여 기존의 방열판을 사용하는 것보다 COP를 2배 정도 향상시켰다. Huang et al.⁽³⁾은 열전냉각기를 최적화할 수 있는 시스템의 설계 방법을 연구하였다. 그 외에 전자장비의 냉각방법으로 열전냉각시스템의 응용사례⁽⁴⁾와 고전력 전자장비의 냉각에 있어서 열전냉각기술의 현재와 미래⁽⁵⁾에 대한 내용도 검토되었다. 최근 Chein and Chen⁽⁶⁾은 열전소자의 표면에 실리콘 웨이퍼로 제작한 마이크로 히트싱크를 부착시켜 열전소자의 냉각 성능을 실험 및 이론적으로 연구하였다.

국내에서는 Hwang and Kang⁽⁷⁾은 열전모듈에 입력전압과 고온측의 온도를 변화시켜 열전모듈의 냉각특성을 고찰하였다. Yoo et al.⁽⁸⁾은 열전소자 및 열전냉각장치의 성능을 해석하고, 열전소자의 인가전류에 따른 성능을 연구하였다. Lee and Kim⁽⁹⁾은 마이크로 열전냉각장치의 열성능을 예측하기 위하여 열전소자의 두께를 변화시켜 연구를 수행하였고, Lee et al.⁽¹⁰⁾은 열전소자의 종류에 따른 냉각성능을 연구하였다. 또한 Park and Lee⁽¹¹⁾는 액체냉각기의 내부형상, 열전소자의 작동개수 등을 변화시켜 냉각시스템의 열전달특성을 연구하였다. 그 외에 열전소자 및 열전냉각장치를 이용하여 각종 산업분야의 시스템에 적용한 사례⁽¹²⁻¹⁶⁾도 많은 연구자에 의해 수행되었다.

위와 같은 연구자들은 열전냉각 시스템에서 히트싱크의 열저항의 최소화, 시스템의 설계방법

그리고 열전소자의 성능개선에 대해서만 연구를 수행하였다.

따라서 본 연구의 목적은 열전소자 고온면에 부착되는 히트싱크 대신에 냉각재킷을 설치하여 냉각성능을 규명하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 강제 순환 액체냉각 시스템을 구성하여 냉각재킷의 형상, 냉각재킷 내부의 채널 수 및 냉각재킷에 유입되는 유량을 변화시켜 연구를 수행하였다. 또한 기존 냉각 시스템에서 사용하는 T형 냉각재킷과 새로운 재킷과의 성능도 비교 검토하였다. 본 연구에서 고려한 열전냉각 장치의 적용 분야는 소형 저온저장고와 같은 냉각 시스템을 포함하며, 냉각재킷 및 액체냉각 장치에 의한 냉각 성능 향상을 목표로 하고 있다.

2. 실험장치 및 방법

Fig. 1은 본 연구에 사용된 열전냉각 시스템과 냉각 챔버의 구조를 나타내고 있다. 실험에 사용된 열전소자는 러시아의 SCTB Nord사에서 제조된 모델 TM127/1.4~6.0 MX이며, 그 사양은 최대전압이 15.5 V, 최대 전류는 6 A, 그리고 최대 열흡입량은 53 W이다. 열전소자의 크기는 40 × 40 × 3.8 mm이며 열전소자의 저온부 표면은 냉각 챔버에, 고온부 표면은 알루미늄 재질의 냉각재킷에 각각 부착되어 있다. 열전소자에 공급되는 전압은 DC 12 V이고, 전류는 3.5 A 정도로 측정되었으며 그 값은 유량과 냉각재킷의 유로 수가 변화

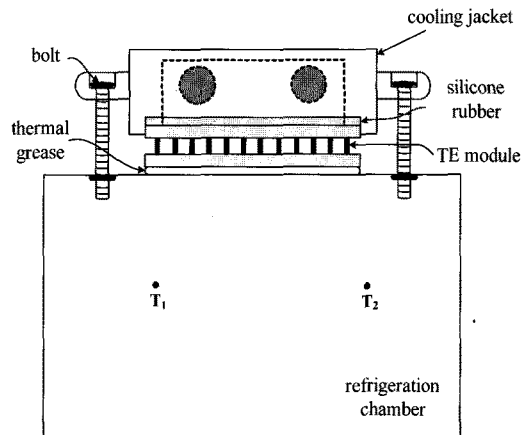


Fig. 1 Thermoelectric cooling system and cooling chamber.

더라도 5% 내의 변화를 보여주었다. 냉각 챔버의 내부 크기는 210×140×130 mm, 두께는 1 mm, 그리고 챔버의 재질은 알루미늄이다. 챔버 내부로부터 외부로의 열손실을 최소화하기 위하여 열전소자가 부착된 부분을 제외한 챔버 외부 표면을 두께 20 mm의 스티로폼으로 단열하였다. 열전소자와 챔버의 알루미늄 판사이의 접촉 열저항을 줄이기 위해 열전도성이 우수한 thermal grease (장암엘에스 CASMOLY HC-300)를 얇게 도포한 후 두 장치를 접촉시켰다. 또한 냉각수의 누수를 방지하기 위해 냉각재킷과 열전소자 사이에 두께 1 mm의 실리콘 고무판이 삽입되어 있으며, 열전소자와 재킷 주위로 접착제를 사용하여 전체적으로 실링을 하였다.

Fig. 2는 본 연구에 사용된 냉각 시스템의 전체적인 개략도를 나타낸 그림이다. 이 시스템은 크게 열전냉각 시스템, 방열기, 유체저장소, 펌프는 유량을 가변할 수 있는 Cole-Parmer Instrument사의 Masterflex Pump(Model 7523-60)를 사용하였으며, 시스템의 구성에 쓰인 튜브는 실리콘 재질로서 내부 직경은 6.4 mm이다. 펌프에 쓰이는 튜브에 따라 최대 유량 값이 정해져 있는데, 본 실험에서 사용된 튜브(Cole-Parmer Instrument 96410-17)의 관내 직경은 6.4 mm이며 적용되는 최대 유량은 280 ml/min이다. 방열기로는 밀집형 열교환기(compact heat exchanger)를 사용하였다. 열교환기 입구로 들어가는 유체를 냉각시키기 위해 열교환기 윗부분에 축류팬을 부착하였으며 팬의

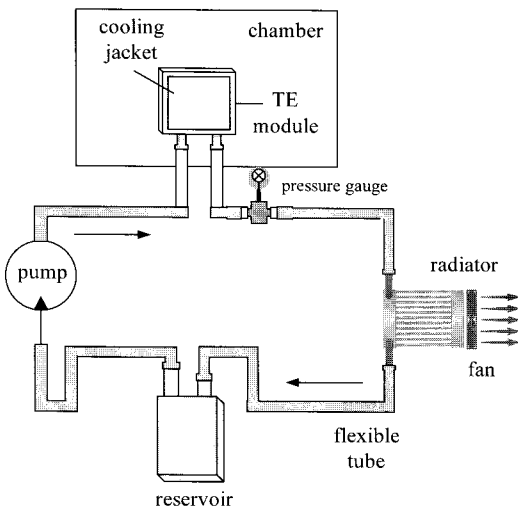


Fig. 2 Experimental setup.

크기는 119×119×25 mm이다. 열전소자의 전력 공급은 VUPOWER AK-3005DD를 이용하였다. 온도 측정은 직경 0.3 mm의 T형 열전대를 이용하여 데이터 수집 제어장치(Agilent 34970A)에 연결되어 수행되었다. 온도 측정위치는 열전소자 고온부와 저온부 표면, 냉각재킷의 냉각수 유로 입구와 출구, 그리고 열교환기 내의 냉각수 유로 입구와 출구로 하였다. 냉각 챔버 내부의 공기 온도는 Fig. 1과 같이 챔버 내부에 설치된 두 지점의 온도를 측정하여 평균값을 사용하였다.

본 실험에서는 냉각재킷의 설계가 열전소자의 냉각성능에 미치는 영향을 연구하기 위하여 냉각재킷 내부의 냉각수 유로의 형상 및 채널 수와 냉각수 유량을 실험 파라미터로 사용하였다.

Fig. 3과 같이 냉각재킷의 유로 형상 및 채널 수에 따른 재킷은 4종류의 형태를 사용하였다. Fig. 3(a)~Fig. 3(c)는 내부의 채널 개수(N = 4, 6, 8)에 따라 나누었고, Fig. 3(d)는 실제 산업 현장에서 설계되어 소형 저온저장고에 사용되고 있는 냉각재킷으로 T자 형태이다. 냉각재킷의 크기는 40×40 mm로서 열전소자의 크기와 동일하게 제작하였다. 냉각수가 흘러가는 냉각재킷 유로의 총체적은 37×37×4 mm³이며, 냉각재킷의 냉각

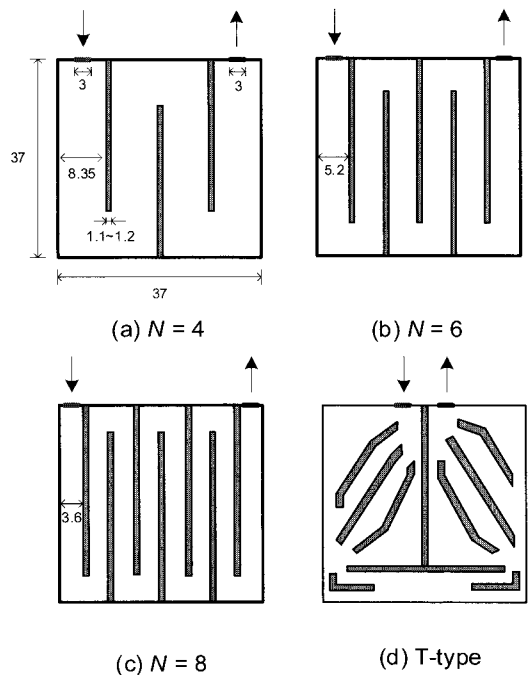


Fig. 3 Inner structure of a cooling jacket.

수가 유입 및 유출되는 입·출구의 직경은 3 mm 이다. 냉각수 유로를 이루는 채널 벽의 두께는 1.2 mm이다.

본 실험에서 냉각재킷 내부로 유입되는 냉각수의 유량을 100, 150, 200, 250 ml/min의 순으로 50 ml/min씩 변화시켰다. 또한 냉각수의 유량이 250 ml/min일 때 냉각재킷의 표면온도는 적외선 열화상 카메라(TH3100MR, NEC)를 이용하여 가시화하였다.

본 실험에서 각 지점에서 측정된 온도는 시스템이 작동한 후, 냉각 챔버 내부의 공기 온도가 정상상태에 도달하였을 때 측정하였다. 그리고 본 실험에서 수행한 측정의 불확실성은 Kline과 McClintock⁽¹⁷⁾의 방법으로 평가하여 다음과 같이 추정하였다. 냉각수의 입출구온도는 ±0.3 K, 열전소자가 방출하는 열량(Q_h) 및 냉각용량(Q_c)은 8 %, 냉각재킷의 열저항은 약 5 %로 평가되었다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 열전냉각 시스템의 냉각성능

열전소자의 고온부 표면으로부터 방출되는 열량은 모두 냉각재킷에서 냉각수에 전달되어 외부로 방출되며 냉각재킷 표면에서의 자연대류 열전달은 매우 작아 무시할 만하다고 가정한다. 왜냐하면 실제로 냉각재킷 표면과 대기와의 온도차가 10 °C 이하로 추정하여 수평평판 위의 자연대류 열전달 실험식⁽¹⁸⁾으로 계산한다면, 열전달율은 0.5 W 이하로 나타나기 때문이다. 따라서 열전소자

의 고온부로부터 냉각재킷으로 전달되는 열전달율 Q_h 는 다음과 같이 정리된다.

$$Q_h = \dot{m}_w C_{p,w} (T_e - T_i) \tag{1}$$

여기서 \dot{m}_w 는 냉각수의 질량유량, $C_{p,w}$ 는 물의 비열, T_i 및 T_e 는 각각 냉각재킷의 입구와 출구에서의 냉각수 온도이다. 열전소자에 공급되는 전력 P_{in} 은 12 V의 전압(V) 하에서 열전소자의 전류(I)를 측정함으로써 계산할 수 있다. 따라서 열전소자의 냉각용량 Q_c 와 성능계수 COP는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$Q_c = Q_h - P_{in} \tag{2}$$

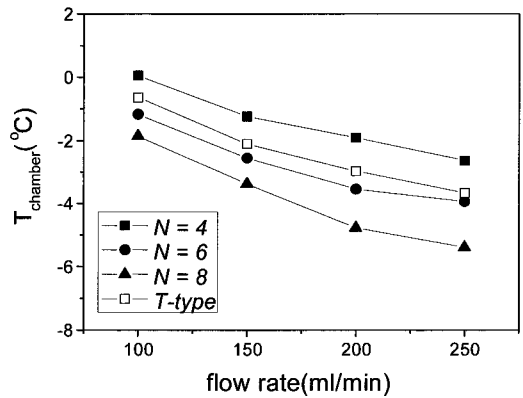


Fig. 5 Air temperature in the cooling chamber at different flow rates.

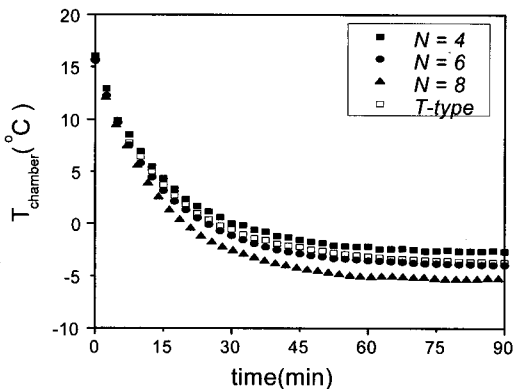


Fig. 4 Air temperature in the cooling chamber at 250 ml/min.

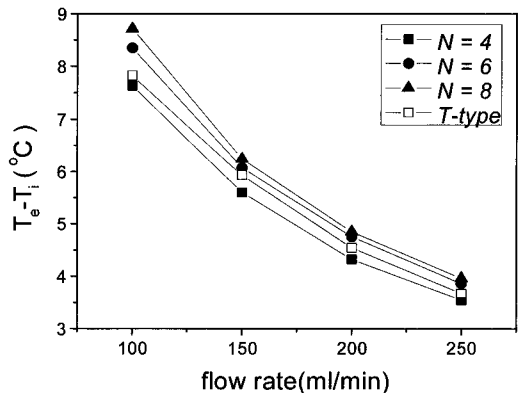


Fig. 6 Temperature difference of the cooling water between inlet and exit.

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}} = \frac{\dot{m}_w C_{p,w} (T_e - T_i)}{V \cdot I} - 1 \quad (3)$$

Fig. 4는 냉각수의 유량이 250 ml/min일 때 시간에 따른 챔버 내부의 공기온도 변화를 나타낸다. 챔버 내의 공기온도는 냉각재킷 내의 유로의 채널 수 $N = 4$ 일 때가 90분 이후부터, $N = 6$ 과 T형일 때는 85분 이후부터, $N = 8$ 일 때는 75분 이후부터 정상상태에 도달하였다. 따라서 채널 수가 증가할수록 챔버 내의 공기온도는 지수적으로 감소하면서 더 빠르게 정상상태에 도달함을 알 수 있다.

Fig. 5는 냉각재킷에 유입되는 냉각수의 유량에 따른 정상상태에 이룬 챔버 내의 공기온도 변화를 나타낸 것이다. 유로의 채널 수와 유량이

증가할수록 공기 온도는 감소함을 보였다. 즉 채널 수가 8개인 경우에서 유량이 250 ml/min일 때가 100 ml/min일 때보다 공기온도가 3.5 °C 정도 감소하였다. 또한 냉각수 유량이 250 ml/min인 경우에서 채널 수가 4개일 때에 비해 $N = 6$ 와 T형 재킷의 경우는 공기온도가 1.1~1.3 °C 정도, $N = 8$ 인 경우에는 2.8 °C 정도 감소하였다. 이 결과로 보면 유로의 채널 수가 8개인 냉각재킷이 가장 우수한 냉각 효과를 나타내었다.

Fig. 6은 냉각재킷에 공급되는 유량에 따른 냉각수 입출구 온도차의 변화를 나타낸다. 실험을 수행한 모든 경우에 대해 냉각수 입구의 온도는 약 16 °C로 동일하였다. 냉각재킷의 형상에 상관 없이 냉각수 유량이 증가하면 온도차가 감소하였고, 모든 유량에서 $N = 8$ 일 때의 온도차가 가장

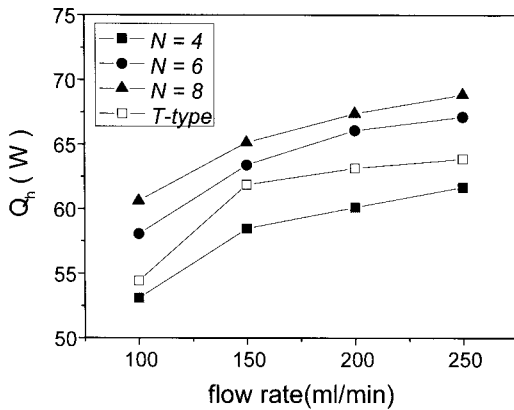


Fig. 7 Heat removal rate by cooling jackets.

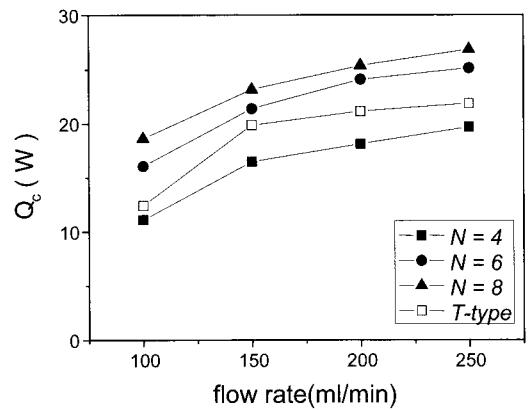


Fig. 8 Cooling capacity of thermoelectric cooling system.

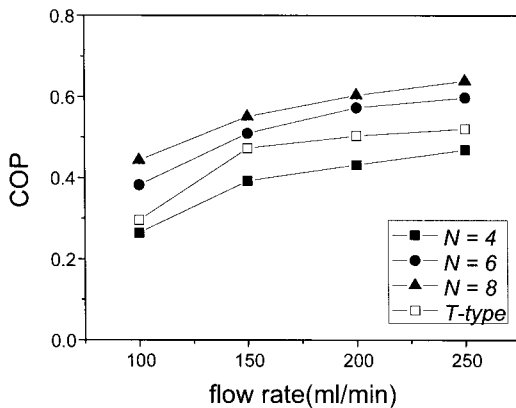


Fig. 9 COP of thermoelectric module.

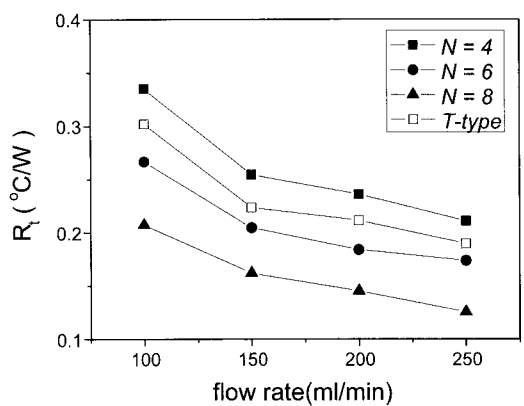


Fig. 10 Thermal resistance of cooling jackets.

크게 나타났다. 즉, $N = 8$ 일 때 유량이 100 ml/min에서는 온도차가 8.7 °C인 반면, 250 ml/min에서는 4.0°C로 감소하였다.

Fig. 7은 냉각재킷의 채널 수가 변화할 때 냉각재킷에 공급되는 유량에 따른 열전소자의 고온부에서 방출되는 열전달율의 변화를 나타낸다. 이 열전달율은 냉각재킷의 입출구의 냉각수 온도차를 측정(Fig. 6)하여 식(1)을 이용하여 구하였다. 냉각재킷 내의 채널 수 및 유량이 증가할수록 열전소자의 고온부 표면으로부터 냉각재킷으로의 열전달율 Q_h 가 증가함을 보였다. 즉 유량이 250 ml/min일 때 채널 수 $N = 8$ 인 경우가 $N = 4$ 인 경우보다 Q_h 가 7 W 정도, T형 재킷보다는 4.5 W 정도, $N = 6$ 인 경우보다 2.5 W 정도 더 증가하였다. 이것은 재킷내의 채널 수가 많을수록 열전달면적이 커지기 때문이다. 또한 채널 내의 유동단면적이 감소함에 따라 채널 내의 유속이 증가하여 열전달율이 증가하기 때문이다. 이러한 결과에서 채널 수가 6개 이상인 경우에는 기존에 상업용으로 사용되고 있는 T형의 냉각재킷에 비해 열전달율이 2~4.5 W 정도 증가하였으나, $N = 4$ 인 경우는 3 W 정도 열전달율이 현저히 감소함을 보였다.

열전소자의 냉각용량, 즉 냉각 챔버에서 열전소자의 저온부로의 열전달율의 변화를 Fig. 8에 나타내었다. 냉각재킷의 설계인자에 따른 냉각용량 Q_c 의 변화는 Fig. 7에 보여진 고온부에서의 열전달율 Q_h 와 비슷한 경향을 나타내었다. 기존의 T형 냉각재킷의 경우에서 열전달율은 $N = 4$ 인 재킷과 6개인 재킷 사이에 위치하고 있다. 이러한 결과는 유로형태가 가장 단순한 $N = 4$ 인 냉각재킷보다 냉각효과가 뛰어나지만, $N = 6$ 및 8인 경우 보다는 상대적으로 냉각이 잘되지 않는다는 것을 알 수 있다.

Fig. 9는 각 재킷의 형상에 대해 유량 변화에 따른 열전소자의 성능계수(COP)를 보여준다. 성능계수 역시 Fig. 8에 보여진 열전달율의 변화와 비슷한 경향을 보여주고 있다. 본 실험에서는 냉각수의 유량이 증가할수록, 냉각재킷 내의 유로의 개수가 많아질수록 COP가 증가함을 보였다. 즉 유량이 250 ml/min일 때 T형 냉각재킷을 기준으로 하여 $N = 6$ 인 경우에는 COP가 12% 정도, $N = 8$ 인 경우는 23% 정도 증가하였으나, $N = 4$ 인 경우에는 13% 정도 감소하였다. 이러한

결과는 냉각재킷의 채널 수가 증가할수록 챔버 내의 공기가 잘 냉각되어 냉각성능이 크게 향상됨을 나타내었다. 그러나 본 실험의 결과에서는 채널의 개수가 증가함에 따라 COP의 증가 폭이 둔화됨을 보였다. 여기서 주의할 점은 Fig. 9의 COP가 전체 냉각시스템의 COP가 아니라 열전소자의 COP라는 사실이다. 냉각시스템 전체의 COP를 구하기 위해서는 냉각수 펌프 및 방열기의 팬을 작동시키기 위해 필요한 동력 또한 고려해야 한다.

열전소자의 냉각에 사용된 냉각재킷 자체의 냉각성능을 정량화하기 위하여 다음과 같이 정의되는 냉각재킷의 열저항을 조사하였다.

$$R_t = \frac{T_h - T_i}{Q_h} \quad (4)$$

여기서 Q_h 는 열전소자의 고온부 표면으로부터 냉각재킷으로의 열전달율, T_h 는 열전소자의 고온부의 온도 그리고 T_i 는 냉각재킷 입구의 냉각수 온도이다.

Fig. 10은 냉각재킷 내의 유로 형상 및 유량의 변화에 따른 냉각재킷의 열저항 변화를 나타낸다. 예측대로 냉각수의 유량이 증가할수록 그리고 유로의 채널 수가 증가할수록 열저항이 현저하게 감소하였다. 즉 유량이 250 ml/min으로 일정할 때 채널 수가 4개에서 6개로 증가할 때는 열저항이 22% 정도 감소하였고, 채널 수가 4개에서 8개로 증가할 때는 열저항이 41% 정도 감소하였다. 또한 T형 냉각재킷을 기준으로 보면, $N = 6$ 인 경우는 11% 정도, $N = 8$ 인 경우에는 32% 정도 감소하였다. 이러한 결과는 냉각재킷 내의 유로의 구조설계에 따라 열전냉각시스템의 냉각성능 향상에 큰 영향을 미치고 있음을 보여준다.

3.2 냉각재킷 표면의 온도분포

Fig. 11(a)~Fig. 11(d)는 냉각수의 유량이 250 ml/min일 때 채널 수에 따른 냉각재킷 상부표면의 온도분포를 열화상 카메라를 이용하여 가시화한 그림이다. 각 그림에서 냉각재킷의 상하단의 원형 구멍은 재킷을 고정하는 부분이고, 냉각재킷 우측의 화살표는 냉각수의 입출구를 나타낸다. 여기서 주의할 점은 측정하는 냉각재킷 표면의 방사율을 모르기 때문에 열화상 카메라로 측정된

온도 분포는 절대적 온도가 아닌 상대적인 온도 분포를 나타낸다는 사실이다. 따라서 본 연구에서는 냉각수의 입구 온도(약 16 °C)를 기준 온도로 사용하여 Fig. 11을 나타내었고, 그 결과 냉각재킷의 표면 온도의 범위는 16~24 °C로 나타났다.

본 실험에서 가시화된 냉각재킷 표면의 온도분포는 재킷 내에서 흐르는 가열된 냉각수의 온도 분포로서 정성적으로 추정할 수 있다. 또한 이러한 표면의 온도분포는 개개의 냉각재킷 간의 냉각성능의 차이를 보여주고 있다. Fig. 11(a)는 채널 수가 4개인 경우 표면의 온도분포로서, 재킷의 입구영역은 약 22 °C, 중앙부분은 약 23 °C 그리고 출구영역에서는 약 24 °C로서 입구영역에서 출구영역으로 갈수록 온도가 높아짐을 보였다. 냉각재킷 표면의 전체 평균온도는 약 23 °C 정도이다. Fig. 11(b)와 (c)는 N = 6과 8일 때로 N = 4일 때와 표면온도 분포의 경향은 유사하나 전체적인 평균온도는 낮아짐을 보였다. 즉 N = 6일 때의 전체적인 평균표면온도는 약 22 °C로, N = 8일 때는 약 21 °C이다. Fig. 11(d)의 T형 재킷의 경우에서 표면의 온도분포는 입출구 영역을 중심으로 대칭적으로 나타나며, 냉각수 입출구 근처의 모서리 부분에서 표면온도가 국부적으로 높게 나타남을 보였다. 그 이유는 이 영역에서는 재순환 유동이 발생하여 냉각이 제대로 이루어지지 않음을 예측할 수 있다. 따라서 냉각재킷의 설계에 있어서 채널 수가 8개인 경우와 같이 표면의 온도분포가 저온영역에서 고르게 분포하도록 유로의 구조를 설계하는 것이 매우 중요함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 액체냉각에 의한 열전냉각 시스템을 구성한 후, 시스템의 냉각성능에 대한 기초 자료를 확립하기 위하여 냉각재킷의 유로형상, 채널의 개수 그리고 냉각수의 유량을 변화시켜 실험적 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 냉각재킷의 설계인자 즉 냉각재킷의 유로형상, 채널 수 그리고 냉각수 유량이 열전냉각시스템의 성능에 큰 영향을 미치고 있음을 보였다. 냉각수 유량이 250 ml/min일 때 냉각재킷의 유로형상 및 채널 수에 있어서 채널 수가 6개와 8개인 경우에는 T형 냉각재킷보다 냉각용량 및 COP가 12~23 % 정도 증가함을 보였다. 또한 냉각재킷

의 열저항은 T형 냉각재킷보다 N = 6인 경우는 11 % 정도, N = 8인 경우에는 32 % 정도 감소하였다. 따라서 냉각재킷의 유로형상에서는 T형 냉각재킷보다 채널 수가 6 및 8개인 경우가, 채널 수에 있어서는 채널 수가 6개인 경우보다 8개인 경우가 우수한 냉각성능을 보였다. 동일한 냉각재킷에서 냉각수 유량이 증가할 때 냉각성능이 우수함을 보였다.

(2) 냉각재킷의 유로형상 및 채널 수에 따른 재킷의 표면온도분포를 열화상 카메라를 이용하여 가시화한 결과, 채널형상의 냉각재킷의 경우는 표면온도분포가 고르게 분포됨을 보였고, 채널 수가 4개에서 6개 및 8개로 증가할수록 평균 표면온도는 1~2 °C 정도로 낮아졌다. T형 재킷의 경우에는 표면온도분포가 불균일하게 분포하며, 냉각수 출입구 근처에서는 유동의 재순환에 의해 국부적으로 온도가 매우 높음을 보였다. 따라서 T형 냉각재킷보다 채널형상의 재킷이, 채널의 수가 많을수록 열전냉각시스템의 열전달 성능을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문입니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

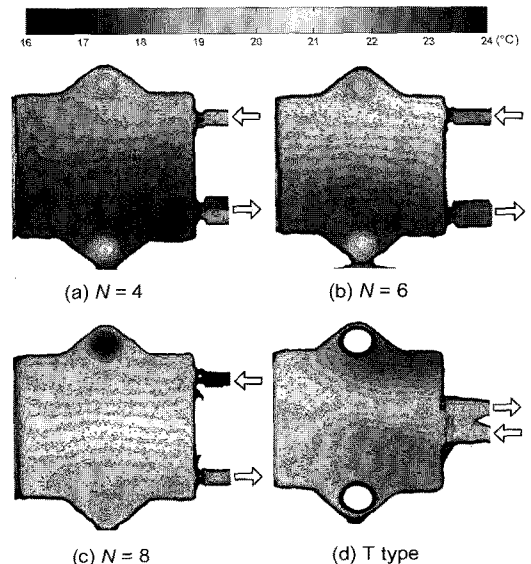


Fig. 11 Temperature distribution on the upper surface of cooling jacket at 250 ml/min.

참고문헌

1. Yamanashi, M., 1996, A new approach to optimum design in thermoelectric cooling systems, *Journal of Applied Physics*, Vol. 80, No. 9, pp. 5494-5512.
2. Attey, G. S., 1998, Enhanced thermoelectric refrigeration system COP through low thermal impedance liquid heat transfer system, *Proc. of the 17th International Conference on Thermoelectrics*, pp. 519-524.
3. Huang, B. J., Chin, C. J. and Duang, C. L., 2000, A design method of thermoelectric cooler, *International Journal of Refrigeration*, Vol. 23, pp. 208-218.
4. Simmons, R. E. and Chu, R. C., 2000, Application of thermoelectric cooling to electronic equipment : a review and analysis, *Proc. of the 16th IEEE SEMI-THERM Symposium*, pp. 1-8.
5. Phelan, P. E., Chiriac, V. A. and Lee, T. -Y. T., 2002, Current and future miniature refrigeration cooling technologies for high power microelectronics, *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, Vol. 25, No. 3, pp. 356-365.
6. Chein, R. and Chen, Y., 2005, Performances of thermoelectric cooler integrated with microchannel heat sinks, *International Journal of Refrigeration*, Vol. 28, pp. 828-839.
7. Hwang, J. and Kang, B. H., 2003, An experimental study on cooling characteristic of a thermoelectric module, *Proceedings of the SAREK'2003 Winter Annual Conference*, pp. 164-169.
8. Yoo, S. -Y., Hong, C. -P. and Shim, W. -S., 2004, A Study on the performance of thermoelectric module and thermoelectric cooling system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 16, No. 1, pp. 62-69.
9. Lee, K. H. and Kim, O. J., 2006, Effect of the thermoelectric element thickness on the thermal performance of the thermoelectric micro-cooler, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 211-217.
10. Lee, S. I., Choi, J. W. and Lee, D. R., 2006, Investigation of the cooling performance using Pelter module, *Proceedings of the SAREK'2006 Summer Annual Conference*, pp. 1156-1161.
11. Park, M. Y. and Lee, G. S., 2007, Cooling characteristics of a liquid cooler using thermoelectric module, *Proceedings of the SAREK'2007 Winter Annual Conference*, pp. 1156-1161.
12. Hwang, J. and Kang, B. H., 2006, An experimental study on the optimal operation condition of an air-cooler using thermoelectric modules, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 18, No. 1, pp. 66-72.
13. Yoon, T. -B., Kim, N. -J. and Kim, C. -B., 2000, Development of a waterless container utilizing thermoelectric modules for live fish transportation, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 12, No. 5, pp. 519-524.
14. Kim, J. Y. and Oh, M. D., 2000, Experiment on the PDP cooling characteristic by thermoelectric module and conduction block, *Proceedings of the SAREK'2000 Summer Annual Conference*, pp. 158-163.
15. Kim, J. Y. and Oh, M. D., 2000, Experiment on the PDP cooling unit by thermoelectric modules and foil heater, *Proceedings of the SAREK'2000 Winter Annual Conference*, pp. 664-669.
16. Choi, H. -S., Kim, Y. -S., Jeon, C. -H. and Yun, S. -K., 2004, Hot and cool temperature control of the car-seat utilizing the thermoelectric device, *KSME Journal B*, Vol. 28, No. 5, pp. 518-525.
17. Kline, S. J. and McClintock, F. A., 1953, Describing uncertainties in single-sample experiments, *Mechanical Engineering*, Vol. 75, pp. 3-8.
18. Cengel, Y. A., 2003, *Heat Transfer*, 2nd ed., McGraw-Hill.