

# 병렬팽창 냉동시스템의 성능실험에 관한 실험적 연구 An Experimental Study on the Performance Testing of Parallel Expansion Refrigeration System

구창대<sup>1</sup>  
Chang-Dae Koo<sup>1</sup>

## <Abstract>

This study has been experimented about refrigeration capacity difference. It has been used 3 method, Manual expansion valve, thermostatic expansion valve and capillary expansion valve, and tested under the same condition by using the performance testing of parallel expansion. In temperature change of the temperature room, thermostatic expansion valve method displayed the most lower temperature,  $-18^{\circ}\text{C}$ . In addition, the temperature, just before the expansion, also displayed the best result which was  $4^{\circ}\text{C}$  lower than other expansion valve. In these results, it can be used for performance testing of parallel expansion refrigeration system.

**Keywords :** Refrigeration capacity, Manual expansion valve, Performance testing

## 1. 서 론

냉동 산업에서 성적계수를 높히는 연구는 모든 산업 분야에서와 마찬가지로 냉동성능 향상을 위한 연구를 해야 할 절실한 목표이다.

냉동, 냉장 설비에 있어서 다른 장치에 비해서 매우 예민한 과정의 냉동 작용을 하는 팽창 과정은 전체 냉동시스템의 성능을 좌우함으로 자동으로 팽창변을 선택, 제어할 수 있는 각각의 팽창변 성능을 이용하여 시스템의 효율을<sup>1)</sup> 높일 수 있는 연구가 필요하다.

이 시스템에서 각 팽창변의 개도를 자동으로 제어할 수 있는 자동제어가 절실히 요구되는 실정이고 냉동시스템을 최적의 효율상태<sup>2)</sup>로 유지하기 위하여 최근에는 냉동 기술의 발전에 따라 냉동, 냉장, 공조산업 및 냉장 창고산업

분야에서 매우 중요한 관심의 초점이 되고 있다. 따라서 열, 냉동기계 시스템에서 전기적인 자동제어의 중요성을 인식해야 함은 더 말할 나위가 없으며, 공기조화, 냉장, 냉동 등 냉열기계 시스템에서 자동제어와 시퀀스는 필요 충분 조건이다<sup>3)</sup>. 냉매병렬팽창 냉동 실험장치는 압축기 모타, 응축기 웬모타와 수동팽창밸브, TEV (온도감온식 팽창밸브), 모세관 팽창밸브 직렬상에 부착된 전자밸브에 의해 냉매가 통제 제어되도록 설계하였으며 온도스위치, 압력스위치와 상호 관련되어서 실험자가 요구하는 자동제어 회로를 설계, 구성하여 실험적인 연구<sup>4,5)</sup>를 하였다. 냉매병렬 팽창냉동 실험장치는, 온도감온식 팽창밸브 수동식 팽창밸브, 모세관 팽창밸브를 교체 사용하여 각각 별도로 성능실험을 진행하였다.

<sup>1</sup>정희원, 한국폴리텍VI대학 산업설비자동화과 교수  
E-mail : cdkoo7450@gmail.com

<sup>1</sup>Member, Dept. of Automation of Industrial Installation, Korea Polytechnic VI College, prof.

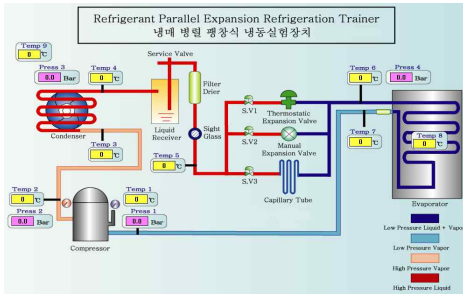
위와 같은 성능실험은 증발온도와 압력변수, 응축온도와 압력변수 조절을 팽창밸브의 개도 조절, 온도 스위치 조절, 압력스위치 조절, 모세관의 길이 조정으로 무한한 불변수와 변수를 주어서 다양한 성능실험<sup>6,7)</sup>을 진행할 수 있었다.

이번 실험을 하는 동안 각 팽창밸브의 개도를 자동밸브로 제어하면서 병렬팽창 냉동시스템의 성능을 실험함으로써 시스템 향상에 기여하고자 실험적으로 연구하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

본 연구에 사용된 실험장치는 Fig. 1과 같으며 각 센서의 위치는 Fig. 2와 같다.



- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Compressor          | 9. Solenoid V/V1(SV1)        |
| 2. Charge nipple       | 10. Solenoid V/V2(SV2)       |
| 3. Condenser           | 11. Solenoid V/V3(SV3)       |
| 4. Condenser fan motor | 12. Expansion V/V(TEV)       |
| 5. Receiver            | 13. Expansion V/V(manual)    |
| 6. Service V/V         | 14. Expansion V/V(capi tube) |
| 7. Filter drier        | 15. Evaporator               |
| 8. Sight glass         |                              |

Fig. 1. Schematic experimental apparatus.

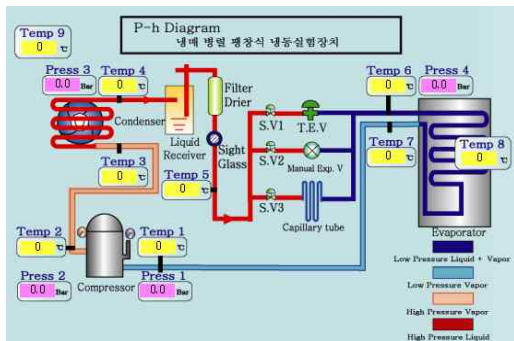


Fig. 2. Schematic diagram of the sensor for experiments.

실험장치에 사용된 냉매는 R-22를 사용하였으며 증발된 저온, 저압의 냉매증기를 흡입하는 펌프의 역할과 흡수된 증기를 쉽게 응축할 수 있도록 고온, 고압의 증기로 압축하는 역할을 하는 소형 밀폐형 1HP 용량의 압축기로서 압축기와 전동기를 같은 케이스 속에 넣고 밀봉 용접되어 있어서 분해 조립은 불가능하나 운전 소음이 작고 오일누설이 없으며 밸브대신 충전 니플이 부착된 것을 선택하였다.

흡입측 관경은 9.5 mm, 토출측 관경은 12.7 mm의 동관으로 연결하였으며, 응축기는 소형 밀폐형 1 HP(3Row - 8Step)으로써 고 열원을 방출하기 위하여 냉각시키고 냉매를 연속적으로 다시 사용하기 위하여 액화시키는 일정한 응축압력 및 응축온도를 조절 할 수 있는 공냉식 응축기를 설치하였다. 팽창밸브는 일정한 온도 조건상태로 유지하기 위하여 온도식 자동팽창밸브, 수동팽창밸브, 모세관을 설치하였고, 수액기는 압축기와 응축기의 용량과 균형을 맞추어 소형 밀폐형 1 HP을 응축기와 팽창밸브 사이의 고압측에 설치하여 고압의 냉매액을 일시 저장하여 냉동장치의 냉동부하가 변하여도 냉매를 증발기에 원활히 공급 할 수 있도록 하였으며, 수액기 다음에 전자변을 설치하여 냉매의 흐름을 조절할 수 있도록 하였고, 팽창밸브 직전에 여과기를 설치하여 이물질이 팽창밸브의 작동에 장애를 주는 일이 발생하지 않도록 하였다.

증발기는 두께 5mm의 아크릴제를 사용하여 직경 300mm 길이 600mm의 원통형 유니트 쿨러 15 Step으로 구성되어 있다.

실험실은 Fig. 1에서 보는바와 같은 냉매회로로 구성되어 있으며 실험장치의 크기는 가로 : 1,600mm, 세로 : 750mm, 높이 : 1,680 mm이고 알루미늄재 프로파일로 제작되어 있다.

Fig. 2에서 병렬팽창라인은 응축기 출구측에 수액기를 설치하고 필터드라이어, 액면계를 설치한 다음 중간 지점에서 분기하여 전자밸브1, 2, 3을 분기한 각 라인에 설치하고 전자밸브1에 수동팽창밸브, 전자밸브2에 자동 온도감온식 팽창밸브, 전자밸브3에 모세관팽창밸브를 통과하여 증발기 입구측과 연결되어 있다.

실험장치에는 압축기의 흡입측에 저압계(0 ~ 1.5 MPa)를 부착하였고, 토출측에는 고압계(0 ~ 3.0 MPa)를, 온도계는 압축기 흡입측과 토출측, 응축기 입구와 출구측, 팽창직전, 증발기 입구와 출구, 그리고 실험실 외부의 실외기온을 측정하기 위하여 실외온도 센서를 부착하였고, 실험실내의 실내 온도를 설치하여 실내 온도가 각 팽창밸브의 팽창작용이 실내 온도에 미치는 영향을 알 수 있도록 하였다. 또한 실험장치의 압력변화를 측정하기 위하여 압축기 입구측과 출구측 그리고 응축기 출구측과 증발기 입구측의 압력을 측정하기 위한 센서를 부착하여 각 위치의 센서들이 출력하는 데이터를 실시간으로 전송 받아 그 값들을 알 수 있도록 하였다.

Fig. 3 에서는 병렬팽창 냉동시스템의 물리에르 선도를 나타낸 것이며, Fig. 4 는 Fig. 3 의 선도에 따른 각부의 센싱 데이터 값을 실시간 저장하는 실험을 30회 반복하여 평균한 데이터 값이다.

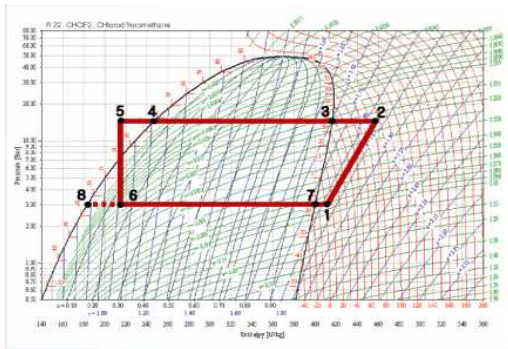


Fig. 3. Mollier diagram of the hot gas defrost.

NO	Temperature		Pressure		Enthalpy
1	Comp. In	-12 °C	Low	2.1 Bar	414.3 kJ/kg
2	Comp. Out	76 °C	High	10.7 Bar	414.3 kJ/kg
3	Condenser In	63 °C	Condensing	10.6 Bar	405.4 kJ/kg
4	Condenser Out	28 °C	Evaporating	2.3 Bar	200. kJ/kg
5	Heat E. In (Liquid)	24 °C			200. kJ/kg
6	Heat E. Out (Liquid)	23 °C			200. kJ/kg
7	Expan. V. In	25 °C			200. kJ/kg
8	Expan. V. Out	-12 °C			200. kJ/kg
9	Evaporator Out	-13 °C			405.4 kJ/kg
10	Heat E. In (Gas)	-10 °C			414.3 kJ/kg
11	Heat E. Out (Gas)	-5 °C			414.3 kJ/kg

Fig. 4. Experiments date of the computer monitor.

## 2.2 실험방법

실험장치에서 설명한 각 장치내의 센서들은 Table 1과 같으며, 센서들로부터 신호를 받아 컴퓨터와 통신을 이루면서 모니터 상에 표시되며 실시간 간격으로 데이터를 저장하였다. 병렬 팽창 실험은 각 팽창밸브의 자동밸브를 개도한 후 온도와 압력을 정상상태에 도달시키기 위한 장치의 운전 상태에서 증발온도의 변화 즉, 실내 온도의 데이터를 얻기 위해 자동저장을 1분 간격으로 조절하고 저장하였다.

Table 1. Specifications of the measuring equipment and the sensor

Item	Component	Specifications
Temperature sensor	Thermal sensor	PT 100Ω / 'J' type
Pressure sensor	Lower pressure sensor	0 ~ 1.5 MPa
	high pressure sensor	0 ~ 3.0 MPa

실험 순서에 따라 실험장치를 구동하기 위한 자동제어 회로 구성을 Fig. 5와 같이 구성하여 운전하였다.

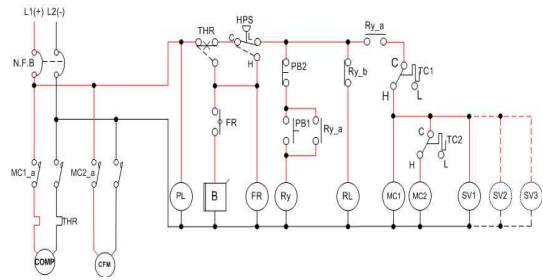


Fig. 5. Automatic control diagram of the parallel expansion.

실험장치의 전원을 입력하고 스위치를 ON 시키면 압축기와 응축기 팬모터가 작동되며 냉동라인의 전자밸브1(S.V1)이 ON되어 수동 팽창밸브를 통하여 팽창 운전 되어진다.

수동팽창 밸브의 실험이 완료되면 실험전의 외기온도에 도달할 때 까지 실험장치를 정지한다. 전자밸브2(SV2)를 열어 자동 온도감응식 팽창밸브 작동식 냉동시스템을 운전하며 데이터를

저장하였고 실험이 완료되면 실험전의 외기온도에 도달할 때 까지 실험장치를 정지하였다.

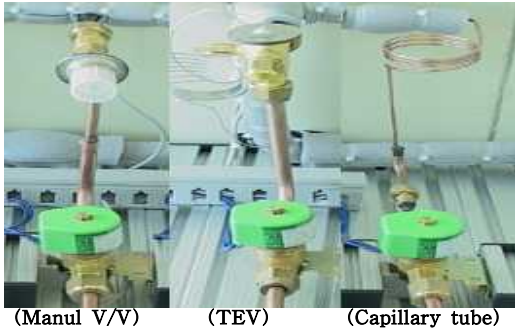


Photo. 1. The three different type of expansion valve.

전자밸브3(SV3)는 모세관을 이용한 팽창작동 냉동시스템으로 운전 하여 운전 데이터를 실시간으로 자동저장 한다. 이와같이 냉매병렬팽창 냉동 실험장치는 성능실험 목적에 따라 전자밸브1, 2, 3(SV1, SV2, SV3)를 선택하여 작동 운전성능 실험을 진행하며 데이터를 저장 분석하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 압축기와 응축기의 온도변화

Fig. 6에서 외기온도 17℃일 때 압축기 흡입측 온도변화는 수동팽창밸브 실험시 실험시작 온도 13℃에서 5분 후 -13℃로 저하하였으며, 15분 후 -15℃로 30분 후 -19℃로 낮아졌다. 압축기 토출측의 온도 변화는 17℃에서 5분후 41℃로, 상승하였으며 15분 경과 후 29℃로 30분 후 25℃로 낮아지는 현상을 보였다. 자동 온도 감온식 팽창밸브 실험시 압축기 흡입측 온도변화는 실험시작온도 13℃에서 5분 후 -14℃로, 저하하였으며, 15분 후 -24℃로 30분 후 -28℃로 낮아졌다. 압축기 토출측의 온도 변화는 17℃에서 5분후 35℃로 상승하였으며 15분 경과 후 28℃로 30분 후 25℃로 낮아지는 현상을 보였다. 또한 모세관 팽창밸브 실험시 압축기 흡입측 온도변화는 실험시작온도 12℃에서 5분 후 -20℃로, 저하하였으며, 15분 후 -24℃로, 30분 후 -24℃로 낮아졌다. 압축기 토

출측의 온도 변화는 17℃에서 5분후 37℃로 상승하였으며 15분 경과 후 28℃로, 30분 후 28℃로 낮아지는 현상을 보였다.

Fig. 7에서 응축기 입구측 온도변화는 수동 팽창밸브 실험시 실험 시작온도 17℃에서 5분 후 44℃로 상승하였으며, 15분 후 30℃로, 30분 후 26℃로 낮아졌다. 응축기 출구측의 온도 변화는 17℃에서 5분후 32℃로 상승하였으며 15분 경과 후 28℃로, 30분 후 24℃로 낮아지는 현상을 보였다.

자동 온도감온식 팽창밸브 실험시 응축기 입구측 온도변화는 실험시작온도 18℃에서 5분 후 37℃로 상승하였으며, 15분 후 29℃로, 30분 후 29℃로 낮아졌다. 응축기 출구측의 온도 변화는 18℃에서 5분후 31℃로 상승하였으며 15분 경과 후 24℃로, 30분 후 24℃로 낮아지는 현상을 보였다.

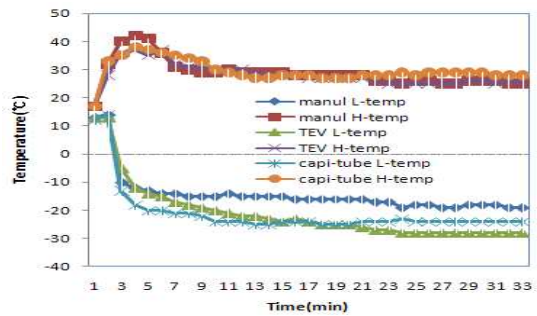


Fig. 6. The variation in&out temperature of the compressor by time evolution.

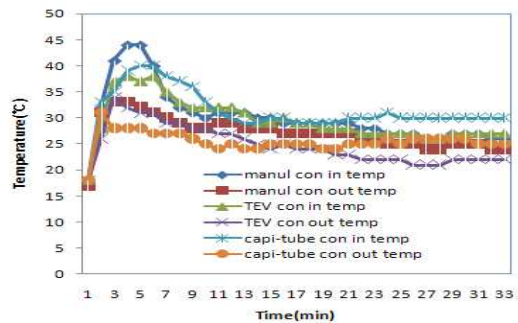


Fig. 7. The variation in&out temperature of the condenser by time evolution.

또한 모세관 팽창밸브 실험시 응축기 입구측

온도변화는 실험시작온도 18℃에서 5분 후 40℃로 상승하였으며, 15분 후 30℃로, 30분 후 30℃로 낮아졌다. 응축기 출구측의 온도 변화는 18℃에서 5분 후 28℃로 상승하였으며 15분 경과 후 25℃로, 30분 후 25℃로 낮아지는 현상을 보였다.

### 3.2 팽창밸브 직전과 증발기의 온도변화

Fig. 8에서 증발기 입구측 온도변화는 수동 팽창밸브 실험시 실험시작온도 15℃에서 5분 후 -16℃로 저하하였으며, 15분 후 -18℃로 30분 후 -22℃로 낮아졌다.

증발기 출구측의 온도 변화는 15℃에서 5분 후 15℃로 상승하였으며 15분 경과 후 -18℃로, 30분 후 -22℃로 낮아지는 현상을 보였다.

자동 온도감온식 팽창밸브 실험시 증발기 입구측 온도변화는 실험시작온도 15℃에서 5분 후 -17℃로 저하하였으며, 15분 후 -26℃로, 30분 후 -32℃로 낮아졌다. 증발기 출구측의 온도 변화는 16℃에서 5분 후 -15℃로 상승하였으며 15분 경과 후 -25℃로, 30분 후 -30℃로 낮아지는 현상을 보였다.

또한 모세관 팽창밸브 실험시 증발기 입구측 온도변화는 실험시작온도 14℃에서 5분 후 -23℃로 저하하였으며, 15분 후 -23℃로 30분 후 -26℃로 낮아졌다. 증발기 출구측의 온도 변화는 15℃에서 5분 후 32℃로 상승하였으며 15분 경과 후 -22℃로, 30분 후 -25℃로 낮아지는 현상을 보였다.

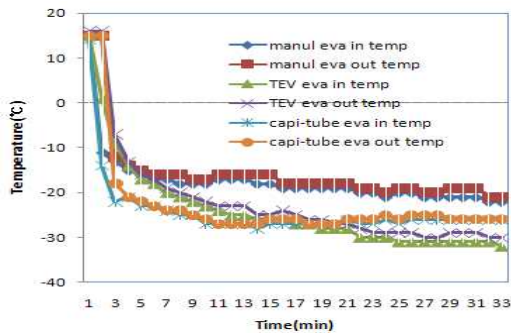


Fig. 8. The variation in in&out temperature of the evaporator by time evolution.

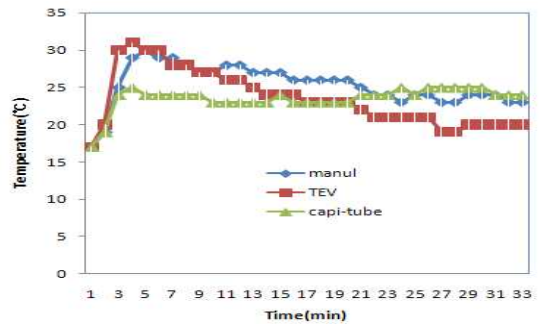


Fig. 9. The variation inside temperature of the expansion v/v by time evolution.

Fig. 9에서 팽창직전온도는 수동팽창과 모세관팽창밸브 실험에서는 24℃로 나타났으며 자동 온도감온식 팽창밸브 실험시 20℃로 -4℃ 낮게 나타났다. 그러나 증발온도에 미치는 영향은 크지 않아서 오히려 자동 온도감온식 팽창밸브 실험시 -32℃로 가장 낮은 증발온도를 나타냈다.

### 3.3 룸(Room)의 온도변화

Fig. 10에서 외기온도 17℃일 때 룸 온도의 변화 실험시 팽창밸브 3가지 실험시작온도 15℃에서 시작하여 5분 후 가장 빠르게 온도가 낮아진 것은 모세관 팽창밸브 적용시로 -3℃가 되어 수동팽창 온도 1℃ 보다 -4℃의 차를 나타냈으며, 30분 경과 후 수동팽창의 경우 -11℃, 자동 온도감온식 팽창밸브의 경우 -18℃, 모세관팽창의 경우 -15℃로 자동온도감온식 팽창밸브 실험시 수동팽창의 경우보다 -7℃ 낮게 나타났다.

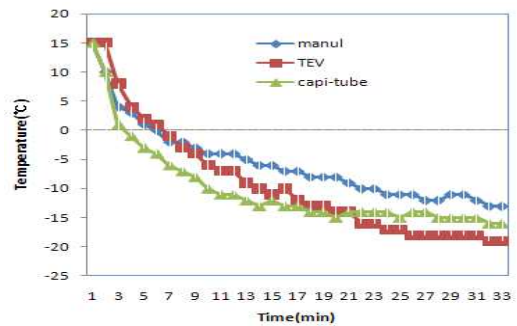


Fig. 10. The variation temperature of the room by time evolution.



### 3.4 실험장치의 압력변화

Fig. 11에서 보여주는 것과 같이 압축기의 흡입측의 압력과 토출측의 압력을 비교한 것으로 저압측의 압력의 변화는 3가지 팽창밸브 실험시 압력차가 2.1~1.0 bar로 나타났으며 고압측의 압력은 12.4~11.4 bar로 저압측의 압력변화에 비해 적게 나타났다.

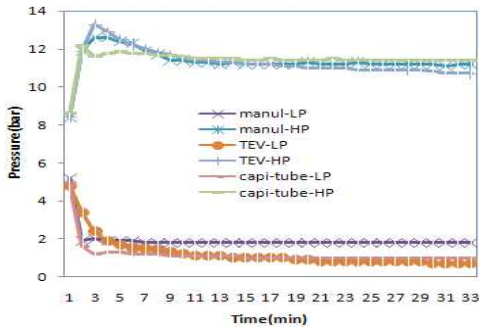


Fig. 11. The variation of Low pressure and High pressure by time evolution.

이중 자동 온도감온식 팽창밸브 실험시 저압측 압력이 1.0bar로 낮게 나타났으며 수동팽창밸브 실험시 2.1bar로 나타났다.

여기서 자동 온도감온식 팽창밸브 실험시 증발온도가 -32℃로 가장 낮았는데 저압측 압력 또한 낮게 나타났다.

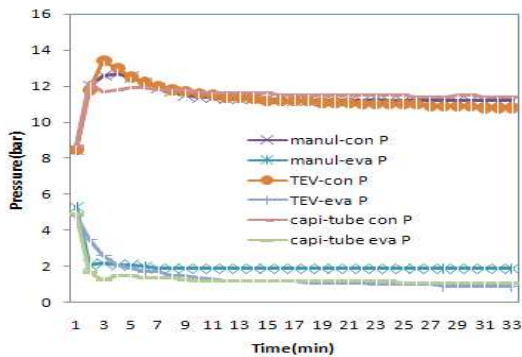


Fig. 12. The variation of condenser pressure and evaporator pressure by time evolution.

Fig. 12에서 보여주는 것과 같이 응축기의 압력과 증발기측의 압력을 비교한 것으로 Fig. 11과 유사한 압력 값으로 나타났다.

### 4. 결론

본 연구에서는 병렬팽창 실험장치를 이용하여 수동팽창밸브와 자동 온도감온식 팽창밸브, 모세관(capillary tube) 팽창밸브 방식의 3가지 팽창방식을 외기온도가 같은 조건하에서 각각 30회 실험을 하여 1분 간격으로 실시간 저장하여 분석한 결과 팽창밸브의 적용에 따른 냉동능력의 차를 실험 함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 실험실 룬의 온도변화는 30분 경과 후 수동팽창의 경우 -11℃, 자동 온도감온식 팽창밸브의 경우 -18℃, 모세관팽창의 경우 -15℃로 자동온도감온식 팽창밸브 실험시 수동팽창의 경우보다 -7℃ 낮게 나타났다.

(2) 팽창직전온도는 수동팽창과 모세관팽창밸브 실험에서는 24℃로 나타났으며 자동 온도감온식 팽창밸브 실험시 20℃로 -4℃ 낮게 나타났다. 그러나 증발온도에 미치는 영향은 크지 않아서 오히려 자동 온도감온식 팽창밸브 실험시 -32℃로 가장 낮은 증발온도를 나타냈다.

(3) 실험에서 적용한 병렬팽창냉동 실험장치로 수동팽창밸브, 자동 온도감온식 팽창밸브, 모세관 팽창밸브방식의 나타난 결과로 보아 자동 온도감온식 팽창밸브를 적용 실험하였을 때 실험시간 30분 만에 룬온도를 -32℃가장 낮아 냉동능력이 가장 좋은 것으로 나타났다.

### 참 고 문 헌

- 1) Han, H. D., Ro, S. T : Experiment of frosting and defrosting on the parallel cooling plate, 98-W-010, pp.57-59, (1998)
- 2) Aihara, T., Ohara, T, Shimoyama, T. and Kitano, H., *J. heat mass transfer*, 40, 8, 1807, (1997)
- 3) Knoop, D. E., Tershak, A. T. and Thie-neman, M., *IEEE transactions on Industry Application*, 24, 2, 337, (1988)
- 4) American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Handbook,

- HVAC Application」, chapter 15, pp.51-54, (1999)
- 5) Tollover, 「Contamination Control : New Dimensions in VLSI Manufacturing」, Solid State Technology, pp.129-137. (2003)
- 6) Chul Su Kim, Sang Chul Lee, Hyun Heun Choi and Han Shik Chung:A Study on Pump Down Operation performances of Refrigerator, *Proceedings of the International Conference on the Cooling and Heating Technology, ICCHT*, pp.79-84, (2005)
- 7) Chul Su Kim, Se Hyun Kim, Kyu Jong Lee and Chel Jae Lee:An experimental study on refrigeration system with parallel control of evaporation pressure, *Proceedings of the International Conference on the Cooling and Heating Technology, ICCHT*, pp.151-155, (2005)
- 
- (접수:2011.03.25, 수정:2011.04.22, 게재 확정:2011.05.24)