한국정밀공학회지 제 28 권 6 호 pp. 724-731 June 2011 / 724
Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 28, No. 6, pp. 724-731

외부 열원 전도방식을 이용한 표면 이슬 맺힘 현상의 개선

A Study on the Reduction of Dew Generation on a Surface Using Induced Heat from Room Temperature

김성진[1], 강석훈[1], 박기홍[1], 유원설[1], 박상후[2,✉], 최호진[3]
Seong Jin Kim[1], Seok Hoon Kang[1], Ki Hong Park[1], Won Sul Yoo[1], Sang Hu Park[2,✉] and Ho Jin Choi[3]

1 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템대학원 (School of Mechanical Engineering, Pusan Nat'l Univ.)
2 부산대학교 정밀정형 및 금형가공연구센터/기계공학부 (ERC/NSDM, School of Mechanical Engineering, Pusan Nat'l Univ.)
3 LG 전자 냉장고 연구소 (LG Electronics Ref. R&D Lab.)
✉ Corresponding author: sanghu@pusan.ac.kr, Tel: 051-510-1011

Manuscript received: 2011.1.19 / Accepted: 2011.3.30

Dew generation on an outer surface is considered as an important issue to be settled in the field of home appliances. In the case of a refrigerator that is subject to the dew generation problem on the surface of an outer-door of refrigeration thread, and so as to solve this problem, the electric heater is generally used for drying the dew. However, the heater inevitably requires electrical power consumption that is one of critical issues on the refrigerator. In this study, to prevent dew generation without the heater, a method of using induced heat from room temperature was proposed. In edge sides of a door, high conductive plates are installed and received the heat from outside that is relatively high temperature, and the heat is transferred onto dew generation region. Using prototypes, performance test was conducted under a certain temperature and humidity condition. The experimental results show that the surface temperature on the dew generation region was increased about 0.3~ 2.5℃ without use of any heater.

Key Words: Dew Generation (이슬 맺힘), Heater (열선), Outer Heat Source (외부 열원), Heat Connector (열 접지)

1. 서론

내외부 온도차에 의해 발생되는 이슬 맺힘 (dew generation)은 일반적으로 공학적인 문제를 야기시키기 때문에 방지해야 될 현상이다. 특히 외부 온도와 내부온도 차가 심한 냉장고의 경우는 이슬 맺힘이 사용자의 불편을 초래한다. 최근 냉장고의 개발이 점차 대형화 되고, 용적량을 늘리기 위하여 얇은 단열벽을 가지도록 설계되고 있다. 특히, 사용의 편의를 위하여 냉장실에 이중 문 구조를 적용하는 시도가 계속되고 있는데, 이중 문 구조의 단점은 냉장실 문을 2 개로 나눔으로 인해 단일체인 냉동실 문에 비해 단열두께가 감소하여 단열성능이 떨어지게 되고 특히, 바깥쪽 문의 가스켓 (gasket)과 맞닿는 부분 근처의 안쪽 문 표면에서 이슬 맺힘 현상이 잘 발생하여 사용자의 불편을 일으킨다는 것이다.

이슬 맺힘 현상을 방지하기 위해서 주로 사용되는 방법은 크게 첫째, 냉장실 문의 가스켓과 본체(cabinet)가 접촉되는 부근의 본체 표면 아래에 압축기를 통과한 주변온도에 비해 상대적으로 고온(38℃)의 냉매가 통과하는 소형 파이프 라인(hot line) 또는 열선 (heater)을 설치하여 이슬 맺힘 부위의 표면온도를 이슬점(dew point) 이상으로 올리

거나, 둘째로, 가스켓과 냉장고 문과의 틈새를 통한 고내의 냉기 누출을 최대한 방지하기 위해 가스켓의 크기와 형상을 최적화시켜 이슬 맺힘 부위에서의 주위온도와 표면온도와의 격차를 줄이는 것이다.[1-7]

그러나 기존의 방식만으로는 이중 문 구조를 가지는 양문형 냉장고의 이슬 맺힘 현상을 방지하는데 한계가 있다. 주로 이슬 맺힘 현상이 발생하는 안쪽 문 표면까지 고온 냉매의 열이 전달되기 어렵고, 또한 외부로 냉기의 유출을 차단하기 위해 가스켓의 형상이 복잡해지면 실제 제작상의 문제가 발생하며, 가스켓의 크기가 증가하게 되면 냉장고 내부의 부압이 증가하여 사용자가 문을 개방할 때 더 큰 힘이 소요되어 불편함을 유발하기 때문이다. 또한 현실적으로 접근하기 쉬운 방식으로 냉장실의 안쪽 문 표면 밑에 유연한 열선을 가스켓이 닿는 궤적을 따라 설치하는 경우, 열선의 발열에 의해 결로부위의 온도가 노점 이상으로 수 ℃ 이상 상승하게 되어 이슬 맺힘 현상을 확실히 방지할 수 있고, 설치 공정이 간단한 것을 들 수 있다. 그러나 열선 사용시, 열선용량만큼의 전력소모가 추가되며, 발생된 열이 열전달을 통해 고내까지 영향을 미쳐 고내의 냉동 부하량이 증가하여 2 차적인 전력소모를 일으키는 단점이 있어 이에 대한 해결방안이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 양문형 냉장고에서의 이슬 맺힘 현상을 방지하면서, 열선을 대체하여 소비전력을 절감할 수 있는 방안으로 외부 열원의 열을 전도하여 이슬 맺힘 부에 전달하는 방법을 제안하였고, 전산해석을 통하여 개선된 열전달 구조를 도출한 후, 실험적 방법으로 개선안에 대한 검증과 함께 실용화 가능성을 확인하였다.

2. 현상분석

2.1 이슬 맺힘 현상 발생 기구

이슬점(dew point)은 기체-증기 혼합물이 일정한 압력 하에서 냉각될 때 증기가 응축되거나 응고되는 온도이다. Fig. 1 에 나타낸 것처럼 냉장고의 이슬 맺힘 현상은 냉장고 표면에 비해 상대적으로 온도가 높은 외부공기가 냉장고 표면 근처에서 냉각되어 표면에서 수증기의 응축이 일어나면서 발생하게 된다. 따라서 냉장고 표면온도가 저온인 고내의 온도 영향으로 이슬점 이하로 내려가지 않도록 유지해 주는 것이 핵심적인 기술이라 할 수 있다.

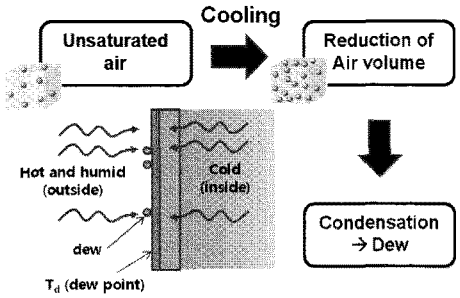


Fig. 1 Schematic diagram of dew generation mechanism on refrigerator surface

일반적으로 Fig. 2 와 같이 온도와 상대습도를 이용하여 습공기 선도(psychrometric chart)에서 이슬점을 찾을 수 있다.[8]

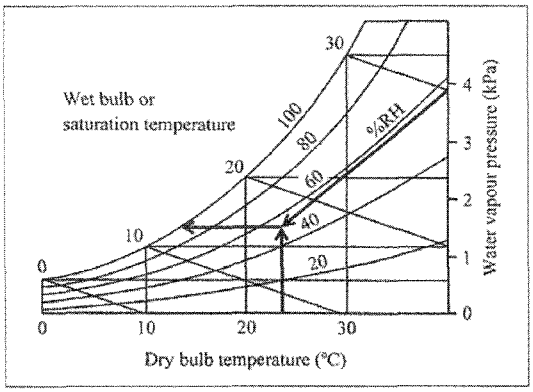


Fig. 2 Psychrometric chart

또한, 실생활 온도영역 (0~ 60℃)에서는 복잡한 습공기 선도 대신에 아래 수식을 이용하여 근사적으로 이슬점을 계산할 수 있다.[4]

$$T_d = [\, b \cdot \gamma(T,RH) \,] / [\, a - \gamma(T,RH) \,] \quad (1)$$

$$\gamma(T,RH) = [\, (a \cdot T) / (b + T) \,] + \ln(RH) \quad (2)$$

여기서 T_d 는 이슬점 온도(℃), T 는 공기 온도(℃), RH 는 상대습도로서 0.01~ 1.00 의 값을 가지며, a 는 17.27, b 는 237.7(℃)의 값을 가지는 상수이다.

2.2 냉장고 표면 이슬 맺힘 현상 관찰

이슬 맺힘 현상을 관찰하기에 앞서, 이슬 맺힘 현상이 발생하는 조건은 온도와 습도에 따라 수많은 경우의 수를 가지므로 기준 조건이 필요하다.

이러한 실험 기준 조건은 제조회사마다 차이가 있으므로 본 연구에서는 외부 온도 32℃, 습도 85%를 기준으로 하여 냉동실의 온도는 -18℃, 냉장실의 온도는 3℃로 설정하였다. 설정한 온·습도 조건에서의 이슬점을 식(1), (2)를 사용하여 계산해보면 약 29.16℃임을 알 수 있다. 항온항습 실험에는 국내 A 전자회사의 양문형 냉장고 모델을 사용하였다. 항온항습실에서 온도는 ± 0.3℃, 상대습도는 ± 0.6%의 오차범위 내에서 유지된다.

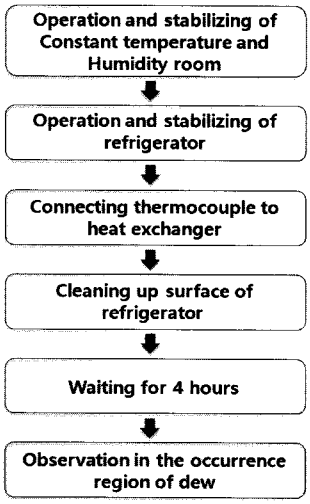


Fig. 3 Procedure of dew occurring observation

이슬 맺힘 실험과정을 살펴보면, Fig. 3 에 나타낸 것처럼 통상적으로 항온항습실의 안정화에 24 시간, 안정화된 항온항습실 내에서 냉장고의 안정화에 24 시간이 소요되며, 냉장고의 안정화 여부는 냉장고 의 열교환기에 연결되어 있는 냉매관의 표면에 열전대(thermocouple)를 부착하여 시간에 따른 온도의 데이터를 획득하여 냉동사이클 그래프를 만들고, 그 그래프에서 모델에 따라 2~ 4 시간 주기를 가지는 냉동사이클이 일정한 패턴으로 연속되는 것을 확인함으로써 결정할 수 있다. 그리고 냉장고가 안정화되면 냉장고 표면의 물기와 먼지를 닦아내어 외부공기 이외의 환경요인을 제거하고 4 시간 후 바깥쪽 문을 개방하여 안쪽 문 표면에서의 이슬 맺힘 현상을 관찰한다.

본 실험에서 이슬 맺힘의 정도는 물방울이 맺혀 표면을 흐르게 되면 강한 이슬 맺힘(strong droplet), 흐르지는 않으나 맺힌 물방울이 육안으로 확인되면 약한 이슬 맺힘(weak droplet), 물방울이 맺히지는 않았으나 표면에 김이 서려있는 경우에는 김서림(fog)으로 규정하였다.

2.3 실험결과

실험결과 기존모델에서 열선을 작동하지 않은 상태에서는 안쪽 문 표면의 가스켓 설치 부근에서 전체적으로 강한 이슬 맺힘과 약한 이슬 맺힘이 동시에 발생하고, 부분적으로 김서림 현상까지 나타남을 확인할 수 있었다(Fig. 4).

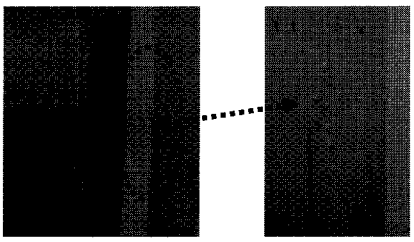


Fig. 4 Generated dews on inner door surface

안쪽 문에서 가스켓과 맞닿는 부분에서 외곽으로 약 10 mm 떨어진 부분 안에서 결로 현상이 집중되는 것을 볼 수 있는데, 이는 고온의 외부공기와 저온의 고내 냉기를 경계로 하는 가스켓 주변으로 열전달이 집중되고, 또한 극소량의 냉기가 틈새 사이로 계속 누출되기 때문에 가스켓 부근에서 표면온도의 감소폭이 급증하여 이슬점 이하의 온도로 떨어지기 때문인 것으로 보인다.

3. 해석모델의 구성

3.1 해석 모델링

열전달 해석을 통하여 냉장고 문 주변의 온도분포와 열전달 현상을 알아보았다. 냉장실 문 주변의 구성재료와 물성은 Table 1 과 같다.

Table 1 Materials and their thermal properties that consist for refrigeration thread door

Material	Thermal conductivity (W/m·K)
Steel	80
ABS	0.3
Glass	1.22
Gasket	0.35
PU Foam	0.0185

이슬 맺힘 방지를 위한 개선안 도출을 위하여 Fig. 5 와 같은 해석모델을 구성하였다.

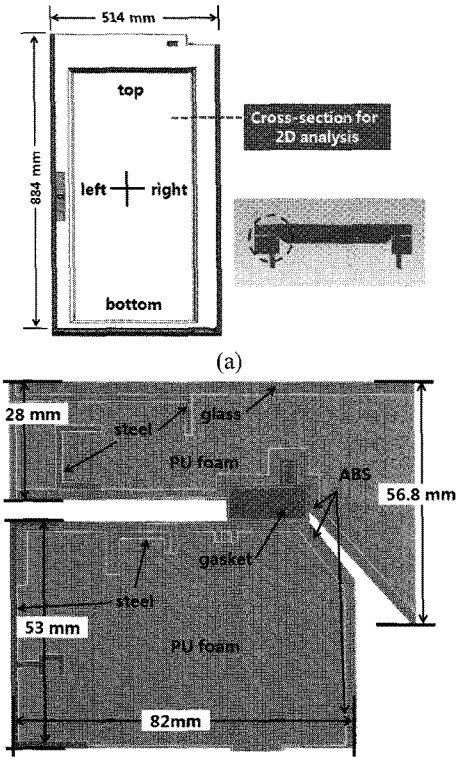


Fig. 5 Whole shape and dimension of an inner door and cross-section (a), and 2D analysis model of the door part (b)

Fig. 5(a)에서 나타낸 것처럼 전체적인 도어의 형상이 하부(bottom)는 면적이 협소하여 단열성이 가장 떨어지며 구조적인 단열강화가 어려운 부위이다. 그리고 상측 및 좌우측은 상대적으로 넓은 외부공기와의 접촉면을 가지고 있어 구조적 접근이 용이한 점을 가지고 있다. 또한 일반적으로 문의 개폐 장치구조에 의하여 좌, 우측의 이슬 맺힘 현상이 가장 심각하게 발생하고 좌, 우측이 면적은 다르지만 내부 구조적으로는 대칭형상을 가지고 있기 때문에 본 연구에서는 우측의 단면을 선택하여 2 차원 모델로 해석모델을 완성하였다.

3.2 해석모델의 검증

실험에 사용한 임의 온도 조건을 경계조건으로 사용하여 정상상태 열전달 해석을 수행하였다. 해석 시 사용한 프로그램은 ANSYS 12.1 이며, 유한요소 모델의 요소 수는 약 59,000 개, 최소 격자크기는 0.4 mm 이다. 또한 해석 경계조건으로는 실제 실험조건과 동일하게 Fig. 6 과 같은 조건으로 하였다.[9-12]

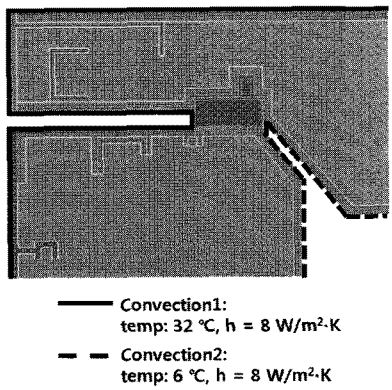


Fig. 6 Boundary condition of analysis model

해석모델의 열전달 전산해석 결과는 Fig. 7 에 나타내었다. 여기서, 각 측정 지점간의 거리와 가스켓 에서의 이격(離隔) 거리는 5 mm 이다. 외부문과 연결되는 아래 쪽 고내부분을 보면 가스켓에서 약 10 mm 이격 지점 (측정점 7) 부근까지 이슬점 (29.16℃) 이하의 온도분포를 보여서 해석적으로도 실내와 고내의 온도차에 의한 열전달 현상으로 이슬 맺힘이 발생하는 것을 알 수 있다.

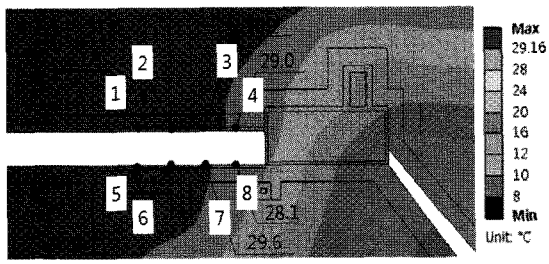


Fig. 7 Temperature distribution of analysis result

다음으로, 해석에서 구한 온도분포의 검증을 위해 냉장고 안쪽 문 우측의 표면에 열전대를 부착하여 표면온도를 구하는 실험을 수행하였고, 이에 따른 표면온도 분포실험 결과와 전산해석 결과를 Table 2 에 비교하여 나타내었다. 여기서 1~8 까지의 숫자는 Fig. 7 에 나타낸 각 측정지점의 번호이고, $Value_E$ 는 실험 값, $Value_A$ 는 전산해석 값,

Error는 두 값의 차이를 의미한다.

Table 2 Comparison of experimental and analysis results of temperature distribution in measuring points (unit: ℃)

$Value_E$	1	31.0	2	30.8	3	30.5	4	29.8
$Value_A$		31.5		31.0		30.2		29.0
Error		-0.5		-0.2		+0.3		+0.8
$Value_E$	5	30.2	6	30.0	7	29.3	8	28.4
$Value_A$		30.4		30.3		29.6		28.1
Error		-0.2		-0.3		-0.3		+0.3

실험결과와 전산해석 결과를 비교하면 측정점 4번 지점을 제외한 나머지 지점들은 ±0.5℃ 범위 내의 오차를 가지는 것을 확인할 수 있다. 4번 지점에서 오차가 상대적으로 크게 발생하는 원인은 문의 외관을 형성하는 유리판을 받치는 ABS 보스(boss) 구조물을 통해 유리판이 받아들인 열이 4번 지점까지 전달되어 노점 이상으로 온도를 상승시키기 때문인 것으로 사료되어 전체적으로 해석모델의 구성과 경계조건이 잘 일치함을 알 수 있다.

4. 개선안 도출 및 E/S 제작실험 결과

4.1 개선안 도출

해석결과에서 열유속 (heat flux)의 분포를 살펴보면 다음과 같다(Fig. 8).

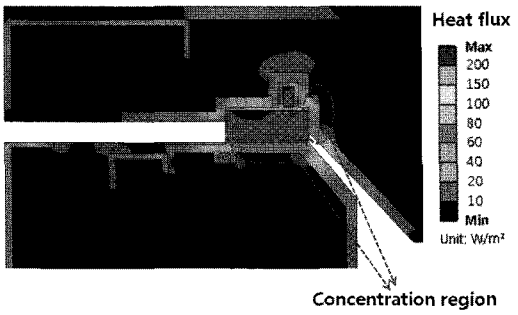


Fig. 8 Heat flux distribution on analysis model

Fig. 8 에서 가스켓과 맞닿는 ABS 표면에서 열유속(heat flux)이 집중됨을 확인할 수 있다. 이것은 고내의 온도와 외부의 온도가 가스켓의 주변에서 급격하게 열전달이 일어남을 의미한다. 특히, 고내쪽의 표면에서 가스켓 쪽으로 가까이 갈수록 표면의 열전달량이 급격히 증가됨을 알 수 있다. 따라서 이슬 맺힘을 방지하기 위해서는 열을 빼앗기는 부분에 추가적인 열을 공급해주거나 단열을 강화하여 열 손실을 줄여야 한다. 본 연구에서는 일반적으로 양산화된 냉장고는 구조적으로 이미 정립이 된 상태이므로 단열을 강화하기 위해 냉장고의 기존 구조를 변경하는 데에는 어려움이 크기 때문에 단열을 강화하는 방법은 제외하였다.

따라서, 본 연구에서는 Fig. 9와 같이 외부열원(실온)에서 받은 열을 이슬 맺힘 집중 부위로 열전달 매체를 이용하여 공급하는 아이디어를 제안하였다. 이슬 맺힘 현상이 집중되는 안쪽 문 표면의 온도 취약 부분에 프레임(frame) 강판이 받는 외기(外氣)의 열을 공급해주도록 금속접지 구조물(heat connector in Fig. 9)를 추가하여 이슬 맺힘 부분의 온도를 상승시킴으로써 이슬 맺힘을 방지하는 개선안을 도출하였다.

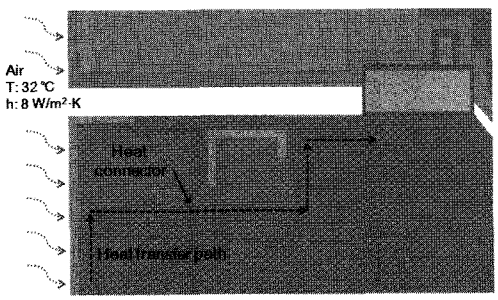


Fig. 9 Concept idea for increasing temperature using heat connector

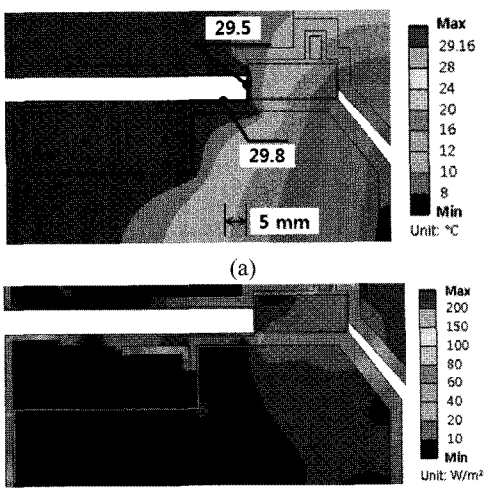


Fig. 10 Temperature distribution (a), and heat flux distribution of improved model (b)

개선안에 대한 유용성을 분석하기 위하여 먼저 검증된 해석모델에 금속접지를 추가하여 전산해석을 수행하였다. 해석에 사용된 프레임 강판에 연결되는 금속접지 구조물의 소재와 두께는 0.2 mm 두께의 알루미늄 박판으로 하였다.

Fig. 10(a)에 나타낸 온도분포 결과를 보면, 외부열원 접지의 영향으로 외기와 접하는 안쪽 문의 표면과 가스켓의 표면이 모두 이슬점 이상의 온도 분포를 보이며, 특히 고내 쪽 표면의 가스켓에서 5 mm 떨어진 지점에서는 기존 모델에 비해서 1.7℃ 높은 온도 값을 가짐을 알 수 있다. 또한, Fig. 10(b) 에 나타낸 것처럼 열유속 분포도를 보면 외기의 열이 효율적으로 이슬 맺힘 부로 전달됨을 확인할 수 있어 제안한 방법이 기존의 열선을 대체할 수 있는 방법으로 판단된다.

4.2 개선안에 대한 실험적 검증

해석결과에 의하여 금속접지 판 부착이 이슬 맺힘에 효과적임을 확인할 수 있어 실제 시작품을 제작하여 그 효과를 확인하도록 하였다. 시작품 제작에는 두께 0.2 mm 알루미늄 박판을 주재료로 사용하였고, 알루미늄 테이프를 박판 부착을 위한 보조재로 사용하였다. 최종적으로 알루미늄 박판과 테이프가 부착된 안쪽 문의 전부(前部)를 후부(後部)와 조립한 후 PU foam 을 발포하여 시제품 제작을 완료하였다(Fig. 11).

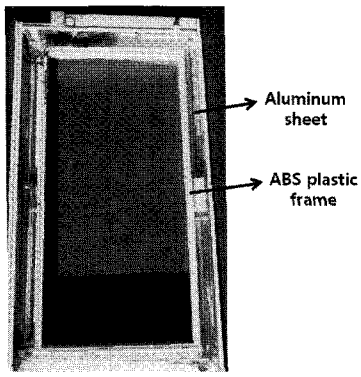


Fig. 11 Schematic view of improved model; attached Al plates and tapes on the inside of a door for inducing outer heat to delicate areas

항온항습 실험에 앞서 안쪽 문 표면을 Fig. 12와 같이 나누어 온도 측정 지점을 설정하였다. 각 지점들은 전산해석에서 얻은 측정점과 동일한 지점으로 하여 가스켓에서 바깥쪽으로 5 mm 떨어지도록 하였다.

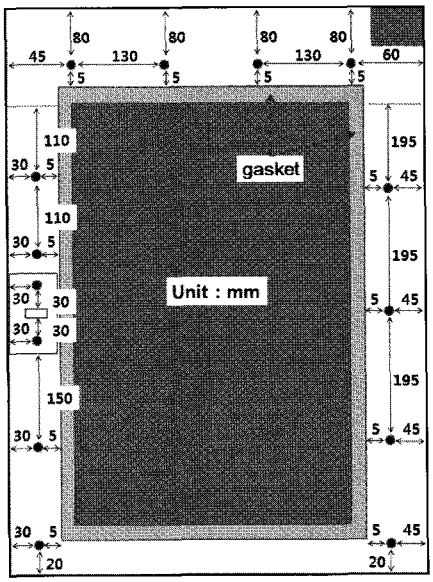
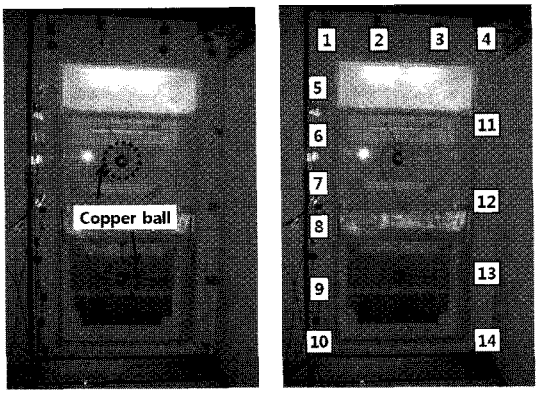


Fig. 12 Temperature measuring points of inner door for experiment



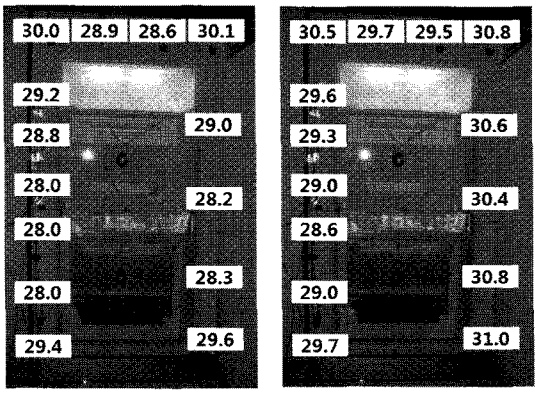
(a) (b)

Fig. 13 Thermocouple attaching points on the inner door surface (a), and the numbers of each point (b)

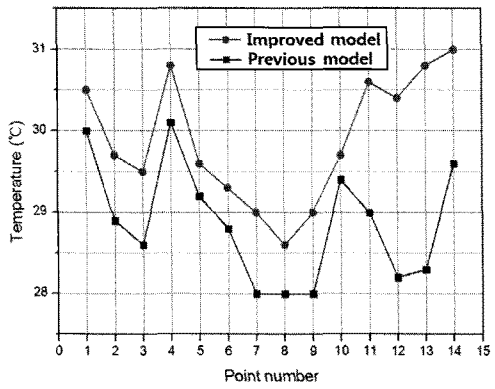
이때, 하부 면은 모두 가스켓과 닿아서 외기에 노출된 면적이 없기 때문에 측정 지점을 설정하지 않았다. 각 온도 측정지점에 Fig. 13(a)와 같이 열전대를 부착하였고, Fig. 13(b)와 같이 번호를 부여하였다. 선반에 동구(copper ball)를 설치한 이유는 선반 내의 냉기의 온도를 측정하여 고내의 온도 안정화 여부를 확인하기 위함이다.

4.3 실험결과

기존모델과 개선 아이디어가 들어간 시제품으로 수행한 항온항습 실험조건에서 얻은 온도분포 결과를 Fig. 14(a)~14(c)에 비교하여 나타내었다.



(a) (b)



(c)

Fig. 14 Surface temperature distribution result of the previous model (a), the improved model (b), and the comparison of temperature distribution result of each point of the previous model and the improved model (c)

개선모델의 표면온도는 기존모델과 비교할 때, 측정 지점의 모든 지점에서 0.3~ 2.5℃ 가량 향상되는 것을 확인할 있다. 개선모델의 효과는 안쪽 문의 상부와 특히, 우측 면(hinge side)에서 크지만, 문을 여닫는 부분인 좌측 면 부근에는 이슬점 이하 혹은 이슬점에 근접한 온도분포를 가지는 등 다소 미흡한 결과를 가지는데 그 원인은 다음과 같이 사료된다. 첫째, 좌측 면에서는 냉동실이 바로 옆에 있어 외기(外氣)가 들어올 수 있는 공간이 개방된 우측과 비교하여 협소한데다 냉동실 문의 가스켓 틈새 사이로 누출되는 미량의 냉기의 영향으로 좌측 부근의 공기 온도가 항온항습실의 평균 온도보다 낮아질 수 있기 때문이다. 둘째, 좌측 면의 중간에는 사용자가 냉장실 바깥 쪽 문을 닫을 때는 내장된 스프링에 폐쇄력을 저장하면서 문을 잡아주고, 열 때는 스프링에 저장된 힘을 발산하여 사용자가 문을 보다 적은 힘으로 열 수 있도록 해주는 시건 장치(door chain lock device)가 설치되어 있는데, 이 부분은 구조적 제한 때문에 시작품 제작 시 단열보강을 하지 못했기 때문이다.

또한, 좌측 면의 이슬 맺힘 방지를 위해서는 추가적인 방안이 필요한데 다음과 같이 2 가지 방안을 선택적으로 사용할 수 있을 것으로 사료된다. 첫째, 본체(cabinet)의 냉매 열에서 방출되는 열을 전도하여 좌측 면의 이슬 맺힘 부위까지 전달할 수 있도록 접지 구조를 현 개선 구조에 대해서 추가 혹은 변경하여 적용할 수 있다. 그리고 또 다른 방법으로는, 좌측과 하부에는 열전달 구조 보강 대신 일부 구간만 기존 열선을 설치하여 전기에너지 사용량을 50% 이상 감축할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구에서는 외부열원 전도를 통한 방식으로 기존의 열선사용을 배제하면서 냉장고 표면의 이슬 맺힘 현상을 방지할 수 있는 방법을 제안하고자 하였다.

(1) 현상분석을 통하여 이슬 맺힘 현상이 집중되는 부분에 안쪽 문의 프레임(frame) 강판이 받는 외기의 열을 공급해줄 수 있도록 알루미늄 박판을 재료로 하는 접지 구조를 추가하여 이슬 맺힘 부분의 온도를 상승시킴으로써 이슬 맺힘을 방지할 수 있는 개선안을 도출하였다.

(2) 전산해석 결과는 개선모델이 기존모델과 비교하여 표면 온도가 모두 이슬점(29.16℃) 이상의 분포를 가짐을 보여줌으로써, 개선방안의 타당성을 검증하였고 알루미늄 박판과 테이프를 사용하여 안쪽 문의 열 구조를 보강한 시제품을 제작하여 성능을 평가하였다.

(3) 표면온도 측정을 통해 모든 지점들이 기존모델에 대비하여 0.3~ 2.5℃까지 온도상승 효과가 있음을 확인하였다. 좌측 면에서 구조적 제한으로 인해 이슬점 이하의 온도분포를 보이는 지점들이 나타나지만, 상부와 우측 면에서는 모든 지점이

이슬점 이상의 온도분포를 보임으로써 외부열원 전도방식의 이슬 맺힘 방지 효과가 충분함을 입증하였다.

(4) 이러한 외부열원 전도방식은 이중 문 구조를 가지는 양문형 냉장고에 효과적으로 사용되어 표면 이슬 맺힘 방지와 함께 열선사용 시의 전기에너지를 절감할 수 있고, 이러한 개념을 확대 적용하여 다양한 기계장치에서 이슬 맺힘 현상을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 정부 재원으로 한국 연구 재단(과제번호: K20702001648-10E0100-07010), 한국 에너지 기술 평가원(과제번호: 2010T00100839), 그리고 한국 산업 기술 평가원(과제번호: 70006641)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. Lee, M. Y., Kim, S. U. and Kim, Y. C., "Performance Evaluations of a Residential Small Multi-Refrigeration System Considering the Adiabatic Characteristics," Trans. of KSME B, Vol. 31, No. 10, pp. 868-875, 2007.
2. Lee, M. Y., Lee, D. Y. and Kim, Y. C., "A Study on the Heat Transfer Performance of an Energy-Nose Section in a Household Refrigerator-Freezer," Trans. of KSME B, Vol. 31, No. 6, pp. 574-580, 2007.
3. Jin, W. Y., Ha, J. S., Jung, K. S. and Kim, T. K., "A Research on Quantification and Sensitivity of Heat Loss in a Residential Refrigerator," Proceedings of the SAREK 2009 Winter Annual Conference, pp. 221-226, 2009.
4. Park, J. K., "Optimization of Heat Insulation System for a Household Refrigerator," Korea Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15, No. 2, pp. 95-102, 2003.
5. Ha, J. S., Jung, K. S., Kim, T. K. and Kim, K. H., "The Effect on Heat Loss Reduction in a Refrigeration with the Variation of Gasket Shape," Proceedings of the SAREK 2008 Winter Annual Conference, pp. 286-291, 2008.
6. Ha, J. S., Jung, K. S., Kim, T. K. and Shim, J. S., "The Effect of Gasket Shape and Material Properties on Heat Losses in a Refrigerator," Korea Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 6, pp. 413-418, 2010.
7. A World of Pinguicula, http://www.pinguicula.org/pages/culture/Overview.htm
8. Paroscientific, Inc., http://www. paroscientific. Com/dewpoint.htm
9. Division of FEA, "Heat Transfer Analysis," Tae Sung Software & Engineering, Inc., pp. 3-99, 2005.
10. Division of FEA, "Selected Problems for ANSYS Users," Tae Sung Software & Engineering, Inc., pp. 67-133, 2009.
11. Arpaci, V. S., "Conduction Heat Transfer," Addison-Wesley Publishing Company, pp. 180-269, 1966.
12. Incropera, F. P., Dewitt, D. P., Bergman, T. L. and Lavine, A. S., "Introduction to Heat Transfer 5E," John Wiley & Sons, pp. 201-253, 2007.