

냉동공조용 관군에서의 서리발생 및 제상 메커니즘에 관한 연구

지재훈+, 김창복++, 문성배+++ , 오 철+++

Study on frost Generation and Defrosting Mechanism on Evaporating Tubes for Refrigerator and Air condition industries

Jae-Hoon Jee+ , Chang-Bok Kim++ , Sung-Bae Mun+++ and Cheol-Oh+++

Abstract : In this experiment study, to acquire elementary data for explaining to generate frost layer in the fin - tube evaporator. the experiment condition is to supply air on 0.3m/s, 0.6m/s, 0.9m/s and inlet air temperature is 15°C, 20°C, 25°C , supplied air relative humidity is 70%, 80, 90%. And brine temperature in the copper tube was kept -15°C because, generally cooling temperature range is constantly -15°C in the heat exchanger for air conditioning system. in conclusion, through this experiment, we did compare with frost layer and frost thickness in each condition and examine these data

Key words : Evaporator (핀-튜브형 증발기), Frost layer (서리층), Relative humidity (상대습도)

	기호설명	
T_{∞} :	입구공기온도	[°C]
T_w :	동관 내 브라인 온도	[°C]
U_{∞} :	입구공기유속	[m/s]
φ_{∞} :	입구공기 상대습도	[%]

기의 상대습도는 70%, 80% 및 90%로 하였다. 또한 동관내의 브라인의 온도는 일반적 냉동 공조용 열교환기의 냉각 온도범위를 고려해 -15°C로 일정하게 유지하였고 이들 각각의 조건에서 생성되는 서리형상 및 량을 비교 검토하였다.

1. 서론

최근의 냉동 공조산업은 산업의 고도화에 따른 고기능화 및 소형화된 제품개발, 수요자의 여건변화 등에 따른 신제품개발 및 수요자의 많은 요구에 따라 신기술개발의 노력이 활발하게 이루어지고 있다. 또한 모든 부분에서 에너지 절약측면에서의 고 효율성이 요구되고 있다.

지금까지 일반적으로 각종산업용이나 대형건물, 가정 및 자동차에서 사용되고 있는 공기조화용 열교환기에 대해서 경제적 및 에너지 절약적인 측면에서 많은 연구가 진행되어왔다. 특히 핀-관 열교환기에 있어서 열 저항의 80 ~ 85%를 차지하는 공기 측 열 저항의 가장 큰 비중을 차지하는 열교환기 표면의 서리성장에 관한 많은 연구가 진행되어왔으나 이러한 문제점을 해결하기에는 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 관군을 이용하여 서리성장의 메커니즘의 파악을 위하여 실험적으로 연구를 수행하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

실험장치는 개회로 풍동장치로서, 크게 공급공기의 유속을 조절하는 풍량조절부, 공급공기의 온도를 조절하는 공기 가열부 및 냉각부, 공급공기의 습도를 조절하기 위한 가습부, 냉각면의 온도를 조절하기 위한 브라인 순환부, 시험부 및 가시화부로 구성되어 있다. 풍량조절부는 원심형 팬을 사용하였으며, 팬 입구의 댄퍼를 조절함으로써 소정의 풍속을 유지하고 조절하였다. 공기가열부 및 냉각부는 핀-튜브 열교환기로 들어가는 온수 및 브라인의 양을 조절하여 공기를 소정의 온도로 유지하였다. 가습부는 2kw의 히터를 내장한 증기가습기로 슬라이더스에서 공급전압을 조절하여 발생 증기량을 조절하였으며, 팬 입구부에 설치하여 공급공기의 습도를 조절하였다. Fig. 2.1은 실험장치의 전경사진을 나타낸다. 실험조건으로서 공급공기의 유속을 0.3m/s , 0.6m/s 및 0.9m/s로 공급공기온도는 15°C, 20°C 및 25°C로 일정하게 공급하였으며, 공급공

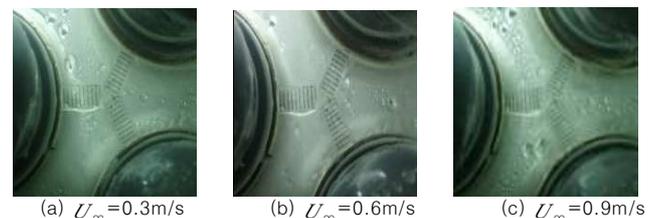


Fig. 2.1 Photo of experimental apparatus

3. 실험결과 및 고찰

3.1 입구공기에 따른 영향

Fig 3.1 는 $\phi_{\infty}=80\%$, $T_{\infty}=20^{\circ}\text{C}$ 에서의 입구공기유속 U_{∞} 이 0.3m/s, 0.6m/s 및 0.9m/s로 변화하였을 때 120분이 경과한 후 관군의 측면에서 촬영한 사진이다. 유속이 증가할수록 측면부의 서리층은 두꺼워지고 있다. 이는 단관에서 일어나는 현상과 마찬가지로 공기의 유속이 증가할수록 동관과 습증기 사이의 열전달이 활발하게 일어나며 열·물질전달 상사성에 따라 물질전달도 활발하게 일어나기 때문인데 관군에서도 정면의 동관에서 보았을 때 후면에서 유독 서리층이 증가하는 것을 알 수 있다. 그리고 상부동관의 서리층이 타 동관보다 빠르게 성장하는 모습을 관찰할 수 있는데 이는 정면의 동관과 상부동관사이 공간으로 지나가는 유속이 순간 빨라져 그 부분을 지나가는 동관의 서리층이 타 부위보다 좀 더 빠르게 성장하기 때문이다.



+ 이재훈 (한국해양대학교 기관시스템공학과) , E-mail : wlogns@hanmail.net Tel:051-403-1245
 ++ 김창복 한국해양대학교 기관시스템공학과 열공학실험실
 +++ 문성배 한국해양대학교 항해시스템공학과, E-mail : msbae@mail.hhu.ac.kr
 +++ 오 철 한국해양대학교 기관시스템공학과, E-mail : ohcheol@mail.hhu.ac.kr

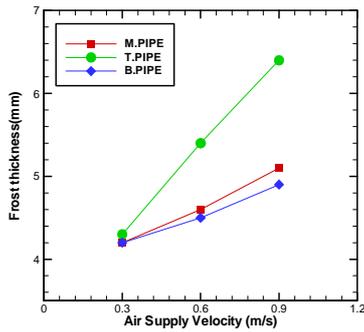


Fig. 3.1 Effect on air velocity at $\phi_{\infty}=80\%$, $T_{\infty}=20^{\circ}\text{C}$

Fig. 3.2 Effect of air supply velocity on frost thickness

3.2 입구공기온도에 따른 영향

Fig. 3.3은 $\phi_{\infty}=70\%$, $U_{\infty}=0.9\text{m/s}$ 일 때 입구공기온도 T_{∞} 를 15°C , 20°C 및 25°C 로 변화시켰을 120분이 경과한 후의 관군을 측면에서 촬영한 사진이다. 위 그림에서 알 수 있듯이 입구공기의 온도가 상승할 수록 관군에서의 서리층의 두께가 증가함을 알 수 있다. 이는 공기온도가 상승할 수록 동관에서 밀도가 크고 두께가 얇은 서리층이 형성되는데 밀도가 높은 서리층은 낮은 서리층보다 단열효과의 감소에 의한 열전달의 증가와 초기의 서리증착이 열교환기에서의 핀 효과를 가져와 열전달 촉진의 영향을 받았기 때문이다.



(a) $T_{\infty}=15^{\circ}\text{C}$ (b) $T_{\infty}=15^{\circ}\text{C}$ (c) $T_{\infty}=15^{\circ}\text{C}$

Fig. 3.3 Effect on air temperature at $\phi_{\infty}=70\%$, $U_{\infty}=0.9\text{m/s}$

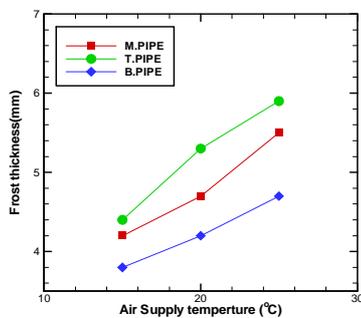


Fig. 3.4 Effect of air supply temperature on frost thickness

3.3 상대습도에 따른 영향

Fig. 3.5는 $T_{\infty}=25^{\circ}\text{C}$, $U_{\infty}=0.6\text{m/s}$ 에서의 상대습도 ϕ_{∞} 가 70%, 80% 및 90%로 변화하였을 때 120분이 경과한 후 관군의 측면에서 촬영한 사진이다.



(a) $\phi_{\infty}=70\%$ (b) $\phi_{\infty}=80\%$ (c) $\phi_{\infty}=90\%$

Fig. 3.5 Effect on relative humidity at $U_{\infty}=0.6\text{m/s}$, $T_{\infty}=25^{\circ}\text{C}$

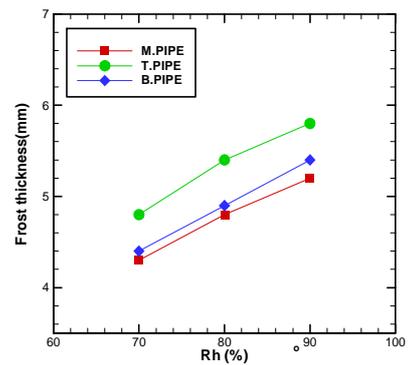


Fig. 3.6 Effect of relative humidity on frost thickness

위의 그림에서 알 수 있듯이 입구공기온도와 공기유속이 일정할 때 상대습도량이 증가할 수록 관군에서의 서리층이 증가함을 알 수 있다. 이는 단위부피당 차지하는 수분의 함유량이 높기 때문에 동관에서 많은 서리층이 발달하는 것으로 생각된다.

4. 결론

1. 입구공기속도가 증가할 수록 관군에서의 서리층은 더욱더 발달하며 상부 관이 타관보다 유속의 영향을 많이 받는다.
2. 입구공기온도가 상승할 수록 관군에서의 서리층은 더 많이 발달한다.
3. 상대습도가 상승할 수록 관군에서의 서리층은 더 많이 발달한다.
4. 관군에서 서리층의 발달형상은 단관과 마찬가지로 규칙적으로 성장하지 않으며 후면에서의 더욱더 발달한다.

참고문헌

[1] Brian, P.L.T., Reid, R.C., and Shah, Y.T., "Frost Deposition on Cold Surface", Ind. Eng. Chem, Fund., Vol.9, No.3, pp. 129-128. 1970

[2] Marinyuk, B.T., "Heat and Mass Transfer Under Frosting Conditions", Int. J. of Refrigeration, Vol.3, No.6, pp.366-368. 1980

[3] Tokura, I., Saito, H., and Kishinami, K., Study on Properties and Growth and Rate of Frost Layers on Cold surface, Journl of Heat Transfer, Vol. 105, pp.895-901, 1983

[4] O'neal, D.L, and Tree, D.R., " A Review of Frost Formation in Simple Geometries: ASHRAE Trans. Vol. 91, pp.267-281. 1985