

수평관군 흡수기의 열 및 물질 전달특성에 관한 실험적 연구

설원실* · 정용욱* · 문춘근* · 윤정인**

Experimental Study on Heat and Mass Transfer Characteristics
in bundles of horizontal absorption tubes

Won Sil Seol · Yong Uk Jeong · Choon Geun Moon · Jung In Yoon

Key words : Heat Transfer Tube(전열관), Coefficient of Performance(성능계수),
Characteristics of Heat Transfer(전열특성), Heat/mass transfer(열 · 물질전달),
Absorber(흡수기)

Abstract

On the absorber of absorption chiller/heater, LiBr solution at high concentration is sprinkled on a bundle of horizontal tube cooled by cooling water. In this case, the conditions of LiBr solution and cooling water have an influence on heat/mass transfer coefficient in this system. Therefore it is important to find optimal operation conditions of absorption chiller/heater to save energy. Heat and mass transfer coefficient increased with the increase of solution flow rate, and also heat and mass transfer rate increased but overall heat and mass transfer coefficient decreased by increasing the solution concentration within the experimental range. The superheating of the solution resulted in superior heat transfer character to a state of equilibrium from the point of heat flux and overall heat transfer coefficient.

	사용기호		L	: 전열관 길이	[m]	
			Q	: 교환열량	[kW]	
	d	: 전열관 지름	[m]	N	: 전열관의 열수	[-]
	G	: 질량유량	[kg/s]	β	: 물질전달계수	[m/h]
	G_R	: 냉매증기 흡수량	[kg/s]	ρ	: 밀도	[kg/m ³]
	U	: 총괄열전달계수	[kW/(m ² · K)]	C	: 농도	[wt%]

* 부경대학교 대학원(원고접수일 : 2000년 3월)

** 부경대학교 기계공학부

- C^* : 평형농도 [wt%]
- c_p : 비열 [kJ/(kg · K)]
- T : 온도 [°C]
- V : 유속 [m/s]
- Γ : 용액유량 [kg/ms]

첨자

- A : 흡수기
- co : 냉각수
- i : 입구(내부)
- m : 평균
- o : 출구(외부)
- s : 흡수용액

1. 서 론

최근 들어, 후러온계 냉매에 의한 지구환경파괴 방지, 여름철 전력수요 피크(peak) 삭감과 LNG소비 진작, 기후변화협약에 대비한 미이용에너지 활용방안 강구 등의 관점에 흡수식 냉난방기의 사용이 적극 권장되고 있으며, 이 분야에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 흡수식 냉난방기는 흡수기, 증발기, 응축기, 재생기, 용액열교환기 등으로 구성되며 이들 중 흡수기가 차지하는 비중은 전열면적으로는 약 33%, 체적으로는 약 27%를 차지한다.¹¹⁾ 그러므로 흡수식 냉난방기의 소형·경량화 및 고효율화를 위해서는 흡수기 부분에 대한 연구가 필수적이다.

흡수식 냉동기는 서구에서 발명되었지만 흡수식 냉난방기의 상업화 및 연구는 일본이 주류를 이루고 있으며 그 성과 또한 많다. 일본의 경우 기존 전열관에 대한 성능평가 및 신형 전열관에 대한 연구^{12)~14)}와 관군에 대한 실험 및 해석^[3]이 기업과 연구소를 중심으로 활발히 이루어지고 있다. 그러나 국내의 경우, 이러한 전열관에 대한 설계데이터는 대부분 일본에 의존하고 있으며, 독자적인 설계데이터 확보는 거의 없는 실정이다. 국내에서의 흡수기에 대한 연구는 수직관에 대한 연구^{15)~19)}가 주류를 이루고 있으며, 산업·공조용의 대용량 흡수식 냉난방기에서 사용되고 있는 수평관^{11)~13)}에 대해서는 관군이 아닌 단관에 대한 연구가 일부 있는

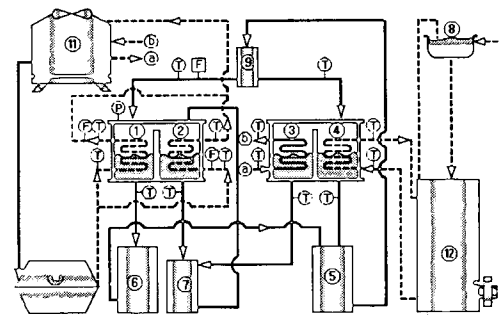
실정이다.

따라서 본 연구에서는 엇갈림식 수평관군 구조를 가지는 흡수 열 및 물질전달 실험장치를 구성하여 수평관군 흡수기에서의 열 및 물질 전달특성을 실험적 방법으로 규명하여 흡수식 냉난방기의 독자모델 개발을 위한 설계 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1은 본 연구에 사용한 실험장치의 개략을 나타낸 것으로, 그림에서와 같이 장치는 흡수기(①), 증발기(②), 응축기(③), 재생기(④), 농용액·희용액 탱크(⑤·⑥), 냉매탱크(⑦), 정수두 탱크(⑧), 냉각수 탱크(⑩), 냉각탑(⑪) 및 온수탱크(⑫)와 이들을 연결하는 배관으로 구성되어 있다. 흡수기에는 길이 400mm의 수평관이 6열 8단으로 총 48개가 설치되어 있으며, 흡수기 입구측에는 용액 펌프의 맥동현상에 의하여 용액 유량 변화하는 것을 방지하게 하기 위해 정수두 탱크를 설치하여 용액흐름을 일정하게 하였고, 배관 및 각종 탱크류는 단열재로 단열되어 있다. 흡수기 전열관은 외경 15.88mm, 전체길이 400mm, 유효길이 360mm의 동관을 사용하였다. 그리고 장치내의 진공을 유지하기 위하여 진공펌프(0.5PS)가 설치되어 있으며, 장치내의 압력을 측정할 수 있도록 진공용 수은압력계가 설치되어 있다. 또한 흡수기에는 냉각수를, 증발기에는 냉수를 순환시키기 위하여 물 순환용



⑤ Water flow meter ⑥ Solution flow meter ⑦ Thermo couple ⑧ Pressure gauge

Fig. 1 Experimental Apparatus.

펌프가 설치되어 있다. 흡수기, 증발기, 재생기, 응축기 및 탱크류의 물 및 용액 배관의 입·출구에 온도측정을 위한 열전대(C-C)를 설치하였고 냉각수, 냉수 및 용액의 유량을 측정하기 위하여 플로트식 물 유량계 및 디지털식 전자용액유량계를 설치하였다.

2.2 실험방법

실험은 성능측정 과정과 실험조건설정 과정으로 나누어 배치(batch)식으로 진행하였다. 성능측정과정은, 농용액탱크의 농용액을 용액펌프로 흡수기 상부에 설치된 트레이를 통하여 흡수기 수평관군 외표면에 유하시켜 액막상으로 흐르게 하고, 냉매탱크에 저장된 냉매(물)를 냉매펌프로 증발기 전열관 외표면에 흐르게 하였으며, 증발기 전열관 내로는 냉수를 흐르게 하여 냉각부하를 주었다. 증발기에서 증발한 냉매증기는 증발기와 흡수기 사이의 엘리미네이터를 거쳐 흡수기로 유입되며, 증발하지 못한 냉매는 다시 냉매탱크로 유입되게 하였다. 흡수기는 약 7mmHg의 진공압력을 유지하고 있으며 용액온도는 용액농도에 따른 포화온도에 맞추어 공급하였다. 농용액은 흡수기의 수평관군을 유하하면서 증발기에서 발생한 냉매증기를 흡수한다. 이때 흡수기 입구의 용액유량, 흡수기 입구 및 출구의 용액온도, 흡수기 출구의 용액농도를 각각 측정하였다. 농용액을 흡수기에 공급할 때에는 흡수기 입구측에 정수두 탱크를 설치하여 유량이 일정하게 흐르도록 하였으며, 여분의 농용액은 바이패스관을 통하여 농용액 탱크로 되돌아가게 하였다. 냉매를 흡수하여 농도가 묽어진 회용액은 회용액 탱크에 저장되며, 흡수기 출구의 샘플링 밸브에서 회용액을 취출하여 용액농도를 측정하였다. 냉각수 탱크의 냉각수는 펌프에 의해 증발기 및 흡수기로 공급되며, 흡수기에 공급된 냉각수는 전열관내를 흐르면서 흡수용액과 열교환된다. 흡수기에서 열을 얻은 냉각수와 증발기에서 열을 빼앗긴 냉수는 출구에서 합쳐져 냉각탑에서 다시 적정온도로 냉각된다. 이때 흡수기에 흐르는 냉각수의 유량 및 입·출구 온도를 측정하여 냉각수로 전달되는 열량을 계산하였다.

실험조건설정 과정은, 회용액탱크의 회용액을

Table 1 Experimental conditions.

Items	Parameters	Conditions
Refrigerant	Evaporation Temperature(℃)	6
	Inlet Concentration(wt%)	58~62
LiBr solution	Inlet Temperature(℃)	40~50
	Mass flow rate(kg/ms)	0.01~0.03
	Inlet Temperature(℃)	32
Cooling water	Velocity(m/s)	1.0~1.6

용액펌프로 농용액 탱크로 이송시킨다. 모든 회용액은 회용액탱크로 이송되면 농용액펌프로 농용액 탱크에 고인 회용액을 재생기에 순환시켜 온수에 의해 가열되도록 하였으며, 재생기 출구측에 있는 샘플링 밸브에서 용액을 수시로 샘플링하여 적정 농도가 될 때까지 용액을 재생기로 계속 순환시켜 재생하였다. 온수에 의해 가열된 회용액은 냉매가 분리되어 농용액이 되고, 분리된 냉매는 응축기에서 냉각탑에서 공급되는 냉각수에 의해 냉각·응축되어 냉매탱크에 저장되게 된다. 응축기로 유입되는 냉각수는 냉각수 펌프에 의해 장치 내를 순환한 후 다시 냉각탑으로 보내져 냉각된다. 온수는 전기히터로 가열하며 써모스텝으로 온도를 측정하여 조정한다. 일정 농도로 맞추어진 농용액은 용액펌프로 온수 및 냉각수가 흐르는 열교환기를 순환하면서 실험조건에 적합한 온도로 맞추어져 농용액탱크에 저장된다. 또한 냉매탱크 내의 냉매증기압이 증발기 내의 압력에 영향을 미치는 것을 방지하기 위하여 냉각기를 이용하여 냉매탱크내의 냉매를 실험압력에 상당하는 포화온도까지 냉각하였다.

본 연구에 사용된 전열관은 평활관(bare tube)이며, 실험조건은 Table 1과 같다.

3. 열 및 물질전달계수의 산출

열교환기의 대수평균온도차 ΔT_{lm} 은 식(1)과 같이 정의하였다.

$$\Delta T_{lm} = \frac{\{(T_{Asi} - T_{Aco}) - (T_{Aso} - T_{Aci})\}}{\ln\{(T_{Asi} - T_{Aco}) / (T_{Aso} - T_{Aci})\}} \quad (1)$$

냉각수로 전달되는 열량 Q는 식(2)으로부터 구하였다.

$$Q = G_{co} \cdot c_{pco} \cdot (T_{coo} - T_{coi}) = U \cdot A \cdot \Delta T_{lm} \quad (2)$$

여기서, A는 $\pi \cdot d_o \cdot L_T$ 로 계산하며, L_T 는 관의 총유효길이를 나타낸다.

그리고 단위길이당 액막유량 Γ_s 는 식(3)과 같이 정의하였다.

$$\Gamma_s = G_s / (2 \cdot L \cdot N) \quad (3)$$

냉매증기와 흡수용액 사이의 물질이동 저항은 증기공간과 기·액계면간의 저항은 무시하고, 기·액계면과 흡수용액 사이의 저항만을 고려하였다. 또한 유하액막에서 기·액계면은 장치내의 압력과 평형을 이루고 있다고 가정하여 기·액계면의 평형농도(C^*)와 유하액막의 농도(C)의 대수 평균농도차 ΔC_{lm} 을 식(4)와 같이 정의하였다.

$$\Delta C_{lm} = \frac{\{(C_{Asi}^* - C_{Asi}) - (C_{Aso}^* - C_{Aso})\}}{\ln\{(C_{Asi}^* - C_{Asi}) / (C_{Aso}^* - C_{Aso})\}} \quad (4)$$

그리고 냉매증기 흡수량 GR은 식(5)와 같이 구할 수 있다.

$$G_R = G_S \cdot (C_{Asi} / C_{Aso} - 1) \quad (5)$$

이상의 상태값들을 이용하여 식(6)과 같이 물질 전달계수를 구하였다.

$$\beta = G_R / (\rho_m \cdot \Delta C_{lm} (\pi \cdot d_o \cdot L_T)) \quad (6)$$

여기서, ρ_m 은 평균 용액밀도로, 식(7)로부터 구하였다.

$$\rho_m = (\rho_{Asi} + \rho_{Aso}) / 2 \quad (7)$$

4. 실험결과 및 고찰

4.1 평형상태 열전달 특성

Fig. 2는 용액-유량의 변화가 열유속 및 총괄열전달계수에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 실험범위 내에서 용액유량이 증가함에 따라 열유속 및 총괄열전달계수는 각각 증가하는 경향을 나타낸다. 이것은 용액유량이 증가할수록 용

액과 전열관의 접수율이 증가하고 또 용액의 유속이 증가하여 관외측(용액측) 열전달이 촉진되기 때문이라 생각된다. 이와 같은 결과는 Furrugawa et al.(3)의 농도 58%, 용액온도 40°C, 냉각수 온도 28°C, 냉각수 유속 1m/s, 전열관경 19.05mm에 대한 실험과 동일한 경향을 나타내고 있다. Furrugawa et al.과 정량적인 차이를 보이는 것은 실험조건에 의한 것이라 생각된다. 용액유량(Γ) 0.027kg/ms의 경우 열유속은 8.5kW/m², 총괄열전달계수는 0.8kW/m²·°C임을 알 수 있다.

Fig. 3과 Fig. 4는 용액농도가 열유속 및 총괄열전달계수에 미치는 영향을 용액 유량변화에 따라 나타낸 것이다. 열유속은 용액농도가 높을수록 증가하지만 총괄열전달계수는 용액농도가 높을수록 감소함을 알 수 있다. 용액농도가 높을수록 열유속이 높게 나타나는 것은 용액의 포화온도가 높아짐으로 용액과 냉각수와의 온도차가 커지게 되고 또 용액의 포화증기압이 작아지게 되어 냉매 수증기와의 포화증기압 차이가 커지게 되어 흡수 구동력이 커져 냉매 흡수량이 많아지기 때문이라 생각된다. 반면 용액농도가 높을수록 총괄열전달계수가 낮게 나타나는 것은 용액농도가 증가할수록 용액의 점도 및 표면장력의 증가 때문이라 생각된다. 용액 농도 증가에 따라 열유속은 증가하지만 총괄열전달 계수가 감소하고 있는 것은 용액의 농도가 증가할수록 용액의 농도에 따른 평형 온도의 증가

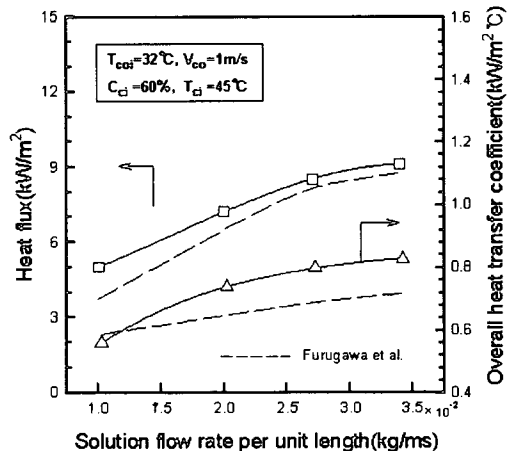


Fig. 2 Effects of solution flow rate on heat flux and overall heat transfer coefficient.

로 인하여 용액입구 온도가 증가하게 되므로 대수 평균온도차는 증가하고 농도가 증가함에 따라 점성 및 표면장력이 증가하여 총괄열전달 계수는 감소하게 되지만, 총괄열전달계수의 감소비율보다 대수평균온도차의 증가비가 크게되어 열유속은 증가하였다고 생각된다. 이때 용액 입구 조건은 용액 농도와 흡수기내 압력에 의한 평형상태로 설정하였다 본 실험범위에서 열유속은 용액농도 60wt%를 기준으로 할 때, 62wt%일 때는 15% 증가하였고 58wt%일 때는 16%감소하였으며, 총괄열전달계수는 62wt%일 때 13% 감소, 58wt%일 때 16% 증가하였다.

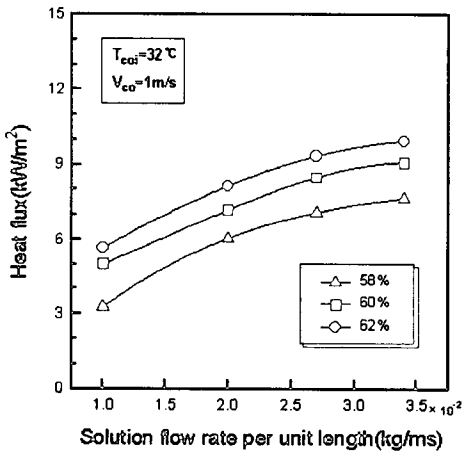


Fig. 3 Effects of inlet solution concentration on heat flux.

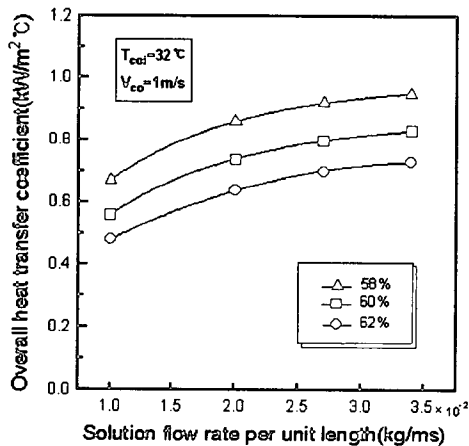


Fig. 4 Effects of inlet solution concentration on overall heat transfer coefficient.

4.2 평형상태 물질전달 특성

Fig. 5와 Fig. 6은 용액 농도별 용액유량 변화에 따른 냉매 흡수량 및 물질전달계수를 나타낸 것이다. 실험 범위에서 용액유량이 증가할수록 냉매 흡수량 및 물질전달계수는 증가하는데, 이는 용액유량이 증가함에 따라 전열관의 용액 점수율이 증가하며 액막의 교란이 활발하기 때문이라 생각된다. 용액농도가 증가함에 따라 냉매 흡수량은 증가하지만 물질전달계수는 감소하는 경향을 보이고 있다. 용액농도가 높을수록 냉매흡수량이 증가하는 것은 용액농도가 높을수록 냉매증기압과 용액의

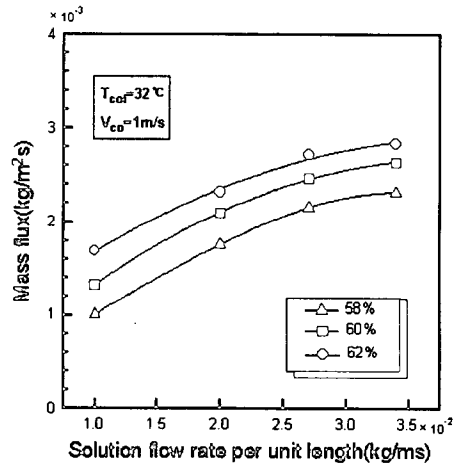


Fig. 5 Effects of inlet solution concentration on mass flux.

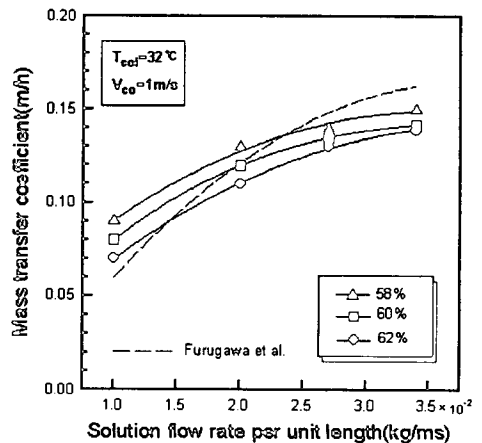


Fig. 6 Effects of inlet solution concentration on mass transfer coefficient.

포화증기압과의 차가 크게 되기 때문이라 생각되며, 물질전달계수가 감소하는 것은 용액농도가 높을수록 점도나 표면장력의 증가 때문이라 생각된다. 이때 용액 입구 조건은 용액 농도의한 평형상태로 설정하였다. 본 실험에서 60wt%의 용액유량 (Γ) 0.027kg/ms에서 흡수량은 2.7kg/m²s, 물질전달계수는 0.135m/h를 보였다.

4.3 냉각수 유속변화에 따른 열전달 특성

Fig. 7과 Fig. 8은 냉각수 유속증가에 따른 열전달 특성을 나타낸 것이다. 유속이 증가함에 따라 열유속과 총괄열전달계수는 증가한다는 것을 알

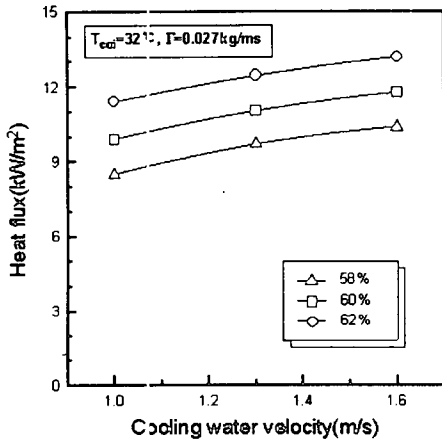


Fig. 7 Effects of cooling water velocity on heat flux.

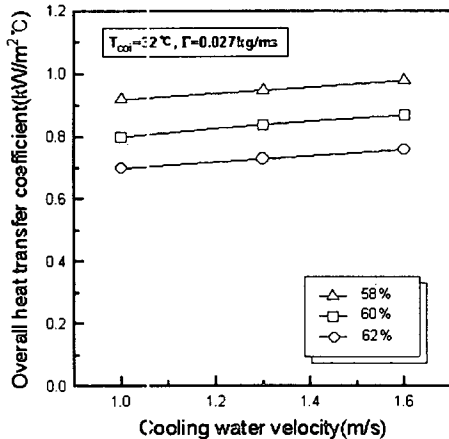


Fig. 8 Effects of cooling water velocity on overall heat transfer coefficient.

수 있다. 냉각수 유속의 증가는 냉각수 유량을 증가시키고 평균온도가 낮게 유지되므로 용액과의 온도차를 크게 하고, 용액의 평균온도를 낮추므로 열유속의 증가를 가져온다고 생각한다. 또한 유속의 증가는 관내측 열전달율은 증가시키지만 관외측의 평균 용액온도를 감소시켜 점도 및 표면장력이 증가시켜 관외 열전달율의 감소를 동반하게 된다. 따라서 총괄열전달계수는 관외 열전달율의 증가에 비해 관내 열전달율의 증가비가 더 크게 작용하여 약간 증가하는 경향을 나타낸다고 생각한다. 실험범위에서 열유속은 22% 증가하였으며 총괄열전달계수는 약 7% 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한, 앞에서 본 것과 같이 농도가 증가할수록 열유속은 증가하지만 총괄열전달계수는 감소하는 것을 알 수 있다.

4.4 과열상태 열전달 특성

Fig. 9와 Fig. 10은 용액농도를 60wt%로 일정하게 유지하면서 용액온도를 평형상태(45°C)와 과열상태(50°C)로 변화시켰을 때 용액유량에 따른 열전달 특성을 나타낸 것이다. 용액을 과열상태로 흡수기로 유입시켰을 경우가 용액을 평형상태로 유입시켰을 때보다 열유속 및 총괄열전달계수가 증가하는 경향을 보인다. 이것은 용액의 과열상태로 유입했을 경우 용액과 냉각수의 온도차가 크고 또 용액의 온도가 높으므로 용액의 점도 및 표면장력

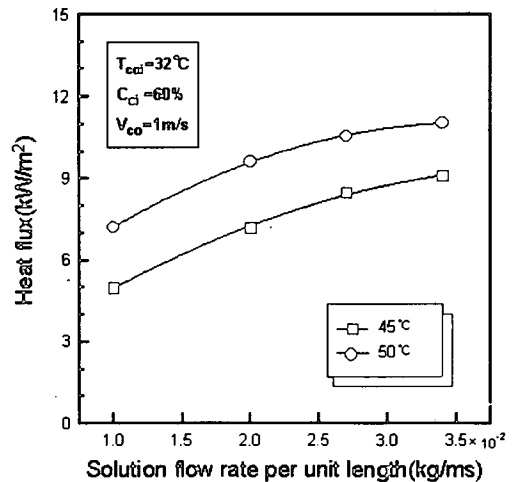


Fig. 9 Effects of solution state on heat flux.

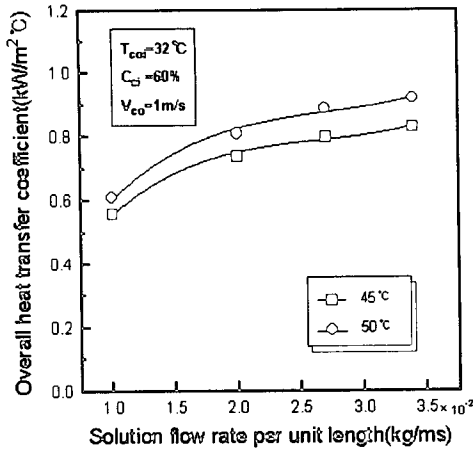


Fig. 10 Effects of solution state on overall heat transfer coefficient.

이 낮아지기 때문으로 생각된다.

5. 결 론

흡수식 냉난방기에서 수평관군 흡수기의 각 운전조건들이 흡수기의 열 및 물질전달계수에 미치는 영향을 실험을 통하여 조사하여 본 결과, 본 실험범위 내에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 흡수용액 유량이 증가할수록 열 및 물질전달 성능이 증가하였다. 이것은 점수면적 및 유하속도의 증가, 액막두께의 증가 등이 원인이라 생각된다.
- (2) 흡수용액의 농도가 증가함에 따라 열유속은 증가하지만 총괄열전달계수는 감소하였다. 열유속은 용액농도 60wt%를 기준으로 할 때, 62wt%일 때는 15% 증가하였고 58wt%일 때는 16%감소하였으며, 총괄열전달계수는 62wt%일 때 13% 감소, 58wt%일 때 16% 증가하였다.
- (3) 흡수용액의 농도가 증가함에 따라 냉매 흡수량은 증가하지만 물질전달계수는 감소하였다. 냉매 흡수량이 증가하는 것은 냉매와 흡수용액의 포화증기압과의 차 때문이라 생각되며, 물질전달계수가 감소하는 것은 점도나 표면장력의 증가 때문이라 생각된다.
- (4) 관내 냉각수 유속이 증가함에 따라 총괄열전

달계수는 증가하였다. 그러나 냉각수 유속의 증가는 전열관의 부식이나 소음 등의 문제를 유발할 수 있으므로 적정치 이상 높이지 않는 것이 좋을 것이라 생각된다.

- (6) 흡수기로 유입하는 흡수용액이 과열상태인 경우가 평형상태의 경우보다 열유속 및 총괄열전달계수가 높게 나타났다. 이것은 용액온도 상승에 따른 온도차 증가와 점도 및 표면장력의 감소 때문이라 생각된다.

참고문헌

- (1) Inoue, N.U., "Practical Studies on Absorbers in Japan", Refrigeration Engineering Division EBARA Corporation, pp. 1~19, 1988
- (2) 川又治, 大谷忠男, 石塚伸明, 宮内徳雄, "吸收冷凍機の吸收器用高性能 熱管の開発", 日本電線, No.8, pp. 57~62, 1985
- (3) 古川雅裕, 佐木直榮, 金子敏之, 野世溪精, "吸收冷温水機の吸收器用 熱促進管", 日本冷凍協論文集, Vol. 10, No. 2, pp.219~226, 1993
- (4) 永岡一, 西山敬之, 坂和浩, 中村誠, "吸收冷温水機の高性能に関する研究開発(第3報)", Vol. 10, No. 2, pp. 219~226, 1987
- (5) 윤정인, 오후규, 柏木孝夫, "스프링 삼입형 유하액막식 흡수기의 열 및 물질전달 특성", 대한기계학회 논문집, 제19권, 제1호, pp. 1501~1509, 1994
- (6) 설신수, 고험용, 이상용, "LiBr-H₂O 흡수기 내부에서의 유동 및 열/물질전달 현상에 관한 실험적 연구 (1)", 공기조화 냉동공학회, 1995년도 동계학술발표 논문집, pp. 330~334, 1995
- (7) 김내현, 정인권, 김경훈, "낮은 핀관(low-fin tube)의 응축 열전달 성능에 관한 실험적 연구", 공기조화·냉동공학 논문집, 제7권, 제2호, pp. 298~309, 1995
- (8) 엄기찬, 柏木孝夫, 서정운, "수직관내를 흘러내리는 액막식흡수기의 흡수 및 열전달 특성(제1보, 열전달 특성)", 공기조화·냉동공학 논문집, 제5권, 제4호, pp. 257~264, 1995
- (9) 조현철, 김중보, 정시영, 강상우, 이춘식, "LiBr계 용액을 사용한 수직관 흡수기의 열 및 물질전달에 관한 연구", 공기조화·냉동공학 논문집, 제7권, 제2호, pp. 196~206, 1995

- (10) 설신수, 이상용, "수평 냉각관 외부를 흘러내리는 LiBr-H₂O 수용액의 흡수 특성에 관한 실험적 연구", 대한기계학회, 1998년도 춘계학술대회논문집 B, pp. 782~787, 1998
- (11) Yoon, J.I., Oh T.S., Seol, W.S., Kwon, O.K., Moon, C.G., " Experimental Study of Heat and Mass Transfer Characteristics on Absorber with Enhancement Tubes", Fourth KSME-JSME Fluids Engineering Conference Haeundae, Pusan, Korea, pp. 305~308, 1998
- (12) 문춘근, 최인수, 김태진, 박석호, 윤정인, "고성능 흡수전열관 개발을 위한 흡수기 특성실험", 공기조화 냉동공학회 '97동계학술발표회 논문집, pp. 126~131, 1997
- (13) 설원실, 권오경, 윤정인, "LiBr/H₂O계 흡수기의 흡수촉진에 관한 실험적 연구", 공기조화·냉동공학 논문집, Vol. 10, No. 5, pp. 581~588, 1998

제 자 소개



설원실 (薛元實)

1959년 4월생. 1984년 부산수산대학교 냉동공학과 졸업. 1990년 동 대학원 졸업(석사). 1999년 동 대학원 수료(박사과정). 2000년 3월 ~ 현재 동명대학 건설환경 계열 강의전담 교수



문춘근 (文春根)

1971년생. 1997년 부경대학교 냉동공조공학과 졸업. 1999년 부경대학교 대학원 냉동공학과 졸업(공학석사). 현재 동 대학원 냉동공조공학과 박사과정



윤정인 (尹政仁)

1962년생. 1988년 부산수산대학교 냉동공학과 졸업. 1990년 부산수산대학교 대학원 냉동공학과 졸업(공학석사). 1995년 동경농공대 대학원 졸업(공학박사). 현재 부경대학교 냉동공조공학과 조교수