

수직 흡수기의 열 및 물질전달 촉진

윤 정 인* · 권 오 경** · 문 춘 근**

Enhancement of Heat and Mass Transfer for a Vertical Type Absorber

J. I. Yoon · O. K. Kwon · C. G. Moon

Key words : Heat and Mass Transfer(열 및 물질전달), Heat Transfer Enhancement(열전달 촉진), Absorption Refrigeration(흡수식 냉동기), Vertical Absorber(수직 흡수기)

Abstract

Absorption systems require a heat source for working, but they have a great merit in that relatively low-temperature and low-quality types of thermal energy such as solar heat and exhaust heat can be effectively utilized as heat source. However, details research related to absorbers, which have a great effect on performances, has been rarely done, and thus there has been a strong hope for positive developments to improve their efficiencies. This paper describes absorption experiments made with different inside tube diameters and shapes. The purpose of this study is to acquire basic knowledge about heat and mass transfer in a falling film type absorber with vertical inner tubes. Heat and mass transfer were measured for water vapor absorption into a water/LiBr solution flowing down an absorber of vertical inner tubes. As a result, absorption acceleration tube compares bare tube and heat transfer improved by order of insert spring tube, corrugated tube, grooved tube. And the acceleration that is good provided in inserting spring tube for both sides of heat and mass transfer.

기 호	G	: 질량유량 kg/s
c_p	G_R	: 냉매증기 흡수량 kg/s
D	g	: 중력가속도 m/s^2
d	h	: 열전달계수 $W/(m^2 \cdot K)$
	K	: 열통과율 $W/(m^2 \cdot K)$

* 부경대학교 (원고접수일 : 98년 1월)
** 부경대학교 대학원

L	: 흡수기 전열관 길이 m
L_s	: 흡수용액 대표길이 m
Q	: 열량 W
T	: 온도 $^{\circ}\text{C}$
ΔT_{lm}	: 대수평균온도차 $^{\circ}\text{C}$
β	: 물질이동계수 m/s
λ	: 열전도율 W/(m · K)
ρ	: 밀도 kg/m ³
μ	: 점성계수 Pa · s
ξ	: 계측농도 wt%
ξ^*	: 평형농도 wt%
$\Delta \xi_{lm}$: 대수평균농도차 wt%
Γ_s	: 단위 내원주당 액막유량 kg/(m · s)
N_u	: 넛셀수
Pr	: 프란틀수
Re	: 레이놀즈수
Ref	: 막레이놀즈수
Sh	: 샤우트수

참 자

A	: 흡수기
i	: 입구(내측)
co	: 냉각수
m	: 평균
o	: 출구(외측)
s	: 흡수용액

1. 서 론

건물 공조용 열원기기에 널리 사용되고 있는 중대형 흡수식 냉온수기는 대부분 물/리튬브로마이드를 작동매체로 사용하고 있다. 중형 흡수식 냉온수기의 경우, 흡수기의 냉각을 종래의 수냉식에서 공냉식으로 전환하고 있는 경우도 있으나, 소형 흡수식 냉온수기에서의 공냉화는 아직 실현되지 않고 있다. 이것은 냉각공기 출구온도를 40 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 고온으로 할 경우 흡수기 출구 용액 온도와 농도도 높게 되어 냉동 사이클의 작용점은 고온, 고농도, 고압축으로 이동한다. 따라서 작동압력은 대기압 이상이 되고, 리튬브로마이드 수용액

은 결정되어 버린다. 이와 같이 리튬브로마이드계 흡수냉동사이클의 공냉화는 공냉식으로 수냉식의 흡수기 출구 용액 온도, 농도를 실현하지 않으면 안된다. 이를 위해서는 흡수기의 성능을 정확히 파악함은 물론 열 및 물질전달 특성을 향상시키는 것이 주요 과제이다.

Grossman 등⁽¹⁾은 흡수기의 유하액막 특성을 모델화를 통해 이론적으로 밝혔으며, Van der Wekken 등⁽²⁾은 수직관에 대한 열 · 물질전달 특성을 모델화 하여 밝혔다. Vilet 등⁽³⁾은 수평관에 대한 이론적 특성을 밝혔다. 실험적으로는 공냉화를 위한 수직관내 흡수기에 대한 연구^(4,5)와 평활관과 각종 전열촉진관에 관한 비교 연구^(6,7, 8)등이 많이 이루어지고 있다.

흡수기의 열 및 물질전달을 향상시키기 위해서는 일반적으로 경계층을 얇게 하거나, 전열면 근처에서 난류를 발생시키는 것 등을 생각할 수 있으나 아직 수직관내 흡수기의 최적 설계법은 확립되지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 흡수 전열관에 액막교란효과가 있는 각종 흡수촉진관을 사용한 실험장치로 35 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 공기 열원에 의한 냉각을 가정한 흡수냉각 실험을 통해 수직 액막교란효과에 관한 검토를 통해 관내 흡수기에서의 열 및 물질전달 촉진에 관한 자료를 얻고자 하였다.

본 실험에서는 흡수기의 관경, 관내면 형상, 흡수용액의 유하속도를 변화시키면서 흡수기용 전열관의 열 및 물질전달에 관해 검토하였다

2. 실험장치 및 방법

Fig. 1은 실험 장치의 개략도를 나타낸 것이다. 장치의 주요 구성은 흡수기, 증발기, 응축기, 재생기 등의 각종 열교환기, 회 · 농용액 탱크, 냉각수 탱크, 냉수 탱크, 냉매 탱크 및 정압 탱크 등의 각종 탱크와 순환 펌프, 제어기기, 계측기 등이다. 장치의 각 부분은 배관으로 접속되어 있으며, 단열재로 충분히 단열 되어 있다. 흡수기는 스테인레스 외관에 시험전열관을 내관으로 하는 2중관 구조로써 실험용 전열관 내를 흡수용액이 흐르고, 관외의 환상부를 냉각수가 흐르는 대향류 열교환

기이다. 그림에서 실선은 리튬브로마이드 수용액을, 점선은 냉각수 및 냉수를 나타낸다. 농용액탱크, 냉각수탱크, 냉수탱크, 냉매탱크 및 재생기는 PID제어에 의해 소정의 온도와 농도로 제어할 수 있도록 구성되어 있다. 흡수용액은 시험전열관을 내를 액막상으로 흐르며, 냉각수는 내관인 시험전열관과 외관인 냉각관의 환상부를 하부에서 상부로 흐른다. 흡수용액은 정압탱크로부터 맥동류의 영향을 방지하기 위해 직경 1mm인 2개의 작은 구멍으로 흡수기내에 유입되도록 하였으며, 상부헤드 밀면에는 시험전열관 내면에 균일한 액막이 형성되도록 원통형의 보가 설치되어 있다. 증발기로부터의 냉매증기는 직경 50.8mm의 플랜지부로 유입된다. 상·하부 헤드 끝에는 흡수기 내부 상황을 확인할 수 있도록 관찰창을 설치하였다. 온도는 리튬브로마이드 수용액의 온도와 냉수, 냉각수의 입·출구에서 측정하였으며, 압력은 흡수기 입·출구에서 전자압력계로 측정하였다. 그리고 농도는 초음파 농도계로, 리튬브로마이드 수용액의 유량은 전자유량계, 냉수 및 냉각수의 유량은 부자식 유량계로 각각 측정하였다.

시험전열관에는 평활관과 액막교란효과가 있는 콜게이트관, 내면흡관과 스프링삽입관을 사용하였다. Fig. 2에는 이들 시험 전열관의 개략도를 나타내었으며 Table 1에는 주요사양을 나타내었다. 모든 전열관은 동관이며 전열관 길이는 1.419[m]와 1.119[m]의 2종류이다. 스프링삽입관에 삽입하는 스프링은 스테인레스제로 스프링직경은 1.0×10^{-3} [m]와 0.5×10^{-3} [m], 피치는 10×10^{-3} [m]

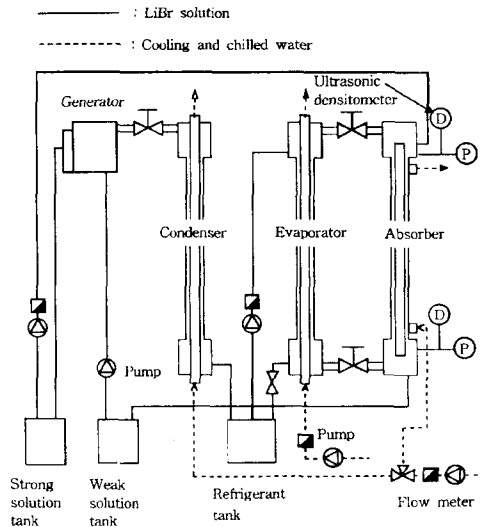


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

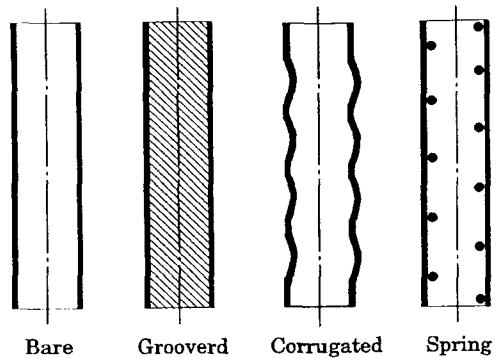


Fig. 2 Detail of test tubes

Table 1 Specification of test tubes

Test Tube	Inside Diameter	Length	Configurations
Bare Tube	14.35×10^{-3} [m]	1.419[m]	Smooth Surface
	23.80×10^{-3} [m]	1.419[m]	Smooth Surface
Grooved Tube	14.35×10^{-3} [m]	1.419[m]	Helix angle 18°, 80Grooves
Corrugated Tube	14.35×10^{-3} [m]	1.419[m]	Pitch 10×10^{-3} [m], Depth 1.0×10^{-3} [m]
Insert Spring Tube	14.35×10^{-3} [m]	1.419[m]	Spring Dia. 1.0×10^{-3} [m], Pitch 10×10^{-3} [m]
	17.60×10^{-3} [m]	1.119[m]	Spring Dia. 1.0×10^{-3} [m], Pitch 10×10^{-3} [m]
	17.60×10^{-3} [m]	1.119[m]	Spring Dia. 1.0×10^{-3} [m], Pitch 5×10^{-3} [m]
	17.60×10^{-3} [m]	1.119[m]	Spring Dia. 0.5×10^{-3} [m], Pitch 10×10^{-3} [m]
	17.60×10^{-3} [m]	1.119[m]	Spring Dia. 0.5×10^{-3} [m], Pitch 5×10^{-3} [m]

와 $5 \times 10^{-3}[\text{m}]$ 의 4종류이다.

실험방법은 बै치식으로, 흡수용액의 재생과정과 흡수과정으로 나누어진다. 재생과정에서는 우선 전체를 진공펌프로 충분히 진공시킨 후 흡수용액을 설정농도로 재생시키기 위해 회용액 탱크내의 흡수용액을 재생기, 농용액탱크, 회용액 탱크로 순환하며 농축하고, 발생한 수증기는 응축기에서 응축하여 냉매탱크로 보낸다. 또, 냉매 및 냉수를 소정의 온도 하에 펌프로 순환시킨다. 흡수과정은 리튬브로마이드 수용액 60[wt%]의 용액을 농용액 탱크에서 흡수기 상부에 보내어 시험전열관내에 액막상으로 흘러며, 냉각수를 관외로 흡수용액과 대향류로 흘러 증발기에서 발생한 냉매증기를 흡수한다. 흡수용액의 실험유량은 배관 내에 설치한 니들 밸브로 조정하여 흡수기 상부 헤드부에 공급하였다. 실험은 흡수용액 유량을 변화시켜가며 실시하였다. 흡수실험 개시 후 흡수용액의 흡수기 입구온도가 흡수기내 평형온도가 되도록 조정하였으며, 각 부가 안정된 정상상태에 도달한 후 계측하였다. 증발기와 흡수기에서의 열 및 물질평형, 즉 증발기에서의 단위 시간당 증발열량과 흡수기에서의 단위 시간당 흡수열량을 비교한 결과 열평형, 물질평형 모두 15~20% 범위 이내에서 일치하였다. 이와 같은 결과로부터 실험장치, 측정방법 및 실험결과의 신뢰성은 높다고 할 수 있다.

Table 2는 본 실험에서의 각 실험조건, 즉, 흡수용액, 냉매 및 냉각수의 조건을 나타내었다. 냉각수 입구온도는 공냉화를 가정하여 35[°C]로 설정하였다.

Table 2 Range of experimental conditions

Cooling Water	Flow rate	$2.8 \times 10^{-5} \sim 3.3 \times 10^{-4} [\text{m}^3/\text{s}]$
	Temperature	$35.0 \pm 0.5 [^\circ\text{C}]$
Strong Solution	Flow rate	$2.1 \times 10^{-6} \sim 6.9 \times 10^{-4} [\text{m}^3/\text{s}]$
	Film Reynolds number	40~130
	Temperature	$45 \sim 51 [^\circ\text{C}]$
	Concentration	60~61[wt%]
Chilled Water	Flow rate	$3.03 \times 10^{-4} [\text{m}^3/\text{s}]$
	Temperature	$18 \pm 0.5 [^\circ\text{C}]$

3. 관내 열전달계수 및 물질전달계수

3.1 관내 열전달계수

측정한 흡수기 입구용액온도 $T_{ASi} [^\circ\text{C}]$, 출구온도 $T_{ASo} [^\circ\text{C}]$, 냉각수 입구온도 $T_{ACOo} [^\circ\text{C}]$ 및 출구온도 $T_{ACoi} [^\circ\text{C}]$ 로부터 전열관에서의 대수평균온도차 $\Delta T_{lm} [^\circ\text{C}]$ 를 식 (1)과 같이 정의하였으며, 열통과율 $K [W/(m^2 \cdot K)]$ 는 식 (2)로부터 구하였다.

$$\Delta T_{lm} = \frac{\{ (T_{ASi} - T_{ACOo}) - (T_{ASo} - T_{ACoi}) \}}{\ln \{ (T_{ASi} - T_{ACOo}) / (T_{ASo} - T_{ACoi}) \}} \quad (1)$$

$$K = Q / \{ \Delta T_{lm} \cdot (\pi \cdot d_i \cdot L) \} \quad (2)$$

관의 외 물측 열전달계수 $h_o [W/(m^2 \cdot K)]$ 는 원관의 난류 열전달계수를 구하는 Dittus-Boelter식을 사용하였다.

$$Nu_{co} = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4} \quad (3)$$

수직관 내를 액막으로 흐르는 흡수용액측 열전달계수 h_i 는 전열관 벽 열저항을 무시하여 아래 식으로 구하였으며 넛셀수는 식 (5)와 같이 정의하였다.

$$h_i = 1 / \{ 1/K - d_i / (d_o \cdot h_o) \} \quad (4)$$

$$Nu = h_i \cdot L_s / \lambda \quad (5)$$

$$L_s = \{ (\mu_s / \rho_s)^2 / g \}^{1/4} \quad (6)$$

여기서, λ 는 흡수용액의 열전도율 [$W/(m \cdot K)$], μ_s 는 점성계수 [$\text{Pa} \cdot \text{s}$], ρ_s 는 흡수용액의 밀도 [kg/m^3], L_s 는 대표길이 [m], g 는 중력 가속도 [m/s^2]이다.

막레이놀즈수 Ref 는 다음과 같이 정의하였다.

$$Ref = 4 \cdot \Gamma_s / \mu_s \quad (7)$$

$$\Gamma_s = G_s / (\pi \cdot d_i) \quad (8)$$

여기서, Γ_s 는 단위 내원주당 액막유량 [$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$], G_s 는 흡수용액의 질량유량 [kg/s]이다.

3.2 관내 물질전달계수

냉매증기와 흡수용액 사이에서의 냉매물질 이동저항은 증기공간과 기액계면사이의 저항은 무시하고, 기액계면과 흡수용액 사이만 생각하기로

한다. 유하액막에서의 기액계면은 기내압력과 평형하다고 생각하여, 기액계면 평형농도와 유하액막 농도의 대수평균농도차 $\Delta\xi_m$ 을 식 (9)와 같이 정의하였다.

$$\Delta\xi_m = \frac{\{(\xi_{ASi} - \xi_{ASi}') - (\xi_{ASo} - \xi_{ASo}')\}}{\ln \{(\xi_{ASi} - \xi_{ASi}') / (\xi_{ASo} - \xi_{ASo}')\}} \quad (9)$$

여기서, ξ_{ASi}' , ξ_{ASo}' 는 각각 유하액막 온도와 기내압력으로부터 구한 흡수기 입구, 흡수기 출구에서의 기액계면 평형농도이며, ξ_{ASi} , ξ_{ASo} 는 입구, 출구에서의 실제 측정치이다.

이상으로부터 물질전달계수는 다음 식으로 산출하였다.

$$\beta = G_R / \{ \rho_m \cdot \Delta\xi_m (\pi \cdot d_i \cdot L) \} \quad (10)$$

여기서, G_R [kg/s]는 냉매증기 흡수량이며 ρ_m 은 평균용액밀도[kg/m³]으로 식 (11)로부터 구하였다.

$$\rho_m = (\rho_{ASi} + \rho_{ASo}) / 2 \quad (11)$$

샤우드수는 식 (12)로 정의하였다.

$$Sh = \beta \cdot L_s / D_s \quad (12)$$

여기서, D_s 는 확산계수[m²/s]이다. 이상의 계산에 있어서 흡수용액 및 냉매의 물성치는 문헌[9~10]을 참조하였다.

4. 실험결과 및 고찰

Fig. 3은 평활관에서 흡수열전달 특성을 나타낸 것이다. 넛셀수를 산출할 때의 교환열량은 증발기로부터의 잠열이동량에 흡수용액의 현열변화를 더한 열량, 즉 흡수기에서의 냉각수 효율 변화량이다. 전열관은 길이 1.419[m], 직경이 각각 14.35×10^{-3} [m]와 23.80×10^{-3} [m]인 2가지 평활관을 사용하였다. Fig. 3으로부터 넛셀수는 전열관 내경이 14.35×10^{-3} [m]보다 관경이 23.80×10^{-3} [m]로 크게 되면 향상하고 있다. 이것은 관경의 증가에 의한 압력강하가 감소한 것 등에 의한 열이동의 향상이라 생각된다. 한편, 넛셀수는 막레이놀즈수의 증가에 따라 증가하고 있는데, 이것

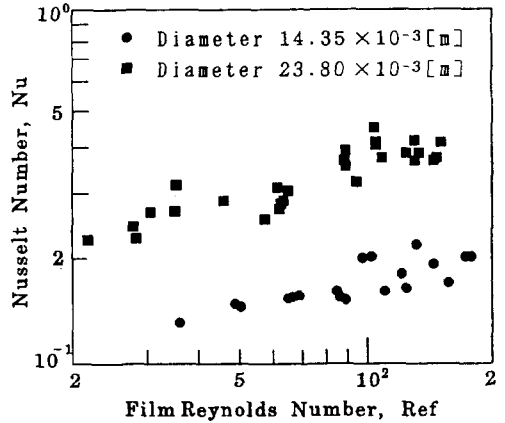


Fig. 3 Effect of film Reynolds number on the Nusselt number with bare tube

은 막레이놀즈수의 증대에 따른 표면근처에서 미소교란의 증가로 흡수가 촉진되어 열이동이 향상되었다고 생각된다.

Fig. 4는 평활관에서의 물질전달에 미치는 관내경의 영향을 나타낸 것이다. 전열관 내경에 관계없이 막레이놀즈수의 증가에 따른 물질전달 특성은 거의 변화가 없거나 미소한 증가를 보이고 있다. 이것은 물질전달 특성이 열이동과는 달리 액막 두께를 얇게 하면 표면 농도가 얇게 되어 물질전달이 촉진되지 않기 때문이라 생각된다. 따라서 액막 표면 근처가 항상 액막내의 진한 농도가 되게 액막표면에 대류를 일으키는 것이 중요하다.

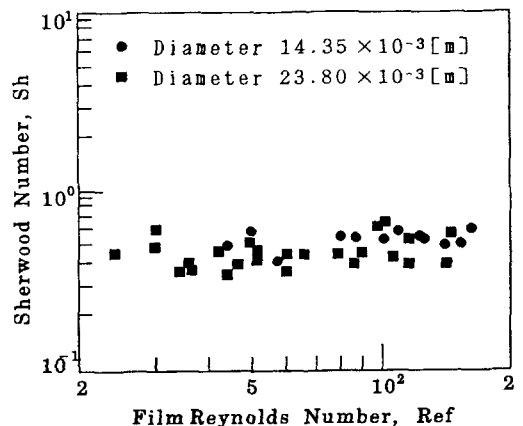


Fig. 4 Effect of film Reynolds number on the Sherwood number with bare tube

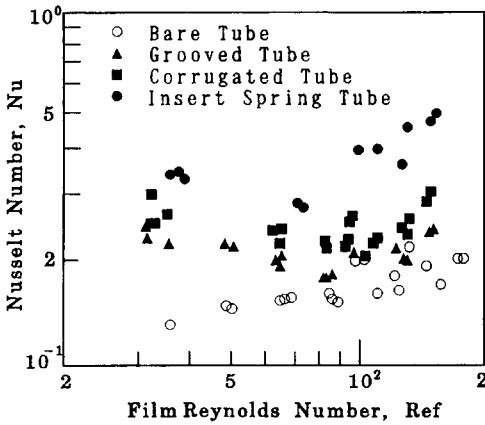


Fig. 5 Effect of film Reynolds number on the Nusselt number with enhancement tubes

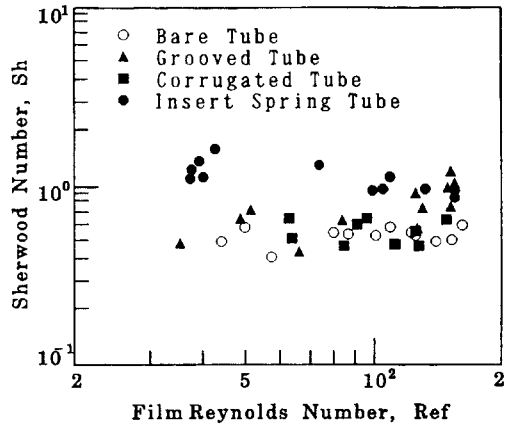


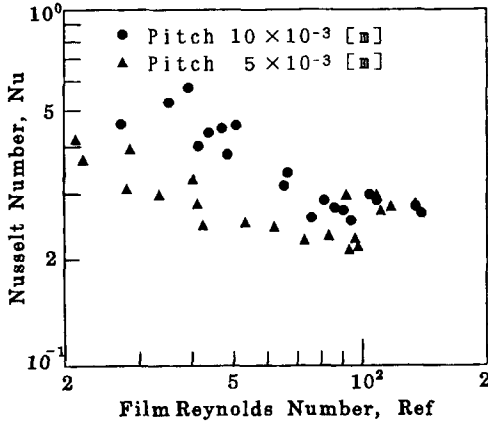
Fig. 6 Effect of film Reynolds number on the Sherwood number with enhancement tubes

Fig. 5는 각종 전열관에서의 흡수 열전달 특성을 나타낸 것이다. 각종 흡수촉진관은 관내경이 14.35×10^{-3} [m], 길이가 1.419[m]인 내면홈관, 콜게이트관 및 스프링삽입관(스프링 직경 1.0×10^{-3} [m], 피치 10×10^{-3} [m])이다. 그리고 비교를 위하여 관내경이 같은 평활관의 실험결과도 함께 나타내었다. 결과로부터 스프링삽입관이 다른 전열관과 비교하여 열전달 특성이 양호한 것을 알 수 있다. 이것은 스프링을 삽입함으로써 액막의 난류, 즉 스프링에 따른 회전운동에 기초한 원심력 및 스프링의 저항에 의한 액막의 이탈과 액막두께의 국부적인 감소에 의한 열저항의 저하에 의해 열이동이 촉진된 것으로 생각된다. 전열관내에 삽입된 스프링은 유하액막 표면의 흐름을 흩어지게 하여 흡수를 촉진시킨다. 따라서 흡수열도 커져 열특성은 향상된다. 또한 스프링에 의한 핀효과를 생각할 수 있으나, 동관이 스프링으로부터 받는 열량에 비해 직접 용액으로부터 받는 열량이 훨씬 크기 때문에 스프링의 핀효과는 무시할 수 있다고 생각된다. 이것은 스프링이 스테인레스이고, 전열관이 동관이기 때문이며, 또 전열관과 스프링의 접촉면적이 상당히 작기 때문에 동관과 스프링 사이의 열이동은 그다지 일어나지 않기 때문이라 생각된다. 평활관에서는 막레이놀즈수의 증가에 대해 넛셀수가 증가하고 있지만 그 외의 흡수촉진관에서는 어느 막레이놀즈수를 경계로 감소에서 증

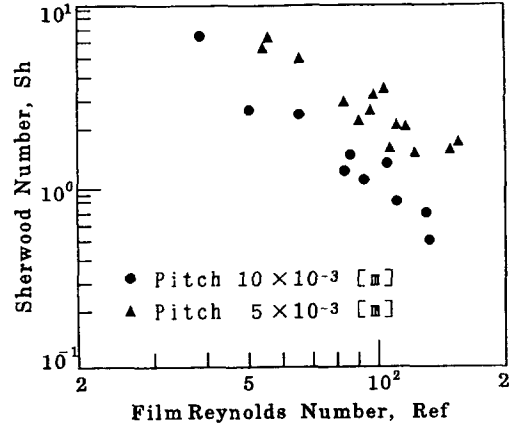
가로 이행하고 있다. 이와 같은 경계 레이놀즈수를 임계 막레이놀즈수라 하면 각 관의 임계 막레이놀즈수는 내면홈관 약 80, 콜게이트관 약 110, 스프링삽입관 약 70 정도이다.

Fig. 6은 전열관의 관내면 형상이 물질전달에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 평활관과 콜게이트관의 물질전달 특성은 막레이놀즈수에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내고 있다. 내면홈관은 막레이놀즈수의 증가에 대해 물질전달이 증가하고 있으나 스프링삽입관은 감소하고 있다. 이것은 막레이놀즈수의 증가와 함께 스프링에 의한 증기의 압력 강하가 훨씬 크게 나타났기 때문이라 생각된다. 내면홈관, 스프링삽입관 모두 평활관에 비해 물질전달 특성이 향상하였으며, 스프링삽입관이 가장 물질전달 특성이 좋았다. 각종 흡수촉진관에서의 열 및 물질전달 특성이 평활관보다 우수한 원인은 흡수촉진관의 경우 관내면 형상에 의한 액막교란효과의 상승작용 때문이라 생각된다.

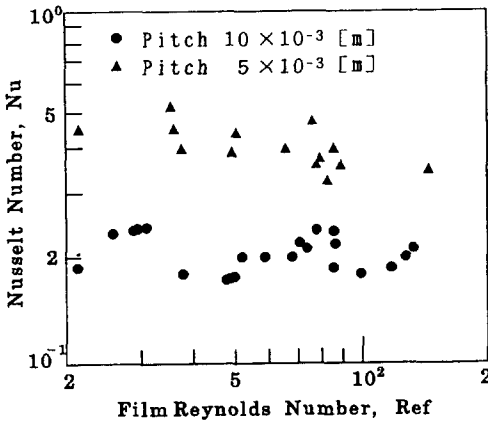
Fig. 5에서 사용한 각종 흡수촉진관 가운데 스프링삽입관이 가장 양호한 열전달효과가 있음이 밝혀졌으므로 Fig. 7에서는 삽입하는 스프링의 직경, 피치 등을 변화시켜 열전달에 미치는 영향을 파악하였다. 관내경이 17.6×10^{-3} [m], 길이가 1.119[m]인 전열관에 피치는 0.5×10^{-3} [m]과 1.0×10^{-3} [m]의 2종류, 스프링직경은 0.5×10^{-3} [m]와 1.0×10^{-3} [m]의 2종류, 합계 4종류의 스프링삽



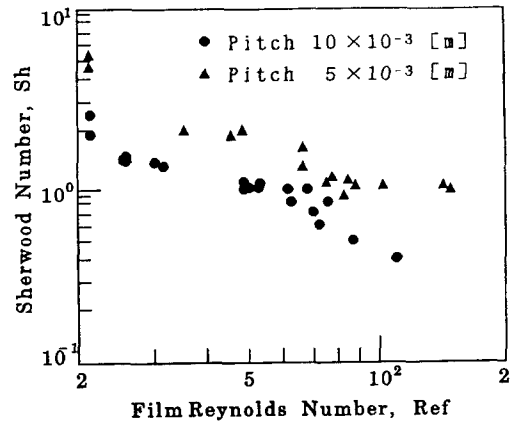
(a) Spring diameter $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}$



(a) Spring diameter $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}$



(b) Spring diameter $0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$



(b) Spring diameter $0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$

Fig. 7 Effect of film Reynolds number on the Nusselt number with insert spring tubes

Fig. 8 Effect of film Reynolds number on the Sherwood number with insert spring tubes

입관에 대해 실험을 하였다. Fig. 7의 (a)는 스프링 직경이 $1.0 \times 10^{-3} \text{ [m]}$ 인 경우를, (b)는 스프링 직경이 $0.5 \times 10^{-3} \text{ [m]}$ 인 경우를 나타내었다. Fig. 7의 (a),(b)로부터 스프링 직경에 관계없이 열전달 특성은 막레이놀즈수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 알 수 있다. 이 감소 폭은 스프링 직경이 큰 경우가 적은 경우보다 크다. 스프링 피치가 열전달에 미치는 영향은 스프링 직경이 $1.0 \times 10^{-3} \text{ [m]}$ 인 경우에는 피치가 $5 \times 10^{-3} \text{ [m]}$ 보다 $10 \times 10^{-3} \text{ [m]}$ 의 열전달이 향상하며, 스프링 직경이 $0.5 \times 10^{-3} \text{ [m]}$ 인 경우에는 피치가 작은 쪽이 열전달 특성이 향상함을 알 수 있었다.

스프링삽입관의 스프링 직경 및 피치의 변화에 따른 물질전달 특성을 Fig. 8에 나타내었다. 스프링 직경이 $1.0 \times 10^{-3} \text{ [m]}$ 인 경우 막레이놀즈수가 증가함에 따라 물질전달 특성은 현저하게 감소하고 있다. 이것은 막레이놀즈수의 증가에 따라 유하액막의 대류가 약해져 전열관 근처의 농도가 짙은 흡수용액이 수증기를 흡수하고 있는 기액계면까지 이동할 수 없기 때문이라 생각된다. 스프링 직경이 $0.5 \times 10^{-3} \text{ [m]}$ 인 경우 막레이놀즈수의 증가에 대한 물질전달 특성은 감소하고 있으나 그 감소율은 스프링 직경이 $1.0 \times 10^{-3} \text{ [m]}$ 인 경우보다 작다. 또, 스프링 직경의 물질전달에 미치는 영향

은 피치에 관계없이 스프링직경이 1.0×10^{-3} [m] 인 것이 물질전달이 큰 것을 알 수 있었다.

5. 결 론

공냉식 고성능 흡수전열관의 개발을 위해 관내 면 형상을 각각 변화시켜 유하액막상의 수증기 흡수실험을 통해 열 및 물질전달 특성을 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 평활관에서의 열전달 특성은 막레이놀즈수가 클수록, 전열관 내경이 클수록 향상됨을 보였으나 물질전달 특성에는 크게 영향이 나타나지 않았다.
2. 흡수촉진관은 평활관에 비하여 스프링삽입관, 콜게이트관, 내면흡관의 순으로 열전달률이 향상됨을 알 수 있었다.
3. 스프링삽입관은 열 및 물질전달 특성 모두 우수하였으며, 그 경향은 스프링의 직경과 피치의 크기에 좌우됨을 알 수 있었다.
4. 열 및 물질전달을 고려할 때 스프링삽입관 중 스프링 직경은 크고 피치는 작은 것이 양호한 값을 나타냄을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 한국과학재단의 연구비(과제번호 : KOSEF 961-1006-050-1) 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Grossman, G. and Heath, M. T., "Simultaneous Heat and Mass Transfer in Absorption of Gases in Turbulent Liquid Films", Int. J. Heat Mass Transfer., Vol, 27, No. 12, pp. 2365~2376, 1984
2. Van der Wekken, B. J. C. and Wassensar, R. H., "Simultaneous Heat and Mass Transfer Accompanying Absorption in a Laminar Flow Over a Cooled Wall", International Journal of Refrigeration, Vol, 11, No. 3, pp. 70~77, 1988
3. Vilet, G. G. and Andberg, J. W., "A Simplified Model for Absorption of Vapors into Liquid Films Flowing Over Cooled horizontal Tubes", ASHRAE Transactions, Vol, 93, Part 2, 1987
4. Miller, W. A. and Perez-Blanco, H., "Vertical-Tube Aqueous LiBr Falling Film Absorption Using Advanced Surfaces", International Absorption Heat Pump Conference, ASME, Vol, 31, pp. 185~202, 1993
5. Persson, L. H. and Holmberg, P. A., "Heat Transfer by Falling Film Desorption of Concentrated Lithium Bromide Aqueous Solutions with Surfactant Octanol Addition", International Absorption Heat Pump Conference, ASME. Vol. 31, pp. 57~63, 1993
6. William, A. M. and Horacio, P. B., "Vertical-Tube Aqueous LiBr Falling Film Absorption Using Advanced Surfaces", Int. Absorption Heat Pump Conf., ASME, pp. 185~202, 1993
7. 西山教之, 岡 雅博, 八橋 元, 井上修行, "吸收器の傳熱評價に關する研究(第2報)", 日本冷凍協會學術講演會講演論文集, pp. 33~36, 1990
8. 윤정인, 김태진, 이재승, 김재돌, 유선일, "수직 액막식 흡수기의 흡수특성", 공기조화냉동공학회 '97 하계 학술 발표회 논문집, pp.392~397, 1997
9. McNeely, L. A., "thermodynamic Properties of Aqueous Lithium Bromide Water Solution", ASHRAE Transactions, Vol.85, Part 1, pp.413, 1979
10. ASHRAE, "ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS", chapter 17, 1993

저 자 소 개



윤정인(尹政仁)

1962년 9월 24일생. 1988년 부산수산대학교 공대 냉동공학과 졸업. 1990년 동대학원 냉동공학과 졸업(석사). 1995년 東京農工大 대학원 기계시스템공학과 졸업(공학박사). 현재 부경대학교 냉동공조공학과 조교수.



권오경(權五卿)

1969년 5월 19일생. 1992년 여수수산대학교 공대 냉동공학과 졸업. 1994년 부산수산대학교 대학원 냉동공학과 졸업(석사). 현재 부경대학교 대학원 냉동공조공학과 박사과정 재학중. 부경대학교 냉동공조공학과 조교



문춘근(文春根)

1971년 5월 7일생. 1997년 부산수산대학교 공대 냉동공학과 졸업. 현재 부경대학교 대학원 냉동공조공학과 석사과정 재학중. 부경대학교 냉동공조공학과 에너지 시스템 연구실, 대학원생