수평관군에서 리튬브로마이드 수용액막의 수증기 흡수과정에 대한 비흡수가스의 영향

김 병 주*, 권 기 석**

Effects of non-absorbable gases in the absorption process of water vapor into the Lithium Bromide-water solution film on horizontal tube bank

B. J. Kim, K. S. Kwon

(Received July November 8, 1999: revision received January 10, 2000)

ABSTRACT

In the present study, the effects of film Reynolds number (60~200) and volumetric content of non-absorbable gases (0~10%) in water vapor on the absorption process of aqueous LiBr solution were investigated experimentally. The formation of solution film on the horizontal tubes of six rows were observed to be complete for Re>100. Transition film Reynolds number were found to exist above which the Nusselt number and Schmidt number diminishes with solution flow rate. As the concentration of non-absorbable gases increased, mass transfer rate decreased more seriously than heat transfer rate did. The degradation effects of non-absorbable gases seemed to be significant especially when small amount of non-absorbable gases were introduced to the pure water vapor.

Key words: Absorption process (흡수과정), Horizontal tube bank (수평관군), Heat and mass transfer (열 및 물질전달), Non-absorbable gases (비흡수가스)

기 호 설 명

A : 면적 [m^2]
C : 리튬브로마이드 수용액의 질량농도 [%]
c_p : 정압비열 [J/kgK]
D : 물질확산계수 [m^2/s]
d : 직경 [m]
g : 중력가속도 [m/s^2]
h : 열전달계수 [W/m^2K]
k : 열전도율 [W/mK]
L : 특성길이 [m]
l : 관길이 [m]
$\dot{m}$: 질량유량 [kg/s]
Nu : Nusselt 수, hL/k
p : 압력 [mmHg]
Pr : Prandtl 수, $\mu c/k$
Q : 열전달율 [W]
Re : Reynolds 수, $4\Gamma/\mu$
Sh : Sherwood 수, $\beta L/D$
T : 온도 [°C]
U : 열관류율 [W/m^2K]

* 정회원, 홍익대학교 기계공학과
(E-mail address : bjkim@wow.hongik.ac.kr)
** 홍익대학교 대학원

y_a : 공기의 체적농도 [%]

그리스문자

β : 물질전달계수 [m/s]
Γ : 단위길이당 질량유량 [kg/ms]
μ : 점도 [Ns/m^2]
ρ : 밀도 [kg/m^3]

하첨자

a : 흡수 혹은 공기
c : 냉각수
exp : 실험
f : 유하액막
i : 액체/기체 계면
in : 입구
lm : 대수 평균
out : 출구
pre : 예측
o : 비흡수가스가 없는 경우

1. 서 론

액체막에 의한 가스나 증기의 흡수과정은 화학공업의 여러분야에서 사용되고 있다. 그 응용분야로는 반응로에서 가스-액체 혼합물의 생성, 증류과정에서 액체로부터 가스의 분리, 가스유동장에서 불순물의 분리, 그리고 흡수식 열펌프에 의한 난방/냉방효과의 형성 등이 있다.

흡수식사이클에서 냉매증기가 흡수제에 흡수되는 흡수기는 그 열 및 물질전달의 기구에 대한 이해가 가장 부족한 요소이다. 특히 흡수제에 의하여 야기되는 구조물의 부식과정에서 발생하는 수소나 외부공기의 유입등에 의해 시스템내에 냉매와 공존하는 비흡수가스는 흡수율을 크게 저하시키는 요인으로 그 영향이 크나 열 및 물질전달에 미치는 정량적인 특성을 제시하는 기초 연구자료는 극히 제한 되어있다.

Burdukov 등[1]과 Vliet과 Cosenza[2], 그리고 Cosenza와 Vliet[3]은 수평관군에 대한 리튬브로마이드 수용액막의 수증기 흡수과정에서 극히 소량의 비흡수가스 (체적농도 2 - 5 %) 가 열 및 물질전달율을 1/2 이하로 감소시키는 것을 실험적으로 확인하였다.

Ameel과 Wood[4]와 Yang과 Wood[5]는 수직관의 외면에 형성된 층류/파동류의 리튬브로마이드 수용액막의 흡수과정에서 공기의 체적 농도의 영향을 실험적으로 해석하였으며 액막 레이놀즈수가 증가할 때 공기에 의한 흡수율의 저하특성이 둔화한다고 주장하였다.

Yang 과 Jou[6]은 파형유하액막의 흡수과정에 대한 비흡수가스의 영향을 수치적으로 해석하고 흡수율은 비흡수가스의 농도에 대해 감소하고 용액유량에 대해 증가한다고 제시하였다.

김병주와 이찬우[7,8]는 수직관 내면에서 리튬브로마이드 수용액막의 흡수전열 과정을 실험적으로 연구하였다. 최대흡수율이 발생하는 최적 액막 레이놀즈수가 존재하며 비흡수가스는 액막의 열 및 물질전달 특성을 크게 저해하고 그 저하율은 낮은 비흡수가스 농도에서 심각하다고 제시하였다.

본 연구에서는 리튬브로마이드 수용액이 수평원관군의 관외측을 따라 액막의 형태로 흘러내릴 때 수용액막의 레이놀즈수와 비흡수가스의 체적농도가 흡수과정의 열전달 및 물질전달에 미치는 영향을 실험적으로 해석하였다. 이 결과는 실질적인 흡수기의 설계 및 흡수기의 최적 운전조건을 도출하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 실험적 연구

2.1 실험장치의 구성 및 방법

본 연구에서는 흡수과정의 실험을 위한 흡수제/냉매로 리튬브로마이드 수용액/수증기를 사용하였다. 흡수전열과정에 대한 실험적 해석은 Fig. 1의 실험장치를 제작하여 수행하였다. 실험장치는 리튬브로마이드 수용액의 재생기, 수용액탱크, 증발기/응축기, 흡수기 그리고 각각의 요소들을 연결하는 배관들로 구성하였다.

흡수기 : 흡수기는 용액분배기, 수평관군, 하부 용액수집조 그리고 관측용 유리창으로 구성되어 있다. 흡수관은 외경 22 mm, 길이 100 mm인 매끄러운 인청동관 6개를 수직방향으로 관군을 구성하여 제작하였다. 흡수기에 유입하는 수용액

은 먼저 흡수기의 상부에 설치된 용액분배기에 모인 다음 자중에 의해 최상단 흡수관에 공급되어 액막의 형태로 수평관군의 관외측을 따라 흘러내린다. 흡수과정에 필요한 수증기는 증발기로부터 흡수기의 하부로 공급된다.

재생기 : 재생기는 체적이 145 리터인 SUS304의 강성용기로 제작되었다. 재생기는 진공펌프에 의해 진공될 수 있도록 용접, 제작되었으며 그 체적은 3시간 이상의 실험을 batch형으로 수행할 수 있도록 설계되었다. 흡수제의 농용화를 위하여 용액 재생용의 가열기(1 kW) 6개가 재생기의 하부에 설치되어 있다.

수용액 탱크 : 리튬브로마이드 수용액 탱크는 흡수과정 후 흡수기로부터 배출되는 수용액의 회수탱크로 체적이 145 리터이며 SUS304로 제작되었다.

증발기 : 증발기는 직경100 mm, 높이 500 mm의 실린더형 체적으로 흡수과정 중 필요한 수증기를 생산하기 위하여 잠입가열기(250 W) 4개가 하부에 설치되어 있다. 증발기 상부에 미세유량 조절밸브를 설치하여 비흡수가스인 공기를 수증

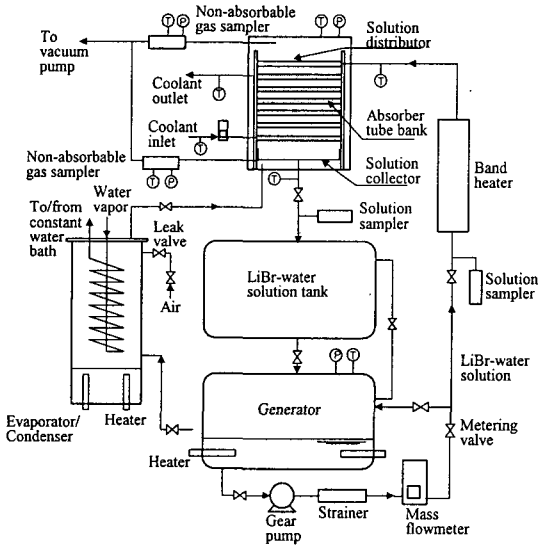

Fig. 1 Experimental setup for the absorption process of water vapor into aqueous LiBr solution film.

기와 혼합하여 흡수기 내로 주입 할 때 공기 주입량을 조절할 수 있도록 하였다.

실험방법 : 재생기에서 그 농도의 조정과정을 거친 LiBr 수용액은 자기식 기어펌프, 필터, 질량유량계 그리고 유량조절용 미터링밸브를 통과한 후 흡수기 상부에 위치한 용액 분배기에 공급된다. 공급된 수용액은 수평관 외면에 유하액막으로 흘러내리면서 증발기로부터 공급되는 수증기를 흡수하고 이 때 발생한 흡수열은 수평관 내측을 유동하는 냉각수에 의해 회수된다. 실험의 반복성과 비흡수가스의 정량화를 위하여 비흡수가스인 공기를 실험중 증발기 상부에 설치된 미세유량 조절밸브를 통하여 지속적으로 공급하며 흡수기 상부에 축적되는 공기량를 흡수기 상부 출구로부터 지속적으로 추기하였다. 정상상태에 이르렀을 때 실험을 종료하며 흡수과정에서 배출된 희용액은 재생기에서의 재생과정을 통하여 그 농도가 다시 조정된다.

계측 및 자료처리 : 흡수과정에 유입·유출되는 수용액은 흡수기의 입·출구에 설치된 채취구로부터 추출하여 온도계가 장착된 비중병 (체적 25 ml)에 의해 그 밀도를 측정하며 온도와 함께 농도를 계산할 때 사용된다. 재생기, 증발기 그리고 흡수기의 압력은 진공압력계 (범위 0.01~760 torr)에 의해 측정된다. 실험에서 측정되는 흡수기의 압력, 흡수기 입·출구에서 리튬브로마이드 수용액의 유량, 온도와 밀도, 그리고 냉각수의 유량과 입·출구에서의 온도측정치 (T형 열전대)들은 자료획득장치 (HP3852A)를 사용하여 개인용 전산기에 기록, 저장되며 실험 후 물질 및 열전달계수의 산정을 위한 자료로 활용된다.

비흡수가스를 채취하기 위한 시료채취병은 스테인레스 용기로서 높이가 13.5 cm, 외경이 5 cm 이며, 시료의 압력과 온도는 시료채취병의 상단부에 장착된 압력계와 T형 열전대에 의해 측정된다.

실험조건 : 실제의 흡수식 시스템은 운전 중 결정화를 방지하기 위하여 농도 60%이하의 리튬브로마이드 수용액을 사용한다. 흡수기에 유입하는 수용액의 농도는 흡수과정에 대한 높은 기동력을 보유하면서도 결정화의 염려가 없는 58%로

Table 1 Range of experimental conditions

	Parameters	Range
Absorption tube	Outer diameter [mm] Length [mm] Pressure [mmHg]	22 100 8.0
Coolant	Temperature [°C] Flowrate [*l*/min]	30 0.8
LiBr-water Solution	Temperature [°C] Flowrate [kg/min] Concentration (%)	40 0.4~1.5 (Re=60~200) 58
Air	Volumetric Concentration (%)	0~10

사용하였다. 본 실험에서는 흡수기의 압력을 일정하게 유지하였으며 실험의 조건 및 범위는 Table 1과 같다. 리튬브로마이드 수용액막 레이놀즈수의 범위 에서 액막의 구조는 층류 혹은 파형층류이다.

2.2 열 및 물질전달에 대한 해석

흡수과정 중 냉각수로의 열전달율은 흡수기 입, 출구에서 냉각수의 온도와 유량에 의해

$$Q = \dot{m}_c\, c_{p,c}\,(T_{c,out} - T_{c,in}) = UA\Delta T_{lm} \quad (1)$$

이며 대수평균온도차 ΔT_{lm}은 다음과 같다.

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{f,in} - T_{c,out}) - (T_{f,out} - T_{c,in})}{\ln \frac{T_{f,in} - T_{c,out}}{T_{f,out} - T_{c,in}}} \quad (2)$$

수용액막의 대류열전달계수는 열관류율과 냉각수의 대류열전달계수로부터

$$\frac{1}{h_f A_f} = \frac{1}{UA} - \frac{1}{h_c A_c} - \ln\left(\frac{r_f}{r_c}\right)/2\pi kl \quad (3)$$

로 계산되며 여기서 r_f와 r_c는 각각 흡수관의 외경 및 내경을 의미하며 k는 흡수관의 열전도계수, l은 흡수관의 길이를 나타낸다.

흡수과정 중 액막의 열전달 특성을 대변하는 누셀트수(Nusselt number)는

$$\mathrm{Nu} = \frac{h_f L_f}{k_f} \quad (4)$$

로 정의되며, 특성길이 L_f는 다음과 같다.

$$L_f = \left(\frac{\mu_f^2}{\rho_f^2 g}\right)^{1/3} \quad (5)$$

흡수과정에서 유하액막의 누셀트수는 액막 레이놀즈수의 함수로 표현되며 이는 다음과 같이 정의되고 있다.

$$\mathrm{Re}_f = \frac{4\Gamma}{\mu_f} \quad (6)$$

여기서 Γ는 단위 길이당의 질량유량이다.

흡수과정 중 수증기의 흡수율은 수용액의 질량보존으로부터 수용액막의 질량유량, 흡수기 입·출구에서 수용액의 농도에 의해 다음과 같이 계산된다.

$$\dot{m}_a = \dot{m}_f\left(\frac{C_{in}}{C_{out}} - 1\right) \quad (7)$$

유하액막에서 액체/증기 계면은 흡수기내에서 용액의 압력 및 온도와 함께 평형상태에 있다. 계면에서 물의 밀도(ρ_i)와 유하액막의 물의 평균밀도(ρ) 사이에서의 대수평균밀도차($\Delta\rho_{lm}$)는 다음과 같이 정의된다.

$$\Delta\rho_{lm} = \frac{(\rho_{i,in} - \rho_{in}) - (\rho_{i,out} - \rho_{out})}{\ln \frac{\rho_{i,in} - \rho_{in}}{\rho_{i,out} - \rho_{out}}} \quad (8)$$

유하액막에 의한 흡수과정의 물질전달계수는

$$\beta_f = \frac{\dot{m}_a}{\Delta\rho_{lm} A} \quad (9)$$

이며 셔우드수는 다음과 같이 정의된다.

$$\mathrm{Sh} = \frac{\beta_f L_f}{D_f} \quad (10)$$

비흡수가스인 공기의 체적농도는 공기-수증기 혼합가스를 응결 (freezing)하여 측정하였다. -60°C이하로 수증기를 응결시키면 수증기의 부분압이 공기의 부분압에 비해 무시할 수 있을만큼 작아진다. 응결전의 수증기-공기 혼합물의 온도 및 압력을 T_1 및 p_1, 응결후의 값을 T_2 및 p_2라고 할 때 흡수기내 공기의 체적농도는 이상기체의 거동으로 가정하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$y_a = \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2} \tag{11}$$

3. 결과 및 고찰

유하액막의 열 및 물질전달은 수용액의 유량, 온도 및 농도, 시스템의 압력 그리고 흡수기 내면의 기하학적 형상에 크게 의존한다. 수용액막의 수증기 흡수현상은 리튬브로마이드 수용액 내의 수증기압력과 수증기/공기 혼합기체의 수증기 압력의 차이에 의해 발생한다. LiBr 수용액의 수증기압력은 온도와 농도에 의해서 결정되며, 수용액의 수증기압력이 냉매 중의 수증기압력보다 낮을 때 기체와 액체 사이의 계면을 통해 냉매증기는 LiBr 수용액 내로 흡수된다. 이때 발생하는 흡수열은 관 내측을 흐르는 냉각수에 의해 회수된다.

본 실험에서는 흡수관 내측에 와이어-코일 스프링(wire-coil spring)을 삽입함으로써 관내 난류를 촉진하여 냉각수측의 열전달계수를 증가시켰다. 스프링을 장착한 관내측의 열전달 계수는 별도의 열전달실험을 통하여 입구영역을 고려한 다음과 같은 상관식으로 유도하였다.

$$Nu_c = 0.35\,Re_c^{0.475}\,Pr_c^{0.33}\,(d/l)^{0.015} \tag{13}$$

여기서 d와 l은 관의 직경과 길이이다.

Fig. 2는 실험적 결과로부터 도출된 누셀트수(Nu_{exp})와 상관식으로부터 예측된 누셀트수(Nu_{pre})를 비교하여 보여주고 있다. 본 상관식의 평균오차는 15%이다.

본 연구에서는 관군을 형성하기 위하여 6열의 관을 사용하였으며, 용액분배기로부터 공급된 수용액이 수평관상에 액막의 형태로 유동하는지 여부는 흡수기에 설치된 관측창을 통하여 관찰하였다. 액막 레이놀즈수가 100이상일 때 모든 수평관의 표면이 완전히 적셔짐을 확인하였다. 그러나 이보다 낮은 액막 레이놀즈수에서 관 표면의 일부는 액막에 의해 부정기적으로 적셔지며 본 실험에서 고려한 액막 레이놀즈수의 전 범위에서 액막 표면에 미세한 파동이 형성되었다.

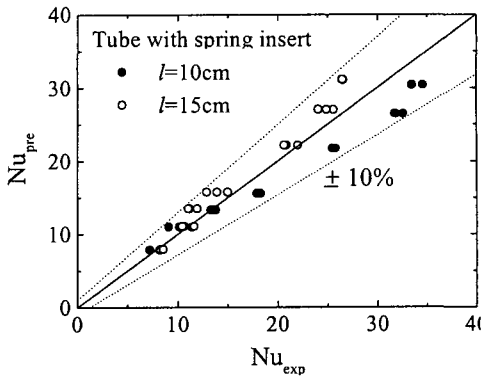

Fig. 2 Comprison of experimental data with prediction.

Fig. 3과 4는 비흡수가스의 체적농도가 0.13%와 2.0%일 때 유하액막의 열전달계수와 누셀트수에 대한 액막 레이놀즈수의 영향을 보여주고 있다. 공기의 체적농도에 관계없이 누셀트수에 대한 액막 레이놀즈수의 영향은 정성적으로 동일한 경향을 보여주고 있다. 즉 누셀트수는 액막 레이놀즈수가 150정도일 때 가장 크며 액막 레이놀즈수가 이보다 크거나 작을 때 누셀트수는 감소하는 경향을 보여 주고 있다. 물론 비흡수가스의 체적농도가 증가 하면 누셀트수는 본 실험에서 고려한 액막 레이놀즈수의 전 범위에 대하여 감소한다.

누셀트수가 최대치를 나타내는 최적 액막 레이놀즈수에서 유하액막의 두께는 0.4 mm정도로 예측된다. 액막 레이놀즈수가 150보다 작을 때 특히 액막 레이놀즈수가 100미만일 때 누셀트수가 작은 것은 낮은 수용액유량에서 유하액막의 형성이 하단부의 수평관에서 완전하기 못하기 때문으로 고려된다. 또한 액막 레이놀즈수가 150보다 크면 유하액막의 형성은 양호하나 액막두께가 증가하여 열전달저항이 증가하기 때문에 누셀트수는 감소할 것이다.

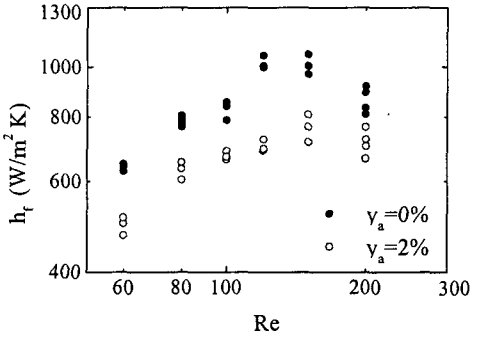

Fig. 3 Effect of film Reynolds number on heat transfer coefficient.

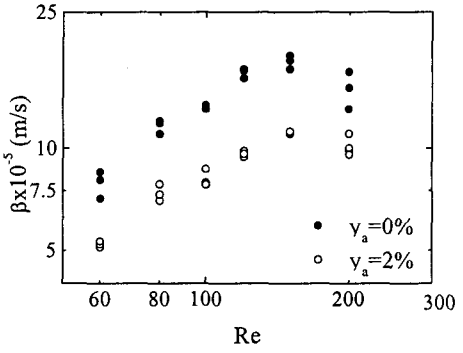

Fig. 5 Effect of film Reynolds number on mass transfer coefficient.

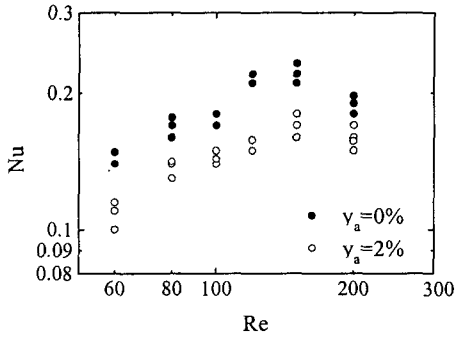

Fig. 4 Effects of film Reynolds number on Nusselt number.

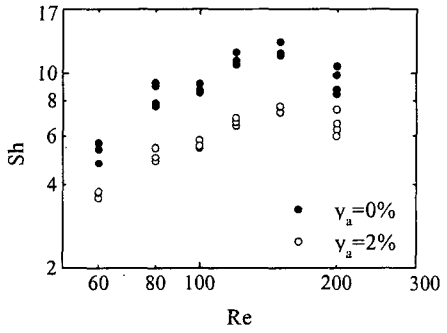

Fig. 6 Effects of film Reynolds number on Sherwood number.

실제 시스템의 경우 흡수특성을 향상시키기 위하여 2-에틸-1-헥사놀등의 계면활성제를 수용액에 혼합하여 사용한다. 계면활성제가 수용액에 혼합될 경우 표면장력의 감소 및 마랑고니 효과에 의해 액막의 혼합과 계면의 난류특성이 증가하여 액막의 물질전달 저항이 감소하므로 흡수율은 크게 증가한다. 만약 계면활성제에 의해 계면의 난류특성이 증가하면 이는 인접한 비흡수가스층을 교란할 수 있으며 이 때 비흡수가스에 의한 흡수율의 저하는 계면활성제가 사용되지 않은 경우에 비하여 상대적으로 둔화될 수도 있을 것이다.

Fig. 5와 6은 흡수기내의 비흡수가스의 체적농도가 0.13%와 2.0%일 때 액막 레이놀즈수와 물질전달계수 및 셔우드수의 관계를 나타낸 것이다. 물질전달특성도 수용액막의 열전달특성과 유사한 경향을 보여주고 있다. 본 실험에서 최대흡수율을 나타내는 액막 레이놀즈수 150을 경계로 하여 액막 레이놀즈수가 150보다 작을 때 셔우드수는 서서히 증가하다가 액막 레이놀즈수가 150 이상이 되면 다시 서서히 감소하는 추세를 보이고 있다. 이러한 특성은 누셀트의 경우와 동일한 물리적 이유에서 설명될 수 있다.

Fig. 3 ~ Fig. 6이 제시하는 열전달계수, 누셀트수, 물질전달계수, 그리고 셔우드수는 매끄러운 유하액막의 경우에 대한 예측과는 크게 다르다. 완전 발달된 매끄러운 유하액막이 수평관 외벽에 완전하게 형성될 경우 액막 레이놀즈수가 증가하면 액막이 두꺼워지므로 열 및 물질전달저항이 증가하여 액막 누셀트수와 셔우드수는 감소할 것이다. 그러나 본 실험의 결과는 액막 레이놀즈수 150을 정점으로 하여 그 이상 혹은 그 이하의

액막 레이놀즈수에서 열 및 물질전달이 저하됨을 보여주고 있다.

LiBr 수용액의 경우 그 표면장력은 매우 크고 금속표면과의 적심특성이 불량하여 낮은 액막 레이놀즈수에서 액막이 형성되는 대신 수용액은 세류 (rivulet)를 형성하여 관벽의 일부분을 적시며 흘러 내릴 것으로 예상된다. 그러므로 최대 열 및 물질전달 특성이 나타나는 최적 액막 레이놀즈수 이하에서 액막 레이놀즈수가 증가할 때 액막 형성의 향상과 계면파동의 영향으로 누셀트수와 셔우드수는 도리어 증가할 것으로 추측된다.[7,9] 그러나 수용액의 유량이 충분하여 액막이 완전히 형성될 경우 수용액유량의 증가는 액맥두께의 증가를 야기하여 열 및 물질전달저항이 증가하나 계면의 파동에 의한 혼합효과는 수용액유량의 증가에 대해 선형적으로 증가하지 않으므로 결국 누셀트수와 셔우드수는 다시 감소하게 될 것이다. 최적 액막 레이놀즈수는 액막의 완전도, 액막의 두께, 그리고 계면파동에 의한 혼합효과의 함수로서 수용액과 관벽 사이의 접촉각, 계면 전단응력 그리고 수용액의 물리적 상태량과 흡수기의 구조에 따라 다른 값을 가질 수도 있을 것이다. Fig. 3~6은 열전달과 물질전달 간의 상사성을 잘 보여주고 있다.

Fig. 7은 비흡수가스의 체적농도가 액막 누셀트수에 미치는 영향을 보여주고있다. 여기서 Nu_0는 비흡수가스가 없는 경우에 대한 누셀트수로서 Nu/Nu_0는 비흡수가스에 의한 열전달특성의 저하를 의미한다. 실험의 경우 수용액 속에 극소량의 비흡수가스가 용해되어 있거나 흡수장치의 배관부를 통하여 공기가 유입될 수 있으며 혹은 시스템내에서 강재의 부식으로 가스가 발생하므로 비흡수가스가 전혀 없는 경우에 대한 실험은 불가능하였다. 따라서 Fig. 7은 비흡수가스량의 체적농도를 최저로 유지할 수 있는 y_a=0.13% 경우를 기준으로 하여 도시하였다.

비흡수가스의 체적농도가 0.13%에서 2%로 증가할 때 수용액의 열전달계수인 누셀트수의 감소량은 19% 그리고 5%로 증가할 때 31% 감소하여 비흡수가스의 영향이 큼을 알 수 있다. 수직관 외측에서 유하액막의 흡수과정 중 공기의 영향을 실험한 Yang 과 Wood[5]의 결과가 함께 도시되어 있으며 본 실험의 결과와 큰 차이를 보여주고 있다.

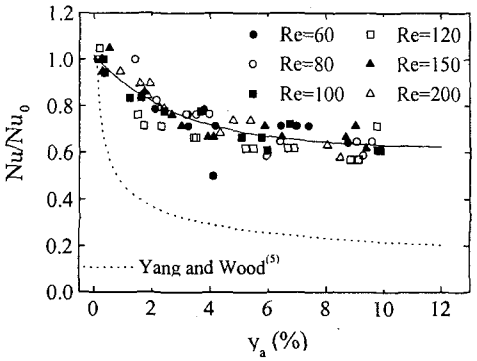

Fig. 7 Effects of non-absorbable gas on the mean film Nusselt number.

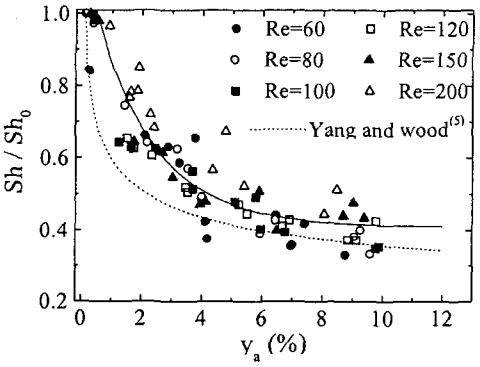

Fig. 8 Effects of non-absorbable gas on the mean film Sherwood number.

Fig. 8는 흡수과정시 수용액막의 물질전달특성에 대한 비흡수가스의 영향을 보여주고 있다. Sh/Sh_0는 해당되는 액막 레이놀즈수에서 비흡수가스가 있는 경우의 흡수율을 순수 수증기만이 존재하는 경우의 흡수율로 나눈 값으로 흡수비(absorption ratio)로 정의될 수 있다. 결국 흡수비는 비흡수가스에 의한 흡수율의 저하를 대변하는 무차원수이다. 체적농도가 0.13%에서 2%로 증가할 때 물질전달계수의 감소율은 38%, 5%로 증가하였을 때 50%로 나타났다. 물질전달의 저하율은 순수 수증기에 소량의 비흡수가스가 첨가될 때 심각하며 열전달 특성의 저하는 물질전달에 비해 상대적으로 작음을 알 수 있다. 또한 Fig. 8은 액막레이놀즈수가 클수록 비흡수가스의 영향이 감소하여 흡수비가 증가함을 정성적으로 보여

주고 있으며 이는 Vliet과 Cosenza의 주장을 뒷받침하고 있다.[2] 높은 액막레이놀즈수에서 액막 표면의 파동이 기상내의 경계층을 교란하여 농도 구배를 증가시키므로 물질전달은 증가할 수 있다. 물질전달의 경우 Yang 과 Wood[5]가 제시한 결과는 본실험의 결과와 상대적으로 잘 일치하는 경향을 보여주고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 리튬브로마이드 수용액이 수평관군의 외측을 따라 액막의 형태로 흘러 내릴 때 수증기와의 흡수전열 과정을 실험적으로 해석하였다. 흡수전열 특성에 영향을 미치는 주요 변수 중 냉매에 포함된 비흡수가스인 공기의 체적농도 (0.13%~10%)가 흡수과정의 열 및 물질전달 특성에 미치는 영향을 리튬브로마이드 수용액막 레이놀즈수의 함수 (60~200)로 해석하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

(1) 비흡수가스는 액막의 열 및 물질전달 특성을 크게 저해하며 그 저하율은 특히 낮은 비흡수가스의 체적농도에서 심각하다.

(2) 비흡수가스에 의한 유하액막의 열전달 특성의 감소율은 물질전달 특성에 비해 상대적으로 둔감하다.

(3) 물질전달을 저해하는 비흡수가스의 영향은 액막레이놀즈수가 증가함에 따라 상대적으로 감소한다.

후 기

이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제연구비 (과제번호 1997-001-E00113)에 의하여 연구되었으며 관계자 여러분에게 감사드립니다.

REFERENCE

1. Burdukov, A. P., Bufetov, N. S., Deriy, N.P., Dorokhov, A. R., and Kazakov, V. I., 1980, Experimental study of the absorption of water vapor by thin films of aqueous lithium bromide, Heat Transfer-Soviet Research, Vol, 12, pp.118-123.
2. Vliet, G. C., and Cosenza, F. B., 1992, Absorption phenomena in water-lithium bromide films, Proc. Absorption Heat Pump Conf., pp. 53-61.
3. Cosenza, F. B., and Vliet, G. C., 1990, Absorption in falling water/LiBr films on horizontal tubes, ASHRAE Transactions, Vol. 96, Part I, pp. 693-701.
4. Ameel, T. A., and Wood., B. D., 1992, Non-absorbable gas effects on heat and mass transfer in wavy laminar falling film absorption, Solar Engineering, Vol. 1, ASME, pp. 219-228.
5. Yang, R., and Wood, B. D., 1993, Experimental study for heat and mass transfer in wavy film absorption with the presence of non-absorbable gases, Chem. Eng. Comm, Vol. 125, pp. 77-90.
6. Yang, R., and Jou, T., 1998, Non-absorbable gas effect on the wavy film absorption process, Int, Journal of Heat and Mass transfer, Vol. 41, pp. 3647-3668.
7. Kim, B. J., and Lee, C. W., 1998, Effects of non-absorbable gases on the absorption process of LiBr solution film in vertical tube : (1) Experimental study, J of KSME(B), Vol. 22, No. 4, pp. 489-498.
8. Kim, B. J., and Lee, C. W., 1998, Effects of non-absorbable gases on the absorption process of LiBr solution film in vertical tube : (2) Theoretical study, J of KSME(B), Vol. 22, No. 4, pp. 499-509.
9. Hikita, H., Nakanishi, K., and Kataoka, T., 1959, Liquid phase mass transfer in wetted-wall columns, Chem. Eng., Tokyo, Vol. 23, No. 7, pp. 459-466.