

# 암모니아/물 흡수식 냉동기의 대향류 판형 재생기의 수치모델

지 제 환, 정 은 수\*, 정 시 영\*

홍익대학교 기계·시스템디자인공학과, \*서강대학교 기계공학과

## A Numerical Model of a Counter-current Plate Type Generator for Ammonia/Water Absorption Refrigerators

Je Hwan Ji, Eun Soo Jeong<sup>†</sup>, Siyoung Jeong<sup>\*</sup>

Department of Mechanical and System Design Engineering, Hongik University, Seoul 121-791, Korea

<sup>\*</sup>Department of Mechanical Engineering, Sogang University, Seoul 121-742, Korea

(Received May 22, 2001; revision received September 4, 2001)

**ABSTRACT:** A numerical model which simulates the flow boiling process of the ammonia/water solution within a plate type generator for ammonia/water absorption refrigerators was developed. The ammonia/water solution flows downward under gravity and the ammonia/water vapor generated by flow boiling flows upward. The heating medium flows counter to the ammonia/water solution. The flow pattern within the generator was assumed to be a bubbly flow, and the liquid and vapor phases were assumed to be saturated. It was shown that the boiling of ammonia occurred mainly in the upper part of the generator. The effects of the heating medium inlet temperature, the mass flow rate of the heating medium and the mass flow rate of ammonia/water solution into the generator on the generation of ammonia/water vapor were investigated.

**Key words:** Plate type generator(판형 재생기), Counter-current(대향류), Ammonia/water(암모니아/물), Absorption refrigerator(흡수식 냉동기), Numerical model(수치모델)

### 기 호 설 명

$A_c$ : 단면적 [m <sup>2</sup> ]	$h_{fp}$ : 유동비등 열전달계수 [W/m <sup>2</sup> ·K]
$C$ : 암모니아의 질량분율 [kg/kg]	$j$ : 결보기 속도 [m/s]
$\dot{m}$ : 물질전달량 [kg/s]	$L$ : 재생기의 길이 [m]
$D_h$ : 수력지름 [m]	$\dot{m}$ : 질량유량 [kg/s]
$f_i$ : Fanning의 마찰계수	$p$ : 압력 [Pa]
$g$ : 중력가속도 [m/s <sup>2</sup> ]	$P$ : 집수길이 [m]
$h$ : 비엔탈피 [J/kg]	$\dot{Q}$ : 열전달률 [W]
	$q''$ : 열유속 [W/m <sup>2</sup> ]
	$T$ : 온도 [K]
	$u$ : z-방향 속도 [m/s]
	$z$ : 재생기의 길이 방향 좌표 [m]
	$\Delta z$ : 검사체적의 z-방향 길이 [m]

<sup>†</sup> Corresponding author  
Tel.: +82-2-320-1676; fax: +82-2-322-7003  
E-mail address: esjeong@wow.hongik.ac.kr

**그리스 문자**

- $\alpha$  : 기공률
- $\mu$  : 점성계수 [Pa · s]
- $\rho$  : 밀도 [kg/m<sup>3</sup>]
- $\sigma$  : 표면장력 [N/m]

**하첨자**

- $g$  : 기체
- $hm$  : 가열매체
- $i$  : 검사체적의 번호
- $l$  : 액체
- $NH_3$  : 암모니아
- $total$  : 암모니아+물
- $w$  : 재생기 벽면

**1. 서 론**

흡수식 열펌프는 하절기의 전력수요를 경감시킬 수 있고, 오존층 파괴의 주요인인 CFC계 냉매를 사용하지 않으며, 시스템의 효율이 높다는 장점들을 갖고 있어서 중·대형 건물의 냉난방에 널리 사용되고 있다. 최근에는 가정용 및 소형 상업용으로 암모니아/물을 사용하는 흡수식 열펌프를 개발하려는 연구들이 활발히 진행되고 있다.<sup>(1)</sup>

암모니아/물 흡수식 시스템에서 재생과정을 통하여 생성되는 암모니아/물 혼합증기의 암모니아 농도는 시스템의 냉동능력과 성능계수를 결정하는 주요 인자이므로,<sup>(2)</sup> 재생기의 성능은 시스템의 성능에 큰 영향을 미친다. 재생기에서 생성되는 혼합증기의 암모니아 농도를 높이기 위해서는 대향류 재생과정을 채택하는 것이 유리하다. 암모니아 수용액의 비등을 통하여 발생하는 암모니아/물의 혼합증기가 재생기로 공급되는 상대적으로 온도가 낮은 암모니아 수용액에 의하여 정류될 수 있기 때문이다. 또한, 열 및 물질전달을 향상시키고 시스템의 소형화를 위하여 판형 열교환기를 재생기로 사용하려는 연구들이 진행되고 있다.<sup>(1,2)</sup> 특히, 100℃ 이하의 저온 열원을 이용하는 흡수식 시스템의 경우 미소 온도차를 이용하여 저온 열원의 에너지를 최대한 회수하고 암모니

아/물 혼합증기를 발생시켜야 하므로, 채택할 수 있는 재생기의 구조는 열 및 물질전달 특성이 우수한 대향류 판형 열교환기로 제한된다.

재생기의 열 및 물질전달 특성에 대한 연구는 예상 외로 그다지 많지 않다.<sup>(3)</sup> 리튬브로마이드/물 흡수식 시스템의 경우 재생기는 소용량을 중심으로 발생증기의 상승효과를 이용하는 기포 제트(bubble jet)형이 사용되었으며, 비등 특성에 대한 실험적 연구가 수행되었다.<sup>(3,4)</sup> Furukawa et al.<sup>(5)</sup>은 재생기 내부의 유동비등 열전달과정에 대한 실험에서 기포 유동을 기공률을 측정하여 해석하였다. Shailesh et al.<sup>(6)</sup>은 유동비등형 동향류(concurrent) 재생기와 유하액막식 흡수기로 이루어진 GAX(Generator Absorber heat eXchange) 성분을 해석할 수 있는 해석 프로그램을 제시하였다.

본 연구에서는 암모니아/물을 작동유체로 사용하는 흡수식 시스템의 대향류 판형 재생기에서 일어나는 암모니아/물 용액의 유동비등(flow boiling) 과정을 수치적으로 해석할 수 있는 모델을 제시하였다. 액상과 기상에 분리유동 모델(separated flow model)을 적용하였으며, 드리프트-플럭스 모델(drift-flux model)을 사용하여 기공률(void fraction)을 구하였다. 이 모델을 이용하여 재생기 내부의 온도, 암모니아의 질량분율, 그리고 기공률의 분포를 구하였다. 또한, 가열매체의 온도, 가열매체의 질량유량, 그리고 재생기로 들어오는 암모니아 수용액의 질량유량이 재생기의 성능에 미치는 영향을 알아보았다.

**2. 해석모델**

Fig. 1은 대향류 판형 재생기의 개략도를 나타낸다. 재생기의 상부로 공급되는 암모니아 수용액은 중력에 의하여 하부로 유동하면서 판(plate)의 외부를 상향 유동하는 가열매체에 의하여 가열된다. 판의 표면에서 발생된 혼합증기의 기포(bubble)들은 연속적인 암모니아 수용액 사이를 분산된 작은 기포들의 형태를 유지하며 유동하지만, Fig. 1에서는 편의상 액상과 기상이 완전히 분리되어 유동하는 것처럼 나타내었다. 유동비등 과정에 의하여 생성되는 기포는 상향 유동하므로 기/액 2상 대향류 유동이 형성된다. 혼합증기는 상향 유동하면서 상대적으로 온도가 낮은 암모니

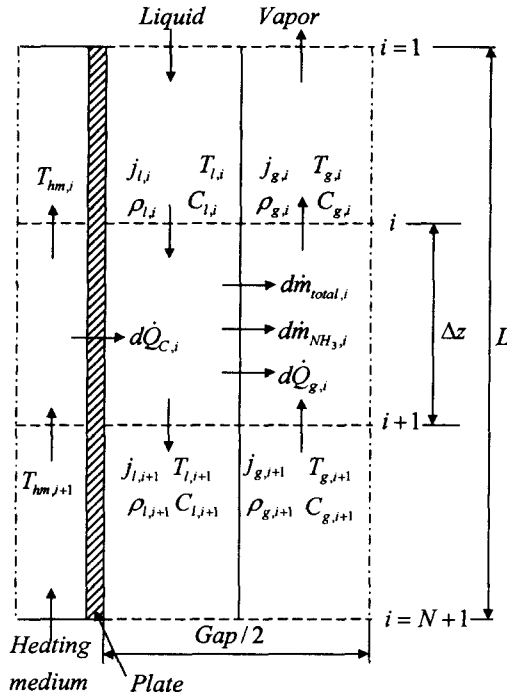


Fig. 1 Schematic of a plate type generator.

아 수용액에 의하여 냉각되므로 온도가 낮아지고 혼합증기의 암모니아 농도는 높아진다.

본 연구에서 사용한 주요 가정들은 다음과 같다.

(1) 암모니아 수용액과 암모니아/물 혼합증기는 온도가 같고 포화상태이다.

(2) 액상에서 기상으로의 물질전달은 액체의 비등에 의하여 일어나므로 암모니아 수용액과 기포 사이의 열 및 물질전달의 저항들은 무시할 수 있다.<sup>(6)</sup>

(3) 재생기 내부의 유동 양식은 기포류(bubbly flow)이다.

(4) 재생기에서 생성된 기포는 모두 상향 유동한다. 즉, 재생기의 하단으로 나가는 기포는 없다.

## 2.1 지배방정식

Fig. 1에 나타낸 검사체적 내부의 액상과 기상에 각각 질량보존, 암모니아의 질량보존, 그리고 에너지보존 법칙들을 적용하면 다음과 같다.

$$\rho_{l,i} j_{l,i} A_c - \rho_{l,i+1} j_{l,i+1} A_c = d\dot{m}_{total,i} \quad (1)$$

$$\rho_{g,i} j_{g,i} A_c - \rho_{g,i+1} j_{g,i+1} A_c = d\dot{m}_{total,i} \quad (2)$$

$$\rho_{l,i} j_{l,i} C_{l,i} A_c - \rho_{l,i+1} j_{l,i+1} C_{l,i+1} A_c = d\dot{m}_{NH_3,i} \quad (3)$$

$$\rho_{g,i} j_{g,i} C_{g,i} A_c - \rho_{g,i+1} j_{g,i+1} C_{g,i+1} A_c = d\dot{m}_{NH_3,i} \quad (4)$$

$$\rho_{l,i} j_{l,i} h_{l,i} A_c - \rho_{l,i+1} j_{l,i+1} h_{l,i+1} A_c + d\dot{Q}_{c,i} - d\dot{Q}_{g,i} = 0 \quad (5)$$

$$\rho_{g,i} j_{g,i} h_{g,i} A_c - \rho_{g,i+1} j_{g,i+1} h_{g,i+1} A_c - d\dot{Q}_{g,i} = 0 \quad (6)$$

여기서 암모니아 수용액의 겉보기 속도  $j_l$ 의 양 (+)의 방향은 하향 유동이고, 기체의 겉보기 속도  $j_g$ 의 양의 방향은 상향 유동이다.

기포류에 대한 압력 강하는 다음과 같이 표현된다.<sup>(7)</sup>

$$p_{i+1} - p_i = [(1 - \alpha_i) \rho_{l,i} + \alpha_i \rho_{g,i}] g \Delta z - \frac{2f_i \Delta z}{D_h} \rho_{l,i} u_{l,i}^2 \quad (7)$$

식(7)의 우변의 첫번째 항은 중력에 의한 압력 상승, 두번째 항은 마찰에 의한 압력 강하를 각각 나타낸다.

식(1)과 (2), 식(3)과 (4), 그리고 식(5)와 (6)에서 다음의 관계들을 각각 구할 수 있다.

$$\rho_{l,i+1} j_{l,i+1} - \rho_{g,i+1} j_{g,i+1} = \rho_{l,i} j_{l,i} - \rho_{g,i} j_{g,i} \quad (8)$$

$$\rho_{l,i+1} j_{l,i+1} C_{l,i+1} - \rho_{g,i+1} j_{g,i+1} C_{g,i+1} = \rho_{l,i} j_{l,i} C_{l,i} - \rho_{g,i} j_{g,i} C_{g,i} \quad (9)$$

$$\rho_{l,i+1} j_{l,i+1} h_{l,i+1} - \rho_{g,i+1} j_{g,i+1} h_{g,i+1} = \rho_{l,i} j_{l,i} h_{l,i} - \rho_{g,i} j_{g,i} h_{g,i} + \frac{d\dot{Q}_c}{A_c} \quad (10)$$

식(8)과 식(9)에서 액상과 기상의 겉보기 속도(superficial velocity)를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$j_{l,i+1} = [\rho_{l,i} j_{l,i} (C_{g,i+1} - C_{l,i}) - \rho_{g,i} j_{g,i} (C_{g,i+1} - C_{g,i})] / [\rho_{l,i+1} (C_{g,i+1} - C_{l,i+1})] \quad (11)$$

$$j_{g,i+1} = [\rho_{l,i} j_{l,i} (C_{l,i+1} - C_{l,i}) + \rho_{g,i} j_{g,i} (C_{g,i} - C_{l,i+1})] / [\rho_{g,i+1} (C_{g,i+1} - C_{l,i+1})] \quad (12)$$

드리프트-플럭스 모델에서 기공률  $\alpha$ 는 다음과 같이 표현된다.<sup>(8)</sup>

$$\alpha = \frac{j_g}{C_0(j_g - j_l) + u_{gi}} \quad (13)$$

대향류 기/액 2상 유동에서 기포류는 기공률  $\alpha$ 가 0.3 이하일 경우에만 존재할 수 있다.<sup>(8)</sup> 기포류에 대하여  $C_0=1.0$ 이고, 기포와 주위 액체의 상대속도  $u_{gi}$ 는 다음과 같이 표현된다.<sup>(9)</sup>

$$u_{gi} = 1.53 \left[ \frac{\sigma g (\rho_f - \rho_g)}{\rho_f^2} \right]^{1/4} \quad (14)$$

가열매체에 대한 에너지보존식은 다음과 같다.

$$\dot{m}_{hm} C_{hm} (T_{hm,i+1} - T_{hm,i}) = d\dot{Q}_{c,i} \quad (15)$$

### 2.2 열전달 관계식과 마찰계수

재생기 벽과 암모니아 수용액 사이의 열전달률은 Jung et al.<sup>(10)</sup>이 제시한 혼합냉매의 2상 강제대류 비등 열전달계수를 사용하여 구하였다. 재생기 내부의 압력 강하를 구하기 위해 Fanning의 마찰계수<sup>(11)</sup>를 사용하였다.

### 3. 수치해석방법

암모니아 수용액의 비등과정은 암모니아 수용액의 입구에서 출구 방향으로 계산을 수행하였다. 입구( $z=0$ )의 기공률  $\alpha_1$ 을 가정하여 출구( $z=L$ )에서의 기상의 걸보기 속도  $j_{g,N+1}$ 가 0이 될 때까지 반복 계산을 하였다. 계산순서는 다음과 같다.

- (1) 가열매체의 온도분포를 가정한다.
- (2) 입구의 기공률  $\alpha_1$ 을 가정한다( $i=1$ ).

(3) 식(13)에서  $j_{g,1}$ 을 구한다.

(4) 식(7)에서  $p_{i+1}$ 을 계산한다.

(5)  $T_{i+1}$ 을 가정하여  $\rho_{l,i+1}$ ,  $\rho_{g,i+1}$ ,  $C_{l,i+1}$ ,  $C_{g,i+1}$ ,  $h_{l,i+1}$ ,  $h_{g,i+1}$ 를 구한다.

(6) 식(11)과 (12)에서  $j_{l,i+1}$ 과  $j_{g,i+1}$ 를 구하고, 식(13)을 이용하여  $\alpha_{i+1}$ 을 계산한다.

(7) 가열매체에서 액상으로서의 열전달률  $d\dot{Q}_c$ 를 계산한다.

$$d\dot{Q}_{c,i} = P \Delta z \frac{q_i'' + q_{i+1}''}{2} \quad (16)$$

$$q_i'' = (T_{hm,i} - T_i) / R_{total} \quad (17)$$

여기서,  $R_{total}$ 은 가열매체와 재생기 벽 사이의 대류에 의한 열전달 저항, 벽의 전도 저항, 그리고 벽과 암모니아 수용액 사이의 유동비등에 의한 열전달 저항을 합한 단위면적당의 열 저항이다.

(8) 에너지보존식 (10)이 만족되는지 확인한다. 만약 식(10)이 만족되지 않으면  $T_{i+1}$ 을 새로 가정하여 (5)~(8)의 과정을 반복한다.

(9)  $i=2, 3, \dots, N$ 에 대하여 (4)~(8)의 과정을 반복한다.

(10)  $j_{g,N+1}=0$ 이 되는지 확인한다. 만약  $j_{g,N+1}$ 이 0이 아니면  $\alpha_1$ 을 다시 가정하여 (3)~(9)의 과정을 반복한다.

(11) 식(15)를 사용하여 가열매체의 온도분포를 구한다. 새로 계산된 가열매체의 온도분포가 가정한 값들과 같을 때까지 (2)~(10)의 과정을 반복한다.

### 4. 결과 및 고찰

Table 1은 본 연구에서 사용된 판형 재생기의 제원과 기준 작동조건들을 보여준다. 판의 길이는 1m이고, Fig. 1의 판과 판 사이의 간격(gap)은 0.003m, 그리고 종이에 수직인 방향으로의 판의 폭(width)은 0.1m이다. 암모니아/물 혼합물의 물성치는 Ziegler and Trepp<sup>(12)</sup>이 제시한 관계식을 사용하여 구하였다.

Fig. 2는 암모니아 수용액, 재생기 벽, 그리고 가열매체의 온도의 변화를 보여준다. 가정 (1)에

Table 1 Geometry and operating conditions of the generator

Parameter	
Length (m)	1.0
Gap (m)	0.003
Width (m)	0.1
System pressure (bar)	15.0
Solution inlet temperature (K)	348.15
Solution inlet flow rate (kg/s)	0.0065
Heating medium inlet temp. (K)	368.15
Heating medium flow rate (kg/s)	0.07

따라 암모니아/물 혼합증기의 온도는 암모니아 수용액과 같다. 온도가 높은 가열매체는 상향 유동하고 온도가 낮은 암모니아 수용액은 하향 유동하므로 재생기 하부로 갈수록 가열매체, 벽, 그리고 암모니아 수용액의 온도가 모두 상승한다. 재생기의 하부로 갈수록 온도의 변화들이 작아지고, 재생기 벽과 암모니아 수용액 사이의 온도차가 작아지는 것을 볼 수 있다.

가열매체에서 액상에서의 열유속과 액상에서 기상으로의 열유속, 그리고 액상에서 기상으로 비등하는 암모니아의 질량유속을 Fig. 3에 나타내었다. 액상에서 기상으로 전달되는 열유속과 암모니아의 질량유속은 재생기 벽과 액상의 접촉면적을 기준으로 환산된 값들이다. 재생기 하부로 갈수록 열유속들과 암모니아의 질량유속은 크게 감소한다. 재생기 벽에서 액상으로 전달된 열의 대부분은 암모니아를 비등시키는 데 사용되고, 나머지가 액체의 온도를 상승시키는 데 사용되는 것을 볼 수 있다.

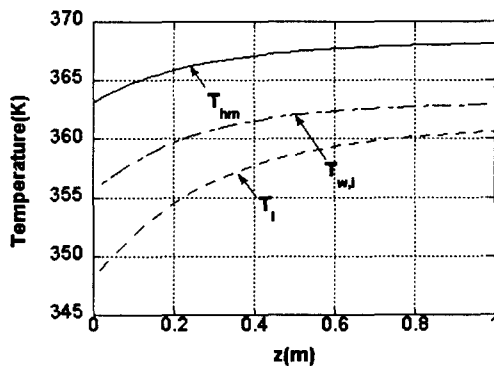


Fig. 2 Temperature profiles.

Fig. 4는 액상과 기상의 암모니아 질량분율의 변화를 보여준다. 재생기 상부에서 액상에서 기상으로 비등하는 암모니아의 질량유속이 크므로 암모니아 수용액의 질량분율이 크게 감소하는 것을 볼 수 있다. 재생기를 나가는 기상의 질량분율이 약 0.99로 상당히 높은데, 이것은 기포가 상승하며 암모니아 수용액과 접촉하여 정류되기 때문으로 생각된다. 대항류 재생기에서는 발생된 기포가 암모니아 수용액과 열 및 물질전달을 할 수 있는 기회가 제공되는데, 이 과정은 정류기에서 일어나는 정류과정과 유사하다.<sup>(13)</sup> 재생기로 들어가는 암모니아 수용액의 온도, 압력, 질량분율은 저온 열원을 이용할 수 있는 VX(Vapor eX-change) 사이클의 고압 재생기의 조건을 사용하였기 때문에 VX 사이클의 저압 재생기나 단효용(single effect) 사이클의 재생기에 비하여 암모니아의 질량분율이 높다.<sup>(14)</sup>

액막(liquid film)형 재생기에서는 액상과 기상

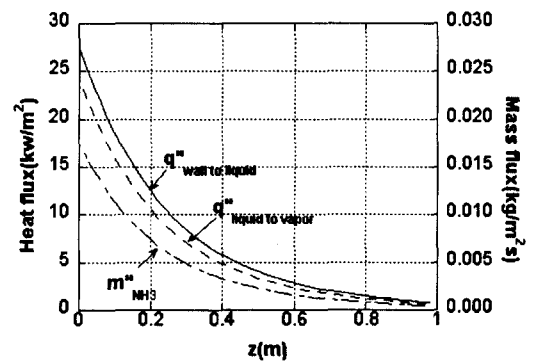


Fig. 3 Variation of heat fluxes and ammonia mass flux.

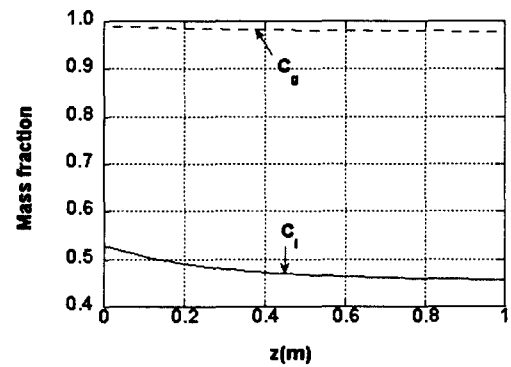


Fig. 4 Mass fraction profiles.

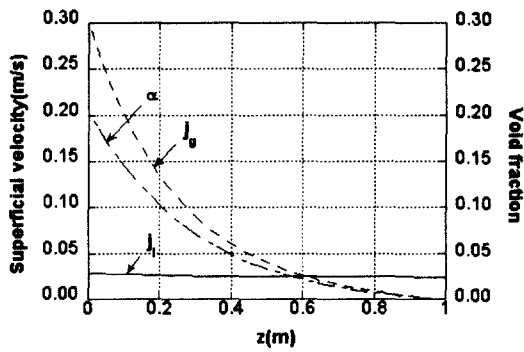


Fig. 5 Superficial velocity and void fraction.

이 분리되어 유동하므로 액상과 기상의 경계가 명확하나 본 연구의 대상인 판형 재생기에서는 연속적인 액상의 내부를 기상이 작은 기포형태로 분산되어 유동하므로 액상과 기상 사이의 열 및 물질전달과정이 매우 복잡하다. 또한, 암모니아 수용액과 같은 이성분(two component) 혼합물의 비등과정은 순수한 물질의 비등과 달리 열전달과 물질전달이 밀접하게 연관되는데, 증발량은 일반적으로 물질전달과정에 의하여 제한된다.<sup>(15)</sup> Fig. 1에 나타낸 검사체적의 내부에서 열 및 물질전달은 재생기 벽에서 일어나는 비등과정, 그리고 재생기 하부에서 발생되어 이 검사체적을 통과하는 기포들과 액상 사이에 모두 발생한다. 또, 각각의 기포는 기포의 발생위치에 따라 기포의 크기, 온도, 암모니아의 질량분율 등이 다를 것이다. 이러한 복잡한 현상을 해석하기 위하여 본 연구에서는 기상과 액상이 모두 포화상태라고 가정하였는데, 이 가정은 이상유동의 해석에서 일반적으로 사용된다.<sup>(15)</sup> 그러나, 기상과 액상 사이에 열 및

물질전달이 발생하기 위해서는 기상과 액상 사이에 온도와 질량분율의 차이가 존재해야 하므로 이 가정은 명확히 실제 현상을 근사한 것이다. 가정 (2)와 같이 기상과 액상이 모두 포화상태라고 가정하고 암모니아 수용액과 기포 사이의 열 및 물질전달의 저항들을 무시하였으므로 본 연구에서 얻은 혼합증기의 발생량과 재생기를 나가는 혼합증기의 질량분율은 실제 재생기에서 얻을 수 있는 최대값이 될 것이다.

Fig. 5는 액상과 기상의 겉보기 속도와 기공률의 변화를 보여준다. 액상의 밀도가 기상의 밀도보다 매우 크므로 기상의 겉보기 속도의 변화에 비하여 액상의 겉보기 속도의 변화는 매우 작다. 재생기 상부에서 비등이 많이 일어나므로 재생기 상부로 갈수록 기공률과 기상의 겉보기 속도가 크게 증가하는 것을 볼 수 있다. 재생기 상부에서 비등이 많이 일어나는 이유는 Fig. 2에서 볼 수 있는 것과 같이 재생기 상부로 갈수록 재생기 벽과 암모니아 수용액 사이의 온도차가 증가하고, 또 기공률이 증가하기 때문에 열전달계수가 증가하기 때문으로 생각된다. 액상의 속도  $u_l = j_l / (1 - \alpha)$ 이므로  $j_l$ 은 거의 변화가 없으나  $u_l$ 은 재생기 상부로 갈수록 증가한다. 기포류에서 열전달계수의 증가는 주로 기공률의 증가로 인한 액체 속도의 증가에 의한 것이다.<sup>(15)</sup>

가열매체의 입구 온도가 재생기를 나가는 기상의 질량유량  $\dot{m}_{g,out}$ 과 기공률  $\alpha_{out}$ 에 미치는 영향을 Fig. 6에 나타내었다. 가열매체의 입구 온도가 높아질수록 암모니아 수용액으로 전달되는 열전달률이 증가하므로 증기발생량  $\dot{m}_{g,out}$ 과 기공률

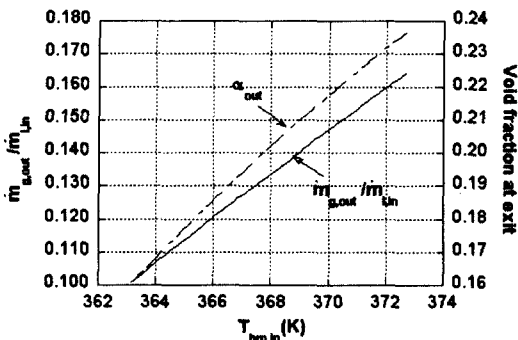


Fig. 6 Effect of heating medium temperature on  $\dot{m}_{g,out}$  and  $\alpha_{out}$ .

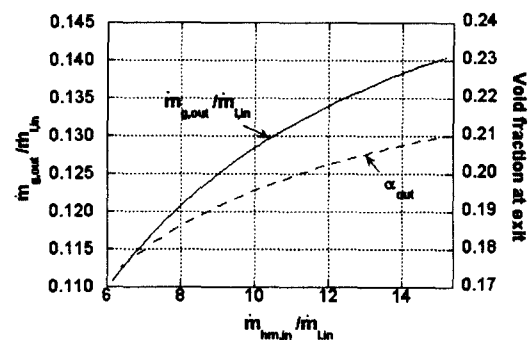


Fig. 7 Effect of heating medium mass flow rate on  $\dot{m}_{g,out}$  and  $\alpha_{out}$ .

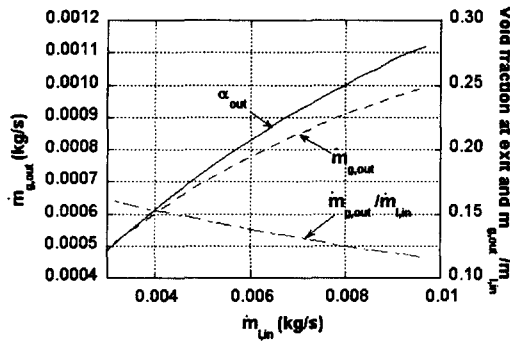


Fig. 8 Effect of  $\dot{m}_{l,in}$  on  $\dot{m}_{g,out}$ ,  $\alpha_{out}$  and  $\dot{m}_{g,out}/\dot{m}_{l,in}$ .

$\alpha_{out}$ 이 모두 증가하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 7은 가열매체의 질량유량이  $\dot{m}_{g,out}$ 과  $\alpha_{out}$ 에 미치는 영향을 보여준다. 가열매체의 질량유량이 증가할수록 가열매체의 온도변화가 작아지므로 가열매체에서 암모니아 수용액으로의 열전달률은 증가한다. 따라서, 가열매체의 질량유량이 증가할수록  $\dot{m}_{g,out}$ 과  $\alpha_{out}$ 은 증가한다.

Fig. 8은 재생기로 들어오는 암모니아 수용액의 질량유량  $\dot{m}_{l,in}$ 이 재생기를 나가는 기상의 질량유량  $\dot{m}_{g,out}$ 과 기공률  $\alpha_{out}$ 에 미치는 영향을 보여준다.  $\dot{m}_{l,in}$ 이 증가함에 따라  $\dot{m}_{g,out}$ 과  $\alpha_{out}$ 이 모두 증가하나,  $\dot{m}_{g,out}/\dot{m}_{l,in}$ 은 감소하는 것을 알 수 있다.

재생기의 전체 길이가 재생기를 나가는 기상의 질량유량  $\dot{m}_{g,out}$ 과 기공률  $\alpha_{out}$ 에 미치는 영향을 Fig. 9에 나타내었다. 재생기의 전체 길이가 증가함에 따라 총증기발생량  $\dot{m}_{g,out}$ 과 기공률  $\alpha_{out}$ 이 빠르게 증가하나, 재생기의 전체 길이가 1 m 이상 이 되면 증가율이 작아지는 것을 볼 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 암모니아/물을 작동유체로 사용하는 흡수식 시스템의 대향류 판형 재생기에서 일어나는 유동비등과정을 수치적으로 해석할 수 있는 모델을 제시하였다. 암모니아 수용액과 암모니아/물 혼합증기는 포화상태로 가정하였으며, 재생기 내부의 유동양식은 기포류로 가정하였다.

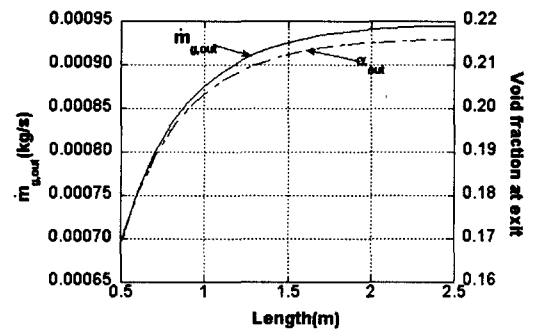


Fig. 9 Effect of generator length on  $\dot{m}_{g,out}$  and  $\alpha_{out}$ .

재생기 상부로 갈수록 재생기 벽과 암모니아 수용액 사이의 온도차가 증가하고, 또 기공률의 증가로 인하여 열전달계수가 증가하기 때문에 암모니아/물 혼합증기의 발생은 대부분 재생기 상부에서 일어난다. 또한, 본 연구의 계산조건에서는 가열매체의 온도와 질량유량, 그리고 재생기로 들어오는 암모니아 수용액의 질량유량이 증가할수록 재생기에서 발생하는 암모니아/물 혼합증기의 질량유량이 증가한다.

후 기

이 연구는 1999년도 한국과학재단 연구비(과제번호 : 1999-2-304-007-3) 지원에 의한 결과입니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Kang, Y.T., 1998, Ammonia-water absorption technologies in USA and Japan(1), Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 27, No. 1, pp. 53-74.
2. Kim, B.J., Jeong, E.S. and Sohn, B.H., 2001, Void fraction and pressure gradient of countercurrent two-phase flow in narrow rectangular channels, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 13, No. 4, pp. 304-311.
3. Park, C.W., Jurmg, J., Chin, S.M., Chung, B.C. and Ryu, B.S., 1998, An analysis of the heat transfer characteristics of a

- regenerator of absorption heat pump with a capacity of 150 RT, Proceedings of the SAREK '98 Summer Annual Conference(III), pp. 1512-1517.
4. Park, C.W. and Nam, P.W., 1996, Experiments on a regenerator with thermosyphon for absorption heat pumps, Proceedings of the 3rd KSME-JSME Thermal Engineering Conference, Oct. 20-23, Kyongju, Korea, Vol. 2, pp. 559-564.
  5. Furukawa, M., Enomoto, E. and Segokuchi, K., 1993, Boiling heat transfer in high temperature generation of absorption chiller/heater, AES-Vol. 31, International Absorption Heat Pump Conference, pp. 518-523.
  6. Shailesh, V.P., Gomezplata, A., Papar, R.A., Anand, G. and Erickson, D.C., 1997, GAX component simulation and validation, ASHRAE Trans., Vol. 103, Part 1.
  7. Taitel, Y. and Barnea, D., 1983, Counter current gas-liquid vertical flow model for flow pattern and pressure drop, Int. J. Multiphase Flow, Vol. 9, No. 6, pp. 637-647.
  8. Zuber, N. and Findlay, J., 1965, Average volumetric concentration in two-phase flow systems, Trans. ASME J. Heat Transfer, Vol. 87, p. 453.
  9. Harmathy, T.Z., 1960, Velocity of large drops and bubbles in media of infinite or restricted extent, AIChE J., Vol. 6, pp. 281-288.
  10. Jung, D.S., McLinden, M., Radermacher, R. and Didion, D., 1989, A study of flow boiling heat transfer with refrigerant mixture, Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 32, No. 9, pp. 1751-1764.
  11. Chen, S.J., Reed, J.G. and Tien, C.L., 1984, Reflux condensation in a two-phase closed thermosyphon, Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 27, No. 9, pp. 1587-1594.
  12. Ziegler, B. and Trepp, Ch., 1984, Equation of state for ammonia-water mixtures, International Journal of Refrigeration, Vol. 7, No. 2, pp. 101-106.
  13. Herold, K.E., Rademacher, R. and Klein, S.A., 1996, Absorption Chillers and Heat Pumps, CRC Press.
  14. Chang, W.Y., Jeong, E.S. and Kim, B.J., 2001, A numerical analysis of a revised VX absorption cooling cycle, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 13, No. 6, pp. 505-513.
  15. Collier, J.G. and Thome, J.R., 1994, Convective Boiling and Condensation, 3rd ed., Oxford Science Publication, p. 535, p. 48, p. 539, p. 567.