

흡수기 용액 재순환이 흡수식 냉동기 성능에 미치는 영향

정종수[†] · 진성민^{*} · 박찬우^{*} · 최승학^{**} · 정봉철^{**}
 (2001년 10월 15일 접수, 2002년 3월 13일 심사완료)

The Influences of LiBr Solution Recirculation in Absorber on the Absorption Chiller Performance

Jong Soo Jurng, Sung Min Chin, Chan Woo Park, Seung Hak Choi
 and Bong Chul Chung

Key Words: Absorber(흡수기), Absorption Chiller(흡수식 냉동기), Poor Solution(희용액), Solution Recirculation(재순환)

Abstract

If a part of the poor solution from the absorber outlet is recirculated to the absorber inlet, the solution temperature at the solution spray pump can be reduced, and the solution flow rate in the absorber is increased. We have performed the experiments on the influences of the absorption chiller performance according to the ratio of the recirculation, defined as the ratio of the recirculation flow rate to the total solution flow rate at the absorber outlet. As increasing the ratio of the recirculation, the absorption capacity of the solution can be deteriorated. On the other hand, due to the increasing flow rate, the heat transfer rate can be enhanced. As a result, the performance of the absorber and the cooling capacity of the absorption chiller have nothing to do with the recirculation ratio, and the lifetime of the spray pump will be maintained.

————— 기호설명 —————	
<i>A</i>	: 흡수기
<i>B</i>	: 용액 재순환비 (-)
<i>C</i>	: 응축기
<i>c_p</i>	: 열용량 (kW/kg°C)
<i>E</i>	: 증발기
<i>H</i>	: 고온재생기
<i>h</i>	: 엔탈피 (kJ/kg)
<i>h_{fg}</i>	: 상변화 엔탈피 (kJ/kg)
<i>HHX</i>	: 고온 용액 열교환기
<i>L</i>	: 저온재생기

<i>LHX</i>	: 저온 용액 열교환기
<i>LMTD</i>	: 대수평균온도차 (°C)
<i>m</i>	: 질량유량 (kg/s)
<i>T</i>	: 온도 (°C)
<i>P</i>	: 압력 (kPa)
<i>Q</i>	: 열량 (kW)
<i>X</i>	: LiBr 수용액 농도 (%)
*	: 평형상태

하첨자	
A	: 흡수기
ch	: 냉수
cw	: 냉각수
E	: 증발기
f	: 플래싱
HHX	: 고온 용액 열교환기
in	: 입구

† 책임저자, 회원, 한국과학기술연구원
 E-mail : jjurng@kist.re.kr
 TEL : (02)958-5688 FAX : (02)958-5805
 * 한국과학기술연구원
 ** (주) 센추리 기술연구소

LHX : 저온 용액 열교환기
 out : 출구
 re : 재순환
 rich : 농용액
 s : LiBr 수용액
 vapor : 냉매 증기

상첨자

* : 평형상태

1. 서론

물을 냉매로 LiBr 수용액을 흡수제로 사용하는 흡수식 냉동기는 재생기에서 연소열이나 폐열 등으로 LiBr 수용액을 가열하여 냉매를 재생하고, 이때 재생된 냉매는 응축기를 거쳐 증발기로 보내진다. 재생기에서 농도가 진해진 농용액은 용액 열교환기에서 온도가 떨어진 후 흡수기로 유입되며 증발기에서 발생된 냉매증기를 흡수하여 농도가 묽어진다. 이때 냉매 증기 흡수로 발생하는 열은 냉각수에 의해 제거되며 묽어진 LiBr 수용액은 용액 열교환기를 거쳐 재생기로 보내진다.

물-LiBr 구동 흡수식 냉동기에 대한 연구는 크게 전열관 성능 향상, 사이클 모델링, LiBr 수용액의 물성치 향상 등에 관한 것이다. 전열관에 관한 연구는 전열관 외측의 젖음성 향상을 위해 여러 가지 가공관과 친수성 처리 등에 연구가 수행되었으며, 3중효용 흡수식 냉동기에 대한 사이클 모델링에 관한 연구도 수행되고 있다. 또한 흡수제로 사용되는 LiBr 수용액의 그온 부식 방지와 물성치 향상에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.

흡수식 냉동기의 운전 조건에 따른 냉동기의 성능 변화에 관한 연구로서 김균석⁽¹⁾ 등은 50RT급 흡수식 냉동기를 구성하여 냉수 및 냉각수 온도 등에 따른 시스템 성능을 연구하였고, 박문수⁽²⁾ 등은 중온수 흡수식 냉동기의 흡수기에서 농도 분포를 연구하였다. 본 연구실에서도 흡수기의 냉각수 유량에 따른 흡수기 내의 용액 농도 분포 등 흡수기 및 고온재생기 등을 중심으로 요소 기기별 연구와 전체 시스템의 설계에 관한 연구를 지속적으로 수행하고 있다.^(3,4)

흡수기에 용액을 공급하는 방식은 재생기와 흡

수기의 압력 차이를 이용하는 자연 순환 방식과 흡수기 입구에 용액 펌프를 설치하여 용액을 공급하는 강제 순환 방식이 있다. 강제 순환 방식의 경우 용액 펌프를 통과하는 용액의 온도가 지속적으로 높은 상태로 운전되면 펌프의 내구성이 악화되며 냉동기 전체의 수명이 단축될 우려가 있다.

상용흡수식 냉동기를 제작하는 업체에서는 용액 펌프를 통과하는 용액 온도를 낮추는 방안의 하나로 흡수기 출구의 희용액을 흡수기로 들어가는 농용액에 혼합하여 흡수기 입구로 재순환시키는 “용액 재순환(solution recirculation)” 방법을 적용하고 있다. 하지만, 희용액을 혼합하면 흡수기 입구의 용액 농도가 감소하므로 흡수기에서 용액의 흡수 능력이 저하하여 전체 냉동기의 냉동 성능이 감소할 가능성이 있으므로 이를 피하기 위한 대책이 필요하다.

본 연구에서는 2중 효용 흡수식 냉동기 실험 장치를 구성하여 흡수기 출구에서 희용액의 일부를 흡수기 입구로 재순환시켰을 때 재순환의 정도가 냉동기의 성능에 미치는 영향을 연구하였다.

2. 실험 장치

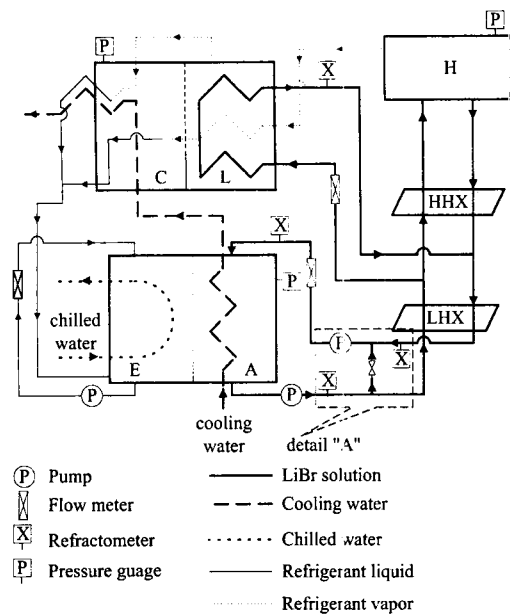


Fig. 1 Experimental apparatus

Table 1 Operating conditions

	Units	Values
Heat input (Generator)	kW	347.5
$T_{cw, in}$	°C	32.0
$T_{ch, out}$	°C	7.0

Fig. 1은 본 연구에 사용한 2중 효율 흡수식 냉동기의 실험 장치의 개략도를 나타내는 것으로 상용 흡수식 냉동기를 기초로 흡수기(A), 증발기(E), 응축기(C), 고온 재생기(H), 저온 재생기(L), 고온 열교환기(HHX), 저온 열교환기(LHX) 등의 요소 기기로 구성되어 있고 흡수기 입구에 용액 스프레이 펌프, 흡수기 출구에 용액 순환 펌프, 증발기에는 냉매 순환 펌프가 설치되어 있다. 실험장치는 연속식으로 운전되었다.

본 연구에서는 흡수기 출구 용액을 입구 측으로 재순환시키기 위해 입, 출구를 연결하는 배관과 밸브를 설치하였으며, 냉수와 냉각수 온도는 (주)센추리에 설치되어 있는 시온전실에서 조절하였다.

흡수기 입구, 저온재생기 입구, 증발기 냉매 순환 배관에 면적식 유량계를 설치하여 용액과 냉매의 유량을 측정하였다. LiBr 수용액의 농도는 흡수기 입, 출구, 저온재생기 출구, 고온재생기 출구, 그리고 저온 열교환기 출구 농용액 배관에서 각각 용액을 추출하여 굴절율계(ATAGO, R-5000)로 굴절율과 온도를 측정하여 농도로 환산하였다. 압력은 디지털 압력계(MKS Instrument)로 고온재생기, 응축기, 흡수기에서 측정하였고, 각 요소 기기의 입, 출구에서 K형 열전대를 이용하여 용액, 냉수, 냉각수, 냉매의 온도를 측정하였으며 냉수와 냉각수 유량은 마그네틱 유량계로 측정하였다.

실험 중 흡수기와 응축기의 열전달에 의한 유출 열량의 합과 증발기와 고온재생기의 열전달에 의한 유입 열량의 합에 대한 상대 오차는 ± 3.0% 범위 이내로 비교적 잘 일치하였다.

3. 실험 해석

재생기에서 냉매 증기를 발생시키고 농도가 진

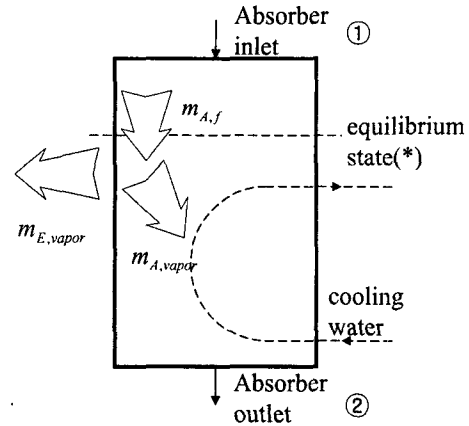


Fig. 2 Flashing process in the absorber

해진 고온의 LiBr 수용액은 고온·저온 열교환기를 거치면서 냉각되어 흡수기로 유입된다. 일반적으로 용액 열교환기의 온도 효율은 70% 이하이므로 흡수기 입구의 유입 용액 온도는 흡수기 압력과 용액 농도에 해당하는 평형 온도보다 높은 상태로, 즉 과열 상태로 흡수기에 유입되어 냉매 중 일부를 순간적으로 증발시키는 “플래싱 과정(flashing process)”으로 평형상태에 도달한다. 본 연구는 흡수기 출구의 회용액을 흡수기 입구로 재순환시키는 유량이 흡수식 냉동기에 미치는 영향에 관한 연구이므로 우선 이러한 과정에 크게 영향을 미치는 플래싱 과정에 대한 물리적인 설명이 필요하다.

3.1 플래싱 과정 해석

과열 상태(superheated state)로 흡수기에 유입된 LiBr 수용액은 Fig. 2에서 나타낸 것과 같이 우선 전열관군 상부에서 용액 내의 냉매증기가 일부 증발하여 평형 상태(*)에 도달한다. 용액이 전열관군 외부로 흘러내리는 동안 용액은 지속적으로 냉매 증기를 흡수하며 전열관 내부의 냉각수가 용액의 냉매 증기 흡수 열을 제거한다. 이때, 용액이 흡수하는 냉매 증기의 양($m_{A,vapor}$)은 증발기에서 발생한 냉매증기 양($m_{E,vapor}$)과 흡수기 입구에서 플래싱된 냉매 증기 양($m_{A,f}$)의 합이며 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$m_{A,vapor} = m_{E,vapor} + m_{A,f} \quad (1)$$

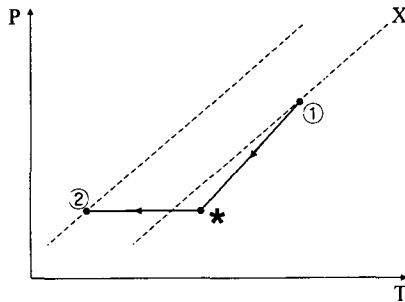


Fig. 3 P-T-X curve of LiBr solution in the absorber

Fig. 3은 LiBr 수용액의 흡수기내 압력-온도-농도(P-T-X) 곡선상에 플래싱 증기 흡수 과정을 나타내는 그림으로 점선으로 표시된 대각선은 등농도 선이다. 흡수기로 유입된 농용액(①)은 플래싱 과정을 통해 냉매 증기를 증발시켜 평형 상태(*)에 도달하며 용액의 증기압이 흡수기의 기기압과 같아질 때까지 용액의 농도는 진해지고 온도는 떨어지며, 이후 증기 흡수과정을 통해 냉매 증기를 흡수하여 용액은 농도가 낮아지고 냉각수에 의해 온도가 낮아져서 흡수기 출구(②)로 나간다.

LiBr 수용액의 평형 온도와 엔탈피⁽⁵⁾는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$T = f_1(P, X) \tag{2}$$

$$h = f_2(T, X) \tag{3}$$

한편, 흡수기 입구와 평형상태 간의 질량 수지, LiBr 물질 수지, 열 수지는 다음과 같다.

질량 수지(플래싱 과정) :

$$m_{A,s,in} = m_{A,s,in}^* + m_{A,f} \tag{4}$$

LiBr 물질 수지(플래싱 과정) :

$$m_{A,s,in} X_{A,s,in} = m_{A,s,in}^* X_{A,s,in}^* \tag{5}$$

열 수지(플래싱 과정) :

$$m_{A,s,in} h_{A,s,in} = m_{A,s,in}^* h_{A,s,in}^* + m_{A,f} h_{fg}(P_A) \tag{6}$$

Fig. 4는 흡수기 입구에서의 LiBr 수용액의 온

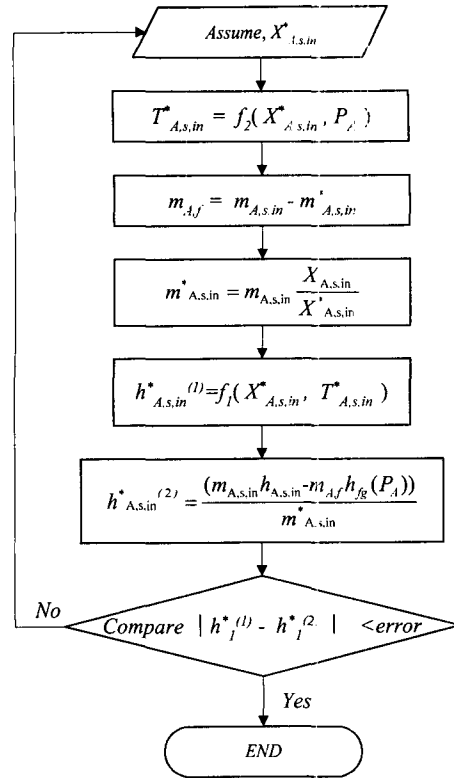


Fig. 4 The flowchart for the flashing process in the absorber

도, 농도, 질량 유량과 흡수기 압력을 이용하여 흡수기에서 플래싱 유량을 구하는 과정을 나타내는 플로우 차트이다. LiBr 수용액의 평형상태 농도를 흡수기 입구의 LiBr 수용액 농도보다 높은 값으로 가정하면 식 (2)를 이용하여 용액의 평형 상태 온도를 구할 수 있다. 식 (4), (5)로 흡수기에서 플래싱된 증기 유량과 평형상태의 용액 유량을 구하고, 식 (3)으로 평형상태의 용액 엔탈피($h_{A,sol.in}^{(1)}$)를 구한다. 또한, 에너지 평형으로 플래싱 과정후 용액의 엔탈피($h_{A,sol.in}^{(2)}$)를 식 (6)으로 구할 수 있다. 그러므로, 두 엔탈피 값을 반복 계산하여 플래싱 후 평형 상태의 용액 엔탈피를 구하면 평형상태의 용액 온도, 농도, 질량유량 등을 구할 수 있다.

3.2 용액 재순환비 산정

LiBr 수지(용액 재순환부) :

$$m_{A,s,in} X_{A,s,in} = m_{A,re} X_{A,re} + m_{LHX,rich,ovt} X_{LHX,rich,ost} \tag{7}$$

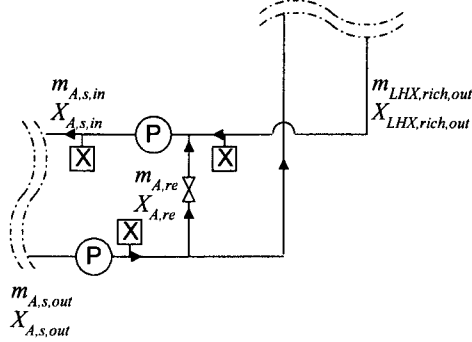


Fig. 5 LiBr solution recirculation region (detail "A" in Fig. 1)

질량 수지(용액 재순환부) :

$$m_{A,s,in} = m_{LHX,rich,out} + m_{A,re} \quad (8)$$

식 (7), (8)을 이용하면 재순환되는 LiBr 수용액의 질량 유량은 다음과 같이 표현된다.

$$m_{A,re} = m_{A,s,in} \frac{X_{A,s,in} - X_{LHX,rich,out}}{X_{A,re} - X_{LHX,rich,out}} \quad (9)$$

흡수기 입, 출구간의 LiBr 물질 수지는 다음과 같다.

LiBr 수지(흡수기 입, 출구) :

$$m_{A,s,in} X_{A,s,in} = m_{A,s,out} X_{A,s,out} \quad (10)$$

식 (10)에서 출구측 용액 유량은 다음과 같이 표현된다.

$$m_{A,s,out} = m_{A,s,in} \frac{X_{A,s,in}}{X_{A,s,out} (= X_{A,re})} \quad (11)$$

그러므로, 용액 재순환비(B)는 흡수기 출구측 LiBr 수용액 유량에 대한 재순환 용액 유량의 비로 정의하며 다음 식과 같이 용액의 농도를 이용하여 나타낼 수 있다.

$$B \equiv \frac{m_{A,re}}{m_{A,s,out}} = \frac{X_{A,s,out}(X_{A,s,in} - X_{LHX,rich,out})}{X_{A,s,in}(X_{A,re} - X_{LHX,rich,out})} \quad (12)$$

3.3 열 및 물질 전달 해석

흡수기가 얻은 열전달 양은 다음 식 (13)과 같이 구한다.

$$Q_A = m_{A,cw} c_p (T_{A,cw,out} - T_{A,cw,in}) = m_{A,s,in}^* h_{A,s,in}^* + m_{A,vapor} h_{fg} - m_{A,s,out} h_{A,s,out} \quad (13)$$

식 (13)의 첫 번째 열은 흡수기 냉각수 기준으로 구한 열전달 값이고, 두 번째 열은 LiBr 수용액을 기준으로 구한 값으로 실험 결과 이 두 값의 차이가 가능한 한 없어야 한다.

식 (13)에서 구한 흡수기 열전달 양을 이용하여 다음 식 (14)와 같이 흡수기의 UA값을 구한다.

$$(UA)_A = \frac{Q_A}{(LMTD)_A} \quad (14)$$

여기서 $(LMTD)_A$ 는 식 (15)와 같다.

$$(LMTD)_A = \frac{T_1 - T_2}{\ln\left(\frac{T_1}{T_2}\right)} \quad (15)$$

이 식에서 T_1 과 T_2 는 다음과 같다.

$$T_1 = T_{A,s,in}^* - T_{A,cw,out}$$

$$T_2 = T_{A,s,out} - T_{A,cw,in}$$

흡수기 입구부 용액의 과열 열량은 식 (16)과 같이 용액 입구 열량과 평형 상태 열량의 차로 구하거나 플래싱 되는 증기 양으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Q_{A,super} &= m_{A,s,in} h_{A,s,in} - m_{A,s,in^*} h_{A,s,in^*} \quad (16) \\
 &= m_{A,f} h_{fg}(P_A)
 \end{aligned}$$

냉동기의 냉각 용량인 증발기 열전달 양은 식 (17)과 같이 구한다.

$$Q_E = m_{E,ch} c_p (T_{E,ch,in} - T_{E,ch,out}) \quad (17)$$

4. 실험 결과

Fig. 6은 용액을 재순환시키지 않을 때(B=0.00)와 재순환시킬 때(B=0.24) 흡수기에서 측정된 용액 농도(a)와 온도(b)의 변화 과정을 비교하여 나타낸 그림이고 Fig. 7은 용액을 재순환시킬 때 흡수기 입, 출구에서의 P-T-X 곡선을 나타내는 그림이다. 용액 재순환이 없을 때의 그림은 Fig. 3에 있다.

Fig. 6에서 파선은 용액을 재순환시키지 않는 경우로 재생기에서 돌아온 농용액은 흡수기 입구에서 플래싱 과정으로 농도가 상당히 증가한 뒤 냉매 증기를 흡수하여 농도가 낮아진다. 이때 유입 용액 온도는 72.2℃인데 흡수기에 유입된 후 평형 상태에 도달할 때 약 50℃로 큰 폭으로 감소함을 알 수 있다.

반면 Fig. 6에서 실선으로 나타낸 것은 용액을 재순환시킨 경우이며 재생기에서 진행된 농용액에 흡수기 출구 회용액의 일부를 혼합하면 농도로 낮아진 뒤 플래싱 과정으로 농도가 상당히 증가하고 냉매 증기를 흡수하여 다시 농도가 낮아진다. 이때 용액 온도는 약 63℃로 용액을 재순환하지 않을 때에 비해 약 9.2℃가 낮아진다.

Fig. 8은 용액 재순환 비(B)의 변경에 따른 각 위치에서의 유량 변화를 측정된 결과로 저온열교환기 농용액 출구(LHX,rich,out), 흡수기 입구(A,s,in), 흡수기 입구 평형(A,s,in*), 흡수기 출구(A,s,out)와 용액 재순환(recirculation) 유량을 나타내고 있다. 흡수기 출구 유량 중 일부를 흡수기 입구로 재순환하면 흡수기 입, 출구 유량이 증가하지만 저온열교환기를 거쳐 각각의 재생기로 순환되는 유량에는 거의 변화가 없다.

용액을 재순환시키지 않으면 Fig. 9(a), (b)와 같

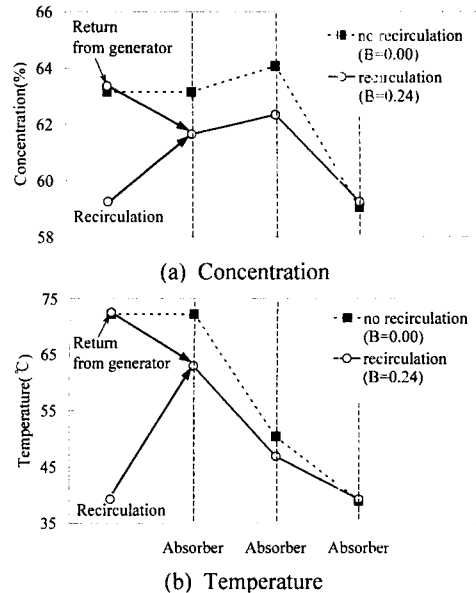


Fig. 6 Variation of the solution concentration and the temperature in the absorber without and with recirculation

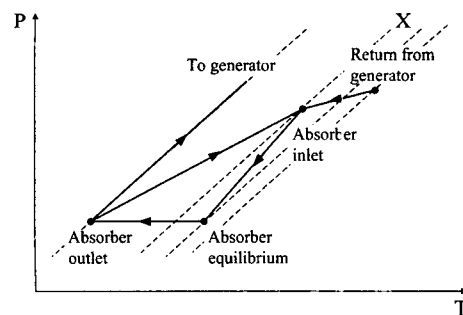


Fig. 7 P-T-X curve of LiBr solution in the absorber for with recirculation

이 저온 열교환기의 농용액 출구와 흡수기 입구의 농도와 온도는 63.2%, 72.2℃로 동일하다. 용액 재순환 비가 증가하면 흡수기 입구 용액 농도와 온도는 계속 감소하여 용액 재순환 비가 0.24가 되면 흡수기 입구 용액 농도와 온도는 61.7%, 63.0℃까지 감소한다. 흡수기로 유입되는 농용액의 과열 상태가 감소할수록 플래싱 현상으로 발생하는 냉매 증기가 감소하므로 흡수기에서 순수하게 흡수하는 냉매 증기(증발기에서 발생한 냉매 증기) 양은 증가하게 된다.

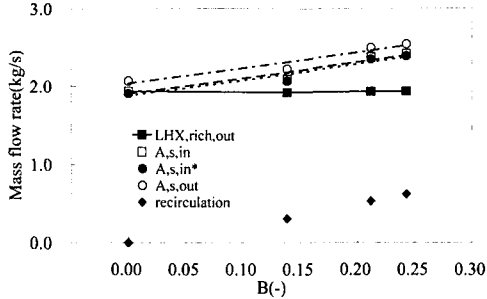


Fig. 8 Variations of the solution mass flow rate with the solution recirculation ratio

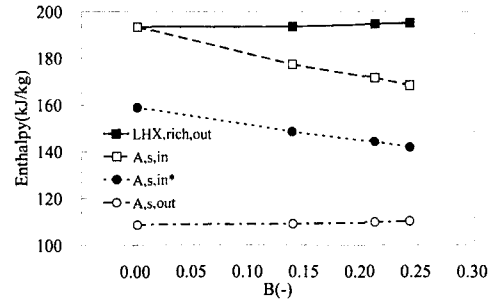


Fig. 10 Variations of the solution enthalpy with the solution recirculation ratio

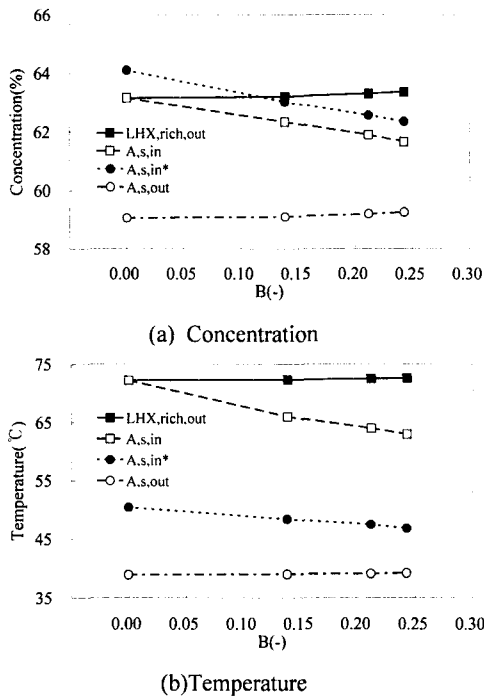


Fig. 9 Variations of the solution concentration and the temperature with the solution recirculation ratio

용액 재순환으로 용액 스프레이 펌프를 통과하는 용액 온도는 72.2°C에서 63.0°C까지 9.2°C 정도 감소하므로 흡수기 입구의 용액 펌프 작동 온도를 낮춰 펌프의 내구성을 보장할 수 있다. 이때 용액의 온도는 낮아지지만 Fig. 9(a)와 같이 용액의 농도가 동시에 낮아지므로 흡수 능력이 저하된다.

Fig. 10은 각 위치에서 측정된 용액의 온도와

농도를 이용하여 계산한 용액 재순환 비 변경에 따른 용액의 엔탈피를 나타내는 그림으로 용액 재순환으로 흡수기 입구 용액 엔탈피가 큰 폭으로 감소하여 평형 엔탈피와 입구 용액 엔탈피 차이로 정의되는 과열 엔탈피가 최대 23.7% 만큼 작아졌다. 하지만, 용액 재순환으로 용액 유량이 증가하므로 용액의 총 과열 열량은 Fig. 11과 같이 용액 재순환비의 변화에도 불구하고 거의 변화가 없다.

Fig. 12는 본 실험에서 측정한 흡수기와 증발기의 열전달 양을 나타내는 그림이다. 흡수기의 열전달 양은 식 (13)의 첫 번째 식인 냉각수 기준으로 구한 열량($Q_{A,cw}$)과 두 번째 식인 용액기준으로 구한 열량($Q_{A,s}$)을 각각 나타내었으며 이 두 값은 $\pm 3\%$ 이내에서 상대오차를 나타내므로 실험은 정밀하게 이루어졌음을 알 수 있다. 한편 이 그림에서 보면 용액 재순환 비가 증가하더라도 흡수기의 열전달 양은 거의 일정한 결과를 나타냈다. 용액을 재순환시키더라도 흡수기 냉각수 출구 온도가 거의 증가하지 않으므로 냉각탑 부하도 변동이 없음을 알 수 있다. 또한, 용액 재순환 비에 따라 흡수기의 흡수 능력이 바뀌지 않으므로 식 (17)로 구한 증발기 열전달 양(Q_E)도 거의 일정한 값을 나타내었다.

또한, 용액 재순환 비가 증가하면 흡수기 입구 용액 유량이 증가하여 흡수기 전열관군의 관 외 측을 흐르는 용액의 액막 유량이 증가하므로 식 (14)를 이용하여 구한 흡수기의 UA 값은 Fig. 13과 같이 최대 14.4% 증가한다. 용액 재순환으로 용액의 농도가 낮아져 용액의 증기 흡수능력은 저하되지만 흡수기의 UA값이 증가하여 흡수기의

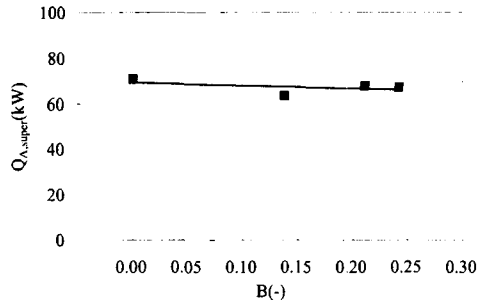


Fig. 11 Variations of the superheat quantities in the absorber inlet with the solution recirculation ratio.

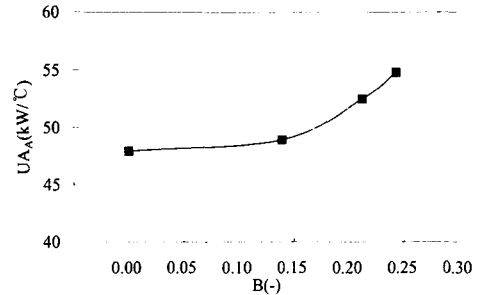


Fig. 13 Variations of the absorber UA values with the solution recirculation ratio.

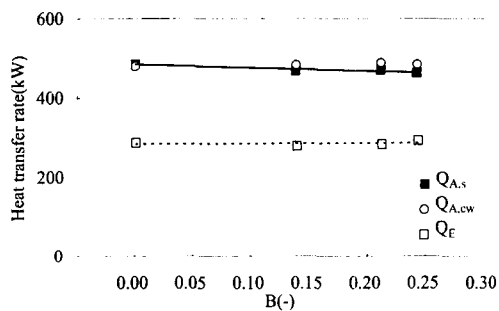


Fig. 12 Variations of the absorber and the evaporator heat transfer rate with the solution recirculation ratio.

흡수능력이 일정하게 유지되는 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구에서는 흡수식 냉동기의 용액 재순환 비가 냉동기의 성능에 미치는 영향에 관한 실험적 연구가 수행되었으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 용액을 재순환시키지 않으면 흡수기 입구 용액 온도는 72.2°C, 농도는 63.2%였는데, 흡수기 출구에서 용액의 일부를 흡수기 입구로 재순환시켜 용액 재순환 비가 0.24 이면 용액 온도는 63.0°C, 용액 농도는 61.7%로 낮아진다.

(2) 흡수기 입구의 용액은 흡수기의 평형 상태

보다 과열된 상태인데 흡수기 입구와 평형 상태 간의 엔탈피 차이인 과열 엔탈피는 용액 재순환 비가 증가함에 따라 감소한다. 이와 동시에 용액 유량도 증가하므로 총 과열 열량은 거의 변하지 않는다.

(3) 용액 재순환 비가 증가하더라도 흡수기의 열전달량과 증발기의 냉각 능력은 거의 일정하다.

(4) 용액 재순환으로 흡수기 입구 용액 유량이 증가하므로 흡수기의 UA 값은 최대 14.4% 만큼 증가한다. 따라서 용액 재순환에 의한 평균 농도 저하에 따른 흡수 능력 감소가 UA 값 상승과 상쇄되어 흡수기의 흡수 능력이 거의 일정하게 유지된다.

결과적으로 흡수기 출구의 저온 용액 중 일부를 흡수기 입구로 재순환시키면 냉동기의 운전 상태(냉각 용량, 냉각수 출구 온도)에는 거의 영향을 미치지 않으면서 용액 스프레이 펌프를 통과하는 용액 온도를 낮추고 흡수기 내의 용액 유량을 충분한 양으로 확보할 수 있는 효과를 얻을 수 있다. 그러므로 냉동기의 용량 감소 없이 펌프의 내구성을 확보할 수 있다.

후 기

본 논문은 과학기술부가 지원하는 특정연구개발사업중 중점국가연구개발 사업(기계설비요소기술개발)으로 지원되어 수행하였으며, (주)센추리의 남임우 연구소장님과 시운진실 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 김근석, 박지훈, 김춘동, 유병훈, 최고원, 김익생, 2000, "상용 50RT급 흡수식 냉동기 특성 해석," 공기조화냉동공학회 하계학술발표회 논문집, pp. 972~980.
- (2) 박문수, 진성민, 박찬우, 정종수, 정봉철, 1999, "흡수식 냉동기용 흡수기의 LiBr 농도 특성 측정," 공기조화냉동공학회 동계학술발표회 논문집, pp. 439~444.
- (3) 진성민, 정종수, 정봉철, 최승학, 2000, "중온수 흡수식 냉동기의 냉각수 유량에 따른 특성," 공기조화냉동공학회 하계학술발표회 논문집, pp. 960~964.
- (4) 최승학, 정봉철, 남임우, 정종수, 진성민, 2001, "상용 흡수식 냉동기에서 LiBr 수용액 유량변화에 따른 영향," 대한기계학회 춘계학술대회 논문집 D, pp. 292~297.
- (5) McNeely, A. L., 1979, "Thermodynamic Properties of Aqueous Solutions of Lithium Bromide," *ASHRAE Transactions* 85(1): pp. 413 ~ 434.
- (6) Jongsoo Jung, Sung min Chin, Chan Woo Park, Seung Hak Choi, and Bong Chul Chung, 2000, "LiBr Concentration Distribution in a Falling-Film Type Absorber Measured by a Refractometer," *JSME-KSME Thermal Engineering Conference*, Vol. 3, pp. 645~649.