

삼중효용 흡수사이클의 성능특성 평가

윤정인* · 권오경** · 문춘근**

Evaluation of Performance Characteristic on Triple Effect Absorption Cycle

J. I. Yoon · O. K. Kwon · C. G. Moon

Key words : Triple Effect Absorption Cycle(삼중효용 흡수사이클), Coefficient of Performance(성능계수), Solid/Liquid Absorbent(고체/액체 흡수제), Ammonia Refrigerant(암모니아 냉매)

Abstract

This paper presents a computer simulation of five types of triple effect absorption cycles, employing the refrigerant absorbent combinations of $\text{NH}_3/\text{LiNO}_3$ low - pressure type, $\text{NH}_3/\text{LiNO}_3 + \text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ binary two - stage type, series flow cycle and two types of parallel flow cycle for $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$. The absorption systems is investigated through cycle simulation to obtain the system characteristics with the cooling water inlet temperature, approach temperature of absorber, loss temperature of absorber and chilled water outlet temperature. The most important characteristic of $\text{NH}_3/\text{LiNO}_3$ low - pressure type and $\text{NH}_3/\text{LiNO}_3 + \text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ binary two - stage type is that it obtains a coefficient of performance higher than the sum of the performance coefficients of its parts operating independently. As a result of this analysis, the optimum designs and operating conditions were determined based on the operating conditions and the coefficient of performance.

기호설명

COP : 성능계수

Cp : 비열(kJ/kg · K)

G : 질량유량(kg/s)

H : 엔탈피(kJ/kg)

K : 열전달계수($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)

L : 잠열(kJ/kg)

P : 압력(kPa)

Q : 열량(W)

T : 온도($^{\circ}\text{C}$)V : 몰비체적($\text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{mol}$)

* 부경대학교(원고접수일 : 98년 5월)

** 부경대학교 대학원

그리스 문자

- ξ : 질량농도(wt%)
 α : 흡수용액의 분배율(%)

하첨자

- A : 흡수기
 C : 응축기
 CH : 냉수
 CO : 냉각수
 E : 증발기
 EX : 열교환기
 f : 액상
 g : 기상
 h : 고온측
 HG : 고온재생기
 l : 저온측
 LG : 저온재생기
 M : 증온측
 m : 평균
 ref : 냉매
 S : 흡수용액
 sat : 포화상태
 VR : 증기
 W : 냉매
 1 : 입구
 2 : 출구

1. 서 론

최근 프레온 가스에 의한 오존층 파괴나 이산화탄소에 의한 온난화 등 지구환경 문제가 국제적으로 크게 대두되고 있다. 이와 같은 상황하에서, 비프레온에 대한 기술개발이 중요시되고 있으며, 하절기의 냉방 수요 증가에 따른 전력 수급 불균형 문제의 해결과 열병합발전(cogeneration) 등 새로운 기술의 발전에 따라 에너지의 효율적 이용이라는 관점에서 흡수식 히트펌프가 국내외적으로 크게 주목받고 있다. 현재 사용되고 있는 흡수식 히트펌프는 대부분 이중효용 기기이며 그동안 많은

기술 축적의 결과 성능이 향상되어 현재는 냉방 COP가 약 1.2정도에 이르고 있다. 그러나 이중효용 흡수식 히트펌프로서는 도달 가능한 COP가 한계가 있다. 또한 현재 보급되고 있는 대부분의 흡수식 히트펌프는 냉매로서 H₂O, 흡수제로서 LiBr 수용액이 사용되고 있어, 흡수식 히트펌프의 공냉화를 위해서는 LiBr수용액의 결정화의 문제가 있고, 히트펌프화 하기에는 0℃ 이하의 증발온도가 불가능하다는 문제점이 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 수년전부터 삼중효용 흡수식 히트펌프에 대한 연구가 일본과 미국을 중심으로 활발히 이루어지고 있다⁽¹⁾⁽²⁾.

Inoue 등⁽³⁾은 작동매체로 NH₃/H₂O계를 이용한 6가지 Type의 고성능 흡수식 사이클에 대해 해석하여 각각의 COP를 비교 평가하였다. 또한 Grossman 등⁽⁴⁾은 여러가지 삼중효용 사이클에 대한 해석을 수행하여 정리하였고, Herold 등⁽⁵⁾은 H₂O/LiBr을 이용한 삼중효용 흡수식 냉방기의 부식문제를 해결하고자 Alktrate라는 작동유체를 이용한 삼중효용 흡수식 사이클에 대한 연구를 수행하였다. Abrahamsson 등⁽⁶⁾은 다중효용 흡수식 사이클을 일괄적이고 논리적인 방법으로 비교하고자 Carnot 사이클을 도입하여 분석하였다. Ziegler 등⁽⁷⁾은 일중효용을 기본 사이클로 하여 조합하는 형식의 방법을 도입해 다중효용 사이클을 해석하였다. 국내에서는 조광운 등⁽⁸⁾이 정상상태(steady-state)에서 시스템의 기준설계점을 설정한 후, 기준설계점에서 벗어나는 운전조건에서 시스템의 성능 특성을 동특성 해석 프로그램을 이용하여 삼중효용 흡수식 냉동기를 해석하였다. 그러나 대부분이 기존의 H₂O/LiBr계 작동매체를 이용한 사이클로 새로운 작동매체를 이용한 고성능 흡수사이클에 관한 연구는 비교적 적다.

본 연구에서는 고성능 흡수사이클의 개발을 목적으로 5종류의 삼중효용 흡수식 사이클 시물레이션을 통하여 각각의 성능을 비교하고 그 기본적인 특성을 밝혔다. 대상으로 한 사이클은 작동매체로 H₂O/LiBr를 이용한 직렬사이클(series flow cycle ; SFC), 병렬사이클(parallel flow cycle ; PFC) Type - A, Type B, 냉매에 NH₃, 흡수제에 LiNO₃를 이용한 지압일원 삼중효용 사이클, 고온측에

NH₃/LiNO₃사이클, 저온측에 H₂O/LiBr사이클을 이용한 이단 이원 삼중효용 사이클이다. NH₃/LiNO₃, NH₃/LiNO₃+H₂O/LiBr사이클은 NH₃/H₂O계 사이클에 필요한 정류가 요구되지 않고 흡수제의 이동도 문제가 되지 않으며 고온측 사이클의 재생기에서 발생하는 냉매증기의 응축열과 흡수기에서 발생하는 흡수열을 저온측 사이클의 구동열원으로 하는 사이클이다.

2. 시뮬레이션 모델

2.1 삼중효용 흡수사이클의 개요

삼중효용 흡수사이클은 재생기에 투입된 열량의 세배 단위에 해당하는 냉매증기의 발생을 얻어, 외부로부터 투입되는 구동열원을 삼분의 일로 경감시켜 효율향상을 도모한 사이클이다.

직렬사이클(series flow cycle : SFC)은 흡수기에서 묶어진 용액이 저온, 중온, 고온의 순서로 각 용액 열교환기에서 승온, 승압된 후, 고온, 중온, 저온 재생기의 순서로 점차 가열, 농축되어 진한 용액이 된 후, 흡수기로 되돌아가는 사이클로서, Fig. 1에 이 사이클의 듀링선도를 나타내었다.

병렬사이클(parallel flow cycle : PFC)은 직렬사이클과 다르게 흡수기에서 묶어진 용액이 각 열교환기를 거쳐 저온, 중온, 고온재생기로 흐름이 나누어져, 각각의 재생기에서 가열, 농축된 후에

합류, 혼합되어 흡수기로 되돌아오는 사이클로서, Fig. 2에 듀링선도를 나타내었다. Fig. 2의 Type - A는 저온, 중온, 고온 각 재생기에서의 농도폭을 4wt%로 일정하게 가정한 사이클이며, Type - B는 용액분배율을 저온재생기 40%, 중온재생기 33%, 고온재생기에 27%로 분배한 사이클이다.

Fig. 3과 Fig. 4에 NH₃/LiNO₃계 저압일원 삼중효용 사이클의 듀링선도, NH₃/LiNO₃+H₂O/LiBr계 이단이원 삼중효용 사이클의 듀링선도를 나타내었다. 본 연구에서는 Fig. 3과 같이 저온측, 고온측 모두 같은 작동매체로 구성되어진 사이클을 저압일원 삼중효용 사이클, Fig. 4와 같이 저온측과 고온측이 다른 작동매체로 구성되어진 사이클을

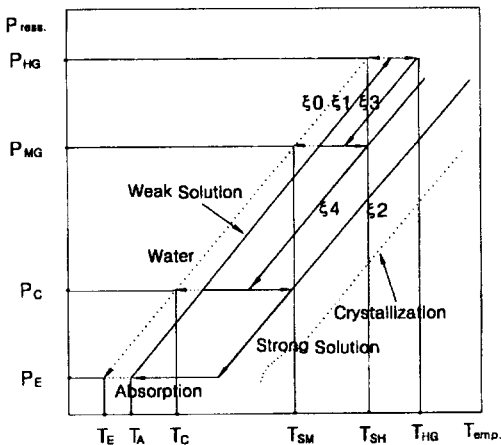


Fig. 1 Dühring diagram of triple effect series flow cycle

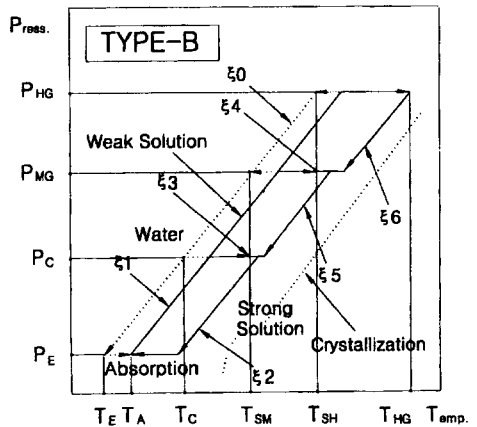


Fig. 2 Dühring diagram of triple effect parallel flow cycle (Type - A, Type - B)

이단이원 삼중효용사이클이라 정의하였다. 이 2개의 삼중효용 사이클은 고온측과 저온측 2개의 단효용 사이클을 조합시켜, 고효율화를 도모하는 사이클로서, 고온측 사이클의 응축기와 흡수기에서의 배열을 저온측 사이클의 재생열로 이용한다. 따라서 사이클 내 각 요소의 작용은 단효용 사이클과 같은 형태이고 증발기에서 저온열원으로부터 퍼올린 열을 응축기에서 방출한다.

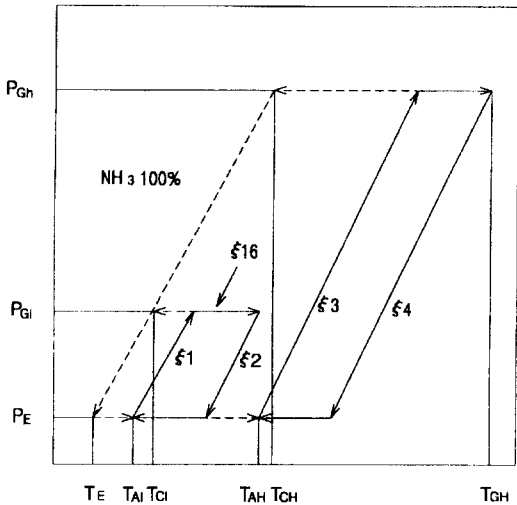


Fig. 3 Dühring diagram of $\text{NH}_3/\text{LiNO}_3$ low - press type triple absorption cycle

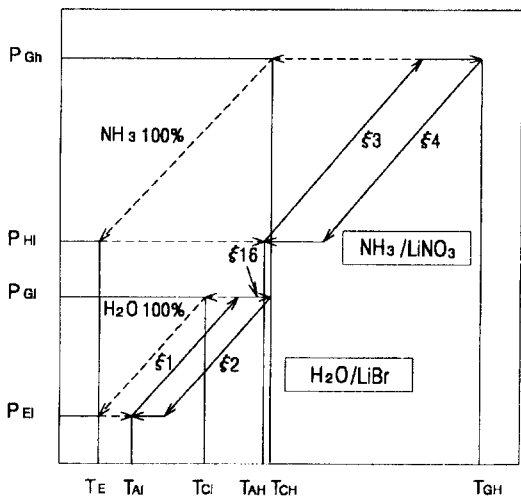


Fig. 4 Dühring diagram of $\text{NH}_3/\text{LiNO}_3 + \text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ binary two - stage type triple absorption cycle

저온측 사이클의 냉매는 증발기에서 저열원으로부터 열을 퍼올려 증발하고 증발한 냉매증기는 흡수기와 압력차에 의해 흡수기에 도입되어 농도 ξ_2 의 농용액에 흡수된다. 냉매를 흡수하여 농도가 약해진 ξ_1 의 희용액은 저온열교환기에서 열교환한 후, 고온측 사이클의 흡수기를 통과한다. 이때, 고온측 사이클의 흡수기의 흡수열에 의해 가열된다. 그 후 저온측 사이클의 재생기에 도입된 용액은 고온측 사이클의 재생기에서 발생한 냉매증기에 의해 다시 가열되고 농축되어 다시 농도 ξ_2 의 농용액이 된다. 이 농용액은 저온 열교환기를 통과하여 다시 흡수기내에 도입된다.

저온측 사이클의 재생기에서 발생한 냉매증기는 응축기에 들어가 냉각수에 의해 냉각되어 저온측 증발기로 유입된다. 또한 고온측 사이클의 재생기에서 발생한 냉매증기는 저온측 사이클의 재생기에서 응축하여 고온측 증발기에 유입한다. 이 양 사이클의 증발기는 같은 온도에서 흡열한다. 이들 고온, 저온측 양쪽의 증발열량의 합을 냉동능력이라 한다. 이 사이클에서는 고온측의 재생기를 1Q가열하고 고온측의 응축기와 흡수기로부터 각각 1Q씩 배열한다. 이 배열 2Q가 저온측 재생기의 가열량으로 되고, 저온측의 배열량은 4Q가 된다. 따라서 냉방성능계수는 3, 난방성능계수는 4가 된다.

2.2 시뮬레이션에 있어서의 가정

사이클 시뮬레이션은 아래의 가정을 도입하여 수행하였다.

- (1) 사이클은 정상상태이며, 각 상태에서 온도, 압력, 용액 농도는 평형상태이다.
- (2) 냉매는 증발기내에서 완전히 증발한다.
- (3) 각 열교환기는 대향류형 열교환기이다.
- (4) 펌프의 동력은 고려하지 않는다.
- (5) 증발기에서 증발하는 냉매증기는 흡수기내로 전부 유입되어 농용액에 전부 흡수된다.
- (6) 고온재생기에서 발생한 냉매증기의 응축열은 전부 다음 단계의 재생기내 용액에 주어진다.

2.3 시뮬레이션의 계산조건

Table 1은 본 연구에 사용된 시뮬레이션의 계산조건을 나타낸 것으로, 냉각수 입구온도 등 성능에

Table 1 Nominal conditions of system simulation parameters

Investigated conditions	Nominal conditions
Refrigeration capacity	3516 [W]
Chilled water inlet temperature	12 [°C]
Chilled water outlet temperature	7 [°C]
Cooling water inlet temperature	32 [°C]
Absorber loss temperature	2 [°C]
Evaporator approach temperature	2 [°C]
Absorber approach temperature	4 [°C]
Generator approach temperature	5 [°C]

커다란 영향을 미친다고 생각되는 조건들을 변화시켜 계산을 하였다. 냉각수 입구온도 32°C, 냉수 입구온도 12°C, 냉수 출구온도 7°C, 냉동능력은 3516W(=1RT)를 기준으로 하였다.

2.4 계산순서

NH₃/LiNO₃계 저압일원 사이클, NH₃/LiNO₃+H₂O/LiBr계 이단일원 사이클에 관한 시뮬레이션의 순서도는 열, 물질평형과 가정에 기초해서 계산을 행하였으며 Fig. 5와 같다.

2.5 작동매체의 열물성치

계산에 사용된 LiBr수용액의 물성치는 McNeely의 식⁽¹¹⁾을 사용하였으며, NH₃/LiNO₃계는 문헌^{(12)~(14)}을 참고하였으며 정리하면 다음과 같다.

2.5.1 용액의 평균잠열

NH₃와 NH₃/LiNO₃의 증발잠열사이에서 얻어진

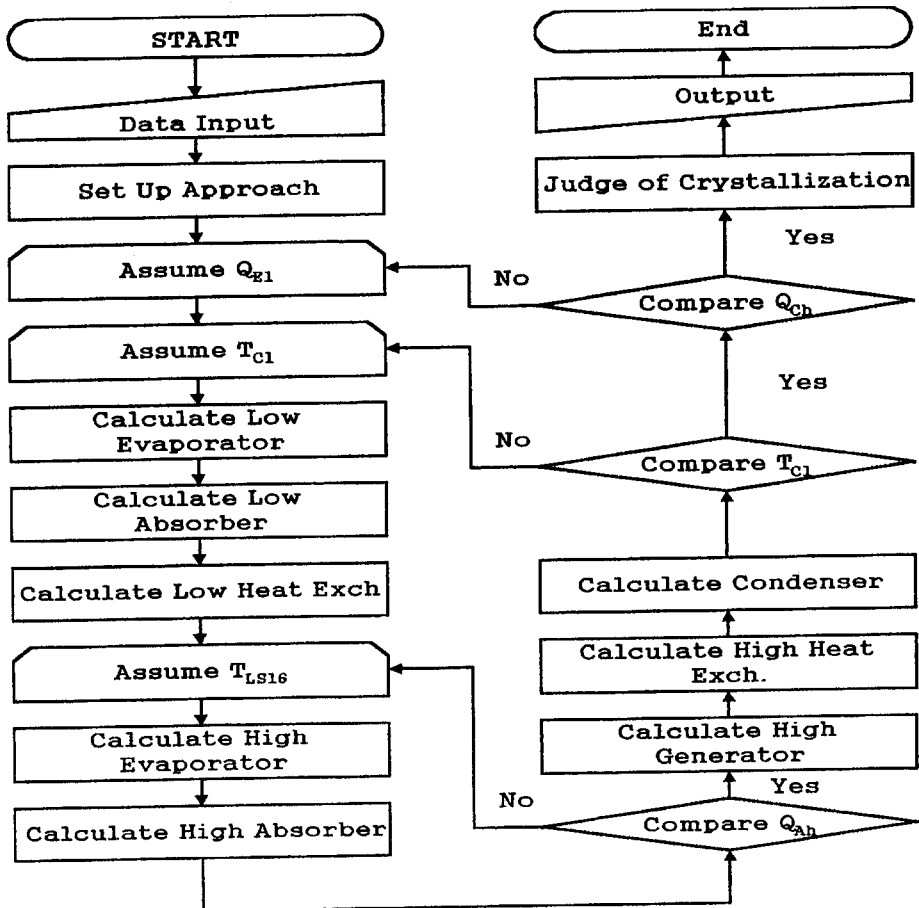


Fig. 5 Flow chart of the simulation study on a triple absorption cycle

용액의 평균잠열은 다음과 같다.

$$L_m = L'_{fg} - L_{fg} \quad (1)$$

여기서 $L'_{fg} = 137.91(406.15 - T_{sat})^{0.5} - 2.466(406.15 - T_{sat})$ 이다.

2.5.2 엔탈피

$NH_3/LiNO_3$ 계의 엔탈피는 NH_3 와 $LiNO_3$ 의 엔탈피의 합과 같다. 액체 NH_3 의 엔탈피는 다음과 같다.

$$H_f = H_{ref} + \int_{T_{ref}}^T C_{1d}dT \quad (2)$$

여기서 $T_{ref} = 233.15K$ 일 때 $H_{ref} = 0$ 이고

$$C_1 = -3.7866172 + 0.094908475T - 0.000373369T^2 + 5.06368 \times 10^{-7}T^3$$
이다.

$LiNO_3$ 의 엔탈피는 다음과 같다.

$$H_f = H_{ref} + \int_{T_{ref}}^T C_{1d}dT \quad (3)$$

여기서 $T_{ref} = 273.15K$ 일 때 $H_{ref} = 0$ 이고

$$C = 0.556823 + 0.002186T$$
이다.

따라서 $NH_3/LiNO_3$ 계의 엔탈피는 다음과 같다.

$$H = \frac{\xi}{100} \cdot H_f(NH_3) + \frac{(100 - \xi)}{100} \cdot H_f(LiNO_3) + H_m \quad (4)$$

2.5.3 액체 비체적

$$V_f = \frac{4.2830 + 0.813055(406.15 - T)^{0.5} - 0.0082861(406.15 - T)}{1000 + 424.805(406.15 - T)^{0.5} + 15.938(406.15 - T)} \quad (5)$$

2.5.4 증기 비체적

$$V = \frac{RT}{P} + \frac{\alpha}{RT} + \frac{\beta}{T^3} + \gamma \quad (6)$$

여기서 V 는 $m^3/kgmol$, T 는 K , P 는 kPa , $\alpha = -242.47479$, $\beta = -47.6896 \times 10^5$, $\gamma = -0.01465$ 이다.

2.5.5 밀도

$$\rho = -0.1409653E + 4(SQRT(X)) + 0.2046222E + 4 - 0.13463E + T - 0.39E - 2T^2 \quad (7)$$

2.6 사이클의 열평형과 성능계수

직렬 및 병렬 사이클 내에서의 열평형식 및 냉방 성능계수는 각각 다음 식으로 정의 할 수 있다.

$$Q_A + Q_C = Q_E + Q_{HG} \quad (8)$$

$$COP = Q_E / Q_{HG} \quad (9)$$

저압일원 및 이단일원 삼중효용 사이클의 저온측, 고온측 및 사이클 전체의 열평형은 다음과 같다.

$$Q_{El} + Q_{Ah1} + Q_{Gl} = Q_{Al} + Q_{Cl} \quad (10)$$

$$Q_{Eh} + Q_{Gh} = Q_{Ah2} + A_{Ch} \quad (11)$$

$$Q_{El} + Q_{Eh} + Q_{Gh} = Q_{Al} + Q_{Cl} \quad (12)$$

저온측의 냉방성능계수를 η_l , 고온측의 냉방성능계수를 η_h 로 정의하면 다음과 같다.

$$\eta_l = Q_{El} / (Q_{Ch} + Q_{Ah}) \quad (13)$$

$$\eta_h = Q_{Eh} / Q_{Gh} \quad (14)$$

냉방성능계수 COP를 다음과 같이 정의한다.

$$COP = (Q_{El} + Q_{Eh}) / Q_{Gh} \quad (15)$$

3. 시뮬레이션의 결과 및 고찰

Fig. 6은 냉각수 입구온도 변화에 따른 냉방성능

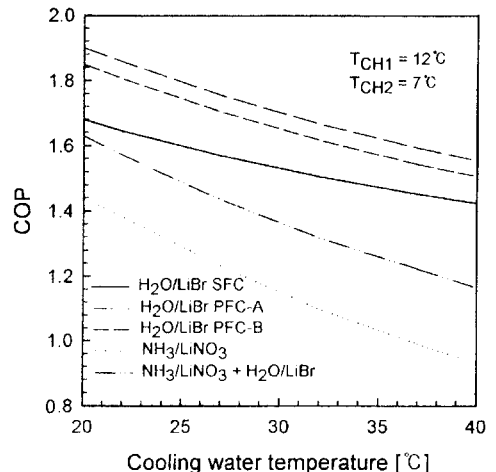


Fig. 6 Relationship between COP and cooling water inlet temperature

계수를, Fig. 7은 냉각수 입구온도에 따른 고온재생기 출구온도의 관계를 나타낸 것이다. 이것은 냉수입구온도를 12℃, 냉수출구온도를 7℃로 할 때의 결과이다. 시뮬레이션 결과의 타당성 확보를 위하여 실험결과와 비교하고자 하였으나 삼중효용 실험에 대한 연구는 아직 세계적으로 보고된 바가 없어 실험자료와 비교분석해 볼 수는 없었지만 각 열교환기의 열평형 및 물질평형 등이 약 1% 범위 내에서 수렴하는 것을 확인할 수 있어 본 연구결과들의 타당성은 확보되었다고 생각된다. Fig. 6에서 냉각수 입구온도가 높아질수록 모든 사이클의 COP는 저하하는데, 이것은 Fig. 7에서 알 수 있듯이 냉각수 입구온도가 상승함에 따라 흡수기 출구농도(온도)는 증가하게 되어 중온 및 고온재생기 내 온도(압력)가 높아져서 결국 사이클 자체가 고온, 고압이 되기 때문이라고 생각된다. 또한 냉각수 입구온도의 변화에 관계없이 병렬사이클 Type-A가 가장 높은 COP를 나타냈고, 고온재생기 출구온도도 가장 높게 나타났으며 NH₃/LiNO₃계 저압일원 사이클, NH₃/LiNO₃+H₂O/LiBr계 이단이원 사이클은 냉각수 온도가 증가할수록 COP가 급격하게 감소함을 알 수 있으나 H₂O/LiBr계보다 고온재생기 온도가 낮게 유지되어 삼중효용의 문제점인 부식문제에 다소 안전할 것으로 생각된다. 이 그림으로부터 H₂O/LiBr계 직렬 및 병렬

방식(Type-A, Type-B) 삼중효용 흡수사이클은 냉각수 입구온도가 30℃를 초과하면 고온재생기 온도가 200℃를 초과하여 부식문제가 심각하리라 예상된다. 또한 흡수식 열펌프에서의 부식은 재료 자체가 취약해진다는 문제점 이외에도 부식에 의한 불응축 가스의 발생으로 시스템의 성능을 저하시킨다. 따라서 삼중효용 흡수사이클의 실용화를 위해서는 고온부식에 강한 새로운 재질의 검토가 필요하다.

Fig. 8은 NH₃/LiNO₃+H₂O/LiBr계와 NH₃/LiNO₃계 사이클에서 냉각수 입구온도에 대한 저온측 사이클의 냉방성능계수 η_L , 고온측 사이클의 냉방성능계수 η_H 및 전 사이클의 냉방성능계수 η 를 나타낸 것이다. 고온측 사이클의 냉방성능계수 η_H 는 두 개의 NH₃/H₂O+H₂O/LiBr계 이단이원 사이클, NH₃/LiNO₃계 저압 일원 사이클에서 0.4 정도로 낮다. 이것은 저온측 사이클의 가열원으로서 필요한 열을 발생시키기 위하여 고온측 사이클의 가열온도가 높아지기 때문이라고 생각된다. 저온측 사이클의 냉방 성능계수 η_L 은 단효용 사이클의 냉방성능계수와 거의 같다. 그림으로부터 NH₃/H₂O+H₂O/LiBr계 이단이원 사이클, NH₃/LiNO₃계 저압 일원 사이클의 성능계수는 같은 작동조건에 있어서 저온측 사이클의 성능계수와 고온측 사이클의 성능계수를 합계한 것보다 높게 된다.

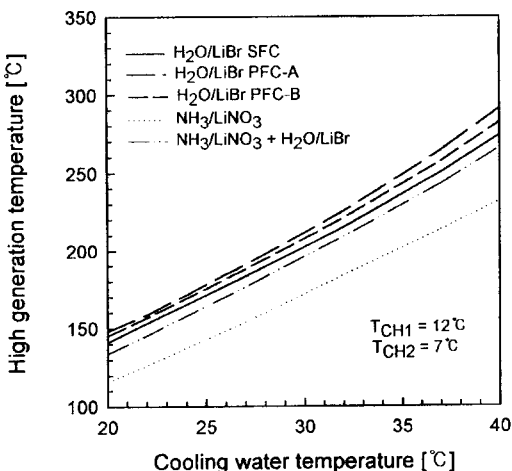


Fig. 7 Influence of cooling water inlet temperature on the high generation temperature

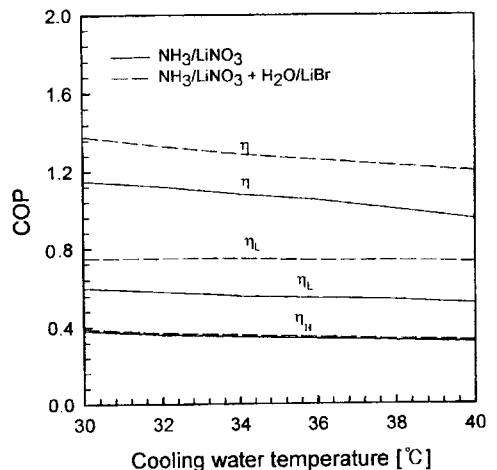


Fig. 8 Relationship between total COP and cooling water temperature

Fig. 9는 NH₃/LiNO₃+H₂O/LiBr계와 NH₃/LiNO₃계 사이클에서 냉각수 입구온도에 대한 가열원온도 및 저온측 사이클의 열원인 고온재생기의 발생냉매 증기의 노점을 나타낸 것이다. 가열원 온도는 고온재생기 출구온도에 재생기 어프로치 5℃를 더한 온도이다. 여기에서 재생기 어프로치는 가열온도와 농축액의 재생기 출구온도의 차 즉 재생기의 가열에 필요한 온도차이다. 같은 온도의 냉각수에 대한 가열원 온도는 NH₃/H₂O+H₂O/LiBr계 이단이원 사이클이 높고, NH₃/LiNO₃계 저압

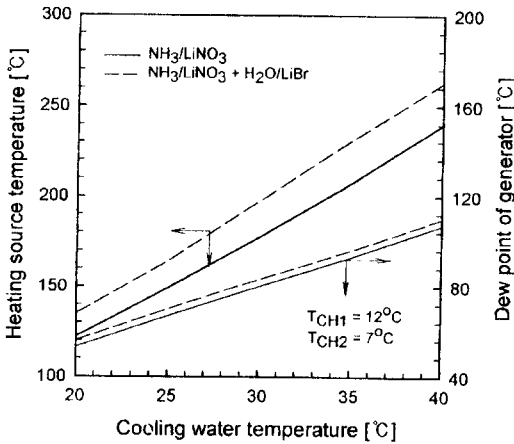


Fig. 9 Influence of cooling water temperature on heating source temperature and dew point of high generation

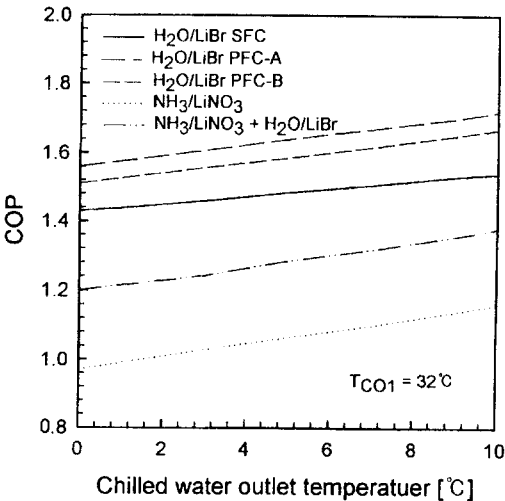


Fig. 10 Relationship between COP and chilled water outlet temperature.

일원 사이클이 낮게 나타났다. 그러나 고온재생기에서의 발생증기의 노점에는 그다지 차이가 없는 것을 알 수 있다.

Fig. 10은 냉수 출구온도 변화에 따른 냉방성능계수의 관계를 나타낸 것이다. 모두 냉수 출입구 온도차는 5℃이다. 그림에 의하면 냉수출구온도의 상승에 따라 COP향상에 효과가 있는 것을 알 수 있다. 이것은 냉수출구온도의 상승, 즉 증발온도의 상승이 계전체의 흡수용액농도를 저하시켜 저온 재생기에서의 냉매응축온도의 저하에 따라 증온 및 고온재생기의 온도, 작동압력이 저하되기 때문 이라고 생각된다.

Fig. 11은 흡수기 손실어프로치가 냉방성능계수 및 가열원 온도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 여기서 흡수기 손실은 냉매가 용액에 흡수될 때에 발생하는 흡수저항에 의한 흡수기의 온도, 압력의 저하를 나타낸다. 이 흡수기손실의 기준값은 2℃이다. 그림으로부터 각 사이클 모두 흡수기 손실에 의해 냉방성능계수의 영향은 그다지 크지 않다는 것을 알 수 있다. 그러나 흡수기손실이 크게 되면 흡수기 출구의 압력이 저하하므로 농도가 높아지며 가열원 온도가 상승하여 성능이 저하함을 알 수 있다. 따라서 흡수식 냉동기를 설계할 때에는 모든 사이클에서 흡수기 손실의 온도차는 2℃이하가 적 절함을 알 수 있다.

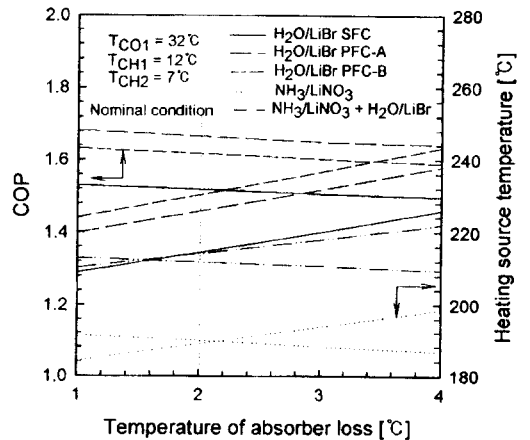


Fig. 11 Influence of temperature of absorber loss on the COP and heating source temperature.

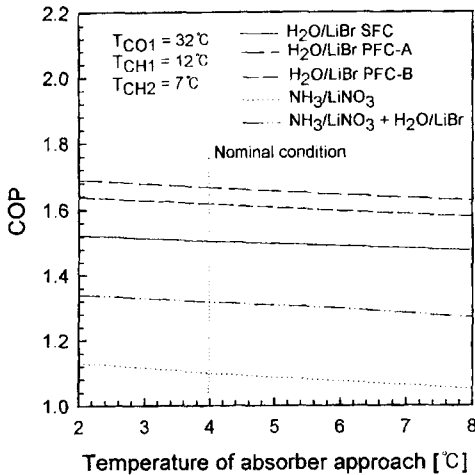


Fig. 12 Relationship between COP and temperature of absorber approach.

Fig. 12는 흡수기 온도어프로치가 COP에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 흡수기 온도어프로치는 흡수기출구와 냉각수 입구온도의 차이로 기준값은 4°C이다. 온도차가 증가할수록 모든 사이클에서 COP가 약간 저하하는 것을 알 수 있다. 그림으로부터 병렬사이클 Type - A가 가장 높은 COP를 나타냈고, NH₃/LiNO₃계 저압일원 사이클이 COP가 가장 낮게 나타남을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 사이클 자체의 고효율화를 위한 방법의 하나로써 다섯가지 형식의 삼중효용 흡수 사이클에 대한 사이클 시뮬레이션을 수행하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) 냉각수 입구온도의 변화에 관계없이 병렬사이클 Type - A의 경우가 가장 높은 COP값을 나타냈고, 고온재생기 출구온도도 가장 높았으며 NH₃/LiNO₃계 저압일원, NH₃/LiNO₃ + H₂O/LiBr계 이단이원 사이클은 냉각수 온도가 증가할수록 COP가 급격하게 감소함을 알 수 있었다.
- (2) NH₃/LiNO₃계 저압일원, NH₃/LiNO₃ + H₂O/LiBr계 이단이원 사이클의 성능계수는 같은 작동조건에서 저온, 고온 사이클의 각

성능계수를 합제한 것보다도 높게 되는 것이 이 사이클의 특성임을 알 수 있었다.

- (3) 냉수 출구온도의 상승, 흡수기 손실온도의 저하, 흡수기 어프로치의 저하에 따라 COP는 증가함을 알 수 있었다.
- (4) 삼중효용 흡수사이클은 고온재생기온도가 200°C를 초과하여 부식문제가 심각하리라고 예상된다. 또한 흡수식 히트펌프에서의 부식은 재료자체가 취약해진다는 문제점 이외에도 부식에 의한 불응축 가스의 발생으로 시스템의 성능을 저하시킨다. 따라서 삼중효용 흡수사이클의 실용화를 위해서는 고온부식에 강한 새로운 재료의 검토가 필요하다.

참고문헌

- (1) 윤정인, 오후규, 권옥배, 이용화, "고성능 흡수냉동 사이클의 특성 시뮬레이션", 대한기계학회논문집, 제 19권, 제 1호, pp. 231~239, 1995
- (2) Jung - In Yoon and Takao Kashiwagi, "Computer Simulation of Triple Absorption Cycles" Transaction of JSME(Part B), Vol. 60, No. 578, pp. 304~309, 1994
- (3) Inoue, Lizuka, Ninomiya, Watanabe, "COP evaluation for advanced ammonia - based absorption cycles", AES - Vol. 31, International Absorption Heat Pump Conference, ASME, pp. 1~6, 1993
- (4) Grossman, G., Wilk, M., DeVault, R.C., "Simulation and performance analysis of triple - effect absorption cycles", ASHRAE Transaction, Vol. 100, Part 1, pp. 452~462, 1994
- (5) Ouimette, M.S., Herold, K.E., "Performance modeling of a triple effect absorption chiller", AES Vol. 31, International Absorption Heat Pump Conference, ASME, pp. 233~241, 1993
- (6) Abrahamsson, K., and Jernqvist, Å., "Carnot comparison of multitemperature level absorption heat pump cycle", International Journal of Refrigeration, Vol. 16, No. 4, pp. 240~246, 1993
- (7) Ziegler, F., Kahn, R., Summerer, F., and Alefeld, G., "Multi - effect absorption chillers", International Journal of Refrigeration, Vol. 16, No. 5, pp. 301~311, 1993

- (8) 조광운, 정시영, 정은수, "삼중효용 LiBr/물 흡수식 냉방기의 사이클 시뮬레이션", 공기조화·냉동공학 논문집, 제 10권, 제 1호, pp. 79~87, 1998
- (9) 권오경, 이재승, 최인수, 유선일, 윤정인, "흡수식 냉동기의 신흡수용액 특성 시뮬레이션", 공기조화 냉동공학회 '97동계 학술발표회 논문집, pp. 255~260, 1997
- (10) 권오경, 설원실, 최인수, 윤정인, "고성능 삼중효용 흡수사이클 특성 시뮬레이션", 대한기계학회 1998년도 춘계학술대회 논문집 B, pp. 171~176, 1998
- (11) McNeely, L.A., "Thermodynamic Properties of Aqueous Lithium Bromide Water Solution", ASHRAE Transactions, Vol. 85, Pt. 1, pp. 413~434, 1979
- (12) Infante Ferreira, C.A., "Thermodynamic and Physical Property Data Equations for Ammonia - Lithium Nitrate and Ammonia - Sodium Thiocyanate Solutions", Solar Energy, Vol. 32, No. 2, pp. 231~236, 1984
- (13) Aggarwal, M.K., and Agarwal, R.S., "Thermodynamic Properties of Lithium Nitrate - Ammonia Mixtures", Energy Research, Vol.10, No.6, pp.59~68, 1986
- (14) Kaushik, S.C, and Kumar, R., "Thermodynamic Study of a Two - stage Vapor Absorption Refrigeration System Using NH3 Refrigerant with Liquid/Solid Absorbents", Energy Convers., Vol. 25, No. 4, pp. 427~431, 1985

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). 1995년~현재 부경대학교 냉동공조공학과 조교수. 당학회 회원.



권오경(權五卿)

1969년 5월 19일생. 1992년 여수수산대학교 공대 냉동공학과 졸업. 1994년 부산수산대학교 대학원 냉동공학과 졸업(석사). 1997년~현재 부경대학교 대학원 냉동공조공학과 박사과정 재학중. 당학회 회원.



문순근(文春根)

1971년 5월 7일생. 1997년 부경대학교 공대 냉동공학과 졸업. 1997년~현재 부경대학교 대학원 냉동공조공학과 석사과정 재학중. 당학회 회원.