

## 액체 건조제 제습을 위한 핀튜브형 재생기의 성능인자 영향 연구

장준오<sup>†</sup> · 박문수<sup>\*</sup> · 강경태<sup>\*</sup> · 이신표<sup>\*\*</sup> · 이진수<sup>\*\*\*</sup>  
(2002년 8월 23일 접수, 2003년 3월 19일 심사완료)

### Study on the Effect of Performance Factors on the Finned Tube Type Regenerator for Liquid Desiccant Dehumidification

Junoh Jang, Moonsoo Park, Shinpyo Lee, Kyungtae Kang and Jinsoo Lee

**Key Words:** Liquid Desiccant(액체 건조제), Dehumidification(제습), Dehumidifier(제습기), Regeneration(재생), Regenerator(재생기), Triethylene Glycol(트리에틸렌 글리콜)

#### Abstract

Liquid desiccant dehumidification system can be used effectively to save energy consumed in air conditioning as an alternative compared with conventional air conditioning systems by reducing latent heat load. The dehumidifier and the regenerator form the heart of this system. The latent part of the cooling load is handled using liquid desiccant. In this study, the experimental regenerator has been designed to study the regeneration characteristics of the aqueous triethylene glycol(TEG) system. The performance factors of the regenerator with finned tube heat exchanger were evaluated by a series of experimental runs. The regeneration process is highly dependent on the liquid desiccant conditions, such as, temperature, concentration and flow rate. In addition, the effects of the inlet air temperature, humidity and flow rate were discussed. Data obtained are useful for design guidance and performance analysis of a regenerator, particularly for a liquid desiccant cooling system.

#### 기호설명

- R : 재생량 [kg/h]
- Q : 공기풍량 [kg/h]
- $X_i$  : 공기입구 절대습도 [g w/kg da]
- $X_o$  : 공기출구 절대습도 [g w/kg da]
- $\Delta C$  : 용액 입출구 농도차 [%]
- $C_i$  : 용액 입구농도 [%]
- $C_o$  : 용액 출구농도 [%]
- $T_a$  : 공기온도 [ $^{\circ}C$ ]
- G : 용액유량 [LPM]

- $S_i$  : 용액 입구온도 [ $^{\circ}C$ ]
- $S_o$  : 용액 출구온도 [ $^{\circ}C$ ]
- $B_i$  : 브라인 입구온도 [ $^{\circ}C$ ]
- $B_o$  : 브라인 출구온도 [ $^{\circ}C$ ]

#### 1. 서론

우리 나라의 여름철과 같이 고온 다습한 기후에서 습도는 쾌적성을 결정하는 중요한 요소이다. 일정한 온도에서 습도가 높으면 온도가 그다지 높지 않더라도 사람들은 쉽게 불쾌감을 준다. 이와 같은 계절적 특성 때문에 쾌적한 생활을 영위하기 위해 생활의 질적 향상과 더불어 제습기, 에어컨과 같은 개별적인 공기조화장치의 수요가 매년 두드러지게 증가하고 있다.

---

<sup>†</sup> 책임저자, 회원, 경기대학교 기계공학과  
E-mail : junoh5@yahoo.co.kr  
TEL : (041)589-8338 FAX : (041)589-8330  
<sup>\*</sup> 회원, 한국생산기술연구원  
<sup>\*\*</sup> 회원, 경기대학교 기계공학과  
<sup>\*\*\*</sup> 옷샘씨이테크(주)

공기조화의 냉각부하는 현열부하와 잠열부하로 구성된다. 고온 다습한 기후에서의 쾌적한 냉방을 위해서는 잠열부하를 처리하는 제습과정을 거쳐야 한다. 기존의 압축식 냉각제습은 공기 중의 수분을 응축하기 위하여 적정온도이하로 냉각하게 됨으로써 많은 전기가 소요되며 CFC계 냉매 시스템이 오존층 파괴와 같은 환경문제에 직면하면서 새로운 방법들이 국내외적으로 활발히 연구되어지고 있다. 그 중에서도 1950년대 Lof<sup>(1)</sup>가 트리에틸렌 글리콜(triethylene glycol, TEG)을 액체 건조제로 사용하여 공기중 잠열부하를 줄이는 태양열 흡수식 재생기를 사용한 제습 냉방 시스템을 연구하기 시작하면서 공기제습에 액체 건조제를 활용한 시스템에 대한 연구가 시작되었다. Factor와 Grossman<sup>(2)</sup>은 monoethylene glycol 과 취화리튬(LiBr)을 이용한 충전탑식 제습기와 재생기의 성능실험 및 수치해석을 하였다. Peng<sup>(3~4)</sup>은 습공기와 용액의 접촉형태를 대향류유동형태로 하여 용액 단면에서 용액 온도와 농도가 일정하다고 가정하여 제습기 및 재생기에 관한 성능을 1차원으로 해석하였다. Patnaik<sup>(5)</sup>는 충전탑식 제습시스템에서 용액분사형태에 따른 액체 건조제의 재생에 관한 실험을 통해 tray liquid distributor 보다 spray nozzle 분사형태가 우수함을 주장하였다. Khan<sup>(6)</sup>은 태양열 축열기를 이용한 핀-튜브 열교환기형태와 노즐분사형 액체 건조제 용액재생기에 관한 열 및 물질전달을 수치적으로 해석하였다. Chung<sup>(7)</sup>은 spray tower 제습기를 U-자형태로 고안하여 트리에틸렌 글리콜에 대한 습공기의 제습에 관한 연구하였다. Jain<sup>(8)</sup>은 취화리튬(LiBr)을 이용한 액체 건조제 냉방시스템을 연구하였으며, Sultan<sup>(9)</sup>은 염화칼슘(CaCl<sub>2</sub>)을 이용한 충전탑식 재생기의 입구변수들의 효과를 분석하였다.

국내에서도 염화리튬(LiCl)을 이용한 액체 건조제 제습 냉방장치의 최적설계에 필요한 기초적 특성 파악에 관한 연구가 시작되었다.<sup>(10~12)</sup>

액체 건조제를 이용한 제습은 공기 중의 수분을 응축이 아니라 액체 건조제의 특성을 이용하여 직접 흡수하기 때문에 습공기의 잠열부하를 용이하게 처리할 수 있으며, 단순한 제습 차원에서 벗어나 공기의 제습과 냉방을 목적으로 하는 복합시스템으로 에너지 절약 및 환경 친화적인 측면에서 냉각식 제습방법보다 우수한 특성을 가질 것으로 예상된다.

제습용액은 공기중의 수분을 흡수함으로써 제습과정 후 용액의 농도가 낮아지므로 다시 제습에 사용하기 위해서는 반드시 재생과정이 필요하다. 액체 건조제를 이용한 제습기에는 충전탑식 제습기, 스프레이실 제습기, 핀-튜브형 제습기가 있다. 이 실험에서는 낮은 압력강하와 등온제습이 장점인 핀-튜브형 제습기(dehumidifier)의 주요구성부인 재생부의 성능에 영향을 미치는 작동인자들을 연구하여 핀-튜브형 재생기(regenerator)의 최적설계에 필요한 중요인자의 성능을 실험적으로 수행하였으며, 제습액으로는 염화리튬(LiCl)보다 부식성이 적고 살균성이 있으며, 비용면에서도 저렴한 트리에틸렌 글리콜(TEG)을 액체 건조제(liquid desiccant)로 이용하였다.

## 2. 액체 건조제의 제습 및 재생원리

액체 건조제를 이용한 제습 사이클의 작동은 낮은 온도에서 주위 공기로부터 수분을 흡수하고 고온에서 수분을 방출하는 건조제의 성질을 이용하여 이루어진다. 주위 공기와 액체 건조제 사이의 물질전달 구동력은 습공기 중의 수증기 분압과 액체 건조제 표면의 증기압력사이의 상대적 크기에 의존한다. 그러므로 습도조절은 액체 건조제의 유량과 증기압을 조절함으로써 제어할 수 있다. 이러한 용액증기압은 용액의 온도와 농도의 함수이다. 특히 염화리튬(LiCl) 수용액과 트리에틸렌글리콜(TEG)수용액은 농도가 높고, 온도가 낮을수록 증기압이 낮아져 이와 접촉하는 공기로부터 수분을 흡수한다.

제습과정 후 용액은 묽어지며 제습효율이 떨어지게 된다. 따라서 다시 제습에 사용하기 위해서는 반드시 재생과정이 필요하다. 그러므로 용액재생기를 설치하여 용액중의 수분을 외기공기와 접촉시

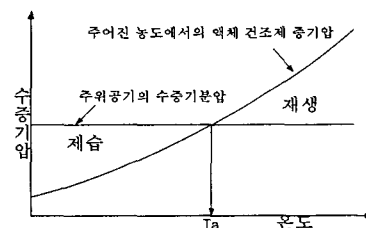


Fig. 1 Vapor pressure chart of desiccant versus ambient air

켜 외기로 방출함으로써 다시 농용액으로서 재습 능력을 효과적으로 발휘할 수 있다.

재생부에서는 주위공기보다 용액증기압을 증가 시킴으로써 그 증기압 차에 의해 용액이 재생된다. 다음 Fig. 1은 액체 건조제의 증기압력과 주위공기의 수증기 분압을 비교한 것이다.

Fig. 1에서  $T_a$ 보다 낮은 온도에서는 재습용액의 증기압이 공기의 수증기분압보다 낮아 공기에서 용액으로의 수분흡수, 즉 재습과정이 일어나고,  $T_a$ 보다 높은 온도에서는 용액의 수분이 공기로 이동하는 재생과정이 일어나게 된다.

### 3. 실험 장치 및 방법

#### 3.1 실험장치

Fig. 2는 본 연구에 사용된 실험 장치의 개략도이다. 실험장치는 크게 재생부(①), 공기 항온습기(②), 용액 항온조(③), 브라인 항온조(④)로 나누어져 있으며, 재생부에는 공기와 용액의 접촉시 열 및 물질전달을 증대시키기 위해 핀-튜브 타입의 열교환기를 설치하였으며, 열교환기의 사양은 Table 1에 나타내었다. 용액이 얇은 막을 형성하여 열교환기 표면을 잘 적셔지도록 하기 위해 노즐형 분사형태를 취하였으며, 재생기 상단부에는 용액의 캐리오버를 방지하기 위해 엘리미네이터와 더미스터를 설치하였다. 또한 재생부의 한쪽 면을 가시화함으로써 노즐에서의 용액분사와 열교환기로의 흘러내림을 관찰할 수 있도록 설계되었다.

입구 공기의 실험조건을 맞추기 위한 항온습기에는 공기입구덕트측에 2개의 전기히터, 3개의 가습히터 그리고 1개의 냉동기를 설치하였다. 재생 실험시 용액을 20~55℃까지 조절시켜야하므로 냉동기와 전기히터가 설치된 용액 항온조를 독립시켜 설치하였다. 또한 열교환기 온도를 제어하기 위해 브라인 항온조를 설치하였다. 공기의 흐름은 용액에 대해 대향류 접촉 방식으로서 용액은 중력방향으로 흘러내리며 열교환기 표면에 얇은 유하액막을 형성하고 공기는 용액과 반대방향으로 용액과 접촉하며 유동하게 된다. 이와 같은 대향류 접촉 방식은 직교류 또는 평행류 방식에 비하여 물질 전달은 증대시킬 수는 있으나 큰 압력강하에 의한 저항증가가 있을 수 있다. 또한 공기유량은 디지털미터를 조절하여 송풍기 모터의 회전수를 제어하는 방식을 이용하였다.

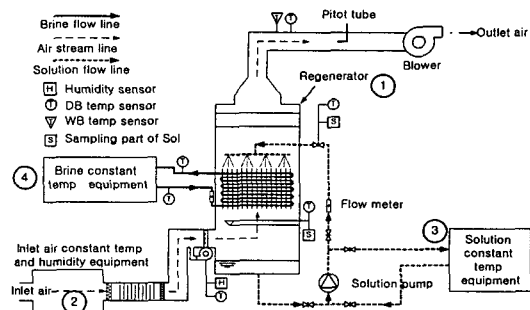


Fig. 2 Schematic diagram of the liquid desiccant regenerator

Table 1 Dimensions of the finned-tube heat exchanger

Variable	Regenerator
Face area (mm)	520×610
Height (mm)	300
Number of rows	8
Number of tubes per row	16
Tube length (mm)	520
Pipe diameter (mm)	16
Number of fins per inch	19

공기 출구덕트측에 피토 튜브를 설치하여 공기 유량을 측정하였다. 입구덕트 및 출구덕트 그리고 용액 입구배관에는 습도센서 및 온도센서를 설치하여 공기 온습도와 용액온도를 측정하였다. 마그네틱 유량계(Bailey Fischer, Porter  $T_{max}:130^{\circ}C$ ,  $Q_{max}:200LPM$ )를 사용하여 용액유량을 측정하였으며, 모든 실험 데이터는 데이터 취득용 프로그램(Darwin Enhanced Logger for Windows)을 사용하여 컴퓨터와 연결해 실시간 데이터 취득이 가능하도록 하였다. 또한 용액 분사 전의 입구용액과 공기와 접촉 후의 출구 용액을 추출하여 굴절계(Atago RX-5000)로 농도를 측정하였다. 굴절계의 측정범위는 0.00-95.00%, 정밀도는 0.01%이다.

#### 3.2 실험방법

작동인자들의 정격조건은 Table 2에 나타내었다. 실험시 입구공기의 상태는 공기온도 35℃, 상대습도 40%를 기본 실험조건으로 정했으며, 액체건조제로서 부식성이 적고 살균성이 있는 트리에틸렌 글리콜 수용액(TEG)을 사용하였으며 용액농도는 75%~76%, 용액온도는 45℃±1℃로 유지하였다. 실

험시 항온항습기를 이용하여 입구공기 온도를 35℃±1℃, 상대습도를 RH39%~RH41%로 유지하였고, 본 시스템의 재생 열원인 핀 튜브 타입 열교환기내의 브라인 입구온도는 70℃±1℃로 유지하였다.

재생에 영향을 미치는 작동인자들에는 용액농도, 용액유량, 용액온도, 공기유량, 공기온도 및 습도 그리고 브라인 입구온도가 있으며 용액농도는 65%~85%, 용액유량은 20 l/min~40 l/min, 용액온도는 30℃~50℃, 공기유량을 610kg/hr~880kg/hr, 공기온도는 30℃~40℃로 변화시키며 실험을 하였으며, 브라인 유량은 43l/min으로 유지하면서 브라인 입구온도를 55℃~75℃로 변화시켜 각각 경우의 변화실험들을 수행하였다.

실험을 통하여 계산된 재생기의 성능은 식 (1)에 주어진 재생량과 식 (2)의 용액농도차로서 나타내었다.

$$R = Q \times (X_o - X_i) \quad (1)$$

$$\Delta C = C_o - C_i \quad (2)$$

Table 2 Normal conditions of parameters

Variation	Normal condition
Inlet air conditions	35℃, RH40%
Air flow rate [kg/h]	700 [kg/h]
Solution temperature [℃]	45 [℃]
Solution flow rate [LPM]	40 LPM
Solution concentration [%]	75%
Brine temperature [℃]	70℃

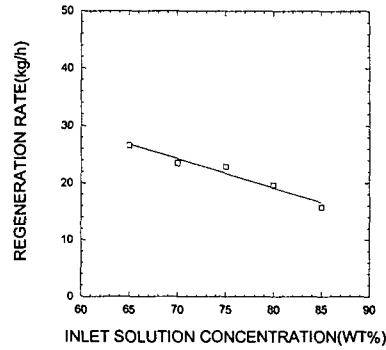


Fig. 3(a) Variation of regeneration rate with solution concentration

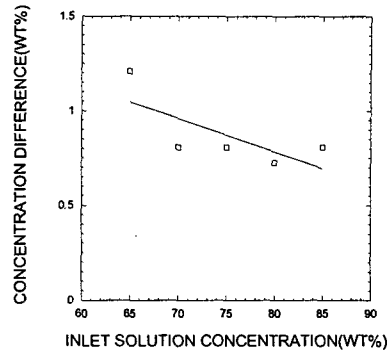


Fig. 3(b) Variation of concentration difference with solution concentration

Table 3 Regeneration experimental results

Inlet							Outlet					
Q	T <sub>a</sub>	X <sub>i</sub>	G	S <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	B <sub>i</sub>	T <sub>a</sub>	X <sub>o</sub>	S <sub>o</sub>	C <sub>o</sub>	B <sub>o</sub>	R
611.225	35.0	0.014229	39.22	44.9	74.498	70.4	43.0	0.059294	52.8	74.659	61.4	23.66
738.822	35.0	0.014106	40.83	45.0	75.304	70.4	44.7	0.055037	52.9	75.707	60.7	30.24
791.756	35.0	0.014059	40.13	45.0	74.498	70.7	44.9	0.060243	52.8	74.901	60.4	36.57
707.062	29.7	0.014485	40.20	45.0	74.8206	70.4	44.4	0.049077	51.3	75.304	60.0	24.46
725.450	35.3	0.014373	39.65	45.2	74.901	70.1	45.8	0.048832	52.2	75.385	60.3	25.00
707.062	40.3	0.014727	40.49	45.5	74.901	71.1	46.4	0.053896	53.6	75.385	60.8	27.70
649.114	34.7	0.014245	20.36	44.8	74.659	69.0	49.0	0.035527	51.0	75.385	63.6	13.81
701.490	34.8	0.014530	30.39	44.7	74.175	70.0	47.0	0.047706	52.7	74.659	62.2	23.27
725.450	35.4	0.014958	39.65	45.0	74.901	69.9	45.1	0.046585	51.6	75.385	60.5	22.94
694.804	35.4	0.014636	39.68	30.4	74.095	69.4	39.3	0.031929	46.1	74.256	57.7	12.02
698.704	35.6	0.014918	40.44	40.7	74.901	69.9	43.5	0.042297	50.5	75.385	59.7	19.13
722.664	35.8	0.015155	40.27	50.7	74.095	70.2	48.3	0.057898	53.2	75.901	61.5	30.89
680.317	34.9	0.014023	40.07	44.4	64.823	70.2	44.9	0.053141	50.9	66.032	60.0	26.61
650.786	35.1	0.014241	40.40	44.4	71.273	70.1	44.8	0.050390	51.2	72.079	60.2	23.56
658.030	34.9	0.013948	40.29	44.6	75.304	70.1	43.9	0.048769	53.0	76.111	60.3	22.91
657.472	35.2	0.014574	40.27	44.8	75.304	60.2	42.8	0.040535	47.2	74.659	52.9	17.30
660.258	35.6	0.014622	40.32	44.9	75.304	64.2	44.7	0.046764	51.1	75.384	58.0	21.22
668.616	35.6	0.014742	40.18	44.9	74.659	74.0	46.2	0.051139	52.9	75.304	63.5	24.34

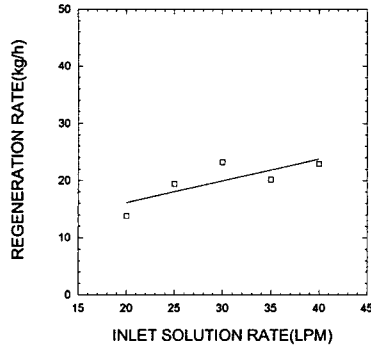


Fig. 4(a) Variation of regeneration rate with solution flow rate

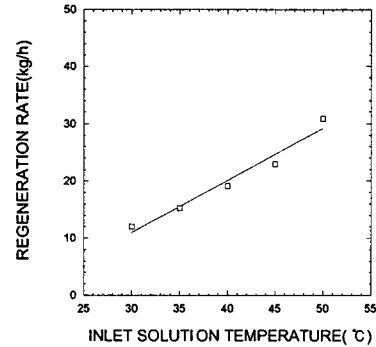


Fig. 5(a) Variation of regeneration rate with solution temperature

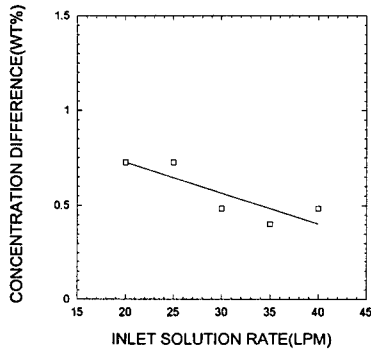


Fig. 4(b) Variation of concentration difference with solution flow rate

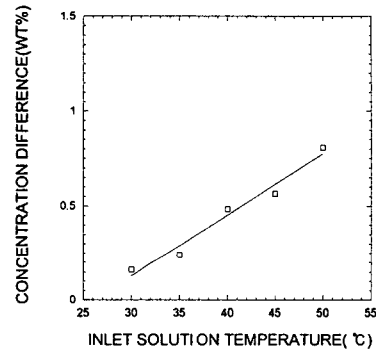


Fig. 5(b) Variation of concentration difference with solution temperature

### 3. 실험결과

실험 결과값을 정리하여 Table 3에 나타내었으며, Fig. 3(a)는 재생기 입구로 분사되는 용액농도 변화에 따른 실험결과를 나타낸다. 용액농도범위 65%~85% 사이에서는 농도가 낮을수록 재생량이 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 용액의 농도가 낮을수록 TEG의 물리적 특성에 의해 용액증기압이 높아져 용액속에 포함된 수분이 쉽게 공기중으로 전달되어 재생량이 증가한 것이다. Fig. 3(b)에서는 용액농도변화시 용액입출구 농도차를 나타내며, 용액농도가 감소할수록 용액의 입출구 농도차가 커지는 것은 용액농도가 낮을 때 재생효율이 높다는 것을 보여주며 실험범위내에서는 용액농도가 65%일 때 가장 높은 재생량과 농도차를 나타내었지만, TEG는 고농도에서 제습능력이 뛰어나므로 제습과정 후 재생기로 들어오는 용액농도를 고려하여 다른 작동인자들의

최적조건을 결정하여야 한다.

입구 용액유량 변화에 따른 재생량과 농도차를 Fig. 4(a)와 Fig. 4(b)에 나타내었다. 용액유량이 증가할수록 용액에서 습공기중으로 수분배출량이 증가하여 재생량이 증가하였고 실험범위내에서 용액유량이 증가할 때 열교환기의 핀과 충분히 접촉하여 많은 열 및 물질전달이 일어나 재생량이 증가한 것이다. 용액농도차는 20LPM~40LPM에서 용액유량이 적을수록 증가하였다.

용액온도변화에 따른 실험결과를 볼 때 용액온도가 높을수록 용액증기압이 커져 재생량이 증가하는 경향을 Fig. 5(a)에서 나타내었다.

용액농도차는 용액온도가 높을수록 증가하며 재생효율이 증가하는 경향을 Fig. 5(b)에 의해 알 수 있다. 이는 용액의 효과적인 재생을 위해서는 용액온도가 재생기에 들어가기전에 가용한 열원(태양열, 전열교환기, 폐열, 열회수기, 응축배열 등)을 이용하여 충분히 가열되어야 함을 나타낸다.

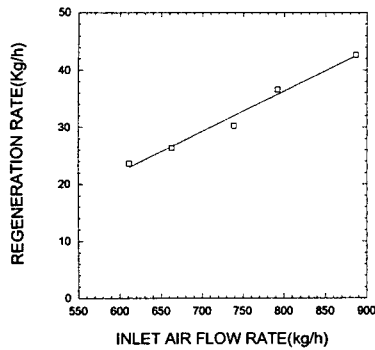


Fig. 6(a) Variation of regeneration rate with air flow rate

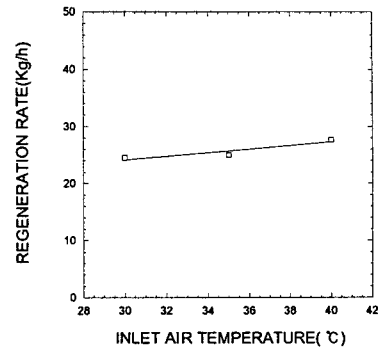


Fig. 7(a) Variation of regeneration rate with air temperature

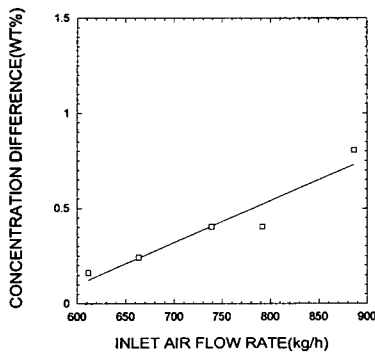


Fig. 6(b) Variation of concentration difference with air flow rate

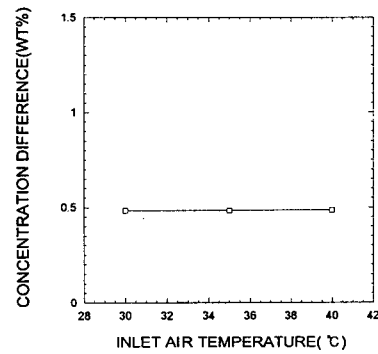


Fig. 7(b) Variation of concentration difference with air temperature

본 시스템에서는 용액의 재생은 핀-튜브형 열교환기를 통과한 용액출구온도가 최소 50℃ 이상 가열되어야 용액재생이 일어남을 알 수 있었고, 용액의 입구온도가 50℃일 때 용액온도변화실험 중 가장 높은 재생량을 보였고, 재생량변화에 대한 기울기가 큰 것으로 볼 때 재생기의 입구에 공급되는 용액온도는 다른 작동인자들에 비해 재생량에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

Fig. 6(a)와 Fig. 6(b)는 재생기 입구측 공기유량 변화에 따른 재생량과 농도차에 관한 실험결과를 나타낸다. Fig. 6(a)에서 공기유량이 증가할수록 재생량이 실험범위 내에서 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 공기유량의 증가로 인해 공기 중으로 흡수 될 수 있는 수분의 양이 증가하므로 재생량이 증가한 것이다. Fig. 6(b)에서는 공기유량이 증가할수록 농도차 역시 증가하며 재생효율이 증가하는 경향을 알 수 있었다. 과도한 공기유량의 증

가는 용액이 공기로 비산되는 캐리오버의 문제를 일으킬 수 있으므로 엘리미네이터나 더미스터 등과 같은 장치를 효과적으로 이용하여야 한다.

입구 공기온도의 영향에 따른 재생성능을 Fig. 7(a)와 Fig. 7(b)에 나타내었다. 절대습도를 일정하게 유지하며 입구공기의 건구온도를 변화하며 입구측 공기온도가 재생과정에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 공기온도는 열교환기의 표면온도와 더불어 용액온도를 높일 수 있는 변수이므로 높은 재생효과를 기대하였으나, 30℃~40℃의 실험범위 내에서는 공기온도가 증가할수록 재생량은 증가하나 농도차는 그다지 큰 변화없이 일정함을 보였으며 재생량의 기울기는 크지 않은 것을 보아 높은 재생성능을 위해서는 실험범위내의 온도보다 더 높은 공기온도를 재생기입구측에 공급한다면 재생량은 더 큰 기울기로 증가하리라 추정된다.

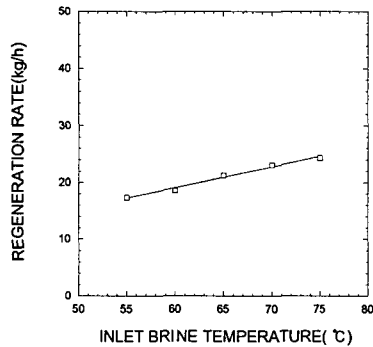


Fig. 8(a) Variation of regeneration rate with brine temperature

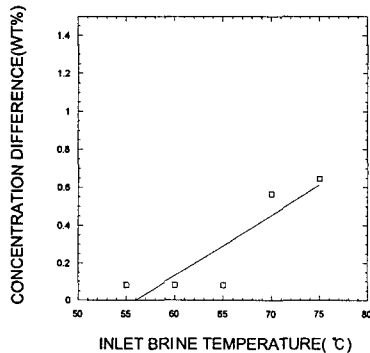


Fig. 8(b) Variation of concentration difference with brine temperature

Fig. 8(a)와 Fig. 8(b)는 열교환기내를 흐르는 브라인온도변화에 따른 실험결과를 나타낸 것이다. 브라인온도의 증가는 열교환기 편표면의 온도를 증가시켜 용액온도를 높여주므로 재생량과 재생효율이 증가함을 알 수 있었으며 용액의 충분한 재생온도를 얻기 위해서는 브라인온도가 본 실험장치에서는 70°C 이상은 되어야 용액온도를 재생할 수 있는 충분한 온도로 상승시켜 주었다.

#### 4. 결론

액체 건조제인 TEG를 이용하여 재생기의 성능에 영향을 주는 입구 변수들인 용액농도, 용액유량, 용액온도, 공기유량, 공기온도변화에 따른 재생량 및 농도차에 의한 재생효율에 대해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 용액농도를 변화하며 실험한 결과 용액농도가 낮을수록 용액증기압이 증가하여 일정한 외기

공기의 수증기 분압차에 의해 재생량 및 재생효율이 증가하였다.

(2) 용액유량을 증가시켰을 경우 용액에서 습공기로의 수분배출량의 증가로 인해 재생량이 증가하였으며, 농도차는 실험에서는 용액유량이 낮을 때 높게 나타났다.

(3) 용액온도를 변화시켰을 경우 용액증기압의 온도에 따른 증감으로 인하여 용액온도가 높을수록 재생량 및 재생효율이 증가하였고, 따라서 용액이 재생기로 들어가기 전에 열회수장치등을 이용해 충분히 가열되어야 한다.

(4) 공기유량 및 공기온도가 증가할수록 재생량 및 재생효율이 증가하였고 입구측으로 들어가는 공기온도는 용액온도에 직접적인 영향을 주므로 높은 공기의 온도일수록 용액재생에 효과적이다.

(5) 브라인온도가 증가할수록 재생량 및 재생효율이 증가하였다. 브라인온도는 용액온도를 증가시켜 재생량을 높이는 직접적인 인자이므로 향후 용액온도가 브라인온도에 이상적으로 접근할 수 있는 열교환기의 형상 및 용액분배기에 대한 실험을 실시할 예정이다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부 산하 에너지 관리공단의 지원 연구개발 프로젝트 결과의 일부임을 밝히며, 본 지면을 통해 에너지 관리공단 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참고문헌

- (1) Löf, G. O. G., 1955, "Cooling with Solar Energy," 1955 Congress on Solar Energy, Tucson, AZ, pp. 171~189.
- (2) Factor, H. M. and Grossman, G., 1980, "A Packed Bed Dehumidifier/Regenerator for Solar Air Conditioning with Liquid Desiccants," Solar Energy Vol. 24, pp.541~550.
- (3) Peng C. S. and Howell J. R., 1981, "Analysis and Design of Efficient Absorbers for Low Temperature Desiccant Air Conditioners," Journal of Solar Energy Engineering, Vol.103, pp.67~74
- (4) Peng C. S. and Howell J. R., 1984, "The Performance of Various Types of Regeneration for

- Liquid Desiccants," *Journal of Solar Energy Engineering*, Vol. 106, pp. 133~141.
- (5) Patnaik. S, Lenz. T. G, Löf. G. O. G, 1990, "Performance Studies for an Experimental Solar Open Cycle Liquid Desiccant Air Dehumidification System," *Solar Energy* Vol. 44, No. 3, pp.123~135
- (6) Khan. A. Y, Diaz-Laboy. L. A, 1995, "Analysis of Heat and Mass Transfer Performance of Internally Heated Liquid Desiccant Regenerators," IECEC Paper No. ES-137.
- (7) Chung. T. W, Wu. H, 1998, "Dehumidification of Air by Aqueous Triethylene Glycol Solution in a Spray Tower," *Separation Science And Technology* Vol. 33, pp. 1231~1224.
- (8) Jain. S, Dhar. P. L, Kaushik. S. C, 1999, "Experimental Studies on the Dehumidifier and Regenerator of a Liquid Desiccant Cooling System," *Applied Thermal Engineering*, Vol. 20, pp. 253~267
- (9) Sultan. G. I., Hamed. A. M, Sultan. A. A, 2001, "The Effect of Inlet Parameters on the Performance of Packed Tower-Regenerator," *Renewable Energy*, Vol. 26, pp. 271~283.
- (10) Lee, S. Y., Park, M. S., Kang, K. T., Kim, M. G. and Cha, K. O., 1998, "Experimental Study on Performance Characteristics of Liquid Desiccant Packed Tower for Hybrid Cooling System," *Proceedings of the SAREK 98 Winter Annual Conference*, pp. 78~83.
- (11) Lee, S. Y., Park, M. S., Kang, K. T., and Cha, K. O., 1999, "Experimental Study on Performance Characteristics for Packed Tower Absorption Dehumidifier System," *Proceedings of the SAREK 99 Winter Annual Conference*, pp. 283~289.
- (12) Lee, S. Y., 1999, "An Experimental Study on the Performance Characteristics for Absorption Dehumidifier System of Packed Tower," MS Thesis, Univ. of Myong Ji.