

## 제습의 기초 및 제습기의 국내 판매현황

### Basic concept and present condition of domestic market for dehumidifiers

문 인 호  
I. H. Moon

(주)신성이엔지 기술연구소



- 1964년생
- 동력공학을 전공하였으며 제습기, 공조기, CFD, C/R, 환경분야에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머리말

우리 나라의 여름철 기후는 장마라는 일정기간의 우기와 더불어 고온 다습한 특성을 가지고 있다. 다습한 환경은 주거환경에서 곰팡이균이 번식하는데 좋은 조건이 되며, 산업환경에서는 각종 기자재 및 원자재를 부식시키고, 일부 작업 공정을 어렵게 하는 문제점을 유발한다. 반면, 온도는 높지만, 습도가 낮은 중동 사막지역의 경우는 수 천년 동안 미이리가 훌륭하게 보존되어 왔다. 따라서 상대적으로 고습 기후 조건을 갖는 지역은 저습 기후 지역에 비하여 더 큰 습도제거 대책이 필요하게 되는 불리함이 있다.

현대인이 주택, 사무실, 지하공간(지하상가, 지하철 구내 등) 등에서 생활하는 시간이 하루 시간의 약 80%를 차지한다는 발표자료를 볼 때, 실내환경의 쾌적성 유지는 무엇보다 중요하다고 판단된다. 최근의 연구에 의하면 인간의 쾌적성을 유지하기 위한 중요한 인자로서 공기의 온도는 물론 공기 중의 수분 함유량이 무엇보다 크게 작용한다고 발표되고 있어, 인간의 주거 공간에서의 습도 제어의 중요성이 점점 크게 대두되고 있는 실정이다.

산업분야의 경우는 일상생활에 비해 상대적으로

대용량의 습도제어를 필요로 하며, 다양한 산업시설에서 그 제어의 필요성이 요구된다. 공장 같은 시설은 수분의 대책을 고려하지 않으면 전기회로 혹은 정밀기계, 플랜트 등의 자동화 장치가 여러 가지로 손상을 일으키게 되어 연간 수리비로서 상당한 추가비용을 지출해야만 한다. 또한 원료가스(에틸렌, 프로필렌, 부타디엔)의 반응공정에서는 수분이 촉매독으로 되기 때문에 극한적으로 탈습시켜야 하며, 흡습성이 강한 화학비료의 저장용 창고와 정밀기계 분야, 의약품을 제조하는 제약회사의 원료 저장실 등, 점점 초정밀 초저습 분야를 요구하는 분야가 증대되고 있다. 뿐만 아니라 철강 산업이나 자동차 산업에서 강판의 방청공정, 조선공업에서의 페인팅 작업공정, 제약회사의 분말 포장공정이나 원료분말 저장실, 리튬전지 생산공정 등에서도 저습 환경을 유지하기 위하여 제습장치가 필요하는 등, 다양하게 적용되고 있다.

그 밖에, 습기에 의하여 손상되기 쉬운 고가의 미술품을 장기간 소장하고 있는 박물관에서 적절한 환경을 지속적으로 유지하기 위하여 공조장비를 장기간 운전하여야 하므로, 에너지 절약적인 측면에서 제습 시스템은 매우 중요한 문제로 대두되고 있으며, 대용량의 환기 시설이 필요한 슈퍼마켓, 수많은 재실자에 의하여 대량의 잠열이 발

생하는 실내 체육관과 대형 공연장 등에서의 잠열 대책 또한 운전비 절약적인 면에서 매우 중요하다.

본 고에서는 제습을 이해하는데 조금이나마 도움을 주고자 기초적인 제습 이론을 먼저 소개하고, 제습 방법에 따라 구분되는 제습 시스템의 분류 및 각 시스템의 특징을 간략하게 검토하였다. 마지막으로 국내 제습기 시장에서의 기술현황과 판매현황을 간략하게나마 정리하여 보았다.

## 2. 제습의 기초이론

### 2.1 제습조작의 기초

우리들 주변에 존재하고 있는 공기 중에는 어느 정도의 수증기가 항상 포함되어 있다. 수증기를 전혀 포함하지 않은 공기를 일반적으로 건공기라 하고, 수분을 포함한 공기를 건공기에 이르게 하는 처리법을 감습 또는 제습이라고 부르고 있다. 수증기를 포함하고 있는 공기를 습공기라고 하며, 보통 건공기와 구별하여 처리하고 있다.

습공기를 원료로 사용한다면, 감습, 제습의 각 조작은 제조공정이고 건공기는 최종 제품에 해당한다고 할 수 있다. 그런데 수분량의 표시는 여기에서 얻어진 건공기의 상태를 표시하는 중요한 수량으로서, 상대습(상대습도)으로 나타내거나, 공기 1kg 중의 수분량으로 표시하는 것(절대습도)으로 하고 있다. 습도는 차원이 없는 량이지만 편의상 kg H<sub>2</sub>O/kg Dry air 또는 kg/kg' 라는 단위를 채용하여 표현하고 있다. 그런데 어떤 용기내의 습도  $x$ 인 습공기의 온도를 하강시키면 어느 일정 온도  $t_0$ 에서 수증기가 기체로서 존재하지 못하게 되어 액체로 된다. 이 온도  $t_0$ (°C)를 공기의 노점온도라 하며, 기체중에 이슬이 발생한 상태를 포화증기량에 달하였다고 한다.

또한 온도를 내리는 대신에 수증기를 더하여도 동일한 포화상태로 만들 수 있다. 이때의 습도를  $x_0$ 라 하면, 처음상태의 습도  $x$ 와의 비를 백분율로 나타내어 포화도라 한다. 포화도의 경우를 비교습도라 하는 것은, 동일 온도에서의 포화상태와의 비교이다.

어떤 온도에 있어서 포화수증기 분압에 대한 수

증기 분압의 비를 백분율로 나타낸 것 $[(P/P_s) \times 100]$ 이 상대습도이다. 포화수증기압  $P_s$ 도 온도에 따라서 변화한다. 즉 습도의 기준이 변화하게 되므로 사용에 불편하다. 일상 생활에서 자주 사용하기 때문에 상대습도 쪽이 친근하다고는 생각되지만, 제습을 다루는 분야에서는 단순히 습도라고 하면 온도나 압력이 변화하여도 변하지 않는 절대습도를 의미는 경우가 많다.

그런데 수분과 같은 액체를 고려하여 보면, 거의 모든 액체는 그 증기와 함께 존재하고 있다. 증기와 공존하고 있는 액체를 포화액체라 부르며, 증기쪽을 포화증기라 한다. 이와 같은 액체와 기체가 공존하는 계에서는 온도가 일정하면 액면에 걸리는 수증기의 압력은 일정한 수치를 가진다. 이것을 증기압이라 부르고 atm(기압); kg/cm<sup>2</sup> 또는 mmHg로 나타낸다.

물 등의 액체는 어떤 온도에서 증기압을 가지고 있다. 그 값은 항상 1atm 이하이며, 공기의 압력이 가해져서 1atm이 된다. 이 증기압은 공기 중의 존재에 거의 관계없이 액체 고유의 증기압을 표시하므로 공기 1m<sup>3</sup>에 용해되어 있는 수증기량도 계산할 수 있다.

물과 수증기압의 관계는 모든 온도에서 계속되며 포화수분량  $x_0$ 와 함께 나타내고 있다(습공기선도 참조). 또한 이 온도에 대한 엔탈피도 나타나 있다. 그런데 조습조작 중의 불변성분은 공기이며, 변화하는 성분은 수분이다. 변화하는 전후에서 물질의 수지(收支)를 계산하는 것이 물질수지 계산이다. 공기에서 수분을 제거하는 조작에서는 반드시 수분의 물질수지가 성립하여야 한다. 수분은 반드시 어딘가에 농축되어 있거나, 또는 누적되어 있지 않으면 안된다. 결국 물질불변의 법칙이 반드시 성립하게 된다. 물질이 어떤 용기에 들어가서 그 상태가 변할 경우, 특히 중요한 것은 연속적으로 용기에 유입되어 변화하고 연속적으로 떠날 경우의 입구와 출구에서의 수지이다.

이 경우 용기로서의 역할은 내부에서 유입하는 물질에 대하여 변화를 주는 조습장치이다. 입구와 출구에 대한 수지의 결과차가 있으면 장치내에 축적된다.

다음에 중요한 법칙은 에너지 불변법칙에 근거

를 둔 에너지의 수치계산이다. 어떤 용기에 물질이 들어가서 상태의 변화를 거쳐서 떠나는 과정으로서, 입구와 출구의 에너지 수치가 취해질 수 있다. 이 경우 다음과 같은 항목을 고려하지 않으면 안된다.

- ① 내부에너지
- ② 위치에너지
- ③ 운동에너지
- ④ 장치내에 가해지는 일
- ⑤ 장치내에 가해지는 열량

조습 및 제습조작과 같이 열이동과 물질이동이 동시에 일어날 경우는 변화에 의한 일도 고려해야만 한다. 이 경우 에너지는 엔탈피로서 나타낼 수 있다.

$$\textcircled{6} i = u + pV$$

그런데 출구와 입구가 동일한 기준면에 있고 운동에너지도 작아서 일  $W$ 가 0(zero), 또는 제습조작과 같이 입구와 출구의 공기의 질량이 같다고 하면, 에너지의 수치관계는 간략화 될 수 있고 엔탈피  $i$ 의 입구, 출구의 차는 장치 내에서 가감된 열량  $Q/m$ 과 같게 된다. 또한 제습조작이 단열로 이루어지면 입구, 출구의 엔탈피 차도 0, 결국 입구와 출구의 엔탈피는 같다.

## 2.2 조습 · 감습조작의 물질이동(동특성)

조습이나 탈습조작은 공기중 또는 가스중의 수분을 요구하는 부분까지 증감시키는 조작이며, 물질수지나 열수지가 중요하다는 것은 서술하였지만 그만큼 장치의 특성이 잘 알려져 있지 않아서, 설계하기가 매우 어려웠으나, 동특성의 해석에 의해서 최초로 장치 내부의 양적관계가 분명해 질 수 있었다.

물에 수증기를 함유한 공기를 접촉하여 통과시키면 그때의 조건에 따라서 물로부터 기상으로 혹은 기상으로부터 액상으로 물분자의 이동이 일어난다. 소량의 물이 다량의 공기중에 존재할 경우를 고려하여 보자.

습공기의 수증기 물분율  $y$ 가 현재 포화수증기 물분율  $y_s$ 보다도 낮은 상태에 있을 경우는 물로부터 공기로의 증발이 일어난다. 이때 증발하는 속도는  $y_s - y$ 의 크기에 비례하게 된다.

수면의 전 표면적을  $A$ 로 하고, 비례정수를  $K_G$ 로 두면, 이동량  $N_w$ (kg/hr)은 다음의 식으로 주어진다.

$$\begin{aligned} N_w &= K_G A (y_s - y) : \text{가습} \\ &= K_G A (y - y_s) : \text{감습} \end{aligned} \quad (1)$$

$K_G$ 를 물질이동계수라 부르며, 실측에 의해서 주어지는 물성치이며, 장치의 설계에 매우 중요한 인자이다. 그런데 물이 증발하면 잠열이 소비된다. 공기 온도는 내려가며 공기가 잃은 열량과 이동수분량( $N_w$ )×증발잠열( $N_H$ )이 같은 평형상태가 된다.

공기의 수분량이 감소할 경우에는 습공기를 그 노점이하의 물과 접촉할 경우에 일반적으로 응축열에 의해서 물의 온도는 상승한다. 이때에 수분 이동의 동특성과 온도의 정특성이 관계된다. 정적관계는 습도선도나 공기엔탈피의 선도상에서 구별할 수 있는 수치이다.

그런데 물질이동에 대해서 개략적으로 서술하면 제습조작으로서 냉각에 의해서 수분을 응축시키는 방법 이외에 흡습성의 용액에 의해서 수분을 흡수 제거하는 방법과 고체의 흡착제를 사용하여 흡착 분리하는 방법 등이 있다.

이 경우도 연속적으로 입구와 출구의 액의 평형관계와 동시에 물질이동의 수치가 중요하다. 가스의 흡수속도에 관해서는 이중경막 설에 의한 해석이 가장 많은 데이터를 가지고 있으므로 이것이 이용된다. 루이스, 위트만에 의해서 제창된 이론에서 가스와 액체의 계면에서는 가스 경막저항과 액 경막저항이 존재하는 것으로 되어 있다. 이에 따르면, 흡수속도를  $N$ (kg/hr)으로 하면 용질(수분)은 이 가스 경막과 액 경막을 통하여 이동하고, 추진력으로서  $(p_g - p_i)$ ,  $(y_i - y_L)$ 이 각각 고려되므로 다음의 식으로 주어질 수 있다.

$$\begin{aligned} N &= A k_G (p_g - p_i) \\ &= A k_L (y_i - y_L) \end{aligned} \quad (2)$$

단,  $A$  : 접촉면적,  $k_G$  : 물질이동계수(가스측),  $k_L$  : 물질이동계수(액측),  $p_g$  : 수증기 분압,  $y_L$  : 액 농도,  $p_i$ 와  $y_i$ 는 계면에 대한 가스층의 수증기 분압 및 흡수액 계면에서의 수분농도

$p_i, y_i$ 는 사실상 측정할 수 없는 수치로 경막물질 이동계수의 값  $k_G, k_L$  대신에 총괄 물질이동계수  $K_G, K_L$ 을 사용하여

$$\begin{aligned} N &= AK_G(p_g - p^*) \\ &= AK_L(y^* - y_L) \end{aligned} \quad (3)$$

단,  $p^*$ : 액본체의 농도  $y_L$ 과 완전히 평형한 가스 분압

$y^*$ : 가스본체의 농도  $p_g$ 와 완전히 평형한 액 농도

가 설계에 사용되고 있다.

이  $p^*, y^*$ 의 값은 증기압으로서 문헌 등에서 구할 수 있으므로, 이동계수  $K_G$ 의 값이 알려지면 수분의 이동량  $N$ 이 구해진다.

또한 흡착제를 사용한 제습조작에서도 이 물질 이동계수가 사용되며, 동특성의 해석이나 장치의 설계에 있어서 없어서는 안되는 것으로 되어있다. 예를 들면, 흡착제의 물질이동식은 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} N &= K_F a_v (x - x^*) \\ &= K_s a_v (q^* - q) \end{aligned} \quad (4)$$

단,  $x, x^*$ : 가스상의 수분농도와 평형농도

$q, q^*$ : 흡착량  $x^*$ 에 평형한 흡착량

$K_F a_v, K_s a_v$ : 총괄 물질이동계수(가스측, 고체측)

한편, 냉동기 냉각에 의해 제습이 이루어지지만, 전열량  $Q$ 와 전열면적  $A$ 와의 관계는 총괄전열계수를  $U$ 로 하면 다음과 같은 관계가 있다.

$$Q = UA(t_0 - t) \quad (5)$$

이 열량의 이동식은 물질이동의 기본식과 매우 유사하게 나타나고 있다. 결국 정적인 온도차와 동적인 전열량  $Q$ (kcal/hr)는 총괄전열계수에 의해 관계되어 있다. 이들 식의 상세한 설명은 여러 가지 장치의 설계 향으로 서술되기 때문에 여기서는 생략하지만 정특성으로부터 장치의 동특성을 알기 위해서는 이와 같은 물질이동계수의 도움이 필요하다고 생각하면 바람직하다고 판단된다.

### 2.3 제습방법의 종류

습공기중의 수분 제거방법을 크게 분류하여 보면 다음의 네 종류의 원리가 이용되어 서로 조합되어 사용되고 있음을 알 수 있다.

① 냉각하는 것에 의하여 수증기를 노점온도에서 응축 분리하는 것

② 압축에 의해서 수증기의 분압을 증가시켜 수분의 포화점보다 높게 하여 물방울 상태로 만들어서 분리하는 것

③ 액체의 흡습제를 사용하여 제습하는 것

④ 고체의 흡착제를 사용하여 제습하는 것

먼저, 고온고습의 대기압 부근의 공기를 제습하여 쾌적한 환경을 만든다고 생각하면 냉각된 물과 공기를 접촉시켜 이 공기를 본래의 온도까지 상승시키면 습도가 저하된다. 이 원리는 물과 공기를 직접 접촉시켜서 습도를 저하시키는 ①의 방법에 해당된다.

옛날에는 우물물 등이 사용되었으나, 현재는 냉각기에 의해서 온도를 저하시킨 냉각수 또는 직접 팽창식 열교환기를 사용하고 있으며 취급이 간단한 제습방법으로 저습도 영역까지는 별로 기대하기 어려운 방법이지만 장비의 가격이 저렴하여 널리 보급되어 있는 시스템이다.

습한 공기를 가압하게 되면 상대습도가 100%로 되며, 수분포화한계에 이르게 되고, 더욱 압축시키면 수분은 공기중에 안개처럼 석출하고 응집하여 물방울 상태가 된다. 가압공기 중의 이러한 수분은 일반적으로 드레인이라고 하며 응집시켜서 필터 등으로 제거하여 습도를 저하시키는 ②의 방법에 해당된다.

또한 중규모 공기의 처리에 적절한 액체 흡습제 제습법의 발전도 특기할 만하다. 액체 흡습제에 의하면 흡수방식의 제습장치는 조습기능이 대단히 뛰어나며 살균효과도 기대할 수 있기 때문에 의료시설로서 널리 보급될 수 있는 시스템이다. 이 액체 흡수제에 의한 방법과 회전식 로터를 채용한 회전식 제습장치는 원리적으로 볼 때 동일하게 취급할 수 있다.

액체 흡수제의 캐리오버(carry over)에 의한 걸

점은 흡수액이 기류에 실려서 함께 배출되는 것으로 이 흡수액은 금속을 부식시키는 경향이 있다.

로타 방식의 제습은 이 결점들을 보완하기 위하여 개발되었으며, 내열성 종이류를 벌집모양으로 성형하고 원통형으로 감은 것으로, 액체 흡수제(염화리튬 등)의 용액을 함침시켜 고형화한 것으로 ③의 방법에 해당된다. 이 방식에 의하면 용액의 미스트(mist)가 비산하는 일이 거의 해결되었으나 완전하지는 못하여 연속적 사용에 따른 수명이 짧은 단점이 있다.

지금까지의 제습 방법의 분류에서는 회전식 로터방식이 개발 초기로서 액체 흡수제 방식의 단점을 보완하기 위하여 액체 흡수제를 회전식 로터에 함침하여 사용하였으므로, 액체 흡수제를 사용하는 방법으로 분류하여 왔으나, 이후에는 실리카겔(silica gel)류와 합성 제올라이트(zeolite)계와 같은 고체 흡착제의 급속한 발전에 따라 액체 흡수제를 함침한 회전식 로터는 점점 시장에서 쇠퇴하고 있다. 따라서, 연속적인 사용환경에서도 수명의 장기화가 가능하고 흡수제의 캐리어 현상을 완전하게 해결할 수 있는 고체 흡착제를 코팅하여, 물리적인 원리에 의해 수분이 흡착되는 회전식 로터 방식의 제습기가 개발되어 주로 사용되고 있으므로, 분류 방법에서 고체 흡착제를 사용하는 ④의 방법으로 변경할 필요가 있음을 밝히고자 한다.

한편 흡착제에 의한 제습조작은 화학공업에 있어서 현저히 발전하였다. 초기에 실리카겔, 알루미늄산화물 사용한 흡착제의 시장성이 크게 부상됨에 따라, 합성 제올라이트계와 같은 여러 가지 개량된 흡착제도 출현하게 되었다. 예를 들면, 몰리큘라시브(molecular sieve)는 합성제올라이트라고 하는 정식명칭에 의해 널리 일반적으로 알려져 있는 흡착제이다.

이 제올라이트계 흡착제는 저습도 영역에서 아주 다량의 수분을 흡착하는 것이 특징이다. 또한 150℃의 고온공기 중의 수분도 제거할 수 있는 특징을 가지고 있어, 흡착제의 응용범위를 넓혀 왔었다. 이와 같이 흡착제도 천연적으로 산출된 암석을 처리한 시대로부터 화학적으로 합성하는 시대로 발전하여 흡착성능의 개선은 물론 시장의 범위를 점점 다양화 하였다. 이에 동반하여 제조법

의 합리화와 균질화가 이루어져 품질이 현저하게 향상되었다.

이 흡착제를 이용한 흡착장치의 개발은 화학 플랜트를 중심으로 하여 발전하고, 제습조작은 특히 2탑식 흡착장치라고 불리는 가압공기의 제습장치가 이 분야에서 100%에 가까운 보급률로서 정착하게 되었으며, 이러한 흡착제의 발달에 따라 회전식 로터 방식의 흡착식 제습장치 또한 흡수제를 함침하는 대신 고형의 흡착제를 벌집모양의 무기질 내열성 성형체에 코팅하여 사용함으로써, 제습 기능을 한층 개선시키는 결과를 가져오게 된 시스템으로 ④의 방법에 해당된다.

이 네 가지의 방식을 각각 조합시킴으로서 제습 시스템이 구성된다. 제습하는 공기의 풍량, 압력, 온도, 공기에 함유된 수분량(습도, 노점)에 따라서 어떠한 원리의 조합이 제에 적합한가가 검토된다.

예를 들면 그림 1에 나타난 공기선도에서 처리해야 하는 대상의 공기상태가 A점이며, 최종 얻고자 하는 공기의 상태가 B 점이라면, 제습 시스템을 적용하여 상태 A가 상태 B로 되기 위한 방법에는 3가지로 요약될 수 있다.

상태 A에서 상태 B로 직접 이동할 수 있는 것은 제습과 냉각이 동시에 가능한 흡수식 제습 시스템으로 가능하며, 냉각식과 고체 흡착식 제습 시스템을 조합하여 사용할 경우는, 프리쿨러(pre-cooler)에 의하여 상태 A에서 상태 C로 되고 고

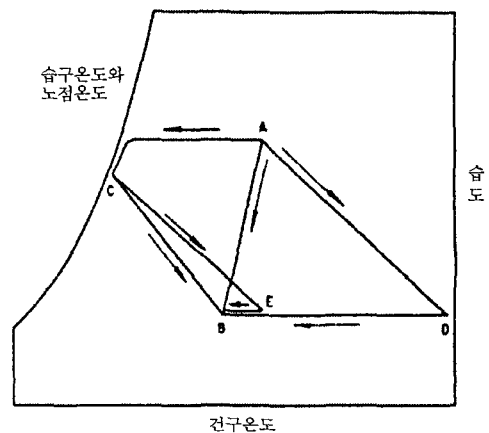


그림 1 제습의 방법

체 흡착식 제습 시스템에 의하여 제습이 되면서 상태 E를 지나 에프터 쿨러(after cooler)에 의해서 최종적으로 상태 B에 도달하게 된다. 마지막 경로는 고체 흡착식 제습 시스템에 의하여 제습이 되면서 상태 D로 된 다음 에프터 쿨러 또는 현열교환기에 의하여 상태 B에 이르게 되는 시스템으로 구성할 수 있다.

### 3. 제습 시스템별 특징

본 장에서는 대표적인 제습 시스템의 종류와 특징을 간단하게 소개하고자 한다. 특히 최근에 들어 오면서 많은 관련기술들이 발전함으로써 특수한 용도에 사용하기 위하여 펠티어 효과(Peltier effect)를 이용한 열전반도체 냉각법을 이용한 소형 제습기 및 소형 가정용 제습장치 등이 개발되고 있으나, 이에 대한 기술은 생략하기로 한다.

전술한 바와 같이 제습의 방법에 따라서는 크게 네 가지로 분류할 수 있으며 이들의 장단점은 크게 변화하지는 않는다고 할 수 있으며, 용도나 규모의 크기는 성능의 향상 등에 따라서 확대되고 응용의 범위도 점차로 넓어지고 있다.

그림 4에서 나타난 능력별 일람표와 같이 필요에 따라서는 상호 보완적인 원리를 조합하여 사용함으로써 하나의 시스템에서 가지고 있는 단점들을 극복할 수 있다고 판단된다.

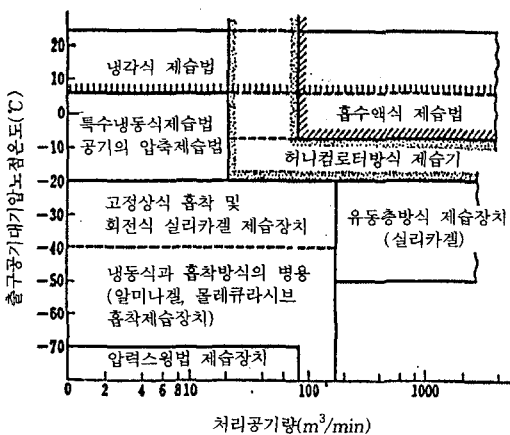


그림 2 제습법의 성능표

### 3.1 냉각식 제습(노점법) 시스템

- (1) 에어와서 방식: 지하수 방식, 냉수방식
  - 직접 냉수를 분무하여 접촉 결로
  - 요구 노점이 낮지 않을 경우(노점 온도 15°C 이상)
  - 분진을 제거하기 위한 수단으로 활용
  - 코일 대신에 분무장치 설치
- (2) 냉각코일 방식: 직랭코일 방식, 냉수(브라인) 코일 방식

- 코일을 사용하여 간접적 공기냉각 제습
- 요구 노점이 낮을 경우(노점 15°C 이하)
- 냉각코일을 사용

### 3.2 수분흡수액에 의한 화학적 제습 시스템

- (1) 기액 접촉식
  - 처리공기와 흡수액이 직접 접촉하는 방식(흡수액 분무)
  - 장치는 흡수부와 재생부와 구성
  - 크기는 컴팩트하나 처리 공기량은 비교적 많음
  - 흡수액: 염화리튬, 트리에틸렌 글리콜 등
  - 액의 농도조절로 요구되는 상대습도로의 조절이 용이함
  - 흡수액에 의한 사용부품의 부식에 주의 요함
- (2) 허니컴식(흡수식 회전식 로터)
  - 흡습제의 캐리어모버가 적음
  - 저노점, 저온도의 건조공기를 연속적으로 얻을 수 있음
  - 구조가 간단하므로 유지보수가 용이함
  - 불연성 소재를 사용하므로 화재시 독가스 미발생
  - 필요시 재생에 필요한 열원은 폐열을 활용할 수 있음

### 3.3 흡착제에 의한 공기 제습 시스템(열원 재생식)

상이한 2상의 경계면에서 일어나는 계면현상이 흡착현상으로서 분자배열의 정도가 보다 작은 기상의 분자가 분자배열이 보다 고도한 고체 형상에 농축되는 원리를 이용하는 것이 흡착이다. 흡착제로서는 실리카겔, 활성 알루미늄, 합성 제올라이트제, 흡착제의 강도를 증가시키기 위하여 일부 금속

이온이 치환된 메탈실리케이트를 사용하고 있으며, 실리카겔이나 활성 알루미늄 등은 수분, 방향족 및 불포화 탄화수소 등에 대하여 선택흡착성이 강하며, 합성 제올라이트계는 균일한 세공을 가진 입체구조를 가지기 때문에 분자의 크기에 따라서 마치 분자를 분자를 충분히 나누어지도록 하는 선택성을 가지며, 저농축에 있어서도 특히 강한 흡착 성능을 나타내는 특징이 있다. 이 흡착제를 사용하여 구성된 제습 시스템으로 재생에 필요한 이탈 에너지를 일정한 열원을 공급하여 재생시키는 시스템이다.

시스템을 연속적으로 사용하기 위하여 처리측에서는 계속적으로 습한 공기를 통과시켜 제습을 행하고 재생측에서는 재생열원을 공급하여 고온의 공기를 수분을 흡착한 흡착제에 공급함으로써 재생되어 연속적으로 사용할 수 있다.

고체 흡착제를 이용한 2탑식 흡착 제습 시스템 또는 회전식 로터 방식의 제습기가 발달하여 액체 흡수식의 회전식 로터에서의 단점을 보완하고 성능도 개선되었다.

### 3.4 비가열 재생법에 의한 제습 시스템

가압하에서 수분포화에 도달하는 흡착제의 압력을 급격히 대기압까지 감압하면 지금까지 흡착한 수분의 일부가 이탈하고 재생된다. 일반적으로 이탈하는 수분은 전공기를 통과하게 함으로써 확산 현상에 의해 배출되는 원리를 이용하는 것이 비가열 재생법(압력 스윙법)이다. 이 방법의 특징으로서 열에너지 대신에 압력 에너지를 이용한 탈착 재생법이므로 복잡한 재생용 열원기기가 필요하지 않으며, 소량의 흡착제로 충분하므로 장치의 크기가 상대적으로 소형이 가능하다.

두 개의 흡착탑을 동시에 사용하여 처리용 흡착탑이 제습을 행하는 동안 다른 하나의 흡착탑은 제습탑에서 제습된 건조한 공기의 일부가 통과하여 재생시키는 행위를 번갈아 행하여 연속적으로 제습이 가능하게 된다.

### 3.5 특수 흡착층을 이용한 제습 시스템

#### (1) 회전 흡착층식

- 원통형 회전 흡착수납 케이스를 일정속도로

회전시키는 방법

- 흡착제 충전층이 처리부와 재생부로 나뉘어짐
- 비교적 대용량의 공기 제습에 적당한 패키지(package)형으로 비교적 소형이 가능
- 고정상 방식에 비하여 재생열원이 경제적인
- 충전층 두께의 제한으로 저농도의 공기를 얻는데는 한계가 있음

#### (2) 이동층 방식

- 흡착제가 탑에 충전되어 있으면서 탑내를 이동하는 형식
- 흡착제를 기류와 대항류로 접촉시키면 연속적으로 수분 또는 흡착성분을 제거한 공기 취득 가능
- 크기입자의 파쇄 분말화할 염려가 있으며, 파쇄입자가 제품공간에 침입하여 장해요인의 가능성이 있음

#### (3) 다단 유동층 방식

- 하나의 탑내에서 흡착, 가열, 냉각 등의 공정을 조합할 수 있어 설치면적 최소화
- 유속은 고정층 방식이나 이동층 방식 모두 20~30cm/s정도가 적합하지만 유동층 방식은 1.5~3%로 처리량이 큼
- 전체적인 입자의 상태가 균일하게 유지되어 부분적으로 날리는 현상이 생기기 어려움
- 입자와 유체간의 물질이동계수가 큰 얇은 층의 유동상태에서도 단효율을 80%이상 달성 가능
- 가열탈착때의 전열계수가 유동상태로 상당히 큰 고정층 방식의 수십배를 기대할 수 있으므로 재생공정의 흡착제의 량은 소량으로 하는 것이 좋음
- 유동층은 일반적으로 압력손실이 적으므로 동력비가 적고 또한 출구의 농도가 일정하여 탈습에 유리

## 4. 국내 제습기 현황

### 4.1 국내 제습기 기술현황

국내 산업용 중대형 제습기 시스템의 설계 및 제조기술은 거의 선진국 수준에 이를 만큼 많은 개발을 추진하여 실제로 적용되고 있다. 그러나 제습

시스템 성능의 주요 인자인 요소부품(흡착제, 흡수제, 흡착식 제습기 로터 등)의 기술은 아직까지 초보단계이며 부품으로서의 상품화에는 미비한 상황으로 거의 수입에 의존하고 있다.

특히 최근에 들어오면서 국내에서도 흡착식 제습기에 필요한 흡착제의 개발이 S사를 중심으로 활발하게 진행이 되고 있으나 실험실 단계의 시제품을 제조하여 성능실험을 확인하고 있는 상태이다. 액체 흡수제의 국산화 개발은 진행되지 않는 것으로 조사되었다.

#### 4.2 제습 시스템의 분야별 적용현황

주로 산업용 제습 시스템이 적용되는 분야를 1995년부터 1997년도 실적(S사 판매수량 기준)을 기준으로 검토하여 보면, 시제품을 생산하기 위한 각종 실험실, 제약회사의 원료 보관소, 접합유리 공업분야, 박물관 및 서고 보관소, 배터리(battery) 제조용 드라이 룸(dry room), 선박 페인팅 작업용 제습기 및 기타 분야로 크게 대별이 되고 있다.

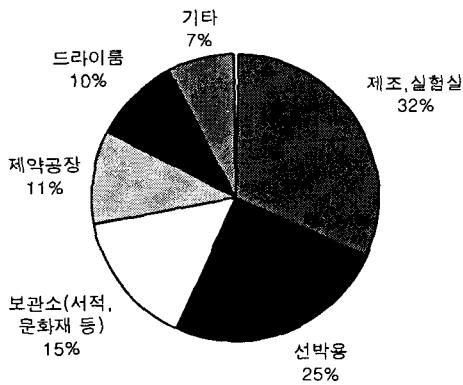


그림 3 산업 분야별 제습기 적용현황 ('95년~'97년 S사 기준)

분야별 적용비율을 개략적으로 나타낸 것을 그림 3의 그래프로 나타내고 있다.

본 자료는 적용한 판매수량을 기준으로 분석한 결과로서, 판매금액에 의한 적용 비율과는 다소 차이를 나타낸다. 그러나 판매수량에 의한 결과로서는, 제조공정에서 습도를 제거하거나 실험실 환경을 조성하기 위한 설비로서의 제습기가 가장 많은 것으로 나타났으며, 선박을 건조하기 위하여 필요

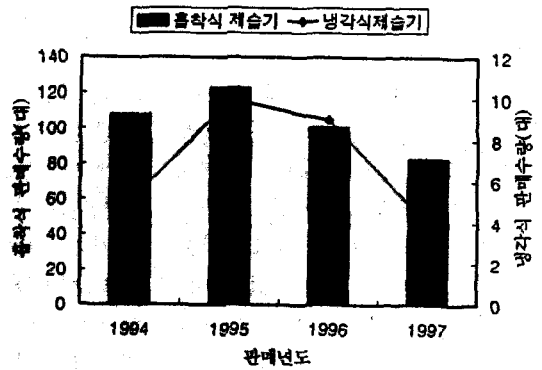


그림 4 제습 시스템 종류에 따른 연도별 판매수량

한 선박용 제습기가 그 다음으로 많이 적용되었을 수 있다.

#### 4.3 제습 시스템의 판매현황

국내에서 제조 판매되고 있는 산업용 제습기의 대표적인 형식은 흡착식 제습기 로터를 채용하는 흡착식 제습 시스템을 주로 하고 있으며, 흡착식 제습기에 냉각식 시스템(흡착식 제습기 로터방식과 pre-cooler or after cooler 조합)을 혼합하여 구성한 제습 시스템 등이며, 그 외 시장의 필요에 따라 일부만이 압축기를 채용하여 사용하는 냉각식 제습기와 액체 흡수식 제습 시스템이 적용되고 있는 것으로 알려져 있다.

반면, 생활의 질을 높이거나 사무환경을 개선시키기 위한 공조 시스템으로, 잠열을 처리하여 장시간 운전에 따른 운전비 절감을 상당히 달성할 수 있는 건물공조 분야에서는 제대로 적용되지 못하고 있으며, 에너지 절약을 위한 일부의 건물에서는 전열교환기를 적용하는 것으로 해결하고 있다. 그리고 가정의 지하실이나 기타 소량으로 습기 제거가 필요한 경우 이동식 소형 냉각식 제습기를 적용하여 일부분에서 사용되고 있으며, 중대형 제습 시스템은 주로 제품을 생산하기 위한 생산공장에서의 저습환경 구축을 목적으로 하는 분야에 적용되고 있다.

다음에서는 S사를 중심으로 국내에 판매한 현황을 중심으로 조사한 결과로서, 연도별로 구분하여 제습기의 종류(흡착식, 냉각식)별 판매현황은



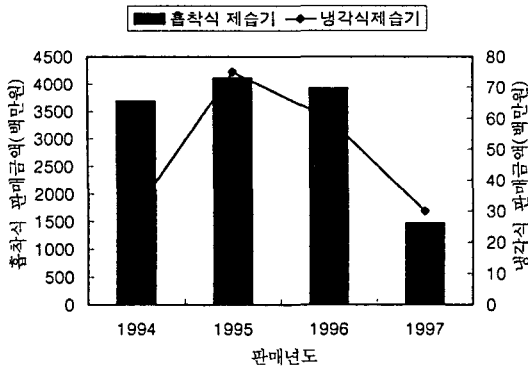


그림 5 제습 시스템 종류에 따른 연도별 판매 금액

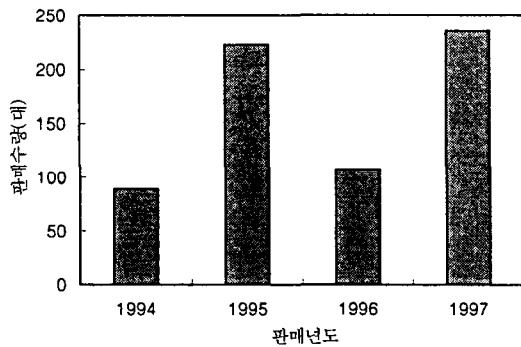


그림 6 연도별 제습기 국내 판매수량

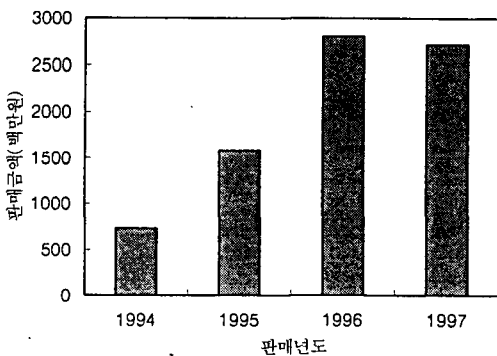


그림 7 연도별 제습기 국내 판매금액

그림 4에서 나타내고, 연도별 판매금액에 대해서는 그림 5에서 나타내었다.

본 자료에서는 일반 가정용으로 시판되고 있는 이동식 소형 제습기(냉각식 제습기 유니트)의 통계자료는 입수하지 못하여 제외하였다.

그림 4와 5에서 나타난 결과와 같이, 국내에서 소요되는 제습기의 대부분은 냉각식 제습 시스템보다 상대적으로 저습분야에서 제습성능이 우수한 흡착방식의 회전식 로터를 채용한 흡착식 제습 시스템이 주로 적용되고 있음을 알 수 있다.

다음에 나타내는 그래프는 한국냉동공조공업협회에서 1998년 7·8월(통권 52호)호에 발표한 자료로부터 제습기 부분만을 발췌하여 연도별 판매수량은 그림 6에, 판매금액에 대해서는 그림 7에서 나타내었다.

한국냉동공조공업협회에서 발표한 우리 나라 전체의 제습기 판매현황과 산업용 제습기를 만들고 있는 S사의 자료를 비교해 볼 때, 전체적인 정확한 통계가 미비하다고 판단이 된다.

그러나 적용된 대부분의 제습기는 흡착식을 이용한 회전식 제습기 로터를 채용한 시스템으로서 산업용 제습기가 주를 이루고 있음을 알 수 있다.

### 5. 맺음말

본 자료에서 개략적인 제습기 관련 기초기술과 국내에서의 제습기 판매현황의 개괄적 동향을 살펴 보았다. 그러나 업체별 정확한 통계자료의 집계 부족으로 인하여 세부적으로는 분석하지 못한 점이 아쉬움이 남는다.

여름철 습도가 높은 우리 나라의 경우 제습기 분야의 활용범위가 매우 다양하다고 판단되나 아직까지 몇 가지의 제약사항으로 인해 많은 발전을 이루지 못하고 있다고 판단된다.

특히 많은 사람들이 한꺼번에 재실하게 되는 대형 실내 체육관이나 실내 공연장, 슈퍼마켓 등에서 잠열로 존재하는 습도의 제거는 인간의 쾌적성 뿐만 아니라 건물용 공조 에너지 절약적인 측면에서도 절실하게 대책이 요구되고 있는 항목으로서, 대량의 잠열을 효율적으로 처리할 수 있는 제습 시스템의 적용이 필요한 실정이다. 그러나 건물의 공조를 위하여 제습 시스템을 채용하기에는 제조분야에서의 다양한 시장상황에 따른 미온적 대처와 적용의지의 부족, 약간의 초기 투자비 상승으로 인하여 적용시에 얻을 수 있는 많은 장점들을 간과해 버리는 경향이 있다.

그러나, 이미 선진 기술들은 흡착식 제습기의 활용범위를 다양하게 넓혀가고 있으며, 특히 시스템을 보다 효율적으로 조합하여 폐열을 회수하여 재사용 하는 등의 에너지 절약적인 건물의 공조 시스템(Desiccant cooling system, Hybrid desiccant cooling system etc.)에 적용을 하고 있는 상황이다. 그리고 최근에는 국내에서도 제습기의 효율을 높이고 시장의 다양한 요구에 대응하기 위하여 많은 연구개발에 투자하고 있으므로 보다 효율적인 시스템의 개발이 가능할 것으로 판단되며 응용범위도 점차로 넓혀질 것으로 기대된다.

마지막으로 관련 업체들의 적극적인 협조로 통계자료가 보다 정확성을 가질 수 있도록 노력하는 것이 바람직하리라 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. 鈴木 謙一郎·大矢 善男, 1980, 除濕の實用設計, 共立出版株式會社.
2. 한국냉동공조공업협회, 1998, 냉동공조(통권 52호).
3. ASHRAE HANDBOOK, 1983, 1983 EQUIPMENT, ASHRAE.